1932

„Коммунизм — есть советская власть плюс электрификация всей страны"

ЛЕНИН

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

№ 4

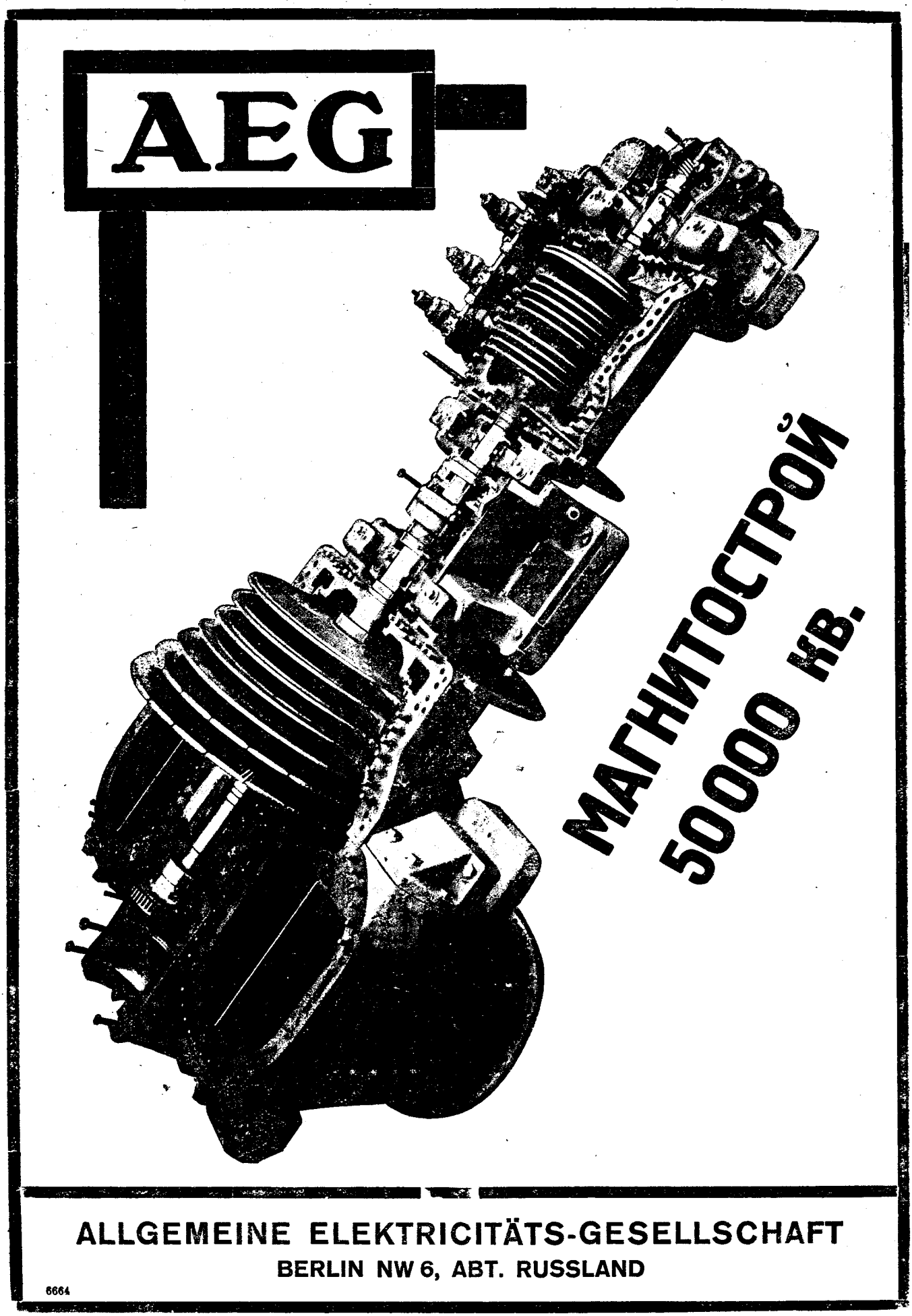
ФЕВРАЛЬ

ВЫПУСК II

МОСКВА
ЛЕНИНГРАД

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru



ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

BERLIN NW 6, ABT. RUSSLAND

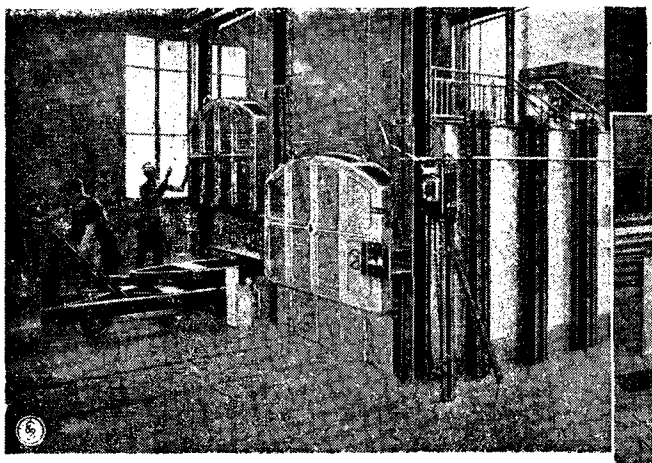
6664

При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала
Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли

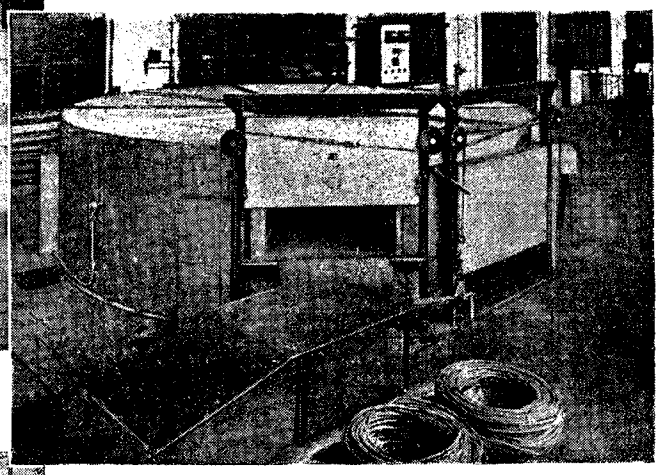
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ЭЛЕКТРОПЕЧИ

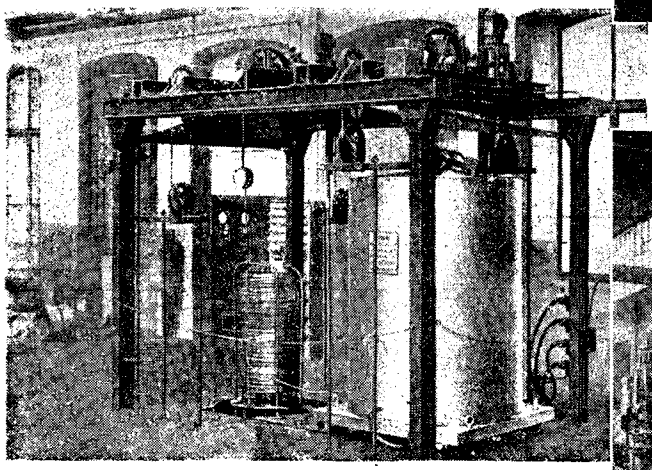
улучшают качество изделий металлической промышленности и повышают сбыт



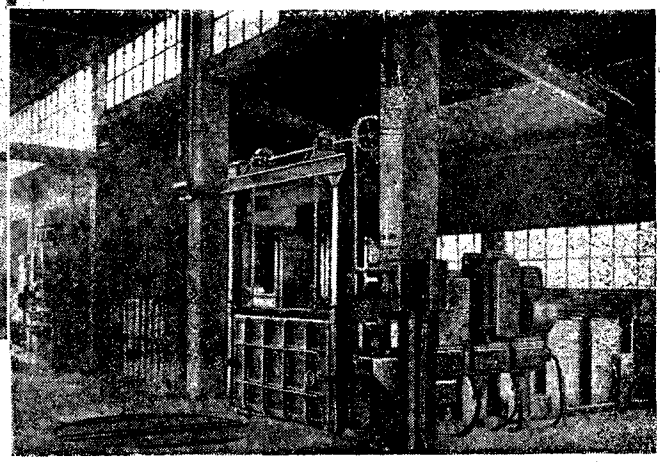
Двухкамерная электропечь, 320 kW, для подогрева латунных листов



Кольцевая электропечь, 210 kW, для отжига и термической обработки проволочных бунтов



Печь 70 kW, для чистого отжига меди в виде колец при температуре ок. 500°



Печь с тележкой 100 kW для алюминиевых листов

Электропечи с сопротивлениями для металлической промышленности, устройства для сушки, установки для отопления, аккумулирующие тепло ночью во время дешевой энергии

СИМЕНС-ШУККЕРТ

6065 Печатный материал по первому требованию

Siemens-Schuckert-Werke A.-G.

Technisches Büro Ost **Berlin-Siemensstadt**

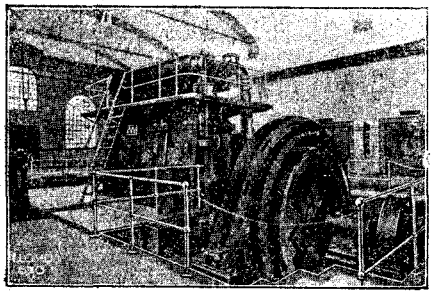
При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала
Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

LLOYD-генераторы

для установок с

Двигателями Дизеля,
Паровыми машинами,
Паровыми и водными турбинами



Большое число генераторов Ллойда работают в электрических центральных станциях на всех континентах.

Между прочим мы установили на гигантском пароходе „Бремен" Северо Германского Ллойда 4 генератора постоянного тока по 560 кв.

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN

6654

A. C. E. C.

Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi

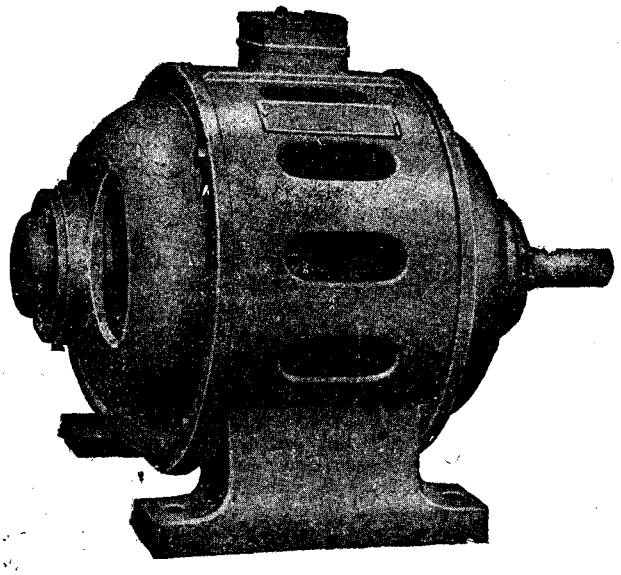
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЗАВОДЫ В ШАРЛЕРУА

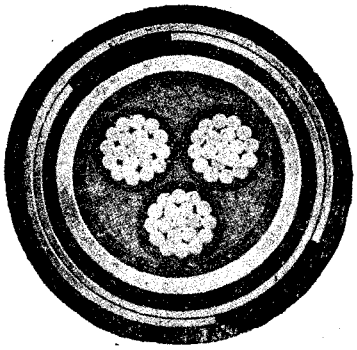
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО С КАПИТАЛОМ В 185 000 000 ФРАНКОВ

Заводы и правление: Шарлеруа-Бельгия
CHARLEROI—BELGIQUE

Телеграфный адрес:
EDEMPAIN CHARLEROI

Кабельные заводы: Марсинелль, Виллет
в окрестностях ШАРЛЕРУА — БЕЛЬГИЯ





ДИНАМО
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОТОРЫ,
ТРАНСФОРМАТОРЫ,
ПРОВОДА и КАБЕЛИ

182/1583

Всевозможные электромеханические применения

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли.
При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

4

Февраль 1932

Орган Всесоюзного электротехнического об'единения (ВЭО), Всесоюзного об'единения энергетического хозяйства (Энергоцентр, Секции технической реконструкции и электрификации Института техники и технической политики Коммунистической академии ЦИК СССР и Всесоюзного энергетического комитета (ВЭК)

Адрес редакции:
МОСКВА, Ильинка, Ипатьевский пер., д. 2, 1-й этаж. Телеф. 72-46 и 1-57-19

Содержание

В. Г. Прелков — К десятилетию ВЭИ 197
Работу ВЭИ на высшую ступень 200
Борец за социалистическую электрификацию и ее виднейший теоретик 201
Энергетика Урала в системе УКК 204
Электрификации Урала — большевистские темпы 208
К. Н. Шенфер — Электровозы переменного тока . . . 209
К. С. Финкель — Московский метрополитэн 213
Д. К. Минов — О системе постоянного тока 2 700 V для электрических железных дорог 218
М. Поплавко и Я. Климовицкий — Электросварка как орудие технической реконструкции 223
Ф. Кислюк — Дуговая электросварка током повышенной частоты 226
С. Рокотян — Секционирование электрических станций 231
Г. Т. Третьяк и К. С. Архангельский — Способы повышения разрядных напряжений 242
Дуговые печи для плавки стали и чугуна 250
Хроника 253
Библиография 255

ВПЕРЕД, К НОВЫМ ПОБЕДАМ НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ФРОНТЕ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР!

К десятилетию ВЭИ

В. Г. Прелков

Недавно исполнилось 10 лет с момента создания в Москве Всесоюзного электротехнического института—ВЭИ.

В условиях колоссальнейшей разрухи, когда железные дороги были на грани полной остановки, на заводах выделывались зажигалки, шахты были залиты водой и не дымили домны, В. И. Ленин намечал широкую программу электрификации всей страны:

„Не бойтесь планов, рассчитываемых на долгий ряд лет: без них хозяйственного возрождения не построить... Без плана электрификации мы перейти к действительному строительству не можем... Только тогда, когда страна будет электрифицирована, когда под промышленность, сельское хозяйство и транспорт будет подведена техническая база современной крупной промышленности, только тогда мы победим окончательно“. [1]

Через год после этой речи В. И. Ленина и был организован ВЭИ, называвшийся тогда ГЭЭИ. Институт может считаться истинным детищем Ленина, так как родился при непосредственной его помощи. С самого момента своей организации институт получил четкое и ясное задание—быть научно-техническим центром электрификации страны, обеспечивающим осуществление плана ГОЭЛРО, восстановление промышленности „на современной, по последнему слову науки построенной основе“ (Ленин).

По росту ВЭИ можно в некотором масштабе измерять рост нашего Союза: институт рос в меру и параллельно с хозяйственными и политическими успехами пролетариата Страны советов.

[1] Отчет правительства VIII С'езду советов, 22 декабря 1920 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Путь развития ВЭИ—это один из показателей огромных возможностей, открывающихся человечеству вместе с освобождением от оков капиталистического рабства. Из купеческого особняка на тихой Гороховской улице институт вырос в громадное сооружение, широко раскинувшееся на бывшем пустыре бывшей Аннегофской рощи. Из маленькой группки в 17 чел., чувствовавших себя довольно беспомощно перед грандиозностью задач, поставленных перед институтом планом ГОЭЛРО, институт вырос в мощный двухтысячный коллектив, уверенно берущийся решать сложнейшие проблемы социалистической электрификации, намечающий основные технические контуры генерального плана электрификации страны.

За 10 лет в институте произошли громадные качественные изменения. Оборудованный в своем новом помещении по последнему слову техники, он в то же время является пока с ног до головы „иностранцем". Почти все оборудование ВЭИ—импортное. Шаг за шагом институт освобождается от иностранной зависимости, вырабатывая собственную методологию и методику научных исследований, разрабатывая сложнейшие приборы лабораторного оборудования, научившись строить их в своих опытных мастерских.

Достаточно будет здесь назвать катодный осциллограф Стекольникова, шлейфовый осциллограф Казанского, стол для расчета токов короткого замыкания Городского, модель сложных сетей Лебедева и т. д.

Вместе с тем важен и другой показатель качественного роста института: большая часть научных работников и конструкторов—это наша молодежь, окончившая советские втузы. Под руководством своих старших руководителей они выросли в самостоятельных ученых исследователей, и это—наше огромное достижение. Еще более крупным достижением является то, что в среде научных сотрудников мы имеем солидную группу в 62 чел., пришедших в науку непосредственно из рядов рабочего класса. 82 научных сотрудника состоят членами коммунистической партии, 25—членами комсомола. Многие из них являются ответственными руководителями групп, лабораторий и целых отделов, руководя работами и организационно и теоретически. Среди них необходимо назвать тт. Палицына, Бирюкова, Богомолова, Карасева и др. Старшие научные руководители ВЭИ, проявившие много заботливости и внимательности к росту пролетарской молодежи, передавшие ей свои знания и опыт, проделали огромную работу в деле развития института.

Вырабатывая свою методику, выковывая кадры, институт все решительнее поворачивается лицом к промышленности, к практическим запросам социалистического строительства. Уже с 1926 г. институт прочно связался с промышленностью. Нефтяная промышленность, выполнившая пятилетку в 2,5 года, была той отраслью народного хозяйства, в переводе которой на электрифицированную добычу и бурение институт сыграл крупную роль. За последние 1—2 года институтом решен ряд сложных технических задач, открывающих новые об'екты промышленного производства и техники: элементы воздушной деполяризации, монопольное право на изготовление которых до сих пор имела французская фирма „Ле Карбон", аккумуляторные баки, железные провода для сельской электрификации; получение чистого неона, звуковое кино, телевизоры, передатчик показаний приборов на расстояние, выключатель сжатым воздухом, рентгеновский структурный аппарат и т. д. С переходом на хозрасчет институт еще крепче связался с предприятиями. Борьба за досрочное выполнение промфинплана 1931 г., которая велась отделами, группами и лабораториями в ударном темпе сталинской эстафеты, обеспечила успешное завершение еще ряда работ, имеющих большое значение в народном хозяйстве.

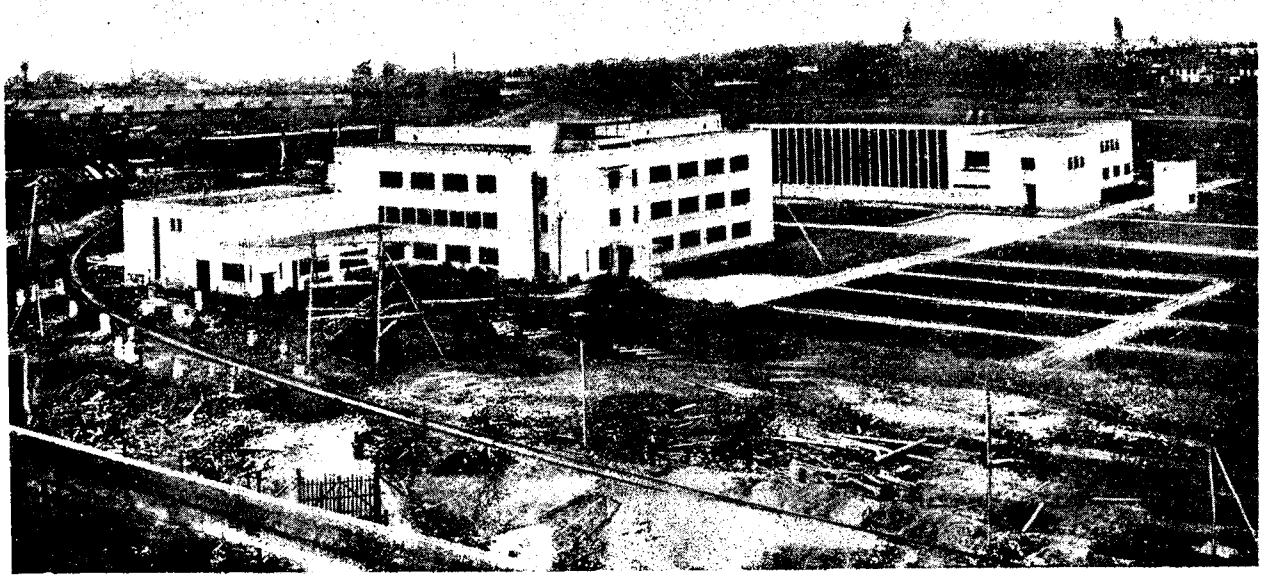


Рис. 1. ВЭИ. Часть общего вида

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

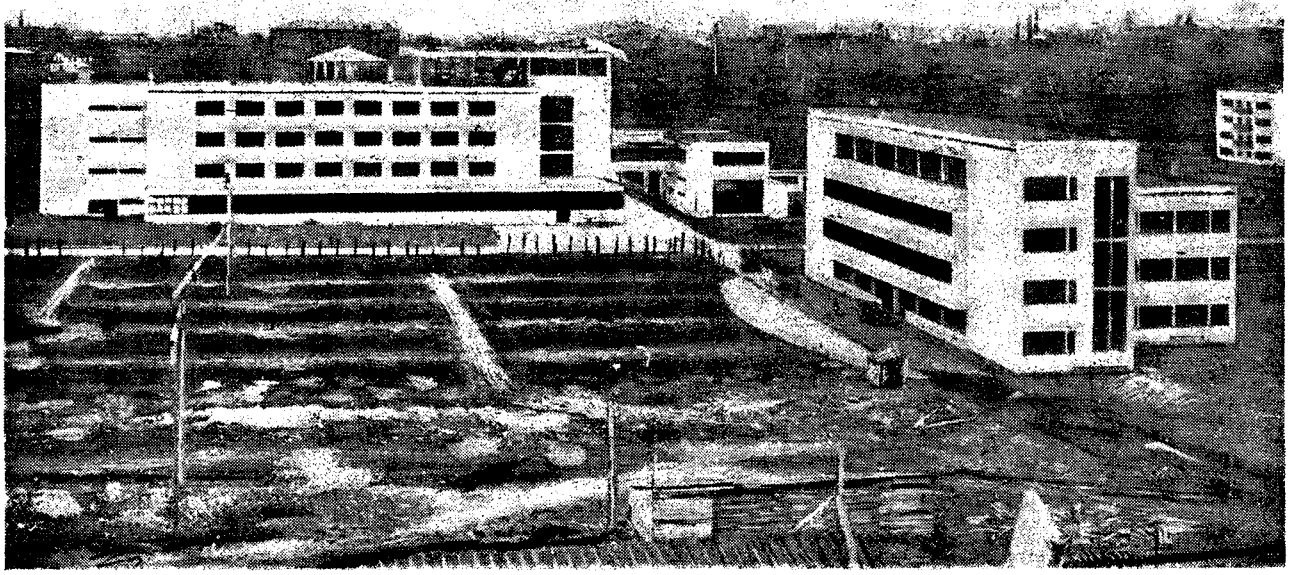


Рис. 2. ВЭИ. Часть общего вида

Но мы были бы неправы, если бы ограничились перечислением только достижений ВЭИ. Эти успехи только первые и очень скромные успехи по сравнению с теми возможностями, которыми располагает институт. ВЭИ имеет еще массу недочетов, массу неслаженностей в работе. Большой прорыв — в самой основе научно-исследовательской работы, в ее методологии: здесь многие наши научные сотрудники еще в значительной мере находятся в зависимости от буржуазных ученых, с их идеалистическими и механистическими теориями. Только овладев методом Маркса-Ленина, методом материалистической диалектики, можно освободиться от этой зависимости. Развернутой борьбой за овладение диалектическим методом открывает ВЭИ свое второе десятилетие, помня, что „диалектика — это единственный пригодный на высшей ступени человеческого развития метод мышления" (Энгельс).

Крупнейшим недочетом в работе ВЭИ является и то, что работа института мало известна не только рабочим, но даже и широким кругам инженеров-электротехников. Опубликование работ института, доведение их в популярной форме до широких рабочих масс, а тем самым использование в качестве могучего орудия технической пропаганды и борьбы за социализм,—это задача плохо разрешалась институтом.

Второе десятилетие институт должен начать с широкого развертывания технической пропаганды, используя для этого все средства и формы: специальную и массовую печать, популярную и научную литературу, массовые доклады на предприятиях и по радио, научные доклады для широких слоев инженерства, технический фильм и пр.

Перейдя на хозрасчет и договорные отношения с предприятиями, институт все еще живет в известной мере оторванно от непосредственных нужд их. Система работы его еще не настолько гибка, чтобы он мог быстро и своевременно перестраиваться для оказания технической помощи предприятиям и для изживания их производственных затруднений. Основной причиной этого является отсутствие нужного контакта и распределения функций между институтом и заводскими лабораториями. Полностью ликвидировать эти недочеты является первоочередной задачей второго десятилетия института.

Одновременно с этим предстоит ликвидировать и другие ненормальности, сложившиеся исторически и до сих пор не устраненные. Речь идет о том, что параллельно ВЭИ были организованы, росли, развивались и развились в крупные научно-исследовательские единицы: лаборатория т. А. А. Смурова при ЛЭТИ и электрофизический сектор, ныне ЛЭФИ Государственного физико-технического института в Ленинграде. Вполне естественно, что они, точно так же как и ВЭИ, решают важнейшие научно-технические проблемы социалистической электрификации страны. Планы же всех институтов были настолько не увязаны между собой, а информация о результатах работы настолько недостаточна, что при первом ближайшем ознакомлении институтов друг с другом оказался значительный параллелизм.

Пользуясь десятилетием ВЭИ, мы подчеркиваем эту явную ненормальность и настаиваем на скорейшей ее ликвидации.

Наконец, материальное обслуживание научных работников и обстановка работы в институте заставляют желать много лучшего. Помимо того

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

что многие из научных сотрудников должны ездить в институт издалека, часто из-за города, они благодаря очень плохой работе нашего обслуживающего аппарата, неорганизованности его вынуждены выполнять массу функций, не имеющих абсолютно никакого отношения к их прямым обязанностям. Сталинский лозунг „по-новому работать, по-новому руководить" нами еще не претворен в жизнь. На ликвидацию этого прорыва институт должен налечь со всей большевистской настойчивостью.

Институт подводит итог своей десятилетней деятельности в условиях четвертого, заключительного, года пятилетки и развертывания еще более грандиозных перспектив второй пятилетки. Тот трудовой энтузиазм, с которым работники ВЭИ решают задачи этого года, вселяет уверенность, что с программой и намеченными темпами институт справится и сумеет правильно и четко определить пути своей деятельности во второй пятилетке.

„И если Россия покроется густой сетью электрических станций и мощных технических оборудований, то наше коммунистическое хозяйственное строительство станет образцом для грядущей социалистической Европы и Азии",—говорил Ленин на VIII С'езде советов, 11 лет тому назад. Мы уже не далеки от этого. Переступая через рубеж первого десятилетия своей работы, ВЭИ должен удесятерить энергию в борьбе за создание технической базы коммунистического общества.

Работу ВЭИ—на высшую ступень[1]

Повернуть лаборатории лицом к практическим запросам социалистического строительства

Заслушав и обсудив на широком собрании доклад т. Прелкова Бюро секции констатирует следующее:

1. Всесоюзный электротехнический институт имеет около 500 научных сотрудников, новое, недавно отстроенное, здание и мощные лаборатории. ВЭИ связан в своей работе почти со всеми отраслями народного хозяйства и представляет собой

Рис. 1. Отдел высоких напряжений

один из крупнейших научно-исследовательских институтов в Европе, имеющий ряд крупных достижений, отмеченных в резолюции ЦКК РКИ 23/IX (опубликовано в № 3 газеты „Техника").

2. Между тем, в работе ВЭИ имел место целый ряд весьма крупных недочетов, а именно:

а) Прежде всего необходимо констатировать общее отставание научно-исследовательской работы от практических задач социалистического строительства, на что указывают, например, факты отсутствия участия ВЭИ в проектировании и наметке путей реконструкции по развертывающимся мощным электромашинным и аппаратным заводам электротехнической промышленности, слабое участие в работе по электрификации транспорта и пр.

б) Отсутствие четких методологических установок в работе, преобладание экспериментальной работы и узкого эмпиризма, недостаточное количество основных принципиальных работ, которые вполне могли бы быть поставлены на том материальном оборудовании и при тех кадрах, которыми обладает ВЭИ.

в) Необходимо отметить также весьма слабую связь с производством и недостаточную борьбу за реализацию достижений ВЭИ в промышленности. Учета результатов использования сданных в промышленность работ ВЭИ не ведется.

г) Весьма недостаточна литературная продукция ВЭИ. В 1931 г. были выпущены лишь одна печатная работа в 7 печатных листов и ряд статей в журналах „Электричество", „Вестник электротехники" и др. Своего органа, аналогичного „Известиям теплотехнического института", ВЭИ не имеет.

д) Точно так же мало сделано в 1931 г. по технической пропаганде (ни одной популярной серии брошюр, ни серий докладов на предприятиях).

е) Необходимо отметить не соответствующую размаху работ ВЭИ материальную базу. У института нет своего опытного завода. Отсутствует достаточное снабжение не только заграничными образцами, но даже в значительной части советскими машинами и аппаратами.

ж) Марксистско-ленинская методологическая подготовка основных кадров недостаточна. Материальное положение научных сотрудников, особенно молодых, оплата их труда и жилищные условия недостаточны, что и вызывает стремление к совместительству.

3. План научно-исследовательской работы на 1932 г. имеет 154 темы и впервые сосредоточивает большинство из них вокруг одного стержня—вокруг вопросов единой высоковольтной сети, а также откликается на актуальные вопросы. Ряд тем имеется по электрификации промышленности, транспорта, сельского хозяйства и пр.

4. Однако план 1932 г. не содержит в себе мер по преодолению вышеуказанных недочетов в прошлой работе и методологически построен неправильно, поскольку он крайне мно-

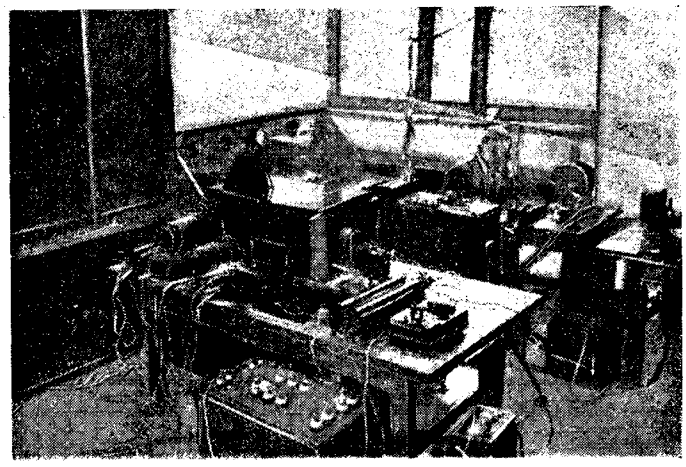


Рис. 2. Магнитная лаборатория отдела материаловедения

[1] Резолюция, принятая Бюро секции техреконструкции и электрификации Института техники и техполитики Комакадемии по докладу помощника директора ВЭИ т. Прелкова о плане научно-исследовательской работы ВЭИ на 1932 г. (19 декабря 1931 г.).

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

гопредметен и не выделяет ведущих немногих ударных тем, на которых сосредоточивались бы люди и средства. Тематика не отражает также связи и участия ВЭИ в капитальном строительстве, прежде всего по линии ВЭО и Энергоцентра.

5. Необходимо пересмотреть намеченный на 1932 год план работ ВЭИ под следующим углом зрения.

а) Необходимо принять прежде всего основную установку в работе ВЭИ. Такой установкой должна быть ориентация ВЭИ в основном на работе в качестве института, а в дальнейшем и ассоциации институтов, по электрификации промышленности, поскольку единого и мощного института в этой огромной отрасли работы нет. Институт должен разрабатывать прежде всего общие для всей промышленности проблемы электрификации, как-то: вопрос индивидуального привода, реконструкции типа мотора, проблемы электросварки, повышение косинуса φ и др. и затем уже схемы электрификации отдельных отраслей промышленности.

Что касается вопросов единой высоковольтной сети, то ввиду огромной важности этих проблем целесообразно вести их разработку в двух мощных институтах, каковыми являются Ленинградский электро-физический институт и ВЭИ, с тем, однако, чтобы в работе не было вредного параллелизма и секретничества.

б) Тематика 1932 г. должна быть значительно сокращена и пересмотрена под углом зрения технико-экономической независимости СССР и концентрации людей и средств вокруг основных звеньев хозяйственного строительства 1932 г., каковы: металлургия, машиностроение, уголь, транспорт. Из проблем единой высоковольтной сети должны остаться основные, к каковым относятся проблема преобразования постоянного тока в переменный и др., а также непосредственно связанные с новым капитальным строительством ВЭО (аппаратостроительные заводы, кабельные и пр.).

в) Общими установками во всей работе ВЭИ должен быть лозунг освобождения от импорта, а также повышение качества продукции советской электротехнической промышленности.

В связи с этим должна быть повышена роль конструкторской и испытательной работы.

г) Необходимо коренным образом изменить и усилить работу ВЭИ по реализации своей продукции как в отношении литературного оформления и издания работ, так, главным образом, и по внедрению своих достижений и изобретений в работу промышленности. Необходимо в начале 1932 г. провести широкую кампанию с привлечением общественности фабрик, заводов и учреждений по контролю над реализацией работы ВЭИ прежних лет аналогично кампании, проведенной недавно Ленинградским институтом металлов.

На 1932 г. должен быть разработан план реализации н той экономии, которую работы ВЭИ должны дать народному хозяйству, особенно экономии на импорте.

д) Необходимо также разработать план ВЭИ по техпропаганде как по изданию массовой популярной литературы, так и докладам и лекциям, в том числе и по радио, по организации курсов, в особенности для переквалификации инженеров, работающих в промышленности и пр.

Необходимо форсировать строительство опытного завода и поставить в целях освобождения от заграничной зависимости вопрос строительства своего особого завода для массового производства разнообразного лабораторного оборудования для всех электротехнических, научно-исследовательских лабораторий и институтов СССР.

ж) Разработать план воспитания и привлечения новых пролетарских кадров (например обмен на определенный срок работников ВЭИ и заводов), улучшения жилищного и материального положения основных научно-исследовательских работников, уменьшения совместительства и количественного и качественного улучшения продукции этих работников.

з) Наконец, ВЭИ должен разработать систему связи как с заводскими лабораториями, так и с другими НИС и план кооперирования в работе, закрепив эти связи соответствующими хоздоговорами.

6. Считать необходимым поставить в ближайшее время доклад ВЭО о технической политике в области электротехнической промышленности на второе пятилетие.

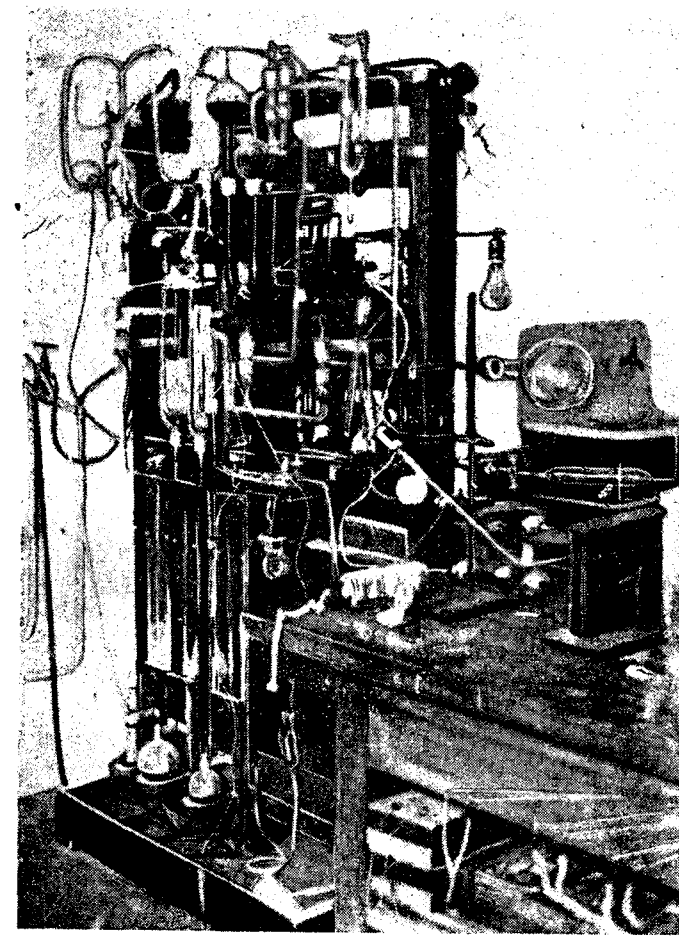


Рис. 3. Свето-вакуумная лаборатория

7. Отношения между Секцией реконструкции и электрификации Института техники и технической политики Комакадемии и ВЭИ надо признать недостаточно тесными и крепкими. Не обеспечено достаточное влияние секции на работы ВЭИ, нет связи ВЭИ с кадрами инженеров и экономистов-энергетиков из ИКП техники и ИКП экономики, нет достаточного участия в работах секции работников из ВЭИ.

Необходимо в кратчайший срок разработать формы и методы тесной связи между секцией и ВЭИ.

„От Академии Наук в Ленинграде и Коммунистической академии в Москве, от научно-исследовательских институтов и ВТУЗ'ов, а также от издательств и технических журналов мы вправе требовать для осуществления ставшей перед страной великой задачи технической реконструкции выполнения одного общего задания: техника и наука — на службу второй пятилетке".

Из доклада т. В. М. Молотова на XVII конференции ВКП (б).

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Г. М. КРЖИЖАНОВСКИЙ

К ШЕСТИДЕСЯТИЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

Редакция журнала „Электричество“ шлет горячий привет Глебу Максимилиановичу Кржижановскому, старейшему большевику, положившему под непосредственным руководством Владимира Ильича Ленина начало и практическое осуществление плановой социалистической электрификации страны Советов.

Полное завершение плана ГОЭЛРО и составление еще более грандиозного нового плана электрификации второй пятилетки застает Глеба Максимилиановича в первом ряду бойцов за генеральную линию партии на фронте технической реконструкции.

Глебу Максимилиановичу, члену редакционного совета нашего журнала, энергетики Союза обязаны восстановлением и развертыванием „Электричества“, научно-технического органа электрификации СССР.

Редакция „Электричества“ вместе с широким активом своих читателей желает Глебу Максимилиановичу еще многих лет такой же энергичной и талантливой работы в области электрификации СССР.

Редакция

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Борец за социалистическую электрификацию и ее виднейший теоретик

(К 60-летию Г. М. Кржижановского)

Рабочий класс Советского союза имеет в лице Г. М. Кржижановского блестящее сочетание стойкого большевика, соработника Ленина, 40 лет своей яркой и плодотворной жизни отдавшего делу партии, и выдающегося инженера-марксиста, теоретика и практика социалистической электрификации, стоящего на уровне самой передовой технической культуры.

Молодость Кржижановского связана с организацией совместно с Лениным „Петербургского союза борьбы за освобождение рабочего класса". Затем ссылка и революционная учеба. В 1901 г. Глеб Максимилианович снова на почетном и опасном посту представителя „Искры" в Самаре. В 1903 г. Г. М. — член ЦК, избранный на II С'езде партии. В 1905 г. с его великой октябрьской железнодорожной забастовкой Г. М.—во главе забастовочного комитета Юго-Западных ж. д. В полосу жестокой реакции Г. М. несет незапятнанным знамя большевизма. После февраля 1917 г. Г. М. с огромным энтузиазмом ведет борьбу за пролетарскую революцию, за ее победу и укрепление. Теоретик и практик, инженер и экономист, он везде прежде всего — твердокаменный ленинец.

Всемирно-исторической значимости документ, в котором даны основные вехи первых этапов социалистического хозяйства в нашей стране—план ГОЭЛРО, составленный под непосредственным руководством В. И. Ленина, неразрывно связан с именем Г. М. Совместно с тт. Лениным и Сталиным Г. М. активно борется за первый „действительно единый и действительно государственный хозяйственный план" (Сталин). Здесь с особенной яркостью сказалось, каким могучим орудием являются глубокие технические знания в руках большевика в условиях диктатуры пролетариата. С именем Г. М. непосредственно связана также работа под руководством т. Сталина над первым пятилетним планом народнохозяйственного строительства, который является прямым продолжением и развитием ленинского плана ГОЭЛРО. Доклад Г. М. на V С'езде советов об этом великом плане работ является блестящим историческим документом эпохи строительства социализма.

Глеб Максимильянович—виднейший теоретик социалистической электрификации. В его трудах поднятны на большую научную высоту такие актуальные проблемы современной мировой техники, как вопросы использования местных топлив и водных сил, энергопромышленных комбинатов и комбинированного использования топлива, вопросы высоковольтных линий, электропередач и др. Г. М. является автором и неутомимым борцом за строительство единой народнохозяйственной электроэнергетической истемыс. Наиболее передовые технические умы Западной Европы и Америки вынуждены сейчас—спустя 10 лет после утверждения ленинского плана ГОЭЛРО — уже открыто признать, что пути технического прогресса в области энергетики и электрификации скрещиваются на неразрешимой для капитализма проблеме плановой электрификации. Сравнивая теоретические работы Г. М. в области электрификации с трудами крупнейших энергетиков и электрификаторов Западной Европы и Америки (Клингенберг, Мюллер и др.), мы можем констатировать огромное несравнимое превосходство первых. Выступая как представитель победившего революционного класса, вооруженный острым оружием марксистско-ленинской диалектики, Г. М. обладает такими преимуществами, которые делают его работы жизненными, реальными, делают их программой действия.

Верой в творчество рабочих масс, верой в „самую драгоценную энергию"—энергию коллектива трудящихся—пронизаны все работы Г. М. Он не является кабинетным ученым, он—страстный и пламенный трибун, который счастлив только тогда, когда видит, что широкие рабочие массы признают его идеи своими.

Возглавляя в настоящее время руководство энергетическим хозяйством страны, Г. М. борется за поднятие плановой электрификации на высшую ступень — за широчайшую электрификацию народного хозяйства. Мы твердо уверены, что Г. М. впишет еще немало блестящих страниц в документы нашей социалистической стройки. Неотложной задачей является скорейшее издание трудов Г. М., по которым учится молодое пролетарское поколение строителей социалистической техники.

И. Бомштейн, И. Бурдянский, В. Вейц, М. Грановская, Ф. Ленгник, Я. Климовицкий, З. Ракоши, М. Рубинштейн.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

МАТЕРИАЛЫ К ГЕНПЛАНУ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

Энергетика Урала в системе Урало-Кузнецкого комбината [1]

(Предварительные материалы к плану электрификации Урала)

Создание Урало-Кузнецкого комбината выдвигает на первое место сложнейшую задачу организации новейшей энергетической базы для социалистической реконструкции промышленности, сельского хозяйства и транспорта Урала.

Электрификация должна стать действительно важнейшим звеном в плане технической реконструкции Урала.

Энергоресурсы

Судить о размерах топливно-энергетического фонда области пока невозможно по причине малой изученности его.

Имеющиеся в настоящее время данные о ресурсах по районам и по области в целом позволяют дать следующую характеристику энерго-топливной базы.

Северный и северо-западный Урал в основном опирается на использование кизеловских углей и энергии рек Камско-Печорской водной системы с добавлением части торфа на севере (огромные, но недостаточно обследованные в смысле условий разработки торфа массивы) и богословских бурых углей на северо-востоке.

Средний Урал и Зауралье. от Кушвы и Тагила до Синары, Тавды и Тюмени с востока, Свердловск с юга обеспечен огромными ресурсами торфа с небольшой добавкой углей так называемого восточного склона.

Южный Урал опирается на 80% на челябинские бурые угли с небольшой добавкой антрацитов Полтаво-Вреднинских месторождений.

Общие, известные для настоящего времени, запасы основных видов энергоресурсов следующие.

1) Кизеловские угли—2—2,1 млрд. t натурального топлива или	1,6 млрд. t усл. топл.
2) Челябинские угли—2—2,5 млрд. t натурального топлива или	1,2—1,5 „ „ „ „
3) Прочие угли восточного склона 0,5 млрд. t натурального топлива или	0,40 „ „ „ „
4) Торф—2,5—5,0 млрд. t натурального топлива или	1,1—2,2 „ „ „ „
5) Гидроэнергия—3,5—4,0 млн. л. с. t натурального топлива	1,0—1,2 „ „ „ „
Итого	5,3— 9 млрд. t усл. топл.

По топливному балансу области для 1937 г. добыча угля и торфа запроектирована в размере:

1) Кизеловского угля—22—26 млн. t натурального топлива или, ...	21,0 млн. t условн. топл.
2) Челябинского угля—20—22 млн. t натурального топлива или	13,3 „ „ „ „
3) Прочих углей—2—6 млн. t натурального топлива или	2,3 „ „ „ „
4) Богословского—5,3 млн. t натурального топлива или	2,7 „ „ „ „
5) Торфа—19,0 млн. t натурального топлива или	8,6 „ „ „ „
Итого . . .	48,5 млн. t условн. топл.

В этом числе расход всех видов топлива на теплоэлектростанции составляет 23,2 млн. t условного топлива, или около 48% всей добычи местных топлив.

В энергетический баланс включены также отходы от обогащения кизеловских углей (первый промышленный продукт) в количестве около 4 000 t натурального топлива, на которых можно построить 1 150 тыс. kW мощности станции в этом районе (Яйва, Губаха) газы доменных и коксовых печей металлургических заводов (см, табл. 1) в количестве, эквивалентном 380 тыс. kW мощности станции и другие виды топлива в отбросах и суррогатах его, как-то: отходы бумажного и деревообрабатывающего производств древесины, отходы сельскохозяйственных производств и сельскохозяйственных станций и т. д.

Выявленные водные ресурсы обеспечивают в принятом балансе 430 тыс. kW установленной мощности станций на круглый год.

Свободный электробаланс Урала в УКК Таблица 1

	1930/31 г.	1937 г.	Примечание
1. Потребность в электроэнергии . а) тыс. киловатт макс. нагр. . .	300	6 993	1. Число часов работы в году максимума нагрузки потребителя подсчитано по каждой отрасли сельского хозяйства для 1937 г.—5 400, а с учетом нагрузки в пров. график.—5 700 час. . . . .
б) млн. киловатт-часов	1050	40 000	
2. Покрытие электрических станций . . . . . а) тыс. киловатт устан. мощн. .	340	8 037	2. Коэфициент использования максимума нагрузки станции в среднем для всего Урала в 1931 г. принят 3 500 час.
б) млн. киловатт-часов выработки	1180	44 800	В 1937 г. он подсчитан по среднему числу часов работы максимума различных отраслей промышленности сел.-хоз. транспорта и быта, с учетом потери 5 570, 10%.
3. За вычетом наиболее мелких агрегатов и с учетом сезонности работы гидростанций в работе будет максимум мощности электростанции (потери 10%) . . . а) тыс. киловатт резерв	340	7 550	3. При условии § 3, т. е. работы наиболее мощных, связанных сетью, станций зимой на мощность около 7 550 kW 1937 г., использование установленной станции получится для 1937 г. 5 950 час.
б) млн. киловатт-часов	1160	560	
			4. Потери мощности и электрической энергии, а также разновременность максимумов, приняты перекрывающими друг друга.

Использование ресурсов ветряной энергии намечается в очень небольшой степени исключительно в системе агроиндустриальных комбинатов.

Развитие мощности теплоэлектростанций не ограничивается указанными выше цифрами. По известным данным энергобазы области для удовлетворения дальнейшего спроса на энергию со стороны потребителя нужно было бы дополнительно развивать строительство станций в следующих узлах и размерах, соответствующих потенциальным возможностям местных энергоресурсов:

1. Районные станции Колвы-Печоры-Илыча—гидростанция от . . . . . ,	200—500 тыс. kW
2. Районные станции Соликамска-Березников—торф от	300—400 „ „
3. Районные станции Кизела-Чусовой—кизеловский уголь и отходы его переработки от	500—700 „
4. Районные станции Богословско-Надеждинска — богословский уголь, частью торф от	200—300 „ „

[1] Материалы Оргкомитета по составлению генплана электрификации.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

5. Районные станции Салдинско-Алапаевской—торф от	200—500 тыс. kW
6. Районная станция Туринско-Сосвинского—торф от	500—1 000 „ „
7. Районная стан ия Северо-Тавдинской—торф от	300—600 „ „
8. Районная станция Тюменского—торф от	200—300 „ „
9. Районная станция Режевско-Нейвинской—торф от	100—200 „ „
10. Районная станция Сухоложско-Камской—торф от	100—200 „ „
11. Районная станция Челябинско-Карталинской—Полтавский и Брединский уголь от	500—1 000 „ „
Итого	3 100—5 700 тыс. kW

По данным геолого-разведочных изысканий и на основании изучения геологической структуры уральских недр предполагаемые запасы углей области определяются в 70 млрд. t (12 млрд. t каменных углей восточного склона, 12 млрд. t каменных углей западного склона, 47 млрд. t бурых углей), т. е. примерно 48 млрд. t условного топлива, или в 9 раз больше известного сейчас запаса.

Потребность в электроэнергии в промышленности

Исключительное по качественным показателям и темпам задание „догнать и перегнать“ обязывает создать совершенно новые комплексные производства, построить ряд энерго-химико-металлургических комбинатов. Энергоснабжение этих комбинатов и питающихся от них прочих районов должно быть построено на принципе максимального использования отходов переработки сырья основных и вспомогательных комбинированных производств и побочных продуктов, получающихся во всех промежуточных стадиях этих производств для энергетических целей.

Электрификация должна получить широчайшее применение, и только на нее могут быть возложены задачи приведения в движение огромного и сложного механизма комбинатов.

Электрический привод, проникновение электроэнергии в технологические процессы, рациональное освещение и централизованная автоматическая электрическая связь совместно с электротягой внутризаводского транспорта — все вместе обеспечит выполнение этой задачи.

В области черной металлургии исключительные размеры производства могут обеспечит лишь мощные прокатные станы (на 750 000—1 000 000 t проката от 40 до 750 л. с. тяговой мощности) и высокая степень электрификации транспортных операций. В технологических процессах энергия пойдет на производство высококачественных сталей в электропечах, различных ферросплавов, цинка и т. д. Наконец, воздуходувки, электрочистка доменных газов и нагревательные электрические печи также требуют значительных количеств энергии.

В машиностроении основное применение электроэнергии при полной автоматизации и механизации производства мощных машиностроительных заводов будет итти по линии (в технологических процессах) электроплавки и электросварки, затем электрического привода и электронагрева: большое значение будет также иметь рациональное освещение цехов.

Химическая промышленность будет в исключительной зависимости от наличия дешевых и достаточных источников электроснабжения; целый ряд новых производств потребует огромных количеств пара и электроэнергии для возможности своего развития.

Электролиз раствора хлористого натра, сильвинитов, термовозгонка фосфора, получение фосфорной кислоты и туков, сернокислотное производство и др. представляют основные химические производства, развитие которых обусловливается наличием энергетической базы.

В цветной металлургии—электролиз меди и цинка, электронагревательные печи, и наконец, исключительно электроемкие производства магния и алюминия, электрометаллургия (20—35 000 kW t)—основные потребители районных электростанций и теплоэнергоцентралей.

Другие отрасли промышленности (горно-угольно-рудная, лесобумажная, стройматериалов и т. д.) учтены с значительными темпами прироста коэфициента электрификации производства и повышением удельных норм расхода электроэнергии в соответствии с введением новых методов производства.

На первом месте по удельному весу потребления электроэнергии в 1937 г. будут стоять отрасли промышленности: черная и цветная металлургия и химическая промышленность, составляя вместе около 67% всей потребности промышленности Урала (см. табл. 2) или 3 140 тыс. kW максимальной нагрузки станций. Вся промышленность потребует 4 650 тыс. kW максимальной мощности и около 27,3 млрд. kWh электроэнергии.

Таблица 2

Баланс потребности и покрытия в электрической мощности по Уралу в 1937 г. (в тыс. kW)

Наименование районов	Необходимая мощность	Покрытие	Избыток или дефицит
Тобольский Север	96	120	24
Северный Урал	176	433	257
Северно-Западный Урал	1 619,6	2 044	424,4
Средний Урал	2 053,2	1 600	453,2
Зауралье	464,0	412	52,0
Южный Урал	1 861,4	2 458	596,6
Прочие районы	332,5	530	197,5
Итого . . .	6 602,7	7 597	994,3
Собственные нужды станций и агрегты собствен. нужд.	390	440	50
Всего . . .	6 992,7	8 037	1 044,3

Электрификация транспорта

В условиях бурного роста грузооборота железнодорожного транспорта Урала до 300 млн. t за время с первого по второе пятилетие все мероприятия крупного рационализаторского порядка оказываются недостаточными, и целый ряд горных и других наиболее загруженных участков перестраивается на электротягу. К электрификации намечено всего 7,870 km путей, что составляет свыше 60% всей длины Уральских железных дорог, в том числе около 6 500 km в пределах Урала (см. табл. 3 и 4). Около 3 000 kш путей частично обслуживаются электроэнергией от смежных электростанций других районов УКК. Кроме того, 720 km включено сверх плана условно. К 1937 г. максимальная нагрузка составит по Уралу 800 тыс. kW и 178 тыс. kW на станции смежных районов с потреблением электроэнергии в 3,9 и 0,8 млрд. kWh, соответственно с чем нужно будет для электрифицируемых участков дороги до 50 тыс. kW мощности. Мощность одной подстанции только для нужд транспорта с расстановкой их на 15—60 km мыслится от 5—10 тыс. kW (общая мощность подстанций 1 225 тыс. kW).

Электрификация быта и коммунального хозяйства

Намеченное планом широкое внедрение электрификации и теплофикации в быт и коммунально-жилищное строительство Урала должно произвести коренные изменения в этой области.

Удельное душевое потребление на освещение жилищ является в общей потребности этой отрасли народного хозяйства доминирующим; к 1937 г. оно принято около 50 лк или 150 kWh в среднем на душу городского населения. Для крупных центров оно принимается около 150 kWh на душу, для населения агроиндустриальных комбинатов и собственно сельского населения соответственно 140 и 110 kWh, что надо признать средними нормами. Освещенность общественных зданий принята в среднем в 67 лк, потребность трамвая—125 млн. kWh, бытовая нагрузка—10% от осветительной потребности или около 431,0 млн. kWh в год, и 43 kWh на 1 жителя.

Общая потребность в максимуме нагрузке исчислена в 765 000 kW для 1937 г.; потребление электроэнергии в 1937 г.—2 540 млн. kWh при населении в этом году 10 млн. чел. и 5,09 млн. чел. в городского типа поселках.

Электрификация сельского хозяйства

Электрификация сельского хозяйства в УКК тесным образом связана с социалистическим переустройством деревни. Огромное использование электрификации для агро-индустриальных комбинатов диктует переход к новым формам

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

электростроительства. Взамен карликовых сельских станций будет широко развито пользование энергией подстанции высоковольтных сетей Урала, а в удаленных пунктах области сооружаются электро- и тепло-электроцентрали, питающие комбинированные хозяйства по переработке сельскохозяйственного сырья.

Планом принято 91%, т. е. 351 000 kW питания сельского хозяйства районов от районных сетей и 9%—34 000 kW—от изолированных станций при общей потребности агро-индустриальной нагрузки 385 000 kW и 3 115 млн. kWh к 1937 г.; особенно интересна здесь нагрузка в провалы графиков (запарка кормов, орошение, вентиляция производственных помещений, пастеризация молока и др.—всего около 1 28 млрд. kW), значительно улучшающая работу станций.

Потребление электроэнергии по отдельным сельскохозяйственным процессам принято следующее: в полеводстве—164 млн. kWh 5,3%, (в том числе на электро-пахоту 10% от общей пахотной площ.)—115 млн. час.—3,4%.

в огородничестве—167 млн. час.	5,4%
в животноводстве:	
по крупн. рогат. скоту—637,15 млн. час. . . .	20,5 „
„ свиноводству—693,5 млн. час.	22,3 „
„ овцеводству—25 млн. час.	0,8 „
„ птицеводству—161,7 млн. час.	5,2 „
в подсобн. куст. предпр.—186,0 млн. час. . .	5,9 „
в индустриальн. предпр.—929,1 млн. час. . .	29,9 „ и т. д.

Вся бытовая электрификационная нагрузка в сельском хозяйстве отнесена к обслуживанию преимущественно сельского населения.

Ориентировочно уже намечено распределение потребных для сельского хозяйства мощностей по основным сельскохозяйственным районам соответственно их специализации и удельного веса в плане выработки сельско хозяйственной продукции на 1937 г. Питание от районных сетей во многих случаях нахождения потребителя между двумя крупными станциями на значительном расстоянии предположено об'единенным с железнодорожной нагрузкой от общих подстанций.

Размер затрат на электрификацию сельского хозяйства Урала и УКК составит (вместе с подготовкой потребителя) для 1937 г.—722 млн. руб.; для обеспечения строительства и эксплоатации электрификационных устройств и сельскохозяйственных электростанций придется подготовить к 1932—37 гг. до 8 900 электро-монтеров и машинистов и около 800 инженеров и техников.

Общая сводка потребления электроэнергии по районам

Весь Урал разбит на 6 районов: 1) Тобольский Север, 2) Северо-западный, 3) Северный, 4) Средний, 5) Зауралье, 6) Южный и 7) прочие изолированные районы.

Общая потребность в максимальной электрической нагрузке получена в размере 6 993 000 kW—1937 г.; в том числе собственных нужд станции 84 000 kW 1933 г. и 390 000 kW 1937 г.

В 1937 г. Урал потребует по районам:

Тобольский Север	96 тыс. kW
Северный Урал	176 „ „
Северо-Западный Урал	1619,6 „ „
Средний Урал	2060,7 „ „
Зауралье	464,10 „ „
Южный Урал	1871,4 „ „
Прочие районы	332,5 „ „

По отраслям народного хозяйства области потребность составит:

Промышленность .	4 652 тыс. kW	66,5%	27,3 млрд. kW
Железнодорожный транспорт	800 „ „	11,5%	4,0 „ „
Электрифик. с/хоз. индустр.	385 „ „	55%	3,12 „ „
Электрифик. быта и городов	765 „ „	11,0%	2,54 „ „
Производство . . .	390 „ „	5,5%	3,10 „ „
Всего	6 992 тыс. kW	100%	40,06 млрд. kW

Подсчет потребности в электроэнергии и максимальной мощности для промышленности велся по удельным нормам на единицу продукции в натуральном или ценностном выражении на основании проектных данных уже выстроенных заводов и фабрик; в транспорте принят расход в 10—32 kWh на 1 t/km грузооборота, меняющийся в зависимости от характера рельефа и напряженности работы участков железнодорожных магистралей на Урале.

Общее количество потребной электроэнергии для всего Урала получено в размере (округленно) 40 млрд. kWh в 1937 г., с учетом получаемой электроэнергии в провалы графиков при среднем коэфициенте использования максимальной мощности 5 700 час. в 1937 г.

Потребление пара и газа городами и промышленностью

В основу выявления потребности в паре, газе и топливе и увеличения мощности установок для нужд теплофикации и газоснабжения городских поселений в 1933—1937 гг. положено распределение сферы влияния электричества, пара и горячей воды и газа в домашнем и коммунальном хозяйстве. По этому распределению за электричеством признается доминирующее влияние в освещении и части мелко-бытовой нагрузки, пару и горячей воде отводится область централизованного отопления и горячего водоснабжения и газу—область централизованного и индивидуального изготовления пищи в центральных фабриках-кухнях, домах-коммунах и отдельных семьях.

Исходные нормы подсчета на 1 человека в год по газу:

Для изготовления пищи	360 103 cal
„ выпечки хлеба	113 103 „
„ прочих надобностей	47 103 „
Итого	520 103 cal

или в газе—200 m³ (1 m³—2 600 cal).

Потребность топлива (в торфе) — 0,1 t в год на 1 человека Дальность передачи практически для Урала—не более 15—20 *km*.

Коэфициент присоединения некоторых наиболее крупных городов по газоснабжению принят в 1937 г. — 0,3 — 0,5; общая потребность топлива для этой цели — около 250 000 t условного топлива.

Потребность тепла на одного человека в год получена подсчетами (с учетом отопления и вентиляции, снабжения горячей водой жилых, общественных и госуд. учреждений)—5,3 × 10,6 cal. Общий коэфициент полезного действия этой системы 0,75 × 0,80=0.60 и расход пара на выработку киловаттчаса 860/170 · 0,67 = 7,6 kg.

Годовой расход условного топлива на 1 человека получен 1,4.

Подсчитан также расход пара и топлива для основных городов Урала при коэфициенте присоединения населения этих городов к теплофикационной системе вместе в 1937 г. в среднем 0,6 (19 пунктов). Общее количество топлива для 1937 года для теплофицируемого населения составит около 4 630 000 t условного топлива.

Нужды промышленности в технологическом паре и в топливе подсчитывались для основных отраслей (черной металлургии, машиностроения, химии, цветной металлургии, калийной промышленности и др.) в отдельности для каждого крупного предприятия по удельным нормам готовых проектов, по заявкам и прочим контрольным материалам.

Потребность этой группы определяется в 6 005 000 t условного топлива в 1937 г., а вместе с теплофикацией городов—10 637 000 t условного топлива.

Цифры эти даны для выработки пара целиком на теплоэлектроцентралях и для учета всего расхода топлива на станциях Урала, вырабатывающих электроэнергию.

В дальнейшем к расходу топлива прибавлено 27% от исчисленного расхода соответственно доле, падающей на выработку киловаттчаса в процессе получения пара необходимых параметров.

В топливном балансе 1937 г. наибольшая доля теплофикации падает на челябинский уголь—45%, на кизеловский уголь—26,5% и остальные на торф и полтаво-брединский уголь.

Покрытие потребности в энергии и тепле

Для покрытия вышеуказанных потребностей запроектировано в 1937 г. 34 наиболее крупных станций с доведением их общей мощности по Уралу до 8 037 000 kW с выработкой энергии при одновременной работе всех станций 44,8 kWh.

В основу проектирования конкретных точек этой энергетической базы Урала положен принцип широкого использования без перевозок, в первую очередь, местных топлив и сведения до минимума потребления в качестве энергетического топлива далнепривозных его видов, заменяя, где возможно, привоз топлива передачей электроэнергии, производимой за счет дешевых местных топлив.

План намечаемых постройкой электростанций Урала создавался на основе следующих наиболее актуальных технико-экономических предпосылок:

1. Максимальная концентрация производства электроэнергии и тепла из мощных районных тепло-и электростанций и макси-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

мальное укрупнение самих станций и агрегатов в них с целью снижения строительной и эксплоатационной стоимости этих станций и введения однотипного хозяйства.

2. Комбинирование производства электроэнергии и тепла в единых тепло-электроцентралях, работающих круглый год на общую и местные районные сети с наибольшим коэфициентом полезного действия.

3. Наиболее полная утилизация отбросного и суррогатного топлива (отходы, обогащения и полукоксования; газы металлургического производства, штыб и мелочь, отбросы деревообрабатывающего производства, лесоразработок и т. д.) и тепла в энергоцентралях.

4. Кустование и кольцевание всех основных станций для параллельной работы на общую сеть с целью увеличения надежности снабжения, максимального уплотнения графика работы станций, создания гибкости маневрирования резервным фондом мощности и уменьшения затрат на этих резервах.

Станции

В результате проработки материалов по каждой отдельной станции, особенно с точки зрения оптимальной возможности обеспечения каждой запроектированной мощности станции топливом, водоснабжением и проч., а также увязки с потребностью фабрик и заводов в электроэнергии и производственном тепле, планом к 1937 г. намечено построить станции на общую мощность 8 037 000 kW, причем 21,6% мощности будет приходиться на чисто конденсационные станции (главным образом, особо мощные станции—в Кизеле, Челябинске и Свердловске), 21,7%—на теплофикационные, 51,3%—на смешанные и 5,4% — на гидростанции. Теплофикационных агрегатов на станциях будет установлено на мощность 3 083 тыс. kW или 38,5%; удельный же вес всех ТЭЦ составит около 73% или 5 865 000 kW.

Общий расход топлива на электростации в 1937 году достигает цифры 20 046 000 t условного топлива, причем 43% общего расхода падает на челябинский уголь, 18,8%—на торф, 13,2%—на низкосортный кизеловский уголь и 20,8%—на богословский и прочие виды местных углей.

В общей мощности станции 8 037 тыс. kW на челябинском угле намечено 33%, на кизеловском угле—10%, на отходах от их обогащения—14,4%, на торфе—14,2%, на отходах металлургическим производств—4,7%, гидроэнергии—5,2% и т. д.

Расходы топлива для электростанций и теплофикации определились в 1937 г.—23 236 000 t условного топлива, причем потребность топлива на теплофикацию учтена, как сказано выше.

Потребление тепла на производственные нужды промышленности и отопление городов покрывается комбинированным производством пара на тепло-электроцентралях (3 083 000 kW), в турбинах с противодавлением на основную, мало колеблющуюся по величине в течение всего года, тепловую нагрузку и в турбинах с отбором пара и конденсацией на остальную часть нагрузки.

При этом намечено: во-первых, работая на вторых турбинах с ухудшенным вакуумом, использовать тепло, заключающееся в циркуляционной воде, направляя ее в бойлеры и подогревая отборным паром давления и, во-вторых, использовать отработанный в турбовоздуходувках пар первого отбора турбины с противодавлением, возвращая его в туже отопительную систему. Произведенные расчеты дают при этом, несмотря на некоторое увеличение удельного расхода пара значительное снижение требующейся теплофикационной мощности и весьма существенную экономию топлива.

Суммарная мощность и расход топлива ниже тех значений, которые возможны при максимальном использовании мощности устанавливаемых агрегатов.

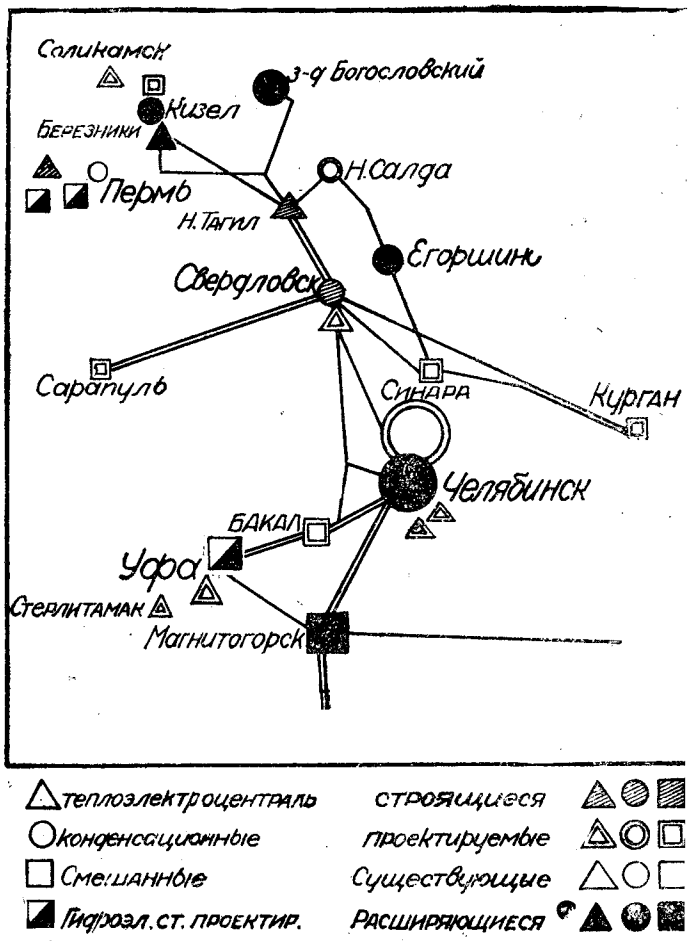
Подсчитан баланс электроэнергии по основным районам и в целом по Уралу (см. табл. 1 и 2). Все районы имеют в 1937 году избыток в сумме 104 430 kW, исключая Средний Урал и Зауралье, где будет дефицит в 453,2 тыс. kW и 52 000 т. kW, покрываемый транспортом с Северного и Южного Урала. Общий резерв составляет около 12,8%.

Так как некоторая часть мелких станций, наиболее изношенных к тому времени не будет участвовать в балансе и тем снизит общее покрытие в 1937 году на 376 400 000 kW, практический резерв должен быть не выше 9,5%.

При учете числа часов работы устанавливаемой мощности электростанции, это обстоятельство принято во внимание и коэфициент использования в часах определен в 5 950 час. для 1937 года. Потери электроэнергии приняты в 12%, коэфициент разновременности максимумов—0,85—0,90.

Подсчеты себестоимости электроэнергии произведены для 3 наиболее мощных электростанций Урала, являющихся основным ядром электро-снабжения всей районной сети (35% всей мощности станций),

Топливные слагающие подсчитаны согласно стоимости и колорийности топлива. В итоге подсчетов мы имее т впол



Энергетика Урала

благоприятные показатели стоимости электроэнергии франко 4 шины электростанций, а именно:

Кизеловская районная станция (отд. от обогащения) (70 тыс. kW) . . . . . $\frac{1{,}03 \text{ коп.}}{0{,}77}$ за 1 kWh

Челябинская районная станция (челябинский уголь) (1 000 тыс. kW) . . . . . $\frac{1{,}01 \text{ коп.}}{0{,}79}$ за 1 „

Среднеуральская районная станция (челябинский уголь) торф 450 тыс. kW . . $\frac{1{,}43 \text{ коп.}}{1{,}19}$ за 1 „

(Числитель дает стоимость энергии с учетом % на капитал а знаменатель—без них).

Цифры эти вполне реальны, так как 1-й продукт от обогащения недорог—3 руб. 50 коп. Челябинская станция буде в значительной мере базироваться на добыче угля открытым способом, при котором цена 1 t франко-копи подсчитана не свыше 1 руб. 50 коп.—2 руб. Все же как средняя принята цифра 3 руб. 50 коп.

Себестоимость электроэнергии на тепло-электроцентралях благодаря большому количеству часов использования (6 000 — 6 500 часов в среднем), будет не выше 0,88—0,85 коп., снижаясь в отдельных случаях (Алапаевская, Каменско-Синарская и др. станции, где 50% топливной базы составляют отходы в виде газов доменных и коксовых печей) до 0,55—0,65 коп за 1 kWh [1].

Если подсчитать себестоимость энергии ориентировочно исходя из конкретных условий производства электроэнергии на каждой станции, то получим среднюю для всего Урала.

Себестоимость 1 kWh фрако-шины станций без процентов на капитал . . . . . 1,17 к

Тоже с учетом процентов . . . . . 1,45 „

По сравнению с себестоимостью электроэнергии в настоящее время — это дает снижение от 3 до 5 раз в среднем по Уралу

[1] При отнесении всех расходов производства исключительно к производству электроэнергии, калькулирование стоимости электроэнергии в зависимости от выработки тепла дает удешевление киловаттчаса на 25—30%.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Подсчет стоимости электростроительства Урала к 1937 г. произведен на основании определения стоимостей отдельных слагающих, путем расчетов по каждой станции и линии передачи (по укрупненным измерителям), сообразуясь с индивидуальными особенностями строительства в каждом пункте и каждого типа станций.

Общая мощность строящихся станций выражается в сумме 7 777 тыс. kW, так как часть общей мощности станции уже выстроена или заканчивается постройкой в 1931 г. и новых капиталовложений не требует.

Поэтому на новое электростроительство с 1932 г. по 1937 г. потребность в затратах определена в 2 190 млн. руб. на станции, в 334 млн. руб.—на поселки для них. Строящиеся линии передачи общим протяжением 9 835 km оценивается цифрой 288 млн. руб. и понизительные подстанции на установленную мощность около 12 млн. kW—860 млн. руб.

В качестве основных агрегатов на станциях приняты паротурбогенераторы в 50, 100 и 150 тыс. kW для давления пара 35, 85 и 100 at, с генераторами напряжением в 15 и 22 тыс. V, позволяющим часть района снабжать электроэнергией непосредственно с шин (станциями без трансформирования).

Наибольшие гидрогенераторы приняты в 50 тыс. kW для Камской гидростанции, в основном же приняты гидрогенераторы 25 тыс. kW. Паровые котлы выбраны в основном на 2 000, 2 500, 4 000 и 5 000 m².

Линии электро-передачи приняты напряжением в 380, 200 100 kV, исходя из тех электротоков, которые в 1937 году должны будут по ним передаваться.

Стоимость линий передач принята отчасти по проектным, отчасти по литературным данным, в частности, для 380 kV линий передач стоимость подсчитана ориентировочно. В итоге общие затраты за 7 лет выражаются в 3,67 млрд. руб., из коих 61,5% падает на электрические станции, 6,5% на поселки, 8%—на линию передач и 24%—на подстанции.

Электрификации Урала—большевистские темпы[1]

На основе доклада Уральского облплана о генплане электрификации Урала, районная секция Оргкомитета вынесла следующую резолюцию:

1. Представленный Уралпланом перспективный план электрификации Уральской области, дающий развернутую схему размещения станций, электропотоков, порайонного и отраслевого покрытия теплоэлектронагрузок, увязанную с рассмотренными в Госплане СССР (август 1931 г.) основными показателями развития Урала как крупного района металлургической (особенно качественных металлов), машиностроительной, химической и прочей промышленности, входящего в систему УКК, принять за основу для дальнейшей работы по составлению генплана Уральской области.

2. Считать правильными установки плана на создание единого централизованного энергохозяйства, максимальное использование местных видов и суррогатов топлива, на широкое применение принципа комбинированного снабжения потребителя электричеством и теплом (электрификация, теплофикация).

3. Запроектированная по Уралу для 1937 г. мощность электростанций в 8 млн. kW должна быть снижена и уточнена в соответствии с намечаемыми общесоюзными лимитами, поскольку должны быть уточнены размеры и темпы развития отдельных отраслей народного хозяйства области на вторую пятилетку в связи с позднейшими наметками общего развертывания народного хозяйства СССР. Причем наряду с детальными погодичными показателями на этот период времени должна быть дана и общая схема хозяйственного развития области на базе электрификации до 1942 г. (постановка новых хозяйственных проблем, возможность расширения существующих энергопромышленных узлов, создания новых и т. д.).

4. На этой основе подвергнуть дальнейшему уточнению вопросы балансов продукции, топлива, энергии и труда, баланса стройматериалов как в разрезе основных подрайонов Урала, так и общеобластном (ввоз, вывоз, внутреннее потребление—производственное и потребительское) на период второй пятилетки.

5. Считая, что одним из наиболее сложных вопросов развития уральского хозяйства является водная проблема (водоснабжение энергетического хозяйства, промышленности), обратить особое внимание на проверку всего хозяйственного и, в частности, энергетического плана под этим углом зрения.

6. Признавая правильным намеченные Уралпланом линии энергетического кооперирования районов (Магнитная-Караганда, Магнитная-Вашкирия, Западная Сибирь-Челябинск-Уфа, Соликамск-Вишера-Печорский уголь, Усолье-Вятские фосфориты и в более далекой перспективе проникновение электричества с целью освоения Тобольского севера по путям от Боголовска на Никито-Ивдель и далее к р. Оби), а также дополнительно предложенное кооперирование по линии электрификации железной дороги Свердловск-Шеморданы, считать необходимым более детально проработать проблему межрайонных связей совместно с организациями районов, входящих в состав УКК и остальных смежных с Уралом районов.

При проработке межрайонных связей признать необходимым увязку народнохозяйственных и энергетических планов в первую очередь с Башкирией, Западной Сибирью и северо-восточным Казакстаном, как частями Урало-Кузнецкого комбината.

Предрешить созыв на протяжении ближайших 2—3 мес. узкой деловой конференции из представителей плановых организаций Урала, Западной Сибири, Башкирии, Казакстана, Нижегородского, Северного краев, Татреспублики и Средней Волги, поручив организацию ее рабочей группе УКК Госплана.

7. Предложить Уралплану на основе запасов сырья, наличия воды, путей сообщения проверить тщательное размещение основных отраслей промышленности вокруг энергетических баз.

8. Учитывая, что существующий разрыв между сырьевыми водными и энергетическими ресурсами Среднего Урала создает особые трудности при решении вопроса о размещении промышленности в этом районе, предложить Уралоблплану детально проработать этот вопрос на основе развернутого топливного, энергетического, теплофикационного и водного баланса района.

9. Принимая во внимание, что в представленных материалах нет достаточной ясности в выборе пункта и размерах производства алюминия, срочно уточнить об этом вопрос детальными расчетами стоимости сырья, энергии и готовой продукции в нескольких вариантах.

10. Дополнительно к тем расчетам, которые представлены по вопросу о себестоимости энергии на электростанциях на угле и торфе, предложить Уралплану проработать вопрос о стоимости энергии на нескольких типичных гидро- и торфяных станциях.

11. Ввиду того что при составлении плана электрификации сельского хозяйства Уралплан исходит из общих укрупненных показателей, проверить расчеты электрификации сельского хозяйства на нескольких типичных конкретных примерах.

12. Считать желательной проработку в виде варианта в перспективе генплана схемы электрификации Урала на базе высоковольтного маневренного кольца, охватывающего (примерно) Кизел, горнозаводский Урал на севере и на юге, обслуживающего Предуралье и Зауралье и сливающегося с Нижегородским краем, Средней Волгой, Сибирью и Карагандой, с расчетом, что линии в 110 kV должны явиться распределительными сетями.

13. Подвергнуть широкой разработке проблему газофикации и максимально ее конкретизировать.

14. Особо проработать вопрос о дальнейшей разработке лесных богатств Урала.

15. При проработке детализированного плана развития народного хозяйства уральской части УКК особое внимание уделить вопросу себестоимости продукции с обязательным выделением ее энергетической составляющей.

16. Прокорректировать схему электрификации железных дорог на Урале на основе последних указаний Оргкомитета.

17. При дальнейшей проработке плана, предпослать ему специальную главу о методах определения нормативов электроэнергии и тепла, с указанием источников этих нормативов.

18. Поручить секции коммунального хозяйства Оргкомитета рассмотреть материал, представленный Уралпланом по вопросу об электрификации коммунального хозяйства и быта.

[1] Постановление районной секции Оргкомитета по составлению генплана электрификации СССР.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТА

Электровозы переменного тока нормальной частоты[1]

К. И. Шенфер

В последнее время в нашей технической литературе усиленно дебатируется вопрос о системе электрической тяги для железных дорог дальнего следования.

Вопрос о выборе рода тока для наших железных дорог приобретает особенное значение ввиду грандиозности программы электрификации железных дорог, которая намечена решениями партии и правительства.

В настоящее время известны следующие системы электрической тяги для железных дорог дальнего следования: 1) постоянный ток высокого напряжения в 3 000 V, 2) однофазный ток высокого напряжения (15 000—16 000 V пониженной частоты (f—16 $^2/_3$ в Европе и 25 пер/сек в Америке), и 3) однофазный ток высокого напряжения (16 000—22 000 V нормальной частоты ($f = 50$ в Европе и $f = 60$ пер/сек в Америке) с преобразованием тока на электровозах.

Не останавливаясь подробно на сравнительных достоинствах и недостатках всех этих систем, неоднократно освещавшихся в литературе, можно здесь только указать, что с экономической точки зрения весьма желательной является та система, которая не требует преобразовательных подстанций и допускает в троллейном проводе однофазный ток высокого напряжения нормальной частоты.

Среди электровозов, питаемых током нормальной частоты, в настоящее время различаются следующие системы:

1) система Кандо с преобразованием числа фаз на электровозе;

2) система Пунга-Шен;

3) система с преобразованием числа периодов на электровозе;

4) система с преобразованием однофазного тока в постоянный на электровозе (так называемый моторогенераторный тип).

Краткое описание перечисленных выше систем составляет содержание настоящей статьи.

Система Кандо (электровозы с преобразователями типа телефаз)

Ввиду того, что эта система уже описывалась в наших и заграничных журналах[2] и некоторых книгах[3] здесь приводятся лишь краткие сведения по этому вопросу.

Особенность этой системы, как известно, заключается в том, что на самом электровозе происходит преобразование однофазного тока сети в трехфазный ток, питающий тяговые двигатели, каковыми в данном случае являются трехфазные двигатели.

Необходимость преобразования однофазного тока в трехфазный вызывается тем обстоятельством, что однофазные асинхронные двигатели, как известно, отличающиеся весьма скверными пусковыми характеристиками, являются непригодными для целей тяги.

Принцип действия преобразователя числа фаз, в кратких чертах, как известно, заключается в следующем[4].

Если заставить вращаться вхолостую ротор R асинхронного двигателя, статор которого приключен к однофазной сети, то, как известно, в таком вращающемся двигателе появится вращающееся магнитное поле, несмотря на то, что с сетью соединена только одна фаза статора (рис. 1).

Если в пазах статора, кроме однофазной обмотки S_1, еще расположить трехфазную обмотку S_2, не соединенную с сетью, то во всех трех фазах этой последней обмотки вращающееся магнитное поле будет наводить э. д. с., смещенные друг относительно друга по фазе приблизительно на 120°; при этих условиях на клеммах вспомогательной трехфазной обмотки S_2 мы получим напряжение трехфазного тока.

Клеммы вспомогательной обмотки S_2 мы можем соединить с тяговыми трехфазными асинхронными двигателями, приводящими в движение электровоз.

Одним из недостатков этой системы является низкий $\cos\varphi$ установки.

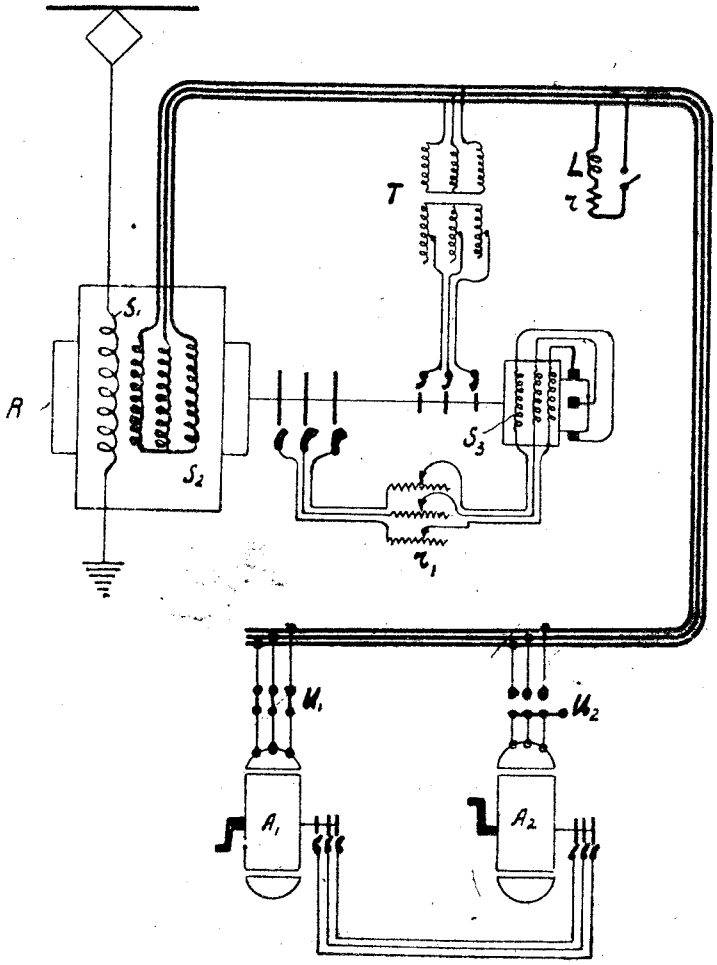


Рис. 1. Электровоз умформерного типа: S_1—S_2—R—преобразователь числа фаз; S_3—компенсатор сдвига фаз; r_1—пусковое сопротивление; A_1—A_2—тяговые моторы

Последний недостаток можно устранить двумя путями: или путем подведения к обмотке ротора преобразователя числа фаз постоянного тока, после чего машина превращается в синхронный двигатель, или путем каскадного соединения ротора преобразователя с трехфазной коллекторной машиной.

Первая система, характеризующаяся применением синхронного преобразователя фаз (система Кандо), отличается тем недостатком, что преобразователь числа фаз весьма чувствительно реагирует на колебания напряжения в троллейном проводе и при неблагоприятных условиях может выпасть из синхронизма.

Другая система, при которой в качестве преобразователя числа фаз служит асинхронная машина с компенсацией сдвига фаз, является более устойчивой в работе.

На рис. 1 показана схема последней системы (завод SSW). На этом рисунке означают:

S_1—однофазная обмотка статора преобразователя числа фаз, получающая питание от троллейного провода;

S_2—трехфазная вспомогательная обмотка, питающая тяговые асинхронные двигатели A_1—A_2;

R—трехфазный ротор преобразователя, соединенный через посредство контактных колец с компенсаторами сдвига фаз S_3, сидящем на общем валу с R;

[1] Доклад, прочитанный в электромашинном отделе ВЭИ. Помещая статью тов. К. И. Шенфера, редакция отмечает, что предлагаемая автором схема заслуживает тем большего внимания, что она приближает нас к разрешению проблемы применения однофазного тока нормальной частоты для электрификации железных дорог.

[2] Ст. С. В. Борисовского журнал „Электричество" № 4, 1931. Elektrotechnik und Maschinenbau 1923 и 1925—статьи Verebely.

[3] К. И. Шенфер. Асинхронные машины. ГИЗ, 1931, стр. 213.

[4] Идея преобразователя числа фаз и применения его для целей тяги принадлежит Бушеро, Кандо и Гельмунду.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

T—трансформатор, питающий ротор компенсатора сдвига фаз:

A_1, A_2—тяговые двигатели.

Как видно на рис. 1, однофазный ток, получаемый от троллейного провода, обтекает в статорную обмотку S_1 преобразователя числа фаз и затем направляется в землю (рельс).

Для пуска в ход преобразователя вхолостую можно использовать обмотку S_2 в качестве вспомогательной с целью получения вращающегося магнитного поля; для этого в момент пуска в ход можно замкнуть две фазы обмотки S_2 на сопротивление r и самоиндукцию L при помощи показанного на рис. 1 рубильника, что дает возможность образоваться в преобразователе числа фаз вращающемуся магнитному полю; после того как ротор преобразователя достигнет скорости, близкой к нормальной, цепь L—r может быть разомкнута.

На одном валу с преобразователем сидит возбудитель S_3 трехфазного тока в виде трехфазной коллекторной машины; последняя получает трехфазный ток через посредство трансформатора T от обмотки S_2.

Коллектор трехфазного возбудителя, на котором получается напряжение частоты скольжения, через посредство компенсирующей обмотки S_3, расположенной на статоре, и через посредство пускового реостата r (который при нормальном ходе должен быть закорочен) соединяется с ротором преобразователя R.

Изменяя передаточное число трансформатора T, мы имеем возможность изменять сдвиг фаз в роторе R преобразователя и, следовательно, можем, таким образом, сдвиг фаз между напряжением троллейного провода и током, текущем в главной обмотке преобразователя, свести до нуля; в случае необходимости можно даже добиться опережающего сдвига фаз для повышения коэфициента мощности всей сети.

Регулирование скорости электровоза здесь возможно по методу переключения числа полюсов и каскадного соединения тяговых асинхронных двигателей.

На рис. 1 показано каскадное соединение двигателей A_1—A_2.

Промежуточные скорости могут быть получены по методу включения в цепь роторов тяговых двигателей добавочных сопротивлений.

Достоинство вышеописанной системы обусловлено возможностью использования тока сети нормальной частоты и в качестве тяговых двигателей асинхронных машин, не имеющих коллектора и потому весьма надежных в эксплоатации.

Система Пунга-Шен

Преобразователь числа фаз и асинхронный тяговый двигатель описанной выше схемы можно соединить в одну машину, как это в свое время предложили Пунга и Шен. Для этой цели тяговые асинхронные двигатели с однофасной статорной обмоткой, получающей питание непосредственно от троллейного провода, выполняются с двойным ротором, из которых внутренний ротор является рабочим, а промежуточный ротор вращается вхолостую и служит для образования вращающегося машинного поля[1].

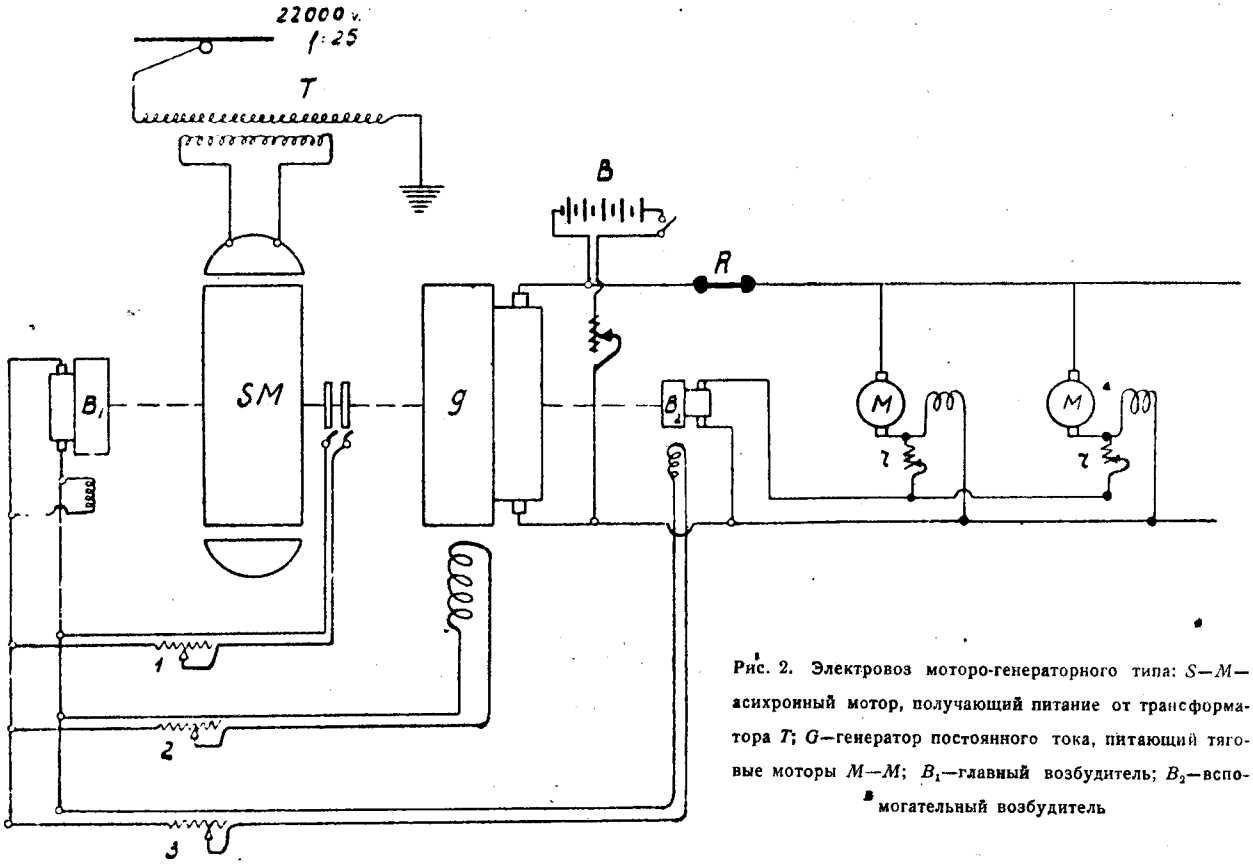


Рис. 2. Электровоз моторо-генераторного типа: S—M—асихронный мотор, получающий питание от трансформатора T; G—генератор постоянного тока, питающий тяговые моторы M—M; B_1—главный возбудитель; B_2—вспомогательный возбудитель

Моторогенераторный тип электровоза

В Америке в последнее время начинает находить распространение система так называемых мотор-генераторных электровозов.

Эта система в общих чертах заключается в следующем:

Электровоз получает энергию от троллейного провода в виде однофазного тока, который затем в преобразователе, установленном на электровозе, превращается в постоянный ток; последним питаются тяговые двигатели постоянного тока электровоза.

Преобразование тока обычно происходит при помощи мотор-генератора, состоящего из мотора однофазного тока (синхронного или асинхронного) и из генератора постоянного тока на одном валу с мотором; мотор при этом получает питание от троллейного провода, генератор же питает тяговые двигатели постоянного тока.

Достоинство этой системы заключается в том, что здесь возможно весьма широкое регулирование скорости тяговых двигателей без потерь в реостате путем изменения тока возбуждения генератора, питающего моторы. При этом методе нет необходимости группировать тяговые моторы в последовательное, а затем в параллельное соединение, что упрощает схему соединений.

На рис. 2 показана схема соединений такого электровоза мощностью в 3 600 NP для железной дороги в Северной Америке (Detroit-Poledoky).

Этот электровоз получает электрическую энергию от троллейного провода в форме однофазного тока при 25 пер/сек. и напряжении в 22 000 V.

[1] См. Шенфер, Асинхронные машины, 1931, стр. 214 и статья инженера Е. С. Аваткова в журнале „Техника", № 7, 1931, а также дискуссию в журнале „Электричество" № 17, 1931.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Это напряжение понижается в трансформаторе T, установленном на электровозе, до 1 250 V, каковое напряжение подводится к однофазному синхронному мотору SM, вращающему динамомашину постоянного тока G (рис. 2).

Последняя питает 16 тяговых моторов постоянного тока по 225 л. с.; продолжительная мощность электровоза—3 600 л. с.

На рис. 2 означают:

SM—однофазный синхронный мотор, получающий энергию от троллейного провода через посредство понизительного трансформатора T;

g—генератор постоянного тока на 600 V, сидящий на одном валу с S M;

M—M—тяговые моторы;

B_1—главный возбудитель на 110 V;

B_2—вспомогательный возбудитель на 10—12 V;

B—батарея для пуска в ход синхронного мотора SM.

Регулирование скорости происходит здесь при малых скоростях исключительно путем регулирования напряжения на коллекторе генератора g (воздействуя на реостат—2).

В этом случае тяговые двигатели M—M имеют последовательное возбуждение.

При больших скоростях происходит постепенное уменьшение сопротивления r—r, и как следствие этого, переход тяговых двигателей с последовательного возбуждения на независимое, в каковом случае питание обмоток возбуждения тяговых моторов совершается от вспомогательного возбудителя B_2.

При независимом возбуждении тяговых двигателей рекуперативное торможение происходит весьма просто без всяких

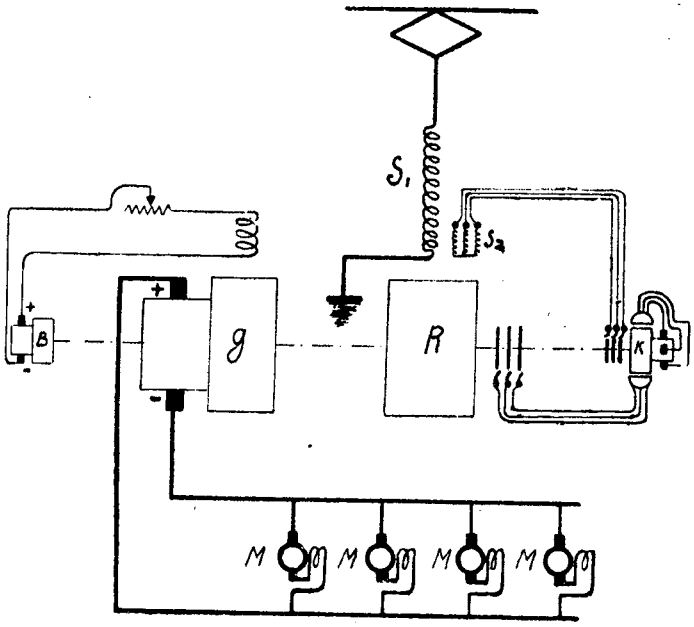


Рис. 3. Электровоз моторо-генераторного типа: S_1—R—асинхронный мотор; G—генератор постоянного тока, питающий тяговые двигатели M—M—M; B—возбудитель постоянного тока; R—Трехфазный компенсатор сдвига фаз

пересоединений путем усиления тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей.

Такое полезное (рекуперативное) торможение может происходить почти до полной остановки электровоза, что является большим достоинством локомотивов мотор-генераторного тока.

Недостаток рассмотренной здесь схемы рис. 2 состоит в том, что всегда существует опасность выпадения из синхронизма мотора SM при кратковременном прекращении питания троллейного провода, а также при резких колебаниях напряжения в троллейном проводе.

На схеме рис. 3, где синхронный мотор прежней схемы заменен асинхронным двигателем S_1—R, эта опасность исключается.

На рис. 3 означают:

S_1—обмотка статора однофазного асинхронного двигателя, получающая питание от троллейного провода;

R—его ротор с фазной обмоткой;

K—трехфазная коллекторная машина, соединенная с обмоткой ротора R;

S_2—вспомогательная трехфазная обмотка в статоре асинхронного двигателя, через посредство контактных колец питающая ротор коллекторной машины K;

B—возбудитель постоянного тока для генератора G;

M—M—M—тяговые моторы постоянного тока.

Благодаря наличности трехфазной коллекторной машины K асинхронный двигатель S_1—R может работать не только с высоким коэфициентом мощности, но даже и с опережением фазы, улучшая коэфициент мощности линии.

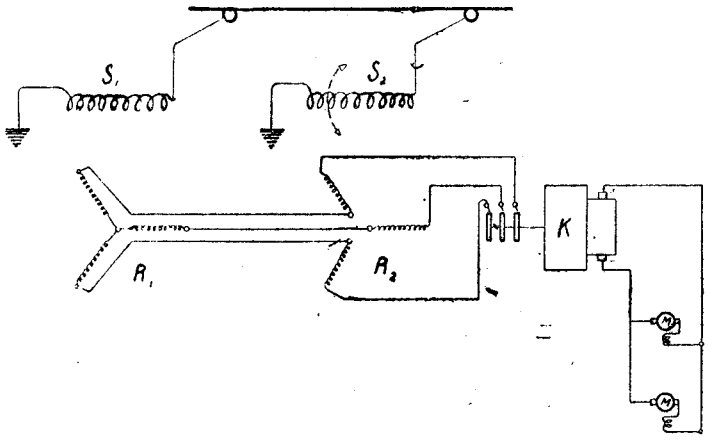


Рис. 4. Электровоз с каскадным конвертором: S_1—S_2—статоры асинхронных двигателей; R_1—R_2—их роторы, соединенные с контактными кольцами конвертора K; M—M—тяговые двигатели

Тип с каскадным конвертором

Во всех рассмотренных выше схемах не представляется возможным заменить генератор постоянного тока одноякорным преобразователем, так как последний не допускает достаточно широкого изменения напряжения на коллекторе.

Схема рис. 4 позволяет, однако, обойти это затруднение.

Как показывает этот рисунок, на одном валу здесь сидят три машины: одноякорный преобразователь K и два однофазных асинхронных двигателя.

Из рис. 4 видно, что статоры этих машин S_1—S_2 получают питание от троллейного провода, а обмотки роторов R_1—R_2 соединены друг с другом последовательно и питают контактные кольца конвертора K.

Статор S_2 одной из асинхронных машин может вращаться поворачиванием. Поворачивая статор S_2 на тот или другой угол, мы можем изменять фазы э. д. с., индуктированных вращающимся полем в обмотках R_2; вследствие этого результирующее напряжение, равное геометрической сумме э. д. с. в фазах роторов R_1 и R_2 будет меняться и будет, таким образом, изменяться напряжение на кольцах конвертора K, что вызовет соответственное изменение напряжения на коллекторе K.

При значительном понижении напряжения на коллекторе в этой системе устойчивость понижается и может возникнуть

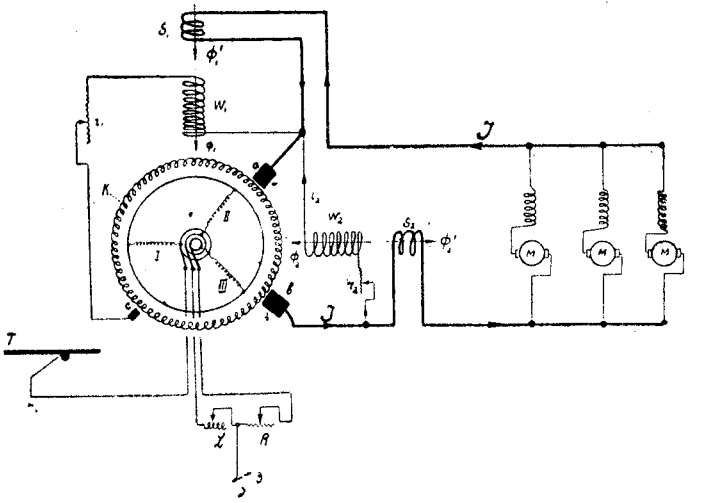


Рис. 5. Одноякорный преобразователь для электротяги системы Шенфера:
T—троллейный провод;
I—II—III—фазы роторной обмотки;
K—роторная обмотка постоянного тока;
a—b—рабочие щетки;
c—вспомогательная щетка;
W_1—W_2—шунтовые обмотки возбуждения;
S_1—S_2—сериесные обмотки возбуждения;
L—R—пусковая дроссель и сопротивление
3—земля;
M—M—M—тяговые двигатели

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

опасность выпадения из синхронизма, что является недостатком системы.

Схема автора

Двойное преобразование электрической энергии в моторгенераторе обусловливает не только большой относительно вес машины, но также влечет за собой и понижение к. п. д. всего устройства.

В этом отношении одноякорный преобразователь является более выгодным, чем мотор-генератор.

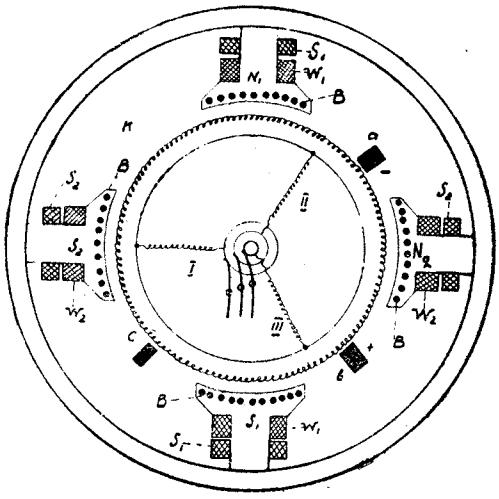


Рис. 6. Одноякорный преобразователь для электротяги системы Шенфера

К сожалению, одноякорный преобразователь обычной конструкции не дает возможности регулировать напряжения на коллекторе в широких пределах.

Автор настоящей статьи задался целью так видоизменить конвертор, чтобы последний был более приспособлен для питания тяговых двигателей в смысле возможности регулировки напряжения на коллекторе.

Рис. 5 поясняет идею новой схемы.

На этом рисунке означают:

T—контактный провод;

З—земля (рельс);

I, II, III обмотка высокого напряжения ротора, получающая питание от воздушного провода через посредство контактных колец;

K—обмотка постоянного тока, расположенная в пазах того же якоря, что и обмотка *I, II, III*;

a, b—рабочие щетки, сидящие на коллекторе обмотки постоянного тока;

c—вспомогательная щетка;

W_1, W_2—шунтовые обмотки возбуждения;

S_1, S_2—сериесные обмотки возбуждения;

M, M, M—тяговые двигатели.

Как видно на рис. 6, одноякорный преобразователь имеет двойное число полюсов: 2 северных N_1—N_2 и 2 южных S_1—S_2; на каждом из этих полюсов сидят по 2 обмотки: одна тонкая обмотка W_1—W_2 и одна обмотка главного тока из толстой проволоки S_1—S_2.

Возвращаясь к рис. 5, мы видим, что концы обмоток W_2 приключены к рабочим щеткам *a, b* и концы обмоток W_1 присоединены к рабочей щетке *a* и вспомогательной щетке *C*.

Реостаты r_1—r_2 дают возможность независимо регулировать силы тока в катушках W_1—W_2 и, таким образом, изменять величину потоков Φ_1—Φ_2 (рис. 5).

Изменяя величину потока Φ_2, мы тем самым изменяем величину рабочего напряжения на коллекторе между щетками *a—b* и изменяем, таким образом, силу рабочего тока *I* в тяговых движениях. Таким образом мы можем величину потока Φ_2 при трогании электровоза с места уменьшить до достаточно малой величины для ограничения пускового тока *I*. Для того чтобы при этом $\cos\varphi$ преобразователя не уменьшился, следует одновременно с уменьшением потока Φ_2 увеличить поток Φ_1, передвигая ползушку реостата r_1 с таким расчетом, чтобы сумма потоков $\Phi_1 + \Phi_2$ осталась без изменения. При этих условиях $\cos\varphi$ преобразователя останется почти без изменения и будет достаточно высоким.

Сериесные катушки S_1—S_2 на рис. 5 имеют следующее назначение. Катушка S_2 создает поток Φ_2', направленный противоположно к потоку Φ_2, а катушка S_1 создает поток Φ_1', направленный в ту же сторону, что и поток Φ_1.

Благодаря этому при „толчках" тока и в цепи тяговых двигателей *M, M, M*, будет происходить соответственное уменьшение рабочего напряжения между щетками *a—b*. Благодаря этому толчки тока в цепи тяговых двигателей будут смягчены. Самоиндукция *L* и омическое сопротивление *R* (рис. 5) служат для создания вращающегося магнитного потока при разворачивании и пуске в ход преобразователя. Для того чтобы преобразователь подтянулся до синхронизма, служит беличья обмотка *B, B, B*, расположенная в пазах пояс-

Таблица 1

Название ж. д.	Род тока	Напряж. V	Частота пер/сек	Формула осей[1]	Вес электр. части t	Вес механ. части t	Общий вес t	Часов. мощность HP	Удел. вес электрич. части kg/HP	Скорость km/h	Макс. скорость km/h	Завод
New-York . . . . New-Haven . . .	*O*	11 000	25	1C1 + 1C1	77	79	162	2 090	38	52	110	Westinghouse
Германские . . .	*O*	15 000	16 2/3	1 D_0 1	51	58,5	109,5	3 550	14,4	77	110	AEG — SSW
Nonfolk-Western .	*O/m*	11 000	25	1D1 + 1D1	141	236	377	4000/4660	30,2	22,5/50	—	West.
Pennsylwania Ry .	*O/m*	11 000	25	1C + C1	117	118	235	4 800	24,4	33	—	West.
Virginia Ry	*O/m*	11 000	25	1D1 + 1D1	205	375	580	6090/7125	28,8	22,5/50	—	West.
Германские . . .	*O/m*	3 000	50	D	11	37	48	400	27,5	12,5/25	—	Krupp
Detroit-Toledo . .	*O/n*	11 000	25	Do — Do + + Do — Do	196	142	338	4 200	46,6	24	56	West.
Great-Northern . .	*O/n*	11 000	25	1Do1 + 1Do1	159	171	330	4 330	36,8	23	72	West.

[1] В литературе, посвященной вопросам тяги, как известно, приняты условные обозначения для указания этой системы, при помощи которой происходит связь между электродвигателями и ведущими колесами электровоза. Первая и последняя цифры в „формуле осей" условно обозначают при этом число бегунковых осей, и одна из первых букв алфавита—число ведущих осей, связанных между собой дышлами.

Так, например, формула 1 D_0 соответствует локомотиву, имеющему по одной бегунковой оси с обоих концов и 4 ведущих оси (индекс „o" означает в последней формуле, что в данном случае применен индивидуальный привод, т. е., что каждая ведущая ось сцеплена со своим мотором).

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ных наконечников (рис. 6). После того, как преобразователь разовьет полное число оборотов и войдет в синхронизм, сопротивление R и самоиндукция L могут быть закорочены.

Сравнение разных систем между собой

При низкой частоте и контактном проводе ($f = 16\,^2/_3$ пер/сек) наилучшие показатели в смысле веса электрического устройства получаются для электровоза с однофазными коллекторными двигателями. При этой системе получаются весьма простые аппараты управления, регулировка скорости возможна с хорошим $\cos\varphi$ и с хорошим к. п. д. Недостатком этой системы является необходимость в пониженной частоте троллейного провода, влекущей за собой добавочные расходы на преобразовательные подстанции. При более высоких частотах ($f = 50$) вышеуказанная система уже является менее пригодной; в этом случае вопрос решается в пользу применения электровозов умформерного и мотор-генераторного типа.

В электровозах мотор-генераторного типа весьма удобно и без добавочных реостатных потерь происходит регулировка скорости тяговых двигателей и возможно рекуперативное торможение в широких пределах при хорошем коэфициенте мощности. Эта система, однако, требует двойного превращения электрической энергии, что скверно отражается на к. п. д. и увеличивает вес электрического оборудования электровоза.

Весьма хорошее решение задачи получается в электровозах умформерного типа по системе Кандо, отличающихся крайней простотой и надежностью электрической схемы. Достоинством этой системы является возможность преобразования однофазного тока в трехфазный в одной только машине.

Эта система, однако, имеет недостаток, связанный с невозможностью плавной регулировки скорости асинхронных двигателей; последняя здесь может происходить по методу переключения числа полюсов, каскадного соединения тяговых двигателей трехфазного тока и включения добавочных сопротивлений в цепь ротора асинхронных тяговых двигателей. Средний к. п. д. электровозов умформерного типа получается все же не очень низким; так, например, для локомотива железной дороги Virginian Ry он получается в среднем равным около 82%.

Для сравнения между собой трех типов электровозов переменного тока ниже приводится таблица, где сопоставлены главные данные, характеризующие каждый тип электровоза[1].

Во 2-й графе этой таблицы указана сокращенно система тока, причем здесь означают:

O—электровоз с однофазными коллекторными двигателями;

O/m—электровоз умформерного типа с преобразованием однофазного тока в трехфазный.

O/n—электровоз мотор-генераторного типа (с преобразованием однофазного тока в постоянный).

В 10-й графе этой таблицы даны удельные веса электрооборудования, т. е. веса в kg, приходящиеся на 1 HP мощности электровоза.

Сопоставляя между собой данные вышеприведенной таблицы приходим к следующему заключению.

Наименьший удельный вес электрооборудования (в kg на 1 HP) оказывается у электровоза с однофазными коллекторными двигателями: около 15 kg на HP.

Удельный вес электрической части в умформерных локомотивах O/m получается в среднем около 27 kg/HP, т. е. на 70% выше, чем для электровозов с коллекторными двигателями.

Для электровозов мотор-генераторного типа O/n получается в среднем удельный вес порядка 40 kg/HP, что дает, примерно, $2^1/_2$-кратное увеличение веса по сравнению с электровозами, оборудованными однофазными коллекторными двигателями.

Нужно, однако, здесь отметить, что все последние показатели таблицы относятся к американским электровозам мотор-генераторного типа, работающим на пониженной частоте в 25 пер/сек.

При частоте в 50 пер/сек веса электрической части электровозов мотор-генераторного типа должны соответственным образом снизиться.

Для наших условий наибольший интерес могут представлять те системы, при которых применяются в троллейном проводе нормальные частоты ($f = 50$), т. е. электровозы умформерного типа, в первую очередь, и электровозы мотор-генераторного типа при поездах тяжелого состава.

Московский метрополитен

К. С. Финкель

Помещая в порядке постановки статью т. Финкеля, редакция открывает на страницах журнала „Электричество" обсуждение технико-экономических проблем метрополитена.

Основная цель этого обсуждения—выявить и со всей четкостью отразить в плане московского метрополитена те особенности постановки его проблемы, которые вытекают из социалистического характера нашей экономики. Особенности эти, несомненно, скажутся на методах разрешения всех технических проблем метрополитена.

Необходимость сооружения метрополитена как мощного средства ускорения темпов социалистического строительства и как рычага снижения себестоимости (в широком народнохозяйственном смысле этого слова) перевозок указана в четкой директиве июньского пленума ЦК 1931 г.

Теперь со всей тщательностью должны быть обсуждены технические проблемы метрополитена.

Такие вопросы, как выбор направления диаметров, выбор типа оборудования, определение конструкции подвижного состава, построения графиков движения, выбор величины напряжения—все эти и другие технические проблемы решаются, или, по меньшей мере, должны решаться у нас на принципиально иной основе, чем в капиталистических странах.

Мы обязаны не только использовать опыт передовых в технико-экономическом отношении капиталистических стран, но и критически преломить его.

Разрешение этих проблем должно проходить под знаком необходимости в кратчайший срок освободиться от иностранной зависимости в сооружении метрополитена. В особенности это нужно учесть при выборе типов оборудования.

К критическому освоению заграничного опыта, к освещению каждой возникающей проблемы методом марксистко-ленинского анализа, к учету социалистического характера нашего метрополитена мы и призываем читателей „Электричества".

ОТ РЕДАКЦИИ

Решение июньского (1931 г.) пленума ЦК партии о строительстве московского метрополитена является выражением огромного роста социалистического строительства за истекшие три года первой пятилетки.

Это решение приобретает особый политический смысл в связи с тем фактом, что во всей Европе в 1931 г. не был начат ни один метрополитен из намечавшихся к постойке. Не предполагается строить метрополитены и в 1932 г. Только в Нью-Йорке продолжается стройка так называемой 3-й сети линий, и Токио предполагает приступить в 1932 г. к продолжению небольшого отрезка существующей там линии метрополитена.

И вот на стадии этого затухания строительства метрополитенов в капиталистическом мире Москва проектирует постройку первой линии метрополитена в 1932 г. и приступает непосредственно к развернутому строительству.

В этом факте залог того, что Москва в строительстве своего метрополитена должна догнать и перегнать передовые капиталистические столицы.

Существующие метрополитены, т. е. сети или отдельные линии внеуличных скоростных дорог для внутригородского пассажирского сообщения, ведут начало своего строительства с 50-х годов прошлого века. Вполне естественно, что за этот период времени прогресс техники коснулся не только отдельных составных и вспомогательных частей метрополитенной

[1] См. Gesammtbericht, Zweite Weltkraftkonferenz, Berlin 1930, B. XVII, S. 366.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

дороги, как подвижного состава, конструкций электротяговых агрегатов, сигнализации и автоматической блокировки и т. п. На опыте эксплоатации старых линий выявился целый ряд новых и возросших требований, пред'явленных населением к метрополитену, для удовлетворения которых необходимы другие принципы планирования направлений линий, их взаимной увязки. Кроме того, самые типы метрополитенных дорог из эстакадных превратились в подземные, и тем самым и методы производства работ, и род применяемых материалов, и конструкции, и размеры отдельных частей, и распланировка строительства претерпели столько изменений, что некоторые из старых метрополитенных линий, как например, линия эстакадного типа в Нью-Йорке, сносятся и заменяются новыми линиями.

Также и в других столицах (Лондон, Париж, Берлин, Вена и Гамбург) имеются либо технически устаревшие, либо неправильно трассированные линии или участки сети метрополитена, которые все еще находятся в эксплоатации.

Специалисты-строители метрополитенов в любом из перечисленных городов отлично знают, как следовало бы распланировать всю сеть, соответственно осуществив ее в каждом городе, если бы в этих городах не было уже так или иначе сложившейся сети линий.

В этом отношении Москва находится в более выгодных условиях и имеет ряд преимуществ, которые она должна использовать, приступая к строительству метрополитена в 1932 г. при совершенном отсутствии метрополитенных линий, преимущество, которое обязывает в период проектирования изучить иностранный опыт, критически осваивая и преломляя его в применении к социалистическому городскому хозяйству и его физическим особенностям.

Требования социалистического хозяйства заключаются в том, что московский метрополитен:

1. Должен не только обслуживать внутригородской пассажирский транспорт, как это более или менее достигается за границей, а кроме того должен еще явиться мощным орудием для подчятия на более высокую ступень темпов социалистического строительства, и поэтому при установлении направления линий необходимо в первую очередь руководствоваться теми плановыми установками, которые диктуются развитием индустриальных и культурных районных центров столицы.

2. В отношении обслуживания населения в части провозной способности и общих удобств он должен превосходить заграничные метрополитены, в то же время сугубо развивая подвижность населения.

3. Он должен быть построен в технически достижимый кратчайший срок, поскольку отсутствие большескоростного транспортного сообщения в Москве влияет на развитие дальнейших темпов производства и строительства.

Физические особенности московских условий заключаются в том, что: а) центральная часть города в пределах Садового кольца является ярко выраженной радиально-кольцевой системой, имеет в подавляющем большинстве узкие, кривые и местами с изрезанным рельефом радиальные магистрали; б) площади также сравнительно небольших размеров; в) особенности московских грунтов, пока еще недостаточно изученные, потребуют применения каких-то специальных способов производства работ в отличие от разных методов, примененных в Париже, Лондоне, Нью-Йорке, Берлине и др.

Какие же практические выводы можно сделать на основании вышеуказанных особенностей условий строительства московского метрополитена?

Необходима, во-первых, разработка схемы всей будущей сети метрополитенных дорог. Сеть эта должна быть приспособлена к максимальному обслуживанию центральных районов города таким образом, чтобы наиболее загруженные поссажиропотоками улицы были свободны от трамвайного движения и предоставлены в распоряжение растущего автомобильного транспорта. Одновремено сеть должна связать центр с периферийными промышленными и культурно-бытовыми районами города, обеспечив продолжение метрополитенных линий до ближайших загородов, которые не обслужены пригородными железными дорогами.

Сеть эта должна быть намечена в программе-максимум, т. е. с охватом и таких линий, которые в настоящий момент не так уж необходимы, не диктуются условиями скоростного сообщения, но могущие оправдать себя в будущем в результате известного роста соответствующих районов города.

Полная схема всей сети нужна до начала строительства первой линии для того, чтобы уже при проектировании первой линии предусмотреть будущие пересечения ее с линиями последующих очередей.

Такое предусмотренное в проекте пересечение избавляет от необходимости в будущем производить дорогостоящие и технически чрезвычайно трудные работы по связыванию пересечений с новыми линиями.

Изучая характер планировки центральной части Москвы, той ее части, которая имеет более или менее окаменелые формы, поддающиеся некоторому исправлению, выпрямлению, расширению, но не намечающиеся к радикальной перестройке, приходится считаться с ярко выраженной радиально-кольцевой системой строения проездов города, и схему линий метрополитена нужно строить применительно к этой характеристике планировки города.

Опыт эксплоатации метрополитенных дорог за границей указывает на необходимость расположения станций непосредственно у пунктов оживленного движения так, чтобы пассажир мог легко и быстро добраться до перрона остановки метрополитенного поезда.

Так, напр., в Лондоне способ производства строительных работ, продиктованный условиями и характером грунта, привел к тому, что подземные линии и станции метрополитена расположены на значительной глубине под мостовой (15—20m), а отдельные станции—на глубине 35—55 m. Эта глубина является некоторым препятствием к более широкому пользованию метрополитеном по сравнению с теми станциями, которые расположены ближе к поверхности земли.

То же относится и к расстоянию в горизонтальном направлении.

Почти во всех столицах имеются отдельные участки линий метрополитена, где станции были расположены не непосредственно в фокусных точках движения, а в близком от них расстоянии, приблизительно от 100 до 200 m. Все же и это оказалось помехой для максимального обслуживания метрополитеном соответствующих артерий города.

Таким образом, учитывая все указанное выше, схему линии московского метрополитена приходится вести по направлениям наиболее оживленных в части пассажирского движения радиальных магистралей.

В Москве десять таких магистральных направлений, расходящихся в виде лучей из центрального района города к периферии, попарно соединены между собой, образуя пять диаметральных линий, и составляют основную схему сети метрополитенных линий.

1. Мясницко-Усачевский диаметр начинается выводом к вновь проектируемому мосту через Москва-реку у Ленинских гор, проходит по Усачевской улице мимо завода „Каучук", а затем сворачивает на Хамовнический плац и по Чудовке выходит на Крымскую площадь. На последней располагается станция метрополитена, обслуживающая Парк культуры и отдыха.

Далее по Остоженке диаметр подходит к Дворцу советов, близ которого предусмотрена станция „Дворец советов". Следующие три остановочных пункта на Волхонке и Моховой являются пересадочными станциями, а именнно: а) на углу Волхонки и улицы Фрунзе Мясницко-Усачевский диаметр пересекается с Краснопресненско-Рогожским диаметром метрополитена; б) на углу Моховой и улицы Коминтерна намечается пересадочная станция с Арбатско-Покровским диаметром и в) в Охотном ряду—пересадочная станция с Таганско-Тверским диаметром метрополитена.

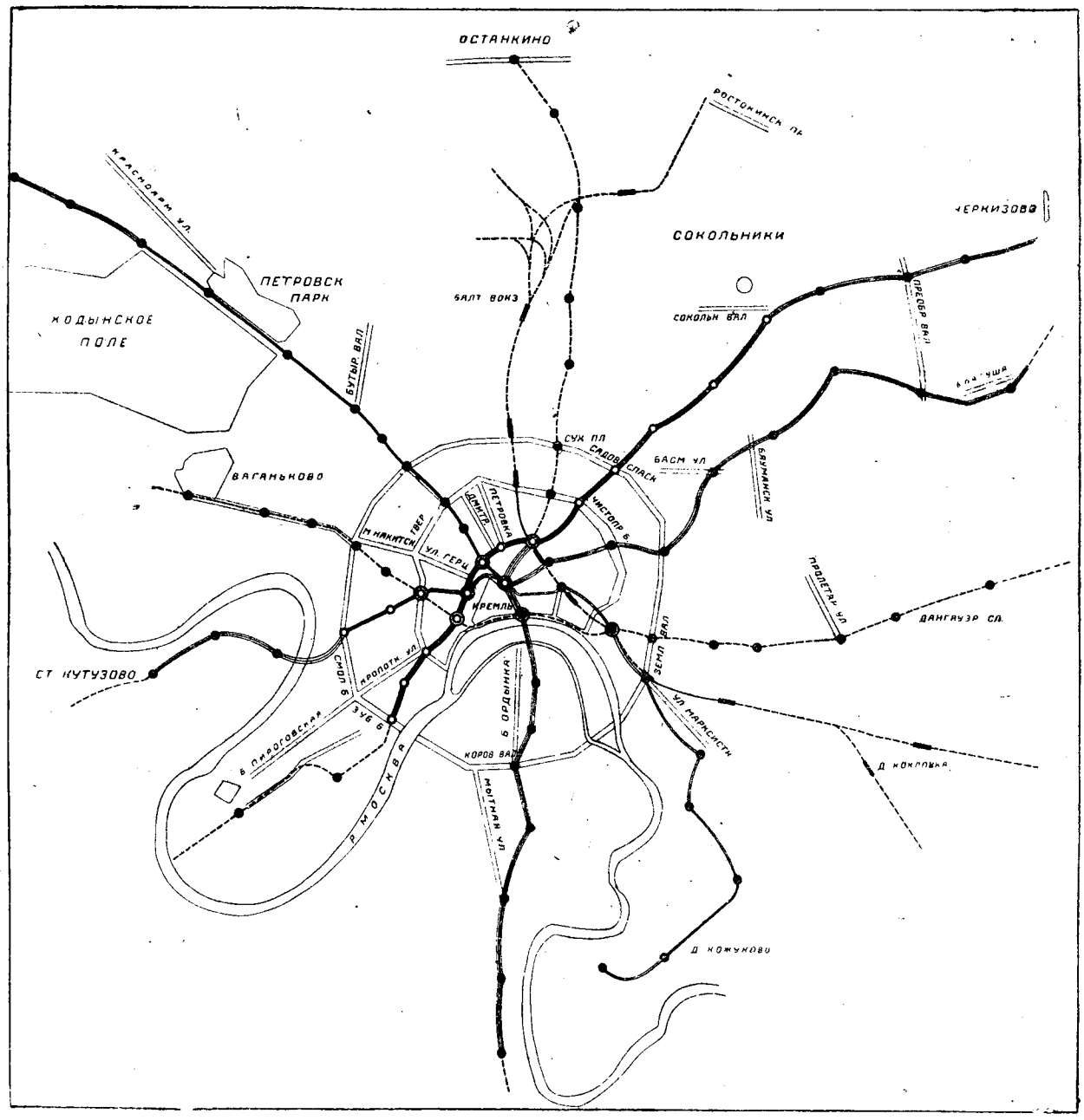
Станция Свердловская площадь запроектирована по средине между скверами, расположенными на этой площади, а станция площадь Дзержинского представляет собой узел пересечения Мясницко-Усачевского диаметра с Дзержинско-Замоскворецким диаметром метрополитена и с железнодорожным диаметром (глубоким вводом).

На Мясницкой улице, по которой далее проходит трасса диаметра, располагается станция Мясницкие ворота, а затем диаметр направляется к Орликову переулку, причем на пересечении Мясницкой с Садовой располагается станция Красные ворота. Пройдя по Орликову переулку трасса пересекает, преимущественно по пустырям, застроенный квартал близ здания бывш. Чаеразвесочной (ныне фабрика „Большевичка") и выходит на Каланчевскую площадь.

Станция метрополитена Каланчевская площадь обслуживает 3 вокзала, расположенные на этой площади, а именно: Северных ж. д., Московско-Казанской и Октябрьской ж. д. и, кроме того, станцию Москва-Каланчевская, расположенную на Курско-Октябрьском диаметре. Далее по Краснопрудной улице трасса диаметра направляется к Сокольникам, причем на углу Гаврикового переулка располагается станция того же назначения.

Близ Сокольнического круга располагается станция метрополитена Сокольники, обслуживающая Сокольнический парк, а затем по Стромынке через Преображенскую площадь,

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru



трасса диаметра доходит до Черкизова и Окружной дороги с возможным в будущем протяжением за Окружную дорогу по шоссе в направлении колхозов Гольяновки и Щетилово.

Полное протяжение диаметра в пределах кольца Окружной дороги—16,0 km. Линия состоит из 17 перегонов и 18 станций, в том числе 4 пересадочных. Среднее расстояние между станциями составляет около 940 m.

2. Таганско-Тверской диаметр начинается близ завода „Амо", проходит мимо станции Кожухово Окружной дороги, а затем заворачивает к северу, проходя между велозаводом и заводом „Шарикоподшипник".

Далее, по Крутицкому валу трасса диаметра направляется к Крестьянской заставе и по Воронцовской улице подходит к Таганской площади, где предусматривается станция того же названия, обеспечивающая пересадку с метрополитена на железнодорожный диаметр (глубокий ввод).

От Таганской площади и до пересечения реки Яузы туннель Таганско-Тверского диаметра трассируется параллельно туннелю глубокого ввода. Перед пересечением реки Яузы пути железнодорожного диаметра выходят на эстакаду, тогда как трасса Таганско-Тверского диаметра метрополитена запроектирована с переходом туннелем под рекой Яузой, после чего туннель проходит под Солянкой и площадью Ногина, а затем по Варварке направляется на Красную площадь. На последней предусматривается по схеме узловая станция метрополитена для трех направлений: Таганско-Тверского, Арбатско-Покровского и Замоскворецко-Дзержинского. Станционные туннели двух последних диаметров располагаются параллельно друг другу в первом уровне, а станционный туннель Таганско-Тверского диаметра проектируется во втором ярусе непосредственно под туннелями двух других направлений.

От Красной площади Таганско-Тверской диаметр направляется по Тверской, причем в Охотном ряду предусматривается узловая станция с Усачевско-Мясницким диаметром, а против здания Моссовета—станция Моссовет. Следующие остановочные пункты намечаются на Страстной площади и на Триумфальной площади, после чего трасса диаметра по 1 Тверской-Ямской доходит до Белорусско-Балтийского вокзала, а затем идет по Ленинградскому шоссе, обслуживая соответственными остановочными пунктами Бега, Академию воздушного флота, Аэродром и стадион „Динамо".

В будущем диаметр может быть продлен до села Всехсвятского и Покровско-Стрешнева.

Протяжение диаметра в кольце Окружной ж. д. составляет 20,1 km, и охватывает 19 перегонов и 20 станций, в том числе 3 пересадочных. Среднее расстояние между станциями—1 060 m.

3. Арбатско-Покровский диаметр начинается выводом на Можайское шоссе в направлении Филей от

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ст. Кутузово Окружной дороги на Можайском шоссе и проходит через Дорогомиловскую заставу к вокзалу Западных ж. д., трассируясь все время в туннели. Миновав указанный вокзал, пути диаметра выходят на экстакаду и пересекают поверху Москва-реку несколько ниже Бородинского моста. После перехода мостом через Москва-реку, диаметр проектируется опять подземным, причем туннель направляется под Плющихой к Смоленскому рынку, затем по Арбату и улице Коминтерна и далее мимо Александровского сада на Красную площадь. С Красной площади трасса диаметра уклоняется на Ильинку, у Ильинских ворот пересекается с трассой железнодорожного диаметра (глубокого ввода), а затем по Маросейке доходит до Покровских ворот.

От Покровских ворот трасса уклоняется вправо по вновь проектируемому проезду на Курский вокзал с тем, чтобы близ последнего можно было расположить обслуживающую его станцию метрополитена того же названия.

Пройдя под путями Курской ж. д., линия под Гороховской улицей направляется на Марксову улицу, а затем через Разгуляй, Бакунинскую и Большую Семеновскую улицы выходит на Измайловское шоссе с возможным продолжением за Окружную дорогу в направлении Измайловского зверинца.

Протяжение диаметра—14,3 km и охватывает 15 перегонов и 16 станций, в том числе 3 пересадочных. Среднее расстояние между станциями—950 km.

4. Замоскворецко-Дзержинский диаметр начинается выводом на Верхние и Нижние Котлы с юга от Окружной дороги, близ пересечения последней с Рязанско-Уральской ж. д. и проходит сначала по Варшавскому шоссе, а затем по Большой Тульской и Большой Серпуховской улицам до Добрынинской площади.

Далее, по Пятницкой улице и по Балчугу трасса диаметра направляется к переходу через Москва-реку, который проектируется надземным, и, перейдя Москва-реку, линия трассируется опять в туннели. Пройдя под Красной площадью, диаметр уклоняется на Никольскую улицу, проходит под площадью Дзержинского, где намечается вышеупомянутая узловая станция с Усачевско-Мясницким диаметром и глубоким вводом, а затем линия направляется к северу по улице Дзержинского и Сретенке на Сухаревскую площадь.

От Сухаревской площади туннель направляется по 1 Гражданской улице к Виндавскому вокзалу, причем в будущем намечается продолжение диаметра на Останкино с тем, чтобы обслужить быстрым сообщением Зоопарк после его перевода в Останкино и с дальнейшим выводом в направлении совхза Нехлюдово.

Протяжение диаметра в пределах от Зоопарка до Окружной дороги до пересечения последней с Разана-Уральской ж. д. составляет 15,8 km и охватывает 16 перегонов и 17 станций, в том числе 3 пересадочных. Среднее расстояние между станциями—1 000 м.

5. Краснопресненско-Рогожский диаметр, начинаясь выводом к Серебряному бору на Звенигородском шоссе у пересечения последнего с путями Белорусско-Балтийской ж. д., направляется по означенному шоссе к Краснопресненской заставе, обслуживая, в частности, Краснопресненскую мануфактуру и прилегающий к ней густо заселенный рабочий район.

От Краснопресненской заставы трасса диаметра проходит по Краснопресненской улице на площадь Восстания, а затем по улице Воровского направляется на Арбатскую площадь, где предусматривается узловая станция с Арбатско-Покровским диаметром метрополитена.

На Арбатской площади трасса диаметра проходит по улице Фрунзе, пересекаясь на углу улицы Фрунзе и Волхонки с Усачевско-Мясницким диаметром метрополитэна.

Узловой станцией двух указанных диаметров обслуживается и Дворец Советов. Далее по Ленивке трасса диаметра выходит на набережную Москва-реки, где пути диаметра предположено провести не туннелем, а по эстакаде. По набережной Москва-реки трасса диаметра доходит до Устинского моста и после надземного перехода через реку Яузу опять проектируется туннельной. После начала туннельного хода проектируется узловая станция с Таганско-Тверским диаметром метрополитэна, а затем Красно-Пресненско-Рогожский диаметр направляется по Ульяновской улице к площади Прямикова и далее к заставе Ильича.

От заставы Ильича линия направляется по шоссе Энтузиастов до Окружной дороги с возможным продолжением по шоссе Энтузиастов и за кольцом Окружной дороги и далее в направлении села Никольского.

Протяжение диаметра от начальной точки на Звенигородском шоссе у путей Белорусско-Балтийской ж. д. до пересечения с Окружной дорогой близ станции Лефортово составляет 14,1 km и охватывает 14 перегонов и 15 станций, в том числе 4 пересадочных. Среднее расстояние между станциями—1 000 m.

Общее протяжение 5 вышеуказанных диаметров составляет 80,3 km двухпутных линий метрополитэна.

Шестым диаметром в схеме увязан так называемый глубокий ввод пригородных поездов, причем вся схема построена таким образом, что из любой станции одной линии можно проехать в любую другую точку метрополитэна не более чем с одной пересадкой.

С другой стороны, каждый диаметр является вполне законченной линией без ответвлений и вилок, и пересекается с остальными линиями в разных плоскостях, образуя в этих пунктах пересадочные станции.

Пока схема линий увязана только в пределах Окружной дороги, и лишь наметками указаны дальнейшие продолжения этих линий в виде трамвайных или надземных дорог для соединения с ближайшими окрестностями в зоне примерно 20 km от центра Москвы.

Таким образом, в будущем сеть метрополитэнных линий в виде 10 щупальц обслужит круг диаметром максимум до 30—40 km и, конечно, потребует введения в эту сеть и кольцевых линий, направление которых должно быть выявлено лишь в связи с дальнейшей проработкой второго вопроса, а именно:

Надлежит выявить в перспективе, скажем, на 1935 г., степень напряженности будущих пассажиропотоков для каждой линии сети метрополитэна.

Эта работа потребует проведения специального статистического учета внутригородского пассажирского движения как по отдельным трамвайным и автобусным магистралям, так и пригородным линиям с введением ряда поправочных коэфициентов.

Все цифровые данные, ныне применяемые для определения мощности пассажиропотоков на каком-нибудь отрезке московских магистральных улиц, исходят из результатов произведенного в январе 1930 г. учета пассажиров по трамвайным линиям того времени.

Естественно, что эти данные настолько устарели, что они не только не дают приближенной картины напряженности отдельных линий, но в отдельных случаях нисколько не отражают изменившихся за этот период конфигураций потоков в связи с возникшими новыми промышленными, жилищными и культурно-бытовыми районными центрами.

Несмотря на то, что проведение такой работы потребует значительного времени, все же оно должно быть и может быть начато в 1932 г. на той линии, которая является первоочередной не только на основе цифр, выведенных из статистического учета января 1930 г., но и на основе простого наблюдения насколько перегрузка трамвайных и автобусных линий по Мясницкой магистрали превышает перегрузку любой другой из интенсивных по пассажирскому движению магистралей.

В связи с проведением этой работы по выявлению мощности направлений и тенденции роста пассажиропотоков, необходимо произвести увязку работы метрополитэна, трамвая автобуса, и водного транспорта с тем, чтобы определить места, значение и удельный вес каждого из этих видов транспорта с учетом работы железнодорожного узла в общей схеме московского транспорта.

Параллельно с этой работой необходимо проектирование строительства первой линии мясницкого радиуса с тем, чтобы согласно решения июньского пленума ЦК партии в 1932 г. приступить к постройке первоочередной линии.

Но здесь возникают следующие вопросы, требующие немедленного разрешения.

1. Вопрос о типе метрополитэна на первоочередном отрезке линии Мясницко-Усачевского диаметра. Поскольку речь идет об отрезке от Сокольников до Дворца Советов, можно говорить только о подземном типе метрополитэна, так как эстакадный или надземные типы в условиях данного направления совершенно исключаются, что ясно без доказательств. Отметим только, что метрополитэны эстакадного типа строились за границей в период недостаточно развитой техники для стройки доброкачественных подземных туннелей или в порядке достройки начатых ранее линий.

2. Вопрос о размерах подвижного состава, поскольку они предопределяют габаритные размеры подземного тоннеля.

Какова практика иностранной техники по этому вопросу?

Для выяснения его необходимо сперва произвести известную классификацию метрополитэнных дорог вообще.

В целом ряде городов наряду с метрополитэнной системой или взамен ее существуют так называемые глубокие вводы, т. е. продолжение пригородных дорог, введенных до центра

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

города в подземном туннеле (Осло), либо в виде эстакадных дорог, проходящих диаметром через центры города (Берлин, Вена, Гамбург). Габариты для туннелей или эстокад этих дорог диктовались размерами существующих вагонов на пригородных участках этих дорог.

Из построенных до сего времени метрополитэнов лишь те имеют габариты пригородных дорог, по которым курсируют составы этих же дорог. Метрополитэнные линии, не соединенные непосредственно с линиями пригородных дорог, как правило, имеют габариты меньше, чем пригородные дороги. Об'ясняется это тем, что каждый сантиметр уширения и углубления туннеля, прокладываемого в условиях существующей магистральной улицы с ее значительным движением, является известным препятствием для строителя как с точки зрения технической, так и экономической.

Применительно к Мясницкому радиусу так же, как и применительно к большинству других радиусов, приходится установить, что сооружение подземной линии для пропуска пригородных поездов, их вагонов возможно только после предварительной коренной перестройки или, вернее, постройки новой улицы соответственной ширины и прямизны. Иначе говоря, практически на Мясницком радиусе в 1932—33 г. невозможно построить подземную дорогу для габарита пригородных вагонов, поскольку не может быть речи о сносе огромного количества строений по Мясницкой улице и в центре по Моховой, так же как нельзя ставить вопроса о постройке Ново-Мясницкой и Ново-Моховой улиц в 1932 г.

Исходя из чисто практических соображений, ясно, что вопрос о применении габаритов пригородных дорог на московском метрополитэне отпадает.

Все же, если бы реальная обстановка позволяла техническое осуществление этой задачи, то возникает вопрос о целесообразности этой задачи, поскольку трасса линии не предполагает фактического пропуска пригородных поездов по линиям метрополитэна.

Посмотрим, какой же путь развития претерпели размеры подвижного состава метрополитэнных дорог за границей.

Большинство метрополитэнов, строившиеся в последние годы, имеют вагоны с увеличенными размерами ширины и длины по сравнению с вагонами старых линий. Так например, на метрополитэне Берлина ширина вагонов с 2 260 mm возросла до 2 650 mm, а длина с 12 m до 18 m, что означает прирост на 17% по ширине и 50% по длине.

Такова же тенденция роста размеров во всех новейших метрополитэнных линиях, т. е. рост длины вагонов значительно опережает рост в ширину. Вообще увеличение размеров вызвано требованием увеличить провозную способность на метрополитэнных линиях новейших строек по сравнению со старыми линиями. Это увеличение более эффективно достигается за счет длины вагона и всего состава поезда, нежели за счет ширины.

В этом отношении характерным является рост размеров вагонов на трех сетях нью-иоркского метрополитэна:

Сеть И. Р. Т.; 1900—1904 гг.; ширина вагона—2 680 mm, длина вагона 15 600 mm.

Сеть Б. М. Т. 1913—1918 гг.; ширина вагона—2 750 длина вагона 18 400 mm,

Сеть З. 1920—1930 гг.; ширина вагона—3 040 mm, длина вагона 20 475 mm.

Особенно знаменательно то, что на последней 3-й сети в Нью-Иорке вводится постройка туннеля с платформой вдоль линии, что позволяет произвольно удлинять составы поездов, увеличивая, таким образом, провозную способность исключительно за счет длины, а не за счет ширины вагонов.

Другие соображения, которые приводятся в пользу единого габарита на Московском метрополитэне и пригородных линиях, исходят из единого нормализованного подвижного состава. Но и эти соображения не выдерживают критики, так как противоречат интересам увеличения провозной способности. Поясним это на примере. Вагоны пригородных поездов, будучи рассчитаны на длительность проезда от 1 до 2 час., требуют не только устройства соответствующих внутренних служб для пассажиров, но и, главным образом, распланировку вагона, рассчитанную на преобладающее колич ство сидячих мест.

Метрополитэнные составы, рассчитанные на зону движени в радиусе до 20 km, т. е. максимум 40-минутного пребыван пассажира, распланированы, главным образом, на обслужив ние стоящих пассажиров.

Этим самым отпадает вопрос о целесообразности едино габарита по соображениям единого вагонного паркового ремонтного хозяйства, ибо вагоны, разные по своему назн чению, должны быть различными и по конструкции.

Что касается провозной способности, то здесь получает некоторое расхождение между метрополитэном и северно пригородной дорогой.

Таблица 1

	Метрополитэн		Северная дорога		Метрополи тэн с ваго нами разм. пригор. ж. д	
	Норм.	Максим. в часы пик	Норм.	Максим. в часы пик	Норм.	Мак сим. в час пик
Число сидячих мест	48	48	108	108	56	5
Число стоячих мест	122	152	52	62	154	18
Итого емкость 1 вагона . . .	170	200	160	170	210	24
Состав поезда . .	6	8	9	12	6	
Емкость поезда .	1 020	1 600	1 440	2 040	1 260	1 92
Число поезд. в час.	48	44	30	30	48	4
Часовая провозная способн. в одном направлении . .	49 000	70 400	43 200	61 800	60 480	84 48

Из таблицы видно что если бы для линии мясницкого р диуса вместо проектируемого вагона размерами 2 700 m ширины и 1 800 mm длины был принят вагон по габарита пригородных дорог в 3 250 на 20 000 mm, то провозная сп собность в час максимум была бы повышена с 70 400 84 500 пассажиров, т. е. больше, примерно, на 20%.

Сопоставляя нынешнюю максимальную провозную спосо ность трамвая (около 15 000 пассажиров) и учитывая разни в капиталовложениях при сооружении митрополитэна для барита пригородных дорог в размере 30—40% по сравнени с метрополитэном для максимального габарита техничес осуществимого в условиях московских улиц, возникает во рос, следует ли при таких условиях стремиться к провозно способности в 88 000 пассажиров.

Окончательное решение вышеприведенных двух исходн положений для разработки технического проекта метрополит на, а именно: первоочередность постройки мясницкого радиу в системе всей схемы метрополитэнных линий и принят габаритов подвижного состава—является практической задач сегодняшнего дня и не терпит дальнейших отлагательс во избежание задержки работ по проектированию.

Мы здесь не остановились на целом ряде научно-технич ских и, в частности, специально электротехнических пробл мах метрополитэна, на практических задачах в области вс могательных и подготовительных работ к строительст метрополитэна, которые по своему об'ему заслуживают серье ного внимания. Мы имеем в виду строительство поселков д размещения рабочих-строителей метрополитэна, перекладк подземных сетей и т. п.

Эти вопросы должны получить свое освещение в ряде др гих статей.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

О системе постоянного тока 2 700 V для электрических железных дорог[1]

Д. К. Минов

Для проведения в жизнь программы электрификации магистральных дорог СССР уже сейчас необходимо установить определенную систему тока и напряжения, чтобы промышленность имела возможность подготовиться к выпуску электровозов и соответствующего оборудования подстанций и контактной сети.

Вопрос об установлении нормальной системы тока и напряжения для электрификации железных дорог СССР может быть разрешен лишь путем составления ряда эскизных проектов для типовых по своей грузонапряженности и профилю железных дорог СССР, для различных систем тока и напряжения и распространения этих результатов на всю сеть подлежащих электрификации железных дорог Союза. В таком виде этот вопрос прорабатывается „Электротягстроем" ВЭО (по основным заданиям Госплана) и Институтом тяги НКПС.

Первая из цикла этих работ имела своим назначением разрешить вопрос о технической применимости постоянного тока со средним эксплоатационным напряжением на токоприемнике дороги 2 700 V для двухпутной железной дороги с равнинным профилем, имеющей предельную грузонапряженность, так как при дискуссиях о системе тока высказывались предположения о полной непригодности для этой цели указанной системы. В качестве об'екта для подсчетов был указан Госпланом участок Сибирской магистрали Челябинск-Новосибирск, причем для наиболее загруженной его части Омск-Новосибирск была задана грузонапряженность 60 миллионов тонн нетто в грузовом направлении. В настоящее время при уточнении планов выясняется, что эта цифра относится к отдаленному будущему, так как на 1938 г. намечается всего 30 миллионов тонн на этом участке.

Несмотря на явное усложнение задачи, подсчеты дали вполне положительный ответ о технической применимости постоянного тока даже для этих чрезвычайно тяжелых условий.

В этой статье приводятся основные результаты, положения и выводы из указанной работы, которые имеют значительный интерес для всех интересующихся делом электрификации транспорта.

Заданные условия:

а) Грузовое движение по трем характерным участкам магистрали характеризуется следующими цифрами:

Таблица 1

Участок	Миллионов тонн нетто в направлении	
	грузовом	негрузовом
1. Новосибирск-Омск . 626 km	60	30
2. Омск-Курган . . . . 539 „	45	22,5
3. Курган-Челябинск . . 257 „	24	12
Всего . . . 1 422 km		

Грузы перевозятся, главным образом, в большегрузных вагонах весом брутто в 70—80 t, причем тара составляет от этой величины около 25%. 50% прочих грузов перевозится в нормальных вагонах грузопод'емностью 18 t. Коэфициент заполнения по различным категориям грузов: каменный уголь—95%, лес—90%, нефть и хлеб—100%, прочие—75%.

Коэфициент неравномерности 1,1.

Определенная из этого грузонапряженность брутто по отдельным участкам в тоннах указана ниже:

Таблица 2

Участок	Тонн брутто в направлении	
	грузовом	негрузовом
1. Новосибирск-Омск—626 km . .	86 000 000	56 000 000
2. Омск-Курган —539 „ . .	65 000 000	42 500 000
3. Курган-Челябинск —257 „ . .	35 000 000	23 000 000

Из сопоставления таблицы видно, что соотношение между количеством перевозок брутто и нетто составляет: для грузового направления около 1,43, а для негрузового направления около 1,85.

б) Пассажирское движение. Помимо грузового движения требуется перевезти 7 млн. пассажиров в обоих направлениях. Из этого количества часть пассажиров на участке Омск-Новосибирск перевозится в скорых поездах. Количество скорых поездов по заданию равно 6 парам. Остальные поезда пассажирские.

Прочие данные для пассажирского движения:

Коэфициент неравномерности 1,3
Вместимость поезда . . . . . 750 чел.
Коэфициент заполнения 0,75

В соответствии с этим определяется необходимость в нижеследующем суточном количестве пассажирских поездов:

№ по пор.	Участок	km	Число пар поездов		
			Пассажирских	Скорых	Всего
1	Челябинск-Омск	796	16	—	16
2	Омск-Новосибирск	626	16	6	22

Поставлено как необходимое требование, чтобы, исходя из удобства пассажиров, пассажирские поезда можно было разбить на две пачки со двигом во времени около 12 час.

в) Профиль. Участок Новосибирск-Челябинск имеет ярко выраженный равнинный профиль. Руководящий под'ем в грузовом направлении составляет 4‰ за исключением двух небольших перегонов:

1) Раз'езд Логовушка-Введенская (231—245 km) длиною 14 km со средним под'емом 6 ‰.

2) Ст. Кленово-Чик (1 370—1 385 km) длиною в 8,7 km, где имеет место сосредоточенный под'ем в среднем около 5 ‰.

В случае выбора веса поезда, исходя из руководящего под'ема в грузовом направлении 4 ‰, на этих двух участках потребуется или смягчение профиля до 4 ‰ или подталкивание поезда.

Кроме того, имеются по всей трассе небольшие участки длиной не свыше 1 km, имеющие в грузовом направлении под'ем 5 и 6 ‰. Эти участки могут быть пройдены за счет уменьшения живой силы поезда (с разгона). В негрузовом направлении руководящий под'ем 7 ‰. При сопротивлении движению на площадке при скорости, соответствующей движению на руководящий под'ем $W = 3$ kg/t, имеем соотношение удельных сопротивлений на руководящем под'еме для грузового и негрузового направлений $\frac{3+4}{3+7} = 0{,}7$.

Соотношение между грузопод'емностью брутто равно $\frac{86}{56} = \frac{1}{0{,}65}$. Отсюда ясно, что больший руководящий под'ем в не-

[1] Редакция подчеркивает, что основным условием для решения вопроса о выборе системы тока и величины напряжения для электрификации железных дорог является конкретное сопоставление и технических, и экономических факторов различных систем, чего она и ожидает от организаций и отдельных товарищей, работающих над этой проблемой. В частности, очень важно учесть как абсолютный размер капиталовложений, так и размер тех требований, которые пред'являет электрификация железных дорог при различных системах тяги к нашей промышленности (оборудование подстанций, контактной сети, электровозы и т. д.). Автор статьи находит, например, что „сечение линии по 440 m² нельзя считать большим". Однако он не сообщает читателю о том, что эта величина сечения потребует до 14 000 t твердотянутой меди для одного лишь контактного провода. Не сообщает автор и того, что применение достаточно высоконапряженного переменного тока (15—20 000 V) позволит это количество меди снизить по меньшей мере до 3 000—3 500 t. Статья т. Минова печатается в порядке обсуждения. Ред.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

грузовом направлении не потребует увеличения числа пар поездов, выбранных исходя из условий грузового направления.

г) Прочие условия. Дорога должна быть переделана на двухпутную, оборудована автоблокировкой и подвижной состав снабжен автотормозами и автосцепками разрывным усилием не менее 150 t с допускаемой нагрузкой 75 t с учетом в этой величине коэфициента динамичности.

Товарный электровоз

В качестве основного варианта товарного электровоза был принят восьмиосный электровоз, состоящий из двух половин. Каждая половина имеет по 2 сочлененных двухосных тележки. Все оси электровоза сцепные с индивидуальным приводом. В соответствии с этим формула ходовых частей электровоза напишется в виде: $2(B_o + B_o)$.

Вес поезда и электрические характеристики электровоза были определены из следующих данных:

Ток постоянный.
Напряжение среднее на токоприемнике—2 700 V.
Давление на сцепную ось 23 t.
Привод осей—индивидуальный,
Формула ходовых частей электровоза $2 \times (B_o + B_o)$.
Руководящий под'ем в грузовом направлении 4 ‰.
Скорость на руководящем под'еме $V = 30$ km/h.
Формула сопротивления движению Болдуина $W = (1{,}5 + 1{,}05)$ kg/m.
Коэфициент сцепления при руководящем под'еме—200 kg/t.
Коэфициент сцепления при пуске—250 kg/t,
Максимальный коэфициент сцепления—333 kg/t.

Желая получить результаты для наиболее тяжелых условий эксплоатации, исходили из формулы Болдуина, дающей большие значения для сопротивления движению.

Отсюда имеем для одной сцепной оси электровоза:

Сила тяги на ободе колес на руководящий под'ем:

$$F_o = 200 \cdot 23 = 4\,600 \text{ kg}.$$

Сила тяги на крюке электровоза на руководящем под'еме

$$F_k = 4\,600 - (3 + 4) \cdot 23 = 4\,400 \text{ kg}.$$

Вес поезда на 1 сцепную ось:

$$q = \frac{F_k}{(W + i_{рук})} = \frac{4\,440}{7} = 635 \text{ t}.$$

Вес прицепной части поезда при 8 сцепных осях электровоза:

$$G = 8\,(635 - 23) = 5\,000 \text{ t}.$$

Принимая мощность при движении на руководящем под'еме за часовую, получим часовую мощность на 1 сцепную ось при напряжении в сети 2 700 V

$$W_h = 2{,}73 \cdot F_h\, V_h = 2{,}73 \cdot 4\,600 \cdot 30 = 380 \text{ kW}$$

или 420 kW при 3 000 V.

Это дает вес электровоза—55 kg/kW (40,3 kg/HP), величину, вполне достижимую для мощных электровозов.

При к. п. д. мотора $\eta = 92$ %. Эта мощность соответствует часовому току $I_h = 300$ A (двигатели предусмотрены на половинное напряжение).

За основу принята характеристика электродвигателя ДПЭ-340 (для Сурамского перевала), имеющего $I_h = 250$ A.

Из предыдущего ясно, что потребуется увеличение мощности этого электродвигателя на 25%. В целях получения более сериесной характеристики сила тока и сила тяги при часовой мощности и ДПЭ-340 принята соответствующей скорости 30 km/h при $\frac{2\,700}{2} = 1\,350$ V, что дает $I_h = 165$ A. При этом для перехода к новому двигателю значение силы тока и силы тяги при заданной скорости требуется увеличить в 1,5 раза.

Характеристика нового электродвигателя приведена на рис. 1.

Тяговое усилие на ободе колес при пуске при принятом коэфициенте сцепления 250 kg/t.

$$F_{on} = 250 \cdot 23 = 5\,750 \text{ kg}$$

или на 1t веса поезда:

$$F_{on} = \frac{F_{on}}{q} = \frac{5\,750}{635} = 9{,}05 \text{ kg/t}$$

Принимая коэфициент инерции для поезда $(1 + V) = 1{,}05$ и среднее сопротивление при пуске ($V = 15$ km/h) $W = 2{,}25$, имеем ускорение при пуске на площадке:

$$a = \frac{9{,}05 - 2{,}25}{1{,}05} \cdot 10^{-2} = 0{,}63 \text{ m/sec}.$$

Ускорение при вынужденном пуске на руководящем под'еме 4% при $W = 250$ kg/t:

$$a = \frac{9{,}05 - 2{,}25 - 4}{1{,}05} \cdot 10^{-2} = 0{,}026 \text{ m/sec}.$$

Средний пусковой ток $I_{пуск} = 365$ A $= 1{,}22\, I_h$.

Полученные величины ускорений при пуске на площадке и на руководящем под'еме можно считать вполне достаточными для товарного поезда, особенно учитывая редкие установки (маршрутные поезда).

Максимальное тяговое усилие на ободе колес при максимальном коэфициенте сцепления $I_{max} = 333$ kg/m

$$F_{max} = 333 \cdot 23 = 7\,600 \text{ kg},$$

что соответствует максимальной силе тока:

$$I_{max} = 505 \text{ A} = 1{,}68\, I_h.$$

Все эти подсчеты показывают полную пригодность выбранного электродвигателя.

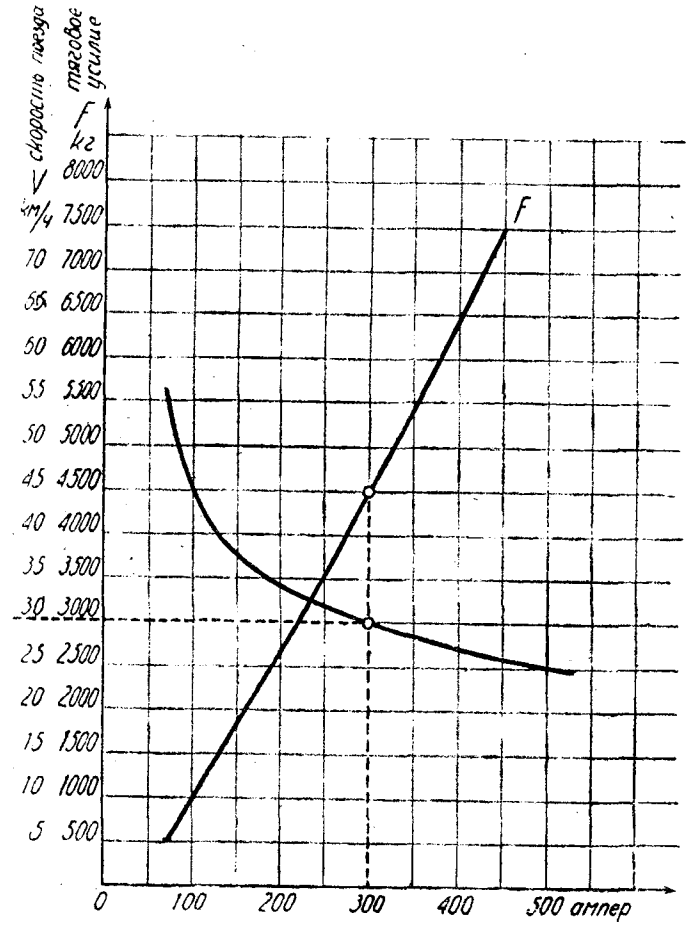


Рис. 1—Характеристика электродвигателя.

Пассажирский электровоз

Исходные величины, принятые для определения мощности пассажирского электровоза, приведены ниже:

Вес пассажирского поезда	800 t
Ускорение при пуске около	0,2 m/sec²
Сопротивление движению при пуске	4 kg/m
Коэфициент сцепления при пуске	250 kg/t
Давление на ведущую ось	23 t
Давление на поддерживающую ось	16 t
Число бегунковых осей	2

Исходя из этих величин получим электровозов формулы осей $1 + DO + 1$.

Сцепной вес	92 t
Полный вес	124 t

Моторы предположены сдвоенные с передачей системы Вестингауза (или AEG).

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Исходя из заданной средней ходовой скорости 90 km/h для скорых и 60 km/h для пассажирских, часовой мощности мотора около 280 kW, что дает часовую мощность электровоза 2 240 kW.

Тяговые расчеты

В соответствии с характеристиками товарного электровоза, определенных в предыдущем параграфе, имеем следующие данные для производства тяговых расчетов:

1. Мощность товарного электровоза при напряжении 8 000 V

$$W_h = 8\,420 = 3\,360 \text{ kV}.$$

Часовой ток электродвигателя $I_h = 300$ A.

Характеристика согласно рис. 1 при диаметре бандажа 1,2 m.

2. Сопротивление движению принято по формуле Болдуина:

$$W = 1{,}5 + \frac{V}{20}.$$

3. Способ расчета времени пробега и расхода энергии произведен по методу установившихся скоростей.

4. Поправка на время хода для учета разгона и торможения на каждый вагон (между станциями) 2 мин.

5. Поправка на расход энергии на пуск и потерю живой силы при торможении 70 kWh. Неправильная езда, собственные нужды и маневры учитывались введением коэфициента 1,15

6. Предельная скорость на уклонах по условиям торможения при видимости сигналов на 1 000 m согласно расчетам получалась равной 55 km h. Исходя из этого, получилась средняя ходовая скорость для участка Челябинск-Новосибирск и удельный расход энергии на 1 t/km брутто на токоприемнике, согласно следующему:

Негрузовое направление $V_x = 36$ km/h, $W = 13$ Wh (t) km
Грузовое „ $V_x = 35$ km/h, $W = 13$ Wh (t) km

Для пассажирских поездов тяговые расчеты не производились, так как пассажирское движение ввиду преобладания товарного движения слабо влияет как на общий расход энергии, так и на стоимость токоснабжения.

При построении коммерческого графика движения средние ходовые скорости были приняты для пассажирских поездов: $V_x = 60$ km/h и для скорых $V_x = 90$ km/h.

Для учета расхода энергии, времени хода и средних токов были введены переходные коэфициенты, учитывающие большую скорость пассажирских и скорых поездов по сравнению с товарным на соответствующих перегонах.

В соответствии с этим, удельный расход энергии на 1 t/km брутто для пассажирского поезда равен в среднем около 25 Wh (t) km.

Организация движения

Предельный вес товарного состава поезда установлен выше при выборе электровоза и равен 5 000 t. Состав поезда для различных грузов определится следующим образом:

Каменный уголь, руда. Полезная нагрузка поезда $65 \cdot 60 \cdot 0{,}95 = 3\,835$ t. Вес состава брутто 4 950 t. Длина состава $65 \cdot 12 = 780$ m.

Нефть. Полезная нагрузка поезда $61 \cdot 55 = 3\,355$ t. Вес состава брутто 5 000 t. Длина состава $67 \cdot 12 = 732$ m.

Лес. Полезная нагрузка поезда $67 \cdot 60 \cdot 0{,}90 = 3\,618$ t. Вес состава брутто 4 990 t. Длина состава $67 \cdot 14 = 938$ m.

Хлеб. Полезная нагрузка поезда $70 \cdot 50 = 3\,500$ t. Вес состава брутто 5 000 t. Длина состава $70 \cdot 14 = 980$ m.

Прочие грузы. Полезная нагрузка поезда $(48 \cdot 60 + 48 \cdot 18) \cdot 0{,}75 = 2\,800$ t. Вес состава брутто 4 200 t. Длина состава указана без электровоза.

Исходя из задания, что в обратном направлении грузопотоки составляют 50% грузового направления, принимаем средний вес состава в негрузовом направлении 3 200 t.

Поездные потоки приводятся на рис. 2.

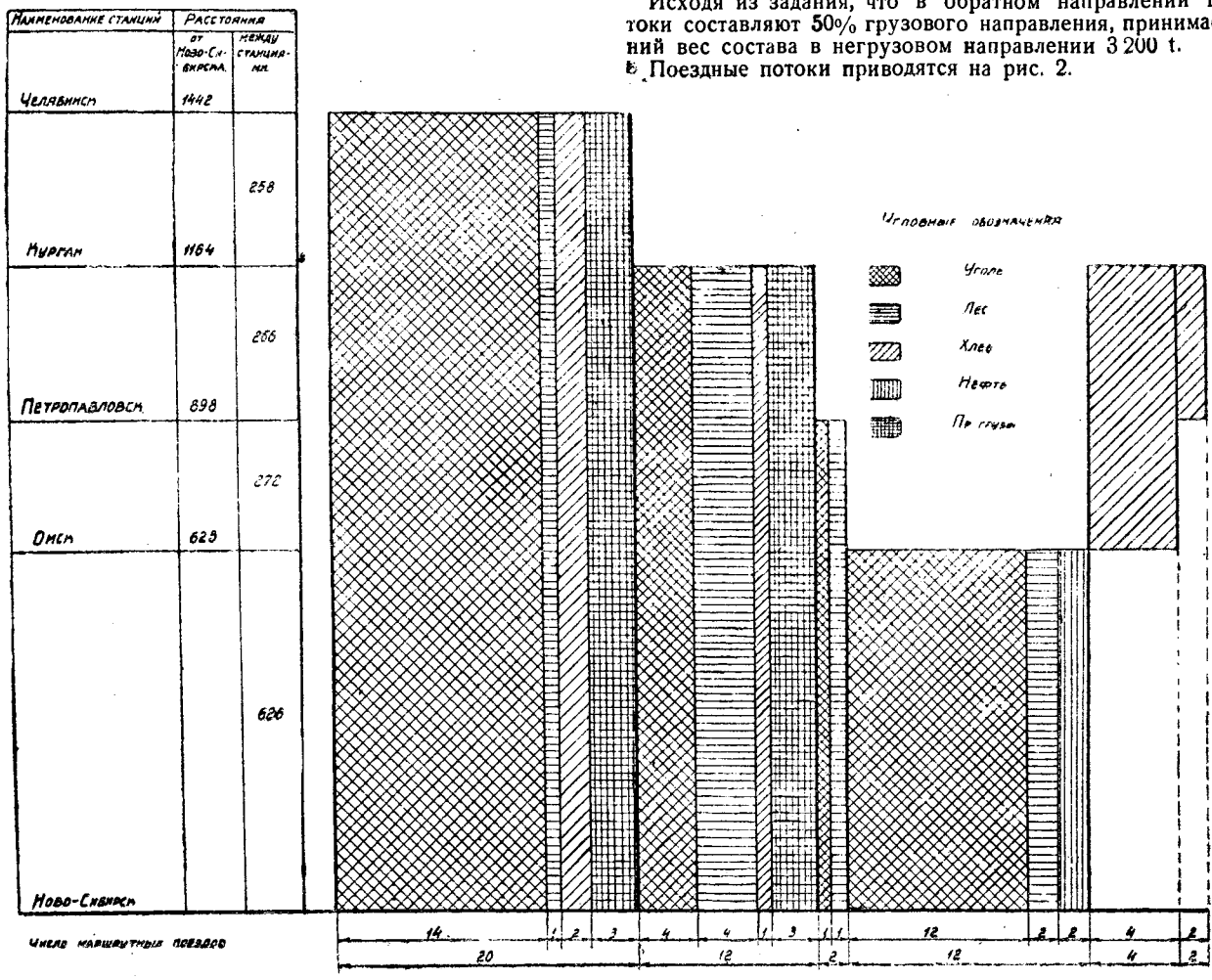


Рис. 2. Диаграмма формирования поездов.

График движения

При построении графика вначале накладывались пассажирские и скорые поезда, причем пассажирские поезда образуют две пачки по 8 поездов в каждой, расположенные по времени примерно на 12 час., и скорые поезда 1 пачку из 6 поездов, обращающихся только на участке Омск-Новосибирск. В сво-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

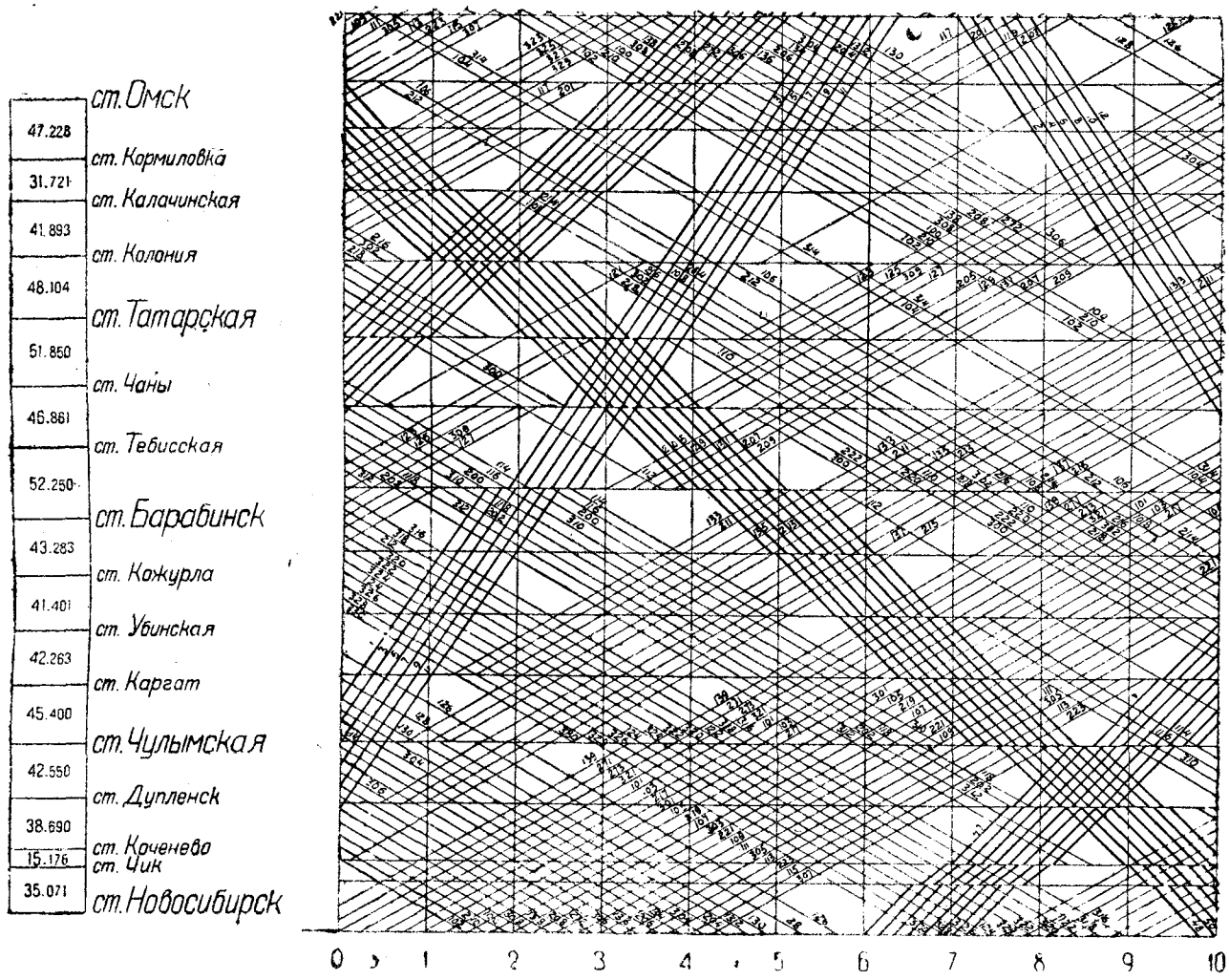


Рис. 3. График движения.

бодных полосах затем накладывались пачки товарных поездов. Часть графика движения представлена на рис. 3.

Для получения возможно равномерной нагрузки приняты возможно большие интервалы движения между поездами. Нами этот интервал движения принят:

Для пассажирских поездов . . . . . 10 мин.
Для товарных поездов . . . . . 15 „

При этом оказалось возможным обеспечить требуемый факультатив в 20%, причем факультативное время оставлено на графике между товарными пачками и по концам пассажирских пачек. Стоянки товарных поездов для производства технического осмотра должны иметь место через 90—135 km и предусмотрены от 15 до 30 мин.

Средняя коммерческая скорость всего товарного движения составляет 29 km/h в грузовом направлении и 29,2 km/h в негрузовом направлении. Необходимо отметить, что обгоны пассажирскими поездами товарных по графику происходят на станциях. Учитывая наличие между станциями мелких разъездов, можно ожидать увеличения средней коммерческой скорости за счет уменьшения времени стоянок при обгоне. Для пассажирских и скорых поездов были приняты средние ходовые скорости, согласно указаниям НКПС—для пассажирских поездов—60 km/h, а для скорых—90 km/h.

Определение сечения контактного провода и мощности подстанций

Предварительно были определены экономические расстояния между подстанциями и связанные с этими расстояниями сечения проводов контактного оборудования по следующей схеме:

1. Задаваясь различными расстояниями между подстанциями (от 10 до 40 km), определяем необходимое для этого расстояние сечения линии с тем условием, чтобы среднее падение напряжения на токоприемнике поезда не превышало 10%, а максимальное 35% от напряжения подстанции на 3 000 V. Питание путей принималось параллельным. Необходимое сечение выполнялось с помощью 2 контактных проводов над каждым путем из твердотянутой меди с добавлением соответствующего количества алюминиевых фидеров.

Путевой рельс типа ПА. В основание расчета были положены нагрузки, соответствующие встрече двух товарных пачек. Получающиеся при этом линейные нагрузки на 1 km двухколейного пути приведены ниже в таблице. Падение напряжения вычислялось по формулам проф. А. Б. Лебедева.

2. Затем для каждого из принятых расстояний между подстанциями определялась мощность подстанций и их стоимость. Стоимость подстанций определялась по зависимости, полученной на основании предположения заграничных фирм и стоимости запроектированных и построенных Электротяжстроем подстанций:

$$P = (125\,000 + 175\,000 \cdot n) \text{ рублей, или } (125\,000 + 58 \text{ kW}),$$

где kW—установленная мощность подстанции в kW, где 125 000 руб.—стоимость высоковольтных вводов, защиты на высоком напряжении и оборудовании для собственных нужд подстанции.

175 000 руб. — стоимость электрооборудования подстанций на 1 выпрямительный агрегат 3 000 kW.

n — число установленных на подстанции агрегатов по 3 000 kW.

Из этой стоимости определялись для каждого из принятых расстояний между подстанциями ежегодные расходы, как-то: 1) проценты на капитал и на амортизацию оборудования и здания подстанции, 2) обслуживание их и 3) потери энергии в машинах. Путем суммирования получались общие ежегодные эксплоатационные расходы по подстанциям.

3. Определялась стоимость контактного оборудования и потери энергии в нем. Стоимость энергии на шинах подстанции согласно указанию Госплана принята для этого района 1,6 коп. за 1 kWh. В соответствии с этим получилась ежегодная стоимость эксплоатации контактной сети.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

4. Суммируя данные по пп. 2 и 3, получаем ежегодные расходы по эксплоатации подстанций и сети в зависимости от расстояния между подстанциями. Наивыгоднейшее расстояние соответствует минимуму этих расходов.

В результате экономического исследования имеем:

Наименование участков	Линейная нагрузка в A/km	Сечение в mm² на 2 пути	Экономич. расстояние между подстанциями в km
Участок Челябинск-Курган . . .	99,2	880	30—35
„ Курган-Омск	155,7	880	25—30
„ Омск-Новосибирск . .	172,5	880	20—25

В соответствии с полученными результатами экономического исследования расположены подстанции вдоль линии и уточнения сечения линии. К подстанциям подводится питание от трехфазного тока 110 kV и преобразуется в постоянный ток 3 000 V с помощью ртутных выпрямителей. Способность ртутных выпрямителей к мгновенным перегрузкам принята равной 200%. Общее количество подстанций—59, с суммарной установленной мощностью около 1 000 000 kW, при мощности 1 агрегата в 3 000 kW. На каждой подстанции принято по 1 запасному агрегату. Мощность отдельных подстанций колеблется от 9 000 до 21 000 kW. Полученное сечение линии по 440 mm² на путь нельзя считать большим при столь значительной грузонапряженности дороги.

Тяговое хозяйство

Расположение депо принято для строенной езды, исходя из условия, что беспрерывная работа бригады без отдыха (в депо) не должна превышать 10 час. В указанное время входят:

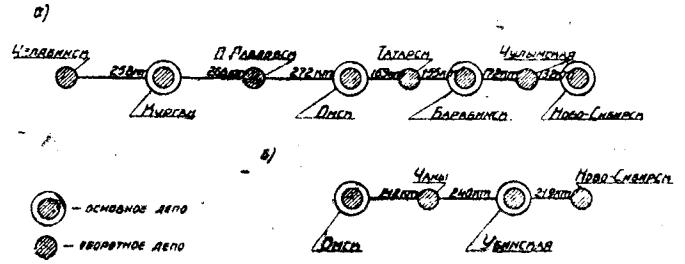


Рис. 4. а—Тяговые участки, б—Вариант расположения депо.

приемка или сдача (0,4 час.), подача электровоза к поезду (0,25 час.), отцепка (0,25 час.), дающие в общей сложности 1 час, т. е. на езду без смены приходится не более 9 час.

Это условие при принятой коммерческой скорости дает максимальное расстояние для участка депо:

Товарные поезда . . . . . 270 km
Пассажирские поезда . . . . 540 „
Скорые поезда . . . . . 810 „

При расположении депо руководствовались требованием, чтобы они по возможности совпадали с крупными станциями, уже имеющими паровозные депо, помещения для проживания и отдыха бригад и рабочие поселки. При этом получились следующие тяговые плечи (рис. 4,а).

Если учесть, что на Омской ж. д. в настоящее время грузонапряженность составляет лишь 10% от намеченной в проекте и что почти весь рост грузооборота, а следовательно, и тягового хозяйства придется на период после введения электрической тяги, и поэтому не считаться с существующим тяговым хозяйством, то возможно достичь более равномерного распределения тяговых плеч, как это изображено на рис 4,б, и сократить, таким образом, одно основное депо (получив три основных депо на участок Челябинск-Новосибирск).

Эти же депо обслуживают и пассажирские электровозы.

Графики движения оборота электровозов были построены в предположении четырех основных депо строенной езды. При этом для товарных электровозных бригад получилось 100% использования рабочего времени для всех бригад за исключением прикрепленных к новосибирскому депо, где это использование равно 0,92. Это дает средний коэфициент использования около 0.99.

Исходя из тех же графиков, имеем для пассажирских электровозных бригад от 137 до 168 час. в месяц.

Коэфициент использования товарного электровоза получается, согласно нижеследующему:

$$\mu = \mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 = 0{,}593,$$

что дает годовой пробег товарного электровоза около 150 000 km.

При этом $\mu_1 = 0{,}99$—коэфициент использования рабочего времени бригад, получаемый из графиков оборота электровозов.

$\mu_2 = 0{,}89 - 0{,}86$ — коэфициент, учитывающий затрату рабочего времени бригад на приемку, сдачу, две подачи и две сцепки электровозов (2 часа на смену).

$\mu_3 = \frac{3 \cdot 158}{24 \cdot 30} = 0{,}7$—максимальный коэфициент использования электровоза при строенной езде и при 168 час. работы в месяц.

$\mu_4 = 0{,}96$—отношение числа работающих электровозов к полному их количеству, включая находящиеся в ремонте[1].

Полный суточный пробег поездов на участке Челябинск-Омск равен согласно предыдущему:

$$(20 \cdot 257 + 38 \cdot 532 + 50 \cdot 626) = 113\,800 \text{ km}.$$

При средней коммерческой скорости 29,1 km/h получим необходимое число товарных электровозов без резерва:

$$N'_T = \frac{113\,800}{24 \cdot 29{,}1 \cdot 0{,}593} = 273 \text{ шт.}$$

Для резерва принято 11 электровозов.

Таким образом инвентарное количество товарных электровозов составляет $N = 273 + 11 = 284$ шт. Из этого количества стойлами должно быть обеспечено $(1 - \mu) = (1 - 0{,}593)\,284 = 115$ электровозов. Подобным образом определено необходимое количество пассажирских электровозов—39.

Производство капитального и среднего ремонтов электровозов (после пробега 150 000 km) предполагалось в главных мастерских. В основных депо производится лишь обточка бандажей и текущий ремонт (после пробега 4 500—5 000 km).

В соответствии с этим получается необходимое количество стойл в депо:

Основное депо:

товарных . . . . . 85, из них ремонтных—7
пассажирских . . . . . 39, „ „ „ —4

Оборотное депо:

пассажирских . . . . . 30, стойл
товарных . . . . . 67, „

Размеры капитальных затрат при электрификации

(в руб.)

Электрическое оборудование путей .	59 238 770
Электроснабжение	85 231 500
Связь и автоблокировка	17 076 000
Тяговое хозяйство	8 020 000
Жилстроительство	3 746 760
Накладные расходы	36 849 491
Электровозы	125 592 000
Прочие расходы	3 960 240
Всего	339 720 000

или на 1 km 238 700 руб.

[1] Коэфициент μ_4 определен из условия, что обточка бандажей происходит после пробега 75 000 km и продолжается 2 дня. Дополнительно через каждые 150 000 km требует 8 суток (средний ремонт) и через 450 000 km 13 суток. Таким образом время нахождения в ремонте на 450 000 km пробега составляет:

$$2 \cdot \frac{450\,000}{75\,000} + 2 \cdot 8 + 13 = 41 \text{ день} = 1\,000 \text{ час.}$$

При коэфициенте использования электровоза $\mu = 0{,}6$ и коммерческой скорости $V_k = 29$ km/h пробег 450 000 km будет выполнен в 25 800 час.

$$\text{отсюда } 1 - \frac{1\,000}{25\,800} = 0{,}961.$$

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Основные материалы и оборудования для электрификации

	Количество	Приблизительная стоимость в руб.
1. Электровозы		
Товарные	284	104 512 000
Пассажирские	85	21 080 000
2. 59 подстанций, общ. мощностью около 1 000 000 kW установленных, включающих в себе:		
а) Ртутные выпрямители по 3 000 kW	327	—
б) Масляные выключатели	118	—
в) Трансформаторы:		
силовые	327	—
собственных нужд	118	64 600 000
3. Контактная сеть		
Медь t	7 045	12 329 750
Алюминий „	2 600	6 110 000
Стальной трос „	2 110	1 814 600
Железные опоры (для части станционных опор) „	3 000	1 050 000

Эксплоатационные расходы при введении электрической тяги определены приблизительно в размере около 190 коп. на 1 000 t × km нетто для грузового направления и около 175 km для негрузового. Это дает уменьшение по сравнению с паровой тягой при тех же условиях около 25%.

Заключение

Законченная Электротягстроем работа выполнила первую часть задачи: она доказала техническую приемлемость системы постоянного тока со средним напряжением в контактном проводе 2 700 V для дорог с очень большой грузонапряженностью.

Вторая часть задачи, над которой работают сейчас, заключается в сравнении вариантов электрификации типичных железных дорог Союза на различных системах тока. Только в том случае, если система постоянного тока окажется в то же время наиболее технически выгодной, возможно будет ее принять как стандартную систему для электрификации железных дорог СССР.

ДОРОГУ ЭЛЕКТРОСВАРКЕ!

Электросварка как орудие технической реконструкции

М. Поплавко, Я. Климовицкий

В деле ускорения темпов технической реконструкции приобретает огромную роль наиболее передовой и эффективный способ соединения и обработки металлов — электрическая сварка.

Строительство гигантов металлургии, машиностроения, развертывание энергопромышленных и химических комбинатов, тракторизация и механизация сельского хозяйства и техническое перевооружение транспорта, сопровождающееся всесторонним внедрением металла и металлических конструкций в народное хозяйство, придают электросварке особое значение.

За границей на отдельных важных участках капиталистической техники электросварка успешно вытеснила менее совершенные методы работы. Предприятие Форда в САСШ производит 1 339 отдельных операций электросварки при изготовлении автомобиля. Промышленные корпуса и ответственные мостовые сооружения возводятся из сварных металлических конструкций. Широко практикуется электросварка в судостроении. Один из последних германских крейсеров, построенный с помощью электросварки, облегчен на 550 t при водоизмещении в 10 тыс. t.

Но на пути развернутого применения электросварки в хозяйстве капиталистических стран стоят непреодолимые препятствия.

Загнивание и неравномерность развития монополистического капитализма выступают на этом участке передовой техники особенно ярко. Наряду с отдельными достижениями в области электросварки крупнейшие отрасли промышленности консервируют устарелые методы обработки металлов, опирающиеся на ранее произведенные капиталовложения в оборудовании.

Так, одна из наиболее мощных фирм Соединенных Штатов по производству металлических конструкций A. O. Smit — Korporation (Мильвоки), развивая применение электросварки при изготовлении крекингов и труб для нефте- газо- и водопроводов, искусственно тормозит введение сварки автомобильных рам.

Массовое производство этих рам целиком базируется на ранее установленном оборудовании сложных автоматических клепочных агрегатов. В дело усовершенствования клепочных процессов вложены этой фирмой большие средства, задерживающие внедрение новых более радикальных способов соединения металлов. В Германии, где положительные стороны электросварки хорошо оценены, электросварка имеет весьма слабое распространение. В условиях резкого экономического кризиса металлические концерны не проявляют никаких тенденций к вложению новых капиталов в дело электросварки, стремясь использовать старое оборудование. Поэтому в Германии железные конструкции почти целиком производятся клепкой, вагоны и цистерны до сих пор не свариваются и т. д.

Только условия планового социалистического хозяйства Союза открывают электросварке самые широкие возможности развития.

В СССР за последние годы электросварка завоевала ряд позиций. У нас в Союзе уже смело свариваются такие об'екты, сварка которых еще не налажена в Западной Европе. Так например, разрешен вопрос о сварке составного инструмента из быстрорежущей и поделочной стали. Это дает только по двум инструментальным заводам — московскому и тульскому — до 5 млн. руб. экономии в год. Свариваются вагонные рамы пассажирских и большегрузных товарных вагонов. Огромные газо- и воздухопроводы Магнитостроя и Кузнецкстроя сварены и смонтированы с помощью электросварки. На заводе „Электросила“ свариваются статоры больших генераторов и фундаментных плит. На заводе „Мастяжарт“ ведется серийное производство корнвалийских котлов низкого давления с применением сварки. Изготовление конденсаторов паровых турбин прочно закреплено за сваркой.

Применение электросварки в сельскохозяйственном машиностроении уже выявило огромную эффективность. На одной только молотилке „Коммуна“ сварка дает возможность экономить в год 2 900 t металла. За 10 мес. 1931 г. на заводе „Плуг и молот“ в Николаеве при работе 18 сварочных аппаратов выявлена экономия в 143 тыс. руб.

Но это лишь первые шаги электросварки в СССР. У нас еще чрезвычайно мало сделано для того, чтобы полностью освоить сварку в решающих отраслях промышленности, транспорта и сельского хозяйства. В морском судостроении, котлостроении, паровозостроении и машиностроении сварка применяется в основном пока на малоответственных деталях.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Сварка должна планомерно и решительно вытеснять клепку из обработки металлов. Совершенно исключая ослабление металла дырами и другие неэкономичные операции, сопровождающие клепку, сварка повышает к. п. д. швов, делает их более плотными и стойкими при высоких температурах и дает экономию металла не менее 40% общего веса изделия. Сварка кладет конец грохоту, от которого глохнут рабочие клепальщики

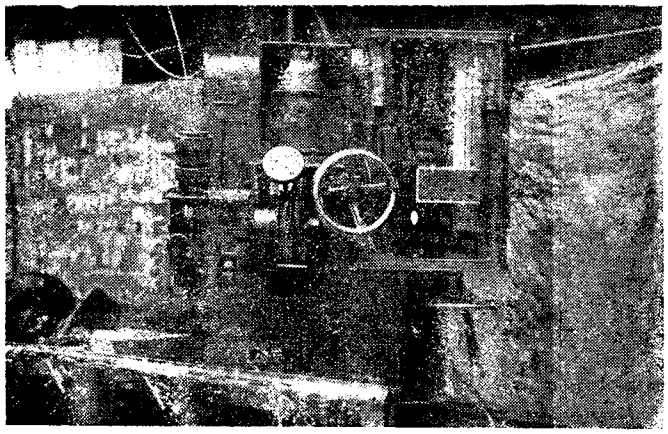


Рис. 1. Сварочный автомат с металлическим электродом

В ряде случаев сварка должна устранить и уже устраняет необходимость литья. Соединяя детали из прокатанной или кованой стали и железа, сварка дает возможность получать изделия более легкими и простыми. Экономия в весе при сварке по сравнению с чугунными отливками выражается не менее 25%. С ростом электросварки значение ковки и штамповки повышается, так как многие конструктивные задачи вместо литья разрешаются сваркой поковок и штампованных заготовок.

Все эти преимущества сварки еще недостаточно используются в нашем строительстве. Для таких новостроек, как Березняки, Бобрики, Славстрой и др., до сих пор продолжают строить химическую аппаратуру путем клепки. Здесь с успехом можно было бы применить сварные конструкции при изготовлении резервуаров, сушилок, шнеков и т. д.

Применяя большей частью клепку, мы все еще затрачиваем на постройку одного судна столько же времени и денежных средств, сколько требуется на германских верфях для постройки 3—5 таких же судов. А между тем, первый опыт сварки железных листов при постройке судна на верфи им. Сухомлина в Киеве дал возможность сократить срок изготовления корпуса с 4 (при клепке) до 2 мес. Сварка корпусов 36 траллеров в 1931 г. дала экономию свыше 2 млн. руб.

Большие возможности применения сварки в железнодорожном транспорте нами далеко не использованы полностью. Увеличение мощности паровозов требует усиления работоспособности рельсов, что может быть достигнуто наплавкой и крестовин рельсов путем электросварки. Только одно восстановление крестовин наплавкой марганцовистой стали может дать несколько десятков млн. руб. экономии и освободить металлургические заводы от значительной нагрузки.

К III Всесоюзному с'езду работников автогенного дела была представлена таблица, показывающая, какую экономию в рублях и металле получит Союз при широком внедрении методов сварки в металлообработку.

Таким образом развернутое применение сварки означало бы 600 млн. руб. годовой экономии на дело социалистической индустриализации страны.

Состоявшаяся в ноябре 1931 г. первая конференция по электросварке выдвинула ряд важнейших научно-технических проблем, стоящих на этом боевом участке овладения техникой.

Какой из двух методов сварки должен получить преобладающее значение в деле технической реконструкции металлообработки: газовая или электрическая сварка. Газовая сварка металлов, опирающаяся на использование теплоты сгорания горючего в присутствии кислорода, дает в 2—3 раза более медленные темпы производства сварочных работ, чем сварка электрическая. Обучить персонал и подготовить кадры по электросварке проще, чем по газовой сварке. Только одна область цветных металлов еще пока недостаточно освоена электросваркой. Эти основные соображения, выдвигаемые современной техникой сварки, диктуют необходимость ориентироваться на развитии дела электрической сварки в первую очередь.

Годовая экономия металла в год в рублях и тоннах от применения методов сварки

(по данным 1931 г.)

Отрасль промышленности	Средний % экономии по весу изделий	Общая экономия в металле в 1 000 t	Общая экономия в 1 000 руб.
Общее машиностроение	15	142	35 500
Сельскохозяйственное машиностроение	14	70	17 700
Судостроение	22	36	6 500
Металлургия	10	222	40 000
На металл. промышлен.	10	36	9 000
НКПС	15	25	6 300
Замена литья сваркой и исправление дефективного литья	—	—	—
Прочие	—	50	120 000
Всего	—	911	627 000

В самое последнее время за границей получили широкое распространение аппараты атомноводородной или газо-электрической сварки. Водород в пламени электрической дуги из молекулярного состояния переходит в атомное и, соприкасаясь

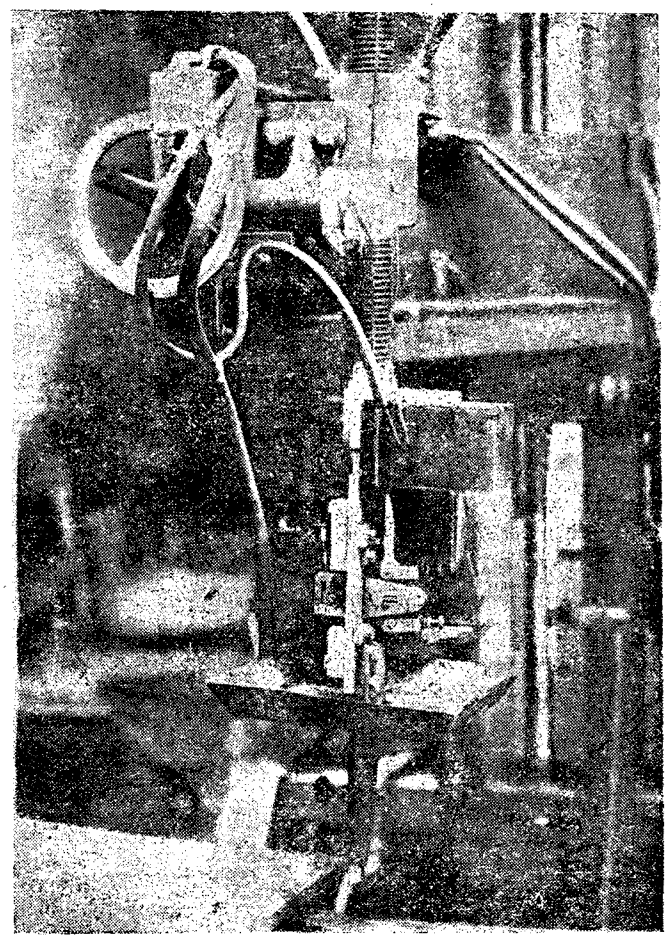


Рис. 2. Головка автомата с металлическим электродом

с холодной поверхностью металла, вновь соединяется в молекулы и выделяет при этом большое количество тепла. Преимущество такой синтетической сварки: тепло используется для сварки значительно лучше, чем при газовой или просто электрической сварке. Отпадает нужда в дорогом кислороде.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

В связи с этим со всей остротой выдвигается проблема дальнейшего развертывания кислородных заводов. Это развертывание будет зависеть от того или иного решения вопроса о газовой сварке. Во всяком случае на данном этапе, пока методы газовой сварки могут еще успешно применяться на некоторых участках металлообработки, следует мобилизовать усилия на преодоление кислородного голода. И здесь должна быть учтена возможность использования отходящего кислорода на ряде работающих и строящихся крупных предприятий. Отходы кислорода можно получать и от Магнитогорска (20 млн. m^3), и от Горловки (10 млн. m^3), и от Березняков (5 млн. m^3) и т. д. Этот недостаточно чистый кислород, в огромных количествах отбрасываемый с гигантских металлургических и химических производств, не сможет быть использован на месте в виде газа для сварки. Речь может итти о превращении газообразного кислорода в жидкий и о перевозке его в таком компактном виде на место сварки. Применение кислорода при сварке в жидком виде насчитывает пока 2—3 года. Разрешение этой задачи смогло бы облегчить транспорт от громоздких перевозок огромного количества баллонов газообразного кислорода и резко сократить расход черного металла на баллонный парк.

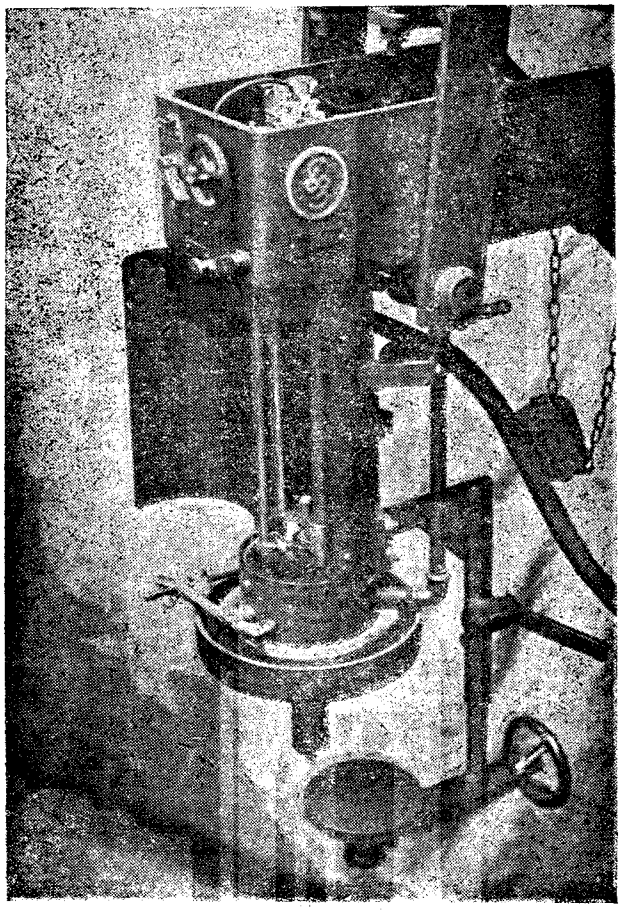


Рис. 3. Головка сварочного автомата с угольными электродами.

Таким образом требует разрешение и проблема газовой или электрической резки металлов. Кислород идет в больших количествах на ацетиленовую резку. Используя пока газовую резку, мы должны сейчас же ставить на практические рельсы изучение и применение резки металлов электричеством. Чрезвычайно интересный принцип электрической резки состоит в следующем. Циркульная пила, применяемая при механической резке получает питание электрическим током. Соприкасаясь с металлом, пила образует бесконечно большое количество маленьких вольтовых дуг, и металл режется уже не механически, а электричеством. При большом количестве оборотов зубья пилы не успевают даже нагреваться, и пила служит большее количество времени, чем при обычной механической резке. Электрическая резка дает высокую производительность и чистый рез металла. Перенос принципа электрической резки на способы холодной обработки металлов сможет коренным образом рационализировать фрезерование, сверление, стружку, долбление и другие технологические процессы. Увеличится скорость обработки, отпадет шлифовка, уменьшатся размеры станков.

В ряду важных научно-технических проблем электрической сварки и обработки металлов стоит вопрос о роде тока для этой области. На каком токе, постоянном или переменном, должна итти электросварка? Работа на постоянном токе дает некоторые преимущества по части расхода сварочных материалов (отпадает обмазка). Зато переменный ток дает дешевизну и компактность сварочного агрегата, надежность в работе и достаточную прочность и плотность швов для целого ряда работ. Сварочные аппараты переменного тока мы можем изготовлять в 2—3 раза быстрее чем машины постоянного тока. Практика наших заводов (Николаевский завод им. А. Марти и др.) выявила эти крупные преимущества переменного тока. С точки зрения темпов работы проблема сварочных машин должна быть во всяком случае решена в пользу переменного тока как основного в практике электросварки.

Из новых эффективных методов электросварки требует особого внимания контактная сварка путем непосредственного соприкосновения свариваемых частей и пропускания через них тока. При этом способе не загрязняются свариваемые поверхности, не изменяется химический состав металлов и сварка протекает быстро.

На этих основных научно-технических проблемах сварки должны сосредоточить свое внимание исследовательские институты. Производство всех машин и металлических конструкций должно быть пересмотрено под углом зрения внедрения сварки.

Сварочное дело требует своих квалифицированных кадров. На 8 000 сварочных машин в Союзе работает армия сварщиков в 20 000 чел.

Но этого количества сварщиков далеко недостаточно и квалификация их должна быть повышена. Командный состав сварочного дела должен научиться новым методам сварки. В преподавание наших втузов нужно ввести сварку, как обязательный предмет инженерно-технических специальностей.

Перед электропромышленностью и машиностроением стоит задача обеспечить выпуск сварочных машин и автоматов с учетом всех достижений передовой техники в этой области и растущих потребностей социалистического строительства в электросварке.

Советский союз уже занял первое место в мире по выпуску сварочных машин для дуговой сварки и второе место по числу работающих в стране машин. В специально отстроенном новом корпусе ленинградского завода „Электрик" будут производиться сварочные машины на 50—60 млн. руб. в год.

Электросварка должна стать мощным орудием технической реконструкции в народном хозяйстве СССР.

Электросварка—мощное орудие ускорения

темпов технической реконструкции в социалистическом хозяйстве

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Электросварка переменным током повышенной частоты[1]

Ф. Кислюк

Дуговая сварка переменным током повышенной частоты до настоящего времени является мало исследованной. Настоящая работа представляет собой результаты исследования дуговой сварки переменным током повышенной частоты от 200 пер/сек до 500 включительно. Были сняты осциллограммы сварки для каждой частоты, по которым можно судить о динамических процессах в дуге. Затем были сделаны рентгеновские снимки наплавленного металла, а также исследования его на микро- и макроструктуру.

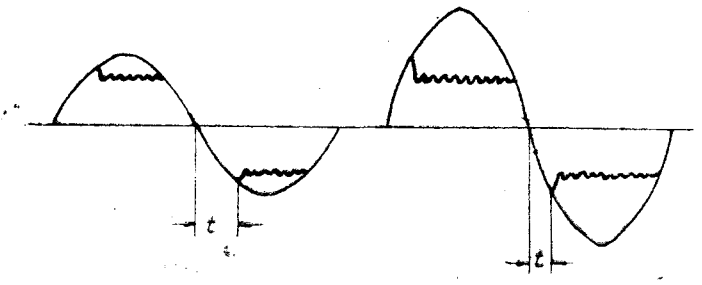


Рис. 1.

Все опыты сварки были проведены одним сортом и размером электрода электродного завода ВЭО.

Одним из возражений против дуговой сварки переменного тока технической частоты является то, что величина тока периодически проходит через нуль (теоретический разрыв дуги) и вызывает охлаждение в дуге. Изменения температуры в дуге тем значительнее, чем больше времени длится отсутствие тока.

Если же увеличить скорость изменения тока, то продолжительность „разрыва" дуги уменьшается, и постоянство температуры в дуге должно приближаться к таковому при постоянном токе. Рассмотрим явления, происходящие в дуге за время полного периода.

Как известно, после каждого периодического прохождения тока через нуль напряжение на электродах должно возрасти до такой величины, которая снова способна зажигать дугу в раскаленном промежутке газа (между электродом и деталью).

Напряжение зажигания дуги на полученных кривых изображено в виде пика напряжения зажигания (Zündgipfel). При этом пик зажигания все время меняет свою величину в зависимости от температуры в дуге. Чем выше температура дуги, тем ниже получается напряжение зажигания. При этом надо иметь в виду следующее:

Как известно, наибольшая часть тепла дуги рассеивается во внешнее пространство через электроды[2], но не через окружающие газы. В случае дуговой сварки один из электродов металлической дуги имеет весьма малые размеры, поэтому теплоотдача этого электрода совершенно незначительна по сравнению с теплоотдачей детали. Таким образом, температура электрода (служащего присадочным материалом) будет выше, нежели температура детали.

Как уже было указано, за время „разрыва" дуги напряжение должно возрасти от нулевого значения до величины, достаточной для того, чтобы снова зажечь дугу в газовом промежутке.

Время перехода напряжения от нулевого значения к напряжению зажигания назовем „временем восстановления дуги"—t Время t может быть уменьшено двумя путями:

Увеличение напряжения холостого хода. На рис. 1 представлены примерные кривые для двух различных амплитуд напряжения холостого хода, по которым легко заметить, что при большей амплитуде напряжения (правая кривая) время t меньше. Однако повышение напряжения встречает возражения, касающиеся безопасности сварщика и необходимости увеличения индуктивного сопротивления в цепи дуги для ограничения токов короткого замыкания.

Увеличение частоты сварочного тока. При увеличении частоты промежутки времени отсутствия тока t уменьшаются по сравнению с нормальной частотой. Это подтверждается кривой рис. 2, которая показывает зависимость времени восстановления дуги t от частоты изменения тока.

Проф. К. И. Шенфер исследовал дугу между угольными электродами при питании ее переменным током низкой частоты[1] и нашел, что, чем меньше частота, тем больше времени отсутствует ток и тем большее напряжение требуется, чтобы снова зажечь дугу.

Для настоящих экспериментальных исследований был использован генератор повышенной частоты 15 kV, 1 500 об/мин, однофазный 500 пер/сек, индукторного типа производства завода. „Электрик". Чтобы приспособить этот генератор для дуговой сварки, включали в цепь дуги переменное индуктивное сопротивление, благодаря которому внешняя характеристика получала падающий вид.

Сварка производилась 4 mm электродом при частотах 200, 300, 400 и 500 пер/сек.

Во всех опытах сварки повышенной частотой напряжение холостого хода колебалось от 70 до 80 V (табл. 1). Однако указанное напряжение не является в достаточной степени определившимся[2], так как оно было необходимо лишь в наших условиях, где генератор был несварочного типа.

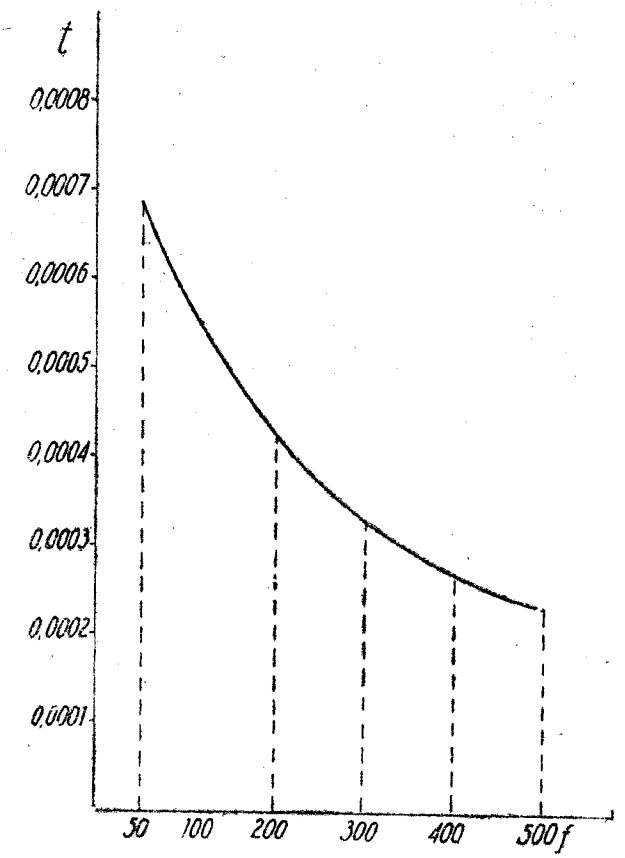


Рис. 2. Изменение времени восстановления в зависимости от частоты (при сварке переменным током).

[1] Из работ, произведенных в секции сварочных машин электромашинного отдела ВЭИ.

[2] G. Grand vist, Nova upsala, 1903, p. 1.

[1] См. Archiv für Elektrotechnik, Band XXII, 1929, 6 Heft.

[2] Напряжение первичного зажигания, равное напряжению холостого хода, различно. Оно зависит, между прочим, и от той среды, в которой находится дуга. Например, в гелии дуга зажигается при 19 V и поддерживается напряжением 6 V.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Таблица 1

f пер/сек	E_0 V	Ig A	Eg V	Примечание
200	70	120	17	Диаметр электрода—4 mm с обмазкой № 3 Электродного завода ВЭО
300	70	115	17	
400	80	125	16	
500	80	117	18	

Разбор осциллограмм

Для изучения процессов сварки при повышенной частоте были сняты осциллограммы тока и напряжения дуговой сварки при различных частотах.

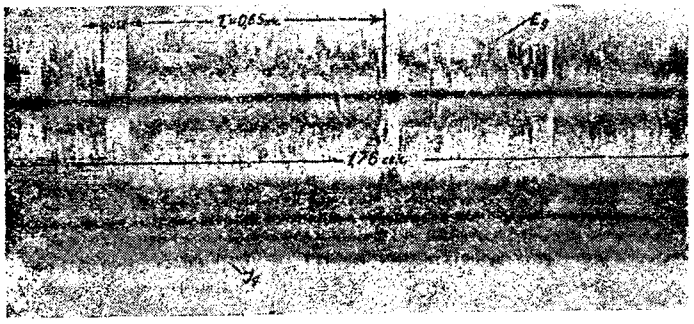


Рис. 3 Осциллограмма сварки переменным током f=300 пер/сек.

На рис. 3 представлена осциллограмма сварки на переменном токе 300 пер/сек, где процесс переноса металла легко заменить по кривой напряжения. На этой осциллограмме короткие промежутки исчезновения напряжения в верхней кривой соответствуют полному короткому замыканию, вызванному стекающей каплей металла.

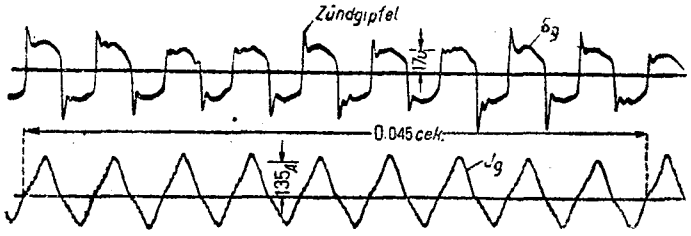


Рис. 4. Осциллограмма сварки переменным током f=200 пер/сек. E_0=70 V.

Из этой осциллограммы видно, что время перехода металла с электрода к детали непостоянно и зависит от длины дуги. На осциллограмме это заметно различной продолжительностью времени коротких замыканий.

Кроме того время процесса расплавления металлического электрода t также неодинаково, что об'ясняется изменениями температуры и длиной дуги[1].

На рис. 4 дана осциллограмма сварки при 200 пер/сек. Время, при котором была снята осциллограмма, равно 0,045 сек. На этой осциллограмме, а также и на последующих легко заметить, что кривые напряжения все время меняют свою фор-

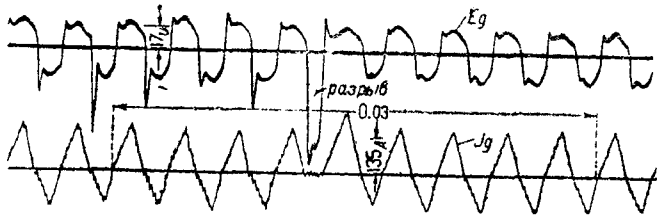


Рис. 5. Осциллограмма сварки переменным током f=300 пер/сек. E_0=70 V.

му, что указывает на изменения, имеющие место в дуге в течение весьма малого времени. Пики напряжения (Zündipfel), при которых получается зажигание дуги, неодинаковы между собой и принимают различные значения в зависимости от изменения температуры электродов. Сварка при частоте в 300 пер/сек, снятой при большой скорости фотографического барабана, видна из осциллограммы рис. 5.

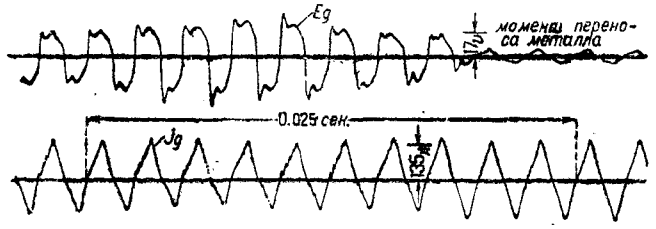


Рис. 6. Осциллограмма сварки переменным током f=400 пер/сек. E_0=70 V.

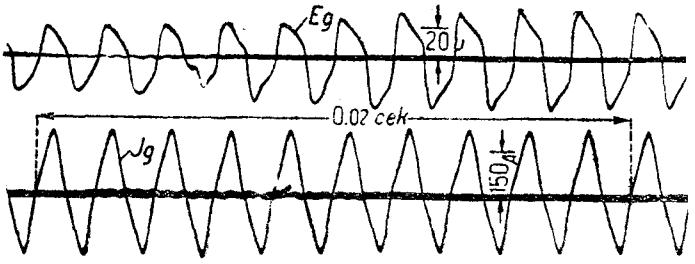


Рис. 7. Осциллограмма сварки переменным током f=500 пер/сек.

На этой осциллограмме видно весьма интересное явление разрыва дуги за время полупериода, равного 0,00167 сек. Ток в этот момент совершенно прекратился, а напряжение возросло до величины, способной вновь зажечь дугу.

На осциллограмме рис. 6 захвачен момент сварки при частоте 405 пер/сек. На этой осциллограмме[1] ярко заметен момент

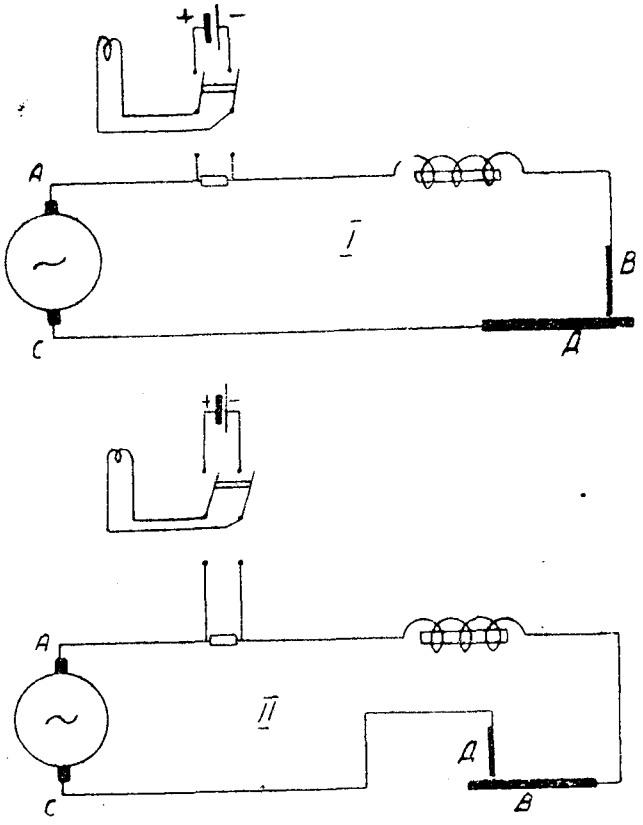


Рис. 8.

переноса металла, длившийся около 0,01 сек. Известную трудность представляет снятие осциллограммы в развернутом виде

[1] С увеличением длины дуги увеличивается об'ем капли расплавленного металла, для накопления которой требуется много времени.

[1] Зубцы, получающиеся на кривых тока, можно приписать влиянию зубцовых полей генератора.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

для сварки в 400 и 500 пер/сек, так как при такой скорости реле осциллографа не всегда успевает сработать.

На осциллограмме рис. 7 снята сварка 500-периодным током за время 0,02 сек.

Интересным в этой осциллограмме является то, что при такой частоте пики зажигания почти исчезают, и кривая напряжения принимает особую форму.

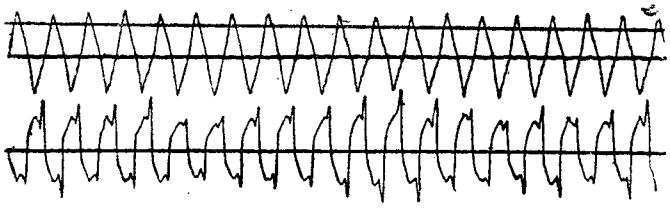


Рис. 9.

Вентильное действие сварочной дуги

Как уже известно, появление вольтовой дуги переменного тока между двумя неодинаковыми электродами влечет за собой выпрямляющее действие в дуге, при котором ток в одном направлении получается большей величины, чем в другом.

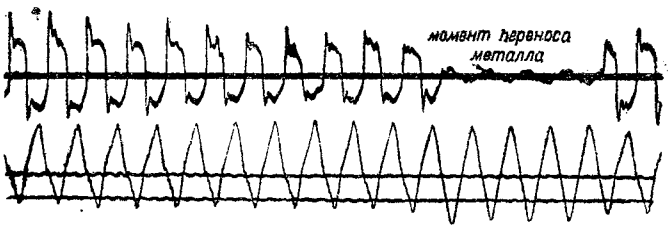


Рис. 10.

Это вентильное действие зависит от соотношения геометрических размеров электрода и детали, а также от материала, что подтверждается снятыми осциллограммами сварки.

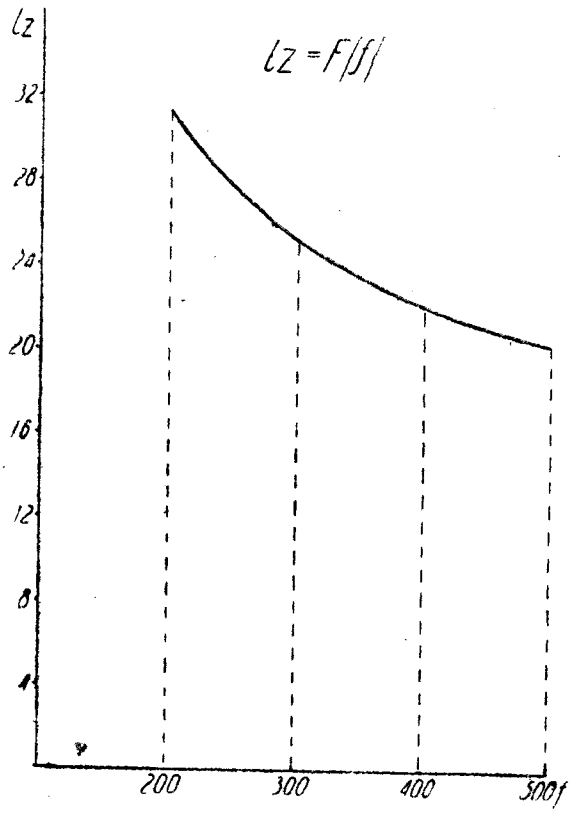


Рис. 11. Изменение напряжения зажигания в зависимости от частоты.

Особо рельефно вентильное действие получается при дуговой сварке переменным током повышенной частоты, что видно из рис. 4 и 5. Для экспериментальной проверки последнего были применены схемы (рис. 8), позволяющие на одной и той же осциллограмме сварки[1] снять еще отклонение той же шлейфы, включенной к аккумуляторной батарее.

Сняв осциллограмму сварки рис. 9 по схеме рис. 8, убеждаемся в том, что сила тока с большими максимальными величинами совпадают с направлением прямой постоянного тока.

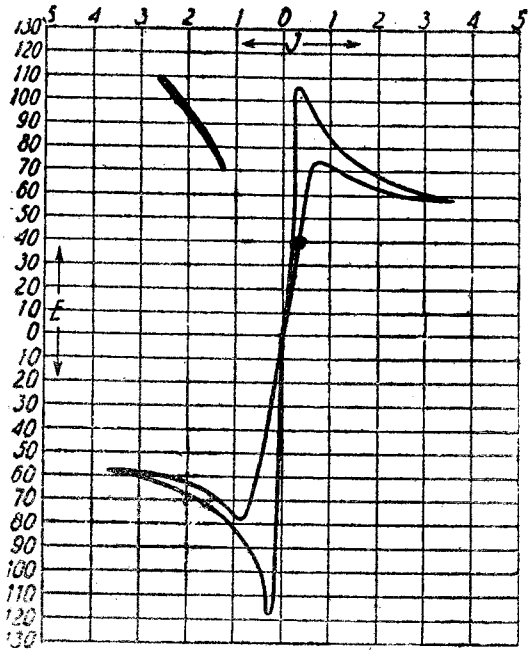


Рис. 12. Динамическая характеристика. Длина дуги 26 мм, f=50 пер/с. Оба электрода угольные.

Если же провод AB приключить к детали, а CD к электроду согласно схемы 2 рис. 8, то на осциллограмме рис. 10 получим обратное явление, т. е. постоянная слагающая тока в

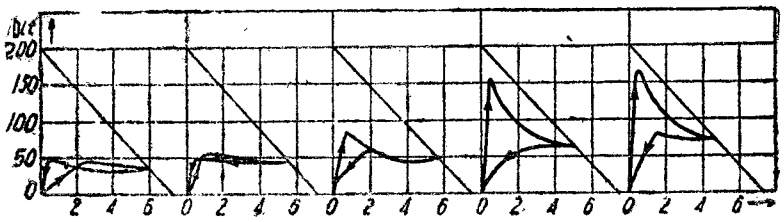


Рис. 12а. Динамические характеристики с увеличением длины дуги по Simon.

этом случае будет направлена от детали к электроду. Произведенное исследование позволяет утверждать, что выпрямляющее действие металлической дуги имеет место, когда положительная полуволна тока идет по направлению от электрода к детали.

Устойчивость горения дуги

Можно различать „напряжение дуги", необходимое для поддержания горения ее от „напряжения зажигания", близкого к напряжению холостого хода[2].

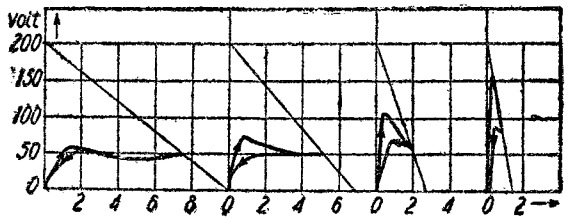


Рис. 12в. Динамические характеристики с увеличением добавочного сопротивления по Simon.

[1] Сварка производилась переменным током 300 пер/сек электродом нормальной обмазки ∅=4 mm.

[2] Напряжение первичного зажигания 70 V было необходимо для получения достаточного провара, дугу же при повышенной частоте можно вызвать при более низком напряжении в 50 V.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Напряжение повторного зажигания[1] колеблется в широких пределах в зависимости от длины и температуры дуги.

Выше уже было указано, что с увеличением частоты уменьшается время перерыва тока, влияющее на изменения температуры, благодаря чему соотношения между напряжением повторного зажигания и напряжением дуги при сварке 500-периодным током получаются незначительными. На рис. 11 построена кривая зависимости напряжения повторного зажигания от частоты изменения тока $l_2 = F(f)$.

Динамическая характеристика

Динамическая характеристика вольтовой дуги показывает зависимость между одновременными значениями тока и напряжения за весьма малые промежутки времени. Полную динамическую характеристику вольтовой дуги переменного тока можно построить за время одного периода изменения тока.

На основании экспериментальных исследований вольтовой дуги между двумя угольными электродами, питаемыми переменным током 50 пер/сек, Simon построил в прямоугольной системе координат динамическую характеристику дуги, имеющую примерный вид на рис. 12.

Далее Simon исследовал влияние длины дуги на напряжение зажигания. С этой целью были сняты осциллограммы дуги переменной длины с угольными электродами и построены динамические характеристики (рис. 12а).

Во всех характеристиках наклонная прямая означает линию внешнего сопротивления. Simon также исследовал влияние добавочного сопротивления (рис. 12в). Как оказывается это влияние аналогично увеличению длины дуги. Как в том, так и в другом случае напряжение зажигания увеличивается.

Наши опыты по вольтовой дуге, но с металлическими электродами дают динамическую характеристику, несколько отличающуюся от таковой при угольных.

Здесь сказывается теплопроводность металла, охлаждающая катод каждый раз, когда ток периодически проходит через нуль. Последнее подтверждается построенными динамическими характеристиками из осциллограмм сварки для различных частот.

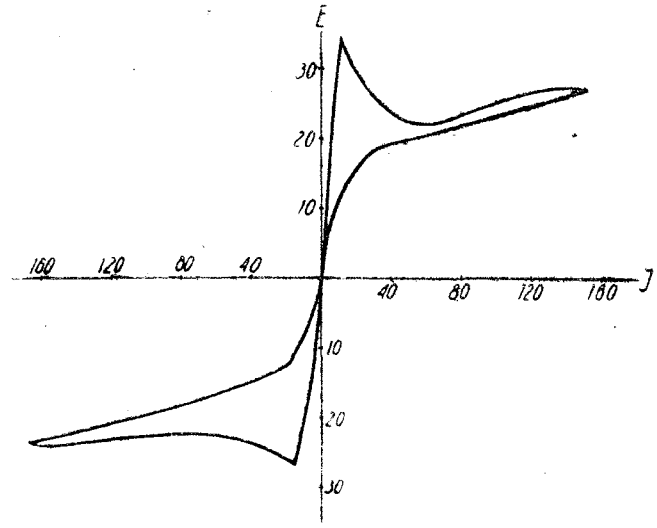


Рис. 13. Динамическая характеристика металлической дуги при сварке переменным током. Частота $f=50$ пер/сек.

На рис. 13 дана динамическая характеристика вольтовой дуги при сварке переменным током 50 пер/сек. Здесь нетрудно заметить, что напряжение поворотного зажигания дуги равно 3,5 V.

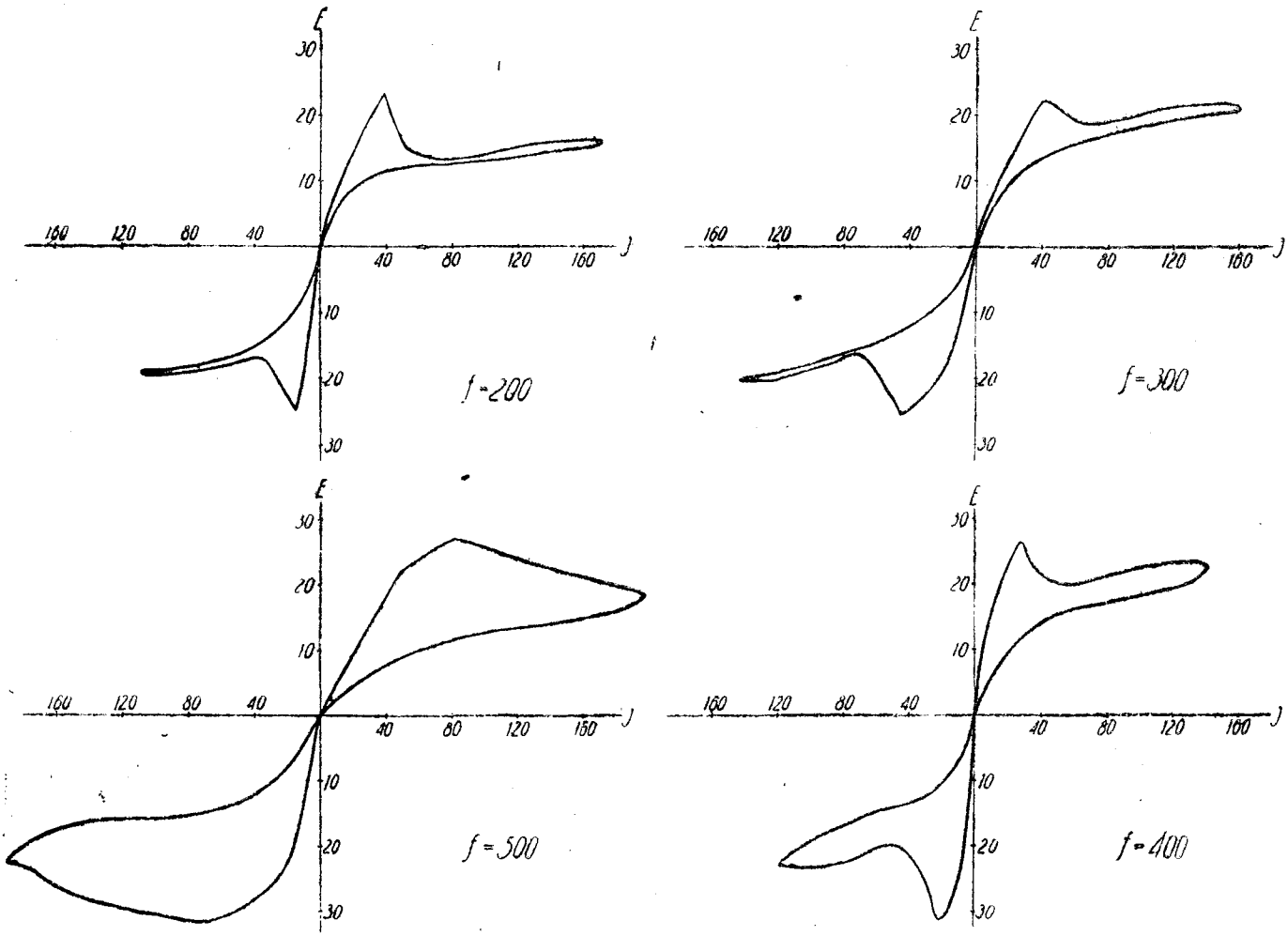


Рис. 13а. Динамические характеристики металлической вольтовой дуги при сварке переменным током повышенной частоты.

На рис. 13а даны подобные характеристики при сварке металлическими электродами переменным током в 200, 300, 400 и 500 пер/сек. При этом напряжение повторного зажигания понижается примерно до 25—28 V.

[1] Под напряжением повторного зажигания подразумевается тот пик напряжения, который получается при периодическом прохождении силы тока через нуль.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Сварка

При сварке током повышенной частоты дуга получается весьма устойчивой и „гибкой". При положительной полуволне, когда электрод является анодом, ему сообщается некоторое избыточное тепло благодаря явлению анодного эффекта, и температура его возрастает. При следующей полуволне температура электрода несколько уменьшается вследствие прохождения тока через нуль. Однако охлаждение катодного

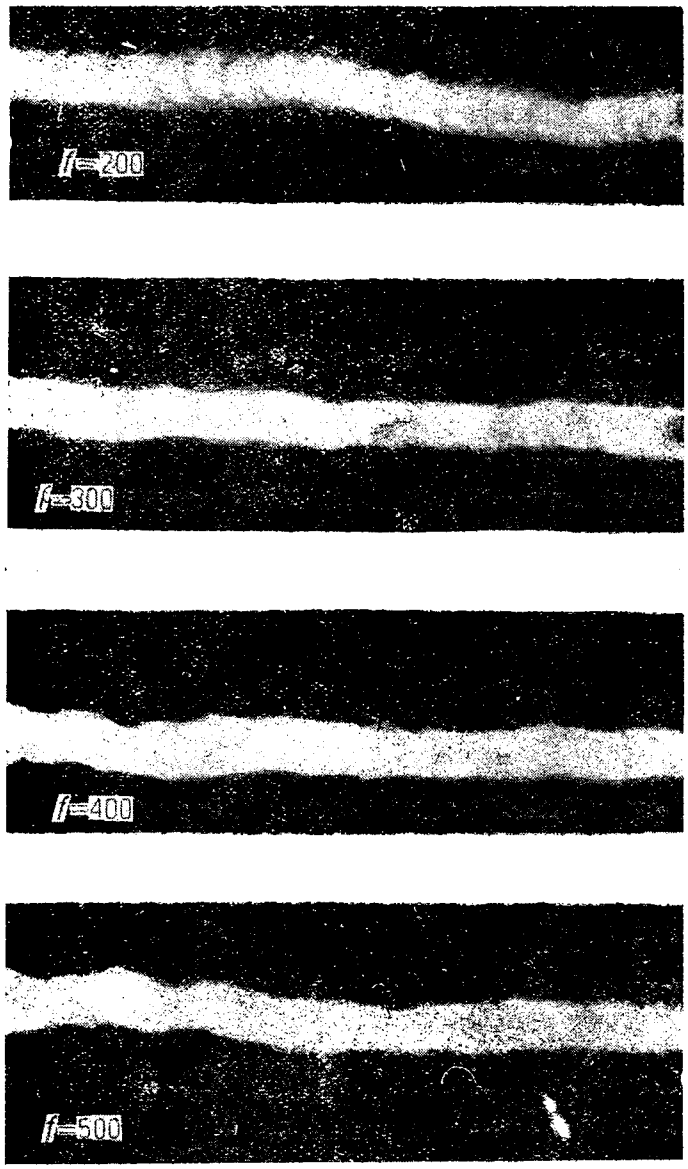


Рис. 14.

пятна происходит в зависимости от времени восстановления дуги или частоты. При сварке повышенной частоты электрод ведет себя, примерно так, как приключенный к положительному полюсу постоянного тока, т. е. сгорает несколько быстрее. При этом дуга держится более устойчиво. Повышенная температура электрода и возможность удлинять дугу позволяют применить повышенную частоту для сварки угольной дугой.

Из произведенных опытов сварки (бортиком) листового железа различных сечений оказалось возможным производить сварку железа толщиной до 0,5 mm.

Опыты сварки повышенной частотой металлическим электродом с обмазкой и без нее производились на различных сечениях железа, при которых оказалось, что возможность разбрызгивания металла при частотах 200, 300, 400 и 500 пер/сек гораздо меньше, чем при постоянном токе. Далее были произведены опыты сварки с емкостью, приключенной параллельно дуге для указанных частот. Однако эти опыты не дали положительных результатов.

Чтобы судить о качестве наплавленного металла при различных частотах, были произведены наплавки на железных пластинах сечением 5 × 50 mm одним и тем же сортом и диаметром электрода. С полученных наплавок были сняты рентгенограммы, по которым можно судить о количестве воздушных и шлаковых включений. На рис. 14 даны рентгенограммы наплавок, из которых видно, что включений почти нет.

Далее, те же образцы были исследованы на микро- и макроструктуру, результаты которых характеризуют качественную сторону электродуговой сварки переменным током повышенной частоты.

Образцы сварки были исследованы микроскопически при различных увеличениях после протравки 2% раствором азотной кислоты в абсолютном алкоголе.

Результаты этих исследований приведены в таблице.

Таблица 2

Частота пер/сек	Микроструктура в месте сварки	Глубина провара в mm	Общее заключение
200	Раковин и шлаковых включений очень мало „Видмаштетова" структура распространяется на 4—5 mm в стороне от места сварки	2,5	Нормальная сварка
300	Раковин и шлаковых включений почти нет. „Видмаштетова" структура распространяется на 4—5 mm	1	Нормальная сварка
400	Раковин и шлаковых включений почти нет. „Видмаштетова" структура распространяется на 4—5 mm в глубь образца. . . .	2,8	„
500	Раковин и шлаковых включений почти нет. „Видмаштетова" структура на глубине 4—5 mm.	2,8	„

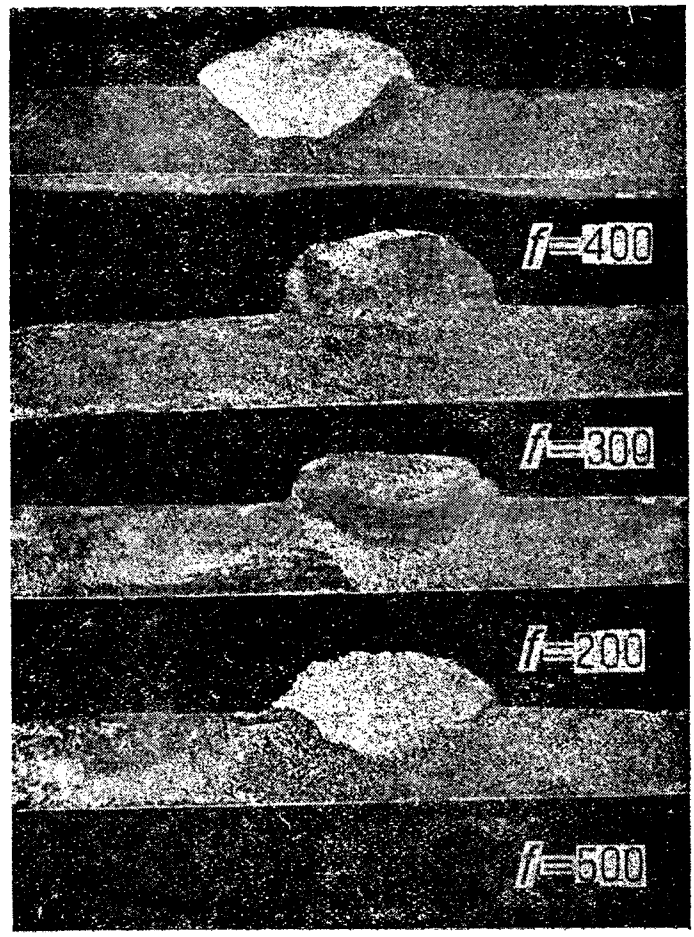


Рис. 15.

Макрофотография рис. 15 показывает глубину провара для каждой частоты.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Направленные валики обнаружили чистый и однородный микроскопический материал.

Заключение

До настоящего времени известны опыты дуговой сварки переменным током только на частоте 150 пер/сек.

Настоящая работа выясняет возможность сварки на частотах от 200 до 500 пер/сек.

Попутно с этим выяснилась весьма ценная особенность тока повышенной частоты, позволяющего произвести сварку железа тонких сечений и меди угольным электродом.

Последнее должно иметь большое промышленное применение, так как при массовом производстве возможно будет от одного генератора 10—15 kV питать параллельно несколько рабочих точек, которые потребуют по небольшому регулятору.

Следует указать еще, что плотность шва при сварке повышенной частотой получается, повидимому, большей.

Обращает на себя внимание также и то, что при 500 пер/сек возможна сварка голыми электродами.

ПРОБЛЕМЫ КРУПНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Секционирование электрических станций [1]

С. Рокотян

Двухобмоточные генераторы [2]

Рост мощности центральных станций сопровождается ростом мощности отдельных агрегатов, составляющих станцию. Капитальные затраты при постройке мощных электроцентралей достигают настолько внушительных размеров, что экономические характеристики устанавливаемых агрегатов приобретают чрезвычайно важное значение. Тот же процесс имеет место и в области эксплоатации. Снижение удельных капитальных затрат, повышение к. п. д., упрощение управления мощной станцией—все эти основные характеристики мощных агрегатов и послужили причинами их появления. В течение последних пяти-шести лет за границей сконструированы и установлены на отдельных станциях машины в 75 100 и даже 160 тыс. kW в одной единице. Машины в 50 000 kW стали предметом серийного выпуска [3].

В условиях огромного роста социалистического хозяйства, и осуществления генерального плана электрификации СССР второй пятилетки наши районные станции будут иметь агрегаты все более и более значительной мощности. С ростом масштабов нашего единого энергетического хозяйства экономически и технически-оптимальный тип будет стремиться к цифрам порядка 100—150—200 MW. Поэтому вопросы, связанные с применением мощных агрегатов, требуют более детального рассмотрения.

Безусловно, к крупным районным станциям в полной мере относятся выводы предыдущего раздела статьи о секционировании станций при помощи реакторов. Но появление мощных агрегатов сопровождается дополнительными, присущими им трудностями. На характере этих трудностей и путях преодоления их также следует остановиться.

Увеличение мощности агрегата влечет за собой увеличение номинального (рабочего) тока, причем для наиболее крупных агрегатов это увеличение достигает значений, превышающих возможности коммутационной аппаратуры. Большие значения рабочего тока в свою очередь усложняют всевозможные оперативные переключения. И, наконец, при мощных агрегатах нарушение рабочего режима системы достигает весьма значительных размеров.

Рабочий, номинальный ток генератора в 100 000 kVA, 10 500 V равен 5 500 A, а для машины в 160 000 он достигает величины 8 800 A. Предельное значение рабочего тока стандартных масляных выключателей равно лишь 4 000 A и только в последнее время GEC выпустили выключатели на 5 000—6 000 A. Стоимость этих выключателей весьма высока и значительно превышает стоимость стандартного выключателя на 4 000 A. Вслед за увеличением рабочего тока выключателей потребовалось и увеличение пропускной способности реакторов как секционных, так и генераторных. Увеличение рабочего тока реакторов, а, следовательно, увеличение их размеров и стоимости, в свою очередь вызывает увеличение капитальных затрат, так как размер ячеек и проходов здания распределительного устройства определяется в большинстве случаев размерами реакторов.

Увеличение мощности единиц имело результатом увеличение размеров аварий. Последовательная концентрация мощности современной системы передачи, увеличение размеров агрегатов, рост мощности станций, кустование системы—доводят размер нарушений при аварии до весьма значительных пределов.

Рост мощности систем сопровождается последовательным ростом трудностей в сохранении устойчивости, трудностей в снижении токов короткого замыкания, локализации аварий и пр. Для крупных генераторных единиц, старые методы уменьшения размеров аварии и ее локализации уже недостаточны и применение их, помимо технических трудностей, также неэкономично. Для устранения трудностей, являющихся результатом увеличения мощности агрегата, намечается два пути.

Первый путь—увеличение напряжения генераторов. Оно снижает величину рабочего тока и облегчает условия работы выключателей. За последние годы появились генераторы с напряжением в 16—22 тыс. V и даже 33 000 V (известный генератор 25 000 kW, 30 kV фирмы Парсонс, установленный в Англии).

Этот путь имеет ряд отрицательных сторон: удорожание генератора на 20—25%, увеличение размеров, уменьшение к. п. д. и трудно выполнимые при современном уровне техники изолирующих материалов требования к изоляции.

При распределении энергии на генераторном напряжении высоковольтных генераторов некоторый экономический эффект достигается за счет устранения повысительных трансформаторов, но для крупных районных станций, конечно, повысительные трансформаторы будут необходимы.

Высоковольтные генераторы насчитываются единицами и вопросам повышения напряжения генераторов капиталистическая техника уделяет мало внимания. Конечно, вопрос о напряжении генераторов нельзя считать окончательно решенным. Необходима дальнейшая исследовательская работа как в вопросах техники, так и по вопросам экономического порядка.

Второй путь—применение так называемых двухобмоточных генераторов (double winging generators). Применение двухобмоточных генераторов устраняет затруднения, вызываемые появлением мощных единиц, и дает ряд экономических и технических преимуществ, в то же время избегая минусов, свойственных высоковольтным генераторам. Изложение вопросов, связанных с конструкцией и применением двухобмоточных генераторов, и составляет задачу настоящего раздела статьи.

Общие принципы конструкции двухобмоточных генераторов

Двухобмоточный генератор представляет собой трубогенератор обычного типа с некоторыми, правда изменениями в конструкции ротора В статоре такого генератора заложены две совершенно самостоятельные обмотки, выведенные к отдельным секциям шин, питающих самостоятельную нагрузку. Ротор генератора—общий для обеих обмоток. Обе обмотки могут иметь в случае соединения звездой общую нулевую точку. При одинаковой нагрузке и по величине и по фазе—величина и фаза напряжений на клеммах обеих обмоток совпадают, если же обмотки нагружены неодинаково, то появится различие в фазе и величине напряжений.

Генератор приспособлен к неравномерной нагрузке обеих обмоток. Величина небаланса определяется, главным образом, типом обмотки и пределами нагревания ротора. При одной холостой обмотке, вторая может иметь примерно 60% от полной мощности генераторов.

Первый двухобмоточный турбогенератор был установлен в Америке на станции Cahokio Union Electric light and Power Company в st. Loues.

Это была машина 83 333 kVA, 13 800 V, 60 пер/сек. Второй генератор в 160 000 kVA, cos φ = 1 11 400 V, 25 пер/сек., был установлен на станции East River New-Iork Edisson Company.

---

1 Окончание (см. начало в № 3, 1932).

2 Ввиду отсутствия в нашей литературе сведений о двухобмоточных генераторах, эта часть статьи основанная на данных американской литературы изложена более подробно, чем остальная.

3 Мы отсылаем читателя к статье т. Вейца „Электричество", № 3, 1932, Капиталистическая электрификация под ударами кризиса, которая ярко вскрывает противоречия капиталистического хозяйства, препятствующие росту концентрации мощностей электроцентралей и наличие глубокой неравномерности развития в этой области, Ред.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Кроме этих машин, в конструкции и постройке находятся еще несколько двухобмоточных генератора.

Двухобмоточные генераторы могут быть скоммутированы в любую систему шин, применяющуюся для однообмоточных генераторов, и в обычное „кольцо шин", составленное из отдельных секций, разделенных реактансом, и в „звезду шин" с синхронизационной шиной (схеме Скотта) и т. д. Будем исхо-

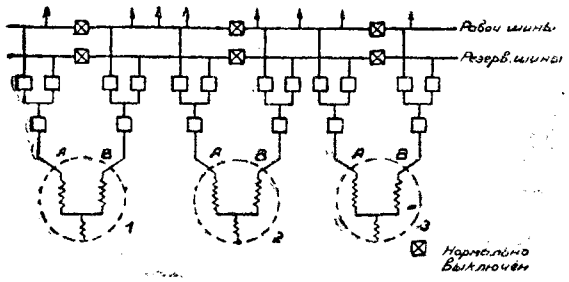


Рис. 38

дить из наиболее простой—кольцевой шины. В этом случае генераторы должны быть включены следующим образом: обмотки одного генератора приключаются к различным секциям шин, причем на каждую секцию шин приключены всего две обмотки разных генераторов. Таким образом мощность секции равна полной мощности одного генератора (рис. 38).

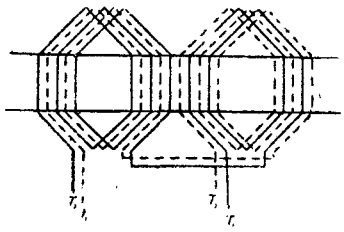


Рис. 39

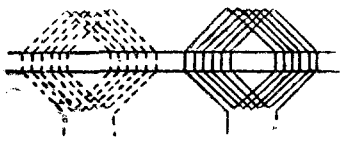


Рис. 40

При применении схемы рис. 38, нормально каждая секция изолирована от соседних секций. Генераторы же синхронизированы непосредственно, без промежуточно включенных реактанцев, в отличие от секционирования через реакторы. Обмотка *B* генератора 1 и обмотка *A* генератора 2 присоеди-

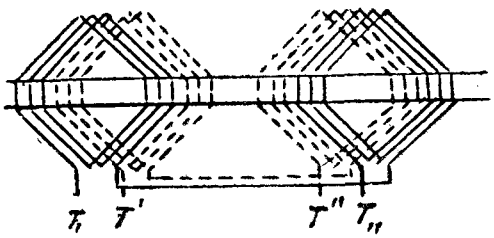


Рис. 41

нены к одной и той же секции шин, т. е. синхронизированы непосредственно, э. д. с. обмоток *A* и *B* от любого генератора всегда находятся в фазе, поскольку они смонтированы на одном и том же статоре и имеют общий ротор. Таким обра-

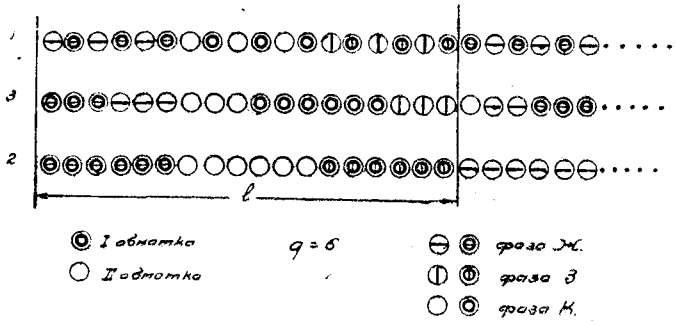


Рис. 42

зом вся станция, состоящая из произвольного числа генераторов, синхронизирована непосредственно, без промежуточных реактанцев, и между векторами э. д. с. отдельных обмоток и отдельных генераторов одной станции нет расхождений. Это дает преимущество с точки зрения устойчивости.

В то же время, схема рис. 38 сохраняет преимущество секционирования через реакторы, ограничивая токи короткого замыкания и локализуя аварии. При аварии на одной секции, к месту аварии устремляется поток мощности, причем переход мощности от одной секции к другой вполне возможен, и в этом случае генератор с двумя обмотками представляет собою трансформатор с коэфициентом трансформации 1 : 1 включенный между секциями.

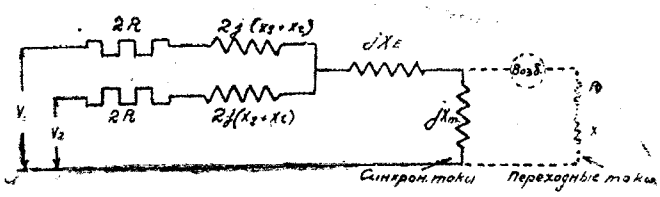


Рис. 43

Выполняя обмотки генераторов так, чтобы сцепление между обмотками было минимальным, мы добьемся того, что двухобмоточный генератор будет представлять значительное реактивное сопротивление на пути аварийного тока.

Схема рис. 38 требует значительно меньшее количество коммутационной аппаратуры по сравнению с секционирова-

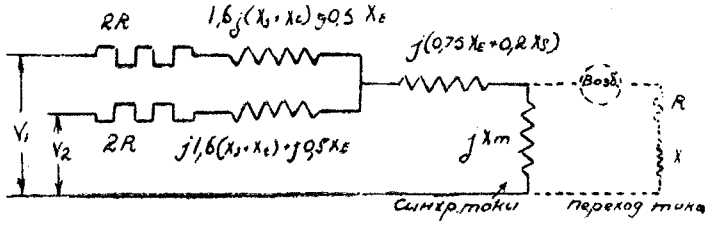


Рис. 44

нием через реакторы и снижает требования к аппаратуре, поскольку двухобмоточные генераторы снижают размеры аварии в большей степени, чем реакторы.

Подразделение генератора на две самостоятельные обмотки уменьшает в 2 раза номинальный ток коммутационной аппаратуры и позволяет применять для станции с мощными агрегатами „нормальные" типы аппаратуры.

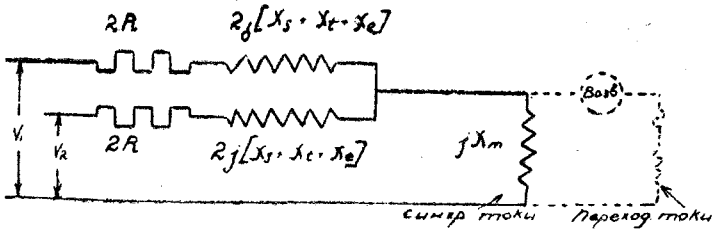


Рис. 45

Схема рис. 38 при достаточно высоком „сквозном" реактансе (throug reactance), т. е. реактанце между секциями на пути аварийного тока, возникающим при переходе энергии от одной секции к другой через двухобмоточный генератор, как

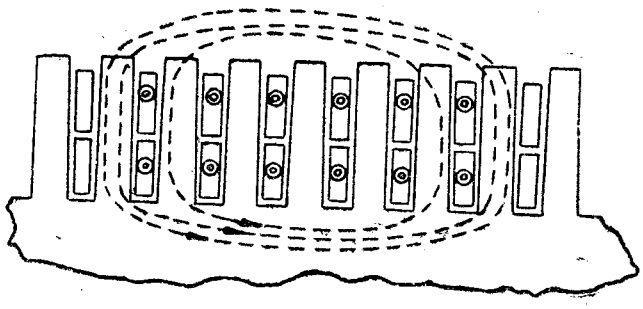


Рис. 46

уже указывалось, анологичен реактанцу трансформатора с коэфициентом трансформации 1 : 1, позволяет совершенно исключить из схемы генераторные и секционные реакторы. Если

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

же применение генераторных реакторов все же будет необходимо, то их размеры будут ниже, чем в случае однообмоточных генераторов.

Обмотки двухобмоточных генераторов

Перейдем к более детальному ознакомлению с конструкцией двухобмоточных генератов, в первую очередь с конструкцией обмотки.

Конструкция обмоток двухобмоточных генераторов должна удовлетворять двум основным условиям.

1. Две цепи должны быть приспособлены к совершенно независимой работе до пределов мощности обмоток. При раздельной работе цепей с различной нагрузкой генератор не должен иметь магнитных небалансов, вызывающих вибрации и механические напряжения. Генератор при неравномерной нагрузке обмоток не должен иметь чрезмерных дополнительных потерь и ненормальных механических напряжений.

2. Магнитное сцепление двух цепей должно быть по возможности низким, чтобы генератор представлял для аварийного тока от одной секции к другой трансформатор с высоким реактанцом. Этот сквозной реактанц, ограничивающий аварийный ток, должен в возможно меньшей степени снижаться вследствие насыщения железа статора.

Первое условие полностью удовлетворяется обмоткой, у которой проводники обеих цепей равномерно распределены по окружности статора—так называемый тип обмотки с чередующимися пазами (рис. 39).

Конструкция обмотки с чередующимися пазами представляет собой последовательное чередование пазов двух цепей, причем в каждом пазу расположены проводники только одной обмотки. Проводники одной обмотки смещены относительно проводников другой обмотки на пазовое деление. Для того чтобы компенсировать вызываемый этим сдвиг вектора напряжения, пазы одной обмотки меняются местами с пазами другой через каждое полюсное деление, т. е. если пазы первой обмотки шли первыми под каким-то полюсом, то под следующим полюсом первым будет паз не первой, а второй обмотки. Вследствие равномерного распределения пазов обеих обмоток по периферии статора, этот тип обмотки позволяет в широких пределах изменять нагрузку любой из двух обмоток, не опасаясь каких-либо магнитных небалансов со всеми их последствиями, и пределы неравномерной загрузки цепей обусловливаются лишь пределами нагревания ротора. Генераторы с обмоткой этого типа допускают предельную нагрузку одной из обмоток (при второй холостой) до 60% полной мощности генератора.

Выполнение второго условия зависит от двух факторов: во-первых, от соотношения самоиндуктивных и взаимоиндуктивных элементов обмотки и, во-вторых, от влияния насыщения железа статора. Чем выше процент самоиндуктивных элементов обмотки и чем ниже влияние насыщения, тем выше сквозной реактанц. Обмотка с чередующимися пазами является с

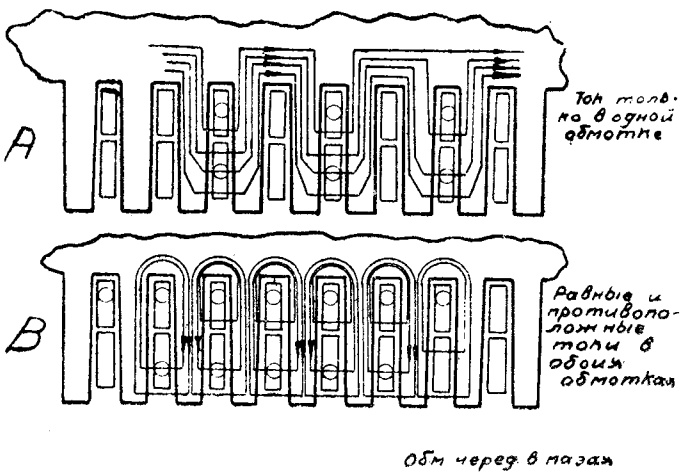


Рис. 47

этой точки зрения наиболее слабой. Процент взаимоиндуктивных элементов высок, потокосцепление лобовых частей надо признать полностью взаимоиндуктивным. Главное, при обмотке этого типа наиболее резко сказывается влияние насыщения, значительно снижающее сквозной реактанц генератора.

Другой совершенно противоположный тип обмотки имеет генератор, у которого проводники отдельных обмоток чередуются пофазно; эта обмотка, известная в литературе под названием „aternat poles winding, т. е. обмотка с чередующимися полюсами", хотя по существу каждая обмотка занимает не весь полюс, а только фазу внутри каждого полюса (рис. 40).

Эта обмотки имеет высокий сквозной реактанц, особенно при шаге в $^2/_3$, когда рассеяние обмотки целиком самоиндуктивно (влияние насыщения значительно меньше, чем при первом типе обмотки). Минусом является неприспособленность этого типа к значительным небалансам нагрузки отдельных обмоток. При неравномерной загрузке обмоток появляются

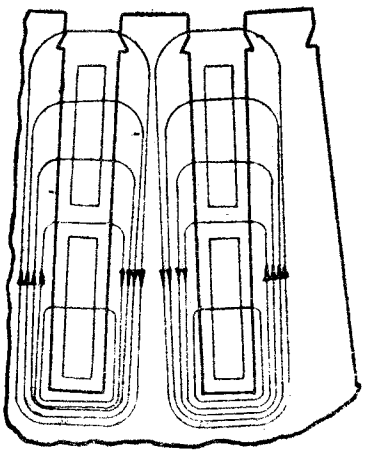


Рис. 48

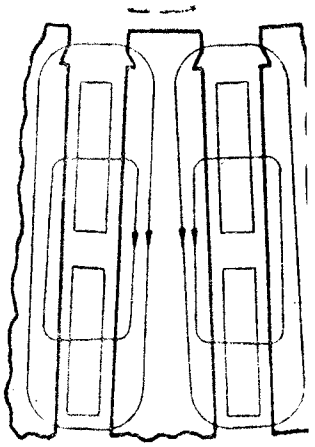


Рис. 49

магнитные небалансы, вызывающие чрезмерные дополнительные потери, появляются нежелательные механические напряжения.

Третий тип обмотки—промежуточный,—так называемая расщепленная зонная обмотка (элементы обеих обмоток чередуются не по пазам и не по фазам, а по группам пазов). Наибольшее применение получила обмотка с чередованием по половине фаз (рис. 41). Этот тип обмотки является промежуточным и по характеристикам.

Рис. 42 дает принципиальные схемы каждой обмотки.

Схемы замещения

Обычно синхронная машина представляется как трасформатор со следующими данными: первичной цепью является ротор, частота первичной цепи вследствие синхронной скорости ротора равна нулю, цепь статора является вторичной цепью.

Перенеся это изображение синхронной машины на двухобмоточный генератор, очевидно, что схема замещения двухобмоточного генератора будет аналогична схеме замещения трехобмоточного трансформатора. Схема замещения трехобмоточного трансформатора представляет собой звезду. Такой же звездой будет представлена схема замещения двухобмоточного генератора.

Один из лучей звезды включает импеданцы, присущие одной лишь обмотке статора, второй луч, характеризующий вторую обмотку, очевидно, будет совпадать по характеристикам с первым. Третий луч включает элементы, общие обеим цепям,

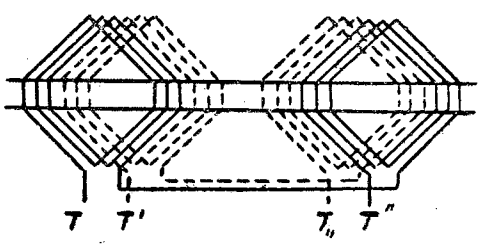


Рис. 50

а именно цепь ротора и взаимоиндуктивные элементы обеих обмоток.

Разберем схему замещения для одного типа обмоток—обмотки с чередующимися пазами (рис. 43). Сначала выясним характеристики каждой из обмоток. Все величины будем сравнивать с соответствующими значениями обмотки однообмоточного генератора той же номинальной мощности, напряжения и пр. Омическое сопротивление каждой из обмоток,

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

взятой в отдельности, вдвое больше омического сопротивления параллельно соединенных двух цепей однообмоточной машины той же мощности. Поток рассеяния паза одной из обмоток не связан с потоком второй из обмоток и, таким образом, является чисто самоиндуктивным. Реактанц рассеяния паза каждой обмотки вдвое больше реактанца рассеяния паза двух обмоток, соединенных параллельно. Поскольку ток концентрируется в половине суммарного числа пазов, индуктируемая током обмотки м. д. с. та же самая, что для парал-

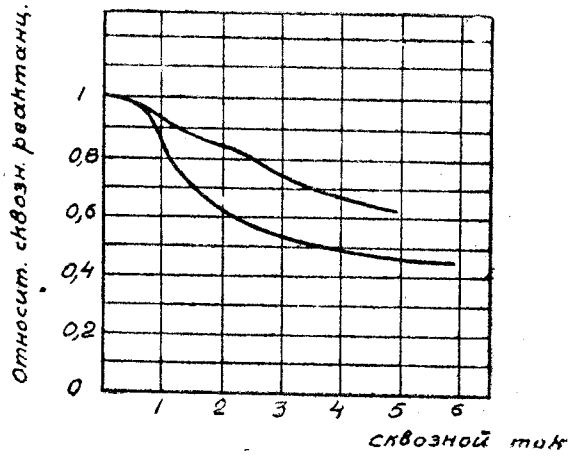


Рис. 51

лельного соединения обмоток, а магнитная проводимость пути потока равна только половине ее значения при параллельном соединении.

Для обмотки, чередующейся в пазах, поток рассеяния концов зубцов можно считать, во-первых, вполне самоиндуктивным и, во-вторых, что поток рассеяния концов зубцов одной из обмоток двухобмоточного генератора в два раза больше, чем в случае однообмоточного генератора той же мощности, у которого обе цепи соединены параллельно.

Вследствие малой величины рассеяния концов зубцов ошибка при таком определении невелика.

Поток рассеяния лобовых частей для обмотки, чередующейся в пазах, следует считать целиком взаимоиндуктивным, поскольку лобовые части обеих обмоток настолько близко прилегают друг к другу, что поток равномерно пронизывает обе обмотки, и выделить элемент самоиндукции практически не представляется возможным. По величине поток рассеяния лобовых частей, в случае двухобмоточного генератора тот же, что и для однообмоточного генератора. Поток рассеяния ротора также является общим для обеих обмоток.

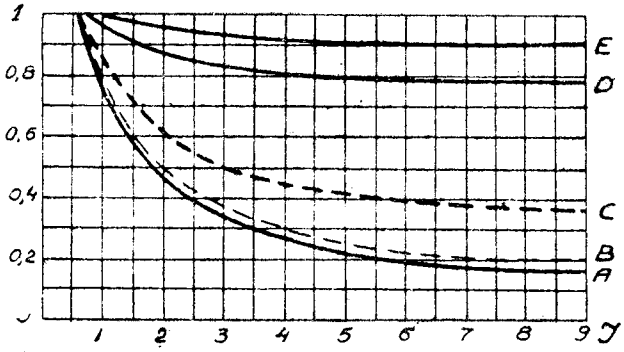


Рис. 52

На рис. 43 x_s представляет собой реактанц рассеяния паза параллельного однообмоточного генератора той же самой суммарной номинальной мощности. x_t—реактанц рассеяния концов зубцов, x_e— реактанц рассеяния лобовых частей, R—омическое сопротивление обмотки статора и x_m—реактанц рассеяния ротора. Все величины, как и x_s, относятся к нормальной однообмоточной машине.

Для двух обмоток, соединенных параллельно, эквивалентная звезда переходит в последовательное соединение $(x_m + x_e + x_s + x_t)$ для одной холостой обмотки, второй работающей, звезда переходит в $[x_m + x_e + 2\,(x_s + x_t)]$.

Для выполненных машин процентное значение реактанца обмотки примерно 14%, реактанц общей части—4—5—5,5% (Barton Savage). Значение реактанца в процентах относится к полной мощности генератора.

Для переходных режимов синхронный реактанц должен быть заменен мгновенным (subtransient) или переходным (transient), в зависимости от момента, для которого рассматривается режим.

Эта схема замещения дает только приближенное изображение двухобмоточного генератора. На самом деле физического соединения между двумя обмотками нет. При передаче мощности от одной обмотки к другой генератор аналогичен трансформатору. Схема же рис. 42 не учитывает намагничивающего тока и, таким образом, дает только приблизительное представление. Для стационарных режимов ошибка вследствие неучета намагничивающего тока—незначительна, но она может

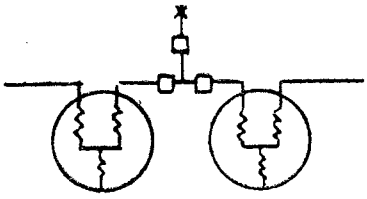


Рис. 53

достигнуть значительных размеров при переходных условиях. В результате расчетный „сквозной" реактанц оказывается несколько меньше действительного (около 0,91).

Схема замещения двухобмоточного генератора с расщепленной зоной обмотки в общем аналогична предыдущей схеме. В этом случае реактанц рассеяния паза самоиндуктивен не полностью, примерно на 80%, и реактанц рассеяния лобовых частей нельзя уже считать окончательно взаимоиндуктивным, а лишь на 75% (рис. 44).

Эти соотношения меняются в зависимости от характера обмотки, и для каждого отдельного случая должны быть пересчитаны. При обмотке с чередующимися полюсами и с шагом в $^2/_3$ все элементы x_s, x_t, x_e самоиндуктивны, и схема замещения принимает вид рис. 45.

Влияние насыщения

Как уже указывалось, выбор типа обмотки двухобмоточного генератора должен удовлетворять двум условиям: 1) возможность свободной произвольной загрузки обмоток без небалансов и опасных нарушений и 2) высокий сквозной реактанц.

Конструкция первых двухобмоточных турбогенераторов, удовлетворяя полностью первому условию, оказалась неспособной выполнить второе условие. Сквозной реактанс первых генераторов оказался настолько низким, что пришлось в цепь каждой обмотки включить дополнительные реакторы. Примером является станция East River в Нью-Йорке, установившая генератор в 160 000 kW, которая вынуждена была поставить дополнительные реакторы 10%. Это об'ясняется тем, что первоначально совершенно не придавали значения очень важному фактору, который действует весьма неблагоприятно, значительно снижая при аварийных токах сквозной реактанц. Этот фактор—насыщение железа зубцов статора.

Для примера возьмем обмотку с чередующимися пазами, у которой влияние насыщения сказывается наиболее резко. В нормальных условиях токи в обеих обмотках текут в одном и том же направлении, и картина распределения магнитных потоков аналогична таковой же для однообмоточного генератора (рис. 46). При работе одной лишь обмотки потокораспределение изменяется, уничтожения потока в зубцах внутри фазной зоны нет и картина потокораспределения будет таковой, как изображено на рис. 47.

При аварии токи в обеих обмотках текут в противоположном направлении. Таким образом потоки рассеяния, создаваемые проводниками соседних пазов, не вычитаются, как в случае одинакового напряжения токов, а складываются (рис. 47 в).

При аварии, когда сквозной ток через генератор достигает значительных размеров (4—5-кратный от нормального тока) величина потока через зубец увеличивается, вызывая насыщение железа зубца. Насыщение, влечет в свою очередь, резкое снижение реактанца рассеяния, в данном случае сквозного реактанца двухобмоточного генератора (рис. 48 и 49). Применение обмотки, чередующейся в пазах, дает наиболее сильное действие насыщения. Обмотка с чередующимися парами пазов дает несколько меньшее снижение реактанцов, но разница незначительна. Следующим шагом было увели-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

чение числа пазов в чередующихся группах, в результате чего мы имеем так называемую расщепленную зонную обмотку (рис. 50), где проводники каждой фазы разбиваются на 2 группы, соединенные последовательно.

В этом случае влияние насыщения сказывается меньше, насыщению подвергаются только крайние зубцы, разделяющие соседние зоны; ток последних сдвинут друг относительно друга по фазе и, таким образом, уменьшается составляющая тока, вызывающая насыщение, и наконец, поток рассеяния пересекает все зубцы фазовой зоны так, что отношение длины пути в железе к длине пути магнитного потока в воздухе уменьшается. Лучшие результаты дает применение так называемой обмотки с чередующимися полосами, у которой последовательно чередуются фазовые группы обеих обмоток (рис. 40). Если применить обмотку с укороченным шагом в $^2/_3$ устранив укладку проводников разноименных обмоток в одних и тех же пазах, реактанц рассеяния паза каждой обмотки становится полностью самоиндуктивным, и в аварийных условиях сквозной реактанс будет наибольшим при обмотке этого типа.

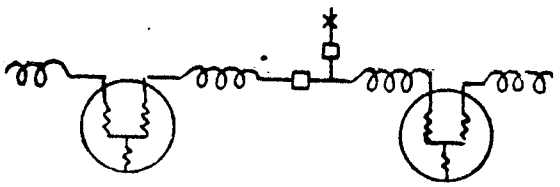


Рис. 54

Влияние насыщения на сквозной реактанц видно из рис. 51. Значение сквозного реактанца подсчитано для двухобмоточного генератора 100 000 kVA, 1 800 об/мин: 1 случай—чередующаяся в пазах обмотка—ненасыщенный сквозной реактанц равен 0,25; второй случай—расщепленная зонная обмотка, ненасыщенный сквозной реактанц равен 0,243.

Kilgore предложил ввести так называемый коэффициент насыщения, характеризующий насыщение сквозного реактанца двухобмоточного генератора.

Рис. 52 дает кривые для K в зависимости от сквозного тока для разного типа обмоток.

Сравним для примера значение K для обмоток разного тока при трехкратном сквозном токе:

Обмотка, чередующаяся в пазах	0,34
Чередующиеся пары пазов	0,37
Расщепленная зонная обмотка	0,51
Чередующиеся последовательно полюса	0,84

Были проделаны сравнительные подсчеты, приводимые Kilgor'om и Rower'om, которые дают количественную оценку различных типов обмоток (см. табл. 4).

Мгновенный реактанц генераторов с чередующимися последовательно полюсами—15%. Мгновенный сквозной реактанц при ненасыщенном железе—53,2%. Для генераторов с чередующимися пазами или группами пазов мгновенный реактанц—15% и мгновенный сквозной реактанц—50%.

Реакторы добавлены для того, чтобы получить одинаковые исходные условия. Обратное питание не рассматривается.

Из таблицы видно, что генератор с обмоткой типа последовательно чередующихся полюсов имеет с точки зрения коротких замыканий значительные преимущества. Этот тип генератора дает снижение аварии и ее локализацию, не требуя дополнительных генераторных реакторов, упрощает конструкцию распределительного устройства и снижает стоимость установки.

Из вышеизложенного ясно значение фактора насыщения. При выборе типа конструкции обмотки двухобмоточного генератора, фактор насыщения должен быть учтен и тип обмотки должен быть выбран наилучший с точки зрения коротких замыканий, который гарантирует наименьшее нарушение режима работы станции и наименьшие размеры аварии и который требует минимальных размеров генераторных реакторов, а в лучшем случае позволяет обходиться и без них.

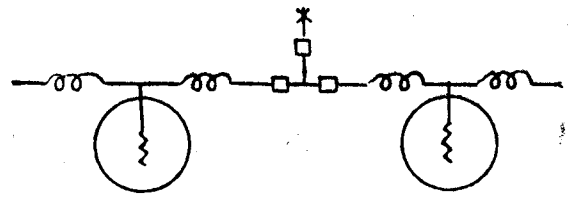


Рис. 55

Регулировка

Применение двухобмоточных генераторов сопровождается еще большими потерями в гибкости системы, чем при секционировании через реакторы. Регулирование напряжение секций при двухобмоточных генераторах затрудняется тем, что генератор включен в рассечку двух секций и всякое изменение возбуждения отзывается как на одной, так и на другой секции. Вследствие этого затрудняется передача энергии от одной секции к другой. Некоторая возможность передачи все же имеется, регулируя возбуждение машин соседних секций.

В американской литературе есть указания о применении специальных регулировочных трансформаторов между секциями, но ни данных для них, ни указаний на их установку нет. Следует лишь отметить, что сама установка регулировочного трансформатора, шунтирующего сквозной реактанц генератора активных противоречит принципиальной установке, положенной в основу конструкции двухобмоточного генератора (рис. 56).

Вопросы регулировки двухобмоточных генераторов, распределение активных и реактивных мощностей между машинами, вопросы регулирования напряжений совершенно не разработаны и требуют детального изучения.

Таблица 4

Трехфазное короткое на шинах секции

Система	Однолинейная схема	Ток к. з. и разрывная мощность: Мгновенный симметричный	Через 0,1 секц.	Установивш.	% напряжение на шинах соседней секции 1: 0	0,1	Уст.	2: 0	0,1	Уст.	3: 0	0,1	Уст.
Двухобмот. генер. черед. полюса без реакторов	Рис. 53	35 000 A 1 310 000 kV	43 000 A 1 030 000 kV	24 700 A 590 000 kV	91,4 —	80 —	59 —	99 —	96,5 —	84 —	1 000 —	100 —	93,3 —
Двухобмот. генер. черед. группы пазов 6,2% реактора	Рис. 54	55 000 A 1 310 000 kV	41 600 A 995 000 kV	25 000 A 5 970 000 kV	86 —	75 —	57 —	98,5 —	96,5 —	81 —	100 —	100 —	94,7 —
Двухобмот. генер. черед. в пазах обм. 9,25% реактора	Рис. 55	55 000 A 1 310 000 kV	42 100 A 1 010 000 kV	25 600 A 615 000 kV	82,5 —	71 —	53 —	99 —	95,5 —	81,4 —	100 —	99,5 —	91,5 —
Стандартные однообмот. генер. 15% реактора	Рис. 55	55 000 A 1 310 000 kV	476 000 A 1 140 000 kV	29 000 A 694 000 kV	70 —	67,3 —	50,5 —	92 —	86 —	68,5 —	96,5 —	92,5 —	83 —
Двухобмот. генер. черед. паз без реакторов	Рис. 53	97 000 A 2 320 000 kV	— —	— —	— 54	— —	— —	— 1,2	— —	— —	— 100	— —	— —

Примечание. В расчет введены 7 генераторов по 150 000 kVA, 13 800 V.
Короткое при полной нагрузке.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Одной из возможностей перераспределения мощностей между секциями является неравномерная нагрузка обмотки генератора.

Конструкция генератора допускает максимальную нагрузку одной из обмоток при другой разомкнутой, в 60% от суммарной мощности генератора. Таким образом максимальная мощность секции равна 120% полной мощности двухобмоточного генератора. 160 000 kW генератор станции East River работал с отдаваемой мощностью одной обмотки—90 000 kW и мощностью другой обмотки 30 000 kW. Этот же генератор нес нагрузку одной обмотки 80 000 kW с другой обмоткой ненагруженной.

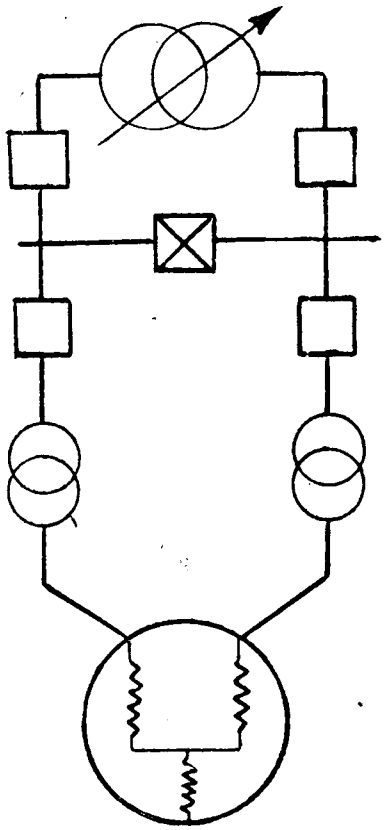


Рис. 56

Неравномерная нагрузка обмоток вызывает дополнительные потери и механические напряжения в лобовых частях обмотки.

Размеры потерь и напряжений зависят от типа обмотки. Сравнение различных типов обмоток указывает на преимущества с точки зрения неравномерной нагрузки обмотки с чередующимися пазами. Вследствие равномерного распределения по периферии статора проводников обеих обмоток магнитные небалансы в этом случае минимальны.

Наиболее неудовлетворительный тип—последовательно чередующиеся полюса. В этом случае дополнительные потери и механические напряжения максимальны.

Кривые рис. 57 дают относительные значения добавочных потерь для различных типов двухобмоточных генераторов, причем одна из обмоток нагружена, вторая разомкнута.

За единицу добавочных потерь принято значение добавочных потерь для каждого тока при полной нагрузке и равных токах в обеих обмотках.

Кривые обозначают следующее: кривая *а*—модель двухобмоточного генератора с чередующимися пазами; кривая *в*—модель двухобмоточного генератора с расщепленной зонной

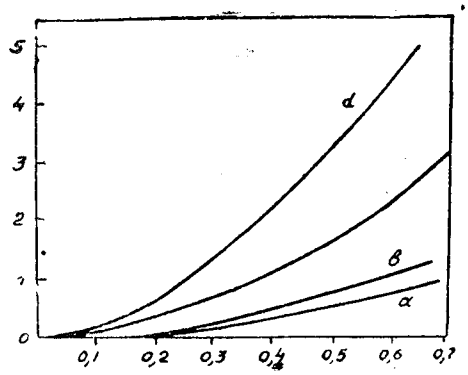


Рис. 57

обмоткой; кривая *с*—синхронный мотор с обмоткой типа чередующихся полюсов 350 л. с., шаг 0,8; ротор имеет беличью медную клетку; кривая *d*—двухобмоточный турбогенератор с обмоткой типа последовательно чередующихся полюсов 1 875 kVA, шаг 0,8. Сравнение магнитных сил на лобовых частях обмотки дает табл. 5. Сравнение производится для обмоток различного типа с 6 пазами на полюс на фазу. За единицу принято магнитные силы однообмоточного нормального генератора.

Таблица 5

Типы обмотки	Относител. магнит. силы на лобовых част. обмотки	
	Только одна обмотка нагружена	Обмотки несут равные и противоположные токи
Нормал. однообмоточ. генератор	1,0	—
Генератор при токе 0,7	0,5	0,5
Чередующиеся полюса	0,95	1,25
Чередующиеся пазы	0,4	0,95
Расщепленная зонная обмотка	0,6	1,1

При меньших небалансах, чем принятые при недочетах 0,6 нагрузки одной обмотки, нуль другой потери и механические усилия снижаются. Вопрос о размере небаланса мощностей

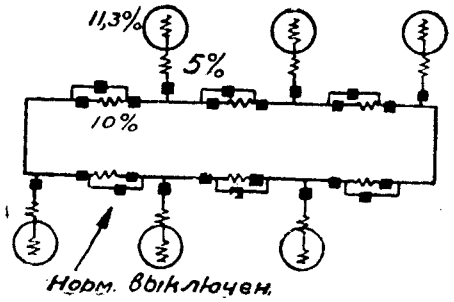


Рис. 58

секций, на который должен рассчитываться генератор, нельзя считать разрешенным. Инженеры GEC, считают, что необходимо рассчитывать генератор на максимальное значение небаланса (1-я обмотка 60%, 2-я нуль), в то время как Westingouse считает достаточным учитывать нормальный для эксплоатации станций небаланс в 20—30% (максимальное значение) с средним небалансом в 15%.

Для крупных столичных и промышленных станций, распределяющих энергию на генераторном напряжении, характерно значительное количество фидеров. Для этих станций небаланс нагрузки секций может быть значительно снижен перераспределением фидеров при соответственно гибком устройстве шин.

Для районных станций с небольшим количеством мощных фидеров, очевидно, размеры небаланса могут быть более значительными.

Сравнение двухобмоточных и однообмоточных генераторов

Преимущество применения на больших станциях двухобмоточных генераторов лучше всего выявить на сравнении схем станций с однообмоточным генератором со схемами, имеющими двухобмоточные генераторы. Сравнение имеет целью выявить аварийный режим данной схемы, требования аппаратуры,

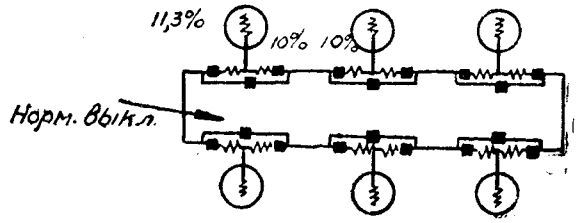


Рис. 59

ее количество. Сравнительный подсчет, приводимый ниже, заимствован из статьи Algera и др. в № 1 Transaction AIEE 1930 г. Сравниваются 5 схем: 1) стандартная кольцевая шина, секционированная 10% реактором. Генераторы стандартные однообмоточные (рис. 58); 2) кольцевая шина, использующая генераторные реакторы также в качестве секционных. Реактор 10%.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Генераторы стандартные однообмоточные (рис. 59); 3) то же, но с расщепленной зонной обмоткой (рис. 60); 4) кольцевая шина с двухобмоточным генератором: обмотка—чередующиеся пазы; 5) схема Скота (Star bus system) с однообмоточными генераторами; реактор 10% (рис. 61); 6) схема Скотта с двухобмоточными генераторами. Обмотки—типа расщепленной зонной обмотки. Реактор 20% (рис. 62).

Генераторы каждой схемы имеют следующие данные: мощность 150 000 kVA, 13 8000 V, тип АТВ—4—1 800 об/мин. $\cos\varphi = 0{,}85$, рабочий ток—6 280 А.

Единичный мгновенный реактанц двух обмоток, соединенных параллельно, равен 0,113, из которых 0,043 для случая обмотки с чередующимися пазамм являются взаимными. Обратное питание в расчете не учитывалось. Результаты подсчетов представлены в табл. 6.

Первые пять пунктов таблицы предполагают неограниченную амперную мощность (рабочий ток) масляных выключателей. Но для первых 3 схем требуются выключатели с током в 6 300 А. Как уже указывалось выше, стандартное максимальное знаечние номинального тока—4 000, а достигнутый максимум рвзрывной мощности равен 2 000 000 kVA. Поэтому приходится ограничить силу тока генератора. Следующие 8 пунктов говорят о требуемой для этого аппаратуре.

Схема 1—стандартная кольцевая шина. Наиболее часто употребляемая схема, которая вполне удовлетворительно служит для станций средней мощности. При таких крупных единицах, как 150 000 kVA эта схема становится уже недостаточной. Мгновенная симметрическая мощность короткого замыкания равны почти 2 500 000 kVA. Нормальный рабочий ток равен 6 300 А, что выше возможностей стандартной аппаратуры и, кроме того, при этой системе напряжение соседних секций падает до наиболее низких пределов.

Схема 2—генераторные реакторы—служат одновременно в качестве сеакционных, номинальный ток реактивов и выключателей при нормальном режиме равен 3 150, но при аварии опять возникают требования, превышающие возможность аппаратуры, т. е. необходим полный ток 6 300 А. По характеристикам схема 2 является промежуточной между схемой 1 и 3.

Схема 3 и 3а—двухобмоточные генераторы с обмоткой чередующейся в пазах (схема 3) и расщепленной зонной обмоткой (схема 3 а). Последовательно с каждой обмоткой включены 10% реакторы, но так как ток обмотки равен только 0,5 номинального тока генератора в 150 000 kVA, то падение напряжения в реакторе равно лишь 5%.

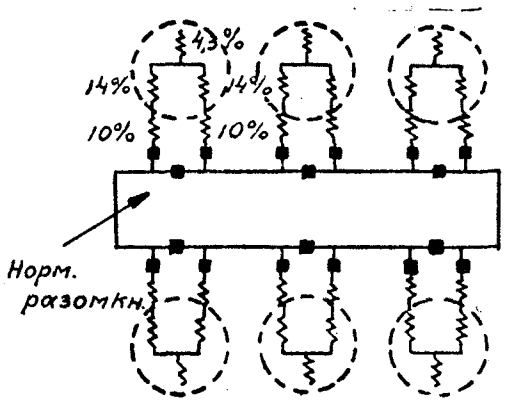


Рис. 60

При расчете аварийных токов учитывалось снижение сквозного реактанца вследствие насыщения. Коэфициент насыщения для схемы 3 для первого мгновения принимался равным 0,57, и для установившегося режима короткого замыкания равным 0,70. Увеличение К об'ясняется спадом тока короткого замыкания. Для схемы 3 а коэфициент насыщения для первого мгновения принят равным 0,85, и для установившегося режима 0,90. Как уже указывалось, минусом этой системы является ограничение в передаваемой вдоль шин мощности. Однако, поскольку ток может быть расщеплен между обмотками в от-

Таблица 6

Трехфазное короткое замыкание на шинах секции станций (рис. 18—22)

Все выключатели и реакторы даны на генератор для двойной системы шин

Генераторы типа АТВ-4 150 000 kVA, 1 800 об/мин, 13 800 V 60 пер/сек, $\cos\varphi = 0{,}85$

Рабочий ток 6 280 А

	Схема I	Схема II	Схема III	Схема IIIa	Схема IV	Схема V
1. Предел передачи мощности в kVA вдоль шин	150 000	75 000	15 000	15 000	15 000	75 000
2. Число выключателей на генератор	8	6	6	6	6	10
3. Номинальный ток масляных выключателей	6 300	6 300	4 000	4 000	6 300	4 000
4. Число требующихся реакторов	3	2	2	2	2	4
5. Мощность реакторов	6 300	6 300	4 000	4 000	6 300	4 000
Предпочитаемое устройство, ограничивающее мощность всех реакторов и выключателей до 4 000 А (§ 6, 7, 8)						
6. Число требуемых выключателей	16	12	6	6	12	10
7. Число требуемых реакторов	6	4	2	2	4	4
8. Предел передачи мощности в kVA вдоль шин	95 000	20 000	15 000	—	—	—
9. Число выключателей на генератор	10	6	6	6	—	—
10. Номинальный ток выключателей	4 000	4 000	4 000	4 000	—	—
11. Число требуемых реакторов	4	2	2	2	—	—
12. Мощность реакторов	4 000	4 000	4 000	4 000	—	—
13. Мгновенное симметричн. kVA к. з.	2 470 000	1 660 000	1 370 000	1 216 000	1 900 000	1 200 000
14. Установившаяся мощность к. з.	985 000	780 000	58 000	560 000	830 000	660 000
15. Мгновен. ср. квадр. симметр. ток к. з.	103 000	69 500	57 000	51 000	79 500	50 000
16. Установившийся ток к. з.	41 200	32 600	24 300	23 000	34 800	37 700
17. % мгновенного напряжения соседней с аварийной секции шин	51	71	89	92	78	88
18. То же для 2-й от места аварии секции	74	91	99	99	—	—
19. То же для 3-й от места аварии секции	80	96	98	99	—	—
20. То же для синхронизации шин	—	—	—	—	65	80
21. %% установл. напряж. соседней с аварией секции	25	40	54	58	48	60
22. То же для 2-й секции	39	59	79	81	—	—
23. То же для 3-й секции	43	65	86	87	—	—
24. Тоже для синхронизационной шины	—	—	—	—	40	54
25. Мгновенное симметр. kWA при аварии на синхр. шине	—	—	—	—	3 420 000	3 420 000
26. Установившиеся kWA	—	—	—	—	1 200 000	1 200 000
27. Мгновенный средний квадрат симметричного тока к. з. при аварии на синхр. шин.	—	—	—	—	143 000	140 000
28. Установившийся ток к. з. при авар. на синхр. шин.	—	—	—	—	50 000	50 000

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ношении 45:55, то имеется дополнительная мощность на секции в размере 30 000 kVA, т. е. 20% мощность генератора.

Каждая обмотка может быть нагружена на 60% полной генераторной мощности, однако суммарная мощность генератора при этом будет примерно 75% номинала. Таким образом мы имеем для 2-й схемы—20000 (при выключателях 4000 А), и для 3 схемы—15000—величины вполне сравнимые. Требуемая коммутационная аппаратура менее дорога, чем оборудование первых 2 схем.

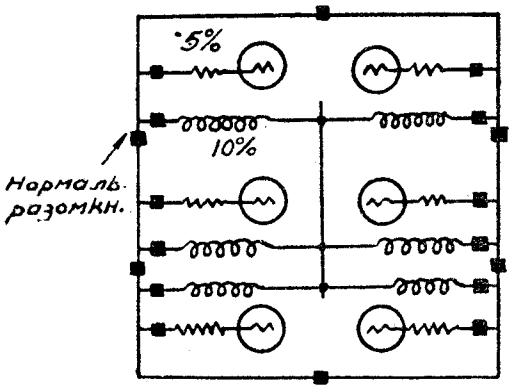


Рис. 61

Оборудование на генератор. Двойная система шин

	Масляный выключатель 4 000 А		Реакторы 4 000 А
Схема	Число	Разрывная мощность	Число
1-я схема . .	10	1 500 тыс.—600 тыс.	4
2-я „ . .	6	2 000 „ 800 „	2
3-я „ . . .	6	2 500 „ 1 000 „	2

Примечание. Первая цифра—разрывная мощность при мгновенном выключении, вторая — выключение установившегося тока.

Схема с двухобмоточными генераторами дает заметное увеличение надежности системы. Напряжение секций, соседних с аварийной, значительно выше при двухобмоточных генераторах.

Возьмем, например, напряжение 3-й секции при установившемся коротком замыкании: схема 3а—87%, напряжения. Схема 3—86%, схема 2—65% и схема 1—43% напряжения.

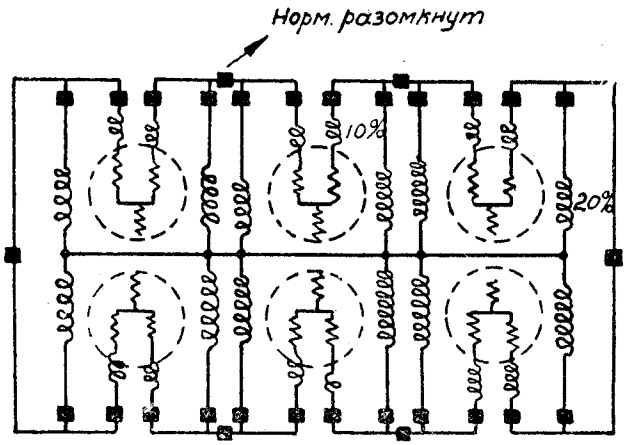


Рис. 62

Аналогичная зависимость имеется и для других секций как в первое мгновенье, так и при установившемся коротком.

Таким образом налицо локализация аварии, имеется значительная синхронизационная мощность между системой и второй обмоткой аварийного генератора соединенной с соседней секцией. Действительно, в схеме 3 а остаточное напряжение соседней с аварийной секции равно 58%, в то время как для 1 случая—25%, т. е. неминуемо выпадение из синхронизма, тем более, что и размеры нарушения режима выше. Меньшее

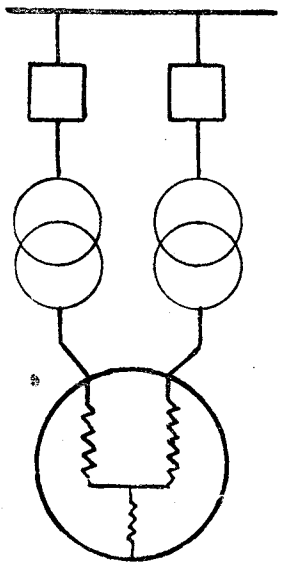


Рис. 63

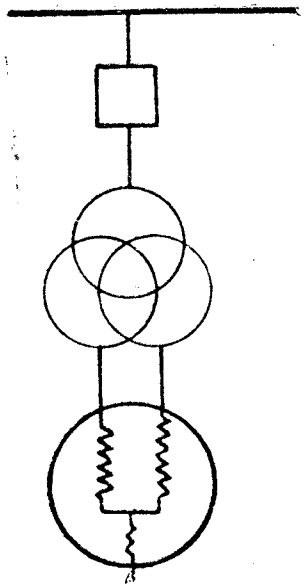


Рис. 64

падение напряжения секции при аварии влечет за собой меньший сброс нагрузки и тем самым меньшее нарушение в системе.

Итак, несомненно, что двухобмоточные генераторы снижают размеры аварий и уменьшают пределы ее распространения.

4 и 5 схемы. В этих схемах количество аппаратуры почти одинаково, но требования к ней при схеме 5 (двухобмоточные генераторы) значительно ниже. Разрывная мощность выключателей для схемы 5 приблизительно на 1/3 меньше схемы 4. Как и для предыдущего случая, схема 5 дает более высокие напряжения секций.

В обоих случаях короткое замыкание на синхронизирующей шине вызывает наиболее тяжелые последствия и имеет притом выпадение всей станции. В этом отношении между схемами никакой разницы нет.

Следует отметить, что все описанные преимущества двухобмоточных генераторов сохраняются и при синхронизации на нагрузке.

Применение двухобмоточных генераторов на районных станциях

Опыта работы двухобмоточных генераторов на напряжении выше генераторного нет. Все известные в литературе станции с двухобмоточным генератором распределяют энергию на генераторном напряжении. В условиях строительства крупных районных станций у нас в Союзе мы будем применять на них двухобмоточные генераторы.

В качестве повысительных трансформаторов возможно применение двухобмоточных трансформаторов (индивидуальный трансформатор на каждую обмотку, (рис. 63). Далее, могут быть применены трехобмоточные трансформаторы (рис. 64). Очевидно, что такая схема может иметь место при повышении на 220,380 kV, т. е. при более высоком напряжении. В этом случае параметры аппаратуры (рабочий ток) допустят применение одного комплекта аппаратов на генератор вместо двух. Наконец, возможна схема рис. 65 (четырехобмоточный трансформатор). Вопрос о конструкции четырехобмоточных трансформаторов для генераторов с двумя обмотками тоже совер-

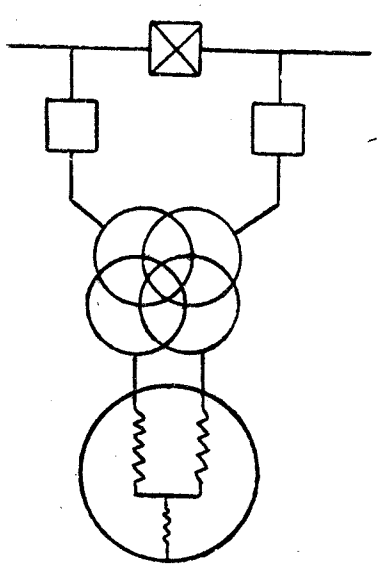


Рис. 65

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

шенно не разработан. Здесь сталкиваемся с теми же вопросами—требование высокого сквозного реактанца и, как следствие, уменьшение гибкости в работе. На районной же станции гибкость требуется значительно большая, чем в случае промышленной или столичной электростанции—число фидеров ограничено, возможны значительные небалансы, переброска фидеров значительно труднее, а подчас и невозможна. Вероятно здесь придется больше считаться с гибкостью, и возможно за счет сквозного реактанца. Тогда потребуются дополнительные меры для снижения размеров аварий, тем более что мощность районной станции будет значительно больше мощности теплоцентрали, например; Челябинск, Кемеровская, Кузнецкая и т. д.

Особо стоит вопрос, также совершенно не разработанный, о применении двух обмоток к гидрогенераторам.

Все эти вопросы нуждаются в детальном и срочном изучении диктуемом темпами и потребностями электрификации Советского союза.

Устойчивость двухобмоточных генераторов

Устойчивость двухобмоточных генераторов—область совершенно не изученная. По этому вопросу имеются пока что соображения общего порядка. При сравнении со схемами, применяющими синхронизацию через реакторы, двухобмоточные генераторы имеют преимущества.

Отдельные генераторы и отдельные обмотки при соединении по схеме рис. 39 совершенно не имеют углового расхождения между векторами э. д. с. Действительно, э. д. с. двух обмоток одного и того же генератора находятся в фазе, поскольку они имеют общий ротор и смонтированы на одном и том же статоре. Соседние обмотки двух разных генераторов присоединены к одной и той же секции без промежуточного реактанца и, следовательно, также находятся в фазе. Таким образом станция представляет сплошное кольцо генераторов, синхронизированных непосредственно, и векторы всех э. д. с. находятся в фазе. Эта непосредственная синхронизация все же не противоречит требованиям ограничения аварийных токов, что выяснилось выше.

Несомненно, что в установившихся (статических) условиях налицо преимущества двухобмоточных генераторов перед схемами с реакторами. Совершенно неясны вопросы устойчивости двухобмоточных генераторов в динамических (переходных) условиях, т. е. основные характеристики устойчивости.

Какое влияние окажет на устойчивость генераторов сквозной поток аварийной мощности? Какое влияние будет оказывать насыщение, которое для обычных генераторов по современной теории устойчивости в расчет не принимается, каковы характеристики устойчивости двухобмоточных генераторов при работе с длинными линиями и т. д.—все эти основные вопросы до сих пор еще совершенно не исследованы.

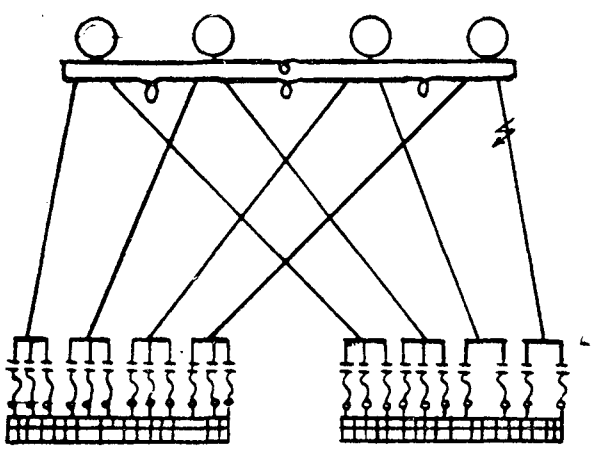


Рис. 66

Опытных данных как лабораторных или заводских испытаний, так и данных эксплоатации также совершенно нет. Как уже указывалось, данных об установке двухобмоточных генераторов, падающих на высоковольтную сеть, нет. Известные нам машины установлены с точки зрения устойчивости в весьма благоприятных условиях. Например., известный 16) 000 генератор станции East River питает радиальные фидера с конверторами—комбинация, которая имеет достаточно устойчивые характеристики. Задачей наших исследовательских институтов и испытательных станций является всестороннее изучение устойчивости двухобмоточных генераторов. Делать же какие-либо окончательные выводы о характеристиках устойчивости двухобмоточных генераторов сейчас не представляется возможным.

Заключение

Двухобмоточная конструкция мощных генераторов мощностью порядка 75—100 MΩW и свыше имеет ряд крупных преимуществ, а именно:

1) Применение двухобмоточных генераторов позволяет секционировать шины электростанции, причем, несмотря на высокий сквозной реактанц между секциями, синхронизация машин производится непосредственно без расхождения векторов э. д. с. по фазе.

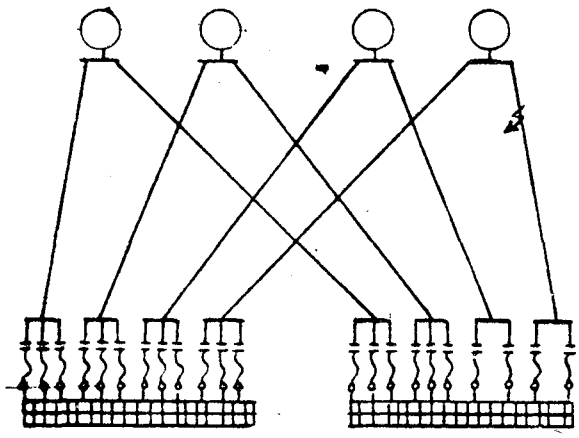


Рис. 67

2) Двухобмоточные генераторы в значительной мере ограничивают ток короткого замыкания при коротком на шинах станции.

3) Высокий сквозной реактанц двухобмоточных генераторов имеет результатом активную локализацию аварии и меньший сброс мощности при аваривх.

4) Секционирование станции при применении двухобмоточных генераторов при той же мощности станции, требует меньшего количества коммутационной аппаратуры.

5) При той же суммарной мощности агрегата рабочий ток аппаратов снижается вдвое, уменьшаются размеры и стоимость аппаратуры, уменьшаются размеры зданий распределительных устройств.

6) Из'ятие из схемы реакторов—генераторных и секционных. При сохранении генераторных реакторов (при двухобмоточных генераторах с сравнительно низким сквозным реактанцем) размеры реакторов снижаются.

7) Уменьшение номинального тока и разрывной мощности выключателей.

8) Возможность сохранения 60% мощности генератора в эксплоатации при замыкании на корпус одной из обмоток. Через выключенную поврежденную обмотку в этом случае течет лишь незначительный емкостный ток. Генератор может быть остановлен для ремонта тогда, когда это возможно по эксплоатационным условиям.

9) При расширении существующих систем, возможно увеличение мощности системы без смены оборудования

На ряду с этими достоинствами двухобмоточные генераторы имеют ряд минусов, на устранение которых должно быть обращено внимание технической мысли, а именно:

1) При двухобмоточных генераторах уменьшается гибкость работы, станции затрудняется и ограничивается переброска мощности с одной секции шин на другую.

2) Более сильное, чем при однообмоточных генераторах, влияние насыщения, уменьшающее сквозной реактанс.

3) Двухобмоточные генераторы, конструкция которых несколько устраняет влияние насыщения, не выносят неравномерной нагрузки обмоток. Появление небаланса тех или иных размеров (в зависимости от типа) вызывает механическое напряжение, вибрации и чрезмерные дополнительные потери. Это обстоятельство в свою очередь вызывает дальнейшее уменьшение в гибкости.

4) Регулировка напряжения отдельных секций не может уже производиться для каждой секции самостоятельно, поскольку генератор включается на стыке двух секций.

5) Вопрос о применении двухобмоточных генераторов на крупных электростанциях Союза бесспорен. На наших крупных станциях применение большего количества мелких агрегатов

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

становится технической и экономической бессмыслицей. Бесспорно, что на наших районных станциях мы должны будем устанавливать крупные агрегаты. Производственные планы Харьковского и Уральского заводов свидетельствуют о твердом курсе на мощные агрегаты. Двухобмоточные генераторы найдут свое применение также на крупных теплоэлектроцентралях, распределяющих энергию на генераторном напряжении, причем двухобмоточные генераторы могут быть включены в любую стандартную схему. Работы по созданию теплофикационной турбины значительной мощности подтверждают целесообразность применения крупных агрегатов на теплоэлектроцентралях.

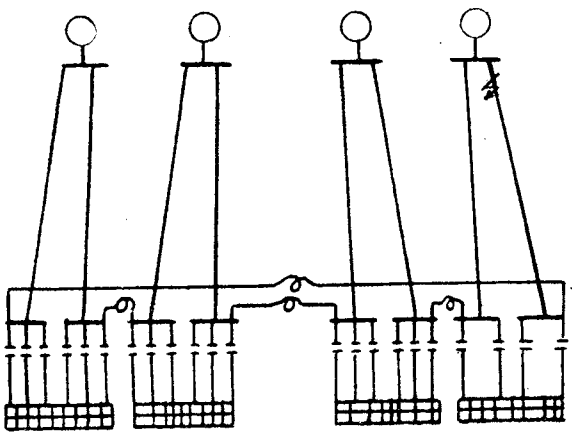


Рис. 68

Синхронизация на нагрузке

Одним из путей секционирования мощных систем является так называемая синхронизация на нагрузке. Система синхронизации на нагрузке появилась 2—3 года назад в Америке, где она применяется в мощных городских кабельных сетях (Нью-Йорк). В основном она представляет развитие идеи секционирования. Синхронизация генераторов одной станции осуществляется не на шинах станции, а на шинах подстанции (высоковольтных или чаще низковольтных) или даже непосредственно на низковольтной сети 220—120 V.

Рис. 66 представляет схему одной из станций системы. Схема станции—обычное секционированное кольцо. От каждой секции кольца отходят фидера, питающие распределительную сеть. Если же мы удалим секционные реакторы, то шины станции распадутся на ряд отрезков и синхронизация станции будет возможна только через распределительную сеть (рис. 17). Генераторы будут „синхронизированы на распределительной сети".

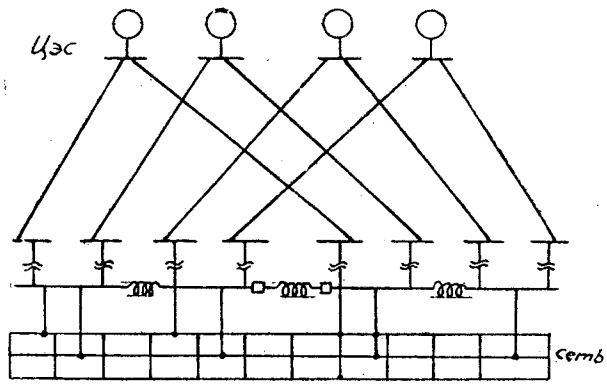


Рис. 69

Рис. 68 изображает ту же станцию, но синхронизированную на высоковольтной стороне понизительных трансформаторов. Здесь все же приходится синхронизировать не непосредственно а через реакторы. И наконец, рис. 69 дает синхронизацию на высоковольтных шинах понизительной подстанции.

Что дает „синхронизация на нагрузке"?

Наиболее тяжелой аварией для системы (рис. 69) является короткое замыкание на шинах станции. При синхронизации на нагрузке (рис. 2) только один генератор работает непосредственно на короткое замыкание, все остальные питают короткое замыкание через трансформаторы и распределительную сеть, т. е. через значительный реактанс. В результате получается снижение размеров аварии и более высокое локализующее действие.

Таким образом короткое на шинах станции по размерам приближается к короткому замыканию в распределительной сети. С точки зрения устойчивости, к системе синхронизации на нагрузке относится все то, что указывалось для схем с реакторами, т. е. налицо действие двух противоположных факторов: 1) ослабление связей между машинами и 2) уменьшение размеров аварии.

Испытания существующей системы, синхронизированной на нагрузке (Нью-йоркская 60-периодная сеть) показали, что при коротком в распределительной сети и при коротком на фидере генераторной станции за фидерным реактором система остается в синхронизме. Короткое же на шинах одной из секций означает потерю только одного генератора, присоединенного к данной секции, остальная система остается в синхронизме.

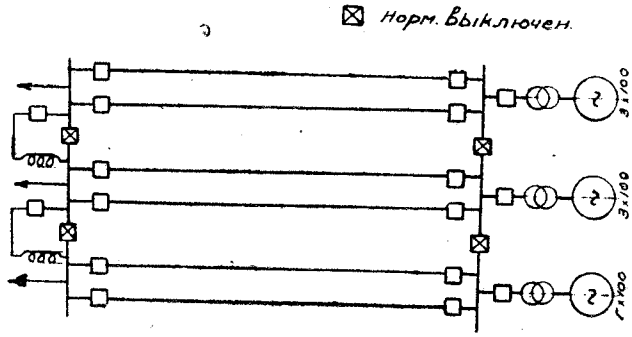


Рис. 70

Если на генераторном напряжении система синхронизации на нагрузке осуществлена (Нью-Йорк) и о ней имеется некоторая литература (правда весьма скудная), то о синхронизации на нагрузке районных станций нет ничего ни в литературе ни в действительности. Это ясно, поскольку масштаб капиталистического энергетического хозяйства не достигает пределов, которые требовали бы осуществления „синхронизации на нагрузке" районных станций. Так как вопрос о синхронизации на нагрузке районных станций не разработан капиталистической техникой и не разработан пока советской техникой можно высказать лишь несколько ориентировочных соображений, в порядке постановки вопроса.

Схема синхронизации на нагрузке будет иметь место при передаче энергии мощных и сверхмощных гидравлических и конденсационных станций к крупным энергетическим узлам (например, при передаче энергии с Енисейских гидростанций в Кемерово, Кузнецк или Минусинск) также возможно, что отдельные секции Волжской гидростанции необходимо будет синхронизировать на нагрузке и т. п.

Для районных станций возможны будут следующие схемы синхронизации на нагрузке:

1. Синхронизация на высоковольтной стороне понизительной подстанции допустим, что энергии станции передается на одну подстанцию—рис. 70). Авария на синхронизационных шинах, т. е. на шинах подстанции ограничивается реактанцом генераторов повысительных трансформаторов линий передач и реакторов или бустеров, секционирующих (если это необходимо) шины высокого напряжения понизительной подстанции (рис.70).

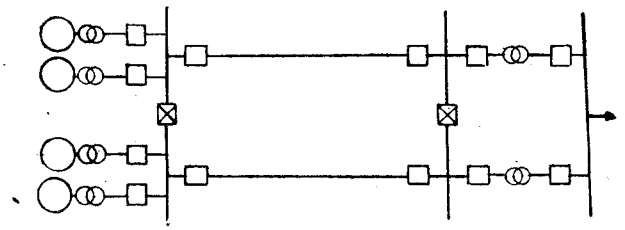


Рис. 71

2. Синхронизация на низковольтной стороне понизительной подстанции (рис. 71). Авария ограничивается реактанцем генераторов повысительных и понизительных трансформаторов линий передач и секционных реакторов.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

3. Если станция питает несколько подстанций, то отдельные секции, соединенные линиями с подстанциями, могут быть синхронизированы через высоковольтную сеть (рис. 72).

Вопрос о мощности секций, конечно, будет решаться в каждом отдельном случае. Полная синхронизация на нагрузке (т. е. отдельные генераторы синхронизируются только на нагрузке), аналогичная схеме рис. 2, первое время вряд ли

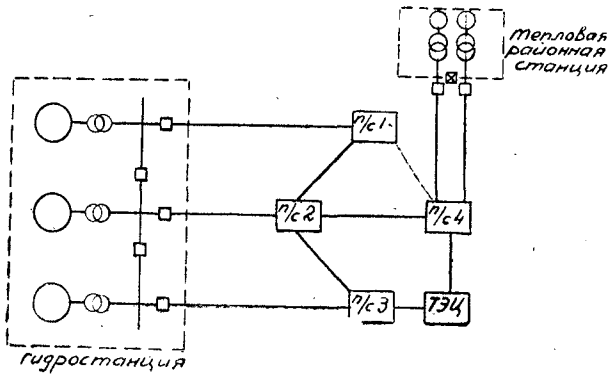


Рис. 72

будет иметь место, поскольку дробить мощность линий экономически нецелесообразно. Таким образом, на каждой отдельной секции должны быть скоммутированы 2—3 генератора, т. е. 200—300 тыс. kW (рис. 73).

С ростом мощности генераторов, с появлением турбогенераторов и в особенности гидрогенераторов 150—200 MW и выше будет возможно осуществление схемы рис. 74 (схема—генератор-трансформатор—линия, с одним генератором на

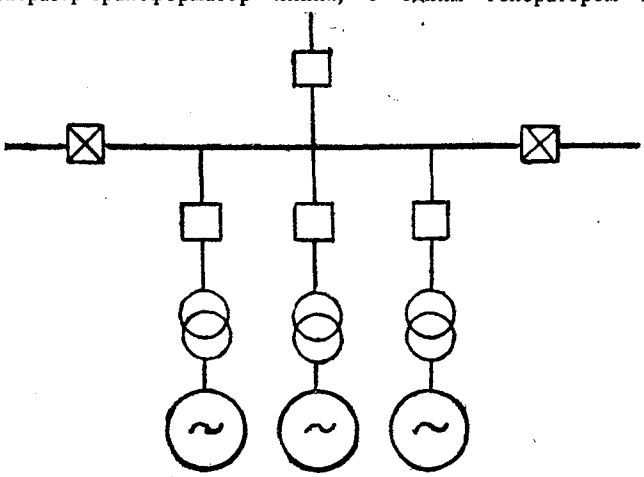


Рис. 73

секцию). Поскольку будет иметь место рост напряжения линии, т. е. рост мощности отдельной цепи, все же будет преобладать не один, а два-три генератора на секцию.

Более сложным вопросом является вопрос о числе линий на секцию. Увеличение числа линий, т. е. увеличение мощности секций увеличивает размеры аварий, и рост мощности системы вызовет дробление секций до экономически возможных пределов. Следовательно, могут быть схемы с одной линией на секцию (рис. 75). В этом случае короткое на линии вызывает выпадение секции, что означает потерю мощности порядка 100—150—200 MΩ W.

Эта опасность требует разработки ряда предохранительных мероприятий, как-то: резервные фазы, резервные линии и т. д. Также может иметь место схема рис. 76, где масляник *1*, нор-

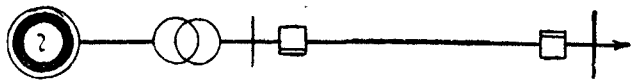


Рис. 74

мально выключенный, сблокирован с масляниками линий *2* и *2'*, и в случае выключения линейного масляника от реле, масляник *1* мгновенно включает генераторы аварийной секции на соседнюю секцию. Эта схема имеет отрицательные качества, заключающиеся в увеличении мощности короткого замыкания системы, поскольку две секции работают соединенными накоротко. В случае повторного короткого замыкания мощность аварии может превзойти пределы допустимого.

Принцип синхронизации на нагрузке должен быть разработан применительно к условиям социалистического энергетического хозяйства как для промышленных станций, так и для районных и уже на примерах проектов, сейчас разрабатываемых (Урало-Кузнецкая силовая система, мощные уральские узлы) должен быть получен материал для решения вопросов о пределах и условиях применения этого принципа. Необходимо поставить экспериментальное исследование аварийных режимов при синхронизации на нагрузке (токи короткого замыкания и устойчивость), исследования условий регулировки на-

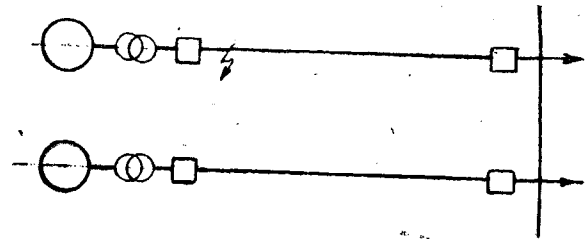


Рис. 75

пряжения, активных и реактивных мощностей и получить другие эксплоатационные характеристики. Для этого необходима как исследовательская работа в научных институтах, так и исследование на существующих системах.

Необходимо получить в Америке проектный и эксплоатационный материал систем, работающих с синхронизацией на нагрузке.

Непараллельная работа

Непараллельная работа частей станций и целых электрических систем является завершением секционирования. Начиная от несекционированной станции, по мере роста мощности, мы переходим с одной ступени секционирования на другую: несекционированная станция, секционированная реакторами, синхронизация на нагрузке и, наконец, непараллельная работа. Переход от одной ступени к другой сопровождается потерей в гибкости системы в смысле переброски мощностей с одних генераторов на другие. Непараллельная работа совершенно

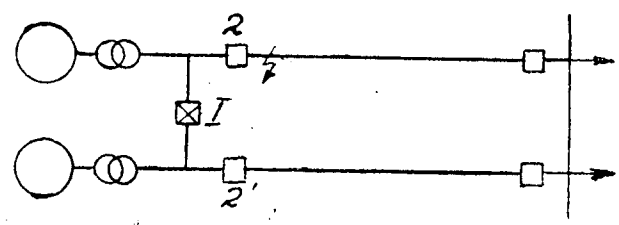


Рис. 76

не дает возможности такой переброски. Каждая раздельно работающая часть системы должна балансироваться самостоятельно.

В виде примера непараллельной работы может служить рис. 77, на котором изображена станция, работающая раздельно на две самостоятельные электрические системы, об-

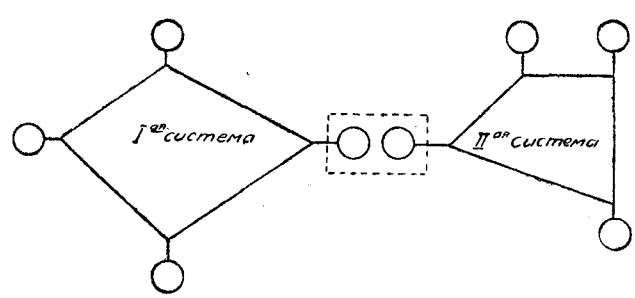


Рис. 77

служивающие различные территории. Другим примером может служить рис. 78, где две половины станции скоммутированы на две самостоятельные электрические системы, обслуживающие одну и ту же территорию.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Причинами, вызывающими непараллельную работу отдельных электрических систем, являются, во-первых, увеличение токов короткого замыкания в связи с ростом мощности, затем трудности в регулировании и управлении системой и, во-вторых, вопросы устойчивости параллельной работы. Если регулирование и управление системой при ее укрупнении

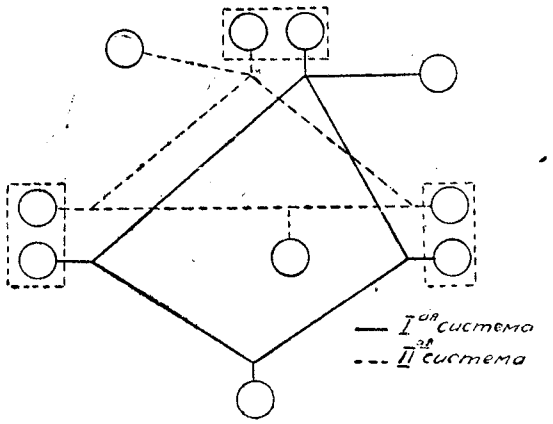


Рис. 78

может быть осуществлено достаточно гибко путем применения специальных мер, как например, регулируемые под нагрузкой трансформаторы, добавочные трансформаторы (бустертрансформаторы) в рассечках линий, применение электрических реле для регулировки активных мощностей станций и т. п. (см. подробнее „Электричество", № 2. 1932), то с увеличением токов короткого замыкания и ухудшением устойчивости параллельной работы бороться значительно сложнее.

Непараллельная работа отдельных электрических систем или частей системы может явиться, как результат постепенного развития ее.

Непараллельная работа может быть вызвана ростом мощности системы и, следовательно, увеличением токов короткого замыкания. При оставлении параллельной работы потребовалась бы замена всей установленной аппаратуры. Непараллельная же работа отдельными частями системы дает возможность обойтись существующей аппаратурой. Типичной схемой для этого случая является рис. 2, где две непараллельно работающие части системы обслуживают одну и ту же территорию. Примером такой раздельной работы отдельных частей системы может служить схема МОГЭС на 1932/33 г. В большинстве случаев такое дробление системы создает трудности в эксплоатации (частое изменение схемы в зависимости от режимов работы), недостаточное полное использование резерва, увеличение потерь, некоторые линии могут быть перегружены, а некоторые недогружены, меньшая надежность в работе и т. п. Поэтому имеется определенная тенденция перехода на параллельную работу всей системы в целом с соответствующей заменой аппаратуры.

Однако при проектировании сверхмощных систем, когда в одной точке могут быть сосредоточены колоссальные мощности генераторных станций (например, Челябгрэс—мощность 2 000 000 kW), проблема токов короткого замыкания может оказаться настолько сложной, что обычными мерами секционирования не удастся снизить размеры токов короткого замыкания до допустимой величины и приходится допустить непараллельную работу. Кроме того, в очень крупных системах осложняется синхронизация отдельных частей системы в случае выхода их из синхронизма. Типичной для подобного случая схемой является схема рис. 1.

Основным недостатком непараллельной работы является невозможность иметь общий резерв на всю систему. Приходится выделять его в каждой системе самостоятельно. При сверхмощных системах, когда в каждую из параллельно работающих систем входит большая мощность генераторных станций, говорить о резервировании одной системы другой нет смысла. Если резерв находится на станции, расположенной в стыке двух систем, можно и при непараллельной работе обеспечить резервирование обеих систем одним общим резервом. Так как в таких мощных системах необходимо резервирование мощностью не меньше мощности одной машины, то, применяя автоматическую синхронизацию[1] можно обеспечить достаточно быстрое выключение резервных единиц на ту или другую систему.

Вопрос непараллельной работы в мощных электрических системах является совершенно новым и не разработанным.

Развитие нашего электрохозяйства и энергетики в целом находится в качественно совершенно отличных условиях от капиталистических стран. Возможности планового социалистического хозяйства и масштабы наших строительств во много раз шире возможностей и масштабов капиталистической системы. Поэтому заграничный опыт в трактуемой области должен использоваться у нас после тщательного критического изучения. Путь СССР в области планирования и регулирования крупных электрических систем является самостоятельным.

Первые шаги в этом направлении предприняты Энергостроем при проектировке электростанции УКК. Однако, вопрос далеко еще нельзя считать разрешенным как с принципиальной стороны, так и с точки зрения конкретного оформления (схемы коммутаций и шин для переброски резервных единиц на ту или иную систему, схемы переключений, когда надо перебрасывать на какую-либо систему несколько генераторов, а условия токов короткого замыкания этого не допускают, схемы автоматического управления резервами и пр.).

Нам кажется, что разделение единой высоковольтной сети на ряд мощных электрических систем, работающих непараллельно, с устройством в стыках между ними генераторных станций с резервными единицами, которые по желанию могут перебрасываться на ту или другую систему, является наилучшим решением. При этом в значительной мере облегчаются условия токов короткого замыкания, регулирования и устойчивости параллельной работы, достигается полная независимость работы одной системы от другой при авариях, и с другой стороны не нарушается основной принцип единой высоковольтной сети—возможность переброски энергии из одной части в другую.

Способы повышения разрядных напряжений[2]

Г. Т. Третьяк и К. С. Архангельский

Коронирующие электроды

Коронирующие электроды, как показывают опыты, имеют разрядные напряжения в 2—4 раза большие чем, обычные электроды.

Считая что опыты с коронирующими электродами не закончены, авторы пока не рассматривают вопроса о их применимости в аппаратах, но указывают на несомненную широкую возможность их применения в испытательных установках и испытательных устройствах высокого напряжения.

Опытное изучение коронирующих электродов, по мнению авторов, даст весьма ценные указания на механизм разряда и на средства регулирования разрядного напряжения.

[1] См. Эл-во № 2 статью Жданова.

[2] В связи с необходимостью перехода на сверхвысокие напряжения (220—400 и выше киловольт), редакция, отмечая актуальность вопроса об улучшении использования изоляции в трансформаторах и аппаратах, приглашает научно-исследовательских работников и специалистов, работающих в области высокого напряжения, высказаться по затронутому вопросу. Ред.

Обычные представления о величине разрядных напряжений в воздухе и жидких диэлектриках

В недавнем прошлом наши представления о разрядных напряжениях базировались, главным образом, на экспериментальных формулах Пика и других исследователей. Исходными пунктами для суждения о величине разрядных напряжений в воздухе были: а) поле между сферами и поле между цилиндрами при гладкой полированной поверхности электродов (Пик); б) равномерное поле (плоскости Роговского) и в) неравномерное поле между иглами или между иглой и плоскостью (Рот и др.).

Применение указанных выше форм поля в конструкциях:

а) Равномерное поле между электродами по Роговскому применяется лишь при исследованиях. В практических конструкциях применение является невозможным, так как для больших напряжений электроды весьма громоздки.

б) Сферические электроды применяются, главным образом для измерений напряжений, т. е. в лабораторных инструмен-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

тах. Цилиндрические электроды с воздушной изоляцией могут применяться также только в лабораторных установках (в связи с жидкой и твердой изоляцией цилиндрические электроды находят себе применение для кабелей и изоляторов).

в) Поле между иглами, а главным образом, между иглой и плоскостью, является почти повсеместным для воздушной изоляции всех аппаратов и устройств.

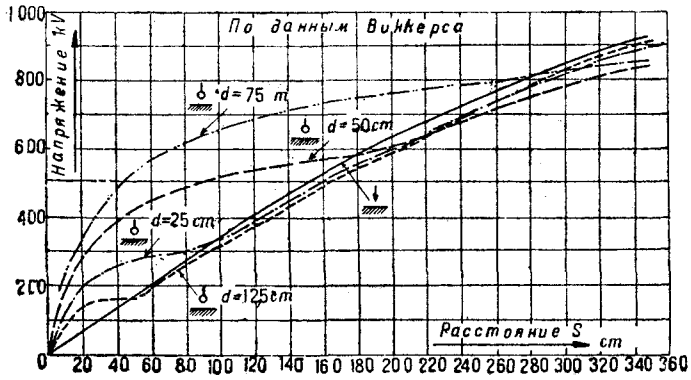


Рис. 1. Зависимость разрядного напряжения от расстояния для электродов шар-плоскость и игла-плоскость в воздухе (по данным Goodlett, Edwards, Perry, „Metropolitan Vickers Gazette", July, 1931).

Причина такого распространения поля игла-плоскость ясна из рис. 1, где приведены разрядные напряжения для сферы и плоскости при разных диаметрах сферы и для иглы и плоскости. Если применить сферы для уменьшения разрядного расстояния, то, как видно из рис. 1, при больших напряжениях размеры их получаются весьма значительными. Кроме того, необходимость гладкой полированной поверхности вообще исключает применение их в аппаратах и устройствах высоковольтных установок.

Исходя из поля игла-плоскость разрядные расстояния для аппаратов и устройства приходится брать по следующей формуле:

$$V_p = Al + B, \qquad (1)$$

где V_p — разрядное напряжение (kV), l — разрядное расстояние в cm, A — постоянная порядка 3—3,5 kV/cm в зависимости от расстояния и B — порядка десятка или десятков киловольт в зависимости от l.

Для жидкой изоляции, взятой в больших толщах, вопрос о разрядных напряжениях представляется в положении, аналогичном воздуху. Для диапазона меньших разрядных напряжений является возможным практическое применение форм электродов, отличных от игла-плоскость.

На рис. 2 приведены разрядные напряжения по Miner для масла.

На основании кривых рис. 2 для определения разрядного напряжения электродов, близких к электродам игла-игла или игла-плоскость, можно пользоваться равенством:

$$V_p = A_1 l^{\frac{2}{3}}, \qquad (2)$$

где V_p — разрядное напряжение (kV), A — постоянная порядка 20 kV/cm, l — расстояние в cm.

Необходимость ревизии обычных представлений о разрядах в воздухе и жидких диэлектриках

В связи с переходом техники на более высокие напряжения, а также необходимости наиболее рационального использования изоляции, наши обычные представления о разрядах в воздухе и жидких диэлектриках надо признать весьма недостаточными. Они не включают в себе таких важных областей, как разряды между коронирующими электродами и разряды при наличии барьеров и экранов. Между тем, экраны и барьеры за последние годы на практике получили особо широкое применение, в особенности в связи с жидкой изоляцией.

Далее, применяемые в практических устройствах конфигурации электродов далеко не всегда можно рассматривать как игла-плоскость или игла-игла. Имеющие место при таких электродах аномалии требуют пересмотра наших обычных представлений о разряде.

Совершенно необходимым представляется подход к разряду со стороны физики явления. Интересно здесь отметить, что в недавнем прошлом были попытки связать наши обычные представления о разрядах с теорией пробоя по Таунсенду, причем в некоторых случаях такие попытки были более или менее удачными. Однако теория пробоя по Таунсенду в настоящее время не может быть признана правильной ни количественно, ни качественно, так как она не охватывает всего явления пробоя [1]. Ревизия теории Таунсенда, начиная с 1926 г. дала много интересного материала в области разрядов, но эта ревизия ведется, главным образом, в области напряжений и постановки опытов, с которыми обычно оперирует физика. Совершенно необходимым является связать эту ревизию с ревизией наших обычных инженерных представлений, так как обстановка наших опытов с большими масштабами напряжений позволит наблюдать те явления, которые при средних и малых напряжениях проявляются не вполне рельефно.

Авторам настоящей статьи представляется, что в отношении электрического поля сделано далеко не все, что путем изучения физической картины явления пробоя как газообразных, так и жидких диэлектриков, путем правильного размещения диэлектриков и придания им надлежащих форм, разрядные напряжения для искровых промежутков могут быть значительно повышены. Такое повышение разрядных напряжений является весьма актуальным в связи с применением сверхвысоких напряжений.

В настоящей статье приведено описание тех предварительных опытов, которые были проделаны в лаборатории высокого напряжения проф. А. А. Смурова с воздушной изоляцией. Опыты эти являются только началом серии экспериментальных работ с газообразной и жидкой изоляцией.

Электроды, применявшиеся при описанных ниже опытах, названы авторами „коронирующими" по той причине, что на них появляется корона при сравнительно невысоких напряжениях. Однако, как будет видно из последующего изложения, появляющаяся на них слабая корона вместе с повышением напряжения почти не увеличивается в противоположность тому, что имеет место у обычных электродов.

Коронирующими электродами авторы в дальнейшем называют такие электроды, у которых тем или иным способом части их поверхности придана такая форма, которая обусловливает появление весьма высоких градиентов в электрическом поле, при этом эти части поверхности экранируют остальную поверхность электродов.

Как известно, у иглы весьма рано появляется корона, однако авторы относят иглу к обычным электродам, так как экранирующее действие острия весьма мало по отношению к его боковой поверхности.

Конкретные типы коронирующих электродов приведены на эскизах и фотографиях, помещенных ниже при описаниях результатов опытов с коронирующими электродами.

В литературе о коронирующих электродах были отрывочные сообщения [1]. Однако эти сообщения носили отрывочный характер и ни в коей мере не давали полной картины поведения коронирующих электродов ни с количественной, ни с качественной стороны.

Разряд между коронирующими электродами в воздухе

Общая характеристика поведения коронирующих электродов при высоких напряжениях

Первые же опыты с коронирующими электродами показали что эти электроды имеют, во-первых, значительно большие

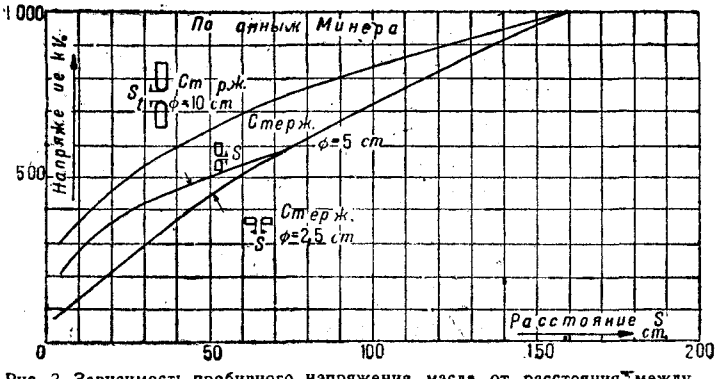


Рис. 2. Зависимость пробивного напряжения масла от расстояния между различными электродами (по данным Miner, „J. AIEE". April 1927, p. 336).

[1] Г. Т. Третьяк, Механизм электрического пробоя воздуха при атмосферном давлении, статья передана в Бюро печати ВЭО в ноябре 1931 г.

[1] Рот, Техника высокого напряжения, стр. 297, 298; Schweiger, Elektrische Festigkeitslehre, S—S. 329—330, сообщение инженера фирмы A. E. G. Grämer о проходных изоляторах, снабженных Glimmring и др.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

разрядные напряжения, чем обычные электроды, и кроме того, они предотвращают образование кистевых разрядов.

Для характеристики поведения обычных электродов при высоких напряжениях на рис. 3 приведена фотография разряда между шаром диаметром 125 mm и плоскостью при напряжении 220 kV. На рис. 4 приведена фотография того же шара при том же расстоянии от плоскости, но при напряжении 210 kV.

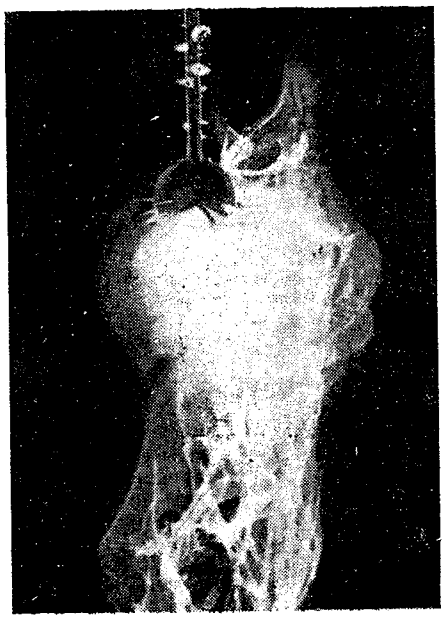


Рис. 3. Фотография разряда между шаром $d=125$ mm и плоскостью при расстоянии $s=57$ cm. Разрядное напряжение 220 kV.

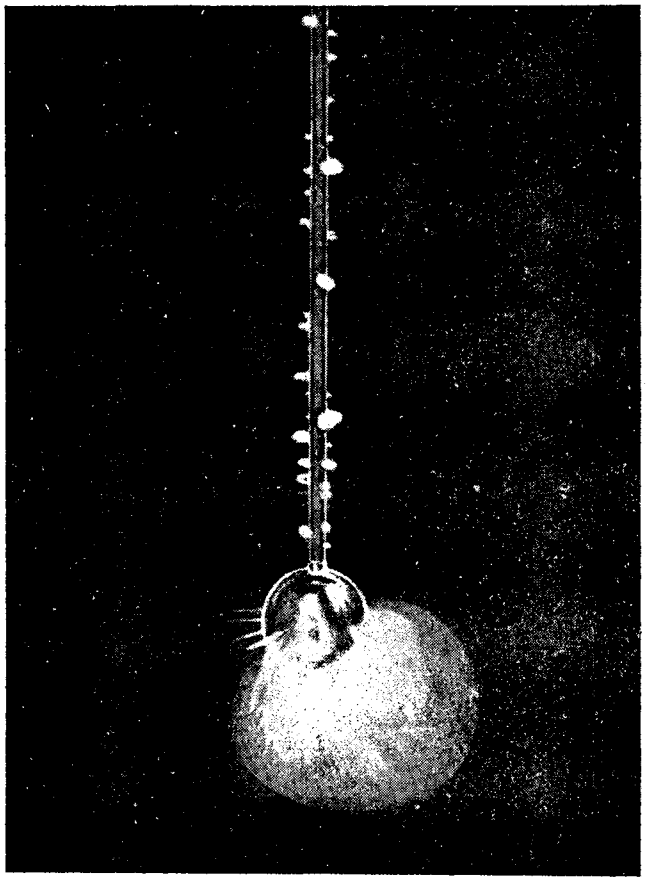


Рис. 4. Фотография короны на полированном шаре $d=125$ mm при напряжении 210 kV. Расстояние до плоскости 57 cm.

Совершенно ясно видны предварительные кистевые разряды (стримеры). Появление кистевых разрядов обычно сопровождается характерным шумом, хорошо знакомым лицам, работающим в высоковольтных лабораториях.

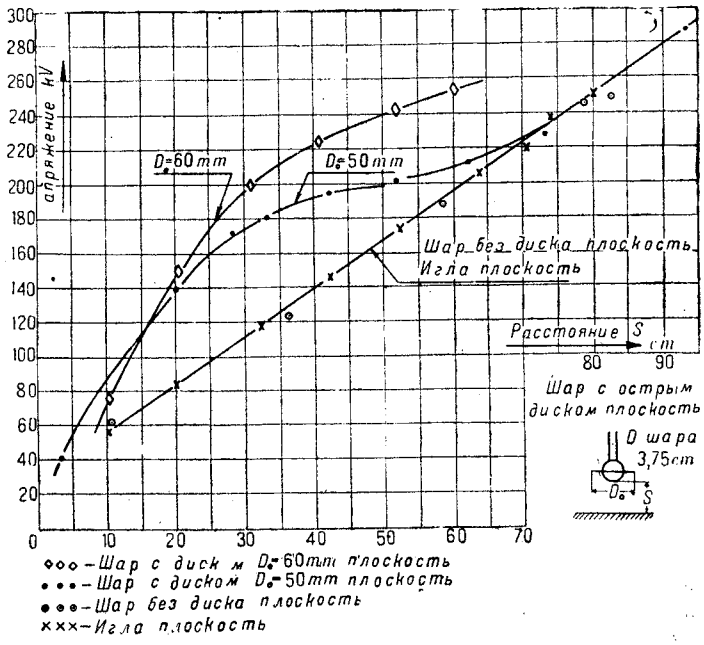


Рис. 5. Разрядное напряжение в зависимости от расстояния между электродами. Шар $d=37{,}5$ mm с острым диском-плоскость. Разряд в воздухе.

Для характеристики поведения коронирующих электродов при высоких напряжениях на рис. 10 приведена фотография разряда между коронирующим электродом (электрод *B* см. ниже) и плоскостью при напряжении 400 kV и расстоянии 66 cm. Диаметр этого электрода 5,25 cm. Предварительных кистевых разрядов совершенно не наблюдается. До момента разряда электрод почти совершенно не шумит. Разрядное напряжение получается почти вдвое выше, чем для шара того же диаметра.

Интересно отметить, что при всех коронирующих электродах наблюдается сильный ветер, дующий от электрода.

Корона на коронирующем электроде появляется при невысоких напряжениях, но при увеличении напряжения корона не увеличивается, а остается почти неизменной. Она имеет вид отдельных точек голубоватого цвета, расположенных по острому краю электрода.

Ниже приводятся данные о разрядном напряжении между различными формами коронирующих электродов.

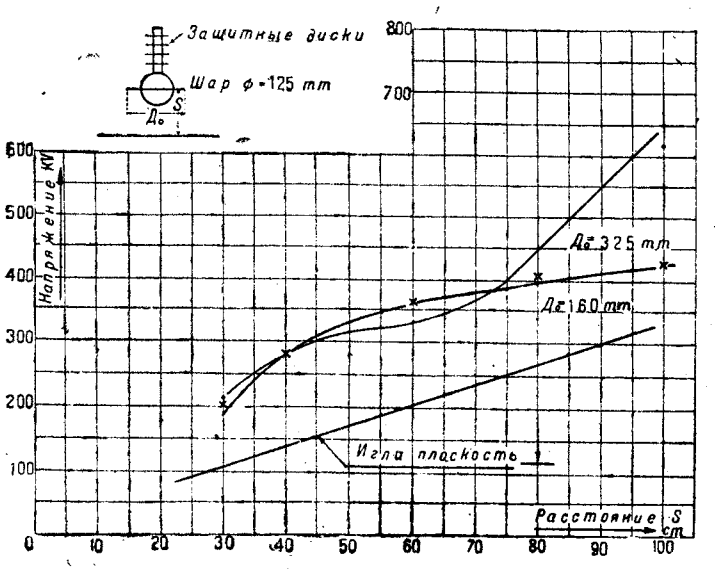


Рис. 6. Разрядное напряжение в зависимости от расстояния между электродами: шар $d=125$ mm с острыми дисками-плоскость. Разряд в воздухе.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Величина разрядных напряжений для коронирующих электродов разных форм

Приведенные ниже данные о разрядном напряжении являются средними из 5—8 измерений.

а) Шар с острым диском-плоскость

Как было указано выше, шар при значительных расстояниях сильно коронирует, выбрасывая на значительные расстояния кистевые разряды. Разрядное напряжение между шаром и плоскостью при этих условиях почти не отличается от разрядного напряжения между иглой и плоскостью (рис. 1 и 5).

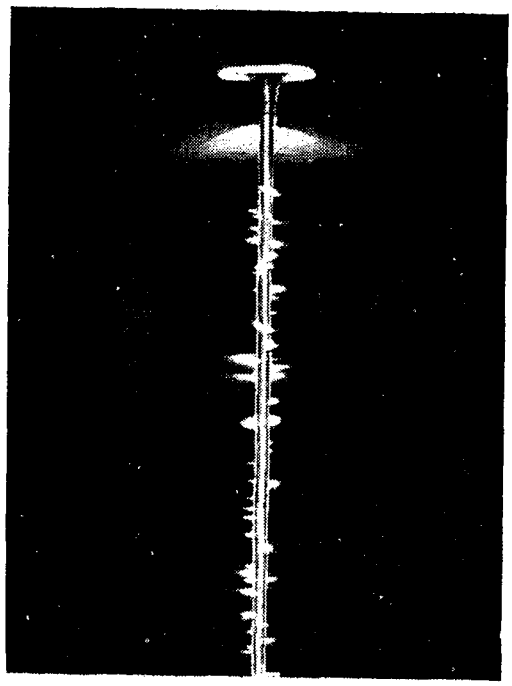


Рис. 7. Корона на коронирующем электроде *A* при напряжении 290 kV. Расстояние от плоскости $s=68$ cm. Подводящая напряжение труба не снабжена защитными дисками.

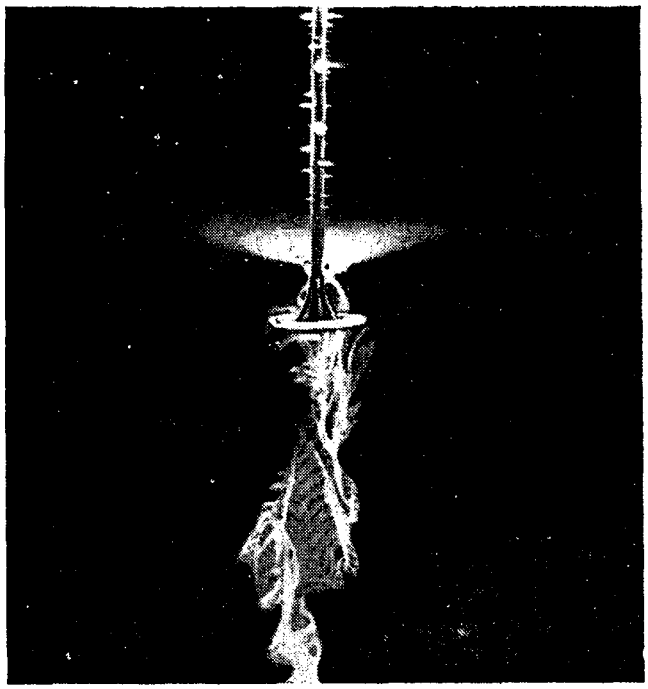


Рис. 8. Разряд с коронирующего электрода *A* при s=68 cm. Разрядное напряжение 300 kV.

Если на этот шар надеть диск с острыми краями, то разрядное напряжение значительно повышается, как это видно из кривых рис. 5.

Повышение разрядного напряжения доходит до двукратного по отношению к шару без диска, или, что то же самое, по отношению к электродам игла-плоскость. Однако при увеличении расстояния разрядное напряжение начинает приближаться к электродам игла-плоскость. Причина этого заключается в том, что разряд происходит не с коронирующего электрода, а выше, с подводящей напряжение трубы. На рис. 7 приведена фотография одного из коронирующих электродов при напряжении 290 kV и расстоянии 68 cm. Над электродом видна корона, которая как бы зонтиком закрывает электрод. На рис. 8 видно, как эта корона развивается и переходит в разряд, начинающийся над электродом.

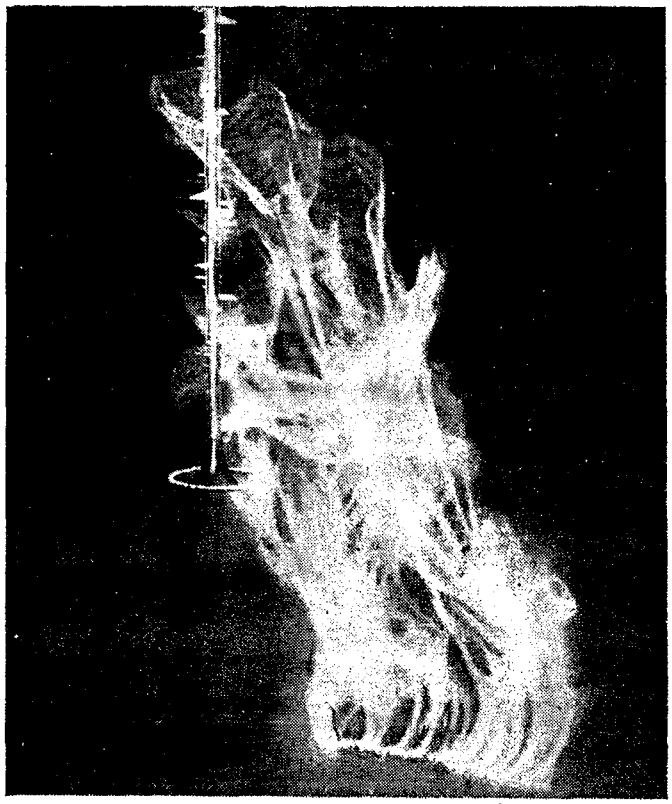


Рис. 9. Разряд с коронирующего электрода *A* на плоскость при $s=36$ cm. Разрядное напряжение 235 kV. Разряд начинается с трубы над электродом.

На трубе ясно видны интенсивные кистевые разряды. На рис. 9 также совершенно ясно видно, что разряд начинается над электродом. Для предотвращения образования разряда с трубы, подводящей напряжение, на нее надевались на некотором расстоянии острые диски (рис. 10), которые предотвращали образование кистевых разрядов с трубы и повышали разрядное напряжение между трубой и плоскостью.

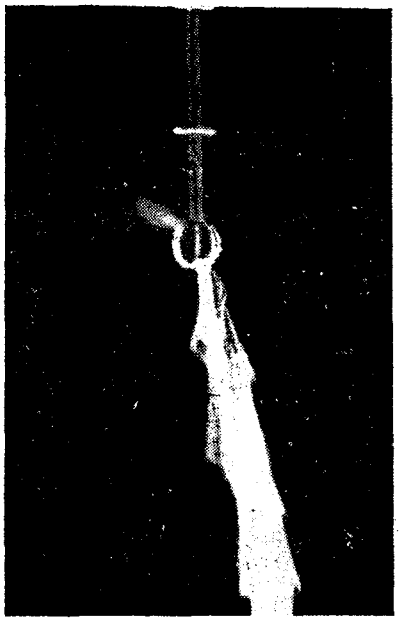


Рис. 10. Разряд с коронирующего электрода *B* при напряжении 400 kV. Расстояние от плоскости $s=66$ cm. Подводящая напряжение труба снабжена защитными дисками $d=5$ cm.

На рис. 6 приведены значения разрядного напряжения между шаром диаметром 125 mm, снабженным дисками различного диаметра и плоскостью. При этом на трубу $d=16{,}5$ mm, подводящую напряжение к электроду, было на-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

дето 8 дисков $D = 50$ mm на расстоянии 12 cm один от другого. Разрядное напряжение при этом не приближается к разрядному напряжению между электродами игла-плоскость. Заметно значительное разбрасывание отдельных точек.

б) Электрод A-плоскость

Электродом A был назван электрод, представляющий собою как бы воронку с вывернутыми к узкой части острыми

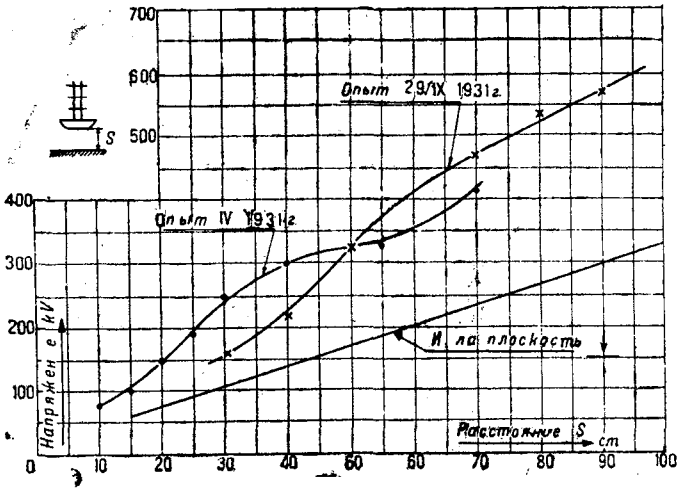


Рис. 11. Разрядное напряжение в зависимости от расстояния между электродом A и плоскостью.

краями и весьма напоминающую гриб (рис. 7, 8, 9). Диаметр широкой части этого электрода 8 cm. Зависимость разрядного напряжения от расстояния для этого электрода приведена на кривых рис. 11.

Как видно, разрядное напряжение для этого электрода в некоторых случаях повышалось в 2,5 раза по сравнению с электродами игла-плоскость.

Приведенные кривые относятся к двум опытам и отличаются одна от другой. Точно установить причину расхождения не удалось.

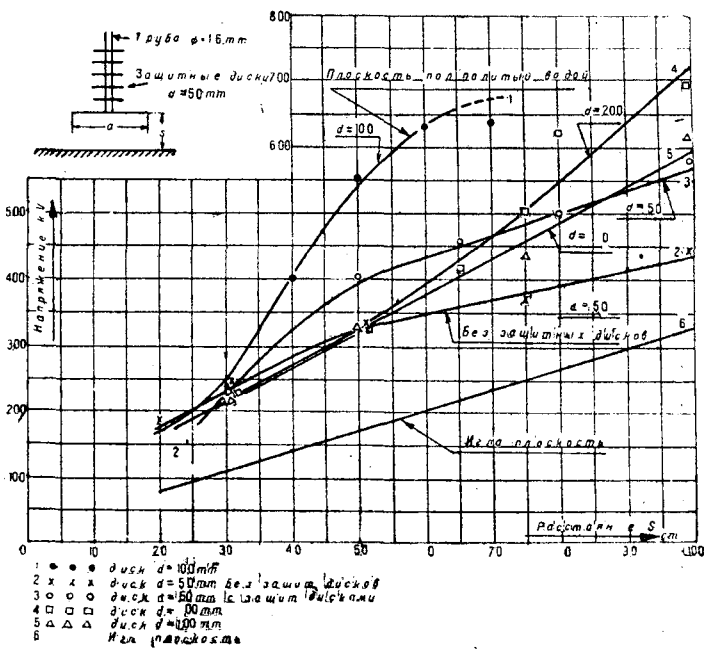


Рис. 12. Разрядное напряжение в зависимости от расстояния электродов; диск с острыми краями-плоскость.

в) Электроды-диск с острыми краями-плоскость

На рис. 12 приведены данные о разрядном напряжении между дисками различных диаметров и плоскостью. Кривая относится к диску 50 mm, укрепленному на трубе без защитных дисков, а кривая *3* — к тому же диску, но труба снабжена защитными кольцами. Разрядное напряжение в последнем случае значительно выше, особенно при больших расстояниях.

На рис. 13 изображен разряд диска с острыми краями на плоскость при напряжении 865 kV (расстояние до плоскости 120 cm). Интересно, что разряд начался сперва значительно выше диска (примерно с расстояния 250 cm от плоскости).

Кривая *1* относится к диску 100 mm, причем плоскостью в этом случае служит пол, политый водой. Во всех остальных случаях плоскостью служили латунные листы, положенные на пол. При этом, как показали рисунки, разряды иногда происходили на краях этих листов, хотя площадь, которую они покрывали, была довольно значительна, порядка 12 m² и края листов незначительно выступали над поверхностью.

Повышение разрядного напряжения при острых дисках достигает больше 3-кратного значения по отношению к разрядному напряжению между иглой и плоскостью. Средний разрядный градиент достигает при этом значения Π cm².

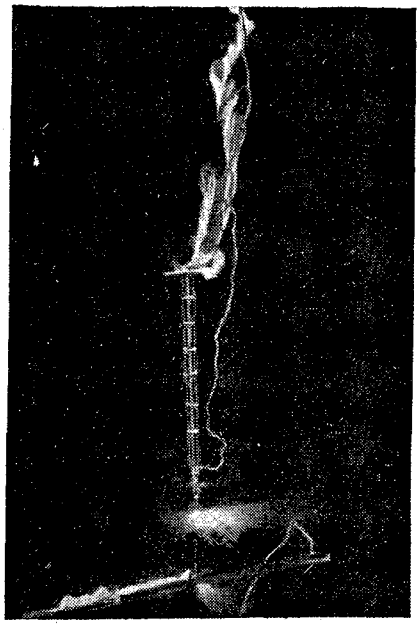


Рис. 13. Разряд с коронирующего электрода (острого диска $d = 20$ cm). При $s = 120$ cm.

г) Электрод - B - плоскость

На рис. 14 приведены данные для этого электрода. Кривая *2* относится к разряду на плоскость, состоящую из латунных листов, а кривая *1* — к разрядам на пол, причем под электродом на полу установлен цилиндр высотой 3 cm, диаметром 30 cm с острыми краями. Как видно в последнем случае, разрядное напряжение оказалось больше. Кратность повышения разрядного напряжения по отношению к случаю игла-плоскость доходит до 3,2 (кривая *1*, рис. 14).

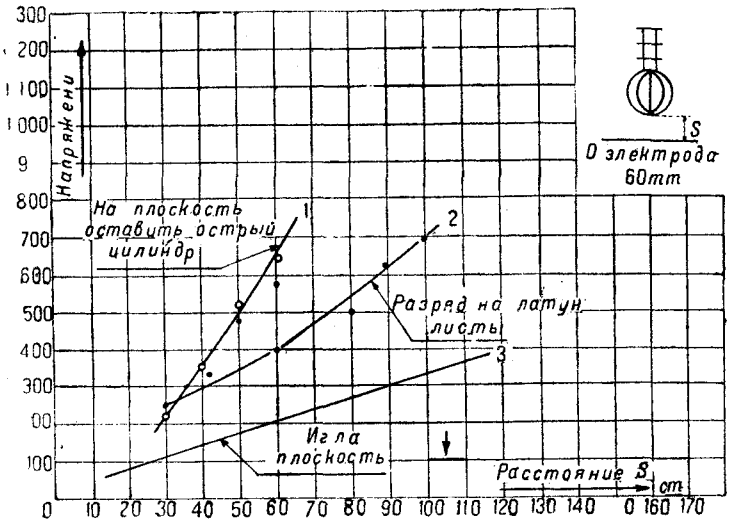


Рис. 14. Разрядное напряжение в зависимости от расстояния между электродом B и плоскостью:

1) Разряд на острый цилиндр $d = 30$ cm, высотой 3 cm, поставленный на плоскость.
2) Разряд на плоскость.
3) Разряд между иглами.

д) Электроды-трубы (горизонтально) с параллельно идущими тонкими проволоками-плоскость.

На рис. 15 приведена зависимость разрядного напряжения от расстояния для трубы диаметром 45 mm. При расстояниях

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

до плоскости больших 50 cm труба сильно коронирует перед разрядом, образуя кистевые разряды. Если поместить параллельно трубе, с обеих сторон ее, на небольшом расстоянии тонкие проволоки, то, во-первых, при повышении напряжения кистевые разряды не образуются и, во-вторых, разрядное напряжение значительно возрастает, как это видно из приведенных данных на рис. 15.

Отклонение отдельных разрядных напряжений от среднего значения при коронирующих электродах

Отклонение отдельных разрядных напряжений от среднего значения довольно большое. Оно доходило в некоторых случаях до 48%. На кривых рис. 16 и 17 приведены значения разрядного напряжения в порядке их определения для электродов диск с острыми краями - плоскость. Разряды производились без каких-либо изменений условий опыта. Промежуток времени между разрядами около 2 мин.

Определение полярности разряда

Для определения полярности разряда в высоковольтную обмотку трансформатора со стороны заземления включался осциллограф и снимались осциллограммы тока при разряде. При этом выяснилось, что при коронирующих электродах разряд начинался и при положительной и при отрицательной полярности коронирующего электрода. Результаты определения полярности разряда между коронирующими электродами и плоскостью приведены ниже, в табл. 1.

Таблица 1

№ осциллограммы	Разрядное напр. kV	Расстояние cm	Разрядный градиент kV/cm	Полярность разряда	Полярность предварительного разряда[1]	Электроды
1	485	50	9,7	+		Диск $d = 20$ cm
2	570	50	11,4	+		„ „ „
3	625	50	12,5	—		„ „ „
4	410	50	8,2	+		„ „ „
5	505	50	10,1	+		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
6	500	45	11,1	+		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
7	500	45	11,1	+		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
8	570	45	12,7	—		Под. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
9	510	50	10,2	—		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
10	510	60	8,5	—		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
11	690	70	9,9	+		Диск $d = 20$ cm
12	815	70	11,6	—		„ „ „
13	575	50	11,5	—	+	Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
14	615	50	12,3	+	+	Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
15	540	50	10,8	—		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
16	580	50	11,6	+		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
17	530	50	10,6	—		Пол. цил. $d = 11$ cm, высотой 3 cm
18	270	80	3,4	+		Игла - плоскость

Из таблицы видно, что почти половина разрядов происходит при отрицательной полярности на коронирующем электроде. Разрядный градиент доходит до 12,7 cm², т. е. почти в четыре раза больше, чем для электродов игла-плоскость.

Ток короны при коронирующих и некоронирующих электродах

Для определения вида тока короны на полу под исследуемыми электродами устанавливались на изоляции латунные листы, размером 400 × 100 cm. Листы находились на высоте 3—4 cm от поверхности пола. Листы соединялись с обмоткой небольшого трансформатора, с коэфициентом трансформации 68. Другой конец обмотки соединялся с землей. Вторичная обмотка трансформатора присоединялась к шлейфу осциллографа. На рис. 18 представлены осциллограммы тока с трубы диаметром 4,5 cm, длиной 300 cm, помещенной на расстоянии 140 cm от плоскости при напряжении 420 kV. Осциллограммы рис. 19 получены для той же трубы, но в этом случае параллельно трубе, на расстоянии 3 cm от ее поверхности, с обеих сторон натянута проволока $d = 0{,}2$ mm, на осциллограмме рис. 18 ясно виден ток на стример. При наличии тонкой проволоки кривая тока более плавная и тока на образовании стримеров не наблюдается. Величина тока при коронирующих электродах при том же расстоянии и напряжении получается больше.

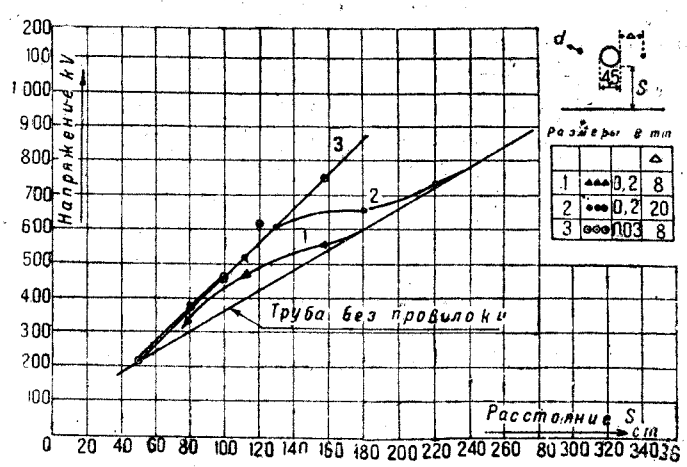


Рис. 15. Разрядное напряжение в зависимости от расстояния между электродами: труба $d = 4{,}5$ cm—плоскость.

1) Параллельно трубе на расстоянии $\Delta = 8$ mm установлена проволока $2r = 0{,}2$ mm.

2) То же, но $\Delta = 20$ mm, $2r = 0{,}2$ mm.

3) То же, но $\Delta = 8$ mm, $2r = 8$ mm.

Влияние загрязнения на поведение коронирующих электродов

Для выяснения вопроса о влиянии загрязнения на поведение коронирующих электродов были поставлены следующие опыты. Диск с острыми краями, устанавливался на расстоянии 60 cm от плоскости. Разряд происходил при 555 kV (среднее из 6 разрядов). Затем диск смазывался трансформаторным маслом. При повышении напряжения наблюдалась весьма сильная корона с диска. Диск вел себя уже не как „коронирующий электрод". Разряд происходит в этом случае при $V = 240$ kV. Разрядное напряжение для электродов игла-плоскость при этом же расстоянии 210 kV. На рис. 20 приведена фотография короны с диска при $V = 235$ kV.

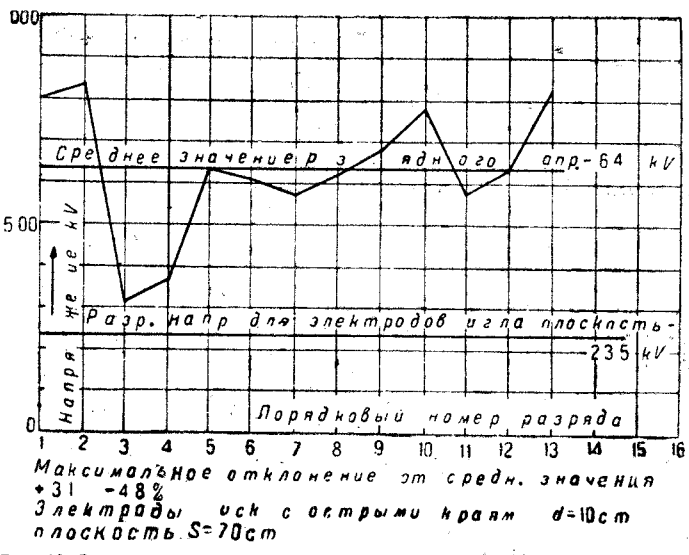


Рис. 16. Значения разрядных напряжений между электродами: диск $d = 10$ cm с острыми краями-плоскость при неизменных условиях опыта. Расстояние $s = 70$ cm. Промежуток времени между отдельными измерениями около 2 мин.

[1] Более подробно о методе определения полярности, а также о предварительных разрядах будет изложено в одной из последующих статей.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Как видно, покрытие коронирующих электродов маслом значительно ослабляет их действие. Они начинают коронировать сильнее, чем обычные электроды и имеют примерно те же разрядные напряжения, близкие к обычным электродам.

Некоторые опыты применения коронирующих электродов

Была сделана попытка применения коронирующих электродов на изоляторах.

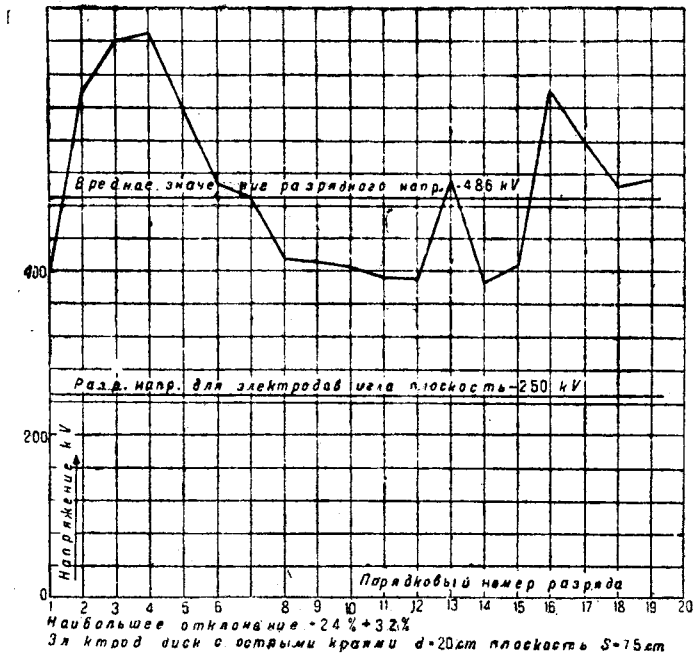


Рис. 17. Значение разрядных напряжений между электродами: диск $d = 20$ cm с острыми краями-плоскость, при неизменных условиях опыта. Расстояние $s = 75$ cm. Промежуток времени между отдельными измерениями около 2 мин.

При установке коронирующего электрода на опорном изоляторе на 35 kV удавалось повышать его разрядное напряжение до 210 kV, тогда как без коронирующих электродов, при обычной арматуре его разрядное напряжение было 125 kV. Таким образом удавалось повысить разрядное напряжение изолятора почти вдвое.

В другом случае коронирующие электроды были применены для повышения напряжения скользящего разряда.

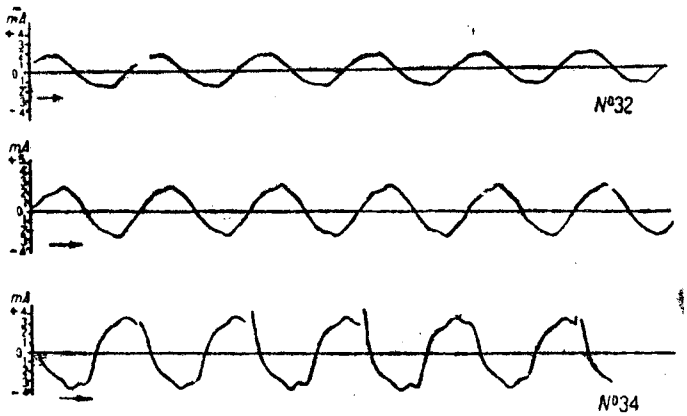


Рис. 18. Осциллограммы тока с трубы $d = 4{,}5$ cm, длиной 300 cm, помещенной на расстоянии 140 cm от плоскости.
Осц. № 32—при $V = 305$ kV
Осц. № 33—при $V = 380$ kV
Осц. № 34—при $V = 440$ kV

При определении пробивного напряжения эбонитовой пластинки происходил скользящий разряд по поверхности при напряжении около 40 kV.

После установки на основном электроде диска скользящего разряда не наблюдалось до напряжения примерно 60—70 kV. При этом напряжении произошел пробой эбонитовой пластинки.

Многократные, но не систематические случаи установки коронирующих электродов на металлических частях (арматуры, подвесных изоляторов и т. д.), находящихся под напряжением, неизменно приводили к прекращению образования кистевых разрядов и часто к повышению разрядного напряжения.

Обсуждение результатов опытов с коронирующими электродами

Возможные области применения коронирующих электродов

Произведенные опыты с коронирующими электродами, как указано выше, являются лишь предварительными. Многие вопросы остались пока не выясненными и представляют предмет дальнейших исследований. Пока еще не производились опыты с импульсными напряжениями. Поведение коронирующих электродов при импульсных напряжениях даст направление практического применения коронирующих электродов в изоляции аппаратов и электрических установок. Поэтому

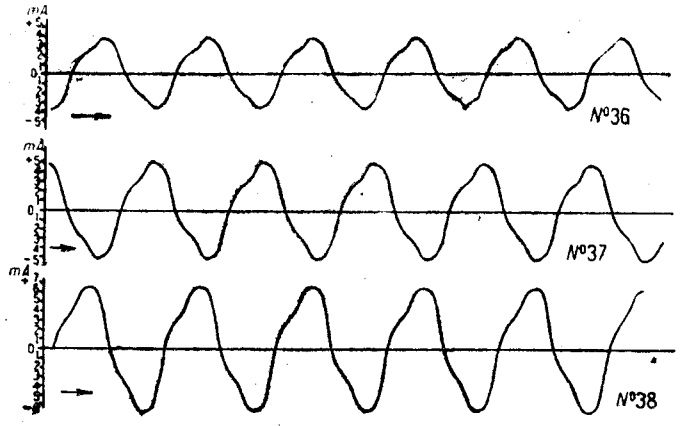


Рис. 19. Осциллограмма тока с трубы $d = 4{,}5$ cm, длиной 300 cm, помещенной на расстоянии 140 cm от плоскости. Параллельно трубе с обеих сторон на расстоянии 3 cm установлены проволоки $2r = 0{,}3$ mm.
Осц. № 36—при $V = 380$ kV
Осц. № 37—при $V = 440$ kV
Осц. № 38—при $V = 500$ kV

говорить о широком применении коронирующих электродов в промышленности сейчас преждевременно.

Однако уже проделанные опыты указывают на возможность применения коронирующих электродов в некоторых не вызывающих сомнения случаях. К таким случаям следует отнести:

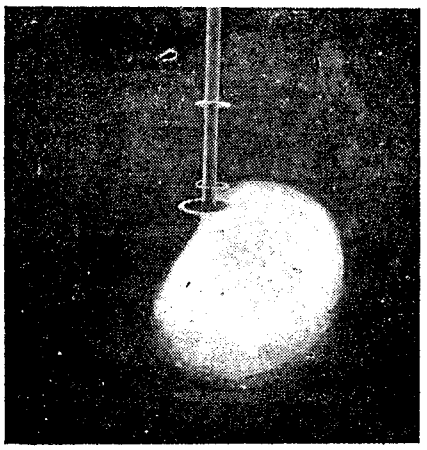


Рис. 20. Корона с диска $d = 20$ cm при расстоянии $s = 60$ cm и напряжении $V = 235$ kV. Края диска смазаны маслом.

а) высоковольтное оборудование и проводка в высоковольтных лабораториях;

б) борьба со скользящими разрядами на изоляторах;

в) борьба со скользящими разрядами при испытаниях образцов и полуфабрикатов;

г) предотвращение разрядов с концов, например параллельных проводов и т. п.

а) В испытательных лабораториях при весьма высоких напряжениях электроды испытательных трансформаторов обычно

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

дают кистевые разряды в окружающее пространство, причем это явление, как известно, сопровождается сильным шумом, исключающим возможность спокойной работы как в отношении персонала, так устойчивости напряжения в испытательной цепи. Снабжая электроды трансформатора коронирующими приспособлениями, можно совершенно избавиться от стримеров и шума. То же относится и к проводке высоковольтной лаборатории. Относительно проводки в высоковольтных лабораториях не безынтересно напомнить следующую историю, имевшую место в недавнем прошлом. При установке высоких напряжений в испытательных лабораториях иногда начинали устанавливать круглые шины большого диаметра с шарами на концах, согласно рутинным представлениям о короне. Однако практика применения их давала всегда неудовлетворительные результаты: шины большого радиуса с шарами на конце ведут себя при высоких напряжениях неудовлетворительно. Через некоторое более или менее длительное время персонал лаборатории обычно вынужден был заменять роскошные шины тонкими проводниками, которые ведут себя при высоких напряжениях достаточно спокойно.

Приведенное затруднение с проводкой в высоковольтных лабораториях можно отнести в большей или меньшей степени к прошлому. Однако наличее кистевых разрядов (стримеров) в частях проводки представляет собой весьма нежелательное явление в настоящем. Применением коронирующих электродов можно довести всю испытательную цепь до такого состояния, что она будет работать вполне спокойно, не отвлекая внимания от испытуемого об'екта и не вызывая переходящих процессов в цепи вследствие бросков тока на кистевые разряды (стримеры) в проводке.

б) Коронирующие электроды на изоляторах уже давно применялись фирмой AEG. Не затрогивая здесь вопроса о целесообразности повышения разрядного напряжения изоляторов путем применения коронирующих электродов, следует отметить здесь возможность установки коронирующих электродов для устранения скользящего разряда.

в) В лабораторной практике исследовательского и чисто контрольного характера часто возникают затруднения при испытаниях вследствие возникновения скользящих разрядов у испытуемых полуфабрикатов и образцов, причем эти затруднения иногда заставляют отказываться от целесообразных высоких норм испытания (например испытание изоляции стержней для генераторов, трубок изоляции и т. п.).

Применение коронирующих электродов во многих случаях легко разрешает вопрос, устраняя скользящий разряд совсем или повышая появление скользящего разряда.

г) Разряды с концом, например разряды между концами двух параллельных проводов и т. п., были, казалось, непреодолимыми препятствиями при изучении разрядов между параллельными цилиндрами. Применение коронирующих электродов дает возможность без затруднения так экранировать концы, что при необходимых для практики расстояниях можно изучить разряды между параллельными цилиндрами.

Причины повышения разрядного напряжения при коронирующих электродах и причины отсутствия кистевых разрядов (стримеров) до начала разряда

Причины повышения разрядного напряжения для коронирующих электродов по сравнению с обычными электродами, а также причины отсутствия у коронирующих электродов кистевых разрядов (стримеров) в настоящее время не вполне установлены, так как опытное их выяснение в настоящее время не закончено.

Надо полагать, что выяснение этих причин даст весьма ценные указания вообще на механизм пробоя воздуха и на средства регулировать разрядное напряжение тем или иным способом.

Как известно, в настоящее время нет хорошо разработанной теории механизма пробоя воздуха.

С момента открытого установления несогласованности с опытом теории пробоя воздуха (при атмосферном давлении) по Таунсенду высказывалось много интересных и ценных идей в отдельных работах и дискуссиях, однако, на основании их авторы не могут сделать того или иного предположения в отношении коронирующих электродов.

Как будто пока единственной гипотезой можно принять следующую, основанную на предложенной одним из авторов теории наиболее вероятного механизма пробоя[1].

В части, касающейся данного вопроса „Теория вероятного механизма пробоя воздуха" устанавливает, что для образования дуги (или стримера) необходимо продвижение положительных ионов по направлению к катоду до расстояния $5 \cdot 10^{-8}$ cm от катода. Скорость положительных ионов по направлению к катоду в линейном поле при таких высоких градиентах, повидимому, составляет около $5 \cdot 10^{5}$ cm/sec, т. е. примерно в 12 раз больше молекулярной (скорость эту вряд ли можно принимать как установленную, в особенности для неравномерного поля). Если принять за факт, установленный опытом, наличие ветра, идущего от коронирующего электрода и полагать, что скорость такого ветра соизмерима со скоростью иона, то необходимо притти к заключению, что этот ветер и является причиной повышения разрядного напряжения, так как ветер препятствует продвижению ионов к катоду и задерживает образование катодного падения напряжения дуги до того момента, пока силы поля, действующие на ионы в направлении катода, не преодолеют силы ветра.

Грубые опыты по определению силы ветра как будто не дают возможности сказать, что проведенная теория не оправдывается.

Для проверки этой теории был поставлен следующий опыт:

Обычная игла обдувалась воздухом с большой скоростью. При этом было обнаружено, что разрядное напряжение между иглой и плоскостью значительно повысилось, а характер короны на игле получился аналогичным короне на коронирующих электродах. Таким образом обдувание обычного электрода воздухом с большой скоростью приводит к тому же явлению разряда, что и у коронирующих электродов.

Таким образом грубая проверка как будто подтверждает справедливость предложенной гипотезы. Однако необходимо принять во внимание следующие факты:

1. Высказанная гипотеза может быть применена к коронирующим электродам лишь качественно, так как теория вероятного механизма пробоя относится лишь к равномерному полю.

2. Далее скорость положительных ионов в таком неравномерном поле, как у коронирующих электродов, неизвестна, следовательно, трудно количественно сравнивать действие постороннего ветра на повышение разрядного напряжения обычного электрода с действием собственного ветра у коронирующих электродов.

3. Кроме того, имеется весьма серьезное возражение против указанной гипотезы и с качественной стороны. Гипотеза применима только в том случае, если разряд происходит в момент, когда коронирующий электрод имеет отрицательный потенциал. Между тем, как видно из табл. 1, примерно половина разрядов происходит при положительной полярности коронирующего электрода.

Таким образом высказанную гипотезу можно временно принять лишь для тех случаев, когда разряд происходит при отрицательном потенциале коронирующего электрода.

Механизм разряда при положительном потенциале коронирующего электрода авторы пока не могли себе представить с достаточной ясностью.

Необходимо отметить также, что ветром и возможными вихревыми движениями его можно об'яснить до некоторой степени значительное отклонение разрядных напряжений от среднего значения.

Следует также остановиться на причинах возникновения ветра. Ветер возникает, повидимому, вследствие отталкивания ионов друг от друга в сильно неравномерном поле. Это взаимодействие между ионами меняет настолько картину их движения, что нельзя определить их скорости, исходя из методов, применяемых при подсчете скорости ионов в равномерном поле.

Заключение

Коронирующие электроды обнимают область явлений, которые не предусматривались рутинными представлениями о прочности воздуха в практически применяемых электродах.

Результаты предварительных опытов, изложенных в настоящей статье, показывают, что коронирующие электроды должны иметь широкое применение в лабораторной технике.

Последующие опыты с импульсными напряжениями дадут указание на области применения коронирующих электродов в практических устройствах.

[1] Г. Т. Третьяк, Механизм электрического пробоя воздуха при атмосферном давлении.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Явления, связанные с коронирующими электродами, и будущее опытное выяснение причин повышения разрядного напряжения представляют весьма большой теоретический интерес, так как, повидимому, они дадут весьма ценные указания на механизм разряда и на возможные средства регулирования разряда. Эти указания, по всей вероятности, сыграют большую роль в выяснении вопроса о рациональном распределении экранов в жидких диэлектриках. Последний вопрос, по мнению авторов, представляет наиболее актуальную задачу сегодняшнего дня в связи с тенденцией перехода на сверхвысокие напряжения.

В заключение считаем необходимым отметить благодарность проф. А. А. Смурову за живой интерес и ценные указания в работе, а также нашим товарищам по работе инж. М. А. Асташеву и Г. И. Швец за их участие в проведении экспериментальной части работы.

НОВОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ ЗА ГРАНИЦЕЙ

Дуговые печи для плавки стали и чугуна

Электрохимический отдел заводов „Siemens" построил за последние годы для химической и металлургической промышленности ряд электроплавильных печей различных типов новейшей конструкции со специальными устройствами.

При изготовлении сталеплавильных электропечей приходится считаться как с металлургическими процессами, так и со специальными электротехническими условиями устройства печей и электродного регулирования, обеспечивающего необходимую температуру плавки и экономический расход энергии.

„Siemens" применяет для своих сталеплавильных печей, а также при производстве кальциум-карбида, ферросилициума и

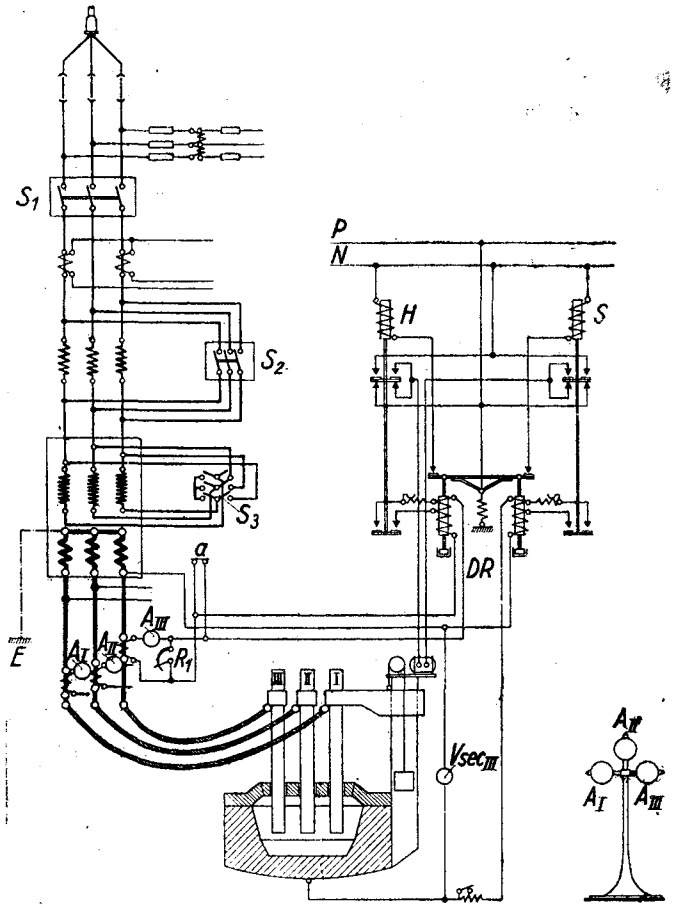


Рис. 1. Схема установки сталеплавильной электропечи с автоматической регулировкой электродов.

других сплавов железа, автоматическую электрическую регулировку электродов. Отличительная особенность этой регулировки состоит в том, что каждый электрод или фаза снабжается диференциальным реле с 2 катушками для напряжения и силы тока, изменения которых передаются электрическому приводу электродов. Автоматическая регулировка устраняет толчки тока, возникающие при сгорании электродов и в особенности во время процесса плавки. Под'ем и опускание электродов для поддержания желаемого сопротивления цепи тока производятся посредством регулирующих под'емных электродвигателей, соединенных с вышеупомянутыми диференциальными реле помощью контакторов. Необходимо еще отметить, что эта регулировка дает возможность также авто-

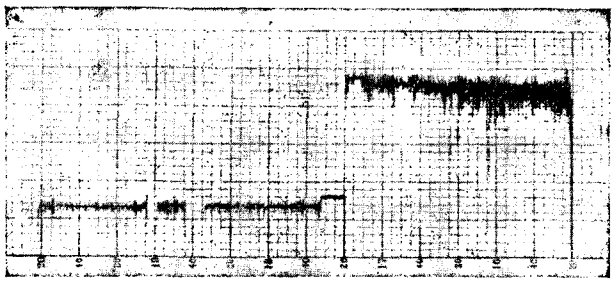


Рис. 2. Диаграмма мощности 25-t электропечи с автоматической регулировкой электродов.

матически устанавливать и поддерживать определенную мощность, поглощаемую печью, и таким образом предохранять ее как от перегрева, так и от остывания.

На рис. 1 показана схема сталеплавильной электропечи с автоматической регулировкой электродов.

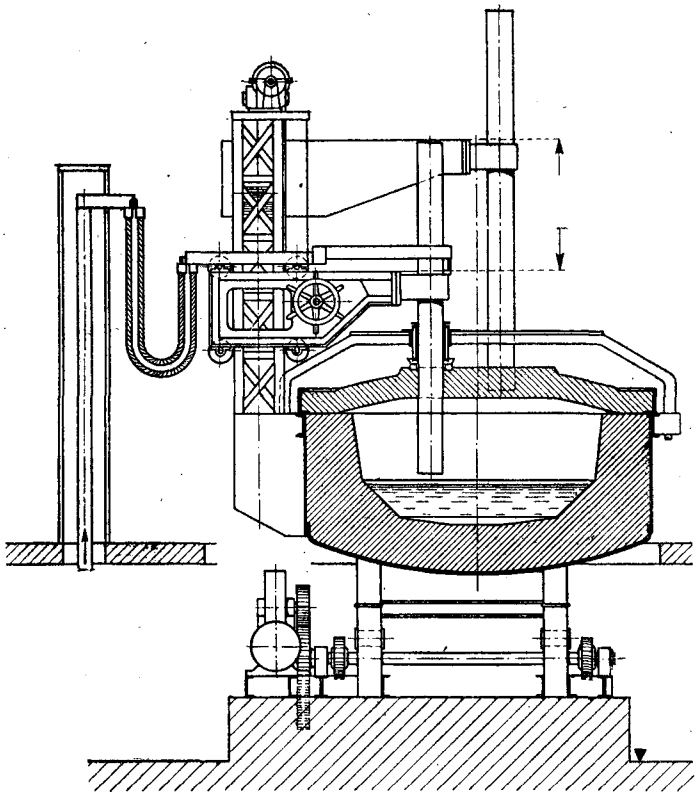


Рис. 3. Сталеплавильная электропечь с неподвижными стойками.

На рис. 2 показана диаграмма мощности 25 t электропечи с электрической автоматической регулировкой электродов при твердой завалке. Для ограничения толчков тока электропечи снабжаются реакторами, которые выключаются во время про-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

цесса рафинировки. Величина реакторов зависит от условий сети, к которой приключена печь и обыкновенно выбирается с таким расчетом, чтобы колебания силы тока не превосходили определенных пределов, а мощность, потребляемая печью, не могла быть от 1,6 до 1,8 раза больше нормальной мощности.

На рис. 3 показана сталеплавильная электропечь трехфазного тока с неподвижными стойками и подвижными электрододержателями. Каждый электрод направляется стойкой и передвигается вверх и вниз с помощью электрического привода, состоящего из лебедки и троса, один конец которого прикреплен к держателю, а другой соединен с противовесом, передвигающимся внутри стойки. Преимущество такого устройства—большая его эластичность, устраняющая поломку электродов при их прикосновении к шихте. Электрододержатели так уравновешены противовесами, что в качестве привода достаточны электродвигатели очень небольшой мощности. Благодаря такому устройству получаются очень чувствительная автоматическая регулировка и равномерная скорость под'ема и спуска электродов.

На рис. 4 показано другое устройство печи с электрододержателями прямоугольной формы, которые направляются стойками, расположенными сбоку. Это устройство отличается от устройства рис. 3, главным образом, небольшой высотой, позволяющей устанавливать печь в низких помещениях. Передвижение держателей производится также с помощью эластичного привода с тросом и противовесами.

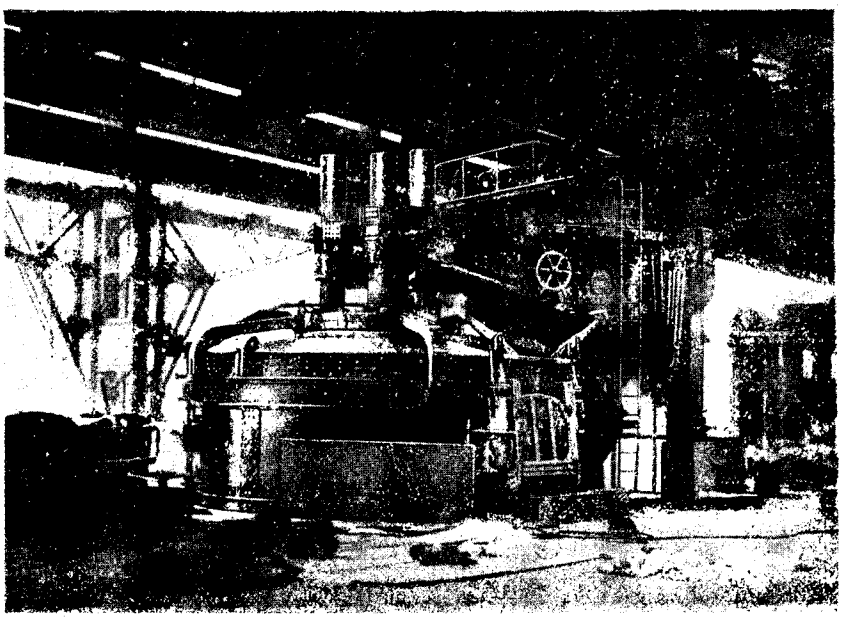


Рис. 5. 22,5—27-t электропечь, установленная на заводе Thomas Firth & Sons в Шеффильде.

На рис. 5 показана 22,5—27 t электропечь трехфазного тока, установленная в 1930 г. в Англии на заводе Thomas Firth & Sons в Шеффильде.

К преимуществам этих электропечей относится также устройство электродных зажимов, которые обслуживаются с помощью маховичков, укрепленных на держателях так, что работать над сводом печи не приходится, и продвижение электродов в зажимах производится легко и быстро.

Следующее конструктивное преимущество таких дуговых печей заключается в выполнении уплотняющих цилиндров, защищающих электроды от сгорания. Уплотняющие цилиндры охлаждаются водой и закрыты сверху уплотняющим кольцом специальной конструкции. Это уплотнение сводит до минимума тепловые потери печи и расход электродов. Нормально печь опирается на ролики и наклоняется с помощью электродвигателя около оси, проходящей через центр тяжести. Небольшие печи емкостью до 1 000 kg подвешиваются на цапфах и наклоняются от руки посредством червячной передачи.

Если слив производится не в литейные ковши, а в изложницы и т. п, то для получения равномерной струи ось вращения печи помещается возможно ближе к носику печи.

Для загрузки печи предусмотрены широкие дверцы, через которые производится также и очистка печи от шлаков. Сливное отверстие закрывается также дверцами, предохраняющими плавильное пространство от соприкосновения с воздухом.

Загрузка печей большей емкости производится с помощью посадочного крана через дверцы, а у печей небольшой емкости—вручную. Чтобы сократить время загрузки, изготовляют также особый тип дуговой печи, загрузка которой производится сверху при помощи специального загрузочного устройства, состоящего из грейфероподобного ковша, имеющего вид полушария, половинки которого автоматически раскрываются в печи так, что вся шихта целиком и равномерно заполняет плавильное пространство. Существуют различные способы загрузки, как, например, загрузка пакетами или специальным устройством, часть которого остается вместе с шихтой в печи. В последнем случае остающаяся

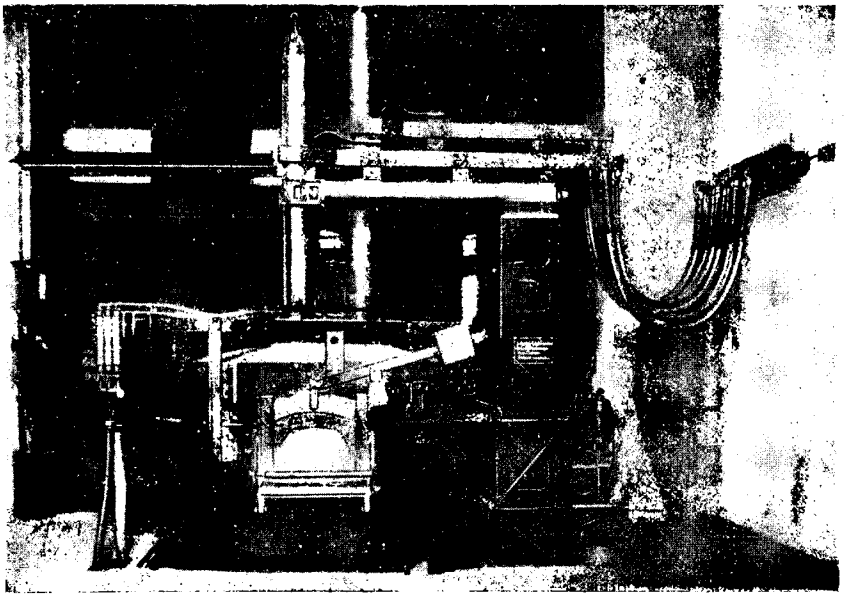


Рис. 4. Сталеплавильная электропечь с электрододержателями прямоугольной формы низкого типа.

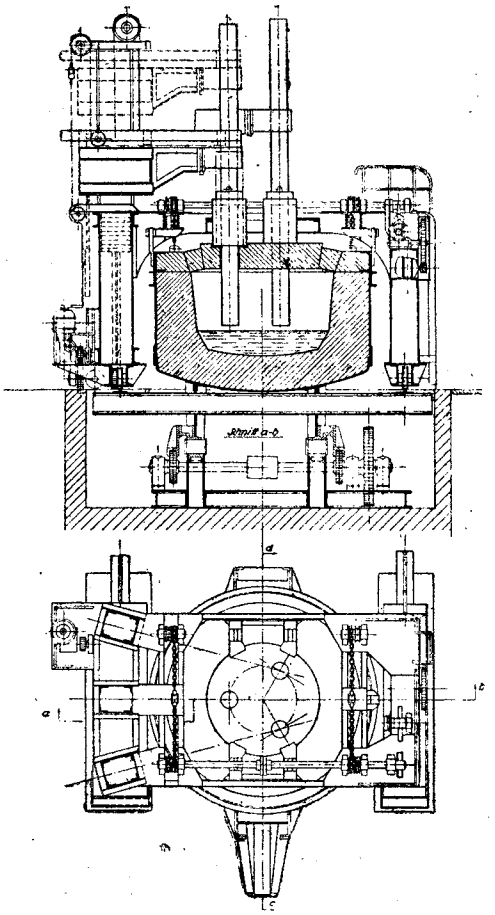


Рис. 6. Электропечь с выдвижной крышкой для загрузки сверху.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

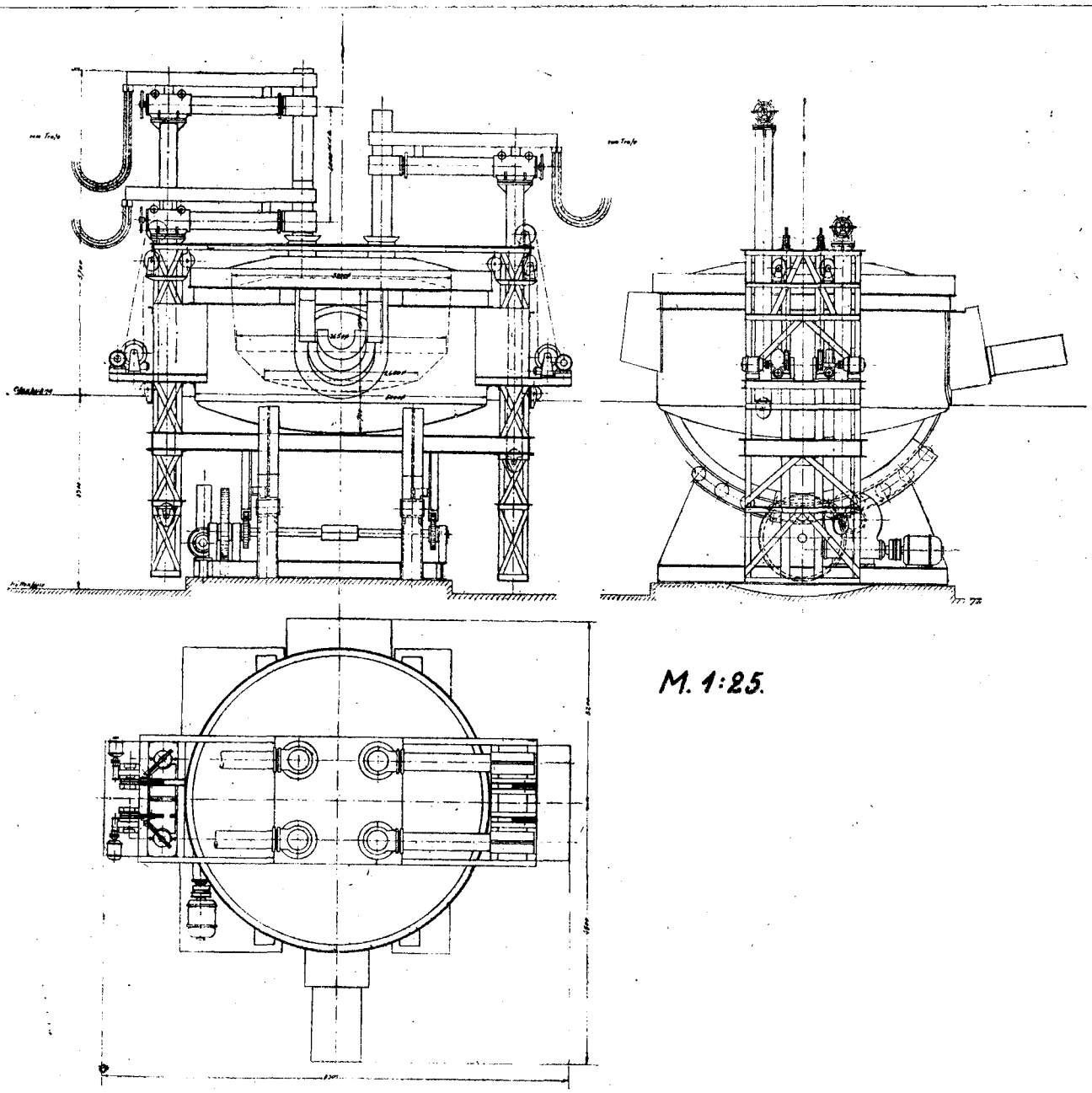


Рис. 7. Электропечь емкостью в 30—40 t с 4 электродами.

в печи часть загрузочного устройства должна быть изготовляема вновь, что сопряжено с большими расходами. Преимущество описанного специального загрузочного устройства заключается в том, что такая замена при каждой загрузке не требуется, и поэтому плавка удешевляется.

Сама печь этого типа (рис. 6) состоит из ванны, изготовленной из толстых железных листов, выложенной огнеупорной футеровкой и перекрытой сводом из специальных кирпичей. Через свод проходят в печь три вертикальных графитных электрода, которые передвигаются вверх и вниз посредством электрододержателей.

Уплотнение электродов для лучшей защиты их от сгорания устроено у этой печи так, что при под'еме электродных держателей одновременно и автоматически поднимаются еще особые добавочные охлаждающие цилиндры. После под'ема в наивысшее положение электродных держателей может быть выдвинута крышка печи. Опускание электродов, поднятие и выдвижение крышки производятся с помощью электродвигателей. Обслуживание очень простое, так что уход за печью может быть поручен даже неопытному персоналу.

Наклон печи около центра тяжести или сливного носика происходит вместе с мостовой надстройкой. Для этой цели устройство для опрокидывания снабжено тяжелыми кронштейнами, на которых покоится вся надстройка. Вся конструкция выполнена так, что рабочий имеет свободный доступ ко всем частям, требующим обслуживания.

Дуговые печи выполняются нормально для трехфазного тока и снабжаются тремя графитными электродами, расположенными по углам треугольника, в печах с небольшой емкостью от 0,3 до 20 t для твердой и 25 t для жидкой завалки.

В печах большей емкости для рационального распределения тепла необходимо большее количество и другое расположение электродов. Печи емкостью в 30—40 t выполняются с 4 электродами, а при еще больших емкостях—с 6 электродами. При 4 электродах печь приключается к трансформатору по схеме Скотта, а при 6 электродах применяются 2 нормальных трехфазных трансформатора.

На рис. 7 показана такая печь емкостью в 30—40 t с 4 электродами.

Описанные дуговые печи, по данным фирмы, отличаются хорошим термическим к. п. д. благодаря правильным размерам, целесообразному устройству отдельных частей и хорошей изоляции. Длина соединительных проводов по возможности сокращена, и потери в них сведены до минимума. Прокладка их производится с таким расчетом, чтобы индуктивное падение напряжения было возможно небольшим, т. е. печь работала бы с хорошим $\cos\varphi$. Расход энергии на расплавление тонны шихты в вышеупомянутой печи для Thomas Firth & Sons при холодной завалке в 20 t составляет 405 kWh/t, т. е. к. п. д. печи равен 84% при теоретически необходимом количестве энергии в 340 kWh/t.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Энергия, расходуемая на рафинировку, зависит от времени и поэтому в первую очередь от потерь на лучеиспускание.

Чтобы свести эти потери до минимума, печь снабжается высококачественной изоляцией, а электроды—уплотняющими цилиндрами. Расход энергии на рафинировку составляет около 80—250 kWh/t в зависимости от ее продолжительности и от рода шлакования. Полный расход энергии на плавку, включая и рафинировку, колеблется в пределах от 550 до 750 kWh/t в зависимости от продолжительности процесса плавки и размеров печи. Эти данные относятся к инструментальной стали и к фасонному литью при условии нормального качества завалки. Расход графитных электродов составляет 3,5—4,5 kg на тонну стали при твердой и 1,8—2,5 kg/t при жидкой завалке (при применении угольных электродов их расход повышается до 10 kg/t).

За последнее время дуговые печи применяются при выплавке синтетического и специальных чугунов для изготовления машинных частей, как например, автомобильных цилиндров, точных зубчатых колес, компрессорных частей и пр., так как такое облагораживание чугуна лучше всего производится в дуговых электропечах.

Печи работают как с основной, так и с кислой набойкой. Продолжительность службы кладки ванны и крышки зависит, конечно, от правильного ухода за печью, но конструкция печей так усовершенствована, что при их обслуживании даже неопытным персоналом кладка крышки выдерживает более 200 плавок.

ХРОНИКА

К Всесоюзному с'езду по электросвязи и слабым токам

Учитывая общее состояние электросвязи и промышленности по технике слабых токов в СССР, Всесоюзный энергетический комитет намечает созвать в середине 1932 г. Всесоюзный с'езд по электросвязи и слаботочной промышленности.

Необходимость созыва такого с'езда вытекает из того, что, несмотря на грандиозный рост социалистического строительства и электрохозяйства страны, а также электросвязи, до настоящего времени не было ни одного об'единяющего с'езда или конференции по вопросам электросвязи и технике слабых токов. Это является серьезным пробелом в работе по данной отрасли нашего хозяйства. Между тем как в производстве, так и в эксплоатации электросвязи произошли у нас и за границей большие сдвиги и имеется много достижений. Без особых пояснений очевидна и ясна насущная потребность в созыве подобного рода с'езда.

С'езд должен будет проработать следующие основные вопросы:

1. Выявление реальной потребности СССР в аппаратуре, приборах, устройствах и сооружениях по телеграфии, телефотографии, телевидению, телемеханике, телефонии, радио, железнодорожной сигнализации и централизации, электрической сигнализации всех других видов, в линейных сооружениях и т. д.

2. Выявление состояния производства и эксплоатации по технике слабых токов и электросвязи в СССР и разработка наиболее целесообразных форм их реконструкции и расширения под углом зрения освобождения Союза от технической зависимости и от импорта на данном участке социалистической техники.

3. Выявление состояния научно-исследовательских работ по технике слабых токов и электросвязи и проработка единого плана научно-технических работ.

4. Обсуждение и проработка вопросов по состоянию технических условий, стандартов, норм испытаний и нормалей по технике слабых токов и электросвязи.

5. Обсуждение наиболее рациональных форм участия научно-исследовательских институтов, втузов и вузов в работах по улучшению качества выпускаемой продукции и по наиболее правильной ее эксплоатации.

6. Проработа вопроса о подготовке кадров пролетарских специалистов для промышленности, эксплоатации и научно-технических исследований в области электросвязи и в технике слабых токов вообще.

Программа

(ориентировочная)

Всесоюзного с'езда по электросвязи и слаботочной промышленности.

А. Научно-технические доклады

Телефония

1. Автоматизация телефонной связи и применение АТС в низовой связи.
2. Междугородная телефонная связь.
3. Центральные телефонные станции.
4. Диспетчерская телефонная связь.
5. Селекторная постанционная связь.
6. Линейно-путевая связь.
7. Промежуточные телефонные усилители (трансляции).
8. Низовая телефонная связь.
9. Новейшие течения в телефонии СССР и за границей.

Телеграфия

10. Телеграфный аппарат для абонентской связи.
11. Сорокократная телеграфная станция системы Шорина.
12. Новейшие телеграфные аппараты в СССР и за границей.
13. Кабельная телеграфия.
14. Коммутация на телеграфных станциях.
15. Промежуточные устройства при телеграфировании на далекие расстояния (трансляции).
16. Новейшие течения в области телеграфии в СССР и за границей.

Радио

17. Прохождение волн радиовещательного диапазона, коротких и ультракоротких.
18. Выбор диапазона волн для местной связи.
19. Новейшие методы контроля частот.
20. Магистральная радио-телефонная связь и связь на длинных волнах.
21. Местная радио-телефонная связь.
22. Типовые приемно-передаточные устройства коротких волн,
23. Антенна направленного действия для приема и передачи.
24. Борьба с помехами.
25. Многократная передача и прием по радио.
26. Типовые приемно-передающие устройства для внутриприобластной связи и радиовещания.
27. Приемные и трансляционные радиовещательные узлы.
28. Вещание направленное, на короткой волне и внутригородское,
29. Метровые и дециметровые волны (радиовещательные приемно-передающие устройства, антенны и др.).
30. Передвижки для внутриколхозной и местной связи.
31. Радиомаяки и поленгаторные станции.
32. Радиолюбительская аппаратура.

Комбинированная связь

33. Телефонная связь между отдельными вагонами и для связи из поезда с городскими абонентами.
34. Телефонирование путем накладывания одних разговоров на другие.
35. Использование для связи высоковольтных линий и линий сильного тока.
36. Диспетчерская связь для центрального управления районными электростанциями и сетями и другими промышленными комбинатами.
37. Одновременное телеграфирование и телефонирование.
38. Искусственные линии в устройствах связи.
33. Радиовещание по проводам связи и по специальным проводам.

Техническая акустика

40. Роль и значение электроакустики в области связи.
41. Технический прогресс в области репродукции звука.
42. Техническое состояние вопроса звукозаписи.
43. Проблема студийной и архитектурной акустики.
44. Новейшая микрофонная техника.

Система центральной блокировки

45. Автоблокировка.
46. Электрическая централизация.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

47. Диспетчерская централизация.
48. Механизация сортировочных станций.
49. Авторегулировка поездов, автостопы и копсигнализация.

Электрическая сигнализация

50. Служба времени.
51. Электрическая пожарная сигнализация.
52. Шахтная сигнализация.
53. Сигнализация для управления уличным движением.
54. Сигнализация тревожная.
55. Сигнализация извещающая.
56. Все другие виды электрической сигнализации.

Линии связи

57. Телефонные линии дальней связи.
58. Местные телефонные сети.
59. Телеграфные линии.
60. Каблирование местных сетей и узлов.
61. Каблирование междугородных связей.
62. Реконструкция линий связи СССР применительно к американской практике.
63. Биметаллические провода на линиях связи.
64. Суррогатирование проводов и других сооружений связи.
65. Константы линий и их нормализация.
66. Механизация работ по линейным сооружениям.
67. Консервация столбов.
68. Электросварка проводов связи.

Гидрометеорологическая служба

69. Современное состояние вопроса долгосрочных предсказаний времени, мощности гололеда и изморози.
70. Организация дела передачи предсказаний гололеда и изморози на линиях связи.
71. Состояние и перспективы развития исследований вредного воздействия гололеда, изморози, тумана, атмосферного электрического и земного магнетизма на телеграфно-телефонную проводную и беспроводную связь на линиях НКПС и НКПиТ.
72. Подверженность гололеду, изморози и туманам отдельных районов СССР.
73. Вибрация проводов и ее вредное влияние на линии связи.
74. Обледенение контактов реле путевой автоблокировки и переводов.
75. Типовая исследовательская станция по изучению влияния атмосферных явлений на линиях связи.
76. Новая аппаратура для исследований гололеда и других атмосферных явлений применительно к потребностям линий связи.

Влияние высоковольтных линий на провода связи и коррозия

77. Новые правила защиты линий связи и железнодорожной сигнализации от линий высокого напряжения.
78. Влияние линий электрических железных дорог на провода связи.
79. Влияние линий электропередач на провода связи.
80. Влияние линий автоблокировки на провода связи.
81. Коррозия и блуждающие токи.

Телефотография и телевидение

82. Передача неподвижных изображений и область применения.
83. Типовые профессиональные устройства передачи и приема неподвижных изображений.
84. Типовые любительские устройства.
85. Методы синхронизации при передаче неподвижных изображений.
86. Усиление фототоков.
87. Видение на расстояние неподвижных и подвижных предметов.
88. Цветное дальновидение.
89. Видение под водой.

Звуковое кино

90. Методы записи звуков для радиовещания и коммерческой телефонии.
91. Передача кино по радио и проводам.
92. Аппаратура для звукового кино и звукозаписи.

Телемеханика

93. Проблема управления на расстояние механизмами.
94. Световое реле.

Источники тока в технике связи

95. Новые способы питания электроэнергией в предприятиях связи.
96. Новые источники электроэнергии в области связи.
97. Выпрямители для питания устройств связи.
98. Автоматическая зарядка аккумуляторов.
99. Оборудование аккумуляторных помещений.
100. Вопрос увязки питания предприятий связи от сетей общего пользования.
101. Питающие устройства для радиопредприятий местной связи.

Измерения в технике связи

102. Новейшая аппаратура для измерений.
103. Новейшие методы измерений в проволочных цепях и в радио.
104. Нормы и единицы измерения.

Техникв безопасности в устройствах связи

105. Правила техники безопасности в предприятиях связи.

Вакуумная техника

106. Мощная экранированная генераторная лампа и приемно-усилительные экранированные лампы.
107. Лампа для телефонных трансляционных узлов.
108. Газотроны и ртутные колбы.
109. Фотоэлементы и неоновые лампы.
110. Лампы для ультракоротких и дециметровых волн.
111. Сигнальные лампочки.
112. Состояние лампового дела в области связи в СССР и за границей.

Материаловедение

113. О микалексе.
114. Специальные сорта стекла, применяемого в области связи.
115. Магнитные сплавы.
116. Высоковольтные конденсаторы.
117. Пупиновские катушки.
118. Унификация контактных материалов—электрических и термических.
119. Термоэлементы.
120. Высокосортное железо.
121. Биметалл для проводов.
122. Алюминий.
123. Изоляционный материал для кабелей.

Б. Производственные доклады

124. Доклад завода „Красная заря".
125. „ „ им. Кулакова.
126. „ „ „ Коминтерна.
127. „ „ „Севкабель".
128. „ „ „Электропровод".
129. „ „ им. Кольчугинского.
130. „ опытного аккумуляторного завода и Центральной аккумуляторной лаборатории.
131. Доклад завода „Мосэлемент".
132. „ „ „Мосэлектрик".
133. „ НКПС о заводском производстве.
134. „ НКПиТ о заводском производстве.

В. Плановые доклады ведомств и промышленности

135. Доклад НКПиТ.
136. „ НКПС.
137. „ НКВод.
138. „ НКВНД.
139. „ ВЭСО.
140. „ Госплана СССР.
141. „ Наркомзема СССР.

Г. Эксплоатационные доклады по электросвязи

142. Доклады НКПиТ о перспективах технической реконструкции всего комплекса электросвязи.
143. Организация связи при строительстве новых промышленных сельскохозяйственных комбинатов и заводов.
144. Доклады о взаимных помехах между ведомствами и промышленностью.
145. Организация телефонной сети в крупнейших городских центрах.
146. Организация и оборудование телефонных станций и узлов.
147. Организация радиоузлов для магистральной связи.
148. Организация узлов внутриобластной и внутрирайонной связи.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

149. Организация сетей радиовещания в СССР.
150. Доклад НКПиТ.
151. „ НКПС.
152. „ НКВод.

Д. Доклады по рационализации и стандартам

153. Доклад Всесоюзного комитета по стандартизации при СТО.
154. Доклад НКПиТ.
155. „ НКПС.
156. „ ВЭСО.
157. „ НКВНД.
158. „ НКВод.

Е. Доклады по изобретательству

159. Доклад НКПиТ.
160. „ НКПС.
161. „ ВЭСО.
162. „ НКВНД.
163. „ НКВод.
164. „ Комитета по изобретениям при СТО.

Ж. Доклады по кадрам

165. Доклад НКПиТ.
166. „ НКПС.
167. „ ВЭСО.
168. „ НКВод.
169. „ Наркомпроса.
170. „ Наркомата тяжелой промышленности.

БИБЛИОГРАФИЯ

Реакционные технические установки под флагом защиты теплофикации

Брошюра инж. В. М. Якуба **„Теплофикация и теплоэлектроцентрали“**, изд. ГНТИ, 1931, под редакцией Ж. Л. Танер-Таненбаума.

Рецензируемая брошюра является стенограммой лекций, прочитанных Б. М. Якубом на высших курсах капитального строительства, организованных Союзстроем в 1930 г.

Редактор брошюры т. Танер-Таненбаум целиком и полностью присоединяется в своем предисловии к основным положениям автора. Между тем, эти основные положения представляют реакционную, ревизующую Ленина установку, подменяющую важнейший элемент нашей технической реконструкции — электрификацию — неопределенным лозунгом энергификации. Этот лозунг смазывает коренные проблемы технической реконструкции на базе электрификации. Приведем выдержку из заключения книжки, составляющую как бы итог всей работы.

„Громадные термодинамические и экономические преимущества комбинированной выработки электрической и тепловой энергии позволяют рассматривать теплофикацию как большое техническое достижение.

Сооружение хамовнической и других ТЭЦ является громадным достижением нашей энергетики и должно явиться началом энергификации страны, наиболее совершенного этапа на пути разрешения энергетических проблем взамен электрификации, являющейся сейчас уже менее совершенным техническим методом“ (стр 40, разрядка рецензента).

С первым абзацом мы не спорим и громадную технико-экономическую выгодность теплофикации всецело признаем. Однако с выводами из этого положения—с теорией так называемой энергификации страны, противопоставляющейся электрификации, никак согласиться нельзя. Это есть совершенно незамаскированный поход против ленинской технической политики нашей партии.

Следует подчеркнуть, что мы имеем здесь дело не с индивидуальным высказыванием политически и экономически малограмотного инженера (и только ли малограмотного?), но с целым течением, с целой группой, поддерживающей эту теорию, выявляющей свои взгляды в выступлениях в Комакадемии, в работах в Госплане, Энергоцентре и других энергетических учреждениях и представляющих, по существу, тот „левый“ уклон в вопросах теплофикации, о котором говорил т. Каганович на июньском пленуме ЦК.

В чем сущность этой теории? Основные ее лозунги следующие: 1) строить преимущественно ТЭЦ, 2) против постройки станций на местном топливе, 3) против электронного транспорта и вообще против крупных линий передач, 4) против крупных станций за мелкие теплофикационные установки, особенно в сельском хозяйстве.

Первое положение находит свое отражение в следующем выводе инж. Якуба (стр. 16).

„Электроснабжение должно осуществляться в первую очередь путем сооружения теплоэлектроцентралей, и только нехватка в электрической энергии от ТЭЦ должна покрываться РЭС (районными электрическими станциями)“.

Решения партии (июньский пленум 1931 г.) и правительства (постановление СТО в июне 1930 г.) вынесены именно в том смысле, чтобы максимально форсировать строительство ТЭЦ. Но это бесспорное положение приводится для того, чтобы во второй части фразы противопоставить РЭС и ТЭЦ, т. е. чтобы сказать, что районные электрические станции, как правило, расположенные у источников местного топлива, не могут быть теплофикационными, а должны быть обязательно чем-то противоположным, т. е. конденсационными. Теплофикационными же могут быть будто бы лишь станции, расположенные только в центре потребления, т. е. вдали от местного топлива.

Вообще говоря, теплофикация, поскольку радиус действия тепловых сетей при нынешнем уровне техники передачи тепловой энергии весьма невелик, мыслима лишь при наличии тепловых потребителей, расположенных близко от станции. Однако такими потребителями могут быть не только старые города, но и промышленность, и новые городские поселки, строящиеся вокруг районной станции и источников местного топлива в порядке сооружения энергопромышленных, энерготранспортных и энергоагропромышленных комбинатов. Укажем на пример Бобриковской, Кемеровской и других ТЭЦ, расположенных на местном топливе. Из понимания ТЭЦ как располагаемой возле ранее существовавшего потребителя (как пример берется хамовническая ТЭЦ) вытекает установка против постройки теплофикационных станций у источников местного топлива. Выдвигается теория невыгодности электронного транспорта энергии в города от РЭС по сравнению с колесным транспортом топлива из района добычи к ТЭЦ, расположенной в месте потребления тепла. На стр. 42 Якуб утверждает: „надо сказать, что последние работы показывают, что топливо всегда выгоднее подавать на колесах к станции, чем гнать энергию по проводам высокого напряжения“ (разрядка рецензента).

О каких „последних работах“ идет речь, Якуб не упоминает, но во всяком случае его утверждение совершенно неверно и не соответствует действительности. Нет надобности подробно опровергать эту реакционную и механистическую установку Якуба. Сошлемся лишь на работу т. Руссаковского, посвященную сравнению колесного и электронного транспорта. труды топливной конференции Госплана 1930 г., где рядом подсчетов вполне убедительно доказывается выгодность электронного транспорта энергии по проводам по сравнению с колесным транспортом при низкокалорийном топливе, особенно при транспорте на большие расстояния больших мощностей. Колесный транспорт может быть выгоднее только в случае малых расстояний—до 100 km, малых количеств топлива и высокого качества последнего.

Многочисленные возражения „левых“ теплофикаторов имеются не только против линий передач, играющих роль электронного транспорта, но и вообще против единой высоковольтной сети. Они считают невыгодным и ненужным тратить средства на линии передач, считая более целесообразным везде, где нужна электрическая энергия, сооружать теплоэлектроцентрали, ввиду того, что всюду, мол, и всегда имеются тепловые потребители. Отсюда же и следует, что силовые установки должны быть мелкие (иначе без крупных сетей не обойдешься). Заявления эти большей частью голословны, так как сравнительных подсчетов разных вариантов электрической системы не проводится. Мы должны категорически высказаться против таких перспектив, поскольку технически, экономически и политически они означают шаг назад.

Необходимо ориентироваться в основном на сооружении крупных теплоэлектроцентралей с учетом нужных конденсационных хвостов. Эти теплоэлектроцентрали должны быть связаны районными и межрайонными линиями передач вплоть до образования единой высоковольтной сети СССР. Последняя имеет огромное значение для надежности и бесперебойности.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

всей хозяйственной жизни страны и позволяет более свободно размещать промышленность вне связи с близкой топливной базой.

Совершенно не доказано, что мелкие, хотя бы даже и теплофикационные, установки дешевле крупных в эксплоатации, не говоря уже о капитальных затратах на 1 установленный киловатт, так как амортизационные отчисления будут съедать экономию на топливе, полученную от комбинированной выработки тепла и энергии в небольших масштабах.

Отсюда, однако, не следует ни в каком случае, что мы должны отказаться вообще от мелких и средних теплосиловых установок, особенно в случае наличия отбросного топлива, как например, в сельском хозяйстве (солома, костра и др.).

Однако такие станции не будут играть какой-либо решающей роли. Ведущую роль должны играть крупные установки, которые составляют основу всей социалистической системы энергетического хозяйства страны.

Надо отметить, что вообще электрификация всей страны, очевидно, совершенно не понимается Якубом, представляющим электрификацию только как построение ряда электрических станций и притом именно конденсационных. Ленин же понимал под электрификацией подведение новой технической и энергетической базы под все народное хозяйство страны, реконструкцию всего народного хозяйства на новой технической базе, на базе электричества, создание материально-технической основы социализма.

Лозунг теплофикации, таким образом, никак не можетпротивопоставляться общему лозунгу электрификации.

Надо указать еще на один момент неправильного подхода инж. Якуба к строительству ТЭЦ в советских условиях. Говоря о выборе оборудования и величине давления (стр. 29—30), инж. Якуб ориентируется только на заказы иностранным фирмам—европейским и американским, но ни слова не говорит о том, какие же конструкции и давления нужно разрабатывать и производить на наших заводах, смазывая тем самым задачу освобождения от иностранной зависимости.

Резюмируя, можно сказать, что, несмотря на удовлетворительное изложение физической и УЗКО технической сущности теплофикации с точки зрения основных установок, разбираемая книга является вредной дезориентирующей советского работника и искажающей техническую политику партии.

М. Грановская

Об одной буржуазной попытке написать историю выключающей аппаратуры

Ю. ШПРИНГЕР **„Историческое развитие техники выключения высокого напряжения“, Макс Фогельзанг, изд. Берлин**

„Die geschichtliche Entvicklung der Hochspannungs—Schaltechnik“, Max Vogelsang, Eerlag Julius Springer, Berlin.

Исключительное развитие, которое получила в последние десятилетия электротехника, дало возможность подытожить весь богатый опыт и написать историю отдельных отраслей ее. К одной из таких отраслей принадлежит выключающая аппаратура. Потребность проанализировать все этапы развития выключающей аппаратуры особенно стала настоятельной теперь, когда техника разрыва тока в больших современных централях переживает глубокий кризис.

Выключающая аппаратура современных электрических станций не в состоянии гарантировать во всех случаях нарушений режима системы при больших мощностях своевременное и удовлетвоорительное отклонение поврежденных участков сети и поэтому является на сегодняшний день слабым звеном передачи и распределения энергии. Многочисленные рецепты, посыпавшиеся за последние 2—3 года со стороны мировых капиталистических фирм, своей разношерстностью и случайностью лишь подтверждают наличие этого кризиса, не указывая выхода из него.

Капиталистическая техника в области выключателей отразила на себе все черты, которыми сопровождается развитие самого капитализма: бесплановость и анархизм производства, конкуренция и погоня за прибылями, частная собственность на средства производства и пр.

Автор „Исторического развития техники выключения высокого напряжения“ Маркс Фогельзанг, сам того не подозревая, дает в своей книжке материал для вскрытия этих противоречий.

Так например, описывая трудности составления истории развития техники 90-х годов (период зарождения основных видов выключающей аппаратуры: масляного выключателя, плавкого предохранителя, максимального автомата и т. п.), он скорбит о скудости материалов ввиду особенного секретничества фирм.

На выключающую аппаратуру и на процессы выключения смотрели тогда, как на неинтересное дело, разрешить которое поручалось электротехникам „второго сорта“, кустарям от электротехники, чуть ли не знахарям. Несмотря на то, что книжка Фогельзанга охватывает период до 1914 г., в ней нигде не упоминается о развитии взглядов на физическую природу дуги и способы ее гашения. Несмотря на большой разнобой и большое в этом отношений отставание физики от техники, попытки такого осмысливания со стороны физиков все же имели место, в особенности в Германии. Правда, они базировались исключительно на экспериментальном материале с дугами малой мощности, и для капиталистической техники с ее ползучим эмпиризмом весьма характерно, что первая (весьма грубая) формула, относящаяся к работе мощной дуги, появилась всего лишь в 1916 г. (Бауэр—Швейцария).

„История“ буржуазного исследователя Фогельзанга не есть, конечно, история в марксистском понимании. В ней читатель найдет эклектическое перечисление конструкций в хронологическом порядке, подробное для Германии и для ее фирм, но поверхностное для других стран (особенно Франции). Когда автор начинает оперировать фактами, то его рассуждения приобретают материалистический характер: так например, он вполне резонно отвечает, что идея масляного выключателя не осенила избранного электротехника-изобретателя, а создавалась в продолжение ряда лет (5 лет) в процессе упорного экспериментирования в ряде стран сразу, так как уровень развития электротехники в этих странах для этого созрел. Но дальше автор опять сбивается на идеалистическую дорожку и пытается внушить читателю мысль, что большинство важнейших изобретений возникало по наитию свыше.

Надо отметить, что довольно обширный материал, собранный в книге, хотя и не дает истории развития физической стороны вопроса и вообще диалектики развития выключателей аппаратуры,—все же позволяет проследить на ряде документов, как целый ряд новых идей в выключателях, появившихся за последние 2—3 года (водяной выключатель, сжатого воздуха, масляного дутья, многократного разрыва и пр.) имел своих предшественников на заре электротехники.

Принимая во внимание совершенную недостаточность нашей советской и передовой литературы по данному вопросу, нужно признать желательным перевод книжки Фогельзанга при условии ее радикальной переработки. Большой фактический материал позволит, пользуясь марксистско-ленинским методом материалистической диалектики, вскрыть подлинную картину развития этой отрасли электротехники в увязке со всем развитием производительных сил и общественно-производственных отношений.

Совершенно необходимым является также дополнение книжки главами, которые охватили бы период после 1914 г. до наших дней и показали бы роль и значение проблемы выключающей аппаратуры, а также пути ее разрешения в условиях планового социалистического электрохозяйства и электропромышленности.

И. Палицын

ОНТИ—ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Техред **Е. Чебышева**

РЕДКОЛЛЕГИЯ: Е. С. Аватков, В. И. Вейц, М. И. Грановская, Я. А. Климовицкий, И. С. Палицын, М. И. Рубинштейн, А. Н. Сазонов, М. А. Шателен, Я. И. Шпильрейн
ОТВ. РЕДАКТОР Я. А. Климовицкий.

Сдано в набор 25/I. Подписано к печати 2/III. Бумага 62×94. Печатных листов $7^1/_2$. Печатных знаков в листе 78.800

Уполномоченный Главлита Б—17244

Тираж 12000 Москва, 9-я типография Мособлполиграфа, улица Разина, Юшков п., 10 Зак. 462

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

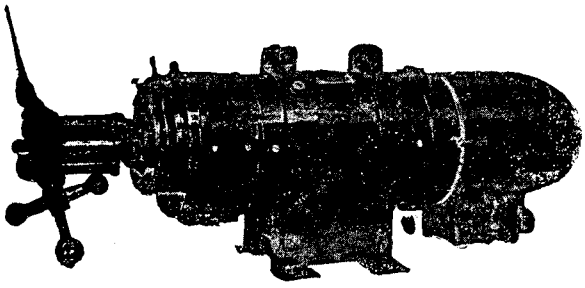
ГЕНЕРАТОРЫ и КОНВЕРТОРЫ

для радио

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МОТОРЫ

от $^1/_{50}$ до $^1/_6$ C. V.

ВЕНТИЛЯТОРЫ—СВЕРЛА



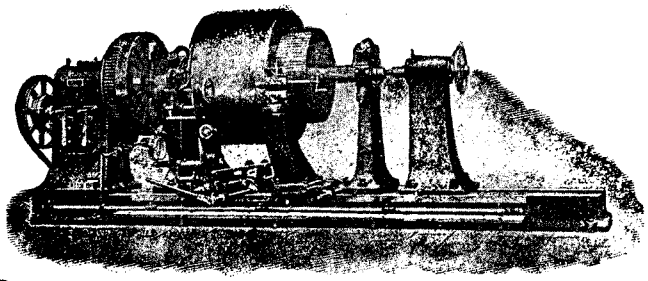
ÉTABLISSEMENTS

E. RAGONOT

15 Rue de Milan, Paris.

ПОСТАВЩИКИ СССР

122/649



Обмоточный и бандажировочный станок, мод. PV, при бандажировании трамвайного ротора

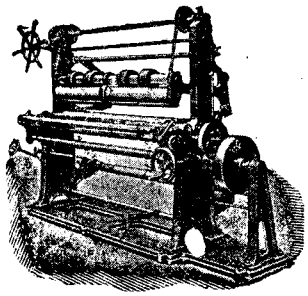
H. F. Stollberg

Maschinenfabrik G. m. b. H.

Offenbach a. M.

Основана в 1875 г.

Вспомогательные машины для всей электро-промышленности



Машина для обмотки гильз, мод. VH

Машины для оклейки жести — Машины для лакировки жести — Машины для обмотки катушек — Станки для бандажирования якорей — Перемоточные машины — Гидравлические пресса — Машины для штамповки каналов — Волочильные станки для профильной меди — Машины для обмотки изоляционных трубок для трубок из папье-маше

6649

„INREKLAMA"

Ausländischer Reklame-und Annoncedienst

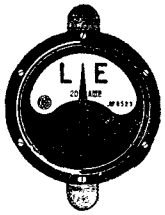
Moskau, Roschdestwenka, 19/10

Die Anzeigenwerbung für unsere Zeitschrift in Deutschland, Oesterreich, Tschechoslowakei, Holland, Schweden, Norwegen und Dänemark besorgt ausschliesslich das Reklamebüro „INREKLAMA" durch seine Vertretung Industrie-und Handelsreklame

„TORGPROM", G. m. b. H.

Berlin W 35, Kurfürstenstrasse 33

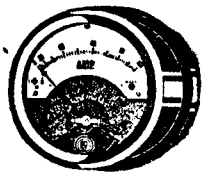
Prospekte und Probenummern kostenlos



Электрические измерительные приборы любого рода

KAHNT & RIEDE

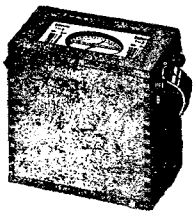
GERA (Германия)



Наша специальность:

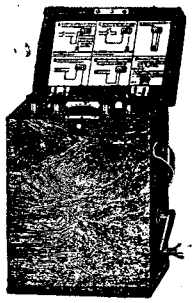
Измерительные элементы

в фарфоровой коробке 65×65 мм, непроницаемы для воды и газов



Измерительные аггрегаты

для ввертывания в нормальные предохранительные элементы со сменными амперметрами для силы тока от 1—100 а.



6663

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли
При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога образцов и проспектов, просим ссылаться на № нашего журнала

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Трубопроводы всякого рода

проектирует и поставляет

P. FISCHER & CO.

FRANKFURT a. M.-SUD 10

Телегр.-адрес: Röhrenfischer-Frankfurtmain

Представительства во всех больших городах Германии и заграницей

Полные трубопроводные установки для пара высокого давления, для рабочих давлений до 40 атм. и выше и для максимального давления пара.

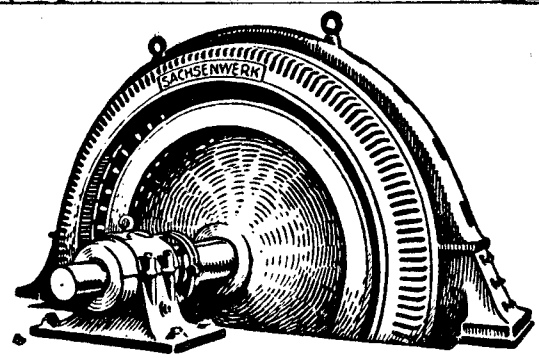
Трубопроводы для городских и фабричных отопительных установок и для районных отопительных станций.

Поставка всех отдельных частей вплоть до самых больших внутренних диаметров.

Сварочные работы всякого рода для любого давления вплоть до 300 атм.

Автогенная, алюминиевая и электрич. сварка, собственная трубо-загибочная для сгибания труб внутренних диаметров до 600 мм., **солидное** и **быстрое** обслуживание.

17026



SACHSENWERK

ГЕНЕРАТОРЫ-ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ
для промышленности, ремесленных производств и сельского хозяйства

ТРАНСФОРМАТОРЫ
аппараты высокого и низкого напряжения
инсталяционный материал

ПОСТРОЙКА ЦЕНТРАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ
и передача тока на расстояние
электрические железные дороги

ПЫЛЕСОСЫ

РАДИО-АППАРАТЫ

АККУМУЛЯТОРЫ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

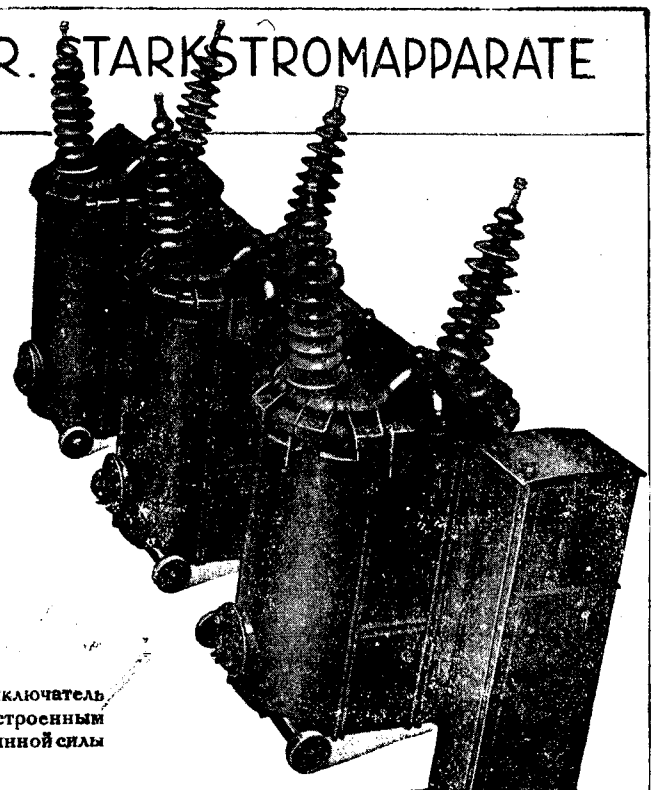
Sachsenwerk, Niedersedlitz (Sa)

591/1897 Германия

SPEZIALFABRIK ELEKTR. STARKSTROMAPPARATE
und SCHALTANLAGEN

Специальный завод электрических аппаратов и распределительных установок

Наши масляные выключатели показали свою надежность во всех отношениях. Конструкция их является результатом 20-и летнего опыта в области фабрикации масляных выключателей и отвечают всем требованиям при всевозможных условиях.



Масляный выключатель 110 кВ. с пристроенным приводом магазинной силы

6652

EMAG ELEKTRIZITÄTS-AG FRANKFURT AM

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли. При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Трубопроводы всякого рода

проектирует и поставляет

P. FISCHER & CO.

FRANKFURT a. M.-SUD 10

Телегр.-адрес: Röhrenfischer-Frankfurtmain

Представительства во всех больших городах Германии и заграницей

Полные трубопроводные установки для пара высокого давления, для рабочих давлений до 40 атм. и выше и для максимального давления пара.

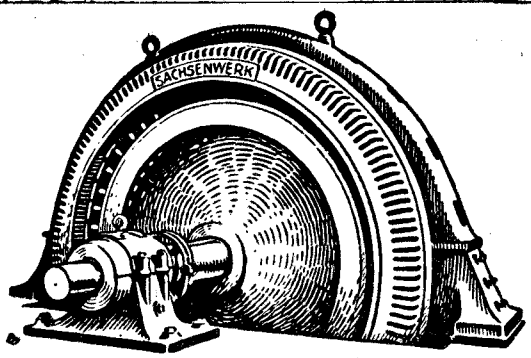
Трубопроводы для городских и фабричных отопительных установок и для районных отопительных станций.

Поставка всех отдельных частей вплоть до самых больших внутренних диаметров.

Сварочные работы всякого рода для любого давления вплоть до 300 атм.

Автогенная, алюминиевая и электрич. сварка, собственная трубо-загибочная для сгибания труб внутренних диаметров до 600 мм., **солидное** и **быстрое** обслуживание.

17026



SACHSENWERK

ГЕНЕРАТОРЫ-ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, РЕМЕСЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ТРАНСФОРМАТОРЫ
АППАРАТЫ ВЫСОКОГО И НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ
ИНСТАЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

ПОСТРОЙКА ЦЕНТРАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ
И ПЕРЕДАЧА ТОКА НА РАССТОЯНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

ПЫЛЕСОСЫ

РАДИО-АППАРАТЫ

АККУМУЛЯТОРЫ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

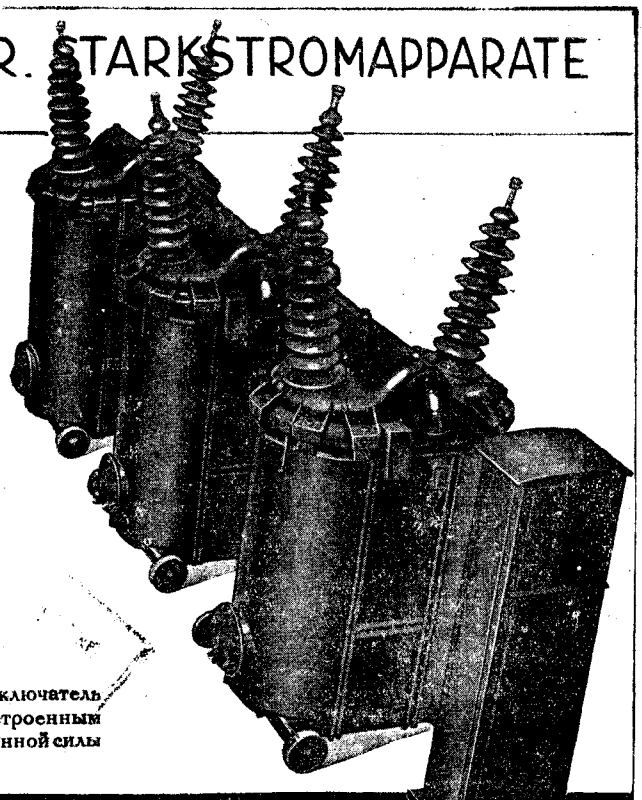
Sachsenwerk, Niedersedlitz (Sa)

591/1697 Германия

SPEZIALFABRIK ELEKTR. STARKSTROMAPPARATE
und SCHALTANLAGEN

Специальный завод электрических аппаратов и распределительных установок

Наши масляные выключатели показали свою надежность во всех отношениях. Конструкция их является результатом 20-и летнего опыта в области фабрикации масляных выключателей и отвечают всем требованиям при всевозможных условиях.



Масляный выключатель 110 кВ. с пристроенным приводом магазинной силы

6652

EMAG ELEKTRIZITÄTS-AG. FRANKFURT A M

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли.
При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Трубопроводы всякого рода

проектирует и поставляет

P. FISCHER & CO.

FRANKFURT a. M.-SUD 10

Телегр.-адрес: Röhrenfischer-Frankfurtmain

Представительства во всех больших городах Германии и заграницей

Полные трубопроводные установки для пара высокого давления, для рабочих давлений до 40 атм. и выше и для максимального давления пара.

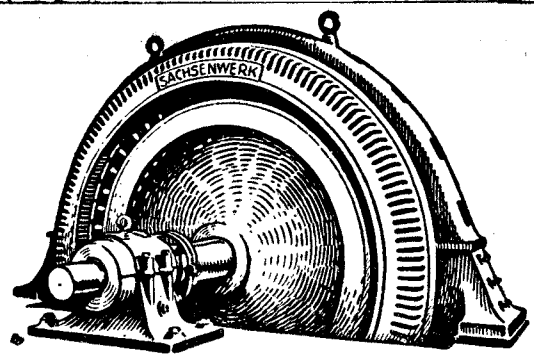
Трубопроводы для городских и фабричных отопительных установок и для районных отопительных станций.

Поставка всех отдельных частей вплоть до самых больших внутренних диаметров.

Сварочные работы всякого рода для любого давления вплоть до 300 атм.

Автогенная, алюминиевая и электрич. сварка, собственная трубо-загибочная для сгибания труб внутренних диаметров до 600 мм., **солидное** и **быстрое** обслуживание.

17026



SACHSENWERK

ГЕНЕРАТОРЫ-ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, РЕМЕСЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ТРАНСФОРМАТОРЫ
АППАРАТЫ ВЫСОКОГО И НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ
ИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

ПОСТРОЙКА ЦЕНТРАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ
И ПЕРЕДАЧА ТОКА НА РАССТОЯНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

ПЫЛЕСОСЫ

РАДИО-АППАРАТЫ

АККУМУЛЯТОРЫ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

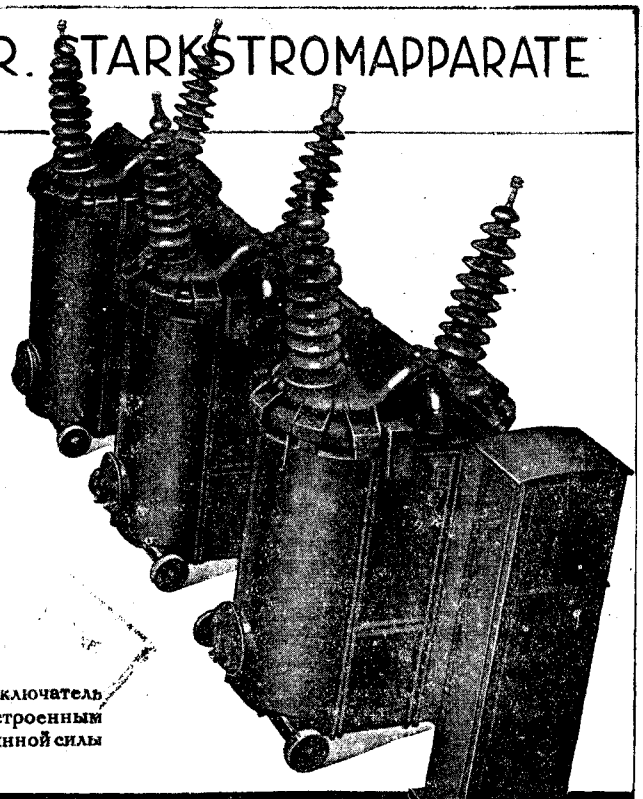
Sachsenwerk, Niedersedlitz (Sa)

591/1897 Германия

SPEZIALFABRIK ELEKTR. STARKSTROMAPPARATE und SCHALTANLAGEN

Специальный завод электрических аппаратов и распределительных установок

Наши масляные выключатели показали свою надежность во всех отношениях. Конструкция их является результатом 20-и летнего опыта в области фабрикации масляных выключателей и отвечают всем требованиям при всевозможных условиях.



Масляный выключатель 110 кВ. с пристроенным приводом магазинной силы

6652

EMAG ELEKTRIZITÄTS-AG. FRANKFURT A M

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли. При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Sachgemässe Beratung in allen Fragen

der

ausländischen Reklame in der Sowjetunion

bietet unverbindlich:

Generalvertretung des Staatl. Anzeigenbüros „Inreklama", Moskau, in: Deutschland, Österreich, Tschecho-Slowakei, Holland, Schweden, Norwegen und Dänemark:

Industrie- und Handelsreklame „TORGPROM" G.M.B.H.

Berlin W 35, Kurfürstenstr. 33
Tel. B 2 Lützow 8603

Просьба к читателям

желающим выписать каталоги или пр. информационный матерал иностран. фирм, заполнить помещенный внизу текст, вырезать его, вложить в конверт снабженный 15 коп. маркой и отправить фирме по адресу, указанному в об'явлении или статье журнала.

Фирме: .....

.....

В .....

Ссылаясь на В/ об'явление в технических журналах Союза ССР, прошу (сим) выслать мне (нам) по нижеследующему адресу каталог или информационный материал об изделиях В/ производства и особенно в отношении

.....

.....

.....

.....

Фамилия или учреждение: .....
(Разборчиво)

Специальность: .....

Адрес: .....

.....

КРИТИЧЕСКИЕ ПОКУПАТЕЛИ

требуют только наши

Рулоны для регистрации ПЕРФЕКТ

Требуйте бесплатные предложения.

Специальность!

1. Бумага с миллиметровым делением.
2. Бумага с логарифмическим делением.
3. Бумага, разлиненная по треугольной и полярной системе координат.

При запросах просим присылать образец печатного текста и указывать требуемое количество экземпляров, длину рулонов, а также диаметр внутреннего отверстия.

Carl Schleicher & Schüll
Düren, Rheinland

281.28

Сплавы и металлы, плавленые при вакууме

Хромоникелевая проволока для нагревательных элементов для отапливаемых электричеством калильных печей для промышленности и предметов домашнего хозяйства, с содержанием хрома от 11 до 33%.

Тянутые без швов трубы из хромоникеля, плавленого в вакууме, как-то: защитные трубы для пирометров и для химической промышленности.

Сплавы высшей теплостойкости для машинных частей, которые должны выдерживать длительные рабочие температуры до 1000°.

Антикатоды из меди, подвергнутой плавке в вакууме, для рентгеновских трубок. Свободная от газа чистая никелевая проволока и лента для ламп накаливания, усилительных и передаточных трубок. Свободная от газа токоподводящая проволока для ламп накаливания из сплава железо-никеля.

Термоэлементы из плавленых при вакууме неблагородных металлов с постоянной кривой градуировкой, измерение температур от 800 до 1100°.

Гереус-Вакуумшмельце
А. О.
Ганау И. М. (Германия)

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли.
При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ВО ВСЕМ МИРЕ

специалистами признано, что

РЕЛЭ БУХГОЛЬЦА

являются надежнейшим устройством для защиты

ТРАНСФОРМАТОРОВ.

В настоящее время свыше

11000 шт.

таких устройств защищают трансформаторы общей мощностью

ок. 45 миллионов kVA

На основании нашего общего договора, все запросы и заказы для С.С.С.Р. следует направлять через

Отдел Силовых Установок и Электротехники Торгового Представительства С.С.С.Р. в Германии (Берлин) или ОБ'ЕДИНЕНИЮ ЭЛЕКТРОИМПОРТ МОСКВА.

MAX BUCHHOLZ
G.M.B.H. KASSEL (ГЕРМАНИЯ)
AMALIENSTRASSE 1

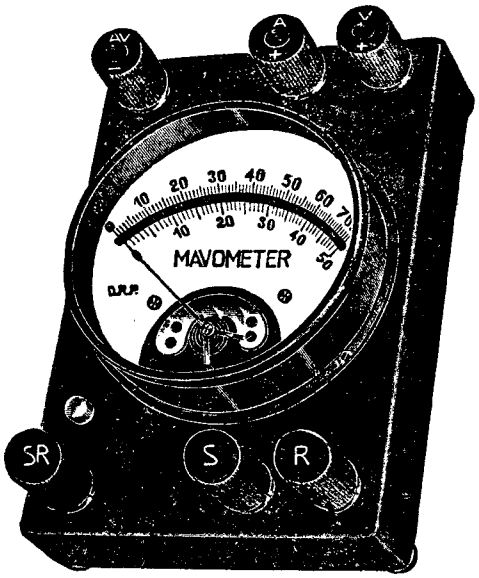
)METER

ент заменяет
ных приборов

Наш универсальный мавометр

со сменными предвключаемыми и шунтовыми сопротивлениями (Германск. Государств. Пат.) применим для всех встречающихся на практике измерений напряжения, тока и сопротивления, а именно, начиная от 1-го милливольта до 2000 вольт, от 20 микро-ампер до 250-ти ампер и от 5-и ом до 50-и мегом. Благодаря своей высокой показательной точности, мавометр пригоден не только для контрольных измерений в работе и на монтаже, но, в особенности, и для научных измерений в институтах и лабораториях.

По желанию высылается подробный проспект.



GOSSEN
ERLANGEN-BAY.

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли
При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога, образцов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru