



# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО НКАП СССР

12

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ГОД ИЗДАНИЯ 60-й

12

1939

ДЕКАБРЬ

ОРГАН НАРОДНОГО КОМИССАРИАТА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ЭЛЕКТРОПРОМЫШЛЕННОСТИ и АКАДЕМИИ НАУК СССР  
Адрес редакции: Москва, Бол. Калужская, дом 67, 1 этаж, комн. 144; тел. В 5-32-79  
Адрес для корреспонденции: Москва, Главный почтамт, почтовый ящик № 648.

## ВЕЛИКОМУ ПРОДОЛЖАТЕЛЮ ДЕЛА ЛЕНИНА— ТОВАРИЩУ СТАЛИНУ

Дорогой друг и боевой товарищ!

Центральный Комитет большевистской партии горячо приветствует тебя, друга Ленина и великого продолжателя его дела, вождя партии и советского народа — в день твоего шестидесятилетия.

Более сорока лет ты служишь делу пролетарской революции, делу рабочего класса и всего трудового народа. Ты был вернейшим соратником Ленина в его борьбе за партию, за диктатуру пролетариата. Вместе с Лениным многие годы ты строил и выковывал могучую большевистскую партию. Вместе с Лениным ты вел партию и рабочий класс на вооруженное восстание в Октябре 1917 г. Как ближайший помощник Ленина, ты непосредственно руководил всем делом подготовки Октябрьского восстания и успешным завоеванием власти рабочим классом.

В годы отечественной гражданской войны против иностранных захватчиков и буржуазно-помещичьей белогвардейщины ты, товарищ Сталин, под руководством Ленина был непосредственный вдохновителем и организатором побед Красной армии на всех фронтах, где решалась судьба революции.

После смерти Ленина партия большевиков под твоим руководством, преодолев огромные трудности на своем пути, привела нашу страну к победе социализма.

Презренные враги народа троцкисты, зиновьевцы, бухаринцы хотели отнять у рабочего класса, у советского народа веру в возможность победы социализма в нашей стране, неоднократно пытались подорвать партию изнутри, разбить единство большевистской партии, погубить советскую власть и социалистическую революцию. В упорной принципиальной борьбе с врагами социализма, врагами партии, под твоим руководством в борьбе за ленинизм сплотился Центральный Комитет вся наша партия. Ты отстоял ленинскую теорию возможностях победы социализма в одной стране, развел эту великую горюю дальше, вооружил свою партию и миллионы массы трудящихся Советского Союза — это обеспечило разоблачение разгрома врагов революции.

Под твоим руководством партия большевиков осуществила социалистическую индустриализацию страны, создала новые индустриальные очаги и районы, первоклассные заводытяжелой и легкой индустрии, мощные заводы машиностроения, что обеспечило техническую реконструкцию всего народного хозяйства и вооружение новейшими средствами обороны СССР. Под твоим руководством партия совершила такой глубокий революционный переворот в деревне, как сплошная коллективизация и ликвидация кулачества как класса, обеспечив в основе победы колхозного строя культурную и зажиточную жизнь многомиллионного крестьянства. Наша страна стала могучей индустриальной державой, страной крупного колхозного земледелия, страной победившего социализма.

На основе этих успехов идет быстрый подъем культуры проводов Советского Союза. Создана советская интеллигенция, созданная советской властью, делу социализма.

Партия и советская власть под твоим руководством создают вооруженную первоклассной техникой могучую и непобе-

димую Красную армию, являющуюся надежной защитой нашей родины от всех внешних врагов.

Рабочий класс в союзе с крестьянством, под руководством большевистской партии, уничтожил навсегда эксплуатацию человека человеком и утвердил новый, социалистический строй в СССР, не знающий ни кризисов, ни безработицы, обеспечивающий неуклонный подъем материального благосостояния и культурного уровня трудящихся. Этот главный итог нашей борьбы имеет всемирно-историческое значение, он укрепляет у трудящихся всего мира веру в торжество социализма.

Наша партия под твоим исключительно активным и непосредственным руководством создала могучес многонациональное советское государство, укрепила великую и нерушимую дружбу народов СССР — залог их процветания и непобедимости. Новая Конституция СССР, Конституция победившего социализма и развернутой социалистической демократии по справедливости названа народом Сталинской Конституцией.

Также, как и Ленин, ты, товарищ Сталин, всегда придавал и придаешь величайшее значение развитию и пропаганде революционной теории. Твои классические теоретические работы, ставшие достоянием миллионов людей в нашей стране и во всем мире, являются дальнейшим развитием марксизма-ленинизма в новых условиях эпохи империализма и пролетарской революции, эпохи победы социализма на одной шестой части земли. Ты развел марксистско-ленинскую теорию государства, разработав учение о социалистическом государстве в условиях капиталистического окружения. Вооружая партию марксизмом-ленинизмом, ты неустанно сплачивал ее организационно. На этой основе осуществлено сталинское единство нашей партии.

Одним из замечательных успехов большевистской партии, достигнутых благодаря твоей заботе и руководству, является быстрый рост кадров, выдвижение многих тысяч новых работников социалистического строительства и обороны страны социализма.

Отдавая все свои силы великому служению народу, — ты, товарищ Сталин, так же как и Ленин, любишь свой народ и неотделим от народа. Так же как Ленин, ты окружен горячей любовью трудящихся Советского Союза и всего мира.

Сегодня наша партия и народы Советского Союза, приветствуя тебя в день шестидесятилетия, сплочены как никогда вокруг своего Центрального Комитета под знаменем Ленина — Сталина и готовы к дальнейшей борьбе за полную победу коммунизма.

Да здравствует непобедимая партия большевиков, партия Ленина — Сталина!

Живи долгие годы, наш родной Сталин, на радость партии, рабочего класса, народов советской земли и всего мира!

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ВСЕСОЮЗНОЙ  
КОММУНИСТИЧЕСКОЙ ПАРТИИ (большевиков)

20 декабря 1939 г.

# СТАЛИН И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СССР

На глазах нашего поколения, которому выпало счастье быть современниками Ленина и Сталина, осуществляется переход от социализма к коммунизму в стране, освобожденной от ярма капиталистической эксплуатации. В СССР претворены в жизнь самые смелые мечты и замыслы лучших умов человечества. Одним из наиболее смелых замыслов техники и естествознания явилось применение электричества для коренной реконструкции производства. В многовековой истории науки и техники проблемы электричества всегда были обращены к будущему. Эта могучая сила природы обещала раскрыть новые и широкие перспективы перед человеческой культурой. Она их раскрыла в полной мере в сталинскую эпоху. Поэтому сталинская эпоха означает новый этап в решении основных проблем электричества и электрификации.

Основой ленинско-сталинской идеи электрификации является учение Маркса о материально-технической базе социализма. Маркс показал, как в противоречии с антагонистическими производственными отношениями классового общества вырастают производительные силы, ломающие в конце концов тесную оболочку капиталистической собственности. Одним из элементов этих производительных сил является передовая индустриальная техника, которая становится материально-технической базой социализма. Маркс и Энгельс четко указывали технические признаки передового, современного промышленного производства. В письме к Н. Ф. Даниэльсону (1892 г.) Энгельс утверждал, «что промышленное производство означает в настоящее время неизменно крупную промышленность с приложением пара, электричества, самодействующих прядильных и ткацких станков и, наконец, с машинным производством самих машин»<sup>1</sup>.

Это письмо написано в 90-х годах, когда уже наметились пути применения электричества в производстве. Но Маркс и Энгельс следили за успехами электротехники с первых ее шагов. Этот интерес вытекал из всего революционного мировоззрения основателей научного коммунизма.

В речи на похоронах Маркса Энгельс говорил: «Таков был Маркс как человек науки. Но наука далеко не составляла и половины этого человека. Наука была для Маркса исторически движущей революционной силой. Какую бы чистую радость ни доставляло ему каждое новое открытие в какой-

либо теоретической науке, открытие, о практическом применении которого подчас не было еще речи, — совсем другую радость испытывал он тогда, когда дело касалось открытия, сразу оказывающего революционное воздействие на промышленность, на историческое развитие вообще. Так, внимательнейшим образом следил за развитием открытий в области электричества, и еще в последнее время — за открытиями Марселя Депре»<sup>2</sup>.

Как известно, Энгельсу принадлежит блестящая характеристика перспектив электрической техники, данная им по поводу опытов Депре (1882—1883 гг.). Но еще в большей степени электричество становится основой производственной техники после смерти Энгельса, начиная со второй половины 90-х годов XIX в.

Новые явления в технике, как и все новые исторические факты, были обобщены Лениным и Сталиным. «Можно сказать без преувеличения, что после смерти Энгельса величайший теоретик Ленин, а после Ленина — Stalin и другие ученики Ленина — были единственными марксистами, которые двигали вперед марксистскую теорию и обогащали ее новым опытом в новых условиях классовой борьбы пролетариата»<sup>3</sup>.

Ленин и Stalin поды托жили новые технические сдвиги в производстве, конкретизировали учение Маркса о технической базе социализма, создав теорию электрификации.

Еще в 90-х годах Ленин тщательно изучал преимущества электрической энергии. Впоследствии он неоднократно возвращался к проблеме электричества. В 1909 г. Ленин рассматривает общие вопросы теории электричества в своем знаменитом труде, который является «материалистическим общением всего важного и существенного из того, что приобретено наукой и, прежде всего, естествознанием за целый исторический период, за период от смерти Энгельса до появления в свет книги Ленина «Материализм и эмпириокритицизм»<sup>4</sup>.

Из ленинских высказываний в области теории электричества следует, что наиболее передовой техникой, связанной с современной наукой, является электрическая техника.

На основе развития науки и техники после Маркса, на основе ленинско-сталинской теории пролетарской революции — учения о построении социа-

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Письма, Соцэкиз, стр. 320, 1931.

<sup>2</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XV, стр. 653.

<sup>3</sup> Краткий курс истории ВКП(б), стр. 342.

<sup>4</sup> Там же, стр. 98.

изма в одной стране — была сформулирована идея электрификации советских республик.

В 1920 г. был составлен план ГОЭЛРО. Товарищ Сталин писал о плане ГОЭЛРО:

«Последние три дня я имел возможность пропустить сборник «План электрификации России». Болезнь помогла (нет худа без добра!). Преподходная, хорошо составленная книга. Мастерский бросок действительно единого и действительно государственного хозяйственного плана без изысков. Единственная в наше время марксистская попытка подведения под советскую надстройку хозяйственно-отсталой России действительно реальной и единственной возможной при нынешних условиях техническо-производственной базы. Помните прошлогодний «план» Троцкого (его тезисы) «хозяйственного возрождения» России на основе масштабного применения к обломкам довоенной промышленности труда неквалифицированной крестьянско-рабочей массы («труд-армии»). Какое убожество, какая отсталость в сравнении с планом ГОЭЛРО!. Средневековый кустарь, возомнивший себя ибсеновским героем, призванным «спасти» Россию сагой старинной... А чего стоят десятки «единых планов», появляющихся то и дело в нашей печати на позор нам, — детский лепет приготовишечек... Или еще: обывательский «реализм» (на самом деле канава в щина) Рыкова, все еще «критикующего» ГОЭЛРО и по уши погрязшего в рутине...

Мое мнение:

1) Не терять больше ни одной минуты на болтовню о плане;

2) Начать немедленный практический приступ к делу;

3) Интересам этого приступа подчинить по крайней мере  $\frac{1}{3}$  нашей работы ( $\frac{2}{3}$  уйдет на «текущие» нужды) по ввозу материалов и людей, восстановлению предприятий, распределению рабочей силы, доставке продовольствия, организации баз снабжения и самого снабжения и пр.

4) Так как у работников ГОЭЛРО, при всех хороших качествах, все же нехватает здорового практицизма (чувствуется в статьях профессорская импозантность), то обязательно влить в «плановую комиссию» к ним людей живой практики, действующих по принципу «исполнение донести», «выполнить к сроку» и пр.

5) Обязать «Правду», «Известия», особенно «Экономическую жизнь», заняться популяризацией «Плана электрификации» как в основном, так и в конкретностях, касающихся отдельных областей, помня, что существует только один «единый хозяйственный план» — это «план электрификации», что все остальные «плans» — одна болтовня, пустая и вредная»<sup>6</sup>.

Таким образом идея электрификации является составной частью ленинско-сталинской теории построения социализма. Поэтому она вызывала яростное сопротивление врагов партии и народа. Ленинские записи, сделанные 16 июля 1921 г. на заседании Политбюро на полях постановления ВЧНХ о мероприятиях, вытекающих из новой экономической политики<sup>7</sup>, показывают, как Троцкий требовал «ос-

вобождения от идеи электрификации». Боролись против электрификации Рыков и другие враги.

Нужно отметить, что впоследствии Троцкий противопоставлял электрификацию ленинскому кооперативному плану. В заключительном слове на VII пленуме ИККИ товарищ Сталин говорил:

«Троцкий пытался недавно, на XV конференции ВКП, противопоставить этой цитате другую цитату из Ленина, где говорится о том, что «Советская власть плюс электрификация есть социализм». Но противопоставлять эти цитаты друг другу — значит исказить основной смысл брошюры Ленина «О кооперации». Разве электрификация не есть составная часть крупного производства и разве она возможна вообще в нашей стране без крупного производства, сосредоточенного в руках пролетарской власти? Не ясно ли, что слова Ленина в брошюре «О кооперации» насчет крупного производства, как одного из факторов строительства социализма, включают в себе и электрификацию?»<sup>8</sup>.

Товарищ Сталин показал роль электрификации при построении социализма в союзе с крестьянством, а также значение электрификации в деле социалистического преобразования сельского хозяйства. Товарищ Сталин говорил:

«Вот как круто ставит вопрос Ленин: либо электрификация, т. е. «перевод хозяйства страны, в том числе и земледелия, на новую техническую базу, на техническую базу современного крупного производства», либо возврат к капитализму.

Вот как понимает Ленин вопрос о «правильных соотношениях с крестьянством». Дело тут не в том, чтобы ласкать крестьянина и в этом видеть установку правильных соотношений с ним, ибо на ласке далеко не уедешь, а дело в том, чтобы помочь крестьянину перевести свое хозяйство «на новую техническую базу, на техническую базу современного крупного производства», ибо в этом основной путь избавления крестьянства от нищеты»<sup>9</sup>.

«Всеохватывающая колLECTIVизация, — писал товарищ Сталин, — наступит тогда, когда крестьянские хозяйства будут перестроены на новой технической базе в порядке машинизации и электрификации, когда большинство трудового крестьянства будет охвачено кооперативными организациями, когда большинство деревень покроется сельско-хозяйственными товариществами колLECTивистского типа»<sup>10</sup>.

В другом месте товарищ Сталин говорит:

«Необходимо, наконец, проведение плана электрификации, как средство сближения деревни с городом и уничтожения противоположности между ними»<sup>11</sup>.

Товарищ Сталин, указывая перспективы постепенного осуществления электрификации сельского хозяйства, вместе с тем дал решительный отпор вредным попыткам противопоставления электрификации делу внедрения тракторов.

На XVI съезде ВКП(б) товарищ Сталин говорил:

«В частности, насчет записи об электрификации сельского хозяйства должен заметить, что автор

<sup>7</sup> И. Сталин, Об оппозиции, стр. 525.

<sup>8</sup> Сталин, Вопросы ленинизма, стр. 363, изд. 9-е.

<sup>9</sup> Там же, стр. 307.

<sup>10</sup> Сталин, Вопросы ленинизма, стр. 147, изд. 9-е.

<sup>6</sup> «Правда» № 351, 22 декабря 1930 г.

<sup>11</sup> Ленинский сборник, т. XX, стр. 111.

этой записи допускает некоторые неправильности. Он уверяет, что мы уже «вплотную подошли» к электрификации сельского хозяйства, что НКЗем не дает развиваться этому делу, что Ленин думал об этом иначе и т. д. Все это неверно, товарищи. Нельзя говорить, что мы «вплотную подошли» к делу электрификации сельского хозяйства. Если бы мы, действительно, вплотную подошли к электрификации сельского хозяйства, то мы имели бы уже теперь районов 10—15 с электрифицированным с.-х. производством. Но вы знаете хорошо, что ничего подобного нет у нас пока. Все, что можно теперь сказать об электрификации сельского хозяйства, это то, что электрификация находится у нас в стадии опытной разработки. Ленин так и смотрел на это дело, поощряя опыты по электрификации сельского хозяйства. Некоторые товарищи думают, что тракторы уже отжили свой век, что пришла пора перейти от тракторов к электрификации сельского хозяйства. Это, конечно, чепуха и фантастика. Таких товарищев надо осаживать. НКЗем так именно и поступает с этими товарищами. Стало быть, недовольство автора записи НКЗемом нельзя считать обоснованным»<sup>11</sup>.

Товарищ Сталин, развивая учение Ленина, определил место и роль электрификации в построении социалистического общества.

В речи «О правой опасности в ВКП(б)» товарищ Сталин говорил:

«Существуют ли у нас, в нашей Советской стране, средства и силы, необходимые для того, чтобы уничтожить, ликвидировать возможность восстановления капитализма? Да, существуют. На этом именно и зиждется правильность тезиса Ленина о возможности построения в СССР полного социалистического общества. Для этого необходимо упрочение пролетарской диктатуры, укрепление союза рабочего класса и крестьянства, развитие наших командных высот под углом индустриализации страны, быстрый темп развития индустрии, электрификация страны, перевод всего народного хозяйства на новую техническую базу, массовое кооперирование крестьянства и поднятие урожайности его хозяйства, постепенное объединение индивидуальных крестьянских хозяйств в общественные хозяйства, развитие совхозов, ограничение и преодоление капиталистических элементов города и деревни и т. д. и т. п.»<sup>12</sup>.

Далее товарищ Сталин указывает на электрификацию, как условие победы социализма в нашей стране:

«... кроме возможности восстановления капитализма, существует еще у нас возможность победы социализма, ибо мы можем уничтожить возможность восстановления капитализма, можем выкорчевывать корни капитализма и добиться окончательной победы над капитализмом, если поведем усиленную работу по электрификации страны, если под промышленность, сельское хозяйство и транспорт подведем техническую базу современной крупной промышленности. Из этого и вытекает возможность победы социализма в нашей стране»<sup>13</sup>.

В этих словах заключено ленинско-сталинское определение электрификации как перевода всего сельского хозяйства на новую техническую базу, ленинско-сталинское определение направлено против оппортунистического ограничения электрификации рамками строительства отдельных электростанций.

«... под электрификацией страны Ленин понимал не изолированное построение отдельных электростанций, а постепенный «перевод хозяйства страны в том числе и земледелия, на новую техническую базу, на техническую базу современной крупного производства», связанного как иначе прямо или косвенно с делом электрификации»<sup>14</sup>.

Ленинско-сталинское понимание электрификации исключает неправильную мысль о сведении электрификации к электростроительству. В докладе в XVII конференции ВКП(б) тов. Молотов говорил: «Как видите, по Ленину единственной материальной основой социализма является крупная машинная промышленность, неразрывно связанная с электрификацией всей страны, а не сама по себе электрификация в узком смысле слова»<sup>15</sup>.

Больше двадцати лет прошло с первых шагов плановой электрификации. Строительная программа ГОЭЛРО давно уже перевыполнена. За эти годы в строй вступили одна за другой такие передовые электростанции, как Кашира, «Красный Октябрь» (1922), Шатура (1925), Балахна (1925), Волжская (1926), Штерновка (1926), Челябинская (1930), Зуевка (1931), Кузнецкая (1931), Березники (1931), Днепрогэс (1932), Дубровская (1935), Свирь (1933), Стalingрадская (1934) и др. К концу второй пятилетки мощность электростанций превысила 8 млн. киловатт. Сейчас производственные процессы промышленности СССР электрифицированы на 80% — вдвое больше, чем в старой России. Все более сильно развитие получает электрификация транспорта сельского хозяйства и быта. Во второй пятилетке освоена передовая техника электропередач, построены линии с напряжением 220 тыс. вольт.

Наряду с электрификацией, и как ее составная часть, широкое развитие в СССР получила теплофикация, 15-летие существования которой исполнилось в конце 1939 г. За это время в Москве, Ленинграде и многих других городах страны построено 106 теплоэлектроцентралей с теплосетями значительного протяжения. По отпуску тепловой энергии и мощности своей теплосети Москва стоит на первом месте в Европе. Эти достижения в строительстве теплоэлектроцентралей, позволяющих эффективно использовать местное топливо в энергобалансе Союза, получены благодаря особому вниманию партии и лично товарища Сталина к делу теплофикации.

Народнохозяйственные проектировки ГОЭЛРО давно перекрыты. В результате сталинских пятилеток главная и решавшая хозяйственная задача — завершение технической реконструкции народного хозяйства СССР — в основном выполнена. По технике производства промышленность СССР перегнала передовые капиталистические страны.

Дальнейшие пути электрификации освещаются гениальной сталинской теорией завершения строитель-

<sup>11</sup> Стalin, Вопросы ленинизма, стр. 430—431, изд. 10-е.

<sup>12</sup> И. Стalin, Вопросы ленинизма, изд. XI, стр. 206.

<sup>13</sup> Там же, стр. 207.

<sup>14</sup> И. Стalin, Вопросы ленинизма, изд. IX, стр. 147.

<sup>15</sup> XVII съезд ВКП(б). Стенографический отчет, стр. 150.

ства бесклассового социалистического общества и постепенного перехода от социализма к коммунизму. Третья пятилетка намечает громадные масштабы электростроительства, что тесным образом связано с решением основной экономической задачи СССР: сократить и перегнать также в экономическом отношении наиболее развитые капиталистические страны Европы и Соединенные Штаты Америки.

XVIII съезд ВКП(б), принимая программу работ третьей пятилетки, по инициативе товарища Сталина потребовал решительной борьбы с гигантоманией в строительстве и широкого перехода к постройке средних и небольших предприятий во всех отраслях народного хозяйства СССР, что имеет особенно важное значение для дела электрификации.

В решении XVIII съезда ВКП(б) говорится:

«В области электрификации важнейшей частью строительной программы съезд считает прирост мощностей за счет строительства новых небольших и средних электростанций, а также усиление строительства гидроэлектростанций. Развернуть строительство величайшего в мире сооружения — двух Куйбышевских гидростанций общей мощностью в 3,4 миллиона киловатт, одновременно разрешающего проблему орошения засушливых земель для достижения устойчивых урожаев в Заволжье и дело судоходства по Волге и Каме. Начать также строительство Калужской гидроэлектростанции на р. Оке. Закончить строительство и ввести в действие следующие гидростанции: Угличскую, Рыбинскую, две Чирчикские, Канакирскую, Свирь-2, Храмскую, Нива-3, Сухумскую и др. Приступить к строительству новых гидростанций: Верхнекамской, Мингечаурской, Усть-Каменогорской, Гюмушской, а также широко развернуть строительство небольших местных гидростанций, в том числе в районах Урала, на рр. Тура, Уфа, Чусовая, Белая, Миас и др., а также на Северном Донце.

В целях экономии топлива широко развить строительство небольших ветроэлектростанций. Предусмотреть строительство 102 районных тепловых электростанций с вводом в действие Кураховской, Несветаевской, нескольких ТЭЦ в Москве и Ленинграде, Челябинской ТЭЦ, Сумгаитской, Комсомольской, Киевской, Николаевской, Кирово-Чепецкой, Сызранской, Орской, Карагандинской, Красноярской, Хабаровской, Кувасайской, Краснодарской и других. Построить в районе Иваново новую теплоэлектростанцию на торфе для текстильной промышленности.

Всемерно развить строительство высоковольтных электросетей и подстанций»<sup>16</sup>.

Таким образом к установленным во второй пятилетке 8116 тыс. киловатт будет прибавлено еще 9 млн. киловатт, и мощность советских электростанций дойдет до 17,2 млн. киловатт. Выработка электроэнергии соответственно увеличится к концу третьей пятилетки до 75 млрд. киловатт-часов.

Начатое по инициативе товарища Сталина сооружение грандиозных гидростанций Куйбышевского гидроузла требует применения для линии электропередач напряжений порядка 400 тыс. вольт, таких напряжений, которые пока что служат предметом лабораторных исследований. Можно с уверенностью сказать, что строительство Куйбышевского гидро-

узла является сейчас главным стимулом для решения самых важных теоретических и практических проблем электротехники, связанных с применением очень высоких напряжений в электропередачах, а также с устойчивостью работы сверхмощных энергосистем. Дальнейшие перспективы электрификации СССР ставят в порядок дня проблему передачи энергии постоянным током высокого напряжения.

Сталинская перспектива перехода к коммунизму и уничтожения противоположности между умственным и физическим трудом выдвигает автоматизацию как основную линию технического развития. Но современная автоматика предъявляет требования к развитию ионно-электронной техники, так как ионная и электронная аппаратуры являются наиболее могучим орудием для автоматизации любого технологического процесса.

Физические исследования в области ионно-электронной техники не только становятся актуальными, но превращаются в важную отрасль советского естествознания. Если говорить о технике коммунизма в целом, то она является практическим воплощением революции в естествознании, связанной с новейшими физическими открытиями. Поэтому в СССР большое значение придается развитию новейшей физики. В частности, советская наука достигла успешных результатов в дальнейшей теоретической разработке квантовой механики и в экспериментальных исследованиях атомного ядра. Сюда относятся квантовая теория строения атомов, теория ядра и теория позитронов. Все эти работы ведут науку к построению новой физической картины мира и подчеркивают громадную роль материалистически-диалектического мировоззрения в решении основных проблем теории электричества. Новая, гениально глубокая и ясная формулировка материалистической диалектики в бессмертной сталинской работе «О диалектическом и историческом материализме», замечательные образцы научного метода во всех работах товарища Сталина вооружают естествознание в целом, и современную теорию электричества в особенности, тем оружием, без которого они не смогут решить вставшие перед ними проблемы.

В сталинскую эпоху вопросы электричества стоят в центре хозяйства, техники и естествознания. Электрификация пронизывает материальную базу коммунизма. Электротехника создает небывалые технические возможности для автоматизации, телеуправления, для внедрения новых технологических процессов. Теория электричества готовит ответы на коренные вопросы естествознания.

Когда-то Энгельс писал о социалистической системе производства: «От нее будет датировать новая историческая эпоха, в которой люди, а вместе с ними все отрасли их деятельности, и в частности естествознание, сделают такие успехи, что все совершенное до того покажется только слабой тенью»<sup>17</sup>. В области электричества наука и техника сталинской эпохи достигнут результатов, по сравнению с которыми покажутся «слабой тенью» такие достижения научной мысли, как гальванические элементы, электродинамика, электромагнитная ин-

<sup>16</sup> Резолюция XVIII съезда ВКП(б) стр. 29. Глазная универсальная библиотека им. Марка Толстого. Сочинения, т. XIV, стр. 488.

дукция, динамомашина, электромагнитная теория света — все добытое наукой в ее прошлом.

Исходным пунктом этого невиданного расцвета

и прогресса являются великие идеи Ленина Сталина, которые будут освещать развитие науки и техники на протяжении веков.

\* \* \*

Шестидесятилетие со дня рождения товарища Сталина знаменательно совпало с новой блестящей победой сталинского блока коммунистов и беспартийных на выборах в местные Советы депутатов трудящихся. Выборы 24 декабря 1939 г. явились свидетельством высокой организованности граждан СССР и нерушимости морально-политического единства советского народа, сплоченного вокруг большевистской партии.

Выражая волю и чувства широких народных масс, Президиум Верховного Совета СССР присвоил товарищу Сталину в день его шестидесятилетия звание Героя Социалистического Труда со вручением высшей награды СССР — Ордена Ленина.

В ознаменование шестидесятилетия товарища Сталина правительство учредило ежегодные премии имени Сталина деятелям науки и искусства за выдающиеся работы в этих областях. Учреждены ежегодные Сталинские премии за лучшие изобретения и за выдающиеся достижения в области военных знаний. Учреждены стипендии имени Сталина для наиболее выдающихся учащихся в высших учебных заведениях, а также стипендии для лиц, подготавливающихся в вузах и научно-исследовательских институтах к научной деятельности и защищите диссертаций на степень кандидата и на степень доктора наук.

Ежегодно будут присуждаться Сталинские премии 94 выдающимся деятелям науки, техники и искусства. 4000 наиболее выдающихся студентов будут получать стипендии по 1000 руб. и 500 руб. в месяц. Сто стипендий по 1000 руб. и пятьдесят стипендий по 1500 руб. будут получать наиболее даровитые молодые ученые, готовящиеся к защите диссертаций. Общая сумма премий и стипендий превышает 37 миллионов рублей в год.

Ни в одной капиталистической стране нет, не может быть какой-либо заботы о выращивании народных талантов в области науки, техники и искусства. Только в СССР обеспечивается подлинная забота о развитии передовой науки и о поощрении творческой деятельности во всех отраслях культуры, что нашло свое наиболее яркое выражение в установлении Сталинских премий. Только в стране победившего социализма возможен такой размах, который сказался в постановлении Советского правительства и который поистине не имеет себе равных во всей международной истории науки.

Эти замечательные мероприятия правительства, связанные с именем великого Сталина, вызывают новый мощный подъем творчества советских людей, новаторов науки и техники, стахановцев, изобретателей и воодушевляют их на новые подвиги для укрепления обороны, могущества и славы социалистической родины.

За честь обладания Сталинской премией и Сталинской стипендией в нашей стране будут соревноваться многие тысячи людей. Не подлежит сомнению, что работники советской электроэнергетики также примут самое активное участие в общем соревновании за обладание Сталинскими премиями и стипендиями. Электроэнергетика СССР в ее стремительном развитии представляет благодатную почву для проявления творческой инициативы, таланта и изобретательства.

Избрание товарища Сталина, величайшего ученого нашего времени, почетным членом Академии наук СССР вдохновляет инженеров и научных работников на борьбу за высоты мировой науки, за новые открытия и достижения.

Пусть живет и здравствует многие годы наш бесконечно любимый вождь, учитель, товарищ и друг Иосиф Виссарионович Сталин!

# ВЕЛИКИЙ СТРОИТЕЛЬ

С. Я. ЖУК

Управление строительства Куйбышевского гидроузла

то было больше двадцати лет назад. В районе Царицына работала исследовательская партия поискаанию трассы канала Волга — Дон. Несколько ловек пришлось мобилизовать для нужд обороны. в телефонограмме, содержащей протест против того, товарищи Сталин и Ворошилов наложили резолюцию: «Канал пророем после утопления кадетов в Волге и Дону».

Так и было. Кончилась гражданская война, среди других созидаательных работ начинается оружение гидротехнических систем, меняющих экономику, природу, географию Советского Союза. Наша страна, богатая реками, плохо использовала Мелководье мешало судоходству. Воды рек подили в море, не отдав энергии, в них заключеной. Предстояло создать сеть каналов, связывающих разъединенные водные бассейны в единую систему. Надо было проложить водную дорогу из Балтики на север и к Волге. Соединить Каспий Черным морем. Построить десятки гидростанций, ортов. Использовать излишки воды для орошения миллионов гектаров земли.

Грандиозный план, глубоко продуманный товарищем Сталиным и осуществляемый с железной настойчивостью!

Начальным звеном его явился Беломорско-Балтийский канал — первенец большой советской гидротехники. Товарищ Сталин сам наметил трассу канала, указав его начальный и конечный пункты. За дня рождения проекта до завершения работы мы знали, что Иосиф Виссарионович внимательно следит за тем, как осуществляется его замысел. Когда канал был готов, товарищ Сталин вместе с товарищами Кировым и Ворошиловым приехали смотреть сооружение.

После Беломорско-Балтийского наступила очередь канала Волга — Москва. В эти памятные годы не пришлось несколько раз бывать на заседаниях ЦК ВКП(б) и Совнаркома СССР, на которых присутствовал товарищ Сталин. Докладывалось о ходе работ. Иосиф Виссарионович детально рассматривал карты, чертежи, макеты, планы, проекты архитектурного оформления. Чувствовалось, что он ясно видит перед собой канал, каким он должен быть, каким он будет, и наталкивал нас — инженеров — на решения, наиболее правильно, экономно ведущие к намеченной цели.

В трудных, сложных случаях гидротехники обращались за помощью к Иосифу Виссарионовичу. В Ярославле началась стройка плотины. Работы уже шли, когда группа молодых советских инженеров под руководством проф. Рахманова разработала веские доказательства целесообразности переноса сооружения в Рыбинск. В самом деле у Ярославля не было возможности создать мощное водохранилище. Расход воды, а следовательно, и отдача энергии колебались бы в чрезвычайно больших размерах. Строя плотину у Рыбинска, мы избегали этих трудностей и одновременно улучшили условия судоходства по Волге.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

Теперь все это бесспорно. Но в 1935 г. предложение молодых инженеров не встретило сочувствия и поддержки. Поэтому они обратились к товарищу Сталину. Товарищ Сталин внимательно ознакомился с докладной запиской о переносе плотины в Рыбинск и выразил свое мнение лаконичной резолюцией: «Я за».

Три буквы сталинской резолюции решили судьбу сооружения. Будущее показало абсолютную правильность этого решения. В настоящее время сооружение заканчивается постройкой.

Наступил 1936 г. По поручению ЦК ВКП(б) я разработал записку по вопросу о том, что целесообразнее строить — Куйбышевский или Камышинский гидроузел. Прошло примерно две недели, и мне передали, чтобы я позвонил товарищу Сталину. К телефону подошел Серго Орджоникидзе, после чего трубку взял товарищ Сталин.

Иосиф Виссарионович сказал мне, что я неправильно понял поручение. Дело заключается не в со-поставлении выгодности Куйбышевского и Камышинского гидроузла. Это для ЦК партии вопрос решенный. Куйбышев имеет значительные преимущества. Во-первых, он лучше использует воды Волги для орошения. Во-вторых, Куйбышев ближе к центральным районам страны и Уралу — отсюда легче будет подавать энергию. В-третьих, устройством канала, пересекающего Самарскую Луку, мы на 140 километров сокращаем путь судов по Волге.

— Так что, — говорил товарищ Сталин, — сейчас нужно выяснить техническую возможность строительства таких мощных сооружений близ Куйбышева — других сомнений нет. Мы ждем ответа на этот вопрос.

Я попросил десятидневный срок и разрешение выехать в Куйбышев.

— Хорошо, поезжайте, — ответил Иосиф Виссарионович.

Тогда в инженерных кругах спорили, каких размеров должны быть шлюзы на Волге. Предлагались всевозможные варианты. Иные увлекались гигантскими масштабами, другие, наоборот, были непомерно робки. Тогда же, во время телефонного разговора, я спросил товарища Сталина, как разрешить эту проблему. Мне было отвечено:

— Этот вопрос ЦК уже рассматривал.

Иосиф Виссарионович тогда же, на память, назвал мне основные размеры — глубину, ширину и т. д.

Как всегда, после разговора с товарищем Сталиным все стало ясным и реальным. Выезд на место показал мне, что гидроузел близ Куйбышева строить можно, необходимо только перенести место створа плотины.

Мимо Иосифа Виссарионовича не проходит ни один из важных этапов гидротехнического строительства. В его кабинете рождаются замыслы великих сооружений, которые строят наша страна. А раз задумав сооружение, товарищ Сталин шаг за шагом следит за тем, как оно осуществляется.

Весной 1937 г. меня вызвали к Иосифу Виссарионовичу для беседы о строительстве так называемого Северного канала и реконструкции р. Яузы.

Северный канал должен был кольцом опоясать столицу с севера и дать воду для обводнения Яузы. На совещании было рассказано об этом проекте, осуществление которого обошлось бы примерно в полмиллиарда рублей.

Иосиф Виссарионович прервал сообщение:

— А нужно ли строить этот канал? Может быть, можно решить задачу проще, дешевле?

Такая возможность имелась. Тогда же было решено вместо Северного канала построить трубу из Химкинского водохранилища в р. Лихоборку — приток Яузы — и через нее пропустить воду в р. Яузу. Это давало несколько сот миллионов рублей экономии.

Строительство канала Волга — Москва заканчивалось. Мы все с глубоким волнением ждали, как отнесется товарищ Сталин к работе, как он оценит ее. Иосиф Виссарионович приехал на стройку. Он осматривал шлюзы, насосную станцию, подробно, детально расспрашивал о действии всех конструкций.

Завершался второй этап большого гидротехнического строительства. Теперь на очереди реально стоял Куйбышевский гидроузел.

Наступило лето 1937 г. На заседании ЦК и Совнаркома решался вопрос о судьбе гидроузла. Были поставлены все основные технико-экономические проблемы.

Товарищ Сталин подошел к карте. Он говорил о том, куда пойдет энергия из Куйбышева. В первую очередь она пойдет на нужды ирригации, для борьбы с засухой. Ее нужно будет дать также центральным районам страны, где нехватает своих энергетических ресурсов.

Когда Иосиф Виссарионович заговорил, сразу стало ясно, что дело идет не о том, быть или не быть гидроузлу. Он будет. И показалось, что товарищ Сталин вот сейчас, стоя у карты, ясно видит гигантские сооружения гидроузла, провода, тянувшиеся через всю страну. Для него это не мечта, а абсолютная реальность.

Эта чудесная убежденность, умение делать будущее близким, видимым, реальным, как бы приближать его во много раз, облегчает осуществление тех работ, которые творятся по замыслам Иосифа Виссарионовича.

В конце заседания, подводя итоги выступления, товарищ Сталин сказал:

— Надо строить.

Меньше чем через год, осенью 1938 г., меня снова вызвали к товарищу Сталину. На просторном столе были разложены карты, схемы, чертежи, макеты сооружения. Во время этого разговора решались все основные вопросы стройки.

В этот вечер товарищ Сталин утвердил нам месторасположение плотины и гидростанции, которая по его указанию была разделена на две самостоятельных гидростанции: одна будет построена

в Переволоках, а другая — в Жигулях, рядом с плотиной.

Мы тогда считали, что из четырех шлюзов, входящих в состав Куйбышевского гидроузла, в первую очередь можно строить не четыре, а два. Шлюзы в Переволоках, думалось нам, можно отложить.

Но Иосиф Виссарионович объяснил неправильность такого взгляда. Переволокские шлюзы позволят сократить путь по Волге на 140 километров. Это даст чрезвычайно большой экономический эффект.

Речь зашла об ирригации. Мы в опытном совхозе проводили опыты с дождеванием. Товарищ Сталин несколько секунд внимательно рассматривал фотографии дождевальных аппаратов. Поднявшись из-за стола, расхаживая по комнате, он стал подробно говорить о преимуществах этого метода орошения. Видимо, его давно интересовал этот вопрос.

— Растения, — говорил Иосиф Виссарионович, — гораздо лучше усваивают влагу, которую они получают сверху. Кроме того, дождевые капли смывают вредителей, находящихся на стеблях и листьях. Дождевание — дело нужное.

В июне 1939 г. я докладывал товарищу Сталину о мощности турбин для Куйбышева. Наша промышленность освоила для Рыбинской гидростанции турбины диаметром 9 метров, имеющие мощность в 55 тыс. киловатт. Если увеличить диаметр таких турбин на 50—100 сантиметров, то в условиях Куйбышева, где напор воды больше, чем в Рыбинске, их мощность повысится до 200 тыс. киловатт. Эта мощность и была принята в проекте.

Однако часть советских специалистов считала, что 200 тыс. — слишком большая мощность и не следует строить турбины свыше 100 тыс. киловатт.

Я доложил обо всем этом товарищу Сталину.

— Мы тоже об этом думаем, — сказал Иосиф Виссарионович, — не следует особенно увеличивать мощность турбин. Однако раз заводы уже освоили машины с диаметром рабочего колеса 9 метров, то уменьшать его не следует, пусть и для Куйбышева, пойдут такие турбины. Там они разовьют мощность в 170—180 тысяч киловатт. Этого вполне достаточно.

\*\*

Каждая встреча с товарищем Сталиным оставляет огромный след в жизни. Из его кабинета выходишь с новым запасом сил, полным какой-то удивительной уверенности в том, что все можно сделать, все будет сделано, так как это задумано товарищем Сталиным.

И, действительно, страна быстро меняется. Разработанный великим строителем план соединения рек и морей, ирригации и осушения миллионов гектаров, создания сети гидростанций из года в год воплощается в жизнь. И каждый из нас, осуществляющих детали этого плана, чувствует крепкую, направляющую руку, зоркий, требовательный глаз, дружескую помощь Иосифа Виссарионовича Сталина.

# Энергетические ресурсы и электрификация Западной Украины и Западной Белоруссии

В. И. МИХАЙЛОВ

• Энергетический институт Академии наук СССР

**Э**НЕРГЕТИЧЕСКИЕ ресурсы занимают видное место среди других природных богатств советской Западной Белоруссии и советской Западной Украины.

Панская Польша, превратив в период своего бывшего господства Западную Белоруссию и Западную Украину в колонию, всячески тормозила развитие промышленности в этих краях. Поэтому местные энергетические ресурсы — торф, бурый уголь, а также гидроэнергия почти не использовались, в то время как хищнически эксплуатировались нефтяные месторождения и леса, дававшие продукты для вывоза в западную часть бывшей Польши и за границу.

Потенциальные энергоресурсы Западной Украины и Западной Белоруссии крайне слабо изучены и сведения о них весьма скучны. Тем не менее, даже имеющийся неполноценный материал свидетельствует о наличии значительных богатств энергетических ресурсов в этих районах.

Так, в Западной Белоруссии имеются значительные ресурсы торфа, лесные массивы и запасы водной энергии; в Западной Украине, наряду с небольшими месторождениями бурых углей, мощные ресурсы нефти и природного газа, торф, лес и гидроэнергия. Таким образом в свете современных знаний природных ресурсов здесь представлены все основные виды энергоресурсов, кроме каменного угля.

Можно не сомневаться в том, что советская наука и промышленность значительно увеличат фонд энергоресурсов в этих районах и откроют широкие возможности для его использования.

В настоящее время на основе литературных данных вырисовывается следующая картина по отдельным видам энергетических ресурсов.

**Бурые угли.** В пределах Западной Белоруссии, судя по картам, приводимым в трудах мировых энергетических конференций<sup>1</sup>, существуют небольшие отдельные месторождения бурых углей в северной части бывшего Белостокского воеводства.

В Западной Украине известно месторождение в районе г. Коломыи и ряд месторождений так называемой Подольской группы в областях (бывших воеводствах) — Львовской, Тарнопольской и Волынской<sup>2</sup>.

Месторождение в районе г. Коломыи отличается более равномерным залеганием, но меньшей мощностью пластов, чем в Подольской группе. Коломыйский уголь имеет теплотворную способность в среднем около 4250 cal/kg.

Месторождения Подольской группы простираются на значительной площади. В одном из них был

найден пласт мощностью от 1 до 3 м. Теплотворная способность углей от 3100 до 5000 cal/kg.

Общие вероятные запасы на всей территории бывшей Польши оценивались в 5,5 млрд. т. Цифры буроугольных ресурсов Западной Украины и Западной Белоруссии неизвестны.

Разработка месторождений бурых углей велась в ничтожном масштабе. На всей бывшей польской территории максимальная добыча — 270 000 т — имела место в 1931 г. В дальнейшем добыча прогрессивно падала. В 1929 г. было добыто 74 000 т, в 1932 г. — 33 000 т, в 1937 г. — 19 000 т.

**Нефть.** Западная Украина располагает весьма значительными ресурсами нефти. Месторождения нефти простираются в виде длинной полосы шириной, примерно, до 30 км, которая тянется вдоль северо-восточного склона Карпат до границ Румынии. Наиболее важное значение по ресурсам и добыче нефти имеет Дрогобычский район, важнейшими месторождениями которого являются Борислав, Тустановице, Мразница, Сходница-Урыч. Другая группа месторождений (Рыпне — Битков — Майдан) находится в районе Станиславова; особняком расположены месторождения — Слобода Рунгурская и Космач (к юго-западу от г. Коломыи).

Бориславское месторождение нефти известно также крупными залежами озокерита, представляющего собой, согласно одной из существующих теорий, продукт выветривания парафинистой нефти.

Бориславская нефть — парафинистая. Содержание парафина варьирует в пределах от 7 до 10%, в некоторых случаях достигая даже 13,8%. С глубиной содержание парафина возрастает. Удельный вес нефти — 0,850—0,869. Глубина скважин на старых промыслах от 150 до 1000 м; на новых — от 500 до 1800 м.

Меньшую, по сравнению с Бориславским районом, но все же существенную роль играет в суммарной нефтедобыче Западной Украины округ Станиславова.

По материалам Второй мировой энергетической конференции (1930 г.)<sup>3</sup> общий нефтяной фонд бывшей Польши оценивался в 160 млн. т, из коих за весь период эксплуатации добыто около 35 млн. т. Остающийся запас составит согласно этой оценке около 125 млн. т. По другим данным запасы значительно больше: на территории Западной Украины нефтяной фонд оценивают по меньшей мере в 150 млн. т.

Нефтяная промышленность в Западной Украине начала развиваться в середине XIX в. Максимальная добыча — 2 млн. т имела место в 1909 г. В дальнейшем добыча неуклонно падала. В 1910 г. было добыто 1763 тыс. т, в 1920 г. — 735 тыс. т.

Польские паны за период своего владычества не только не смогли развернуть нефтяную промыш-

<sup>1</sup> Transactions of the First World Power Conference, V. 1, 1924. Power sources of Poland and their utilization, 1931.

<sup>2</sup> В дальнейшем изложении название прежней территориальной единицы «воеводство» заменено термином «область».

<sup>3</sup> Gesamtbilanz der Zweiten Weltkraftkonferenz, t. VI, 1930.

ленность, но привели ее в состояние глубокого упадка, о чем свидетельствует продолжавшееся падение нефтедобычи. В 1929 г. добыча снизилась до 675 тыс. т и в 1938 г. — до 507 тыс. т. Из суммарной добычи бывшей Польши на Западную Украину приходилось — в 1929 г. — 600 тыс. т, или 89%, в 1938 г. — 370,8 тыс. т, или 73,4%.

Распределение добычи в 1938 г. по основным районам Западной Украины характеризуют следующие данные<sup>4</sup>:

	Тыс. т	% к итогу
Район Дрогобыч—Борислав . . . . .	325,5	87,8
Станиславов и др. . . . .	45,3	12,2
Всего в Западной Украине . . .	370,8	100,0

Наряду с падением нефтедобычи резко снизилась и добыча озокерита: в 1930 г. в Западной Украине было добыто около 902 тыс. т и в 1937 г. лишь — 466 тыс. т.

Одной из существенных причин упадка нефтяной промышленности бывшей Польши являлось отсутствие фонда разведанных запасов. Разведочное бурение велось в ничтожном масштабе на базе устаревшей техники; наиболее передовой метод — вращательное бурение — почти не применялся. Скважины бурились, в основном, на эксплуатируемых горизонтах; серьезных работ по бурению в целях открытия новых горизонтов на эксплуатируемых месторождениях, а также расширения продуктивной площади месторождений и разведывания новых площадей не производилось. Одним из тормозов являлась высокая рента на земельные участки.

Просмысла эксплуатировались самыми примитивными методами: основным способом являлось таргование; лишь при эксплоатации скважин глубиной до 1000 м применялись глубокие насосы.

В Западной Украине насчитывается 23 нефтеперегонных завода с общей мощностью свыше 1 млн. т. Наиболее крупный из них (суточная мощность более 500 т) расположен в г. Дрогобыче. Заводы нагружены лишь на половину их пропускной способности. В 1938 г. было переработано 502 тыс. т, причем выход нефтепродуктов был следующий (в %): бензин — 20,0, керосин — 28,2, газоиль и мазут — 18,1, смазочные масла — 9,4, парафин — 4,5, прочие продукты — 11,3, потери — 8,5.

Экспорт нефтепродуктов за ряд последних лет непрерывно снижался: в 1929 г. было вывезено около 249 тыс. т нефтепродуктов, в 1937 г. — 127 тыс. т, а в 1938 г. лишь 49 тыс. т.

Природный газ. Наряду с нефтью Западная Украина располагает большими ресурсами природного газа. Почти все нефтяные месторождения являются одновременно и газовыми месторождениями. Кроме того, имеются мощные месторождения природного газа без нефти. Важнейшие из них — Даушава — дает почти чистый метан (около 95%). Газ обладает высокой теплотворной способностью: газ месторождения Даушава — около 9000 cal/m<sup>3</sup>, газ Бориславского района — до 11 000 cal/m<sup>3</sup>.

По ориентировочным оценкам запасы природного газа в Западной Украине составляют около 17,5 млрд. м<sup>3</sup>. Добыча природного газа на территории бывшей Польши составляла: в 1929 г. —

467 млн. м<sup>3</sup>, в 1937 г. — 530 млн. м<sup>3</sup> и в 1938 г. — 585 млн. м<sup>3</sup>. В 1938 г. около 2/3 общей добычи приходилось на Западную Украину (Даушава — 36,0%, район Борислава — 20,6% и район Станиславова — 12%).

В Львовской области существует сеть газопроводов, связывающая отдельные месторождения Бориславского района с г. Дрогобыч, и месторождение Даушава с г. Дрогобыч, Стрый и Львов.

Основными потребителями природного газа являются нефтеперегонные заводы и нефтяные промысла. На природном газе работают электростанции в Львове (26 MW) и Бориславе (11,2 MW), применяющие и каменный уголь, а также в Дрогобыче (4,7 MW).

Торф. В Западной Белоруссии и Западной Украине сосредоточена большая часть торфяного фонда бывшей Польши, составляющего по последним оценкам (1932—1935 гг.) около 6 млрд. т воздушно-сухого торфа. Особенно богата торфом Полесская область в Западной Белоруссии, где болота составляют около 38% всей площади. В Новогрудской и Белостокской областях торфяные болота занимают около 11% площади, в Волынской около 10%, в Львовской и Станиславовской 5—10%.

Основная масса торфяных болот (около 95%) — низинного типа. Верховые болота (около 5% всей площади торфяников) расположены, главным образом, в областях — Новогрудской, северной части Полесья и Прикарпатской зоне.

Общая площадь торфяных болот бывшей Польши составляла около 3 млн. ha. Отдельные болота нередко простираются на сотни квадратных километров.

Болото площадью свыше 1000 ha насчитывалось 70; их общая площадь — 1,4 млн. ha. Болота от 200 до 1000 ha занимают площадь около 1 млн. ha, остальная часть болот, всего около 800 000 ha, — менее 200 ha.

Мощность торфяников весьма различна — от нескольких десятков сантиметров до свыше 10 m. Из обследованных болот наибольшая мощность — 15 m оказалась в одном из болот верхового типа в Станиславовской области (площадь этого болота 220 ha).

Мощность обследованных торфяных болот составляет в среднем около 2,5 m. Однако среднюю мощность для всех болот считают около 1,5 m.

Торф содержит от 10 до 15% золы. Теплотворная способность (торф 25% влажности) — 3200—3500 cal/kg, но в некоторых местах она достигает величины 3900 cal/kg.

Торфяные ресурсы использовались очень мало. Торф добывался примитивным способом и применялся, главным образом, в качестве топлива в сельских местностях и, в небольшом масштабе, в отдельных отраслях промышленности (кирпичные, сахарные заводы). На электростанциях торф почти не употреблялся.

Статистики торфодобычи не велись. Ориентировочно годовая добыча оценивалась в 2 млн. t.

Древесина. Леса являются одним из важнейших видов природных ресурсов Западной Белоруссии и Западной Украины, служивших объектом хищнической эксплуатации.

Вся лесная площадь бывшей Польши составляла около 8,5—9 млн. ha, из коих около 5—5,5 млн. ha

<sup>4</sup> По данным La géologie et la géographie de l'Ukraine, 22 sept. 1939.

приходится на Западную Белоруссию и Западную Украину.

По областям лесная площадь распределяется следующим образом<sup>5</sup>:

Таблица 1

Области	Лесная площадь в млн. ha	% лесистости
Белостокская . . . . .	0,67	21
Новогрудская . . . . .	0,57	25
Полесская . . . . .	1,30	31
Волынская . . . . .	0,79	26
Львовская . . . . .	0,68	25
Станиславовская . . . . .	0,65	35
Тарнопольская . . . . .	0,27	16

Леса сильно истощены в результате хозяйственности польских планов. Фактически приведенные выше цифры характеризуют не лесопокрытую площадь, а вернее, общую лесную площадь.

Годовой прирост древесины в лесах на территории бывшей Польши оценивался величиной порядка 20 млн. т<sup>3</sup>. Рубка значительно превышала прирост. Так например, в 1935 г. общая рубка составляла около 24 млн. т<sup>3</sup> и в 1936 г.—около 28 млн. т<sup>3</sup>, приблизительно половина этого количества падает на дрова.

Лес составлял одну из важнейших статей экспортной бывшей Польши. В 1927 г. суммарный экспорт леса и полуфабрикатов составлял 10,6 млн. т<sup>3</sup>. В дальнейшем, в результате кризиса экспорт неуклонно падал: в 1935 г. было экспортировано 3,5 млн. т<sup>3</sup>, а в 1936 г. лишь 2,8 млн. т<sup>3</sup>.

Дрова—основной вид топлива в Белоруссии и Западной Украине.

**Гидроэнергия.** Потенциальные гидроэнергетические ресурсы в бывшей Польше оценивались в 1 млн. kW по минимальному расходу воды и в 2,7 млн. kW—по среднегодовому (мощность брутто при к. п. д.= 100%).

Согласно опубликованным в 1931 г. подсчетам гидроэнергетических ресурсов по участкам рек с удельной мощностью от 200 л. с./км при уклоне от 0,5 m/km и более, из суммарной мощности таких участков в 1,31 млн. л. с.<sup>6</sup> на долю Западной Украины и Западной Белоруссии<sup>7</sup> приходилось около 63%.

Отдельные участки рек этой категории характеризуют показатели, приведенные в табл. 2.

В Западной Украине и Западной Белоруссии реки принадлежат к двум бассейнам: к бассейну Балтийского моря (система рр. Немана, Западной Двины и Вислы) и Черного моря (рр. Прут, Днестр, Припять).

Реки Западной Украины, притоки которых берут начало в предгорьях Карпат (Днестр, Прут), протекают в районах с обильными осадками. Они характеризуются значительными уклонами и весьма неравномерным режимом. В Западной Белоруссии реки имеют относительно равномерный сток. Отдель-

Таблица 2

Река	Длина участка, km	Уклон, m/km	Напор, m	Мощность в тыс. л. с.	Возможная выработка в млн. kWh
Днестр . . . . .	251	1,24	311	125	547
Стрый . . . . .	197	2,10	415	127	567
Опор . . . . .	41	5,07	206	28	122
Орава . . . . .	12	10,33	124	3	12
Свица . . . . .	97	7,78	754	44	193
Мизунка . . . . .	45	9,35	421	11	50
Ломница . . . . .	118	7,43	877	68	287
Быстрица . . . . .	101	6,32	638	46	197
Быстрица Золотниская . . . . .	78	9,26	718	27	116
Прут . . . . .	158	4,70	750	75	320
Черемош . . . . .	146	5,96	870	120	522
Черный Черемош . . . . .	91	10,10	915	35	149
Сан . . . . .	250	1,82	455	81	352
Неман . . . . .	28	0,36	10	9	44
Стрипа . . . . .	25	3,6	91	7	30
Серет . . . . .	151	1,00	157	23	100

ные речные системы связаны судоходными каналами (Днепро-Бугский и Огинский каналы).

Степень использования потенциальных ресурсов гидроэнергии в бывшей Польше оставалась ничтожной. Список действующих гидростанций мощностью свыше 300 л. с. в 1930 г. исчерпывался 37 установками с общей мощностью в 30 тыс. л. с. В Западной Украине было лишь 3 установки (на р. Прут) общей мощностью в 650 л. с. В тот период на всей территории бывшей Польши числилось в постройке 8 гидростанций с суммарной проектной мощностью в 24,6 тыс. л. с. (из них 3—в Западной Украине на р. Сан—6000 л. с. и 2 небольших установки—180 и 163 л. с.—на р. Прут) и «намечалось» сооружение 80 станций с общей мощностью в 822 тыс. л. с. (в том числе 15 станций—295 тыс. л. с.—в Западной Украине).

Однако фактические сдвиги в развитии гидроэнергетики в польской Польше за весь период ее существования незначительны. Единственная относительно большая гидростанция (мощностью в 50 MW) строилась за последние годы в Западной части бывшей Польши—на р. Дунаец.

**Электрификация.** По абсолютным цифрам электробаланса бывшая Польша занимала лишь 16-е место в мире, сильно отставая от других, не только больших, но и малых стран, также и по темпам развития электрификации. Об этом свидетельствуют данные по некоторым странам таблицы 3.

Географическое размещение электробаланса бывшей Польши было крайне неравномерно. В одном Силезском воеводстве в 1937 г. было сосредоточено 37% всей генерирующей мощности и 41% всей выработки электроэнергии.

Всячески задерживая развитие производительных сил Западной Белоруссии и Западной Украины, правительство бывшей Польши тормозило и электрификацию этих районов. В отношении ко всему бывшему польскому государству территория Западной Украины и Западной Белоруссии составляла 50% и население около 38%, между тем как из суммарной установленной мощности всей бывшей Польши (1,6 млн. kW в 1937 г.) на долю этих областей приходилось лишь 7,3% (в Западной Белоруссии 30 тыс. kW и Западной Украине около 86 тыс. kW).

<sup>5</sup> По данным 1930 г. без Виленской области.

<sup>6</sup> По данным Power sources of Poland, 1931—Среднегодовая мощность брутто, к. п. д.—75%.

<sup>7</sup> Без Виленской области, Вологодская областная универсальная научная библиотека

Таблица 3

Производство электроэнергии\* (млрд. kWh и в процентах)

Страны	Круг станций	1929 г.	1937 г.	В процентах к 1929 г.	
СССР . . . . .	<i>a</i>	6,2	36,4	590	
Германия . . . . .	<i>a</i>	30,7	49	160	
США . . . . .	<i>b</i>	90,1	115,1	128	
Англия . . . . .	<i>b</i>	10,4	23,0	220	
Франция . . . . .	<i>b</i>	14,3	18,3	128	
Италия . . . . .	<i>b</i>	9,8	15,0	153	
Эстония . . . . .	<i>a</i> (1930 г.)	0,076	0,155	204 (1930 г. = 100)	
Латвия . . . . .	<i>a</i>	0,11	0,21	190	
Литва . . . . .	<i>a</i>	0,02	0,045	225	
Бывшая Польша . . . . .	<i>a</i>	3,0	3,6	120	

\* *a* — все станции,*b* — станции общего пользования.

Распределение электростанций по областям дано в таблице 4.

Около 77% всей установленной мощности Западной Украины и Западной Белоруссии (включая Ви-

Таблица 4

Области	Число станций	Мощность тыс. kW	Области	Число станций	Мощность тыс. kW
Белостокская . . . . .	49	23,9	Львовская . . . . .	64	59
Новогрудская . . . . .	31	3,2	Станиславовская . . . . .	39	12
Полесская . . . . .	27	3,2	Тарнопольская . . . . .	34	4
Волынская . . . . .	66	9,6			
			Всего . . . . .	210	116,5

ленскую область) падало на станции общего пользования (включая железнодорожные станции общего назначения и промышленные, отпускающие электроэнергию на сторону) и 23% на промышленные установки.

Приводимые в таблицах 5 и 6 подсчеты по данным на 1935 г. свидетельствуют о том, что 60% общего числа станций Западной Украины и Западной Белоруссии относятся к карликовым установкам — от 100 kW и ниже; удельный вес их в суммарной мощности всех станций составляет лишь

Таблица 5

Группы станций по мощности	Западная Белоруссия		Западная Украина		Группы станций по мощности	Западная Белоруссия		Западная Украина	
	число станций	мощность в тыс. kW	число станций	мощность в тыс. kW		число станций	мощность в тыс. kW	число станций	мощность в тыс. kW
	от 5001 до 10 000 kW	1001 . . . 5 000 kW	100 kW и ниже . . .	500 kW и выше . . .		100 kW и ниже . . .	500 kW и выше . . .	100 kW и ниже . . .	500 kW и выше . . .
Свыше 10 000 kW	—	—	2	37,1	От 501 до 1 000 kW	5	3,5	9	5,8
от 5001 до 10 000 kW	1	7,5	—	—	101 . . . 500 kW	23	5,7	63	12,7
1001 . . . 5 000 kW	3	5,8	10	19,5	100 kW и ниже . . .	74	2,8	107	4,2

Таблица 6

Города	Род топлива	Первичные двигатели		Установленная мощность kW	Производство электроэнергии млн. kWh
		число	мощность kW		
Львов	Камен. уголь, прир. газ	6 пар. турб. . . . .	25 900	25 900	36,7
Борислав	Камен. уголь, мазут, прир. газ	3 пар. турб. . . . .	11 200	11 200	11,9
Дрогобыч *	Природн. газ	3 пар. турб. . . . .	4 650		
Калуш *	Камен. уголь	1 двиг. внутр. сгорания . . .	50	4 700	10,4
Здолбуново *	Камен. уголь и нефть	2 пар. турб. . . . .	3 080		
Перемышль	То же	1 пар. маш. . . . .	200	3 280	5,6
Станиславов	Нефть	1 пар. турб. . . . .	2 400		
Тарнополь	Камен. уголь	2 пар. маш. . . . .	650	3 060	1,8
Городенка *	Камен. уголь и нефть	1 двиг. внутр. сгорания . . .	10		
Белосток	Камен. уголь	—	—	1 670	2,7
Гродно	Нефть	3 двиг. внутр. сгорания . . .	1 152	1 152	2,5
Брест-Литовск	—	2 пар. турб. . . . .	1 008	1 150	1,1
		1 двиг. внутр. сгорания . . .	18	1 026	0,69
		3 пар. турб. . . . .	6 860	7 500	13,8
		2 пар. маш. . . . .	640		
		2 пар. турб. . . . .	2 800	2 800	2,8
		2 двиг. внутр. сгорания . . .	410	3 210	
		4 двиг. внутр. сгорания . . .	928	928	1,8

\* Промышленная станция. Вологодская областная универсальная научная библиотека

коло 7%. На 16 электростанциях мощностью от 1000 kW и выше (табл. 6) было сосредоточеноколо 70 MW, т. е. 67% общей мощности.

Электростанции, как правило, работают на высококалорийном дальнепривозном топливе — каменном угле и мазуте. Как уже было отмечено, на некоторых из наиболее мощных Западно-Украинских станций (в Львове, Бориславе, Драгобыче), наряду с дальнепривозным каменным углем, сжигается под ютами природный газ. Местные энергоресурсы — торф, бурый уголь, а также гидроэнергия — не используются.

Производство электроэнергии в Западной Белоруссии и Западной Украине в 1937 г. составляло лишь 5,8% суммарной выработки всех электростанций бывшей Польши.

Распределение выработки по областям характеризуют следующие данные (в млн. kWh):

Белостокская . . . . .	39,6
Новогрудская . . . . .	3,6
Полесская . . . . .	7,2
Волынская . . . . .	14,4
Тарнопольская . . . . .	7,2
Станиславовская . . . . .	25,2
Львовская . . . . .	100,8
Всего . . . . .	198,0

В 1937 г. на всех электростанциях Западной Белоруссии производилось около 50 млн. kWh, причем  $\frac{3}{4}$  этого количества давали станции Белостокской области. Производство в Западной Украине составляло около 148 млн. kWh, из коих  $\frac{2}{3}$  приходилось на Львовскую область.

Производство на душу населения по всей бывшей Польше составляло в 1937 г. — 115 kWh, а по Западной Украине и Западной Белоруссии в среднем всего лишь 15 kWh. Особенно низка была цифра удельного производства (на 1 жителя) в областях Новогрудской (около 2 kWh), Полесской и Тарнопольской (6—5 kWh).

Наиболее высокую цифру — около 50 kWh показывала Львовская область.

Электроснабжением охвачено, главным образом, лишь городское население. Районные электросети отсутствуют, за исключением небольших линий электропередачи в районе Белостока, Львова и Борислава.

Сельское население в бывшей Польше вообще было почти совершенно лишено электрической энергии. Неудивительно, что и эксплоатационные показатели электрохозяйства бывшей Польши стояли на крайне низком уровне. Коэффициент использования установленной мощности по всем электростанциям составлял в среднем в 1937 г. — 2240 h, а в Западной Украине и Западной Белоруссии в среднем всего лишь 1720 h.

В рамках настоящего краткого обзора освещены лишь некоторые характерные черты энергохозяйства Западной Белоруссии и Западной Украины.

Анализ приведенных здесь материалов, в частности, показывает, что энергетические ресурсы очень слабо изучены. Местные топливные ресурсы, а также гидроэнергия почти совершенно не используются: электростанции работают, как правило, на дальнепривозном топливе, энергетика и электрификация находятся пока на низком уровне развития. В то же время даже имеющиеся неполноценные показатели свидетельствуют о наличии в Западной Украине и Западной Белоруссии значительного фонда энергоресурсов в виде залежей торфа, отдельных буроугольных месторождений, богатых нефтяных источников, а также лесных массивов и гидроэнергии.

Можно с достаточным основанием отметить, что Западная Белоруссия и Западная Украина являются районами с активным энергобалансом в том смысле, что их фонд энергоресурсов может не только покрыть потребности предстоящего социалистического развития народного хозяйства этих районов, но и помочь в известной степени дальнейшему развитию соседних областей нашей социалистической родины в части отдельных видов энергоресурсов.

В числе актуальных задач электрохозяйства Западной Белоруссии и Западной Украины стоят вопросы глубокого изучения фонда энергетических ресурсов, рационализации топливоиспользования, форсированного освоения местных ресурсов гидроэнергии, перевода электростанций на местное топливо и построения общего социалистического плана развития электрификации.

Советский Союз, освободивший Западную Украину и Западную Белоруссию с помощью доблестной Красной армии от власти польских танов, сумеет своей индустриальной мощью и богатым опытом социалистического строительства помочь Западной Украине и Западной Белоруссии разрешить задачи развития своего электрохозяйства по единому плану электрификации СССР.

#### Литература

1. Transactions of the first World power conference, vol. I, 1924.
2. Gesamtberichte der Zweiten Weltkraftkonferenz, B. VI, 1930.
3. Transactions of the third World power conference, vol. II, 1936.
4. Transactions of the American society of mining and metallurgical Engineers. Petroleum development and technology, 1938.
5. Power sources of Poland and their utilization, 1931.
6. Statistique de la production et de la distribution de l'énergie électrique en Pologne, 1936.
7. Statistical Yearbook of the world power conference, 1938.
8. Акад. И. М. Губкин и инж. С. П. Киселев, Мировые нефтяные месторождения, 1934.
9. Elektrizitätswirtschaft, № 15, 1939.
10. La revue pétrolière, 22 sept. 1939.
11. Electrical Review, 14 april, 1938.
12. Electrical Times, 3 August, 1938.
13. ETZ, 12 Oktob., 1939 и др.

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КУЙБЫШЕВСКОГО ГИДРОУЗЛА

## Объединение станций при расчетах статической устойчивости

С. А. ЛЕБЕДЕВ

Всесоюзный электротехнический институт

В СВЯЗИ с проектированием Куйбышевских электропередач некоторыми специалистами было выдвинуто положение, что для оценки статической устойчивости блоковой схемы передачи следует одному блоку противопоставлять всю остальную систему, включая и остальные блоки. Иными словами, в качестве одной станции берется рассматриваемый блок, все же остальные станции, включая и блоки, объединяются (рис. 1, а). Существует противоположное мнение, что при расчетах статической устойчивости такой схемы следует объединять все блоки и рассматривать их относительно приемной системы (рис. 1, б).

При противопоставлении одного блока всей системе статический предел мощности получается значительно больше (в процентах к мощности одного блока), чем при противопоставлении всех блоков приемной системе (в процентах к мощности всех блоков). В первом случае статический предел мощности блоковой схемы получается больше, чем для связанной схемы, для которой статический предел мощности нормального режима такой же, как и при расчетах по второму случаю. Таким образом вопрос методики расчета статической устойчивости таких схем приобретает существенное значение, так как от этого зависит выбор необходимого напряжения передач и ею может в значительной степени определяться схема передачи. Настоящая работа является первым шагом к оценке критерия объединения станций в расчетах статической устойчивости.

Рассмотрим вначале систему, состоящую из трех станций, присоединенных к одной общей точке с нагрузкой (рис. 2). Для определения критерия статической устойчивости составим дифференциальные уравнения свободных колебаний при малых

отклонениях углов (без учета вариации частоты)

$$M_k p^2 \Delta \delta_k + \frac{\partial P'_k}{\partial \delta_k} \Delta \delta_k - \frac{\partial P'_k}{\partial \delta_u} \Delta \delta_u + \frac{\partial P'_k}{\partial U} \Delta U = 0 \quad (k = 1, 2, 3). \quad (1)$$

Величины  $\Delta \delta_u$  и  $\Delta U$  можно выразить через отклонения углов из условия:

$$\sum_0 \Delta P'' = 0, \quad (2)$$

$$\sum_0 \Delta Q'' = 0. \quad (3)$$

Совместное решение уравнений (1)–(3) дает дифференциальное уравнение свободных колебаний, определяющее устойчивость системы. В том случае, когда константы двух из машин пропорциональны и они работают в подобных условиях, можно легко показать, что постоянная инерции и все частные производные активной и реактивной мощностей одной из машин равны соответствующим величинам другой машины, помноженным на коэффициент пропорциональности  $a$ . В этом случае выражения для  $\Delta \delta_u$  и  $\Delta U$  будут:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \delta_u &= k_1 \Delta \delta_1 + k_2 \Delta \delta_2 + k_3 \Delta \delta_3, \\ \Delta U &= L_1 \Delta \delta_1 + L_2 \Delta \delta_2 + L_3 \Delta \delta_3, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $k_1$ ,  $k_3$ ,  $L_1$ ,  $L_3$  – коэффициенты, выражаемые через частные производные. Подставляя эти выражения в уравнения (1), получим:

$$\left. \begin{aligned} \left( M_1 p^2 + \frac{\partial P'_1}{\partial \delta_1} + F \right) \Delta \delta_1 + aF \Delta \delta_2 + G \Delta \delta_3 &= 0, \\ F \Delta \delta_1 + \left( M_2 p^2 + \frac{\partial P'_2}{\partial \delta_2} + aF \right) \Delta \delta_2 + G \Delta \delta_3 &= 0, \\ E \Delta \delta_1 + aE \Delta \delta_2 + \left( M_3 p^2 + \frac{\partial P'_3}{\partial \delta_3} + H \right) \Delta \delta_3 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

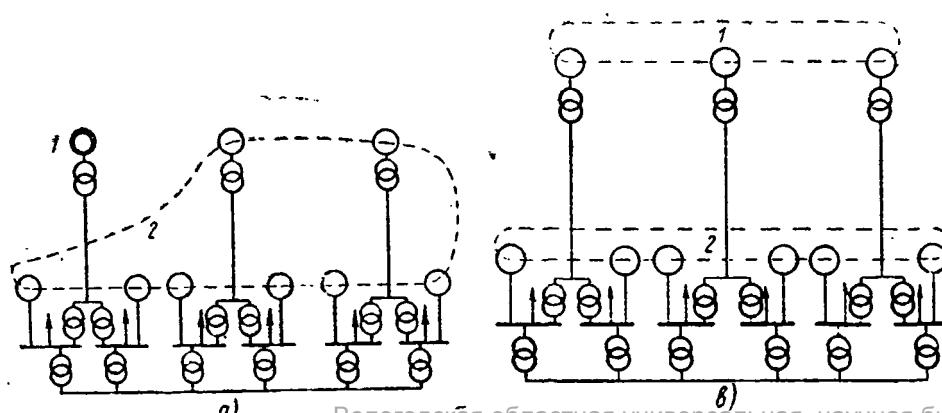


Рис. 1 Вологодская областная универсальная научная библиотека

Дифференциальное уравнение собственных колебаний получим, приравнивая нулю детерминант этих уравнений:

$$\left| \begin{array}{l} M_1 p^2 + \frac{\partial P'_1}{\partial \delta_1} + F; \quad aF; \quad G \\ F; \quad M_2 p^2 + \frac{\partial P'_2}{\partial \delta_2} + aF; \quad G \\ E; \quad aE; \quad M_3 p^2 + \frac{\partial P'_3}{\partial \delta_3} + H. \end{array} \right| = 0.$$

ЧИМ:

$$\left. \begin{array}{l} M_1 p^2 + \frac{\partial P'_1}{\partial \delta_1} \\ M_3 p^2 + \frac{\partial P'_3}{\partial \delta_3} + H \end{array} \right| \left. \begin{array}{l} M_1 p^2 + \frac{\partial P'_1}{\partial \delta_1} + (1+a) F; (1+a) G \\ M_3 p^2 + \frac{\partial P'_3}{\partial \delta_3} + H \end{array} \right| = 0.$$

III

$$M_1 p^2 + \frac{\partial P'_1}{\partial \delta_1} = 0 \quad (6)$$

$$\left. \begin{array}{l} M_1 p^2 + \frac{\partial P'_1}{\partial \delta_1} + (1+a) F; (1+a) G \\ M_3 p^2 + \frac{\partial P'_3}{\partial \delta_3} + H \end{array} \right| = 0. \quad (7)$$

Уравнение (7) представляет дифференциальное уравнение собственных колебаний при объединении станций 1 и 2, в чем нетрудно убедиться, подставляя в уравнение (5)  $\Delta\delta_2 = \Delta\delta_1$ . Уравнение (6) определяет предел мощности станции 1 (или 2) при условии, что в точке  $O$  (рис. 2) имеются шины бесконечной мощности. Очевидно, что предел мощности по уравнению (7) получается раньше, чем по уравнению (6).

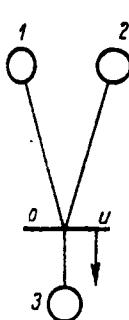


Рис. 2

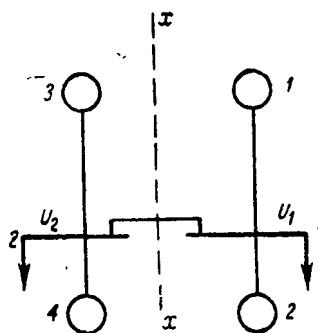


Рис. 3

Таким образом произведенный анализ показывает, что критерий статической устойчивости для схемы рис. 2, при пропорциональных константах двух машин и работе их в подобных условиях, получается таким же, как и при замене их одной эквивалентной машиной. В частном случае, когда все машины симметричны относительно общей точки, получим, что все машины можно заменить одной эквивалентной и рассматривать ее устойчивость относительно нагрузки.

Для анализа критерия статической устойчивости для блоковой схемы рассмотрим схему рис. 3.

Дифференциальные уравнения свободных колеба-

ний машин будут:

$$M_k p^2 \Delta\delta_k + \frac{\partial P'_k}{\partial \delta_k} \Delta\delta_k - \frac{\partial P'_k}{\partial \delta_k} \Delta\delta_{u_1 \text{ или } u_4} + \frac{\partial P'_k}{\partial U} \Delta U_1 \text{ или } 2 = 0; \quad (k = 1 - 4). \quad (8)$$

Величины  $\Delta\delta_{u_1}$ ;  $\Delta\delta_{u_2}$ ;  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  можно выразить через отклонения углов из условий:

$$\sum_1 \Delta P = 0; \quad \sum_1 \Delta Q = 0; \quad \sum_2 \Delta P = 0; \quad \sum_2 \Delta Q = 0. \quad (9)$$

В случае, если константы и режим работы системы симметричны относительно оси  $x - x$ , выражения для  $\Delta\delta_{u_1}$ ;  $\Delta\delta_{u_2}$ ;  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  будут:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta\delta_{u_1} = a\Delta\delta_1 + b\Delta\delta_2 + c\Delta\delta_3 + d\Delta\delta_4, \\ \Delta\delta_{u_2} = c\Delta\delta_1 + d\Delta\delta_2 + a\Delta\delta_3 + b\Delta\delta_4, \\ \Delta U_1 = a_1\Delta\delta_1 + b_1\Delta\delta_2 + c_1\Delta\delta_3 + d_1\Delta\delta_4, \\ \Delta U_2 = c_1\Delta\delta_1 + d_1\Delta\delta_2 + a_1\Delta\delta_3 + b_1\Delta\delta_4. \end{array} \right\} \quad (10)$$

Подставляя эти значения в уравнения (8), получим:

$$\left. \begin{array}{l} (M_1 p^2 + A) \Delta\delta_1 + B \Delta\delta_2 + C \Delta\delta_3 + D \Delta\delta_4 = 0, \\ A_1 \Delta\delta_1 + (M_2 p^2 + B_1) \Delta\delta_2 + C_1 \Delta\delta_3 + D_1 \Delta\delta_4 = 0, \\ C \Delta\delta_1 + D \Delta\delta_2 + (M_1 p^2 + A) \Delta\delta_3 + B \Delta\delta_4 = 0, \\ C_1 \Delta\delta_1 + D_1 \Delta\delta_2 + A_1 \Delta\delta_3 + (M_2 p^2 + B_1) \Delta\delta_4 = 0. \end{array} \right\} \quad (11)$$

Составляя детерминант этих уравнений и решая его, найдем:

$$\left. \begin{array}{l} [(M_1 p^2 + A - C)(M_2 p^2 + B_1 - D_1) - (B - D)(A_1 - C_1)] \\ [(M_1 p^2 + A + C)(M_2 p^2 + B_1 + D_1) - (B + D)(A_1 + C_1)] = 0. \end{array} \right\} \quad (12)$$

или

$$(M_1 p^2 + A - C)(M_2 p^2 + B_1 - D_1) - (B - D)(A_1 - C_1) = 0 \quad (13)$$

и

$$(M_1 p^2 + A + C)(M_2 p^2 + B_1 + D_1) - (B + D)(A_1 + C_1) = 0. \quad (14)$$

Уравнение (14) представляет дифференциальное уравнение свободных колебаний при объединении станции 1 с 3 и 2 с 4, в чем легко убедиться, подставляя в уравнения (11)  $\Delta\delta_3 = \Delta\delta_1$  и  $\Delta\delta_4 = \Delta\delta_2$ .

Таким образом произведенный анализ показывает, что один из критериев статической устойчивости для симметричной схемы рис. 3 получается таким же, как и при объединении станций 1 с 3 и 2 с 4. Статическая устойчивость такой объединенной системы является необходимым условием устойчивости действительной системы. На основании этого можно заключить, что при анализе статической устойчивости блоковой схемы следует объединять все блоки между собой и рассматривать их устойчивость относительно остальной системы (схемы *b* рис. 1) и ни в коем случае нельзя противопоставлять один блок всей системе, включая и остальные блоки (схемы *a* рис. 1).

# Выбор рациональных форм сечения шин на токи 6000—8000 А

С. Б. ШВАРЦМАН и Ю. А. ЯКУБ

Москва

**С**ООРУЖЕНИЕ куйбышевских гидростанций ставит перед промышленностью, научно-исследовательскими и проектными организациями целый ряд проблем, не имеющих прецедентов в мировой технике.

Не только в принципиальных, но даже в ряде конструктивных вопросов необходим пересмотр типовых решений. В частности, большая мощность генераторов Куйбышевской гэс (170—180 MW) вызывает необходимость пересмотра обычных форм шинных соединений генераторов с трансформаторами вследствие того, что номинальные токи достигают 6000—8000 А. Предельный же допустимый ток пакетов из нескольких полос прямоугольного сечения не превышает 5200 А (пакет из четырех медных полос сечением 100×10 mm). Дальнейшее увеличение числа полос в пакете практически не приводит к увеличению допустимого тока.

Кроме того, применение многополосных пакетов приводит к снижению использования материала шин вследствие значительного уменьшения допустимой плотности тока в шинах пакета по сравнению с одиночными полосами.

В последние годы в США получили широкое распространение шины фасонных сечений (швел-

леры и др.), позволяющие осуществлять соединения на значительно более высокие силы тока и одновременно допускающие большие плотности тока, чем многополосные пакеты.

На рис. 1 приведены фотографии шин американских электростанций Shullkil и Richmond, выполненных из двух швеллеров. На крупнейшей американской гидростанции Болдер-Дам также применены швеллерные шины на номинальный ток 4000 А.

В литературе, главным образом иностранной, имеется целый ряд теоретических и экспериментальных работ по вопросу о расчетах шин сложных сечений, однако данные о допустимых нагрузках таких шин недостаточны.

Для сплошных проводников прямоугольного сечения единственным методом расчета коэффициентов скинэффекта является метод, предложенный в 1937 г. Schwenkhagen<sup>1</sup>.

Для полых проводников квадратного сечения, например составленных из двух швеллеров, расчет коэффициентов скинэффекта может быть произведен по приближенным формулам Arnold<sup>2</sup>.

Arnold показал, что коэффициент скинэффекта  $k_0$  удаленного полого квадратного проводника для практически встречающихся значений частот и коэффициентов  $\beta = \frac{2t}{d}$  можно определить по следующей формуле:

$$k_0 = \frac{R_s}{R} = 1 + \frac{c_1 \left( \frac{\omega}{R} \right)^2}{\left[ 1 + \frac{c_2}{n} \left( \frac{\omega}{R} \right)^2 \right]^n}, \quad (I)$$

где  $R_s$  — активное сопротивление проводника, его сопротивление переменному току;  $R$  — сопротивление проводника постоянному току;  $t$  — толщина стенки;  $d$  — сторона квадрата полого проводника;  $\omega = 2\pi f$ .

Коэффициенты  $c_1$ ,  $c_2$  и  $n$  зависят от величины  $\beta$  и определяются данными таблиц 1 и 2.

Исследования показали, что пренебрежение эффектом тока других фаз при полых проводниках квадратного сечения приводит к очень большим ошибкам.

Arnold вывел также формулы для расчета коэффициента скинэффекта, учитывающие эффект тока других фаз. Эти формулы носят полуэмпирический характер и основываются на большом количестве экспериментов, проведенных в Английской национальной физической лаборатории.

Для однофазной системы двух полых квадратных проводников со стороной квадрата  $d$  и расстоянием между осями проводников  $s$  (отношение

<sup>1</sup> Schwenkhagen. Исследование скинэффекта в проводниках прямоугольного сечения, Archiv für Elektrotechnik, N. 6, 1927.

<sup>2</sup> Arnold. Сопротивление переменному току полых квадратных проводников. Journ. of the Institution of Electrical Engineers, V, 1938.

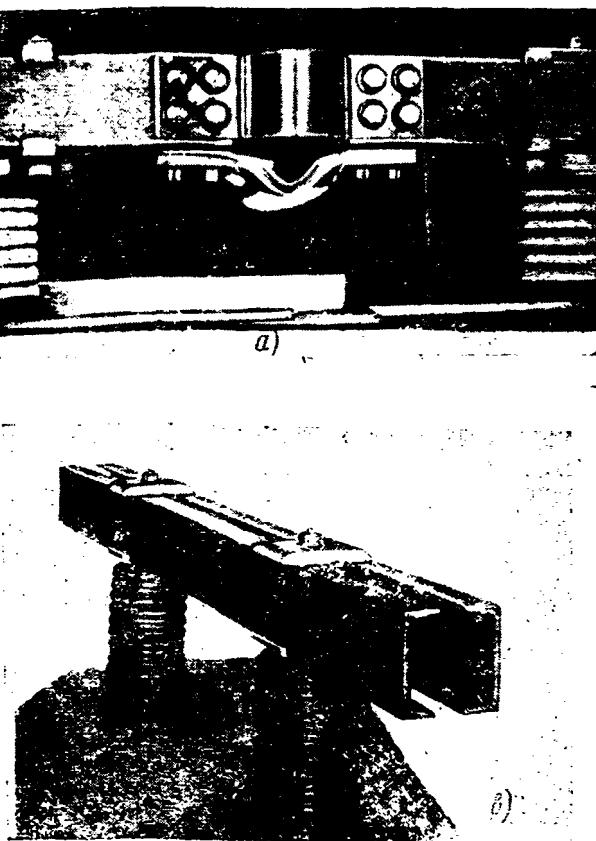


Рис. 1. Погодская областная универсальная научная библиотека

Таблица 1

$I$	$c_1$	$c_2$	$\beta$	$c_1$	$c_2$
1	0,0969	0,080	0,4	0,0261	0,025
0,8	0,0804	0,062	0,2	0,0113	0,034
0,6	0,0508	0,036	0,0	0,0062	0,061

Таблица 2

$I$	$n$	$\beta$	$n$	$\beta$	$n$	$\beta$	$n$
0,01	0,685	0,21	0,314	0,34	0,365	0,47	0,667
0,03	0,607	0,23	0,304	0,36	0,399	0,49	0,678
0,05	0,550	0,25	0,300	0,38	0,441	0,52	0,689
0,08	0,482	0,27	0,304	0,40	0,489	0,56	0,697
0,10	0,443	0,28	0,308	0,41	0,516	0,58	0,700
0,14	0,380	0,30	0,320	0,43	0,575	0,70	0,704
0,18	0,335	0,32	0,339	0,45	0,635	0,90	0,700

$I = \alpha$ ) коэффициент скинэффекта может быть вычислен по следующей формуле:

$$k = k_0 + \frac{\alpha^2 A \left( \frac{\omega}{R} \right)}{1 - \alpha^2 B \left( \frac{\omega}{R} \right)} A(\beta), \quad (2)$$

где  $k_0$  — определяется по формуле (1),  $A \left( \frac{\omega}{R} \right)$  и  $B \left( \frac{\omega}{R} \right)$  — функции  $\omega/R$ .

В уравнении (2) эффект тока других фаз учитывается вторым членом правой части. Для трехфазной системы этот эффект возрастает в среднем примерно на 50%; поэтому среднее значение коэффициента скинэффекта для трехфазной системы может быть определено по формуле:

$$k = k_0 + 1,5 A(\beta) \frac{\alpha^2 A \left( \frac{\omega}{R} \right)}{1 - \alpha^2 B \left( \frac{\omega}{R} \right)}. \quad (3)$$

При малых частотах и больших расстояниях между проводами эффект других фаз для внешних проводов трехфазной системы составляет примерно 75% от соответствующего значения для однофазной системы, а для среднего провода — примерно 300%. При высоких частотах эффект других фаз для внешних проводов получается таким же, как в однофазной системе, для среднего провода — он вдвое больше.

Для определения допустимых нагрузок и выбора рациональных форм сечения шин на токи 6000—8000 А были произведены расчеты медных окрашенных шин, составленных из двух швеллеров, двух уголков, двух полос с расстоянием между ними, равным высоте полосы, и четырех полос в двухэтажном расположении.

В первых двух случаях расчеты коэффициентов скинэффекта производились по формулам Arnold; для сечения, составленного из двух уголков, коэффициент скинэффекта определялся так же, как и для полого квадрата (сечение, составленное из двух швеллеров). Расчеты коэффициента скин-

эффекта полосовых шин произведены по методу Schwenkhagen.

При расчете теплоотдачи шин швеллерного сечения внутренние поверхности швеллеров совершенно не учитывались. Наружные поверхности полностью участвуют в теплоотдаче. Константа лучеиспускания во всех случаях принималась равной  $\epsilon = 0,95$  (окрашенная поверхность). Отдача тепла конвекцией учитывалась отдельно для вертикальных поверхностей, горизонтальной поверхности, обращенной вверх, и горизонтальной поверхности, обращенной вниз.

В шинах, составленных из двух уголков, в отличие от шин швеллерного сечения, внутренние поверхности образованного уголками корыта будут частично участвовать в теплоотдаче, что и учтено в расчетах.

Для каждого из рассчитываемых сечений шин было определено полное количество тепла, отдаваемое 1 см длины шины в окружающую среду путем конвекции ( $Q_k$ ) и лучеиспускания ( $Q_\lambda$ ):

$$Q = Q_k + Q_\lambda [W]. \quad (4)$$

Допускаемая сила тока  $I$  определялась из соотношения:

$$I^2 R_s = P K R = Q.$$

Результаты расчета медных шин, составленных из швеллеров и уголков, сведены в табл. 3 и 4. Сопоставление результатов расчетов показы-

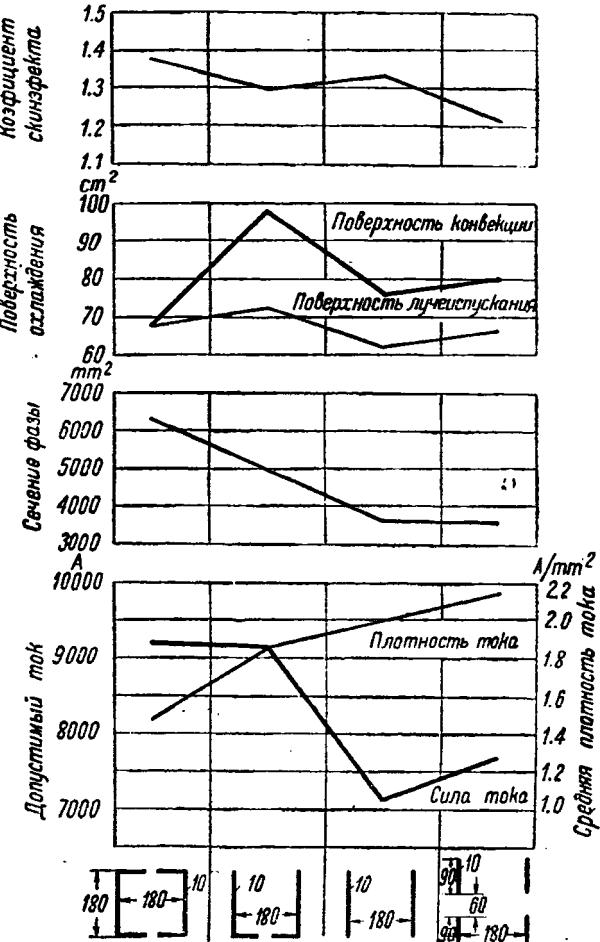


Рис. 2. Сравнение допустимых нагрузок и плотностей тока шин различной формы ( $t_{max} = 75^\circ$ )

Таблица

*Допустимые нагрузки и плотности тока медных окрашенных шин из двух швеллеров при переменном токе, переходе температуры 45° С и спокойном воздухе с температурой 30° С*

Высота швеллера mm	Толщина стенки швеллера mm	Сечение фазы mm <sup>2</sup>	Коэффициент скин-эффекта	Допустимый ток A	Средняя плотность тока A/mm <sup>2</sup>
100	6	1960	1,08	4130	2,1
100	8	2620	1,10	4720	1,79
120	6	2440	1,11	5110	2,09
120	8	3000	1,16	5600	1,74
140	8	3820	1,20	6800	1,7
160	8	4440	1,24	7420	1,66
160	10	5500	1,32	8000	1,45
180	8	5100	1,31	8170	1,60
180	10	6300	1,38	9200	1,46

*Допустимые нагрузки и плотности тока медных окрашенных шин из двух уголков при переменном токе, переходе температуры 45° С и спокойном воздухе с температурой 30° С*

Высота уголка mm	Толщина стенки уголка mm	Сечение фазы mm <sup>2</sup>	Коэффициент скин-эффекта	Допустимый ток A	Средняя плотность тока A/mm <sup>2</sup>
100	6	1610	1,06	4160	2,59
100	8	2112	1,03	4670	2,22
120	6	1950	1,08	5030	2,58
120	8	2600	1,13	5700	2,19
140	8	380	1,17	6500	2,13
160	8	3180	1,20	7330	2,11
160	10	4450	1,27	8660	1,82
180	8	3960	1,26	8300	2,09
180	10	4950	1,30	9060	1,83

вает, что при одинаковых размерах (высота и толщина стенки) допустимая сила тока для шин из двух швеллеров и двух уголков получается практически одной и той же, тогда как сечения их отличаются на 22—27 %. В соответствии с этим плотности тока в шинах из двух уголков получаются на 20—25 % выше.

Сказанное наглядно иллюстрируется кривыми рис. 2, показывающими изменение допустимой силы и плотности тока для шин, составленных из двух швеллеров 180×10, двух уголков 180×10, двух полос (раздвинутых) 180×10 и четырех полос 90×10 (двухэтажное расположение). На рисунке приведены также кривые коэффициентов скинэффекта, поверхностей охлаждения и площадей сечения для этих шин.

Из кривых следует, что при переходе от шины из двух швеллеров к шинам из двух уголков допустимый ток снижается всего на 1,5 %, тогда как выигрыш в активном сечении меди составляет 27 %. Переход от двух уголков к двум

полосам снижает допустимую силу тока примерно на 27 % при уменьшении активного сечения меди на 37 %. Применение двухэтажного расположения шин повышает допустимую нагрузку на 8 %.

Приведенные данные показывают, что шины из двух уголков дают значительную экономию меди.

Повышение допустимой плотности тока в шинах из уголков приводит к увеличению потерь, стоимость которых компенсирует дополнительные расходы на увеличение сечения шин при применении швеллерных сечений.

Результаты произведенных расчетов показывают, что для выполнения рациональных шинных соединений на токи 6000—8000 А можно применить сечения различной формы.

Выбор наиболее рациональной формы сечения возможен лишь после проведения соответствующих исследовательских работ, так как ряд положений, принятых в расчетах, нуждается в дополнительной экспериментальной проверке.

В связи с развертыванием строительства Куйбышевского гидроузла, этого величайшего сооружения сталинской эпохи, перед советской электротехникой выдвинуты новые задачи, одной из которых является выпуск выключателей с разрывной мощностью 4—6 млн. кВА при напряжении 300—400 кВ. Ступенью к разрешению этой ответственной задачи является заказ заводу «Электроаппарат» на быстродействующие выключатели с разрывной мощностью 2,5 млн. кВА при напряжении 220 кВ для Волгостроя.

Испытание таких выключателей должно основываться на глубоком изучении процессов гашения дуги в высоковольтных выключателях вообще. Эксплоатация уже существующих типов современных выключателей также в свою очередь требует создания правильной методики и соответствующей базы для испытаний.

Помещаемые ниже статьи и дискуссионные материалы д-ра технических наук Ю. В. Буткевича, инж. М. М. Акодиса, инж. А. Я. Буйлова, доц. В. Ю. Гессена, инж. Б. В. Малевинского и др. характеризуют уровень развития и ставят ряд существенных научно-технических задач в указанной выше области советского высоковольтного аппаростроения.

Редакция

## Высоковольтная коммутационная аппаратура в третьей пятилетке

Ю. В. БУТКЕВИЧ

Всесоюзный электротехнический институт

ПОСЛЕДНИЕ годы знаменуются быстрым развитием техники высоковольтной аппаратуры вообще и в особенности коммутационной аппаратуры (выключателей, разъединителей, предохранителей, реакторов и др.).

За границей имеется тенденция все время обновлять типы коммутационных аппаратов. Известно, что некоторые фирмы (например AEG) уже совершенно пошли от масляных выключателей и целиком перешли на безмасляные выключатели, т. е. воздушные. Большинство фирм Европы отказалось от многообъемных выключателей и перешло на малообъемные. Практика малообъемных выключателей начинает внедряться и в Америке. За границей, и особенно в Европе, получили широкое распространение ющие плавкие предохранители, которые в комбинации с разъединителями мощности в ряде случаев могут с успехом заменить тромоздкие и дорогие масляные выключатели.

Рост техники выключателестроения и внедрение большого количества новых совершенных типов коммутационных аппаратов стали возможны только вследствие широкого развития исследовательских баз. Сейчас уже все, даже второстепенные электротехнические фирмы, выпускающие выключатели, имеют в своем распоряжении лаборатории разрывных мощностей. В Европе насчитывается уже около 15 таких лабораторий.

Развитие высоковольтной аппаратуры происходит, с одной стороны, на базе изучения физических процессов гашения дуги и, с другой,— на базе развития техники изоляционных материалов. Например, благодаря усердным работам, проводимым в лабораториях AEG в области сухих газогенерирующих дугогасящих материалов, стало возможным освоение весьма ценных новых выключателей и разъединителей мощности, не требующих ни масла, ни сжатого газа.

Довольно значительный отпечаток на качестве высоковольтной аппаратуры наложило широкое применение также материалов типа бакелита или текстолита. В ряде европейских конструкций этот материал идет для осуществления изоляционных деталей, передающих значительные механические усилия.

лия и заменяющих фарфор и тем самым облегчающих значительно аппаратуру.

Можно было бы привести немало примеров, которые иллюстрируют влияние работ по гашению дуги и изоляционным материалам на конструкцию и принцип действия аппаратов.

Весьма существенным достижением современной электротехники вообще, и коммутационной аппаратуры в частности, является создание установки Болдер-Дам в Америке с напряжением 287 кВ, где установлены выключатели импульсного типа и с электромагнитным гашением дуги с временем действия порядка 0,05 сек.

Продолжают далее развиваться выключающие аппараты с деионными дугогасящими устройствами на низких напряжениях, которые особенно удачно разрешают проблему энергоснабжения промышленных установок, так как эти аппараты обладают высокой степенью безопасности. Если мы теперь обратимся к состоянию нашего аппаростроения, то, к сожалению, приходится констатировать еще существенное его отставание от заграничной техники.

У нас продолжают как основную продукцию выпускать выключатели с большим содержанием масла. Малообъемные выключатели только начинают прививаться. Первые образцы еще находятся в стадии опробования (предварительного) и окончательного испытания еще не прошли (МО-35, МО-110). Испытания в сетях чрезвычайно затянулись.

Полученные пока частичные результаты испытаний говорят за то, что мы имеем неплохие типы быстродействующих выключателей, пригодные и для мгновенных повторных включений. Эти результаты также говорят о том, что наша электропромышленность вырастила уже людей, способных разрешать сложные задачи высоковольтного аппаростроения.

Однако работа по освоению безмасляных выключателей почти отсутствует, если не считать одного образца воздушного выключателя, выполненного (но еще не испытанного) на заводе «Электроаппарат», и выполняемого в ВЭИ образца водяного выключателя. Весь опыт мировой техники в области

создания безмасляных выключателей остается пока в стороне от нашей промышленности.

Необходимо отметить, что такие сравнительно простые аппараты, как предохранители высокого напряжения, и то находятся в крайне неудовлетворительном состоянии. Выпускаемые плавкие предохранители не могут удовлетворить даже в малой мере потребности электростроительства (главным образом по качеству).

Только начинают еще очень робко выпускаться разъединители мощности, разработанные в ВЭИ совместно с заводом «Уралэлектромашин», одного типа на 6 кВ. По разъединителям мощности на более высокие напряжения еще только ведутся исследовательские работы. Потребность в разъединителях мощности сейчас исключительно велика, а удовлетворение ее фактически полностью отсутствует.

Решение вопросов, связанных с созданием новых типов коммутационной аппаратуры, упирается в экспериментальные базы. Еще до сего времени нет надлежащей экспериментальной базы ни на заводах, ни в ВЭИ. Чрезвычайно долго сооружался стенд на Южной подстанции Ленэнерго и только совсем недавно начал эксплуатироваться.

За последние годы в американской практике все больше переходят на мгновенное повторное включение при авариях в системах. Это мероприятие сильно повышает бесперебойность энергоснабжения потребителя. Необходимо отметить, что путем применения новейших систем воздушных выключателей удачно решается проблема мгновенного повторного включения линий передач. В нашей практике повторные выключения внедряются чрезвычайно кустарно. Отдельные объединения вводят у себя повторные включения, сооружая кустарные приспособления для этой цели. Заводы электропромышленности по сути дела этим важным вопросом почти не занимаются.

Совершенно недостаточно развита работа по приводам к выключателям и, в частности, по приводам переменного тока. Слабо внедряется в приводах пневматика, дающая ряд существенных преимуществ, особенно при повторных включениях.

Все это говорит о недостаточной подготовленности электропромышленности высоковольтного аппаратуростроения к решению задач, выдвинутых в области электростроительства XVIII съездом ВКП(б).

Перед электропромышленностью стоит задача дать стране надлежащее количество высококачественной коммутационной аппаратуры, отвечающей современным техническим требованиям. Эта задача может быть разрешена только при условии реконструкции завода «Электроаппарат» с тем, чтобы он мог развить полную свою мощность, а также при условии пуска в ход и налаживания нормальной деятельности Уральского аппаратного завода. Кроме того, требуется строительство еще одного завода электрической аппаратуры, способного обслужить Куйбышевский гидроэнергетический узел.

В каких же направлениях нужно работать, чтобы поднять нашу технику коммутационных аппаратов на надлежащую высоту в качественном и количественном отношениях?

Необходимо в первую очередь повысить культуру производства с использованием последних достижений в области технологических процессов и широким внедрением конвейерных производств по низким ценам.

которым видам продукции (разъединители, приводы, мелкие выключатели, предохранители и т. п.).

Нужно реализовать последние достижения науки и техники в области новых материалов, значительно облегчающих и упрощающих аппаратуру, дающие большую эксплоатационную устойчивость. Могут привести для примера такие мероприятия, как введение серебрения контактов, применение новых сплавов для контактов типа «Эльканайт», введение новых изолирующих материалов и т. п.

Особого внимания требует конструкторская работа. Исследование макетов конструкций в лабораториях позволит выпускать аппаратуру с обоснованным и проверенным рабочим процессом. Этот пункт приобретает наибольшую актуальность, именно, в области коммутационной аппаратуры, так как здесь еще много темных и неразрешенных вопросов. Необходим скорейший пуск в нормальную эксплуатацию установок в Ленинграде и в ВЭИ с тем, чтобы получить в ближайшие месяцы прочную экспериментальную базу хотя бы в небольшом диапазоне мощностей. Во что бы ни стало должно быть обеспечено скорейшее окончание лаборатории разрывных мощностей на заводе «Электроаппарат».

Следует подчеркнуть, что до сих пор наркомат электростанций и электропромышленности допускает безобразное отношение к строительству лаборатории разрывных мощностей на заводе «Электроаппарат». Три года тяготится это строительство и ему не видна конца.

Дальнейшая работа в области освоения новых типов малообъемных масляных выключателей на все напряжения даст возможность полностью вытеснить многообъемные выключатели из производства в ближайшие 1—2 года. Серьезная работа должна быть проведена по некоторым типам безмасляных выключателей, в первую очередь по выключателям со сжатым газом, обеспечивающим высокие технические показатели (малое время действия, повторное включение, малые габариты и т. д.).

Необходима наряду с этим разработка аппаратуры для применения мгновенного повторного включения масляных выключателей, что обеспечит значительное повышение использования существующих промышленных предприятий: выключателей на сверхвысокие напряжения 300—400 кВ применительно для дальних линий передач, таких как Куйбышев — Москва, большой разрывной мощности и с очень малым временем срабатывания (0,05—0,07 sec); новых типов разъединителей на высокие напряжения (300—400 кВ), новых типов разъединителей мощности на 6, 10 и 35 кВ и разрывные токи 200—400 А, что даст возможность в ряде случаев освободиться от громоздких выключателей; мощных плавких предохранителей на 6—10 кВ с разрывными мощностями 100—200—400 МВА, что приобретает особую актуальность в связи с налаживанием производства разъединителей мощности; новых и усовершенствованных приводов к выключателям и разъединителям, в частности, новых приводов переменного тока и быстродействующих для повторного включения крупных масляных выключателей.

Весьма существенное значение для развития высоковольтного аппаратуростроения имеют базы, поставляющие некоторые виды полуфабрикатов для высоковольтных аппаратов. Сюда относятся прежде

По изоляционные заводы, изготавливающие фарфор, волокнистые виды изоляции (бакелит, текстолит, гетинакс), пластмассы и смолы.

Низкий уровень культуры в производстве этих изделий не дает возможности добиться получения достаточно высококачественных изделий (фарфор, элит, фибра и др.).

Сильно отстает у нас специальная выделка электротехнических сортов пластмассы и также специальных сортов материалов типа фибры. Фибра, выпускаемая заводами в Кинешме и заводом им. Водарского, значительно уступает лучшим сортам электротехнической фибры, выпускаемой за границей особенно в Америке.

Для правильного развития высоковольтного аппаратуростроения необходимо обратить самое серьезное внимание на следующие виды продукции изоляционных материалов.

**Высоковольтный фарфор больших габаритов.** Существующие заводы не в состоянии полностью обеспечить выпуск высоковольтного фарфора для Куйбышевской аппаратуры. Не приспособлено и оборудование для такого производства. Технология производства фарфоровых изделий должна быть вскоре улучшена.

**Бакелит, гетинакс и текстолит для высоковольтного аппаратуростроения.** Необходимо повысить культуру этого производства и улучшить сырье для этих материалов.

Далее, высоковольтному аппаратуростроению нужны новые сорта пластмасс, отличающихся высокой электрической и механической прочностью; новые типы сухих газогенерирующих материалов, служащих для гашения дуги в плавких предохранителях, разъединителях мощности, стреляющих разрядниках и газовых выключателях; минеральные масла для выключателей с низкой склонностью к контеобразованию и низкой температурой замерзания.

Задачи промышленности по созданию новых совершенных типов коммутационных аппаратов определяют и тематику научно-исследовательских работ на ближайшее время.

**В области выключателей.** 1. Исследование изоляции выключателей на сверхвысокие напряжения 300—400 кВ для куйбышевских линий электропередач.

2. Разработка искусственных схем для исследования разрывной способности выключателей высокого напряжения.

3. Разработка и исследование дугогасительных систем для выключателей с масляным дутьем и изучение физической картины разрыва дуги в такого рода дугогасительных системах.

4. Исследование и разработка дутьевых электромагнитов для целей гашения дуги путем использования энергии тока короткого замыкания.

5. Исследование вопросов гидродинамики выключателей на сверхвысокие напряжения.

6. Исследование и разработка безмасляных выключателей.

**Воздушный выключатель 6—10 кВ для внутренних установок (в том числе для Дворца Советов).**

Воздушный выключатель на 35—110 кВ для наружных установок 500—1000 МВА.

Воздушный выключатель с автокомпрессией на 6—10 кВ.

Водяные выключатели на 6—10 кВ для внутренних установок (в том числе для Дворца Советов).

7. Разработка и исследование новых типов малообъемных масляных выключателей на весь диапазон напряжений 6—10—15—20—35—110—220 кВ.

8. Исследование и разработка выключателя постоянного тока высокого напряжения. Выбор схем и всестороннее изучение этих схем.

9. Исследование контактов выключателей на большие токи. Исследование тугоплавких контактов с точки зрения их обгорания под действием дуги. Исследование серебряных контактов и др.

10. Разработка аппаратуры для изучения поведения выключателей (измерители давления, скорости дутья и т. п.).

**Приводы к выключателям.** 1. Исследование и разработка приводов, работающих от переменного тока непосредственного действия.

2. Исследование и разработка приводов к мощным быстродействующим выключателям с повторным мгновенным включением и без него.

3. Разработка и исследование новых типов быстродействующих отключающих катушек.

**Разъединители.** 1. Дальнейшее усовершенствование разъединителей с деионной решеткой.

2. Разработка и исследование типов разъединителей мощности с новыми сухими газогенерирующими материалами.

3. Разработка и исследование разъединителей на сверхвысокие напряжения (300—400 кВ) для куйбышевских линий электропередач.

**Предохранители.** 1. Разработка и исследование предохранителя на 6—10 кВ с мощностями 100—200—300 МВА.

2. Полное изучение поведения предохранителей при номинальном режиме и перегрузках. Установление основных характеристик предохранителей.

3. Изучение работы предохранителей совместно с разъединителями мощности.

4. Разработка мощных предохранителей на высокие напряжения (35—110 кВ).

**Реакторы.** 1. Исследование и разработка новых типов реакторов для борьбы с током короткого замыкания.

2. Исследование компенсированных реакторов с железом, позволяющих значительно понизить токи короткого замыкания.

По всем этим вопросам необходима повседневная упорная работа большого коллектива научных работников, конструкторов и технологов, сопровождаемая подготовкой новых кадров специалистов высоковольтного аппаратуростроения.

Из всех областей электротехники область высоковольтного аппаратуростроения, пожалуй, является менее всех обеспеченной техническими средствами для своего развития.

В третьей пятилетке высоковольтное аппаратуростроение должно быть поднято на уровень, соответствующий боевым задачам развития народного хозяйства СССР.

# Требования эксплоатации энергосистем к масляным выключателям

**М. М. АКОДИС**

Донэнерго

**И**ЗВЕСТНО, что наше высоковольтное выключение телестроение значительно отстало от других областей электромашиностроения и от возросших запросов эксплоатации энергосистем. Огромный рост мощности наших систем и высокий коэффициент использования оборудования требуют четкой работы всех элементов энергосистемы. Выключатель, на обязанности которого лежит быстрая локализация аварии с любым из элементов сети, должен работать особенно четко и безотказно. Между тем, многие существующие выключатели и некоторые вновь выпускаемые не обеспечивают этого.

Ниже рассмотрен ряд условий, которым должен удовлетворять выключатель, и вытекающие отсюда требования к его испытаниям.

**Отключение малых мощностей.** В преобладающем большинстве современных выключателей и во всех выключателях, выпускаемых в СССР (с камерами масляного дутья, с деионными решетками и др.), гашение дуги производится за счет энергии самой дуги и сильно зависит от величины отключаемого тока.

При очень малых токах дуга в масле горит неустойчиво и сравнительно легко гаснет. По мере возрастания токов время гашения увеличивается, достигая максимума при некоторой определенной величине (конечно, различной для разных конструкций). С дальнейшим возрастанием тока время горения дуги снова уменьшается, что объясняется увеличением энергии, выделяемой в выключателе, за счет которой происходит гашение. Одновременно увеличение выделяемой энергии с возрастанием тока приводит к увеличению механических усилий, возникающих в камере, пока не наступит ее разрушение, чем ограничивается верхний предел выключаемых токов (разрывная мощность).

Для выключателей с простым разрывом время горения дуги вообще велико и дуга обычно гаснет при большой длине; если при малых токах время горения дуги и увеличится, то увеличение это относительно невелико. Так как энергия, выделяемая при малых и средних токах, значительно меньше, чем при больших, то их выключение, обычно, протекает легко, даже если дуга несколько затягивается.

Иное положение в современных выключателях. При наличии гасящих устройств в выключателе, время горения дуги во много раз меньше, чем при простом разрыве. В то же время длина этих гасительных устройств сравнительно невелика и затяжка в гашении на несколько полупериодов приведет к тому, что она не погаснет в камере, так как после выхода подвижного контакта дугогасящее действие ее быстро падает, и выключатель будет работать с простым разрывом. Более того, освобождение камеры от масла при длительном горении дуги может привести к тому, что часть дуги, находящейся в камере, при малых токах окажется менее подверженной воздействию масла, чем остальная часть. В результате дугогасящее действие выключателя с камерой при этих токах может даже

ухудшиться по сравнению с таковым без камеры при тех же токах и том же ходе траверсы. Кроме того, в выключателях с камерами, особенно в мало объемных, ход траверсы часто значительно (иногда в 2—3 раза) меньше чем в простых. В результате может получиться устойчивое горение дуги при низкоточечных разведенных контактах. Затяжка дуги при малых токах может также привести к перекрытию камеры; конечно, при разных конструкциях камера эта опасность различна.

Как следует из предыдущего, испытание современного выключателя лишь на предельные токи совершенно недостаточно для суждения о его пригодности. Необходимо также проверить его дугогасящие свойства при средних и малых токах. Однако несмотря на то, что испытание выключателей на малые и средние токи сравнительно легко организовать при большой скорости восстановления напряжения, у нас за исключением, быть может, Донэнерго такие испытания почти не проводились, т.к. предполагалось, что выключатель, справившийся с большой мощностью, подавно отключит малую.

Особенно важна проверка при малых токах малообъемных выключателей. В малообъемных выключателях обычно устраивается один разрыв на фазу (при напряжении ниже 110 кВ, исключая импульсные) вместо двух в многообъемных камерных; ход контактов в малообъемных также меньше, поэтому от них требуется еще более четкая работа при всех токах. Если в многообъемном выключателе гасящее устройство не погасит дугу при малых и средних токах, несмотря на наличие двух камер, это еще не обозначает обязательного взрыва. Чаще всего дуга все-таки погаснет, так как ход контактов в этих выключателях настолько велик, что дуга может погаснуть при малых и средних токах и без камеры. Взрыв этих выключателей при отключении малых токов обычно происходит лишь в наиболее неблагоприятных условиях (узкий диапазон токов, наиболее тяжелых для данного типа выключателя, или большая скорость восстановления напряжения, или внезапное развитие короткого замыкания после расхождения контактов).

Наоборот, в малообъемном выключателе отказ камеры в гашении дуги при малых токах почти всегда будет сопровождаться устойчивой дугой и даже взрывом.

В литературе уже было указано<sup>1</sup>, что выключатель ВМГ-22 «Уралэлектромашины», маркованный на 200 тыс. кВА 6 кВ взорвался при отключении мощности 50 000 кВА, хотя 200 тыс. кВА он отключал удовлетворительно. В дальнейшем были продолжены испытания над рядом вариантов реконструированных камер крос-жет этого выключателя, как при 6, так и при 10 кВ. При 10-кВ испытаниях

<sup>1</sup> Акодис М. М. и Меламед Ц. А., «Электрические станции» № 4—5, 1938.

всех случаях, когда дуга не гасла до или немедленно после выхода подвижного контакта из камеры, устанавливалась стоячая дуга, и выключатель зрывался (даже при мощности в 30 тысяч kVA — изменшей, на которую камеры, отказавшиеся гасить малые токи, испытывались). Таким образом явление об абсолютной взрывобезопасности малообъемных выключателей не обосновано, наоборот, их следует считать при определенных условиях более взрывобезопасными, чем многообъемные. Правда, разрушения, вызванные взрывом многообъемного выключателя и сопровождающиеся пожаром масла, могут быть во много раз больше, чем при таком же взрыве малообъемного, так как именно опасность масляного пожара и грозит наибольшими разрушениями. Сказанное, повидимому, может быть частично распространено на малообъемные выключатели на большие напряжения (35—110 kV), так как сокращение длины дуги по сравнению с баковыми в них еще больше.

При внезапном возрастании тока, после размыкания контактов выключателя, величина тока также может быть значительно больше, чем при нормальной работе выключателя ему приходится отключать лишь симметричную составляющую тока к. з. Постоянная составляющая затухает до образования дуги, за время действия релейной защиты и механизма выключателя. При внезапном возрастании тока в дуге он может содержать и постоянную составляющую. Таким образом длительное затягивание дуги при средних и малых токах, резко увеличивающее вероятность того, что развитие аварий с увеличением тока произойдет во время горения дуги в нем, значительно увеличивает опасность разрушения выключателя.

Указанное обстоятельство весьма существенно, поскольку до сих пор выключатели выбирались лишь из расчета симметричного значения тока к. з. В некоторых случаях, для нормальной работы системы уже требуется разрывная мощность до 3 млн. kVA при 110 kV. Учитывая же возможность появления постоянной составляющей при горении дуги, необходима в этом месте установка выключателей на мощность более 4 млн. kVA. Необходимо учесть, что эти точки являются наиболее ответственными в системе и для них четкая безотказная работа должна быть обеспечена безусловно. Между тем, в настоящее время 110-kV выключатели выпускаются на мощность не выше 2,5 млн. kVA, причем крайне сомнительна надежная их работа даже при мощности 70—80% от номинальной.

**Определение предельной отключаемой мощности.** Максимальный отключаемый ток обычно определяется механической прочностью камер выключателя, поскольку с возрастанием отключаемого тока увеличивается и давление. Невозможность определить расчетным путем величину давления и ее зависимость от тока требует экспериментальной проверки выключателя на отключение максимального тока. Неоднородность материалов, применяемых для изготовления камер выключателей<sup>2</sup>, требует создания значительного запаса механической прочности

для надежной работы, так как испытаниям на разрывную мощность подвергается лишь один выключатель каждого данного типа. Это позволяет гарантировать лишь часть мощности, которую выключатель выдержал при испытаниях, если даже последние происходили в достаточно жестких условиях с точки зрения гашения дуги. Учет же возможности внезапного возрастания тока во время горения дуги требует еще большего запаса механической прочности. Между тем, у нас нередко поступают наоборот. Испытав выключатель на данный отключаемый ток, делают вывод о его пригодности для значительно больших токов.

В качестве примера можно привести испытания решетки масляного дутья для усиления 6-kV выключателя Сименса (Мосэнерго), описанного в книге А. Я. Буйлова и Б. М. Малевинского<sup>3</sup>. Испытав выключатель на 600 тыс. kVA (по нашим подсчетам мощность испытания была гораздо меньше), авторы делают вывод о его пригодности для отключения одного млн. kVA. Причем авторы настолько уверены в достаточной прочности камеры, что, заменив разрушившиеся при испытании фибровые и текстолитовые болты на железные, сочли возможным уменьшить в два раза их сечение. Камера испытанного выключателя, по мнению авторов, в состоянии выдержать примерно 50 at. Между тем, испытание решеток ВЭИ, произведенное в Донэнерго, показало, что при подобном их выполнении и указанном времени горения дуги 5—6 полупериодов, давление, близкое к 50 at, получается при токе 10—15 тыс. A и даже менее. При токе же в 87 500 A<sup>4</sup> надо ожидать, что давление намного превысит 50 at.

Поскольку испытания выключателей не только на повышенную, но даже и на номинальную отключаемую мощность, как правило, невозможны, обычно приходится прибегать к экстраполяции. Очевидно, что без измерения величины и характера давления, возникающего в выключателях при отключении той или иной мощности, никакая экстраполяция невозможна. Несмотря на это испытания выключателей в Союзе проводятся до сих пор, как правило, без измерения давлений<sup>5</sup>.

Но даже при тщательном измерении давления, необходимы испытания, начиная от самых незначительных токов до близких к предельным для данного выключателя. Между тем, для больших выключателей испытания на мощности выше 20—30% от номинальной или вовсе пока у нас невозможны или выполнимы в исключительных случаях. Выходом из положения могут явиться искусственные методы испытаний.

Простейшим из искусственных методов является испытание предельными и повышенными токами при пониженных напряжениях. Поскольку в применяемых у нас выключателях с масляным дутьем, создаваемым за счет энергии, выделяемой самой дугой, дугогасящие свойства с увеличением тока

<sup>3</sup> Буйлов А. Я. и Малевинский Б. М., Методы усиления масляных выключателей, ОНТИ, стр. 29—33, 1938.

<sup>4</sup> Как указано там же (стр. 29), симметричная составляющая тока выключения, который должен гарантировать выключатель, равна 87 500 A; если же учесть возможность появления постоянной составляющей в токе дуги, получим больше 120 000 A.

<sup>5</sup> В Донэнерго измерения производятся пьезокварцевым прибором. Давления замеряются внутри камеры.

возрастают, испытаниями при верхнем пределе токов необходимо лишь установить механическую прочность камер. Эта задача может быть удовлетворительно выполнена при напряжении (следовательно, и мощности) в 10—20% от номинального для данного выключателя, если только время горения дуги не будет при этом сокращено. Конечно, этим методом можно пользоваться лишь после того, как испытаниями малыми и средними токами при номинальном и даже повышенном напряжении будет установлено, что дугогасящие свойства камеры достаточны. Испытания в высоковольтной лаборатории Донэнерго нескольких конструкций камер для 110-кВ выключателей с поперечно-масляным дутьем показали, что при токе 4000—6000 А время горения дуги в 6 и 38 кВ сети было почти одинаково. Подобные испытания, сравнительно легко выполнимые, могли бы быть весьма полезны для определения пригодности выключателей.

Еще больших результатов можно было бы добиться искусственной затяжкой на 2—3 полупериода времени горения дуги при испытаниях на пониженном напряжении. Для большинства конструкций высоковольтных выключателей может быть рекомендован очень простой метод получения этого. Выполняя соприкасающуюся с дугой поверхность камеры из изоляционного материала с низким поверхностным разрядным напряжением (например из текстолита), получим, что каждый раз после достижения нуля тока и гашения дуги она будет вновь зажигаться благодаря перекрытию на поверхности камеры. Повторные зажигания будут происходить до тех пор, пока расстояние между контактами не достигает такого размера, при котором восстанавливающееся напряжение уже не сможет перекрыть ослабленную изоляционную поверхность. Предварительным обжигом и обугливанием полоски текстолита в месте соприкосновения с дугой создается участок с очень низким разрядным напряжением. Варьируя длину участка и степень его обугливания, можно изменять и время горения дуги, что проверено нами лабораторным путем при испытании камеры поперечного дутья для 110-кВ выключателя.

Очевидно, наиболее эффективной схемой искусственных испытаний является такая, в которой, после достижения током нулевого значения, к выключателю прикладывается напряжение, близкое по форме и амплитуде к тому, которое воздействует на него при испытании на номинальном напряжении. Подобные схемы были разработаны в Донэнерго в 1937 г. и применение их позволит значительно более исследовать работу наиболее мощных выключателей на маломощной испытательной установке.

До сих пор испытания у нас проводятся лишь в сетях, так как лабораторий разрывной мощности нет. В условиях напряженной работы наших сетей испытания при больших мощностях чрезвычайно трудно выполнимы. Опасения нарушить нормальное снабжение потребителей при испытаниях на большие мощности короткого замыкания или даже разрушить оборудование динамическими усилиями токов к. з. (как это уже случалось в Мосэнерго и в Донэнерго) заставляют крайне ограничивать подобные испытания.

Отсюда вытекает необходимость проверки работоспособности выключателей сначала при малых и

средних мощностях и доступными искусственными способами на большие токи при пониженном напряжении с обязательным измерением давления в камере и определении ее механической прочности. Лишь те выключатели, которые покажут достаточно хорошие результаты при этих испытаниях, могут быть допущены для контрольной проверки и 2—3 опыта в мощной сети.

**Требования, предъявляемые к выключателям автоматическим повторным включением.** Широко вводимое в настоящее время в практику работы энергосистем автоматическое повторное включение требует особенно тщательных испытаний выключателей, так как значительно утяжеляет условия их работы. В настоящее время частыми ревизиями и ремонтами удается устранить много мелких повреждений до того, как они приведут к серьезным авариям. Несмотря на то, что эксплоатация электрохозяйства сильно обременена этими ревизиями, отнюдь не всегда удается предотвратить аварии, которые до сих пор еще очень часто происходят с выключателями. Введение автоматического повторного включения увеличивает количество отключений коротких замыканий выключателем, что, безусловно, повышает опасность разрушения; при этом увеличивается вероятность включения на короткое разрушенного выключателя.

Если для надежного выключателя применение автоматического повторного включения не создает чрезмерной перегрузки и компенсируется некоторым снижением отключаемой мощности, то для недостаточно надежного выключателя даже значительное снижение предельной отключаемой мощности не всегда поможет, независимо от того, успевает ли камера заполниться маслом или нет, так как требуется осмотр его перед включением. В то же время большая эффективность автоматического повторного включения, позволяющего во многих случаях снизить аварийность в сетях в 5—10 раз, требует максимально го его внедрения. При этом, очевидно, следует не ограничиваться однократным циклом, вводимым в первую очередь, а стремиться к внедрению многократных циклов, эффективность которых в два раза выше однократного (снижение в 8—10 раз против 4—5). Очевидно, для этой цели особенно важно обеспечить очень большую надежность выключателя, обеспечивающую его безотказную, многократную работу во всех условиях, возможных в эксплуатации.

Необходимость сильно повысить кратность работы выключателей требует освоения специальных малооплавляемых сплавов для контактов, в противном случае оплавление контактов будет лимитировать количество коротких замыканий, которое может быть отключено без ревизии, даже в выключателе удовлетворительной конструкции.

**О внедрении малообъемных выключателей.** В настоящее время многообъемные выключатели сохранили свое господство лишь в США и Англии. Континентальные европейские страны выпускают масляные выключатели почти исключительно малообъемными. В существующем и у нас, несомненно, правильном, стремлении перейти полностью на малообъемные выключатели большую роль играет экономия металла и масла. Однако выше мы уже указывали, что в случае затяжки дуги, которая особенно вероятна при отключении малых и средних

ков, взрыв малообъемного выключателя даже более вероятен, чем многообъемного.

По указанным соображениям необходимый переход на малообъемные выключатели должен быть произведен лишь после того, как будет произведена обязательная их проверка, подтверждающая их полную надежность.

Более того, наиболее мощные выключатели на 10 и 220 кВ вряд ли допустимо заменять малообъемными до того, как накопится некоторый опыт их работы в эксплуатации.

Но совершенно недопустим и отказ от решительного перехода на выпуск малообъемных выключателей под предлогом отсутствия лаборатории для испытания. Безусловно обречены на провал, как выполнимые, попытки заводов провести разработку этих выключателей, базируясь исключительно на испытаниях в мощной сети при нынешней напряженности режима работы всех энергосистем. Между тем, такие испытания не только не обязательны,

но, как указывалось выше, вообще недопустимы до всесторонней проверки выключателей на маломощной испытательной установке. Однако заводы настойчиво добиваются испытаний новых выключателей только в мощной сети, без предварительной их проверки. Попытки получить у завода «Электроаппарат» выключатели МО-110 и МО-35 для проверки их на маломощном испытательном стэнде Донэнерго (200 тыс. кВА) вышеуказанными искусственными путями не увенчались успехом, так как завод считает, что испытания этих выключателей на маломощной установке не представляют интереса.

Для успешного разрешения ответственных задач, стоящих перед техникой советского высоковольтного аппаратостроения, необходимо чтобы заводы и научно-исследовательские институты электропромышленности внимательно изучали опыт эксплуатации энергосистем. Большое значение при этом приобретает организация тщательного анализа аварий, связанных с работой выключателей.

## О гашении дуги при наличии импульсного дутья

М. М. АКОДИС

Донэнерго

**В** СТАТЬЕ под этим заглавием [1] А. Я. Буйлов описал свои эксперименты по изучению условий гашения дуги при наличии импульсного дутья, — один из этапов разработки импульсного выключателя на 380 кВ для Куйбышевской гидростанции.

Как показано ниже, ряд ошибок в постановке испытаний и оценке их результатов делает сомнительной справедливость основных положений А. Я. Буйлова.

1. Указывая на недостаток в схеме (рис. 1, а), применявшейся фирмой GEC [2], где искровой промежуток 6 создает запаздывание в подаче напряжения на выключатель, А. Я. Буйлов описывает разработанную им схему<sup>1</sup> (рис. 1, б), в которой этот недостаток устранен.

Прежде всего укажем, что схема Буйлова копирует в основном хорошо известную схему Э. Маркса (рис. 1, в), применявшуюся им для испытаний дуговых выпрямителей и описанную еще в 1932 г. [3]. Из сравнения схем б и в рис. 1 видно, что, если исключить из схемы Маркса необходимый для выпрямителей контур зажигания I и измерительную аппаратуру II, то можно получить схему, тождественную с примененной Буйловым.

В таком виде, в каком ее применял Буйлов, схема Маркса для испытания выключателей вообще непригодна, независимо от мощности источников питания. При первом же прохождении тока через нуль дуга погаснет, так как трансформатор 7 может пробить повышенным напряжением лишь один промежуток (*m* или *n*, рис. 1). После пробоя одного из промежутков, напряжение трансформатора 7 упадет до нуля (или весьма малой величины) и второй промежуток оно уже не может пробить. Через

тот промежуток, в котором дуга восстановилась, потечет лишь небольшой ток от повышительного трансформатора 7. Ни один современный выключатель не гарантирует гашение дуги при первом прохождении тока через нуль, так как оно может иметь место через 0,001 сек после расхождения контактов и даже раньше.

Применение же фирмой GEC в отличие от схемы Маркса разделительного искрового промежутка 6 (рис. 1, а) и питания трансформатора, подающего высокое напряжение, непосредственно от цепи 1, доставляющей ток к з., позволило обеспечить возникновение высокого напряжения не при первом прохождении тока через нуль, а при том, при котором трансформатор 2, подающий ток, сам уже не в состоянии зажечь дугу. В этом случае напряжение на трансформаторе 2 восстанавливается; одновременно с тем восстанавливается напряжение на трансформаторе 7, благодаря питанию его непо-

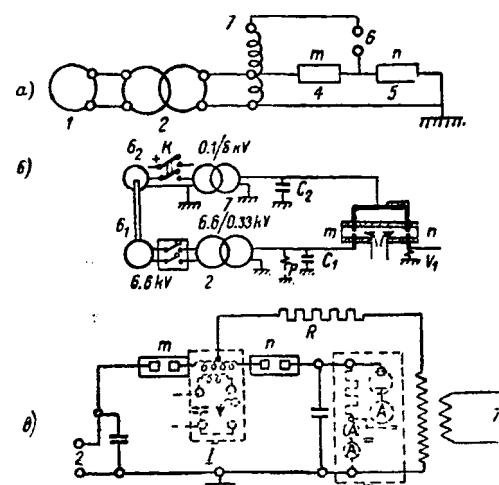


Рис. 1

<sup>1</sup> Воспроизведена лишь силовая часть, схема катодного осциллографирования опущена.

средственно от цепи основного тока, только после этого возможен пробой искрового промежутка  $b$ , что позволяет проверить повышенным напряжением прочность испытуемого дугового промежутка именно в этот момент.

Как известно, импульсный выключатель GEC гасит дугу очень быстро — за 1—2 полупериода. Время гашения дуги в нем при изменении напряжения в 2—3 раза изменяется незначительно. За полупериод электрическая прочность, достигаемая дуговым промежутком при нулевом значении тока, увеличивается в несколько раз. Эти свойства импульсного выключателя позволили проводить испытания его половины по такой схеме. Хотя применялось лишь трехкратное увеличение напряжения — с 44 до 132 кВ, автор (Skeats W.) сообщает, что из 74 опытов лишь 49 оказались удачными. При шестикратном увеличении напряжения (с 22 до 132 кВ) процент неудачных опытов, как указывает автор, увеличился [2]. Для испытания других типов современных масляных выключателей схема GEC вряд ли применима.

2. Описанные Буйловым эксперименты не позволяют даже определить процесса роста электрической прочности дугового промежутка и при первом прохождении тока через нулевое значение.

После гашения дуги в выключателе начинается процесс восстановления напряжения. Для более четкого представления физической картины происходящих явлений будем считать, что схема — одночастотная, т. е., иначе говоря, предположим, что реактивность трансформатора 7 велика, по сравнению с остальными реактивностями, и остаточная проводимость дугового промежутка весьма мала, так что восстановление напряжения определяется лишь значениями  $L_2$  и  $C_2$ .

По мере заряда емкости  $C_2$  напряжение на ней и дуговом промежутке нарастет. Предположим, что в некоторый момент напряжение превысило прочность дугового промежутка, вызвав его пробой. Это еще не означает восстановления дуги. В первый момент на искровой промежуток разрядится только емкость  $C_2$ , от источника тока будет протекать лишь небольшой ток, так как индуктивность ограничивает скорость его нарастания. В дальнейшем этот ток может либо возрасти, приводя к развитию импульсного разряда в дуге, либо затухать до полного прекращения, если отбор энергии (денизация) достаточно интенсивен.

Очевидно, развитие или затухание разряда будет зависеть от следующих факторов: величины емкости  $C_2$ , определяющей энергию импульсного разряда и степень ионизации им дугового промежутка: чем больше  $C_2$ , тем больше запасенная в ней энергия при данной величине пробивного напряжения, тем выше вероятность перехода разряда в силовую дугу; величины индуктивности  $L_2$ , определяющей величину тока в момент разряда и скорость его нарастания, т. е. подвод энергии к дуге: чем больше  $L_2$ , тем меньше энергия, подводимая в момент пробоя и непосредственно за ним следующий, тем меньше вероятность перехода разряда в силовую дугу; от дугогасящего устройства, определяющего отбор (рассеивание) энергии в данный момент.

Конечно, будет влиять и ряд других факторов, в частности большое значение может иметь остаточная ионизация дугового промежутка в момент, предшествующий разряду конденсатора

$C_2$ . Для данного гасящего устройства, при равных условиях, вероятность восстановления дуги тем выше, чем больше  $C_2$  и меньше  $L_2$ , как  $L_2$ , обратно пропорционально мощности трансформатора, получим, что чем меньше мощность трансформатора 7 (и генератора), тем большее вероятность того, что пробой дугового промежутка не приведет к восстановлению дуги, т. е. гашение будет сопровождаться „всплесками“ напряжения и тока.

Увеличение  $L_2$  снижает собственную частоту колебаний. Для сохранения скорости восстановления напряжения, соответствующей данной мощности, необходимо во столько же раз уменьшить по сравнению с величиной, встречающейся в эксплуатационных условиях, что еще больше увеличит вероятность появления „всплесков“. Учитывая это, получим, что даже в схеме (рис. 1), где мощность в цепи очень велика по сравнению со схемой  $b$ , вероятность появления „всплесков“ значительно больше, чем в нормальной схеме.

В схеме  $b$ , где мощность трансформатора 7 не может быть<sup>2</sup> такой, как в схеме  $a$ , вероятность появления „всплесков“ напряжения во много раз больше. В опытах Буйлова, где в качестве по вынуждающего 7 применялся измерительный трансформатор (индуктивность его больше чем в тысячу раз превышает ту, которую должен иметь трансформатор на то же напряжение, при токах к. з. 3—4 тыс. А) возможность развития дуги после разряда  $C_2$  крайне сомнительна.

3. При столь огромной индуктивности и большой емкости<sup>3</sup> (варьировавшейся от  $2 \times 10^{-4}$  до  $0,01 \mu F$ ), приключенной параллельно дуге, скорость восстановления напряжения получалась ничтожной (десятки вольт в микросекунду). В этих условиях представляется весьма странным тот факт, что при наличии импульсного дутья с давлением под поршнем, превышающим 10 ат, дуга не гасилась сразу, без повторных пробоев. Отсутствие замеров изменения давления во времени движения поршня (следовательно, и масла), скорости движения траверсы и фиксации момента размыкания контактов вообще не позволяет судить о характере процесса и причине плохого гашения в некоторых опытах.

4. Необходимо указать, что предположение автора о том, что „всплески“ всегда происходили при восстановлении напряжения на дуге, вообще не соответствует действительности. Восстановливающееся напряжение имеет знак, противоположный напряжению на дуге при горении, которое в последний момент может достигнуть значительной величины — „пика гашения“. Если сопротивление дуги перед гашением будет нарастать чрезмерно быстро, вызывая ускоренное спадение тока и чрезмерное нарастание напряжения на дуге, может произойти пробой искрового промежутка „пиком гашения“ и снижение напряжения до незначительной величины. Если сопротивление дуги снова начнет быстро нарастать, процесс

<sup>2</sup> Это потребовало бы такой же мощности контура 7, как и контура  $II$ , равняющейся  $\frac{1}{2}$  от искусственно созданной в опытах GEC.

<sup>3</sup> Из отчета ВЭИ; в статье не приведены значения емкости.

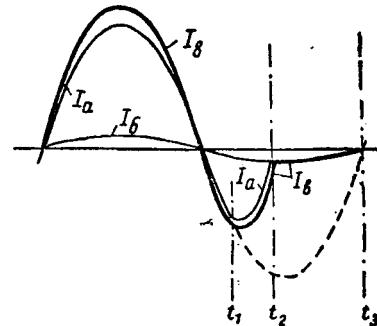
ожет повторяться еще один или много раз до достижения нулевого значения тока. После того как ток в дуге достигнет нулевого значения, начнется восстановление напряжения, которое величины последнего „пика гашения“ упадет до нулевого значения и затем, изменив свой знак, начнет нарастать. Подобные случаи неоднократно описывались в литературе [5, 4]. Очевидно, нижняя осциллограмма (рис. 5) статьи Буйлова так раз представляет подобный случай.

Пробои и „всплески“ только на восстанавливавшемся напряжении имеют место в верхних осциллограммах (рис. 4 и 5) статьи, где они происходят после того, как напряжение на дуге изменило свой знак. Лишь на 3 осциллограммах из 19, приведенных в отчете ВЭИ, пробой носит подобный характер, на остальных либо „всплески“ происходят до нулевого значения тока, т. е. являются пиками гашения, либо на осциллограмме нет конца, так что характер этих пробоев на осциллограмме не виден.

Б. Предположение Буйлова, что им исследовался момент нулевого значения тока с амплитудой несколько тысяч ампер, также едва ли соответствует действительности. Хотя оба трансформатора (7 и 2) питались синхронным напряжением, токи их не совпадали по фазе, так как отношение омического сопротивления к индуктивному в обоих контурах вряд ли могло совпасть. Так как индуктивность одного контура была в десятки тысяч раз выше, чем второго, сопротивление дуги, существенно изменяя фазу тока трансформатора 2, не оказывало никакого влияния на ток трансформатора 7; к тому же ток протекал лишь через один из двух промежутков, т. е. через вдвадцать раз меньшее сопротивление дуги. Значительное возрастание сопротивления дуги при приближении тока к нулю могло привести к резкому обрыву тока в трансформаторе 2 (питающим 300 V), не влияя на ток в трансформаторе 7. Сказанное иллюстрируется кривыми, построенными на рис. 2. При построении предположено, что  $\frac{R}{L}$  в обоих контурах одинаковы, поэтому до размыкания контактов токи совпадают по фазе. После размыкания контактов сопротивление дуги начинает ограничивать ток  $I_a$  в трансформаторе 2, сокращая длину полуволны тока. На ток  $I_b$  в трансформаторе 7 сопротивление дуги не влияет, ток  $I_a$  не достигнув нуля. После того, как  $I_a$  достигает нулевого значения, ток через промежуток  $m$  прекращается, так как напряжение в 300 V не может его пробить. С этого момента через промежуток  $n$  протекает лишь ток трансформатора 7. Кривая  $I_b$  изображает полный ток через промежуток  $n$ .

Следует отметить, что подобные явления имели место и в опытах GEC со схемой *a*. Хотя напряжение трансформатора 2 в этих опытах было велико по сравнению с напряжением на дуге (4 kV), время между гашением дуги в обеих половинах выключателя равно 500 мкс. В опытах Буйлова, где напряжение трансформатора 2 было 300 V, интервал между гашением дуги в промежутках  $m$  и  $n$  может достигать нескольких тысяч микросекунд, т. е. значительно больше, чем необходимо для ликвидации ионизации,

Рис. 2. Кривые изменения тока в промежутке  $m$  и  $n$ .  $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_s$  — соответственно токи трансформаторов 2 и 7 и промежутка  $n$ ;  $t_1$  — момент размыкания контактов;  $t_2$  — гашения дуги в  $m$ ;  $t_3$  — гашения дуги в  $n$



созданной большим током, и процесс гашения дуги может стать эквивалентным отключению ничтожно малого тока измерительного трансформатора 7. Отключение столь малых токов при интенсивном масляном дутье (пружина 10 kg) может привести к тому, что резко возросшее сопротивление дуги повлечет ускоренное спадание тока  $I_a$  и большие перенапряжения [4, 5, 6], так как  $L$ , очень велико. Если напряжение („пик гашения“) превысит прочность, достигнутую промежутком, произойдет ряд пробоев, подобно тому, как это имело место на большинстве осциллограмм.

Напряжение на дуге при токе в несколько тысяч ампер (если сопротивление дуги вообще не ограничивало его до значительно меньшей величины) не могло быть очень малым, по сравнению с напряжением контура 1 (300 V), и, по-видимому, это явление имело место почти во всех опытах.

Таким образом в сущности исследовалось гашение дуги при токе, даваемом измерительным трансформатором 7, а не трансформатором 2, как предполагает Буйлов. При таком токе (вероятно измеряемом амперами, если не долями ампер) устойчивой дуги не получалось, и в продолжение всего времени от  $t_2$  до  $t_3$  следовали пробои и зажигания. Этим, по-видимому, и объясняется, почему в подавляющем большинстве опытов все пробои даже не уложились на осциллограмме в несколько тысяч микросекунд.

При размыкании kontaktов в момент, непосредственно предшествующий прохождению тока через нулевое значение, сопротивление дуги может оказаться весьма малым даже для напряжения 300 V. В этом случае очередь гашения дуги в обоих промежутках и интервал между ними будут определяться соотношением между  $\frac{R_1}{L_1}$  и  $\frac{R_2}{L_2}$ , и интервал может быть значительно меньше 4. Возможно, что повторные пробои на восстанавливавшемся напряжении как раз имели место лишь в опытах, в которых прохождение тока через нуль следовало немедленно за расхождением контактов, т. е. происходило при очень малой длине дуги, и малое расстояние между контактами затрудняло протекание масла.

Таким образом самого явления, на котором А. Я. Буйлов строит свои выводы, по сути и не было в его опытах, следовательно, сделанные выводы и подсчеты вообще не имеют смысла. В опытах GEC подобные явления наблюдались, но их следует отнести за счет специфических условий испытаний. При нормальных условиях они вряд ли будут иметь место, особенно при

отключении больших мощностей, когда индуктивность мала, а емкость сравнительно велика.

При достаточной мощности контура зажигания в схеме в Маркса она может быть применена в некоторых случаях для испытания выключателей с временем горения дуги 5—6 полупериодов. Поддерживая дугу с помощью зажигательного контура в продолжение заданного числа полупериодов и определяя, какое напряжение трансформатора 7 выдерживает этот контур после последнего полупериода, можно выяснить отключаемое выключателем напряжение, механические усилия в нем, время горения дуги, и т. д. Очевидно, далеко не для всех выключателей это применимо; в тех случаях, где это применимо, можно добиться увеличения мощности в несколько раз, что будет в основном определяться напряжением дуги.

**Выводы.** Сложность задач по разработке выключателей на 380 кВ, отставание нашего выключателестроения от потребностей крупных энергосистем, невозможность испытания выключателей на их полную мощность требуют форсирования теоретического и экспериментального изучения процесса гашения дуги и разработки искусственных методов повышения разрывной мощности испытательных установок.

Сложность происходящих в высоковольтных выключателях процессов требует вместе с тем

очень тщательной постановки исследований в противном случае исследования могут привести к ошибочным выводам, которые только внесут путаницу в существующие представления, что еще больше затруднит разработку выключателей.

Автор надеется, что приведенные соображения о схеме Э. Маркса будут способствовать ее внедрению в работу наших лабораторий. Схема обладает рядом дефектов, ограничивающих ее применение и требующих большой осторожности в экспериментировании и оценке результатов, но в некоторых случаях она может быть полезна (только при применении с вспомогательным зажигательным контуром, позволяющим поддерживать дугу несколько полупериодов), позволяя изучить работу выключателя при мощности, в несколько раз превышающей имеющуюся в лаборатории.

#### Литература

1. А. Я. Буйлов, «Электричество» № 3, стр. 59, 1939 и технический отчет ВЭИ, Выключатели на 380 кВ.
2. W. Skeats, El. Eng. № 6, 1936.
3. E. Marx, Lichtbogen — Stromrichter (книга) изд. Julius Springer. Берлин, 1932.
4. Van Cicle, Electrical Eng. февраль 1935.
5. B. Vogtges und W. Kaufmann, VDI № 20, стр. 597—604, 1935.
6. F. Kesselring und F. Korreimann, Archiv für Electrotechnik 2, Heft 7, 1936.

## Еще об опытах по гашению дуги при импульсном дутье

А. Я. БУЙЛОВ

Всесоюзный электротехнический институт

В СВОИХ замечаниях по поводу моей статьи, помещенной в журн. «Электричество» № 3, 1939 г., инж. М. М. Акодис отрицает все — и оригинальность схемы, и методику, и правильность оценки результатов.

1. Относительно самого факта оригинальности предложенной мною схемы спорить, пожалуй, и не стоило бы, — она признана ВЭИ, и бюро новизны выдало на схему авторское свидетельство.

Но «доказательства» Акодиса таковы, что они искажают сущность методики исследования гашения дуги, и потому их следует рассмотреть.

Идеалом искусственной схемы для испытания выключателей была бы такая схема, в которой ток в дуге протекал бы за счет энергии низковольтного источника тока, а процесс восстановления напряжения на выключателе получался бы, в полном соответствии с действительным процессом в нормальной схеме, за счет энергии высоковольтного, маломощного источника тока. Причем в идеальной схеме, при пробое восстанавливавшимся напряжением дугового промежутка, в дуге должен немедленно начать проходить ток от низковольтного источника энергии. Такая схема позволила бы сильно упростить оборудование и удешевить лаборатории разрывных мощностей.

Однако на сегодня такой схемы **не существует**. Вологодская областная универсальная научная библиотека

Имеются лишь некоторые приближения к ней. Я не собираюсь здесь давать подробную оценку всем существующим подобным схемам. Укажу лишь, что так называемые «импульсные схемы» должны быть отброшены, как сильно искажающие процесс в выключателе во время гашения и усложняющие методику экспериментов. Поэтому, как я уже указывал в своей статье, имеется только одна схема (кроме моей), заслуживающая большого внимания. Эта схема Skeats (или GEC), которую я упоминаю в своей статье и о которой говорит Акодис.

По Акодису схема Маркса отличается от схемы GEC тем, что в ней имеется вспомогательный источник питания, но отсутствует разделительный промежуток. Однако дело не только в этом. Схема Маркса пригодна для испытания именно выпрямителей, но она **не может имитировать** процесс восстановления напряжения, так как, если трансформатор 7 (рис. 1 замечаний Акодиса) будет давать высокую частоту, то выпрямители работать не будут. Для испытания выключателей также пробовали применить вспомогательный источник тока высокой частоты и высокого напряжения, но эти попытки кончились неудачей; оказалось почти невозможным синхронизировать момент исчезновения тока в дуге (до некоторой степени случайный), с моментом начала роста напряжения на дуговом

промежутке, в особенности если учитывать влияние самого аппарата на контур высокой частоты, которое тоже не стабильно.

У Маркса частота вспомогательного контура низкая, поэтому он мог о синхронизации особенно не заботиться. Правда, Маркс предложил в измененном виде свою схему и для испытания выключателей [1]. Однако при этих испытаниях уже имеется высокочастотный контур со всеми вытекающими отсюда неприятностями, и в литературе (включая работы и самого Маркса) нет никаких указаний на какие-либо испытания выключателей по этой схеме.

Поэтому мою схему можно лишь сравнить со схемой Skeats, а не со схемой Маркса. Подходит же к подобным схемам только с точки зрения их конфигурации — значит игнорировать основы теории гашения дуги.

Схема Skeats, действительно, имеет крупный недостаток, указанный мною в статье и который исключил в своей схеме. Факт влияния самого дугового промежутка на процесс восстановления напряжения, и обратно, теперь вполне установлен. Количество это явление еще мало разработано, — погодимому, для различных выключателей, схем и мощностей оно будет выражаться по-разному. Тем не менее можно утверждать одно — пауза между проходом тока через нуль и началом роста восстановления напряжения на выключателе искажает процесс гашения в сторону его облегчения.

Далее Акодис утверждает, что применить мою схему (он называет ее «схемой Маркса») для выключателей вообще нельзя, так как она не в состоянии поддержать горения дуги в выключателе. Это в моей статье было достаточно ясно сказано, также было указано там на ограниченные возможности схемы. Если бы она поддерживала горение дуги, то это была бы та идеальная схема, которая была определена выше. Этого она обеспечить не может. Но разве схема Skeats или какая-либо другая это обеспечивает? Тоже нет. Однако у GEC провели по схеме Skeats очень много испытаний выключателей и получили ценные результаты. Поэтому схема, являющаяся предметом дискуссии, есть определенный шаг вперед, хотя она и не дает радикального решения вопроса.

Правда, в выводах, в разрез со своим первоначальным утверждением, Акодис признает за схемой Маркса некоторые возможности.

2. Второй раздел замечаний Акодиса ничего по существу не добавляет к первому. Как уже указывалось, развитие дуги после разряда конденсатора  $C_2$ , как при схеме  $a$  рис. 1, так и при схеме  $b$ , далеко не всегда возможно. Развитие дуги тем менее вероятно, чем больше разница между э. д. с. источника большого тока и источника большого напряжения. И это, вопреки мнению Акодиса, мало зависит от других постоянных цепи. Возможность повторного зажигания будет определяться, главным образом, способностью э. д. с. источника большого тока пробить одну половину разрывов выключателя, когда вторая половина пробита источником высокого напряжения. В дальнейшем развитие дуги будет зависеть от емкости  $C_1$ , а не от емкости  $C_2$ , именно эти две величины — э. д. с. низковольтного источника энергии и емкость  $C_1$  — определяют в основном возможность повторного зажигания дуги во всем выключателе, а никак не емкость  $C_2$  (как думает Акодис), так как разрядка емкости  $C_2$ .

Вологодская областная универсальная научная библиотека

на половину выключателя всегда будет достаточна для снижения диэлектрической прочности в месте разряда до ничтожной сравнительно величины.

В этом смысле моя схема опять-таки выгодно отличается от схемы Skeats. У Skeats вспомогательный контур (автотрансформатор) ионизирует половину разрывов выключателя спустя время, необходимое для соответствующего роста напряжения на промежутке  $b$ , в моей же схеме это время равно нулю и потому повторное зажигание дуги во всем выключателе более вероятно. Затем, откуда Акодис взял, что в моей схеме мощность трансформатора  $7$  (по обозначениям Акодиса) не может быть такой, как в схеме Skeats? Чему этому мешает, совершенно непонятно. Кроме того, большая мощность для трансформатора  $7$  не обязательна.

3. 4. Утверждения Акодиса, что «всплески» напряжения есть не восстанавливающееся напряжение, а «пики гашения», также странны.

Акодис указывает, что на рис. 5 моей статьи верхняя осциллограмма соответствует процессу, о котором говорю я, а нижняя — тому, который он рассматривает. Мне кажется, из статьи (тем более из отчета, на который ссылается Акодис) ясно, что отклонения катодных лучей под действием напряжения главного источника тока и вспомогательного направлены в разные стороны (при той же полярности одно — вверх, другое — вниз). Иного отклонения и не могло быть, так как заземленная пластинка помещалась в осциллографе между отклоняющими пластинами, и, при наличии на них напряжения одного знака, катодные лучи будут отклоняться в разные стороны. На рис. 5 ясно видны оба напряжения и ясно видно, что полярности их совпадают. Если допустить, что одно из них происходит «до прохода тока через нуль», то и другое должно быть таким же. Но, очевидно, ток низкого напряжения прекратился и ясно виден колебательный процесс восстановления напряжения. Следовательно и  $U_B$  — напряжение после прохода тока через нуль, — восстанавливающееся напряжение.

Погодимому, Акодиса смущило то обстоятельство, что в нижней осциллограмме рис. 5 колебательный процесс проходит через нуль. По этому поводу можно было бы порекомендовать познакомиться с нашими работами по гашению дуги [2].

5. Индуктивность измерительного трансформатора, конечно, во много раз больше индуктивности силового, но и его активное сопротивление также больше. Поэтому при к. з. они оба дадут ток, отстающий от э. д. с. почти на  $90^\circ$ . Вполне возможно, что точного совпадения этого угла все же нет. Но этого и не требуется.

Во-первых, некоторое отличие в фазе токов обоих трансформаторов при большой разнице в величинах токов ничего практически не меняет.

Нам важно, чтобы при проходе тока в дуге через ноль (того тока, который течет в дуге, будь он суммарным или еще каким) на промежуток накладывалось бы определенное (по величине и по знаку) напряжение, и только. И когда один трансформатор дает тысячи ампер, а второй — доли ампера, говорить о фазе токов нет никакого смысла. В данном случае надо говорить о фазе напряжений.

Во-вторых, точное соблюдение фаз здесь и невозможно, даже если бы мы подобрали трансформаторы с точно одинаковым углом короткого замыкания. Причина этого — сопротивление дугового промежутка, которое значительно может увеличить

$\cos \phi$  для трансформатора на большие токи и почти не скажется на повысительном трансформаторе (мы, конечно, считаем токи этих трансформаторов сильно отличающимися друг от друга, в противном случае «искусственная схема теряет смысл»).

На вопрос о том, возможен ли процесс, аналогичный представленному на рис. 2 замечаний Акодиса, следует ответить положительно. Такой процесс мыслим, но при большой разнице в токах  $I_a$  и  $I_b$  вероятность его мала, и в наших опытах, как это видно из статьи и всего предыдущего, таких процессов не наблюдалось.

«Пики гашения» при обрыве тока измерительного трансформатора могут, понятно, достигнуть больших величин, но в наших опытах за время разряда токи в дуге были результатом разряда именно емкости на дуговой промежуток, а не от трансформатора.

Что касается величины и длительности тока от низковольтного трансформатора, то в моей статье указано, что эти величины проверялись магнитным осциллографом. Было проделано достаточно много опытов, чтобы добиться приемлемой средней величины длительности большого тока. Контакты отключающего устройства в виде медных стержней диаметром 25 и 30 мм то и дело приходилось менять, так как они очень сильно обгорали, чего не было бы, если бы длительность дуги была бы мала. Поэтому я в статье величину тока указал вполне определенно.

Кроме того, большое число «всплесков» напряжения могло быть лишь при сильной предварительной ионизации дугового промежутка, в результате значительного времени горения дуги.

Укажу в заключение, что опыты, освещенные в моей статье, являются продолжением наших работ по исследованию гашения дуги переменного тока и их следует рассматривать, именно, в связи с прежними работами.

Предыдущие работы были посвящены исследованию режима дугового промежутка после прохода тока через ноль, причем в качестве дугогасящего аппарата применялся обыкновенный масляный выключатель или предохранитель. Мы (почти одновременно с Van Sickle) впервые доказали экспериментально влияние дугового промежутка на процесс восстановления напряжения. Кроме того, нами впервые было указано неоднозначное действие емкости на процесс гашения дуги (в связи со «всплесками» тока), впервые был записан рост сопротивления дугового промежутка.

Однако опыты производились со сравнительно слабыми дугогасящими аппаратами, с малыми скоростями восстановления напряжения и малыми мощностями в цепи. Поэтому во всех своих работах я указывал, что наблюденные при наших усло-

виях опыта явления не обязательно должны иметь место и при других условиях, хотя в то же время с этой возможностью необходимо считаться.

При постановке вопроса об исследовании гашения дуги при импульсном дутье мы, учитывая нашу очень небольшие возможности с точки зрения мощности, не ставили и не могли себе ставить цели исследовать этот вопрос более или менее полно.

Опыты ставились с целью выяснить, насколько отличается процесс гашения дуги в этом случае от такового же без наличия импульсного дутья при тех же условиях. Отчасти, поэтому мы и оперировали с малыми скоростями восстановления напряжения.

Кстати укажу, что возможность «всплесков» при малых скоростях восстановления напряжения меньше, повидимому, чем при больших. И если они имели место в наших опытах, то при больших скоростях восстановления напряжения с ними следует считаться безусловно. Результаты опытов ясно показали, что и при импульсном дутье эти «всплески» вполне возможны, а следовательно, и емкость системы должна играть двоякую роль. Такие же «всплески» получались у ГЕС, но значительно реже, по вполне понятным причинам.

В ВЭИ имеется материал по испытанию импульсного выключателя фирмы Метро-Виккерс, при рабочих давлениях под поршнем до 25 at. Для этого выключателя подобные «всплески» напряжения получались очень часто и при больших мощностях. Таким образом наши результаты получили подтверждение и при опытах с большими мощностями.

М. М. Акодис прав в одном — было бы целесообразно фиксировать давление в дугогасящем аппарате. Однако в то время мы не располагали достаточно надежными для этого приборами. Кроме того, при малых мощностях мы не думали определить какие-либо точные количественные соотношения, применимые для больших мощностей; поэтому и применялись пружины с резко различными постоянными, ибо качественная сторона явления при них выявляется более отчетливо.

Между прочим, с 1938 г. опыты по изучению гашения дуги в том разрезе, в каком они проводились, мы прекратили. Причина этого та, что на наших малых мощностях мы получили достаточно много интересных данных, уточняющих процесс гашения дуги, но их следует проверить и дать им количественную оценку уже при больших мощностях. Такими мощностями мы скоро будем располагать и работы по изучению гашения дуги будут, несомненно, продолжены.

#### Литература

1. Магх, ETZ, N. 21, 1936.

2. Буйлов А. Я., «Электричество» № 1, 1936, № 14 и 22, 1937, Бюллетень ВЭИ № 1, 1935.

# Специальной схеме для испытаний высоковольтных выключателей на разрывную мощность<sup>1</sup>

В. Ю. ГЕССЕН

Ленинградский индустриальный институт

В связи с проблемой Большой Волги, нашим заводам приходится уже сейчас выпускать выключатели с разрывной мощностью 2500 MVA при напряжении 220 kV. В весьма близком будущем придется освоить производство выключателей на еще большие разрывные мощности (порядка 4000—6000 MVA при напряжении 300—400 kV для куйбышевских линий электропередачи).

Испытания аппаратуры на разрывную мощность можно осуществить или в действующих системах, или в специальных лабораториях разрывных мощностей. Максимальная разрывная мощность, которая может быть получена от такой современной лаборатории на генераторном напряжении, равна около 2000 MVA.

Таким образом между «потолком» разрывной мощности современных конструкций выключателей и тех разрывных мощностей, которые могут быть получены в современных лабораториях, существует определенный разрыв.

Передовые капиталистические фирмы мира — GEC, Westinghouse выпускают ответственные выключатели, не идя по линии увеличения мощности лабораторий и не производя в лаборатории полного испытания на номинальную разрывную мощность. В лабораториях разрывных мощностей при помощи искусственных схем производят испытания только определенного числа разрывов масляного выключателя.

К такого рода схемам следует отнести и схему, предложенную у нас в Союзе инж. М. М. Аксоном в 1938 г., использующим интересный метод получения импульса на выключение источника восстанавливающегося напряжения.

Все эти схемы имеют один серьезный принципиальный недостаток — источники питания испытуемого аппарата разделены на две самостоятельные группы; предполагается, что процесс гашения дуги можно поделить на две раздельные, не связанные друг с другом фазы. В первой фазе в дуге протекает разываемый ток, во второй — дуга в аппарате гаснет при проходе тока через нуль.

Однако есть основания полагать, что процесс гашения дуги начинается ранее момента прохода тока через нуль. Следовательно, питание испытуемого аппарата от источника тока низкого напряжения влечет за собой серьезное искажение действительного процесса.

Далее, к моменту, когда ток в выключателе проходит через нуль, ионизация искрового промежутка обусловливается не только термическим действием дуги, но также и действием электрического поля. Если ток дается при низком напряжении, то условия электрического поля при испытаниях резко отличаются от действительных условий эксплуатации.

Кроме того, трудно в этих схемах синхронизировать момент подачи «восстанавливающегося напряжения» на расходящиеся контакты выключателя с моментом прохождения тока через нуль.

Наконец, искусственным схемам присущ еще тот недостаток, что почти все они пригодны только для испытания выключателей, в которых время горения дуги не превышает полпериода.

В 1937 г. проф. А. А. Горев предложил специальную схему лаборатории разрывных мощностей, в которой энергия, необходимая для испытания, запасается не в инерции вращающегося генератора, а в электрическом поле мощной батареи конденсаторов (рис. 1).

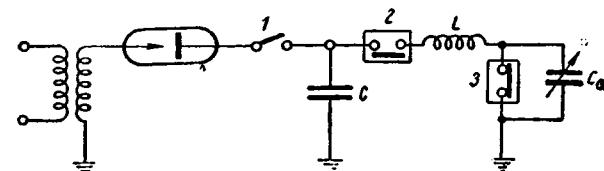


Рис. 1

В этой схеме, после того как процесс заряда батареи конденсаторов  $C$  окончен, батарея отсоединяется от источника заряда и при помощи выключателя 2 включается колебательный контур, состоящий из емкости основной батареи и индуктивности  $L$ . Постоянные контура подобраны так, что резонансная частота его соответствует выбранной частоте испытания. Одновременно с импульсом на включение выключателя 2 подается импульс на выключение испытуемого аппарата 3.

Параллельно к контактам испытуемого аппарата присоединяется вторая регулируемая емкость  $C_0$ . Наличие ее позволяет получить любые скорости восстановления напряжения на расходящихся контактах испытуемого выключателя, подбирая соответствующим образом соотношение между  $C$  и  $C_0$ .

Процесс, протекающий в схеме при испытании, можно поделить на две фазы.

Первая фаза — схема колебательного контура (рис. 2, а), создающего периодический затухающий ток в цепи, разрываемой испытуемым выключателем. Ток контура

$$i = \frac{E}{\omega L} e^{-\alpha t} \sin \omega t,$$

где  $E$  — напряжение, до которого заряжена емкость  $C$  перед замыканием выключателя 2.

Практически на частоту контура мало влияют большая величина  $R$  и малое сопротивление  $R_1$ , так что:

$$\omega \approx \sqrt{\frac{1}{LC}}.$$

<sup>1</sup> Сокращенная и переработанная стенограмма доклада проф. В. Ю. Гессен и прений на собрании НИТОЭ завода „Электроаппарат” в 1939 г.

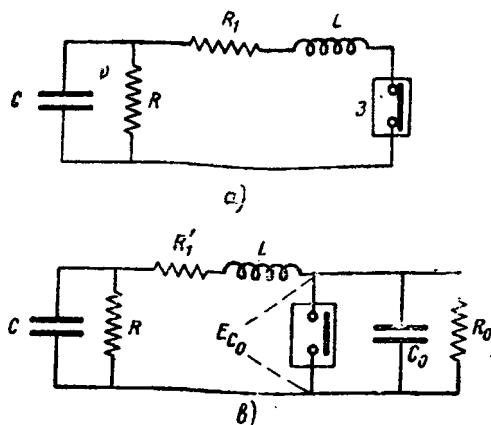


Рис. 2

Первая амплитуда тока, считая  $e^{-at} \approx 1$ ,

$$I = E \sqrt{\frac{C}{L}} = E \omega C,$$

мощность схемы

$$P = \frac{EI}{2} = E_{eff}^2 \omega C,$$

энергия, запасенная в ней,

$$W = CE_{eff}^2.$$

Вторая фаза — колебательный контур, определяющий скорость восстановления напряжения на испытуемом выключателе при погасании в нем дуги (рис. 2, б).

Потери в конденсаторах основной и вспомогательной батареи (представленные на схеме сопротивлениями  $R$  и  $R_0$ ) незначительны, и затем  $R_1 = R + R_0$  невелико.

Поэтому напряжение на испытуемом выключателе

$$E_{co} \approx E_0 \frac{C}{C + C_0} (1 - \cos \omega_1 t),$$

разрез по А-А'

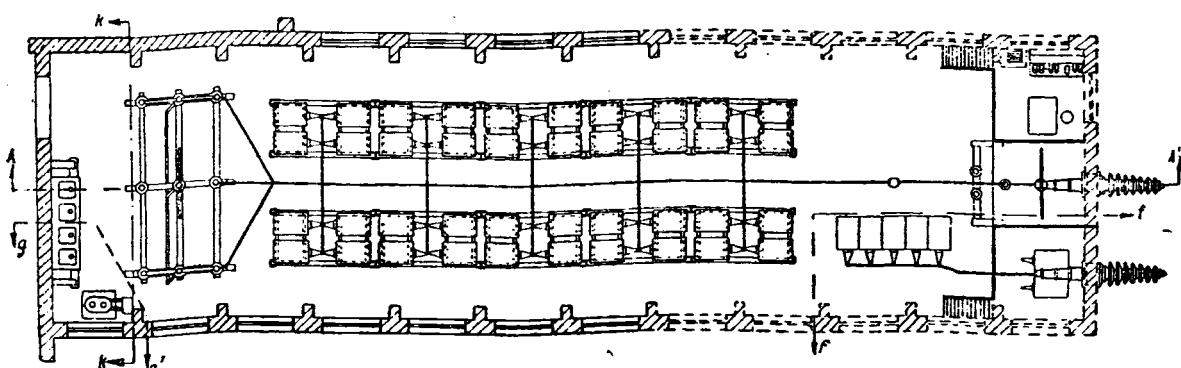
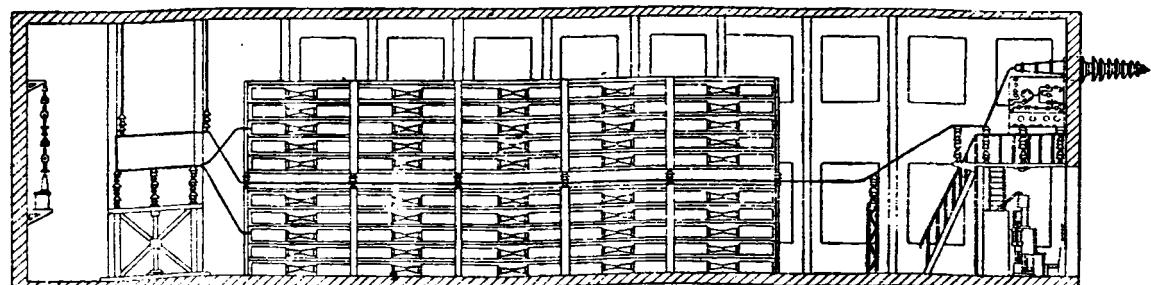


Рис. 4

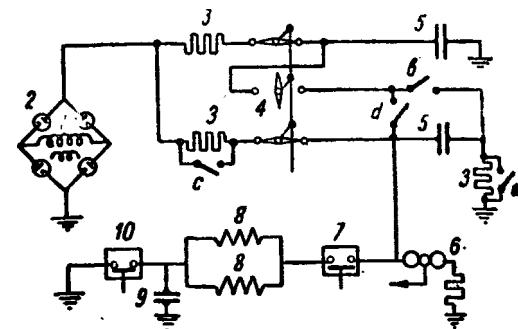


Рис. 3

1 — трансформатор зарядной схемы; 2 — выпрямительная установка; 3 — зарядное сопротивление; 4 — переключатель зарядной схемы и контура; 5 — основная емкость контура; 6 — разрядное устройство контура; 7 — звонкающий контакт турбогенератора; 8 — индуктивность колебательного контура; 9 — емкость, определяющая скорость восстановления напряжения; 10 — испытуемый масляный выключатель

где  $E_0$  — напряжение на основной батареи в момент погасания дуги

$$\omega_1 \approx \sqrt{\frac{C + C_0}{CC_0L}}.$$

Практически  $C_0 \ll C$  и

$$E_{C_0\max} = 2E_0 \frac{C}{C + C_0} \cong 2E_0,$$

$$\omega_1 \approx \frac{1}{\sqrt{LC_0}}.$$

Тогда средняя скорость восстановления напряжения на испытуемом выключателе:

$$v_{med} = \frac{E_{C_0\max}}{0,5 \cdot T} = \frac{2E_0}{\sqrt{LC_0}} \cdot \frac{1}{\pi}.$$

Задаваясь  $v_{med}$ , можно определить

$$C_0 \approx \frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{E_0^2}{Lv_{me}^2}.$$

Проделанные нами расчеты показали, что даже в использовании частоты 50 Hz схема, предложенная проф. Горевым, получается более экономичной, чем лаборатории разрывной мощности использованием вращающихся машин.

Есть все основания полагать, что можно несколько повысить испытательную частоту схемы тем самым удешевить схему) без того, чтобы разрывная мощность аппарата, которая будет получена при этом, отличалась бы от разрывной мощности, которую испытуемый аппарат имеет и нормальной промышленной частоте.

Это положение является спорным и нуждается в экспериментальной проверке.

Такую экспериментальную проверку предполагено провести в лаборатории высокого напряжения Ленинградского индустриального института. Для этой цели строится экспериментальный коллекторный контур со следующими параметрами: напряжение от 10 до 20 kV — токи до 400 A при 100 Hz и до 4000 A при 500 Hz; при 20 kV, соответственно, до 200 A при 50 Hz и до 2000 A при 100 Hz; изменение скорости восстановления напряжения в диапазоне от 0,2 до 5 kV/μsec.

В связи с постройкой масляного выключателя для Волгостроя на разрывную мощность 2500 MVA при напряжении 220 kV, по заданию завода „Электроаппарат“, в феврале 1939 г. нами был выполнен эскизный проект схемы Горева для резонансной частоты 50 Hz. Схема (рис. 3) позволяет испытать половину одной фазы такого выключателя при ее номинальной мощности 625 MVA, что составляет одну четверть трехфазной разрывной мощности. Это испытание будет производиться при половине от полуторафазного напряжения (100 kV). Цифры эти были приняты по согласованию с заводом, из условий испытания в однофазной схеме, имитирующей трехфазное испытание.

В этом проекте предусмотрена возможность пересоединения конденсаторов, образующих основную батарею, после заряда их от выпрямительной установки в параллель на последовательно попарное соединение. Самоиндукцию предполагается осуществить в виде двух реакторов по 84,4 mH. В схеме на 100 kV реакторы включаются параллельно, на 200 kV — последовательно.

Разрядная схема для испытаний при 100 kV получается при замыкании среднего ножа 3-полюсного разъединителя и разъединителей *a* и *d*, а разъединители *b* и *c* разомкнуты. При этом получается параллельное соединение двух секций основной батареи в схеме разряда. Основная батарея разряжается через вспомогательный выключатель и самоиндукцию на испытуемый выключатель.

Если желательно производить испытания при 200 kV, замыкают разъединители *b* и *c*, разъединители *a* и *d* остаются разомкнутыми. При переключении трехполюсного разъединителя на схему разряда получается последовательное соединение секций основной батареи.

Конструкция лаборатории изображена на рис. 4 и 5.

Остановимся подробнее на некоторых параметрах схемы.

Основная батарея состоит из 400 конденсаторов по 0,6 μF. Запас энергии в ней равен 2400 kJ. Она размещается на железной конструкции в зале, 10 ярусами по высоте.

Энергию, выделяющуюся в выключателе, мы считали по формуле Бауэра. Коэффициент и время горения дуги, по данным завода, принимались равными 0,03 и одному периоду соответственно. При таком расходе энергии в выключателе (375 kJ) затухание контура составляет 12,5%.

Емкость основной батареи выбиралась с таким расчетом, чтобы к моменту конца испытания иметь

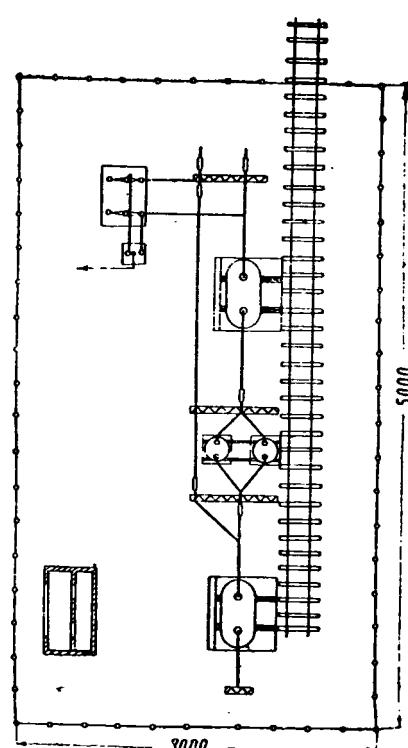
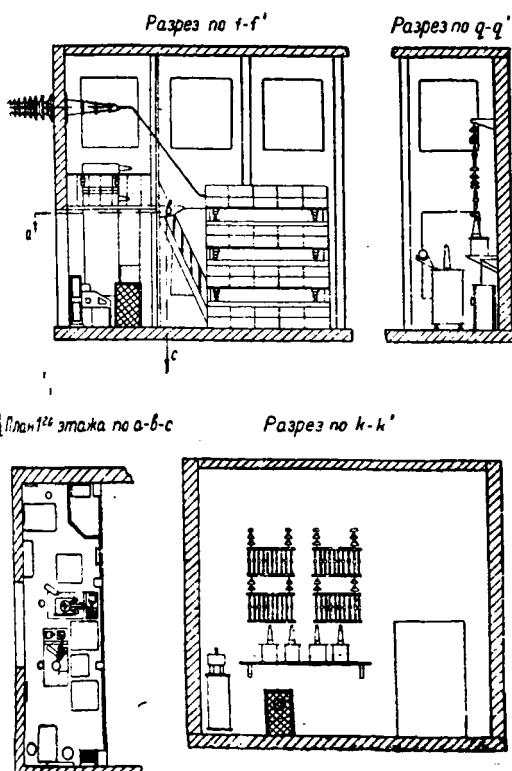


Рис. 5

1 и 2 — батарея конденсаторов основная и вспомогательная; 3 — трехполюсный разъединитель с дистанционным управлением; 4 — силовой трансформатор; 5 — однополюсный заземляющий разъединитель; 6 — генератор импульсов разрядной схемы; 7 — пульт управления схемы; 8 — бушинги выводов схемы; 9 — трансформаторы накала тиристоров; 10 — кенотронная установка; 11 — катодный осциллограф; 12 и 13 — магнитные осциллографы; 14 — замыкающий МВ; 15 — реактор; 16 — испытуемый МВ; 17 — 2-полюсный заземляющий разъединитель; 18 — разрядная схема; 19 — наблюдательный блок.

номинальный разываемый ток и 90% от номинального напряжения (по нормам).

Вторая батарея, задающая скорость восстановления напряжения, состоит из 40 конденсаторов — 24 емкостью по 0,6  $\mu\text{F}$ , 8 по 0,1 и 8 по 0,025  $\mu\text{F}$ . Батарея дает возможность при напряжении 100 kV изменять  $C_0$  от 0,00312 до 3,85  $\mu\text{F}$ , чему соответствует изменение скорости восстановления напряжения  $v_{med}$  от 7 до 0,22 kV/ $\mu\text{sec}$ , при 200 kV  $C_0$  можно изменить от 0,0312 до 0,9625  $\mu\text{F}$ , что дает  $v_{med}$  от 7 до 0,38 kV/ $\mu\text{sec}$ .

Батарея располагается в четыре яруса с изоляцией между ярусами на 100 kV эффективных.

Реакторы схемы, испытуемый и вспомогательный выключатели выносятся на испытательный стенд (рис. 5), который в целях безопасности обслуживающего персонала предположено отнести на 50 м от здания лаборатории.

Ориентировочная стоимость схемы составляет около 2,5 млн. рублей, включая расход в полтора миллиона рублей на конденсаторы.

Повышение частоты дает следующий экономический эффект. Схема на 500 Hz разрывной мощностью 4000 MVA при напряжении 300 kV требует 124 конденсатора, схема на 250 Hz — 300. Стоимость 500 Hz схемы не превышала бы 1 млн. 300 тыс. а на 250 Hz 1 млн. 900 тыс. рублей.

В заключение нужно подчеркнуть, что специальная схема проф. Горева, обладающая целым рядом бесспорных достоинств, полностью воспроизводящая эксплоатационные условия, применима, однако, главным образом, для быстродействующих выключателей на высокие напряжения.

При низких напряжениях, и особенно для масляных выключателей с большим временем разрыва дуги, схема непригодна и, следовательно, конкурировать в этой области с генераторными лабораториями не может.

## ДИСКУССИЯ

Г. Т. ТРЕТЬЯК

Ленинградский электротехнический институт

Вопрос о схеме А. А. Горева для напряжений порядка 200—400 kV должен ставиться в двух разрезах: во-первых, возможность повышения частоты, при которой схема будет весьма экономичной на высоких напряжениях, во-вторых, возможность комбинировать данную схему с искусственной.

Идея разделения источников тока и напряжения возникла уже лет 10 тому назад; она, очевидно, имеет будущее. До сих пор ни в одной из предложенных или примененных на этом принципе схем не было принято во внимание основное условие: чтобы имитировать гашение дуги, нужно восстанавливющееся напряжение подавать до прохождения тока через нуль.

Мне представляется, что искусственные схемы можно будет применять, и это даст 2—3-кратное увеличение мощности. Конечно, для этого требуется произвести довольно серьезную исследовательскую работу, но принципиально никаких затруднений нет.

Вопрос синхронизации также не представляет принципиальных трудностей. Синхронизировать можно, но нужно только знать, что надо синхронизировать, и это нужно исследовать. Если исследование покажет, что искусственная схема вполне реальна и вполне может имитировать испытание, то специальная схема А. А. Горева с запасом энергии в конденсаторах, достаточным для испытания на разрывную мощность до 1000 MVA, может дать при применении искусственной схемы возможность имитации испытания при 3000 MVA.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

Повышение частоты и применение искусственной схемы, конкурирующие сейчас мероприятия, и то и другое должно разрабатываться. Надо предполагать, что одно из них даст благоприятный результат и тем самым решить вопрос об испытании выключателя на 300—400 kV Куйбышева.

В. В. КАПЛАН

Завод «Электроаппарат»

Схема, предложенная А. А. Горевым, дает, повидимому, как уже говорил докладчик, единственно возможное решение для испытаний выключателей Куйбышевского гидроузла.

Мне лично представляется, что с принципиальной стороны никаких сомнений схема не вызывает.

Хотелось отметить несколько обстоятельств, которые затрудняют испытания в такой схеме. Кроме того, что этой схеме, как указывалось, могут быть испытаны только быстродействующие выключатели и напряжение на зажиме должно быть достаточно малым, в схеме нельзя проводить испытание трехфазных выключателей.

Для типа выключателей, установленных на станции Болдер-Дам, это было несущественно потому, что каждый полюс этих выключателей снабжен своим приводом. Таким образом каждый элемент трехфазного агрегата можно испытывать в однофазной схеме вполне законченно. Трехфазные выключатели с общим приводом испытывать в схеме нельзя. Потребуется создать специальный привод, что затруднит испытание.

Этим обстоятельством я хочу подчеркнуть необходимость параллельно с постройкой этой схемы форсировать окончание лаборатории разрывной мощности при нашем заводе, которая позволит провести полные трехфазные испытания.

Следующим ограничением схемы является испытание малых токов.

В импульсных и других выключателях при малых мощностях сильно растет постоянная Бауэра. Если при номинальной мощности коэффициент Бауэра равен нескольким процентам, то при мощности, скажем, в 10% от номинальной, эта постоянная может достичь 10% и выше. Естественно, при таких мощностях затухание будет очень велико и провести испытание в схеме вряд ли удастся.

ГЛУШКО

Вологодской

Мы получили эскизный проект и его рассмотрели. Схема отличается простотой своей идеи; правда, конструктивное оформление все же довольно сложное. Она дает почти полное решение с точки зрения испытаний и полную уверенность в надежной работе выключателей, пропущенных через нее.

Я хотел бы еще обратить внимание на то, что при реконструкции Московской системы мощность ее получится больше, чем на Куйбышевской гидроэлектростанции. По подсчетам ТЭП, в этой системе мощность достигает 4000 MVA при 220 kV. Придется в скором будущем столкнуться с задачей испытания выключателя с подобными параметрами. Это обстоятельство надо иметь в виду при проработке технического проекта схемы.

А. А. ГОРЕВ

Ленинградский индустриальный институт

Несколько слов относительно ограничений в применении схемы при малых токах. Нельзя требовать всего от одной схемы. С малыми токами у вас затруднений не было, они возникли при больших токах, для этого схема и была предложена.

По поводу конкретных возможностей осуществления схемы нужно сказать следующее.

Все дело, конечно, в конденсаторе. Сначала мы работали с макетами конденсаторов и добились результата, позволяющих получить исключительно большие емкости. Мы делали маленькие искусственные макеты — десятки, сотни и пробовали их различными способами. Когда мы перешли к изготовлению практических конденсаторов, то встретили значительные трудности с большими конденсаторами на 0,6  $\mu\text{F}$ . Трудности заключаются в том, что нужно собрать

денсатор, просушить его, пропитать маслом. Все это делается под вакуумом. Одно дело — макет, объем которого составляет  $20 + 30 \text{ см}^3$ , другое дело громадный конденсатор.

Основная задача заключается в совершенствовании процесса изготовления. Сейчас мы выпустили несколько больших конденсаторов по  $0,6 \mu\text{F}$ , которые формально удовлетворяют нашим условиям. Конденсаторы пойдут для импульсных генераторов, предназначенных для напряжения  $150 \text{ kV}$  постоянного тока и для апериодического разряда с известным сопротивлением в цепи разряда.

Как ведет себя конденсатор при периодическом разряде переменном напряжении и колебательном разряде при движении накоротко без всякого сопротивления?

Большое количество исследований обнаружило, что прецельное напряжение, которое возможно для периодических разрядов, находится в отношении  $0,7:1$  к напряжению ерiodического разряда. Поэтому тот конденсатор, который мы сейчас выпускаем, годится при периодическом разряде при напряжении  $100 \text{ kV}$  максимальных.

Задача теперь состоит в том, чтобы дать конденсатор на  $100 \text{ kV}$  переменного тока ( $140 \text{ kV}$  максимальных). Здесь нужно еще некоторое время, чтобы добиться результатов. Основные решения этой задачи рисуются в двух направлениях. В первых, нужна разработка специальной конструкции конденсатора, прочного при колебательных разрядах; во-вторых,

нужно добиться улучшений производственного процесса.

Относительно реализации схемы я полагаю, что нужно попробовать эту схему в большом масштабе: построить в Ленинградском индустриальном институте лабораторию примерно на те параметры, которые предусматриваются в проекте Всегостроя, и проверить в этой лаборатории, насколько оправдывает себя идея.

В дальнейшем, если лаборатория себя оправдает, такие лаборатории нужно строить при заводе, для массовых испытаний.

## МАНУЙЛОВ

Завод «Электроаппарат»

Специальная схема проф. Горева для испытания быстродействующих импульсных выключателей безусловно имеет преимущества по сравнению с так называемыми искусственными схемами, которые нам до сих пор были известны.

Заводу «Электроаппарат» предстоит очень большая работа — освоить производство быстродействующих  $220 - \text{kV}$ , а далее и  $400 - \text{kV}$ -выключателей. В связи с этой задачей, единственным возможным в настоящее время вариантом для испытания этих выключателей на разрывную мощность является схема проф. Горева.

# Приборы для регистрации давления в масляных выключателях

**Б. В. МАЛЕВИНСКИЙ**

Всесоюзный электротехнический институт

ДАВЛЕНИЕ в баке масляного выключателя в момент отключения короткого замыкания нарастает и спадает весьма быстро. Длительность этого весьма бурно протекающего процесса — одна-две десятые секунды. Еще более резкое нарастание давления имеет место в камерах дугогасительных приспособлений, где за несколько миллисекунд давление может достичь нескольких десятков атмосфер.

Для регистрации подобных быстро изменяющихся давлений, до некоторой степени похожих на взрывы, обычные пружинные индикаторы не пригодны, так как они имеют низкую собственную частоту колебаний, большую инерцию и малую точность показаний вследствие наличия пружин и трения поршней и других частей механизма.

Условия испытания масляных выключателей, как правило, очень далеки от обычных лабораторных. Прибор, регистрирующий давление, во время испытания доступен лишь наружному осмотру, чаще всего находится на открытом воздухе и на далеком расстоянии от осциллографа (длина проводов в оба конца достигает  $100$  и более метров). При таких условиях прибор должен быть в первую очередь надежен, конструктивно прост и, кроме того, нечувствителен ко внешним влияниям — атмосферным, электрическим и механическим.

**Прибор с переменным индуктивным сопротивлением.** Опыт показывает, что в тяжелых условиях испытания прибор — грубый по принципу, но хорошо удовлетворяющий требованию надежности — дает в результате значительно более точные показания, чем прибор с совершенной по

принципу работы, но подверженный влиянию всякого рода внешних факторов и требующий тонкой и тщательной регулировки. С этой точки зрения прибор с переменным индуктивным сопротивлением имеет значительные преимущества по сравнению с рядом других приборов, предназначенных для той же цели.

Согласно последним литературным данным, такие крупные фирмы, как Metro-Vickers, GEC, Westinghous (амер.), пользуются при измерении давления в масляных выключателях почти исключительно приборами указанного типа.

По этим соображениям в лаборатории коммутационной аппаратуры ВЭИ было решено в первую очередь построить прибор с переменным индуктивным сопротивлением<sup>1</sup>.

Автор рассчитал и спроектировал прибор с переменным индуктивным сопротивлением, изображенный на рис. 1, а. При разработке конструкции к прибору, среди прочих, были предъявлены еще следующие требования: совершенная герметичность, работа при полном погружении в масло, регулируемый воздушный зазор. Принцип работы прибора следующий.

На железный сердечник Ш-образной формы насыжена катушка, магнитный поток которой замыкается через стальную мембрану, находящуюся на некотором расстоянии от сердечника. Между мембраной и сердечником имеется воздушный зазор. Под давлением масла мембра

<sup>1</sup> Приборы такого типа для измерения давления в масляных выключателях, насколько известно, в Советском Союзе до настоящего времени не строились.

прогибается, зазор изменяется, а вместе с ним — и индуктивность катушки.

При расчете магнитной системы прибора можно пренебречь долей ампервитков для намагничения железа по сравнению с ампервитками, приходящимися на зазор. При таком условии элементарный анализ показывает, что индуктивность катушки изменяется прямо пропорционально изменению воздушного зазора и что прогиб мембранный прямо пропорционален давлению, а следовательно, изменение зазора  $\delta$  тоже будет пропорционально давлению. В результате изменение индуктивности прямо пропорционально изменению давления.

Прибор включается в одно из плеч обычного мостика Витстона переменного тока (рис. 2). В другое плечно включается индуктивная катушка с регулируемым воздушным зазором. Для облегчения балансировки мостика сердечник, обмотка и якорь этой катушки выполнены вполне аналогично таковым в самом приборе. Третье и четвертое плечи мостика осуществлены в виде обычных омических сопротивлений. Вместо гальванометра включается шлейфа осциллографа.

При изменении сопротивления прибора  $Z_1$ , на величину  $\Delta Z_1$ , ток в шлейфе изменится на

$$\Delta I_g = \frac{\Delta Z_1}{Z_1} \cdot \frac{U}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4} \cdot \frac{1}{1 + \frac{Z_g}{Z_a}},$$

где  $U$  — напряжение переменного тока,  $Z_g$  и  $Z_a$  — сопротивление шлейфы и ее подводящих концов,

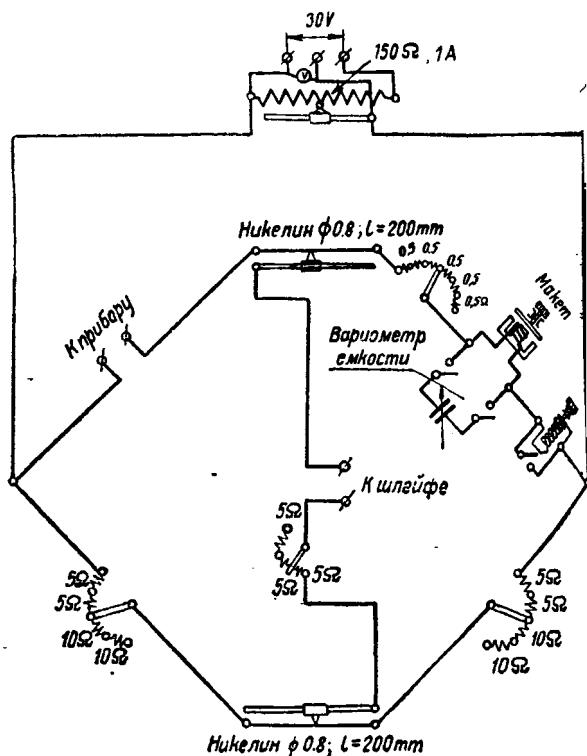


Рис. 2. Схема моста для прибора с переменным индуктивным сопротивлением

$Z_2$ ,  $Z_3$  и  $Z_4$  — сопротивления остальных плеч мостика.

Таким образом изменение тока и, следовательно, отклонение луча шлейфы прямо пропорционально изменению давления, иначе говоря, градуировочная кривая будет представлять прямую линию, что является большим преимуществом.

Кривая изменения давления отображается на осциллограмме огибающей кривой. Поэтому частота переменного тока, подаваемого на мостик, должна быть достаточно велика. В данном случае выбрана частота 1000 Hz. Ток такой частоты получается от умформера типа ОП-0,2 завода „Электрик“, состоящего из двигателя постоянного тока 0,26 kW, 20 V, 16—17 A, 3000 об/мин и генератора переменного тока 25 V, 8 A, 0,2 kVA,  $\cos\varphi=0,8$ .

Конструктивное выполнение прибора ясно видно из рис. 1, а.

Сердечник 7 катушки 6 выполнен из листового железа и закреплен в медном стакане 5, оканчивающийся вверху трубкой с резьбой. С наружной стороны стакан также имеет резьбу, при помощи которой он ввинчивается в стальную крышку 4 и затягивается гайкой 8.

Поворачивая стакан за трубку, можно менять зазор между сердечником и мембранным стаканом 2.

Мембрана зажата между крышкой 4 и дном 1. Чтобы воздушный зазор при прогибании мембранный менялся равномерно по отношению ко всей нижней плоскости сердечника, на мембрану насыщена пластина 3. Пластина действует весьма эффективно. При отсутствии пластины амплитуда кривой записи давления, как показал опыт, уменьшается в 5—6 раз.

Для уменьшения рассеяния потока в зазоре,

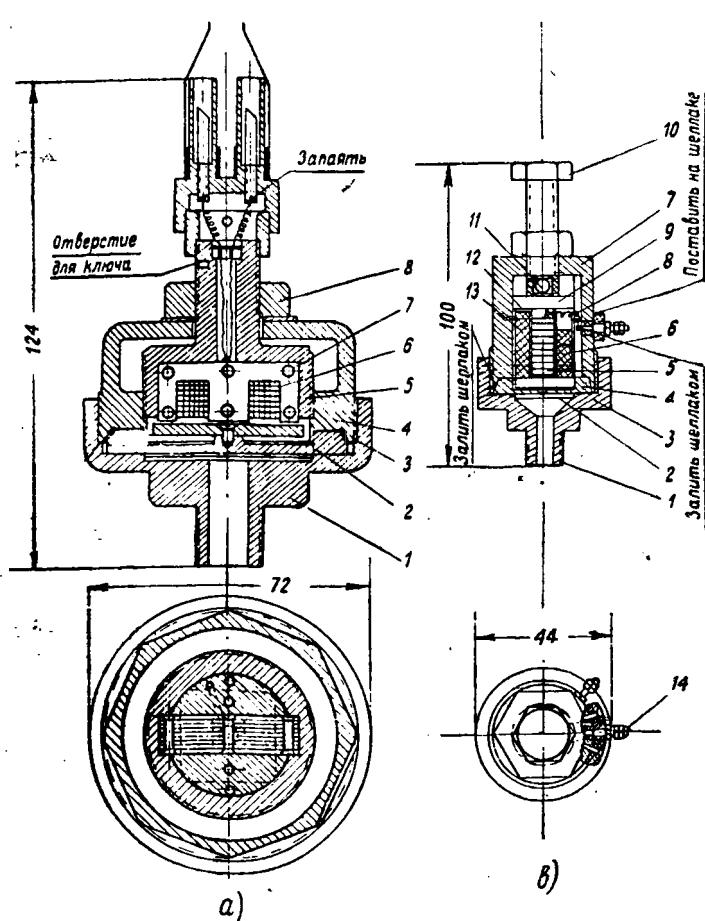


Рис. 1. Разрезы приборов с переменным индуктивным сопротивлением (а) и с угольным сопротивлением (б)

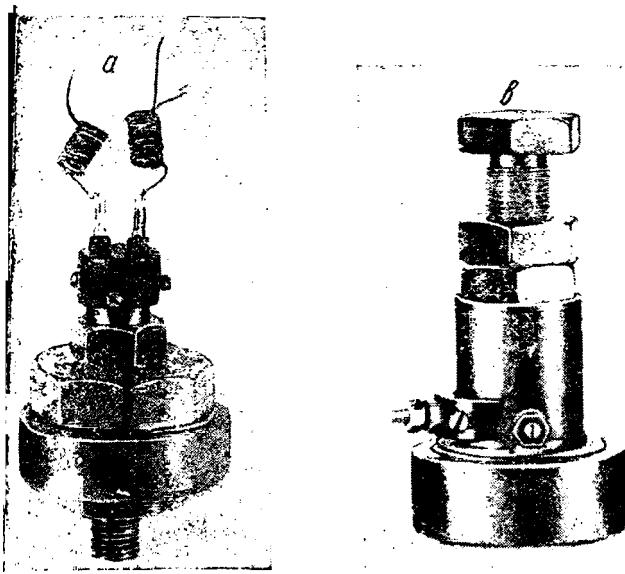


Рис. 3. Внешний вид приборов с переменным индуктивным сопротивлением (а) и с угольным сопротивлением (б)

что влечет за собой неточную работу прибора и уменьшает его чувствительность, воздушный зазор между мембраной и сердечником выбран конструктивно минимально возможный.

При нулевом давлении зазор между мембраной и сердечником устанавливается от 0,3 до 0,5 мм. Максимальное допустимое отклонение мембранны от 0,15 до 0,25 мм, причем зазор уменьшается до  $0,16 \pm 0,25$  мм. Для описываемого прибора изготовлены одна мембра толщиной 0,8 мм для давлений от 0 до 10 ат и другая толщиной 1,1 мм для давления от 0 до 20 ат. Мембранны изготавливаются из хромистой стали и подвергаются специальной закалке.

Внешний вид прибора показан на рис. 3, а.

**Прибор с угольным сопротивлением.** Ввиду целого ряда положительных качеств приборов с угольным сопротивлением, было решено построить и этот прибор одновременно с прибором с переменным индуктивным сопротивлением и сравнить их работу. Автор разработал прибор, конструкция которого видна из рис. 1, б и рис. 3, б. Принцип его работы следующий.

Под давлением масла прогибается стальная мембра и сжимает столбик, составленный из угольных пластинок. Сопротивление такого столбика изменяется в зависимости от сжимающей его силы, что объясняется изменением переходного сопротивления в местах соприкосновения пластинок. Если такой прибор включить в одно из плеч обычного мостика Витстона и гальванометр заменить шлейфом осциллографа, то осциллограф запишет кривую, ординаты которой прямо пропорциональны величине измеряемого давления.

Конструктивно прибор выполнен следующим образом (рис. 1, б).

Угольные пластинки 5 числом 10 сложены в текстолитовую трубочку 6. Диаметр пластинок 8, толщина — 2 мм. Снизу давление на пластинки передается через шайбу 4. Вверху столбик опирается на стальную пластинку 13 и шайбу 9. Последняя опирается на крышку корпуса 7 через стальной шарик 11. Мембра 3 зажата между

дном кожуха 1 и крышкой 7. Крышка соединяется с дном при помощи резьбы. Ток проходит через вывод 14 по проводнику 8, затем пластинку 13, которая изолирована от корпуса тонкой слюдяной пластинкой 12. Под давлением масла мембра 3 прогибается и через шайбу 4 сжимает угольный столбик. Шарик 11 предназначен для центрировки передачи усилия на угольный столбик. Болт 10 предусмотрен для возможности установки желаемого начального сопротивления прибора (2—3  $\Omega$ ).

Наружный вид прибора представлен на рис. 3, б.

Все плечи моста, в который включен прибор (см. ниже рис. 6), составлены из омических сопротивлений. Напряжение аккумуляторной батареи — 2 В.

Деформация угля при сдавливании весьма невелика и толщина мембранны должна быть подобрана в соответствии с ожидаемым максимальным давлением. В данном случае толщина мембранны равна 0,2 мм для давлений до 5 ат и 0,4 мм для давлений до 20 ат.

Для получения достаточной амплитуды отклонения луча шлейфы при малых изменениях сопротивления прибора, необходимо, чтобы внутреннее сопротивление шлейфы было достаточно мало. Не менее важно подобрать наивыгоднейшие сопротивления плеч  $R_3$  и  $R_4$ .

Сопротивления плеч были выбраны  $R_3 = R_4 = 2 \Omega$ , чему соответствует ток в шлейфе  $i_g = 0,08$  А, что можно считать вполне достаточным. В приборе и в плече  $R_1$ , а также в плечах  $R_3$  и  $R_4$  будет течь ток 0,5 А.

**Градуировка приборов.** Градуировка производилась при помощи статической нагрузки и быстро-переменной, динамической, нагрузки. Для статической градуировки использовался масляный пресс, применяемый для градуировки манометров.

Градуировочные кривые прибора с переменным индуктивным сопротивлением представлены на рис. 4. По оси абсцисс отложены давления, по оси ординат двойная амплитуда в мм, записанная на ленте осциллографа. Кривые сняты для трех

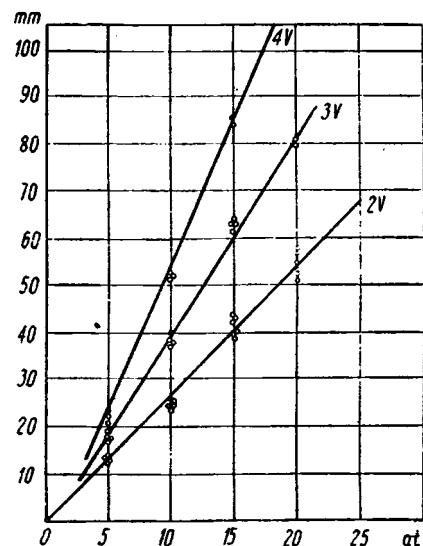


Рис. 4. Градуировочные кривые прибора с индуктивным сопротивлением

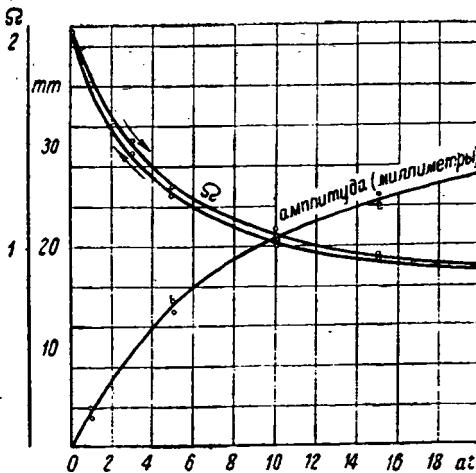


Рис. 5. Градуировочные кривые прибора с угольным сопротивлением

различных напряжений на зажимах моста — 2,3 и 4 В при мембране толщиной 1,1 мм.

Градуировочная кривая прибора с угольным сопротивлением представлена на рис. 5. На этом же рисунке дано омическое сопротивление прибора в зависимости от давления. По оси абсцисс отложены атмосфера, а по оси ординат — отклонение шлейфа в миллиметрах и сопротивление прибора в омах.

Из кривой сопротивления видно, что при малых деформациях мембранные сопротивление прибора изменяется резче, чем при больших. Кривая, дающая отклонение шлейфа в зависимости от давления, также указывает на отсутствие пропорциональности между величиной давления и отклонением шлейфа.

Этот дефект прибора обусловлен низким качеством угля.

Статическая градуировка не дает полного представления о характеристиках приборов при быстропеременной нагрузке.

У прибора с индуктивным сопротивлением мембрана вместе с якорем имеет сравнительно низкую частоту собственных колебаний (около 3000 Hz), так что при регистрации давлений с высокой частотой колебаний возможен резонанс колебаний и искажение показаний. Затем вследствие наличия большой индуктивности в приборе ток в приборе будет всегда отставать от хода регистрируемого явления.

В угольном приборе, ввиду высокой частоты мембранны (около 50000 Hz) и чисто омического сопротивления прибора, явлений, подобных описанным, опасаться не приходится. Но зато сам столбик из угольных пластинок имеет очень неприятное свойство. При изменении силы, сдавливающей столбик, его сопротивление изменяется не сразу, а устанавливается постепенно. Поэтому прибор необходимо проградуировать или хотя бы проверить при помощи быстро изменяющейся нагрузки с частотой, близкой к частоте регистрируемого явления.

Для динамической градуировки был спроектирован и построен специальный прибор. Он представляет собой вращающийся золотник с одним впускным отверстием и одним выпускным отвер-

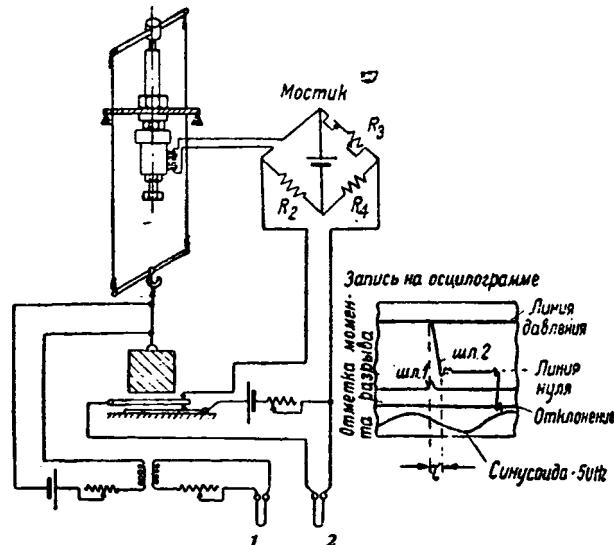


Рис. 6. Чертеж прибора для динамической градуировки

стием, соединенный камерой, в стенку которой ввернут исследуемый прибор.

Анализ осциллограмм, снятых при испытании приборов с помощью золотника, показал, что приборы вполне правильно записывают явление, в процессе работы не разрегулировываются и совершенно точно возвращаются в нулевое положение. Прибор с угольным сопротивлением записывает весь процесс значительно точнее, чем электромагнитный.

Для выяснения, какова наибольшая частота изменения давления, которую может записать прибор с ошибкой не более, чем в 10%, были произведены испытания на разгрузочный удар.

Схема испытания представлена на рис. 6. Прибор ввернут в специальную втулку с поршнем, заполненную маслом. Поршень соединен с попечиной, к которой при помощи двух проводов подвешивается груз. Втулка и прибор заполняются маслом, которое передает давление груза на мембрану испытуемого прибора. Груз подвешивается на тонкой проволоке, через которую пропускается ток от аккумулятора. Ток этот проходит через трансформатор, во вторичную обмотку которого включена шлейфа 1. Испытуемый прибор включается нормальным образом в мостик. Шлейфа включается в диагональ моста через особый переключатель. В верхнем положении подвижного контакта переключателя ток от моста проходит через шлейфу нормальным образом, в нижнем положении переключателя ток в шлейфе реверсируется.

По данным испытаний, для прибора с угольным сопротивлением время запаздывания  $\tau$  колеблется в пределах от 0,0008 до 0,00042 сек, для электромагнитного — от 0,0009 до 0,0011 сек. Следовательно, можно сказать, что прибор с угольным сопротивлением способен записывать быстропеременные колебания давления при частоте в среднем до 500 Hz с ошибкой менее 10%, а прибор с индуктивным сопротивлением — при частоте в среднем до 250 Hz [7].

Что касается ошибок, получаемых при статической градуировке, то в приборе с индуктивным сопротивлением они получаются при отсчете по

циллографме и вследствие колебания числа вращений, а значит, и напряжения на зажимах высокочастотного генератора и частоты тока. Эти причины вызывают разброс точек и могут быть ошибкой при пользовании градуировочными приводами порядка 6—7%.

В приборе с угольным сопротивлением при статической градуировке ошибки получаются за счет гистерезиса и смещения нуля, не превышающие в конечном счете 3—4%.

#### Литература

i. Keinath. Elektrische Druckmessung, ATM, вып. 15, V—32—1, сентябрь, 1932.

2. Измерение давления в мощных масляных выключателях ЭТИ, вып. 4, лист М—133—2, 1935.

3. Goodall. An Oscillographic Recorder of Fluid pressure, Metro-Vickers Gazette, August 1932.

4. Glämann. Indikatoren und Druckmessern nach dem Prinzip der Druckmessung mit Halbleitern ATM, выпуск 61, J—137—4, июнь 1936.

5. Glämann und Triebnig. Der trägeheitslose elektrische Halbleiterindikator für Druckmessung, Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens № 3, стр. 137, май/июнь 1933.

6. ЭТИ вып. 1, лист И—921—3, „Мостики переменного тока“ и лист И—910—1, „Измерительные мостики“, 1934.

7. Janovský. Dynamische Eichung von Druck und Zugmessern ATM, вып. 29, V—132—7, ноябрь 1933.

## Гидромеханический расчет быстродействующих высоковольтных выключателей с принудительным дутьем масла

**В. В. КАПЛАН и Г. Б. ХОЛЯВСКИЙ**

Завод „Электроаппарат“

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, о которых идет речь в настоящей статье, часто называются «импульсными» (фирменное название аналогичных выключателей в США и в Англии), так как в этой конструкции масло подается в зону дуги в результате кратковременного воздействия приводного механизма на поршень масляного дутья.

К величине времени отключения данных выключателей предъявляются весьма высокие требования — согласно проекту стандарта на высоковольтные выключатели время отключения быстродействующих выключателей (группа *a* — по быстродействию) не должно превышать 0,06 сек. В эту норму времени отключения входит также собственное время отключающих элементов привода, которое даже при весьма быстродействующих отключающих устройствах может составить около 3—5 msec и, таким образом, на время движения подвижных частей выключателя остается около 0,055 сек.

Эти условия работы требуют наличия мощного приводного механизма, который в импульсных выключателях обычно выполняется либо пружинного либо пневматического типа. Пружинный привод с большой массой подвижных частей имеет в данном случае определенные преимущества перед пневматическим, о чем несколько подробнее будет сказано ниже. Поэтому в дальнейшем все рассуждения будем относить к приводу пружинного типа (с предварительным заводом пружин от постороннего источника энергии).

Принципиальная схема импульсного выключателя с многократным разрывом представлена на рис. 1, *a*. Пружинный механизм, состоящий, в основном, из нескольких предварительно сжатых мощных пружин, при подаче команды на отключение быстро передает энергию пружин через промежуточные элементы механизма выключателя

(рычаги, тяги и т. п.) поршню дугогасительного устройства, вытесняющему масло через щели этого дугогасительного устройства, перед которыми расположены контакты выключателя. Возникающее при этом масляное дутье с большим перепадом давления способствует эффективному гашению дуги — при первом или втором переходе тока через нуль.

Для определения характера движения подвижных частей импульсного выключателя удобнее всего найти закон движения его поршня, после чего легко может быть определено как движение любой части механизма, кинематически жестко связанной с поршнем, так и значения скоростей и давлений масла в дугогасительном устройстве. Во избежание чрезмерного усложнения задачи приняты следующие допущения, практически сравнительно мало влияющие на точность решения задачи: скорости и давления между щелями дугогасительного устройства распределяются равномерно; работа на преодоление силы тяжести не учитывается ввиду ее относительно малой величины; влияние сжатия масла и воздуха в дугогасительном устройстве, а также деформаций в отдельных элементах выключателя не принимается во внимание; влияние образующихся при гашении дуги газов, частично заполняющих сечение щели при больших отключаемых токах, не учитывается.

Как показывают подсчеты, для получения быстрого нарастания скорости подвижных частей в импульсном выключателе необходимы весьма мощные пружины привода. Масса пружин и непосредственно с ними связанных элементов механизма составляет основную часть общей приведенной массы, масса же масла — сравнительно небольшую долю ее.

Неравномерное распределение количества выте-

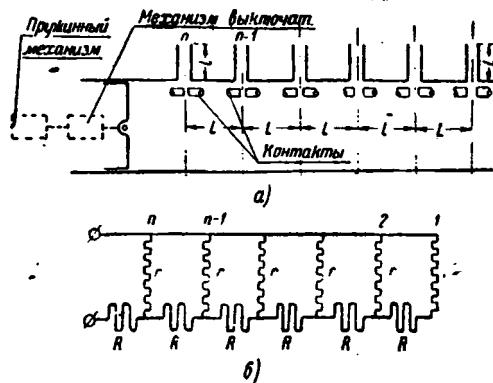


Рис. 1

кающего масла по щелям могло бы иметь значительное влияние на характер работы дугогасительного устройства и порядок этой неравномерности может быть проверен путем следующего приближенного метода подсчета.

Если имеем дугогасительное устройство импульсного выключателя с числом щелей, равным  $n$  (рис. 1, а), то для давлений масла перед отдельными щелями можно написать следующую систему уравнений (1):

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \rho \frac{v_1^2}{2\mu^2} + \rho l \frac{dv}{dt}; \\ p_2 &= \rho \frac{v_2^2}{2\mu^2} + \rho l \frac{dv_2}{dt} = \rho \frac{v_1^2}{2\mu^2} + \rho (l + L') \frac{dv_1}{dt}; \\ p_3 &= \rho \frac{v_3^2}{2\mu^2} + \rho l \frac{dv_3}{dt} = \rho \frac{v_1^2}{2\mu^2} + \rho [l + 2L'] \frac{dv_1}{dt} + \rho L' \frac{dv_2}{dt}; \\ &\dots \\ p_n &= \rho \frac{v_n^2}{2\mu^2} + \rho l \frac{dv_n}{dt} = \rho \frac{v_1^2}{2\mu^2} + \rho [l + (n-1)L'] \frac{dv_1}{dt} + \\ &+ \rho (n-2)L' \frac{dv_2}{dt} + \dots + \rho L \frac{dv_{n-1}}{dt}. \end{aligned} \right\} (1)$$

В этих уравнениях:  $v$  — средние скорости масла (т. е. отнесенные к общему сечению щели) в см/сек;  $\rho = \frac{\gamma}{g}$  — плотность масла ( $0,89 - 0,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg/sec}^2}{\text{см}^4}$ );

$p$  — давления в начале щели в  $\text{kg/cm}^2$ ;  $l$  — длина щели в см;  $L'$  — длина участка трубы  $L$  между двумя соседними щелями, приведенная к сечению щели, т. е.  $L' = L \frac{\omega}{Q}$ , где  $\omega$  — сечение щели,  $Q$  — площадь поршня или равное ей сечение трубы;  $\mu$  — коэффициент расхода вытекающего из щели масла.

Система (1) дает  $n-1$  дифференциальных уравнений для определения  $n$  скоростей. Недостающее для определенности задачи уравнение можно найти, воспользовавшись тем обстоятельством, что характер движения поршня выключателя вследствие большой относительной величины массы подвижных частей механизма практически мало зависит от распределения скоростей между щелями. Таким образом, если из расчета, произведенного в предположении равномерного распределения скоростей (метод данного расчета будет изложен в дальнейшем), известна зависимость скорости движения поршня  $v_n$  от времени [ $v_n = f(t)$ ], то из условия постоянства расхода можно

написать:

$$\frac{dv_{\text{сумм}}}{dt} = \frac{dv_1}{dt} + \frac{dv_2}{dt} + \dots + \frac{dv_n}{dt} = \frac{\omega}{Q} \frac{df(f)}{dt}.$$

В начале движения при  $t=0$  все скорости равны нулю ( $v_1=v_2=\dots=v_n=0$ ) и уравнение (2) дают систему конечных уравнений для начальных ускорений. Зная начальные ускорения можно по методу приближенного решения дифференциальных уравнений<sup>1</sup> найти значения скорости для всего интересующего нас интервала времени.

Следует указать, что распределение ускорений между щелями в начальный момент совпадает тождественно с распределением токов в схеме (рис. 2), которое определяется системой уравнений, вполне аналогичной системе уравнений (1), с той лишь разницей, что вместо скоростей  $v_1, v_2, \dots, v_n$  должны быть поставлены токи  $i_1, i_2, \dots, i_n$ , а вместо приведенных длин  $l$  и  $L'$  — сопротивления  $r$  и  $R$ .

На рис. 2 приведены кривые зависимости скоростей масла в щелях от времени, определенные вышеописанным методом для одного частного случая дугогасительного устройства с шестью щелями. Кривые показывают, что даже при таком сравнительно большом числе щелей неравномерное распределение скоростей достаточно быстро выравнивается и к моменту расхождения контактов неравномерность скоростей масла уже невелика.

Очевидно, что неравномерность распределения скоростей между щелями тем резче, чем большее отношение приведенной длины участка трубы  $L'$  к длине щели  $l$ , так как при уменьшении участков трубы между щелями различия в условиях работы отдельных щелей постепенно сглаживаются.

Вследствие некоторого сжатия струи и наличия дуги фактическое сечение щели  $\omega$  уменьшается, а следовательно, уменьшается и величина  $L' = L \frac{\omega}{Q}$ . Очевидно, что сжатие струи и наличие дуги должны влиять в сторону уменьшения неравномерности распределения скоростей.

<sup>1</sup> Пользуясь формулой  $|v_k| = v'_k \Delta t$ .

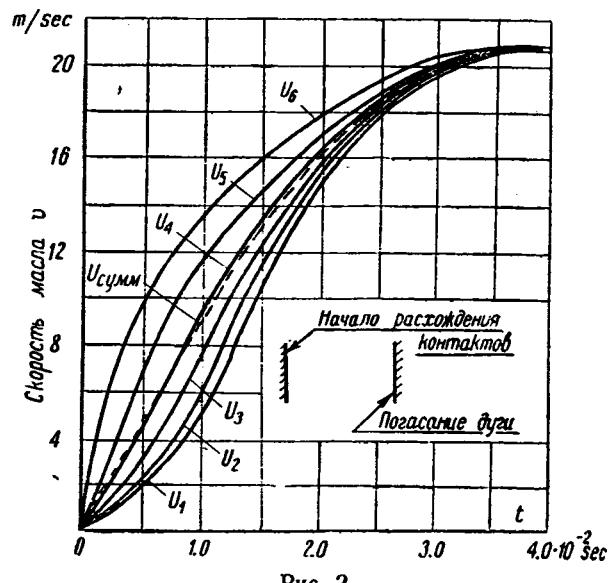


Рис. 2

По этим соображениям, а также учитывая ма-  
ко относительное влияние массы масла на характер  
движения поршня, в дальнейшем неравномерности  
распределения скорости по отдельным щелям не  
удем принимать во внимание.

Основной задачей гидромеханического расчета  
импульсного выключателя является определение  
движения его подвижных частей при отключении,  
т. е. зависимости скорости подвижных частей  
от хода или времени. Как указывалось выше,  
в импульсном выключателе наиболее удобно  
в первую очередь определять движение поршня  
дугогасительного устройства, приводя к ходу  
поршня массу всех движущихся частей и масла.

Закон движения поршня можно найти, исходя  
из условия, что в каждой точке хода поршня —  
движущая сила пружин привода, пересчитанная  
на ход поршня с учетом к. п. д. передачи от  
привода к поршню,  $-F_{np}$  уравновешивается в ос-  
новном суммой сил инерции подвижных частей  
и масла  $-F_i$  и давлением на поршень от скоро-  
стного напора, обусловленного маслом, вытекающим  
из щелей дугогасительного устройства.

$$F_{np} = p_{np}\Omega = F_i + \Omega \rho \frac{v_n^2}{2} \left( \frac{\Omega}{\mu \omega n} \right)^2. \quad (3)$$

Здесь  $p_{np}$  — давление на поршень, соответствую-  
щее силе пружин привода.

Сила инерции подвижных частей  $F_i$  равна про-  
изводной по ходу  $h$  от живой силы всех подвиж-  
ных частей выключателя, или, что то же самое,  
от живой силы, приведенной к поршню массы  
подвижных частей и масла,  $-M_n$ :

$$F_i = - \frac{d}{dh} \left[ M_n \frac{v_n^2}{2} \right] = M_n v_n \frac{dv_n}{dh} + \frac{v_n^2}{2} \frac{dM_n}{dh}. \quad (4)$$

Приведенную массу  $M_n$  можно рассматривать  
как сумму приведенных масс: элементов привода  
механизма выключателя, поршня и масла:

$$M_n = m_{np} + m_{mex} + m_n.$$

Приведенная масса масла  $m_n = \rho \Omega L_m$ , где  $L_m$  —  
приведенная к сечению поршня  $\Omega$  длина канала  
масла ( $L_m = \Sigma l_x \frac{\Omega}{\omega_x}$ ;  $l_x$  и  $\omega_x$  — длины и сечения от-  
дельных участков маслопровода). Для упрощения  
строки дальнейших формул удобно выразить  
массы  $m_{np}$  и  $m_{mex}$  также через эквивалентные  
приведенные каналы масла. Можно написать, что:

$$m_{np} = m_{np} \frac{\rho \Omega}{\rho \Omega} = \rho \Omega L_{np},$$

где  $L_{np} = \frac{m_{np}}{\rho \Omega}$  — приведенная длина канала масла,  
эквивалентная в отношении инерции масле при-  
вода.

Аналогично

$$m_{mex} = \rho \Omega L_{mex}.$$

Отсюда:

$$M_n = \rho \Omega (L_{np} + L_{mex} + L_m). \quad (5)$$

Для учета потерь в передаточных звеньях ме-  
ханизма нужно ввести в общее уравнение движе-  
ния к. п. д. отдельных элементов механизма.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

Принципиально каждый элемент механизма в каж-  
дой точке хода поршня имеет различный к. п. д.  
Однако массы самого привода приводятся в дви-  
жение без особых передаточных элементов ( $\eta_{np} = 1$ ),  
а для остальных элементов — механизма выключа-  
теля и масла — можно принять к. п. д., не зависи-  
щим от хода и равным некоторому среднему его  
значению:  $\eta_{mex} = \eta_m = \eta$ .

Значение  $\eta$  зависит от геометрических разме-  
ров, кинематики механизма (также от сил инер-  
ции в отдельных звеньях механизма) и от коэффи-  
циентов трения и может быть определено, на-  
пример, методами, приводимыми в курсах приклад-  
ной механики.

Подставляя в общее уравнение движения (3)  $F_i$   
из (4) и  $M_n$  из (5) и вводя к. п. д.  $\eta$ , после пре-  
образований находим:

$$\frac{dv_n}{dh} + \frac{1}{2L_c} \left( \frac{dL_c}{dh} + \frac{c^2}{\eta} \right) v_n = \frac{p_{np}}{\rho L_c} v_n^{-1}, \quad (6)$$

где для краткости положили

$$L_{np} + \frac{L_{mex} + L_m}{\eta} = L_c \text{ и } \frac{\Omega}{\mu \omega n} = c.$$

Коэффициенты при  $v_n$  и  $v_n^{-1}$  представляют функ-  
ции от хода поршня  $h$ :

$$\frac{1}{2L_c} \left( \frac{dL_c}{dh} + \frac{c^2}{\eta} \right) = \varphi(h),$$

$$\frac{p_{np}}{\rho L_c} = \psi(h).$$

Дифференциальное уравнение (6) относится  
к типу уравнений Бернуlli. Его решение, как  
известно, будет:

$$v^2 = \left[ C + 2 \int \psi(h) e^{\int 2\varphi(h) dh} dh \right] e^{-\int 2\varphi(h) dh}. \quad (7)$$

При  $h=0$ ,  $v_n=0$ ,  $\int 2\varphi(h) dh=0$  и, следователь-  
но,  $C=0$ .

Таким образом окончательное выражение для  
скорости поршня будет иметь вид:

$$v_n = \sqrt{\frac{2 \int_0^h \psi(h) e^{\int 2\varphi(h) dh} dh}{e^{\int 2\varphi(h) dh}}}. \quad (8)$$

Определив скорость поршня  $v_n$ , можно, исходя  
из кинематики механизма, определить движение  
всех элементов выключателя и привода, а также  
вычислить величину давления в щелях и под  
поршнем.

Определение зависимости  $v_n$  от  $h$  при описан-  
ном методе подсчета сводится к вычислению  
и графическому построению следующих вели-  
чин:  $L_c = f(h)$ ,  $\frac{dL_c}{dh} = f'(h)$  и затем подинтегральных  
выражений формул (8)-

Точность результата при данном графоаналити-  
ческом методе расчета, в котором заданными  
предполагаются зависимости приведенной массы  
и силы привода от хода поршня, определяется  
лишь точностью промежуточных графических  
построений и графического интегрирования.

Нахождение из полученного решения уравнения (8) зависимости скоростей и других величин от времени не представляет затруднений. Для этого следует воспользоваться зависимостью

$$t = \int_0^h \frac{dh}{v},$$

пользуясь которой, можно и найти  $t=f(h)$ , что дает возможность выразить все искомые величины в функции времени  $t$ .

На рис. 3 (а и б) показан общий характер графических построений при решении одного частного примера.

Общее решение задачи значительно упрощается, если можно пренебречь изменением  $L_c$  и  $F_{np}$  от хода:  $L_c = \text{const}$ ;  $F_{np} = \text{const}$  и, следовательно,  $p_{np} = \text{const} = p_0$ .

В этом случае:

$$v_n^2 = \frac{2p_0\eta}{\rho c^2} \left( 1 - e^{-\frac{p}{L_c\eta} h} \right). \quad (9)$$

Обозначим установившуюся скорость, получающуюся при действии постоянной силы на бесконечно-большом ходе,  $v_\infty$  и учтем, что при  $h=\infty$

$$v_n^2 = v_\infty^2 = \frac{2p_0\eta}{\rho c^2}.$$

Обозначим также величину  $\frac{L_c\eta}{c^2}$ , имеющую размерность длины, через  $L_0$ , тогда получим следующие выражения:

$$v_n^2 = v_\infty^2 \left( 1 - e^{-\frac{h}{L_0}} \right), \quad (10)$$

$$v_n = \sqrt{\frac{2p_0\eta}{\rho c^2} \left( 1 - e^{-\frac{p}{L_c\eta} h} \right)} = v_\infty \sqrt{1 - e^{-\frac{h}{L_0}}}. \quad (11)$$

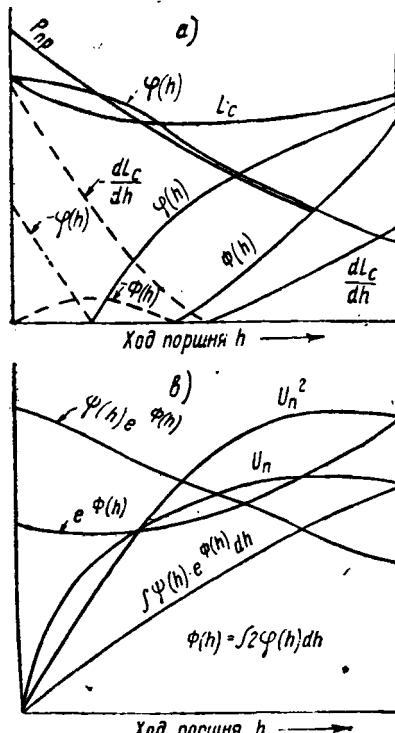


Рис. 3  
Вологодская областная универсальная научная библиотека

Из уравнения (10) можно видеть, что нарастание квадрата скорости поршня или, что то же живой силы подвижных частей импульсного выключателя в функции от хода поршня подчиняется экспоненциальной зависимости, определяемой „постоянной длины“, аналогичной известной постоянной времени и равной

$$L_0 = \frac{L_c\eta}{c^2} = \frac{1}{c^2} (\eta L_{np} + L_{mech} + L_u).$$

Физически эта длина представляет ход поршня на протяжении которого живая сила достигла бы установившегося значения, если бы ускорение оставалось все время равным начальному, т. е. если бы вся работа привода расходовалась лишь на преодоление сил инерции.

Из выражения (11) для скорости поршня в функции от хода можем получить выражение для ускорения поршня:

$$\frac{dv_n}{dt} = \frac{dv_n}{dh} \cdot \frac{dh}{dt} = -\frac{v_\infty^2}{2L_0} e^{-\frac{h}{L_0}}. \quad (12)$$

Можно выразить для данного частного случая (при постоянных  $L_0$  и  $F_{np}$ ) скорость поршня в функции от времени, что также представляет практический интерес. Из уравнения (11) имеем:

$$\sqrt{\frac{dh}{1 - e^{-\frac{h}{L_0}}}} = v_\infty dt.$$

Интегрируя и производя ряд преобразований, приходим к следующему выражению:

$$v_n = v_\infty t h \left( -\frac{v_\infty t}{2L_0} \right) = \frac{1 - e^{-\frac{v_\infty t}{L_0}}}{1 + e^{-\frac{v_\infty t}{L_0}}}. \quad (13)$$

Ускорение в начальный момент движения поршня можно определить из формулы (12) подстановкой значения  $h=0$ , оно равно  $\frac{p_0}{\rho L_c}$ . На рис. 4 приведены кривые зависимости относительных значений скорости и ускорения от относительных же значений хода и, соответственно, времени.

Практическое значение может иметь еще случай, когда приведенную массу можно считать постоянной, а силу привода можно принять линейно зависящей от хода поршня

$$L_c = \text{const} \quad p_{np} = p_0 \left( 1 - \frac{h}{H} \right),$$

где  $H$  — некоторая заданная длина.

Подставляя в общее выражение (8) значения  $L_c$  и  $p_{np}$  и производя операции интегрирования, которые здесь не приводим, получим следующее выражение для скорости поршня:

$$v_n = v_\infty \sqrt{1 - e^{-\frac{h}{L_0}} - \frac{h}{H} - \frac{L_0}{H} \left( 1 + e^{-\frac{h}{L_0}} \right)}. \quad (14)$$

Вышеприведенные аналитические соотношения, безусловно, отражают лишь основной ход процесса в импульсном выключателе в силу ранее перечисленных существенных допущений.

Так, в частности, сжатие масла и воздуха, содержащихся в дугогасительном устройстве, и упру-

ные деформации в различных элементах выключателя создают добавочные колебательные процессы, налагающиеся на основную кривую скорости или давления.

Влияние действия дуги, о котором уже упоминалось выше, также представляет весьма важный фактор, заслуживающий специального рассмотрения. Здесь укажем лишь на то обстоятельство, что наличие больших масс пружин в приводе пружинного типа делает этот привод менее зависимым от тормозящего действия газов дуги, чем пневматический привод, где на поршень действует непосредственно воздух и где поэтому приведенная масса привода и механизма имеет значительно меньшую относительную величину.

При достаточно большой инерции механизма тормозящее действие газов дуги приводит к значительному повышению давления масла у щелей вследствие стремления приведенных в движение (до возникновения дуги) частей выключателя и привода сохранить постоянной скорость движения поршня, а следовательно, и общий расход масла. Так как сечения щелей частично заполнены газами дуги, — скорости масла в щелях и, соответственно, давление должны при этом значительно возрасти.

Влияние вязкости масла может особенно сильно сказаться на работе дугогасительного устройства при низких температурах вследствие весьма резкой зависимости вязкости масла от температуры. Следует учитывать, что при переходе к большим вязкостям масла движение его в узких щелях дугогасительного устройства переходит из турбулентного в ламинарное.

При ламинарном движении потери напора прямо пропорциональны вязкости, при турбулентном же они зависят от вязкости значительно меньше (пропорциональны примерно корню четвертой степени вязкости). При площади сечения щели порядка нескольких квадратных сантиметров критическая скорость даже при температуре минус 10° весьма высока, так что в этом случае можно считать движение масла ламинарным. Падение давления при таких условиях является довольно значительным.

Несмотря, однако, на влияние различных факторов, усложняющих явления, происходящие в им-

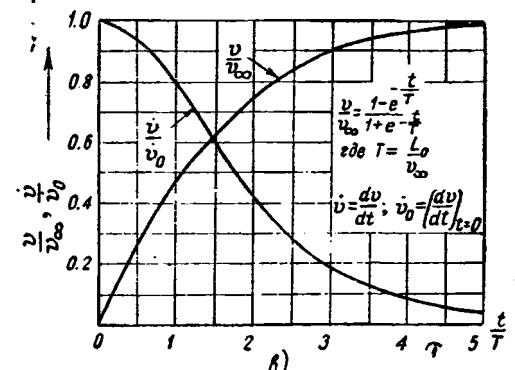
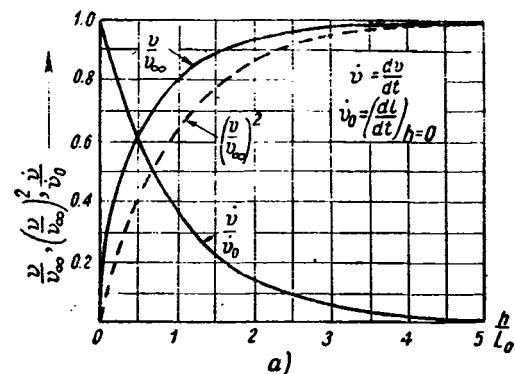


Рис. 4

пульсном выключателе, имеется возможность расчетным путем достаточно правильно оценить основной характер процесса, а в дальнейшем, при накоплении результатов экспериментальной проверки, подсчитывать заранее достаточно надежно гидромеханические характеристики импульсных выключателей.

Активное участие в проработке материала по гидромеханическому расчету импульсных выключателей принял инж. В. Н. Серединский. В отдельных частях расчета приняли также участие инженеры Я. А. Майзель и С. Н. Блажевич. Кроме того, считаем необходимым отметить, что при составлении статьи авторами были учтены результаты некоторых научно-исследовательских работ по выключателям, произведенных в аппаратной лаборатории ЛЭТИ (по заданиям завода «Электропаркаппарат») и в лаборатории коммутационной аппаратуры ВЭИ.

## Гашение дуги в газогенерирующих гасительных камерах

**Е. М. ЦЕЙРОВ**  
Новочеркасский индустриальный институт

СРЕДИ многочисленных аппаратов, применяемых техникой для гашения электрических дуг, особое место занимает газогенерирующая гасительная камера.

В принципе она состоит из простой трубки (из специального материала), в которой возникает и гаснет дуга. Согласно установленному взгляду, гашение в такой трубке происходит благодаря

газовому дутью, которое возникает вследствие разложения ее внутренней поверхности термическим воздействием положительного столба дуги.

Область применения таких камер очень широка. Они применяются для разрядников, высоковольтных плавких предохранителей, разъединителей мощности и даже выключателей средней разрывной мощности. Широкое и успешное распростра-

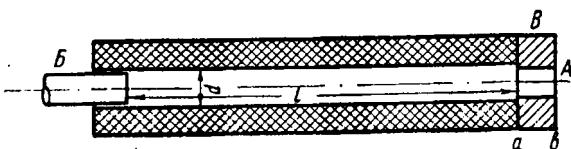


Рис. 1

нение газогенерирующих камер, особенно за последние годы, обусловлено их исключительной простотой и достаточно хорошим качеством работы.

Естественно, что внимание исследователей как в Европе, так и в Америке все чаще и чаще приковывается к данному методу гашения дуги. Однако этот вопрос разработан очень слабо, особенно в области теории. Известна лишь одна теоретическая работа<sup>1</sup>, но и в ней высказаны лишь чисто умозрительные соображения.

Автор сделал попытку теоретически обосновать работу газогенерирующих гасительных камер.

В результате экспериментальных исследований, проведенных в 1938—1939 гг. в лаборатории коммутационной аппаратуры ВЭИ, создалась уверенность, что в газогенерирующих камерах, вследствие обычных газов — и термодинамических процессов, наступает в момент бестоковой паузы, при определенных условиях, такое сильное охлаждение газов дуги, что ее гашение в последующий полупериод становится неизбежным.

Став на эту точку зрения, сосредоточим внимание на термо- и газодинамических процессах, сопровождающих электрическую дугу в момент бестоковой паузы, отложив на время анализ других явлений. Основной задачей будет — отыскание для заданного момента времени параметров (главным образом температуры) газов в гасительной камере.

Ограничимся анализом работы гасительной камеры в виде простой трубки с малым внутренним диаметром и постоянным объемом, одно отверстие которой нагло закрыто металлическим контактом. Практически подобное устройство встречается у трубчатых разрядников и предохранителей. Оно схематически изображено на рис. 1. На рисунке *B* и *V* — металлические контакты, между которыми горит дуга, *A* — отверстие, через которое вытекает разогретый газ.

Пусть в этой трубке (рис. 1) в какой-либо момент возникла электрическая дуга, тогда, под действием ее высокой температуры, материал стенок трубки начнет разлагаться и выделять газ. Если стенки камеры достаточно интенсивно газогенерируют, то давление в камере будет повышаться. В дальнейшем, когда сила тока начнет убывать, газогенерация уменьшится, и давление в камере будет падать. Затем, вблизи нулевого значения тока, когда количество возникающей в дуге энергии станет очень малым и даже равным нулю (бестоковая пауза), произойдет понижение температуры газа в связи с его расширением и расходом энергии на выделение и нагревание новых количеств газа. Последнее является особенно важным, так как именно этим решается вопрос о гашении или повторном зажигании дуги.

<sup>1</sup> J. Slepian and C. L. Denault, The Expulsion Fuse. Trans. AIEE, t. 51, № 1, 1932.

Обозначим секундный весовой расход газа из камеры через  $G_1$ , а количество вновь возникшего в ней газа через  $G_2$ . Тогда для определения изменения весового количества газа за время  $dt$  можно составить следующее уравнение:

$$(G_2 - G_1) dt = V d\gamma, \quad (1)$$

где  $V$  — объем камеры в  $m^3$ ;  $\gamma$  — удельный вес газа в  $kg/m^3$ .

На образование и нагревание вновь возникающего количества газа  $G_2$  необходима затрата некоторого количества энергии. Мы не обладаем сейчас данными о количестве тепла, потребного для превращения в газ материала камеры, но знаем, что уже при температуре 150—180° начинается бурное газовыделение. Можно считать, что температура стенок гасительной камеры не будет превышать 200° и, следовательно, такова же начальная температура выделенного газа.

Не имея никаких данных о теплоте газообразования, положим ее равной нулю, так же же будем принимать в расчет всех остальных тепловых потерь, обусловленных теплопроводностью, лучеиспусканем и т. д., но зато примем, что начальная температура возникающего газа равна 0°K. В некоторой степени мы скомпенсируем этим ошибку, вызываемую недоучетом тепловых потерь, и придадим дальнейшему решению особенно простой вид.

В нормально работающих газогенерирующих камерах давление газа всегда значительно выше атмосферного и остается таковым некоторое время после гашения дуги. Поэтому анализ можно вести для надкритической области давлений (в нашем случае критическое давление лежит около 1,8  $kg/cm^2$ ).

Введем теперь обозначения:  $c_v$  и  $c_p$  — соответственно, средние удельные теплоемкости при постоянном объеме и давлении;  $T$  — температура газа внутри камеры в °K;  $K$  — показатель адиабаты;  $p$  — давление газа в  $kg/m^2$ .

При принятых обозначениях и сделанных выше предположениях

$$i = c_p T.$$

Соотношение для количества тепла, потерянного положительным столбом за время  $dt$ , будет иметь такой вид:

$$-c_v V (\gamma dT + T d\gamma) = G_2 c_p T dt + G_1 c_p T_1 dt + \frac{k}{k+1} \frac{p}{\gamma} dt. \quad (2)$$

Здесь:  $T_1$  — температура истекающего газа у выхода из отверстия;  $\frac{k}{k+1} \frac{p}{\gamma} = v_i^2/2g$ , где  $v_i$  — в свою очередь скорость истечения газа.

Экспериментально легко установить, что давление газа в камере спадает относительно медленно даже после гашения дуги. Это дает нам право заключить, что в течение всей бестоковой паузы количество вновь возникающего газа еще очень велико. Нетрудно показать, что для поддержания давления в камере, когда энергия извне не сообщается (бестоковая пауза), необходимо возникновение количества газа больших, чем его расход.

<sup>2</sup> Коэффициент истечения газа (ввиду малых давлений и небольшой разницы между диаметрами отверстия и камеры) нами принят равным единице.

Положим, что количество возникающего газа тотчас вычайно короткий промежуток времени, течение которого должно произойти гашение дуги ( $10^{-4} - 10^{-5}$  sec), можно принять пропорциональным количеству вытекающего, т. е. что

$$G_2 = m G_1. \quad (3)$$

Далее воспользуемся тем, что процесс расширения газа происходит в надкритической области, следовательно,

$$\frac{p}{p_1} = \left( \frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}}.$$

Поэтому

$$T_1 = T \left( \frac{p}{p_1} \right)^{\frac{1-k}{k}} = T \frac{2}{k+1}. \quad (4)$$

Подставив в (2)  $T_1$  из (4) и  $d\gamma$  из (1), используя соотношение (3) и помня, что

$$c_v = \frac{AR}{k-1}, \quad c_p = k,$$

находим:

$$-\gamma \frac{dT}{T} = \frac{G_1}{V} [m(k+1) + k-1] dt. \quad (5)$$

Расход газа  $G_1$  можно определить по широко известной в газодинамике формуле секундного весового расхода (kg) газа для простых отверстий и надкритической области:

$$G_1 = F \psi \sqrt{RT}, \quad (6)$$

где  $F$  — площадь отверстия в  $m^2$ ,  $R$  — характеристическая постоянная

$$\psi = \sqrt{2g \frac{k}{k+1} \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}}}.$$

Используя эту формулу<sup>2</sup> и затем проинтегрировав (5), получаем:

$$T = \frac{T_0}{\left\{ \frac{F}{2V} \psi \sqrt{RT_0} [m(k+1) + k-1] t + 1 \right\}^{\frac{2}{k-1}}}, \quad (7)$$

здесь  $T_0$  — температура газа к началу бестоковой паузы.

С помощью (6) нетрудно установить, что температура газа в конце бестоковой паузы падает в результате: уменьшения длины камеры  $l$  и начальной температуры  $T_0$  и увеличения продолжительности бестоковой паузы  $t$ , характеристической постоянной газа  $R$  и вновь возникающего количества газа  $G_2$  (т. е. увеличения  $m$ ).

Рассмотрим конкретный случай.

Пусть длина камеры  $l=10$  см,  $T_0=6000^\circ\text{K}$  и  $k=1,25$ . Ради осторожности примем, что количество возникающего в бестоковую паузу газа равно количеству вытекающего из камеры газа ( $m=1$ ).

При соблюдении указанных выше условий значения температур газа в камере за время бестоковой паузы для азота и водорода будут:

$t(\text{sec}) \dots$	0	$10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$10^{-4}$
$T_{N_2} \dots$	6000	4900	4050	2900	1920	1370
$T_{H_2} \dots$	6000	3400	1830	875	—	—

Мы видим, что падение температуры достаточно велико для гашения дуги. Особенно резкое падение температуры — у водорода.

родной дуги. Ее температура всего лишь за 10–15 с успевает понизиться почти вдвое против начальной.

Перейдем теперь к анализу электрического состояния газов дуги в камере.

Известно, что положительный столб дуги представляет собой раскаленный газ, в котором непрерывно протекают процессы ионизации и деионизации.

В наших условиях наиболее существенными процессами являются термическая ионизация и рекомбинация заряженных частиц.

Помимо рекомбинации ионов, нельзя забывать еще об одном процессе деионизации, присущем только тем гасительным камерам, у которых раскаленный газ, являющийся носителем заряженных частиц, непрерывно удаляется прочь из области дуги. В гасительной камере с газогенерацией, благодаря возникновению все новых и новых количеств свежего газа и удалению старого, ионизированного, степень ионизации в бестоковый период будет ниже, чем в газе, находящемся в стационарном состоянии.

Если в какой-либо момент времени, например, к началу бестоковой паузы, в 1 см<sup>3</sup> газа, заключенном в трубчатой гасительной камере, имеется  $n$  свободных электронов и за время  $dt$  объем газа увеличился на  $dv$ , то за это же время в каждом см<sup>3</sup> газа свободных электронов станет меньше на

$$dn = \frac{n}{1 + dv} - n. \quad (8)$$

Приращение же объема каждого 1 см<sup>3</sup>, как легко найти из (6) и (7), будет:

$$dv = \frac{dt}{\frac{2}{k} m(k+1) + k-1 + \frac{V}{F\psi \sqrt{RT_0}}}. \quad (9)$$

Поэтому

$$dn = -n \frac{\frac{dt}{V}}{\frac{1}{2} \varphi t + \frac{F\psi \sqrt{RT_0}}{V}}, \quad (10)$$

где

$$\varphi = m(k+1) + k-1.$$

Интегрируя (10), легко определить количество электронов, которое в течение бестоковой паузы уносится вытекающим газом.

Скорость нового термического образования электронов

$$\frac{dn}{dt_T} = \beta n_m^2,$$

скорость уничтожения зарядов путем рекомбинации

$$\frac{dn}{dt_p} = -\beta n^2.$$

Общая скорость изменения плотности заряженных частиц в 1 см<sup>3</sup> раскаленного и ионизированного газа будет

$$\frac{dn}{dt} = \beta n_m^2 - \beta n^2 - \frac{2n}{\frac{1}{2} \varphi t + \frac{F\psi \sqrt{RT_0}}{V}}. \quad (11)$$

Принимаем коэффициент рекомбинации <sup>8</sup>  $\beta = 10^{-9}$  р и используем уравнение Saha:

$$n_m = 4,07 \cdot 10^{18} p^{0,5} T^{0,25} e^{-\frac{5800U_i}{T}},$$

где  $U_i$  — потенциал ионизации в вольтах.

Воспользовавшись затем (7) и характеристическим уравнением для газов:  $10^4 p = RT\gamma$ , получаем в развернутом виде:

$$\frac{dn}{dt} = N_{cp} - \frac{Bn^2}{(At+1)^2} - \frac{2An}{\varphi(At+1)}, \quad (12)$$

где

$$N_{cp} = \frac{16,6 \cdot 10^{19} R^2 \gamma^2 T_0^{2,5}}{(At+1)^5} e^{-1,16 \cdot 10^4 \frac{U}{T_0}}; \\ A = \frac{10^2 E}{2V} \varphi \sqrt{RT_0}; B = 10^{-9} \frac{\gamma RT_0}{10^4}.$$

Сложный вид первого члена  $N_{cp}$  выражения (12) не позволяет найти окончательного решения этого типичного уравнения Риккати, поэтому необходимо пойти на некоторые упрощения.

Член  $N_{cp}$ , выражающий скорость термической ионизации, не зависит от  $n$  и, вообще говоря, при средних температурах и высоком потенциале ионизации изменяется в функции от температуры относительно медленно. Поэтому можно принять его за постоянную, равную некоторой средней скорости термической ионизации.

Не вдаваясь в подробности, приведем решение<sup>4</sup> уравнения (12) при этом допущении:

$$n = \frac{aAn_0(At+1)}{(aA+Bn_0)(At+1)^a - Bn_0}, \quad (13)$$

где  $n_0$  — число электронов к началу бестоковой паузы;

$$a = \frac{2}{\varphi} + 1.$$

Зная плотность электронов  $n$  и градиент электрической дуги  $E$  в конце бестоковой паузы, легко вычислить ток в дуговом промежутке и, помножив его значение на  $E$ , определить энергию, которая, начиная с этого момента, будет снова выделяться в дуговом промежутке.

Установим выражение для этой энергии, возникающей за время  $dt$  в 1 см длины дугового промежутка.

Оно, очевидно, будет иметь вид:

$$dq = \frac{\pi d^2}{4} b^- neE^2 \cdot 0,24 \cdot 10^{-8} dt \text{ [cal]}, \quad (14)$$

где  $d$  — диаметр положительного столба, который примем равным диаметру камеры (диаметр камеры мал:  $\sim 1-1,5$  см);

$b^-$  — подвижность электронов в  $\frac{\text{см}}{\text{sec}} / \frac{\text{V}}{\text{см}}$ ;  $n$  — плотность электронов;  $E$  — градиент поля в  $\text{V}/\text{см}$ ;  $e$  — заряд электрона в С.

Если бы мы сумели теперь это количество энергии связать со всеми расходами тепла, имеющими место в камере, и определить ход изме-

нения температуры газа во времени, вопрос определении повторного зажигания был бы решен.

Однако этому препятствуют не только математические трудности, но и недостаточность наших познаний в области термодинамических процессов, связанных одновременно с нагреванием, с лаждением, расширением и изменением самой массы газа.

Поэтому ограничимся тем, что проследим, как должен был бы изменяться градиент на дуговом промежутке в бестоковый период, чтобы компенсировать потери энергии и, следовательно, не прерывно поддерживать высокую температуру дуги и ее проводимость.

Согласно (2), (6) и (7) за время  $dt$  положительный столб дуги потеряет энергию

$$dQ = F \psi \sqrt{R} c_p (m+1) \frac{T_0^{\frac{3}{2}}}{\left(\frac{F}{2V} \psi \sqrt{RT_0} + 1\right)^3} dt.$$

На 1 см длины дуги потеряя тепла составит:

$$dq = \frac{F \psi}{100 l} \sqrt{R} c_p (m+1) \frac{T_0^{\frac{3}{2}}}{\left(\frac{F \cdot 10^2}{2V} \psi \sqrt{RT_0} + 1\right)^3} dt. \quad (15)$$

Согласно поставленному выше условию, сравним (14) и (15).

Помня, что  $F = \frac{\pi d^2}{4}$  и подвижность электрона<sup>5</sup>

$$b^- = 0,534 \cdot 10^8 \lambda_g \frac{\sqrt{T}}{p}$$

и воспользовавшись выражением (13) для  $n$ , получим после ряда преобразований:

$$E = \sqrt[4]{R^8 T_0} \sqrt{\frac{\psi c_p (m+1) [(aA + Bn_0)(At+1)^a - Bn_0]}{0,128 \cdot l \cdot 10^{13} \lambda_g e A n_0 (At+1)^5}}. \quad (16)$$

Число электронов к началу бестокового периода можно принять равным  $n_0 = 10^{15}$ .

Рассмотрим конкретный случай.

Пусть снова  $T_0 = 6000^\circ\text{K}$ ;  $l = 10 \text{ см}$ ;  $d = 0,8 \text{ см}$ ; давление в камере к началу бестоковой паузы  $p_0 = 5 \text{ kg/cm}^2$  (для средних токов и данного диаметра эта величина близка к действительности) и  $m = 1$ .

Определим максимальный допустимый градиент на дуговом промежутке для двух газов — азота и водорода, которые с точки зрения теории гашения электрической дуги являются: первый — „плохим“ газом, а второй — „хорошим“.

Для азота:  $\gamma_0 = \frac{p_0}{RT_0} = \frac{5 \cdot 10^4}{6000 \cdot 30,26} = 0,274 \text{ kg/m}^3$ ,

$C_p = 0,395$ ;  $R = 30,26$ ; потенциал ионизации  $U_i = 15,7 \text{ V}$ ;  $\lambda_g = 0,615 \cdot 10^{-5}$ .

Для определения максимального градиента проанализируем (16) на максимум и минимум.  $E_{\max}$  достигается при

$$t_m = \frac{\left(\frac{5}{5-a}\right)^{\frac{1}{a}} - 1}{B}. \quad (17)$$

<sup>8</sup> См. F. Kesseling und F. Koppelman. Das Schaltproblem der Hochspannungstechnik. Archiv für Elektrotechnik, H. 1, 1935.

<sup>4</sup>  $N_{cp}$  исчезло в силу того, что оно в решение входит со множеством в произведении  $N_{cp}D$ , которое настолько мало ( $\sim 10^{-14}$ ), что им можно без всякой натяжки пренебречь.

<sup>5</sup> А. Энгель и М. Штенбек, Физика и техника газового разряда. Вологодская областная научная библиотека

Для азота  $t_m = 2,5 \cdot 10^{-5}$  sec. Подставив это значение  $t_m$  и значения постоянных в (16), найдем  $E_{max} = 1590$  V/cm.

Для водорода:  $\gamma_0 = 0,0198$ ;  $C_0 = 4,7$ ;  $R = 420,6$ ;  $U_i = 15,4$ ;  $\lambda_g = 1,16 \cdot 10^{-5}$ .

Отсюда

$$t_m = 0,67 \cdot 10^{-5} \text{ sec}; E_m = 3420 \text{ V/cm}.$$

Эти два примера показывают, что трубка из газогенерирующего материала почти мгновенно после начала бестоковой паузы принимает достаточно большую диэлектрическую прочность и в состоянии выдержать восстановливающееся напряжение без пробоя, что хорошо подтверждается экспериментами.

Эксперимент для фибровой трубы таких же размеров, как в примерах, дает  $E_m = 1300$  V/cm.

Таким образом можно считать доказанным, что гашение дуги в газогенерирующих камерах является результатом обычных термо- и газодинамических процессов.

Теория работы газогенерирующей гасительной камеры, изложенная выше, является приближенным решением вопроса о гашении дуги в этих камерах. Она основана на целом ряде допущений, вызванных отчасти сложностью исследуемых процессов и желанием упростить их, отчасти необходимостью преодолеть математические затруднения и, наконец, отсутствием некоторых количественных данных.

Все допущения, которые делались выше, самым щательным образом подбирались так, чтобы условия гашения дуги не были бы облегчены против действительных.

Таким образом мы имеем право утверждать, что выведенные выше уравнения, оценивающие гасящую способность газогенерирующей камеры, являются более строгими, чем действительные условия.

Решением конкретных примеров получены результаты, достаточно хорошо согласующиеся с экспериментами. В этом можно видеть под-

тверждение правильности отправных моментов изложенной выше теории.

Исходя из результатов, полученных теоретическим путем, можно сделать следующие выводы:

1. Гашение электрической дуги в трубчатой газогенерирующей камере происходит благодаря интенсивному охлаждению и ионизации газов ее положительного столба в течение бестоковой паузы. Охлаждение газов обусловлено их расширением во внешнюю среду и отдачей тепла вновь возникающим в камере свежим количеством газа.

2. Материал трубчатой гасительной камеры должен обладать способностью генерировать газ под действием электрической дуги в количестве, достаточном для поддержания в ней к началу бестоковой паузы давления, превышающего внешнее в 2—3 раза. Камера из негазогенерирующего материала дугу погасить не в состоянии.

3. Качество гашения дуги (ее продолжительность горения) зависит от интенсивности газогенерации материала камеры. Чем обильнее количество газа, выделяемое материалом, тем быстрее должно произойти гашение дуги.

4. Газ, выделяемый стенками камеры, должен, по возможности, обладать высокой газовой постоянной. Чем больше  $R$ , тем больше значение восстановливающейся диэлектрической прочности дугового промежутка.

5. Рост давления газа в камере благоприятно влияет на гашение дуги. Это обусловлено не только повышенной скоростью истечения, но и увеличением его удельного веса.

6. Уменьшение диаметра камеры или, что то же, ширины кольцевой щели, ведет к повышению давления в ней, уменьшению объема раскаленного газа и, как следствие, улучшению ее гасящих свойств.

7. Газу, возникающему в камере, должен быть предоставлен свободный выход. Затрудненное истечение раскаленного дугой газа может быть причиной плохой работы камеры.

# ИЗ РАБОТ СОВЕТСКИХ ЭЛЕКТРОТЕХНИКОВ<sup>1</sup>

## Привод с возвратом энергии для сверхбыстрого повторного включения

**С. В. ШТЕЙНБЕРГ**

Ленинградский индустриальный институт

Проблема повторного включения масляных выключателей настолько актуальна, что нет нужды доказывать преимущества выключателей с повторным включением перед выключателями, лишенными подобных устройств. Однако широкое распространение выключателей с устройством для повторного включения тормозится отсутствием данных об их работе при повторном включении, а также подходящих приводов для сверхбыстрого повторного включения.

Устройства для автоматического повторного включения (а. п. в.) можно разбить на две группы. К первой группе

относятся устройства с «мгновенным» повторным включением, характеризующиеся отсутствием специальных приводов для ускорения цикла. Время минимального цикла повторного включения определяется собственными временами выключателя и привода обычной конструкции и бывает порядка  $0,8 \pm 1,2$  sec.

Ко второй — устройства с «сверхбыстрым» повторным включением. Эти устройства характеризуются пристройкой специального привода для повторного включения; практически достигнутое время цикла сверхбыстрого повторного включения равно 0,3 sec.

При проектировании устройства для сверхбыстрого а. п. в. необходимо разработать привод, осуществляющий эту операцию в очень короткое время, установить пределы отключающих мощностей и довести эти мощности до мощностей, разываемых обычным выключателем. Ниже описывается конструкция привода с возвратом энергии для сверхбыстрого а. п. в. высоковольтных выключателей. Эскизная разработка конструкции такого привода наряду с предварительным решением задачи о предельных отключающих мощностях выключателя МКП-274 на 220 kV, при сверхбыстром а. п. в. выполнена автором под руководством проф. Г. Т. Третьяк (ЛЭТИ) и инж. В. В. Каплан ( завод «Электроаппарат»).

<sup>1</sup> В этом разделе помещаются краткие сообщения инженеров и научных работников о своих теоретических, экспериментальных, расчетных, конструкторских и других работах.

В основу конструирования привода положена новая идея, согласно которой пружины устройства и движущиеся массы выключателя представляют механическую систему, масса которой свободно колеблется между положениями «включено» — «отключено» — «включено». Период такого полного колебания равен продолжительности цикла сверхбыстрого а. п. в. Плавность хода и особенности конструкции устройства позволяют не только получить сверхбыстрые а. п. в. с любым числом повторений цикла и практически с любой продолжительностью цикла независимо от массы высоковольтного выключателя, но также позволяют производить сверхбыстрые повторные включения с предварительным контролем синхронизма соединяемых участков системы.

Описание принципа действия и конструкции привода с возвратом энергии. При включении выключателя привод должен зарядить пружины выключателя, обеспечить достаточную скорость включения в момент касания контактов и преодолеть потери на трение при включении.

На зарядку пружин выключателя расходуется свыше двух третей работы привода. Энергия заряженных пружин частью расходуется полезно (преодоление сопротивлений, удар при включении), частично же теряется совершенно бесцельно (потери в буферах при отключении). Теряемая энергия в быстродействующих выключателях весьма велика и равна примерно трети работы привода.

Полезная работа привода мало зависит от быстродействия выключателя. Вторая, бесцельно теряемая часть энергии, наоборот, прямо пропорциональна квадрату скорости отключения, и для увеличения скорости отключения на 10% требуется увеличить работу привода на 20—25%. Это ограничивает скорости отключения выключателей в пределах 3—4 м/сек, хотя во многих случаях было бы желательно увеличить эту скорость. С другой стороны, при больших скоростях отключения к буферным устройствам предъявляются жесткие требования.

На рис. 1 изображена схема привода с возвратом энергии. Как видно из этой схемы, включающие пружины III привода при отключении играют роль буферных пружин. Принципиально привод и выключатель могут быть подразделены на «рабочую часть» — масса *m*, пружины I и III и «зарядную» — зарядный привод *PC* и пружины II. Такое подразделение устройства для сверхбыстрого а. п. в. в данном случае желательно для того, чтобы подчеркнуть, что в устройстве с приводом с возвратом энергии зарядная часть работает в процессе отключения выключателя и способствует ускорению отключения в то время, как в нормальных конструкциях зарядная часть (привод) работает лишь при включении. Таким образом в устройстве с приводом с возвратом энергии привод по существу толкает выключатель при отключении и ускоряет отключение, не требуя дополнительной энергии для сжатия усиленных отключающих пружин.

Привод с возвратом энергии позволяет разрешить задачу увеличения быстродействия выключателей, так как работа привода при включении равна полезной затрате энергии в выключателе независимо от тех скоростей отключения, которые имеет выключатель. В таком приводе энергия отключаю-

щих пружин почти целиком используется на зарядку включающих пружин привода, и работа привода не ограничивается скоростью отключения. С другой стороны, привод с возвратом энергии представляет идеальный буфер, плавно преобразующий кинетическую энергию выключателя в потенциальную энергию включающих пружин привода<sup>2</sup>.

В эскизно разработанном варианте устройства для сверхбыстрого а. п. в. выключатель МКП-274 на 220 кВ имеет нормальный моторный привод для управления с пульта привод для а. п. в. Привод с возвратом энергии для а. п. в. установлен в свободном просвете между баками выключателя и рычаги этого привода соединены с горизонтальной тягой связывающей фазы выключателя.

На рис. 2 изображена схема привода с возвратом энергии и условная схема выключателя с отключающими пружинами выключателя I (см. также рис. 1), подвижными частями I и моторным приводом для нормальных операций без а. п. в.

Привод с возвратом энергии состоит из двух органических не связанных частей — пружинного привода и зарядного привода нормальной конструкции (*PC*).

Пружинный привод состоит из вала 5, на котором насыжен:

рычаг 4, связывающий через систему рычагов и защелку 3 горизонтальную тягу выключателя между второй и третьей фазами с валом привода 5, насадка неподвижная; рычаг 6 связанный с системой отключающих пружин привода 7, 8 или II посредством тяг, насадка свободная; рычаг 10, связанный с системой включающих пружин привода 11, 12 или III, насадка неподвижная.

Таким образом рычаги 4 и 10 жестко связаны с валом привода 5 и может быть сцеплен или не сцеплен с валом 5, в зависимости от состояния системы сцепления 6—5, условно на рис. 2 поставленной в разрез вала 5. Назначение системы сцепления 6—4 состоит в том, чтобы разъединять выключатель и пружинный привод при отключениях без а. п. в., например, при команде с пульта. Назначение системы сцепления 6—5 состоит в том, чтобы, после того как пружины II сработают, отключить эти пружины от вала и позволить зарядному приводу *PC* натянуть их вновь, независимо от дальнейшего движения выключателя.

Действовать устройство должно так: при команде защиты сбивается защелка у главного моторного привода (рис. 1 привод *PBM*). Под действием своих отключающих пружин и отключающих пружин привода II выключатель отключается. В некоторый момент начинают затягиваться включающие пружины привода III, которые, наконец, останавливают выключатель. К этому времени отключающие пружины привода II (рис. 1, положение 2) уже «проскочили» — вышли из соединения с валом привода благодаря системе сцепления 6—5.

Дальше, если защелка синхронизации С не запрет привод в положении «остановлен» или отключено при а. п. в., то сжатые включающие пружины III включают выключатель повторно, и рычаги 1, 4 и 10 возвращаются в исходное положение (рис. 1, положение 3). Если же защелка синхронизации запрет привод в положении «остановлен» при а. п. в., то обратно сверхбыстрое включение произойдет по команде синхронизатора. Затем (или раньше включения выключателя или одновременно с ним, в зависимости от настройки блок-контактов, управляющих включением зарядного привода) зарядный привод *PC* натягивает отключающие пружины привода II. Привод приходит в готовность к совершению второго цикла сверхбыстрого а. п. в. Так устройство действует при аварийной команде защиты с повторным включением.

При команде с пульта, т. е. при отключении без а. п. в., сначала запирается защелка зарядного привода *PC*. Затем сбивается защелка у моторного привода (аварийная защелка). Выключатель отключается с нормальной скоростью, так как рычаги отключающих пружин II заперты защелкой привода *PC*, система сцепления 1—4 не сцепляет выключатель и привод для а. п. в. Очевидно, что защелка у зарядного привода *PC* должна по команде запирать привод, а не отпирать его, как то имеет место обычно. Кроме того, эта защелка, заперев при команде с пульта на отключение привод *PC*, не должна отпускать привод и отключающие пружины II до тех пор, пока выключатель не будет включен другим приводом (*PBM*). Для этого условно на защелке привода *PC* показан зуб, на котором сидит сцепление привода *PC* и удерживает отключающие пружины II до тех пор, пока вы-

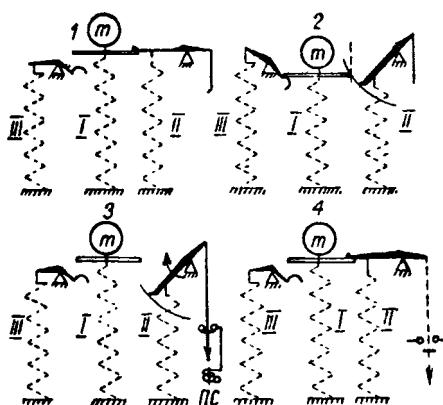


Рис. 1. Схема действия привода с возвратом энергии. *m* — масса выключателя; I — пружины выключателя; II и III — отключающие и включающие пружины привода.

Положение 1 — привод готов к а. п. в., пружины I и II растянуты, III — освобождены; 2 — выключатель отключился, пружины I слабо растянуты или освобождены, пружины II освобождены, пружины III растянуты до отказа; 3 — выключатель включен повторно, пружины I растянуты, пружины II и III освобождены; положение 4 — зарядный привод растянул пружины II, привод готов к а. п. в.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

<sup>2</sup> Использовать энергию отключения для содействия включению предложил инж. Власенко.

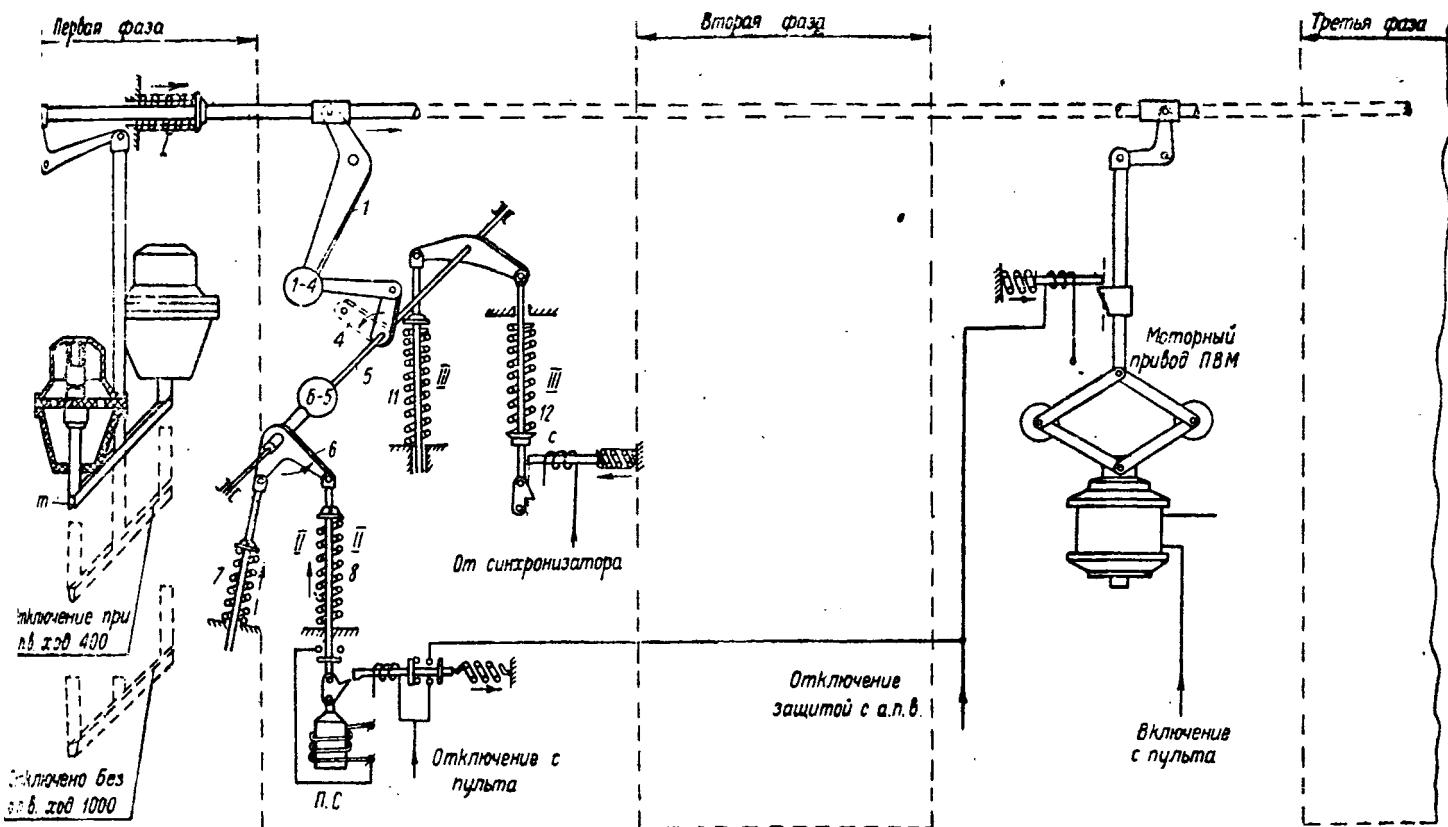


Рис. 2. Схема конструкции привода с возвратом энергии для сверхбыстрого повторного включения выключателя на 220 кВ типа МКП-274, положение „включено“

выключатель не будет включен и рычаг 1 не подопрет пружины  $P$ .

Привод  $PVM$  необходим потому, что ход выключателя при отключении без а. п. в. значительно больше хода при отключении с а. п. в. Если бы первый и второй ходы выключателя были бы равны, то необходимость в добавочном «главном» приводе  $PVM$  отпала бы. Отсюда следует, что у выключателей с малым ходом контактов один привод с возвратом энергии может обслуживать и оперативные действия выключателя и аварийные отключения с сверхбыстрым а. п. в. Тогда система сцепления 1—4 становится ненужной.

Плавность торможения и остановки выключателя при отключении позволяет применить простой механизм «улавливания» выключателя в положении «отключено при а. п. в.». В настоящем варианте конструкции в качестве защелки синхронизации С может служить защелка и нормальная система сцепления одного из находящихся в производстве приводов.

В устройстве с приводом с возвратом энергии операция установки выключателя осуществляется предварительно не заряженными включающими пружинами привода, и во время остановки выключателя включающие пружины привода играют роль буферных пружин. Когда выключатель остановится, то включающие пружины привода оказываются настолько сжатыми, что могут включить выключатель повторно, вернув выключателю энергию, полученную при остановке выключателя. Следовательно, добавочному зарядному приводу остается зарядить только отключающие пружины привода; имеется возможность привод сконструировать так, что зарядка отключающих пружин добавочным приводом может происходить во время движения выключателя и выключатель может быть готов ко второму а. п. в. раньше, чем закончится первое а. п. в.

Иными словами, привод с возвратом энергии «сверхбыстро» приходит в готовность ко второму а. п. в. В этом первое преимущество привода с возвратом энергии перед другими приводами.

Так как в рассматриваемом приводе для обратного включения используется кинетическая энергия отключения выключателя, то потери энергии в устройстве минимальны, и работа зарядного привода устройства — минимальна. Поэтому в устройствах может применяться небольшой дешевый за-

Таблица сравнения устройства для а. п. в. с приводом с возвратом энергии и устройства аналогичного назначения фирмы GEC<sup>8</sup>

Привод для а. п. в.	GEC	С возвратом энергии
Пристраивается к выключателю типа МКП на . . . . .	110 kV (ход 200) 0,3	220 kV (ход 400) 0,3
Время цикла а. п. в., сек . . . . .	Да	Да
Отключающие пружины заряжены . . . . .	*	Нет
Включающие пружины заряжены . . . . .	Нет	Да
Осуществляется ли возврат энергии . . . . .	Больше 100 Особой конструкции Есть	30 Нормальной конструкции Нет
Работа зарядного привода при цикле а. п. в. в % от работы при включении без а. п. в. . . . .	Маловероятна	Есть
Зарядный привод . . . . .	Нет	
Резкие ускорения выключателя		
Возможность дальнейшего сокращения цикла а. п. в. . . . .		
Фиксированное положение „остановлен при а. п. в.“ и возможность синхронизации при а. п. в. . . . .		

<sup>8</sup> Ultrahigh Speed Reclosing of High-Voltage Transmission Lines P. Sporn, D. Prince, El. Eng. January 1987.

рядный привод. В эскизно спроектированной конструкции для выключателя МКП-274-Д может быть установлен нормальный (в американских устройствах применен зарядный привод специальной конструкции) привод ПС-30 с работой включения, в 3 раза меньшей, чем работа, развиваемая при включении выключателя существующим приводом типа ПВМ. В этом второе (величина работы зарядного привода) и третье (применение нормального привода) преимущества привода с возвратом энергии перед другими приводами.

Возможность значительного **повышения быстродействия** существующих выключателей и возможность уменьшения числа необходимых для а. п. в. приводов таковы четвертое и пятое преимущества привода с возвратом энергии перед приводами другого принципа действия и конструкции.

В таблице сопоставлены устройства с приводом с возвратом энергии и устройства для а. п. в. фирмы GEC. Из этой таблицы следует, что, несмотря на вдвое больший ход выключателя на 220 kV, время цикла у этого выключателя такое же, как у выключателя на 110 kV с устройством GEC. Это объясняется тем, что скорости отключения и включения устройства с возвратом энергии могут быть больше, чем скорости при приводе GEC.



## О статье инж. С. Д. Штейнберга «Привод с возвратом энергии для сверхбыстрого повторного включения»

Статья инж. Штейнberга «Привод с возвратом энергии для сверхбыстрого повторного включения» представляет значительный интерес как в связи с актуальностью проблемы повторного включения, так и вследствие оригинальности предлагаемого автором принципа устройства для автоматического повторного включения.

Однако многие высказываемые автором положения являются спорными, как, например, разбивка устройств для повторного включения на «мгновенные» и «сверхбыстрые», допустимость удерживания контактов выключателя в промежуточном положении, утверждения автора о простоте и преимуществах предлагаемого устройства и др.

В настоящее время вопрос об автоматических повторных включениях является еще сравнительно новым и можно разбить существующие устройства для повторного включения на следующие основные группы: а — устройства (схемы) для повторного включения, осуществляемые с нормальными выключателями и приводами (без каких-либо дополнительных приспособлений); б — специальные конструкции выключателей небольшой мощности со сравнительно простыми, пристроенными устройствами для повторного включения (груз, электромагнит, пружины); в — особые устройства, пристраиваемые к мощным выключателям, с целью сверхбыстрого включения последних.

В данной статье рассматриваются вопросы, относящиеся к устройствам последней группы, причем эти устройства в Союзе практически еще очень мало известны и за границей также стали разрабатываться лишь недавно. В частности, упоминаемый в статье привод фирмы GEC разработан только как экспериментальный экземпляр.

Надежность работы при всех условиях устройства для повторного включения по предлагаемому автором принципу — с возвратом части энергии пружин, работающих на отключение, — до сих пор еще не проверялась экспериментально на конкретных приводных механизмах.

Все это еще более подчеркивает дискуссионный характер положений данной статьи, однако, эти вопросы весьма своевременно довести до сведения широкой технической общественности, проявляющей большой интерес к проблеме повторного включения.

Г. Б. Холявский  
Завод «Электроаппарат»



Проблема создания новых быстродействующих выключателей и наряду с этим требование убывания действия существующих типов в связи с переходом на работу по циклу а. п. в., ставит перед советскими конструкторами ряд серьезных и весьма трудных задач.

Основными путями разрешения этих задач являются: 1) борьба соответствующими дугогасительными устройствами и контактами систем выключателей, обеспечивающих гашение в течение минимального промежутка времени; 2) применение быстродействующих элементов цепей управления и замкнутых реле; 3) разработка приводов, специально предназначенные для а. п. в. (однократных и многократных).

В механическом отношении требование быстродействия известной степени определяет следующее направление в конструкировании быстродействующих выключателей и приводов: а) всемерное облегчение подвижных частей выключателя; б) предельное, по условиям изоляции разомкнутых контактов, уменьшение оперативного хода подвижных контактов.

Предложения, содержащиеся в статье инж. Штейнберга, следует рассматривать, имея в виду изложенные выше суждения.

Автор весьма своевременно поднимает вопрос о склонности практическом разрешении задачи убывания выключателя для целей а. п. в. и предлагает, в качестве одного из вариантов, принципиальную схему соответствующего устройства, разработанную им применительно к конструкции масного выключателя типа МКП-274-Д на 220 kV.

В целях сокращения времени цикла отключено — включено автор предусматривает неполное отключение выключателя (при работе по циклу а. п. в. ход контактов уменьшен до 400 mm вместо нормального 1000 mm) и применение специального пружинного привода с дополнительными отключающими пружинами, служащими как для ускорения процесса отключения при а. п. в., так и для подзарядки включающих пружин привода. Натяжение этих дополнительных отключающих пружин производится особым электромагнитным приводом.

Таким образом для осуществления а. п. в. масляного выключателя МКП-274-Д по идеи автора требуется наличие трех различных приводов: нормального моторного для автоматического включения, пружинного привода (с двумя магнитами пружин) и электромагнитного «зарядного» нормального конструктивного привода для а. п. в. При этом моторный и электромагнитный приводы нормальных типов должны быть соответствующим образом переконструированы (фактически усложнены).

Автором разработана также весьма интересная система механизма сцепления пружинного привода, соответствующая условиям работы привода по предложенной им схеме.

Однако необходимо отметить, что все устройство в целом является весьма громоздким и сложным.

Основная идея предложения автора заключается в использовании избыточной кинетической энергии отключения для частичной зарядки пружин, служащих для включения выключателя, с целью, так сказать, рекуперации энергии.

По причинам, указанным выше (пп. «а» и «б»), эта идея, повидимому, не имеет перспектив сколько-нибудь широкого применения в новых типах малообъемных масляных и безмасляных выключателей. Но она может оказаться эффективной для крупных баковых выключателей с двукратным разрывом на фазу, с большими массами подвижных частей и большим ходом контактных траперов.

Например, в МКП-274-Д живая сила подвижных частей, теряемая в буферном устройстве при отключении, достигает величины порядка 100 kgm, что составляет около 25—30% от общей механической работы отключения. В новых же выключателях можно ожидать значительно меньших внутренних «энергетических ресурсов». При малых же абсолютных значениях избыточной энергии, техническая и экономическая целесообразность ее аккумуляции посредством столь сложного устройства становится сомнительной.

Что же касается предложенной автором схемы конструкции пружинного привода «с возвратом энергии», то нельзя признать сколько-нибудь оправданным помещение в приводе дополнительных отключающих пружин, заряжаемых специальным приводом прямого действия. Роль этих отключающих пружин, по существу, сводится к «перекачиванию» энергии из пружинного привода в движущиеся части выключателя и обратно во включающие пружины привода. При этом так «перекачивание» происходит отнюдь не «даром», как утверждает автор, а с соответствующими потерями.

Представляется более целесообразным, например, отказаться от дополнительных отключающих пружин, усилив соответствующим образом пружины, имеющиеся в выключателе, использовать «зарядный» привод в качестве добавочного источника энергии при включении выключателя пружинным приводом. Это позволило бы упростить устройство привода и сделать его более универсальным.

Не касаясь некоторых других спорных утверждений автора,

и, следует отметить, что предложенное им оригинальное решение задачи убыстрения выключателей для работы по циклу П. В. может представить известный интерес при дальнейших работах в этой области.

Л. К. Грейнер  
Завод «Электроаппарат»



## Автоматическое резервирование с применением грузового привода<sup>1</sup>

• Н. Н. ЛИННИЧЕНКО  
Свердловск, «Уралэлектромашин»

Задача автоматического подключения резерва в равной мере может встретиться как на крупных районных станциях, так и на самых мелких коммунальных подстанциях. Однако в то время как на крупных станциях, имеющих постоянное обслуживание и располагающих дистанционными приводами, решение указанной задачи не представляет труда, подключение резерва на мелких, особенно необслуживаемых подстанциях, уже вырастает в специальную проблему.

Вызов аварийной бригады на необслуживаемую подстанцию для подключения резерва в случае аварии сопряжен с простоями производства, которые приносят значительные убытки стране. Очевидно, что на мелких абонентских подстанциях было бы выгодно автоматизировать резерв. Однако, к сожалению, та аппаратура, которой мы располагаем в настоящее время для автоматического включения, — соленоидный привод и аккумуляторная батарея, мало пригодна для применения на необслуживаемых подстанциях; кроме того, она дает относительно дорогое решение, если учесть, что речь идет о включении лишь одного, максимум трех приводов.

В последнее время у нас наблюдается тенденция использовать пневматический привод для целей автоматики. Однако пневматический привод требует компрессорной установки, в殊жающейся в частом осмотре.

Наиболее пригодным для целей автоматики с нашей точки зрения является грузовой привод.

Схемы 1 и 2 рис. 1 дают представление о схемах коммутации современных ЦРП (центральных распределительных пунктах).

В них шины разбиты на секции с питанием каждой секции всего лишь одним фидером. Возможный перебой в энергоснабжении при такой схеме компенсируется рациональной системой автоматики. Применение на ЦРП грузового привода для автоматики позволит отказаться от соленоидного или пневматического привода вместе со всем сопутствующим им пневматическим или аккумуляторным хозяйством.

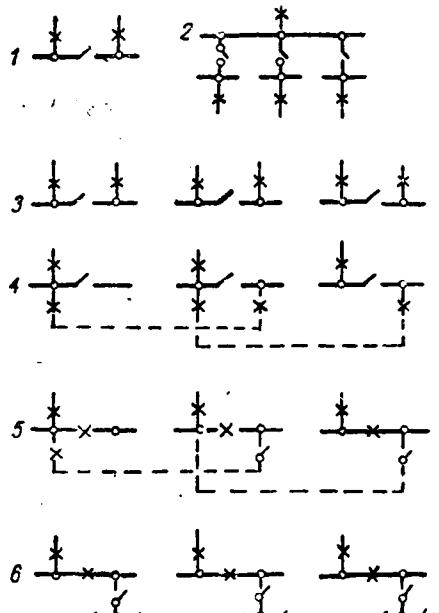


Рис. 1

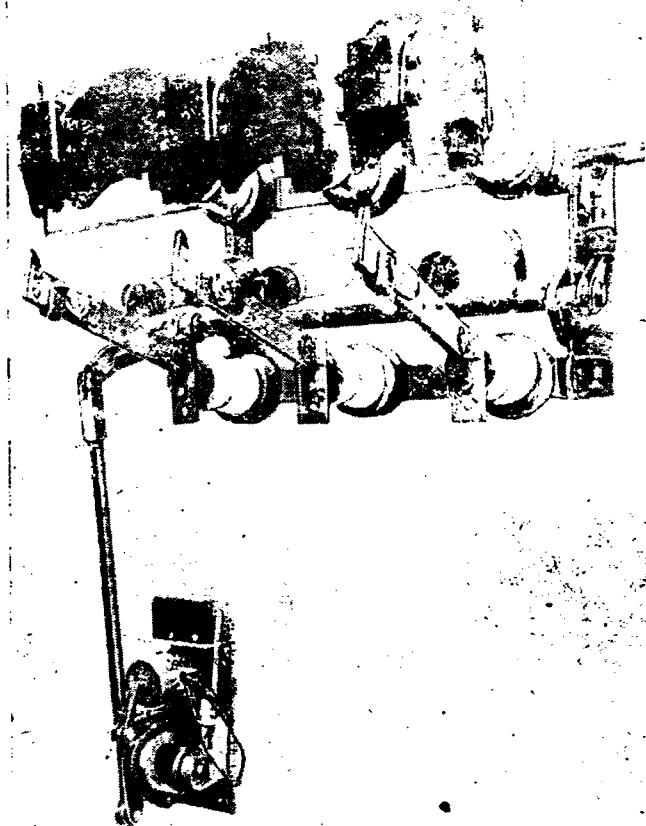


Рис. 2

Резервирование на схеме 1 совершается за счет того, что нормально каждый фидер, пытающий секцию, загружен только на 50%. В случае аварии на одном из фидеров, секция от него автоматически отключается и автоматически же, с помощью межсекционного выключателя, подключается к соседней секции. Когда напряжение на пострадавшем фидере восстанавливается, переключения совершаются в обратном порядке. На схеме 2 резервирование достигается с помощью трансферной системы шин, к которой приключен резервный фидер.

На схемах 3—6 показаны различные способы осуществления взаимного резервирования между фидерными подстанциями. На том же принципе решается задача резервирования из трансформаторной подстанции.

Необходимо указать на некоторые особенности автоматизации в перечисляемых случаях: автоматические приводы должны иметь только несколько выключателей — от 1 до 3; автоматические переключения происходят крайне редко (предельной цифрой надо считать 5 переключений в 1 год); переключения должны совершаться возможно быстрее (для многих предприятий необходимо, чтобы перерыв в электроснабжении был не более 0,7 sec) и не должны иметь места при посадках напряжения.

В основу схем новой автоматики, система которой доведена до предельной простоты, положены следующие принципы.

В качестве коммутационных аппаратов приняты не выключатели, а разъединители и разъединители мощности. Применен грузовой привод. Вместо нескольких реле используется специальное реле напряжения с переключающими контактами и тормозящей токовой катушкой.

Питание оперативных цепей осуществляется не от аккумуляторной батареи, а от трансформатора напряжения резервного фидера.

Применение автоматики на разъединителях мощности и разъединителях приводит к полному отделению органов автоматики от органов защиты, отчего вся система получается более ясной и простой. К тому же при разъединителях можно обойтись легким и простым приводом, и применить обычные автоматические коробки.

Затем автоматика на разъединителях дает более универсальную возможность для дальнейшего применения.

<sup>1</sup> Авторская заявка № 20083.

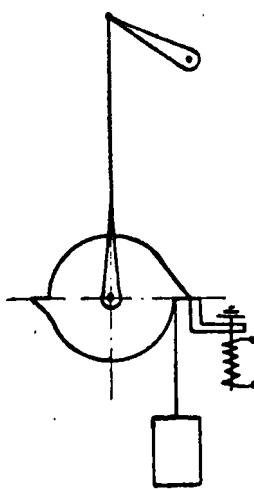


Рис. 3

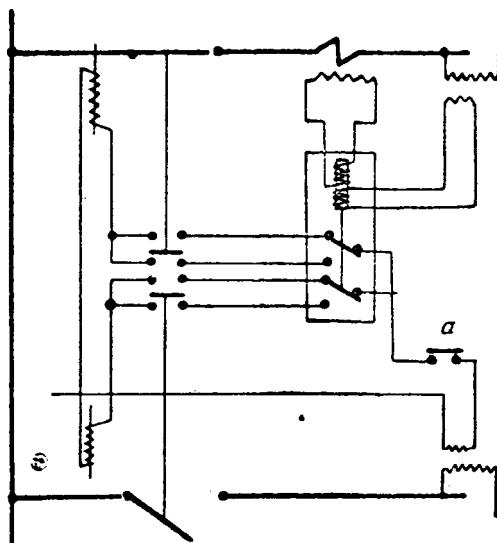


Рис. 4

альное решение задачи, позволяя применять автоматику и в тех случаях, где, например, в качестве защитной аппаратуры используются не выключатели, а предохранители (которые в ближайшее время должны получить у нас большое распространение).

Применение автоматики на простом разъединителе возможно на основном фидере, поскольку этот фидер отключается только тогда, когда на нем исчезнет напряжение. На резервном фидере необходимо иметь разъединитель мощности, так как отключение резерва производится под полным напряжением сети.

Опыт, который мы теперь получили в результате испытания ряда разъединителей мощности, позволяет утверждать, что в нашем распоряжении имеются вполне надежные и простые разъединители мощности на напряжения до 10 кВ и токи до 500 А, а может быть и больше. Производственный выпуск этих разъединителей мощности, однако, задерживается в связи с тем, что не удалось пока добиться достаточно большого числа выключений без смены дугогасящих элементов. Так, разъединитель мощности с дугогасящей фибровой трубкой допускает только 50 отключений тока в 300 А при 6 кВ. С повышением тока и напряжения количество допустимых отключений еще уменьшится.

Однако следует надеяться, что в самое ближайшее время удастся получить разъединители мощности с большим числом отключений. Так, разъединитель мощности, выпускаемый в настоящее время заводом «Уралэлектромашин», имеет гарантированное число отключений тока 200 А при 6 кВ — 1000, без смены деталей. На самом деле число отключений, повидимому, может быть значительно выше. Предельный ток, который отключается этим разъединителем мощности, был равен 460 А (большего тока не было в распоряжении лаборатории) и время отключения при этом равнялось 4 полу-периодам.

Необходимо отметить, что проблема большого числа отключений не имеет значения в случае, если разъединитель мощности применяется для целей автоматики, так как здесь приходится иметь дело с небольшим числом отключений (максимум 5 в год).

На рис. 2 показан выпускаемый в настоящее время заводом «Уралэлектромашин» разъединитель мощности с грузовым приводом. Как видно, он выполнен в виде простого разъединителя, на верхних изоляторах которого укреплены диэлектрические решетки.

Перейдем теперь к описанию грузового привода, схема которого представлена на рис. 3.

Вал разъединителя приводится в возвратно-поступательное движение с помощью кривошипно-шатунного механизма, соединенного с барабанчиком грузового привода. На барабанчике намотан трос, к концу которого подведен груз, стремящийся врасти барабанчик по часовой стрелке; вращению препятствует собачка. Когда под действием катушки управления собачка отйдет, барабанчик повернется на пол оборота и снова сядет на ту же собачку и т. д.

При каждом повороте на пол оборота выключатель попаременно то включается, то выключается. При двух следующих одна за другой операциях груз падает на 30 см и при па-

дении же на 2,1 м совершается 14 операций. Это больше чем достаточно для всех случаев, в которых будет применяться рассматриваемая автоматика.

Чтобы предупредить возможность несрабатывания автоматики вследствие использования такой высоты падения груза, предусматривается специальная предупредительная сигнализация.

Как мы видим, грузовой привод описанного устройства представляет весьма простую конструкцию, совершенно симметричную по отношению к процессам отключения и включения почти не требующую наблюдения.

В новой схеме автоматики, показанной на рис. 4, переключение основного и резервного фидера осуществляется крайне просто, благодаря применению специального реле напряжения с переключающимися контактами и тормозящей катушкой. Переключения производятся следующим образом: когда напряжение на основном фидере падает, контакты реле опускаются и замыкают на источник оперативного тока катушки управления грузовых приводов. При восстановлении напряжения на фидере, контакты реле поднимаются и переключения совершаются в обратном порядке.

Тормозящая катушка предусмотрена в реле с той целью, чтобы предотвратить действие автоматики при коротких замыканиях. Блокировочное реле при коротком замыкании на шинах подстанции не требуется, так как в этом случае отключится выключатель питавшего фидера и своими блокконтактами разорвет цепь оперативного тока (контакт а).

Источником оперативного тока является трансформатор напряжения, установленный на резервном фидере. Кроме простоты и эксплуатационных преимуществ, такой способ питания оперативных цепей создает естественную блокировку автоматики от работы при общих посадках напряжения в электрической системе.

К сожалению, описанное реле ХЭМЗ пока не производится, и временно приходится иметь дело с более сложной схемой, скомпонованной из реле, выпускаемых этим заводом.



## Работа масляного выключателя ВМ-14 в условиях низких температур<sup>1</sup>

**A. К. КРАСИН**

Сибирский физико-технический институт при Томском университете им. Куйбышева

Литературные данные о работе масляных выключателей в условиях низких температур очень ограничены и совершенно не охватывают области ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  [2]. Работами высоковольтной лаборатории Сибирского физико-технического института при Томском государственном университете им. Куйбышева было показано [3], что поведение трансформаторных масел при низких температурах диктует необходимость изучения работы масляных выключателей в условиях сибирских морозов.

По предложению одного из заводов г. Кемерово, в высоковольтной лаборатории СФТИ за период морозов зимы 1938—1939 г. было проведено исследование работы масляного выключателя ВМ-14 в условиях естественного охлаждения до  $-44^{\circ}$ . Автор настоящего сообщения снял зависимость времени полного движения штанги ВМ-14 в зависимости от температуры при охлаждении аппарата. Исследование проведено на двух сортах масла с различными кривыми в зависимости вязкости от температуры.

Выключатель ВМ-14 на 600 А установили на открытом воздухе. Вал выключателя был проведен через стену здания в лабораторию, где соединялся с приводом ГП-125. Измерение времени полного движения штанги выключателя проводилось посредством шлейфового осциллографа, разработанного автором специально для изучения работы масляных выключателей и изготовленного экспериментальными мастерскими СФТИ [4]. Способ и электрическая схема записи аналогичны описанным в журнале «Электричество» № 4,

<sup>1</sup> Работа доложена на Новосибирской конференции молодых ученых и премирована 2-й премией.

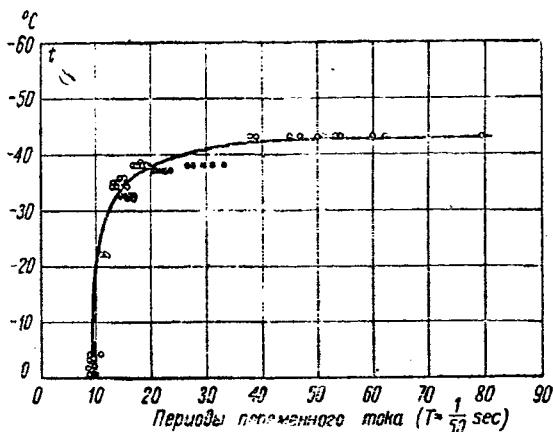


Рис. 1

1937 [2]. На вал привода была укреплена контактная система с пятью контактами. Все измерения велись без разрыва мощности.

Всего было проведено три серии измерений. Результат первой серии дан на рис. 1. По осям отложены время полного движения штанги и температура. Наблюдения за температурой проводились по термометру, установленному в воздухе вблизи выключателя. Непосредственно температура масла не контролировалась.

Светлые и темные кружки на рис. 1 соответствуют изменениям, сделанным при общем понижении и общем повышении температуры воздуха. Расположение точек указывает на имевшую место тепловую инерцию масла.

Из рис. 1 видно, что до  $-30^{\circ}$  увеличение времени движения штанги не превосходит 50%, начиная же с  $-37^{\circ}$  идет очень резкое увеличение времени хода штанги. Около  $-42^{\circ}$  были случаи полной остановки выключателя в середине отключения, что устраивалось при повышении температуры масла.

Вторая серия измерений, проведенная при следующем похолодании, повторила общий ход, данный на рис. 1. Опять при  $-42^{\circ}$  начались остановки во время отключения. Было выяснено, что существенно тормозит в этих случаях привод и именно в тот момент его работы, когда освобождаетсятягающийся цилиндр. Во время всех измерений привод находился в лаборатории, при комнатной температуре, предполагать изменений в его работе нельзя было.

Параллельно исследованиям с выключателем был снят ход вязкости залитого в аппарат масла. При измерениях пользовались светлым маслом, и согласно ОСТ 7959/918 его следовало отнести к морозостойким маслам. Из сравнения рис. 1 и полученной кривой вязкости можно было видеть, что ход времени движения штанги повторяет ход вязкости масла до  $-37^{\circ}$ , т. е. в области, где еще незначительно оказывается тормозящее действие привода. Ниже  $-37^{\circ}$ , как видно из рис. 1, начинается нестабильная работа выключателя, и здесь нельзя вывести какую-либо закономерность.

Для проверки связи между ходом вязкости масла и ходом времени полного движения штанги была сделана еще серия наблюдений. В морозы января 1939 г. удалось снять еще раз полную кривую до  $-39,5^{\circ}$ , но с маслом более темным, чем в первых опытах, и имеющим соответственно более ранний подъем вязкости. Кривая, полученная в результате этих наблюдений, по общему ходу напоминает кривую рис. 1, но нестабильная работа начинается раньше, следовательно ход вязкости масла действительно определяет работу выключателя. Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы [5]:

Работу масляного выключателя ВМ-14 при употреблении морозостойкого светлого масла можно считать стабильной до  $-37^{\circ}$ . Ниже этой температуры для нормальной работы требуется подогрев масла.

В области до  $-37^{\circ}$  время полного движения штанги ВМ-14 при светлом масле связано с вязкостью масла и температурой следующим соотношением:  $\tau = 0,675 \cdot e^{-\frac{t}{12}} + 10$ , где  $e$  — основание натуральных логарифмов;  $t$  — температура в  $^{\circ}\text{C}$ .

В выключателях с открытой дугой, для которых в извест-

ной мере можно использовать данные опытов с выключателем ВМ-14, работающим в условиях мороза, следует применять исключительно светлые масла, как имеющие лучшую температурную характеристику вязкости.

Проведенные измерения и только частично осветили работу масляных выключателей при низких температурах. Требуется дальнейшее исследование еще и на других типах выключателей, а также опыты по разрыву мощности в условиях охлажденного масла.

В заключение необходимо отметить помощь, оказанную в данной работе заведующим высоковольтной лабораторией СФТИ проф. А. А. Воробьевым, доц. И. Д. Кутявином, главным электриком завода инж. И. Г. Акопян и главным инженером тэц В. Н. Тирковым, а также участие в работе лаборанта П. Н. Ончукова.

### Литература

1. А. М. Залесский, Масляные выключатели, изд. Кубуч, Ленинград, 1932.
2. Б. П. Бурьянин, «Электричество» № 4, стр. 21, 1937.
3. А. А. Воробьев, Н. А. Приходько и В. Ф. Божко, СФТИ. Отчет о работе.
4. А. К. Красин и П. Н. Ончуков, Описание шлейфового осциллографа для записи времени срабатывания масляного выключателя при включении или отключении. СФТИ. Отчет о работе.
5. А. К. Красин и П. Н. Ончуков, Определение времени движения штанги масляного выключателя ВМ-14 в условиях низких температур. СФТИ. Отчет о работе.



### Поле высоковольтного ввода

М. И. МАНТРОВ  
Завод «Динамо» им. Кирова

Излагаемый ниже расчет распределения потенциала и напряженности поля на поверхности изоляции высоковольтных конструкций, по нашему мнению, может найти практическое применение во многих вопросах расчета изоляции высоковольтных машин трансформаторов и аппаратуры.

Для общего случая эквивалентная схема высоковольтного ввода представлена на рис. 1. На рисунке:  $K$  — заземленные металлические крепления (корпус);  $T$  — токопроводящий стержень, находящийся под высоким потенциалом;  $D$  — слой изоляции от корпуса;  $d$ ,  $\rho_v$ ,  $\rho_s$ ,  $\varepsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  — соответственно, толщина, удельное объемное и удельное поверхностное сопротивление, диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь изоляции.

Начало координат поместим у края заземленного корпуса, следовательно, на поверхности изоляции при  $x = 0$  потенциал  $u = 0$ . С удалением от заземленного края потенциал на поверхности растет до некоторого значения  $u_l$  при  $x = l$ , где  $l$  — расстояние от корпуса.

При некотором расстоянии  $x$  от корпуса имеют место следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{du_x}{dx} &= i_x \rho_s; \\ -\frac{di_x}{dx} &= \delta (u_0 - u_x) + C_v \frac{\partial (u_0 - u_x)}{\partial t} + C_f \frac{\partial u_x}{\partial t}, \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (1)$$

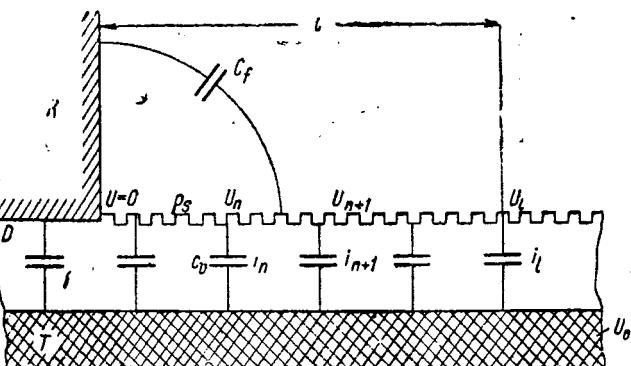


Рис. 1. К расчету распределения потенциала на поверхности изоляции высоковольтного ввода

где  $u_0$  — потенциал на стержне;  $\sigma = \frac{1}{\rho_a d}$  — объемная проводимость единицы поверхности изоляции;  $u_x$  — потенциал на поверхности изоляции на расстоянии  $x$  от корпуса;  $i_x$  — ток по поверхности;  $C_f$  — емкость между корпусом и поверхностью изоляции;  $C_v$  — емкость единицы поверхности изоляции.

Введем символические обозначения:

$$\left. \begin{aligned} i_x &= I_e^{j\omega t}; \\ u_x &= U_e^{j\omega t}; \\ u_0 &= U_0 e^{j\omega t}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

что соответствует предположению о синусоидальном изменении тока и напряжения на токопроводящем стержне.

Подставив (2) в (1) и проинтегрировав первое уравнение системы (1) по  $x$ , исключим из него ток  $I$ .

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = -\rho_s \left\{ \sigma (U_0 - U) + j\omega [C_v (U_0 - U) + C_f U] \right\}. \quad (3)$$

Положим:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{\rho_s (\sigma + j\omega C_v)} &= \gamma_1; \\ \sqrt{j\rho_s \omega C_f} &= \gamma_2; \\ \sqrt{\gamma_1^2 - \gamma_2^2} &= a, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

тогда (3) примет вид:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = a^2 U - \gamma_1^2 U_0. \quad (5)$$

Для тока по поверхности изоляции получим аналогичным путем:

$$\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = \gamma_3^2 I, \quad (6)$$

где:

$$\gamma_3 = \sqrt{\rho_s [\sigma + j\omega (C_v - C_f)]}.$$

Уравнение (5) имеет решение в виде:

$$U = A e^{ax} + B e^{-ax} + \frac{\gamma_1^2}{a^2} U_0. \quad (8)$$

При граничных условиях на поверхности изоляции:

$$\left. \begin{aligned} x = 0, \quad U &= 0, \\ x = l, \quad U &= U_l, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

постоянные  $A$  и  $B$  имеют следующие значения:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{U_0 \left( \frac{\gamma_1^2}{a^2} e^{-al} - \frac{\gamma_1^2}{a^2} \right) + U_l}{e^{al} - e^{-al}}; \\ B &= \frac{U_0 \left( \frac{\gamma_1^2}{a^2} - \frac{\gamma_1^2}{a^2} e^{al} \right) - U_l}{e^{al} - e^{-al}}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Подставив значения  $A$  и  $B$  из (10) в (9), получим для потенциала на поверхности изоляции на расстоянии  $x$  от корпуса

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{1}{\sinh al} \left[ \left( U_l - U_0 \frac{\gamma_1^2}{a^2} \right) \sinh ax - \right. \\ &\quad \left. - U_0 \frac{\gamma_1^2}{a^2} \sinh a(l-x) \right] + \frac{\gamma_1^2}{a^2} U_0. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Напряженность электрического поля на поверхности изоляции на расстоянии  $x$  от начала координат

$$\left. \begin{aligned} E &= -\frac{\partial U}{\partial x} = \frac{1}{\sinh al} \left[ a \left( U_0 \frac{\gamma_1^2}{a^2} - U_l \right) \cosh ax - \right. \\ &\quad \left. - U_0 \frac{\gamma_1^2}{a} \cosh a(l-x) \right] \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

У края корпуса напряженность поля на поверхности изоляции

$$E_{x=0} = \frac{1}{\sinh al} \left[ U_0 \frac{\gamma_1^2}{a} (1 - \cosh al) - a U_l \right].$$

Уравнениями (11), (12) и (13) можно пользоваться в редких случаях лишь в том случае, когда нам известен потенциал  $U_l$  на расстоянии  $l$  от заземленного корпуса. В практических приложениях всегда можно взять такое  $l$ , при котором  $U_l = 0$ . В этом случае уравнения (11), (12) и (13), соответственно, принимают вид:

$$U = \frac{U_0}{a^2 \sinh al} [\gamma_1^2 \sinh al - \gamma_1^2 \sinh a(l-x) - \gamma_2^2 \sinh ax]; \quad (14)$$

$$E = \frac{U_0}{a \sinh al} [\gamma_1^2 \cosh a(l-x) - \gamma_2^2 \cosh ax]; \quad (15)$$

$$E_{x=0} = \frac{a U_0 \cosh ax}{\sinh al}. \quad (16)$$

Если емкостью  $C_f$  в схеме на рис. 1 можно пренебречь, то:

$$\gamma_2 = 0,$$

и формулы (14), (15) и (16) значительно упрощаются и переходят в следующие:

$$U = U_0 \left[ 1 - \frac{\sinh \gamma_1 (l-x)}{\sinh \gamma_1 l} \right], \quad (17)$$

$$E = U_0 \gamma_1 \frac{\cosh \gamma_1 (l-x)}{\sinh \gamma_1 l} \quad (18)$$

$$E_{x=0} = U_0 \gamma_1 \coth \gamma_1 l. \quad (19)$$

Аналогичным путем можно найти решения уравнения (6) для тока, на чем мы здесь не останавливаемся.

Покажем, как практически можно пользоваться выведенными формулами. Проведем анализ формулы (17). На рис. 2 даны кривые функции  $\frac{U}{U_0}$  в зависимости от  $l$  при разных значениях  $\gamma_1$ . Кривые показывают, что с уменьшением величины  $\gamma_1$  распределение потенциала вдоль поверхности изолятора становится более однородным. При некотором значении  $\gamma_1$  поле оказывается вполне равномерным, подчиняющимся формуле:

$$E = \frac{U}{l}. \quad (20)$$

Покажем, как найти значение  $\gamma_1$ , при котором поле распределяется равномерно. Из рис. 2 следует, что:

$$\frac{U}{U_0} = l \operatorname{tg} \alpha. \quad (21)$$

Согласно формуле (17), при  $l \operatorname{tg} \alpha = \text{const}$ ,

$$\frac{\sinh \gamma_1 (l-x)}{\sinh \gamma_1 l} = \text{const}, \quad (22)$$

для данных значений  $l$  и  $x$ .

Из теории гиперболических функций известно, что соотношение (22) возможно лишь в том случае, когда

$$\left. \begin{aligned} \sinh \gamma_1 (l-x) &= \gamma_1 (l-x); \\ \sinh \gamma_1 l &= \gamma_1 l, \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

т. е. при малых значениях аргументов  $\gamma_1 (l-x)$  и  $\gamma_1 l$ . Следовательно, при всех значениях  $\gamma_1$ , равных или меньших некоторого значения этой величины, определяемого формулой (22), мы будем иметь равномерное распределение потенциала по всей длине поверхности изоляции. Наиболее приемлемое значение  $\gamma_1$  в каждом отдельном случае определяется только практической целесообразностью, в соответствии с заданными практическими условиями. Чтобы пояснить эту мысль, перейдем к следующему вопросу.

Положим, что нам задано распределение потенциала на поверхности изоляции в виде кривой  $Oabcde$ , представленной на рис. 3. Так как заданная кривая лежит ниже прямой  $Of$ , соответствующей равномерному распределению потенциала, то на кривой  $Oabcde$  величина  $\gamma_1$  является переменной, возрастающей с ростом длины  $l$ .

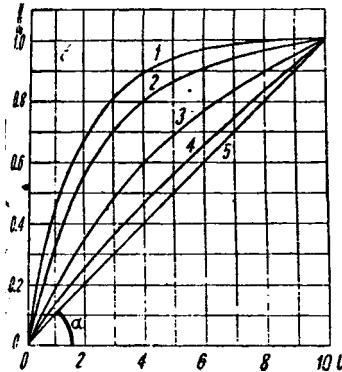


Рис. 2. Распределение потенциала на поверхности изоляции высоковольтного ввода. Кривые 1, 2, 3 и 4, соответственно для  $\gamma$ , равного 0,6; 0,4; 0,2; 0,1; кривая 5 для  $\gamma < 0,01$

Разобьем кривую на участки  $l_1, \dots, l_n, l_{n+1}, \dots$  в каждом из них будем считать распределение потенциала линейной функцией длины участка.

Соответствующие углы наклона функций в пределах каждого участка обозначим соответственно через  $\alpha_1, \dots, \alpha_n, \alpha_{n+1}, \dots$ . В процессе вычислений начало координат будем считать соответственно в точках  $O, a, b, c, \dots$ . Следовательно, для каждого из участков справедливо соотношение  $\ln \operatorname{tg} \alpha_n = \text{const}$  и применима формула (22).

Значения  $\alpha_n$  определяются графически. Практически оказывается достаточным разбить кривую  $Oabcde$  на три-четыре участка и найти для них значения  $\gamma$ .

Теперь своевременно дать анализ величины  $\gamma$ . Из формулы (4) имеем:

$$\gamma_1 = \sqrt{\rho_s(\sigma + j\omega C_v)},$$

причем:

$$\sigma = \frac{1}{\rho_s d} \quad \text{и} \quad C_v = \frac{\epsilon}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11} \cdot d}.$$

Следовательно, можно написать:

$$\gamma_1 = \sqrt{\frac{\rho_s \omega \epsilon}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11} \cdot d} \left( \frac{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}}{\omega \epsilon \rho_s} + j \right)}. \quad (24)$$

Так как

$$\frac{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}}{\omega \epsilon \rho_s} = \operatorname{tg} \delta, \quad (25)$$

где  $\delta$  — угол диэлектрических потерь, то (24) примет вид:

$$\gamma_1 = \sqrt{\frac{\rho_s \omega \epsilon}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11} \cdot d} \operatorname{tg} \delta + j}. \quad (26)$$

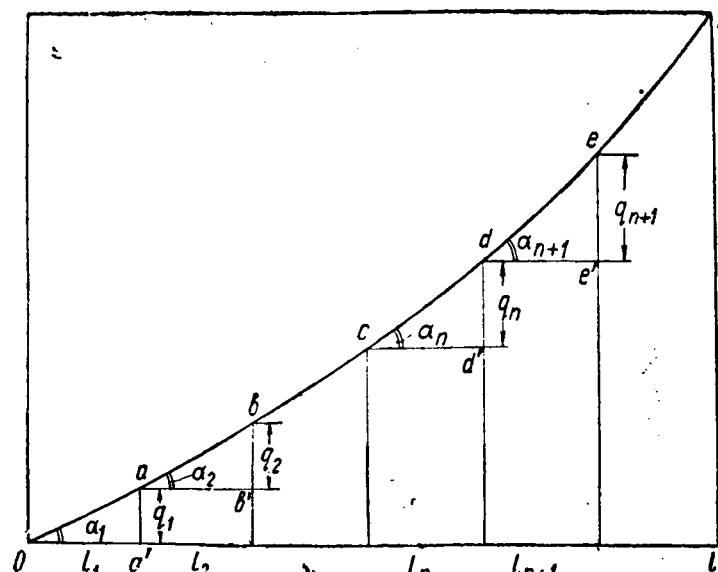


Рис. 3. К расчету распределения потенциала на поверхности изоляции

Вологодская областная универсальная научная библиотека

### Модуль величины

$$|\gamma_1| = \sqrt{\frac{\rho_s \omega \epsilon}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11} \cdot d} \cdot \frac{4}{\operatorname{tg}^2 \delta + 1}}. \quad (27)$$

Обычно  $\operatorname{tg} \delta \ll 1$  и для практических целей достаточно положить

$$\gamma_1 = \sqrt{\frac{\rho_s \omega \epsilon}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11} \cdot d}}. \quad (28)$$

Таким образом, как видно из формулы (27), в общем случае величина  $\gamma_1$  является довольно сложной функцией толщины изоляции, частоты тока, диэлектрической проницаемости, удельного поверхностного сопротивления и тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Следовательно, каждая из этих характеристик изоляции влияет на распределение потенциала на ее поверхности. Однако практически наиболее доступно регулировать распределение потенциала путем изменения поверхностного сопротивления  $\rho_s$ . С этой целью поверхность изоляции покрывают полупроводящими лаками, а для получения более плавного распределения потенциала применяют два-три лака с различной проводимостью.

Распределение потенциала на поверхности изоляции можно изменять не только за счет изменения поверхностного сопротивления и внутренних экранов, но также и путем нанесения поверхностных слоев с большой диэлектрической проницаемостью.



### Совтолы — негорючие изолирующие жидкости для трансформаторов

К. А. АНДРИАНОВ и А. К. ВАРДЕНБУРГ

Всесоюзный электротехнический институт

Применение негорючих синтетических изолирующих жидкостей все более прочно входит в практику электротехники. Этот факт объясняется тем, что новые диэлектрики, делая электрические установки пожаро- и взрывобезопасными, в то же время, при рациональной конструкции установок, дают нередко значительную экономию.

Известно, что все синтетические изолирующие жидкости — пиранол, совтол и др., дороже нефтяного трансформаторного масла, однако еще в 1933 г. в литературе [1] можно было встретить указания, что путем некоторых конструктивных изменений габариты пираноловых трансформаторов можно значительно снизить и тем самым достичь значительной экономии изолирующей жидкости и других материалов.

На рис. 1 показаны два трехфазных трансформатора 500 kVA 27000/216 V GEC, левый — пираноловый, правый — с масляным заполнением. Количество жидкости в первом на 50% меньше, чем во втором.

Экономия получается также за счет того, что благодаря своей пожаро- и взрывобезопасности эти трансформаторы не нуждаются в специальных будках и могут устанавливаться непосредственно в цехах.

Такого же рода указания можно найти в статье Biermanns [2], посвященной общим вопросам усовершенствования трансформаторов.

Заслуживает большого внимания новая техника устройства электроосветительных сетей, которая стала возможна благодаря пожаро- и взрывобезопасным трансформаторам. Вся электроосветительная проводка разделяется на несколько секций, в центре каждой секции устанавливается небольшой пираноловый трансформатор, обычно под потолком цеха, на специальных платформах. Вследствие значительной экономии на меди и вспомогательных сооружениях стоимость подобной системы на 40% ниже, чем стоимость обычной, когда один большой трансформатор с масляным заполнением обслуживает большую разветвленную электроосветительную сеть [3].

Вслед за разработанной в 1938 г. негорючей изолирующей жидкостью совтол 1, имеющей температуру застывания не выше  $-25^\circ$  и предназначенный для применения в трансформаторах, устанавливаемых во внутренних помещениях [4], в настоящее время получена новая жидкость — совтол 2 с температурой застывания не выше  $-40^\circ$ .

Новая жидкость может быть применена в некоторых наружных трансформаторах и имеет следующие физико-химические свойства (в сравнении с совтолом 1):

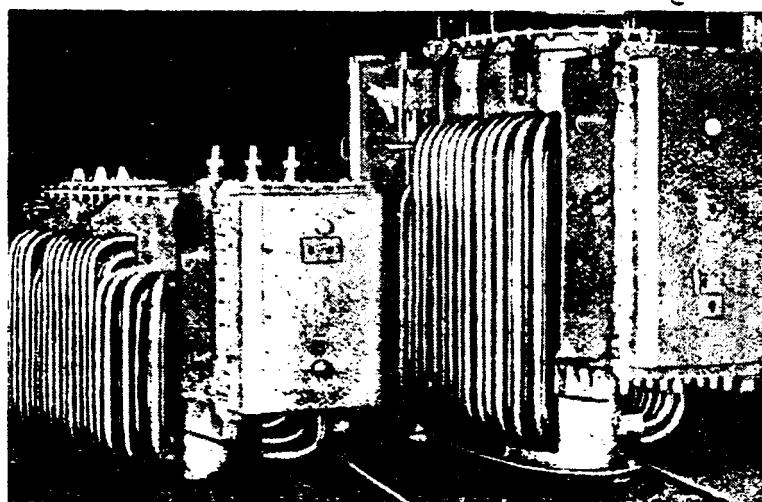


Рис. 1

	Совтол 1	Совтол 2
уд. вес $d_4^{20}$	1,546	1,5201
Вязкость в сантиметрах при 65° С	8 ÷ 10	5
Температура застывания °С	-29°	-42 ÷ -43°

На рис. 2 приведены кривые зависимости вязкости от температуры для совтоля 2, совтоля 1 и для двух нефтяных трансформаторных масел — балаханского трансформаторного масла и стандартного № 4.

Как видно, кривая вязкости совтоля 2 точно совпадает с кривыми вязкости нефтяных трансформаторных масел при температурах от 90 до 10°.

При температурах ниже 10° кривые вязкости обоих трансформаторных масел и совтоля 2 начинают несколько расходиться.

С достаточной для практики точностью можно считать, что кривая вязкости совтоля 2 совпадает с кривыми вязкости нефтяных трансформаторных масел в области температур от +90 до -25°.

По своему химическому составу совтол 2, так же как и совтол 1, представляет собой смесь хлорированных ароматических углеводородов и поэтому в смысле негорючести, взрывобезопасности, высокой термической и химической стабильности, совтол 2 ничем не отличается от совтоля 1 [4]. Зависимость электрической прочности совтоля 2 от числа пробоев и увлажнения — такая же, как и у совтоля 1, но максимум пробивного напряжения при температуре выше 0° и минимум при отрицательных температурах у совтоля 2 лежат при более низких температурах, чем у совтоля 1 (рис. 3).

К числу недостатков совтоля 2, по сравнению с совтоловом 1, нужно отнести следующие: меньшая пробивная прочность при отрицательных температурах (рис. 3) и повышенная в 1,2 раза летучесть.

Преимущество совтоля 2, сравнительно с совтоловом 1, заключается, помимо низкой вязкости и температуры застывания, в несколько повышенной диэлектрической проницаемости, обеспечивающей более равномерное распределение напряженности электрического поля в комбинации бумага — совтол и увеличение емкости конденсаторов. Совтол 1 имеет при 90° С  $\epsilon = 3,8$  и при 20°  $\epsilon = 4,6$ ; совтол 2, соответственно  $\epsilon = 4,1$  и  $\epsilon = 4,8$ .

В полном соответствии с пониженной температурой застывания, максимальные значения  $\operatorname{tg} \delta$  у совтоля 2 сдвинуты в область более низких температур.

В отношении электрической стабильности совтол 2 ничем не отличается от совтоля 1. Начало разрядов у названных двух жидкостей и трансформаторного масла наступает практически при одинаковых напряжениях, но, в отличие от масла, совтолы делятся в значительных количествах сажу, тогда как масло — преимущественно газы.

По нашему мнению, совтол 2 может найти применение в некоторых пожаро- и взрывобезопасных трансформаторах для наружной и внутренней установок. Меньшая стоимость совтоля 2 по сравнению с совтоловом 1 его достаточно высо-

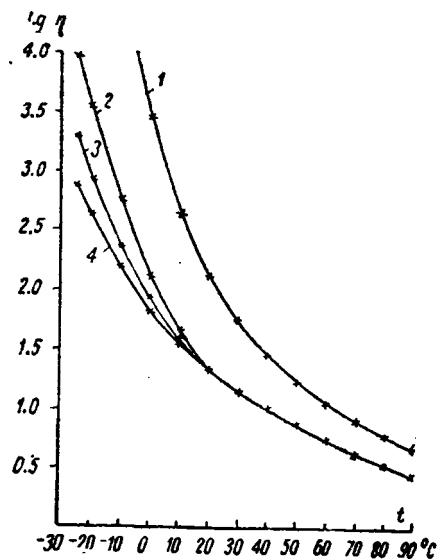


Рис. 2  
1 — совтол 1; 2 — совтол 2; 3 — трансформаторное масло № 4; 4 — балаханское

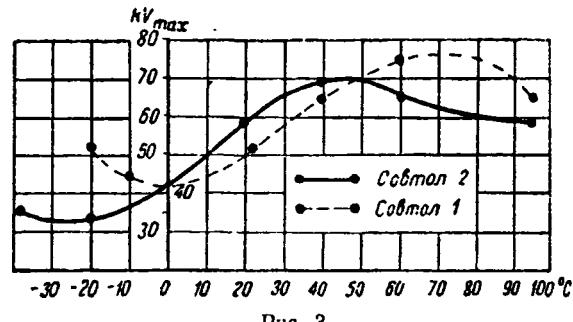


Рис. 3

кая диэлектрическая проницаемость позволяют считать целесообразным проработку вопроса о применении совтоля 2 также и в конденсаторах.

#### Литература

1. Electr. World, 3/VII, стр. 726, 1933.
2. Electr. Engineer, т. VII, № 4, стр. 162, 1938.
3. Electr. World, 28/I, т. III, № 4, стр. 33, 1939.
4. «Вестник электропромышленности» № 5, 1939.



#### Некоторые вопросы безопасности в установках электролиза алюминия

З. С. РЯБИНИН

Ленинградский индустриальный институт

Напряжение, приложенное к зажимам ванны для электролиза алюминия, расходуется на преодоление э. д. с. разложения и активного сопротивления (электролит и токоподводящие устройства) ванны

$$U = e + ri$$

Напряжение разложения, называемое иначе напряжением поляризации, определяется, главным образом, химическим составом электролита и совершенно не зависит от величины протекающего тока. Падение напряжения в омическом сопротивлении, наоборот, пропорционально току. И напряжение поляризации, и омическое сопротивление при изменении температуры ванны или состава электролита во время хода процесса подвергаются определенным и, порой, значительным колебаниям.

В зависимости от конструкции ванны рабочее напряжение на ее зажимах при одном и том же рабочем токе составляет:

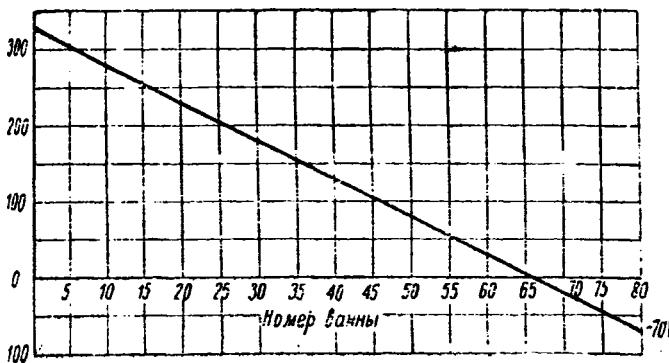


Рис. 1. Напряжение по отношению к земле разных ванн одной из серий Волховского алюминиевого завода (по материалам 1934 г.)

От 4,2 до 6,5 V, т. е., вообще говоря, является незначительным. В целях выравнивания среднего хода ванн и получения напряжения, экономически выгодного для токоснабжения электролизной установки, ванны обычно соединяются последовательно и образуют серию.

Если сама по себе установка не требует ограниченного количества ванн, то высота рабочего напряжения на зажимах серии ограничивается лишь соображениями надежности электрической изоляции ванн от земли. Эта изоляция должна быть такова, чтобы она была достаточной защитой против поражения электрическим током соприкасающегося с ваннами персонала и чтобы токи утечки не могли причинить какого-либо ущерба для установки (коррозия в сооружениях и большая потеря энергии).

Соприкосновения обслуживающего персонала с токоведущими частями ванны могут иметь место при пробивке ломом застывшей корки электролита и размешивании его металлической кочергой; при вычерпывании выплавленного металла из ванны вручную помощью металлического ковша; при индивидуальной регулировке высоты подвеса анодов, или замене их новыми с помощью подъемно-транспортных устройств, и, наконец, при подключениях и отключениях ванн, путем их шунтирования.

Отмеченные обстоятельства диктуют необходимость осуществления в электролитном цехе целого ряда специальных предупредительных мер против поражения персонала электрическим током. Например, вблизи ванн не должно быть каких-либо заземленных деталей, конструкций или металлических частей сколько-нибудь значительной протяженности, могущих переносить потенциал от других ванн, которых мог бы коснуться человек рукой, инструментом при обслуживании им ванного устройства. Осветительная и силовая проводка, а равно и металлические трубопроводы различных назначений должны располагаться на недоступной для присвоения высоте или иметь защитное изолирующее покрытие. При пользовании сжатым воздухом для обдувки от трубопровода в качестве ответвлений должны применяться резиновые шланги с наконечниками без металлических покрытий. При пользовании передвижными устройствами с питанием от электрической сети (пылесосы, местные светильники и пр.) включение их на сеть должно производиться через местный изолирующий трансформатор. В подъемных и подъемно-транспортных устройствах должна применяться многослойная изоляция блочно-цепной системы от земли и, во избежание переноса потенциала и шунтирования ряда ванн, изолирование подкрановых путей по звеням.

Токи утечки между ваннами могут обуславливать большее или меньшее смещение средней точки серии. В результате такого смещения напряжение первых ванн серии может оказаться настолько отличным от напряжения последних ванн по отношению к земле, что это может создать дополнительную опасность для их обслуживания (рис. 1)<sup>1</sup>. Смещение потенциала можно ограничить заземлением средней точки серии через небольшое очищющее сопротивление с устройством в его цепи приспособления, воздействующего при определенном токе утечки на световую и звуковую сигнализацию, или действующего на отключение питания серии на стороне трехфазного тока<sup>2</sup>. Такое мероприятие может быть эффе-

тивным и целесообразным только при надлежащей высоте электрической изоляции самых ванн от земли и устройства вокруг них соответствующих полов.

Следует отметить, что в последнее время за границей находятся уже в работе или в процессе сооружения электролизные установки с рабочим напряжением 800—850 V. В этих установках вопросы техники безопасности приобретают еще более значительный вес. Условия работы электролизных установок должны найти должное отражение и в наших электротехнических правилах и нормах.



## Закон Джоуля-Ленца — как следствие закона Ома и 1-го закона Кирхгофа<sup>1</sup>

Я. Ф. КАГАН-ШАБШАЙ

При изложении основ электротехники обычно исходят из того, что закон Джоуля-Ленца является чисто экспериментальным законом, аналогично законам Кирхгофа и Ома. Историческое развитие этого закона шло именно таким образом — закон Джоуля был установлен как третий экспериментальный закон.

Мы покажем, что его можно вывести чисто логическим путем, исходя из первых двух законов (Кирхгофа и Ома), приняв во внимание закон сохранения энергии. Этот вывод полезен для полного уяснения логической связи между законами, которым подчиняется электродинамическое состояние в цепи.

Задача заключается в том, чтобы установить вид функции  $P = f(I, R)$ .

Возьмем каких-нибудь два сопротивления  $r_1$  и  $r_2$  и применим их к паре полюсов напряжения  $U$  один раз соединенными последовательно, другой раз — параллельно.

При последовательном соединении результирующее сопротивление

$$R_a = r_1 + r_2;$$

ток

$$I_a = \frac{U}{r_1 + r_2}.$$

При параллельном соединении

$$\frac{1}{R_b} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}; \quad I_1 = \frac{U}{r_1}; \quad I_2 = \frac{U}{r_2}; \quad I_b = I_1 + I_2.$$

Согласно закону сохранения энергии, общая мощность равна сумме мощностей в составляющих участках (как для схемы *a*, так и для схемы *b*). Но если мы установили, что  $P$  есть функция тока и сопротивления, то это справедливо для любого участка цепи, т. е. вид этой функции для любого участка один и тот же. Отсюда заключаем, что

$$P_a = f(I_a, R_a) \equiv f(I_a r_1) + f(I_a, r_2). \quad (I)$$

Здесь имеем не уравнение, а тождество, ибо равенство это справедливо при каких-угодно значениях  $I_a$ ,  $r_1$  и  $r_2$ .

Также при параллельном соединении:

$$P_b = f(I_b, R_b) \equiv f\left((I_1 + I_2), \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}\right) = f(I_1) r_1 + f(I_2) r_2. \quad (II)$$

Разложим функцию  $f(i, r)$  в ряд по степеням

$$f(i, r) = A + Br + Cr^2 + \dots,$$

где  $A, B, C \dots$  — функции  $i$ .

Подставляя этот ряд в тождество (I), имеем:

$$A + B(r_1 + r_2) + C(r_1 + r_2)^2 + \dots \equiv A + Br_1 + Cr_1^2 \dots + A + Br_2 + Cr_2^2 \dots$$

Здесь параметры  $A, B, C$  соответственно одинаковы для каждого ряда, ибо ток  $i$  как во всей цепи, так и в ее последовательных элементах  $r_1$  и  $r_2$  — один и тот же.

Это тождество может быть справедливо только при усло-

<sup>1</sup> З. С. Рябинин, Установка ртутных выпрямителей на ВАЗ. Журн. «Легкие металлы» № 2, 1937.

<sup>2</sup> L. Lux und Scheuring, Die Elektrotechnik bei der Herstellung des Aluminiums, ETZ, Heft 34, 1938.

<sup>1</sup> Передано для опубликования в журн. «Электричество» комиссий, образованной Комитетом по высшей школе для отбора ряда научных работ, оставшихся после смерти проф. Я. Ф. Каган-Шабшая.

вии, если все коэффициенты, кроме  $B$ , равны 0. Действительно, в противном случае получится, что в правой части все члены, объединенные коэффициентами  $A$ ,  $C$  и т. д., больше соответствующих членов левой части, а это невозможно, поскольку мы имеем тождество, справедливое для любых значений входящих в него величин.

Только коэффициент  $B$  может не равняться 0, так как и справа и слева имеется  $B(r_1 + r_2)$ .

Следовательно,

$$P = f(l, r) = rB = rF(l).$$

Опять разлагаем функцию  $F(l)$  в степенный ряд относительно  $l$ :

$$F(l) = A + Bl + Cl^2 + \dots$$

В данном случае  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — коэффициенты, не зависящие уже ни от  $r$  ни от  $l$ .

Подставляем в тождество (II):

$$\frac{1}{r_1 + r_2} F(l_1 + l_2) \equiv r_1 F(l_1) + r_2 F(l_2)$$

или

$$\begin{aligned} & \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} [A + B(l_1 + l_2) + C(l_1 + l_2)^2 + \dots] = \\ & = r_1 (A + Bl_1 + Cl_1^2 + \dots) + r_2 (A + Bl_2 + Cl_2^2 + \dots) \end{aligned}$$

(Здесь коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$  также одинаковы соответственно для каждого ряда, они не зависят уже ни от  $l$ , ни от  $r$ ).

Из закона Ома

$$U = l_1 r_1 = l_2 r_2.$$

Подставляем

$$l_1 = l_2 \frac{r_2}{r_1},$$

получаем:

$$\begin{aligned} & \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} A + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} B \left(1 + \frac{r_2}{r_1}\right) l_2 + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} C \left(1 + \frac{r_2}{r_1}\right)^2 l_2^2 + \dots \\ & \equiv r_1 A + r_1 B \frac{r_2}{r_1} l_2 + r_1 C \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 l_2^2 + \dots r_2 A + r_2 B l_2 + \\ & + r_2 C l_2^2 + \dots \end{aligned}$$

Опять-таки для того, чтобы это тождество удовлетворилось, необходимо равенство соответственных членов одинаковых степеней в правой и левой частях равенства. Для членов степени  $m$  имеем:

$$\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} M \left(1 + \frac{r_2}{r_1}\right)^m l_2^m = r_1 M \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^m l_2^m + r_2 M l_2^m$$

или

$$\left(\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}\right) \left(1 + \frac{r_2}{r_1}\right)^m = r_1 \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^m + r_2$$

Обозначая  $\frac{r_2}{r_1} = y$ ,

получаем:

$$y(1+y)^{m-1} \equiv y^{m-1} + 1.$$

Но это тождество удовлетворяется для любого  $y$  лишь при  $m=2$ , т. е. функция  $F(l)$  может содержать только вторую степень  $l$ :

$$F(l) = Cl^2.$$

Таким образом формула для тепломощностей принимает вид:

$$P = f(l, r) = Cl^2 r,$$

где  $C$  — коэффициент пропорциональности, определяемый выбранными единицами измерения, — что и требовалось доказать <sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Вывод этого был сделан автором в 1924 г.

## ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

### К 150-летию со дня рождения Ома

М. И. РАДОВСКИЙ

Ленинград

ГЕОРГ Симон Ом родился 16 марта 1789 г.<sup>1</sup> в г. Эрлангене (Германия). Его отец, дед и прадед были слесарями. Из дошедших до нас данных видно, что отец Ома, по тем временам, был довольно образованным человеком. Особый интерес он питал к математике и много ею занимался. Обучив детей (кроме Георга Симона был еще один сын Мартин — впоследствии профессор математики) своему ремеслу, он постарался дать им и широкое образование и добился того, что они не только кончили местную гимназию, но и поступили в университет.

Однако кончить университет Георгу Симону не пришлось. В поисках средств к существованию Ом скитался по разным городам. Вначале он устроился преподавателем математики в одном швейцарском

пансионе, затем переехал в Нейенбург. Занимаясь педагогическим трудом, Ом отдавал все свободное время любимому предмету — математике. Его успехи в этой области были весьма значительны. 22 лет от роду он защитил докторскую диссертацию и получил место приват-доцента университета в Эрлангене.

Сохраняя научный интерес к математике, Ом начинает работать в области физики. Как раз в это время, под влиянием крупнейших открытий в области электричества, ученым мир уделяет особое внимание вопросам, связанным с изучением электрического тока. За сравнительно короткое время — одно-два десятилетия — возникло и сложилось в самостоятельную отрасль учение о гальванизме, как называли тогда учение об электрическом токе, полученном от электрохимического и термоэлектрического генераторов.

Георг Симон Ом и был первым ученым, установившим один из тех основных законов, на знания которых построена современная электротехника.

<sup>1</sup> По ряду справочников, как, например, Meyers Konversations-Lexikon, Британской энциклопедии и др. Ом родился в 1787 г. Первый биограф Ома, а вслед за ним все те, кто писал о нем подробнее, указывают на 1789 г. В справочнике Handbuch der Naturwissenschaften (1932 г.) год рождения Ома — 1789.

Одаренный экспериментатор с солидной математической подготовкой, Ом прошел длинный путь напряженных исканий раньше, чем ему удалось формулировать окончательные выводы.

Изыскания Ома изложены в ряде опубликованных им статей и в изданном в 1827 г. трактате: «Математическое исследование гальванической цепи» (*Die galvanische Kette, matematisch bearbeitet*). Это сочинение представляет большой интерес не только тем, что в нем изложен знаменитый закон Ома. Блестящий экспериментатор сочетается здесь с глубоким и вдумчивым теоретиком. Как истинный представитель подлинной науки, Ом отдает себе полный отчет в том, какое значение имеет теория в развитии положительного естествознания.

«Теория, — подчеркивает Ом, — притязающая на звание непреходящей и плодотворной, должна по-моему обнаруживать свое благородное происхождение не в пустой словесности, а в том, чтобы действительно всюду выявлять свое родство с духом природы, изъясняясь простыми и полными выражениями, без всяких словесных прикрас и служа глашатаем борьбы человека с высшей силой».

Эти строки написаны более ста лет назад, но они не утеряли своей свежести до сих пор. Формалистические тенденции дают себя знать в современном естествознании.

Погоня за изящной математической формулой нередко превращается в самоцель, причем «родство с духом природы» теряется.

В своем гениальном труде «Материализм и эмпириокритицизм», тридцатилетие которого исполнилось в 1938 г., В. И. Ленин дал замечательный анализ сущности «физического» идеализма и его связи с кризисом современной физики.

«Реакционные поползновения, — писал В. И. Ленин, — порождаются самим прогрессом науки. Крупный успех естествознания, приближение к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку, порождает забвение материи математиками. «Материя исчезает», остаются одни уравнения. На новой стадии развития и, якобы, по новому получается старая кантианская идея: разум предписывает законы природе».

Находясь (в начале XIX в.) у истоков прогресса науки об электричестве, ученый-материалист Ом знал, что самое идеальное математическое уравнение отнюдь не имеет самодовлеющего значения, а призвано играть большую вспомогательную роль в деле познания природы. Ом явился одним из пионеров в области приложения математического метода к учению об электричестве.

До Ома был формулирован один закон — основной закон электростатики (закон Кулона). Новый источник электричества — электрохимический («вольтов столб») обнаружил новые свойства.

К тому времени, когда Ом осуществлял свои исследования, наука успела собрать огромный материал.

Ом особенно выделяет два свойства электрического тока; это «движение электричества в одном направлении» и постоянство этого явления в связи с «никогда не иссякающим источником гальванического электричества». Он указывает, что «эти два сопутствующие гальваническим явлениям



Георг Симон Ом

условия, а именно изменение электричества только в одном направлении и независимо от времени, упрощает исследование в такой степени, какая никогда в природе не встречается, и потому позволяют математике проникнуть, не встречая возражений, в новую область физики, из которой она была до сих пор совершенно исключена».

Изучение количественной стороны электрических явлений требовало применения математического аппарата. В эпоху же электростатики, ученый мир занимался, главным образом, исследованием качественных сторон электрических явлений.

В области электричества математические исследования начались как раз тогда, когда Ом занимался изучением «гальванической цепи». Уместно вспомнить, что к двадцатым годам XIX столетия относятся исследования по электричеству такого блестящего математика, как Ампер и его соотечественники Био и Савар. Ом, следовательно, был не одинок в математических изысканиях. Наука об электричестве вплотную подошла к формулированию основных законов, и математическая обработка добывшего материала сыграла решительную роль.

Не только математические исследования, осуществленные Омом, характеризуют его как теоретика. Принципиальные его взгляды выступают с первых же страниц изданного им трактата. Прежде всего необходимо отметить, что Ом называет себя категорическим противником теории так называемого дальнодействия. Этот теоретический взгляд он положил в основу всей своей работы и из него исходил в своих исследованиях.

«Я, — писал Ом, — исходил из предположения, что электричество может передаваться от одного тела только непосредственно близлежащему телу,

и что непосредственная передача от одного элемента к другому, более отдаленному, не имеет места».

В результате длительных изысканий Ом собрал огромный эмпирический материал, отличавшийся целим рядом ценнейших наблюдений. Этим он, однако, не ограничивался. Факты, в голом их виде, как бы новы и важны они ни были, еще не составляют науки. Их необходимо обобщить, теоретически осмыслить, и Ом подчеркивает: «Цель исследования будет достигнута, если множественность фактов будет охвачена единством мысли».

Конечным результатом исследования Ома было установление зависимости между силой тока, электродвижущей силой и сопротивлением проводника. Предшественники и современники Ома, среди которых мы находим такого крупного ученого, как английский химик Гемфри Дэви, упорно пытались выявить те условия, от которых зависит сила тока в электрической цепи. Ом первый в своих исследованиях обратил серьезное внимание на магнитные свойства электрического тока и ввел в цепь мультиплатор: по отклонениям магнитной стрелки он определял силу тока.

О зависимости силы тока от электродвижущей силы было известно из того факта, что уже Больцтат первый электрохимический генератор построил в виде батареи — соединения ряда элементов, — отсюда и название «вольтов столб». Сложнее было дело с выяснением роли проводника. Здесь необходимы были многочисленные экспериментальные данные, свидетельствующие о поведении различных проводников. Эти-то данные и собрал Ом и из них вывел закон, носящий его имя.

В качестве проводников Ом испытал большое число металлов и весьма близко подошел к современным представлениям об удельном сопротивлении. В одном из сочинений, относящихся еще к 1826 г., он приводит такое соотношение между металлами в смысле их проводимости: медь — 1000, золото — 574, серебро — 356, цинк — 333, железо — 174, платина — 171, олово — 97. Приведенные данные, как видим, не безошибочны — теперь установлено, что между медью и, скажем, серебром, как проводниками, нет такой большой разницы. Но существенна сама идея Ома, которая в высокой степени была важна с точки зрения практического применения электрического тока.

Исследования Ома осуществлялись тогда, когда над вопросами электричества трудились такие корифеи науки, как Эрстедт, Араго, Ампер, Био, Савар, Дэви, Барлоу, Фарадей. В обстановке интенсивного и бурного роста все новых и новых знаний в области электричества даже самое оригинальное произведение не могло казаться из ряда вон выходящим.

Сам Ом понимал, что предпринятые им изыскания и достигнутые результаты далеко незаурядны. Но он никогда не терял скромности истинного ученого. Говоря о своей теоретической работе он подчеркивает, что «рекомендует ее добрым людям с теплым чувством отца, не ослепленного обезьяньей любовью к детям, но довольствующегося указанием на открытый взгляд, с которым его дитя смотрит на злой мир».

А мир действительно оказался злым, и прежде всего по отношению к самому Ому. Его произведение не получило признания.

Вместо признания, которого законно ждал Ом, он столкнулся с атмосферой холодного равнодушия даже явной враждебности.

Началось с выступления некоего профессора Поля, напечатавшего в журнале «Berliner Jahrbücher für Wissenschaftliche Kritik» резко отрицательный отзыв о «Математическом исследовании гальванической цепи». Факт появления в названном органе резко критической статьи о работе Ома, как утверждает его биограф, принудил к молчанию ученых физиков, многие из которых, как, например, известный немецкий ученый Пеггендорф, отдавали себе полный отчет в том, что изыскания их соотечественника представляют необычайный интерес.

Публичное выступление против Ома скоро превратилось в травлю. Ом счел себя вынужденным оставить службу в Кельнской гимназии, где преподавал много лет, и переехал в Берлин. Там он нашел только место преподавателя в военной школе, приносившее ему весьма скучное материальное обеспечение. Наступила самая тяжелая полоса в его жизни.

В научном мире серьезно заговорили о достижении Ома только через десять лет, когда во Франции известный физик Пуйе пришел к тем же выводам, что и Ом.

Полное признание Ом получил еще позднее, в конце 1841 г., т. е. через 15 лет после того, как он завершил свои исследования. Лондонское Королевское Общество (Английская Академия Наук) присудило ему золотую медаль Коплея. В протоколе заседания Общества записано: «В своих трудах д-р Ом установил закон электрической цепи. Он показал, что обычные путаные различия между силой и количеством необоснованы и все выводимые из этого положения объяснения совершенно ложны. Он доказал теоретически и экспериментально, что действие одной цепи равно сумме электродвижущих сил, деленной на сумму сопротивлений, и что если это частное равно для любых двух токов — вольтова или термоэлектрического — то ее действие остается одним и тем же. Кроме того, он нашел способ с точностью определить отдельные сопротивления и электродвижущие силы в цепи. Эти исследования пролили немалый свет на теорию электрического тока. Далее оказывается, что многие выдающиеся физики признали величайшую ценность его (Ома) исследований и принесли ему должную благодарность, как своему вождю в научных исследованиях».

Среди ученых, разобравшихся в великом творении Ома, одним из первых был русский академик Б. С. Якоби, который является признанным пионером в области научной электротехники. Имея дело с практическим применением электричества, он лучше, чем кто-либо иной, мог оценить великое значение закона Ома. Еще в 1835 г. в трактате «О применении электромагнетизма для приведения в движение машин» Якоби писал: «Теория, приложенная Омом в небольшой работе, озаглавленной «Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet», и развитая более подробно в ряде статей, опубликованных в немецких журналах, так проста и настолько хорошо согласуется со всеми явлениями, происходящими в гальваническом элементе, что я не поколебался принять ее и положил ее в основу моих работ по конструированию моего магнитного аппарата».

Далее Якоби в кратких словах дает блестящее изложение закона Ома.

Ому удалось дожить до полного торжества своих трудов. Увенчанный лаврами, он только теперь мог получить профессорскую кафедру. Возглавлял он и высшее учебное заведение — Нюрнбергский политехнический институт. Но не административные обязанности его привлекали. Одаренный исследователь, он все время искал нового. Новатором он был не только в области электричества, но и в других областях физики. В области акустики Ом также известен законом, носящим его имя. В последние годы жизни он задумал создать монументальное произведение — многотомную молекулярную физику. Ему удалось издать только первый том.

Ом также любил педагогический труд. По сви-

детельству современников, он был прекрасным лектором, и слушатели очень высоко ценили своего учителя.

К сохранившемуся портрету Ома можно добавить некоторые его черты, отмеченные одним из его учеников, составившим его первое жизнеописание:

«Он был почти мал ростом и имел выразительную голову, лоб с морщинами, одухотворенные глаза, твердо очерченный рот. Обычно Ом был спокойен, задумчив, мало, но всегда содержательно говорил, часто с весельем. Он шутливо и мягко указывал ученикам на их ошибки. Без горечи сносил он свое стесненное положение, когда не была признана его «Гальваническая цепь», и без важности вел себя, когда он был признанным ученым».

Ом умер 6 июля 1854 г. 65 лет от роду.

## РЕФЕРАТЫ

### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ЗА ГРАНИЦЕЙ

#### Электрохозяйство прибалтийских государств (1938 г.)<sup>1</sup>

**Эстония.** Структура энергетических ресурсов Эстонии отличается от других Прибалтийских стран наличием значительных ресурсов горючих сланцев — около 5,5 млрд. т. Потенциальные запасы торфа в Эстонии оцениваются в 2 млрд. т, лесная площадь — около 900 тыс. ha, гидроэнергетические ресурсы — 70 MW по минимальной мощности и 195 MW — по среднегодовой (при к. п. д. 100%).

Мощность всех станций, включая промышленные, составляет (в MW):

Год	Горячие станции		Всего	Год	Горячие станции		Всего
	Гидро- станции	Горячие станции			Гидро- станции	Горячие станции	
1930 . . . . .	30,0	5,4	35,4	1937 . . . . .	51,0	9,6	60,6
1936 . . . . .	37,6	9,2	46,8	1938 . . . . .	67,8	9,5	77,3

В последние годы (1936—1938) были пущены новые станции на сланцах — Пюсси, мощностью 3,3 MW и Кяра — 5,5 MW; расширена станция на сланцах в Таллине на 10 MW, станция на торфе в Элламе — на 3,6 MW и др.

Всеми электростанциями (включая промышленные) было выработано: в 1930 г. — 76 млн. kWh, в 1936 г. — 112, в 1937 г. — 133 и в 1938 г. — 155 млн. kWh (в том числе — 114 млн. kWh на тепловых станциях).

Около  $\frac{3}{4}$  всей выработки электроэнергии дают тепловые станции. Особенностью электрохозяйства Эстонии, не имеющей угольных ресурсов, является использование в качестве топлива для котельных электростанций — горючих сланцев и торфа: 70% производства всех тепловых станций приходится на станции на сланцах, 20% — на торфу, 8,2% — на древесных отходах и лишь 1,8% — на импортном угле.

На душу населения в 1938 г. приходилось 137 kWh.

Длина высоковольтных сетей увеличилась от 450 km в 1936 г. до 785 km к 1939 г. Намечен план дальнейшей электрификации страны, по которому города и значительная часть сельских районов будут охвачены электросетью, питаемой от ряда новых и расширенных действующих тепловых (на торфе и сланцах), а также гидравлических станций.

<sup>1</sup> Elektrizitätswirtschaft № 15, 1939; Elecktrizitätsverwaltung № 9, 1937; Electrical Review, 8/VII, 1938.

Материалы Вашингтонской мировой энергетической конференции (1936 г.) и др.

Латвия. Основным видом потенциальных топливных ресурсов Латвии является торф, запасы которого оцениваются в 1,66 млрд. t (в пересчете на воздушно-сухой торф). Наряду с этим страна располагает лесотопливными ресурсами (лесная площадь — 1,75 млн. ha и гидроэнергетическими ресурсами (222 MW по минимальной мощности и 672 MW по среднегодовой при к. п. д., равном 100%). Добыча торфа составляла: в 1936 г. 12 000 t, в 1938 г. 45 000 t. Гидроэнергия до настоящего времени использовалась мало.

Уровень развития электрификации характеризуется следующими данными. Установленная мощность станций составляла в 1936 г. 83 MW (62 MW — станций общего пользования и 21 MW — промышленных станций).

Роль гидроэнергии в электробалансе страны значительно возрастет при завершении постройки гидростанции на р. Даугава (Западная Двина) в 45 км от Риги. Мощность первой очереди станции — 35 MW, а полная проектная — 70 MW. Пуск этой станции намечался в 1939 г.

Производство электроэнергии на всех станциях, включая промышленные, составляло в 1930 г. — 118 млн. kWh, в 1936 г. — 193 млн. kWh (в том числе в Риге 107 млн. kWh), в 1937 г. — 209 млн. kWh.

Подавляющая часть выработки электроэнергии падает на долю тепловых станций; удельный вес гидростанций в производстве станций общего пользования составляет около 4% (1936 г.).

На душу населения в 1937 г. приходилось в среднем — 107 kWh.

**Литва.** Фонд потенциальных энергетических ресурсов Литвы состоит из торфа, древесины и гидроэнергии.

Суммарная мощность станций составляла в 1936 г. — 27 MW. Наиболее крупная электростанция, расположенная близ г. Каунаса, имеет мощность 16,4 MW (в том числе 1 агрегат — 10 MW, введенный в работу в 1938 г., и 2 старых по 3,2 MW). В 1938 г. введена в эксплуатацию новая торфянная станция мощностью в 1 MW и одна небольшая гидростанция (200 HP).

Из числа строящихся станций следует отметить торфяную станцию Шауляй мощностью первой очереди 2,5 MW и общей проектной мощностью 7,5 MW. Намечается строительство гидростанции в 1—2 MW на р. Миния в Западной Литве, а в дальнейшем предполагается соорудить более крупные гидростанции на р. Нерис (Вилия), близ Ионавы, и на р. Неман, близ Каунаса.

Производство электроэнергии составляло: в 1930 г. 22 млн. kWh, в 1937 г. 45 млн. kWh и в 1938 г., по предварительной оценке, около 52 млн. kWh, в том числе на станциях общего пользования 32 млн. kWh и на промышленных установках 20 млн. kWh.

На душу населения приходится около 20 kWh.

Строительство гидроэлектрических установок во Франции. Издание журнала *Science et Industrie*, Париж, сборник № 55бис, 1939; L. Archinard, *Гэс Жениссия. Cours d'eau et Energie № 3*, 1939.

Задача подготовить энергетическую базу для войны сыграла определенную роль в решении французского правительства приступить к строительству ряда гэс в районах Центрального массива, Пиренеев и Альп. Суммарная выработка гэс, находящихся сейчас в стадии сооружения, а также уже подготовленных к строительству, составляет приблизительно 3 млн. MWh, или около одной четверти современной выработки электроэнергии всеми гэс Франции.

Пуск отдельных гэс этой серии намечается в период 1940—1943 гг.

Крупнейшей из сооружаемых установок является гэс Жениссия (Génissiat) на р. Роне, мощностью при четырех агрегатах первой очереди 260 MW с выработкой энергии<sup>1</sup>



Рис. 1. Общий вид гэс Эгль (макет)

1,5 млн. MWh. По последнему проекту машинное здание, рассчитанное всего на 6 агрегатов общей мощностью около 500 MW, составляет одно целое с плотиной, что, сравнительно с первым вариантом, конструктивно значительно упрощает весь узел сооружений и допускает надежную защиту машинного здания от воздушных атак. При полном развитии гэс Жениссия будет вырабатывать 1800 млн. MWh в год, что составит около 10% современного электропотребления Франции.

Гэс средней мощности Сэн-Этьен-Кантале (Saint-Etienne-Cantalès) Центральный массив строится на р. Сер, притоке р. Дордонь, при плотине строительной высоты 70 м. Первоначально устанавливается 2 вертикальных агрегата по 25 MW, предназначенных вырабатывать 220 тыс. MWh в год. Позже может быть добавлен третий агрегат той же мощности. Располагая значительным водохранилищем и являясь источником как энергии, так и мощности, гэс Сэн-Этьен-Кантале повышает отдачу и степень зарегулированности энергии, вырабатываемой двумя нижними ступенями использования с доведением общей мощности каскада до 105 MW и выработки энергии до 470 тыс. MWh. Важно отметить, что многие из гэс, сооружаемых в настоящее время во Франции, не только предназначены вырабатывать сами зарегулированную энергию, но также имеют целью значительно улучшить работу всего каскада существующих гэс в целом.

Гэс Эгль (Chute de l'Aigle), Центральный

массив р. Дордонь, строится у плотины высотою 90 м, сужаемой в гранитах и образующей водохранилище полезного объема 100 млн. м<sup>3</sup>. Два вертикальных агрегата первой очереди, мощностью каждый 50 MW, предназначены вырабатывать в год 400 тыс. MWh. Два таких же агрегата второй очереди вырабатывают дополнительно только 50 тыс. MWh. Применена блочная система электрической коммутации. Передача электроэнергии гэс Эгли будет производиться при напряжении 220 kV.

Для приплотинных гэс Сэн-Этьен-Кантале и Эгль, расположенных в глубоких и узких скальных ущельях, характерно совмещение, по соображениям экономики, обороны производства работ, в одном гидротехническом сооружении арочно-гравитационной плотины, водосброса и здания гэс. Последнее размещается у самого основания плотины, занявшая в глубине ущелья небольшую имеющуюся там площадку, причем паводок пропускается по верху машинного здания, перекрытого для этой цели мощной железобетонной плитой толщиной до 3 м.

Очевидно, что расположение машинного здания, перекрытого тяжелой железобетонной плитой, в самой глубине ущелья, под защитой плотины и скрываемого по желанию мощным слоем переливающейся воды, представляет существенные оборонные преимущества.

Среди сооружаемых установок следует отметить три весьма высоконапорных гэс средней мощности: Партийон (Partignon), Пиренеи Н-1400 м, Дартиг (D'Artigues), Пиренеи Н-831 м и Сэ-Ло (Sept-Laux), Альпы, Н-1050 м.

Наиболее мощная из них — гэс Партийон — является первой очередью сложной схемы использования энергии ряда высокогорных потоков ледникового питания и горных озер. Максимальный используемый расход воды 3,6 м<sup>3</sup>/sec при напоре 1400 м обеспечивает питание единственного агрегата гэс, мощностью 40 MW. Часть воды в уравнительную камеру гэс Партийон подается насосами при необычайно большой высоте нагнетания — 294 м. Горизонтальный трехфазный генератор напряжением 10,5 kV, 500 об/мин приводится в движение двумя колесами Пельтона, присоединенными к обоим концам вала. Генератор соединяется непосредственно с трансформатором 10,5/150 kV,итающим районную высоковольтную сеть через короткую линию электропередачи длиной 8 km.

В свое время, при проектировании крупнейшей во Франции подземной гэс Бромма (Brommat) была допущена существенная ошибка в гидравлическом расчете деривационного тоннеля, вследствие чего тоннель в действительности пропускает 72 м<sup>3</sup>/sec вместо 84 м<sup>3</sup>/sec по проекту и гэс развивает около 142 MW вместо проектных 167 MW.

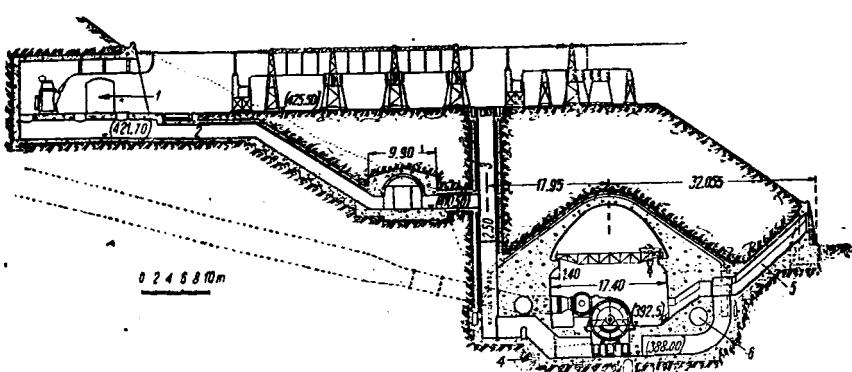
В связи с этим промахом в настоящее время сооружается параллельный отрезок тоннеля длиною около 3 km, что должно повысить мощность установки в среднем на 20 MW, поднять выработку энергии на 20 тыс. MWh, и из энергии сезона перевести в энергию, обеспеченную 40 тыс. MWh.

Современное сооружение во Франции гидроэлектрических установок сопровождается строительством необходимых подстанций и линий электропередачи, оборудованных новой масляной коммутационной аппаратурой.

Н. А. Карапулов

#### Новая гидроэлектрическая установка в Италии. *L'Energia Elettrica* № 3, 1939.

В Италии на р. Велино в 1937 г. началось строительство гидроаккумулирующей гэс Котилия, которую предусмотрено максимально обезопасить от воздушных нападений. В связи



<sup>1</sup> „Электричество“ № 4, стр. 62, 1939.

с этим особого интереса заслуживает машинное здание гэс, искусственно выполненное в виде подземного сооружения. В зале установлены 2 главных насосно-аккумулирующих горизонтальных агрегата. Каждый из них состоит из трехфазного генератора мощностью 30 MVA, работающего также электродвигателем; спиральной турбины мощностью 42 тыс. л. с., рассчитанной на напор 90—148 т; центробежного насоса, требующего привод мощностью 39,5 тыс. л. с. Кроме того, установлены: один вертикальный насосно-аккумулирующий агрегат для напора 27—32 т, оборудованный генератором — двигателем мощностью 3,85 MVA, и один нормальный вертикальный агрегат для небольшого напора 10 т с генератором мощностью 3,77 MVA. Таким образом к турбинам гэс Котилия вода подводится независимыми тоннелями и трубами из трех отдельных мест водоприема и под тремя различными напорами.

Массивное железобетонное арочное перекрытие машинного зала гэс имеет сверху защитный земляной слой, толщиной около 15 м (см. рисунок). Все примыкающие к зданию подводящие и отводящие трубопроводы (4, 6) и каналы также защищены этим бетонным перекрытием и скрыты глубоко под землею. Связь с наружной поверхностью осуществляется через вертикальную вентиляционную и подъемную шахту 3, а также по наклонной подземной галлерее 5. На поверхности расположено открытое распределительное устройство, трансформаторы же и генераторные выключатели укрыты в глубоких подземных нишах 1, к которым ведут также подземные шинные галлерей 2. Таким образом, все части оборудования, восстановление которых требует длительного времени, или повреждение которых (генераторные выключатели) опасно для главных машин, защищены наиболее надежно.

Режим работы гэс Котилия регулируется двумя крупными водохранилищами, полезная отдача которых по энергии составляет 111 500 MWh.

Н. А. Карапулов

Oskar Höhn. Новая гидроэлектрическая установка на Дунае. *Schweiz. Bauzeitung*, Bd. 114, № 11, 1939.

На р. Дунае, 90 км выше г. Вены, начинается сооружение мощного гидроэнергетического узла Ибс-Перзенбрг, одновременно представляющего собою звено переустроившегося малярского водного пути Рейн — Майн — Дунай. Узел состоит из разборчатой плотины, оборудованной четырьмя цилиндрическими затворами; двух параллельных судоходных шлюзов с камерами длиной 230 м, шириной 24 м при минимальной глубине 3 м; здания гидроэлектростанции, оборудованного шестью вертикальными турбинами Каплана, мощностью каждая 24 000 л. с. Турбины будут работать при напоре, изменяющемся от 5 до 10 т. Наибольший используемый расход воды  $6 \times 300 \text{ m}^3/\text{sec}$  обеспечен в течение 150 дней в году. Выработка энергии в течение зимнего полугодия составит 47,5% от годовой выработки, изменяющейся в узких пределах от 750 до 800 млн. kWh. В течение, в среднем, 45 суток зимнего перерыва судоходства может осуществляться суточное регулирование за счет сработки уровня верхнего бьефа с использованием для снятия суточных пиков нагрузки полной установленной мощности гэс.

Н. А. Карапулов

L. G. Mc Neice. Оригинальный гидрогенератор для малой гидростанции. *Electrical News and Engineering*, № 17, 1939.

В 1939 г. начала работать небольшая муниципальная гэс на р. Литтль Боб (Канада), оборудованная одним вертикальным агрегатом, причем место оставлено для второго такого же агрегата. Генератор приводится во вращение быстроходной пропеллерной турбиной мощностью 216 л. с., делающей 85,7 об/мин при очень небольшом нормальном напоре 1,64 т. Турбина располагает сифонным подводом воды.

Трехфазный гидрогенератор мощностью 187,5 kVA при  $\cos \varphi = 0,8$  и напряжении 2,3 kV, 90 об/мин, 60 Hz. Вся вращающаяся часть генератора покоятся на конце вертикального вала турбины. Непосредственное соединение стало возможным в результате применения турбины быстроходного типа, что позволило установить комбинированный пружинный опорный и направляющий подшипник, расположенный таким образом, что он допускает точную центрировку ротора и статора. Необходимость в верхнем подшипнике вследствие этого отпадает, чем достигается простота конструкции агрегата.

Генератор сварной конструкции, диаметр его 3,05 м, высота — 0,81 м. При незначительной общей высоте гидрогене-

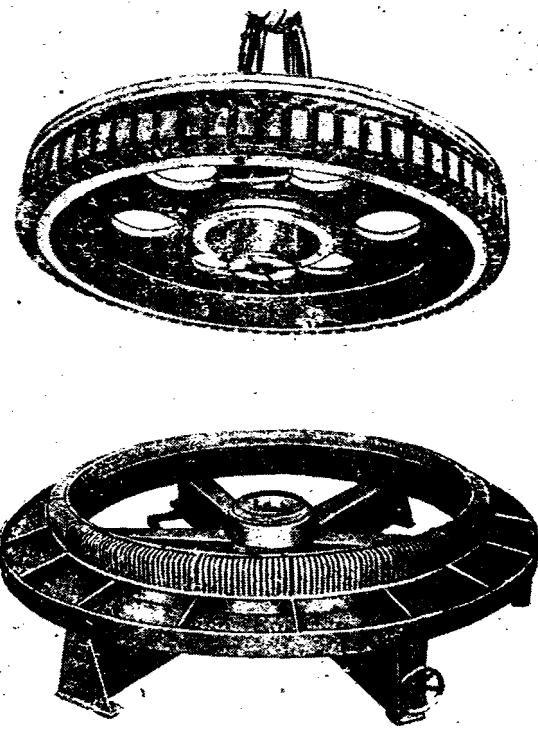


Рис. 1. Ротор и статор гидрогенератора гэс Литтль-Боб

нератора устраняется необходимость в монтажном кране, что дает значительную экономию в стоимости машинного здания.

Идеи, заложенные в рассмотренной конструкции машинного оборудования гэс Литтль Боб, представляют большой практический интерес в смысле выявления возможностей увеличения мощности и упрощения конструкции агрегатов малых низконапорных гидроэлектрических установок.

Н. А. Карапулов

Новый мощный гидрогенератор для гэс Рэскин. *The El. Times* № 2489, 1939.

На гидроэлектрической станции Рэскин (Канада) установлен второй вертикальный агрегат по значительной своей мощности — 36 MW и по конструктивным особенностям представляющий особый интерес.

Установленный агрегат приводится в действие реактивной турбиной, мощностью 47 000 л. с. при рабочем напоре 37,5 т, делающей 120 об/мин. Рабочее колесо турбины диаметром 4 т весит 32 т.

Трехфазный гидрогенератор зонтичного типа мощностью 44 MVA при  $\cos \varphi = 0,8$  и частоте 60 Hz, рассчитан на напряжение 13,8 kV. Давление на подплатник типа Кингсбери, включая реакцию воды, составляет около 500 т. Маховой момент генератора — 8000 t m<sup>2</sup>. Вес ротора с валом составляет 250 т. Внешний диаметр статора — 10 м и диаметр ротора около 8,5 м. Генератор — самовентилирующийся, полностью закрытый, без замкнутой циркуляции воздуха. Два первых агрегата будут вырабатывать электроэнергию 50 000 MWh в год. Полная проектная мощность гэс Рэскин в четырех агрегатах составит 188 тыс. л. с.

Н. А. Карапулов

d'Aboville. Электрификация железных дорог в Голландии. *Rev. Gen. d'El.*, т. 46, № 5, стр. 135—141, 1939.

Общее протяжение Голландских железных дорог составляет 3387 км, из коих 500 км (~ 15%) работают на электрической тяге.

Особенно много электрифицированных линий вступило в эксплуатацию в последние годы. Так в 1938 г. вступили в строй участки Amsterdam — Utrecht — Arnhem, 98 km; Rotterdam — Maasdrecht — La Haye, 52 km; Gouda — Utrecht, 26 km;

Utrecht — Eindhoven, 80 km; Rotterdam — Schiedam, 9 km. Всего 265 km.

При эксплуатационной длине 500 km длина одиночного пути составляет 1152 km, суммарная установленная мощность подстанции — 66 800 kW, число моторных вагонов — 288. За 1939 г. число поездокилометров на электрической тяге составило 12,3 млн., число тоннокилометров 2850 млн., причем перевезено 136 млн. пассажиров.

Быстрое развитие электрической тяги объясняется типизацией оборудования. На голландских железных дорогах применяются 2 типа подстанций — автоматическая на 3 РВ и подстанция — киоск минимального габарита на 2 РВ, также с автоматическим управлением.

Контактная сеть на перегонах монтируется на жестких П-образных опорах, на станциях — на гибкой поперечине.

Следует отметить, что ни одна крупная европейская страна не применяет жестких П-образных опор на контактной сети, так как падение опоры от воздушной бомбардировки может вызвать продолжительную задержку движения даже паровых поездов.

В. А. Соловьев

**Eggenberger, Электрификация железной дороги. Brückbahn Bull. Schweizerischer Elektr. Verein № 20, 27 сент., стр. 662—664, 1939.**

Узкоколейная дорога, соединяющая Люцерн с Интерлакеном (74 km), имеет паровую тягу и едва справляется с растущим грузооборотом. Совет швейцарских союзных железных дорог решил перевести линию на электрическую тягу. К электрификации линии приступили в 1939 г.

Электрификация будет проводиться однофазным током 15 kV от одной подстанции в Эмменбрюкке (Emmenbrücke) под Люцерном. Контактный провод на всем пути одиночный и имеет сечение 85 mm<sup>2</sup>. В результате электрификации время пробега скорого поезда из Люцерна в Интерлакен сократится с 2,5 до 2 h, а пассажирского с 38<sup>1/4</sup> до 3 h.

Первый участок этой дороги — перевал через Альпы между Giswil — Brüning — Hassleberg (Гизвиль — Брюнинг — Гаслеберг) — вступит в эксплуатацию в конце 1940 г., а вся линия в октябре 1941 г. Стоимость электрификации 13 млн. швейцарских франков.

В. А. Соловьев

**Bratsch! Подземная электрическая дорога в Цюрихе. Schweiz. Bauzeitung № 14, стр. 136—140, 1939.**

Оригинальная электрическая дорога проложена под землей между вокзалом и почтовой гостиницей в г. Цюрихе. Протяжение дороги всего 340 m, она проходит под дворами домов и вдвое сокращает путь между вокзалом и почтовой гостиницей. В тоннеле расположены два пути шириной колеи 600 mm. Движение поддерживается двухосными трансферкарами, перевозящими почту и другие грузы и могущими тянуть пассажирский вагончик.

Электрификация подземной железной дороги осуществлена трехфазным током 220 V от специального трансформатора 18 kVA. Самодвижущийся грузовой вагон оборудован асинхронными короткозамкнутыми двигателями; один двигатель предназначен для тяги в пределах путей остановочного пункта со скоростью 1,5 km/h, другой — на свободной части тоннеля со скоростью 16 km/h.

Управление поездом — кнопочное с центрального пункта гостиницы, как на подъемных машинах. За один рейс поезд берет четырех пассажиров и до 250 kg почты и багажа. Кроме грузовых и почтовых рейсов, подземная дорога обслуживает до 150 пассажиров того и другого направления. Подвод тока к поезду осуществляется по двум специальным контактным и по двум ходовым рельсам.

В. А. Соловьев

**Тяжеловесные маневровые электровозы. Electr. Rytraction № 77, стр. 94, 1939.**

Недавно французскими национальными железными дорогами были введены в эксплуатацию два 12-колесных электровоза постоянного тока (1500 V), общим весом 90,4 t каждый. Максимальная скорость электровоза составляет 48 km/h. Линейный ток, собираемый пантографом, питает не тяговые двигатели, а подводится к мотор-генераторной группе, состоящей из 400 kW компаундного двигателя; 300 A генератора с противокомпаундной обмоткой; двух вспомогательных

генераторов, питающих обмотки возбуждения компаундного двигателя и генератора, и четырех 300 A тяговых двигателей. Последние всегда соединены последовательно. Напряжение вспомогательных генераторов регулируется посредством реостатов в цепи их возбуждения.

М. Д. Трейвас

**F. Kopf F. Craton. Исследование работы электровоза New-Haven мощностью 360 л. с. El. Eng. № 5, стр. 217, 1939.**

В 1938 г. на дороге New Haven былипущены в эксплуатацию 6 новых электровозов 360 л. с., работающих как на постоянном токе 660 V (на участке Grand Central-Woodlawn, оборудованном третьим рельсом), так и на однофазном переменном токе 11 000 V (на участке Woodlawn-New Haven, оборудованном воздушным контактным проводом).

Описываемые электровозы имеют следующие характеристики: тип — пассажирский 11 000/660 V, общий вес — 195 t, максимальная скорость 150 km/h; тяговые двигатели числом 6 типа GEA 622 A, со сдвоенным якорем, тяговое усилие при 25% сцеплении — 30 t, скорость 90 km/h, мощность 3 600 л. с., максимально допустимая мощность 7 600 л. с.; при постоянном токе — тяговое усилие 12 t, скорость 64 km/h, мощность 2 840 л. с., максимально допустимая мощность 5 500 л. с.

Управление на постоянном и переменном токе — электромагнитическое.

Работа электровозов удовлетворяет ряд противоречивых требований: тяжелые нормальные условия, еще более высокие сезонные требования (пиковая нагрузка), ограниченная нагрузка на ось, работа на постоянном и переменном токе. Максимально достижимая мощность — 7 600 л. с. позволяет выполнять первые два требования без изменения времени движения поездов и уменьшения сроков работы оборудования электровозов.

Для работы на двух системах тока выбраны 12-полюсные тяговые двигатели со сдвоенными якорями.

Потребление энергии, определенное опытами, составляет 60,5 Wh на тонну-милю (при частых остановках).

М. Д. Трейвас

**H. Stevens. Электрококсование угля. The Engineer № 435, стр. 51—53, 1939.**

Электрическое коксование угля рассчитано на переработку любых битуминозных углей и лигнитов в кокс, газ и нефть. Особенностью этого процесса является не только то, что нагрев угля производится электричеством, но и то, что этот нагрев производится изнутри определенной массы угля, заключенной в реторту. Весь процесс построен на свойствах электропроводности этих углей, которые, являясь при обычных условиях плохими проводниками электрического тока, становятся относительно хорошими проводниками в начальном периоде коксования.

Электроэксиксональная установка состоит из электрической гетероты и трансформатора. Реторта имеет цилиндрическую форму и состоит из массивной кирпичной кладки, заключенной в сварной стальной кожух. Через центры крышки и днища проходят короткие графитовые электроды. Крышка реторты электрически изолирована, а днище и стальные части заземлены. Емкость реторты может быть от 1,5 до 30 t угля и выше.

30-t реторта питается током от однофазного трансформатора мощностью 850 kVA, первичное напряжение 5050 V, частота 60 периодов в секунду, с регулировкой вторичного напряжения от 400 до 75 V.  $\cos \varphi = 0,85$ .

При подготовке реторты к пуску днище реторты ставится на свое место, затем устанавливается вертикально в центре реторты калильное тело, состоящее из направляющей трубы, заполненной кусками кокса и служащее контактом между верхним и нижним электродами. После этого реторта загружается углем, верхняя крышка ставится на свое место и ток включается. Электрический ток, проходя через калильное тело и нагревая его, нагревает прилегающий к нему слой угля и выгоняет из этого слоя влагу, газ и нефть. Начиная спекаться, этот слой становится на короткий период времени лучшим проводником тока, чем калильное тело, заполненное разрозненными кусками кокса, и проводит поэтому ток в радиальном направлении к следующему цилиндрическому слою угля.

Для коксования одной тонны влажного угля при полубораторных условиях требуется 350 kWh. Это количество электроэнергии уменьшится в заводских условиях работы. Значительная экономия электроэнергии достигается при суходной и подогретой шихте.

Гибкость электрококсовального процесса делает возможным широкое использование внепиковой электроэнергии, т. е. электроэнергии в часы малой электрической нагрузки сети. Совпадение пика потребления газа с временем малой нагрузки электросети и обратно также дает большие выгоды.

Электрококсовальный процесс дает кокс с однородной окраской при легкой зажигаемости и допускает в широких пределах регулирование выхода продукции.

М. М. Финкель-Моисеев,

J. Pendleton. Электрическая стерилизация почвы. *The Implement and Machinery Review*, сентябрь, стр. 519—20, 1939.

Стерилизация почвы широко применяется в садовых хозяйствах Англии с целью уничтожения грибков, червей, семян, сорняков и т. д. Применяются паровые стерилизаторы низкого и высокого давления. Почва в них прогревается до 80—95° в продолжение 60 min. Однако стерилизаторы этого типа дороги и требуют большой затраты рабочей силы. Поэтому за последние годы разрабатываются электрические стерилизаторы почвы. В настоящее время в Англии находится в работе несколько сот электрических стерилизаторов электродного типа. Почва загружается в специальный ящик,



Рис. 1. Передвижной электрический стерилизатор почвы емкостью 0,5 т

и электрический ток между пластинчатыми электродами проходит непосредственно через нее. Перед пропусканием тока почва смачивается для увеличения проводимости. По достижении почвой температуры 93—99° повышение температуры прекращается, вследствие того, что электроды покрываются слоем сухой почвы, действующим как сопротивление. Нагрев почвы получается весьма равномерным, что очень важно для глинистых почв. Расход энергии составляет около 40 kWh/t почвы. На рис. 1 показана передвижная стерилизационная установка емкостью 0,5 т почвы. Температура 82—88° устанавливается в ней через 25 min, а 98—99° через 40 min. После выключения максимальная температура держится в течение 20 min. Стерилизаторы изготавливаются передвижного и стационарного типов емкостью от 20 kg до 0,5 t.

И. А. Будзко

A. Leonhard. Сравнение передачи энергии синхронными и асинхронными машинами. *E. i. M.*, 7/8, 1939.

Автор статьи исследует работу синхронной машины через длинную линию с распределенными постоянными на шинах бесконечной мощности. Предельное расстояние, полученное автором в результате расчетов, в идеальном случае равно 750 km. Однако для реальных случаев это расстояние получается еще меньше из-за необходимости иметь запас устойчивости. Сравнивая результаты, полученные в этой работе для синхронной машины, с результатами предыдущей своей работы (*E. i. M.*, № 32, 1938), где производились аналогичные расчеты для асинхронных машин, автор делает следующие выводы:

1. Предельная дальность передачи энергии для синхронных машин может быть увеличена только за счет увеличения геометрических размеров машины; для асинхронных машин предельная дальность может быть значительно повышенена применением вспомогательной машины в цепи ротора.

2. Перегрузочная способность синхронной машины в значительной степени определяется запасом устойчивости при нормальном режиме. Чтобы при резких скачках нагрузки синхронная машина не выпала из синхронизма, она должна иметь достаточный запас устойчивости и, следовательно, увеличен-

ные размеры. Асинхронная машина переходит из одного состояния в другое без колебаний и поэтому возможна ее работа почти на пределе мощности.

3. При быстрой нагрузке синхронной машины на ее клеммах происходит резкое повышение напряжения. Во избежание этого в процессе эксплуатации применяют дорогостоящие автоматические регуляторы напряжения, снижающие, в свою очередь, надежность эксплуатации.

Соответствующим выбором параметров асинхронной машины или надлежащим возбуждением вспомогательной машины в цепи ротора можно добиться только положения, когда при разгрузке машины напряжение на ее клеммах практически не изменится и, следовательно, отпадает необходимость в автоматических регуляторах напряжения.

4. При быстрой нагрузке от холостого хода на клеммах синхронной машины наступает резкое снижение напряжения; для того чтобы избежнуть этого, также необходимы автоматические регуляторы напряжения. У асинхронных машин при быстрой загрузке снижение напряжения не наступает.

В конце работы автор приводит описание произведенных им экспериментов с искусственной линией и результаты опытов. Полученные результаты подтверждаются теоретическим расчетом.

Ю. Г. Толстов

Wright. Частотные реле и ускорение двигателей. *Iron and Steel Engineering*, May, спр. 62—74, 1939.

Один из инженеров фирмы Electric Controller сконструировал частотное реле, катушка которого включена последовательно с конденсатором. При определенной частоте контур, состоящий из катушки реле и конденсатора, резонирует, и ток в этом контуре в соответствующий момент резко возрастает (рис. 1).

На рис. 2 приведена схема пуска асинхронного двигателя с кольцами при помощи частотных реле.

В первый момент пуска частота и напряжение на зажимах тормозного реле *PR* недостаточны для его срабатывания, и поэтому контакты реле остаются замкнутыми, а следовательно, тормозное сопротивление будет зашунтировано. Остальные частотные реле мгновенно сработают и разомкнут свои контакты в цепях контакторов ускорения. По мере разгона двигателя напряжение и частота в роторе поникаются, и реле срабатывают при тех частотах, на которые они были настроены, производя при этом последовательное замыкание контакторов ускорения.

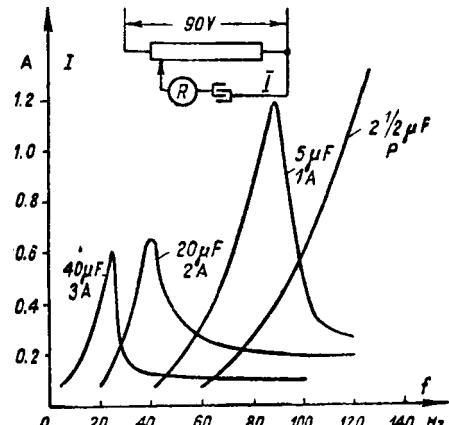


Рис. 1

При противовключении частота в роторе велика, и поэтому тормозное реле размыкает свои контакты. При этом катушка контактора *P* обесточивается и в цепь ротора вводится тормозное сопротивление. Когда двигатель затормозится, тормозное реле разомкнет свои контакты и тормозное сопротивление снова зашунтируется.

Частотное реле приспособлено к любой нагрузке двигателя. При большой нагрузке время ускорения автоматически увеличивается и этим устраняется опасность появления большого пускового тока. Частотное реле применяется с успехом для торможения асинхронного двигателя с кольцами методом противовключения. В статье описывается подобная схема.

Из специальных применений частотного реле можно указать на применение его для управления двигателем сябинга.

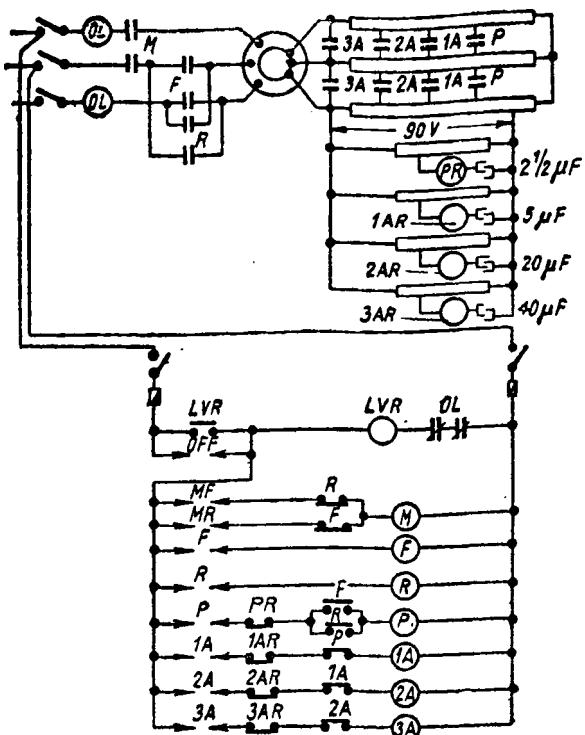


Рис. 2. Схема ускорения асинхронного двигателя при помощи частотных реле

В статье далее описываются новые интересные схемы ускорения двигателей с независимой выдержкой времени и зависимой от тока выдержкой времени.

С. Л. Кабаков

H. G. Breetz. Электрический привод салазковых пил для нагретого железа. AEG-Mitteil. № 7, стр. 342—347, 1939.

Пилы для нагретого металла применяются исключительно в прокатных цехах, в основном для профилированной стали и труб, когда из-за возможности деформаций использование обычных ножниц нежелательно. Длительность реза должна быть весьма малой и перерывы в работе пилы абсолютно недопустимы. Эти условия требуют особенно тщательного подхода к выбору электропривода.

Для вращения пилы и движения подачи устанавливаются самостоятельные двигатели. Для подачи применяется привод от двигателя постоянного тока с регулировкой поля. Управление шунтовым регулятором автоматическое, так как рабочий не может уследить за моментом начала реза. Весьма нежелательно применение для привода подачи кривошипного механизма, так как при этом, вне зависимости от размеров разрезаемого профиля, путь, проходимый пилой, не изменен, что влечет за собой снижение производительности пилы при мелких сортаментах проката. Кроме того, изменение тангенциальных усилий происходит таким образом, что в момент перерезывания наибольшего сечения усилие также достигает максимума, а это может привести к поломке пилота. Поэтому в настоящее время подача осуществляется исключительно с помощью зубчатой рейки и реверсивного двигателя. В этом случае управление двигателем осуществляется посредством путевых выключателей.

Для установочных работ и резки остывшего металла необходима также ползучая скорость, которая устанавливается команда-контроллером, служащим также для неавтоматического управления пилой. Скорости резания для различных сортаментов устанавливаются помощью шунтового регулятора.

В последнее время фирмой AEG для привода подачи применена система Леонарда, основное преимущество которой — возможность работы при постоянном моменте на всем диапазоне скоростей (1 : 4), чем достигается ускорение процессов пуска, реверса и торможения. Длительность всего процесса при полной нагрузке с длиной хода 240 mm составляет в этом случае всего лишь 3,5 sec.

Ю. А. Сабинин

A. Kinkel. Трехфазный коллекторный двигатель с шунтовой характеристикой, для питания со стороны ротора. AEG-Mitteilungen, Heft 3, стр. 165—167, 1939.

Новая серия асинхронных двигателей трехфазного тока предназначается в качестве электропривода для ткацких станков, стоккеров и т. п.

Двигатели изготавливаются мощностью от 1,5—10 л. с. при 2100 об/мин. Ротор выполнен с нормальной трехфазной обмоткой, питаемой через контактные кольца непосредственно от сети. Кроме того, в одни и те же пазы ротора, кроме основной обмотки, заложена вспомогательная обмотка, соединенная с коллектором. Через коллектор вспомогательная обмотка соединяется через два, смешанные один по отношению к другому, комплекта щеток, со вторичной обмоткой, т. е. с обмоткой статора. Таким образом к обмотке статора подводится напряжение с частотой скольжения. Величина напряжения может регулироваться смещением щеток, что дает возможность получить плавную регулировку числа оборотов, начиная с нижесинхронного до сверхсинхронного.

Описываемый двигатель работает с постоянным потоком и обладает вследствие этого шунтовой характеристикой. Серийные двигатели этого типа выполняются 4-полюсными на 1500 об/мин при 50 Hz, с пределом регулировки числа оборотов 3 : 1, т. е. с 700—2100 об/мин. Пуск двигателя осуществляется, подобно двигателям с к. з. ротором, непосредственно от сети.

Ю. М. Галонен

W. Ebersbach. Выравнивание мощности, потребляемой крупными однофазными сварочными машинами переменного тока с помощью преобразователей с маховиком. AEG-Mitteilungen, Heft 3, стр. 162—165, 1939.

Сварочные машины однофазного переменного тока работают с периодическими колебаниями мощности от нуля до максимума; вызывают неравномерную нагрузку фаз и имеют низкий коэффициент мощности.

С целью выравнивания нагрузки на сеть AEG применяет для питания мощных сварочных машин (например для сварки рельсов) преобразователи мотор-генераторного типа с маховиком. С помощью этой установки удается значительно сгладить пики нагрузки, выравнивать нагрузку фаз и повысить  $\cos \varphi$  с 0,4 до 0,9.

Преобразовательная установка состоит из асинхронного двигателя, соединенного с маховиком и генератором переменного тока, обмотка возбуждения которого питается от ионных преобразователей с управлением на сетке.

Ю. М. Галонен

A. Thiele. Новые машины для электросварки. AEG-Mitteil., Heft 3, стр. 152—155, 1939.

Для сварки с помощью металлических электродов представляет интерес сварочная машина AEG, оборудованная универсальным сварочным агрегатом типа DA (рис. 1). Сварочный агрегат для осуществления продольных швов монтируется на супорте; для выполнения швов по окружности агрегат крепится неподвижно, а свариваемый шов проходит под головкой сварочной машины наподобие карусельного станка. Описываемый агрегат пригоден как для соединительной сварки (например сварка железных конструкций), так и для наварки.

Способ наварки нашел широкое применение для восстановления износившихся полускатов подвижного состава магистральных городских и промышленных железных дорог. Постоянный ток для питания сварочной машины получается от преобразователя мотор-генераторного типа.

Для соединительной сварки резервуаров, больших труб и пр. служит сварочный агрегат, работающий на угольных электродах. Угольный электрод крепится в пустотелом шпинделе. Для достижения равномерного сгорания углей шпиндель сообщается вращательное движение. Длина дуги устанавливается автоматически или в простых установках с помощью ручной регулировки. Для предупреждения миграции дуги предусматривается направляющий соленоид. Головка электрододержателя снабжена циркулирующим водяным охлаждением. Агрегат допускает сварку железных листов, без последующей обработки и без введения в дугу дополнительного металла, до 8 mm толщиной.

Сварочный агрегат Arcotop для атомно-водородной сварки на переменном токе состоит из сварочной головки с двумя свариваемыми электродами от 1,5—3 mm толщиной, вставлен-

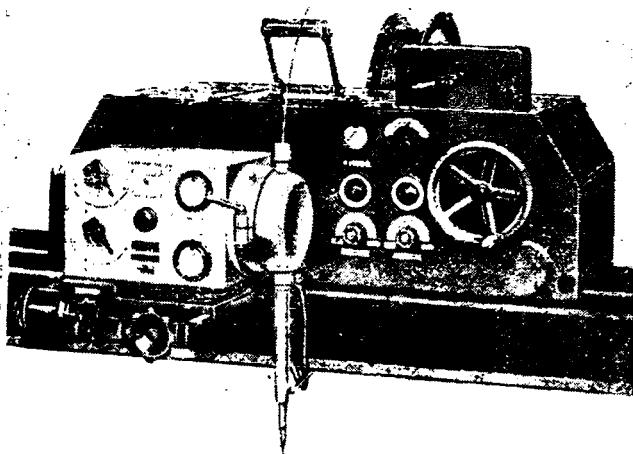


Рис. 1. Тележка со сварочным агрегатом типа DA

ными в две горелки, расположенные под некоторым углом. Горелки соединены с помощью шлангов с водородным баллоном. Назначение водорода то же, что и пасты при угольных электродах, — предупреждение воздействия кислорода воздуха на сварной шов.

Агрегат Arcotom питается от сети переменного тока (напряжение 110—500 В) через посредство понижающего трансформатора. Имеется регулировка тока (9 и 13 ступеней). Дуга придана концентрированная форма, вследствие чего поверхность нагрева свариваемой детали очень назначительна, а следовательно, напряжения в материале, возникающие при сварке, малы.

Область применения сварки Arcotom — тонкий листовой прокат всех сортов стали и алюминия. Этот вид сварки применяется для ремонта высокосортных инструментов, матриц, штампов, фрезов, сверл и т. п., а также для сварки велосипедных рам и в самолетостроении. Для сварки труднодоступных узлов выполняется специальный электрододержатель с электродами, расположенными под острым углом.

Ю. М. Галонен

K. Fischer. Ручной аппарат для точечной сварки. *AEG-Mitt.*, Heft 3, стр. 156—157, 1939.

Автор указывает на возможность заменить в радиоделе пайку оловом — электросваркой. Некоторое затруднение представляло создание аппарата, позволяющего вести пайку при габаритах аппаратуры.

Для этой цели AEG сконструировало сварочные клещи с взаимозаменяемыми электродами. Материал электродов зависит от свариваемого материала (для сварки меди клещи снабжаются вольфрамовыми электродами). Давление на элек-

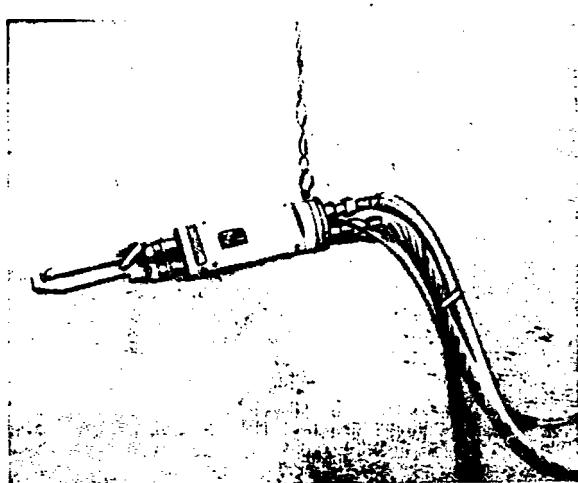


Рис. 1. Клещи для ручной сварки

троды составляет 7—15 kg. Электроды присоединяются к понижающему трансформатору кабелем длиной всего один м. Номинальная мощность трансформатора 2,4 kVA, допустима длительная нагрузка 0,8 kVA. Первичная цепь трансформатора имеет регулировку на 25 ступеней. Управление сварочным агрегатом — контактное, от нижней кнопки. Время сварки ограничивается регулируемым реле времени.

Сварочные клещи описанной конструкции предназначаются для сварки тонкой медной проволоки диаметром 1 mm.

Ю. М. Галонен

Аноним. Новый тип маслонаполненного конденсатора. *El. Times*, том 95, № 2478, стр. 60., 1939.

Германская фирма Мейровский и Ко выпустила новый тип высоковольтных подвесных конденсаторов связи, применяемых в устройствах телефонной передачи (или дистанционного управления) по линиям высокого напряжения.

Новый конденсатор состоит из фарфорового изолятора, внутри которого помещается несколько конденсаторных секций, изготовленных из бумаги, пропитанной маслом. Секции отделены одна от другой изолирующими шайбами, через которые проходит болт, скрепляющий секции.

Для того чтобы обеспечить возможность изменения объема масла при колебаниях температуры окружающей среды, на концах конденсатора укрепляется тонкостенная секционированная коробка, наполненная воздухом. Изменение объема масла происходит за счет изменения объема воздуха в этой коробке.

В статье показан внешний вид трех конденсаторов этого типа, рассчитанных на рабочее напряжение 100, 120 и 150 kV.

В. Т. Ренне

Испытание кабелей высокого напряжения. Переоборудованная и расширенная испытательная станция на заводе „W. T. Henley's Telegraph Works Co“ Gravesend, The Electrician № 3186, стр. 794—798, 1939.

Статья представляет большой интерес как для инженеров кабельных заводов, работающих по испытанию и исследованию электрических кабелей, так и для организаций, проектирующих кабельные заводы.

В статье приведены 8 фотографий основных устройств лаборатории и дан план расположения оборудования. Дан перечень высоковольтного однофазного и трехфазного оборудования (однофазный трансформатор 300 kV, 1000 kVA с питанием на 3000 V, две установки на 125 и 100 kV из однофазных трансформаторов).

Для длительных испытаний приспособлены четыре одинаковых однофазных трансформатора напряжением 125 kV, 150 kVA. Трансформаторы могут работать как в последовательном соединении, так и в параллельном. Вообще нужно отметить, что при переоборудовании этой лаборатории уделено исключительное внимание гибкости использования всего оборудования, а также гибкости и четкости регулировки погания, изменения напряжения и т. п.

Интересен способ разделения испытательной площадки на высоковольтные поля. Вместо обычных тяжелых железных решеток применены для разделения полей легкие барьеры и ограждения из «лучей света». Выключающие реле действуют на незамедлительное выключение высоковольтной установки в случае прерыва света хотя бы на 1/20 sec.

На этом заводе большое внимание уделяется испытанию трехфазным током, причем одна из используемых для этой цели установок на 125 kV может быть легко перенесена в любое место площадки испытательной станции. Агрегаты, пытающие испытательную станцию, установлены в особом помещении. Для питания высоковольтного 300 kV трансформатора применен 1000 kVA генератор 3000 V с приводом от трехфазного автосинхронного двигателя 300 л. с. на напряжение 440 V.

В. А. Привезенцев

A. Gemant and F. Glassow. Электрическая прочность волокнистого стекла. *Electrical Engineering* № 8, стр. 341 1939.

Авторами предпринято в лаборатории Висконсинского университета (США) подробное исследование пробоя текстильных изделий из волокнистого стекла — электроизоляционного материала, приобретающего в последнее время все большее значение.

Электрическая прочность всякой волокнистой изоляции (бумаг, тканей и пр.) определяется, главным образом, двумя факторами. Во-первых, оказывает свое влияние различие диэлектрических проницаемостей (для случая переменного напряжения) или различия удельных сопротивлений (для случая постоянного напряжения) воздуха и материала самого волокна. Во-вторых, электрическая прочность воздуха в тонких прослойках между волокнами больше, чем в более толстом силошном слое, равном по толщине волокнистой изоляции. Для непропитанной бумаги, как известно, электрическая прочность, примерно, в 2—3 раза выше, чем для воздуха при том же расстоянии между электродами.

Повышение давления воздуха в пространстве, в котором работает стеклянная волокнистая изоляция, весьма благоприятно для повышения электрической прочности ее. Таким образом намечается путь для создания теплостойкой неорганической волокнистой изоляции с высокой электрической прочностью.

Повышение температуры вызывает снижение электрической прочности, что иллюстрируется в статье кривой зависимости пробивного напряжения от температуры.

Б. М. Тареев

A. Métraux. Импульсный генератор на 2 млн. В. Bull. ASE, т. 30, № 13, стр. 343—344, 1939.

На Швейцарской национальной выставке в Базеле демонстрируется импульсный генератор фирмы Хэфели на напряжение 2 млн. В. Генератор состоит из 16 конденсаторов по  $0,105 \mu F$  на номинальное напряжение 125 kV (максимально 140 kV) постоянного тока, соединенных по схеме Маркса. Конденсаторы бумажные; они помещены в бакелитовые цилиндры, образующие 4 колонны. Между колоннами расположены разрядные промежутки и центральный изолирующий вал, вращением которого обеспечивается одновременное регулирование величины всех промежутков. Последовательно с каждым промежутком включено сопротивление для демпфирования высокочастотных колебаний при разряде.

Переходом от последовательного включения конденсаторов к параллельному, эффективная емкость генератора регулируется в пределах от 1,65 до  $0,0064 \mu F$ , максимальное напряжение — от 140 до 2250 kV. Энергия разряда доходит до 16 KJ.

Генератор заряжается через последовательное высокоомное сопротивление однофазной двухполупериодной выпрямительной установкой. Для выпрямления служат 2 кенотрона на запирающее напряжение 300 kV.

В цепь разряда включено калиброванное константановое сопротивление, обеспечивающее стандартную форму импульсной волны —  $1/50 \mu sec$ .

Я. М. Червоненкис

H. Katz und E. Westendorf. Получение большой скорости записи при помощи отпаянных катодных осциллографов. Zeitschrift f. techn. Physik, B.I., 20, № 7, стр. 209—212, 1939.

Обычные стеклянные отпаянные катодные осциллографы, работающие при анодных напряжениях, не превышающих 1000 V, имеют малую скорость записи и применяются, главным образом, для изучения повторяющихся явлений.

Для исследования кратковременных непериодических явлений до последнего времени применялись почти исключительно

но катодные осциллографы с внутренним фотографированием.

При помощи подобного осциллографа Роговский и его сотрудники добились скорости записи до 63 000 msec (при анодном напряжении в 70 kV). В 1938 г. Бухкремер достиг при помощи обычного технического катодного осциллографа при анодном напряжении 60 kV скорости записи в 30 000 msec при внутреннем фотографировании и 5000 msec при внешнем фотографировании.

Реферируемая статья посвящена выяснению возможности получать столь же высокие скорости записи при помощи отпаянных стеклянных осциллографов, работающих при повышенных напряжениях.

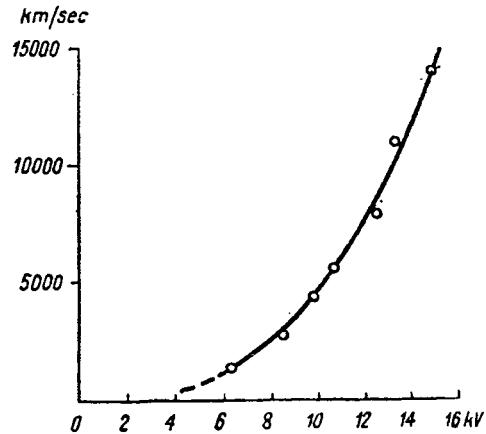


Рис. 2. Зависимость скорости записи от анодного напряжения

При специально сконструированном катодном осциллографе (имевшем в длину всего 50 см), фотоэластиниках высокой чувствительности и фотообъективе светосилой 1 : 1, авторам реферируемой статьи удалось получить скорость записи в 4500 msec при анодном напряжении в 10 kV и 14 000 msec при анодном напряжении в 15 kV. Ток в пучке доходил до 5 mA. При столь высокой скорости записи и малых габаритах прибора чувствительность к напряжению оставалась достаточно высокой и при анодном напряжении 15 kV достигала  $0,07 \text{ mm/V}$ . Кривые зависимости чувствительности 1 и скорости записи 2 от анодного напряжения приведены на рисунках.

А. И. Фрайман

H. Sachse. Сопротивление типа Urdox (термосопротивления) и их применения. Siemens Zeitschrift, Bd. 19, № 5, стр. 214—218, 1939.

Термосопротивлениями (Heissleiter) автор реферируемой статьи называет такие сопротивления, величина которых резко падает при повышении температуры.

Этим свойством обладает большое число неорганических соединений (как, например, сульфиды, оксиды и нитриды), но в электротехнике нашли применение лишь вещества, обладающие чисто электронной проводимостью. К материалам для термосопротивлений предъявляются следующие требования: возможность изготовления сопротивлений, величина которых меняется в достаточно широком интервале (например от 1 до 100 000  $\Omega$ ); большой температурный коэффициент сопротивления; достаточная механическая и химическая устойчивость, обеспечивающая постоянство характеристик сопротивления во времени; независимость величины сопротивления от направления тока (отсутствие вентильного действия).

Этим требованиям удовлетворяют применяемые в настоящее время в технике следующие типы термосопротивлений: медноокисные (которые не следует смешивать с меднозакисными, применяемыми, например, в твердых выпрямителях); сопротивления из оксида урана; сопротивления из магнезиально-титановой шпинели (урдоксовые).

Сопротивления из оксида меди ( $CuO$ ) не боятся действия воздуха и поэтому могут применяться в виде стержней или пластин, снабженных металлическими наконечниками для присоединения к цепи. Сопротивления, работающие при невысокой температуре (до 200°), покрываются для защиты и изоляции слоем лака, расцветка которого обозначает тип и величину сопротивления. Сопротивления из оксида урана или магнезиально-титановой шпинели должны быть защищены от



действия кислорода при высокой температуре. Поэтому они помещаются в вакуум или в защитную газовую среду.

По утверждению автора реферируемой статьи, сопротивления этих типов могут найти применение во всех областях техники. Как важнейшие области их применения им выдвигаются:

измерение температуры при помощи мостовой схемы, составленной из двух медноокисных сопротивлений и двух обычных сопротивлений (не зависящих от температуры);

температура компенсация измерительных приборов для широкого интервала температур, что имеет существенное значение для приборов, устанавливаемых на открытом воздухе, и, особенно, для авиаприборов;

реле времени для замедленного включения; защитные устройства от перегрузок и неправильного включения для измерительных приборов, радиоламп и т. д.

А. И. Фрайман

## БИБЛИОГРАФИЯ

### ПЕРЕДОВИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ (по литературе, изданной Всесоюзной сельскохозяйственной выставкой)

Среди многочисленной массовой литературы, изданной в связи со Всесоюзной с.-х. выставкой 1939 г., в виде брошюр, путеводителей, буклетов и т. п., имеется серия изданий по вопросам электрификации социалистического сельского хозяйства. В брошюрах и буклетах описываются лучшие электроустановки, опыт и достижения электростанций и электрифицированных хозяйств, люди-инициаторы сельской электрификации, приводятся высказывания колхозников об огромной роли и значении электрификации в деле роста зажиточности их колхозов.

По праву почетное место на выставке в качестве передовиков с.-х. электрификации заняли мелкие гидроэлектростанции. Специальный павильон действующей колхозной автоматической гидроэлектростанции, построенный на р. Каменке, протекающей через территорию ВСХВ, ряд художественно выполненных макетов лучших с.-х. гэс, многочисленные фото различных с.-х. гидроэлектростанций, построенных за годы советской власти, и, наконец, большая электрифицированная карта СССР с нанесенными на ней работающими и строящимися с.-х. гидроэлектростанциями ярко и наглядно иллюстрируют практическое осуществление известной директивы XVIII съезда ВКП(б) о широком развертывании строительства мелких колхозных гидростанций.

Советский Союз — страна богатейших водных ресурсов. Одних только рек и речек у нас 500 тыс., общим протяжением в 5 млн. км. В приречных районах расположено свыше 100 тыс. колхозов, но пока едва ли только десятая часть из них электрифицирована.

В одном из буклетов, посвященных значению колхозных гидроэлектростанций, приведено письмо колхоза им. Буденного, Больш-Александровского сельсовета (УССР, Николаевская область) о значении для них гидроэлектростанции. «Наша артель, — читаем мы в этом письме, — имеет большую пользу от электроэнергии. С помощью электричества у нас производится полив 100 га огородов, а благодаря поливу мы получили 290 тыс. руб. прибыли в год. Кроме этого, мы освещаем электричеством конюшни, коровники и т. д. Молотилки приводятся в действие электрической энергией, что облегчило труд колхозников. Большую часть конского поголовья, освобожденного от молотьбы, мы использовали на других работах, что повысило доходы колхоза. Раньше наши дома освещались керосиновыми лампами, а теперь в каждом колхозном доме ярко горят «лампочка Ильича». Рост культуры и зажиточности нашего колхоза прямо связаны с электрификацией. В нашем селе открыт звуковой кинотеатр, где колхозники смотрят лучшие кинофильмы. Открыт радиоузел, который дает возможность колхозникам быть ежедневно в курсе всех важнейших событий, происходящих в нашей стране и за границей».

Мы, колхозники, ежедневно чувствуем заботу нашей коммунистической партии и советской власти, заботу любимого вождя, друга, учителя и отца товарища Сталина, который ведет нас к зажиточной и культурной жизни».

За годы сталинских пятилеток число малых гидроэлектростанций значительно выросло. При строительстве гидроэлектростанций разрешается комплексно ряд полезных мероприятий. Создаются большие возможности для развития рыбного хозяйства, орошения, санитарного благоустройства сел и т. п.

Опыт многих колхозных гидроэлектростанций показал, что затраты на строительство их окупаются в первые же годы эксплуатации.

Отдельные печатные издания (буклеты) посвящены лучшим

Вологодская областная универсальная научная библиотека

[www.booksite.ru](http://www.booksite.ru)

В настоящее время Ярополецкая гэс обслуживает 19 кол-

хозов, 9 сельсоветов, 11 школ, детский санаторий, больницу на 250 чел., ветлечебницу, 2 молочных завода, маслобойки, сельпо, чайные, лабораторию, детскую техническую станцию и т. п. Всего гидростанция обслуживает более 3000 светогодочек.

Гидроэлектрическая станция, построенная колхозом «Большевик» в 1936 г., добилась почетного права участвовать на Всесоюзной с.-х. выставке 1939 г. своей исключительно образцовой работой. Эта колхозная гидростанция замечательна тем, что все работы при строительстве ее, начиная со своей плотины и стен станции и кончая подвеской проводов, были сделаны силами самих колхозников по инициативе и под руководством колхозницы Татьяны Петровны Шаповаловой — ныне депутата Верховного Совета СССР.

При строительстве было много трудностей, в частности, была и кулацкая агитация против постройки станции. Но все эти трудности были преодолены, станция мощностью в 40 kW была построена, и в момент, когда в колхозном клубе шло торжественное собрание, посвященное XIX годовщине Великой социалистической революции, ярко загорелись в клубе и домах колхозников сотни «лампочек Ильича».

Скоро будет уже три года, как гидростанция в колхозе «Большевик» работает без перебоев. С каждым днем улучшается ее работа, с каждым днем растут колхозные монтеры, совершенствуя работу своей станции. В 1938 г. электроэнергия от этой гэс использовалась колхозом на молотьбе, приготовлении кормов, силосовании, очистке зерна. От гидростанции организован и перемол зерна. Электростанция в колхозе «Большевик» оказала большое влияние и на соседние колхозы. По ее примеру в том же районе строятся в настоящее время вторая колхозная гидростанция.

Заслуживает быть отмеченной также и лучшая на Украине Букская гэс им. Ленина, построенная в 1928—1929 гг. в районном центре с. Буки Киевской области на р. Горный Гикич. Эта гидроэлектростанция завоевала право участия на выставке рациональным использованием энергии водотока малой реки. Зарегулирование стока и уплотнение графика нагрузки позволили Букской станции достигнуть высокого уровня в использовании установленной мощности и отличных качественных показателей в работе станции. На Букской гэс имеются три горизонтальные турбины Френсиса на общую мощность 568 kW. Благодаря зарегулированию стока реки станция добилась высокого числа часов использования установленной мощности — 4860 h, в то время как для малых гэс это число часов обычно не превышает 3000—3500 h в год. Для питания энергией всех потребителей построено около 250 км распределительной сети.

В настоящее время Букская гэс снабжает электроэнергией 28 колхозов, 11 колхозных мельниц, 3 маслобойки, 36 колхознотоварных ферм, 6 ремонтных мастерских, сахарные заводы и т. п. Свой план эта станция выполнила в 1938 г. на 106,5%, не имея ни одной аварии.

К числу передовых с.-х. гидроэлектростанций относятся также: Корсунская (УССР) мощностью 1800 kW, Шакская (Армянская ССР), Рождественская и Валдайская (Ленинградская обл.), Именевская (Чувашская АССР) станции при колхозах «Ленинский призыв» и «Новый шлях» (БССР) и ряд других.

Решение XVIII съезда ВКП(б) о широком строительстве мелких колхозных гидроэлектростанций нашло самый живой и горячий отклик среди колхозов, и в течение текущего го-

да уже пускается в эксплуатацию более 100 новых таких станций, а на 1940 г. намечено построить по Союзу не менее 350—400 мелких колхозных гэс.

В брошюрах и буклетеах описана практика внедрения электричества в различные производственные процессы. Так, одна из наиболее передовых молочных совхозов Московской области — совхоз «Лесные Поляны», организованный 20 лет назад по инициативе В. И. Ленина, рассказывает об успешном применении в совхозе уже в течение 6 лет электромашинного доения коров. Значение электродойки велико. Машина, выполняющая за человека наиболее трудоемкую работу, создает новый стиль всего производственного процесса. Скотный двор становится одним из цехов фабрики молока. Лучшая электродойка совхоза К. С. Маркина недавно награждена орденом Ленина. Совхозы и колхозы Казахстана, Северного Кавказа Ростовской и других областей Союза успешно освоили электрострижку овец, и в результате доходы этих хозяйств значительно повысились. Особо следует отметить брошюру: «Электрификация сельского хозяйства Запорожья», написанную группой научных сотрудников Запорожского филиала Всесоюзного института механизации и электрификации сельского хозяйства. В скупых словах рассказывается в ней о замечательном опыте первого в СССР района широкой электрификации сельского хозяйства на базе электроэнергии от Днепровской гидростанции им. Ленина.

В этом районе из имеющихся 80 колхозов электрифицировано 76. В районе построено 6 с.-х. подстанций с напряжением 35/6 kV, мощностью 4200 kVA, 154 трансформаторных помещениями мощностью 8095 kVA, 375 км линий электропередачи 35 и 6 kV. Кроме того, в ряде колхозов трансформаторные помещения питаются от промышленных подстанций. Общая установленная мощность электроустановок в районе составляет 10 000 kW, в том числе свыше 300 двигателей общей мощностью 5500 kW. За 1938 г. потребление электроэнергии сельским хозяйством Запорожского района составило 16,5 млн. kWh. В районе имеется 26 000 светогодочек, около 80 молотильных агрегатов, 9500 m<sup>2</sup> электротеплиц, 7800 m<sup>2</sup> электропарников, 2100 га электроирригационной земли, 5 электродильных установок, 3 электрифицированных птицефермы, 3 электротепловентиляционных установки. Кормоприготовительные машины приводятся в движение электродвигателями почти в каждом колхозе. Электрифицированы также все мельницы. Имеются электрифицированные кирпичные и черепичные заводы. Кроме того, электроэнергия применяется в Запорожском районе еще для целого ряда работ, как, например, привод зерноочистительных и молочных машин, для электрострижки овец, подогрева воды, запарки корма, дезинфекции зерна и т. п. Опыт Запорожья по электрификации сельского хозяйства является очень ценным и окажет большую помощь в деле широкого внедрения электроэнергии в производственные процессы сельского хозяйства.

Нужно пожелать Главвыставкуому к моменту открытия выставки в 1940 г. выпустить по электрификации сельского хозяйства более обширную литературу, в том числе и справочно-инструктивную, которая непосредственно помогла бы колхозам и совхозам самостоятельно осуществлять простейшие электрические с.-х. установки и содействовала бы росту кадров колхозных электриков и монтеров.

Н. А. Сазонов  
Всесоюзный институт электрификации  
и механизации сельского хозяйства

## SACHS K. DIE ORTSFESTEN ANLAGEN ELEKTRISCHER BAHNEN.

*(Handbuch für Praxis sowie für Studierende).*

*Издательство Orell-Füssli, Zürich 1938 (декабрь), 321 страница, 430 иллюстраций в тексте и 8 вклейенных листов.  
Цена 48 швейцарских франков.*

После выхода в 1928 г. первой части курса электрической тяги д-ра Карла Захса, озаглавленной «Elektrische Vollbahnen-Lokomotiven», работники электрических железных дорог и граммаев ожидали появления второй части этого курса, посвященной тяговым подстанциям и контактной сети.

Ознакомление с вышедшей через 10 лет новой книгой Захса показывает наличие в ней многих пробелов и слабых сторон.

Раздел, посвященный центральным электрическим станциям и особенностям тяговой нагрузки, начинается обзором существующих систем тока и влиянием эксплоатационных факторов на расход энергии поездом. Обращает на себя внимание, что изложение раздела о потреблении тока не имеет даже упоминания о мероприятиях по экономии энергии и об учете

расхода энергии поездами. Все, что здесь приводится, это несколько суммарных кривых записей регистрирующих киловаттметров на тяговых фидерах электрических станций, питающих швейцарскую железнодорожную сеть. Эти записи даются лишь с целью показать, что кривая тяговой нагрузки имеет пилообразный характер и отличается относительно равномерным распределением в течение суток.

Графики продолжительности нагрузок, построенные по этим кривым, также имеют лишь иллюстративный характер, и не отвечают на вопрос, какие эксплоатационные и конструктивные параметры влияют на продолжительность нагрузок.

Касаясь коэффициента загрузки (максимума), автор приводит на стр. 19 эмпирическую кривую, дающую зависимость этого коэффициента от средних тенекилометров в час. Однако

строить коэффициент максимума в функции тонно-километров целия, так как этот коэффициент является функцией числа поездов, одновременно находящихся в движении, а никак не тонно-километров.

Раздел о распределении нагрузок между электростанциями написан коротко, ясно и толково, но ни слова не сказано о планировании распределения нагрузок между пиковыми и основными станциями, о резервировании мощности и т. д. Этот недостаток резко бросается в глаза советскому читателю.

Таким образом первый раздел книги не формулирует требований, которые предъявляются энергоснабжающей системе (бесперебойность, постоянство напряжения, частоты и т. д.), не дает понятия о количественном выражении этих требований, о действующих нормах и мерах борьбы за повышение качества энергоснабжения.

Раздел, посвященный генераторам, трансформаторам и центральным станциям, также содержит лишь поверхностное описание оборудования и схем коммутации. Для характеристики локоничности изложения достаточно указать, что весь раздел тепловых электростанций занимает 1½ стр., описание трансформаторов и схем их защиты 2½ стр.

То же можно сказать и о разделе «Линии передачи» (Übertragungsleitungen), посвященный описанию только механической конструкции и только воздушных линий. Об электрическом расчете линий электропередачи совершенно не упоминается.

Раздел «Подстанции» начинается с выбора наивыгоднейшего плеча питания, после чего идет глава о подстанциях постоянного тока. В этом разделе не формулируются общие требования, которым должны удовлетворять преобразовательные агрегаты подстанций (высокий к. п. д., коэффициент мощности, минимальная пульсация выпрямленного напряжения, независимость выпрямленного напряжения от колебаний напряжения на трехфазной стороне и т. д.), а дается описание типичных по мнению д-ра Захса мотор-генераторных, преобразовательных и выпрямительных подстанций. Описание выпрямительных подстанций заимствовано из фирменных материалов Броун Бовери и Эрликон.

Раздел подстанций постоянного тока, допускающих рекуперацию энергии в трехфазную сеть, написан не плохо, но он представляет собой сплошные выдержки из BBC-Mitteilungen. Известная многократная схема рекуперации Демонтилье вообще не описана. Вопросы защиты линий связи от влияния тяговых токов также не затронуты. Автоматика описана только Броун Бовери, причем общие требования к автоматике тяговых подстанций не формулированы. О телеуправлении тяговыми подстанциями и секционными постами контактной сети нет ни слова.

Раздел книги, посвященный вопросам контактной сети, по своему объему является наиболее полным из всего того, что появилось в последнее десятилетие в заграничной литературе. Его надо считать и лучшим разделом книги.

Но несмотря на свой объем, этот раздел все же не охватывает многих вопросов, которые следовало бы изложить в разделе, озаглавленном «контактная сеть».

Большая часть раздела посвящена конструкциям и механическим расчетам контактных сетей электрических железных дорог, трамваев и троллейбусов. Автор анализирует ветровые отклонения контактного провода как при простой, так и при цепной подвеске, выводит уравнения состояния для простой (трамвайной) подвески и для цепных подвесок различных систем. Автором приводятся методы расчета поперечных тросов для трамвайных сетей и гибких поперечников, методы расчета одиночных деревянных и металлических опор и фундаментов для них (по Фрелиху и Зульцбергу).

Основное внимание уделено автором полукомпенсированной цепной подвеске, а о некоторых других системах, например, о подвеске с транспозицией проводов, даже не упоминается.

В части описания конструкций и методов механического расчета сетей весь раздел книги, несмотря на хорошее изложение, стоит значительно ниже капитального труда по этим вопросам советских инженеров К. Г. Марквардта и И. И. Власова.

В книге Захса совершенно не затронуты вопросы монтажа и эксплуатации контактной сети. Да и в части тех вопросов, которые автором разбираются, можно указать на ряд пробелов: не дается метода расчета консольей, опор с жесткими поперечниками (портальных), оттяжек, якорей для них и т. д.

Нет ни слова о защите контактных сетей от атмосферных и другого рода перенапряжений. Описание автоматических выключателей не увязано с проблемой защиты контактных сетей от коротких замыканий.

Но основным недостатком раздела является принципиально неправильный подход к вопросу в целом. Автор совершенно упускает из виду, что контактная сеть предназначена для передачи энергии электроходвижному составу и что изучение условий взаимодействия при высоких скоростях движения в силу необходимости приводит к комплексному изучению конструкций сети и токоприемников. Отсутствие этой комплексности является большим недостатком книги. А между тем в предисловии к ней говорится, что изданием настоящей книги после издания книги «Электропоезда магистральных железных дорог» охватывается вся область электрической тяги.

Таким образом книга является неполноценным учебником для студентов и не может служить руководством для практиков, хотя и дает хороший иллюстративный материал для лекций и кабинетов проектирования.

С издательской стороны книга оформлена прекрасно, если не считать допущенной разнотипности обозначений на схемах.

В. А. Соловьев, Л. А. Вислоух  
Москва

## НОВЫЕ КНИГИ

**Асинин И. М.** — Расчеты электромагнитных полей (плоскопараллельное поле). Л., ВЭТА, 1939. 164 стр. с чертеж. Ц. 9 руб., перепл. 75 коп.

**Бергер А. Я.** — Водородное охлаждение электрических машин. Л., Энергомашностроит. институт. усовершенствования ИТР. 1939. 36 стр. с иллюстр. Ц. 5 руб.

**Бычков Д. В.** — Электротехника в военно-инженерном деле. М., Военно-инж. акад. им. В. В. Куйбышева. 1939. 328 стр. с иллюстр. Ц. 21 р. 35 к.

**Володин В. С.** — Стакановский метод в дуговой электросварке. Л.—М. Оборонгиз, 1939. 24 стр. Ц. 50 коп.

**Глазунов А. А.** — Электрические сети и системы. Ч. 1. М.—Л., Ред. энергетич. литературы, 1939. 464 стр. с иллюстр. Ц. 7 р. 75 к., перепл. 1 р. 50 к.

**Гофман И. В.** — Организация и планирование энергопроизводства. М.—Л., Гос. энергетич. издательство. 1939. 639 стр. с график. Ц. 10 р. 75 к., перепл. 1 р. 50 к.

**Карпович Е. А.** — Англо-русский электротехнический словарь. 2-е изд., перераб. и дополни. М., Главн. ред. тех. энциклопедий и словарей, 1939. 376 стр. Ц. 12 р. 50 к.

**Киклевич Н. А.** — Практическая электротехника. Ч. 1. Основные законы электротехники и электрические двигатели. Харьков, ГНТИ УССР, 1939. 110 стр. с иллюстр. Ц. 1 р. 50 коп.

**Крапивин В. К.** — Металлические ртутные выпрямители. Материалы конференции курсов по электрохозяйству пром. предприятий. Л., Всес. научно-инж.-техн. о-во энергетики и электросвязи. Секция электропривода. 1939. 24 стр. с иллюстр. Беспл.

**Круг К. А.** — Основы электротехники. Изд. 5-перераб. М.—Л., Ред. энергетич. литературы, 1939. Ч. III. Специальные главы. 276 стр. с чертеж. Ц. 5 руб., перепл. 1 руб. 50 коп.

**Ламтев Н. Н.** — Ремонтно-зарядные аккумуляторные станции. Изд. 2, перераб. и дополни. М.—Л., Оборонгиз. 1939. 264 стр. с иллюстр. Ц. 5 руб.

**Ломоносов В. Ю. и Поливанов К. М.** — Электротехника. Основные понятия. Изд. 2-е, перераб. М.—Л., Ред. энергетич. литературы. 1939. 208 стр. с иллюстр. Ц. 2 р. 40 к., перепл. 60 коп.

**Попов В. К.** — Ближайшие задачи советского электропривода. Материалы конференции — курсов по электрохозяйству пром. предприятий. Л., Всес. научно-инж.-техн. о-во энергетики и электросвязи. Секция электропривода. 1939. 28 стр. Беспл.

Готовится к печати. Подробный технический отчет о строительстве канала Москва — Волга.

Адрес: Бюро технического отчета о строительстве Москва — Волга при ГУЛАГ НКВД СССР, г. Дмитров, Инженерская ул., № 1.

# УКАЗАТЕЛЬ

## статей, помещенных в журнале „Электричество“

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
1937 г.					
Беспощадно уничтожим всех врагов народа Выше бдительность!	13	1	Бегунов И. Н. — Телеуправление освещением улиц	5	41
Днепрогэс, Свирьгэс, Загэс — памятники героической жизни Серго Орджоникидзе	4	2	Бенедикт О. В. — О магнитной индукции в любой точке зубцового деления электрических машин	22	29
Доклад и заключительное слово товарища Сталина на Пленуме ЦК ВКП(б)	4	1	Его же. — Близайшие перспективы 50-периодного коллекторного двигателя	19	24
12 декабря 1937 года	8	1	Его же. — Подсчет пазовых поперечных потоков, вызываемых насыщением в электрических машинах	3	24
Избирательный закон социалистического государства	15	1	Бернштейн Г. С. — Токи тройной частоты, генерируемые трансформаторами в электрических сетях	8	23
К обсуждению проблем третьей пятилетки в области электрификации	11	1	Его же. — Контроль зануляющей проводки	24	29
По-большевистски преодолеть отставание советского высоковольтного аппаратостроения	8	15	Бирюков В. Г. — О задачах электропромышленности СССР в третьей пятилетке	14	2
Против делического подхода к планированию электропромышленности в третьей пятилетке	14	1	Бобов К. С. — Измерение угла $\Theta$ в синхронных машинах и системах	20	36
Речь товарища И. В. Сталина на предвыборном собрании избирателей Сталинского избирательного округа гор. Москвы 11 декабря 1937 года в Большом театре	24	1	Борчанинов Г. С. — Влияние вольтовой дуги на ток к. з. в сегах низкого напряжения	15	35
А. А. Смуроев	9—10	1	Брагин С. М. — Успехи кабельной техники и близайшие задачи кабельного производства	13	2
Сооружение, достойное сталинской эпохи	17—18	1	Брук И. С. — Об определении статической устойчивости синхронной машины	11	28
Торжество ленинских принципов электрификации	3	1	Его же. — К дискуссии о форсировке возбуждения генераторов прокатных станов	24	34
Аверин А. А. — Электроснабжение Московского метрополитена	19	34	Бугринов Е. А. — Соблаженные конструкции закрытых 100 kV распределительных устройств с безмасляной аппаратурой	13	16
Акодис М. М. — Трубчатые разрядники для защиты от грозовых аварий	12	25	Буйлов А. Я. — Распределение напряжения между отдельными разрывами выключателя	22	24
Акопян А. А. — Исследование защитного действия молниеводов на моделях	9—10	20	Его же. — Напряжение и сопротивление дугового промежутка	14	35
Его же. — Защитное действие одиночного стержневого молниеводова	24	11	Булаев Н. М. — Питание однофазным током трехфазного асинхронного электродвигателя конденсатором	12	44
Его же. — Погрешности при измерении высокого напряжения с помощью конденсаторной втулки	11	41	Булгаков Г. В. — Синтетический каучук, как новый материал для изоляции проводов и кабелей	4	3
Аносов В. Н. и Клюшин Г. В. — Практический расчет электронагревателей	23	40	Бургесдорф В. В. — Нагрев проводов воздушных линий электропередач и существующие нормы	17—18	40
Аронов Р. Л. — Распределение температур по сечению цилиндрической катушки	2	29	Бурьянов Б. П. — Испытание масляных выключателей 115 kV на скорость выключения	4	21
Архангельский К. С. — Периодические испытания изоляции распределительных устройств высокого напряжения	15	42	Буткевич Ю. В. и Суслов М. И. — Использование вентильных сеток в ионных приборах	9—10	11
Асташев М. А. — Схемы включения ртутных выпрямителей завода «Электросила» им. С. М. Кирова	7	14	Вальтер И. М. — О скорости восстановления напряжения на контактах выключателей	22	22
Асташев М. А. и Шейндин Н. М. — Принципы автоматизации подстанций с металлическими ртутными выпрямителями	14	6	Вегнер О. Г. — Новый метод регулирования напряжения ионных выпрямителей	3	29
Атабеков Г. И. — Круговые диаграммы токов к. з. и напряжений при наличии трансформации	15	25	Вейц В. И. — Проблема электроэнергетических резервов в третьем пятилетнем плане электрификации	19	1
Его же. — По поводу статьи проф. Хрущова	17—18	54	Его же. — Электрификация народного хозяйства СССР	21	1
Бабат Г. И. — Пути развития ионной электротехники	7	1	Виккер Д. А. — Параллельная работа автоматических регуляторов частоты, активной мощности и регуляторов скорости	4	17
Бабат Г. И. и Кацман Я. А. — Тиатронные преобразователи с улучшенным коэффициентом мощности и тиатронные компенсаторы	4	8	Волькенштейн Ф. Ф. — Электронная проводимость диэлектриков в свете квантовой теории	4	62
Балашинский Г. Л. — Биспиральные лампы накаливания	6	34	Вульф А. А. — Устойчивость параллельной работы сверхдальних электропередач	11	14
Балуев В. К. — Электротехнические средства современных инженерных войск	1	3			
Балыгин И. Е. — Защитное действие противовесов в грозоупорных линиях электропередач	4	43			
Его же. — Волновое сопротивление заземлителей	9—10	25			
Барзам А. Б. — Релейную защиту энергетических систем — на уровень стахановских требований	2	9			

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Гейлер Л. Б. — О переходном режиме асинхронного двигателя при внезапном изменении нагрузки на валу . . . . .	8	35	Земляной М. И. — Экспериментальное определение реактанцев всех трех последовательностей синхронного генератора . . . . .	13	39
Его же. — Против схоластики в области изучения электропривода . . . . .	24	32	Золотарев Т. Л. и Карапулов Н. А. — Гидроэнергетика СССР . . . . .	21	34
Его же. — Форсировка возбуждения генераторов в схеме Леонарда . . . . .	9—10	44	Иванов А. В. — Автоматизация электротяговой подстанции . . . . .	19	28
Его же. — Новая формула для расчета электропривода с маховыми массами . . . . .	22	34	Иванов Н. П. и Брицин М. Л. — Мощные синхронные турбомоторы завода «Электросила» им. Кирова . . . . .	13	20
Гольдфарб Л. С. — Электронный регулятор напряжения постоянного тока . . . . .	16	20	Искаков М. З. — О форсировке возбуждения генераторов в схеме Леонарда . . . . .	20	48
Горев А. А. — Возможности современной электропередачи . . . . .	11	7	Ицхоки Я. С. — Установление напряжения на конденсаторе, питаемом выпрямленным напряжением . . . . .	17—18	47
Горев А. А. и Машкиллесон Л. Е. — Новый импульсный генератор лаборатории им. проф. А. А. Смурова . . . . .	1	18	Каноникин Б. Н. — Профилактические испытания изоляции статорных обмоток работающих генераторов . . . . .	15	37
Городецкий П. Г. — Поведение конденсатора при несинусоидальном напряжении . . . . .	2	22	Кантер А. С. — Реакция якоря в электрических машинах с постоянными магнитами . . . . .	3	7
Его же. — Поведение индуктивного потребителя и компенсация сдвига фаз при несинусоидальном напряжении . . . . .	22	27	Его же. — Размагничивание концов постоянных магнитов под действием реакции якоря . . . . .	20	29
Горянинов Ф. А. — Расчет уравнительных схем машин постоянного тока . . . . .	16	24	Его же. — Электрические машины средней мощности с возбуждением постоянными магнитами . . . . .	13	83
Гохберг С. М. — Использование трехфазных трансформаторов для сварки одним электродом . . . . .	20	49	Карасев В. А. — Возбуждение трансформатора частотой 50 Hz при импульсном испытании . . . . .	11	65
Графтио Г. О. — 10 лет Волховской гэс им. В. И. Ленина . . . . .	1	1	Каялов Г. М. — Определение максимума нагрузки группы произвольных электроприемников . . . . .	9—10	29
Губер Я. М. и Иванов П. Н. — Электропромышленность СССР к двадцатилетию Октября . . . . .	21	18	Кейм А. А. — Схемы счетчиков активной и реактивной энергии для 3- и 4-проводных сетей трехфазного тока . . . . .	14	42
Гутенмакер Л. И. — Непосредственное измерение угла сдвига фаз между э. д. с. и напряжением синхронной машины . . . . .	20	39	Клячкин Л. М. и Михелис Я. Л. — Выпрямители большой мощности завода «Электросила» им. Кирова . . . . .	7	8
Дахнов В. Н. — Применение электричества при геологопоисковых работах . . . . .	17—18	19	Королькова В. И. — Проблема заземления электроустановок 380/220 V . . . . .	2	37
Дроздов А. Д. — Реле с несколькими обмотками и одной рабочей системой . . . . .	20	31	Корсунцев А. В. — Подсобная номограмма для построения электрических полей с осевой симметрией . . . . .	14	50
Дроздов Н. Г. — Статическое электричество, как возможная причина пожаров и взрывов на производстве . . . . .	8	40	Костромитин Н. Н. и Рыжковский И. Я. — Использовать скрытые резервы в энергобезопасности электрических железных дорог . . . . .	6	1
Дроздов В. И. и Кенин И. М. — Падение в дуге металлического ртутного выпрямителя . . . . .	7	16	Кузнецов Б. Г. — Два века русской электротехнической мысли . . . . .	11	45
Дроздов В. И., Кенин И. М. и Петухов Н. Н. — Распределение потенциала в дуге металлического ртутного выпрямителя . . . . .	7	20	Кукель-Краевский С. А. — Единая электроэнергетическая система Европейской части СССР . . . . .	15	2
Дружкина Л. С. и Красилов А. В. — Работа тиатронов на повышенных частотах . . . . .	5	25	Его же. — Некоторые вопросы планирования энергоснабжения и задачи ликвидации последствий вредительства . . . . .	11	8
Дьяков В. и Наумов В. В. — Высоковольтная связь на советских линиях электропередачи . . . . .	19	12	Куценов В. А. и Немченко А. З. — Энергетика и гидро-электромеханическое оборудование Куйбышевских гидростанций . . . . .	17—18	3
Ермолин Н. П. — Круговая диаграмма асинхронных двигателей малой мощности . . . . .	15	14	Левин М. И. — Комплексная погрешность измерительных трансформаторов . . . . .	23	17
Жданов П. С. — Статическая устойчивость протяженных систем электропередачи . . . . .	11	20	Лившиц Б. Г. — Электропровод однозначного тока с ртутным преобразователем . . . . .	19	16
Жебровский С. П. и Попков В. И. — Корона при постоянном напряжении в электротфильтрах . . . . .	20	43	Его же. — Основные задачи проектирования нового подвижного состава для электрических ж. д. . . . .	6	5
Жигарев В. В. и Земляной М. И. — Определение активного сопротивления обратной последовательности по однополюсному к. з. . . . .	9—10	35	Лигоцкий Л. П. — Расчет передачи электроэнергии по железным многопроводочным проводам . . . . .	14	47
Займовский А. С., Денисов П. И., Дроздов Н. Я. и Беркович Е. С. — Улучшение магнитных свойств железо-никель-алюминиевых сплавов . . . . .	20	22	Липштейн Д. Б. и Лехтман Л. Я. — Электрооборудование вагона метро второй очереди . . . . .	2	32
Залышкин М. Д. — Новые схемы коммутации и распределительные устройства мощных электрических станций и подстанций . . . . .	5	7	Майер Р. И. — Регулирование частоты в энергосистемах, как проблема больших чисел . . . . .	20	13
Захарин А. Г., Будзко И. А. — Нелинейные, цепи и вопросы автоматики . . . . .	16	14	Малевинский Б. В. — Разъединители для выключения номинальных токов . . . . .	4	37
Зеликсон Е. Л. — Необходимо повысить генераторное напряжение на электростанциях . . . . .	9—10	39			

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Манькин Э. А. — Расчет реактивности рассеяния трансформаторов с обмотками сложной конструкции . . . . .	24	15	Подольский Л. П. — Заземление нейтрали электросетей 380/220 В. . . . .	13	31
Маркварт Е. Г. — О рассеянии обмоток трансформатора . . . . .	11	60	Попов Е. К. — Синхронизированный электропривод постоянного тока. . . . .	3	16
Его же — Исследование поля рассеяния и расчет реактивного сопротивления трансформаторов . . . . .	16	5	Попов В. К. — Нагрузочные диаграммы асинхронных и шунтовых двигателей постоянного тока. . . . .	15	20
Матвеев А. Л. — Стахановские методы работы и электропотребление промышленности . . . . .	5	1	Его же — За комплексное изучение электропривода. . . . .	24	35
Машкиллейсон Л. Е. и Некрасов М. М. — Лабораторное исследование схем защиты от перенапряжений . . . . .	19	42	Пробст Е. А. — Единый энергетический баланс и использование энергоресурсов СССР. . . . .	24	4
Меерович Э. А. — Стационарное магнитное поле в однородной среде и в присутствии железа . . . . .	15	10	Протопопов Н. И. — Электрифицированные установки искусственного климата. . . . .	2	43
Его же. — Стационарное магнитное поле в однородной среде и в присутствии железа . . . . .	16	13	Пяртман К. И. — Электростатические заряды в трубопроводах. . . . .	17—18	16
Его же. — Полная и раздельные индуктивности рассеяния обмоток при учете насыщения железа . . . . .	11	56	Радовский М. И. — Б. С. Якоби и его работы над проблемой электродвигателя. . . . .	22	45
Меркин Г. Б. — Конденсаторные электродвигатели . . . . .	12	34	Рашковский Л. Г. — Элементы телекоммуникации подстанциями Московского метрополитена . . . . .	6	22
Милях А. Н. — Лаборатория Харьковского электротехнического института . . . . .	16	29	Розенберг Б. И. и Костенко М. В. — Вычисление токов короткого замыкания методом двух и трех точек. . . . .	23	26
Миролюбов Н. Н. — Электростатическое влияние нескольких линий электропередачи на линии связи . . . . .	17—18	44	Рытов Л. И. и Блохин А. И. — Импульсные испытания высоковольтных кабелей. . . . .	8	37
Михайлов В. И. — Электрификация Японии. (1934—1936) . . . . .	12	48	Савельев П. В. — Автоматизация и защита кабельных городских сетей. . . . .	13	6
Его же. — Электрификация Франции в 1935—1936 г. . . . .	1	36	Савостюк М. М. — К столетию электромагнитного телеграфа Морзе (1837—1937). . . . .	7	32
Его же. — Электрификация Японии в 1936 г. . . . .	19	51	Садовский И. М. — Группа асинхронных двигателей в схеме «электрического вала». . . . .	14	33
Морозов Д. П. — Актуальные вопросы электропривода реверсивных обжимных станов . . . . .	20	6	Свечарник Д. В. — Отдача мощности в мостовых и потенциометрических автоматических схемах. . . . .	24	24
Его же. — О пользе «громоздкого интегрирования» дифференциальных уравнений . . . . .	9	10	Сенилов Г. Н. — К расчету магнето. . . . .	3	11
Его же. — Влияние насыщения генератора на переходные режимы двигателя . . . . .	15	28	Семенов П. А. — Ртутьно-струйный турбинный выпрямитель. . . . .	23	35
Муравьева Г. Я. — Импульсные характеристики искровых промежутков при работе в масле . . . . .	3	32	Сирота И. М. — О системе заземлений в электросетях низкого напряжения. . . . .	13	25
Некрасов М. М. и Зайенц С. Л. — Вольтамперные характеристики дерева . . . . .	15	17	Его же — Выбор основных параметров сетей низкого напряжения. . . . .	15	28
Нестеренко А. Д. — К основным определениям в области измерительных трансформаторов . . . . .	6	33	Сиунов Н. С. — Использование трехфазных трансформаторов для сварки одним электродом. . . . .	3	15
Его же. — Трансформаторы Брукса в дифференциальной схеме поверки трансформаторов тока . . . . .	24	27	Скоблина С. И. и Соколов Н. Н. — Тирит. . . . .	8	17
Никитин В. П. и Рабинович И. Я. — Сварочная дуга переменного тока . . . . .	5	81	Смышляев Г. Я. и Махов Н. — Стабильность жидких диэлектриков в электрическом поле. . . . .	1	15
Оleinин А. И. — Угольный поташно-свинцовий аккумулятор . . . . .	4	25	Соловьев С. А. — Параллельная работа трехмоточных трансформаторов с различными характеристиками. . . . .	5	16
Павлов Л. И. — Влияние предварительной ионизации на вольтвременные характеристики . . . . .	14	40	Соколов А. А. — Кислородно-цеизевые фотоэлементы. . . . .	12	11
Пашин М. Ф. — Как рассчитать кенотронную установку. . . . .	23	15	Соколов С. В. — Реле для автоматического защищенного выключения при замыкании на корпус. . . . .	5	38
Перекалин М. А. — Закон Вебера и электрическое поле в движущейся системе . . . . .	4	35	Соловьев В. А. — Распределение сечений контактной сети между подстанциями электрических жел. дор. постоянного тока. . . . .	6	19
Перли С. Б. — Ветроэлектрическая установка для зимовки «Северный полюс». . . . .	16	1	Соловьев Л. Е. — Основные соотношения при двойных замыканиях на землю в разных точках. . . . .	13	45
Петров Г. Н. — Советский инженер-электрик должен быть лучшим в мире. . . . .	21	13	Солтамов Б. С. Д. — Экспериментальное исследование колебаний шин и изоляторов. . . . .	23	21
Петухов Н. Н. — Токи депонизации в металлическом ртутном выпрямителе. . . . .	9—10	16	Спекаков П. И. — Выбор рациональной ширины сближения линий электропередач с линиями связи. . . . .	6	30
Его же — Обратный ток в металлических ртутных выпрямителях . . . . .	7	23	Станиславский Б. И. — Основы теории конденсаторного электродвигателя. . . . .	12	39
Пиотровский Л. М. — Диаграмма токов индукционного двигателя с переменным индуктивным сопротивлением . . . . .	14	23	Староскольский Н. А. — Расчеты тяговых сетей и подстанций при техпроводной системе энергоснабжения. . . . .	6	12
Плюсчин К. Л. — Низковольтная замкнутая сетка в Московской кабельной электросети. . . . .	22	7			

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Стекольников И. С. — Международная конференция по крупным электросистемам высокого напряжения.	22	37	Хрушев В. М. — Действительно ли нужно при расчете сверхтоков учитывать активную составляющую тока нагрузки?	17—18	52
Его же — Работы Академии наук и ВЭИ по изучению молний в 1936 г.	2	1	Его же. — Расчет районных сетей с одним пунктом питания	1	11
Степанов А. Д. и Платонов Е. В. — Дизельэлектрический транспорт в третьей пятилетке	20	1	Его же. — Расчет ударных и переходных токов к. з. методом спрямленной внешней характеристики	5	20
Страхов С. В. — Еще о преобразованиях схем, содержащих э. д. с.	19	48	Цверава Г. К. — Ртутно-выпрямительная установка Днепровского алюминиевого завода	14	10
Суслов М. П. — Постоянный ток на автоматических гидроэлектростанциях мощностью до 10 000 kW	20	10	Чаплыгин А. В. — Куйбышевский гидроэнергетический узел	11	29
Его же. — Автоматические гидроэлектростанции без регулятора скорости	22	14	Чернин А. Б. — Расчет токов двойного замыкания на землю	17—18	30
Его же. — Приборы автоматизации гидроэлектростанций США	1	23	Чернышев М. А. — К проекту ОСТ на условные обозначения, применяемые в электрических схемах автоматики	17—18	56
Его же. — Автоматическая асинхронная гидроэлектростанция Дроп Плен (США)	12	22	Шенфельд К. И. и Сосновская М. С. — Новый способ улучшения коммутации в коллекторных двигателях переменного тока на 50 Hz	3	4
Суслов М. И. — Физические основы действия вентильных сеток в разрядных трубках	9—10	2	Шерман Г. И. — Экономика распределения активных и реактивных мощностей в энергетических системах	2	17
Гареев Б. М. — О величине изб низковольтных электроизоляционных материалов	22	26	Шильдинер Л. М. — Улучшение коммутации однофазного серийного коллекторного двигателя нормальной частоты	13	42
Его же. — Размерности удельных электрических сопротивлений	17—18	50	Шляпашников Б. М. — Схема магистрального электровоза с ионным преобразователем	14	27
Телешевский Б. Е. — Использование индуктивного ваттметрового прибора для автоматического пуска синхронного мотора	23	33	Шницер Л. М. — Трансформаторостроение в СССР	21	44
Толвинский В. А. — Способы опытного определения постоянной самоторможения синхронных генераторов	14	16	Шувалов Н. П. — Применение дугогасящих катушек в московской кабельной сети	16	34
Толвинский В. А. — Электропередача Куйбышев—Москва, как инженерная проблема	7	4	Щуров С. В. — Электрификация сельского хозяйства СССР	21	29
Уайт Д. К. — Применение современных ртутных выпрямителей	20	16	Элькинд Ю. М. — Номограмма для расчета линий электропередачи	9—10	37
Утесский А. М. — Токораспределение в обмотках трансформаторов для ртутных выпрямителей при аварийных режимах	24	20	Эпштейн Г. Л. — Лабораторная база высоковольтной электропромышленности США и Англии	1	28
Филиппович Б. И. — Основные параметры индукционных реле максимального тока	7	26	Его же. — Электропечная промышленность США	8	44
Фридкин П. А. — Дуговые статоры, как электрические аппараты для вращения рабочих машин	8	28	Эрлихман Б. Л. — Электрификация США в 1936 г.	6	37
Его же. — Дуговые статоры как электрические аппараты для вращения рабочих машин	22	17	Янус Р. И. — О стандарте на листовую электротехническую сталь	22	3
Ходоренко А. С. — Малорелейная система телеуправления			Ясинский В. В. — Явления на трансформаторе при работе на цепь с выпрямителем	2	25

1938 г.

Блок коммунистов и беспартийных непобедим  
Если враг не сдается, — его уничтожают.  
К XX годовщине Красной Армии и Военно-  
Морского Флота  
Ко всем рабочим, инженерам, техникам, ко  
всем работникам электростанций, сетей и  
энергосистем. Обращение Всесоюзного со-  
вещания электростанций и сетей НКТП  
14—20 марта 1938 г.  
Научную работу в области электротехники —  
на службу народному хозяйству  
О передаче энергии Куйбышев—Москва по-  
стоянным током  
Основные даты из жизни и деятельности  
проф. В. К. Лебединского  
По-большевистски поднять культуру элек-  
трохозяйства  
Речь товарища Сталина на приеме в Кремле  
работников Высшей школы 17 мая 1938 г.

1	1	Русский народ и электротехника . . . . .	7	2
3	1	Трансформатор — важное звено электрохозяйства . . . . .	12	9
2	1	Электропередача Куйбышев — Москва — дело чести советских электротехников . . . . .	4	4
4	1	Азарьев Д. И. — Поведение электроустановок и устойчивость параллельной работы электрических систем . . . . .	7	59
7	1	Акодис М. М. — Защита подстанций разрядниками . . . . .	3	13
5	14	Акопян А. А. — Защитное действие двойного и многократного стержневых молниевыводов . . . . .	1	22
5	68	Аронович И. С. — О перспективах развития высоковольтных выключателей . . . . .	9	1
3	2	Атабеков Г. И. — Защита сетей с незаземленной нулевой точкой от коротких замыканий . . . . .	6	30

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Бабат Г. И. и Лозинский М. Г. — Закалка стали путем нагрева токами высокой частоты . . . . .	7	24	Горев А. А. — Основные уравнения переходных процессов синхронной машины . . . . .	2	15
Байдак Н. Ф. — Аналитическое выражение намагничивающего тока с учетом гистерезисной петли . . . . .	4	64	Его же. — Электропередача Куйбышев — Москва . . . . .	4	7
Барский С. З. — Некоторые особенности характеристики нагрева асинхронной машины . . . . .	8	38	Голубев А. И. — Новый быстродействующий автоматический выключатель типа ВАБ завода «Электрэсила» им. Кирова . . . . .	8	6
Баумгольц А. И. — Намечаемая схема линий электропередач Куйбышевской межрайонной гидростанции . . . . .	4	18	Городецкий С. С. и Зарин Д. Д. — Изоляция газонаполненного кабеля . . . . .	6	57
Белобрицкий В. М. и Перов А. М. — Нестационарные режимы магнитных насыщенных контуров . . . . .	2	42	Городецкий С. С. и Войденин Н. Н. — Изучение старения изоляции кабелей весьма высокого напряжения . . . . .	10	46
Беляев Б. В. и Шоргин А. П. — Электризация бумаги на печатных машинах . . . . .	6	18	То же. — О конструкции трехжильных кабелей с поясной изоляцией на напряжение 6—10 kV . . . . .	5	33
Беляков А. П. — Повторные разряды от импульсного генератора и молнии . . . . .	9	52	Горохов Н. В. — К изложению векторной диаграммы трехфазной асинхронной безколлекторной машины . . . . .	12	68
Беляков А. П. и Стекольников И. С. — Влияние различных факторов на развитие искрового разряда . . . . .	3	25	Гусев В. В. — Применение тензорной алгебры в расчете скоростей восстановления напряжения на контактах выключателя . . . . .	2	36
Бертинов А. И. — Советское электромашиностроение к XXI годовщине Октября . . . . .	11	1	Гутенмакер Л. И. — Детекторные векторомеры . . . . .	7	47
Бессмертный И. С. — Магистральные системы городских низковольтных электросетей . . . . .	7	5	Его же. — Щитовой прибор для измерения угла сдвига ротора . . . . .	6	60
Бобов К. С. — Компенсаторы падения напряжения в линиях и трансформаторах . . . . .	9	32	Димитрадзе Д. С. — Предварительный выбор мощности электрического локомотива . . . . .	12	37
Богуславский А. В. — Старение и защита трансформаторного масла . . . . .	12	29	Дискуссия по электропередаче Куйбышев — Москва . . . . .	4	19
Бондаревский Д. И. — Новые технические задачи электрического трамвая в СССР . . . . .	10	1	Добкес Г. Ш. — Номограмма для определения изменения напряжения в трансформаторах . . . . .	9	50
Ботвинник М. М. — О влиянии колебаний напряжения возбуждения на малые колебания ротора синхронной машины . . . . .	6	31	Дроздов В. И. — Анодное падение и температура анода металлического ртутного выпрямителя . . . . .	2	47
Брук И. С. и Маркович И. М. — О статической устойчивости сложных электрических систем . . . . .	9	21	Дроздов Н. Г. и Смирнов В. А. — Статические заряды на ремнях трансмиссий . . . . .	3	28
Буйлов А. Я. и Штейнгауз Д. О. — О второй редакции проекта стандарта «Приводы к выключателям высоковольтным» . . . . .	8	13	Жежерин Р. П. — Электронное импеданс-реле . . . . .	8	26
Булгаков А. А. — Пуск и торможение к. з. двигателей под нагрузкой . . . . .	6	23	Жежерин Р. П. и Бабат Г. И. — Физико-технические основания ионно-конвективного генератора . . . . .	1	39
Буткевич Ю. В. — Современное состояние выключательстроения в СССР и за границей . . . . .	6	40	Жданов П. С. — Параллельная компенсация линий электропередачи с помощью насыщенных дросселей . . . . .	5	44
Его же — Развитие высоковольтного аппаратуростроения в СССР и электроизоляционная техника . . . . .	8	1	Земляной М. И. — Сравнение методов определения постоянной самоторможения синхронных генераторов . . . . .	9	39
Его же — Новый тип разъединителя мощности на 6 и 10 kV . . . . .	5	2	Иванов Л. И. — Увеличение селективности искрового промежутка тиристорного разряда . . . . .	6	11
Быков М. А. — Компенсационная схема измерения постоянной времени четырехзаходных малоомных сопротивлений . . . . .	9	27	Изъюров В. А. — Электрическая тяга по системе трехфазного тока низкого напряжения нормальной частоты . . . . .	10	35
Его же. — Измерение остаточной индуктивности малоомных сопротивлений мостом Андерсона . . . . .	12	57	Ицхоки Я. С. — Непрекращающая регистрация импульсных токов с помощью катодного осциллографа . . . . .	12	47
Вайнер А. Л. и Чепулионис В. И. — Экспериментальное исследование термической устойчивости заземлителей . . . . .	9	44	Калантаров А. В. и Краснов П. Л. — Импульсный каскадный разряд на гирляндах изоляторов с защитной арматурой . . . . .	2	29
Валеев Х. С. — Типы разрядов молний и случаи поражений . . . . .	10	57	Калинин Е. В. — Защита от перенапряжений вращающихся машин, работающих на воздушную сеть . . . . .	6	8
Вегнер О. Г. — Современное состояние проблемы вентильных двигателей . . . . .	8	32	Каменский М. Д. — Конфигурация электрических сетей и ее влияние на потери энергии и затраты металла . . . . .	9	18
Ведмидский М. М. — Измерение удельных сопротивлений электроизолирующих материалов . . . . .	6	50	Кантер А. С. — Зажигание двигателя внутреннего сгорания от генератора переменного тока . . . . .	7	42
Владавский М. И. и Байда Л. И. — Новейшие фотоэлектрические приборы для автоматического регулирования и коммутации . . . . .	12	63	Его же. — К характеристике искрового разряда аппаратов зажигания . . . . .	10	39
Герценберг Г. Р. — Электроионный регулятор напряжения для машин переменного тока . . . . .	7	35	Его же. — Проектирование обмоток электромагнитов с полями большой напряженности . . . . .	3	50
	4	43	Карасев В. А. — Нестационарные режимы в сложных системах обмоток . . . . .	1	45

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Ключко И. М. — Построение искусственных характеристик серийного двигателя при универсальном включении . . . . .	3	57	Михайлов В. И. — Основные черты развития электрификации капиталистических стран в 1937/38 г. . . . .	8	41
Кожухов В. К. — Импульсные характеристики изоляторов, покрытых слоем загрязнений . . . . .	3	19	Морозов Д. П. и Козлов П. С. — Квадратичная система возбуждения электрических машин . . . . .	6	45
Коновалов В. Н. Современный троллейбус . . . . .	10	17	Московский трансформаторный завод им. Куйбышева. — Проект инструкции о допустимых перегрузках трансформаторов . . . . .	12	17
Коллегин А. В. — Измерение коэффициента мощности в трехфазных цепях одним ваттметром . . . . .	3	55	Нейфах Г. М. и Суслов М. П. — Контроль частоты и электрические часы с моторчиком Варрена . . . . .	7	54
Корицкий Ю. В. — Влияние перегрузок на срок службы бумажной изоляции трансформаторов . . . . .	12	19	Нестеренко А. Д. — Контроль установок для поверки измерительных трансформаторов . . . . .	5	59
Кудрин С. М. — Устойчивость опоры контактной линии электрических железных дорог . . . . .	4	58	Ойгензихт Д. И. — О размерности электрических и магнитных величин . . . . .	6	25
Кузнецов А. А. — Температурный коэффициент остаточного магнетизма высококоэрцитивного железо-никель-алюминиевого сплава . . . . .	10	43	Орлова В. М. — Сопротивление взаимоиндукции двух однопроводных цепей с землей в качестве обратного провода на косых участках сближения . . . . .	3	47
Кюнер Н. К. — Термическая устойчивость заземлителей . . . . .	10	64	Пансков Н. В., Черноусов П. И. — К выбору способа регулирования напряжения в сетях освещения Дворца Советов СССР . . . . .	11	48
Ларионов А. Н. — Проблема повышения напряжения на зажимах турбогенераторов . . . . .	6	3	Папалекси Н. Д. — Параметрическое генерирование переменных токов . . . . .	11	67
Лебедев С. А. — Анализ искусственной устойчивости генераторов . . . . .	4	31	Перли С. Б. — Опыт эксплуатации ветроэлектрической установки на дрейфующей станции «Северный полюс» . . . . .	11	53
Его же. — Определение импедансов сложных электрических систем . . . . .	12	43	Пистолькорс А. А. — Проблема бесконтактной электрической тяги . . . . .	10	27
Его же. — Замкнутая схема электропередачи Куйбышев—Москва . . . . .	4	14	Подольский Л. П. — К устройству заземлений в плохо проводящих грунтах . . . . .	6	16
Лебединский В. К. — Вариации явления Баркгаузена (ступенчатое намагничивание) . . . . .	5	69	Подопригора А. В. — Измерение малых сопротивлений . . . . .	12	61
Левин М. И. — Измерение малых сопротивлений дифференциальными аппаратами для поверки трансформаторов тока . . . . .	5	65	Поливанов К. М. — Системы единиц мер в электротехнике . . . . .	6	21
Лигоцкий Л. П. — Автоматизация управления уличным освещением . . . . .	4	48	Пономарев Н. Н. — Новый общесоюзный стандарт на электроизмерительные приборы . . . . .	9	14
Лукин А. И. — Телемеханика на канале Москва — Волга . . . . .	2	12	Попков В. И. — Электрическое поле между коронирующими электродами . . . . .	7	65
Его же. — Из опыта автоматизации энергетических сооружений канала Москва — Волга . . . . .	11	43	Потужный А. К. и Фертик С. М. — Затухание волн высокого напряжения в 35 кВ линии . . . . .	1	29
Лютгер Р. А., Ильин А. И., Амбарцумов Т. Г. — Электромашиностроение на заводе «Электросила» им. Кирова в третьей пятилетке . . . . .	11	15	Привезенцев В. А., Зарин Д. Д. и Макаров А. Г. — Кабели с уплотненной жилой . . . . .	6	53
Мажуга В. Д. — Перенапряжения и пусковые токи при прямом пуске синхронных двигателей . . . . .	8	35	Пухов Е. М. — Развитие номограммы Бухгольд—Травника для проверки тяговых электродвигателей на нагрев . . . . .	9	48
Малышев П. Е. и Быков Н. В. — О проекте стандарта на приводы к высоковольтным выключателям . . . . .	9	5	Равич М. Б. и Сарычева А. П. — Использование электросвета и продуктов горения для зимней культуры растений . . . . .	11	77
Тоже. — О проекте стандарта на выключатели высокого напряжения . . . . .	8	15	Радовский М. И. — Исследование Франклина в области электричества . . . . .	9	54
Манойлов В. Е. и Торопов А. К. — Измерение сопротивления заземления подстанции действительными токами к. з. . . . .	12	55	Его же. — Пионер русской электротехники В. Н. Чиколов . . . . .	12	1
Матвеев А. Л. — Нормирование расхода электроэнергии в цехах, обрабатывающих металлы резанием . . . . .	11	57	Его же. — К столетию открытия гальванопластики . . . . .	1	54
Матюхин В. М. — Экспериментальное определение синхронного поперечного реактора . . . . .	6	48	Его же. — Начальный этап учения об электричестве . . . . .	3	58
Машкиллайсон Л. Е. — К проекту стандарта «Выключатели высоковольтные» . . . . .	12	43	Его же. — Дюфе — основатель дуалистической теории электричества . . . . .	4	74
Меерович Э. А. — Расчет переходных электромагнитных процессов символьическим методом . . . . .	3	31	Его же. — Открытие и первые опыты изучения лейденской банки . . . . .	7	70
Меркин Г. Б. — Конденсаторные электрозвоны . . . . .	10	31	Рапота Ф. И. и Козьмин А. П. — Основные принципы автоматизации тепловых электрических станций . . . . .	1	57
Мешель Б. С. — Термическая защита крупных моторов . . . . .	9	41	Рашковский Л. Г. — Единые графические обозначения в схемах автотелеуправления для Дворца Советов СССР . . . . .	8	24
Мирер Я. И. — Защита электрозвозов от атмосферных перенапряжений . . . . .	4	56	Ренне В. Т. и Мухлынин А. В. — Магазины емкости . . . . .	10	54
Миролюбов Н. Н. — Расчет мешающих влияний контактной сети на линии связи . . . . .	3	44	Розенберг Б. И. и Костенко М. В. — Упрощенный метод вычисления токов к. з. и кривые фиктивного времени при автоматическом регулировании напряжения . . . . .	3	56

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Розенберг Б. И. и Костенко М. В.—Кривые фиктивного времени при отсутствии автоматического регулирования напряжения . . . . .	2	22	Толвинский В. А.—К систематике замкнутых якорных обмоток машин постоянного тока . . . . .	5	49
Розенфельд В. Е., Широкогоров Б. Н.—Электрификация железных дорог СССР . . . . .	11	25	Его же.—О шкале напряжений для дальних электропередач . . . . .	9	4
Русаковский Е. А.—Основы нормирования потребления электроэнергии в промышленности СССР . . . . .	2	3	Трехов М. И. и Казин Н. Ф.—Зарациональное использование электроэнергии на автотракторных заводах . . . . .	7	18
Рябов Б. М.—Делитель напряжения из емкостей . . . . .	12	52	Тюрин Н. И.—Некоторые замечания к новому стандарту на электроизмерительные приборы . . . . .	9	17
Савельев П. В.—Модернизация и автоматизация распределительных сетей для электроснабжения средних и мелких промышленных потребителей . . . . .	7	10	Утиц Н. Е., Антошин Н. Н.—Колхозная гидростанция на предстоящей Всесоюзной сельскохозяйственной выставке . . . . .	11	55
Савостюк М. М.—Автоматическая почта с электрическим управлением . . . . .	6	63	Федоров Е. К.—Магнитное поле Арктики . . . . .	3	4
Сазанов П. И.—Автоматический магнитный осциллограф ВЭИ . . . . .	2	39	Франкфурт Я. Л.—Методы рационализации и нормирования потребления электроэнергии при прокатке черных металлов . . . . .	5	18
Сазанов П. И.—Экспериментальное исследование статической и искусственной устойчивости в электросистемах . . . . .	4	37	Фридкин П. А.—Прибор для измерения, наблюдения и регистрации зазора в электрических машинах переменного тока . . . . .	7	52
Сазонов Н. А.—Электричество в сельском хозяйстве СССР . . . . .	11	32	Хавин Н. З. и Аврущенко М. А.—Практика изучения электротравматизма и выводы . . . . .	11	60
Сапожников Б. М.—Техника и задачи советского троллейбусостроения . . . . .	11	38	Червоненкис Я. М.—Возможности передачи энергии Куйбышевской ГЭС постоянным током высокого напряжения . . . . .	5	6
Сицкая Р. М., Александрийская Л. Н., Корицкий Ю. В. и Скипетров В. В.—Получение изоляционных масел большой стабильности с малыми диэлектрическими потерями . . . . .	12	34	Чуваев С. Н.—Аналитические методы исследования рабочего процесса магнето . . . . .	7	56
Соколов С. В.—Автоматическое защитное выключение в электрических ручных инструментах . . . . .	4	53	Шатален М. А. и Миткевич В. Ф.—Памяти В. К. Лебединского . . . . .	5	67
Соловьев В. А.—Сто лет электрической тяги . . . . .	10	5	Шатален М. А. и Шмуклер С. Л.—Номинальные напряжения трехфазного тока 50 Hz . . . . .	12	42
Сотсков Б. С.—Графический метод интегрирования уравнения типа $O = ai_e + c \frac{di}{dt}$ . . . . .	8	37	Шенфер К. И.—Высоковольтные генераторы переменного тока . . . . .	6	1
Стекольников И. С., Мякишев И. Н.—Положительный разряд молнии . . . . .	11	65	Шершов С. Ф.—Рационализация потребления энергии в электротермических процессах . . . . .	3	5
Стекольников И. С. и Валеев Х. С.—Работы Энергетического института Академии наук СССР и ВЭИ по изучению молний в 1937 г. . . . .	1	11	Шницер Л. М.—Допустимая перегрузка трансформатора . . . . .	1	3
Стекольников И. С. и Ламдон А. А.—Измерение ферромагнитными регистраторами токов молний в энергосистемах СССР . . . . .	5	29	Его же.—Еще о допустимой перегрузке трансформаторов . . . . .	12	10
Суслов М. П. и Горюков А. С.—Условные обозначения в электрических схемах автоматики . . . . .	6	26	Штурман Г. И.—К теории однофазных асинхронных машин . . . . .	9	35
Суслов М. П. и Лукин А. И.—Вопросы автоматизации гидроэлектрических станций . . . . .	1	61	Щукин Б. К.—О статье М. П. Суслова и А. С. Горюкова Условные обозначения в электрических схемах автоматики . . . . .	6	29
Сыромятников И. А.—Определение потерь синхронного генератора методом выбега . . . . .	4	67	Эбин Л. Е.—Стационарная температура заземлителей . . . . .	10	66
Талалай Б. А.—Прибор для дистанционного наблюдения за коммутацией . . . . .	4	50	Завод «Электроаппарат»—Проект стандарта «Выключатели высоковольтные» . . . . .	8	16
Тареев Б. М.—Проблема теплостойкой изоляции в электрических машинах . . . . .	12	5	Его же.—Проект стандарта «Приводы к выключателям высоковольтным» . . . . .	9	6
Тихомиров П. М.—Исследование теплопередач в обмотках трансформаторов . . . . .	12	24	Эрлихман Б. Л.—Электрификация и электростроительство Германии . . . . .	4	69
Тишкун К. Е.—Новый метод определения пролета между опорами линии электропередачи . . . . .	1	52	Юдицкий С. Б.—Расчет рассеяния головок зубцов машин постоянного тока . . . . .	3	52
			Его же.—Смазка коллектора и пропитка щеток электрических машин . . . . .	7	69
			Его же.—Безреостатный пуск двигателей постоянного тока . . . . .	12	65

1939 г.

Борьба за культуру на электростанциях и в электропромышленности СССР! . . . . .  
Великому продолжателю дела Ленина — товарищу Сталину . . . . .  
Великое, непобедимое знамя Маркса — Энгельса — Ленина — Сталина . . . . .  
Великая клятва выполнена . . . . .

XVIII съезд ВКП(б) и третья сталинская пятилетка . . . . .  
Всенародный смотр побед социалистического сельского хозяйства . . . . .  
Высокая награда, обязывает, товарищи энергетики!

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Лено Ленина — Сталина восторжествует во всем мире! . . . . .	3	1	Бернштейн Г. С. — Соединение трехстержневого трансформатора по схеме звезда — звезда . . . . .	6	65
культура в производстве и эксплоатации ртутных выпрямителей . . . . .	2	16	Бертинов А. И. — Электрические машины с водородным охлаждением . . . . .	2	26
передовую науку и технику — на службу третьей сталинской пятилетке . . . . .	4	1	Бессмертный И. С. — Проектирование низковольтных электросетей с учетом эффективности затрат меди . . . . .	10—11	69
3 лет воли Герца . . . . .	5	45	Брагин С. М. — Новое в развитии кабельной техники . . . . .	10—11	11
Стали и электрификация СССР . . . . .	12	2	Его же. — Тепловое моделирование электрических кабелей . . . . .	7	40
ерьезное внимание релейной технике, автоматике и телемеханике в энергосистемах. Общественно-технический просмотр проекта шкалы напряжения . . . . .	9	1	Брук И. С. и Маркович И. М. — Еще о критерии статической устойчивости сложных электрических систем (ответ инж. Н. С. Надель) . . . . .	10—11	62
ретий пятилетний план развития народного хозяйства СССР (1938—1942 гг.). Тезисы доклада тов. Молотова на XVIII съезде ВКП(б), одобренные в основном Политбюро ЦК ВКП(б) . . . . .	10—11	77	Будзко И. А. и Горяинов Ф. А. — Самовозбуждающийся асинхронный генератор . . . . .	8	30
Шире дорогу новаторам советской электротехники . . . . .	2	1	Буйлов А. Я. — Гашение дуги при наличии импульсного дутья . . . . .	9	59
<b>Михаил Васильевич Шулейкин</b> . . . . .	7	1	Его же. — Еще об опытах по гашению дуги при импульсном дутье . . . . .	12	28
Электроэнергетика СССР перед новыми задачами . . . . .	9	4	Бургдорф В. В. — Горные грозы и их особенности . . . . .	1	37
Айзенберг Б. Л., Карасик М. Н. и Медведский Н. И. — Новое в строительстве городских электрических сетей . . . . .	1	2	Буткевич Ю. В. — Высоковольтная коммутационная аппаратура в третьей пятилетке . . . . .	12	19
Акаловский И. В. — Режим высокочастотной электропечи с ламповым генератором . . . . .	7	49	Вайнтруб П. М. — Об определении коэффициентов продольного поперечного намагничивания в синхронных машинах . . . . .	3	67
Акодис М. М. — Стандарт на высоковольтные выключатели и требования эксплуатации . . . . .	10—11	36	Вартельский В. Е. — Измерение электрических величин с помощью тиатрона . . . . .	7	29
Его же. — О гашении дуги при наличии импульсного дутья . . . . .	2	70	Вейц Б. И. — Некоторые особенности нового развития электроэнергетики в капиталистических странах . . . . .	8	46
Его же. — Требования эксплуатации энергосистем к масляным выключателям . . . . .	12	25	Веников В. А. — Моделирование электрических систем при помощи врашающихся машин . . . . .	9	48
Акопян А. А. — Влияние формы импульсной волны на разрядное напряжение изоляции . . . . .	12	22	Вешеневский С. Н. — Об электромеханических расчетах для приводов . . . . .	1	62
Алексеев В. М. — Электрооборудование современных военных кораблей . . . . .	3	55	Вешнег В. Г. — Электроэнергетика в выставочных павильонах СССР и США . . . . .	6	54
Его же. — Электрооборудование современных военных кораблей . . . . .	5	30	Винников Е. К. — Испытание подвесных высоковольтных изоляторов . . . . .	6	66
Альбрэндт Р. Э. — Основы расчета электростатических измерительных приборов . . . . .	10—11	40	Волков Н. В. — Новый разъединитель мощности . . . . .	5	20
Андронов К. А. и Варденбург А. К. — Советы — негорючие изолирующие жидкости для трансформаторов . . . . .	9	70	Воскресенский А. А. и Воскресенский Н. А. — Контуровое реле для дистанционной защиты линий электропередачи . . . . .	9	22
Апаков Б. П. — Опытное исследование добавочных потерь в асинхронных двигателях . . . . .	12	55	Вульф А. А. и Щербачев О. В. — Передача энергии на сверхдальние расстояния по компенсированным линиям . . . . .	10—11	52
Его же. — К расчету нагрева электродвигателей при повторно-кратковременной работе . . . . .	5	52	Галкин Ю. М. — Производство автогенераторного электрооборудования и задачи исследовательской работы в СССР . . . . .	3	14
Аркадьев В. К. — Магнитный спектр как одно из технических условий на трансформаторную сталь . . . . .	8	60	Гейлер Л. Б. — Прогресс современной техники электропривода . . . . .	4	13
Аронов Р. Л. — Основы проектирования электрических аппаратов минимального веса . . . . .	3	39	Герц Генрих. — О лучах электрической силы . . . . .	5	47
Аронович И. С. и Холявский Г. Б. — Ответ завода «Электроаппарат» . . . . .	1	52	Герценштейн И. Г. — Нагрев силовых кабелей в трубах и действующие нормы . . . . .	9	43
Архангельский К. С. и Власов А. Н. — Индикатор частичных разрядов . . . . .	2	73	Герценштейн М. Г. и Соколова С. Л. — Масляные и соловьи конденсаторы . . . . .	3	35
Бабат Г. И. и Лозинский М. Г. — Концентраторы вихревых токов для зонального нагрева стальных изделий . . . . .	1	48	Гессен В. Ю. — О специальной схеме для испытаний высоковольтных выключателей на разрывную мощность (статья и дискуссия) . . . . .	12	31
Башук И. Ф. — Конденсаторные двигатели в применении к электрической тяге . . . . .	4	49	Гильтес Г. И. и Кукеков Г. А. — Выключатель для управления высокочастотной закалочной установкой . . . . .	5	53
Белаш П. М. — К вопросу о теории моделирования в электротехнике . . . . .	6	45	Гинзбург С. А. — Частотно-импульсное телеметрическое измерение . . . . .	9	34
Беляков А. П. — Зоны защиты двух заземленных антенн или тросов различной степени защищенности . . . . .	9	46	Его же. — Суммирование показаний мощности . . . . .	9	38
Его же. — Максимальная вероятность поражения объекта при защите одиночным стержневым молниезащитой . . . . .	8	59	Глебович А. А. — Регулятор напряжения и числа оборотов для колхозных гидроэлектростанций . . . . .	8	26
Вологодская областная научная библиотека	10—11	99	www.booksite.ru		

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Глотовский С. А. — Передвижная электростанция для нужд лесоразработок . . . . .	5	49	Иванов В. И. — Быстроотзывающиеся возбудители для синхронных гидрогенераторов . . . . .	2	50
Гольдберг Ф. Я. — Распределение электроэнергии по системе шинных сборок . . . . .	5	24	Иванов Л. Л. — Возможный метод расчета и измерения электрической мощности . . . . .	8	67
Его же. — Скоростной монтаж внутришаховых сетей по системе шинных распределительных сборок . . . . .	10—11	94	Ивянский Э. Б. — Экономика перевода городских электросетей на 380/220 В . . . . .	1	17
Гольдберг Г. И. — Современное автомобильное электрооборудование . . . . .	3	5	Иоффе А. Б. — Расчет устойчивости тяговых двигателей к нестационарным коммутационным режимам . . . . .	9	64
Гольдфарб Л. С. и Герценберг Г. Р. — Определение гармоник тона и напряжения в электрических цепях, содержащих железо. Городской Д. А. — Исследование условий синхронизации машин . . . . .	1	64	Иоффе А. Ф. — Полупроводники в современной физике и технике . . . . .	6	5
Горшков П. И. — Новые виды резиновой и каучукоподобной изоляции для кабелей и проводов . . . . .	10—11	57	Каган-Шабшай Я. Ф. — Закон Джоуля-Ленца — как следствие закона Ома и 1-го закона Кирхгофа . . . . .	12	57
Горюнов П. Н. — Схема для испытания ферромагнитных материалов . . . . .	3	30	Казанцев И. Н. — Учет механических потерь в уравнении движения электропривода . . . . .	9	62
Грасман А. А. — Измерение неэлектрических величин пьезоэлектрическим методом. Гун Л. А., Осипов Н. И., Устинов К. А. — Советские шлейфовые осциллографы . . . . .	7	63	Казин Н. Ф. и Трехов М. И. — За рациональное использование электроэнергии на автотракторных заводах . . . . .	8	41
Гутенмакер Л. И. — Магнитодинамический векторметр . . . . .	9	68	Каменский М. Д. — О методах расчета замкнутых сетей с различными напряжениями . . . . .	10—11	92
Дементьев Ф. А. — Изменение сопротивления изоляции обмоток машин с температурой . . . . .	7	25	Каменцев М. В. — Электропечь типа Эчесона для получения карбида кремния . . . . .	9	72
Демидович С. В., Динник А. А., Коновалов В. Н. и Кухевич Г. М. — Электротневматические блокировки безопасности на электровозах . . . . .	6	64	Кантер А. С. — О некоторых особенностях машин с возбуждением постоянными магнитами . . . . .	2	37
Егоров С. Г. — Основные вопросы проектирования городских питательных и распределительных электросетей. Дискуссия о проектировании городских электросетей . . . . .	10—11	104	Его же. — Диаграмма тока к. з. в машинах с возбуждением постоянными магнитами . . . . .	8	62
Жук С. Я. — Великий строитель . . . . .	12	7	Каноныкин Б. Н. и Шишман Д. В. — Исследование скользящего разряда в масле. Каплан В. В. и Холяевский Г. Б. — Гидромеханический расчет быстродействующих высоковольтных выключателей с принудительным дутьем масла . . . . .	7	67
Завадовская Е. К. — Разогрев трансформатора с охлажденным маслом . . . . .	8	66	Карпович Е. А. — Высокочастотные характеристики линий электропередачи . . . . .	12	39
Завалишин Д. А. — Ионный преобразователь частоты для регулирования скорости асинхронных двигателей . . . . .	4	28	Карташов Г. К. — Основные вопросы электротехнического оборудования Дворца Советов . . . . .	9	16
Захарин А. Г. — О системе электроснабжения сельскохозяйственных районов Заполярья . . . . .	8	8	Кейм А. А. — Рациональное использование потенциометра при поверке ваттметров . . . . .	10—11	3
Захарин А. Г. и Будзко И. А. — Смешанная система распределения электроэнергии в сельскохозяйственных районах . . . . .	1	21	Кестнер Е. Г. — Я. Ф. Каган-Шабшай . . . . .	7	66
Тоже. — Автоматический регулятор напряжения на антрацефах трансформатора . . . . .	9	60	Кляцкин И. Г. — Генрих Герц и современная радиотехника . . . . .	5	48
Зборовский Н. Б. — Опыт электрификации колхоза «Коммунист» . . . . .	8	11	Коллегин А. В. — Учет $\cos \varphi$ измерением комплекса активной и реактивной энергии. Комар В. Г. — Новая схема зажигания игнитронов с насыщенными дросселями . . . . .	6	48
Зенигородский И. С. — Уплотнение линий связи в телемеханике . . . . .	2	64	Комар Е. Г. — Турбогенераторы третьей пятилетки . . . . .	7	53
Зейлидзон Е. Д. — Направление развития релейной защиты . . . . .	9	9	Корицкий Ю. В. — Определение опасной степени старения изоляции трансформаторов . . . . .	2	22
Его же. — Высокочастотная защита сетей высокого напряжения . . . . .	9	10	Костенко М. В. — Метод подкасагельной в применении к расчетам перенапряжений . . . . .	10—11	7
Зингерман А. С. — Сопротивление тела контакта . . . . .	6	67	Его же. — Вычисление перенапряжений в установках с многократными отражениями. Костин Б. В. — Новое об униполлярной индукции . . . . .	4	45
Златев Н. А. — За рационализацию проектирования электроснабжения промпредприятий . . . . .	1	13	Его же. — Новый униполлярный генератор. Котова Л. Ф. и Филипович Б. И. — Скорость регулирования и устойчивость резостатно-импульсного регулятора напряжения . . . . .	1	43
Иванов А. А. — Расчет постоянных магнитов для возбуждения генераторов постоянного тока . . . . .	2	39	Кравчук М. В. — Третья пятилетка и вопросы автотракторного электрооборудования . . . . .	12	108
Его же. — Реакция якоря в машинах постоянного тока с постоянными магнитами . . . . .	8	65	Красин А. К. — Работа масляного выключателя ВМ-14 в условиях низких температур . . . . .	2	33
Иванов В. П. — О руководящих указаниях для проектирования городских электрических сетей трехфазного тока . . . . .	3	45	Краснов В. С. — Электромеханизация животноводческих хозяйств . . . . .	1	55

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.
Крапивин В. К. — Современные ртутные выпрямители . . . . .	6	15	Надель Н. С. — О критерии Брука-Марковича для статической устойчивости . . .	10—11	60
Кротова В. И. — Точность учета реактивной энергии однофазным счетчиком активной энергии . . . . .	7	55	Некрасов М. М. и Стальнов П. В. — Методика получения и осциллографирования коротких волн . . . . .	7	65
Кукель-Краевский С. А. и Месяц А. Н. — Режимные характеристики тэц и их практическое применение . . . . .	10—11	94	Неменов Л. М. и Хургин Я. Л. — Установки для расщепления атомных ядер.	10—11	81
Кунецкий Н. П. — Построение диаграмм нагрузки и скорости двигателей кривошипных механизмов . . . . .	8	61	Нестеренко А. Д. — Измерение нагрузки измерительных трансформаторов . . .	7	60
Куренев С. И., Гашев М. А. и Еремеев А. С. — Выравнивание неодинаковой нагрузки фаз в трехфазной системе . .	3	63	Никитин В. П. — Задачи развития электрической сварки в СССР . . . . .	7	8
Ламдон А. А. — Измерения ферромагнитными регистраторами токов молний в 1938 г. . . . .	7	36	Орлов А. М. — Номограмма для определения составляющих обобщенного уравнения моментов электропривода . . . . .	5	43
Ламтев Н. Н. — Гастон-Планте . . . . .	6	52	Пайкин Э. М. — Современные тенденции в области электрического зажигания . . .	8	35
Его же. — Аккумуляторная техника и электрооборудование автомобилей . . . . .	10—11	17	Первухин М. Г. — К новому подъему в работе электростанций и электропромышленности СССР . . . . .	6	3
Лебедев М. М. — К проекту стандартной шкалы напряжений . . . . .	10—11	79	Петров Н. И. — Регулятор напряжения с применением дросселей насыщения и купроксовых выпрямителей . . . . .	8	29
Лебедев Б. П. — Нормирование перегрузки трансформаторов . . . . .	4	40	Петров Е. Г. — Проблема электрификации орошения в Заволжье . . . . .	8	13
Лебедев С. А. — Объединение станций при расчетах статической устойчивости . .	12	14	Петухов Н. Н. и Дроздов В. И. — Условия разрыва дуги металлического ртутного выпрямителя . . . . .	6	27
Левинсон А. З. и Дунаев Ю. А. — Мощные меднозакисные выпрямители . .	6	10	Погожев С. А. — Расчет постоянных магнитов колцеобразной формы . . . . .	8	63
Линниченко Н. Н. — Автоматическое резервирование с применением грузового привода . . . . .	12	51	Покрас И. И. — Комплектные распределительные устройства . . . . .	5	17
Листов П. Н. — Электротрактор . . . . .	8	20	Прохоров А. И. — Емкостный эффект линий и динамическая устойчивость электрических систем . . . . .	2	40
Лихачев М. М. — Электрохимическая очистка воды для аккумуляторных батарей . .	3	26	Пяртман К. И. — Деионизация газов, движущихся в трубах из изолирующего материала . . . . .	1	51
Лукин А. И. — Методы построения схем автоматики гидроэлектростанций . . . .	2	57	Райнес Р. Л. — Телемеханизация энергосистем . . . . .	9	26
Малевичинский Б. В. — Приборы для регистрации давления в масляных выключателях . . . . .	12	35	Радовский М. И. — Ломоносов и его исследования в области атмосферного электричества . . . . .	1	69
Мантров М. И. — Поле высоковольтного ввода . . . . .	12	53	Его же. — Генрих Герц . . . . .	5	45
Марквардт В. Г. и Марквардт Г. Г. — Расчет цепной подвески для троллейбуса . .	10—11	102	Его же. — К 150-летию со дня рождения Ома . . . . .	12	58
Меерович Э. А. — Операторский метод решения краевых задач электротехники . .	9	53	Рождественский В. Т. — Современные методы определения потерь энергии в электросетях . . . . .	3	50
Его же. — Операторный метод решения краевых задач электротехники . . . . .	10—11	63	Руснаковский Е. А. — Рационализация электропотребления в промышленности . .	5	10
Медведев С. К. и Пинес М. Н. — Схема измерений диэлектрических потерь конденсаторов . . . . .	7	61	Руцкий А. И. — Расчет поля гиперболических цилиндров методом конформных отображений . . . . .	8	69
Милях А. Н. — Обобщенный метод трансформации электрических цепей . . . . .	9	57	Рябинин З. С. — Некоторые вопросы безопасности в установках электролиза алюминия . . . . .	12	56
Миролюбов Н. И. — Применение операторного исчисления к расчету линий электропередач и линий связи значительной протяженности . . . . .	10—11	46	Сазонов Н. А. — Электрификация сельского хозяйства в районах ирригации Заволжья . . . . .	8	3
Миролюбов Н. И. и Щербачев Н. В. — Расчет компенсированных линий электропередачи . . . . .	10—11	49	Сапиро Л. И. — Уроки одной аварии . . . . .	3	54
Михайлов В. И. — Энергетические ресурсы и электрификация Западной Украины и Западной Белоруссии . . . . .	12	9	Свенчанский А. Д. — Рабочие характеристики дуговых электропечей . . . . .	10—11	32
Монаселидзе Р. М. — О системе Леонарда и контактном управлении для наиминого устройства черновых прокатных станов . . . . .	7	67	Светлов П. А. — О некоторых задачах электрификации железных дорог СССР . .	6	38
Мондрус Д. В. — Распределение плотности тока в теле, нагреваемом индукционным способом . . . . .	5	54	Сердинов С. М. — Электрификация железных дорог СССР . . . . .	6	31
Москвитин А. И. — Работа притяжения постоянных магнитов . . . . .	1	58	Славинин М. И. и Сегал Е. И. — Замкнутая сеть низкого напряжения Дворца Советов . . . . .	7	43
Его же. — Электрический отбойный молоток для угольной промышленности . . . . .	4	23	Смолько И. О. и Иосифов А. А. — Передвижные электростанции в сельском хозяйстве . . . . .	8	23
Его же. — Экспериментальное исследование работы притяжения постоянного магнита . .	10—11	100	Спеваков П. И. — К проектированию сетей зануления в силовых установках . . . . .	8	69
Миткевич В. Ф. и Радовский М. И. — Александр Степанович Попов — изобретатель радио . . . . .	7	5	Степанов В. Н. — Замечания по проекту руководящих указаний для проектирования городских электросетей . . . . .	4	55

Авторы и названия статей	№ журн.	Стр.	Авторы и названия статей	№ журн.	Ст.
Степанов В. Г. — О природе коммутационного тока и величине емкости коммутирующего конденсатора в инверторе . . . . .	10-11	107	Его же. — Время возврата индукционных реле . . . . .	9	4
Стекольников И. С. — Об искре и молнии . . . . .	1	32	Фингер Л. М. — Опыт внедрения 380/220 В в городских электросетях . . . . .	1	11
Тепер Д. Я. — Определение токов к. з. на модели генератора . . . . .	9	51	Фойман А. И. — Тенденция развития современного электроприборостроения за границей . . . . .	7	14
Геплоэлектропроект. Северо-Западное отделение — О проекте стандарта «Номинальные напряжения стационарных установок сильного тока» . . . . .	1	28	Фрумкин Е. А. — Маскировочное освещение и проектирование электросетей . . . . .	7	52
То же.—Проект общесоюзного стандарта «Номинальные напряжения стационарных установок сильного тока» . . . . .	1	30	Ходоренко А. С.—Унификация электроаппаратуры централизованного управления . . . . .	7	53
Тихменев Б. Н. и Чекмарев Н. О. — Опытный электровоз однофазного тока 50 Hz	6	43	Цверава Г. К. — Рационализация потребления энергии в электролизных установках . . . . .	2	61
Тихонов В. П. — Прокладка проводов в коробах . . . . .	5	27	Его же. — Из опыта эксплоатации советских мощных ртутных выпрямителей . . . . .	6	24
Тишкин К. Е. — О новом методе определения максимально-допустимого пролета линии электропередачи . . . . .	5	58	Цейров Е. М. — Гашение дуги в газогенерирующих гасительных камерах . . . . .	12	43
Товстопалов А. И., Морозов Д. П., Голован А. Т. — Проблемы развития электропривода в третьей пятилетке . . . . .	4	8	Чернин А. Б. — Расчеты токов двойного замыкания на землю в сети с заземленной нейтралью . . . . .	5	33
Толвинский В. А. — Практические критерии статической устойчивости электропередачи . . . . .	2	45	Чеснов М. А.—Технические проблемы промышленной электротермии . . . . .	10-11	26
Троицкий Б. В. — Мингичаур . . . . .	3	43	Ченцов М. А. и Смелянский Я. М.—Расчет нагревательных элементов электрических печей сопротивления . . . . .	8	57
Троицкий Б. В. — Гидрогенераторы 100, 150 и 200 MW для Куйбышевской гэс . . . . .	4	4	Чубаров А. Н. — Электроосвещение комбайнов при ночной работе . . . . .	8	22
Труханов А. А. — Освещение Дворца Советов СССР и научная база проектирования . . . . .	5	3	Чуваев С. Н. — Аналитические методы исследования рабочего процесса магнето . . . . .	3	19
Туманов Р. Б. — Исследование потенциала искрообразования на электродах свечи . . . . .	3	23	Его же. — Расчет постоянных магнитов с максимальным использованием энергии . . . . .	6	69
Туманишилли Д. Г. — Некоторые вопросы классификации в электроприводе . . . . .	4	33	Чусов П. П. и Панов А. В.—Задачи советского трансформаторостроения в третьей пятилетке . . . . .	4	35
Уайт Д. К. — Шестиганодный мощный игнайtron советского производства . . . . .	2	17	Шателен М. А. — Система единиц Джорджи . . . . .	3	66
Его же. — Обратные зажигания в высоковольтных ртутных приборах низкого давления . . . . .	6	29	Шателен М. А., Яковлев С. А. и Тоде Ж. В. — О замечаниях инж. М. М. Лебедева по проекту стандартной шкалы напряжений . . . . .	10-11	80
Уайт Д. К. и Ригрод В. В. — Сварочный игнайtron большой мощности . . . . .	2	19	Шац Е. Л. — Заземления для грозозащитных устройств на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке . . . . .	8	33
Ульянов С. А. и Швагер В. Я. — Одновременные замыкания на землю в двух точках электрической сети . . . . .	5	38	Шварцман С. Б. и Якуб Ю. А. — Выбор рациональных форм сечения шин на токи 6000—8000 A . . . . .	12	16
То же.—Вычисление токов к. з. с учетом действия автоматических регуляторов напряжения . . . . .	10-11	95	Шильдинер Л. М. — Новый вариант улучшения коммутации однофазного серийного коллекторного двигателя на 50 Hz . . . . .	6	63
Файбисович И. Л. — Автоматическое включение трансформаторов на параллельную работу . . . . .	2	66	Широкогоров Б. Н. — О работах по однофазному двигателю 50 Hz для электрических железных дорог . . . . .	6	40
Файнбом И. Б. — Александр Григорьевич Столетов . . . . .	10-11	87	Шкловский М. И. — Расчет кольцевого магнита . . . . .	9	71
Фертик С. М. — Геометрия высоковольтного конденсатора . . . . .	5	56	Шницер Л. М. — Отклики на статьи о перегрузке трансформаторов . . . . .	4	48
Филимонов И. А. — Поднять советское электроприборостроение . . . . .	7	12	Шнаглер А. Л. — Регулятор напряжения с короткозамкнутой катушкой . . . . .	10-11	166
Филипович Б. И. — Метод расчета врачающего момента индукционных систем с круглым диском . . . . .	7	56	Штейнберг С. В. — Привод с возвратом энергии для сверхбыстрого повторного включения . . . . .	12	47
			Шулейкин М. В.—Изобретение радио А. С. Поповым . . . . .		9
					6

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.	
Беликову продолжателю дела Ленина — товарищу Сталину . . . . .	1	Будлов А. Я.— Еще об опытах по гашению дуги при импульсном дутье . . . . .
Сталин и электрификация СССР . . . . .	2	Гессен В. Ю.— О специальной схеме для испытаний высоковольтных выключателей на разрывную мощ- ность . . . . .
Жук С. Я.— Великий строитель . . . . .	7	Малевинский Б. В.— Приборы для регистрации давления в масляных выключателях . . . . .
Михайлова В. И.— Энергетические ресурсы и электрифи- кация Западной Украины и Западной Белоруссии	9	Каплан В. В. и Холявский Г. Б.— Гидромеханический расчет быстродействующих высоковольтных выклю- чателей с принудительным дутьем масла . . . . .
Лебедев С. А.— Объединение станций при расчетах ста- тической устойчивости . . . . .	14	Цейров Е. М.— Гашение дуги в газогенерирующих гаси- тельных камерах . . . . .
Шварцман С. Б. и Якуб Ю. А.— Выбор рациональных форм сечения шин на токи 6000—8000 А . . . . .	16	Из работ советских электротехников . . . . .
Буткевич Ю. В.— Высоковольтная коммутационная ап- паратура в третьей пятилетке . . . . .	19	Радовский М. И.— К 150-летию со дня рождения Ома .
Акодис М. М.— Требования эксплуатации энергосистем к масляным выключателям . . . . .	22	Рефераты . . . . .
Акодис М. М.— О гашении дуги при наличии импульс- ного дутья . . . . .	25	Библиография . . . . .
		Указатель статей 1937, 1938, 1939 гг. . . . .

**ИЗДАТЕЛЬ Госэнергоиздат НКЭП**

Зав. редакцией М. Г. Башкова. Техн. ред. С. К. Курапов

Отв. редактор Я. А. КЛИМОВИЦКИЙ

Сдано в набор 14/XII 1939 г.

Подписано к печати 28/I 1940 г.

Печ. л. 10,5. Авт. л. 14.

Уполн. Главлита А-21559.

В 1 п. л. 60307 зн.

Стат. формат 60 × 92<sup>1</sup>/<sub>8</sub> д. л.

Заказ 2903

Тираж 10 000 экз.

13-я тип. ОГИЗа РСФСР треста «Полиграфкнига». Москва, Денисовский, 30.

•  
**Технические камни  
для электрических  
счетчиков и измери-  
тельных приборов.**

**SWISS JEWEL Co. S.A.  
LOCARNO (Швейцария)**



•  
Необработанные синтетические драгоценные камни

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли. При выписке каталогов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала.

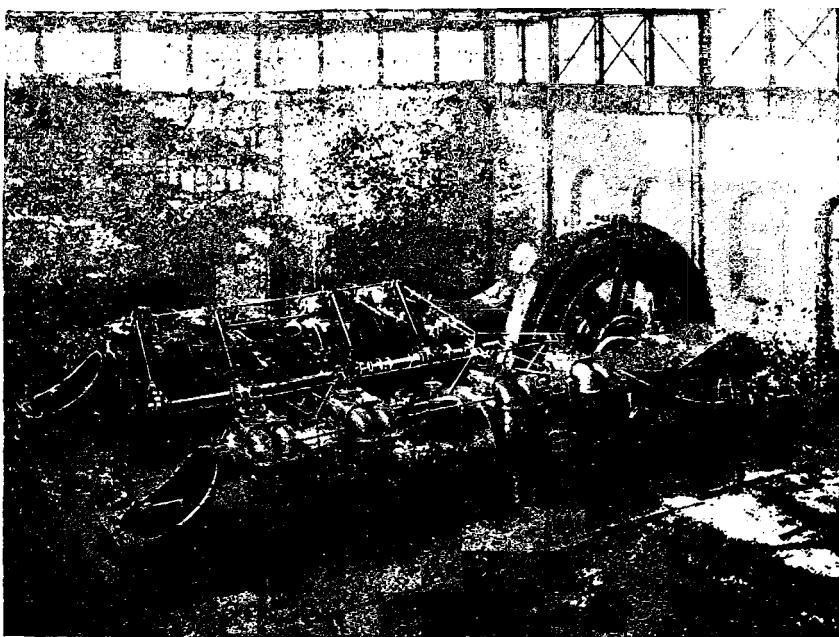
Вологодская областная универсальная научная библиотека

[www.booksite.ru](http://www.booksite.ru)

# ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI



Гарант. марка



Трехфазный генератор-маховик в 6.600 kVA, в 6.300 V, 94 об./мин., 50 периодов

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**  
любого напряжения •• любой мощности

C. E. C. A.

Charleroi (Бельгия)



## N. V. NEDERLANDSCHE KABELFABRIEK

DELFT (Голландия)

■ ■ ■ ■

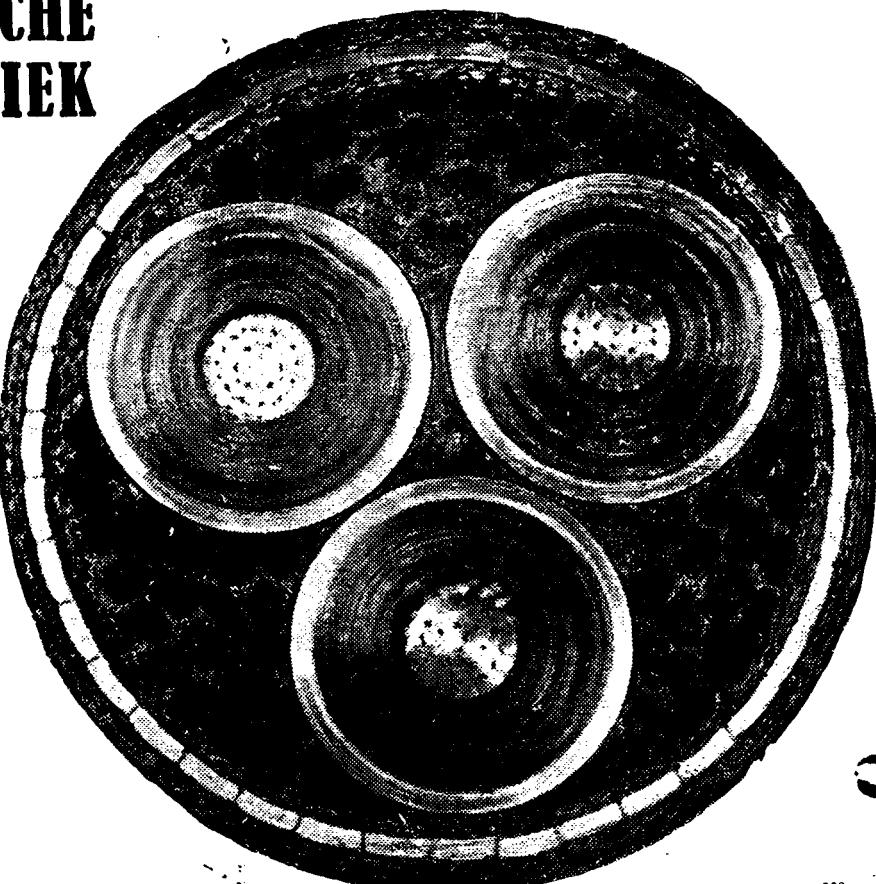
ПРОИЗВОДИТ:

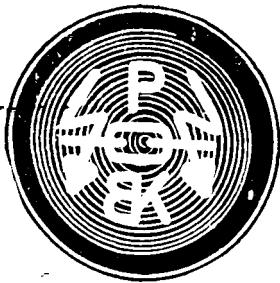
Подземные электрические кабели высокого и низкого напряжения с бумажной изоляцией

Подземные телефонные и сигнализационные кабели

Подводные кабели

Неизолированную проволоку и неизолированные кабели из электролитической меди





Papierfabrik G.m.b.H.  
vorm. Brüder Kämmerer  
Osnabrück

Телегр. adr.: Papierfabrik Osnabrück

СПЕЦИАЛЬНАЯ ФАБРИКА ИЗОЛИРОВОЧНЫХ БУМАГ  
ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ГОДОВАЯ ПРОДУКЦИЯ 25 000 ТОНН.

Специальные сорта:

изолировочные бумаги для телефонных и телеграфных кабелей, бумаги для кабелей сильных токов и высших напряжений, бакелитовые бумаги и т. п.

6751

**Свинцовые кабели**

для сильных токов, телефона, телеграфа, сигнализации, радио и телевизии, а также принадлежности к ним.

**Провода с резиновой изоляцией**  
любого назначения

**Изоляционные трубы**

MANUFACTURES DE  
CÂBLES ÉLECTRIQUES  
ET DE CAOUTCHOUC S.A.

**EUPEN**

БЕЛЬГИЯ

2

Цена 5 руб.

# ≡ ОТКРЫТА ПОДПИСКА ≡

## на 1940 год

на ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ, выпускаемые ГОСУДАРСТВЕННЫМ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ  
**НАРКОМЭЛЕКТРО СССР**

Н А З В А Н И Е Ж У Р Н А Л А	Колич. номеров в год	Ц Е Н А	
		на год	на 6 месяцев
1. „ЭЛЕКТРИЧЕСТВО“ . . . . .	12	60	руб. 30 руб.
2. „ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ“ . . . . .	12	42	“ 21 “
3. „ВЕСТНИК ЭЛЕКТРОПРОМЫШЛЕННОСТИ“ . . .	12	36	“ 18 “
4. „БЮЛЛЕТЕНЬ ВЭИ“ . . . . .	12	36	“ 18 “
5. „ТЕПЛОСИЛОВОЕ ХОЗЯЙСТВО“ . . . . .	12	48	“ 24 “
6. „СОВЕТСКОЕ КОТЛОУРБОСТРОЕНИЕ“ . . . .	12	36	“ 18 “
7. „РАБОЧИЙ ЭНЕРГЕТИК“ . . . . .	12	12	“ 6 “
8. „ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО“ . . .	12	42	“ 21 “
9. „БЮЛЛЕТЕНЬ ПРЕДЛОЖЕНИЯ и СПРОСА НА ОБОРУДОВАНИЕ и ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ“, СНАБЭЛЕКТРО . . . . .	60	78	39 “

### — ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ: —

Отделениями и организаторами подписки „Союзпечати“ на предприятиях, в учреждениях и всюду на почте. Всеми отделениями, книжными магазинами, киосками и библиолекторами КОГИЗа.

СВОЕВРЕМЕННАЯ ПОДПИСКА ОБЕСПЕЧИТ БЕСПЕРЕБОЙНУЮ И АБКУРАТНУЮ ДОСТАВКУ ЖУРНАЛОВ.