

621.311(05)

э-45

№ 2951

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАНЦИИ

7-12



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1951

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

7

ИЮЛЬ
1951

Орган Министерства электростанций СССР

22-й ГОД ИЗДАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

Обращение ко всем рабочим и инженерно-техническим работникам, занятым эксплуатацией и ремонтом строительных машин, механизмов, автомобильного и железнодорожного транспорта на строительстве Министерства электростанций	3	А. Г. Рысс — Уплотнение битумными обмазками стыков, находящихся под вакуумом	50
Передовая — За быстрое устранение недостатков в области капитального строительства	5	А. А. Булюгин — Применение рециркуляции котловой воды	50
С. П. Хижняк и Е. И. Чулков — Первые итоги изготовления и эксплуатации шипового экрана	8	Е. М. Аристов — Установка для нейтрализации избыточной щелочности Na-катионированной воды	51
Е. П. Шубин — О выборе рациональных режимов загрузки отборов теплофикационных турбин	14	А. М. Губанов — Особенности конструкции турбин АЕГ	52
С. М. Гурвич, Е. И. Кунина и М. И. Чиркин — Работа противоточного катионитового фильтра без водяной подушки	18	М. Р. Шварцман — Наладка работы предельного регулятора турбины	53
А. А. Боровой — Типовое проектирование тепловых электростанций	22	И. В. Малхасян — Улучшение работы клапанов срыва вакуума на поворотнлопастных гидротурбинах	53
Л. И. Двоскин — Полный пакет плоских шин	26	Т. П. Мусатов — Замечания по упрощению и удешевлению понизительных подстанций 35—110 кв	54
О. Г. Вексельман — Некоторые пути дальнейшего снижения стоимости строительства линий электропередачи	29	Е. С. Габа и В. С. Макогон — Внедрение устройств автоматической разгрузки по частоте	55
В. Л. Иносов, В. Е. Крутикова и Л. В. Цукерник — Компаундирование с электромагнитным корректором для мощных гидрогенераторов	33	Н. Е. Иогансон — Искусственный теплоотвод выключателя ВМГ	56
А. Б. Барзам — Особенности автоматического повторного включения и автоматической разгрузки по частоте на подстанциях с синхронными компенсаторами	36		
Б. М. Плющ — Новые инерционные спиральные плавкие вставки для предохранителей	41		
		ХРОНИКА	
ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ		25 лет эксплуатации гЭС Боз-Су	58
Н. Л. Бутенко — Изготовление металлоконструкций здания электростанции силами монтажной организации	43	Первое совещание по эксплуатации тепловых сетей	58
К. Н. Примогонов — Использование автокрана на монтаже открытой подстанции 220 кв	45	Совещание передовых рабочих и инженерно-технических работников строительства и торфопредприятий по обмену опытом механизации земляных работ	59
Е. А. Антонов — Изготовление свинцовых труб без швов для кабельных муфт	46	Партийно-технические конференции по вопросам внедрения новой техники на электростанциях	59
А. С. Львов — Станки для правки и рубки электродной проволоки	46	О рассмотрении „Правил устройства электротехнических установок“	60
ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ		О приеме в аспирантуру ВТИ	60
С. Н. Макарин — Ликвидация пережога труб пароперегревателя	48		
В. М. Посутман — Улучшение шахтно-цепных торфяных топок	48		
		ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ	
		Вторичный газовый перегрев пара, обраб. И. И. Квирин	61
		Стальные трубы с бетонным заполнением для опор высоковольтных линий, обраб. Я. М. Червоненкис	62
		КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ	
		В. П. Хацинский — Рецензия на книгу Е. В. Китаева и Н. Ф. Гревцева „Курс общей электротехники“	64

□ □ □

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. А. Боровой, П. Г. Грудинский, К. Д. Лавренко, С. Г. Мхитарян,
В. А. Попов, Б. М. Соколов, И. А. Сыромятников, С. Ц. Фаерман,
Д. Г. Чижов

Главный редактор Д. Г. Чижов

**Адрес редакции: Москва, Ветошный пер., ГУМ, III корпус, I эт., пом. 164.
Телефоны: редакции К 5-21-22; главного редактора Б 3-18-46 и номм. К 1-02-80, доб. 1-40**

Ко всем рабочим и инженерно-техническим работникам, занятым эксплуатацией и ремонтом строительных машин, механизмов, автомобильного и железнодорожного транспорта на строительстве Министерства электростанций

Воплощая исторические указания товарища Сталина о новом мощном подъеме народного хозяйства, данные в его речи 9 февраля 1946 г., советский народ под руководством коммунистической партии успешно осуществил выполнение первого послевоенного пятилетнего плана восстановления и развития народного хозяйства СССР.

В нашей стране начато сооружение гигантских сталинских строек коммунизма — Куйбышевской, Сталинградской и Каховской гидроэлектростанций; Волго-Донского, Главного Туркменского, Южно-Украинского и Северо-Крымского каналов и одновременно осуществляется строительство десятков новых крупных гидравлических и тепловых электростанций, сооружаются тысячи километров новых высоковольтных линий электропередачи.

Строительство новых электростанций и торфопредприятий связано с большими объемами трудоемких земляных работ, транспортных, погрузочно-разгрузочных и работ по изготовлению и монтажу металлоконструкций, успешное осуществление которых возможно лишь на базе высокой механизации.

На строительстве Министерства электростанций в 1951 г. на этих работах будут использованы сотни землеройных машин и механизмов, мощные средства гидро-механизации, автомобильный и железнодорожный транспорт большой грузоподъемности, многочисленные краны и многие другие механизмы.

Мы, рабочие и инженерно-технические работники строительства, участники совещания по обмену передовым опытом механизации земляных работ на строительстве Министерства электростанций, тщательно обсудили положительный опыт работы, имеющийся в этой области на строительстве электростанций: Верхне-Свирской, Мингечаурской, Камской, Горьковской, Кураховской и др.

Наряду с докладами инженерно-технических работников, на совещании был заслушан доклад машиниста экскаватора Пономарева, принявшего на социалистическую сохранность экскаватор «Ковровец».

Тов Пономарев благодаря тщательному уходу за экскаватором, систематическому осмотру и смазке всех механизмов машины перед началом работы, в процессе производства работ и в конце рабочего дня, своевременно проведению профилактических ремонтов и овладению

в совершенстве лучшими методами экскавации добился ежемесячного выполнения норм выработки на 200—250%

Экскаватор, управляемый т. Пономаревым, не имеет поломок и аварий и после 9 мес. работы, прошедших со дня принятия экскаватора на социалистическую сохранность, находится в отличном состоянии.

Руководством строительства был проведен ряд мероприятий, содействовавших успешной работе т. Пономарева: применение электропрогрева и паропрогрева мерзлого грунта коренным образом облегчили зимние условия экскавации; был организован подогрев днищ кузовов самосвалов отработавшими газами, проведено закрепление самосвалов за экскаватором; машина своевременно обеспечивается топливом, смазкой, инструментом и приспособлениями.

Многие рабочие на других строительствах также приняли на социалистическую сохранность обслуживаемые ими строительные машины и механизмы и добились больших производственных успехов. К числу этих передовых рабочих относятся машинисты экскаваторов на строительстве: т. Бренцов, т. Кузьмин, т. Даглян, т. Захаренко, т. Васильев, т. Колбин, т. Бродников, т. Лопухин, т. Шевелев, т. Приходько, т. Демьяненко, т. Рыльцев, т. Степаненко, багермейстер т. Ковалев, начальник земснаряда т. Рябчиков и многие другие.

Решающим условием производственных успехов, достигнутых передовыми рабочими, являются их личное мастерство в овладении машинами и содружество в работе с инженерно-техническими работниками, помогающими им в организации работ.

Однако, наряду с положительным опытом, мы обязаны с большевистской самокритичностью признать наличие на строительствах в деле использования огромных средств механизации серьезных недостатков, выражающихся прежде всего в больших простоях машин, в авариях и поломках и неудовлетворительной организации ремонтов машин и механизмов.

Для повсеместного внедрения передового производственного опыта, которым обладают многие рабочие и инженерно-технические работники, и ликвидации недостатков, имеющихся в использовании мощных средств механизации: на строительствах Министерства электростанций, мы, участники совещания, обязуемся, вернувшись на строительства,

принять на социалистическую сохранность обслуживаемые нами машины и механизмы; взять обязательства по увеличению сроков работы машин и механизмов между средними и капитальными ремонтами, быстрой ликвидации аварий с ними, экономному расходованию электроэнергии и пара, смазочных и обтирочных материалов.

Мы обязуемся выполнить к 34-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции годовые директивные нормы выработки на обслуживаемых нами машинах и механизмах.

Мы призываем всех рабочих экскаваторных бригад, машинистов скреперов, бульдозеров, гидромониторщиков и рабочих, обслуживающих пловучие землесосные снаряды, водителей автомобильного транспорта, машинистов паровозов и их помощников, рабочих, обслуживающих подъемные краны и другие механизмы, а также инженерно-технических работников строительства электростанций и торфопредприятий последовать нашему примеру и принять на социалистическую сохранность вверенные им строительные машины, механизмы, автомобильный и железнодорожный транспорт и развернуть социалистическое соревнование за долговечную сохранность и высокопроизводительное использование всех средств механизации.

Мы призываем рабочих и инженерно-технических работников, занятых на ремонтах машин и механизмов и на изготовлении запасных частей к ним, бороться за высокое качество ремонтных работ и выполнение их в сроки, установленные графиком, экономить материалы, восстанавливать изнашиваемые части и детали машин и механизмов.

Успешное выполнение принимаемых нами обязательств будет зависеть от содружества и помощи инженерно-технических работников. Поэтому мы призываем мастеров, прорабов, начальников участков, инженеров и техников широко поддержать инициативу передовых рабочих по при-

ятию на социалистическую сохранность машин и механизмов и обеспечить высокопроизводительное использование всех средств механизации своевременной разработкой проектов организации работ, технологических правил ведения работ; организацией строительно-монтажных работ по суточным графикам; своевременным проведением профилактических ремонтов машин и механизмов; закреплением за экскаваторами необходимых транспортных средств; ликвидацией обезлички в обслуживании машин и механизмов.

Руководители и инженерно-технические работники строительства, трестов и главных управлений должны широко практиковать организацию выступлений непосредственно на стройках передовых рабочих с докладами о своих методах работы, проводить производственные экскурсии как внутри строительства, так и на другие стройки для практического ознакомления рабочих с передовыми приемами и методами работы лучших рабочих-стакановцев.

Необходимо ежемесячно подводить итоги социалистического соревнования рабочих и инженерно-технических работников-механизаторов и присваивать им звания лучших работников по отдельным профессиям как непосредственно на стройках, так и по трестам.

Мы призываем всех рабочих и инженерно-технических работников обсудить наше обращение в бригадах, на участках и ответить на него широким развертыванием социалистического соревнования за дальнейшее увеличение темпов энергетического строительства, за ввод в эксплуатацию новых электростанций и торфопредприятий в сроки, установленные государственным планом.

Да здравствует наша социалистическая Родина!

Да здравствует наш вождь и учитель, ведущий советский народ к победе коммунизма, дорогой и любимый Иосиф Виссарионович Сталин!

Принято единогласно на Советании передовых рабочих и инженерно-технических работников строительства электростанций и торфопредприятий Министерства электростанций

ЗА БЫСТРЕЙШЕЕ УСТРАНЕНИЕ НЕДОСТАТКОВ В ОБЛАСТИ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Советские энергостроители достигли значительных успехов в выполнении заданий Сталинской послевоенной пятилетки. С 1946 по 1950 г. восстановлены пострадавшие во время войны электростанции Донбасса, Приднепровья, Киева, Харькова, Одессы, Севастополя, Сталинграда, Минска и многих других городов. Восстановлены все разрушенные гидроэлектростанции, в том числе Днепровская имени Ленина. Построены и полностью введены в действие новые крупные тепловые и гидравлические электростанции: Щербаковская гэс, Фархадская гэс, Храмская гэс, Краснополянская гэс, Шекинская грэс и др. Широко развернуто строительство крупнейших гидравлических электростанций — Горьковской на Волге и Молотовской на Каме. Развернуты работы на стройках коммунизма — Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций на Волге и Каховской на Днестре. Ведутся работы и на десятках других крупных тепловых и гидравлических станций.

Из года в год возрастает объем капитальных работ, выполняемый строителями Министерства электростанций. Работа передовых строительных коллективов Днепростроя и Храмгэсстроя высоко оценена Правительством присуждением им Сталинской премии за 1950 г.

Вместе с тем в работе строителей и монтажников Министерства имеются существенные недостатки, в результате чего ввод в действие новых мощностей на некоторых тепловых и гидравлических электростанциях отстает от намеченных планом сроков. Без преодоления этих недостатков немисливо успешное выполнение грандиозных задач, стоящих перед энергостроителями на ближайшие годы.

Анализ показывает, что основной причиной длительного срока сооружения электростанций является чрезмерное удлинение подготовительного периода. Подготовка к строительству многих электростанций осуществляется неудовлетворительно. Работы часто начинаются без необходи-

мой проектной документации. Это сдерживает быстрый разворот работ. Проектные организации Министерства—Теплоэлектропроект и Гидроэнергопроект — не добились опережающей, по отношению к ходу работ на стройках, разработки технической документации. Выполнение этого возможно при широком внедрении типовых проектных решений и комплексных типовых проектов электростанций.

За истекшие годы Теплоэлектропроектом сделана значительная работа в этой области. По тепловым электростанциям полностью типизированы проекты всех основных и вспомогательных сооружений и зданий, за исключением главного корпуса.

Задачей Теплоэлектропроекта являются окончание типового проекта главного корпуса тепловых электростанций и создание уже в 1951 г. комплексного типового проекта для наиболее распространенных типов электростанций. В свою очередь задачей Гидроэнергопроекта являются полное завершение типизации всех подсобно-вспомогательных и временных сооружений при строительстве гидроэлектростанций и широкая разработка типовых конструктивных решений для основных гидротехнических сооружений.

На длительность подготовительного периода в значительной степени влияет также несоразмерно большой объем строительства временных сооружений. Это объясняется недостаточной работой главных строительных управлений над созданием мощных централизованных производственных баз, которые смогли бы полностью покрыть потребность строек в полуфабрикатах и деталях и освободить их от необходимости сооружения на площадках полного комплекса подсобных предприятий.

Все строительные организации Министерства должны уделить максимальное внимание созданию таких районных производственных баз с тем, чтобы в ближайшие 2—3 года полностью покрыть потребность строек в металлоконструкциях, же-

лезобетонных деталях, столярных изделиях, стеновых материалах и пр.

Весьма большое значение имеет организованное в 1950 г. изготовление на заводах Министерства инвентарных временных сооружений — бетонных заводов, котельных, трансформаторных подстанций и т. д. Внедрение этих инвентарных сооружений до минимума сокращает сроки их строительства на площадках и трудозатраты по их возведению. Уже в 1952 г. необходимо полностью исключить изготовление таких временных сооружений на строительных площадках.

Большой объем работ осуществляется на всех стройках по сооружению временного жилья, что задерживает рост количества рабочих. Необходимо широкое внедрение инвентарного сборного или передвижного жилья для строительных рабочих, а также максимальное использование для расселения временных рабочих жилого фонда эксплуатационных поселков. Этими мероприятиями можно добиться существенного сокращения сроков и объемов строительства временного жилья. В 1951 г. намечено изготовить не менее 1 000 передвижных домиков для расселения 7—8 тыс. чел. Это мероприятие позволит уже в течение первого месяца существования новых строек иметь на площадках пионерные партии рабочих в 300—500 чел.

Значительным недостатком в работе некоторых строительных организаций являлось неправильное стремление их руководителей покрыть потребность в рабочей силе не за счет лучшей организации труда и повышения квалификации имеющихся рабочих, а за счет необоснованного увеличения количества рабочих. Строительство грэс на Урале, например, не выполняло плана по выработке на одного рабочего, все время шло по линии значительного увеличения числа рабочих.

Решающим мероприятием в области дальнейшего сокращения количества рабочих на стройках и тем самым объемов строительства временного жилья является дальнейшая борьба за повышение квалификации рабочих и производительности их труда. Вместе с тем в этой области имеются серьезные недостатки. Из-за большой текучести и как следствие этого непрерывного обновления кадров рабочих на стройках квалификация их весьма низка, и проводимые в широких размерах мероприятия по обучению рабочих естественно не дают надлежащих результатов.

Задача закрепления рабочих кадров на стройках путем всемерного улучшения их жилищно-бытовых условий, улучшения организации труда и обеспечения хорошего заработка является важнейшим вопросом, определяющим успех создания

постоянных квалифицированных кадров и дальнейшего развития капитального строительства.

Имеются недостатки и в планировании объемов работ по отдельным стройкам, что в ряде случаев приводило к недопустимому запаздыванию строительства и к несвоевременному вводу мощностей. Например, строительству грэс в Донбассе в 1950 г. было выделено 20 млн. руб. на строительно-монтажные работы. Строительство выполнило план на 107% и вместе с тем не решило основной задачи окончания всех подготовительных работ в течение 1950 г.

Планирование годовых объемов работ по новым стройкам должно производиться по планам финансирования, определяемым проектами организации работ, исходя из директивных сроков ввода электростанций в эксплуатацию.

Основным недостатком в области материально-технического снабжения строек остается отсутствие оперативного перераспределения главками и трестами материальных ресурсов между стройками в зависимости от текущей потребности в тех или иных материалах.

Главные строительные управления и строительные организации должны повести жестокую борьбу с неэкономным и неправильным расходом материалов, что часто приводит к значительным затруднениям на стройках и к удорожанию работ.

Во многих случаях неудовлетворительно поставляется оборудование пусковым стройкам из-за задержки поставки союзными министерствами и недостатков в комплектовании оборудования, имеющих место внутри Министерства электростанций. В 1950 г. из 53 пусковых паровых турбин по 21 турбине часть комплектуемого оборудования была получена позже установленных сроков пуска.

Министерством в 1951 г. по ряду пусковых объектов принято решение твердо придерживаться при комплектовании технологическим оборудованием спецификаций технического проекта. Это даст возможность немедленно приступать к разработке рабочих чертежей после утверждения технического проекта. Вносится полная ясность в перспективу обеспечения этих объектов технологическим оборудованием. В 1952 г. такой порядок нужно принять для всех пусковых объектов, чем в значительной степени устранится запаздывание в поставке технологического оборудования.

Стройки Министерства из года в год пополняются всеми видами строительных механизмов и оборудования. В настоящее время они полностью удовлетворены средствами механизации. Это позволило добиться определенных успехов во

внедрении механизации трудоемких работ. Однако во многих случаях еще имеют место плохая организация работ, неудовлетворительное использование средств механизации, слабое внедрение новых передовых технологических процессов производства.

Задачей 1951 г. являются дальнейшее повышение уровня механизации всех трудоемких работ, правильное и рациональное использование строительных механизмов, дальнейшее вытеснение ручного труда в строительных и монтажных процессах механизированным.

Большим шагом к дальнейшему улучшению организации производства работ на стройках должно явиться успешное проведение показательных комплексно-скоростных строителств, осуществляемых в 1951 г. На двух гидроэлектростанциях, в том числе на Каховской, и на четырех тепловых работы должны вестись комплексно-скоростным методом с полной механизацией всех основных видов работ, с максимальным сокращением объемов вспомогательных и неосновных работ, с широким внедрением индустриализации строительства, сводящим трудоемкие строительные процессы на самой площадке к монтажу готовых деталей, поставляемых с централизованных баз строительной организации.

Изучение и распространение этого опыта послужат базой для перенесения в ближайшие годы метода скоростного строительства на другие стройки.

Также широко должен быть распространен опыт, накопленный передовыми строительными организациями Министерства за истекшие годы. Ряд строительных коллективов — Днепрострой и Храмгэсстрой, коллектив строителей Щекинской грЭС, Краснополянской гЭС и др. — добился значительных успехов в области организации работ и скоростного сооружения электрических станций. Этот опыт должен быть использован всеми строительными организациями Министерства и в особенности стройками, осуществляемыми скоростными методами.

В мае и июне проведен ряд всесоюзных совещаний по обмену передовым строительным и монтажным опытом. Материалы этих совещаний явятся программой для дальнейшего повышения

производительности труда в решающих областях строительства и монтажа.

Серьезные недостатки имелись у некоторых строек и монтажных участков в отношении качества выполняемых работ. На строительстве грЭС в Кузбассе (нач. т. Томилов) были некачественно выполнены сварные металлические конструкции эстакады топливоподачи второго подъема, некачественно изготовлены сборные железобетонные элементы эстакады первого подъема, разгрузочного устройства, кровельного перекрытия машинного зала и т. д. Плохо ведутся бетонные работы трестом Мосэнергострой, не производится промывка и сортировка заполнителей, на приготовление бетона применяются загрязненные заполнители, ухудшая его качество и вызывая перерасход значительного количества цемента.

Задачей строительных и монтажных организаций являются борьба за качество строительных и монтажных работ, дальнейшее повышение культуры производства, углубление знаний инженерно-техническими работниками и рабочими технических правил и условий производства строительных и монтажных работ.

В 1951 г. строительные и монтажные организации Министерства должны добиться резкого повышения уровня организационно-хозяйственного руководства строительством. Борьба за снижение себестоимости работ, за экономное расходование строительных материалов, за полноценное использование транспорта и механизмов, за соблюдение финансовой дисциплины должна быть на первом плане в работе всех строительных организаций.

Энергостроители должны помнить, что каждый шаг в дальнейшем сокращении стоимости строительных и монтажных работ дает новые возможности к расширению капитального строительства, быстрейшему продвижению на пути создания материальной базы коммунистического общества.

Энергетиками Министерства решались труднейшие задачи. Нет сомнений, что энергостроители, ведя повседневную борьбу за устранение недостатков, имеющихся в области капитального строительства, добьются успешного решения задач, поставленных перед ними Партией и Правительством.



Первые итоги изготовления и эксплуатации шипового экрана

Инж. С. П. Хижняк и инж. Е. И. Чулков

Установка хромитового зажигательного пояса на трубах с приваренными шипами была произведена на задней стенке топки котлоагрегата 120/150 т/час Таганрогского котельного завода с расположением пылеугольных горелок на боковых стенах топочной камеры. Топка полностью экранирована с шагом экранных труб 200 мм при диаметре 83 мм.

Приварка шипов к трубам производилась автоматом-пистолетом дуговой электросварки персоналом электростанции совместно с бригадой Особого конструкторского бюро Главпромэнерго-монтажа. При приготовлении хромитовой массы и набивки зажигательного пояса пользовались технической помощью Всесоюзного научно-исследовательского института огнеупоров.

Оборудование для приварки шипов

Электрооборудование автоматической приварки шипов состоит из панели автоматики, на которой смонтированы основные приборы автоматики управления и защиты, из сварочного трансформатора и пистолета дуговой электросварки.

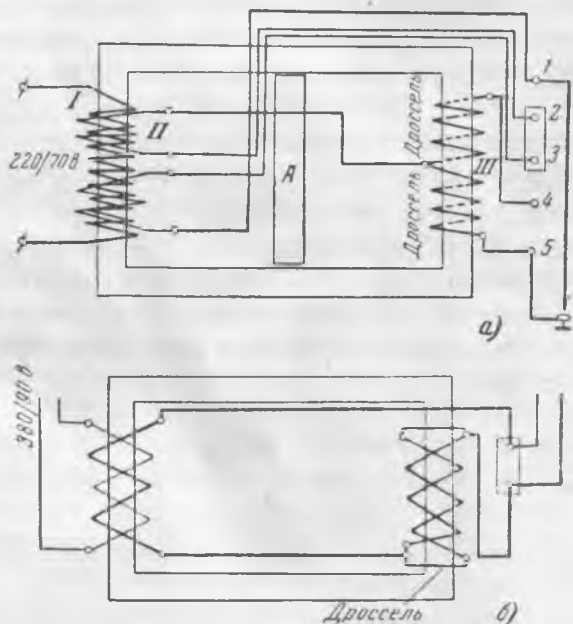


Рис. 1. Принципиальная схема сварочного трансформатора СТАН-1-Ш.
а — до реконструкции; б — после реконструкции.

На панели автоматики расположены рубильники, автомат типа КТ-34, два промежуточных реле РП-2 на 36 в переменного тока, реле времени типа ЭВ-181 на 220 в, трансформаторы 380/65 и 220/36 в, выключатели и предохранители на 6 ÷ 10 а.

При приварке шипов большое внимание следует уделять правильному выбору сварочного трансформатора. Сварочный ток должен быть равным 1 000 ÷ 1 300 а. Исходя из этого, был выбран трансформатор СТАН-1-Ш с коэффициентом трансформации 220/70 с регулируемой мощностью 17,5 ÷ 30 квт, который был реконструирован на 1 000 ÷ 1 300 а (рис. 1). Реконструкция этого сварочного трансформатора заключалась в следующем:

а) был удален подвижной сердечник А и его регулировочное устройство с целью получения максимальных сварочных токов;

б) катушка дросселя была включена бифилярно, и ее индуктивное сопротивление уменьшалось, что позволило увеличить сварочный ток до 1 200 ÷ 1 300 а;

в) питание трансформатора было осуществлено напряжением 380 в, в связи с чем изоляция первичной и вторичной обмоток была усилена.

Несложная реконструкция трансформатора позволила получить сварочный ток нужной величины, что обеспечило нормальную приварку шипов.

Работа осуществляется следующим образом (рис. 2). При соприкосновении шипа, укрепленного в электродержателе, с трубой и нажатием курка замыкается блок-контакт пистолета, чем создается цепь вторичной обмотки трансформатора 220/36 в, и через нормально замкнутые контакты 1 промежуточного реле 2 импульс подается на катушку промежуточного реле 3. Реле 3 подтягивается и, замыкая контакт 4, создает цепь на катушку контактора 5, после чего контактор включается, при этом включается катушка пистолета 6, несколько подтягивая держатель, и происходит приварка шипа.

В момент включения контактора 5 замыкается его блок-контакт 7, создавая цепь на включение реле времени 8, после чего включается промежуточное реле 2, размыкая контакт 1, чем отключается реле 3 и контактор 5.

Пистолет электродуговой сварки показан на рис. 3.

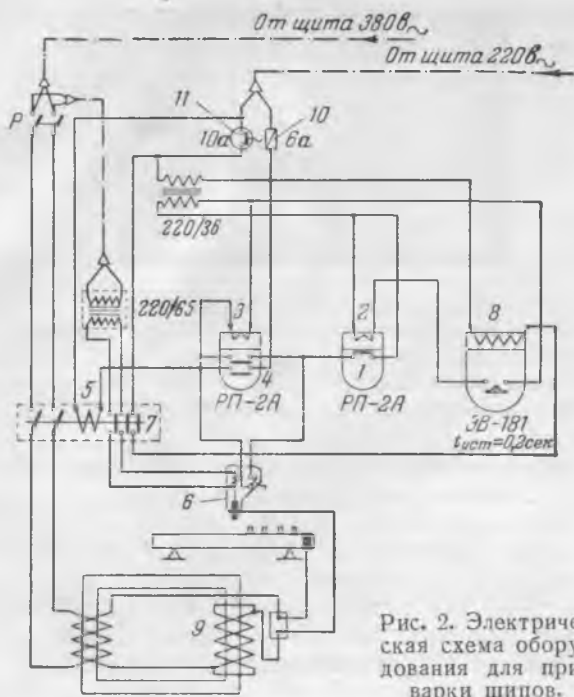


Рис. 2. Электрическая схема оборудования для приварки шипов.

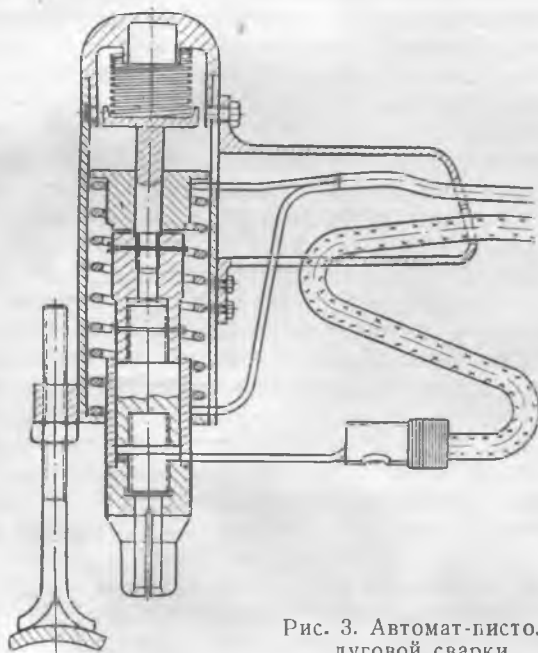


Рис. 3. Автомат-пистолет дуговой сварки.

Технология приварки шипов

В процессе подготовки к приварке шипов были произведены следующие работы: подготовлено помещение для производства всех работ, связанных с приваркой; изготовлен пескоструйный аппарат для очистки наружной поверхности труб и шипов; изготовлено приспособление для дачи контрпрогиба трубам перед приваркой; изготовлены приспособления для производства шипов; изготовлен станок для шипования; выбран надежный источник питания сварочного трансформатора (колебание напряжения в сети не должно превышать 10%); выбраны надежные сварочные трансформаторы и произведена необходимая ре-

конструкция их с целью получения большого сварочного тока; подобрано необходимое оборудование и смонтирована панель щита автоматики; изготовлены автоматы-пистолеты дуговой сварки для приварки шипов. Все это несложное оборудование, изготовленное и смонтированное силами станции, потребовало небольших затрат рабочей силы и времени.

Химический состав и механические свойства металла труб для экрана с приваренными шипами приведены ниже.

Химический состав, %					Механические свойства		
С	Мп	S	P	Si	Временное сопротивление, кг/мм ²	Удлинение, %	Гидроиспытания, кг/см ²
0,125	0,46	0,028	0,023	Следь	39,0	25,2	66,7

Высота зажигательного пояса на опытном котле была установлена 5,5 м. Общая длина трубы составляла 6 м с учетом оставления на концах трубы участков по 0,25 м без шипов.

Толщина стенки труб составляла 6 мм, в то время как толщина стенки труб существующего экрана была равна 3,5 мм. Для производства качественной сварки стыка на концах труб выполнен плавный переход.

При подготовке труб к шипованию было обращено особое внимание на очистку наружной поверхности трубы от грязи, ржавчины и пр., что было сделано изготовленным и смонтированным на станции пескоструйным аппаратом (рис. 4).

Аппарат этот состоит из загрузочной камеры для песка, очистительной камеры, снабженной электроосвещением и трубопроводами, подводящими воздух давлением 4—5 ат для транспортировки песка. Очистка наружной поверхности трубы происходит с помощью установленного в очистительной камере сопла, к которому подведен сжатый воздух и песок. В процессе очистки труба постепенно поворачивается и передвигается по горизонтали.

Первая труба после приварки шипов имела большой прогиб, достигавший на середине трубы 50—80 мм. Причину столь большого прогиба следует искать в напряжениях, возникших при сварке шипов с трубой. Величина прогиба зависит от

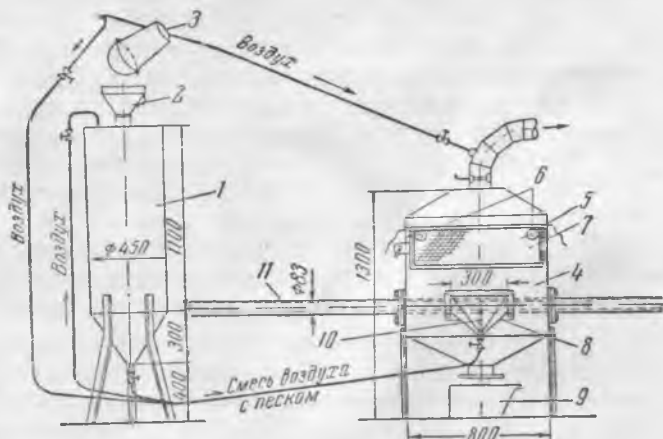


Рис. 4. Пескоструйный аппарат.

1 — загрузочный бункер; 2 — загрузочная воронка; 3 — ведро для засыпки песка; 4 — очистительная камера; 5 — смотровое окно; 6 — электрические лампы для освещения камеры; 7 — двери со стеклом; 8 — фартук для подачи песка на трубу; 9 — ковш для отработавшего песка; 10 — сопло очистки; 11 — труба.

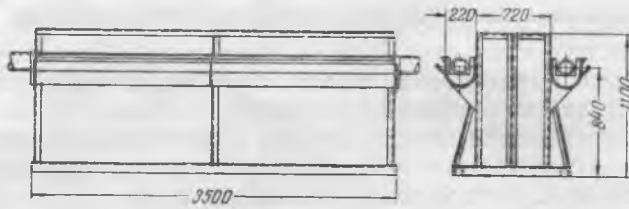


Рис. 5. Станок для шипования.

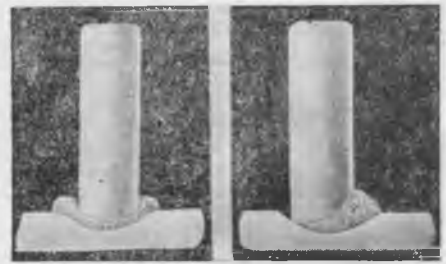


Рис. 6. Микроструктура образцов.

шага и диаметра шипов, занимаемой ими поверхности трубы и от тока.

В связи с этим решено было производить перед приваркой шипов так называемый контрпрогиб трубы. Величина контрпрогиба устанавливалась равной прогибу, полученному во время приварки шипов. Приспособление для производства контрпрогиба несложно и состоит из простой скобы с лапами и винтом. Контрпрогиб производится по шаблону.

Для установленного шипового экрана задней стенки было изготовлено около 44 000 шипов. На механических ножницах производилась резка стали диаметром 10 мм на части, равные длине шипов — 35 мм; разница в длине шипов не должна превышать 0,5 мм. На двухшпиндельном станке снимались с концов шипов фаски. Этим заканчивался процесс изготовления шипов.

Изготовленные шипы перед приваркой подвергались тщательной очистке в очистительной камере пескоструйного аппарата.

Одним из важных элементов оборудования для шипования является станок. Как видно из рис. 5, он состоит из рамы с двумя желобами для засыпки гранулированного флюса и установки труб и приспособления для передвижения пистолета по горизонтали и вертикали. Нормально труба заводится в желоба станка через торцевые отверстия.

Химический состав применявшихся гранулированных флюсов приведен в табл. 1.

Проверка шипов показала, что лучшим для их приварки является флюс марки АН-3.

Труба, прошедшая необходимую подготовку, закладывалась в желоб станка, засыпанный гранулированным флюсом, количество которого должно быть таково, чтобы наружная поверхность трубы закрывалась на 1 ± 2 мм.

Перед установкой трубы на станок необходимо еще раз проверить и убедиться в чистоте всей ее наружной поверхности, так как этот фактор является одним из основных, влияющих на качество приварки шипов. Кроме того, следует обратить внимание на положение трубы в желобе: выпуклой частью труба должна быть обращена вверх.

Закреплением к трубе надежного контакта с кабелем, соединенным с одним концом вторичной обмотки сварочного трансформатора, закан-

чивается подготовка трубы к приварке шипов. Подготовленные шипы подаются непосредственно к станку.

Параллельно с этими работами подготавливается и электрооборудование.

Устанавливается предохранитель 10 на 6 а (рис. 2), включаются рубильник Р и выключатель 11. На автоматическом пистолете проверяется медный контактный зажим, внутреннее отверстие которого должно быть чистым. После этого приступают непосредственно к приварке шипов (шипованию). Вставив шип в контактный зажим пистолета, последний опускают до соприкосновения шипа с трубой. Нажатием педали, или «курка включения», вторичная обмотка сварочного трансформатора 9 замыкается через трубу и шип. Через $0,2 \div 0,25$ сек., которых достаточно для приварки шипа, цепь питания сварочного трансформатора размыкается, и спуском педали исключается повторное замыкание цепи. Подняв пистолет и вставив в контактный зажим шип, повторяют процесс приварки.

Таким способом были приварены шипы к 40 трубам. В целях экспериментальной проверки влияния шага между шипами к 21 трубе были приварены шипы с шагом 40 мм и к 19 трубам — с шагом 60 мм. В обоих случаях угол по окружности трубы между шипами оставался равным $22^\circ 30'$.

Опыт показал, что три человека, работающие одновременно с двух сторон станка, т. е. на двух трубах, способны приварить до 3 000 шипов в смену.

В процессе приварки шипов обращалось внимание на: погружение конца шипа в гранулированный флюс, хороший контакт с трубой, постоянство напряжения, работу щита автоматики.

О хорошем качестве приварки можно судить, как это видно на рис. 6, по кольцу у основания шипа, образованного расплавленным металлом. Неудовлетворительная приварка характеризуется образованием глубокого подреза у основания шипа или одностороннего подреза на самом шипе, неполным сечением.

Глубокий подрез у основания объясняется большой выдержкой времени приварки шипа или

Таблица 1

Наименование	Химический состав, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	P
Гранулированный флюс-смесь	41,72	2,0	2,40	15,80	7,06	27,64	0,25	0,07
Гранулированный флюс марки АН-3	42,38	—	1,61	20,0	6,90	27,09	Следы	0,19

повышенным током. Односторонний подрез самого шипа у основания образуется в результате неправильной установки шипа на трубе (не по радиусу). Приварка шипа неполным сечением происходит по причине плохого контакта шипа с трубой (плохая очистка наружной поверхности трубы, перекося шипа на трубе).

Опыт показал, что четкая работа шита автоматики и пистолета, хорошо проведенная подготовка трубы и шипов даже при небольшом опыте приварки обеспечивают хорошие результаты. Так, из 44 000 приваренных шипов только у восьми шипов приварка была признана неудовлетворительной.

На конце каждой десятой трубы приваривалось несколько шипов с последующим отрезом этого участка трубы. Из этого участка изготавливались образцы для металлографических исследований.

Установка труб с приваренными шипами

Перед установкой ошипованных труб в топке (вместо существующих труб заднего экрана) была проведена следующая подготовительная работа:

1. Наружная поверхность труб с шипами очищалась стальными щетками.

2. Все трубы после приварки шипов подвергались индивидуальной гидравлической опрессовке.

3. После опрессовки концы труб, не имеющие шипов, отжигались. Отжиг производился путем нагревания концов труб до 900° С двумя ацетиленовыми горелками.

4. Трубы заднего экрана вырезались на высоту зажигательного пояса.

Концы труб, стыкуемых с трубами, имеющими шипы, зашлифовывались со снятием фасок под сварку, отжигались тем же способом, что и концы ошипованных труб, после чего трубы стыковались и производилась автогенная сварка.

В целях проверки влияния шага шипов 19 труб с шагом по вертикали 60 мм были установлены по краям задней стенки и 21 труба с шагом в 40 мм — в средней части экрана.

Набивка шипового экрана хромитовой массой

Хромитовая масса, рекомендованная Всесоюзным институтом огнеупоров, изготавливалась на месте и состояла из следующих компонентов.

Хромитовая руда	97,0%
Огнеупорная глина	3,0%
Растворенное жидкое стекло	6,5 ÷ 7,0% (сверх 100%)

Хромитовая руда, по данным завода-поставщика, имела химический состав, указанный в табл. 2.

Таблица 2

Наименование	Величина зерен, мм	Химический состав, %					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO
I образец	0,5	6,9	17,8	20,9	35,0	1,8	16,6
II образец	0,5 ÷ 7,0	6,0	18,4	20,0	36,1	3,2	14,6

Не менее важна была подготовка хромитовой руды и по зерновому составу, рекомендованному Всесоюзным институтом огнеупоров:

Величина зерен 0,088 мм	18%
0,089 ÷ 0,5 мм	36%
0,51 ÷ 2,0 мм	10%
2,1 ÷ 5,0 мм	33%
5,1 ÷ 7,0 мм	3%

Тщательно перемешанная в указанном соотношении хромитовая руда была готова к изготовлению хромитовой массы.

Применялась пятихатская огнеупорная глина 1-го сорта с содержанием Al₂O₃ — 44,88% и Fe₂O₃ — 1,21%.

Жидкое стекло с удельным весом 1,5 содержало: SiO₂ — 34%, Na₂O — 13,8% и воды — 48,1%. Оно было предварительно разбавлено водой — 2% от веса сухой массы.

После подготовки всех перечисленных компонентов последние в указанном выше соотношении загружались в механическую мешалку с электроприводом. По истечении 10 мин. хорошо перемешанная хромитовая масса была готова для набивки шипового экрана. К этому времени на экране была изготовлена опалубка.

Ввиду отсутствия каких-либо данных о методе набивки шиповых экранов, было решено в экспериментальных целях произвести набивку двумя методами — индивидуальным и монолитным. По первому методу каждая труба в отдельности набивалась хромитовой массой, а по второму — трубы связывались набивкой с заполнением зазоров между ними и образовывали, таким образом, сплошную монолитную стену.

Экран был разбит на две половины, из которых набивка хромитовой массы левой половины была произведена способом индивидуальным, а правой — монолитным.

В качестве инструмента для набивки хромитовой массы применялись специальной формы деревянные молотки, деревянная трамбовка и гладилка.

Поданной в топку в небольших деревянных ящиках массой заполнялись образованные опалубкой пространства и затем производилась набивка (уплотнение) ее указанным выше инструментом. Следует учесть, что наличие в хромитовой массе жидкого стекла быстро сушит ее, а потому качество набивки зависит от скорости производства этих работ.

Необходимо обращать особое внимание на плотность хромитовой массы и хорошее соприкосновение ее с трубой и шипами. Этот фактор является одним из основных, влияющих на длительность работы зажигательного пояса.

По истечении 6—8 час. после производства набивки хромитовая масса сохнет и делается очень твердой.

Для сравнения зажигательный пояс фронтального экрана такого же размера был выполнен из огнеупорного кирпича типа «восьмерки» поставки Латненского огнеупорного завода.

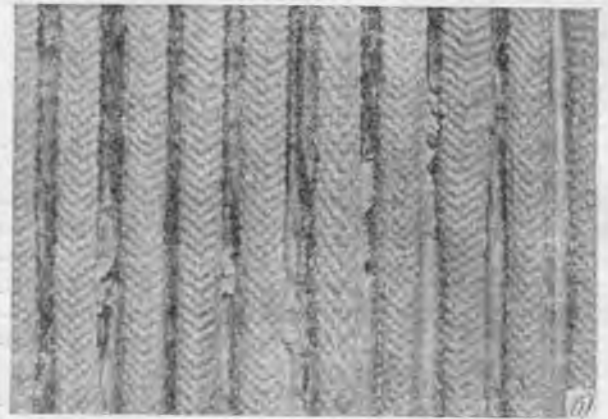
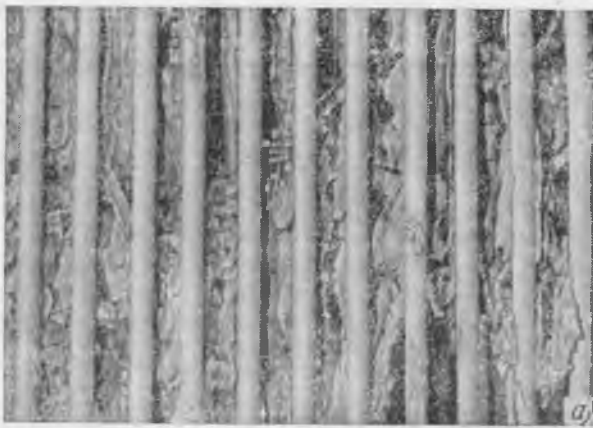


Рис. 7. Шамотный пояс после 1922 час. работы котла (а) и шиповой экран (средняя часть) после 4700 час. работы котла (б).

Эксплуатация котла с шиповым экраном

Сушка хромитовой массы начиналась с того, что давался пар в диффузор нижнего барабана, и трубы шипового экрана обогревались циркулирующей в них водой.

По истечении 6 час. зажигалась одна мазутная форсунка и на коротком факеле в течение 8 час. продолжался процесс сушки. Затем зажигались дополнительно две мазутные форсунки и сушка продолжалась в течение последующих 6 час., по истечении которых котел был нормально растоплен и введен в работу.

Эксплуатация котла велась обычным путем и ничем не отличалась от эксплуатации других котлов подобного типа.

С момента установки шипового экрана до остановки котла для тщательного осмотра состояния шипового экрана котел проработал 2509 час. с нагрузками от 110 до 150 т/час. В течение этого времени он по условиям эксплуатации станции останавливался на короткое время. Каждая остановка котла была использована для осмотра шипового и фронтального экранов.

Первый такой осмотр производился по истечении 624 час. его работы. Осмотром было установлено следующее:

1. Только на небольших участках правой половины шипового экрана между трубами произошло незначительное сползание массы. Остальная часть шипового экрана находилась в хорошем состоянии и была покрыта коркой шлака.

2. Зажигательный пояс фронтальной стены в значительной своей части сгорел и около 70% поверхности труб было оголено.

Следующий осмотр был произведен по истечении 1922 час. работы котла. Осмотр показал, что на заднем шиповом экране хромитовая масса сохранилась и была покрыта коркой шлака. На правой половине этого экрана, где хромитовой массой было заполнено и междутрубное пространство, почти полностью сохранилась набивка, покрытая коркой шлака, хотя на отдельных участках, где зазоры междутрубного пространства велики, сползание несколько увеличилось. Нижняя часть экрана (около 1 м по высоте) покрыта слоем шлака до 150 мм. Шамотный кирпич («восьмерки»), закрывающий фронтальный экран, полно-

стью сгорел и трубы экрана были оголены (рис. 7,а).

В третий раз котел был остановлен после 2509 час. работы и шиповой экран задней стенки тщательно осмотрен. При этом было установлено, что трубы заднего экрана полностью закрыты хромитовой массой, на которой имелась корка шлака разной толщины.

Были измерены толщина слоя хромитовой массы, покрывающей экранные трубы, толщина слоя шлака на ней и длина шипов, отобраны пробы для исследования и произведены фотографии и эскиз обмуровки.

Измерения производились на расстоянии 1,5 м от верха и 2 м от низа зажигательного пояса на трубах 5, 10, 27 и 35, считая слева направо, в промежутках между шипами. Результаты приведены в табл. 3; при этом в толщину хромитовой массы включена также переходная зона, толщина которой составляет около 3—6 мм.

На левой части экрана, где поверхность шлака имеет бугорчатый характер, измерения производились в середине, между шипами, где толщина хромитовой массы и шлака наименьшая. В массе, закрывающей экранные трубы, при внешнем осмотре в изломе можно различить три зоны: 1) шлаковую; 2) переходную, состоящую, по видимому, из спеченной хромитовой массы, пропитанной шлаком, и 3) мало спеченной, прилегающей к трубам хромитовой массы.

Как видно из данных табл. 3, на правой части экрана толщина слоя хромитовой массы до-

Таблица 3

№ трубы	Место измерения трубы	Длина шипа, мм	Толщина хромитовой массы, мм	Толщина шлака, мм
5	Вверху	18—20	8—10	2—4
	Внизу	24	19	2
10	Вверху	21	13—15	1—2
	Внизу	29—30	22	3—4
27	Вверху ¹	28	28	5
	Внизу	25	7—8	28
35	Вверху	25	~25	8
	Внизу	28	27	20

¹ С боковой стороны длина шипа 31 мм, толщина хромитовой массы 33 мм, толщина шлака—12 мм.

стигает 25—30 мм с наслоением шлака толщиной 5—20 мм. Хромитовая масса и шипы здесь на значительной части труб полностью сохранились. Поверхность шлака почти гладкая. Между отдельными трубами образовались щели, преимущественно в местах, где имелись большие промежутки.

На левой части экрана, где хромитовой массой зазоры между трубами полностью не заполнялись, получился большой износ массы, а поверхность шлака в местах расположения шипов имеет бугорчатый характер. Толщина слоя хромитовой массы здесь составляет от 22 до 8 мм (в левой верхней части) и толщина покрывающего ее шлака 1—4 мм.

Большой износ хромитовой массы на левой части экрана, повидимому, был обусловлен главным образом выполнением обмуровки отдельно на каждой трубе с оставлением зазоров между ними. В указанных зазорах между трубами возникали завихрения газов, что создало тяжелые условия для обмуровки. Наибольший износ хромитовой массы в левой части экрана приходится на трубы, имеющие шипы с большим шагом — 60 мм. Возможно, что более интенсивному износу обмуровки левой стороны экрана также способствовали большие тепловые напряжения в этой части топки.

Наконец, четвертый раз котел был остановлен после 4 700 час. работы. Обследованием шипового экрана установлено, что состояние его мало чем отличалось от того, какое было после работы котла 2 509 час. (рис. 7,б).

Выводы

1. Описанный первый опытный шиповой экран, закрытый пластичной хромитовой массой, имеет большие преимущества перед обычными зажигательными поясами, выполненными из огнеупорного шамотного кирпича типа «восьмерки».

2. Изготовление и монтаж шипового экрана несложны и не требуют больших капитальных затрат. Поэтому организация этих работ может быть осуществлена на любой электростанции. Однако следует считать более целесообразным организацию шипования труб на специализированном заводе.

3. В целях снижения трудозатрат на шипование труб необходимо автоматизировать все процессы.

4. Можно рекомендовать следующие мероприятия для увеличения стойкости шипового экрана с хромитовой массой:

а) выполнять хромитовую обмуровку на шиповых экранах монолитной, не оставляя зазоров между трубами;

б) для лучшего охлаждения хромитовой массы уменьшать, по возможности, междутрубное пространство с тем, чтобы оно не превышало 70 мм, а приварку шипов производить под углом к окружности трубы не более 18° и с шагом по вертикали не более 40 мм;

в) для лучшего закрепления массы между трубами увеличить количество привариваемых шипов с тем, чтобы они располагались несколько больше, чем на полуокружности;

г) длина шипов, привариваемых к боковым сторонам труб, должна быть равна половине зазора между трубами (в случае, если зазор этот не превышает 80 мм), а длина шипов, привариваемых к поверхности, обращенной к топке трубы, может быть уменьшена до 25 ÷ 30 мм, так как опыт показывает, что при излишней толщине массы последняя во время работы сползает, а шипы оплавляются.

5. Для накопления опытных данных о стойкости и эффективности работы шипового экрана в различных условиях необходимо проведение тщательных наблюдений за ними работниками электростанций, Институтом огнеупоров и ОргрЭС.

ОТ РЕДАКЦИИ

Для надежной и экономичной работы электростанций Юга имеет серьезное значение создание условий, обеспечивающих устойчивое и полное горение в топках котельных агрегатов, работающих на АШ. Эти топки должны быть снабжены такими зажигательными поясами, которые могли бы удовлетворять требованиям эксплуатации без возобновления по крайней мере в период кампании агрегатов от одного капитального ремонта до другого.

Описанное в статье выполнение шипования экранов и покрытие их огнеупорной массой показывает, что сейчас уже имеются реальные возможности создания долговечных зажигательных поясов. Поэтому следует считать необходимым скорейшее широкое внедрение зажигательных поясов, выполненных путем шипования экранов и покрытия их хромитовой массой.



О выборе рациональных режимов загрузки отборов теплофикационных турбин

Инж. Е. П. Шубин

В № 9 журнала „Электрические станции“ за 1948 г. была помещена статья инж. Я. А. Гродзинского, посвященная проблеме выбора рационального режима работы теплофикационных турбин АТ-25-1 при покрытии за счет отборов этих турбин только отопительной нагрузки. Более общий анализ подобных режимов дан в книге проф. А. В. Щегляева¹. Однако в обеих работах эти режимы не увязаны с выбором величины присоединенной тепловой нагрузки и температурного графика сети.

Между тем, если мощность и тип теплофикационной турбины являются заданными, то с точки зрения комбинированной выработки тепла и электроэнергии, а следовательно, и экономии топлива наиболее рациональным является такой режим, при котором обеспечивается максимальная суммарная выработка электроэнергии за счет отпуска тепла на протяжении отопительного периода. Эта выработка при отопительной нагрузке определяется тремя факторами: максимальным отпуском тепла Q_0^p при расчетной наружной температуре t_n^p , максимальной температурой воды в подающей линии сети $t_{под}^p$ при этой наружной температуре и принятым графиком изменения давления в регулируемом отборе турбины в зависимости от наружной температуры t_n . При температурном регулировании отпуска тепла с постоянным расходом воды G м/час зависимости тепловой нагрузки сети Q_0 и температур воды в подающей и обратной линиях сети $t_{под}$ и $t_{обр}$ от наружной температуры характеризуются формулами:

$$Q_0 = Q_0^p \frac{t_{обн}^p - t_n}{t_{обн}^p - t_n^p} = \varphi Q_0^p = G(t_{под} - t_{обр}) \times 10^{-3} \text{ мгкал/час}; \quad (1)$$

$$t_{под} = t_{обн}^p + \varphi(t_{под}^p - t_{обн}^p);$$

$$t_{обр} = t_{обн}^p + \varphi(t_{обр}^p - t_{обн}^p), \quad (2)$$

где $t_{обн}^p = +18^\circ$ — расчетная внутренняя температура;

$t_{обр}^p = +70^\circ\text{C}$ — расчетная температура воды после отопительных систем для жилых зданий по ОСТ 90036-39;

$t_{под}^p$ — расчетная температура воды в подающей линии сети;

φ — отношение нагрузки сети Q_0 при данной наружной температуре t_n к максимальной ее нагрузке Q_0^p .

Так как работа отопительных систем обычно прекращается при $t_n^{макс} = +5^\circ$ или $+10^\circ\text{C}$, то практически величина φ не опускается ниже некоторого минимального значения ($\varphi_{мин} = 0,14 \div 0,30$).

Если температура воды в подающей линии сети $t_{под}$ по формуле (2) выше, чем максимально возможная при данном давлении отборного пара, то неизбежен двухступенчатый подогрев сетевой воды сначала в основных, а затем в пиковых сетевых подогревателях, причем давление пара, обогревающего пиковые подогреватели, должно быть не ниже соответствующего $t_1^{макс} = t_{под}$.

Так как через основные и пиковые подогреватели проходит один и тот же постоянный расход сетевой воды G , то для их тепловой нагрузки получаем выражения:

$$Q_I = G(t_1 - t_{обр}); \quad Q_{II} = G(t_{под} - t_1); \quad Q_0 = Q_I + Q_{II} \text{ мгкал/час}, \quad (3)$$

где Q_I и Q_{II} — тепловые нагрузки соответственно основного и пикового подогревателей;

t_1 — температура сетевой воды на выходе из основного и входе в пиковый подогреватели.

Наибольшая нагрузка отопительного отбора на всем протяжении отопительного периода, т. е. $Q_I = \text{const}$, может быть достигнута в том случае, когда при любой наружной температуре и $G = \text{const}$ поддерживается соотношение $t_1 - t_{обр} = \text{const}$. При этом максимальная температура воды за основным подогревателем $t_1^{макс}$ достигается только при расчетной наружной температуре t_n^p , так что $t_1 - t_{обр} = t_1^{макс} - t_{обр}^p$.

¹ А. В. Щегляев, Некоторые вопросы эксплуатации паровых турбин, Госэнергоиздат, 1947 г.

Отсюда в соответствии с формулой (2) температура сетевой воды на выходе из основного подогревателя должна изменяться в зависимости от наружной температуры по формуле:

$$t_1 = t_{обp} + (t_1^{макс} - t_{обp}^p) = t_1^{макс} - (1 - \varphi)(t_{обp}^p - t_{вн}^p). \quad (4)$$

Однако практически постоянную нагрузку отопительного отбора можно поддерживать только до той наружной температуры t_n^1 , для которой $t_{под} = t_1$ по формуле (4); при наружных температурах, для которых $t_{под} < t_1$, недогрузка отопительного отбора неизбежна.

Фактором, ограничивающим применение принципа максимальной загрузки отопительного отбора, является величина потребного для этого режима расхода пара либо из отбора повышенного давления, либо дросселированного из котлов для отдачи тепла через пиковый подогреватель. Так, например, при $Q_1^p = Q_{макс}$, $t_{вн} = 18^\circ\text{C}$, $t_{обp}^p = 70^\circ\text{C}$ и $\varphi_{мин} = 0,27$ для нижнего предела отопительного отбора 1,2 *ата* и $t_1^{макс} = 94^\circ\text{C}$ получим:

$$t_{под}^p = 70 + \frac{94 - 70}{0,27} = 159^\circ\text{C} \text{ и } \frac{Q_0^p}{Q_{макс}} = \frac{159 - 70}{94 - 70} = 3,7.$$

Таким образом, для полной загрузки отопительного отбора на протяжении всего отопительного периода необходимо присоединить к турбине АТ тепловую нагрузку в 3,7 раза большую тепловой мощности отбора. Тепловая сеть при этом должна работать по температурному графику $159^\circ/70^\circ\text{C}$, а пиковые подогреватели должны быть включены на протяжении всего отопительного сезона и рассчитаны на максимальную нагрузку в 2,7 раза большую тепловой мощности отбора.

Такой режим работы должен также дать снижение капитальных затрат и эксплуатационных расходов по тепловым сетям на одну отпущенную мегакалорию тепла, так как эти затраты и расходы растут вместе с величиной отношения $\frac{G}{Q_0^p} = \frac{1000}{t_{под}^p - t_{обp}^p}$ и, стало быть, уменьшаются при повышении расчетной температуры воды в подающей линии сети $t_{под}^p$.

Однако для осуществления такого режима требуется чрезмерное увеличение отборов повышенного давления или пиковой поверхности котлов, а также наличие концентрированной тепловой нагрузки в районе расположения тэц. Поэтому практически на тэц приходится работать по режимам, связанным с недогрузкой отопительных отборов в течение части отопительного периода.

Если величина возможного отпуска тепла $Q_{п}^p$ на пиковые подогреватели из отборов повышенного давления или из котлов является заданной, то можно определить соответствующую

расчетную температуру воды в подающей линии $t_{под}^p$.

Продолжая применять принцип максимальной загрузки отопительного отбора, можно работать с полной загрузкой этого отбора, начиная от расчетной наружной температуры t_n^p , при которой $Q_1^p = Q_1^{макс}$, до той наружной температуры t_n^1 , при которой значение t_1 по формуле (4) равно значению $t_{под}$ по формуле (2), что дает:

$$\varphi_1 = \frac{t_1^{макс} - t_{обp}^p}{t_{под}^p - t_{обp}^p} = \frac{1}{1 + \frac{Q_{п}^p}{Q_1^{макс}}}. \quad (5)$$

В частности, если для пиковых бойлеров можно располагать всем паром из регулируемого отбора 7 *ата* турбины АП 25-1, то полная загрузка отопительного отбора турбины АТ-25-1 соответствует значению $\varphi_1 = \frac{1}{1 + \frac{90}{55}} = 0,38$ и наружной температуре при $t_n^p = -30^\circ\text{C}$, равной $t_n^1 = 18 - 0,38(18 + 30) = -0,2^\circ\text{C}$.

В интервале наружных температур от $-0,2$ до -30°C основные подогреватели будут загружены полностью.

Расчетная температура воды в подающей линии сети при этом составит $t_{под}^p = 94 + \frac{90}{55}(94 - 70) = 131^\circ\text{C}$. Именно такой обычный температурный график водяной сети $130^\circ/70^\circ\text{C}$ и был положен в основу расчетов, приведенных в статье Я. А. Гродзинского.

Если исходить, как это делает Я. А. Гродзинский, из располагаемого отпуска тепла для пикового подогревателя в 40 *мгкал/час*, то, пользуясь принципом максимальной загрузки отопительного отбора, можно присоединить максимальную нагрузку $50 + 40 = 90$ *мгкал/час* и поддерживать полную загрузку этого отбора в интервале наружных температур от $t_n^1 = 18 - \frac{18 + 30}{40} = -8,6^\circ$ до -30°C , не допуская сни-

жения экономичности работы тэц. Однако при этом вместо температурного графика $130^\circ/70^\circ\text{C}$ надо принимать расчетную температуру воды в подающей линии сети, равную $t_{под}^p = 94 + \frac{40}{50}(94 - 70) = 113^\circ\text{C}$.

Еще меньшие расчетные температуры воды получаются, если принять, что для пикового подогревателя можно располагать только паром из нерегулируемого отбора турбины АТ-25-1, как это сделано в подсчетах проф. А. В. Щегляева, и режимов I и II — статьи Я. А. Гродзинского.

Однако переход на такие температуры недопустим с точки зрения затрат на тепловые сети. Так, переход с графика $130^\circ/70^\circ\text{C}$ на график $100^\circ/70^\circ\text{C}$ соответствует росту расчетного расхода сетевой воды в $\frac{130 - 70}{100 - 70} = 2$ раза, а капитальных затрат

на тепловые сети при прочих равных условиях — примерно в $2^{0,38} = 1,3$ раза.

Снижение экономичности работы тэц при низких наружных температурах, отмеченное в статье Я. А. Гродзинского, является результатом того, что при выборе рациональных режимов отбора он исходит не из принципа максимальной загрузки отбора, а из совершенно иного принципа — максимального использования температуры отборного пара.

При применении этого принципа тепловая нагрузка сети покрывается основными подогревателями вплоть до той наружной температуры, при которой температура воды в подающей линии становится равной максимальной достижимой при данном давлении отбора $t_{под}^p = t_1^{макс}$.

Применяя формулу (2) для такого режима, получим:

$$\varphi_1 = \frac{t_1^{макс} - t_{вн}^p}{t_{под}^p - t_{вн}^p} \quad (6)$$

При этом в интервале наружных температур (t_n^i, t_n^p) температура сетевой воды за основным подогревателем t_1 остается постоянной и равной $t_1^{макс}$, а так как в этом интервале температура воды в обратной линии сети и перед основным подогревателем $t_{обр}$ продолжает расти, то при постоянном расходе сетевой воды тепловая нагрузка основного подогревателя снижается вместе с наружной температурой, а вместе с ней снижается и экономичность работы тэц. Ориентируясь на максимальное использование температуры греющего пара, можно полностью использовать расчетный пропуск пара из отопительного отбора только при одном значении наружной температуры t_n^i , при котором будем иметь: $Q_0 = \varphi_1 Q_0^p = Q_1^{макс}$.

Максимальное снижение нагрузки основного подогревателя имеет место при расчетной наружной температуре t_n^p , для которой имеем:

$$Q_1^p = Q_0^p \frac{t_1^{макс} - t_{обр}^p}{t_{под}^p - t_{обр}^p} = Q_1^{макс} \frac{t_{под}^p - t_{вн}^p}{t_1^{макс} - t_{вн}^p} \times \frac{t_1^{макс} - t_{обр}^p}{t_{под}^p - t_{обр}^p} \quad (7)$$

Исходя из этого, для тепловой мощности отопительного отбора при таком режиме целесообразно ввести коэффициент использования, равный:

$$\chi = \frac{Q_1^p}{Q_1^{макс}} = \frac{t_{под}^p - t_{вн}^p}{t_1^{макс} - t_{вн}^p} \cdot \frac{t_1^{макс} - t_{обр}^p}{t_{под}^p - t_{обр}^p} \quad (8)$$

Значения этого коэффициента при $t_{вн}^p = 18^\circ$, $t_{обр}^p = 70^\circ \text{C}$ и трех значениях $t_{под}^p = 110, 130$ и 150°C сведены в табл. 1.

Недогрузка отопительного отбора при расчетной наружной температуре влечет за собой два основных последствия: снижается возмож-

Давление пара в отопительном отборе, ата	Значения χ при расчетных температурах в подающей линии сети $t_{под}^p$, равных: ¹		
	110°C	130°C	150°C
1,1	0,662	0,537	0,475
1,2	0,726	0,589	0,521
1,4	0,824	0,668	0,591
1,6	0,893	0,725	0,640
1,8	0,956	0,776	0,686
2,0	1,0	0,811	0,716
2,1	1,0	0,834	0,737
2,3	1,0	0,866	0,765
2,5	1,0	0,888	0,783

ный максимум присоединяемой тепловой нагрузки при тех же расчетных значениях $Q_1^{макс}$ и Q_{II}^p , а также снижается средняя нагрузка отопительного отбора на протяжении отопительного периода.

Единственным преимуществом, достигаемым за счет принципа максимального использования температуры греющего пара, является повышение при прочих равных условиях расчетной температуры воды в подающей линии сети $t_{под}^p$, а следовательно, и удешевление тепловых сетей. Пользуясь уравнением (8) для коэффициента χ , после соответствующих преобразований получаем:

$$t_{под}^p = \frac{t_1^{макс} - t_{вн}^p}{2} \left[1 + \frac{Q_{II}^p}{Q_1^{макс}} + \frac{2t_{вн}^p}{t_1^{макс} - t_{вн}^p} + \sqrt{1 - 2 \frac{Q_{II}^p}{Q_1^{макс}} \left(2 \frac{t_{обр}^p - t_{вн}^p}{t_1^{макс} - t_{вн}^p} - 1 \right) + \left(\frac{Q_{II}^p}{Q_1^{макс}} \right)^2} \right] \quad (9)$$

В частности, для разобранных выше примера при $Q_{II}^p = 40 \text{ мккал/час}$, $Q_1^{макс} = 50 \text{ мккал/час}$, $t_1^{макс} = 94^\circ \text{C}$, $t_{вн}^p = 18^\circ \text{C}$ и $t_{обр}^p = 70^\circ \text{C}$ по формуле (9) находим:

$$t_{под}^p = \frac{94 - 18}{2} \left[1 + \frac{40}{50} + \frac{2 \cdot 18}{94 - 18} + \sqrt{1 - 2 \cdot \frac{40}{50} \left(2 \cdot \frac{70 - 18}{94 - 18} - 1 \right) + \left(\frac{40}{50} \right)^2} \right] = 125^\circ \text{C}$$

Отсюда по формулам (6) и (8):

$$\varphi_1 = \frac{94 - 18}{125 - 18} = 0,71,$$

$$t_n^i = 18 - 0,71 (18 + 30) = -16^\circ \text{C};$$

$$\chi = \frac{125 - 18}{94 - 18} \cdot \frac{94 - 70}{125 - 70} = 0,613.$$

Возможный максимум присоединяемой тепловой нагрузки:

$$Q_0^p = \frac{Q_1^{макс}}{\varphi_1} = 70,5 \text{ мккал/час}.$$

Существует, однако, еще множество промежуточных вариантов между двумя предельными, отвечающими принципам максимального использования отопительного отбора или максимального использования температуры греющего

пара. Каждый такой вариант характеризуется при заданных значениях $Q_1^{макс}$ и Q_{II}^p либо расчетной температурой воды в подающей линии сети $t_{под}^p$, либо той наружной температурой t_n^{II} , начиная с которой осуществляется недогрузка отопительного отбора. Тогда при наружных температурах выше t_n^I вся тепловая нагрузка покрывается только основными подогревателями; в интервале наружных температур (t_n^I, t_n^{II}) нагрузка основных подогревателей постоянна и равна максимальной; при наружной температуре t_n^{II} на выходе из основного подогревателя достигается максимально возможная при данном давлении отбора температура сетевой воды $t_1^{макс}$, которая при дальнейшем снижении наружной температуры остается постоянной; поэтому в интервале наружных температур (t_n^I, t_n^{II}) нагрузка основных подогревателей и экономичность работы тэц снижаются.

При этом показатели загрузки отопительного отбора характеризуются формулами:

$$\chi = \frac{Q_1^p}{Q_1^{макс}} = \frac{t_1^{макс} - t_{обр}^p}{t_1^{макс} - t_{вн}^p - \frac{t_{вн}^p - t_n^{II}}{t_{вн}^p - t_n^I} (t_{обр}^p - t_{вн}^p)}, \quad (10)$$

$$t_{под}^p = t_1^{макс} + \frac{Q_{II}^p}{\chi Q_1^{макс}} (t_1^{макс} - t_{обр}^p) = t_1^{макс} + \frac{Q_{II}^p}{Q_1^{макс}} \left[t_1^{макс} - t_{вн}^p - \frac{t_{вн}^p - t_n^{II}}{t_{вн}^p - t_n^I} (t_{обр}^p - t_{вн}^p) \right]. \quad (11)$$

Если в разобранный пример принять $t_n^{II} = -23^\circ\text{C}$, то при $Q_1 = 50 \text{ мгкал/час}$, $Q_{II}^p = 40 \text{ мгкал/час}$, $t_1^{макс} = 94^\circ\text{C}$, $t_{вн}^p = 18^\circ\text{C}$ и $t_{обр}^p = 70^\circ\text{C}$ получим:

$$\chi = \frac{94 - 70}{94 - 18 - \frac{18 + 23}{18 + 30} (70 - 18)} = 0,76;$$

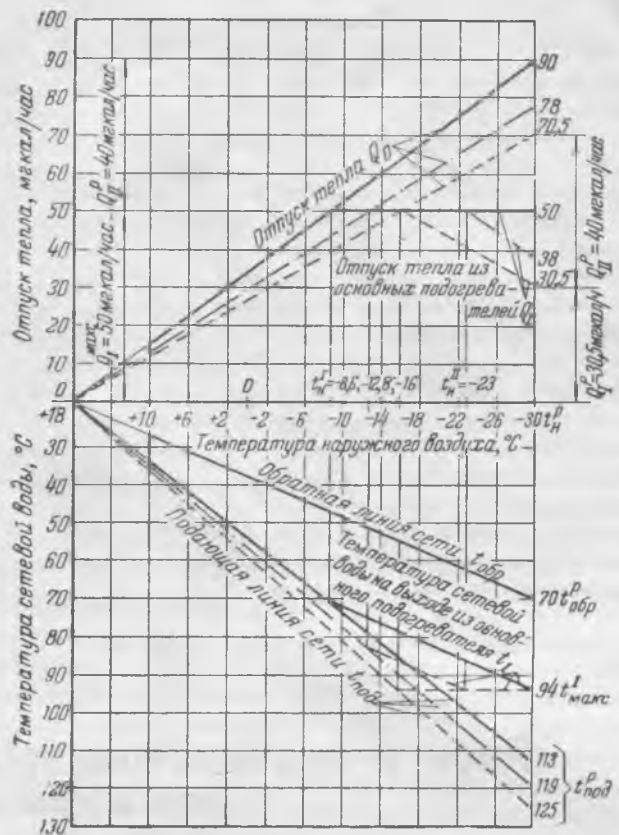
$$Q_0^p = 0,76 \cdot 50 + 40 = 78 \text{ мгкал/час};$$

$$t_{под}^p = 94 + \frac{40}{0,76 \cdot 50} (94 - 70) = 119,3^\circ\text{C};$$

$$t_n^I = 18 - \frac{18 + 30}{50 + 0,76} = -12,8^\circ\text{C}.$$

Сводка основных показателей для трех вариантов режима загрузки отопительного отбора турбины АТ-25-1 при покрытии нагрузки пикового подогревателя за счет подачи 68 т/час пара из производственного отбора турбины АП-25-1 приведена в табл. 2, принимая $t_{вн}^p = 18^\circ\text{C}$, $t_n^{II} = -30^\circ\text{C}$, $t_{обр}^p = 70^\circ\text{C}$ и $t_1^{макс} = 94^\circ\text{C}$ в соответствии с давлением отопительного отбора 1,2 ата.

Графики покрытия тепловых нагрузок и температур сетевой воды для этих трех вариантов показаны на рисунке.



Графики покрытия тепловых нагрузок и температур сетевой воды в трех вариантах.
 — I вариант (максимальное использование отопительного отбора); — II вариант (промежуточный); — III вариант (максимальное использование температуры отборного пара).

Таблица 2

	I вариант (максимальное использование отопительного отбора)	II вариант (промежуточный)	III вариант (максимальное использование температуры отборного пара)
Максимальный отпуск тепла из отопительного отбора $Q_1^{макс}$, мгкал/час	50	50	50
Максимальный отпуск тепла из производственного отбора на пиковые подогреватели Q_{II}^p , мгкал/час	40	40	40
Наружная температура, при которой достигается полная загрузка отопительного отбора t_n^I , °C	-8,6	-12,8	-16
Наружная температура, при которой начинается снижение загрузки отопительного отбора и экономичности тэц t_n^{II} , °C	-30	-23	-16
Коэффициент использования для отпуски тепла из отопительного отбора χ	1,00	0,76	0,613
Возможный максимум присоединяемой тепловой нагрузки Q_0^p , мгкал/час	90	78	70,5
Расчетная температура воды в подающей линии сети $t_{под}^p$	113	119	125
Расчетный расход сетевой воды G , т/час	2 100	1 600	1 280

Выводы

1. При заданных величинах максимальных расходов пара на основные и пиковые подогреватели могут быть получены различные режимы загрузки отопительного отбора в зависимости от выбора расчетной температуры воды в подающей линии в увязке со способом распределения тепловой нагрузки между основными и пиковыми сетевыми подогревателями.

2. С точки зрения максимальной загрузки отопительного отбора и годовой выработки электроэнергии на базе отпуска тепла наиболее выгодным является принцип распределения тепловой нагрузки между основными и пиковыми подогревателями, при котором, начиная с некоторого значения наружной температуры, основной подогреватель работает с постоянным температурным перепадом по сетевой воде, а следовательно, и с постоянной тепловой нагрузкой. При соблюдении этого принципа экономичность тэц при больших тепловых нагрузках не снижается; однако

расчетная температура воды в подающей линии сети получается более низкой, чем при ориентации на принцип максимального использования температуры греющего пара, рекомендуемый в «Руководящих указаниях по эксплуатации бойлерных установок» (ОРГРЭС, Госэнергоиздат, 1945 г.).

3. С точки зрения минимальных эксплуатационных расходов по системе в целом наиболее выгодным, как правило, является один из промежуточных режимов, при которых допускается недогрузка отопительного отбора в наиболее холодные дни отопительного сезона, при создании указанного выше в п. 2 режима работы основных подогревателей в определенном интервале температур наружного воздуха.

4. Выбор режимов загрузки отопительного отбора должен производиться в обязательной увязке с выбором величины присоединяемой тепловой нагрузки и температурного графика тепловой сети.



Работа противоточного катионитового фильтра без водяной подушки

Инж. С. М. Гурвич, инж. Е. И. Кунина и инж. М. И. Чиркин

На электростанции Мосэнерго по предложению Московского отделения ЦКТИ был переоборудован натрий-катионитовый фильтр диаметром 2340 мм для работы по противоточной схеме с фильтрацией воды снизу вверх и без применения операции взрыхляющей промывки (рис. 1).

Нижнее распределительное устройство фильтра представляет собой ложное металлическое днище со штуцерами диаметром 12,5 мм, на которые накручены пористые колпачки системы Чиркина. Верхнее распределительное устройство фильтра выполнено в виде системы труб с такими же штуцерами и пористыми колпачками. В верхнем распределительном устройстве 184 колпачка, в нижнем — 181.

Над верхним распределительным устройством размещен распределитель регенерационного раствора, состоящий из центральной коробки с расходными от нее радиальными трубками и приваренными к ним штуцерами диаметром 12,5 мм. При подаче соли в фильтр струи раствора из штуцеров ударяют в верхнее днище и отражаются от него мелким дождем по всей площади фильтра. В фильтр был загружен сульфуголь Воскресенского химического комбината в количестве 15 м³; при этом верхняя кромка загрузки находилась на уровне распределителя соли. Таким образом, над колпачками верхнего распределительного устройства находился слой сульфогля толщиной 180 мм. Общая высота слоя загруженного сульфогля составляла 3600 мм.

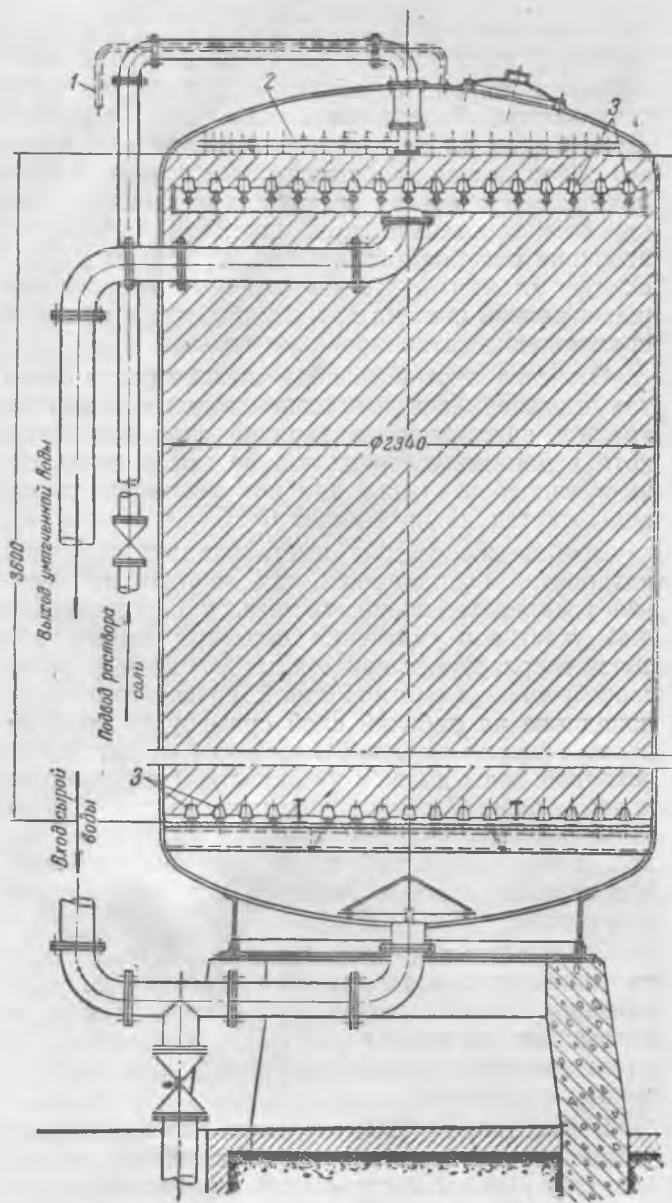
Фронт трубопроводов и арматуры фильтра был переоборудован таким образом, чтобы верхнее и нижнее распределительные устройства мог-

ли подключаться к магистралям жесткой и умягченной воды. На фильтре были установлены регистрирующий расходомер и ртутный дифманометр. Умягчение воды осуществлялось путем подачи воды снизу через ложное днище, а отвод умягченной воды — через верхнюю распределительную систему, благодаря чему загруженный в фильтр сульфуголь оказывался как бы гидравлически зажатым и не расширялся даже при скоростях фильтрации 20—25 м/час.

Переоборудованный фильтр был пущен в работу в июне 1950 г. и после устранения некоторых неполадок повторно пущен в работу в октябре 1950 г. После этого фильтр больше не подвергался каким-либо переделкам и до сего времени находится в эксплуатации по схеме противоточного катионирования при фильтрации воды снизу вверх и без проведения операции взрыхляющей промывки. Всего фильтр проработал уже более 3500 час. и умягчил более 160 тыс. м³ воды.

На рис. 2 даны изменения рабочей емкости сульфогля по отдельным циклам работы этого фильтра в 1950 г. Как можно видеть по характеру кривой 2, колебания рабочей емкости поглощения сульфогля имеют примерно одинаковые отклонения в ту и другую сторону от некоторой средней величины емкости сульфогля, что свойственно всем сорбционным фильтрам. В то же время нельзя заметить какой-либо тенденции к снижению рабочей емкости сульфогля по мере работы фильтра без взрыхляющей промывки.

Некоторое уменьшение рабочей емкости поглощения сульфогля в конце ноября и первой



при эксплуатации катионитового фильтра по противоточной схеме надежно обеспечивается неизменный высокий эффект умягчения воды. Это подтверждается приведенным на рис. 2 графиком, на котором кривая остаточной жесткости катионированной воды на протяжении всего периода испытаний фильтра держится на одном уровне независимо от изменения удельного расхода соли на регенерацию, который снижался до величины $57 \text{ г/т}^\circ \text{Н}$. Это существенное преимущество противоточного катионирования, благодаря которому оно с успехом может конкурировать с прямоточным катионированием на действующих водоподготовительных установках¹.

Переоборудование фильтров для противоточного катионирования не требует больших переделок, позволяя в то же время значительно увеличить слой катионита и, повысив таким образом пропускную способность катионитовых фильтров, — иметь возможность пойти на некоторое незначительное снижение рабочей емкости поглощения катионита при достаточно заметном сокращении удельного расхода соли на регенерацию и без ухудшения эффекта умягчения. При прямоточном катионировании, как известно, уменьшение удельного расхода соли ниже нормального ($80 \text{ г/т}^\circ \text{Н}$) во многих случаях неизбежно приводит к повышению остаточной жесткости умягченной воды.

При эксплуатации противоточного катионитового фильтра было обнаружено, что в результате фильтрации воды снизу вверх происходит постепенное забивание пор колпачков верхней распределительной системы мелкими частицами сульфугля. Для предотвращения чрезмерного забивания пористых колпачков и связанного с этим роста потерь напора фильтра была предусмотрена продувка их водой в качестве обязательной операции при регенерации фильтра. Для этого сырую воду подают в верхнюю распределительную систему фильтра, по выходе из которой промывная вода отводится в канализацию через воздухоотводящий трубопровод, присоединенный к центру верхнего днища фильтра. При этом

Рис. 1. Разрез противоточного катионитового промышленного фильтра.

1—воздухоотводящий трубопровод; 2—распределитель солевого раствора; 3—пористые колпачки.

половине декабря было вызвано намеренным уменьшением согласно программе испытаний фильтра удельного расхода соли на регенерацию катионита. Эти опыты имели целью показать, что

¹ В целях более полного выявления преимуществ противоточного катионирования в дальнейшем намечено организовать определение рабочей емкости катионита и эффекта умягчения воды при удельных расходах соли порядка $35\text{--}45 \text{ г/т}^\circ \text{Н}$.

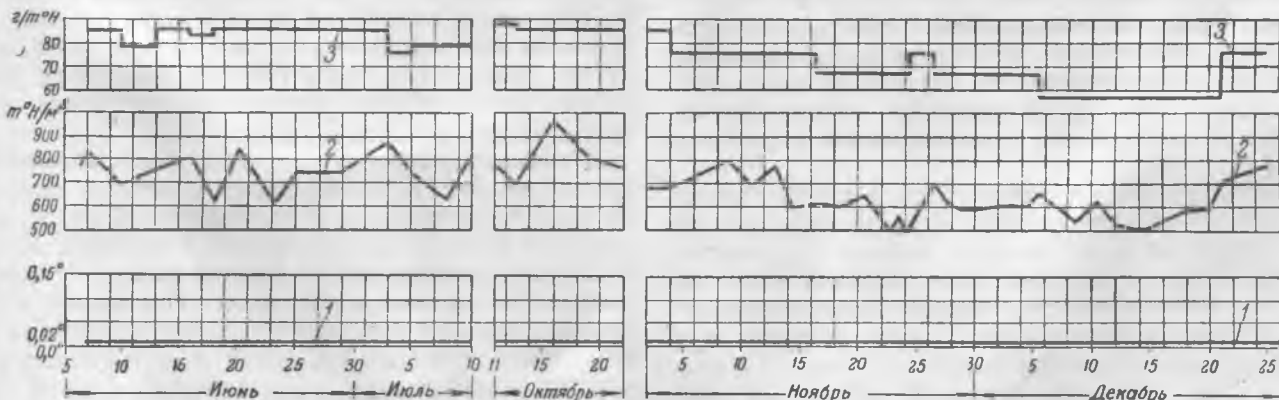


Рис. 2. Характеристика работы противоточного катионитового промышленного фильтра диаметром 2340 мм с высотой слоя сульфугля 3600 мм.

1—остаточная жесткость умягченной воды, $^\circ \text{Н}$; 2—рабочая емкость поглощения сульфугля, $^\circ \text{Н}/\text{м}^3$; 3—удельный расход соли, $\text{г}/\text{т}^\circ \text{Н}$.

одновременно с промывкой колпачков происходит промывка слоя сульфоугля, лежащего над колпачками. Промывка продолжается до выхода из воздушника прозрачной воды, на что обычно требуется не более 2—3 мин.

Таким образом, обеспечивается восстановление чистоты пор колпачков верхней распределительной системы фильтра. Это косвенно подтверждается графиком на рис. 3, где сопоставляются величины скорости фильтрации и потери напора на противоточном катионитовом фильтре в течение 460 час. его работы, когда ежедневно регистрировались показания расходомера и ртутного дифманометра. Как показывает этот график, в изменениях обеих кривых (скорости и потери напора) в течение рассматриваемого периода работы фильтра не имеется каких-либо расхождений, что указывает на эффективность периодических промывок колпачков. Окончательное суждение об отсутствии при таком режиме работы фильтра остаточного загрязнения колпачков можно будет вынести после длительной (около года) эксплуатации фильтра.

Устранение забивания колпачков верхней распределительной системы частицами сульфоугля является полезным не только из-за предотвращения повышенного сопротивления фильтра, но также по соображениям возможного ухудшения его гидродинамической характеристики. Дело в том, что забивание колпачков может происходить неравномерно по всей площади фильтрации, что в свою очередь может привести к значительным изменениям расхода воды по отдельным колпачкам и преждевременному проскоку через них воды ухудшенного качества.

Такого рода явление, повидимому, имело место в нескольких циклах работы противоточного катионитового фильтра, когда в результате значительного повышения сопротивления фильтра (12—15 м вод. ст.) к концу периода умягчения (за 3—4 часа до конца цикла, при средней продолжительности межрегенерационного периода 40 час.) отмечалось некоторое ухудшение эффекта умягчения.

В этих случаях производилась кратковременная (3—4 мин.) промывка верхней распределительной системы обратным током умягченной воды с отводом промывной воды через воздушник, после чего остаточная жесткость умягченной воды снижалась до обычной, и фильтр нормально работал до конца цикла. Повидимому, такая промежуточная, между регенерациями, промывка верхней распределительной системы может потребоваться только при значительной продолжительности рабочего цикла противоточного катионитового фильтра.

Остается пока невыясненным, в какой степени забивание колпачков происходит за счет проникновения в их поры мелких частиц сульфоугля, находящихся в верхнем слое загрузки фильтра, или же мельчайших пылевидных продуктов износа материала, проникающих через загрузку при фильтрации воды снизу вверх.

С этим вопросом связан и другой — о возможности постепенной пептизации этих продуктов износа в толще загрузки и уноса их в коллоидальном состоянии с умягченной водой. Попыт-

ки обнаружить такой унос путем контроля окисляемости сырой и умягченной воды не дали результатов. Повидимому, если этот процесс и имеет место, то в незначительной степени, и для его обнаружения требуются более точные методы прямого определения органических веществ в воде, чем косвенный, приближенный метод — по величине окисляемости воды. Во всяком случае следует отметить, что аналогичный процесс может в равной степени происходить и при обычном проточном катионировании воды.

Отмывка противоточного катионитового фильтра производилась умягченной водой с целью сохранения в неистощенном верхний слой катионита, хотя в данных условиях это не могло иметь существенного значения, так как жесткость сырой воды на тэц не превышает 6°Н.

Вообще же следует иметь в виду, что слой катионита, находящийся над колпачками верхней распределительной системы и не принимающий участия в умягчении воды при фильтрации снизу вверх, может явиться при отмывке фильтра своеобразной защитной зоной, предотвращающей попадание на рабочий слой сульфоугля жесткой воды. Повидимому, в зависимости от жесткости исходной воды должен устанавливаться наиболее целесообразный режим отмывки противоточного катионитового фильтра: отмывка умягченной водой, отмывка жесткой водой или комбинированная отмывка вначале жесткой, а затем умягченной водой.

Остаточная жесткость умягченной воды после противоточного катионитового фильтра на протяжении большей части его рабочего цикла не превышает величины 0,02°Н, независимо от удельного расхода соли на регенерацию (в испытанных пределах)

В сентябре 1950 г. водоподготовительная установка тэц была переведена на двухступенчатую схему работы, причем противоточный катионитовый фильтр был подключен к коллектору умягченной воды после второй ступени. По такой схеме противоточный катионитовый фильтр продолжает работать до настоящего времени, выдавая при одной ступени катионирования умягченную воду такого же качества, как и после барьерных фильтров.

Следует заметить, что достаточно правильное сопоставление качества этих двух вод по величине остаточной жесткости в настоящих условиях провести не представлялось возможным, поскольку эта величина в обоих случаях находится на границе возможности определения жесткости современными методами анализа.

Производительность фильтра, как показывает график на рис. 3, подвергалась в течение декабря 1950 г. значительным колебаниям. В среднем, скорость фильтрации колебалась в пределах 10—15 м/час. Кратковременно фильтр работал со скоростью фильтрации до 25 м/час. Постоянной работе фильтра на повышенных скоростях фильтрации препятствовало наличие в коммуникации участка трубопровода недостаточного сечения — 100 мм.

Общее сопротивление противоточного катионитового фильтра при скорости фильтрации 10—

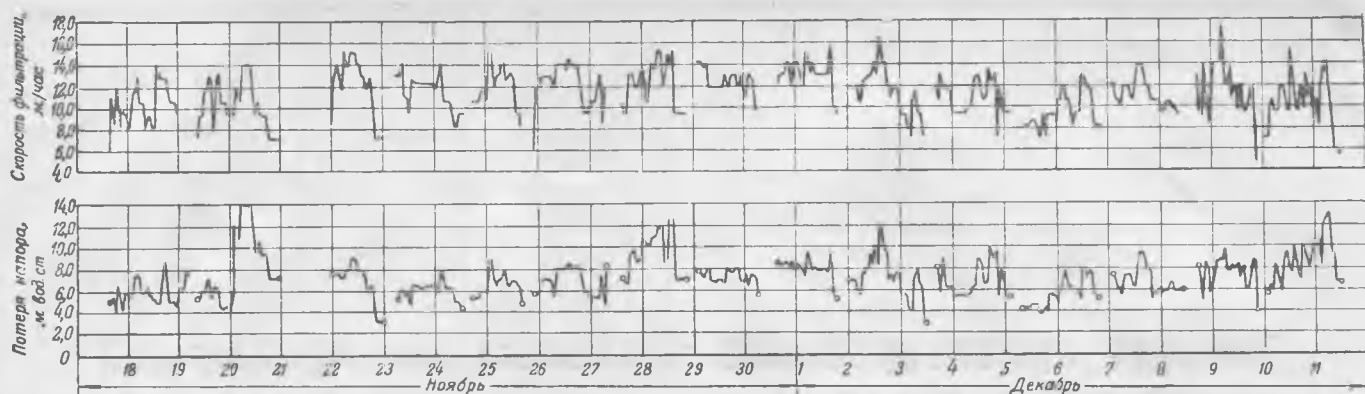


Рис. 3. Скорость фильтрации и потеря напора в противоточном катионитовом промышленном фильтре.

15 м/час соответственно колебалось в пределах 4—9 м вод. ст. Потеря напора в двухступенчатом катионировании, при тех же скоростях фильтрации во второй ступени и скорости фильтрации в первой ступени 7—10 м/час, составляла 10—12 м вод. ст. Таким образом, одноступенчатое противоточное катионирование позволяет в данных условиях снизить расход электроэнергии на прокачивание воды через водоподготовительную установку из расчета уменьшения напора воды примерно на 4—5 м вод. ст.

Величина рабочей емкости поглощения сульфогля при противоточном катионировании с фильтрацией воды снизу вверх остается примерно такой же, как и при обычном прямоточном катионировании. Объясняется это тем, что противоточное катионирование осуществляется в данных условиях при неподвижной загрузке и с обычной конструкцией распределительного устройства в верхней части фильтра. Таким образом, гидродинамическое состояние такого фильтра не подвергается при этом каким-либо радикальным изменениям, которые позволяли бы рассчитывать на улучшение использования обменной способности загруженного в фильтр катионита.

Выводы

1. Противоточное катионирование с гидравлически зажатой загрузкой позволяет осуществлять умягчение воды снизу вверх со скоростями, значительно превышающими скорости фильтрации при обычном противоточном катионировании; это позволяет широко использовать такую схему работы ионообменных фильтров независимо от жесткости исходной воды.

2. Одноступенчатое противоточное катионирование позволяет получать глубоко умягченную

воду при несколько меньших капитальных затратах и эксплуатационных расходах, чем это достигается в схемах двухступенчатого катионирования. Некоторым преимуществом последних является отсутствие (практическое) опасности повышения остаточной жесткости умягченной воды перед выключением фильтра на регенерацию.

3. При противоточном катионировании представляется возможным за счет некоторого уменьшения рабочей емкости поглощения катионита значительно сократить удельный расход соли на его регенерацию без снижения эффекта умягчения воды.

4. Противоточное катионирование с фильтрацией воды снизу вверх неизбежно связано с постепенным забиванием верхней распределительной системы мелкими фракциями катионита и продуктами его износа. Поэтому конструкции противоточных катионитовых фильтров по предложенной схеме должны предусматривать возможность промывки верхней распределительной системы обратным током воды, что обеспечивает нормальную эксплуатацию фильтра.

5. Доказана возможность осуществления противоточного катионирования без применения операции взрыхляющей промывки катионита, что позволяет конструировать катионитовые фильтры без водяной подушки, уменьшая их габариты и удельный расход металла на изготовление фильтров и повышая их пропускную способность за счет увеличения загрузки катионита на 25—30%.

6. Для окончательного разрешения всех вопросов, связанных с конструированием и установлением оптимальных условий эксплуатации противоточных катионитовых фильтров, целесообразно организовать аналогичные опыты на промышленных фильтрах с различным качеством исходной воды при длительности работы не менее 6 мес.



Типовое проектирование тепловых электростанций

Инж. А. А. Боровой

Широкое внедрение типовых проектов основных и подсобных сооружений тепловых электростанций не только способствует улучшению качества проектов и удешевлению проектирования, но в условиях непрерывного увеличения количества вновь строящихся тепловых электростанций является практически единственным средством своевременного обеспечения строительства технической документацией.

Вместе с тем до последнего времени существует еще неправильная точка зрения, что влияние местных факторов (род топлива, геология и гидрогеология площадки и т. п.) не дает возможности разработать комплексные типовые проекты основных зданий и сооружений станций, и поэтому возможна типизация только их отдельных узлов и элементов, чем лишь облегчается проектирование, но не исключается необходимость выполнения проекта сооружения в целом.

В результате глубокой проработки этого вопроса Теплоэлектропроектом, Техническим советом при Министре и Техническим управлением по строительству теперь уже можно утверждать, что типовые проекты отдельных зданий и сооружений могут и должны представлять собой готовые комплексные проекты, доведенные до рабочего состояния как в строительной (включая подземное хозяйство), так и в технологической частях.

При этом могут быть типизированы проекты всех основных и вспомогательных сооружений электростанций за исключением лишь таких резко индивидуальных, как сооружения технического водоснабжения (плотины, каналы, водоприемники), внешнего золоудаления (трубопроводы и золоотвалы), железнодорожные и автогужевые дороги и т. п. По этим сооружениям, действительно

не поддающимся полной типизации, а также для генерального плана электростанций взамен комплексных типовых проектов должны разрабатываться типовые решения и отдельные типовые узлы и детали.

Одним из наиболее существенных вопросов типизации проектов тепловых электростанций является выбор компоновки главного корпуса.

Основными типами компоновок главного корпуса, о преимуществах и недостатках которых многие годы ведется широкая дискуссия, являются, как известно, следующие:

Тип I — так называемая «сомкнутая» компоновка, предусматривающая размещение между машинным залом и котельной совмещенной двухпролетной бункерной и деаэрационной этажерки (рис. 1).

Тип II — компоновка, отличающаяся от типа I отрывом здания машинного отделения от здания котельной. Деаэрационная этажерка примыкает к машинному залу, а бункерная — к котельной. Оба здания соединяются между собой переходными мостиками (рис. 2).

Тип III — компоновка с двухсторонним, по отношению к котельной, расположением этажерок; между машинным залом и котельной размещается однопролетная деаэрационная этажерка, а бункерная этажерка размещается с фасадной стороны котельной, причем котлоагрегаты устанавливаются фронтом к бункерной этажерке. Дымососная и золоулавливающие установки в этом случае отрываются от помещения котельной (рис. 3).

Тип IV — отличается от типа III только тем, что котлоагрегаты устанавливаются в нем фронтом к машинному залу, т. е. к деаэрационной этажерке (рис. 4).

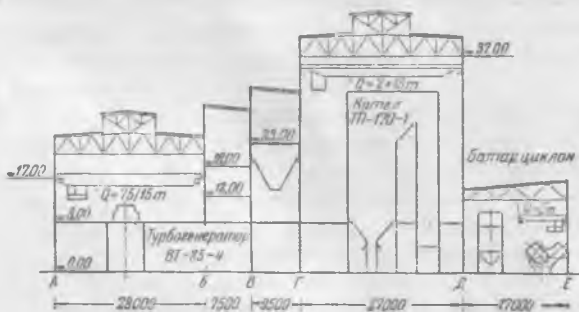


Рис. 1. «Сомкнутая» компоновка главного корпуса тепловых электростанций (тип I).



Рис. 2. «Разорванный» вариант компоновки главного корпуса (тип II).

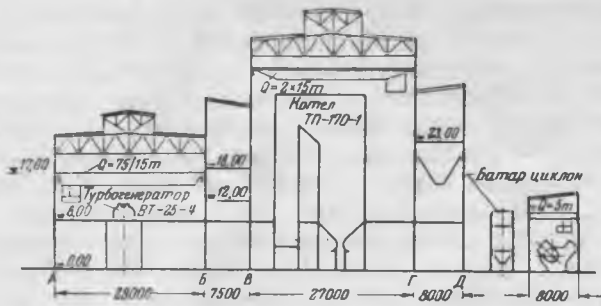


Рис. 3. Компоновка главного здания с двусторонним расположением деаэрационной и бункерной этажерок (тип III).

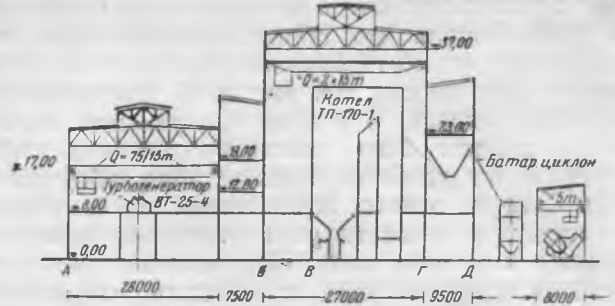


Рис. 4. Вариант компоновки с двусторонним расположением этажерок при установке котлов фронтом к машинному залу (тип IV).

Выбор одного из указанных вариантов компоновок в качестве типового может быть произведен, естественно, на основе удовлетворения этого варианта требованиям:

- а) удешевления и ускорения строительства;
- б) обеспечения максимальной надежности работы электростанций и высокой культуры эксплуатации;
- в) создания благоприятных условий труда для эксплуатационного и ремонтного персонала;
- г) обеспечения оптимальных эксплуатационных показателей по удельному расходу топлива, по расходу электроэнергии на собственные нужды станции, по количеству персонала на 1 квт установленной мощности и по себестоимости 1 квтч выработанной энергии.

Тщательное технико-экономическое сопоставление рассматриваемых вариантов (табл. 1) приводит к следующим выводам:

Таблица 1

Сравниваемые показатели	Тип I	Тип II	Тип III	Тип IV
Металлоконструкции, т	2 000	2 100	1 900	1 900
Станционные трубопроводы, т	660	685	655	650
В том числе высокого давления, т	180	195	180	175
Котельно-вспомогательное оборудование, т	430	430	510	470
Итого металла, т	3 270	3 410	3 245	3 195
Железобетон, м ³	3 200	3 470	3 180	3 180
Бетон и бутобетон, м ³	255	360	300	300
Кирпичная кладка, м ³	4 790	6 150	4 550	4 550

1. По затратам металла на металлоконструкции. По сравнению с типом I тип II компоновки имеет некоторый, правда незначительный, перерасход металла за счет разделения стены по оси В на две самостоятельные стены В и В₁. Наоборот, компоновки типов III и IV имеют по сравнению с типом I некоторую, также незначительную, экономию расхода металла в основном за счет того, что совмещение колонн двух нагруженных осей деаэрационной и бункерной этажерок (ось В) в сомкнутом варианте значительно менее эффективно с точки зрения экономии металла, чем соединение колонн нагруженной бункерной оси с осью Д высокой свободной стенки котельной в компоновках типов III или IV. Кроме того, в типе I, так же как

и в типе II, необходимо предусмотреть у постоянной торцевой стены дополнительные полпролета для пропуска наклонной эстакады топливоподдачи, чего можно избежать в вариантах III и IV.

Следует подчеркнуть, что при железобетонном главном корпусе выполнение в сомкнутой компоновке из железобетона колонн высокой свободной стены по оси Д практически очень сложно, и на сооружение этой стены, очевидно, потребуется затрата около 150 т металла, что не имеет места в вариантах III и IV.

2. По затратам на стационарные трубопроводы. Затраты ценного и дорогостоящего металла на стационарные трубопроводы в компоновке типа II сравнительно с типом I возрастают, включая и затраты металла на трубопроводы высокого давления из-за их удлинения вследствие отрыва машинного зала от котельной. Однако это увеличение очень невелико (не превосходит 4%). В компоновках типов III и IV, наоборот, длины стационарных трубопроводов, включая трубопроводы высокого давления, сокращаются примерно на длину бункерной этажерки.

3. По затратам металла на котельно-вспомогательное оборудование. Эти затраты, равные в компоновках типов I и II, довольно значительно возрастают для типа III за счет необходимости прохода газопроводами от хвоста котла через всю котельную и бункерную этажерку к дымососной. В компоновке типа IV также имеет место некоторое увеличение затрат металла на котельно-вспомогательное оборудование в сравнении с типом I за счет удлинения газопроводов на длину бункерной этажерки и некоторого удлинения пылепроводов от питателей пыли к горелкам.

В целом по всем составляющим, как это видно из табл. 1, наименьшие затраты металла имеют место для компоновок типов III и IV, а наибольшие — для типа II. Следует, однако, подчеркнуть, что эти результирующие цифры отличаются друг от друга очень незначительно.

Сопоставляя для рассматриваемых типов компоновок объемы основных работ (железобетон, бетон, бутобетон и кирпичная кладка), можно установить (табл. 1), что и здесь оптимальными являются компоновки типов IV и III и что, следовательно, стоимость сооружения главных корпусов для рассматриваемых типов компоновок будет также наименьшей для типов IV и III.

Вместе с тем по затратам металла, объемам работ и стоимости все сравниваемые типы компо-

новок отличаются очень незначительно, и поэтому следует считать, что технико-экономические соображения не могут служить достаточным основанием для выбора той или иной компоновки в качестве типовой. В основу выбора типа компоновки должны быть положены исключительно соображения удобства эксплуатации оборудования. Следует, однако, подчеркнуть, что компоновка типа II рассмотрена при отсутствии промежуточного перегрева пара. При наличии промежуточного перегрева следует ожидать, что компоновка типа II окажется неконкурентноспособной с технико-экономической точки зрения.

Рассматривая типы компоновок с эксплуатационной точки зрения, можно установить, что сомкнутая компоновка главного корпуса (тип I), особенно при шаровых мельницах, имеет ряд органических дефектов. Расположение бункерной этажерки между машинным залом и котельной лишает фронт котлов и рабочие места в бункерной, и прежде всего в помещении пылеприготовления, естественного освещения. Ухудшаются условия вентиляции как в котельной, так и в бункерной из-за невозможности осуществления естественной аэрации. Возникает необходимость устройства механической приточной вентиляции, надежного и проверенного решения которой для электростанций пока еще не существует. Ухудшаются и условия безопасности рабочих в случаях взрыва пыли, пожаров или разрывов трубопроводов. Наконец, непосредственное примыкание пылеприготовительного отделения к распределительному устройству собственных нужд и машинному залу способствует загрязнению их угольной пылью.

Лучшим с точки зрения эксплуатационных требований является разрывной вариант компоновки (тип II), так как в этом случае имеются наилучшие условия для освещения помещений бункерной и деаэрационной этажерок и отсутствуют указанные выше недостатки сомкнутой компоновки.

При двухстороннем расположении бункерной и деаэрационной этажерок (типы III и IV) имеется также ряд преимуществ по сравнению с компоновкой при сомкнутых этажерках. Открытый фронт бункерной обеспечивает достаточную естественную аэрацию бункерной и котельной, освещение бункерной и, в частности, мельничного отделения. Удаленность пылеприготовления от машинного зала и распределительного устройства собственных нужд улучшает условия эксплуатации этих цехов.

В типе III компоновки имеется некоторое загромождение золowego помещения газопроводами, однако это практически не мешает эксплуатации, если не считать некоторых неудобств с подачей оборудования при ремонте котлоагрегатов. Следует подчеркнуть, что расположение в компоновке типа IV фронта котлов к машинному залу при шаровых мельницах отнюдь не затрудняет эксплуатации, так как при боковом расположении пылевых горелок и при отсутствии особой необходимости наблюдать за факелом в топке эксплуатационному персоналу у фронта котла практически нечего делать.

По совокупности приведенных соображений о технико-экономических и эксплуатационных

преимуществах и недостатках рассмотренных типов и компоновок Министерством электростанций принято решение утвердить в качестве типовой для электростанции с котлами, оборудованными шаровыми мельницами, компоновку главного корпуса с отдельными этажерками и расположением фронта котла к машинному залу (т. е. тип IV). Для электростанций же с котлами, оборудованными шахтными мельницами, расположенными с фронта котла (что исключает возможность установки котла фронтом к машинному залу) в качестве типового принят вариант компоновки главного корпуса с сомкнутыми этажерками (тип I).

При рассмотрении второго основного вопроса типизации размеров типовых главных корпусов, с учетом снижения стоимости строительства за счет устранения излишеств, допускаемых в проектировании, были пересмотрены и в некоторых случаях значительно уменьшены основные размеры главных корпусов. В табл. 2 приведены основные размеры главного корпуса и данные о получаемом за этот счет сокращении кубатуры главного корпуса и его отдельных помещений.

Таблица 2

Сравниваемые показатели	Грэг 100 тыс. квт (2 турбины ВК-50 и 5 котлов 1П-230)		Тэц 50 тыс. квт (2 турбины ВТ-25 и 3 котла 1П-170)	
	Применяемые размеры	Принятые размеры	Применяемые размеры	Принятые размеры
Машинный зал				
Пролет, м	24	22	28	25
Длина, м	91	78	91	78
Отметка подкрановых путей, м	17	17	17	15,5
Сокращение кубатуры за счет уменьшения разме- ров, %	—	21	—	30
Деаэрационная				
Отметка пола деаэраторов, м	18	14	18	14
Сокращение кубатуры, % . .	—	28	—	28
Котельная				
Шаг колонн, м	6,5	6,5	6,5	6
Длина, м	65	61,5	65	57
Отметка низа ферм, м	27	36	27	36
Сокращение кубатуры, % . .	—	10	—	19
Помещение мультици- клонов и дымососов				
Пролет, м	17	8	17	8
Сокращение кубатуры, % . .	—	45	—	50
Главный корпус в целом				
Общее сокращение кубатуры против первоначального варианта Теплоэлектро- проекта, %	—	20	—	27

Уменьшение длины машинного зала достигнуто за счет отказа от специальной ремонтной площадки в машинном зале и некоторого уменьшения монтажной площадки. Отметка подкрановых путей в варианте с турбинами мощностью 25 тыс. квт сокращена с 17 до 15,5 м за счет от-

каза от унификации этого размера для всех типов турбин.

Большое значение имеет снижение отметки деаэрационной (наиболее нагруженной ее части) во всех вариантах с 18 до 14 м, осуществляемое за счет перенесения распределительного устройства собственных нужд 380 в из этого помещения. В компоновке с шахтными мельницами данное устройство легко размещается в свободном помещении бункерной на отметке пола. Для компоновки же с шаровыми мельницами, имеющей меньше возможностей для расположения распределительного устройства 380 в, принято решение о первоочередном применении малогабаритных комплектных ячеек.

Пролет бункерной уменьшен с 9,5 (при шаровых мельницах) до 8 м.

Шаг колонн для варианта с котлами 170 т сокращен с 6,5 до 6 м и соответственно уменьшена длина котельной.

Существенным является отказ, в том числе и при сомкнутой компоновке, от размещения мультициклонов и электрофильтров в закрытом помещении. Это мероприятие позволит сократить кубатуру главного корпуса и затраты металла. Более рациональная конструкция бункерной этажерки позволила снизить ее на 2 м.

Как видно из табл. 2, указанные изменения размеров обеспечат сокращение кубатуры главного корпуса на 20—25% против кубатуры в применяемых в настоящее время проектах главных корпусов.

При рассмотрении характеристик тепловых электростанций, подлежащих строительству в ближайшие годы, удалось подобрать 7 типоразмеров главных корпусов, проекты которых, наряду с проектами остальных основных и подсобных зданий и сооружений станций, обеспечат готовыми комплексными проектами не менее 75% вновь сооружаемых станций. Следует подчеркнуть, что типовые рабочие чертежи этих станций будут разрабатываться для подземного хозяйства в двух вариантах — при грунтах с допускаемой нагрузкой в среднем до 2,5 кг/см² и для грунтов с допускаемой нагрузкой 1,5 кг/см² при наличии высоких грунтовых вод.

Тщательному рассмотрению был вновь подвергнут вопрос о применении для монтажа и ремонта постоянного мостового крана в котельной. Принято, что подкрановые балки котельной должны рассчитываться на монтажную нагрузку от мостового крана грузоподъемностью 30 т (2 тележки по 15 т) при верхнем пределе допустимых напряжений. В эксплуатации же по окончании монтажа остается кран с одной тележкой 15 т. Специальное рассмотрение позволило установить, что, несмотря на необходимость незначительного повышения здания котельной для создания проходимости крана, увеличения затрат металла не

будет, так как наличие крана позволяет значительно облегчить фермы котельной, которые при отсутствии этого крана приходилось рассчитывать на подвеску к ним нескольких постоянных монорельсов для тельферов.

При разработке типового технического проекта необходимо дополнительно рассмотреть вопрос о возможности отказа от сплошного перекрытия вокруг котлов на отметке 8 м с тем, чтобы обслуживание на этой отметке велось с обычных котельных помостов. Открытие отметки 8 м между котлами и сзади котлов не только даст дополнительную экономию металла, но и значительно упростит маневрирование ремонтным мостовым краном, так как позволит брать груз краном из любой точки золотого подвала и опускать в любую точку золотого подвала оборудование, нуждающееся в ремонте.

Особое внимание должно быть уделено строительным конструкциям главного корпуса, которые должны обеспечить максимальную индустриализацию и возможность применения скоростных методов строительства и монтажа.

В железобетонном варианте главного корпуса монолитные железобетонные конструкции каркаса должны выполняться из жестких каркаснонесущих арматурных блоков, изготавливаемых централизованно в заводских условиях и доставляемых на строительство в готовом виде.

Армирование железобетонных фундаментов под здание и под вспомогательное технологическое оборудование должно выполняться из гибких арматурных блоков, а фундаментов под турбогенераторы — из блоков жесткой арматуры.

В типовом проекте должно быть обеспечено широкое применение сборного железобетона и бетона. В частности, из сборного железобетона и бетона должны быть выполнены все каналы подземного хозяйства главного корпуса, независимо от уровня грунтовых вод.

В металлическом варианте главного корпуса конструкции каркаса, в целях экономии листовой стали, будут выполнены сварными из прокатных профилей.

Применение в качестве утеплителя шлаковой пробки и армопенобетона взамен шлака, употреблявшегося в осуществлявшихся проектах, позволит значительно облегчить несущие конструкции.

Таким образом разработка и внедрение указанных типовых проектов главного корпуса обеспечат не только своевременную выдачу проектной технической документации строительству, но и значительное удешевление главного корпуса, экономию основных строительных материалов и, наконец, сокращение сроков строительства за счет уменьшения объемов строительных работ и индустриализации строительства.



Полый пакет плоских шин¹

Инж. Л. И. Двоскин

В нашей технической литературе неоднократно поднимался вопрос о необходимости применения фасонных шин. Теплоэлектропроектом была разработана и передана промышленности шкала с необходимым сортаментом таких шин из меди и алюминия. Этот сортамент предусматривал для каждого металла и каждого профиля по 6 типоразмеров, различающихся размерами граней и толщиной стенки. Так как количество шин каждого типоразмера, требуемое для ежегодно вводимых многоамперных токопроводов, относительно невелико, стоимость их изготовления будет высока. По указанным причинам выпуск профильных шин промышленностью задерживается.

В результате для многоамперных соединений применяются попрежнему пакеты из нескольких плоских шин, в которых отдельные полосы располагаются рядом друг с другом на расстоянии, равном толщине шины. В таких пакетах имеют место значительные дополнительные потери энергии из-за явления поверхностного эффекта, а также неэффективное использование проводникового материала вследствие плохих условий охлаждения шин.

Новая конструкция пакета

С целью уменьшения дополнительных потерь энергии из-за явления поверхностного эффекта и улучшения охлаждения полос Теплоэлектропроектом, по предложению автора, разработана следующая конструкция (рис. 1). Плоские шины располагаются по сторонам квадрата с наклоном его сторон в 45° к горизонтали; между полосами предусматриваются просветы, обеспечивающие хорошие условия охлаждения и возможность выполнения ответвлений от них. Этот просвет принят равным 30 мм. Плоские шины удерживаются в заданном положении помощью двух стяжных стальных болтов 1 и стальных накладок 2 и 3.

Полый пакет шин крепится на опорных изоляторах помощью стальных скоб 1 и стальных накладок 2 (рис. 2). В местах жесткого закрепления пакета шин на изоляторах накладка 2 с помощью болта плотно прижимает пакет шин к арматуре изолятора. В местах свободного закрепления пакета шин на изоляторах между скобой 1 и накладкой 2 прокладываются несколько шайб таким образом, чтобы при затянутом

болте между пакетом шин и накладкой оставалось расстояние в 0,5—1,0 мм, обеспечивающее свободное перемещение шин при температурных удлинениях.

Компенсаторы в шинах устанавливаются обычного типа, выполняемые из плоских тонких медных пластин. Так же, как и основные полосы пакета, пластины компенсатора устанавливаются под углом 45° к горизонтали. Размещение пластин компенсатора внутри полого пакета позволило не увеличивать внешних габаритов пакета.

Ответвление от полос пакета шин показано на рис. 3. Ответвительная скоба прижимается помощью обычных болтов к основным полосам пакета. Сечение этих ответвительных скоб выбирается в соответствии с номинальным током и числом полос ответвления.

Соединение отдельных полос пакета по длине производится, как обычно, помощью накладок встык или внахлестку или, наконец, помощью сварки.

Сопоставление элементов для новой и для обычной конструкций пакета шин позволило установить, что при новой конструкции отпадает необходимость выполнения болтов или накладок из цветного металла, изготовления фрезерованных дистанционных прокладок между полосами в шинодержателе. Количество деталей, необходимых для «сухарей» и шинодержателей, в новой конструкции меньше, чем в обычной.

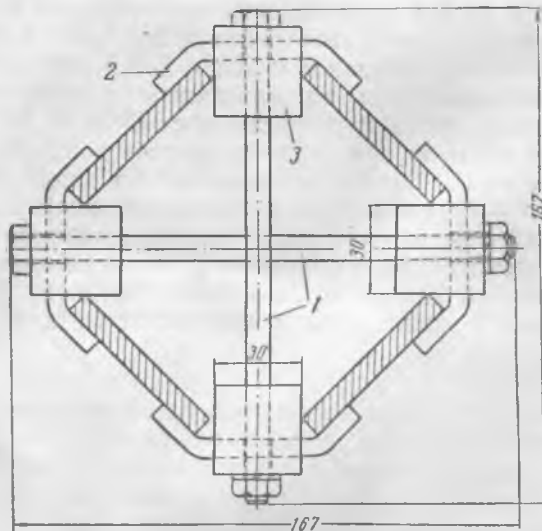


Рис. 1.

¹ Печатается в порядке предложения. Р е д.

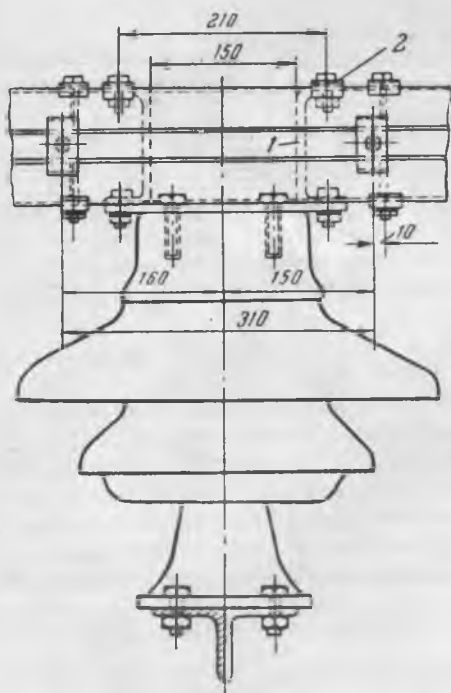


Рис. 2.

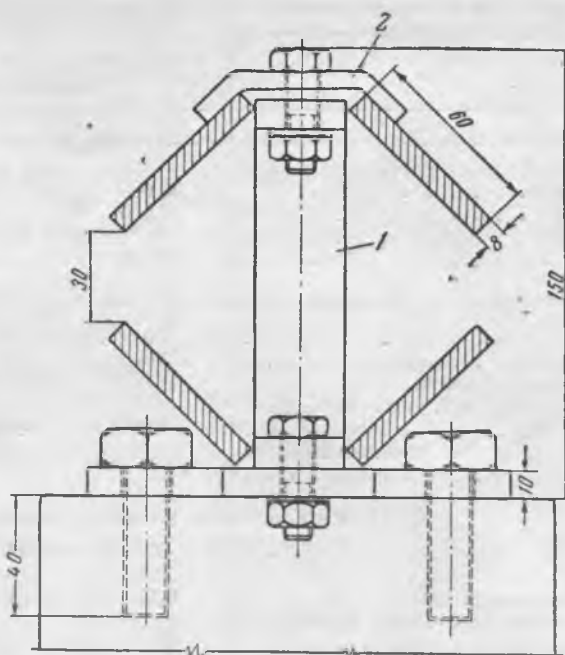


Рис. 3.

Предлагаемая конструкция имеет преимущество не только перед пакетом из плоских шин, но и по сравнению с шинами коробчатого профиля.

В новой конструкции пакета шин из плоских полос коэффициент поверхностного эффекта ниже, а условия охлаждения существенно лучше, чем при шинах коробчатого сечения или уголкового квадрата. В результате, контакты в пакетах новой конструкции будут работать при меньших температурах, а значит будут более надежными.

Для всех элементов конструкции с коробчатыми шинами² необходимо применение дополнительных стальных планок из мягкой стали толщиной 12 мм с большим числом нарезанных отверстий диаметром 5 и 10 мм, с предварительным креплением этих планок к полкам шин; для установки компенсаторов необходимы оцинкованные стальные уголки опять-таки с нарезанными отверстиями, а для ответвлений и соединений нужны еще алюминиевые пластины толщиной 16 мм. При полом же пакете шин нигде не требуется отверстия с резьбой; все соединения выполняются обычными болтами, гайками и шайбами, т. е. просто, дешево и надежно. Очевидно также, что сварка профильных шин значительно сложнее сварки обычных полос.

Для выявления снижения затрат проводникового материала при применении пакета шин предлагаемой конструкции рассмотрены условия работы соединительных шин, длительно нагруженных значительным током, как, например, шины для соединения генераторов и трансформаторов между собой и с распределительными устройствами. Эти соединения, как известно, выбираются с учетом экономической плотности тока и при выполнении на открытом воздухе для них применяется медь.

² Б. Н. Михалев, Конструкция шин коробчатого типа, «Электрические станции», № 6, 1951 г.

В таблице, в графах 2, 3 и 4, приведено сравнение показателей шин прежней и новой конструкции для генераторов 30, 50 и 100 тыс. кВт с водородным охлаждением. Коэффициент поверхностного эффекта принимался для пакета шин обычной конструкции по кривым, приведенным в работе инж. Третьяка и Лысова³, и для пакета шин новой конструкции как средняя величина из коэффициентов для круглой поллой трубы и для квадратной поллой трубы, значения которых приведены: первая — в той же работе инж. Третьяка и Лысова, а вторая — в статье инж. Шубина⁴.

В той же таблице, в графах 5 и 6, приведено сопоставление затрат проводникового материала и потерь энергии в пакете шин, применяемых для распределительных устройств 6—10 кВ, где они выполняются из алюминия.

Из приведенного следует, что применение пакета шин новой конструкции позволяет существенно, на 35—50%, сократить затраты проводникового материала при одновременном сокращении потерь энергии в них на 9—24%.

Методика расчета элементов пакета новой конструкции

При протекании по полосам пакета тока короткого замыкания каждая из полос будет взаимодействовать с остальными тремя полосами пакета данной фазы и пакетом шин соседней фазы.

Усилие от взаимодействия полосы I пакета с полосой II может быть представлено как результирующее от двух составляющих: $P_{к1}$, направленной по касательной к окружности, проведенной через центр квадрата, по сторонам

³ Г. Т. Третьяк и Н. Е. Лысов, Основы теплового расчета электрической аппаратуры, ОНТИ НКТП, 1935 г.

⁴ Н. Я. Шубин, Применение фасонных шин на электрических станциях, «Электрические станции», № 11, 1948 г.

Сопоставление типовых сечений пакетов шин обычной и новой конструкции

1	Медные шины для соединения генераторов с трансформаторами или распределительными устройствами			Алюминиевые шины для сборных полюс ГРУ 6-10 кв	
	2	3	4	5	6
Мощность генератора, <i>квт</i>	30 000	50 000	100 000	—	—
» » <i>кВа</i>	37 500	62 500	117 500	—	—
Напряжение генератора, <i>кв</i>	6,3	10,5	15,75	—	—
Номинальный ток, <i>а</i>	3 450	3 430	4 300	—	—
Пакет обычной конструкции					
Число и размеры полюс	3 × 100 × 10	3 × 100 × 10	4 × 100 × 10	2 × 100 × 10	3 × 100 × 10
Сечение пакета шин, <i>мм²</i>	3 000	3 000	4 000	2 000	3 000
Коэффициент поверхностного эффекта	1,74	1,74	2,06	1,22	1,42
Максимально допустимая нагрузка, при перегреве в 45° С, <i>а</i>	4 650	4 650	4 970	2 860	3 640
Расчетный перегрев при нагрузке номинальным током генератора, °С	25	25	34	—	—
Пакет новой конструкции					
Число и размеры полюс	4 × 60 × 8	4 × 60 × 8	4 × 80 × 8	4 × 50 × 6	4 × 60 × 6
Сечение пакета шин, <i>мм²</i>	1 920	1 920	2 560	1 200	1 440
Коэффициент поверхностного эффекта	1,04	1,04	1,08	1,0	1,0
Максимально допустимая нагрузка при перегреве в 45° С, <i>а</i>	5 280	5 280	6 760	2 960	3 480
Расчетный перегрев при нагрузке номинальным током генератора, °С	19	19	18	—	—
Отношение веса пакета шин новой конструкции к весу пакета шин обычной конструкции, %	64	64	64	60	48
Отношение потерь энергии в пакете шин новой конструкции к потерям энергии в пакете шин обычной конструкции, %	91	91	74	—	—

которого расположены полюсы, и $p_{ц1}$ направленной к центру той же окружности (рис. 4).

Усилие от взаимодействия полюсы I с полюсой IV по величине будет таким же, как и усилие от взаимодействия с полюсой II, но ее составляющая $p_{к2}$ будет направлена прямо противоположно составляющей $p_{к1}$. В результате, эти две составляющие силы взаимно уничтожаются. Составляющая же $p_{ц}$, полностью совпадая с направлением ранее найденной силы $p_{ц1}$, сложится с ней и даст суммарную силу в 2 $p_{ц}$.

Усилие от взаимодействия полюсы I с полюсой III будет также равно $p_{ц}$.

Таким образом, в результате взаимодействия тока, протекающего в одной полосе, с током, протекающим в остальных трех полосах (рис. 4), каждая из полюс подвергается усилию, равному

$$p_{ц} = 3 \cdot 2,04 \cdot 10^{-8} \left| \frac{i}{4} \right|^2 \frac{l}{d_0} \text{ кг/см.} \quad (1)$$

и стремящему переместить каждую из полюс к центру квадрата. Величина пролета полюсы,

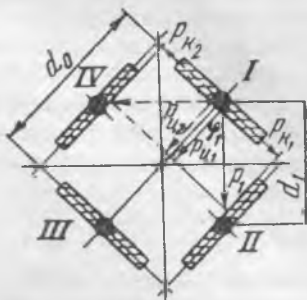


Рис. 4.

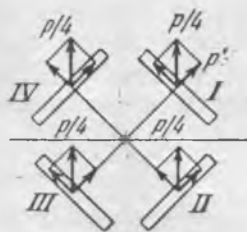


Рис. 5.

подвергающегося этому усилию, равна расстоянию между „сухарями“ пакета.

Напряжение материала полюс от внутрифазового взаимодействия

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{p_{ц} l_1^2}{12} : \frac{b^2 h}{6} \text{ кг/см}^2, \quad (2)$$

где l_1 — расстояние между „сухарями“ пакета, *см*;
 h — ширина полюсы, *см*;
 b — толщина полюсы, *см*.

При протекании токов короткого замыкания пакеты шин будут подвергаться также усилиям от междупазового взаимодействия. При расстоянии между фазами d это усилие равно:

$$p = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot i^2 \cdot \frac{l}{d} \text{ кг/см}^2, \quad (3)$$

и направлено по линии, соединяющей центры этих пакетов. На каждую из четырех полюс пакета приходится $1/4$ указанного усилия.

При расположении полюс пакета под углом 45° к направлению действующего усилия последнее может быть разложено на две составляющие, из которых одна совпадает с осью полюс пакета, а другая перпендикулярна к плоскости полюсы (рис. 5).

Эти составляющие одинаковы по величине и равны каждой:

$$p' = \frac{p}{4} \cos 45^\circ = 0,71 \frac{p}{4} \text{ кг/см}^2. \quad (4)$$

Усилия, нормальные к плоскостям полюс I и III и совпадающие с плоскостями II и IV, стремятся переместить пакет шин вправо и вверх и изгибают полюсы пакета в этом направлении.

Суммарные усилия, действующие в этом направлении, равны

$$P_2 = 4 \cdot 0,71 \frac{P}{4} = 0,71 P \text{ кг/см.} \quad (5)$$

Принимая, что полосы пакета не связаны друг с другом и работают на изгиб отдельно, что, очевидно, создает значительный запас в расчете, можно установить, что момент сопротивления четырех полос будет равен

$$W_2 = W_{II} + W_{IV} = 2 \frac{bh^2}{6} + 2 \frac{hb^2}{6} \text{ см}^3. \quad (6)$$

Учитывая, что полосы I и III имеют весьма незначительный момент сопротивления в этом направлении, можно для упрощения расчетов ими пренебречь и считать, что все усилия, действующие в рассматриваемом направлении, воспринимаются только полосами II и IV. В соответствии с этим можно написать, что

$$W_2 = 2 \frac{bh^2}{6} \text{ см}^3. \quad (7)$$

Рассуждая аналогичным образом относительно усилий, действующих влево и вверх, и противостоящих им моментов сопротивления полос I и III пакета, можно написать:

$$W_2' = W_I + W_{III} = 2 \frac{bh^2}{6} \text{ см}^3. \quad (8)$$

Величина пролета, подвергающегося указанным усилиям, равна расстоянию между опорными изоляторами l_2 , а изгибающий полосу момент

$$M_2 = \frac{P_2 l_2^2}{10} \text{ кг} \cdot \text{см.} \quad (9)$$

□ □ □

Напряжение материала полос от междуфазного взаимодействия

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} \text{ кг/см}^2. \quad (10)$$

Полученные ранее напряжения в материале полос должны быть просуммированы. Таким образом, результирующее напряжение материала полос равно

$$\sigma_2 = \sigma_1 + \sigma_2 \text{ кг/см}^2. \quad (11)$$

Расчет остальных деталей конструкции пакета—скоб и стягивающих болтов может быть легко произведен по полученным значениям усилий. Следует отметить, что эти детали выбираются главным образом по конструктивным соображениям и в них имеются большие запасы прочности.

Выводы

Новая конструкция пакета плоских шин является оригинальной советской конструкцией. Она позволяет существенно снизить затраты проводникового материала и выгодно отличается от всех известных конструкций пакетов шин, выполняемых как из обычных полос, так и из профильных шин, своей простотой в изготовлении и в монтаже.

Новая конструкция обеспечивает работу токоведущих частей при меньших температурах, т. е. значительно более надежна в эксплуатации.

Некоторые пути дальнейшего снижения стоимости строительства линий электропередачи

Инж. О. Г. Вексельман

В целях снижения стоимости строительства представляется возможным в настоящее время пересмотреть и дополнить некоторые указания раздела «Правил устройств электрических установок» («Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000 в») без уменьшения эксплуатационной надежности линий.

1. Согласно «Правилам» для металлических опор высоковольтных линий применяются стали марок Ст. ОС, Ст. 2, Ст. 3 и легированные стали. Предлагается это указание заменить другим — о том, что основным материалом для изготовления металлических опор является сталь марки Ст. 3; при отсутствии стали марки Ст. 3 разрешается применять металл марок Ст. ОС и Ст. 2.

Это изменение, на первый взгляд лишь редакционного характера, фактически приведет к уменьшению веса металлических опор на 10—12% из-за соответствующей разницы в допустимых напряжениях для сталей марок Ст. 3 и Ст. ОС — Ст. 2.

Действительно, запроектированные в последние годы Теплоэлектропроектом типовые опоры, как и выполненные им проекты опор для ряда конкретных линий, с применением стали лишь марки Ст. ОС привели к совершенно неоправданному расходу металла, поскольку строительства в большинстве случаев получают для сооружения опор сталь марки Ст. 3.

2. В «Правилах» указано, что анкерные опоры нормального типа рассчитываются на обрыв двух проводов одного пролета при трех проводах на опоре и на обрыв трех проводов — при шести проводах на опоре, дающих наибольший изгибающий или крутящий момент, а анкерные опоры облегченного типа — на обрыв одного и двух проводов одного пролета соответственно при трех и шести проводах на опоре.

Согласно же электротехническим правилам и нормам 1933 г. и «Единым нормам проектирования и устройства механической части воздушных линий сильного тока» 1939 г. анкерные опоры

нормального типа рассчитывались на обрыв двух проводов (при несброшенном гололеде, как и по настоящим правилам), вне зависимости от числа проводов на опоре.

Это утяжеление условий аварийного режима работы для двухцепных анкерных опор нормального типа не оправдывается обоснованными данными эксплуатационного характера.

Между тем из общего количества потребного металла на линию значительная часть его приходится на анкерные опоры. Так, на одной из одноцепных линий 220 кВ, сооруженной в последнее время при расчетном пролете 450 м, на опоры анкерного типа пришлось 55% металла, а на опоры промежуточного типа — лишь 45%. Это соотношение весов наглядно предопределяет необходимость уменьшения веса анкерных опор нормального типа, тем более для двухцепных линий, дающих экономию около 20% по сравнению с двумя линиями на одноцепных опорах.

Это требование в равной мере относится и к анкерным опорам облегченного типа, так как вытекает из самой сути введения этого нового облегченного типа анкерной опоры, устанавливаемой на участках, где возникают затруднения в отношении сохранения габаритов от проводов до земли при применении промежуточных опор с подвесными изоляторами, а также и на некоторых пересечениях высоковольтных линий с другими объектами.

Приведенные соображения подтверждают целесообразность ведения расчета анкерных опор нормального и облегченного типа на обрыв соответственно лишь двух и одного провода, вне зависимости от числа проводов на опоре.

3. По «Правилам» расстояние между анкерными опорами нормального типа не должно превышать 5 км, а на линиях с выпускающими и скользящими поддерживающими зажимами, при расстоянии между анкерными опорами нормального типа более 3 км, должны быть установлены анкерные опоры облегченного типа с таким расчетом, чтобы расстояние между анкерными опорами нормального и облегченного типа не превышало 3 км¹.

• Между тем анализ данных эксплуатационных повреждений высоковольтных линий 220 кВ, произведенный ЦНИЭЛ МЭС, показал относительно большую повреждаемость на опорах анкерного типа, что предопределяет необходимость возможного уменьшения их количества на линии.

Анализ поведения выпускающих зажимов позволяет также пересмотреть действующие при их применении ограничения в длине анкерного пролета, так как при употребляемых в настоящее время в Союзе выпускающих зажимах с «выбрасывающими лодочками» последние при достижении одностороннего тяжения по проводу выше предельного не должны соскочить с цапф на всех промежуточных опорах анкерного пролета (даже при крупных марках проводов, обуславливающих в случае их обрыва в одном пролете при несброшенном гололеде большое одностороннее тяжение).

¹ Техническим советом МЭС принято решение о возможности применения выпускающих зажимов при длине анкерного пролета до 5 км.

Действительно, хотя отклонение точки подвеса провода, зависящее при данной длине пролета и марке провода от длины гирлянды, растет с увеличением числа пролетов между анкерными опорами, но практически это отклонение при определенном числе пролетов достигает своего максимума, и дальнейшее увеличение числа пролетов почти не влияет на отклонение точки подвеса провода.

Таким образом, в случае значительной длины анкерного пролета провод не упадет на землю на всем его протяжении.

С другой стороны, следует иметь в виду, что выпускающие зажимы должны срабатывать лишь при обрыве провода, т. е. сравнительно весьма редко, и при применении последних в гололедных районах их раскрытие не должно происходить при углах отклонения гирлянд, обуславливаемых неравномерной нагрузкой провода гололедом.

Поэтому эти редкие случаи работы выпускающих зажимов не должны лимитировать длины анкерных пролетов, если даже допустить возможность падения провода при отсутствии ловителей во всем анкерном пролете независимо от его длины, так как то дополнительное время, которое потребуется в случае необходимости монтажа всего анкерного пролета, начиная с операции подъема провода на опору, из-за увеличенной длины анкерного пролета, оправдывается как вышеуказанными эксплуатационными, так и монтажными преимуществами, определяемыми меньшим количеством опор анкерного типа.

Таким образом, длина анкерных пролетов должна определяться по существу лишь практическими условиями их монтажа.

Трактор Ст-80 с максимальным тяговым усилием 8 800 кг, нашедший применение в практике линейного строительства, дает возможность значительно расширить предельные длины анкерных пролетов.

Для определения количественных значений последних принимается, что: а) натяжка провода ведется лишь одним трактором, так как метод одновременного использования двух и более тракторов должен еще быть испытан на практике, и б) предельная длина анкерного пролета устанавливается для проводов из мягкого металла (алюминий) из-за желания при этих пролетах монтировать весь анкерный пролет в один прием, поскольку при вытяжке провода в несколько приемов переключение тяговых механизмов на стыке смежных участков способствует в той или иной степени повреждению верхних повивов проводов, в особенности из мягкого металла.

С учетом указанных ограничений при тракторе Ст-80 может быть допущено в анкерном пролете 20 и более промежуточных опор при проводе АСУ-400, что соответствует длине анкерного пролета не менее 8 км.

Действительно, опыт применения трактора ЧТЗ-60 с максимальным тяговым усилием на крюке 4,45 т показал возможность осуществления, при раскаточных роликах на шарикоподшипниках, длины анкерного пролета в 3,5—4,5 км (что соответствовало 12—15 промежуточным опорам) при монтаже провода АСУ-400.

При тяговом усилии 8,8 т (и раскаточных роликах на шарикоподшипниках) возможно при том же проводе удвоение длины анкерного пролета, тем более, что при этом число промежуточных опор не удвоится, так как в настоящее время линии с проводом АСУ-400 сооружаются с нормальным расчетным пролетом до 450 м.

В соответствии с указанными соображениями предлагается расстояние между анкерными участками принять 8 км при глухих зажимах и при принятых сейчас к серийному изготовлению выпускающих зажимах с ловителями.

Для скользящих зажимов анкерный участок целесообразно уменьшить до 5 км, так как при этих зажимах провода будут нуждаться в более частой перерегулировке (после сильных ветров), что в известной мере усложняет эксплуатацию.

4. В «Правилах» для III и IV районов климатических условий рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов; при обоснованном переходе на вертикальное расположение минимальные расстояния между проводами на опоре должны определяться по условиям их сближения в пролете при неравномерной нагрузке гололедом. Это указание, имея в виду, что по старым нормам на высоковольтных линиях I класса надлежало, как правило, применять лишь горизонтальное расположение проводов, резко облегчает возможность применения в этих районах более экономичных двухцепных опор.

Однако указанная формулировка «Правил», не разъясняющая, какая нагрузочная схема должна быть положена в основу этого расчета, привела к определенной нечеткости, в результате чего необоснованно применяется крайний случай разгрузки проводов от гололеда, при котором нижний провод освобождается от гололеда в среднем пролете анкерного участка, в то время как на верхнем проводе гололед спадает во всех пролетах, кроме среднего. Учитываемое, тем самым, никогда в практике не наблюдаемое исключительное стечение обстоятельств, при котором верхний провод получает наибольший провес в среднем пролете, а нижний, в этом же пролете оказывается наиболее подтянутым, вызывает необходимость конкретизировать расчетную схему неравномерной загрузки гололедом. В действительности, более вероятным является спадание гололеда в среднем пролете нижнего провода, в то время как верхний провод весь нагружен гололедом.

Почти столь же опасны случаи, когда на верхнем проводе гололед сброшен во всех пролетах, кроме среднего, нижний же провод остается разгруженным от гололеда.

Однако сопоставление этих расчетных схем с теми разгрузками проводов, которые имели место в гололедной части Донбасса и которые вызвали аварии при вертикальном расположении проводов, показывает, что они могут быть несколько облегчены.

На основании произведенных детальных расчетов по целому ряду медных и сталеалюминиевых проводов может быть предложена более реальная и несколько облегченная расчетная схема неравномерной загрузки гололедом, а именно: на верхнем проводе во всех пролетах анкерного

участка гололед сохраняется при сбросе гололеда в среднем пролете с нижнего провода:

а) 100% для IV района климатических условий и

б) 75% (по весу) для III района климатических условий.

Получаемые при этих нагрузочных схемах вертикальные расстояния между проводами можно считать, как это видно из таблицы для сталеалюминиевых проводов, допустимыми для гололедных районов, что подтверждается анализом аварий на линиях с вертикальным расположением проводов в гололедной части Донбасса. Для медных проводов стандартных сечений, примерно эквивалентных по проводимости, эти расстояния получаются несколько меньшими.

Расстояния между проводами (в м) при вертикальном их расположении

Марка провода	Район климатических условий	Пролет, близкий к экономическому при высоте опоры до 15 м ниже траверсам 15 м	Изменение стрелы провеса при сбросе со среднего пролета нижнего провода		Расстояние между проводами при минимальном воздушном промежутке между ними 1,1 м для линий напряжением 110 кв при сбросе	
			100% гололеда	75% гололеда	100% гололеда	75% гололеда
АС-70	III	170	6,30	4,25	7,40	5,35
	IV	140	6,90	4,40	8,00	5,50
АС-95	III	195	5,50	3,75	6,60	4,85
	IV	165	6,40	4,15	7,50	5,25
АС-120	III	205	5,10	3,45	6,20	4,55
	IV	175	5,70	3,70	6,80	4,80
АС-150	III	220	5,05	3,35	6,15	4,45
	IV	190	5,65	3,65	6,75	4,75
АС-185	III	230	5,60	3,50	6,10	4,60
	IV	200	5,65	3,85	6,75	4,95

Одновременно возникает вопрос о смещении проводов в горизонтальной плоскости, так как приводимые вертикальные расстояния определялись без учета подпрыгивания нижнего провода, которое может иметь место при внезапном сбросе гололеда, имея в виду, что при учете этого подскока вертикальные расстояния между проводами могут достигать даже больших значений, чем при полном сбросе гололеда.

Не вдаваясь в подробное рассмотрение этого вопроса, следует отметить лишь, что смещение проводов в горизонтальной плоскости должно для линий напряжением 35—110 кв определяться минимум в 1,5—2 м. Лишь такие относительно значительные смещения могут отвечать своему назначению.

Произведенные подсчеты показывают, что при сооружении в гололедных районах двухцепных линий с предлагаемыми вертикальными и горизонтальными расстояниями между проводами, обеспечивающими эксплуатацию надежностью линий, поскольку позволяет об этом судить инженерное решение вопроса, достигается удешевление строительства в размере 20%.

5. По «Правилам» расчеты закреплений опор в грунте отражают старые способы работ по фун-

даментам с большим объемом как земляных, так и бетонных работ.

Между тем, в «Правилах» должна быть отражена новая техника выполнения этих работ, обеспечивающая сохранение структуры грунта вокруг всего фундамента, а не только по подошве.

Эти новые способы работ, внедряемые уже в настоящее время², должны получить самое широкое применение, учитывая, что на большей части территории Европейской части СССР распространены лессовые и суглинистые грунты.

Однако впредь до разработки новых нормативных данных как по расчету фундаментов в грунтах с ненарушенной структурой и выявления коэффициента запаса их устойчивости для различных грунтов на основании статических испытаний этих фундаментов³, так и для расчета закреплений опор в грунтах, для которых неприемима новая методика выполнения круглых котлованов, необходимо в рекомендуемые «Правилами» расчеты внести изменения, которые привели бы к облегчению относительно громоздких подземных конструкций, получаемых при их расчетах по этим рекомендациям.

Действительно, сопоставление расчетных предельных нагрузок, получаемых по методу, принятому «Правилами», с соответствующими экспериментальными данными по фундаментам, имеющим общие размеры, показывает, что расчетные предельные нагрузки получаются в среднем на 30% меньше полученных при испытаниях. Этот запас, учитывающий как тщательность выполнения испытанных фундаментов, так и то, что последние были сооружены и засыпаны осенью, а испытывались лишь весной, является большим, так как меньшая устойчивость свежего фундамента имеет место лишь до первого естественного уплотнения грунта весенними атмосферными водами; в результате этого уплотнения грунтовая заделка, а следовательно, и фактические коэффициенты запаса увеличиваются.

Со временем же фундамент приобретает устойчивость, которая уже значительно превышает те требования «Правил», которым он должен удовлетворять в первый период сооружения.

Между тем совпадение действия расчетных нагрузок с загрузением свежесасыпанного фундамента возможно, как правило, лишь у концевых и угловых опор, но последние рассчитываются с наибольшим коэффициентом запаса.

Приведенные соображения дают основание уменьшить вышеуказанный запас до 15% посредством увеличения расчетного угла уширения

² Помощью свай-пасынков, забиваемых самоходным копром, или посредством буровых машин для копки котлованов с диаметром бура 0,5—1,7 м и глубиной его до 2,5 м.

³ Эти испытания проводятся Орггрэс по заданию МЭС.

призмы выпирания с минимального значения $\frac{P}{B}$, принятого в «Правилах», до $\frac{P}{3}$.

Произведенные пересчеты показали, что при этом объем широких (бетонных) фундаментов, рассчитываемых на опрокидывание, уменьшается также примерно на 15%.

Однако, поскольку в приложении к «Правилам» даны значения так называемых коэффициентов одиночности, подсчитанных по величине угла уширения $\frac{P}{B}$, то представляется наиболее

целесообразным изменить установленные «Правилами» коэффициенты запаса. Расчеты показывают, что они могут быть уменьшены на 10% при расчетах на опрокидывание как широких (бетонных), так и узких (деревянных и других стоек) фундаментов.

Предлагаемые уменьшенные коэффициенты запаса для расчетов на опрокидывание могут быть приняты и для расчетов на выдергивание, имея в виду, что принимаемые расчетные условия на выдергивание в большой степени соответствуют первому периоду работы фундамента и что по мере уплотнения грунта сопротивление его вырыванию возрастает, как и при опрокидывании.

Кроме расчетов сжато-выдергиваемых фундаментов на выдергивание, они должны согласно «Правилам» проверяться на действие сжимающей силы.

Но так как краевое напряжение предлагается принимать равным основному допускаемому давлению на грунт, то эта проверка, как правило, определяет размеры этих фундаментов.

Предлагается (не касаясь того, насколько проверка на краевое давление совместима с принятой методикой расчета) допустимое краевое напряжение в соответствии с материалами Министерства строительства предприятий тяжелой индустрии увеличить на 25%.

Кроме того, по указаниям инструкции к «Правилам» жесткие опоры должны проверяться на опрокидывание, как и гибкие, вне зависимости от характера грунта.

В результате этого требования фундаменты анкерных опор и особенно угловых с большими постоянно действующими усилиями от тяжения проводов получают весьма громоздкими.

Между тем, в практике проектирования деревянных конструкций последние в случае их достаточной жесткости не проверялись на опрокидывание, что себя оправдало, во всяком случае при твердых и средних грунтах.

Поэтому предлагается при наличии П-образных или Х-образных связей фундаменты рассчитывать лишь на выдергивание, за исключением случаев слабых грунтов, для которых фундаменты проверяются также на опрокидывание.



Компаундирование с электромагнитным корректором для мощных гидрогенераторов

Доктор техн. наук В. Л. Иносов, инж. В. Е. Крутикова,
канд. техн. наук Л. В. Цукерник

В связи с ведущимся строительством крупных гидроэлектростанций представляет интерес вопрос о возможности применения компаундирования с электромагнитным корректором напряжения (системы регулирования возбуждения, широко и успешно внедряемой в СССР) для наиболее мощных гидрогенераторов.

Высказывались опасения, что мощность трансформаторов тока нормального исполнения окажется недостаточной для компаундирования крупных гидрогенераторов. Расчеты компаундирования для генераторов ряда станций показали неосновательность этих опасений. Для самых крупных гидрогенераторов оказывается достаточной мощность нормальных трансформаторов тока, класса Д, З или 0,5, в особенности при использовании двух его сердечников.

Компаундирование уже выполнено и находится в нормальной эксплуатации на крупных гидрогенераторах, например на Днепрогэс. Устройство компаундирования этих генераторов (выполненное для последних гидрогенераторов заводом «Электросила» им. Кирова, а для ранее установленных — Киевским заводом «Армсеть») питается от сдвоенных нормальных трансформаторов тока типа ТПШФЗ.

Выпрямительный трансформатор компаундирования имеет мощность 2,5 кВА, а селеновый выпрямитель, выполненный с естественным охлаждением, рассчитан на выпрямленный ток компаундирования 25 А при напряжении 60 В.

Компаундированные мощные гидрогенераторы, так же как и турбогенераторы, должны быть снабжены автоматическими корректорами напряжения.

В соответствии с решением Технического управления Министерства электростанций наиболее желательно применение электромагнитных корректоров. В настоящее время имеется уже успешный опыт эксплуатации этих устройств на весьма мощных гидрогенераторах.

Введенные в 1950 г. в работу на гидростанции электромагнитные корректоры напряжения (запроектированные, налаженные и подробно испытанные Ленинградским отделением ГИДЭП совместно с Институтом электротехники АН УССР), выполненные по нормальной схеме согласованного включения, работают вполне удовлет-

ворительно. В настоящее время Институтом электротехники АН УССР разработаны и испытаны двухсистемные электромагнитные корректоры, специально предназначенные для наиболее мощных гидрогенераторов.

Особенности гидрогенераторов (повышение мощности возбуждения возбудителей, обусловленное тихоходностью машины, и значительное увеличение скорости вращения гидрогенераторов при сбросе нагрузки) предъявляют дополнительные требования, которым должна удовлетворять характеристика корректора.

Первое обстоятельство требует повышенной мощности от корректора, а второе — изменения знака тока подпитки, для размагничивания возбудителя при подъеме напряжения. Оба эти требования могут быть удовлетворены путем одновременного применения двух электромагнитных корректоров — согласованно-включенного и противовключенного.

Такой двухсистемный корректор напряжения может комплектоваться из двух типовых корректоров, причем для получения противовключенного корректора напряжения достаточно изменить направление тока в обмотке обратной связи магнитных усилителей корректора¹.

Характеристики согласованно-включенной и противовключенной систем, а также результирующая характеристика двухсистемного корректора показаны на рис. 1. Скелетная схема двухсистемного корректора напряжения показана на рис. 2.

На полюсы возбудителя помещаются две дополнительные обмотки, на одну из них включается согласованный корректор, на другую — противовключенный. Возможно также при отсутствии дополнительных обмоток включение согласованного корректора на общую шунтовую обмотку, а противовключенного корректора — на шунтовой реостат.

Согласованный и противовключенный корректоры регулируются так, чтобы рабочий участок характеристики противовключенного корректора являлся бы продолжением рабочего участка ха-

¹ В. Л. Иносов и Л. В. Цукерник, Компаундирование синхронных генераторов с электромагнитным корректором напряжения, «Электричество», № 9, 1949 г.

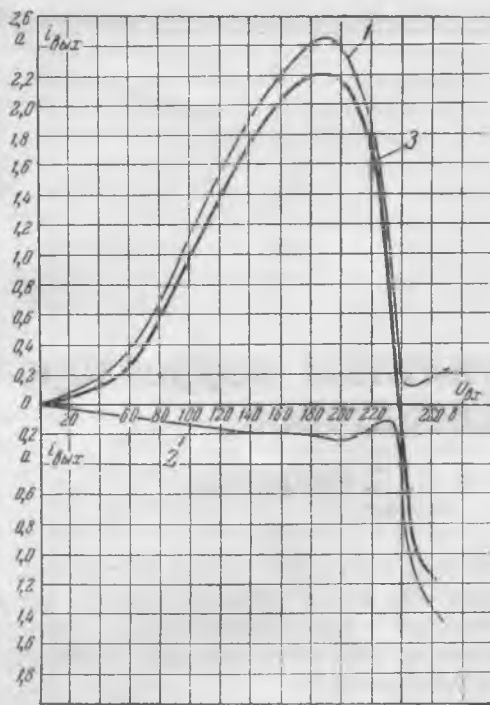


Рис. 1. Характеристика двух электромагнитных корректоров.
 1 — характеристика согласованной системы;
 2 — характеристика противовключенной системы;
 3 — суммарная характеристика двухсистемного корректора.

рактические характеристики согласованно-включенного корректора. При такой регулировке общая характеристика всего устройства в рабочей части прямолинейна и будет состоять из рабочих характеристик каждой из систем. Как видно из рис. 1, в двухсистемном корректуре устранены указанные выше недостатки (применительно к мощным гидрогенераторам) односистемного корректора. Здесь линейная часть рабочей характеристики значительно расширена, и результирующее воздействие корректора на возбуждение возбудителя изменяет свой знак при повышении напряжения генератора. Мощность регулирования получается при этом в два раза больше, чем мощность регулирования при одном корректуре. Это позволяет применять электромагнитные корректоры также и на весьма крупных гидрогенераторах, так как одновременно достигается возможность значительного увеличения составляющей возбуждения от компаундирования, что не только разгружает корректор, но и повышает устойчивость электропередачи.

При расчете режимов регулирования генератора с двухсистемным корректором следует в качестве исходного расчетного режима принимать режим номинальной нагрузки генератора. Полагая для этого режима результирующую подпитку от корректора равной нулю, определяют параметры схемы компаундирования (нормальное компаундирование). После этого определяется необходимая максимальная положительная подпитка от корректора при режиме с наименьшим эксплуатационным коэффициентом мощности и необходимая максимальная отрицательная подпитка при режиме с наивысшим эксплуатационным коэффициентом мощности (а также при режиме зарядки линии или сбросе нагрузки и увеличении скорости вращения генератора).

Если максимальное значение положительной подпитки составляет 80—100% от максимального значения отрицательной подпитки, то результаты расчета являются удовлетворительными. В противном случае следует считать, что режимом с результирующей подпиткой, равной нулю, является не указанный выше исходный номинальный режим генератора, а режим с коэффициентом мощности, несколько отличающимся от номинального. Параметры схемы компаундирования могут быть оставлены без изменения, следует лишь изменить величину установочного сопротивления компаундирования.

Сопоставление мощностей односистемного и двухсистемного корректоров напряжения, рассчитанных для одного крупного гидрогенератора (50 тыс. кВа, 68,2 об/мин) можно сделать из таблицы, где указаны необходимые токи корректора и компаундирования при различных режимах генератора.

Режим генератора (при номинальном напряжении)	Односистемный корректор		Двухсистемный корректор	
	Ток корректора, а	Ток компаундирования, а	Ток корректора, а	Ток компаундирования, а
Холостый ход	1,48	0	1,48	0
$P = 40$ тыс. кВа, $I = 1835$ а, $\cos \varphi = 0,95$ (емкостной) . .	1,48	1,2	-3,1	8,15
$P = 50$ тыс. кВа, $I = 1835$ а, $\cos \varphi = 0,8$ (индуктивный) .	8,6	1,2	4,0	8,15
$P = 36$ тыс. кВа, $I = 1320$ а, $\cos \varphi = 0$ (емкостной) (режим зарядки линии)	Автоматическое регулирование не обеспечивается		-5,14	5,9

Как видно из таблицы, применение двухсистемного корректора дает возможность почти в 7 раз увеличить ток компаундирования. Благодаря этому максимальная мощность на выходе согласованного и противовключенного корректоров получается примерно в два раза меньше максимальной мощности односистемного корректора, причем согласованный и противовключенный корректор по своим габаритам укладываются в уже освоенные в производстве типы электромагнитных корректоров напряжения.

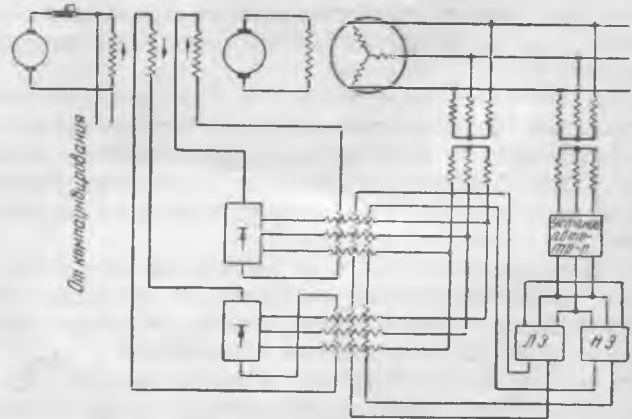


Рис. 2. Двухсистемный электромагнитный корректор.

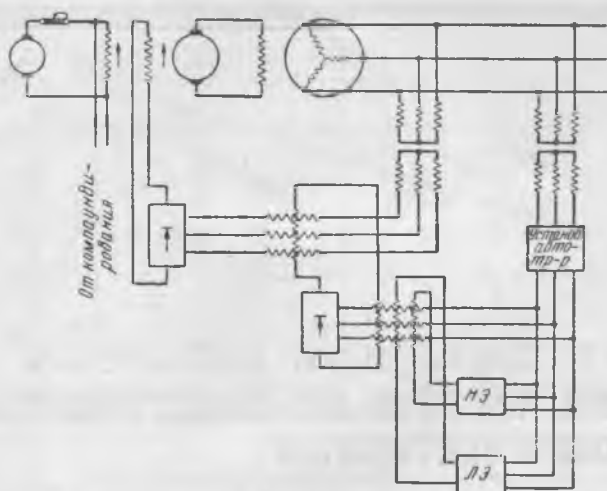


Рис. 3. Двухкаскадный электромагнитный корректор.

Для сравнительной оценки габаритов односистемного и двухсистемного корректоров следует иметь в виду, что габарит изменяется примерно пропорционально мощности на выходе (или пропорционально квадрату отношения токов и отношения сопротивлений на выходе корректора).

Таким образом, габариты согласованного и противовключенного корректоров получаются в 4 раза меньшими по сравнению с габаритами односистемного корректора.

Для снижения мощности, потребляемой электромагнитным корректором, измерительный орган двухсистемного корректора может быть выполнен общим для обеих систем, что уменьшает также количество элементов в схеме корректора (рис. 2).

Кроме того, может быть использована схема двухкаскадного усиления (рис. 3), заключающаяся в том, что ток выхода корректора малой мощности обтекает обмотку управления мощного дросселя насыщения.

Двухкаскадное усиление может быть применено как для односистемного, так и для двухсистемного корректора.

Уменьшение мощности, потребляемой измерительным органом корректора при двухкаскадном усилении, позволяет также уменьшить мощность стабилизирующего трансформатора.

Трансформатор стабилизации может быть включен в схему электромагнитного корректора для повышения устойчивости регулирования напряжения. Первичная обмотка трансформатора стабилизации включается на напряжение возбуждателя генератора, а вторичная — последовательно с измерительным элементом в цепи управления магнитного усилителя корректора. Этот трансформатор на схемах рис. 2 и 3 не показан.

Электромагнитный корректор с двухкаскадным усилением, помимо снижения потребляемой мощности, дает возможность также уменьшить запаздывание, так как известно, что два каскада магнитного усиления имеют меньшее запаздывание, чем один каскад с тем же коэффициентом усиления и с той же выходной мощностью. В однокаскадном магнитном усилителе большая постоянная времени обусловлена необходимостью применения сильной положительной обратной связи. Разделяя усиление на два каскада, можно иметь меньшую обратную связь в выходном каскаде, что снижает общую постоянную времени корректора.



Особенности автоматического повторного включения и автоматической разгрузки по частоте на подстанциях с синхронными компенсаторами

Инж. А. Б. Барзам

При осуществлении автоматического повторного включения (АПВ) линий, питающих подстанцию с синхронными двигателями или компенсаторами, и при установке на присоединениях этой подстанции автоматической разгрузки по частоте (АРЧ) появляются специфические трудности.

После отключения линий, питающих подстанцию, вращающиеся по инерции синхронные компенсаторы или двигатели поддерживают напряжение на шинах. Это напряжение может затруднить процесс гашения дуги в месте повреждения и, становясь через очень короткий промежуток времени несинхронным с напряжением энергосистемы, осложняет действие АПВ.

За время, пока питающая линия отключена, на приемной подстанции происходит понижение частоты в соответствии с уменьшением скорости вращения затормаживающихся двигателей. Вследствие этого срабатывают автоматы разгрузки по частоте, и абоненты данной подстанции оказываются отключенными, несмотря на то, что питание подстанции может быть восстановлено в результате успешной работы АПВ.

Имевшие место аварии и отсутствие рекомендаций, учитывающих указанные явления, побудили провести специальные изыскания для обеспечения правильности действия АПВ и АРЧ на линиях и подстанциях, питающих синхронную нагрузку.

Указанные работы проводились в начале 1950 г. в энергосистемах Главцентрэнерго (в объединенном диспетчерском управлении энергосистем Центра, в Ленэнерго и в Ивэнерго)¹.

Ниже излагается содержание выполненных работ и даются соответствующие рекомендации.

Изменение частоты и напряжения на шинах подстанции с синхронным компенсатором при отключении питающих линий

Для анализа действия защиты и автоматики следует выяснить характер изменения частоты и

¹ Кроме автора, непосредственное участие в разработках принимали: Л. Ф. Алексеева (ОДУ Центра), А. М. Авербух, Я. И. Борок, Т. Р. Демченко, С. М. Захаров (Ленэнерго), К. Г. Володин, Д. М. Онохин (Ивэнерго).

напряжения на шинах подстанции с синхронным компенсатором после прекращения ее питания.

Изменение этих величин зависит от размера нагрузки, приключенной к шинам параллельно с компенсатором, и от махового момента последнего.

Примем, что непосредственно после отключения питающей линии, до того времени, пока скорость вращения компенсатора станет равной 90—80% нормальной, его вращение будет происходить равномерно замедленно.

При таком допущении изменение относительного угла (в радианах) по времени может быть определено выражением

$$\delta_{12} = \frac{\omega_n}{4} \frac{1}{k} \frac{P_i}{P_n} t_k^2, \quad (1)$$

где P_i — суммарная величина нагрузки, оставшейся приключенной к компенсатору, и потерь в компенсаторе, *квa*,

P_n — номинальная мощность компенсатора, *квa*;

$k=1-3$ — удельная величина энергии вращения на 1000 *квa* номинальной мощности, равная половинному значению момента инерции.

Изменение угловой скорости, соответствующее изменению относительного угла, равно:

$$\omega_{12} = \frac{\partial \delta_{12}}{\partial t} = \frac{\omega_n}{2} \frac{1}{k} \frac{P_i}{P_n} t_k. \quad (2)$$

Изменение скорости вращения, или, что то же, частоты, на зажимах синхронного компенсатора по отношению к их значениям в предаварийном режиме будет равно:

$$\Delta n = \Delta f = \frac{\omega_n - \omega_{12}}{\omega_n} = 1 - 0,5 \frac{1}{k} \frac{P_i}{P_n} t_k, \quad (3)$$

или в процентах

$$\Delta n \% = \left(1 - 0,5 \frac{1}{k} \frac{P_i}{P_n} t_k \right) 100; \quad (4)$$

при $k=2$

$$\Delta n \% = 100 - 25 \frac{P_i}{P_n} t_k. \quad (5)$$

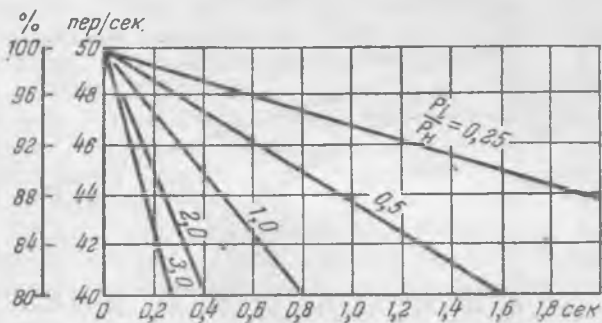


Рис. 1. Изменение частоты на зажимах синхронного компенсатора при $k=2$.

На рис. 1 показано изменение частоты на зажимах компенсатора, определенное по выражению (5) для разных соотношений $\frac{P_1}{P_n}$. Из рисунка видно, что частота на зажимах компенсатора за очень небольшое время с момента отключения питающей линии уменьшается до величины, меньшей уставки последней очереди разгрузки по частоте (46 пер/сек).

Например, при оставлении подключенной параллельно с компенсатором трехкратной нагрузки частота уменьшается до 44 пер/сек через 0,16 сек, а при нагрузке, равной примерно мощности компенсатора, — через 0,5 сек.

При отсутствии форсировки возбуждения характер изменения напряжения на зажимах компенсатора примерно соответствует характеру изменения скорости вращения, однако из-за действия устройства автоматического быстрого возбуждения это соответствие нарушится.

Таким образом, обычно используемое в схемах защиты и автоматики синхронных компенсаторов реле минимального напряжения не всегда своевременно указывает на отключение питающей линии.

Из изложенного следует, что для этой цели допустимо и целесообразно дополнительно устанавливать реле понижения частоты.

Принципы выполнения схем АРЧ

На подстанциях с синхронными компенсаторами (двигателями), автоматическая разгрузка по частоте должна быть выполнена так, чтобы она не работала при отключении питающей линии или чтобы ее работа не вызывала обесточения абонентов.

Возможны различные принципы выполнения АРЧ, удовлетворяющие указанным требованиям.

В качестве примера рассмотрим четыре варианта схем. Целесообразность практического осуществления того или иного варианта должна решаться с учетом его достоинств и недостатков, а также конкретных возможностей выполнения.

Первый вариант. Отличительной особенностью варианта является увеличение времени действия АРЧ до величины, превышающей время, необходимое для отключения синхронной нагрузки или ее перевода в асинхронный режим.

Как указывалось ранее, в качестве указателя отключения питающей линии возможно использовать реле понижения частоты, на которое возлагается отключение или перевод в асинхронный режим синхронной нагрузки. Уставка срабатывания реле частоты должна быть ниже уставки последней очереди разгрузки — порядка 44,5 пер/сек.

Из рис. 1 видно, что при такой уставке синхронный компенсатор будет отключен или с него будет снято возбуждение спустя 0,14—2 сек. с момента отключения питающей линии (это время зависит от величины нагрузки, подключенной к шинам подстанции параллельно с компенсатором). Таким образом, время замедления АРЧ должно составлять ~2—3 сек.

На рис. 2 показана принципиальная схема АРЧ по первому варианту. При понижении частоты до величины уставки срабатывания реле 1 подается постоянный ток к обмоткам реле времени 2 и 3. Реле 2 имеет выдержку времени, перекрывающую время торможения синхронного компенсатора до момента его отключения или перевода в асинхронный режим.

Реле 3 имеет меньшую уставку, определяемую нормальным расчетом времен действия очередей АРЧ. Включение реле 3 может произойти только при отключенном компенсаторе или при погашенном поле (цепь контролируется блокконтактом 5 на валу выключателя или АГП). Вместо двух реле времени схему АРЧ возможно выполнить с одним реле времени, имеющим две уставки. Применение схемы допустимо, если реле понижения частоты 1 при обесточенном положении держит контакт разомкнутым, в противном случае схема усложняется добавлением реле минимального напряжения.

Достоинство схемы — ее простота; недостаток — увеличение времени АРЧ на 2—3 сек, что не всегда может быть допущено.

Второй вариант. Этот вариант отличается увеличением времени действия АРЧ только после коротких замыканий или после отключения питающей линии (а не постоянно, как это происходит в первом варианте).

На рис. 3 показана принципиальная схема АРЧ по второму варианту. Реле понижения частоты 1 действует на выходное реле времени через блокировку от толчка тока или напряжения отрицательной последовательности, применяемую

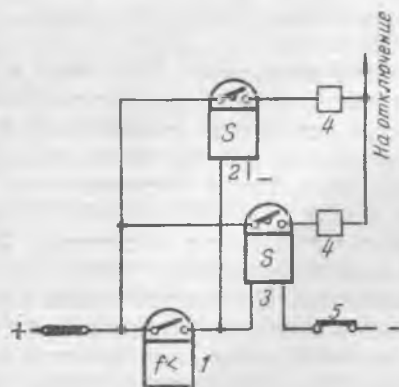


Рис. 2. Первый вариант схемы АРЧ. 1 — реле понижения частоты; 2 и 3 — реле времени; 4 — сигнальное реле; 5 — блокконтакт на выключателе или АГП.

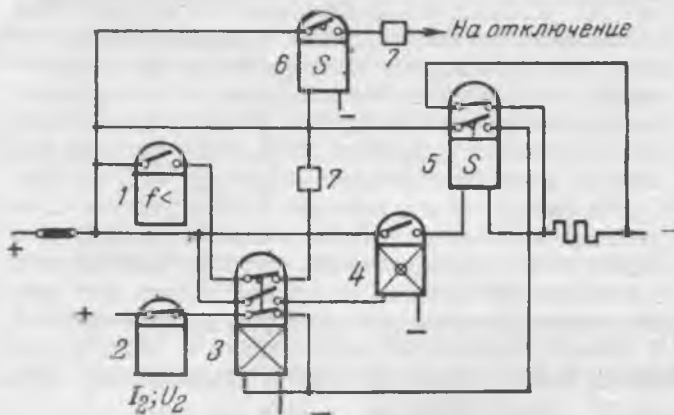


Рис. 3. Второй вариант схемы АРЧ. Положение контактов в этой и последующих схемах соответствует рабочему состоянию.

1 — реле понижения частоты; 2 — реле тока или напряжения отрицательной последовательности; 3 — промежуточное реле; 4 — реле с замедленным возвратом; 5 и 6 — реле времени; 7 — сигнальное реле.

обычно для предотвращения неправильного действия защиты при качаниях. Более целесообразно установить на приемном конце питающей линии реле тока отрицательной последовательности. В этом случае обеспечивается селективная отстройка АРЧ при неправильных отключениях питающей линии от руки при отсутствии короткого замыкания.

Блокировка отрицательной последовательности размыкает цепь реле 1 на период, превышающий время отключения или перевода в асинхронный режим синхронной нагрузки.

Если понижение частоты не было вызвано коротким замыканием, время срабатывания АРЧ определяется уставкой реле времени 6.

При понижении частоты в системе, после короткого замыкания или после отключения питающей линии, длительность работы АРЧ автоматически увеличивается на время, определяемое уставкой реле 5, и составляет около 3 сек.

Достоинством схемы является то, что при понижении частоты, не связанных с коротким замыканием, время АРЧ не увеличивается, а недостатком — усложнение схемы.

Третий вариант. Особенностью варианта является выполнение автоматической разгрузки по частоте, реагирующей на скорость изменения частоты таким образом, чтобы при скорости изменения частоты, большей заданной, разгрузка не действовала.

Схема АРЧ использует различие в скорости понижения частоты при торможении синхронного компенсатора вследствие отключения питающей линии и понижения частоты из-за отключения генерирующей мощности в системе.

На рис. 4 приведена примерная характеристика изменения частоты при отключении 30% генерирующей мощности системы (линия 1). Характеристика построена в предположении равномерно замедленного движения генераторов системы под влиянием несоответствия потребляемой и вырабатываемой мощности после отключения части генерирующих источников. Момент инерции системы принят равным 20, что соответствует удельной величине вращения, равной 10.

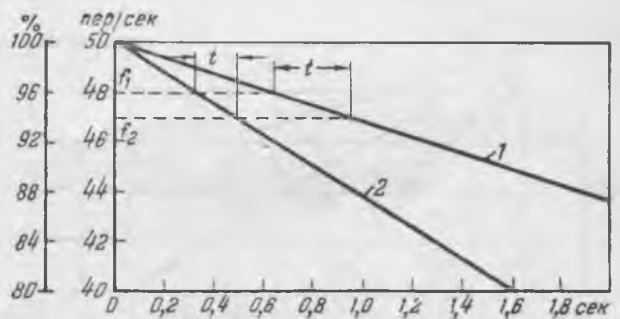


Рис. 4. Характеристики изменения частоты.

На основании выражения (5) можно написать:

$$\Delta f\%_{\text{системы}} = \left(1 - 0,5 \frac{1}{10} 1,3 t_k\right) 100,$$

или

$$\Delta f\%_{\text{системы}} = 100 - 6,5 t_k.$$

При меньших сбросах мощности скорость изменения частоты будет еще меньше.

Линия 2 на рис. 4 показывает изменение частоты на шинах подстанции при отключении питающей линии и оставлении приключенной к компенсатору нагрузки, равной 50% его мощности.

Из рис. 4 видно, что наклон линии 2 значительно больше наклона линии 1.

На рис. 5 показана принципиальная схема автоматической разгрузки по частоте (третий вариант), использующая указанные выше особенности.

Устройство содержит два реле частоты 1 и 2, настроенные на частоту трогания f_1 и f_2 . При понижении частоты ниже величины f_1 (например, ниже 48 пер/сек) реле 1 размыкает нормально замкнутый контакт и замыкает нормально разомкнутый. При этом снимается постоянный ток с обмотки реле 3; контакт реле 3 замыкается с выдержкой времени. Если дальнейшего понижения частоты не происходит или оно происходит медленно, то после срабатывания реле 3 включится цепь обмотки реле времени 4. Последнее самоудерживается своим мгновенным контактом до тех пор, пока реле 1 находится в срабатываемом положении. Происходит отключение со временем, определяемым уставкой контакта выдержки времени реле 4.

При быстром понижении частоты реле 2, имеющее уставку трогания меньшую, чем реле 1,

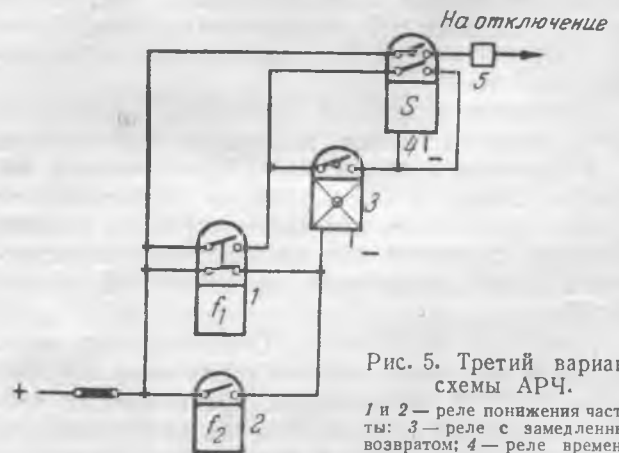


Рис. 5. Третий вариант схемы АРЧ.

1 и 2 — реле понижения частоты; 3 — реле с замедленным возвратом; 4 — реле времени; 5 — сигнальное реле.

сработает еще до того, как подействует реле 3, вследствие чего обмотка реле 4 остается обесточенной, и отключения не происходит.

Выдержка времени реле 3 может быть определена по характеристикам рис. 4. При уставках реле 1 и 2 на частоту срабатывания 48 и 47 пер/сек время реле 3 составляет примерно 0,16—0,2 сек.

Для правильной работы устройства реле понижения частоты 1 и 2 должны быть достаточно быстродействующими.

Достоинством схемы является то, что при понижениях частоты, не связанных с отключением питающей линии, время действия АРЧ не увеличивается. К недостаткам схемы нужно отнести относительную сложность схемы и возможность отказа действия АРЧ при возникновении весьма большого дефицита мощности, при котором скорость понижения частоты в системе становится близкой к скорости понижения частоты на подстанции с синхронной нагрузкой при отключении питающей линии.

Четвертый вариант. Этот вариант схемы отличается тем, что автоматическое выведение из действия АРЧ при отключении питающей линии или при коротком замыкании на ней осуществляется при помощи реле направления активной мощности (например, трехфазного реле мощности, включенного на линейные токи и фазовые или междуфазовые напряжения).

Схема выполняется таким образом, что действие АРЧ разрешается только при направлении активной мощности по питающей линии в сторону подстанции, к которой приключена синхронная нагрузка.

При отключении питающей линии или при коротком замыкании на ней реле мощности под действием пружины разомкнет контакт и выведет АРЧ.

Вместо трехфазного реле направления мощности могут применяться также однофазные реле,

однако их работа при коротких замыканиях на питающей линии несколько менее четкая².

Достоинство рассмотренного варианта выполнения АРЧ — его надежность и простота; недостаток — необходимость применения реле направления мощности.

Особенности автоматики синхронного компенсатора

Управление возбуждением синхронного компенсатора производится от реле понижения частоты и напряжения по схеме рис. 6.

При понижении напряжения или частоты отключается АГП и компенсатор переводится в асинхронный режим. В случае успешного повторного включения линии на шинах подстанции появляется напряжение, а в цепи ротора компенсатора индуцируется напряжение с частотой, зависящей от скольжения.

При большом скольжении реле контроля скольжения не дает импульса на включение возбуждения, и компенсатор вращается как асинхронный двигатель. При уменьшении скольжения до значения, при котором допускается подача возбуждения, реле контроля скольжения замыкает цепь возбуждения, осуществляя тем самым автоматическое повторное включение компенсатора.

Вместо реле контроля скольжения проще использовать для подачи возбуждения реле времени, аналогично тому, как выполняется автоматический временной пуск (рис. 7)*.

Если повторный пуск требуется выполнить не для компенсатора, а для нагруженного синхронного двигателя, то перед тем как будет подано

² Схема АРЧ с блокировкой от однофазных реле направления мощности практически осуществлена в Ивэнерго по предположению К. Г. Володина.

* Схема практически осуществлена в Ивэнерго инж. Д. М. Онохиным.

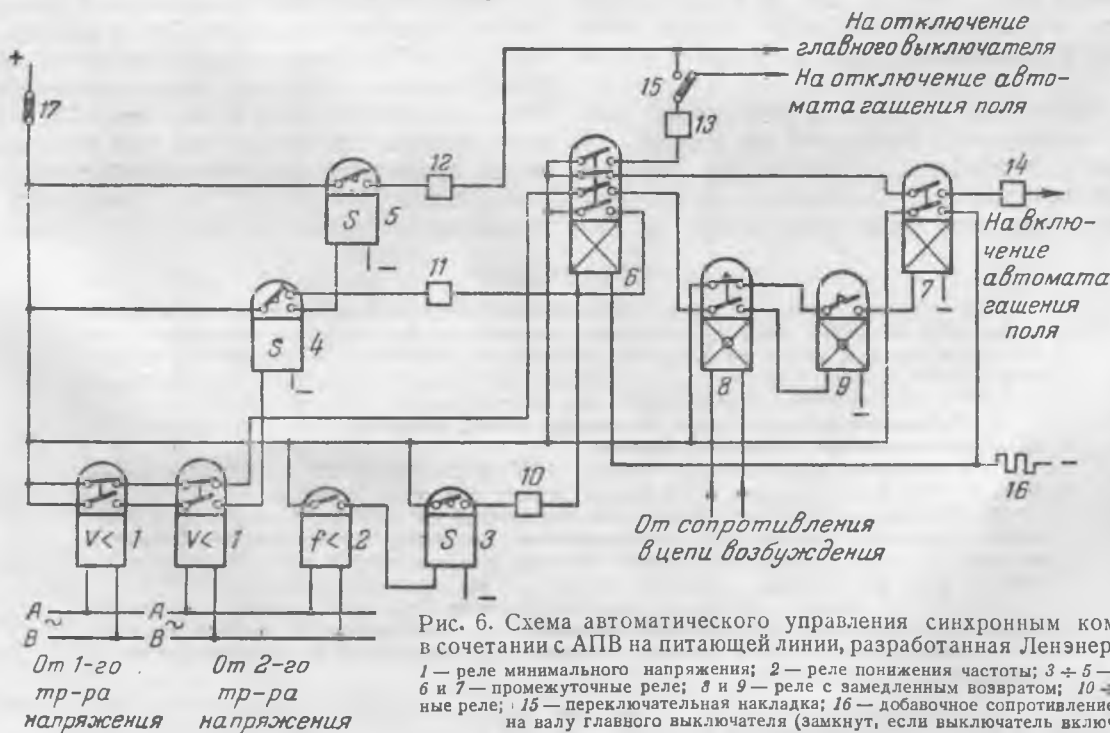


Рис. 6. Схема автоматического управления синхронным компенсатором в сочетании с АГП на питающей линии, разработанная Ленэнергопроектом. 1 — реле минимального напряжения; 2 — реле понижения частоты; 3 — 5 — реле времени; 6 и 7 — промежуточные реле; 8 и 9 — реле с замедленным возвратом; 10 — 14 — сигнальные реле; 15 — переключательная накладная; 16 — добавочное сопротивление; 17 — контакт на валу главного выключателя (замкнут, если выключатель включен).

1 — реле минимального напряжения; 2 — реле понижения частоты; 3 и 4 — реле времени; 5 — промежуточное реле; 6 — реле с замедленным возвратом; 7 — 9 — добавочные сопротивления; 10 — 13 — сигнальные реле; 14 — переключательная накладка; 15 — контакт на валу АГП (замкнут, если автомат отключен); 16 — контакт на валу главного выключателя (замкнут, если выключатель включен).

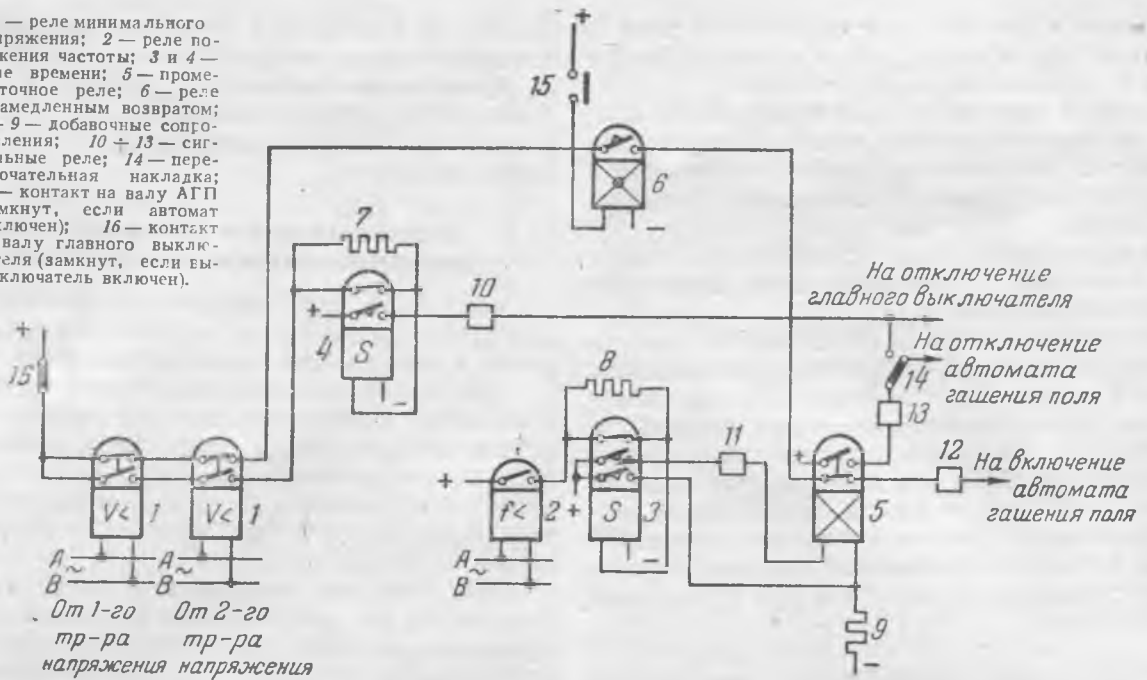


Рис. 7. Схема автоматического управления синхронным компенсатором в сочетании с АПВ на питающей линии, осуществленная в Ивэнерго.

возбуждение в цепь ротора, должна быть произведена разгрузка двигателя.

Полное отключение компенсатора производится при длительном исчезновении напряжения на шинах подстанции (свыше 10 сек.).

Особенности выполнения АПВ

В случае, если подстанция, на которой установлен синхронный компенсатор, питается по одиночной линии, АПВ последней выполняется по обычным схемам, применяемым для линий с односторонним питанием. Выдержку времени отключения компенсатора или перевода его в асинхронный режим при отключениях питающей линии. Это время, как указывалось ранее, составляет около 2—3 сек.

Если подстанция, на которой установлен синхронный компенсатор, находится в кольце, то АПВ линий, питающих подстанцию, не должны иметь распространенной блокировки, запрещающей АПВ в условиях, когда напряжения на ли-

нии и шинах оказались в первый момент несинхронными.

АПВ могут выполняться с выжиданием синхронизма или отсутствия напряжения со стороны линии, либо не должны иметь совсем элемента контроля синхронизма.

* * *

Изложенные выше решения базировались на специально проведенных испытаниях. Практически были произведены изменения в схемах АПВ, установлена автоматика на синхронном компенсаторе по рис. 7 и осуществлены схемы АРЧ как с увеличенной выдержкой времени, так и с блокировкой от реле мощности.

Опыт эксплуатации подтвердил целесообразность выполненных работ. После их осуществления не наблюдалось ложных действий автоматов разгрузки по частоте на подстанциях с синхронными компенсаторами и отказов АПВ на питающих линиях. Несколько раз был успешно произведен автоматический повторный пуск компенсатора, после того как АПВ с питающей стороны линии восстановило питание подстанции.

ОТ РЕДАКЦИИ

Циркулярным письмом Главной инспекции по эксплуатации и Технического управления МЭС от 26/ХІІ 1950 г. районным управлениям и энергокомбинатам указано, что в тех случаях, когда по мощности синхронных двигателей и компенсаторов возможно поддержание напряжения и снижения частоты, обуславливающих срабатывание АРЧ, целесообразно осуществить одно из следующих мероприятий:

1. Автоматическое повторное включение линий, отключавшихся действием АРЧ, после восстановления питания и частоты.

2. Блокировка, запрещающая действие АРЧ при прекращении питания (по исчезновению тока или мощности в питающих линиях или трансформаторах).

3. Обеспечение предварительного (до отключения от АРЧ всей нагрузки) отключения синхронных двигателей и компенсаторов, например, отключение их действием тех же АРЧ, но с меньшей выдержкой времени, или отключение с помощью дополнительных реле частоты, но с уставкой по частоте меньшей, чем уставки на АРЧ.

Вместо отключения синхронных компенсаторов и двигателей можно отключать АГП. Тогда возможно последующее автоматическое восстановление работы синхронных компенсаторов (во всех случаях) и синхронных двигателей (в зависимости от их выполнения и нагрузки).

□ □ □

Новые инерционные спиральные плавкие вставки для предохранителей

Инж. Б. М. Плющ

Одним из существенных недостатков защиты короткозамкнутых асинхронных двигателей при помощи плавких предохранителей является необходимость устанавливать плавкие вставки, выбранные по пусковому току; плавкие вставки получают с завышенным номинальным током, чем значительно ухудшается защита двигателя.

Для возможности выбора плавких вставок по номинальному току короткозамкнутого двигателя или по току, близкому к номинальному, должны применяться инерционные плавкие вставки, какими являются, например, выполненные из свинца. Однако эти вставки обладают недостатками, которые достаточно освещены в литературе.

Для широко применяемых предохранителей открытого типа, предохранителей типа П, ПР и т. п. автором разработаны вставки, которые могут выполняться из медной проволоки.

Новая вставка представляет собой проволоку, в середине своей длины навитую в виде спирали из достаточно большого числа витков (рис. 1). Принцип работы такой вставки заключается в том, что из-за близкого расположения витков друг к другу охлаждение ее в той части, где имеется спираль, будет значительно более худшим, вследствие чего при одной и той же проволоке рабочий ток новой вставки будет снижен.

Как показали опыты, число витков спирали может быть взято в пределах от 15 до 30. Можно ограничиться тремя числами витков: при диаметре проволоки до 0,69 мм — 30; 0,72 ÷ 1,3 мм — 20; 1,35 ÷ 1,75 мм — 15.

Вставки имеют следующую конструкцию. Оправка, на которую наматывается проволока при изготовлении спирали, имеет диаметр, равный двум диаметрам проволоки. При изготовлении спирали проволока наматывается в плотную, после чего спираль вытягивается на 6 мм. Вытягивание спирали необходимо потому, что при плотной намотке витки спирали при определенном токе свариваются, после чего ток, необходимый для расплавления вставки, резко увеличивается. Если витки расположены неплотно, то сваривания витков не наблюдается, и характеристики вставки весьма устойчивы.

Для определения необходимого диаметра медной проволоки для новых спиральных вставок может служить кривая, полученная экспериментально (рис. 2). Она снята для вставок с активной длиной 65 мм, выполненных из медной проволоки и установленных открыто.

Кривая дает номинальные значения токов плавких вставок, исходя из требований ГОСТ 2774-44 (1945 г.), согласно которому плавкие вставки не должны плавиться при нижнем значении испытательного тока, а должны плавиться при верхнем его значении и при длительности

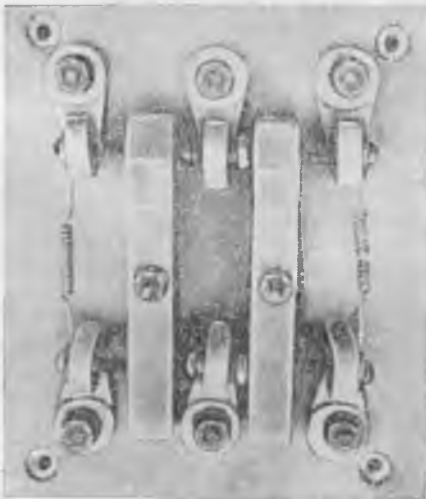


Рис. 1. Спиральная плавкая вставка до и после перегорания.

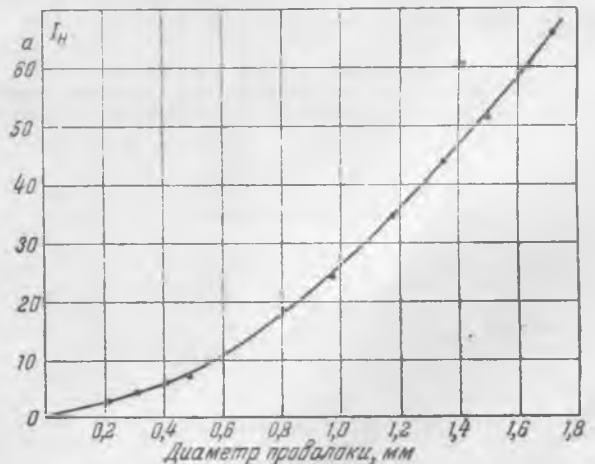


Рис. 2. Зависимость номинального тока спиральной плавкой вставки от диаметра проволоки (медь).

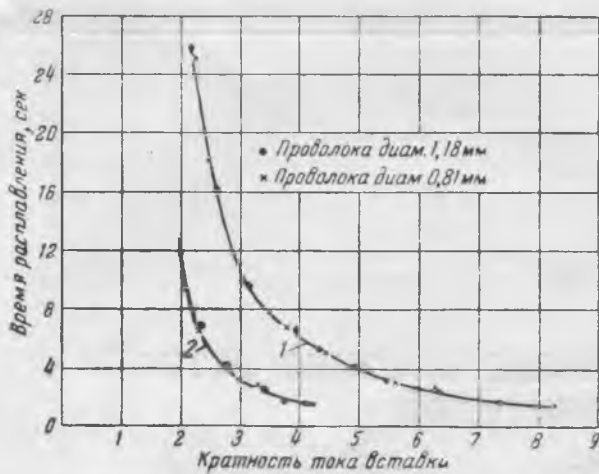


Рис. 3. Характеристики плавления вставок.
1—спиральные; 2—прямые.

его приложения в течение 1 часа. Для вставок 6 и 10 а ниже значение испытательного тока равно 1,5 номинального, верхнее — 2,1 номинального и соответственно для вставок 15; 20 и 25 а — 1,4 и 1,75, а для вставок 35 ÷ 350 а — 1,3 и 1,6 номинального.

Если сравнить номинальные токи спиральных вставок с токами обычных вставок в виде прямой проволоки, то можно отметить, что номинальный ток спиральной вставки значительно меньше тока вставки в виде прямой проволоки того же диаметра. Например, для вставок из проволоки диаметром 0,81 и 1,18 мм номинальные токи будут соответственно: 17,7 и 33,6 а; 34,5 и 65,5 а; отношение номинальных токов 1,9. Почти в том же отношении увеличится допустимая кратность пускового тока для спиральных вставок.

Сопоставление кривых плавления спиральной и прямой вставок показывает, что характеристики спиральных вставок значительно лучше, чем

прямых (рис. 3). Так, при диаметрах проволоки 1,18 и 0,81 мм спиральная вставка перегорает через 2 сек. при токе 6,85 номинального, в то время как прямая — при токе 3,75 номинального (отношение кратностей тока 1,8).

Как показывают опыты, спиральная вставка при перегрузке перегорает всегда в середине (или почти в середине) спирали, как видно на рис. 1. При отключении больших токов (короткого замыкания) вставка сгорает на прямом участке (около спирали), а спиральная часть спрессовывается от действия электродинамических сил и падает, целая или распавшаяся на 2—3 части. Будучи помещенной в патрон предохранителя типа ПР-1, вставка почти бесшумно разрывает ток короткого замыкания (проверялась при токе около 5 000 а)¹.

Спиральные вставки свыше года стоят на 900 электродвигателях мощностью по 2,5 ÷ 32 квт для привода станков-качалок на промыслах Азнефти (двигатели питаются от магистралей 380 в, подсоединенных к отдельным трансформаторам по 320 ква).

Станки-качалки пускаются под нагрузкой. Выбранные спиральные вставки по номинальному току двигателя или по току, незначительно превышающему номинальный (на 10 ÷ 15%), как показала практика эксплуатации, защищают двигатели от ненормальных условий эксплуатации (обрыв цепи, заедание плунжера и т. п.) и в то же время выдерживают как пусковые токи, так и токи при самозапущке этих двигателей.

Для более тяжелых пусковых условий можно применять цинковые спиральные вставки, которые обладают еще большими инерционными свойствами.

¹ При установке спиральной вставки в предохранитель типа ПР-1 необходимо учитывать возможность повышенного перегрева его трубки. Р е д.



ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

Изготовление металлоконструкций здания электростанции силами монтажной организации

На монтируемой электростанции изготовление и монтаж металлоконструкций второй очереди главного корпуса в объеме около 1700 т были поручены организации, ведущей монтаж теплосилового оборудования.

На монтажной площадке имелся цех по изготовлению котельно-вспомогательного оборудования (КВО), который мог быть использован для этих целей при надлежащей его реорганизации и дополнительном оснащении, так как требовался выпуск ежемесячно не менее 250 т металлоконструкций вместо 60—80 т, изготавливаемых ранее.

Профиль работ цеха совершенно менялся, так как кроме ранее изготавливаемых пылевоздухопроводов, баков, мелких металлоконструкций предстояло делать колонны здания и подкрановые пути, состоящие из сварных двутавровых балок с высотой стенки до 1200 мм.

Изготавливаемые отдельными элементами длиной до 8 м они должны в дальнейшем стыковаться в целые колонны высотой до 35 м. Естественно, что при таких работах требовалась более высокая точность изготовления конструкций, чем это имело место ранее.

Таким образом, необходимо было на обычной монтажной площадке организовать изготовление продукции чисто заводского профиля. При этом надо было избегать больших затрат, учитывая, что все сооружения являются временными.

Выбор площадки являлся вынужденным из-за отсутствия свободной территории. При размещении оборудования цеха и временных сооружений преследовалась цель создать поточность операций при изготовлении металлоконструкций.

На рис. 1 показана производственная площадка с размещением временных сооружений, складов металла, стеллажей и железнодорожных путей.

Разгрузка и хранение листового металла производилась на площадке 15, а сортового металла — на площадке 16.

Металл на эти площадки поступал или со складов строительства или непосредственно на железнодорожных платформах от заводов-поставщиков металла.

В качестве погрузочно-разгрузочного оборудования применялись: паровой железнодорожный кран грузоподъемностью 10 т, электрический железнодорожный кран грузоподъемностью 7,5 т и электротельфер грузоподъемностью 5 т. Монорельс для электротельфера подвешен над стеллажами 10, 12, 13 на П-образных опорах, а над стеллажами 5, 7, 8 — на консольных балках, рассчитанных на сниженную грузоподъемность в 2 т, так как сооружение П-образных опор на этом участке стесняло бы работу железнодорожных кранов; кроме того, груз в виде листов, подаваемых для раскроя, не превышал веса в 2 т.

Для предварительной правки сортового металла на складе установлен винтовой правильный пресс 11.

Начальная сборка решетчатых конструкций производится на стеллаже 1, на котором собирается и приваривается одна сторона, после чего конструкция перекачивается при помощи крана на другую сторону и подается на стеллаж 2, где и производится окончательная сборка и сварка. Готовые конструкции подаются краном на склад 17 или же отправляются непосредственно на монтаж.

Стеллаж 3 служит для разметки и резки сортового металла. Для разметки и резки листового металла, предназначенного для изготовления балок и колонн, устроены стеллажи 4 и 5. Резка листов производится при помощи газорезущего автомата 6. После резки листы металла для выравнивания передаются по рольгангу 7 на приводные вальцы 9. Выравненные листы подаются на стеллаж 8 для их стыковки и сварки между собой.

Состыкованные листы длиной 6—8 м при помощи электротельфера направляются на специальный кондуктор 10, на котором производится сборка листов в Н-образные элементы конструкции с одновременной электроприхваткой. Окончательное изготовление отдельных частей металлоконструкций (установка и приварка уголков, косынок, жесткостей) выполняется на стеллаже 13.

Сборка отдельных элементов в целые колонны высотой до 37 м и контрольная сборка производятся на плазе 14, куда части конструкций подаются железнодорожными кранами. После контрольной сборки и маркировки эти части направляются к месту монтажа, где из них составляются отдельные блоки для подъема.

Для стеллажей был использован имеющийся на площадке металл разных профилей.

На стеллаже для резки газорезущим автоматом листового металла (рис. 2,а) положены металлические шары диаметром 40—50 мм в количестве 30—50 шт., которые

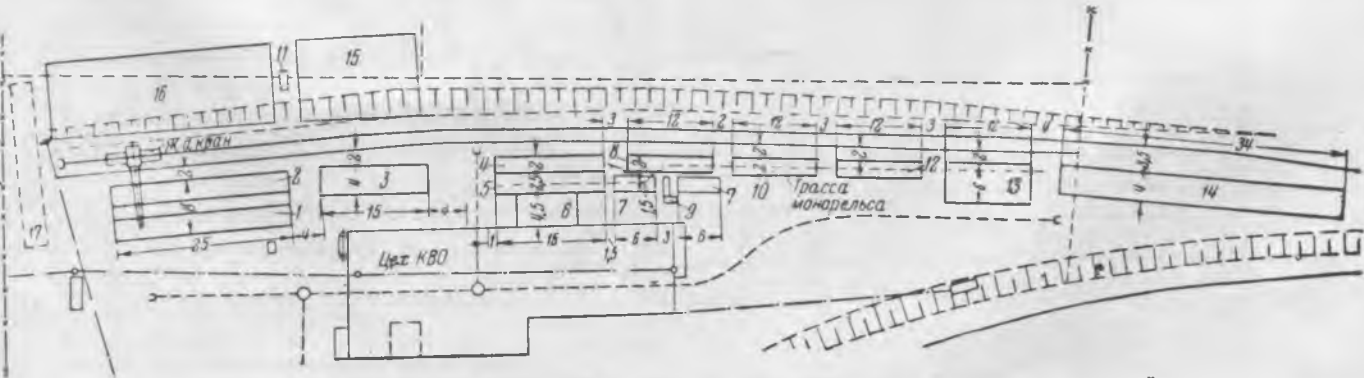


Рис. 1. Расположение стеллажей и складов для изготовления металлоконструкций.

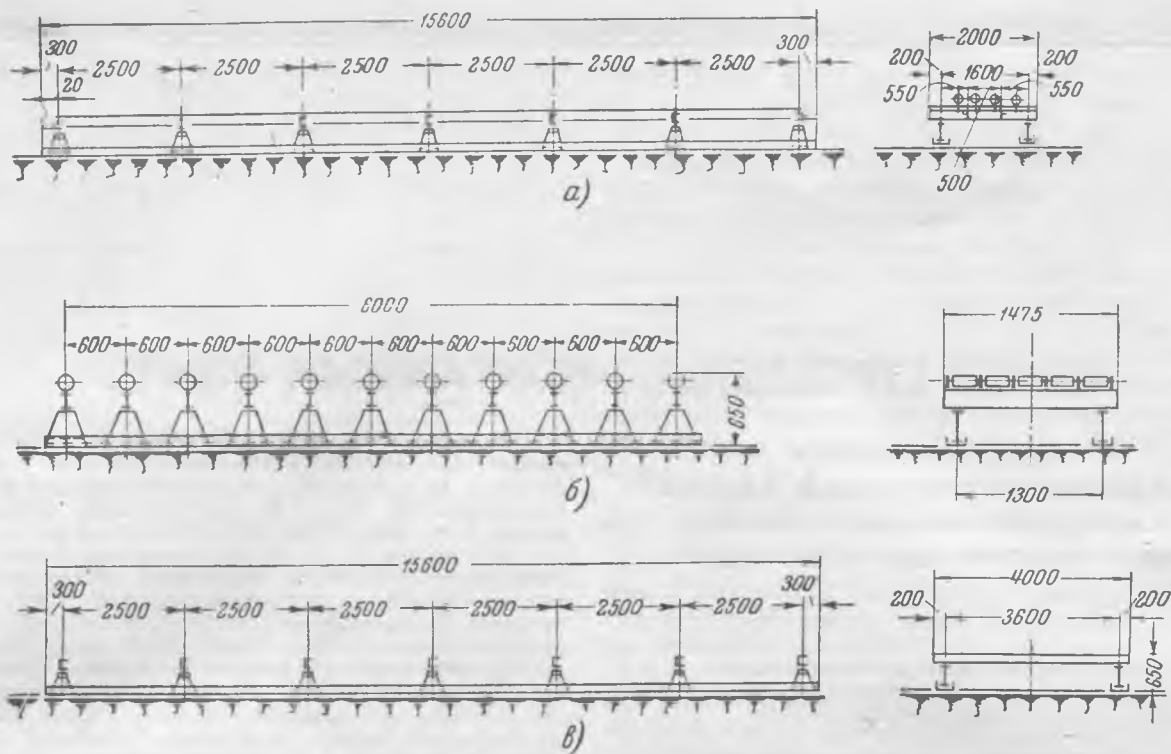


Рис. 2. Стеллажи для изготовления металлоконструкций.

а — для резки листового металла автоматом; б — для подачи листового металла в вальцы; в — для разметки и резки сортового металла.

в значительной степени облегчают передвижение листов металла.

Для изготовления рольганга (рис. 2,б) были временно использованы ролики транспортеров топливоподдачи.

Стеллаж для разметки и резки сортового металла приведен на рис. 2,в

На кондукторе (рис. 3) собирались балки высотой от 332 до 1180 мм. На станине из двутавровых балок установлена подвижная подушка К-5 и два упора, из коих один К-1 неподвижно закреплен, а второй упор К-2

может передвигаться. В упоре К-2 встроены прижимные винты К-8 и К-9. Подушка К-5 и подвижной упор с прижимными винтами устанавливаются на станине в зависимости от высоты изготавливаемых балок. Лист вертикальной стенки балки укладывается на подушку, а листы поперек балки ставятся на ребро между подушкой и упорами. Для требующейся регулировки поперек балки по высоте служат винты с упорной шайбой К-6, на коих один винт, находящийся со стороны упора К-1, установлен неподвижно, а второй может передвигаться по параллелям К-13 и крепиться к ним болтами.

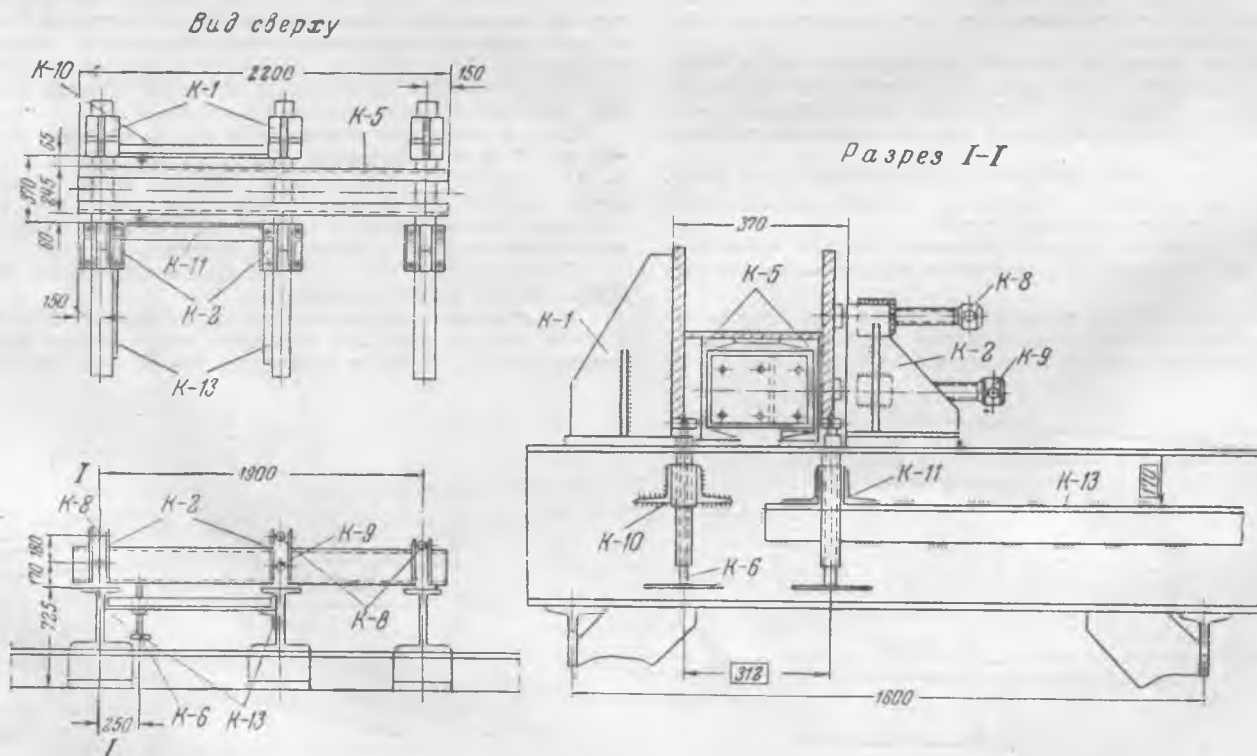


Рис. 3. Кондуктор для сборки Н-образных элементов.

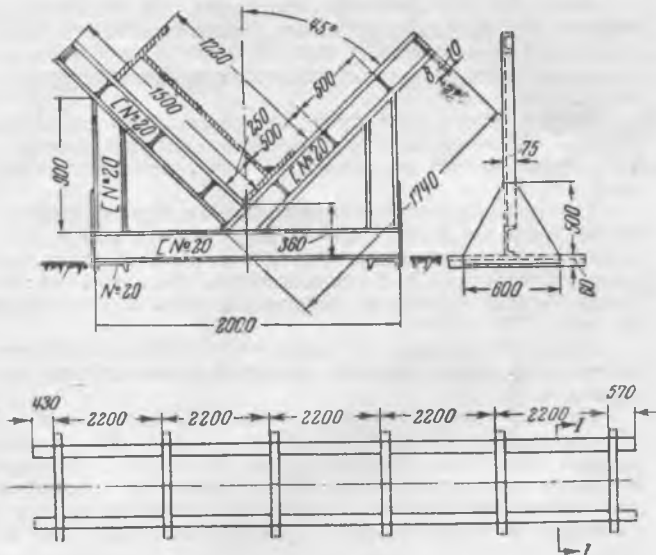


Рис. 4. Кондуктор для сварки колонн и балок электросварочным автоматом.]

При монтаже кондуктора должно быть обращено внимание на следующее:

Упоры *K-1* необходимо установить по нивелиру под прямым углом к станине, а при приварке деталей *K-13* выдержать их параллельность. Размеры на рис. 3, помещенные в четырехугольники, должны быть выдержаны с допуском ± 1 мм.

Описываемый кондуктор позволяет собрать H-образные балки с требующейся для данной конструкции точностью согласно техническим условиям на изготовление.

Уложенные в кондуктор листы заготовки стягиваются прижимными болтами *K-8* и *K-9*, после чего происходит прихватка элементов балки прерывистым швом.

После прихватки собранный элемент колонны или балки электродом переносится и укладывается в другой кондуктор 12 (рис. 1), где производится сварка его при помощи сварочного автомата («трактора»). Конструкция этого кондуктора приведена на рис. 4.

Оборудованный, как описано выше, цех для изготовления металлоконструкций позволил выпускать 3,7 т продукции в месяц на каждого занятого в цехе рабочего, что значительно превышает производительность цехов КВО, которые обычно выдают 1,5 т продукции на 1 чел.-мес.

Инж. Н. Л. Бутенко

Использование автокрана на монтаже открытой подстанции 220 кв

При монтаже выключателей МКП-274-П самым трудоемким является процесс закладки трансформаторов тока и установки вводов на баках.

В связи с тем, что трансформаторы тока и вводы имеют значительный вес, для подъема их приходится устанавливать подъемные приспособления в виде стрел, гласголей или П-образных опор. Высота этих приспособлений должна быть не менее 10—11 м и грузоподъемность не менее 2 т.

К этим приспособлениям подвешиваются тали, которыми производится подъем и установка трансформаторов тока и вводов; при этом подъем очень неудобен, требуется оттягивать ввод от бака выключателя, так как таль подвешивается строго против окна на баке и смещение ее для удобства подъема невозможно вследствие того, что ввод устанавливается не вертикально, а под некоторым углом.

При монтаже группы выключателя МКП-274-П стрелой ее приходится переставлять шесть раз, а при использовании П-образной опорой она переставляется три раза, а таль на опоре перевешивается шесть раз.

Вводы должны быть установлены в кеслы и поданы под опору или стрелу в вертикальном положении, причем из унаковки стрелой или опорой их поднять нельзя.

Затрата времени на одну лишь установку трансформаторов тока и вводов таким способом составляет 14—15 бригадо-дней при составе бригады не менее 7 чел. Полный монтаж выключателя МКП-274-П, включая транспортировку баков от железнодорожного полотна, проходившего по подстанции, и установку их на фундаменты, при помощи ручных лебедок, с сушкой внутрибаковой изоляции и заливкой маслом, требует 1,5 мес. работы бригады в 7 чел.

В описываемом ниже случае этот срок был значительно сокращен. Баки выключателей были поданы на железнодорожных платформах на территорию подстанции и разгружены паровым железнодорожным краном в 150 м от фундамента. Трактором С-80 баки доставили волоком к фундаментам и при помощи падающей стрелы поставили в вертикальное положение. Для монтажа вводов и трансформаторов тока использовали гусеничный пятитонный автокран, на крюк которого была подвешена трехтонная таль, так как спуск вводов в окно бака непосредственно краном опасен вследствие того, что груз опускается собственным весом, и скорость спуска регулируется только тормозом.

Трансформаторы тока устанавливались краном обычным приспособлением. Вводы брали краном при помощи тали непосредственно из ящика, в котором они были упакованы. На монтажах трансформаторов тока и вводов одного комплекта выключателя затрачивалось 4 дня работы бригады в 5 чел. Полный монтаж выключателя бригадой в 5 чел. был выполнен в 20 рабочих дней.

Таким образом, лишь применение трактора С-80 и гусеничного крана дало сокращение времени на монтаж выключателя в два раза и уменьшение бригады, занятой на монтаже, на 2 чел.

Гусеничный пятитонный кран все же не создал полной безопасности при монтаже вводов и не гарантировал их целостности; кроме того, он чрезвычайно тяжел и при переходе разрушает кабельные туннели и каналы. Работать этим краном в условиях действующей подстанции невозможно в связи с малыми расстояниями от шин, находящихся под напряжением.

Все эти недостатки гусеничных кранов заставили искать другой механизм. Встал вопрос об использовании автокрана. Работавшие на строительстве автокраны имели недостаточно длинную стрелу, поэтому было решено изготовить удлиненную на 3 м стрелу автокрана, собранного на автомашине ЗИС-150.

Новая стрела (см. рисунок) была изготовлена, установлена на кране и испытана грузом. Автокран с новой стрелой полностью заменил кран на гусеничном ходу и имеет по сравнению с ним следующие преимущества:

1) отпала необходимость подвешивать таль, так как спуск груза на автокране производится электродвигателем через редуктор;



2) автокран более подвижен, имеет возможность передвигаться по всей подстанции через кабельные каналы и туннели без укрепления их перекрытий, может проходить под шинами и работать на действующей подстанции.

На монтаж трансформаторов тока и вводов группы выключателей бригаде в 5 чел. требуется 2 рабочих дня.

Автокран используется также на монтаже металлических столиков и разъединителей. Подъем деталей разъединителя производится в следующем порядке. Поднимается и устанавливается на место рама разъединителя, затем изоляторы, собранные в колонку, устанавливаются краном на раму, после этого поднимается и устанавливается нож разъединителя.

Кроме того, кран используется как телескопическая вышка для подсоединения спусков к шинам подстанции, шинных перемычек между разъединителями и вводами выключателя и шлейфов у опор сборных шин. Все это значительно упрощает и ускоряет производство работ, особенно в условиях действующей подстанции.

Единственным недостатком длинной стрелы является то, что когда стрела укладывается на опору у кабины машины для перегона, то вследствие повышения нагрузки на передние колеса затрудняется управление автомашиной (руль поворачивается со значительным усилием).

На монтажном участке имеются две стрелы: первая — заводская, которая используется на погрузочных и разгрузочных работах, на подаче на подстанцию вводов, кабеля, металлоконструкций, разъединителей и пр., и вторая стрела специально монтажная, удлиненная, которой производят монтажные работы. Замена стрелы выполняется бригадой монтажников в течение одного рабочего дня.

Применение автокрана на монтаже открытых подстанций 22Р—100 кВ значительно сокращает время на монтаж, облегчает труд монтажников, уменьшает случаи боя фарфоровых деталей и удешевляет стоимость монтажных работ. Автокран со стрелой, достаточной для установки вводов выключателей МКП-274 и 160, должен стать основным монтажным механизмом на монтаже подстанции.

Инж. К. Н. Примогенов

Изготовление свинцовых труб без швов для кабельных муфт

Из-за отсутствия заводских свинцовых труб для кабельных муфт последние изготавливаются непосредственно на монтажных участках. При этом применяется пайка свинца и зачастую муфты получаются с несколькими швами.

В высоковольтном сетевом районе Красноярскаэнерго тт. Столяровым и Саломатовым внесено предложение по изготовлению свинцовых труб для кабельных муфт без швов, из отходов свинца. Сплошная отполированная металлическая болванка, выточенная с конусностью 0,02 и диаметром, соответствующим внутреннему диаметру свинцовой трубы, погружается на 2—3 сек. в расплавленный свинец. Далее, ножом срезается нижний свинцовый «колпачок» и путем удара снимается свинцовая труба. Таким образом изготавливается 8—9 труб, после чего «болванка» должна быть охлаждена.

Толщина стенки свинцовой трубы регулируется выдержкой при погружении в свинцовую ванну. Обычно ее толщина получается 2,5—3 мм с ровной поверхностью, без раковин.

При гидравлическом испытании образцы труб выдерживали давление 8 ат в течение 5 мин.

Инж. Е. А. Антонов

Станки для правки и рубки электродной проволоки¹

Существующая практика изготовления металлических стержней для электродов в монтажных условиях сопровождается значительным применением ручного труда. В большинстве случаев рубка и правка проволоки выполняются вручную. Лишь в отдельных случаях рубка проволоки осуществляется механизированными ножницами, причем отрезанные стержни проволоки получают раз-

личной длины и согнутые, что требует применения ручного труда для их выпрямления (рихтовки).

Инж. А. Т. Святненко предложил две конструкции станков для правки и рубки электродной проволоки (стационарный и переносной) которые дают возможность изготовлять стержни автоматически без применения ручного труда.

Станки отличаются друг от друга лишь приводом, поэтому ниже приводится подробное описание конструкции одного станка и отмечаются лишь особенности второго.

Стационарный станок с индивидуальным электроприводом (рис. 1), состоит из прямоугольной тумбы 1, сваренной из листовой стали. Внутри тумбы установлен червячный редуктор 2 с передаточным числом $i = 1:30$. Сбоку тумбы укреплен электродвигатель 3 мощностью 3,5 кВт, 1 500 об/мин.

Передача движения к станку от электродвигателя осуществляется через редуктор и кривошипно-шатунный механизм 4.

Наверху тумбы крепится стальной лист (стол) 5 с механизмами станка. На листе 5 слева расположено входное отверстие — направляющая втулка 6 с плавным профилем для прохода проволоки. Справа от направляющей втулки расположены блоки с роликами для рихтовки проволоки в горизонтальной 7 и вертикальной 8 плоскостях.

Горизонтальный блок имеет семь роликов, из которых четыре насажены на неподвижных осях, а три нажимных перемещаются в подвижных подшипниках. Вертикальный блок роликов имеет соответственно три ролика, насаженных на неподвижных осях, а два — в перемещающихся подшипниках.

Лист (стол) 5 имеет прорезь 9, в которой перемещается ползун 10. В верхней части ползуна расположен зажимающий эксцентрик 11 с рычагом 12. К эксцентрику припаян зуб из твердого сплава, который является захватывающим устройством для протягивания проволоки.

Впереди ползуна укреплен клин 13, который при перемещении ползуна вправо действует на обрезной нож 14, расположенный в специальных направляющих. При движении ползуна влево пружина 15 отжимает обрезной нож вниз — в исходное положение. Для улавливания отрезанных стержней проволоки предусмотрен специальный лоток 16.

Правка и рубка проволоки на станке осуществляются следующим образом. Бухта проволоки укладывается на бухтодержатель, расположенном на расстоянии 1—2 м от оси привода станка. Проволока протягивается через направляющую втулку 6 и блоки с роликами 7 и 8 к эксцентрику 11. При движении ползуна с эксцентриком вправо зуб эксцентрика вдавливаются в проволоку и тянет ее вправо.

Отключение зажимного эксцентрика происходит при помощи клина 17, на наклонную сторону которого «наезжает» рычаг 12, жестко связанный с эксцентриком. При поворачивании рычага зуб выходит из зацепления с проволокой, которая в это время отрезается ножом. Ползун возвращается влево, а зуб скользит по проволоке. При перемещении вправо зуб опять вдавливаются в проволоку и тянет ее вправо. Перестановкой клина 13 подбирается требуемая длина стержня электрода.

Длина изготавливаемых на этом станке стержней колеблется от 350 до 450 мм. Производительность станка равна около 3 000 шт. стержней в час. Габариты его 1 700 × 700 (в плане), высота 940 мм.

Станок другой конструкции (рис. 2), как и описанный выше, предназначен для массового изготовления стержней электродов из стальной проволоки диаметром от 3 до 6 мм. Он не имеет индивидуального электропривода и может приводиться в действие либо от электропневмомашинки, либо от вертикального сверлильного станка. Использование сверлильного станка в качестве привода является наиболее желательным, так как для этой цели не требуется изготовления дополнительных поддерживающих конструкций.

Для крепления пневмомашинки на столе-листе устанавливаются две стойки 1. В тех случаях, когда приводом служит сверлильный станок, стол-лист с механизмами для правки и рубки стержней крепятся к столу станка при помощи болтсв и плиты 2.

Привод переносного станка для правки и рубки стержней электродов от шпинделя сверлильного станка осуществляется через конус Морзе 3, связанный с веду-

¹ По материалам Киевпромэнергомонтажа.

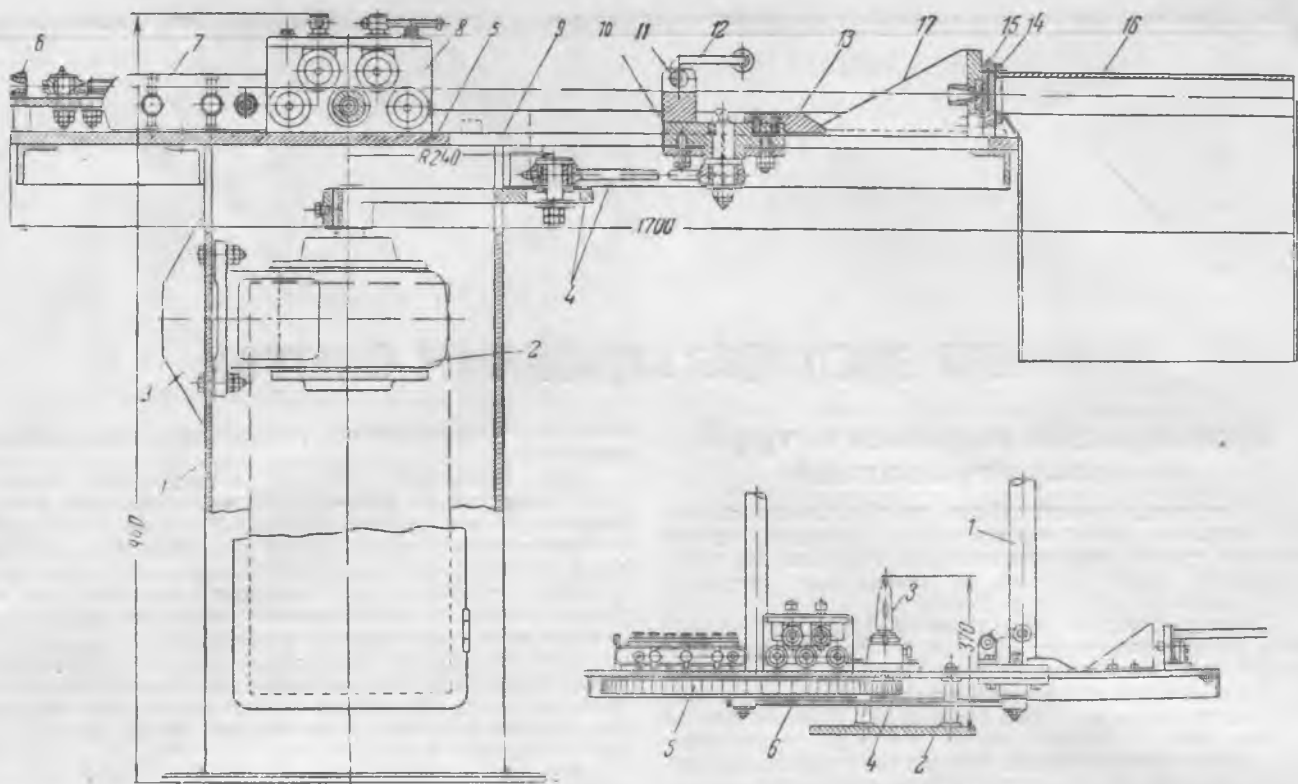


Рис. 1.

Рис. 2.

шей шестерней 4, которая в свою очередь связана с ведомой шестерней 5. Ведомая шестерня через шатун 6 передает движение ползуну. В остальном механизм станка, изображенного на рис. 2, не отличается от ранее описанного.

Производительность этого станка зависит от скорости вращения привода. При приводе от сверлильного станка производительность станка может доходить до 1800 стержней в час. Габариты станка 1700 × 700 (в плане), высота 100 мм.

Оба типа станков изготовлены Киевским электромеханическим заводом и прошли испытания, которые показали

хорошее качество изготовленных стержней. Стержни при длине 350 мм имеют стрелу прогиба 1—2 мм; торец обреза чистый, без заусениц.

В данное время завод заканчивает выпуск первой серии описанных станков для монтажных участков.

Широкое внедрение описанных станков, и не только в монтажную практику, даст возможность получить качественные стержни для электродов и освободиться от ручного труда при их изготовлении

Инж. А. С. Львов



ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

Ликвидация пережога труб пароперегревателя

На вертикально-водотрубных трехбарабанных котельных агрегатах было зафиксировано несколько случаев пережога трубок пароперегревателей. Агрегаты не могли длительное время работать на повышенных нагрузках ввиду чрезмерного перегрева пара.

Пароперегреватель вертикального типа, одноходовой, имел длину коллекторов 3,5 м с 38 рядами труб диаметром 31/38 мм. Движение газов и пара — параллельное.

Расположение коллекторов пароперегревателя в плане с указанием движения пара (стрелками) представлено на рисунке (а). В верхней части показаны температуры в трубах пароперегревателя, полученные измерением, причем резко выраженного газового перекося по ширине пароперегревателя обнаружено не было.

Чрезмерно высокие температуры в 1—14-м рядах труб, доходящие до температуры красного свечения, объ-

яснялись неравномерностью распределения пара по длине коллектора.

При нормальной нагрузке котлоагрегата перегрев пара возрастал до 395—410°С, что превышало норму, допустимую для турбин (375°С). Не имея возможности снизить нагрузку, персонал был вынужден открывать паровой смеситель для охлаждения насыщенным паром пара, идущего к турбинам, что приводило к еще большему перегреву стенок пароперегревателя (за счет уменьшения расхода пара через пароперегреватель).

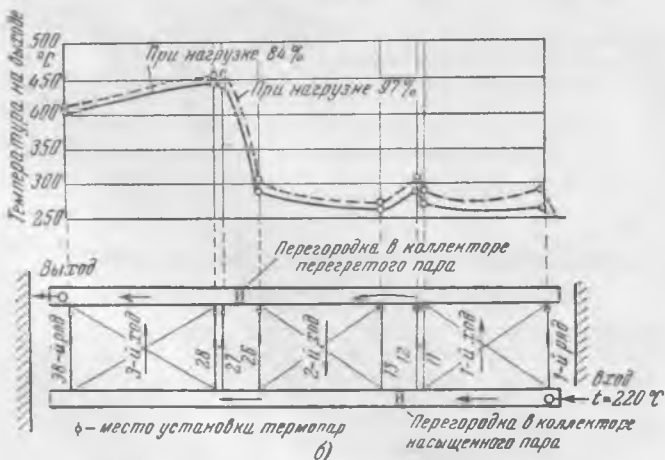
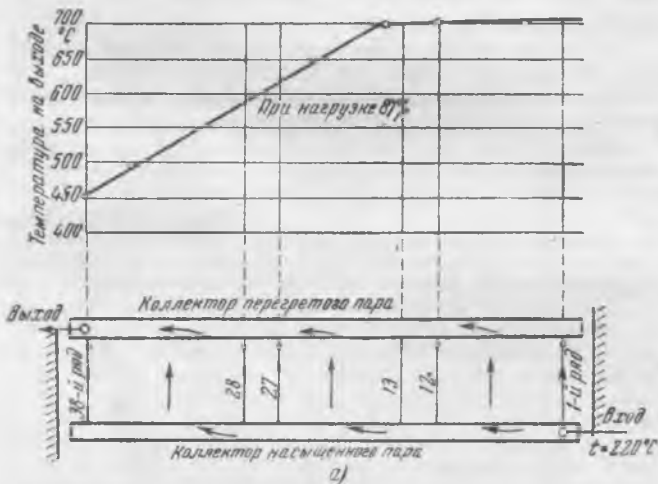
Для ликвидации чрезмерного перегрева стенок труб пароперегреватель был переделан на трехходовой путем установки двух перегородок в коллекторах, как показано на рисунке (б). При этом скорость пара, идущего по трубкам, возросла в 2—3 раза.

После переделки было проведено измерение температуры в трубах с помощью восьми поверхностных термомпар, установленных на трубах, входящих в выходной коллектор.

Как видно на рисунке, после установки перегородок распределение температур в трубах пароперегревателя резко изменилось. В первом и втором ходах температура стенок в трубах не превышает 310°С, а в третьем ходе не превышает 460°С.

Возросшая скорость пара в трубах пароперегревателя (по проверочному расчету до 25 м/сек) практически не вызвала сильного падения давления и не потребовала каких-либо изменений в работе котла и турбины.

Инж. С. Н. Макарин



Распределение температуры стенок пароперегревателя до переделки (а) и после установки перегородок (б).

Улучшение шахтно-цепных торфяных топок

В 1948—1949 гг. вследствие благоприятных метеорологических условий и улучшения организации добычи и сушки торфа электростанция получила торф влажностью в среднем 22—30%.

При сжигании этого торфа в шахтно-цепных топках проф. Макарьева значительно снизились потери тепла с уходящими газами и от механического недожога. Однако, несмотря на это, к. п. д. топки и котельного агрегата оказался более низким, чем при сжигании торфа влажностью в 35—38% вследствие резкого увеличения потерь от химического недожога, достигавших 3—5% и более.

Как известно, сухой торф легко загорается, и процессы генерации и горения распространяются с большой скоростью в глубину слоя топлива. В передней части топки выделяется большое количество углеводов и окиси углерода, а воздуха для их полного сгорания здесь недостаточно. Конфигурация топки не обеспечивает хорошего перемешивания горючих газов с воздухом, поступающим в топку через задние дутьевые зоны и в небольшом количестве через отверстия в подвесном своде предтопки.

На электростанции этот недостаток топки был устранен следующими мероприятиями, осуществленными на всех котельных агрегатах, работающих на кусковом торфе:

1. Подсушивающие шахты наглухо заложены кирпичом как со стороны фронта, так и со стороны топки.
2. Отсекающая балка опущена до 650 мм над решеткой.

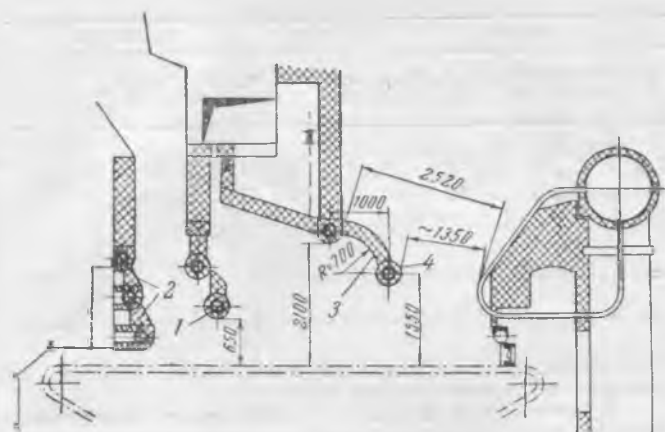


Рис. 1. Схема устройства нижней части топки.

1 — отсекающая балка; 2 — закладка щелей шахты; 3 — газоперемешивающий свод; 4 — балка, включенная в систему циркуляции воды в котле.

3. Скорость решетки увеличена до 25 м/час заменой трехзубых звездочек ведущего вала решетки четырехзубыми.

4. Вторичное горячее дутье через свод предтопка усилено для возможности подачи до 30—40% всего воздуха.

5. В конце предтопка сооружены газоперемешивающие полусводы, сузившие горловину топки до 1350 мм.

На рис. 1 видна нижняя часть топки, приспособленной для экономичного сжигания сухого торфа. Газоперемешивающие полусводы опираются на охлаждаемую топочную балку, включенную в циркуляцию воды в котле.

Меры, упомянутые в первых двух пунктах, известны давно и применяются в всех торфяных электростанциях. Повышение скорости движения решеток до ~ 25 м/час позволило уменьшить толщину слоя топлива при сохранении полной паропроизводительности агрегата; процесс сгорания топлива проходил на большой длине решетки.

Наибольшую роль сыграло осуществление последних двух мероприятий. Первое из них позволило подать необходимый воздух именно туда, где его не доставало, а второе удлинило путь газов, обеспечило перемешивание их с воздухом вторичного дутья и первичного дутья из последних дутьевых зон решетки, а также вызвало некоторое увеличение турбулентности факела.

На диаграммах рис. 2, составленных по данным специальных испытаний, показан тепловой баланс котельных агрегатов производительностью по 75—90 т/час до осуществления мощного вторичного дутья и газоперемешивающих полусводов на одном агрегате (а) и после осуществления этих мероприятий на другом таком же агрегате (б).

Из графика рис. 2,а видно, что при работе на торфе влажностью 30% потери q_3 составляли 2,6—5,5%. При нагрузке 75 т/час к. п. д. агрегата равнялся 86,6% и с возрастанием нагрузки резко снижался.

Из рис. 2,б видно, что после переделки топки при работе на торфе еще меньшей влажности потери q_3 снизились до 1—2,5%, а к. п. д. повысился до 89—90%; кривая к. п. д. стала весьма пологой, и максимум ее передвинулся в область значительно больших нагрузок.

Высокий к. п. д. котельных агрегатов при работе на сухом торфе после осуществления описанных выше мероприятий был достигнут не только в условиях испытаний, но и при длительной эксплуатации, как это видно из отчетных данных за 4 мес. 1950 г., приведенных на графике рис. 3.

Топки трех котельных агрегатов (группа А) были переделаны еще в 1949 г., и высокая экономичность этих агрегатов устойчиво удерживалась в течение всего рассматриваемого периода.

Топки других трех агрегатов (группа Б) переделывались в марте 1950 г., и отчетные данные ясно показывают резкое увеличение экономичности, полученное в результате переделки. Во втором квартале 1950 г. обе группы котельных агрегатов продолжали работать со столь же высоким к. п. д. (группа А—88%, группа Б—90,18%).

В дальнейшем, в третьем квартале 1950 г., вследствие исключительно дождливого лета электростанция получала торф весьма переменной влажности: одно торфя-

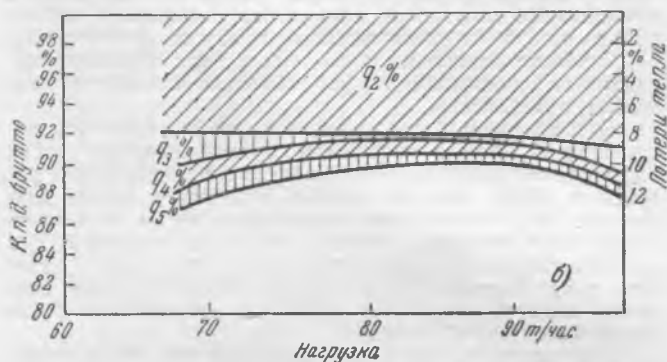
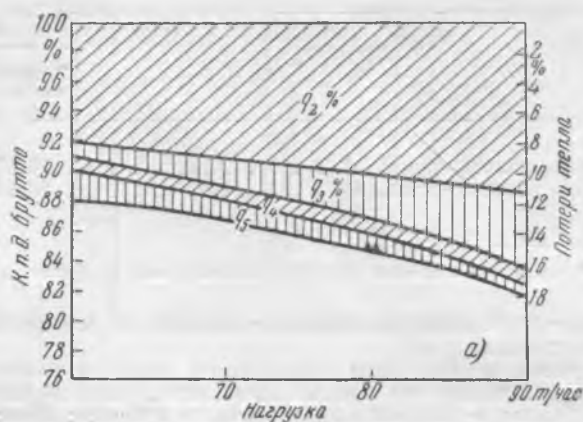


Рис. 2. График теплового баланса котельного агрегата. а — с непеределанной топкой по данным эксплуатационных испытаний 30/XII 1948+11/1 1949 г., влажность торфа — 28—30%; б — с переделанной топкой по данным эксплуатационных испытаний, проведенных в декабре 1950 г., влажность торфа 21—24%.

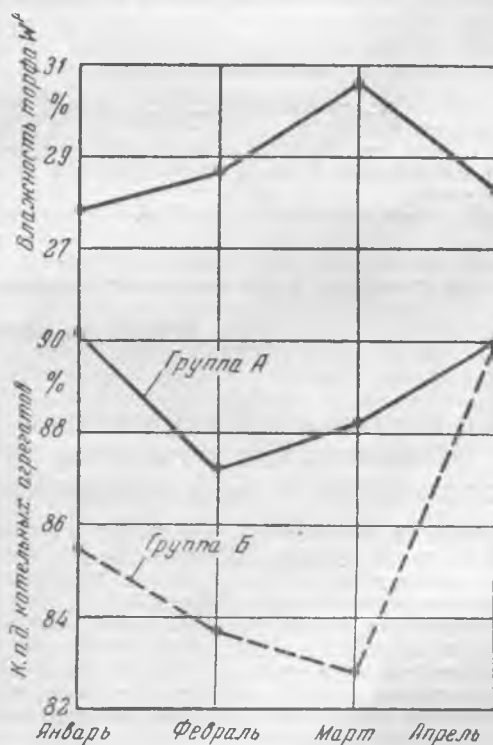


Рис. 3. График влажности торфа и к. п. д. двух групп котельных агрегатов в первые 4 месяца 1950 г.

ное предприятие поставляло кусковой торф влажностью 30%, другое — 35%, третье — 40% и четвертое — 44,50%. Производить смешение было невозможно, и прибывающие с торфопредприятий составы с торфом, столь раз-

	Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	Влажность торфа, %	к. п. д., %	Влажность торфа, %	к. п. д., %	Влажность торфа, %	к. п. д., %	Влажность торфа, %	к. п. д., %
Котлоагрегаты группы А	28,27	87,82	36,50	85,57*	40,32	88,34	36,09	89,06
Котлоагрегаты группы Б	28,27	90,17	36,50	88,12	40,32	88,87	36,09	86,97

* Коэффициент полезного действия занижен из-за погрешности в показаниях паромера одного из агрегатов.

личным по влажности, подавались каждый на все котельные агрегаты.

Несмотря на такое разнообразие качества топлива и на повышение его средней влажности, удалось удержать высокую экономичность топочного процесса: относительно невысокие избытки воздуха (CO_2 за котлом 13,5%), почти полное отсутствие химического недожога и весьма малые потери от механического недожога (около 1%).

Отчетные данные по к. п. д. котельных агрегатов при работе на смешанном торфе различной влажности приведены в таблице.

С появлением более влажного торфа пришлось открыть щели шахт и приступить к использованию дутья через фронт предтопок для подсушки и подслоного зажигания торфа, как это обычно делается в топках Макарьева. Но укрытие топки глухим полусводом обеспечило повышенную тепловую инерцию топки, необходимую для устойчивого режима сжигания торфа переменного качества, а при поступлении в топку более сухого торфа удавалось подавать вторичного дутья без промедления резко снизить химический недожог.

Нет сомнения, что и при сжигании еще более влажного торфа усовершенствованные топки Макарьева позволят поддерживать высокие нагрузки и высокую экономичность котельных агрегатов. Нужно только поднять отсекающую балку и соответственно работать на меньших скоростях решеток, а также полностью использовать шахту как камеру для подсушки торфа, как добавочную топку и как устройство для подслоного зажигания торфа.

Выводы

Дополнительные газоперемешивающие своды в топке с сужением горловины до 1250—1350 мм и усиление вторичного дутья до 30—40% от всего дутья существенно улучшили шахтно-цепную топку Макарьева для сжигания кускового торфа.

Осуществление этих мероприятий не требует больших затрат и особенно рекомендуется при сжигании сухого торфа; они также окажутся полезными для влажного торфа и, тем более, для торфа переменной влажности.

Инж. В. М. Посутман

Уплотнение битумными обмазками стыков, находящихся под вакуумом

При монтаже конденсатора типа 24-К-2 с разъемным чугунным корпусом не была обеспечена нужная плотность стыков, и конденсатор работал с весьма большими притоками воздуха и пониженным вакуумом.

С неплотностью стыков боролись путем обмазывания мест протоса воздуха мастикой, применяемой для уплотнения разъема цилиндра турбины. Мастика эта при имеющейся температуре корпуса конденсатора не засыхала и не обеспечивала ликвидации подсосов воздуха, несмотря на частое возобновления обмазки.

По предложению автора было решено уплотнить неплотные стыки конденсатора нефтяным битумом марки «3» путем нанесения расплавленного битума слоем 6—10 мм на очищенные от старой мастики фланцы.

Опыт трехлетней эксплуатации конденсатора показал высокую эффективность битумной обмазки. Первоначально битум, очевидно, из-за недостаточно тщательной очистки уплотняемых стыков не везде пристал достаточно плотно и при опрессовке водою парового пространства

конденсатора обнаруживались неплотности, устраненные местным подогревом битума.

В дальнейшем количество выявляемых неплотностей уменьшилось, очевидно, в результате самоуплотнения швов пластичным битумом под действием вакуума, и за последние 1½ года при опрессовках конденсатора неплотностей почти не обнаружилось.

Битумная обмазка была применена и для временного уплотнения трещины во фланце ресиверной трубы между цилиндрами высокого и низкого давления турбины АК-25-2, давление в которой меняется в зависимости от величины нагрузки от вакуума до 1,7 атм. Чтобы предотвратить растекание битума, на наружную цилиндрическую поверхность фланцевого соединения была надета обечайка, свернутая из кровельной стали, а образующаяся при этом ванна была залита битумом марки «Б», который при существующей температуре фланца несколько выше 100°С поддерживался в размягченном состоянии.

С таким уплотнением турбина проработала до капитального ремонта в течение почти целого года.

А. Г. Рысь

Применение рециркуляции котловой воды

На конденсационной электростанции, оборудованной котлами давлением 37 атм, в 1932—1935 гг. наблюдалось сильное обогащение воды окислами железа — продуктами коррозии элементов питательного тракта. Содержание окислов железа в котловой воде составляло от 100 до 300 мг/л; при остановках котлов из нижнего барабана извлекали от 100 до 200 кг порошкообразных окислов железа темнокоричневого цвета. Котлы усиленно продували во избежание загрязнения окислами железа поверхностей нагрева.

С 1935 г. по предложению автора применяется рециркуляция котловой воды, содержащей едкий натр и фосфат натрия, что позволило повысить щелочность питательной воды и прекратить занос окислов железа в котлы.

Схема рециркуляции котловой воды показана на рисунке. Котловая вода забирается из верхнего переднего барабана через устройство, обычно применяемое для непрерывной продувки котлов, и через дроссельную шайбу поступает в общую линию продувочной воды. Пройдя расширитель, котловая вода поступает в отстойник, снабженный ватным фильтром, откуда осветленная вода направляется в буферные баки и смешивается там с питательной водой; часть котловой воды поступает в подпиточный бак теплосети.

Котловая вода забирается поочередно из всех котлов в зависимости от величины щелочности. Продувают всегда только один котел, в котором щелочность котловой воды максимальная. Если требуется снизить щелочность или содержание фосфатов в воде котла, то он включается на рециркуляцию вне очереди.

Этим достигается равномерное распределение фосфата (вводимого централизованно) по всем котлам независимо от размеров их нагрузки. С помощью данной схемы рециркуляции котловой воды производится одновременно непрерывная и периодическая продувка котлов.

В зависимости от нагрузки станции количество рециркулируемой котловой воды находится в пределах 0,3—0,5% от общего расхода питательной воды. Связанное с этим сокращение расхода отборного пара для по

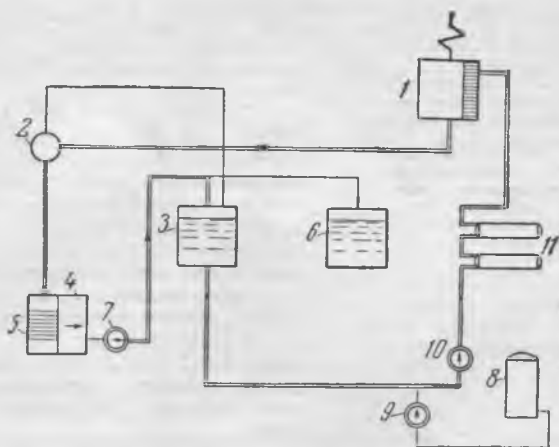


Схема рециркуляции котловой воды.

1 — котел; 2 — расширитель непрерывной продувки; 3 — буферные баки; 4 — бак осветленной воды; 5 — фильтр; 6 — подпиточный бак; 7 — дренажный насос; 8 — деаэрактор; 9 — промежуточный насос; 10 — питательный насос; 11 — подогреватель высокого давления.

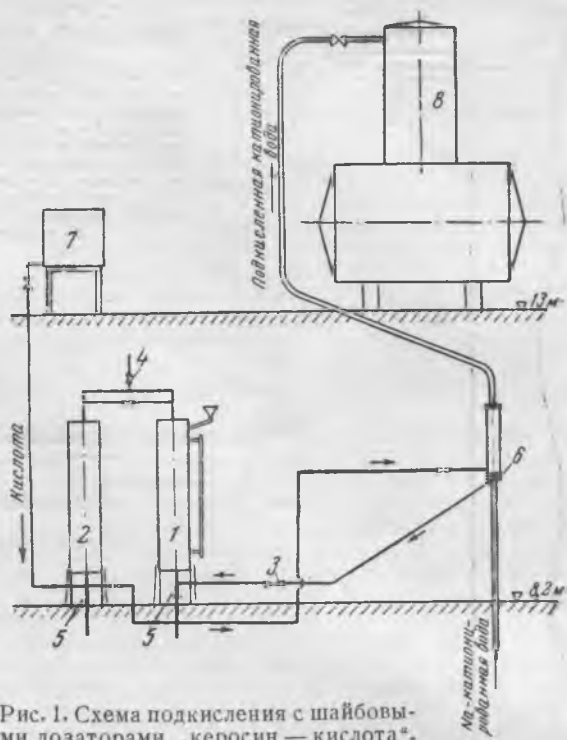


Рис. 1. Схема подкисления с шайбовыми дозаторами «керосин — кислота».

1 — дозатор керосина; 2 — дозатор кислоты; 3 — игольчатый вентиль; 4 — воздушник; 5 — дренажный вентиль; 6 — диафрагма; 7 — бак раствора кислоты; 8 — деаэрационная колонка.

Установка размещается на двух этажах.

Смонтированная в котельной одного завода по проекту Центроэнергомонтажа установка «керосин — кислота» в течение первых двух недель эксплуатации полностью вышла из строя ввиду низкого качества антикислотного покрытия дозатора, труб и быстрого выхода из строя арматуры. В связи с этим котельная в течение месяца работала с продувкой порядка 25%; возникла угроза появления щелочной хрупкости металла котла.

Автором разработана и осуществлена в котельной новая установка для нейтрализации избыточной щелочности Na-катионированной воды с применением струйного насоса «вода — кислота» (рис. 2).

Импульсом к работе установки является перепад давления, создаваемый диафрагмой, установленной у самого ввода Na-катионированной воды в деаэрационную колонку.

Инжектирующая вода по стальной трубке 5 диаметром 17×4 мм отбирается до диафрагмы 9 и поступает в стеклянный струйный насос 1, где засасывает через резиновую трубку 10 15%-ный раствор серной кислоты из бака 11. Получающийся в камере смешения струйного насоса раствор серной кислоты подается по резиновой трубке 2 и стеклянной трубке 3 в трубопровод Na-катионированной воды после диафрагмы 9. Смеситель 4 улучшает процесс перемешивания кислоты с Na-катионированной водой. Для наладки работы установки и дополнительного регулирования служит игольчатый вентиль 6. В месте ввода изогнутой стеклянной трубки 3 в трубопровод установлено сальниковое уплотнение. Резиновые трубки закреплены на стеклянных трубках хомутами.

Во время опытной эксплуатации установки было осуществлено два варианта ввода кислоты:

1) непосредственно в верхнюю часть деаэрационной колонки (вызвало быстрое разрушение струей кислоты стенки колонки, противоположной месту ввода);

2) в трубопровод за диафрагмой (привело к исчезновению импульса ввиду скрепления основной струи воды и струи кислотного раствора).

Показанный на рис. 2 ввод кислоты по изогнутой стеклянной трубке 3 по оси отверстия диафрагмы дал положительные результаты.

При потребном вводе 15%-ного раствора кислоты в количестве 10 г/см^3 и использовании 101 г/см^3 инжектирующей воды диаметр рабочего сопла насоса равен $2,9 \text{ мм}$, а диаметр горловины — $3,1 \text{ мм}$.

догрева питательной воды имеет незначительные размеры.

Среднее за 15 лет значение щелочного числа котловой воды составляет $\sim 110 \text{ мг/л NaOH}$, а избытка фосфатов — $10 \text{ мг/л P}_2\text{O}_5$. В питательной воде соответственно содержится в среднем $0,44 \text{ мг/л NaOH}$ и $0,04 \text{ мг/л P}_2\text{O}_5$.

После введения рециркуляции котловой воды накопление в котлах окислов железа прекратилось, причем отпала необходимость в периодической продувке.

Осмотры, проведенные в 1949—1950 гг., показали, что все элементы питательного тракта (насосы, питательные магистрали, водяные экономайзеры и т. д.), в том числе стальные гребки регенеративных подогревателей, находящиеся в работе ~ 18 лет, находятся в хорошем состоянии. Поверхность металла покрыта пленкой темнокоричневого цвета.

Инж. А. А. Булютин

ОТ РЕДАКЦИИ

Длительный эксплуатационный опыт автора подтверждает эффективность рециркуляции котловой воды как способа предотвращения уноса с водой продуктов коррозии металла элементов питательного тракта и накопления окислов железа в котлах. Следует отметить, что применение этого способа обычно связано с образованием фосфоритовой накипи в подогревателях высокого давления и водяных экономайзерах (особенно кипящего типа). Избежать этого можно лишь при исключительно высокой плотности конденсаторов турбин и ничтожной жесткости добавочной воды.

Установка для нейтрализации избыточной щелочности Na-катионированной воды

На ряде электростанций и в заводских котельных, где водоподготовительные установки работают по схеме Na-катионирование — нейтрализация, в качестве дозирующего устройства кислоты применяют установку по схеме «керосин — кислота». Установка состоит из двух напорных дозаторов емкостью 250 л каждый и коммуникации трубопроводов с арматурой (рис. 1). Импульсом к работе установки является перепад давления, создаваемый шайбой.

Дозатор кислоты 2, трубопровод диаметром 25 мм от бака раствора серной кислоты до дозатора и от дозатора до места ввода кислотного раствора в трубопровод Na-катионированной воды, а также арматура установки должны быть изготовлены из кислотостойкого материала или иметь специальное кислотостойкое покрытие.

Трубопровод от места ввода кислоты до деаэрационной колонки быстро корродирует под влиянием агрессивной углекислоты, выделяющейся при нейтрализации воды.

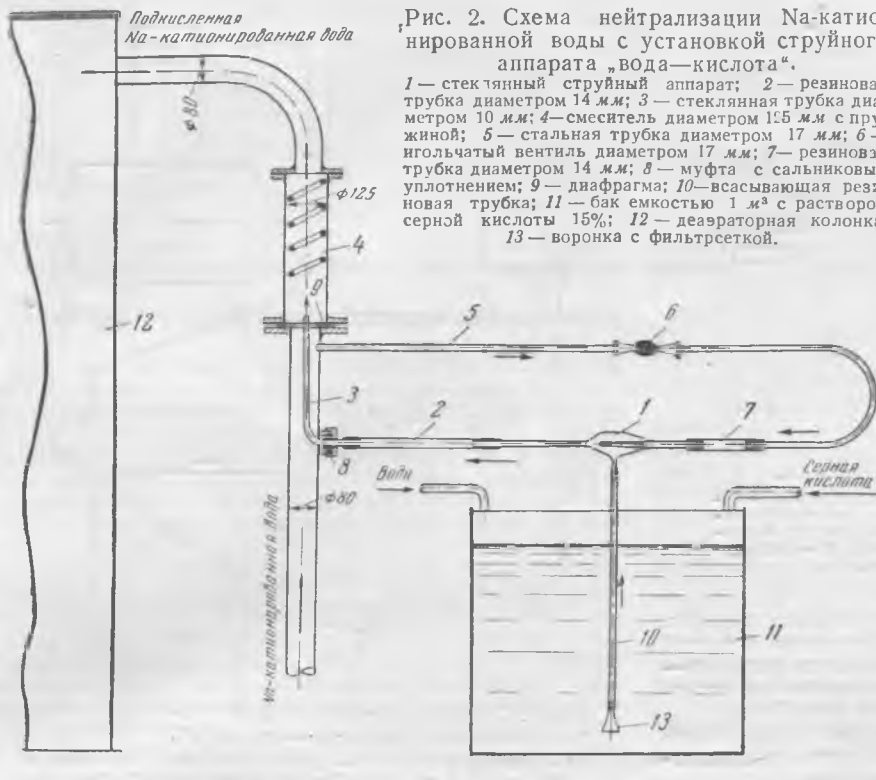


Рис. 2. Схема нейтрализации Na-катионированной воды с установкой струйного аппарата «вода—кислота».

1 — стеклянный струйный аппарат; 2 — резиновая трубка диаметром 14 мм; 3 — стеклянная трубка диаметром 10 мм; 4 — смеситель диаметром 125 мм с пружиной; 5 — стальная трубка диаметром 17 мм; 6 — игольчатый вентиль диаметром 17 мм; 7 — резиновая трубка диаметром 14 мм; 8 — муфта с сальниковым уплотнением; 9 — диафрагма; 10 — всасывающая резиновая трубка; 11 — бак емкостью 1 м³ с раствором серной кислоты 15%; 12 — деаэрационная колонка; 13 — воронка с фильтрсеткой.

Полученные размеры насоса дали возможность подобрать стеклянный струйный насос из имеющихся в продаже.

Крепкая кислота в бак 11 подается из бака сжатого воздуха.

Выводы

1. Установка «вода — кислота» смонтирована на площадке деаэрационной колонки и занимает незначительную площадь.
 2. Отпадает необходимость в кислотостойких покрытиях труб, дозатора, арматуры.
 3. Стоимость установки значительно ниже установки «керосин — кислота».
 4. Установка дает возможность вводить кислоту непосредственно у деаэратора где удаляется агрессивная углекислота и устраняется, таким образом, коррозия основного трубопровода Na-катионированной воды.
 5. Установка проста в обслуживании и не требует перерыва для перезагрузки дозатора.
- В течение 5 мес. эксплуатации установка работала бесперебойно и без какого-либо ремонта.

Инж. Е. М. Аристов

Об особенностях конструкции турбин АЕГ

Опорные подшипники турбин повышенного давления фирмы АЕГ в части крепления вкладышей значительно отличаются от обычных конструкций, в которых применены установочные колодки. У этих турбин крепление вкладышей производится посредством двух упорных болтов, пропущенных на резьбе через верхнюю крышку подшипника и расположенных в одной плоскости поперек оси турбины, как это показано схематически на рисунке. Упорные болты 1 при ввертывании их в крышку нажимают на сферическую поверхность верхнего вкладыша через свободно надетые на конце шайбы 2, чем и обеспечивается необходимый натяг крышки и крепление вкладышей. Положение упорных болтов после затяжки фиксируется контргайками 3.

Происшедшая недавно авария одной турбины показала, что работники электростанции не учитывали осо-

бенностей этой конструкции, применяли обычный метод сборки и крепления подшипников.

Турбина 47 тыс. квт. 1500 об/мин до аварии работала нормально. Авария произошла при очередном пуске турбины, при нормальной скорости вращения на холостом ходу. Перед этим турбина останавливалась для осмотра подшипников (производилась их разборка), причем никаких дефектов подшипников не было обнаружено. После осмотра вкладышей крышки подшипников были собраны обычным способом.

До пуска турбины при холодном состоянии подшипников на упорных болтах были отжаты контргайки, подтянуты упорные болты и закреплены вновь контргайками. При этом осталось неизвестным, были ли приведены упорные болты в соприкосновение со сферической поверхностью вкладышей. Однако точно установлено, что окончательной подтяжки этих болтов в горячем состоянии при вращающемся роторе турбины не производилось.

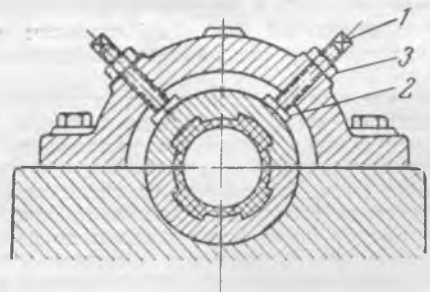
После пуска турбины при работе на холостом ходу в нормальной скорости вращения началась сильная вибрация, и турбина была остановлена автоматом безопасности.

При вскрытии турбины оказалось, что баббит вкладышей переднего подшипника не поврежден, а сами вкладыши «били» в корпусе подшипника, вследствие чего на верхнем вкладыше в месте соприкосновения с упорными болтами образовалась выбоина глубиной до 1,5 мм, а на нижней поверхности нижнего вкладыша имелся равномерный «набой».

Таким образом, имело место ослабление крепления переднего подшипника, что и явилось причиной аварии. Плохо закрепленный с одного конца вал при вращении стал вибрировать, вызвал задевание и повреждение переднего концевое лабиринтного уплотнения и прогиб турбинного вала в этом месте. Были повреждены также лабиринтные уплотнения диафрагм и другие детали.

Особенности подшипников с упорными болтами вызывают необходимость использовать специальный метод сборки подшипников и крепления вкладышей, что не было учтено при ремонте турбины, потерпевшей аварию. Применяемый обычный метод сборки и определения необходимой величины натяга крышки подшипника путем снятия свинцового оттиска в данном случае для подшипников с упорными болтами непригоден ввиду следующих обстоятельств.

При сборке подшипника шайбы на концах упорных болтов, которыми они опираются на сферическую поверхность верхнего вкладыша, вследствие своей подвижности не занимают вполне определенного места. Шайбы на поверхности вкладыша после сборки оказываются несколько смещенными по отношению к тому положению, которое они занимали до разборки подшипника. Кроме того, и по-



ложение самых упорных болтов по отношению к вкладышам подшипника также несколько меняется при каждом вскрытии подшипника за счет не вполне точной фиксации положения крышки. Все это приводит к изменению величины нажимного усилия упорных болтов и может оказываться, что вкладыши не будут надежно закреплены.

Следовательно, каждая операция, связанная со снятием крышки подшипника, вызывает изменение величины ее натяга и поэтому требует новой регулировки натяга.

Исходя из изложенных соображений, а также следуя практическому опыту работы некоторых электростанций, нельзя производить крепление вкладышей подшипника путем окончательной затяжки упорных болтов при холодном состоянии турбины. При сборке подшипника необходимо производить предварительную затяжку упорных болтов путем ввертывания их от руки до состояния, обеспечивающего только плотное соприкосновение болтов со сферической поверхностью верхнего вкладыша. После этого во время пуска турбины, при достижении 500 об/мин и при температуре подшипника 45° С производится окончательный натяг крышки подшипника также путем одновременного и равномерного крепления от руки нормальным гаечным ключом упорных болтов с обеих сторон. По окончании крепления в этом положении болты прочно закрепляются контргайкой, чем и заканчиваются все операции. При работе турбины происходит разогрев вкладышей большой, чем нагрев крышки подшипника, вследствие чего вкладыши зажимаются и обеспечивается необходимый натяг крышки и, следовательно, достаточное крепление вкладыша.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что все указанные операции по регулировке крепления вкладышей должны быть повторены при каждом вскрытии крышки подшипника независимо от того, менялось ли при этом положение упорных болтов.

Крепление упорных болтов на холодной турбине или при нормальной скорости вращения как на холостом ходу, так и с нагрузкой не должно допускаться.

Описанной ответственной операцией должен руководить мастер турбинного цеха в присутствии и под контролем начальника цеха.

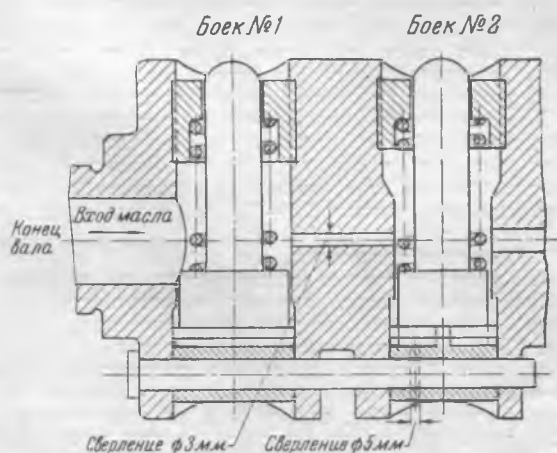
Инж. А. М. Губанов

Наладка работы предельного регулятора турбины

У турбины типа АП-25-1 за трехлетний период произошло 16 поломок пружины предельного регулятора автомата безопасности; из них 4 случая сопровождалась сбросом нагрузки.

Все поломки пружин происходили только у бойка № 2 (см. рисунок). Пружина бойка № 1 за все время эксплуатации ни разу не ломалась.

Устанавливались пружины разного изготовления с оксидированной и кадмированной поверхностью, однако результаты были неудовлетворительными. При очередных



Предельный регулятор автомата безопасности турбины АП-25-1.

осмотрах пружина оказывалась изломанной. Причиной поломки следует считать коррозию поверхности, происходящую вследствие попадания водяных паров в камеру бойка и конденсации их на поверхности пружины. Коррозионные повреждения поверхности являлись очагами концентрации напряжений и в конечном счете приводили к поломке пружины.

Поломки полностью ликвидированы следующим образом. Из камеры бойка № 1 осуществлена подача масла в камеру бойка № 2 через осевое отверстие диаметром 3 мм. В заглушке камеры бойка № 2 просверлено отверстие диаметром 5 мм для снижения давления масла в этой камере и создания циркуляции масла.

Измерение давления масла в камерах бойков показало следующие результаты:

В камере бойка № 1, *ати* 0,5 1,0 1,5 2,0
В камере бойка № 2, *ати* 0,05 0,1 0,13 0,16

Из данных измерений видно, что значительное изменение давления масла в камере бойка № 1 (обычно поддерживаемое равным 1,8—2,0 *ати*) мало влияет на величину давления в камере бойка № 2 и, следовательно, на условия работы этого бойка. Изменение давления масла с 0,05 до 0,16 *ати* изменяет нагрузку на боек от 0,2 до 0,7 кг. При нагрузке от натяга пружины, равной 21 кг, это вызывает изменение рабочей скорости вращения бойка в пределах 30 об/мин, что значения не имеет.

Двухлетняя эксплуатация турбины (после указанной наладки) показала эффективность проведенного мероприятия. Пружина, установленная в январе 1949 г., работает до настоящего времени; при этом не было ни одного случая неправильной работы бойка при испытаниях. Осаждение шлама в камере бойка не наблюдается.

М. Р. Шварцман

Улучшение работы клапанов срыва вакуума на поворотно-лопастных гидротурбинах

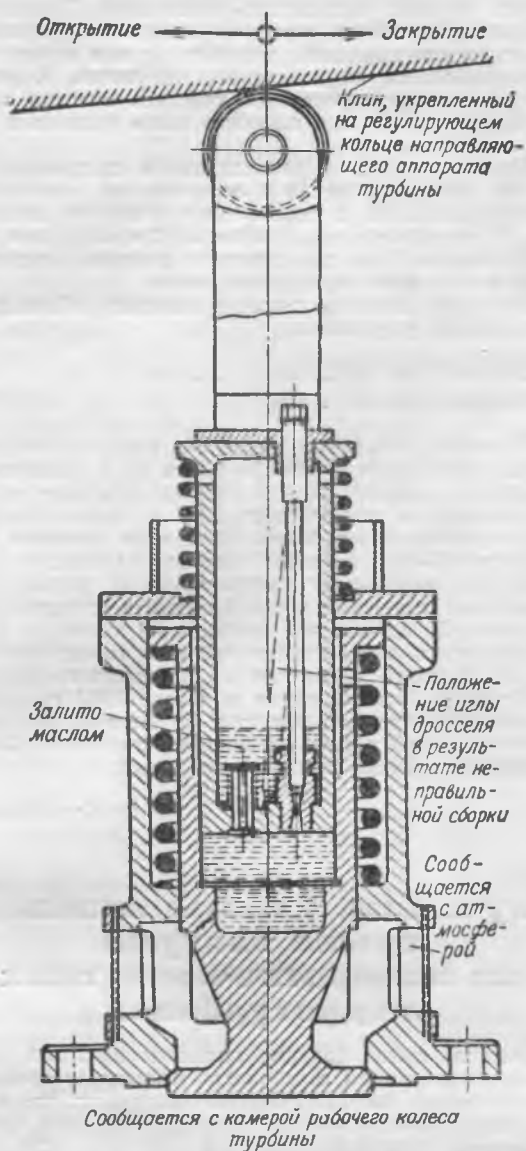
Клапаны срыва вакуума являются важными органами, обеспечивающими сохранность агрегата во время аварийных сбросов нагрузки. Однако ввиду того, что в условиях нормальной работы гидротурбины эти клапаны бездействуют и эксплуатационный персонал часто ослабляет надзор за их состоянием это может привести к тяжелым последствиям.

В 1950 г. на гидростанции при испытаниях поворотно-лопастной турбины мощностью 12,5 тыс. *квт*, ЛМЭ, выпуска 1948 г. со сбросом нагрузки 10,8 тыс. *квт* произошел гидравлический удар от обратной волны, вследствие чего вращающиеся части турбины и генератора были подброшены на высоту 32 мм. В результате этого оказались следующие повреждения: кольца ротора сместились вверх по валу на 15 мм, заскочили за шетки и повредили их; смяло петушки якоря подвозбудителя в результате соприкосновения их с кронштейнами щеткодержателей; незначительно смяло и деформировало вентилятор ротора и воздушную выгородку статора и смяло головки болтов, крепящих упоры сегментов верхнего генераторного подшипника в результате удара о ступицу пяты. Нарушений работы смазки и повреждений трущихся поверхностей пяты сегментного типа не наблюдалось; был отмечен лишь незначительный выплеск масла из ванны нижнего генераторного подшипника.

Благодаря наличию значительных вертикальных зазоров (38 мм) между массивными частями агрегата других более серьезных повреждений не было, и турбина через 15 час. была приведена в рабочее состояние.

Расследованием данного случая было установлено, что во время производившегося незадолго до испытаний капитального ремонта агрегата клапаны срыва вакуума (см. рисунок) не подвергались тщательной ревизии из-за затруднительного доступа к месту их установки.

Во время испытаний после ремонта производились сбросы нагрузок 6 и 9 тыс. *квт*. При последнем сбросе работа клапанов срыва вакуума наблюдалась, но время закрытия их не определялось.



После снятия и разборки клапанов срыва вакуума было обнаружено, что у левого клапана при монтаже была неверно установлена дросселирующая игла (мимо седла клапана), и клапан имел чрезмерно малое время закрытия — около 5 сек. Правый же клапан иногда заедал в отжатом состоянии из-за перекоса крышки и во время последнего сброса, очевидно, бездействовал.

Следует отметить, что аналогичный случай подбрасывания ротора гидравлическим ударом обратной волны при сбросе нагрузки имел место на другой гидростанции, где из-за неправильной регулировки пружины отказал единственный клапан срыва вакуума иностранной конструкции. При аварийном сбросе нагрузки были повреждены кольца и щетки ротора, смят якорь возбuditеля и, кроме того, разбит корпус турбинного подшипника в результате удара по нему рабочим колесом.

Для обеспечения надежной работы клапанов срыва вакуума рекомендуются следующие мероприятия:

1. При ежегодных капитальных ремонтах клапаны срыва вакуума должны подвергаться полной ревизии. После ревизии обязательно должно определяться время закрытия клапанов, которое должно быть в пределах установленных заводом-поставщиком (обычно 20—30 сек.).

Во время испытаний после ремонта работа клапанов должна тщательно контролироваться.

2. Один раз в квартал нужно производить внешний осмотр клапанов срыва вакуума без снятия с места установки и разборки. При этом должны производиться: заливка масла в катаракты, смена тавотной обмазки и определение времени закрытия клапанов.

3. Один раз в месяц должна производиться доливка масла в катаракты.

4. Дежурный персонал при осмотре оборудования должен обращать внимание на наличие соприкосновения ролика плунжера клапана с клином регулирующего кольца и регулярно производить набивку тавотниц.

Инж. И. В. Малхасьян

Замечания по упрощению и удешевлению понизительных подстанций 35—110 кВ

Выполнение программы широкого развития высоковольтных сетей Советского Союза требует мобилизации всех резервов, в первую очередь устранения излишеств при проектировании. Анализ подстанций 35—110 кВ, введенных в работу за последние годы, показывает возможность их упрощения и удешевления без каких-либо затруднений в эксплуатации. Ниже приводятся несколько предложений, которые, по нашему мнению, могут быть использованы для этой цели.

1. Щитовой блок подстанций, имеющих открытое распределительное устройство 35 кВ и закрытое распределительное устройство 3—6 кВ, обычно выполняется в двухэтажном варианте. На втором этаже расположены помещения для аккумуляторной батареи и служебные помещения, на первом этаже панели щита управления, а в некоторых случаях (предложение Теплоэлектропроекта) и дополнительно те же служебные помещения. К числу последних относятся: кабинет заведующего подстанцией, лаборатория, комната связи (в которой, как правило, аппаратная связи не ставится), кладовая и мастерская, причем последняя в некоторых проектах пристраивается отдельным помещением к зданию охраны (к проходной).

В свое время наличие большого числа служебных помещений в какой-то степени отвечало условиям эксплуатации, когда даже средняя по мощности понизительная подстанция располагала большим числом эксплуатационного и ремонтного персонала и в значительной мере являлась самостоятельной единицей в части организации ремонтов и профилактических испытаний.

В настоящее время численность обслуживающего персонала резко сокращается, все большее число подстанций переводится на дежурство на дому; в связи с внедрением телеуправления ряд понизительных подстанций вообще не будет нуждаться в дежурном персонале. Сокращается и ремонтный персонал подстанций за счет передачи производства ремонта специальным ремонтным бригадам центральных мастерских сетевых районов. Проведение профилактических испытаний уже давно полностью централизовано.

В результате качественного изменения условий эксплуатации вполне возможно число служебных помещений снизить до минимума. Достаточно предусматривать кладовые для аварийного запаса и для эксплуатационных материалов и мастерскую для производства мелких ремонтов аппаратуры и оборудования с размещением в ней верстака с одними тисками, шкафа с инструментом, настольного сверлильного станка и т. п.

При сокращении служебных помещений щитовой блок может быть выполнен одноэтажным, что по предварительным данным даст, учитывая возможность уменьшения объема лестничной клетки на второй этаж шинного помещения, экономию на объеме здания примерно на 30%.

Существенное уменьшение объема здания и отсутствие эксплуатационной необходимости в предусмотренных проектами большом числе служебных помещений диктует принятие одноэтажного исполнения щитового блока на понизительных подстанциях 35—110 кВ, кроме особых крупных узловых подстанций 110 кВ.

2. Практика показывает, что помещения для ремонта силовых трансформаторов используются по прямому назначению крайне редко, так как периодичность осмотра выемной части трансформатора составляет один раз в 5—7 лет. В связи с невозможностью создать в этих помещениях из-за большого их объема достаточную температуру в холодное время года, не используются они и для мелких текущих работ, проводимых на подстанциях.

За последнее время от строительства таких ремонтных помещений на подстанциях 35 кВ отказались, монтируя взамен их специальные металлические порталы, рассчитанные по грузоподъемности на выемную часть пре-

дельного по мощности трансформатора для данной подстанции. Для сложных ремонтов трансформаторы будут направляться в мастерские сетевого района или в ремонтный завод энергосистемы.

Однако для подстанций 110 кВ и выше отдельные помещения для ремонта трансформаторов в проектах предусматриваются, причем в связи с значительной мощностью силовых трансформаторов подстанций 110 кВ они оказываются большими и дорогими сооружениями, имея нередко объем свыше 3700 м³, причем 50% этого объема приходится на одну только башню для выемки керна. В целях экономии средств представляется целесообразным объединить трансформаторную мастерскую с помещением для синхронных компенсаторов, отказавшись при этом от сооружения закрытой башни для подъема выемной части трансформаторов.

Опыт эксплуатации показывает, что большие ремонты трансформаторов, связанные с их обмотками или сталью проводятся, как правило, не на месте, а в мастерских района или в ремонтном заводе энергосистемы.

Трансформаторная мастерская, совмещенная в одном здании с помещением синхронных компенсаторов, при условии подъема выемной части трансформатора вне помещения, будет иметь 20% от принятого в настоящее время объема отдельно сооружаемой трансформаторной мастерской.

3. В проектах понизительных подстанций 35—110 кВ, как правило, предусматривается на стороне 6—10 кВ два силовых трансформатора мощностью от 50 до 180 кВА для собственных нужд подстанции с отдельным присоединением каждого трансформатора к сборным системам шин через предохранители большой отключающей мощности.

Вполне очевидно, что такое решение должно быть отнесено к разряду излишеств, так как в тех редких, буквально единичных, случаях повреждений таких трансформаторов последние во вполне приемлемый срок заменяются исправными, доставляемыми на подстанцию сетевого районом, в котором обычно имеется 1—2 таких резервных трансформатора.

Очевидно также, что отключение трансформатора собственных нужд понизительной подстанции на небольшой срок (в пределах одних суток) не нарушает ее нормальной работы, так как аварийное освещение от аккумуляторной батареи полностью обеспечивает оперативную работу по переключениям. Поэтому вполне достаточно установка на всех понизительных подстанциях только одного трансформатора собственных нужд, ремонт которого будет осуществляться либо на месте, либо путем замены трансформатора. Исключение из этого правила может быть допущено только для крупных подстанций 110 кВ при наличии синхронных компенсаторов и силовых трансформаторов с принудительным охлаждением.

Отказ от резервного трансформатора собственных нужд либо установка его в помещении рабочего трансформатора высвобождают одно присоединение на сборных шинах и, следовательно, сокращают закрытое распределительное устройство 6—10 кВ на одну ячейку.

4. В проектах понизительных подстанций обычно предусматриваются в закрытых распределительных устройствах 6—10 кВ отдельные присоединения на сборных шинах и отдельные ячейки для установки трансформаторов напряжения контроля изоляции и для питания счетчиков активной и реактивной энергии. Работники эксплуатации в порядке изыскания внутренних резервов при присоединении новых потребителей нередко практикуют совмещение всех трансформаторов напряжения в общей ячейке, с успехом размещая в ней и вентиляльные разрядники в тех случаях, когда не предусмотрена защита каждого ввода воздушных линий. Несмотря на сравнительно малую ширину ячеек, подобное совмещение легко осуществимо при установке трансформаторов напряжения и вентиляльных разрядников ярусами, одних над другими. Каких-либо затруднений в эксплуатации при такой установке не бывает.

Отказ от отдельной установки трансформаторов напряжения контроля изоляции и учета электроэнергии и совмещение установки их с вентиляльными разрядниками сокращает закрытое распределительное устройство 6—10 кВ на одну ячейку.

5. На крупных подстанциях 110 кВ, имеющих два и более синхронных компенсатора, разгонные электродвигатели этих машин обычно подключаются к отдельным присоединениям сборных шин. Распределительные устройства 6—10 кВ на подстанциях 110 кВ являются особо дорогими

из-за больших токов коротких замыканий и необходимости применять выключатели большой отключающей мощности, усиленные разъединители, трансформаторы тока, проходные и опорные изоляторы.

Разгонные электродвигатели используются только в редких случаях для включения синхронного компенсатора после остановки его по какой-либо причине. В течение года количество таких остановок обычно не превышает десяти, и, следовательно, каждый разгонный двигатель включается в работу не более десяти раз в год на продолжительность не более 30 мин. Вполне достаточно поэтому иметь одно присоединение для запуска разгонных двигателей всех установленных на данной подстанции синхронных компенсаторов, присоединив двигатели к общей сборке разъединителями.

Такая схема включения разгонных двигателей с точки зрения эксплуатации вполне надежна. При ней дорогое распределительное устройство 6—10 кВ подстанций 110 кВ сокращается на одну ячейку.

6. За последнее время во всех новых проектах понизительных подстанций 35—110 кВ предусматривается установка вентиляльных разрядников как на рабочей, так и на резервной системах шин всех имеющихся на подстанции напряжений.

Опыт эксплуатации подтверждает полную допустимость установки вентиляльных разрядников (сравнительно дорогих для напряжения 35 кВ и тем более для 110 кВ) только на одной системе шин данного напряжения, которая на грозовой период именуется рабочей¹.

Инж. Т. П. Мусатов

¹ Это предложение неприемлемо для подстанций, нормально работающих раздельно на обеих системах шин. Р е д.

Внедрение устройств автоматической разгрузки по частоте

В связи с тем, что пока не начат заводами выпуск реле частоты для автоматической разгрузки, энергосистемы вынуждены организовывать на месте изготовление таких реле силами мастерских.

В энергосистеме до 1950 г. эксплуатировалось 10 комплектов устройств автоматической разгрузки по частоте (АРЧ) с реле частоты изготовления ЦЛЭМ Мосэнерго. Смонтированные и налаженные 30 комплектов АРЧ с реле типа RF фирмы Вестингауз не вводились в работу из-за опасений в отношении надежности этих реле, недостатки которых не раз описывались в печати.

Для обеспечения разгрузки системы в объеме, соответствующем возможному дефициту мощности, к автоматам, находившимся в эксплуатации, были подключены мощные подстанции и целевые сетевые районы, что приводило к обесточению потребителей, перерыв в электроснабжении которых недопустим по условиям технологического процесса производства.

Согласно плану размещения АРЧ, разработанному группой режимов на 1950 г., и предусматривающему подключение к автоматам только потребителей, допускающих перерыв в электроснабжении, требовалось установить 90—100 комплектов устройств АРЧ.

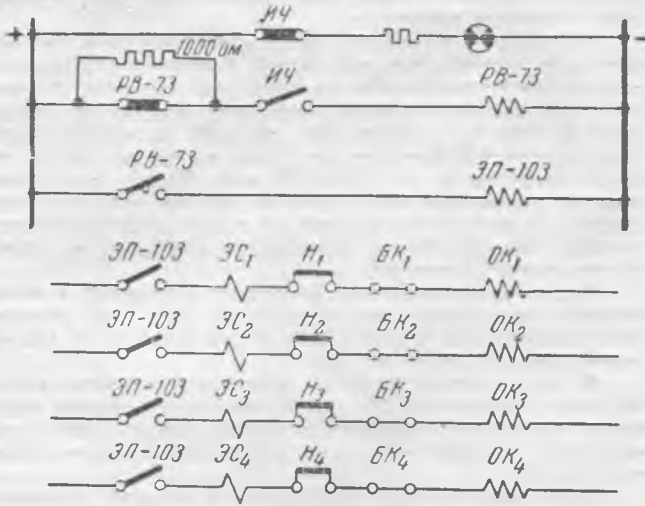
Монтаж такого большого количества комплектов АРЧ силами эксплуатационного персонала релейных служб сетевых районов потребовал бы значительной затраты времени и материальных средств.

Для выполнения поставленной задачи в срок в ЦСРЗА энергосистемы была разработана конструкция индукционного реле частоты на базе имевшихся в системе пусковых элементов и омметров реле ИР-104 и ИР-105; разработана конструкция комплектного устройства автоматической разгрузки по частоте, включающего все элементы схемы и организованное их централизованное изготовление в ЦЛЭМ.

За 6 мес. 1950 г. было изготовлено и введено в эксплуатацию 93 комплекта устройств АРЧ.

Комплектное устройство АРЧ типа КУ-АРЧ-1 состоит из индукционного реле частоты типа ИЧ, реле времени типа РВ-73 и промежуточного реле типа ЭП-103. Схема устройства показана на рис. 1.

Развертка цепей постоянного тока



Развертка цепей напряжения

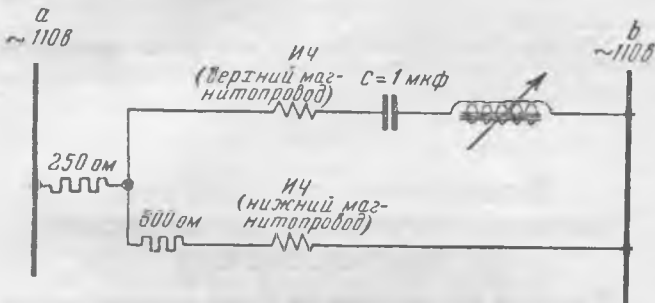


Рис. 1. Развернутая схема комплексного устройства автоматической разгрузки по частоте типа КУ-АРЧ-1.

Контакты и обмотки обозначены в соответствии с типом реле; ЗС — сигнальное реле; Н — накладка; БК — блокконтакт.

При нормальной частоте контакты ИЧ реле частоты замкнуты и на панели горит лампа, что свидетельствует о нормальной частоте, об исправном состоянии реле, а также о наличии постоянного тока на панели АРЧ.

При снижении частоты до срабатывания реле замыкаются контакты ИЧ и замыкается цепь катушки реле времени, которое, сработав с выдержкой времени, размыкает свой нормально замкнутый контакт, тем самым вводит в цепь своей катушки сопротивление 1000 Ом для термической устойчивости и включает промежуточное реле ЭП-103; последнее, сработав, отключает линии, подключенные к автомату. Для подстанций, на которых число линий, подключенных к автомату более четырех, устанавливаются комплекты устройств типа КУ-АРЧ-2, имеющие два промежуточных реле, включенных параллельно, что дает возможность подключать к автомату до восьми линий.

Более совершенной разгрузкой по частоте является разгрузка, основанная на скорости снижения частоты в системе. Поэтому в ЦСРЗА была разработана схема такого автомата, четыре комплекта которого введены в опытную эксплуатацию.

Схема автоматической разгрузки по частоте, реагирующая на скорость снижения частоты, состоит из двух индукционных реле частоты типа ИЧ, двух реле времени типа РВ-73 и трех промежуточных реле типа ЭП-103 (рис. 2).

При понижении частоты в системе до частоты срабатывания реле ИЧ-1 последнее включает реле времени РВ-1, которое включает промежуточное реле ЭП-1. Последнее, сработав, отключает потребителей первой очереди и подает постоянный ток на контакты реле ИЧ-2 и катушку реле времени РВ-2. Если после отключения потребителей первой очереди разгрузки частота продолжает снижаться и в течение времени работы реле РВ-2, реле

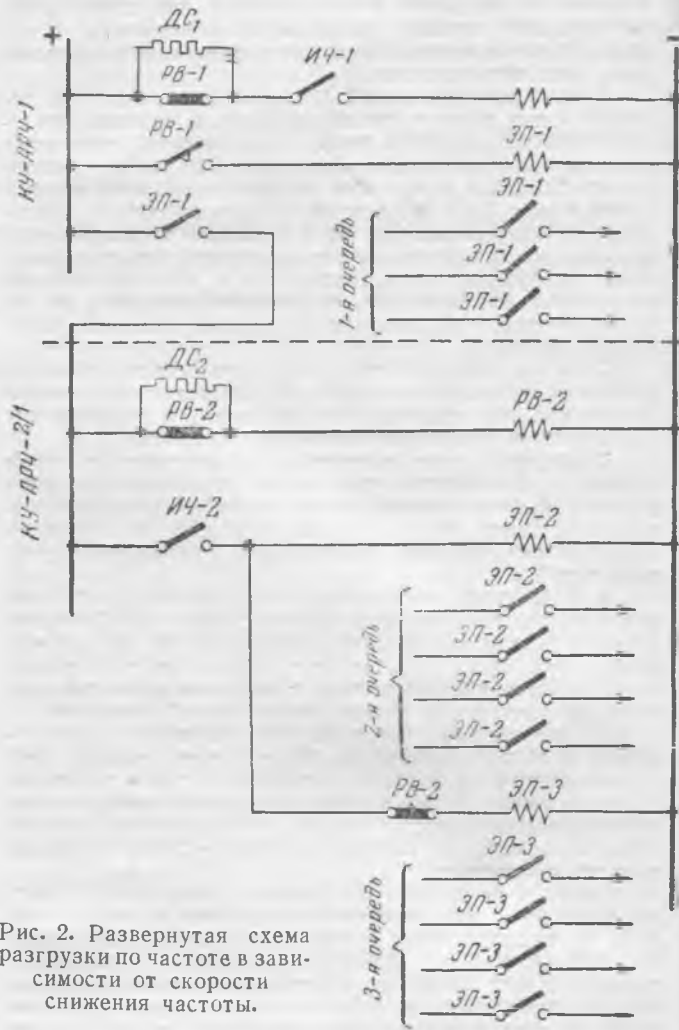


Рис. 2. Развернутая схема разгрузки по частоте в зависимости от скорости снижения частоты.

частоты ИЧ-2 успевает замкнуть свои контакты, то при этом срабатывают реле ЭП-2 и ЭП-3 и отключают потребителей второй и третьей очереди разгрузки.

Если частота снижается медленно и реле ИЧ-2 замкнет свои контакты после того, как реле времени РВ-2 успеет разомкнуть цепь катушки реле ЭП-3, срабатывает только реле ЭП-2 и отключает лишь потребителей второй очереди разгрузки.

Инж. Е. С. Габа и инж. В. С. Маногон

Искусственный теплоотвод выключателя ВМГ

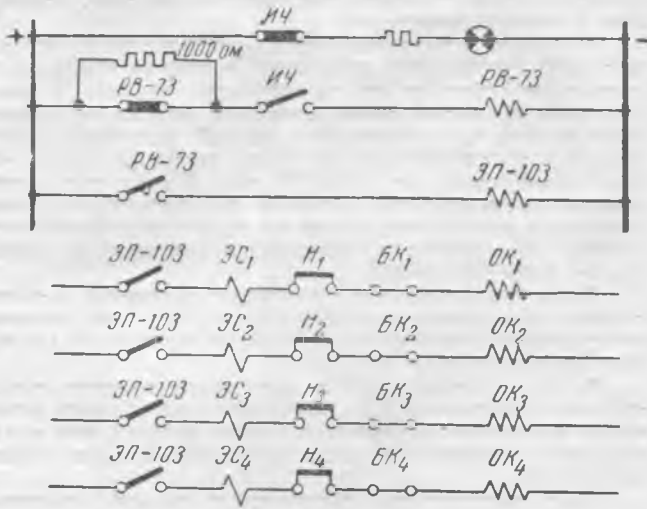
Выключатели типа ВМГ на 1000 а нуждаются, как известно, в дополнительном теплоотводящем приспособлении для охлаждения нижних токоведущих вводов каждого бака. По указанию завода-изготовителя такие теплоотводы выполняются в виде медных шин, пропускная способность которых принимается с тройным запасом. Длина шинных вилок должна быть не менее 500 мм. Принятая при проектировании компоновка ячейки с таким теплоотводом показана на рис. 1.

Теплоотвод этот имеет следующие недостатки. Теплоотводящая способность шин значительно снижается транзитным током, нагревающим их по всей длине. Завышенная вследствие этого длина теплоотводящего участка шин препятствует установке трансформатора тока в перегородке и усложняет поэтому всю компоновку ячейки. Не используется вторая щека каждого выступа выводного контакта выключателя.

Для теплоотводов данной конструкции расходуется около 13 кг меди на каждый выключатель.

В то же время выключатели типа ВМГ являются самыми распространенными во вновь сооружаемых рас-

Развертка цепей постоянного тока



Развертка цепей напряжения

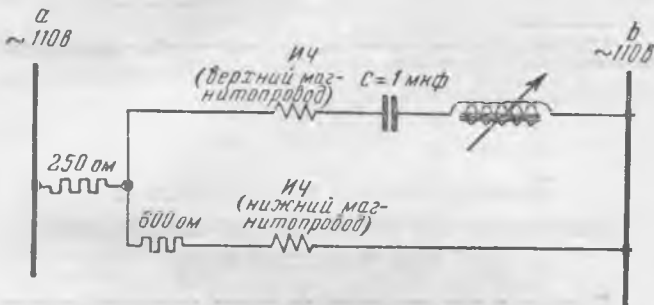


Рис. 1. Развернутая схема комплексного устройства автоматической разгрузки по частоте типа КУ-АРЧ-1.

Контакты и обмотки обозначены в соответствии с типом реле; ЗС — сигнальное реле; Н — накладка; БК — блокконтакт.

При нормальной частоте контакты ИЧ реле частоты замкнуты и на панели горит лампа, что свидетельствует о нормальной частоте, об исправном состоянии реле, а также о наличии постоянного тока на панели АРЧ.

При снижении частоты до срабатывания реле замыкаются контакты ИЧ и замыкается цепь катушки реле времени, которое, сработав с выдержкой времени, размыкает свой нормально замкнутый контакт, тем самым вводит в цепь своей катушки сопротивление 1000 ом для термической устойчивости и включает промежуточное реле ЭП-103; последнее, сработав, отключает линии, подключенные к автомату. Для подстанций, на которых число линий, подключаемых к автомату более четырех, устанавливаются комплекты устройств типа КУ-АРЧ-2, имеющие два промежуточных реле, включенных параллельно, что дает возможность подключать к автомату до восьми линий.

Более совершенной разгрузкой по частоте является разгрузка, основанная на скорости снижения частоты в системе. Поэтому в ЦСРЗА была разработана схема такого автомата, четыре комплекта которого введены в опытную эксплуатацию.

Схема автоматической разгрузки по частоте, реагирующая на скорость снижения частоты, состоит из двух индукционных реле частоты типа ИЧ, двух реле времени типа РВ-73 и трех промежуточных реле типа ЭП-103 (рис. 2).

При понижении частоты в системе до частоты срабатывания реле ИЧ-1 последнее включает реле времени РВ-1, которое включает промежуточное реле ЭП-1. Последнее, сработав, отключает потребителей первой очереди и подает постоянный ток на контакты реле ИЧ-2 и катушку реле времени РВ-2. Если после отключения потребителей первой очереди разгрузки частота продолжает снижаться и в течение времени работы реле РВ-2, реле

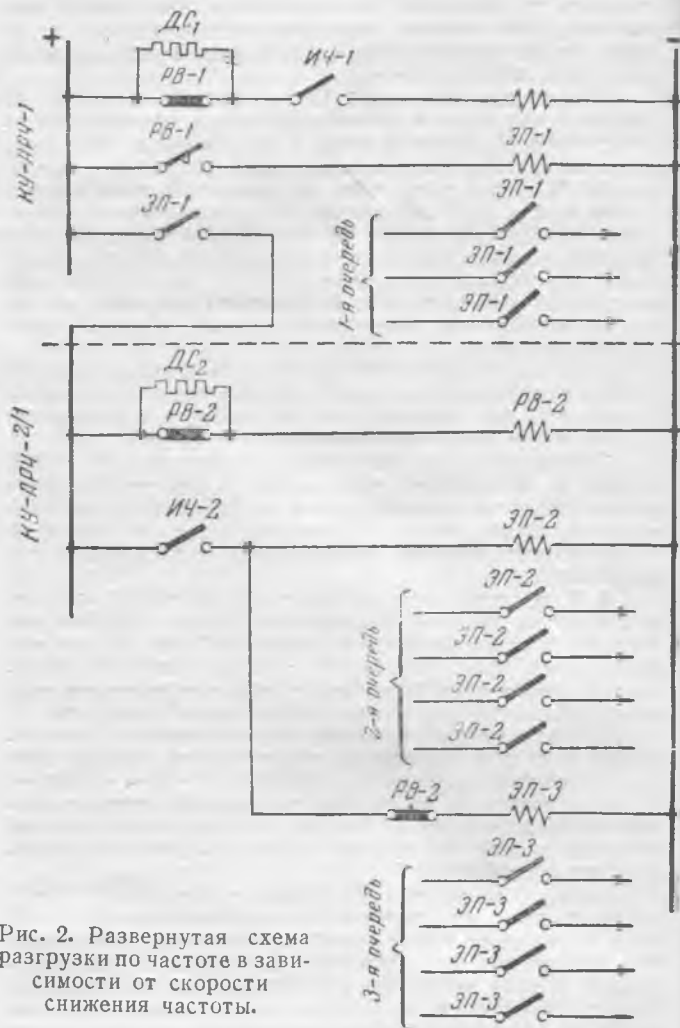


Рис. 2. Развернутая схема разгрузки по частоте в зависимости от скорости снижения частоты.

частоты ИЧ-2 успевает замкнуть свои контакты, то при этом срабатывают реле ЭП-2 и ЭП-3 и отключают потребителей второй и третьей очереди разгрузки.

Если частота снижается медленно и реле ИЧ-2 замкнет свои контакты после того, как реле времени РВ-2 успеет разомкнуть цепь катушки реле ЭП-3, сработает только реле ЭП-2 и отключает лишь потребителей второй очереди разгрузки.

Инж. Е. С. Габа и инж. В. С. Макогон

Искусственный теплоотвод выключателя ВМГ

Выключатели типа ВМГ на 1000 а нуждаются, как известно, в дополнительном теплоотводящем приспособлении для охлаждения нижних токоведущих вводов каждого бака. По указанию завода-изготовителя такие теплоотводы выполняются в виде медных шин, пропускная способность которых принимается с тройным запасом. Длина шинных вилок должна быть не менее 500 мм. Принятая при проектировании компоновка ячейки с таким теплоотводом показана на рис. 1.

Теплоотвод этот имеет следующие недостатки. Теплоотводящая способность шин значительно снижается транзитным током, нагревающим их по всей длине. Завышенная вследствие этого длина теплоотводящего участка шин препятствует установке трансформатора тока в перегородке и усложняет поэтому всю компоновку ячейки. Не используется вторая щека каждого выступа выводного контакта выключателя.

Для теплоотводов данной конструкции расходуется около 13 кг меди на каждый выключатель.

В то же время выключатели типа ВМГ являются самыми распространенными во вновь сооружаемых рас-

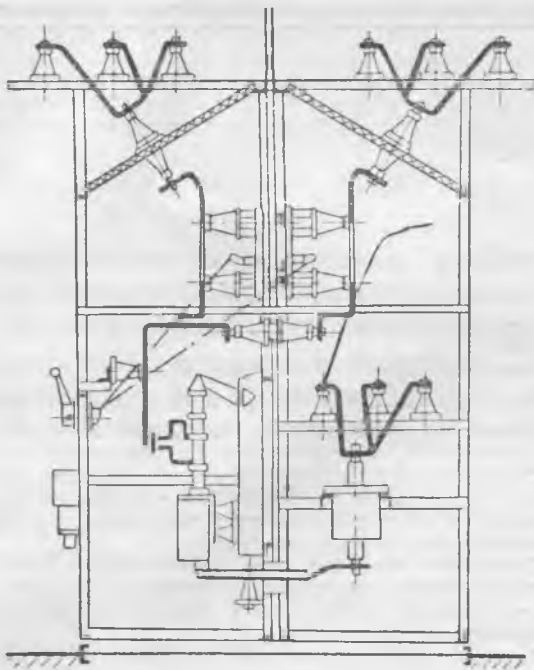


Рис. 1. Ячейка с теплоотводящим приспособлением существующей конструкции.

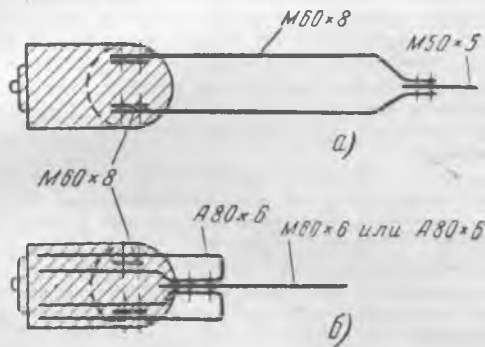


Рис. 2. Теплоотвод выключателя ВМГ-133 1 000 а (вид снизу на корпус выключателя). а — существующая конструкция; б — предлагаемая конструкция.

пределительных устройствах, что заставляет относиться наиболее внимательно к их монтажным особенностям.

Отмеченные недостатки устранены в конструкции теплоотвода, изображенной на рис. 2, б. Здесь использован габарит выключателя для устройства теплоотводящих консолей в сторону коридора управления, вследствие чего тепло отсасывается также и в эту сторону с помощью не-токоведущих стержней (консолей), нагреваемых лишь с торца и охлаждаемых воздухом по всей длине.

Исследования подобных контактов с точки зрения их

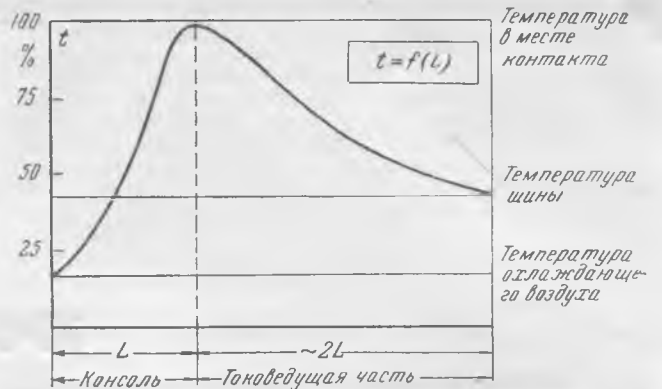


Рис. 3. Тепловая характеристика токоведущей шины с консольным выступом, охлаждающей контактное соединение.

теплоотвода¹ показали, что консольная часть шин отводит тепло значительно интенсивнее, чем токоведущая (выполненная из того же материала), что характеризуется более крутым спадом кривой температуры и более низким ее конечным значением (рис. 3).

Кроме того, зажатие каждого из двух выступов скобы контакта вывода между двумя шинами несколько большего сечения создает еще и третье теплоотводящее направление — вниз. Резервом дальнейшего усиления теплоотвода консолью является развитие ее поверхности поперечными прорезями.

Все эти улучшения позволяют заменить медь алюминием, уменьшив попутно вес теплоотвода выключателя с 12,9 до 5,5 кг.

Допустимость замены подтверждается следующим. Удвоение контактной поверхности вывод — шины с избытком компенсирует ухудшение удельной теплопроводности алюминия по сравнению с медью, равное 1,89.

Теплоемкость сравниваемых теплоотводящих конструкций оказывается практически одинаковой, так как уменьшение веса варианта с алюминием в 2,35 раза по сравнению с медным компенсируется увеличением удельной теплоемкости алюминия по сравнению с медью в 2,45 раза.

Выводы

1. Необходимо отказаться от применения меди для устройства искусственных теплоотводов многоамперных выключателей типа ВМГ по крайней мере в тех случаях, когда основная ошиновка выполнена из алюминия.

2. Следует рекомендовать применение консольных теплоотводов с развитой поверхностью, как более активных и более легких.

3. В целях предотвращения попадания масла (от выключателя) на трансформаторы тока консольную сторону теплоотвода рекомендуется выполнять несколько наклонной.

Инж. Н. Е. Иогансон

¹ Испытания производились автором при 1 500—2 000 а над аналогичной конструкцией.



ХРОНИКА

25 лет эксплуатации гЭС Боз-Су

В мае 1951 г. исполнилось 25 лет со дня пуска первой гидроэлектростанции системы Узбекэнерго (Бозсуйской) в г. Ташкенте.

В прошлом в Ташкенте имела только центральная дизельная электростанция постоянного тока, построенная для нужд трамвая. Ввод в эксплуатацию Бозсуйской гЭС положил начало организации энергетической системы Узбекэнерго.

Строительство Бозсуйской гЭС было начато в 1923 г. на ирригационном канале Боз-Су.

Строителям электростанции пришлось преодолеть значительные технические трудности. Впервые было построено большое инженерное сооружение — плотина высотой в 20 м из лессовых грунтов и была доказана надежность и целесообразность сооружения таких плотин. На строительстве был также успешно применен метод калымотажа всего верхнего бьефа гидростанции, позволивший устранить фильтрации земляных и железобетонных сооружений станции. Было доказано, что при укатывании лессовой плотины плотность лесса увеличивается в 1,7 раза, обеспечивая водонепроницаемость грунта.

Одновременно с вводом в эксплуатацию Бозсуйской гЭС в 1926 г. была создана Ташкентская городская высоковольтная электросеть. К началу пуска электростанции было проложено около 30 км кабельных линий 6 кв, сооружена главная распределительная подстанция, включены 22 трансформаторных киоска, построена низковольтная сеть переменного тока.

Бозсуйская гЭС явилась энергетической базой развития промышленности столицы Узбекистана.

Сооружением Бозсуйской гЭС было положено начало крупному энергетическому строительству в Узбекистане и в частности, энергетическому использованию Чирчик-Бозсуйского водного тракта. Вслед за Бозсуйской гЭС были сооружены Кадырынская и Бурджарская гЭС.

Большого развития достигло гидроэнергостроительство в Узбекистане в период Великой Отечественной войны и в годы послевоенной Сталинской пятилетки. Свой 25-летний юбилей энергетики Узбекистана встречают значительными производственными успехами.

Инж. В. С. Крёмков

Первое совещание по эксплуатации тепловых сетей

Значительное развитие теплофикации в СССР и рост тепловых сетей, длина которых в городах и промышленных центрах уже превысила 1000 км, сделал необходимым обобщение опыта и определение дальнейших путей развития и усовершенствования эксплуатации тепловых сетей. С этой целью МОНИТОЭ впервые создало в Москве в январе 1951 г. специальное всесоюзное научно-техническое совещание по вопросам эксплуатации городских и промышленных тепловых сетей. В совещании принимало участие свыше 240 представителей 60 городов и промышленных центров страны, в том числе 52% представителей заводов, теплоэлектроцентралей и управлений тепловыми сетями и 41% представителей научно-исследовательских и учебных институтов и проектных организаций.

Было заслушано 27 докладов и сообщений научных работников и руководителей предприятий. В докладах были затронуты основные вопросы эксплуатации, непосредственного водоразбора из тепловых сетей для бытовых нужд, автоматизации регулирования режима работы присоединений к сети, смешивающего подогрева, а также организационно-технические вопросы.

Совещание отметило, что значительные достижения передовых эксплуатационных организаций еще не получили достаточного применения в тепловых сетях, особенно промышленных предприятий.

В числе мероприятий по дальнейшему улучшению эксплуатации тепловых сетей следует отметить рекомендации по улучшению водного режима сетей, по строгому соблюдению «Правил технической эксплуатации» в части отпуска тепла с тэц, по повышению требований к качеству отопительных систем и их регулированию, по уменьшению расхода электроэнергии на перекачку сетевой воды, по внедрению закрытых схем возврата конденсата и пр.

Много внимания совещание уделило вопросам непосредственного разбора воды из сети для бытовых нужд, методам регулирования отпуска тепла в водяных сетях и автоматике.

Совещание отметило, что в ряде случаев непосредственный водоразбор из сети применяется без соответствующей подготовки воды, что приводит к отрицательным результатам. Основным тормозом для применения в ряде случаев непосредственного водоразбора из сети является то обстоятельство, что еще не доработаны вопросы термической и химической стабилизации подпиточной воды и отсутствует конструкция автоматов-смесителей. Отрицательные результаты получены при непосредственном отборе воды из стояков отопительных систем и из радиаторов.

Много внимания было уделено обсуждению метода количественно-качественного регулирования водяных сетей, применяемого Теплосетью Ленэнерго. Основные возражения против этого метода заключались в том, что для отопительных систем не применимы действующие в сети условия квадратичной зависимости при распределении потоков воды; вследствие этого отопительные системы при уменьшении количества циркуляционной воды, против расчетного, должны подвергаться гидравлической разрегулировке. Совещание считает необходимым продолжить в этой области наблюдения и изучение условий применения количественно-качественного регулирования.

Много внимания совещание уделило вопросам автоматизации. Значительные достижения Теплосети Мосэнерго, имеющей уже 160 автоматизированных абонентских вводов, и ОргрЭС, разработавшего конструкции ряда авторегуляторов, позволяют поставить задачу полной автоматизации отопительных вводов целых районов и распространения авторегулирования на другие виды присоединений к тепловым сетям (горячее водоснабжение, вентиляция) и на установку авторегуляторов в сети. Совещание отметило также успехи Теплосети Киевэнерго по внедрению автоматики.

Совещание приняло рекомендации по организации эксплуатации, по борьбе с тепловыми потерями, по подготовке и обеспечению кадрами эксплуатационных организаций и по ряду других вопросов.

Всесоюзному теплотехническому институту им. Дзержинского и ОргрЭС совещание рекомендовало включить в тематику их работ ряд вопросов, решение которых необходимо для повышения технического уровня эксплуатации сетей по теплоиспользующим установкам, сбору конденсата, восстановлению изоляции в каналах без вскрытия,

защите от коррозии, а также по обеспечению эксплуатационного персонала инструктивными материалами.

К недостаткам совещания следует отнести отсутствие обобщающих докладов по эксплуатации тепловых сетей промышленных министерств, а также недостаточное внимание вопросам сбора и возврата конденсата.

М. П.

Совещание передовых рабочих и инженерно-технических работников строительства электростанций и торфопредприятий по обмену опытом механизации земляных работ

Министерством электростанций совместно с центральными комитетами профсоюзов работников электростанций и торфяной промышленности в мае с. г. проведено совещание передовых рабочих и инженерно-технических работников строительства электростанций и торфопредприятий по обмену опытом механизации земляных работ.

На совещании были заслушаны доклады руководителей инженерно-технических работников строительства по вопросам: организации комплексной механизации земляных работ с применением экскаваторов, внедрения в производство земляных работ гидромеханизации, разработки открытых скальных выемок с применением комплексной механизации.

Заместитель главного инженера строительства Верхнесвирский гЭС т. Тригер доложил совещанию об опыте комплексной механизации работ по добыче, транспортировке, переработке и обогащению инертных материалов для приготовления бетона на строительстве, что позволило полностью обеспечить производство бетонных работ.

В интересных докладах начальника земснаряда на строительстве Горьковской гЭС т. Рябчикова и главного механика Мингечаурского управления треста «Гидромеханизация» т. Звонцова был приведен опыт применения гидромеханизации при выполнении больших объемов земляных работ и эксплуатации земснарядов. Тов. Рябчиков добился высокого процента использования земснаряда, выполнив годовой план на 148,5% и обеспечив использование механизма на 70% при плане 65%.

В докладе т. Баранова (Мингечаургэсстрой) об организации эксплуатации экскаваторного парка был освещен ценный опыт организации комплексных бригад, обслуживающих несколько экскаваторов, дающий возможность обеспечить высокие показатели их работы. Так, бригада т. Княшко, обслуживавшая 5 экскаваторов, добилась выполнения норм каждым экскаваторщиком не менее 130—140% и на отдельных машинах до 190%.

Наряду с докладами инженерно-технических работников, на совещании было заслушано сообщение экскаваторщика т. Пономарева о его работе на экскаваторе «Ковровец», принятом им на социалистическую сохранность. В результате тщательного ухода за экскаватором, соблюдения графика профилактических ремонтов и продуманной организации работы т. Пономарев выполняет нормы выработки от 150 до 250%.

Много интересного о своей работе рассказали стахановцы-экскаваторщики т. Приходько (Кураховгэсстрой), т. Сидоров (Басьяновское торфопредприятие), т. Бренцов (Горьковгэсстрой), т. Даглян (Гюмюшгэсстрой), тт. Княшко и Кузьмин (Мингечаургэсстрой) и др.

Их опыт показывает, что там, где строго продумана организация земляных работ, где максимально внедряется комплексная механизация, уделяется необходимое внимание организации эксплуатации и ремонтов механизмов, там достигаются высокие показатели выработки и использования механизмов.

Стахановцы предъявили законные требования к инженерно-техническим работникам — помочь им в деле использования современной техники на механизации трудоемких работ.

На совещании с докладами также выступили: заместитель директора ВНИИстройдормаш лауреат Сталинской премии т. Бауман, рассказавший о новых строительных механизмах, изготавливаемых промышленностью, заместитель

главного инженера Гидропроекта т. Костров, поделившийся опытом производства земляных работ на строительстве Волго-Донского канала.

Многие участники совещания в своих выступлениях указывали на конструктивные и производственные дефекты отдельных узлов экскаваторов, изготавливаемых предприятиями Министерства тяжелого машиностроения и Министерства строительного и дорожного машиностроения. Эти замечания участников совещания сообщены заводам и ими уже принимаются меры к быстрейшему устранению всех недостатков.

Совещание приняло обращение ко всем работникам строительства электростанций, сетей и торфопредприятий.

Партийно-технические конференции по вопросам внедрения новой техники на электростанциях

В практике Киевского межобластного отделения ВНИТОЭ за последнее время получила распространение новая форма массового вовлечения инженеров и стахановцев энергопредприятий в активную творческую работу по внедрению новой техники.

Речь идет о партийно-технических конференциях, посвященных вопросам внедрения новой техники и обсуждению планов организационно-технических мероприятий всех предприятий.

Такие конференции, как известно, происходили и раньше на предприятиях, однако они проводились как местные мероприятия и к их работе недостаточно привлекались научные работники институтов и активисты научно-технических секций областного отделения Общества.

В 1950 г. в результате творческого содружества научных работников Киевского ордена Ленина политехнического института и работников Киевской гЭС-2 был выполнен для станции ряд важных работ.

Первичное отделение Общества при гЭС-2, исходя из решений партийно-технической конференции и опираясь на систематическую помощь местной парторганизации, широко развернуло социалистическое соревнование за лучшие результаты внедрения новой техники, охватив им 95% всего состава инженеров — членов Общества.

Общий экономический эффект от внедренных в 1950 г. работ, выполненных в порядке соревнования, достиг 500 тыс. руб., 12 лучших работ направлены на проведение Общественным Всесоюзным конкурсы по внедрению новой техники. Среди них работы по внедрению скоростных методов ремонта, механизации загрузки шаров в мельницы, схемы автоматизации процессов сжигания топлива, по внедрению метода Ковалева, внедрению устройств компандирования и автоматизации регулирования и т. д.

В конце 1950 г. по инициативе первичной ячейки Общества при Киевском отделении Теплоэлектропроекта была проведена партийно-техническая конференция по вопросам внедрения новой техники в энергостроительство, в частности на строительстве киевских электростанций.

Основным достижением конференции явилось совместное критическое обсуждение этих вопросов представителями проектных, строительных, монтажных и эксплуатационных организаций.

Решение конференции является теперь одним из направляющих документов для инженерно-технических работников проектных организаций, которые обычно первыми решают вопросы внедрения новой техники в энергостроительстве.

В феврале текущего года такие конференции совместно с местными парторганизациями провели первичные отделения Общества при тЭС-3 и предприятия «Киевэнерго-ремонт».

Следует отметить активное участие в конференциях рабочих-стахановцев и научных работников Киевского политехнического института и институтов Академии наук УССР. Стахановцы тт. Лугин и Залевский («Киевэнерго-ремонт»), отмечая значительное улучшение условий труда ремонтников благодаря широкому внедрению механизмов, в то же время привели ряд примеров неудовлетворительной организации ремонтных работ. Заместитель директора Института электротехники АН УССР лауреат Сталинской

премии Л. В. Цукерник на ряде примеров показал обоюдно плодотворные результаты совместной работы научных работников Института и станции.

На Киевской тэц впервые в СССР были испытаны и опробованы разработанные работниками Института автоматический регулятор напряжения и схема защиты генератора от замыканий на землю, ныне получившие широкое применение на многих электростанциях СССР.

На киевском заводе «Армсет» успешно освоены производство и массовый выпуск впервые разработанных Институтом электротехники АН УССР аппаратов по компоновке синхронных генераторов и регулированию напряжения, которыми снабжаются действующие электростанции.

Участники конференции с интересом заслушали доклад члена правления КОНИТОЭ, главного инженера Киевэнерго К. В. Зубанова о ближайших перспективах автоматизации процессов на тепловых электростанциях и телемеханизации управления подстанциями.

Члены Общества — главный инженер тэц т. Жижченко, начальники цехов и отделов станции изложили основные организационно-технические мероприятия, которые в 1951 г. обеспечат дальнейшее повышение технического и культурного уровня эксплуатации электростанции с достижением при этом годовой экономии до 5 тыс. т условного топлива и 500 тыс. *квтч* электроэнергии на собственные нужды.

Дальнейшее внедрение метода инж. Ковалева и другие намеченные партийно-технической конференцией мероприятия должны способствовать тому, чтобы Киевская тэц, добившаяся во Всесоюзном соревновании переходящего Красного Знамени Совета Министров СССР, стала энергопредприятием коллективной сахановской работы.

Вопросы обобщения опыта и дальнейшего внедрения передовых, скоростных методов ремонта оборудования электростанций были подробно обсуждены на партийно-технической конференции, проведенной по инициативе первичного отделения при киевском предприятии треста «Союз-энергоремонт». Участники конференции детально ознакомились с новыми инструментами, приспособлениями и механизмами, внедряемыми на ремонтных работах, например с высокопроизводительными электрическими ножницами для резки обшивки котла, работающими от специального высокочастотного трансформатора, и др.

Участникам конференции демонстрировались также и рационализаторские предложения. Однако, как вывилось на конференции, темпы внедрения рационализаторских предложений оставляют желать много лучшего.

Результаты проведенных в феврале 1951 г. партийно-технических конференций показывают, что эта форма общественного участия первичных отделений ВНИТОЭ во внедрении новой техники является жизненной и весьма эффективной, способствующей техническому прогрессу предприятия.

А. З.

О рассмотрении „Правил устройства электротехнических установок“

Всесоюзное научное инженерно-техническое общество энергетики (ВНИТОЭ) продолжает работу по рассмотрению новых разделов «Правил устройства электротехниче-

ских установок» (выпуск 2 и раздел «Учет электроэнергии» выпуска 1, Госэнергоиздат, 1950 г.) и сбору отзывов, замечаний, дополнений к ним.

Придавая исключительное значение созданию «Правил устройства электротехнических установок», обеспечивающих высокую культуру эксплуатации, внедрение новой техники и прогресс технической мысли, ВНИТОЭ просит промышленные предприятия, заинтересованные организации и отдельных специалистов направлять имеющиеся у них материалы, касающиеся указанных «Правил», Оргкомитету ВНИТОЭ (Ленинград, 25, Стремянная ул. 10).

О приеме в аспирантуру ВТИ

Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт имени Ф. Э. Дзержинского производит на 1951—1952 учебный год прием аспирантов (с отрывом и без отрыва от производства) по специальностям: теоретическая теплотехника; котельные установки; сушильное дело; технология воды и топлива; паровые и газовые турбины; теплофикация.

А. В аспирантуру с отрывом от производства принимаются граждане СССР не старше 40 лет, имеющие законченное высшее образование, проявившие способность к научно-исследовательской работе и имеющие трехлетний опыт работы по избираемой специальности. Срок обучения в аспирантуре — 3 года.

Для поступления в аспирантуру требуется представление: а) заявления на имя директора Института; б) научных и печатных работ, описание изобретений и рационализаторских предложений, а при отсутствии таковых — реферата по специальности на избранную поступающим тему; в) копии диплома (в двух экземплярах) об окончании вуза (при приеме для сдачи приемных экзаменов поступающим предъявляется подлинник диплома); г) характеристики с места работы (в двух экземплярах); д) анкеты (в двух экземплярах); е) автобиографии (в двух экземплярах); ж) справки об отношении к воинской повинности; з) трех фотографических карточек (3×4 см); и) справки о состоянии здоровья.

Заявления принимаются до 15 сентября 1951 г. по адресу: Москва, 68, Ленинская слобода, № 23, ВТИ.

Вступительные экзамены будут производиться с 15 октября по следующим дисциплинам: по избранной специальности; основам марксизма—ленинизма в объеме программы вуза; одному иностранному языку (по выбору поступающего) в объеме программы вуза.

Зачисленные в аспирантуру обеспечиваются государственными стипендиями в размере 780 руб. в месяц. Аспирантам, выполняющим свои учебные планы в намеченные сроки, разрешается работать по совместительству в той лаборатории Института, в которой они проходят аспирантуру, с дополнительной оплатой 220—320 руб. в месяц.

Общежитиями аспиранты не обеспечиваются.

Б. Прием в аспирантуру без отрыва от производства (заочная аспирантура) производится по тем же специальностям. Условия и сроки приема те же, что и в аспирантуру с отрывом от производства, за исключением следующих условий: возраст поступающих в аспирантуру не ограничен; срок обучения 4 года; стипендиями аспиранты не обеспечиваются.



ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Вторичный газовый перегрев пара

За последнее время в зарубежной печати часто обсуждается вопрос о вторичном газовом перегреве пара. Интерес к нему все больше возрастает в связи с повышением стоимости топлива. За послевоенные годы был построен или расширен и реконструирован ряд электрических станций с применением вторичного газового перегрева пара.

Вторичный перегрев пара, давая определенную экономию топлива, вместе с тем вызывает ряд конструктивных изменений как в области турбостроения и котлостроения, так и в компоновке самих электростанций. Наиболее важным является усложнение схемы паропроводов, что вызывает большие трудности в управлении котлоагрегатами и турбоагрегатами с вторичным перегревом пара.

В целях облегчения этого обстоятельства агрегаты, как правило, устанавливаются по блочной схеме: котел—турбина, т. е. без каких-либо горизонтальных связей между котлоагрегатами. Кроме того, эти блочные агрегаты компонуются таким образом, что расстояние между котлом и турбиной должно быть доведено до минимальных размеров для уменьшения перепада давления пара между ними, в особенности в паропроводах вторичного перегрева пара.

Отвод пара для вторичного перегрева производится из цилиндра высокого давления. При этом свежий пар иногда подводится не в начале, как обычно, а в середине цилиндра высокого давления. В этом случае пар, поступающий в турбину, протекает сначала в сторону переднего подшипника турбины, а затем направляется на вторичный перегрев, после чего снова поступает в турбину, рядом с местом вступления острого пара, отделяясь от него разделительной диафрагмой. Так как вторично перегретый пар обычно имеет такую же температуру, как и свежий пар, то такая конструкция цилиндра никаких трудностей не вызывает и не дает никаких осложнений от термических деформаций, но зато большая разница в давлениях свежего и вторично перегретого пара создает некоторые технические трудности, связанные с надлежащим уплотнением разделительной диафрагмы для предотвращения утечки пара и, следовательно, снижения к. п. д. турбины.

К преимуществам этого варианта подвода пара в сравнении с обычным нужно отнести то, что система смазки трущихся частей турбины несколько отдалается от влияния высокой температуры острого пара и частично уменьшает осевое давление в роторе турбины.

Исходя из этого, паровые турбины такого типа, несмотря на ряд трудностей, связанных с регулированием, часто устанавливаются на современных электростанциях.

Переходя к особенностям котлоагрегатов с вторичным перегревом пара, нужно остановиться на двух следующих типах конструкций, встречающихся на современных электростанциях:

1. Котлоагрегаты с пароперегревателями конвективного типа как для первичного, так и для вторичного перегрева пара.

2. Котлоагрегаты, использующие для вторичного перегрева пара радиационные перегреватели в сочетании с конвективной поверхностью.

Котлоагрегатами первого типа весьма трудно обеспечить необходимую температуру первичного и вторичного

перегрева пара при колебаниях нагрузки в широких пределах.

Котлоагрегаты второго типа, имеющие пароперегреватели с радиационными секциями для первичного и вторичного перегрева, могут вполне надежно работать и при колебаниях нагрузки в широких пределах.

В настоящее время работает большое количество агрегатов с давлениями 60 и 100 ат, соответственно с температурами примерно 500 и 540° С, имеющих пароперегреватели с радиационными секциями как для первичного, так и для вторичного перегрева пара и не вызывающих каких-либо особых затруднений в эксплуатации.

Котлоагрегаты с вторичным перегревом пара в известной степени сложнее в эксплуатации и вызывают ряд трудностей в регулировании параметров пара при колебаниях нагрузки в широких пределах. В остальном же они являются не менее надежными в эксплуатации при правильной их конструкции, чем котлоагрегаты без вторичного перегрева пара.

Необходимо еще остановиться на регулировании режимов работы при блочной схеме.

Турбина с вторичным перегревом пара снабжается такой же системой регулирования, как и обычная турбина, за исключением одного дополнительного отсекающего клапана, который устанавливается у самой турбины на входе вторично перегретого пара. Назначение отсекающего клапана состоит в том, чтобы при сбросе нагрузки скорость турбины не превышала допустимой величины.

Нормально отсекающий клапан полностью открыт даже при увеличении скорости вращения турбины на 2%. При дальнейшем же возрастании скорости клапан начинает постепенно закрываться. Когда же увеличение скорости вращения достигает 5%, отсекающий клапан полностью прекращает доступ пара в турбину.

В процессе восстановления нормальной скорости вращения клапан начинает автоматически открываться.

Кроме отсекающего клапана необходимо установить в системе блока котел—турбина предохранительные клапаны до вторичного перегревателя и перед отсекающим клапаном. Эти предохранительные клапаны, установленные на паропроводе вторичного перегрева пара, начинают действовать при повышении давления пара приблизительно на 10% против максимально допустимого давления пара у отсекающего клапана.

Кроме приведенных мероприятий для защиты агрегатов при аварийном режиме предусматриваются и другие, имеющие следующее назначение:

а) защиту от повреждений вторичного перегревателя при мгновенном сбросе нагрузки и при растопке котлоагрегата;

б) защиту выхлопной части турбины и конденсатора от перегрева как при пуске турбоагрегата, так и при большом сбросе нагрузки, когда нагрузка турбоагрегата достигает только нескольких тысяч киловатт.

Для защиты вторичного перегревателя в современных котлоагрегатах регулирование процесса горения автоматически связано с температурным режимом во вторичном перегревателе.

Защита выхлопной части турбины и конденсатора выполняется путем установки регулятора перегрева пара за вторичным пароперегревателем или в перепускном паропроводе непосредственно перед входом пара в цилиндр низкого давления.

Применение вторичного газового перегрева началось с 1925 г. В это время параметры пара ограничивались давлением около 28 ат и перегревом от 370 до 390° С.

Для этих начальных параметров пара перед турбиной вторичный газовый перегрев не давал значительного эффекта, а для борьбы с влагосодержанием пара в ступенях низкого давления принимались различные конструктивные меры, улучшающие условия работы лопаток в области влажного пара. Из этих мероприятий интерес представляют только следующие:

- 1) улучшение формы лопаток ступеней низкого давления, чем в известной степени снижалась эрозия лопаток;
- 2) закрепление на лопатках ступеней низкого давления специальных полосок, устойчивых против эрозии;
- 3) в цилиндре низкого давления предусматривались специальные дренажные канавки и другие мероприятия, при помощи которых частично улавливали влагу из пара и удаляли ее из проточной части турбины;
- 4) применение лопаток из легированной стали, что позволило повысить начальную температуру перегрева пара и тем самым уменьшить влагосодержание пара в ступенях низкого давления.

Все эти мероприятия и повышение температуры перегрева пара до 450°С значительно подняли эффективность борьбы с эрозией лопаток ступеней низкого давления.

Однако, дальнейшее повышение давления пара перед турбиной до 100 ат и выше снова выдвинуло проблему борьбы с эрозией и одновременно дальнейшего повышения экономичности путем применения вторичного перегрева пара. Существуют три метода перегрева пара, а именно: 1) вторичный газовый перегрев пара; 2) вторичный паровой перегрев пара и 3) комбинированный (газовый и паровой) вторичный перегрев пара.

При вторичном газовом перегреве пара температура перегрева обычно доводится до начальной температуры или близкой к ней.

При вторичном же паровом перегреве путем подогрева отработавшего пара острым паром высокого давления температура вторично перегретого пара доходит только до величины, несколько меньшей температуры насыщенного пара при начальном давлении острого пара высокого давления. Вторичный паровой перегрев снижает влагосодержание пара, но не дает никакого термодинамического улучшения цикла.

Комбинированный же вторичный перегрев является весьма сложным в эксплуатации, требующим сложную систему регулирования температуры перегрева пара.

Вторичный газовый перегрев дает не только снижение влагосодержания пара, но улучшает цикл в термодинамическом отношении, чем и достигается в основном улучшение экономичности установки.

Оценивая коротко все преимущества вторичного газового перегрева пара, можно прийти к следующим выводам:

1. Вторичный газовый перегрев дает возможность увеличения термического к. п. д. установки, в результате чего уменьшается удельный расход тепла на единицу выработанной электрической энергии.

2. Он является одним из эффективных методов борьбы с эрозией лопаток в ступенях низкого давления путем уменьшения влагосодержания пара в этих ступенях.

Кроме того, вторичный газовый перегрев пара дает возможность увеличения термического к. п. д. при современном состоянии котло- и турбостроения, не прибегая к повышению начальных параметров пара.

Турбина, работающая паром с начальной и вторичной температурой пара 482/482°С, будет иметь такой же термический к. п. д., какой может иметь турбина, работающая паром без вторичного перегрева при начальной температуре перегрева пара около 570—538°С.

На величину приращения термического к. п. д. при вторичном газовом перегреве влияют падение давления в паропроводе и в перегревателе вторичного перегрева пара и разность между начальной температурой и температурой вторичного перегретого пара.

В большинстве случаев паропроводы и пароперегреватель рассчитываются таким образом, чтобы падение давления пара вторичного перегрева не превышало 10% от абсолютного давления у выходного фланца из цилиндра высокого давления. Величина же давления у выходного фланца из цилиндра высокого давления зависит от количества ступеней отбора на регенерацию для подогрева питательной воды. Так, например, при работе конденсационной турбины с начальными параметрами пара 100 ат и 538°С, не имеющей отборов на регенерацию (без учета, падения давления в системе вторичного перегрева) опти-

мальным давлением для пара вторичного подогрева является давление, равное 10% от начального. Однако при тех же начальных параметрах пара, но при четырех ступенях отбора на регенерацию оптимальным давлением пара для вторичного перегрева будет являться давление, равное приблизительно 20% от начального.

При начальных же давлениях пара от 60 до 126 ат и температурах перегрева пара от 482 до 565°С и падении давления в системе вторичного перегрева пара около 10%, а также при пяти ступенях отбора пара на регенерацию оптимальное давление вторичного перегрева будет равно примерно 25% от начального. В оптимальном случае термический к. п. д. установки увеличивается на ~ 5%.

Другим важным фактором, влияющим на величину приращения термического к. п. д. установки, является температура вторичного перегрева пара. В настоящее время она берется большей частью равной начальной температуре.

Кроме приведенных основных факторов на приращение термического к. п. д. установки при вторичном газовом перегреве в известной степени влияет конструкция турбины, в особенности ее проточной части.

Для ориентировочных расчетов по определению приращения термического к. п. д. установки при применении вторичного газового перегрева пара может быть рекомендована формула

$$\Delta \eta \% = 8,25 \left(1 - \frac{\Delta p}{100}\right) \left(1 - \frac{\sqrt{n}}{6}\right) \left(1 - \frac{t_1 - t_{a,n}}{204}\right),$$

где $\Delta \eta \%$ — приращение термического к. п. д. установки; $\Delta p \%$ — падение давления в системе вторичного перегрева;

n — число ступеней регенерации для подогрева питательной воды;

t_1 — начальная температура пара, °С;

$t_{a,n}$ — температура вторичного перегрева пара, °С.

Для примера возьмем паротурбинную установку со следующими параметрами:

Давление пара 100 ат

Начальная температура перегретого пара 538°С

Температура вторичного перегрева пара 538°С

Число отборов на регенерацию 6

Падение давления в системе вторичного перегрева (в % от начального давления пара) 10%

При этих параметрах приращение термического к. п. д. установки будет

$$\Delta \eta = 8,25 \left(1 - \frac{10}{100}\right) \left(1 - \frac{\sqrt{6}}{6}\right) \left(1 - \frac{538 - 538}{204}\right) = 4,4\%.$$

При модернизации старых электростанций путем установки предвключенных турбин высокого давления выхлопной пар из турбин высокого давления часто направляется на вторичный газовый перегрев и после этого поступает в турбины низкого давления.

В некоторых случаях путем вторичного перегрева достигнуты такие удельные расходы тепла, которые можно получить только при весьма высоких параметрах пара без промежуточного перегрева.

Практика эксплуатации зарубежных электростанций показывает, что применение вторичного газового перегрева пара экономически оправдывается для турбоагрегатов мощностью не менее 40 тыс. кВт (Trans. of the ASME, VII, 1949; Combustion, VII, VIII и IX, 1950).

Обраб. инж. И. И. Квирин

Стальные трубы с бетонным заполнением для опор высоковольтных линий

Для сооружения опор высоковольтных линий электропередачи обычно применяется угловая сталь.

Существенное уменьшение расхода металла дает замена угловой стали цельнотянутыми стальными трубами, обладающими при равном весе значительно большим сопротивлением продольному изгибу. Это решение нашло применение на линиях 220 кВ Италии и Австрии. Однако ввиду относительно высокой стоимости цельнотянутых труб

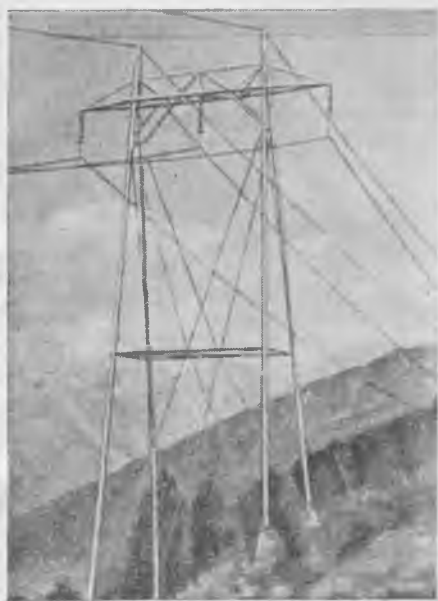


Рис. 1. Промежуточная опора линии Лаворго—Амштег.



Рис. 2. Специальная промежуточная опора высотой 67 м.

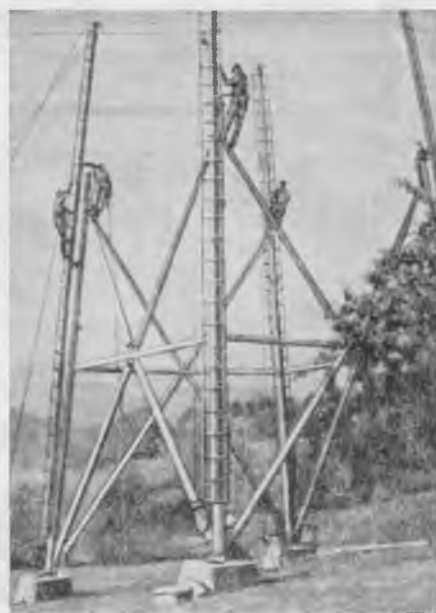


Рис. 3. Монтаж опоры на линии Амштег—Меттлен.

сокращение расхода стали не сопровождается уменьшением стоимости материалов, расходуемых на сооружение одной опоры.

Сопротивление стальной трубы продольному изгибу может быть повышено на $90 \div 170\%$ путем заполнения трубы бетоном. В этих условиях можно успешно применять для сооружения опор относительно дешевые сварные трубы. Сварная труба 100/105 мм длиной 4 м выдерживает без заполнения нагрузку на изгиб в 10 т, а после заполнения бетоном — 22,3 т. Расход стали на сооружение опоры из подобных труб в 2—3 раза меньше, чем при применении угловой стали. Так, на сооружение линии 150 кВ длиной 12 км через перевал Нуфенен в Швейцарии было израсходовано 7,5 т труб на 1 км против 21,5 т, которое потребовалось бы при применении опор обычной конструкции.

Обычно трубы заполняются бетоном уже после монтажа опоры.

Благодаря высокой прочности труб, заполненных бетоном, опоры могут быть собраны из сравнительно немногих элементов большой длины. Такая опора мало выделяется на окружающей местности и труднее различима с воздуха, чем опора обычной конструкции.

При прохождении линии по крутым склонам опоры предлагаемой конструкции легко могут быть выполнены с неодинаковой длиной ног (рис. 1), причем разница в длине ног опоры достигает в отдельных случаях 13 м.

Первоначально опоры из стальных труб применялись в Швейцарии для отдельных участков линий высокого напряжения. В 1948—1949 гг. оцинкованные стальные трубы с заполнением бетоном были использованы для всех опор линий электропередачи 380 кВ (временно работающих при напряжении 150 кВ) Лаворго—Амштег и Амштег—Меттлен.

Нормальная анкерная опора одноцепной линии Лаворго—Амштег высотой 30 м весит 13,5 т, а промежуточная при высоте 32 м — 7,5 т. Общий расход металла составил 1 630 т против 3 450 т при применении опор из угловой стали. На линии подвешены провода из алдрея сечением 550 мм² и два стальных троса сечением 80 мм². Проект предусматривает возможность замены алдрея медным полым проводом диаметром 50 мм.

На двухцепной линии Амштег—Меттлен с медными проводами сечением по 350 мм² и стальным тросом сечением 80 мм² высота анкерных опор составляет 52—60 м и промежуточных опор — 52,4 м. В зоне прохождения линии над сосновым лесом высотой до 35 м, который защищал Сен-Готтардскую железную дорогу от лавин, применялись специальные опоры высотой 67 м (рис. 2).

При монтаже обеих линий были применены монтажные мачты с лестницами, постепенно передвигаемые вверх по опоре в процессе монтажа (рис. 3). Разработаны так-

же кошки для подъема на опору из стальных труб (рис. 4).

По швейцарским данным, применение опор из труб с бетонным заполнением экономически выгодно для линий напряжением свыше 50 кВ. Экономия тем больше,



Рис. 4. Кошки для подъема на опору из стальных труб.

чем выше напряжение линии, и может составлять до 30—40% от стоимости опор и до 15—20% от стоимости линии в целом (CIGRE, 1950; BASE, № 3, 1951).

Обраб. инж. Я. М. Червоненнис
ОТ РЕФЕРЕНТА

Описываемая в реферируемом материале конструкция опор имеет следующие недостатки:

1. Для изготовления опор требуются тонкостенные трубы из специальной стали.

2. Заполнение высоких опор из тонкостенных труб бетоном непосредственно на месте установки их сопряжено с большими трудностями и не является индустриальным методом.

В настоящее время в СССР проводится работа по установлению экономической целесообразности и области возможного применения опор из тонкостенных труб с заполнением бетоном.



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Е. В. Китаев и Н. Ф. Гревцев, Кур о общей электротехники, издание четвертое (переработанное). М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., 808 стр., 25 000 экз., ц. 27 р. 30 к.

Рецензируемая книга является новым изданием получившего широкое распространение учебника по курсу «Общая электротехника» для неэлектротехнических вузов. Она написана в соответствии с утвержденной для этого курса программой, но в объеме, превышающем ее требования. Книга содержит изложение основных законов электротехники, описание устройства и принципов действия измерительных приборов, электрических машин и трансформаторов, а также электронных и ионных приборов, электротермии, электрического освещения, электрических сетей и электрических станций с подстанциями.

За сравнительно короткий период времени рассматриваемый труд выходит уже четвертым изданием. На страницах журнала «Электрические станции» были в свое время помещены рецензии на второе и третье издания книги¹. В новом издании содержание учебника подверглось коренной переработке.

Авторы правильно учли все возрастающее применение токов высокой частоты и уделили этой отрасли электротехники особое внимание.

В книге рассматриваются все основные вопросы высокочастотной техники: колебательные контуры, ламповые генераторы, измерения на высокой частоте, высокочастотные трансформаторы, асинхронные двигатели повышенной частоты, высокочастотные синхронные генераторы, высокочастотные печи, закалка металлов токами высокой частоты.

Существенные изменения внесены в главы, содержащие теорию переменных токов. В новом издании эти главы изложены на более высоком теоретическом уровне, с широким использованием символического метода.

С особым удовлетворением следует отметить, что в разбираемой книге нашло должное отражение то огромное влияние, которое оказали на развитие мировой электротехники открытия и изобретения наших соотечественников. Авторы подробно осветили в соответствующих местах учебника роль русских пионеров электротехники. Даны и их портреты, в большинстве удачно выполненные. В тексте указаны также имена советских ученых и изобретателей, обогативших своими трудами технику применений электричества.

В книгу включены описания важнейших новых достижений техники, как, например, синхронных генераторов с самовозбуждением, люминесцентных ламп, новых советских осциллографов и пр. Достаточно подробно описаны успехи электромашиностроения и других отраслей электротехники в нашей стране. Увеличено количество числовых примеров, намного облегчающих усвоение теоретических положений.

¹ См. «Электрические станции», № 9, 1943 г., стр. 25 и № 8, 1946 г., стр. 63—64.

Содержание учебника существенно выиграло от всех этих добавлений. Однако они вызвали весьма значительное увеличение (на 200 страниц) объема курса по сравнению с предыдущим изданием. Известно, что большой объем нередко побуждает учащегося отдать предпочтение менее доброкачественному, но зато и менее объемистому учебнику. В связи с этим, представляется целесообразным при подготовке этого труда к новому изданию пересмотреть содержание его с точки зрения возможных сокращений или же предусмотреть печатание менее важного материала мелким шрифтом.

К сожалению, в книге имеются и недостатки. Так, нет вводной части к символическому методу. Он дан без пояснения его математических основ. Не приведено также выражение мощности в комплексном виде. Нет ни одного примера на обмотки машин постоянного тока. Помещены примеры на расчет кабелей, а таблицы допустимых нагрузок на кабели отсутствуют.

Издан рецензируемый труд недостаточно тщательно. Текст изобилует опечатками. Укажем лишь на некоторые из них. На стр. 204, 9 строка снизу напечатано «индивидуальное» (вместо «индуктивное») сопротивление; на стр. 205, 19 строка снизу в формуле пропущено r (активное сопротивление); на стр. 312, 6 строка снизу напечатано $120 \sqrt{3} = 65,7$, а должно быть $120 : \sqrt{3} = 69,5$. На стр. 312, 4 строка снизу напечатано $34,6 - j60$, должно быть $-34,6 - j60$, на стр. 313, 1 строка сверху напечатано «точка» (вместо «токи»); на стр. 408 электромагнитная мощность асинхронного двигателя обозначена буквой $P\phi$, а на стр. 425—427 та же мощность обозначена уже через P_s .

Эти погрешности досадно видеть в учебнике, обладающем в других отношениях крупными достоинствами.

Авторы сумели изложить наиболее трудные вопросы теории и описать самые сложные физические явления в строго научной и в то же время наиболее доступной форме. С особенно большим методическим мастерством изложены первые пять глав, принадлежащие перу прф. докт. техн. наук Е. В. Китаева.

Высокие качества учебника обеспечили ему всеобщее признание уже в первых его изданиях. Он был переведен на армянский и латышский языки.

Книга содержит весьма ценный материал по всем почти разделам электротехники, что делает ее учебным руководством, которое может удовлетворить разнообразные запросы вузов в отношении курса электротехники в соответствии с различными их профилями и поэтому представляет интерес для наиболее широкого контингента студентов. В то же время по характеру изложения, отличающегося большой ясностью и наглядностью, учебник подходит и для техникумов.

Он принесет также пользу всем тем инженерам и техникам, которым по характеру их деятельности приходится соприкасаться с электрооборудованием.

Проф. В. П. Хащинский

Вниманию авторов

При подготовке статей для журнала «Электрические станции» авторам необходимо выполнять следующие требования:

1. Объем статей не должен превышать 10—15 страниц текста, *напечатанного на машинке на одной стороне листа через два интервала (обязательно первый экземпляр)*. В виде исключения статьи могут быть представлены четко написанными от руки на одной стороне листа.

2. Формулы и иностранный текст должны быть написаны разборчиво. В формулах обязательно выделять прописные и строчные буквы, индексы писать ниже строки, показатели степени — выше строки; на полях рукописи делать отметки, каким алфавитом в формулах обозначены буквы, и другие пояснения к формулам.

3. Статьи иллюстрировать фотографиями и чертежами, однако число их должно быть минимально необходимым. Чертежи выполнять тушью или карандашом, надписи и обозначения писать четко. Снимки направлять четкие и контрастные размером не менее 9×12 см, в двух экземплярах.

В тексте статьи обязательно делать ссылки на рисунки, причем обозначения в тексте должны строго соответствовать обозначениям на рисунках.

Каждый чертеж или фотография должны иметь порядковый номер, соответствующий его номеру в тексте, и подпись.

Чертежи и фото в тексте не вклеивать, а прилагать их отдельно, составив на них опись.

4. В табличном материале точно обозначать единицы измерения. Наименования давать полностью, не сокращая слов. Не давать слишком громоздких таблиц.

5. Иностранные единицы измерения обязательно переводить в принятые у нас в Союзе меры длины, веса и др.

6. Официальные материалы должны быть заверены соответствующими организациями. Материал научно-исследовательских организаций и заводов должен иметь визу руководства.

7. В конце рукописи указывать полностью имя, отчество и фамилию автора, домашний адрес, занимаемую должность, год рождения, номер и место выдачи паспорта.

8. Материал для журнала направлять по адресу: Москва, Ветошный пер., здание ГУМ, III корпус, 1 этаж, помещ. 164, редакции журнала «Электрические станции».



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

- АФНАСЬЕВ В. В.**, Конструкции высоковольтных выключающих аппаратов переменного тока, 1951 г., стр. 520, тир. 5 000, ц. 28 р. 10 к.
- АШКЕНАЗИ Г. И.**, Задачник по светотехнике. Допущено Министерством высшего образования СССР в качестве учебного пособия для энергетических и электротехнических вузов и факультетов, 1951 г., стр. 78 + 5 вкл., тир. 5 000, ц. 5 р. 40 к.
- БОБРОВСКИЙ Г. С.**, Спутник кочегара промышленных котельных установок, 1951 г., стр. 144, тир. 15 000, ц. 4 р. 70 к.
- БОРИСОВ В. Г.**, Юный радиолобитель (Массовая радиобиблиотека, вып. 100), 1951 г., стр. 352, тир. 75 000, ц. 12 руб.
- БОРИСОВ В. Г.**, Радиокружок и его работа (Массовая радиобиблиотека, вып. 96), 1951 г., стр. 72, тир. 25 000, ц. 2 р. 35 к.
- ВНУТРИКОТЛОВЫЕ** физико-химические процессы и водный режим котлов высокого давления. По материалам Комиссии пара высоких параметров при Энергетическом институте им. Г. М. Кржижановского Академии наук СССР. Под редакцией И. И. Черняева, М. С. Шкроба и М. И. Равича, 1951 г., стр. 252, тир. 3 000, ц. 23 р. 40 к.
- ВОЛНИН Б. А.**, Гидромеханизация на строительстве гидростанций (Библиотека рабочего строителя, вып. 6), 1951 г., стр. 72, тир. 5 000, ц. 2 р. 90 к.
- ГАЛАКТИОНОВ В. Д.**, Жизнь рек. Издание 3-е, дополненное и переработанное, 1951 г., стр. 348 + 2 вкл., тир. 10 000, ц. 13 р. 50 к.
- КОНДАХЧАН В. С.**, Руководство для дежурного электромонтера собственных нужд электростанций. Издание 2-е, исправленное и дополненное, 1951 г., стр. 192, тир. 10 000, ц. 5 р. 85 к.
- КОРНИЕНКО А. Я.**, Любительский телевизор ЛТК-9 (Массовая радиобиблиотека, вып. 97), 1951 г., стр. 112, тир. 20 000, ц. 3 р. 20 к.
- ЛЕВИТИН Е. А.**, Выходная ступень радиоприемника (Массовая библиотека, вып. 98), 1951 г., стр. 56, тир. 40 000, ц. 1 р. 75 к.
- ЛОМИЗЕ Г. М.**, Фильтрация в трещиноватых породах, 1951 г., стр. 128, тир. 1 750, ц. 13 р. 85 к.
- МАРТЫНОВА О. И.**, Коагуляция при водоподготовке, 1951 г., стр. 76, тир. 3 000, ц. 3 р. 65 к.
- МИХАЙЛОВ В. В.**, Расчет и конструирование высоковольтной аппаратуры. Допущено Управлением учебными заведениями Министерства электропромышленности СССР в качестве учебника для электромеханических техникумов, 1951 г., стр. 224, тир. 6 000, ц. 9 р. 60 к.
- МИХАЙЛОВ Н. М.**, Борьба с затруднениями при поступлении влажного или смерзшегося топлива, 1951 г., стр. 204, тир. 3 750, ц. 11 р. 30 к.
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВОК.** Сборник стандартов. Под редакцией Г. С. Плисса, 1951 г., стр. 624, тир. 5 000, ц. 46 руб.
- ОСОБЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ.** Под редакцией Г. И. Шувалова, 1951 г., стр. 144, тир. 3 000, ц. 7 руб.
- РИВКИН Г. А.**, Преобразовательные установки большой мощности. Допущено Министерством высшего образования СССР в качестве учебного пособия для энергетических и электротехнических вузов и факультетов, 1951 г., стр. 256, тир. 5 000, ц. 9 руб.
- РЯБОВ М. С.**, Электрическая часть осветительных установок. Допущено Министерством высшего образования СССР в качестве учебного пособия для энергетических и электротехнических вузов и факультетов, 1951 г., стр. 216 + 1 вкл., тир. 10 000, ц. 9 р. 40 к.
- СВЕРЧКОВ А. Н.**, Ремонт и наладка паровых турбин, 1951 г., стр. 496 + 1 вкл., тир. 6 000, ц. 29 р. 70 к.
- СУХОРУКОВ Ф. Т.**, Технология обмоточно-изоляционного производства. Крупные электрические машины, 1951 г., стр. 288, тир. 4 500, ц. 15 р. 85 к.
- ШРЕЙБЕР Б. П.**, Горячая битумизация в гидротехническом строительстве, 1951 г., стр. 212, тир. 3 000, ц. 12 руб.

ПРОДАЖА в книжных магазинах и киосках книготоргов.

Издательство никаких заказов не выполняет.