

# ЭЭ ЛЭКТРИЧЕСКИЕ ТАНЦИИ

12



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1952

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

# 12

ДЕКАБРЬ

1952

Орган Министерства электростанций СССР

23-й ГОД ИЗДАНИЯ

## СОДЕРЖАНИЕ

Д. Г. Жимерин — Важные задачи советских энергетиков	3
Б. Л. Кутман — Оптимальная шаровая загрузка барабанных мельниц	6
И. Ф. Шапкин и Н. И. Кузнецов — Отбор проб шлама для анализа	11
В. П. Полякова и Б. Н. Ухин — О стандартизации схемы отбора и разделки проб угля на электростанциях	13
М. И. Лебедева — О системе расчетов электростанций с торфопредприятиями	16
П. В. Власов — Автоматическая подача мазута в топку при погасании пылевого факела	17
Я. М. Грабовский — Частотная диаграмма для паровых турбин	19
Г. Д. Вишневецкий — Расчет прочности центрально-армированных армопенбетонных труб для бесканальных теплопроводов	21
В. Н. Никитский и А. Д. Шлейфман — Избирательное устройство автоматической аварийной разгрузки энергосистем по средней скорости изменения частоты	25
В. Н. Гуревич — Наладка работы воздушных выключателей	27
В. Н. Звездкин и Р. Г. Надельсон — Об измерении токов утечки в трансформаторах	32
А. Р. Кондрус — Ртутное реле оборотов	34
Н. С. Пеклер — Применение антенного отбора напряжения для целей АПВ	37
А. А. Воскресенский и Т. И. Корелов — Некоторые особенности схемы АПВ с реле ЭВП-285	40

### ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

Б. В. Лопатин — Подвеска трубопроводов к железобетонным конструкциям	41
Б. И. Жермунский и И. И. Могилевский — Универсальный монтажный Г-образный кран грузоподъемностью 25 т	42
Л. Д. Гинзбург-Шик — Сварные равнопроходные тройники для трубопроводов высокого давления	43

Ф. С. Попов — О повышении фундаментов трансформаторов	45
---	----

### ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

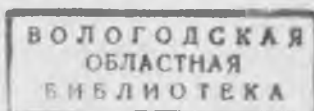
М. М. Пржиялковский — Реконструкция котельного пучка и заднего экрана котлов ТКП-1 и ПК-6	46
И. Ф. Бырька — Случай прекращения щелочения питательной воды	48
П. Н. Богословский — Работа винипластовых щелевых дренажей катионитовых фильтров	49
Е. П. Миронов — „Флаговая“ вибрация лопаток паровой турбины	50
А. К. Дубовицкий — Работа дифференциальной поперечной защиты генератора при двойном замыкании на землю обмотки ротора	50
В. К. Люляев и Р. М. Цигер — Автоматическое регулирование тока статора синхронных компенсаторов	51
В. И. Евсеев — Повреждение изолятора типа СО-35	51
В. Г. Лапанашвили и С. Р. Элькин — Опыт отыскания места повреждения в якоре возбудителя	52

### ХРОНИКА

В Техническом управлении Министерства	
О предотвращении отключения турбоагрегатов и саморазгрузок потребителей	53
О предупреждении аварий, вызываемых несинхронным включением	53
О применении способа самосинхронизации синхронных генераторов и компенсаторов	53
Об огарках серного колчедана в качестве антисептика	54

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Е. Д. Зейлидзон и Н. В. Чернобровов — Рецензия на книгу А. М. Федосеева „Релейная защита электрических систем“	55
Н. А. Мельников — Рецензия на книгу С. А. Ульянова „Короткие замыкания в электрических системах“	56
Содержание журнала „Электрические станции“ за 1952 г.	58



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Главный редактор Д. Г. Чижев

Адрес редакции: Москва, Ветошный пер., ГУМ, III корпус, I эт., пом. 165.  
Телефоны: редакции К 5-21-22, главного редактора К 4-44-10 и комм. К 1-02-80, доб. 2-10

# ВАЖНЫЕ ЗАДАЧИ СОВЕТСКИХ ЭНЕРГЕТИКОВ

Д. Г. ЖИМЕРИН

МИНИСТР ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ СССР

Советский народ с огромным воодушевлением разворачивает борьбу за претворение в жизнь исторических решений XIX съезда партии, гениальных указаний товарища Сталина о путях постепенного перехода от социализма к коммунизму.

В новом пятилетнем плане нашел конкретное воплощение открытый товарищем Сталиным основной экономической закон социализма, существенные черты и требования которого состоят в обеспечении максимального удовлетворения постоянно растущих материальных и культурных потребностей всего общества путем непрерывного роста и совершенствования социалистического производства на базе высшей техники.

Товарищ Сталин учит, что высшая техника, на которой будет базироваться все народное хозяйство при коммунизме, так или иначе, прямо или косвенно связана с электрификацией. В гениальном произведении «Экономические проблемы социализма в СССР» товарищ Сталин с особой силой подчеркнул, что ленинская формула коммунизма — «Коммунизм есть Советская власть плюс электрификация всей страны» — является единственно правильной.

Волею партии Ленина—Сталина в нашей стране за короткий срок сделан гигантский скачок в развитии электрификации. В результате успешного строительства электростанций в период сталинских пятилеток наша страна по выработке электроэнергии перешла с пятнадцатого места в мире на второе место, значительно опередив все капиталистические страны Европы. Теперь в Советском Союзе ежегодно вводится новых мощностей на электростанциях больше, чем все действующие электростанции таких стран, как Бельгия, Швейцария или Голландия. В текущем году у нас выработка электроэнергии возрастет по сравнению с 1950 г. на 29%.

Учитывая особое значение электрификации страны в создании материально-технической базы коммунизма, XIX съезд партии в директивах по

пятому пятилетнему плану дал задание обеспечить дальнейшие высокие темпы развития энергетики: общая мощность электростанций должна возрасти примерно в два раза, а выработка электроэнергии — на 80%. При этом особое внимание уделяется развитию гидроэлектростанций, мощность которых за пятилетие должна увеличиться в три раза.

По инициативе и указанию товарища Сталина в СССР развернуто строительство крупнейших в мире гидротехнических сооружений на Волге, Днестре и Аму-Дарье. Эти гидротехнические сооружения решают целый комплекс важных народнохозяйственных задач: улучшение энергоснабжения, развитие транспорта, осуществление ирригации и другие.

XIX съезд партии обязал ввести в действие в текущем пятилетии Куйбышевскую гидроэлектростанцию мощностью 2 100 тыс. *квт*, такие крупные гидроэлектростанции, как Горьковская, Камская, Мингечаурская, Усть-Каменогорская и др., общей мощностью 1 916 тыс. *квт*. Кроме того, предусмотрено развернуть строительство крупных гидроэлектростанций на Ангаре, Оби и др.

Коллективы великих строек коммунизма на Волге, Днестре и Аму-Дарье, окруженные заботой и вниманием всей страны, успешно выполняют и перевыполняют годовые планы строительства. Первенцы крупнейших сооружений нашей эпохи — Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина и Цимлянская гЭС — уже введены в действие. Сооружение Каховской гидроэлектростанции идет успешно, и есть основания надеяться, что она будет введена в действие в 1955 г. — на один год раньше установленного правительством срока.

Капиталовложения в строительство гидроэлектростанций, осуществляемое Министерством электростанций, возрастают из года в год. Если капиталовложения 1950 г. взять за 100%, то они в текущем году составляют 182%, а к 1955 г. возрастут втрое. Непрерывно увеличиваются капита-

ловложения и в строительство тепловых электростанций.

Бурный рост электростанций с особой остротой ставит вопрос о развитии воздушных и кабельных электросетей. В настоящее время Министерством электростанций сооружается уникальная линия электропередачи Куйбышев—Москва напряжением 400 тыс. в.

За предвоенные годы и особенно в послевоенное время в Советском Союзе проведено объединение нескольких крупных энергосистем. Сооружение линии электропередачи Куйбышев—Москва, а также ввод в действие Горьковской, а затем Сталинградской гидроэлектростанций обеспечат создание единой высоковольтной сети центральной и южной частей Советского Союза.

Несмотря на широкий размах строительства электростанций, электросетей и достигнутые успехи в деле ускорения ввода новых мощностей, на стройках Министерства электростанций имеются серьезные недостатки.

Наряду с передовыми стройками, к числу которых относятся Каховская, Мингечаурская, Усть-Каменогорская и др., в Министерстве электростанций есть и отстающие. Не выполняют в текущем году установленных планов по строительству тепловых электростанций тресты «Кавказэнергострой», «Сибэнергострой» и «Средневогэнергострой».

В докладе на XIX съезде партии тов. Г. М. Маленков говорил о недопустимости отставания наших предприятий. Эта критика в полной мере относится к некоторым стройкам и строительным трестам Министерства электростанций. Одной из причин отставания ряда строительных организаций являются все еще низкая механизация работ, неудовлетворительное использование машин.

Ликвидировать отставание отдельных строев и строительных трестов, лучше организовать строительно-монтажные работы, более широко внедрять комплексную механизацию — таковы задачи наших строителей. Монтажные организации Министерства электростанций должны обеспечить своевременный ввод в действие турбин, гидротурбин, котлов, линий электропередачи и понижающих трансформаторных подстанций.

Министерство электростанций имеет серьезные претензии к некоторым заводам, поставляющим энергетическое оборудование. Ленинградские заводы — Металлический имени Сталина и «Электросила», Московский трансформаторный успешно справляются с выпуском новой продукции и своевременно поставляют турбины, генераторы и трансформаторы. А такие предприятия, как Подольский, Таганрогский и Барнаульский ко-

тельные заводы, заводы Брянский и «Комега», неаккуратно поставляют котлы, паропроводы и особенно комплектующее оборудование. Министерствам тяжелого машиностроения, транспортного машиностроения и электропромышленности необходимо принять надлежащие меры к тому, чтобы обеспечить своевременную поставку всего комплектующего оборудования и материалов для пусковых электростанций.

За последние годы наряду с количественным ростом мощностей на электростанциях произошли значительные качественные изменения, и в первую очередь в области внедрения новой техники и автоматики. Главным элементом новой техники на электростанциях является применение пара высокого давления и высокой температуры. По Министерству в целом мощность электростанций высокого давления в настоящее время превышает довоенную в 18 раз.

В результате внедрения новой техники и улучшения работы действующего оборудования электростанции Министерства сократили удельные расходы топлива по сравнению с довоенным временем на 65 г на каждый выработанный киловаттчас. В итоге только за прошлый год электростанции сэкономили по сравнению с 1940 г. свыше 4 млн. т условного топлива.

Экономия топлива могла бы быть еще больше, если бы все электростанции и энергосистемы работали хорошо. К сожалению, некоторые электростанции Ленинграда, Донбасса, Новосибирска, Томска, Иркутска не добились еще экономичной работы и пережигают топливо. Необходимо добиться, чтобы все электростанции и энергосистемы экономили топливо.

Крупный резерв экономии топлива скрыт в недостаточном использовании мощностей теплоэлектроцентралей. Известно, что коэффициент полезного действия теплоэлектроцентралей, вырабатывающих электроэнергию и тепло, выше, чем у конденсационных электростанций. Поэтому удельный вес тэц в общем балансе мощности тепловых электростанций непрерывно возрастает. Мощность тэц Министерства электростанций увеличилась по сравнению с 1940 г. более чем в два раза. Однако сооружение тепловых сетей отстает от роста мощности теплоэлектроцентралей. В результате мощность тэц искусственно замораживается, а коэффициент полезного действия их снижается. Московские тэц, например, могли бы сейчас дать дополнительно тепло для трехсот многоэтажных домов. Но московские организации неудовлетворительно ведут строительство внутриквартальных тепловых сетей, и мощность тэц недоиспользуется.

Если полностью загрузить имеющиеся мощности тэц Министерства электростанций, это позволит сэкономить около девятист тысяч тонн условного топлива в год. Поэтому надо добиться безусловного выполнения директив XIX съезда партии о широком развитии теплофикации городов и промышленных предприятий.

Перед советскими энергетиками в данное время стоит неотложная задача — закончить подготовку электростанций к проведению осенне-зимнего максимума. Для этого нужно завершить капитальный ремонт основного и вспомогательного оборудования.

Одним из серьезных недостатков в работе электростанций и электросетей является все еще высокая аварийность. Необходимо повести решительную борьбу с аварийностью, принять меры к укреплению дисциплины и строгому соблюдению правил технической эксплуатации.

В нашей стране сделан новый шаг по освоению передовой энергетической техники. Ленинградский Металлический завод имени Сталина изготовил паровую турбину мощностью 150 тыс. квт на давление пара 170 ат и с температурой перегрева 550° С. Применение пара таких параметров дает дополнительную экономию топлива до 10%.

За последние годы на тепловых и гидравлических электростанциях широко применяется такая высшая техника, как автоматика и телемеханика. Автоматы и механизмы полностью освобождают персонал от физического труда.

В настоящее время свыше 90% всех гидроэлектростанций Министерства полностью автоматизированы, и обслуживающий персонал не про-

изводит физических работ по пуску, остановке и регулировке гидроагрегатов. На гидроэлектростанциях внедряется также телеуправление. Семь гидроэлектростанций уже работают без обычного дежурного персонала и управляются с диспетчерского пункта за десятки километров.

Наша задача заключается теперь в том, чтобы завершить в 1952 г. автоматизацию всех гидроэлектростанций, в течение трех — пяти лет перевести их на телеуправление и завершить в ближайшие годы автоматизацию тепловых электростанций.

Широкое внедрение новой техники и автоматки на электростанциях по-новому поставило вопрос о подготовке технически грамотных кадров. Для решения этой проблемы Министерство разворачивает сеть вечерних и заочных техникумов.

Грандиозная программа строительства электростанций, сооружение широкой сети линий электропередачи, которые обеспечивают сплошную электрификацию страны, ставят перед энергетиками ответственные и почетные задачи.

Работники действующих электростанций и электросетей, а также строители должны, глубоко изучая решения XIX съезда партии, развернуть практическую борьбу за их осуществление, за успешное выполнение заданий новой сталинской пятилетки.

Под руководством Коммунистической партии, великого вождя и учителя товарища Сталина советские энергетика успешно выполняют возложенные на них задачи по дальнейшей электрификации страны и тем самым вносят достойный вклад в великое дело строительства коммунизма.

(„Правда“ от 17 ноября 1952 г.)



# Оптимальная шаровая загрузка барабанных мельниц

Инж. Б. Л. Кутман

В течение первого полугодия 1952 г. в одной энергосистеме на четырех электростанциях, работающих на кизеловском угле, были проведены исследования влияния шаровой загрузки мельниц на режим работы системы пылеприготовления.

Исследования позволили установить оптимальную шаровую загрузку мельниц, влияние шаровой загрузки на производительность и удельный расход электроэнергии на пылеприготовление. В случаях достаточной производительности установленных мельниц целесообразно работу системы пылеприготовления налаживать не по максимальной их производительности, а по оптимальной или близкой к ней шаровой загрузке мельниц.

Опыты проводились на пяти системах пылеприготовления электростанций, работающих на кизеловском каменном угле; на одной из этих электростанций сжигается 80—85% промпродукта мокрого обогащения кизеловского угля в смеси с углем (схема пылеприготовления — индивидуальная с промбункером). Сушка размалываемого топлива на всех установках осуществляется горячим воздухом.

Все пылесистемы имеют рециркуляцию из напорного коллектора во входную горловину мельницы. Характеристика систем пылеприготовления приведена в табл. 1.

Режим работы систем пылеприготовления автоматизирован с установкой регуляторов загрузки топлива в мельницы — КРЗМ (на электростанциях 1, 2, 3) и регуляторов постоянства расхода воздуха через систему КРПС.

## Исследование систем пылеприготовления

1. Опыты на системе пылеприготовления 5Б (№ 1 по табл. 1).

По данным обмера в мельнице находилось 27,4 т шаров. Насыпной вес шаров, вычисленный на основании взвешивания на десятичных весах шаров, выгруженных из мельницы, составил  $\gamma_{н.ш} = 4,85 \text{ т/м}^3$ .

Перед опытами из мельницы было выгружено 10 т шаров. Опыты проводились при изменении загрузки с 18 до 28 т с последовательной догрузкой по 2 т шаров, при постоянной тонкости помола  $R_{88} = 27 \div 29\%$  и постоянном расходе воздуха через систему  $Q_{н.с} = 51\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Регулирование загрузки мельницы топливом осуществлялось дистанционно. На каждом режиме было проведено по два опыта. Производительность мельницы определялась по длительности израсходования из бункера угля, предварительно взвешенного на ленточных весах. Потребляемая электродвигателями мощность учитывалась по предварительно выверенным эксплуатационным счетчикам.

Отбор пыли и анализ тонкости помола производились каждые 30 мин. Все прочие измерения производились по щитовым, а также по дополнительно установленным и предварительно проверенным приборам. Результаты опытов приведены в табл. 2 и показаны на рис. 1.

В табл. 2 приведены лишь основные величины. Оптимальной шаровой загрузкой данной системы

Таблица 1

№ по пор.	Исследованные системы пылеприготовления	T вт мельницы	Эксплуатационная загрузка шаров, т	Характеристика мельничного вентилятора
1	5Б*	287/470	28—30	$Q = 55\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ $H_{см} = 750 \text{ мм вод. ст.}$
2	5А и 5Б	287/470	28—30	$Q = 34\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ $H_{см} = 750 \text{ мм вод. ст.}$
3	3А	287/470	27—28	$Q = 55\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ $H_{см} = 850 \text{ мм вод. ст.}$
4	11Б	Гумбольдт	27—28	$Q = 60\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ $H_{см} = 780 \text{ мм вод. ст.}$

\*Опыты проводились под руководством инж. В. В. Калашникова.

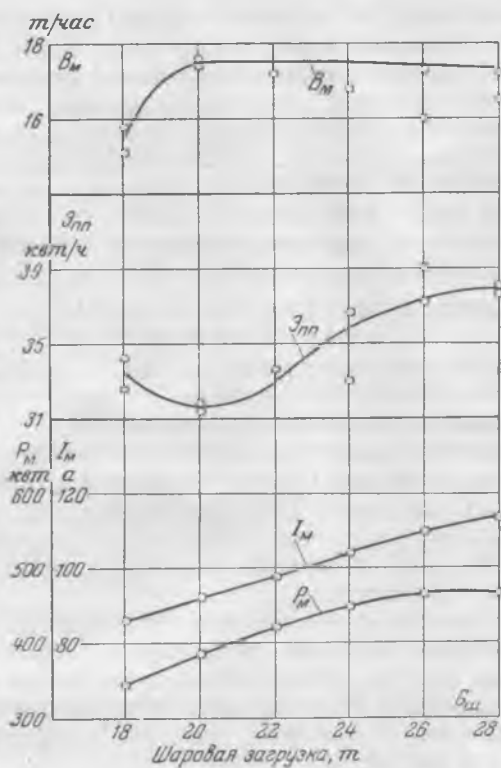


Рис. 1. Зависимость производительности мельницы  $V_m$ , удельного расхода электроэнергии на пылеприготовление  $Z_{np}$ , мощности  $P_m$  и тока электродвигателя мельницы  $I_m$  от шаровой загрузки  $G_{ш}$  (система пылеприготовления 5Б).

пылеприготовления, т. е. загрузкой, определяющей минимальный удельный расход электроэнергии, оказалось  $G_{ш}^{on} = 20$  т. При дальнейшем повышении загрузки производительность мельницы практически остается постоянной, а рост потребляемой электродвигателем мельницы мощности, особенно при переходе к шаровой загрузке до 24 т, приводит к значительному повышению удельного расхода электроэнергии.

Характерно изменение зависимости мощности электродвигателя мельницы от шаровой загрузки в пределах  $G_m = 24 \div 28$  т, где загрузка 4 т шаров вызвала прирост мощности всего 20 квт, что следует объяснить снижением высоты подъема шаров, а при больших загрузках ( $G_{ш} \geq 28$  т) почти прекращением подъема шаров, когда их полезная работа резко уменьшается.

Снижение высоты подъема внутренних слоев шаров при загрузке более 24 т является следствием уменьшения радиуса траектории движения слоя, а также повышенного скольжения внутренних слоев, имеющих меньшую скорость вращения и соответственно меньшую величину центробежной силы.

На основании полученных результатов для всех мельниц электростанции шаровая загрузка была снижена с 28—30 до 20—21 т.

2. Опыты на системах пылеприготовления 5А и 5Б (№ 2 по табл. 1). Конструкции и характеристики установленного оборудования обеих систем одинаковы. Числа часов работы брони и шаров мельниц тоже примерно одина-

Таблица 2

Наименование величины	Опыт											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Продолжительность опыта $T$ , час-мин.	2—06 18	2—31 18	2—42 20	2—19 20	2—36 22	2—18 22	2—09 24	2—18 24	2—16 26	2—28 26	2—20 28	2—18 28
Шаровая загрузка мельницы $G_{ш}$ , т	12,2		13,6		15,0		16,4		17,7		19,0	
Коэффициент заполнения барабана шарами $\varphi$ , %	12,2		13,6		15,0		16,4		17,7		19,0	
Производительность мельницы $V_m$ , т/час	15,1	15,8	17,3	17,4	17,2	17,1	18,8	16,8	17,3	16,0	16,5	17,2
Качество топлива:												
влажность рабочая $W_p$ , %	4,42	4,26	4,40	2,99	4,66	4,86	4,60	4,84	6,10	4,42	5,16	4,88
влажность аналитическая $W_a$ , %	0,51	0,51	0,50	0,53	0,82	0,84	0,76	0,76	0,91	0,49	0,71	0,40
крупность дробления $R_{10}$ , %	24,7	24,7	22,1	22,1	24,0	24,0	26,1	26,1	25,5	25,5	22,1	22,1
Тонкость помола:												
остаток на сите $R_{200}$ , %	5,3	5,6	5,8	6,6	6,5	6,6	6,5	7,3	6,5	6,4	5,7	6,5
остаток на сите $R_{80}$ , %	32,8	29,7	28,0	29,9	27,8	28,7	26,7	28,8	26,4	27,0	27,8	28,0
Сопротивление мельницы $\Delta S_m$ , мм вод. ст.	196	193	202	211	207	213	211	205	203	209	196	204
Статический напор эксгаустера $H_{ст}$ , мм вод. ст.	644	630	671	660	666	661	648	649	663	656	658	652
Расход первичного воздуха через систему пылеприготовления $Q_{п-с}$ , м³/час	49,0	47,0	51,0	49,6	50,8	51,8	52,2	53,6	51,0	52,8	51,2	50,4
Потребляемая электродвигателем мельницы мощность $P_m$ , квт	344	347	377	389	412	412	445	445	470	455	455	485
Потребляемая электродвигателем эксгаустера мощность $P_{эк}$ , квт	228	223	201	215	220	215	233	229	231	224	201	219
Мощность, затрачиваемая эксгаустером, отнесенная на пневмотранспорт $P_{тр}$ , квт	171	167	166	161	165	161	175	172	173	168	166	164
Удельный расход электроэнергии на пневмотранспорт $Z_{тр}$ , квтч/т	11,3	10,6	9,6	9,3	9,6	9,4	9,3	10,2	10,0	10,5	10,1	9,4
Удельный расход электроэнергии на размол $Z_m$ , квтч/т	22,8	22,0	21,8	22,4	23,9	24,1	23,7	26,4	27,2	28,4	27,6	28,2
Удельный расход электроэнергии на пылеприготовление $Z_{np}$ , квтч/т	34,1	32,6	31,4	31,7	33,5	33,5	33,0	36,6	37,8	38,9	37,7	37,6

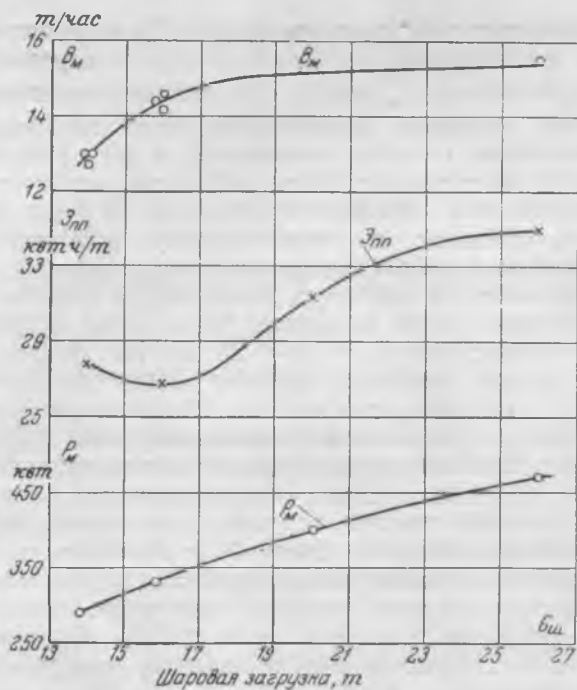


Рис. 2. Зависимость производительности мельниц  $B_m$ , удельного расхода электроэнергии на пылеприготовление  $\mathcal{E}_{пл}$  и мощности электродвигателя  $P_m$  от шаровой загрузки  $G_{ш}$  (система пылеприготовления 5Б и 5А).

ковы. Опыты производились на системе 5В при шаровой загрузке 13,8 и 15,8 т, а на системе 5А — при 20 и 26 т. Производительность мельницы 5Б определялась взвешиванием топлива на автоматических порционных весах ДУ-200 Киевского весового завода имени Дзержинского, установленных до питателя сырого угля. Все прочие измерения производились аналогично предыдущим опытам. Тонкость помола не удалось выдержать постоянной во всех опытах, поэтому производительность мельницы приведена во всех опытах к тонкости помола  $R_{88}=25\%$  путем пересчета по формуле

$$B_1 = B_2 \sqrt{\frac{\ln \frac{100}{R_{88}'} \cdot 100}{\ln \frac{100}{R_{88}}}} \text{ т/час}.$$

Результаты опытов показаны на рис. 2.

Оптимальной для мельницы системы 5Б оказалась шаровая загрузка 16 т. Как и следовало ожидать, снижение скорости вентиляции барабана мельницы снижает также оптимальную шаровую загрузку.

Шаровая загрузка 13,8 т не обеспечивает требуемого размола топлива ( $R_{88}=31,3 \div 32,8\%$ ;  $R_{200}=6,8 \div 7,2\%$ ).

Дальнейшее закрытие створок сепаратора вызывало перегрузку мельницы.

Характер зависимости  $B_m = f(G_{ш})$  отличен от получившегося для предыдущей системы, однако и здесь намечается практическое постоянство производительности при повышении загрузки шаров свыше 24—25 т.

Характер изменения мощности электродвига-

теля мельницы от шаровой загрузки подтверждает ранее сделанный вывод о снижении эффективности работы при шаровой загрузке свыше 24—25 т. На всех системах пылеприготовления электростанции, однотипных с 5А—5Б установлена шаровая загрузка 17—18 т. Некоторое повышение по отношению к оптимальной вызвано необходимостью иметь коэффициент запаса по пыли для максимальной производительности котлов  $k = 1,15 \div 1,20$ .

### 3. Опыты на системе пылеприготовления 3А

На системе пылеприготовления 3А предполагалось изучить вопрос о влиянии шаровой загрузки мельницы на производительность и удельный расход электроэнергии при различной скорости вентиляции барабана. Опыты проводились при трех шаровых загрузках: 15,3, 19,5 и 24 т; каждая из них исследовалась при расходе воздуха 35 500, 46 000 и 52 000 м<sup>3</sup>/час (по измерению перед мельничным вентилятором).

Все опыты проводились при включенных авторегуляторах загрузки мельницы и постоянства расхода воздуха через систему, настройка которых изменялась в соответствии с переходом на новый режим. Результаты опытов приведены в табл. 3 и на рис. 3.

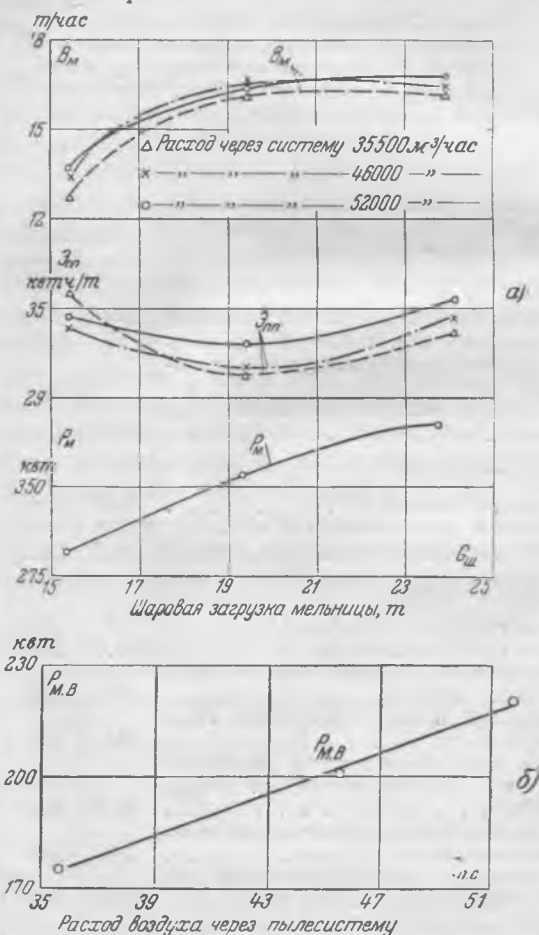


Рис. 3. Результаты испытания системы пылеприготовления 3А.

а — зависимость производительности мельницы  $B_m$ , удельного расхода электроэнергии на пылеприготовление  $\mathcal{E}_{пл}$  и нагрузки электродвигателя от шаровой загрузки  $G_{ш}$ ; б — зависимость нагрузки электродвигателя мельничного вентилятора  $P_{м.в}$  от шаровой загрузки  $G_{ш}$ .

\* А. Н. Лебедев, Пылеприготовление на электростанциях, Госэнергоиздат, 1950.

Наименование показателей	Опыт															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Продолжительность опыта $T$ , час.—мин . . . . .	2—14	2—04	2—14	2—06	2—15	3—06	1—49	2—29	2—45	2—50	2—13	2—40	2—36	2—32	2—39	2—67
Шаровая загрузка мельницы $G_{ш}$ , $t$ . . . . .			15,3						19,5					24,0		
Коэффициент заполнения барабана шарами $\varphi$ , %			10,55						13,5					16,5		
Производительность мельницы $V_m$ , $t/час$ . . . . .	13,6	13,7	14,05	13,6	12,7	13,0	16,2	16,3	16,9	16,8	16,6	16,2	16,6	16,2	16,4	16,2
Производительность мельниц с поправкой на тонкость помола $V_m$ , $t/час$	13,6	13,7	13,3	13,6	12,7	13,0	16,2	16,3	16,3	16,8	16,6	16,2	16,8	16,2	16,4	16,2
Качество топлива:																
влаги рабочая $WP$ , %	4,5	5,0	4,1	4,0	4,5	—	3,3	3,7	4,1	4,0	5,0	4,5	5,6	5,3	4,8	5,1
влаги аналитическая $Wa$ , % . . . . .	1,98	2,22	2,12	2,4	1,62	—	1,28	1,72	1,0	2,2	2,8	2,2	1,8	—	—	—
крупность дробления $R_{10}$ , % . . . . .	—	17,6	18,03	26,06	24,0	—	20,0	22,5	24,1	22,6	20,0	18,5	23,8	24,0	26,0	27,6
Тонкость помола:																
остаток на сите $R_{200}$ , % . . . . .	1,4	1,1	3,2	2,3	1,7	1,6	1,8	1,7	3,1	2,2	2,3	1,8	1,7	1,9	2,3	1,8
остаток на сите $R_{80}$ , % . . . . .	26,6	24,3	30,5	26,4	23,3	25,0	24,5	24,2	28,56	25,9	26,3	25,4	22,8	26,0	24,8	23,9
Сопrotивление мельницы $\Delta S_m$ , $мм$ вод. ст. . . . .	129	127	117	97	64	70	89	87	120	121	126	128	126	131	108	89
Статический напор вентилятора $H_{ст}$ , $мм$ вод. ст.	840	833	835	837	838	840	833	827	829	828	807	827	816	820	829	842
Расход воздуха через пылесистемы $Q_{пс}$ , тыс. $м^3/час$	51,8	52	46	45,7	35,5	35,5	35,7	35,5	45,7	46,1	51,5	51,5	51,5	51,5	45,7	35,6
Потребляемая электродвигателем вентилятора мощность $P_{мв}$ , $квт$ . . . . .	220	220	220	202	183	—	175	170	203	203	223	—	217	225	195	173
Мощность, потребляемая электродвигателем мельницы $P_m$ , $квт$ . . . . .	294	295	297	287	307	—	366	367	358	358	360	—	404	404	399	410
Удельный расход электроэнергии на транспорт $\mathcal{E}_{тр}$ , $квтч/т$ . . . . .	12,9	12,8	12,0	11,9	11,7	—	8,36	8,17	10,0	9,7	10,8	—	10,45	11,1	9,7	8,6
Удельный расход электроэнергии на размол $\mathcal{E}_m$ , $квтч/т$ . . . . .	21,6	21,5	22,2	21,2	24,3	—	22,6	22,5	21,8	21,1	21,7	—	23,8	25,0	24,8	25,2
Удельный расход электроэнергии на пылеприготовление $\mathcal{E}_{пп}$ , $квтч/т$	34,5	34,3	34,2	33,1	36,0	—	30,96	30,67	31,9	30,8	32,5	—	34,25	36,1	34,5	33,8

Установить влияние вентиляции на изменение оптимальной шаровой загрузки не удалось. Некоторую неопределенность представляет характер зависимости в пределах  $G_{ш} = 15,3 \div 19,5 t$  при различной вентиляции.

Из анализа результатов опытов следует, что переход от шаровой загрузки 15,3 к 19,5  $t$  повышает производительность мельницы на 22—25%. Дальнейшее увеличение шаровой загрузки не приводит практически к повышению производительности мельницы.

При вентиляции системы  $Q_{пс} = 52\ 000\ м^3/час$  несколько повышается производительность мельницы, однако на весьма незначительную величину. Это следует объяснить повышением кратности циркуляции вследствие выноса из мельницы крупных частиц пыли при повышенной вентиляции и одновременно снижением к. п. д. сепаратора, так как для сохранения постоянной тонкости помола приходится прикрывать створки последнего.

Этот вывод подтверждается измерениями тонкости помола возврата из сепаратора, взятого из специального лючка (табл. 4).

Таким образом, повышенная вентиляция мель-

Таблица 4

Опыт	Расход воздуха через систему, $м^3/час$	Шаровая загрузка, $t$	Тонкость помола	
			$R_{200}$ , %	$R_{80}$ , %
8	35 700	19,5	27,6	69,2
12	51 500	19,5	40,0	72,1

ницы, не увеличивая существенно производительности мельницы, повышает удельный расход электроэнергии на транспорт пыли.

В результате проведенной работы для данной системы и ей однотипных были приняты в качестве оптимальных следующие условия: шаровая загрузка  $G_{ш} = 19,5 t$ ; расход воздуха через систему  $Q_{пс} = 40\ 000\ м^3/час$ .

Так как при вентиляции  $Q_{пс} = 40\ 000\ м^3/час$  шибер перед мельничным вентилятором открыт на 40—42% по указателю положения и сопротивление шибера составляет  $\Delta H_{ш} \approx 300\ мм$  вод. ст., то реконструкция мельничного вентилятора с целью снижения его напора и производительности позволит еще снизить расход энергии на транспорт пыли.

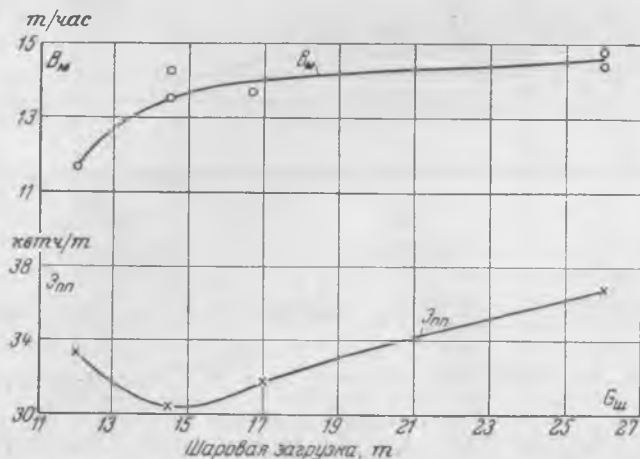


Рис. 4. Зависимость производительности мельницы  $B_m$  и удельного расхода электроэнергии на пылеприготовление  $\mathcal{E}_{пн}$  от шаровой загрузки  $G_{ш}$  (система пылеприготовления 11Б).

#### 4. Опыты на системе пылеприготовления 11Б

Результаты опытов на системе пылеприготовления 11Б показаны на рис. 4. Вследствие размола промпродукта с  $W^p = 9 \pm 12\%$  производительность мельницы оказалась ограниченной по сушке, что является основной причиной пониженной оптимальной шаровой загрузки данной установки.

#### Результаты работы системы пылеприготовления с уменьшенной шаровой загрузкой мельниц

На основании проведенных исследований работы систем пылеприготовления с уменьшенной шаровой загрузкой мельниц электростанции перевели ряд систем пылеприготовления на работу с оптимальной шаровой загрузкой мельницы или близкой к ней. В табл. 5 приведены эксплуатационные данные, полученные после перехода на новый

Таблица 5

Период	Удельный расход электроэнергии, квтч/т, по электростанциям с системой пылеприготовления		
	5Б (по всем котлам)	5А и 5Б (по двум котлам)	11А (по всем котлам)
В среднем за 1951 г.	36,16	—	42,76
1952 г.			
Январь . . . . .	37,56	44,8	41,92
Февраль . . . . .	35,77	40,8	42,02
Март . . . . .	36,14	43,4	38,77
Апрель . . . . .	33,87	39,3	38,07
Май . . . . .	32,8	37,7	38,67
Июнь . . . . .	32,86	35,8	37,4

шаровой режим. На электростанции с системой пылеприготовления 5Б в течение апреля — мая 1952 г. была уменьшена шаровая загрузка всех мельниц; на электростанции с системами 5Б и 5А в тот же период шаровая загрузка уменьшена на мельницах двух котлов и на электростанции с си-

стемой 11Б шаровая загрузка мельниц была снижена в течение марта — мая 1952 г.

Из данных табл. 5 очевидно, что переход на оптимальную шаровую загрузку или близкую к ней обеспечил снижение удельного расхода электроэнергии на пылеприготовление на трех электростанциях данной энергосистемы на 3—6 квтч/т.

#### Выводы

1. Каждая система пылеприготовления при заданных скорости вентиляции барабана  $\omega_\sigma$  и тонкости помола  $R_{88}$  имеет оптимальную шаровую загрузку мельницы  $G_{ш}^{оп}$ , которая обеспечивает наиболее эффективную работу мельницы с минимальным удельным расходом электроэнергии на размол.

2. Оптимальная шаровая загрузка исследованных однотипных мельниц несколько зависит от скорости вентиляции барабана: при увеличении скорости вентиляции барабана с  $\omega_\sigma = 1,25$  м/сек до  $\omega_\sigma = 1,7$  м/сек оптимальная шаровая загрузка возрастает на 6—8%.

3. Оптимальная шаровая загрузка мельниц 287/470 и 287/510 на 30—40% ниже установленных существующими нормами.

4. Работа системы пылеприготовления с оптимальной шаровой загрузкой снижает производительность мельниц указанных типов на 4—6%, а удельный расход электроэнергии на пылеприготовление — на 12—15% (по эксплуатационным данным за первый период их работы в новых условиях).

5. Так как удельный износ шаров  $G_{ш}$  пропорционален удельному расходу электроэнергии на размол, то переход на оптимальную шаровую загрузку мельницы должен обеспечить снижение удельного износа шаров на 12—15%.

6. Уменьшение шаровой загрузки мельниц по сравнению с существующими нормами на 30—40% снижает нагрузку на венец мельницы, что должно привести к увеличению длительности его службы и сокращению затрат на ремонт мельничного агрегата.

7. Работа систем пылеприготовления с пониженной шаровой загрузкой требует строгого соблюдения положения «Правил технической эксплуатации» о сроке сортировки шаров.

8. Вопрос о влиянии шаровой загрузки на производительность мельницы и удельный расход электроэнергии на размол очень мало изучен. Данные, полученные в описанных опытах, а также и на других электростанциях<sup>1</sup> показывают, что уменьшение шаровой загрузки до оптимальной величины обеспечивает снижение удельного расхода электроэнергии. Необходимо, чтобы в решении этой задачи приняли участие наши научно-исследовательские институты и наладочные организации.

<sup>1</sup> «Электрические станции», 1951, № 12, стр. 51.



# Отбор проб шлама для анализа

Канд. техн. наук И. Ф. Шапкин и Н. И. Кузнецов

Для оценки правильности применяемого режима корректирования котловой воды важно контролировать качество образующегося в котлах шлама. Для этого пробы шлама следует отбирать систематически во время работы котлов, а отнюдь не при остановках и вскрытиях, поскольку при опорожнении котлов от воды из них удаляется с водой в дренаж подавляющее количество обрабатываемого в котловой воде шлама. Лишь наиболее крупные фракции шлама при этом остаются в застойных местах, но подобный шлам, повидимому, представляет меньше интереса для изучения, так как он может, например, получиться из размельчившихся чешуек. Между тем, отбор проб шлама из работающих котлов и контроль его качества пока не входят в объем эксплуатационного контроля, что обедняет наши представления о характере протекающих внутрикотловых процессов.

Для возможности определения химического состава шлама по общепринятой методике необходимо в его пробе иметь не менее 1 г сухого вещества. Собрать это количество, применяя обычные пробоотборные устройства, затруднительно, принимая во внимание наблюдаемую чаще всего сравнительно малую зашламленность котловой воды электростанций. Для целей исследования наибольший интерес представляет шлам, обращающийся в водяном пространстве котлов, т. е. сравнительно высокодисперсный шлам.

При изучении явлений накипеобразования на станции с котлами ТКЗ давлением 32 атм для накопления проб шлама были использованы специальные шламонакопительные устройства. Эти устройства включались в водяную систему котлов помощью циркуляционных контуров, а также в специальные продувочные линии, включаемые обычно в нижние коллекторы экранов, с последующим сбросом в дренаж котловой воды, прошедшей шламонакопители. К преимуществу циркуляционных шламонакопителей следует отнести отсутствие потерь в дренаж котловой воды.

На рис. 1 приведена схема включения в водяную систему котла ТКЗ циркуляционных шламонакопителей. Котловая вода к накопителям проб забиралась из чистого и соленого отсеков водяного пространства барабана котла. Для концентрирования шлама в месте его забора были предусмотрены открытые сверху воронки с углом конусности 60°, помещенные таким образом, что верхняя кромка их была ниже наинизшего допустимого уровня воды в барабане.

Трубопроводы между воронками и шламонакопителями были проложены с обеспечением только опускного тока воды в них во избежание забивания их чешуйками. Трубопроводы для возвращения в котел циркулирующей котловой воды были включены в нижние коллекторы экранов котла. Циркуляционные трубопроводы из барабана наружу выводились через стенки водоотпускных труб. В качестве шламонакопителей для включения в циркуляционные контуры был при-

менен аппарат, разрез которого приведен на рис. 2.

Для обеспечения надежного вывода наружу собранного шлама накопитель его был снабжен внутри воронкой с углом конусности 60° и в нижней части пробкой на резьбе с приваренной внутри иглой. Последняя предназначена для разрушения в выпускном патрубке пробки шлама во время выпуска последнего.

Открытые сверху воронки в чистом и соленом отсеках барабана котла заносились образующимися в котловой воде чешуйками накипи, часть которых вместе со шламом по опускным трубопроводам поступала в шламонакопители. Поэтому в тех случаях, когда необходимо накапливать только шлам без чешуек накипи, воронки следует сверху накрывать конусами из стальной сетки с размерами ячеек 0,5—1,0 мм.

Для включения шламонакопителей в водяную систему котла были применены цельнотянутые трубы с внутренним диаметром 16 мм.

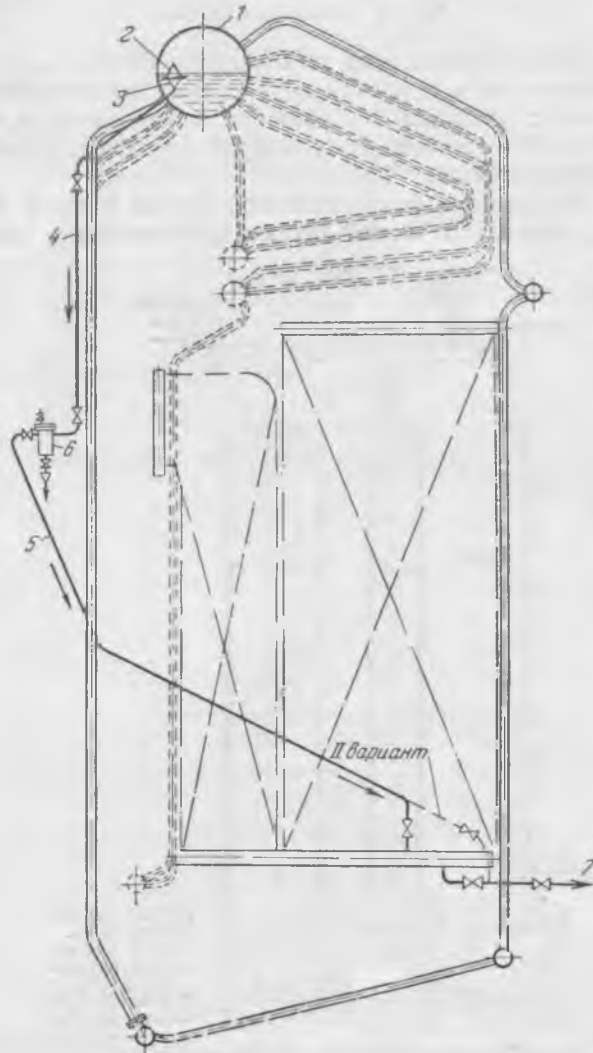
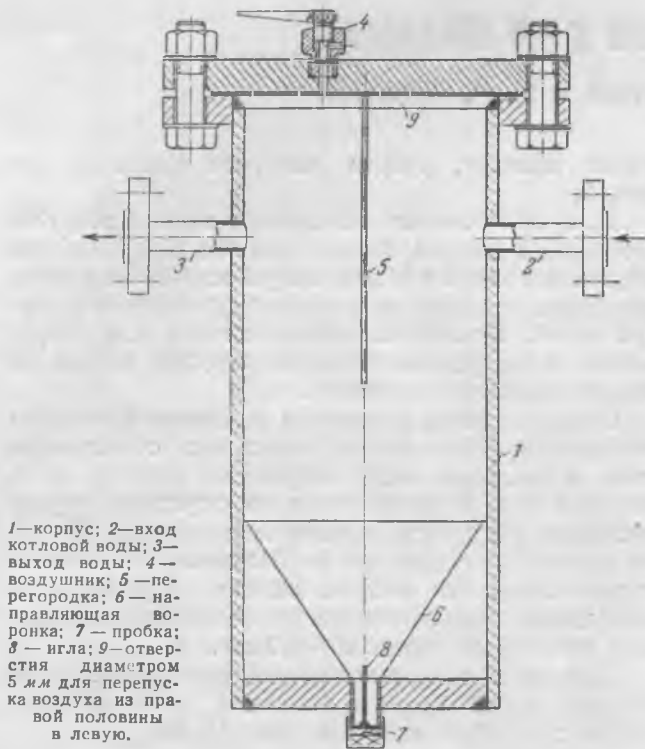


Рис. 1. Схема включения шламонакопителя в водяную систему котла.

1 — барабан котла; 2 — конус из стальной сетки; 3 — воронка; 4 — подводящий трубопровод; 5 — отводящий трубопровод; 6 — шламонакопитель; 7 — линия продувки нижнего коллектора бокового экрана.

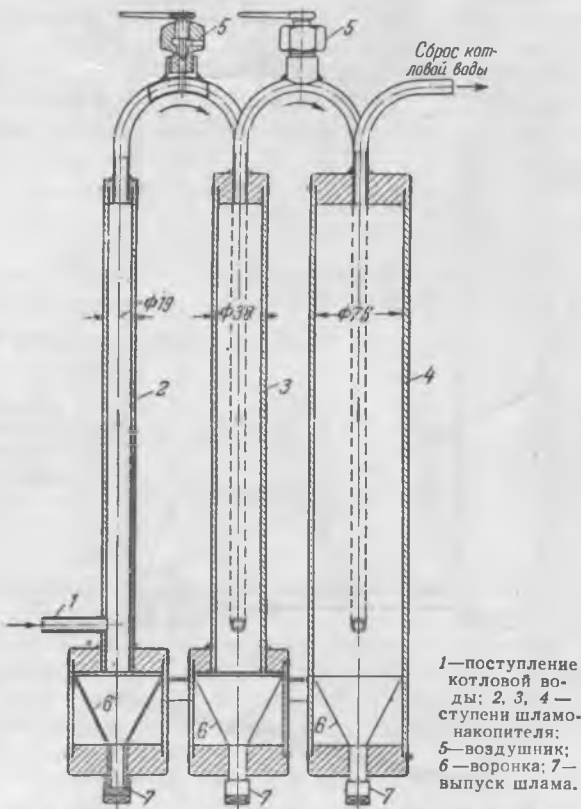


1—корпус; 2—вход котловой воды; 3—выход воды; 4—воздушник; 5—перегородка; 6—направляющая воронка; 7—пробка; 8—игла; 9—отверстия диаметром 5 мм для перепуска воздуха из правой половины в левую.

Рис. 2. Шламонакопитель.

При исследовании химического состава обрабатываемого в котловой воде шлама представляет интерес изучение его качества в зависимости от крупности частиц. Этот вопрос является наименее изученным.

Разделение накапливаемой пробы шлама по крупности его частиц можно производить в про-



1—поступление котловой воды; 2, 3, 4—ступени шламонакопителя; 5—воздушник; 6—воронка; 7—выпуск шлама.

Рис. 3. Трехступенчатый шламонакопитель.

цессе его накопления, пользуясь трехступенчатым шламонакопителем (рис. 3).

У каждой ступени шламонакопителя от воды должны отделяться частицы шлама, скорость отстаивания которых больше подъемной скорости воды в этой ступени. Во избежание снижения давления котловой воды в трехступенчатом шламонакопителе и частичного обращения ее в пар, что значительно затруднит отделение в ступенях аппарата шлама, после шламонакопителя устанавливают дроссельный вентиль или шайбу.

На рис. 4 приведена схема включения подобного шламонакопителя в линию периодической продувки котла от нижнего коллектора экрана.

Для того чтобы получить пробы шлама из котлов с рабочим давлением свыше 32 атм, необходимо котловую воду предварительно пропустить через поверхностный охладитель для понижения ее температуры ниже 100°С; это позволяет перевести шламонакопители на работу с атмосферным давлением.

Проверка шламонакопительных устройств на котле ТКЗ даже при весьма прозрачной котловой воде<sup>1</sup> показала полную пригодность устройств для указанных целей. Циркуляционные шламонакопители за двухсуточную работу накапливали количество шлама, достаточное для производства химического анализа (не считая чешуек). Трехступенчатые шламонакопители давали нужное для анализа количество шлама за сутки.

Приведенная проверка пригодности описанных шламонакопительных устройств позволяет рекомендовать их к применению в первую очередь при проведении исследовательских работ в

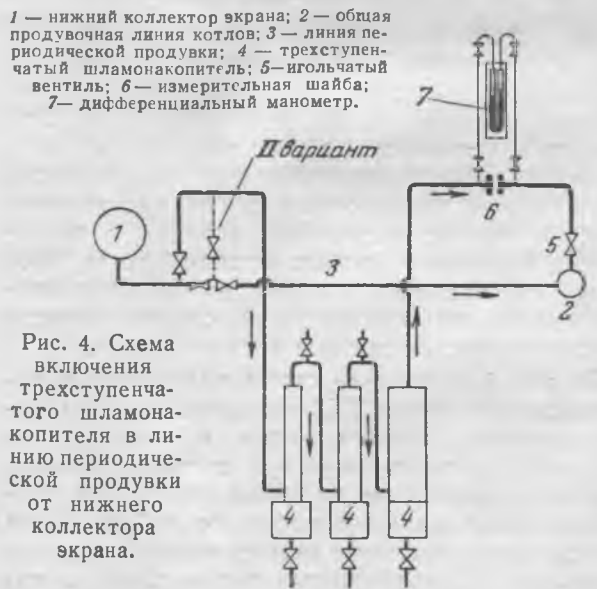


Рис. 4. Схема включения трехступенчатого шламонакопителя в линию периодической продувки от нижнего коллектора экрана.

области изучения внутрикотловых процессов, а также для эксплуатационного контроля работы котлов, подверженных зашламлению.

Систематический контроль качества обрабатываемого в котловой воде шлама позволит выявить и устранить причины зашламления.

<sup>1</sup> Котлы питались конденсатом турбин с незначительной добавкой химически очищенной воды.

# О стандартизации схемы отбора и разделки проб угля на электростанциях<sup>1</sup>

Инж. В. П. Полякова и инж. Б. Н. Ухин

Единственно правильным мероприятием, устраняющим общеизвестные недостатки ручного отбора и разделки проб угля (затруднительность соблюдения теоретически обоснованных норм и приемов отбора и разделки, возможность субъективных погрешностей, трудоемкость процессов и пр.), является полная механизация процессов отбора и разделки проб угля.

В 1945 г. на электростанции, сжигающей значительное количество угля в сутки, в месте перепада потока угля с одного транспортера на другой была смонтирована первая механизированная установка по отбору и разделке проб угля.

Установка состояла из механического отборника проб типа Свердловэнерго, промежуточного бункера емкостью 1 м<sup>3</sup>, дробилки ДМ-300 для измельчения отобранного угля и одноступенчатого делителя проб типа Каскад-ВТИ.

В течение последующих 3 лет механические отборники этого типа были установлены на остальных трех транспортерах топливоподачи, причем одноступенчатый делитель Каскад-ВТИ был заменен более совершенным порционером двойного действия ВТИ.

Механические отборники проб угля типа Свердловэнерго, установленные на электростанции, полностью соответствуют требованиям по отбору проб из потока (ГОСТ 930-50), а также «Инструкции по отбору и разделке проб угля для учета удельных расходов топлива на электростанциях» (Госэнергоиздат, 1940), именно:

1. Пробы угля отбираются от топлива, находящегося в движении (потоке).

2. Место отбора проб расположено после дробилок, за ленточными весами, в перепаде угля с одного транспортера на другой.

3. Порции в пробу отбираются через равные промежутки времени с учетом действующих норм и времени фактической работы транспортеров.

4. Отбирающий элемент по одному измерению несколько больше ширины транспортерной ленты, т. е. охватывает все сечение потока угля, а по второму измерению имеет около 200 мм, т. е. в несколько раз превышает максимальный размер кусков угля после дробилки.

5. Отбор пробы угля механическим отборником производится отдельными порциями от всей характеризуемой партии угля — сменной или суточной.

6. Вес отбираемых порций угля при одинаковых нагрузках транспортера практически одинаков.

7. Нормы отбора проб — количество и вес порций — полностью соответствуют ГОСТ 930-50.

В настоящее время на электростанции на двух лентах каждой топливоподачи (рис. 1) установлены:

1) два механических отборника, изготовленные ремонтно-механическим цехом электростан-

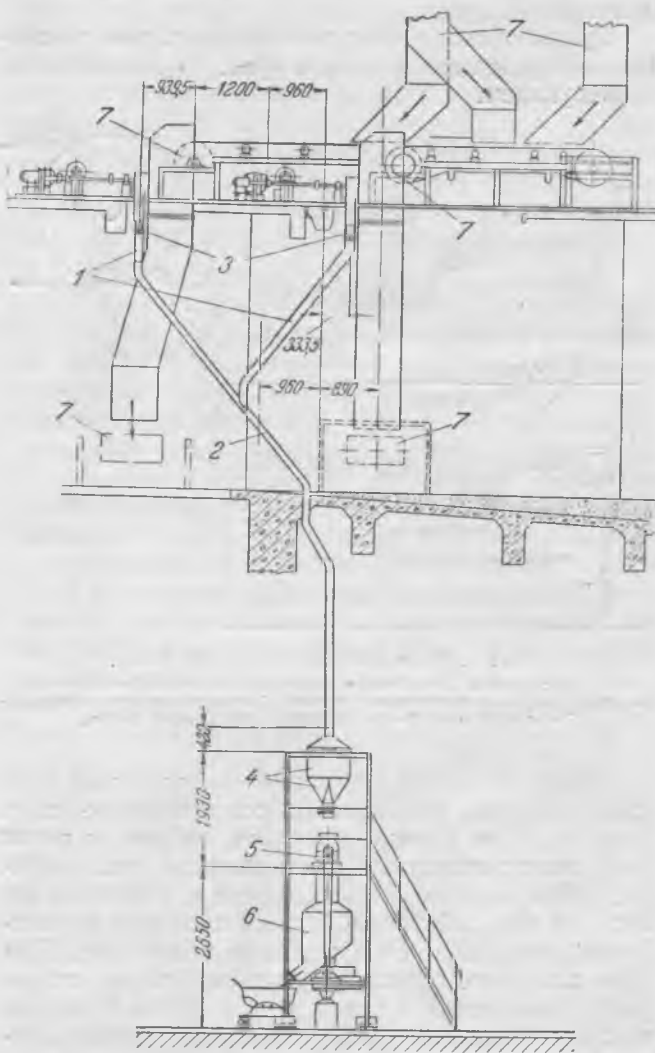


Рис. 1. Схема механического отбора и разделки проб угля.

1—рукава от механических отборников; 2—общий рукав от механических отборников; 3—промежуточные бункеры механических отборников; 4—приемный бункер угля емкостью 1 м<sup>3</sup>; 5—дробилка ДМ-300; 6—порционер; 7—транспортеры.

<sup>1</sup> Печатается в порядке обсуждения. Р е д.

ции по проекту Свердловэнерго, расположенные после последних наклонных транспортеров, на перепаде угля на транспортеры, распределяющие уголь по бункерам котельной;

2) электроавтоматическое управление механическими отборниками, заблокированное с управлением соответствующего транспортера;

3) два приемных короба с рукавами, по которым через общий объединенный рукав уголь поступает в бункер;

4) общий сборный бункер для хранения отобранного угля;

5) дробилка ДМ-300, обеспечивающая измельчение угля до крупности 3 мм;

6) двухступенчатый порционер ВТИ системы инж. Третьякова и Васильева.

Основными частями механического отборника являются: пластина-отсекатель; зубчатая рейка и зубчатое секторное колесо; возвращающие пружины; электропривод.

Принцип действия механического отборника проб угля ВТИ<sup>2</sup> заключается в том, что падающий поток угля с транспортера пересекается движущейся с большой скоростью пластиной-отсекателем, которая отсекает порцию угля из потока в приемный рукав.

Разработанная Свердловэнерго схема движения отбирающего элемента (рис. 2) заключается в следующем.

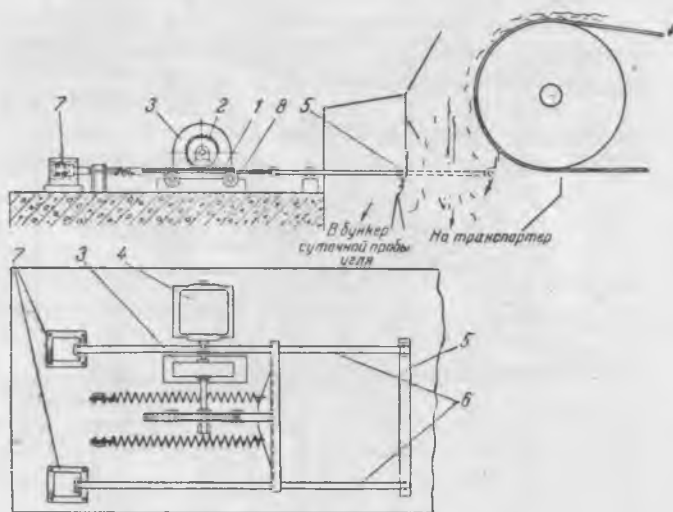


Рис. 2. Механический отборник угля.

1—зубчатая рейка; 2—зубчатое секторное колесо; 3—редуктор; 4—двигатель; 5—пластинка-отсекатель; 6—направляющие пластины; 7—успокоитель; 8—роликовая опора зубчатой рейки.

Зубчатое колесо с помощью рейки подает пластину вперед, преодолевая сопротивление двух пружин. Как только пластина зайдет за поток угля, электродвигатель автоматически отключается, рейка выходит из зацепления с зубчатым колесом и под действием пружин пластина стремительно возвращается в исходное положение. При этом пластина, пересекая угольный поток, отбрасывает высеченную пробу угля в рукав и закрывает приемное отверстие последнего, устраняя, таким образом, возможность попадания угля в рукав в период покоя отбирающего элемента.

<sup>2</sup> Предложен Ю. Г. Васильевым и П. П. Елизаровым в 1940 г.

Наблюдение за работой механических отборников проб угля производится дежурными топливopодачи.

Электропривод механического отборника автоматизирован, благодаря чему он автоматически включается при пуске транспортера. Через каждые 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> мин. цикл действия отборника повторяется<sup>3</sup>.

В случае неисправности автоматики двигатель пробоотборника включается вручную и управляется с помощью кнопок «пуск» и «стоп».

Первая ступень порционера ВТИ, куда поступает уголь из дробилки ДМ-300, состоит из направляющей наклонной решетки, бункера, конуса рассекателя, вращающегося приемного сектора, укрепленного на полом валу и сообщающегося с ним через специальный вырез.

Вторая ступень порционера состоит из вращающегося барабана, имеющего четыре воронки, под которыми укреплены съемные стаканы для отбора лабораторной пробы.

При включении двигателя порционера через редуктор вращаются полый вал с приемным сектором и барабан со стаканами. Одновременно через соединительную муфту вращение передается ременной передачей на дробилку ДМ-300.

Уголь после дробилки ДМ-300, крупностью до 3 мм, стекает в бункер и из него — на конус-рассекатель, с которого ссыпается в радиальном направлении.

Представительная часть угля попадает во вращающийся сектор, а из него — в полый вал. Уголь, не попавший в сектор, ссыпается по наклонному днищу кожуха наружу — сброс после первой ступени сокращения (рис. 3).

Равномерно ссыпавшийся из полого вала уголь попадает через вращающиеся ниже него секторные воронки в приемные стаканы. Остаток ссыпается в бидон — сброс после второй ступени сокращения. Уголь, скопившийся в стаканах, является лабораторной пробой.

В случае большой первичной пробы в лабораторную пробу отбирается уголь из одного-двух стаканов при первом наполнении и из такого же числа стаканов при втором и третьем наполнениях.

В порционере установлены четыре стакана емкостью до 700 г угля. Скорость вращения барабана 50—60 об/мин. Кратность сокращения I ступени — 16, II ступени — 17. Общая кратность сокращения пробы в двух ступенях порционера составляет около 300.

Испытания механических отборников и порционеров химическим цехом электростанции проводятся в двух направлениях:

1. Определение заборной емкости пластины. Заборная емкость согласно ГОСТ 930-50 для электростанции поддерживается в пределах 2—2,5 кг. Эта величина на различных механических отборниках достигается при средней нагрузке ленты транспортера изменением наклона пластины.

<sup>3</sup> Подробное описание автоматики см. в статье Д. А. Савиновского и Б. Н. Ухина «Механический отбор и разделка проб угля на электростанциях» в сборнике «Опыт эксплуатации энергосистем Урала», Госэнергоиздат, 1950.

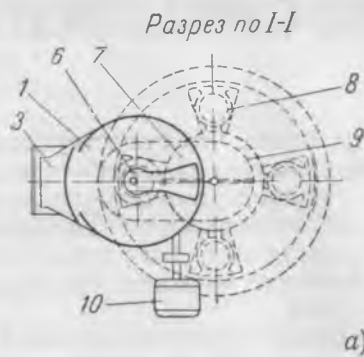
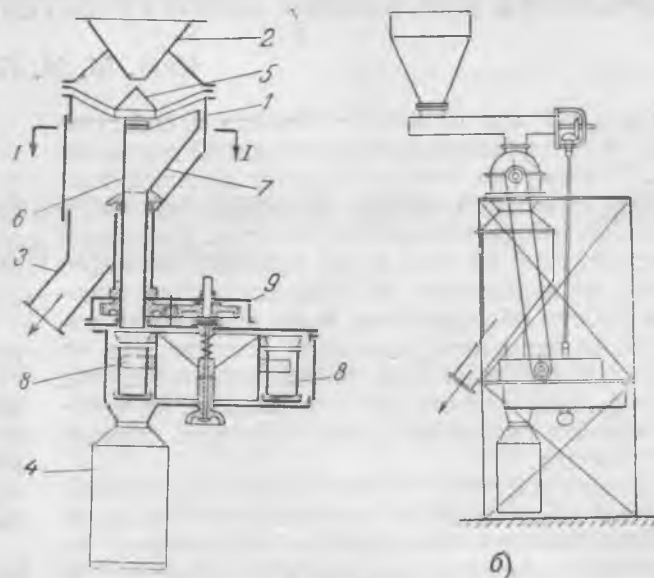


Рис. 3. Двухступенчатый порционер ВТИ системы В. М. Третьякова и Ю. Г. Васильева (а) и его схема (б).

1 — корпус делителя; 2 — рукав из-под дробилки; 3 — рукав сброса после I ступени; 4 — бидон — сброс после II ступени; 5 — конус-рассекатель; 6 — полый трубчатый вал; 7 — приемный сектор; 8 — приемные стаканы лабораторной пробы; 9 — редуктор; 10 — электродвигатель.



Нормально пластина устанавливается вертикально, т. е. угол наклона равен  $0^\circ$ . Если заборная емкость мала, то угол наклона увеличивают на  $5-10^\circ$ ; если она велика, то этот угол уменьшают на  $5-10^\circ$ , считая от вертикального положения пластины. Изменение положения пластины против вертикального на  $5-10^\circ$  практически не дает расхождения проб по фракционному составу и зольности.

2. Сравнение механизированного отбора с ручным. Один раз в квартал и во всех случаях изменения работы механических отборников производятся сравнительные испытания их с ручным отбором.

Ручная проба, принимаемая как контрольная, отбирается с транспортеров по ГОСТ 930-50. Наиболее часто охватываемой является средняя, мощная часть потока.

После отсевок по фракциям на ситах  $25 \times 25$ ,  $10 \times 10$  и  $3 \times 3$  мм первичная проба пропускается через дробилку ДМ-300 и делитель-порционер ВТИ. Данные, полученные при испытаниях механических отборников, приведены в таблице.

Опыт	Метод отбора	Количество в пробе отдельных фракций угля в процентах, размером				$A^c$ , %
		$>25$ мм	$25-10$ мм	$10-3$ мм	$3-0$ мм	
1	Механический . . . . .	1,3	8,4	41,8	48,5	30,2
	Ручной . . . . .	1,8	8,3	39,4	50,5	29,8
2	Механический . . . . .	0,96	11,9	41,0	46,2	30,12
	Ручной . . . . .	0,82	9,1	41,6	48,9	29,90
3	Механический . . . . .	0,6	9,9	39,4	50,1	25,9
	Ручной . . . . .	0,9	9,8	41,3	48,0	26,3
4	Механический . . . . .	2,5	9,5	35,5	52,5	30,4
	Ручной . . . . .	1,7	8,5	37,8	52,0	29,9

Как видно из таблицы, во всех случаях получается вполне удовлетворительная сходимость результатов механизированного и ручного отбора как по зольности, так и по содержанию в угле отдельных фракций.

Испытание порционеров производится сравнением зольности угля из всех четырех стаканов и сброса после I и II ступеней.

Следует отметить, что качество разделки проб с помощью порционера ВТИ, как правило, всегда хорошее, и расхождения (по «сбросу» и стаканам) по зольности  $A^c$  находятся в пределах норм, т. е.  $0,3-0,5\%$ .

### Выводы

Достаточно успешная эксплуатация установок по отбору и разделке проб угля электростанции в течение 7 лет позволила: сократить штат отборщиков проб; исключить элемент субъективности, вносимый отборщиками при ручном отборе проб, и получить более представительную первичную пробу; исключить трудоемкую работу по ручной разделке проб и тем самым устранить влияние разделщиков на качество лабораторной пробы.

В настоящее время почти на всех уральских и многих сибирских электростанциях отбирают пробы угля с помощью механических отборников типа Свердловэнерго.

Разделка отобранного угля при этом, как правило, производится при помощи дробилок ДМ-300 и двухступенчатых порционеров ВТИ. Представляется возможным рекомендовать описанную схему отбора — разделки проб угля в качестве стандартной, внося в нее, может быть, некоторые дополнительные усовершенствования, и использовать ее на электростанциях, не имеющих механизированных отбора и разделки проб.

Проектирующим организациям следует предусматривать на топливоподаче новых электростанций место для механизированной установки по отбору и разделке проб угля.



# О системе расчетов электростанций с торфопредприятиями<sup>1</sup>

Инж. М. И. Лебедева

Удельный вес стоимости топлива в себестоимости энергии тепловых электростанций достигает 70%. Поэтому на электростанциях большое внимание уделяется вопросу снижения топливной составляющей себестоимости энергии. Работники электростанций из года в год проводят большую работу, направленную на повышение экономичности работы оборудования, и это дает стране тысячи тонн экономии условного топлива. Но на топливную составляющую себестоимости энергии, кроме количественного расхода топлива, не меньшее влияние оказывают цена и качество сжигаемого топлива.

Система расчетов за отпускаемую продукцию с учетом качества продукции является одним из основных методов мобилизации предприятий на борьбу за улучшение качества и за снижение себестоимости продукции.

Между тем существующая с 1938 г. (на основании приказа НКТП № 126-а от 22/II 1938 г.) система расчетов за поставляемый торф недостаточно мобилизует торфопредприятия на борьбу за улучшение качества торфа и переносит перерасходы торфопредприятий на электростанции.

Стоимость торфа складывается из: 1) стоимости торфа франко-штабель болото; 2) стоимости вывоза торфа с болот по узкой колее и погрузо-разгрузочных работ на болоте и 3) стоимости доставки торфа по широкой колее.

Расчеты с торфопредприятиями за поставляемый торф согласно упомянутому приказу НКТП производятся за торф натуральной (а не расчетной) влажности с применением установленной тем же приказом шкалы скидок (надбавок) за повышенную (пониженную) влажность торфа только в части первой слагаемой стоимости торфа (стоимости торфа франко-штабель болото).

На вторую же слагаемую стоимости торфа (вывоз торфа с болот и погрузо-разгрузочные работы на болоте), оплачиваемую торфопредприятию, шкала скидок и надбавок не распространяется. В результате с повышением влажности торфа увеличивается стоимость 1 т условного топлива, что можно иллюстрировать примером для кускового торфа различной влажности (см. таблицу). Для фрезерного торфа картина будет аналогичной.

Влажность, %	% скидки согласно приказу НКТП № 126а	Цена 1 т натурального торфа, руб.				Ск. класс	Цена 1 т условного топлива, руб.	Удорожание 1 т условного топлива при повышенной влажности топлива, руб.
		Стоимость топлива франко-болото	Прочие оплаты, включая железнодорожный тариф	Скидка за повышенную влажность	Итого			
33	—	58,50	28,32	—	86,82	2 800	217,05	—
41	13,0	58,50	28,32	7,61	79,21	2 393	231,61	14,56
45	23,0	58,50	28,32	13,46	73,36	2 190	234,38	17,33
50	38,0	58,50	28,32	22,23	64,59	1 937	233,18	16,13

Из таблицы видно, что существующая шкала скидок за повышенную влажность торфа не компенсирует удорожания условного топлива — торфа. Поэтому существующая система расчетов за торф, не мобилизующая торфопредприятия на борьбу за повышение качества топлива, должна быть пересмотрена.

В качестве одного из вариантов новой системы расчетов можно предложить следующее:

1. Устанавливается цена торфа расчетной влажности франко-станция отправления широкой колеей с включением всех расходов торфопредприятий по погрузо-разгрузочным работам, транспорту по узкой колее, содержанию складов при широкой колее и т. д.

2. Вводится шкала скидок (надбавок) за повышенную (пониженную) влажность торфа, построенная по прямой зависимости изменения теплотворной способности торфа при различной влажности.

3. Предельная норма зольности для торфопредприятий устанавливается среднединамическая (с учетом количества добываемого торфа различной зольности).

Размер скидки за повышенную зольность торфа остается на уровне, утвержденном приказом НКТП № 126, т. е. 1,5% за каждый процент повышения зольности абсолютно сухой массы торфа против установленной предельной нормы.

Для примера применения предложенной системы расчета используем данные таблицы.

Предположим, что установленная цена 1 т кускового торфа франко-станция отправления широкой колеей составляет 86 р. 82 к. при влажности торфа 33% и зольности 8%. Фактически торфопредприятие поставляет торф влажностью 41% и зольностью 8%. Скидка за повышенную влажность торфа будет:

$$100 \cdot \left( \frac{2\ 393}{2\ 800} \cdot 100 \right) = 14,5\%$$

Цена 1 т натурального кускового торфа при влажности 41% получится равной 74 р. 23 к. Цена же 1 т условного топлива составит 217 р. 05 к., т. е. на уровне цены 1 т условного топлива при расчетной влажности торфа 33%.

Предлагаемая система расчетов с торфопредприятиями не исключает всех дополнительных расходов электростанций, вызываемых ухудшенным качеством торфа, так как увеличение затрат по транспорту торфа по широкой колее, ухудшение экономичности работы оборудования электростанций, увеличение объема топливных операций на электростанциях будет продолжать вызывать дополнительные расходы по себестоимости энергии на электростанциях.

Но вместе с тем предлагаемая система расчетов больше мобилизует торфопредприятия на борьбу за улучшение качества поставляемого торфа, на снижение себестоимости его добычи и окажет помощь в деле борьбы электростанций за снижение себестоимости энергии.

<sup>1</sup> Печатается в порядке обсуждения. Р е д.



# Автоматическая подача мазута в топку при погасании пылевого факела

Инж П. В. Власов

Одним из недостатков камерных топок, работающих на пылевидном топливе с малым содержанием летучих (антрациты и антрацитовые штыбы, тощие угли), является, как известно, неустойчивое горение, нередко сопровождающееся погасанием топки с последующими вспышками накопившейся в топке пыли. Эти вспышки вызываются тем, что до восстановления факельного горения в топку продолжает поступать пыль (если кочегар не успевает во-время выключать ее подачу), которая в условиях высоконагретой окружающей среды быстро приобретает температуру, близкую к воспламенению, и при восстановлении факела (с помощью мазута или газа) резко воспламеняется, давая эффект, подобный взрыву.

Погасание топки обычно вызывается снижением нагрузки котлоагрегата, т. е. понижением теплового напряжения топки.

В связи с этим для котлов, работающих на антрацитах и тощих углях, устанавливается нижний предел производительности, определяемый условием устойчивого горения пыли без зажигания мазута.

Встречаются и случаи погасания топок при нормальных нагрузках котлов. Это в основном может вызываться неполадками в системе приготовления и подачи пыли.

Поддержание устойчивого горения в топке в таких случаях зависит от искусства машиниста котла, т. е. его умения во-время увеличить подачу топлива или подключить для поддержания фа-

кела мазутную форсунку. Малопытные машинисты обычно или допускают погасание топки и сильные вспышки, или пережигают больше мазута на поддержание горения. Условия такой работы требуют напряженного внимания машиниста котла, в особенности при обслуживании двух или нескольких котлов одним машинистом. Особенно тщательное наблюдение требуется за топками регулировочных котлов, работающих с переменным режимом.

Применяемые в настоящее время системы автоматического регулирования горения предназначаются главным образом для поддержания оптимального режима горения и не предназначены удерживать факел в топке в случае прекращения горения пыли.

Автором предложена дополнительная автоматика, предназначенная для подачи мазута в топку в случае погасания в ней пылевого факела<sup>1</sup>.

Схема автоматики (рис. 1) действует следующим образом. Встроенный в топку фотоэлемент 1 контролирует постоянство факельного горения в топке, изменяя свое сопротивление в зависимости от интенсивности излучения факела, и таким образом, изменяет величину тока в цепи с электронной лампой 2, которая управляет про-

<sup>1</sup> В разработке электрической части автоматики принимали участие старший научный сотрудник Лаборатории авторегулирования ВТИ В. Д. Миронов.

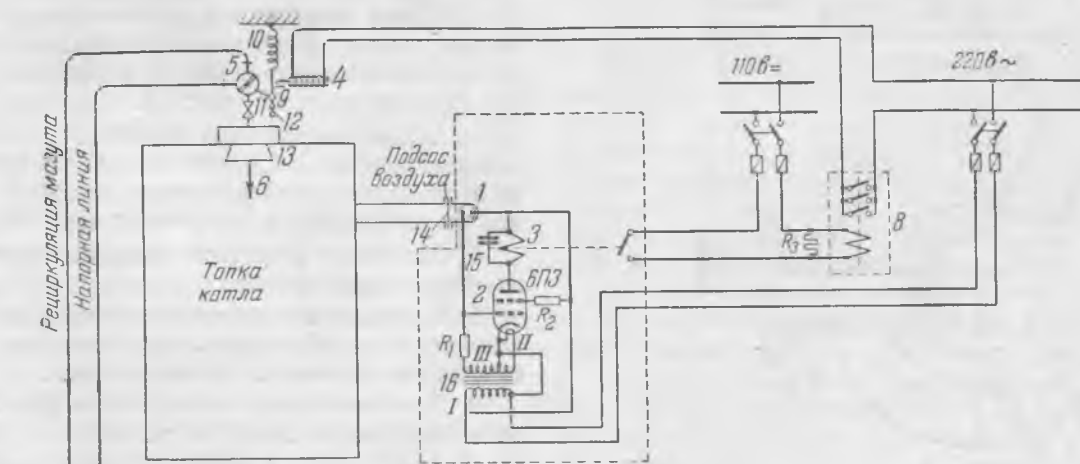


Рис. 1. Схема автоматической подачи мазута в топку котла при неустойчивом горении угольной пыли.

1—фотоэлемент; 2—электронная лампа; 3—промежуточное реле; 4—соленоидный привод; 5—автоматический трехходовой вентиль; 6—мазутная форсунка; 7—мазутный насос; 8—магнитный пускатель; 9—защелка; 10—пружина; 11—рычаг вентиль; 12—тяга рычага; 13—горелка; 14—защитное стекло; 15—конденсатор; 16—трансформатор 220/60 (20)/50 в, 0,05 а; R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> и R<sub>3</sub>—сопротивления; 17—регулирующий вентиль.

межпуточным реле 3, предназначенным для замыкания контактов в цепи питания соленоидного привода 4 вентиля 5 мазутной форсунки 6.

При нормальном горении пыли контакты промежуточного реле разомкнуты, трехходовой вентиль перекрывает мазут к форсунке и держит открытой линию рециркуляции мазута ко всасу мазутного насоса 7.

В случае погасания топки контакты промежуточного реле замыкают цепь питания магнитного пускателя 8, который в свою очередь вызовет срабатывание соленоидного привода вентиля мазутной форсунки. Соленоидный привод выдергивает защелку 9 пружины 10, поворачивающей вентиль при помощи рычага 11. Повернутый на 120° вентиль перекроет окно на рециркуляцию мазута к насосу и откроет подачу мазута к мазутной форсунке. Трехходовой вентиль показан на рис. 2.

Обратное отключение мазутной форсунки после восстановления горения пыли должно быть произведено вручную путем обратного поворота трехходового вентиля до сцепления с защелкой. Схема автоматики после этого опять будет готова к действию.

Применение в схеме автоматики фотоэлемента в качестве импульсного органа, воспринимающего изменение напряженности излучения факела, позволяет осуществлять практически мгновенную подачу мазута в топку, что является основным преимуществом данной схемы, так как предупреждает возникновение вспышек и взрывов

пыли в случае задержки с восстановлением факельного горения.

В целях наибольшего упрощения и гарантии от сильных вспышек и взрывов пыли описываемая схема должна работать не только на включение мазута, но и на отключение пылепитателей. Для этого она должна иметь блокировку с пылепитателями, действующую на отключение их при погасании топки во избежание накопления несгоревшей пыли в топке.

Весь процесс восстановления горения пыли в топке происходит в следующем порядке.

При погасании факела одновременно отключаются пылепитатели и включается автоматическая мазутная форсунка, а также одновременно загорается сигнальная лампа и дается сигнал sireны или звонка, оповещающий машиниста котла о прекращении горения пыли в топке.

При наличии факела от мазутной форсунки машинист котла включает пылевую горелку, спаренную с автоматической мазутной форсункой, и в порядке установленной очередности включает остальные пылевые горелки, а затем, после того как он убедится, что в топке восстановлено нормальное горение пыли, отключает мазутную форсунку.

При отключении машинистом мазутной форсунки схема автоматической подачи мазута заводится в положение готовности к действию.

При условии надежного действия схемы автоматической подачи мазута блокировка, действующая на отключение пылепитателей, может быть снята, т. е. подача мазута может осуществляться без перерыва в подаче пыли, что позволит уменьшить снижение производительности котла, неизбежное при длительной задержке с восстановлением горения пыли.

Выполнять эту схему автоматической подачи мазута в топку необходимо с соблюдением следующих технических условий:

1. Проходное сечение форсунки должно быть равно или меньше сечения регулирующего вентиля при полном открытии последнего.

2. Схема автоматики должна работать только на включение форсунки. Отключение форсунки должно производиться вручную машинистом котла при помощи тяги 12 (рис. 1).

3. Схема автоматики может отключать через дополнительные блок-контакты питатели пыли (в этом случае питатели пыли включаются машинистом котла после зажигания мазута).

4. Мазутная форсунка должна изготавливаться из жароупорной стали.

5. Мазутная линия к автоматической форсунке должна быть постоянно под давлением, соответствующем давлению распыливания.

6. При погасании топки схема должна включать сигнальную лампу и звонок или сирену.

Дальнейшее усовершенствование автоматической подачи мазута в топку может быть осуществлено таким образом, чтобы схема действовала автоматически (рис. 3) как на включение мазутной форсунки, так и на отключение (полная автоматика). Для надежности действия такой схемы в первичную цепь вводится реле времени, назначе-

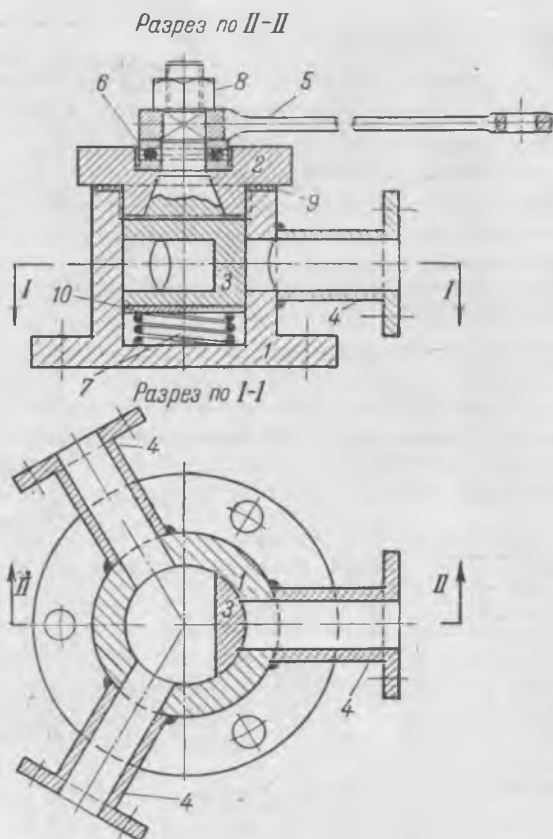


Рис. 2. Трехходовой вентиль (кран) для автоматической подачи мазута в топку котла.

1 — корпус вентиля; 2 — крышка вентиля; 3 — поворотный клапан; 4 — штуцеры; 5 — поворотный рычаг; 6 — упорный подшипник; 7 — нажимная пружина; 8 — гайка крепления рычага; 9 — прокладка; 10 — шайба.

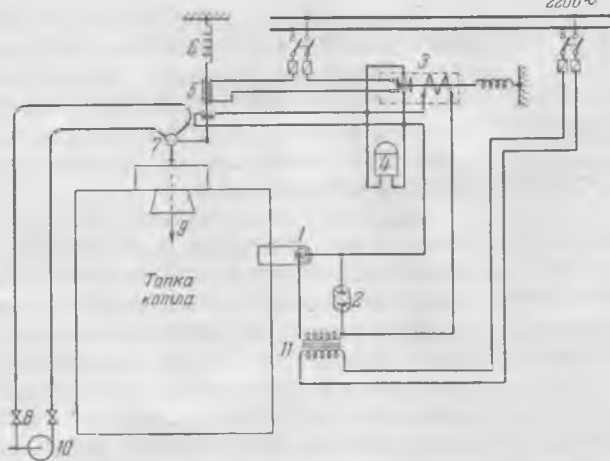


Рис. 3. Принципиальная схема автоматической подачи мазута в топку котла (схема полной автоматики).

1—фотозвон; 2—электронная лампа; 3—промежуточное реле; 4—реле времени; 5—соленоидный привод; 6—пружина обратной подачи; 7—автоматический вентиль; 8—регулирующий вентиль; 9—мазутная форсунка; 10—мазутный насос; 11—трансформатор.

нием которого является задержка отключения мазутной форсунки на время, достаточное для зажигания пыли. Время задержки отключения форсунки (уставка реле времени) подбирается опытным путем в зависимости от быстроты зажигания пыли.

Широкое применение автоматической подачи мазута для поддержания горения пыли в топках, работающих на трудновоспламеняемых топливах, должно ликвидировать случаи повреждения топочного оборудования, вызываемые вспышками и взрывами пыли при погасании топок.

Первым шагом в этом направлении должно быть применение на электростанциях полуавтоматической подачи мазута в топку (с ручным отключением мазута), как наиболее простой и обеспечивающей предотвращение вспышек и взрывов пыли в топках, работающих на трудновоспламеняемых топливах.

#### ОТ РЕДАКЦИИ

Публикуя статью П. В. Власова по вопросу, имеющему серьезное значение, особенно для электростанций, работающих на антрацитовом штыбе или тощем угле, редакция отмечает, что предлагаемая автором схема автоматики еще не опробована и решать вопрос об ее внедрении можно будет лишь после испытаний, которые следует организовать в ближайшее время.



## Частотная диаграмма для паровых турбин

Инж. Я. М. Грабовский

Вибрационное исследование рабочих лопаток дает возможность судить о вибрационной надежности работающей ступени паровой турбины.

При оценке характеристики, полученной при вибрационном испытании новой или действующей турбины, исходной величиной является статическая частота основного тона тангенциальных колебаний пакетов лопаток, которая определяется экспериментальным путем при помощи шлейфного или катодного осциллографа.

По статической частоте вычисляется динамическая частота пакета, а затем при помощи переходных формул определяются его запасы от резонанса для данной кратности. Эти запасы могут находиться в пределах установленных норм или быть выше или ниже их.

Оценка вибрационной надежности каждого пакета производится для двух соседних кратностей, из которых меньшая имеет знак плюс, а большая — знак минус. Назовем такие соседние кратности зонами колебаний лопаток. Очевидно, что каждая лопатка или пакет лопаток имеют собственную частоту, соответствующую определенной зоне колебаний.

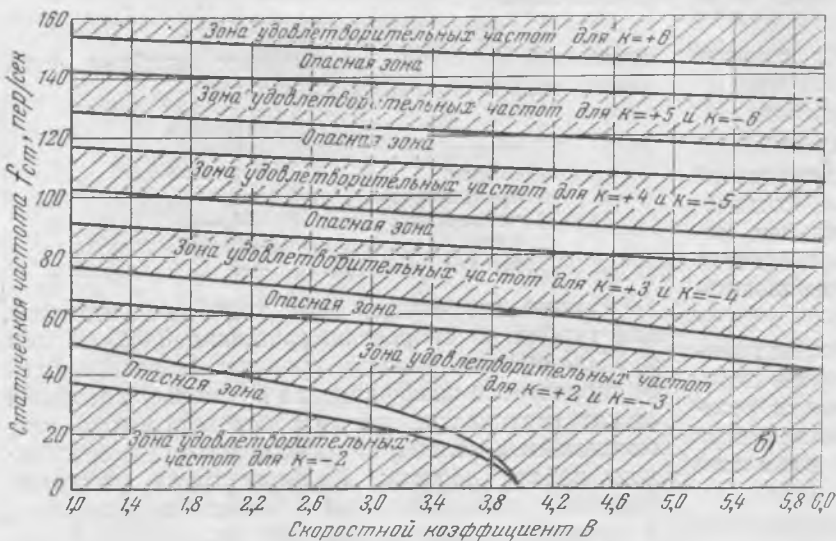
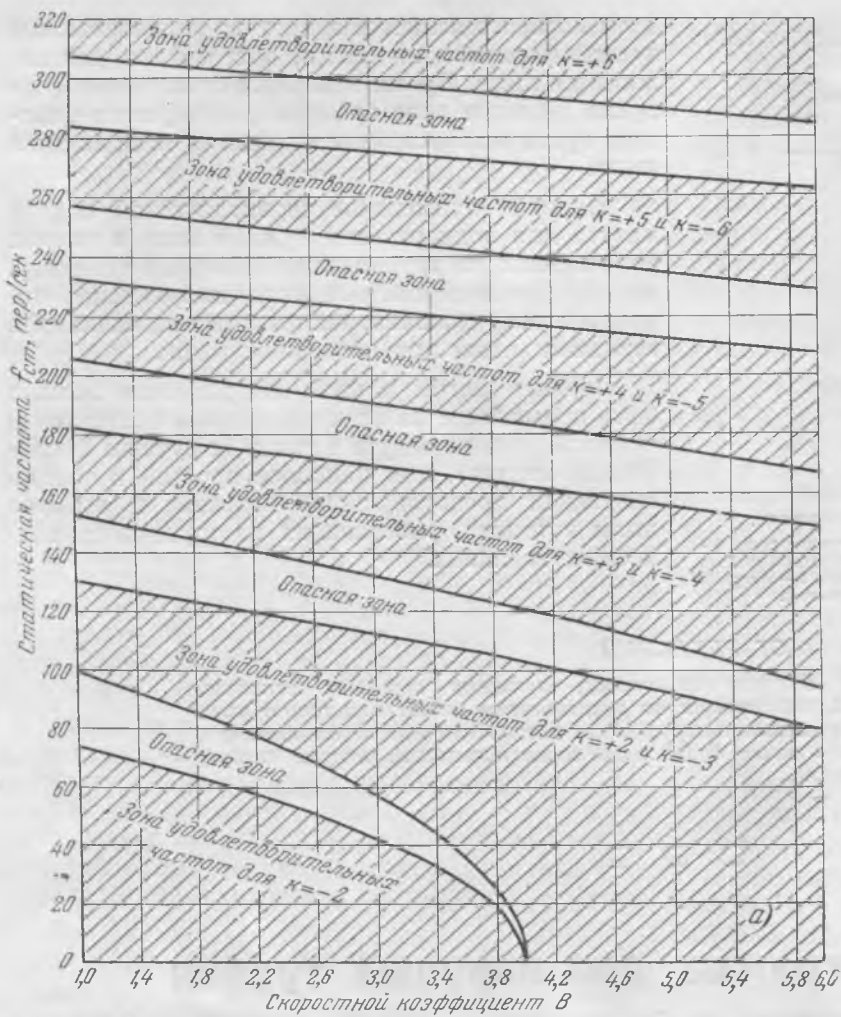
Исходя из того, что запасы от резонанса тангенциальных колебаний установлены для кратностей  $K=2 \div 6$  и что для колебаний лопаток выше кратности, равной шести, допустим резонанс, можно установить следующие шесть зон

колебаний лопаток, из которых крайние зоны имеют только по одной кратности:

Зона	Кратность $K$
первая . . . . .	—2
вторая . . . . .	+2,—3
третья . . . . .	+3,—4
четвертая . . . . .	+4,—5
пятая . . . . .	+5,—6
шестая . . . . .	+6

Можно для каждой зоны колебаний, отдельно для турбин со скоростью вращения 3 000 об/мин и 1 500 об/мин, указать пределы (в зависимости от скоростного коэффициента  $B$ ), между которыми лежат статические частоты основного тона тангенциальных колебаний, обеспечивающие безопасную работу лопаток. Крайние точки (частоты) отвечают принятым нормам запасов от резонанса, а промежуточные превосходят их.

Назовем статические частоты, удовлетворяющие запасам от резонанса для данной кратности  $K$  и данного скоростного коэффициента  $B$ , удовлетворительными частотами, соответствующие им зоны — зонами удовлетворительных частот, а частоты, не удовлетворяющие запасам от резонанса, — неудовлетворительными частотами и соответствующие им зоны — зонами неудовлетворительных частот или опасными зонами. Очевидно, что опасные зоны лежат между зонами удовлетворительных частот.



Частотные диаграммы работающей ступени паровой турбины.  
 а — для турбины с 3 000 об/мин; б — для турбины с 1 500 об/мин.



Имея кривые, очерчивающие зоны удовлетворительных частот для каждой зоны колебаний, можно по статической частоте пакета сразу узнать, в какой зоне он (пакет) работает и имеет ли он достаточные запасы от резонанса.

На рисунке приведены частотные диаграммы для турбины с выделенными зонами колебаний. Они дают возможность по скоростному коэффициенту  $B$  (который заранее подсчитывается) и по измеренной статической частоте лопаток определить, в какой зоне кратностей работают данная лопатка или пакет лопаток и является ли измеренная частота удовлетворительной или нет.

На горизонтальной оси каждой диаграммы отложена величина скоростного коэффициента  $B$  в пределах  $1 \div 6$ , что практически достаточно для низкочастотных лопаток, а на вертикальной оси — величина статической частоты  $f_{ст}$ .

Зная коэффициент  $B$  и на пересечении прямых  $B$  и  $f_{ст}$ , находят точку, которая попадет или в зону удовлетворительных частот или в опасную зону. Таким образом, эта точка определит удовлетворительность или неудовлетворительность измеренной частоты без дополнительных расчетов.

Нижние кривые каждой зоны определяют частоты с нормальными запасами от резонанса для положительных кратностей ( $K = +2, +3, +4, +5$  и  $+6$ ), а верхние — частоты с нормальными запасами от резонанса для отрицательных кратностей ( $K = -2, -3, -4, -5$  и  $-6$ ).

Указанные граничные кривые являются геометрическим местом точек одинаковых запасов и определяют следующие принятые (утвержденные) нормы запасов от резонанса:

Кратность $K$	Запас, %
$\pm 2$	15
$\pm 3$	8
$\pm 4$	6
$\pm 5$	5
$\pm 6$	4

Частоты, лежащие внутри зон удовлетворительных частот, дают процент запаса выше указанных величин.

# Расчет прочности центрально-армированных армопенобетонных труб для бесканальных теплопроводов

Канд. техн. наук Г. Д. Вишневецкий

В связи с широким внедрением в практику бесканальной прокладки теплосетей изоляционной конструкции А. Н. Крашенинникова<sup>1</sup> выявилась потребность в расчете ее механической прочности для случаев, когда теплоизоляция должна использоваться одновременно и в качестве самостоятельного несущего ограждения теплопровода.

Ниже рассматривается изоляционная конструкция в виде центрально-армированной армопенобетонной трубы (рис. 1), применяющаяся в настоящее время в теплосетях Ленинграда.

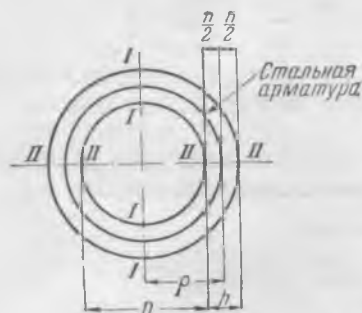


Рис. 1. Центрально-армированная армопенобетонная труба.

Уложенная в траншее армопенобетонная труба испытывает действие постоянного и временного давлений грунта. Вопрос о характере распределения давления грунта по поверхности трубы, как известно, не нашел еще окончательного разрешения в механике грунтов. Поэтому невозможно безапелляционно указать на ту или иную предпочтительную расчетную эпюру давлений. В этих условиях целесообразно основывать расчет прочности трубы на одной из упрощенных схем давлений, изображенных на рис. 2\*.

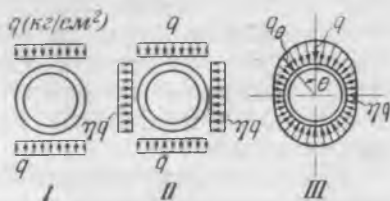


Рис. 2. Упрощенные расчетные давления грунта на трубу.

Схема I отвечает случаю, когда вследствие недостаточно тщательной трамбовки боковых пазух траншеи после засыпки нельзя рассчитывать на возникновение значительного бокового давления грунта. Учет бокового давления упрощенно осуществлен в схемах II и III. Закон изменения радиального давления  $q_\theta$  в зависимости от угла  $\theta$

для схемы III принят нами в виде тригонометрической функции:

$$q_\theta = q \left( \frac{1+\eta}{2} + \frac{1-\eta}{2} \cos 2\theta \right). \quad (1)$$

Если  $q$  обозначает максимальную интенсивность давления, а  $q_{пред}$  есть значение интенсивности, при которой конструкция достигает своего предельного состояния, то запас прочности конструкции можно охарактеризовать величиной коэффициента запаса:

$$k = \frac{q_{пред}}{q}. \quad (2)$$

Каково же предельное состояние рассматриваемой изоляционной конструкции? Опыты над центрально-армированными трубами из автоклавного пенобетона дают основание считать, что разрушение таких труб под действием давления, передаваемого через грунт, происходит за счет разрушения сечений I—I и II—II (рис. 1).

Изучение картины разрушения армопенобетонных центрально-армированных сечений было произведено автором в механической лаборатории Ленинградского инженерно-строительного института в опытах на чистый изгиб армопенобетонных балок. Опыты позволили установить, что при том количестве арматуры, которое вполне оправдывается конструктивными соображениями, армопенобетонное сечение оказывается «переармированным». Его разрушение происходит за счет сжатого пенобетона. При этом арматура сохраняет упругое состояние, а раскрытие трещин в местах разрушения происходит в результате скольжения арматуры в пенобетоне. Это скольжение отчетливо наблюдается даже в тех случаях, когда арматура снабжена крюками. В этих случаях скольжение сопровождается явлением продавливания пенобетона крюками. Величина разрушающего изгибающего момента может быть выражена формулой

$$M_{разр} = \beta Rbh^2, \quad (3)$$

где  $R$  — прочность пенобетона на сжатие при изгибе (может быть принята равной кубиковой прочности);

$b$  — ширина сечения;

$h$  — полная высота сечения.

Коэффициент  $\beta$  для переармированных сечений практически не зависит от процента армирования. На основании этих опытов можно принять  $\beta$  независимо от количества арматуры приблизительно равным:

<sup>1</sup>/<sub>11</sub> — для случая анкеровки арматуры в пенобетоне, эквивалентной крюкам Конси-дера;

<sup>1</sup>/<sub>16</sub> — для случая отсутствия специальной анкеровки арматуры.

<sup>1</sup> Информационные материалы Ленэнерго, выпуск второй, Госэнергоиздат, Л.-М., 1949.

\* И. И. Улицкий, Определение несущей способности круглых железобетонных труб по методу предельного равновесия „Сборник трудов Киевского инженерно-строительного института“, № 9, Гостехиздат Украины, 1951.

Указанные значения коэффициента  $\beta$  соответствуют данным ряда опытов на изгиб железобетонных перестроенных балок<sup>2</sup>.

Возвращаясь к вопросу о предельном состоянии армопенобетонной трубы, необходимо отметить особенность, отличающую разрушение трубы от разрушения аналогично армированной балки. В то время как в последней уменьшение высоты сжатой зоны, приводящее по мере возрастания нагрузки к разрушению пенобетона, связано лишь с развитием трещин, возникших в растянутой зоне, и с частичным скольжением арматуры в пенобетоне, в армопенобетонной трубе уменьшение высоты сжатой зоны может происходить еще и за счет продавливания пенобетона арматурой. Вследствие продавливания арматура смещается по мере возрастания нагрузки в сторону сжатой зоны пенобетона, что и вызывает уменьшение высоты этой зоны, приводящее в результате к разрушению. Поскольку эффект продавливания пенобетона арматурой по своему результату аналогичен эффекту скольжения арматуры в пенобетоне с раскрытием трещин (оба эффекта приводят к уменьшению разрушающего момента), то для определения величины разрушающего момента в сечении армопенобетонной трубы целесообразно принять меньшее из значений коэффициента  $\beta$ , полученных из опыта на изгиб армопенобетонной балки, а именно  $\beta = 1/16$ .

Основываясь на изложенном представлении о разрушении армопенобетонной трубы, легко найти выражение предельной интенсивности  $q_{пред}$  для случая действия на трубу нагрузки по схеме II. Рассмотрим для этого предельное равновесие четверти кольца (рис. 3), толщина которого  $b = 1$ . Пусть под действием предельной нагрузки сечения I—I и II—II разрушаются.

Введем следующие обозначения:

$ah$  — высота сжатой зоны пенобетона;  
 $\xi h$  — расстояние между центрами тяжести сжатого пенобетона и растянутой арматуры;  
 $N_a$  — усилие в арматуре в сечении I—I.

Тогда  $Rah$  представит усилие в сжатом пенобетоне, а  $a\xi R h^2 = \beta R h^2$  — величину разрушающего момента.

Так как рассматриваемая часть кольца находится в равновесии, то сумма моментов всех действующих на нее сил относительно любой точки, а также сумма проекций всех сил на любую ось должны равняться нулю.

Из условия равенства нулю суммы моментов относительно центра тяжести O сечения II—II имеем:

$$2\beta R h^2 = \frac{\eta q_{пред}}{2} \left(\rho + \frac{h}{2}\right)^2 + \frac{q_{пред}}{2} \left(\rho + \frac{h}{2}\right) (\rho - h) - (Rah - N_a) \rho. \quad (4)$$

Из условия равенства нулю суммы проекций всех сил на горизонтальную ось находим:

$$Rah - N_a = \eta q_{пред} \left(\rho + \frac{h}{2}\right). \quad (5)$$

<sup>2</sup> В. И. Мурашев, Расчет железобетонных элементов по стадии разрушения, Госстройиздат М.—Л., 1938, стр. 68, рис. 50. При сравнении коэффициентов следует иметь в виду, что фигурирующей у В. И. Мурашева величине  $h$  соответствует в случае центрального расположения арматуры величина  $\frac{h}{2}$ .

Пользуясь выражениями (4) и (5), получаем искомое  $q_{пред}$ :

$$q_{пред} = \frac{4\beta R h^2}{(1 - \eta) \left(\rho^2 - \frac{h^2}{4}\right)}. \quad (6)$$

Выражению (6) можно придать более удобный вид, если воспользоваться величиной отношения толщины трубы к ее внутреннему диаметру  $m = \frac{h}{D}$ .

Принимая во внимание, что  $\frac{h}{\rho} = \frac{2m}{1+m}$ , преобразовываем выражение (6) к виду:

$$q_{пред} = \frac{16\beta R}{1 - \eta} \frac{m^2}{1 + 2m}. \quad (7)$$

Взяв в соответствии с изложенным  $\beta = 1/16$ , получим:

$$q_{пред} = kq = \frac{R}{1 - \eta} \frac{m^2}{1 + 2m}. \quad (8)$$

Для случая загрузки по схеме I в формулах (7) и (8) следует принять коэффициент бокового давления  $\eta = 0$ .

Если  $\eta = 1$ , т. е. труба оказывается в условиях, близких к равномерному радиальному сжа-

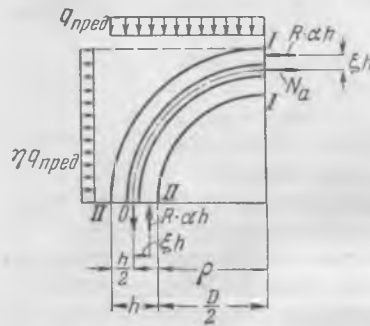


Рис. 3. Эпюра предельного равновесия четверти кольца толщиной  $b = 1$ .

тию, то формулы (7) и (8) дают  $q_{пред} = \infty$ . Это значит, что в данном случае рассматриваемое предельное состояние армопенобетонной трубы неосуществимо, т. е. разрушение в сечениях I—I и II—II невозможно.

С помощью формулы (8) составлена номограмма (рис. 4), дающая возможность:

а) проверить прочность армопенобетонной центральной-армированной трубы при действии нагрузок типа I и II;

б) определить толщину  $h$  трубы по заданным: коэффициенту запаса  $k$  и прочности пенобетона при сжатии  $R$ ;

в) определить необходимую прочность  $R$  пенобетона, если заданы  $k$  и  $h$ .

Пример. Нужно проверить прочность армопенобетонной трубы, имеющей внутренний диаметр  $D = 250$  мм, толщину стенок  $h = 80$  мм и арматуру в виде центральной спирали диаметром 4 мм с шагом 75 мм, если наибольшая интенсивность вертикального давления грунта  $q = 6,4$  т/м<sup>2</sup>, коэффициент бокового давления  $\eta = 0,3$  и кубиковая прочность пенобетона при сжатии  $R = 14$  кг/см<sup>2</sup>.

По номограмме находим (рис. 4, пунктир):

$$kq = 12,4 \text{ т/м}^2;$$

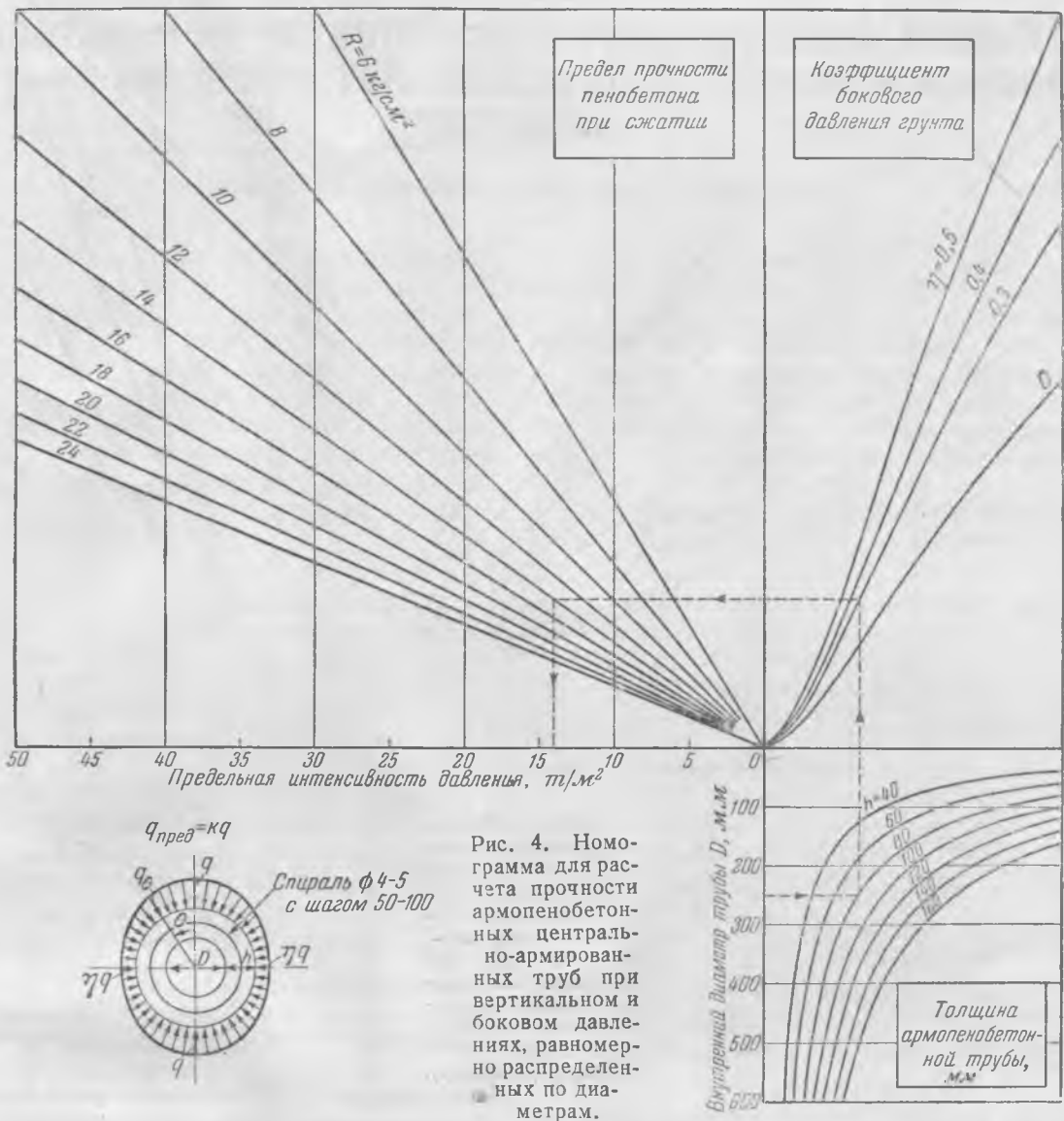


Рис. 4. Номограмма для расчета прочности армопенобетонных центрально-армированных труб при вертикальном и боковом давлении, равномерно распределенных по диаметрам.

следовательно, коэффициент запаса прочности трубы

$$k = \frac{12,4}{6,4} = 1,94.$$

Рассмотрим теперь действие радиального давления, распределенного по поверхности кольца симметрично относительно вертикального и горизонтального диаметров. Пусть закон изменения интенсивности  $q_0$  представлен в виде некоторой функции угла  $\theta$ :

$$q_\theta = q_{пред} \cdot f(\theta). \quad (9)$$

Составим условия предельного равновесия (рис. 5). Так как сумма моментов всех сил относительно центра тяжести  $O$  сечения II—II должна быть равна нулю, то

$$2\beta R h^2 + (Rah - N_a) \rho = q_{пред} \rho \left( \rho + \frac{h}{2} \right) \times \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta) \cos \theta d\theta. \quad (10)$$

Приравняв нулю сумму проекций всех сил на горизонтальную ось, найдем:

$$Rah - N_a = q_{пред} \left( \rho + \frac{h}{2} \right) \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta) \sin \theta d\theta. \quad (11)$$

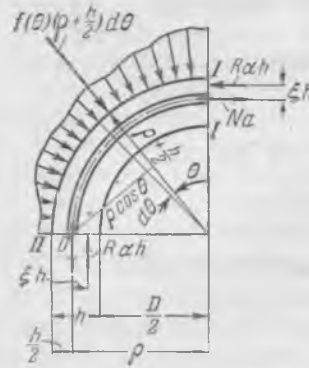


Рис. 5. Эпюра предельной интенсивности для общего случая симметричной радиальной нагрузки, действующей на кольцо.

Внеся выражение (11) в выражение (10), получим:

$$q_{пред} = \frac{2\beta R h^2}{\left( \rho + \frac{h}{2} \right) \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta) (\cos \theta - \sin \theta) d\theta}. \quad (12)$$

Формула (12) дает значение предельной интенсивности для общего случая симметричной радиальной нагрузки, действующей на кольцо.

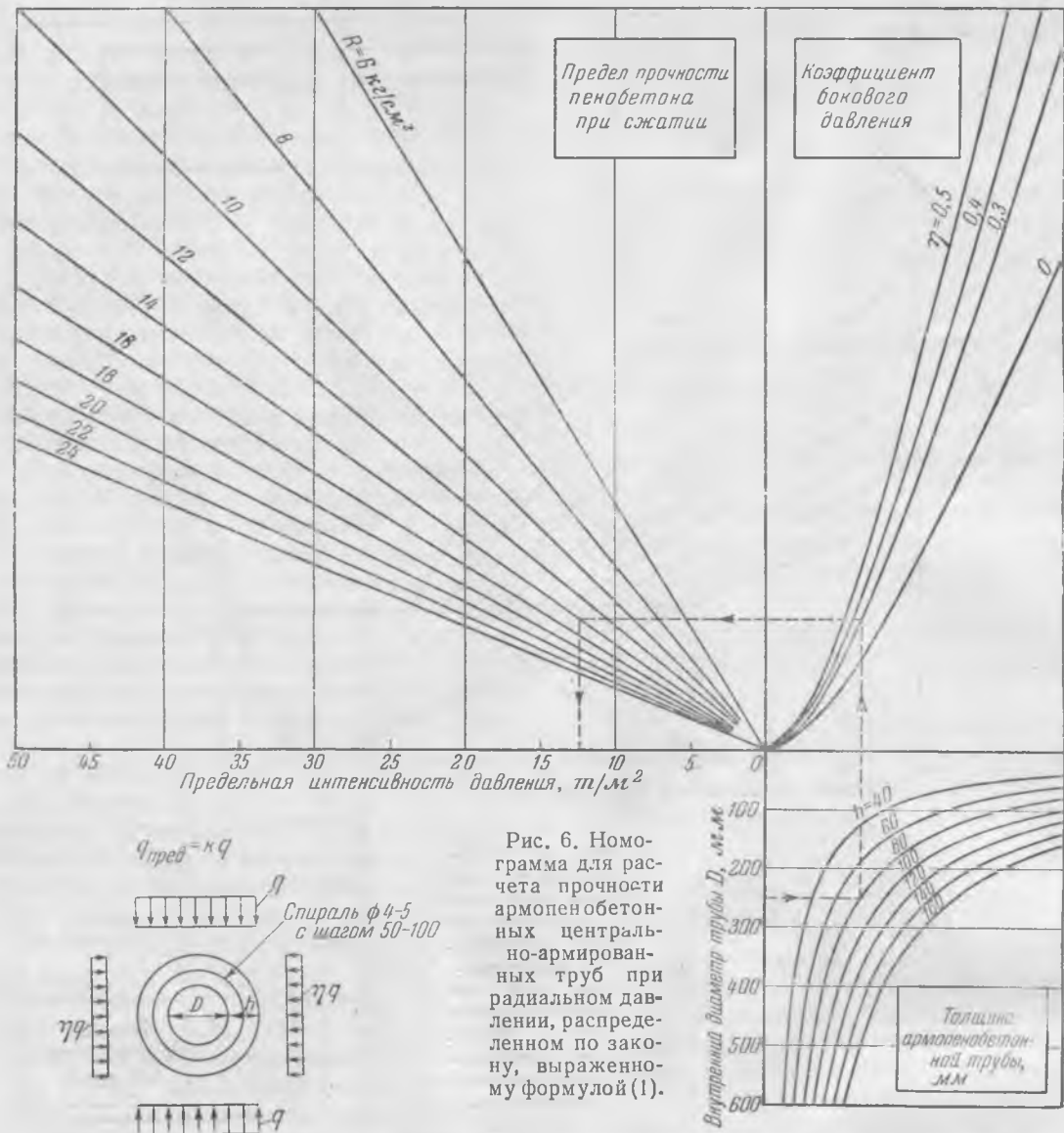


Рис. 6. Номограмма для расчета прочности армопенобетонных центрально-армированных труб при радиальном давлении, распределенном по закону, выраженному формулой (1).

В частном случае, для нагрузки типа III, распределение которой по поверхности кольца подчинено закону (1), имеем:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta) (\cos \theta - \sin \theta) d\theta =$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left( \frac{1+\eta}{2} + \frac{1-\eta}{2} \cos \theta \right) (\cos \theta - \sin \theta) d\theta = \frac{1-\eta}{3}$$

и, следовательно,

$$q_{пред} = \frac{6\beta R h^2}{(1-\eta) \rho \left( \rho + \frac{h}{2} \right)}, \quad (13)$$

или, иначе:

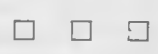
$$q_{пред} = \frac{24\beta R m^2}{(1-\eta)(1+m)(1+2m)}. \quad (14)$$

Приняв  $\beta = 1/16$ , получим:

$$q_{пред} = \frac{1,5R}{1-\eta} \frac{m^2}{(1+m)(1+2m)}. \quad (15)$$

С помощью формулы (15) построена аналогично ранее рассмотренной номограмма (рис. 6). Расчет по формуле (15) несколько экономичнее расчета по формуле (8), в чем нетрудно убедиться из сравнения номограмм.

В заключение заметим, что при укладке армопенобетонных труб в водонасыщенных грунтах без надлежащей гидроизоляции может потребоваться, кроме расчета трубы по стадии разрушения, также и расчет на трещинообразование с целью предотвращения недопустимого раскрытия трещин в растянутом пенобетоне. Проникновение воды через раскрытые трещины в пенобетон может вызвать коррозию арматуры, которая со временем может привести к потере несущей способности трубы. Мы не останавливались на этом вопросе, так как обычно армопенобетонные трубы покрываются гидроизоляционной оболочкой из борулина, которая, как показали опыты, служит достаточно надежной защитой пенобетона от проникновения грунтовой воды.



# Избирательное устройство автоматической аварийной разгрузки энергосистем по средней скорости изменения частоты

Инж. В. Н. Никитский и инж. А. Д. Шлейфман

Анализ работы имеющейся автоматической аварийной разгрузки по частоте давно показал, что введение принципа разгрузки по скорости изменения частоты дает некоторые преимущества, так как скорость снижения частоты пропорциональна возникшему дефициту мощности. Разгрузка по скорости изменения частоты принципиально позволяет быстро обеспечить восстановление частоты, не допуская ее снижения до 45 гц, как это может иметь место с разгрузкой по абсолютному значению частоты.

Схема устройства (рис. 2) состоит из четырех основных элементов: двух реле частоты с уставками  $f_1$  и  $f_2$ , элемента времени и отдельного реле времени для уточняющей очереди.

Средняя скорость снижения частоты определяется интервалом времени при изменении частоты от  $f_1$  до  $f_2$ , причем уровень этих частот может быть выбран достаточно высоким. В предлагаемой схеме  $f_1=48$  гц,  $f_2=47,5$  гц.

При дефицитах мощности, не превышающих 8—12%  $P_{уст}$ , разгрузка производится по абсо-

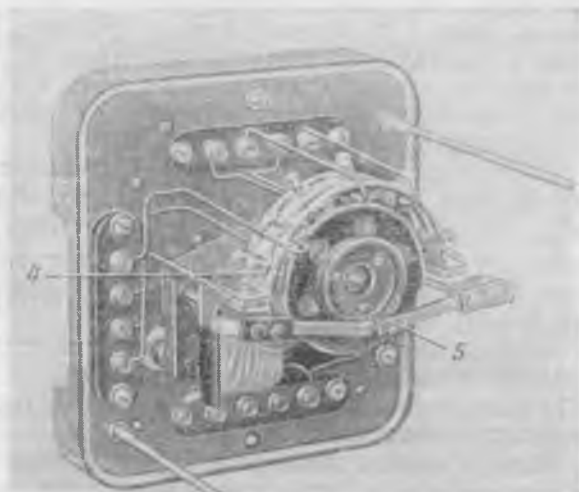
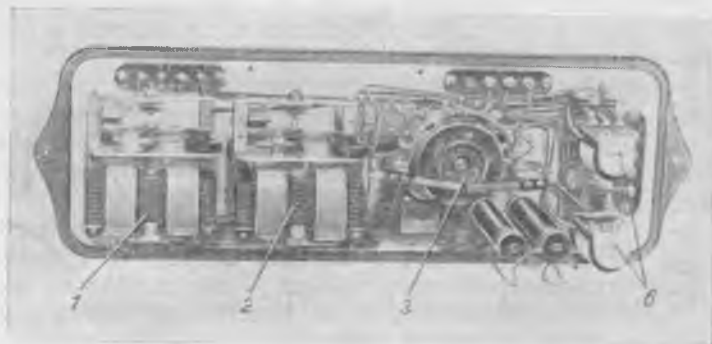


Рис. 1. Устройство автоматической аварийной разгрузки по принципу  $\frac{\Delta f}{\Delta t}$  и отдельные детали элемента времени.

1 и 2—реле частоты; 3—элемент времени; 4—контакт, подающий „плюс“ на металлическое полукольцо; 5—контакт-прерыватель; 6—промежуточное реле.

В связи с этим авторами была предложена схема автоматической аварийной разгрузки, реагирующей на величину средней скорости изменения частоты, в сочетании с принципом разгрузки по абсолютному значению частоты. (рис. 1).

лютному значению частоты, как это имело место до сих пор. Отключение потребителей производится мгновенно.

При дефицитах мощности более 8—12% вступает в действие разгрузка по скорости изменения частоты. На диапазоне частот в одну переменную ( $f_1-f_2$ ) в схеме предусмотрено семь очередей по скорости изменения частоты, две очереди (первая и вторая) по абсолютному значению частоты и одна уточняющая очередь с уставкой по частоте  $f_1$  (или  $f_2$ ) и по времени  $t = (2 - 2,5) T_{уст}$ .

В качестве органа, реагирующего на частоту, в схеме использованы реле, выполненные на базе индукционной барабанчиковой системы ИМБ-171 (ИЧБ-ЦЛЭМ)\*. В схеме устройства несколько отлично выполнена схема контуров RC, а именно: обмотки обоих реле соединены последовательно и последовательно с ними включен один конденсатор (с соответствующим изменением обмоточных данных и емкости конденсатора). Такое выполнение практически сводит к нулю все погрешности в измерении разности частот, вызываемые изменением параметра конденсатора от температуры, колебаний напряжения и пр.

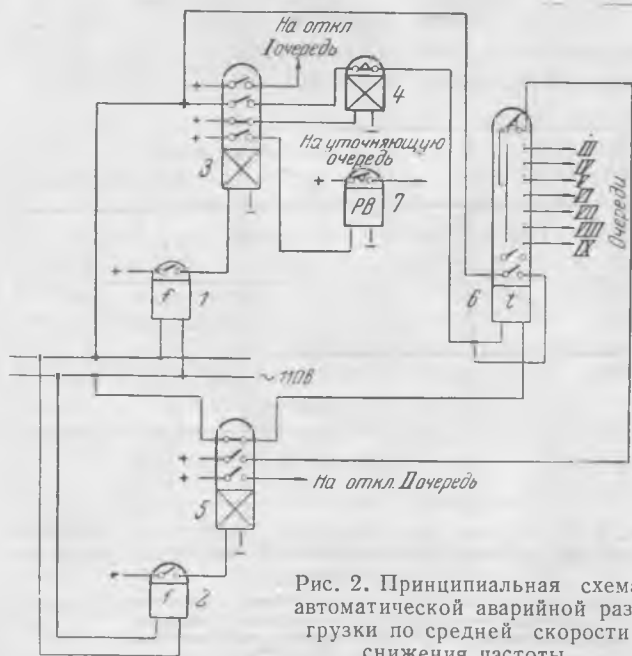


Рис. 2. Принципиальная схема автоматической аварийной разгрузки по средней скорости снижения частоты.

\* „Электрические станции“, 1952, № 5, стр. 47.

Элемент времени выполнен из малого синхронного двигателя с редуктором  $n=2$  об/мин,  $U_{нс.м} = 120$  в,  $M=750$  г см.

Синхронный микродвигатель через систему шестерен приводит во вращение пластмассовый диск с металлическим полукольцом. По диску скользят укрепленные на дуге контактные щетки. Через них подается импульс на отключение потребителей соответствующих очередей разгрузки по скорости изменения частоты. Напряжения трогания двигателя должно соответствовать  $U_{мин}$ , при котором еще работает реле частоты, т. е. должно быть не выше 50—70 в.

При снижении частоты в системе в результате возникшего дефицита мощности срабатывает первое реле частоты 1 и через промежуточное реле 3 запускает элемент времени 6, одновременно посылая импульс на отключение первой очереди и запуская реле времени 7 уточняющей очереди. Импульс на запуск элемента времени 6 подается через нормально разомкнутый контакт промежуточного реле 4 с задержкой на отпусkanie. Это реле в нормальном режиме находится под напряжением, и после срабатывания реле 3 отпадает со временем  $t_2$ , большим времени  $t_1$  замыкания блокконтакта элемента времени.

Параметры элемента времени подобраны таким образом, что при дефиците мощности  $P_{деф} \leq P_{1оч} + P_{11оч}$  диск элемента при изменении частоты от  $f_1$  до  $f_2$  успевает повернуться на угол 180°. При этом отключения подсоединенных к нему очередей не происходит.

Если дефицит превышает мощность первой и второй очередей, то частота в системе продолжает снижаться и при достижении величин  $f_2$  срабатывает реле частоты 2.

Через промежуточное реле 5 реле 2 посылает импульс на отключение второй очереди и через контактные щетки элемента времени, перекрытые к этому времени контактными полукольцом, разрешает импульс на отключение определенного количества очередей, соответствующего данному дефициту мощности.

При срабатывании реле 2 элемент времени останавливается, так как контактом реле 5 рвется цепь его питания (элемент времени запускается вновь только тогда, когда реле 2 разомкнет свои контакты). Схема возвращается в исходное положение после восстановления частоты и возврата реле 1.

В момент запуска элемента времени от реле 1 все контактные щетки, к которым подсоединены очереди разгрузки, лежат на металлическом полукольце. «Плюс» на полукольцо подается от реле 5 через контактные щетки 4 (рис. 1), расположенные последними по ходу диска. В нормальном режиме, когда диск не вращается, контакты 4 не перекрыты контактными полукольцом. Когда диск начинает вращаться, металлическое полукольцо перекрывает контакты 4 и постепенно выходит из-под щеток. Эти контакты обеспечивают подачу импульса на щетки в течение половины оборота диска, т. е. до тех пор, пока полукольцо не выйдет из соприкосновения с последней щеткой.

В зависимости от времени снижения частоты от  $f_1$  до  $f_2$  диск элемента успевает повер-

нуться на тот или иной угол, и к моменту срабатывания реле 2 (рис. 2) металлическим полукольцом оказывается перекрыто соответствующее количество контактных щеток. Все подсоединенные к этим щеткам очереди отключаются без выдержки времени при частоте  $f_2=47,5$  гц.

В случае, если после отключения потребителей автоматом установившаяся частота будет меньше величины  $f_1$ , т. е. первое реле частоты еще не разомкнет свой контакт, оно через реле времени посылает импульс на отключение уточняющей очереди, назначение которой восстанавливать частоту не ниже уставки реле 1 (48,5 или 48 гц), выбирается в пределах (2—2,5)  $T_{сист.}$

При восстановлении частоты до величины выше уставки реле 2 контакт реле размыкается, и диск элемента времени, завершая полный цикл поворота (питание подается через контакт-прерыватель 5), возвращается в первоначальное положение. При повышении частоты выше уставки реле 1 вся схема устройства возвращается в первоначальное положение.

На рис. 3 даны примерные характеристики процесса снижения и последующего восстановления частоты в результате действия обычной разгрузки по частоте и разгрузки по скорости снижения частоты.

Выбор уставок схемы сводится к определению величины мощности каждой очереди и времени снижения частоты от  $f_1$  до  $f_2$  при различных дефицитах мощности (т. е. расстояния между контактами элемента времени).

Определение этих параметров необходимо для любой схемы разгрузки, реагирующей на скорость снижения частоты, вне зависимости от того, по какому принципу построены элементы схемы.

Скорость снижения частоты в системе является, как известно, функцией трех величин: дефицита мощности, постоянной времени снижения частоты и коэффициента регулирующего эффекта нагрузки

$$k = \frac{\Delta P \%}{\Delta f \%}$$

Исходя из этих величин, можно получить характеристики снижения частоты во времени при различных дефицитах мощности. По этим харак-

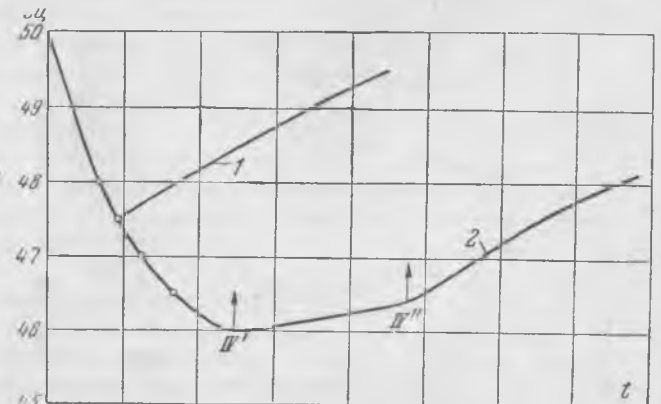


Рис. 3. Примерное восстановление частоты в энергосистеме при действии автоматической аварийной разгрузки по частоте.

1—восстановление частоты при действии скоростной разгрузки; 2—восстановление частоты при существующей разгрузке с четырьмя очередями по частоте и двумя подочередьями по времени в 4-й очереди (IV', IV'').

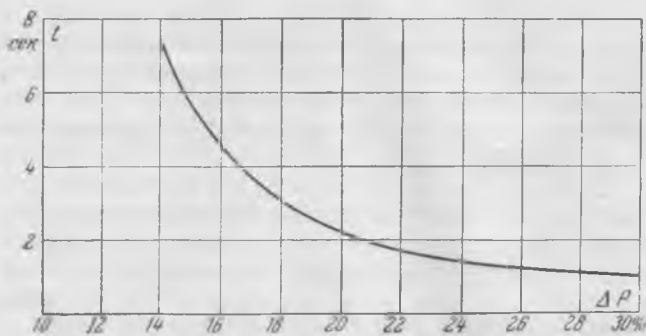


Рис. 4. Зависимость времени снижения частоты от  $f_1 = 48$  гц до  $f_2 = 47,5$  гц от дефицита мощности  $\Delta P\%$ .

теристикам определяется зависимость времени снижения частоты от  $f_1$  до  $f_2$  от дефицита мощности. На рис. 4 дана такая примерная характеристика для одной энергосистемы.

По кривым  $t = \varphi(\Delta P\%)$  определяется расстояние между контактами элемента времени.

В зависимости от режима работы системы постоянная времени снижения частоты может в небольших пределах меняться. Коэффициент ре-

гулирующего эффекта также не является строго фиксированной величиной.

Для того чтобы избежать излишних отключений при возможных изменениях  $T_{\text{сист}}$  и  $k = \frac{\Delta P\%}{\Delta f\%}$ , характеристики  $f = \varphi(t)$  следует строить с учетом минимально возможной величины  $T_{\text{сист}}$ . При этом, чтобы после срабатывания автомата разгрузки, уставки которого выбраны по этим кривым, установившаяся частота была не ниже  $f_1$ , используется уточняющая очередь.

Количество очередей на элементе времени не является неизменным — оно может быть увеличено установкой дополнительных контактов. Для того, чтобы уменьшить интервал по времени между очередями, этот элемент имеет дугу с двойным рядом контактов и соответственно широким контактным полукольцом на диске.

Следует иметь в виду, что автоматическая аварийная разгрузка по скорости изменения частоты с мгновенным отключением не может быть применена в тех энергосистемах, в которых возможны кратковременные снижения частоты при коротких замыканиях.



## Наладка работы воздушных выключателей

Инж В. И. Гуревич

Ряд повреждений воздушных выключателей и их недостаточная надежность в работе в первый период после установки заставили внимательно пересмотреть многие вопросы, связанные с работой выключателей: их конструктивные особенности, методы монтажа, объем ремонта, работу воздушного хозяйства подстанции.

Наладке, проводившейся в 1950—1951 гг., подверглись три типа выключателей: 110 кВ фирмы ВВС; 110 кВ Славянского завода и 220 кВ фирмы АЕГ.

Выключатели 110 кВ фирмы ВВС типа DF-110 обладают следующими конструктивными особенностями. Гасительная камера имеет двойной разрыв и продольное дутье, подвижной контакт — сплошной. Нож отделителя ломающийся, губки отделителя имеют упор для остановки врубашегося ножа. Привод отделителя заземлен, и передача движения от привода к ножу осуществляется вращающимся фарфоровым изолятором. Связь между приводом отделителя и сигнально-блокировочными контактами — механическая. Быстродействующее АПВ отсутствует. Каждая фаза выключателя имеет свой привод. Приводы связаны между собой пневматически, вследствие чего выключатели в фирменном исполнении не приспособлены к пофазному управлению.

В первый период своей работы эти выключатели вследствие неудовлетворительного состояния контактной части выключателя, а также загрязнения изоляции и засорения клапанов привода имели ряд аварий.

Наиболее слабым в контактной части выключателя было место перехода тока от одной подвижной контактной системы к другой. Этот переход осуществлялся через корпус гасительной камеры, причем соприкосновение подвижных контактных систем с корпусом камеры осуществлялось по торцу неглубокой кольцевой выточки в корпусе камеры. Нажатие контактных поверхностей было незначительно, что не позволяло иметь здесь малое переходное сопротивление. Положение ухудшалось еще тем, что кольцевой поясок на контактных системах выполнен из бронзы, а корпус гасительной камеры — из алюминия. При вскрытии выключателя на описываемых контактных поверхностях обнаруживались следы дуг (подгары).

Зачисткой монтажных поверхностей удавалось доводить переходное сопротивление контактов до  $\sim 600$  мком на всю камеру, но первое же опробование выключателя увеличивало это сопротивление, а выключатели, выводимые из эксплуатации, имели переходное сопротивление гасительных камер в десятки тысяч микроом.

Этот конструктивный недостаток выключателя был ликвидирован устройством прямого пути для тока из одной подвижной контактной системы в другую при помощи двух гибких проводников (из медной плетенки), приболчиваемых к подвижным контактным системам. Для пропуска этих проводников через диафрагму, разделяющую подвижные системы, в ней прорезалось отверстие.

После установки этих перемычек величина переходного сопротивления выключателя даже

после годовой работы не выходила из нормы (600 *мком*). При установке перемычек следует следить, чтобы они не перекрывали выхлопных щелей камеры, иначе перемычки могут быть поврваны воздухом при отключении.

Наконечник неподвижного контакта выполнен фирмой весьма сложно, с большим количеством пластинок, прижимаемых пружинами к наконечнику подвижного контакта. Практика показала, что в такой сложности нет необходимости. По примеру Мосэнерго эти сложные контакты были заменены контактами из сплошного куска красной меди. Никаких неудобств в эксплуатации такая замена не принесла, а ремонт неподвижных контактов значительно упростился.

При первоначальном монтаже выключателей не проверялось наличие предварительного вжима на контактах. Естественно, что при отсутствии давления между наконечниками подвижного и неподвижного контактов или при наличии зазора между ними выключатели повреждались. При последующих наладочных работах у каждой подвижной контактной системы обеспечивался предварительный вжим в 5—6 *мм*. Для создания одновременно работы обоих разрывов в гасительной камере усилия пружин обеих подвижных контактных систем каждой фазы выравнивались. Измерение давления пружин производилось на простейшем пневматическом прессе. Контактные системы регулировались так, чтобы при фактическом вжиге каждая пара имела одинаковое усилие вжатия. Применение пневматического пресса весьма удобно в практике, так как он небольшой по размерам и простой в работе, а сжатый воздух всегда имеется на подстанции. Попытки создать грузовые рычажные прессы приводили к громоздким и неудобным конструкциям.

После проведения перечисленных мероприятий контактная часть выключателей работает вполне удовлетворительно.

Загрязнение изоляции имело место на внутренней поверхности опорной колонки. Зачастую загрязнение получалось еще при монтаже, когда при установке выключатель не разбирался и колонка не очищалась. В эксплуатации внутренняя полость колонки загрязнялась как рабочим воздухом при отключении выключателя, так и атмосферным — при естественной продувке.

Так как воздухопроводы были выполнены из стальных труб, а продувки их не производилось, то грязь из труб, ржавчина и сварочный грат заносились в полость колонки рабочим воздухом при срабатывании выключателя. Пыль из атмосферного воздуха поступала в колонку через вентиляционные отверстия.

Для борьбы с заносом пыли и ржавчины из труб в полость колонки перед каждым выключателем были установлены (по предложению Оргрэс) фильтры, заряжаемые войлоком и конским волосом. Результат работы фильтров оказался очень хорошим, занос пыли в выключатель полностью прекратился. Действие фильтров было настолько эффективно, что произведенная после их установки замена стальных трубопроводов медными ничего уже нового в эксплуатацию не внесла. Это позволяет сделать вывод, что наличие фильтров перед выключателями является без-

условно обязательным, применение же медных труб не обязательно. Фильтры оставлены в работе и после замены труб они продолжают играть положительную роль, так как при ежегодных ремонтах выключателей из фильтра извлекается 1—2 *г* мелкой пыли.

Занос пыли из трубопроводов сказывался отрицательно также на работе клапанов выключателей. Из-за попавшей в уплотнения пыли плотность клапана нарушалась, что влекло за собой расстройство работы выключателя. После установки фильтров занос пыли в клапаны прекратился.

Были приняты также меры к предотвращению заноса ржавчины из собственного ресивера выключателя, для чего ресиверы очищались и покрывались изнутри слифой, и к недопущению образования конденсата как в трубопроводах, так и в ресиверах.

Для прекращения заноса в колонку пыли через отверстия для естественной продувки, а также вообще для улучшения продувки колонки были оборудованы искусственной продувкой при помощи редукторов Славянского завода. Каждый редуктор снабжен шариковым указателем расхода воздуха и обогревателем, включаемым в зимнее время.

Редукторы продувки с указателями и обогревателями с общим вентиляем продувки совместно с фильтром, обратным клапаном и общим запорным вентиляем выключателя смонтированы в специальном шкафу, установленном вне ограждения выключателя, что позволяет удобно вести эксплуатационное наблюдение за всей арматурой.

После описанных изменений повреждения выключателей из-за загрязнения полости опорной колонки полностью прекратились. Однако имел место случай повреждения выключателя из-за попадания дождевой воды в полость колонки через козырьки, закрывающие выхлопные отверстия гасительной камеры. При разборе причин повреждения установлено, что еще заводом-изготовителем была предусмотрена замена небольших защитных козырьков сплошным защитным цилиндрическим кожухом, но это не было осуществлено. Когда были поставлены сплошные кожухи (частично заводского, частично местного изготовления), занос дождевой воды в колонку полностью прекратился.

У выключателей, установленных в цепях линий электропередачи, было оборудовано АПВ со временем действия 4—5 сек. Однако и при столь большом времени действия давление воздуха в резервуарах выключателя не успевало восстановиться из-за недостаточной их емкости и небольшого сечения подводящего к резервуару воздухопровода.

Затруднение это было устранено увеличением емкости резервуара вдвое путем варки в него удлиняющей обечайки.

Однако уменьшить уставку времени АПВ не представилось возможным даже после увеличения емкости резервуаров, так как выключатель требует много времени для перехода в состояние готовности к следующей операции. Исправление этого недостатка выключателя потребовало бы полной реконструкции его клапанной системы, что, конечно, в условиях эксплуатации невыполнимо.

Сроки ремонта выключателя приняты в соответствии с указаниями Технического управления МЭС; капитальный — через год и в промежутках между капитальными — текущий ремонт. При капитальном ремонте производится полная разборка выключателя, профилактические испытания и измерение времени действия; при текущем — перборка клапанной системы, осмотр контактов гасительной камеры, профилактика и измерения в полном объеме. В объем профилактики и измерений входит:

а) измерение сопротивления контактов фазы в целом и отдельно гасительной камеры;

б) измерение мегомметром сопротивления изоляции колонки и тока утечки на выпрямленном напряжении (при наличии испытательных средств производится испытание выключателя повышенным напряжением);

в) в маслонаполненных трансформаторах тока, служащих одновременно опорой для губки отделителя, измерение  $tg \delta$ ;

г) измерение собственного времени открытия (разрыва) контактов в гасительной камере и время «запаздывания» ножа отделителя, т. е. время от открытия контактов гасительной камеры до выхода из губок ножа отделителя. Время запаздывания иногда приходится регулировать, увеличивая впуск воздуха в привод отделителя; остальные величины времени держатся в пределах нормы устойчиво.

Измерение времени производилось первоначально осциллографом, однако впоследствии эту работу удалось упростить применением электрического миллисекундомера.

Электрическая схема управления выключателями имеет элемент продления импульса на 2—2,5 сек. (путем применения реле РЭ с задержкой на отпадание). Такой элемент обеспечивает завершение операции независимо от торопливости дежурного: пневматическое же продление импульса в приводе этого выключателя отсутствует. Однако продление управляющего импульса не влечет за собой продления времени дутья, так как подача воздуха для дутья и передвигания ножа по завершении операции прекращается пневматической схемой. Электрическая блокировка «от прыганья» не нужна, так как пневматическое устройство привода прерывает импульс «включения» при наличии одновременного импульса на «отключение».

При необходимости выключатель может быть переведен на пофазное управление, поскольку пневматическая связь между приводами может быть нарушена.

После проведения описанных наладочных работ выключатели работают в достаточной мере надежно. За последний год был отмечен только один случай отказа во включении после резкого похолодания. Это объяснялось выделением и замерзанием воды в клапанах, что в свою очередь явилось следствием ошибки в подготовке воздуха.

Выключатели Славянского завода типа ВВ-2501 обладают следующими конструктивными особенностями. Гасительная камера имеет двойной разрыв с продольным дутьем и полыми контактами, неподвижный контакт выполнен общим для обоих подвижных; он закреп-

лен в середине бакелитовой трубы (бакелитового конденсатора — в более ранних модификациях), являющейся основой всей гасительной камеры. Нож отделителя выполнен цельным (неломающимся), губки отделителя упора не имеют; положение ножа после включения зависит исключительно от его привода, имеющего конструкцию, фиксирующую конечные положения ножа (переходом рычагов за «мертвое» положение). Привод отделителя находится под напряжением и связь между приводом и сигнально-блокировочными контактами — пневматическая.

Выключатель имеет пофазное управление и быстродействующее автоматическое повторное включение (без отключения ножа).

В период освоения выключатель повреждался из-за недостаточной плотности кожуха; дождевая вода и снег попадали в него через верхнюю крышку гасительной камеры и особенно через средний опорный патрубок, связывающий гасительную камеру с опорной колонкой. В опорном патрубке слабым местом было крепление малой воздушной трубы.

После внесения изменений в первоначальную конструкцию в части улучшения уплотнения выключателя случаи повреждения из-за попадания воды в колонку прекратились. Уплотнения проверяются постановкой полости гасительной камеры и опорной колонки под давление воздуха (после предварительного закрытия выхлопных отверстий). Выключатель слетает в эксплуатацию, если потери давления не превышают  $1 \text{ ат/час}$  (при первоначальном давлении  $3 \text{ ат}$ ).

Засорение клапанов и изоляции грязью из воздухопроводов полностью прекратились после установки описанных выше фильтров на воздуховодах.

Неправильная сборка контактной системы выключателя при монтаже также приводила к повреждениям выключателя. Так, имело место загорание бакелитового цилиндра из-за нагревания контактов вследствие большого переходного сопротивления. Так как контакты в трубе не видны, для осмотра их были предложены приспособления с зеркальцем и маленькой лампочкой. Однако необходимость в таком устройстве не было, так как правильно смонтированные контакты, т. е. имеющие достаточный предварительный «вжим», прекрасно «прибиваются» при опробовании и достижение необходимой величины сопротивления контактов не представляет затруднений.

Впоследствии в конструкцию подвижных контактов заводом было внесено изменение (снятие бортиков), которое увеличило предварительный вжим до  $10—12 \text{ мм}$ .

Кроме создания и измерения величины предварительного вжима, подвижные контакты также регулируются на пневматическом прессе для проверки равенства усилия ( $120 \text{ кг}$ ) сжатия пружины при фактически измеренном вжиге. Такая регулировка дает полную гарантию того, что размыкание контактов как в разных, так и в одной фазе будет происходить одновременно в пределах разрешенных допусков.

Первоначально персонал смущало появление побегалых цветов на наконечнике ножа и на губках отделителя, что считалось следствием нагрева контакта. Однако оказалось, что побежа-

лые цвета появляются из-за окисления посеребренной поверхности наконечника и губок сернистым газом и ни о каком нагреве не свидетельствуют.

Шаровой контакт губок отделителя не является достаточно надежной конструкцией, так как отмечались загары (следы местных оплавлений) в месте соприкосновения пара и пластинок. Контакт ослабляется еще вследствие поломки пружин, стягивающих пластинки губок. На части выключателей при ремонтах были установлены гибкие проводники, шунтирующие шаровой контакт.

Отсутствие в губках ограничения хода ножа крайне неудобно в эксплуатации. Регулировать привод на точное положение ножа в середине губок тяжело. В эксплуатации эта регулировка сбивается, в результате чего нож или не доходит, или переходит среднее положение. Значительно удобнее было бы регулировать привод с некоторым запасом, а в губках иметь резиновый буфер для эластичной остановки ножа.

Фиксация ножа отделителя в крайних положениях должна производиться механизмом привода путем перехода рычагов за «мертвое» положение. Однако наладка этого механизма в эксплуатации оказалась настолько затруднительной, что заводом в конструкцию выключателя была добавлена специальная фиксирующая пружина, удерживающая нож в крайних положениях.

В эксплуатации имели место два случая застревания наконечника подвижного контакта в гасительной камере (и, следовательно, отсутствие цепи тока в гасительной камере). Один раз наконечник застрял в пластинках скользящего контакта, другой случай явился следствием облома кончика пружины, попавшего в зазор между подвижным стаканом и цилиндром в контакте. После этого случая острые концы пружины спиливаются.

Неудовлетворительно вели себя в эксплуатации бронзовые кольца поршня масляного успокоителя (демпфера). Из-за недостаточной упругости они застревали в канавках и расклинивались в них. Заводом была сделана попытка снять эти кольца совсем, но это привело к печальным результатам; из-за сильных ударов при включении стали ломаться детали привода. Были два случая отрыва сварки между рычагом и осью привода и несколько случаев поломки ножа отделителя. Во избежание таких поломок кольца поршня демпфера были заводом установлены обратно.

Дроссельный вентиль продувки опорной колонки и гасительной камеры был первоначально установлен под клапанной коробкой. Вентиль плохо поддавался регулировке и быстро разрегулировался; кроме того, отсутствовал указатель расхода воздуха на продувку. Заводом был сконструирован новый дроссельный вентиль с указателем продувки и подогревателем, который хорошо зарекомендовал себя в эксплуатации. Но предполагаемая заводом установка его на торце ресивера при существующем на подстанции низком расположении выключателей и необходимости их ограждения неудобна в эксплуатации. В связи с этим дроссельный вентиль с указателем продувки установлен в шкафу, расположенном вне

ограды выключателя. В этом же шкафу располагаются запорный вентиль, фильтр, обратный клапан, манометр, реле давления и кнопки ручного управления.

В эксплуатации находятся и горизонтально, и вертикально расположенные дроссельные вентили, причем никакой разницы в их работе не отмечается.

Бакелитовые конденсаторы представляют большое затруднение в эксплуатации, так как при очередных испытаниях имеет место пробой между обкладками, вследствие чего приходится их браковать. В последнее время, после замены конденсаторов простыми цилиндрами, эта причина браковки прекратилась, но осталась браковка как конденсаторов, так и простых цилиндров по состоянию лакового покрова; примерно через  $1/2$  года после выхода с завода внутренний слой лакового покрова покрывается трещинами. Ликвидировать этот дефект производства заводу так и не удалось. Для эксплуатации положение тем более затруднительно, что завод раньше не поставлял запасных цилиндров, а теперь, когда изготовление выключателей с бакелитовыми цилиндрами прекращено, получение запасных цилиндров совершенно невозможно<sup>1</sup>.

Отрицательным моментом является также то, что завод не поставлял реле давлений к выключателям.

Пневматический привод к сигнально-блокировочным контактам действует не всегда достаточно четко. Причины отказа в переключении контактов еще недостаточно выяснены; вероятнее всего неудовлетворительно работает шаровой обратный клапан, но это подлежит дальнейшему изучению<sup>2</sup>.

В целом следует отметить, что после произведенных наладочных и реконструктивных работ выключатель работает достаточно надежно. Тем более надежно должны работать выключатели новой модификации (ВВ-2503), выпускаемые заводами взамен выключателя описанной конструкции, снятого с производства. Объем ремонта и профилактических испытаний для выключателя Славянского завода принят аналогичный объему для выключателя ВВС, с той только разницей, что капитальный ремонт эти выключатели проходят ежегодно.

Выключатели 220 кв фирмы АЕГ типа АР F-220/600. В этом типе выключателя включение и отключение производится поворотом двух колонок изоляторов в каждой фазе. Поворачиваясь, колонки при помощи алюминиевых рычагов или сводят до соприкосновения контактные головки, создавая путь для тока, или разводят головки на необходимое расстояние. Процесс разведения контактных головок сопровождается в своей начальной стадии воздушным дутьем, гасящим дугу.

Эксплуатируемые на подстанции выключатели снабжены двумя приводами на три фазы и к пофазному управлению не приспособлены, но фирма выпускала выключатели с тремя пофазными

<sup>1</sup> В настоящее время разрешен вопрос об установке на выключателях ВВ-2501 камер от выключателя ВВ-2503, не имеющих бакелитовых цилиндров. Ред.

<sup>2</sup> Вопрос улучшения работы привода блокконтактов в настоящее время прорабатывается. Ред.

приводами. Описываемые выключатели не имеют и быстродействующего АПВ в отличие от более поздних серий этого типа, выпускаемых уже фирмой VEM.

Привод выключателя имеет пневматическое продление импульса на включение и отключение, и поэтому нет надобности в создании электрических схем продления импульса. При наличии импульса на отключение нарушается цепь рычагов включения, и последнее уже происходить не может. Это делает невозможным «прыгание» выключателя при включении на короткое замыкание, так как для сбора рычагов цепи включения требуется перерыв в подаче импульса на включение. Колодки выключателя хорошо уплотнены от попадания атмосферных осадков и снабжены удовлетворительно работающей продувкой. Запас электрической прочности колонок от перекрытия по внутренней поверхности весьма велик. Этим объясняется отсутствие даже в первый период эксплуатации повреждения выключателей из-за внутренних перекрытий, несмотря на случаи даже исключительной небрежности при монтаже. При капитальных ремонтах были обнаружены сплошные загрязнения половины колонок известкой, землей и т. п. Однако не было ни одного перекрытия. В настоящее время все выключатели прошли капитальный ремонт и перед ними установлены фильтры на воздухопроводах, что является гарантией отсутствия и в будущем перекрытий выключателей по внутренней поверхности колонок.

В самом начале эксплуатации один из выключателей не погасил дуги при отключении и повредился. Это следует объяснить неправильной работой рычагов управления дутьевым клапаном фазы, не создавшим дутье в поврежденной фазе. После того как за выключателями был налажен элементарный уход, в работе клапанов и контактной части никаких нарушений не было<sup>3</sup>.

Основным недостатком в эксплуатации выключателей являлись поломки фарфоровых изоляторов опорных колонок как фирменных, так и изготовленных на Славянском изоляторном заводе при включении или отключении выключателей.

Произведенные Оргрэсом в Мосэнерго измерения напряжений в фарфоре при включениях и отключениях показали, что они невелики и не могут служить причиной поломок опорных колонок.

Отсюда следует, что причиной поломок являлись значительные перенапряжения, возникающие в фарфоре как результат неправильной регулировки выключателей<sup>4</sup>. Регулированию подвергалась скорость включения и отключения. Длительность поворота колонки при включении и отключении доводилась до 50 перемен (до 1/2 сек.). Регулировка производилась тремя способами:

1) изменением проходного отверстия в шай-

<sup>3</sup> Случай отказа в гашении дуги выключателем 220 кВ фирмы АЕГ имел место и на другой подстанции, причем никаких ненормальностей в работе клапанов и контактной части не было обнаружено. Ред.

<sup>4</sup> Есть основания полагать, что причинами поломок фарфора являются неправильная форма фарфора в месте его крепления (прямые углы) и подрезка его при шлифовке. Ред.

бах, установленных на трубопроводах подачи воздуха под поршень при включении;

2) изменением времени «отсечки» воздуха (прекращением подачи его в цилиндр);

3) уменьшением сечения отверстий, имеющих в цилиндре для выхода воздуха с другой стороны поршня; тогда воздух, сжимаемый в цилиндре ходом поршня, несколько тормозит его движение.

После такой регулировки поломки колонок прекратились.

Для уменьшения вибрации колонок и напряжений в фарфоре следует проверять вертикальность их установки, на что обращалось недостаточно внимания при монтаже и ремонтах.

К конструктивным недостаткам этого типа выключателя следует отнести сборку его колонок путем склейки специальной пастой. Это очень удлинняет и затрудняет разборку и сборку колонок при ремонтах. Новая модификация выключателя, выпущенная фирмой VEM, этого недостатка не имеет. В ней изоляторы колонок изолированы во фланцах и собираются на болтах.

Запаса воздуха, находящегося в ресиверах выключателя, недостаточно для проведения автоматического повторного включения по циклу АПВ. Поэтому для возможности выполнения полного цикла АПВ следует добавлять к каждой фазе емкость порядка 400 л, т. е. на весь выключатель 1 200 л.

Объем ремонтов и профилактических испытаний для этого выключателя такой же, как и для предыдущих типов. Измерения времени производятся только для поворота колонки (вибратором). Капитальные ремонты выполняются раз в 2 года.

Новая модификация выключателей, выпускаемая фирмой VEM, значительно отличается от описываемой конструкцией контактов, наличием быстродействующего АПВ, усложнением пневматической схемы, отказом от клейки колонок и переходом на армировку изоляторов, но опыт эксплуатации этой новой модификации еще мал, так что судить о ее преимуществах еще преждевременно.

Для обслуживания воздушных выключателей с целью получения меньшей влажности воздуха при недостаточном перепаде при редуцировании на подстанции перед редуцирующими вентилями установлены два силикагелевых абсорбера. Они представляют собой рассчитанный на давление 30 атм бак, в котором в сетке находится силикагель. В зимнее время через 1 день, а в летнее через 3—4 дня абсорберы поочередно меняются местами в схеме: один включается в схему, а другой из схемы выводится; силикагель из него вынимается и сушится. Для сушки силикагель высыпается на противень и устанавливается в месте с высокой температурой. Между абсорбером и редуцированными клапанами установлены фильтры во избежание заноса силикагелевой пыли в редуцирующие и далее в сеть. Количественного изучения эффекта работы абсорберов, к сожалению, еще не произведено.

Описанными наладочными работами выключатели подстанции приведены в надежное состояние.

# Об измерении токов утечки в трансформаторах<sup>1</sup>

Инж. В. Н. Звездкин и инж. Р. Г. Надельсон

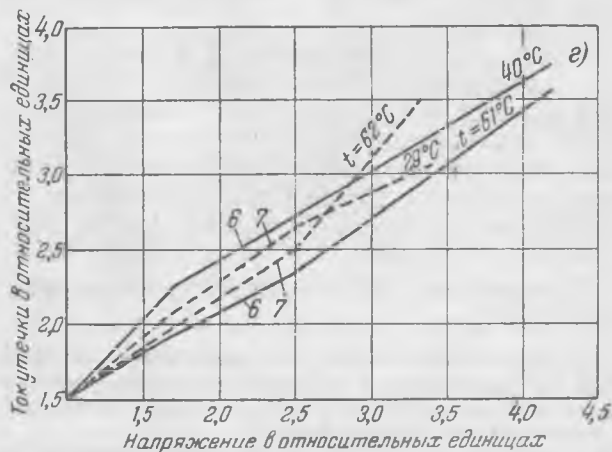
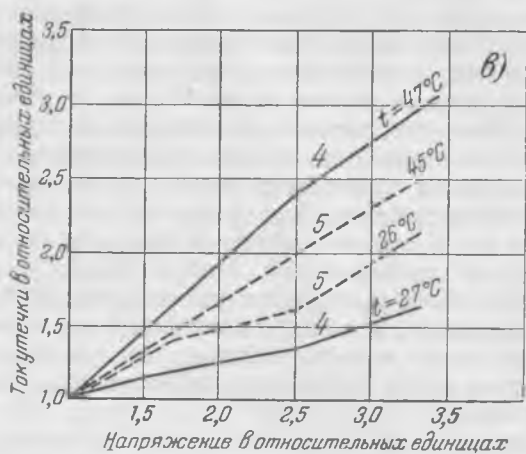
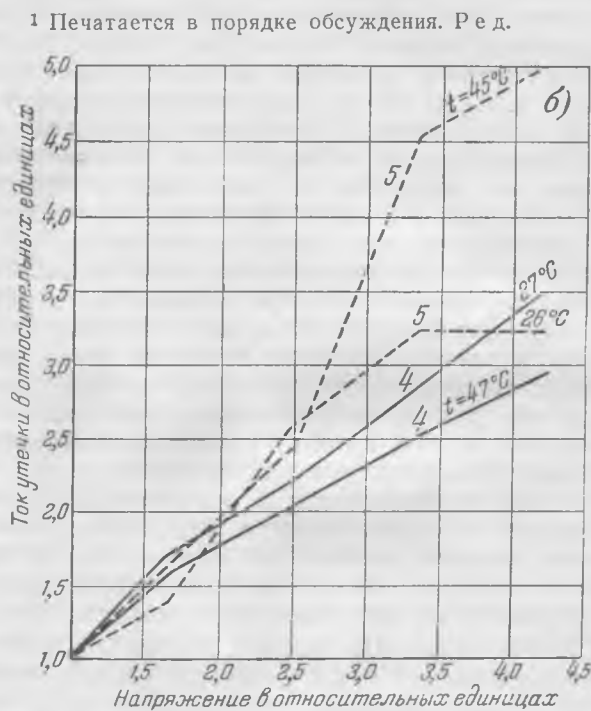
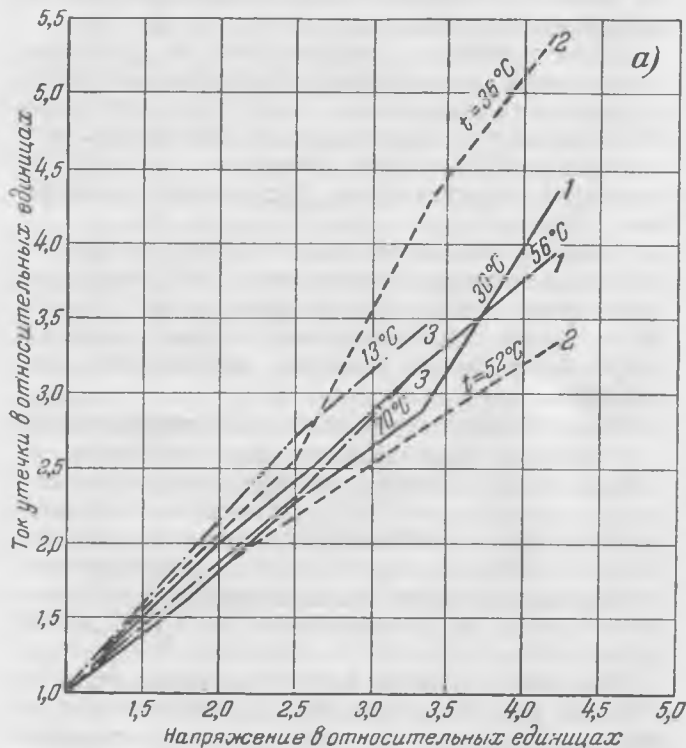
В 1943 г. высоковольтной лабораторией энергосистемы в комплекс испытаний изоляции трансформаторов было введено, как обязательное, измерение токов утечки при выпрямленном напряжении в предположении, что токи утечки, измеренные при высоком напряжении и более точными приборами, чем мегомметр, смогут лучше выявить дефекты в изоляции.

В 1947 г. на основании обработки статистических данных измерений токов утечки в изоляции трансформаторов были установлены среднеэксплуатационные значения, по сравнению с которыми производилась оценка состояния изоляции.

За истекший период, начиная с 1943 г., было произведено более 900 измерений на 200 трансформаторах 3-го габарита и выше.

Принимая во внимание, что токи утечки, а следовательно, и величины сопротивлений изоляции, определяемые по току утечки, измерялись при напряжениях, превышающих напряжения при измерении сопротивления изоляции мегомметром, явилось необходимым определить зависимость этих величин от напряжения. С этой целью измерение токов утечки в изоляции трансформаторов производилось при разном напряжении.

При анализе результатов измерений токов утечки в зависимости от напряжения установлено, что ток утечки изменяется не всегда пропорционально изменению напряжения, причем зависимость не одинакова для трансформатора одного и того же типа и для одного и того же трансформатора при разных температурах. На графиках (см. рисунок) приведены зависимости токов утечки



Зависимость тока утечки от напряжения.

а — для изоляции обмоток 35 кВ — корпус трансформаторов типа ТСВ завода „Электросила“ (1, 2, 3); б — для изоляции обмоток 110 кВ — корпус трансформаторов типа ОД МТЗ (4, 5); в — для изоляции обмоток 35 кВ — корпус тех же трансформаторов; г — для изоляции обмоток 110 кВ — корпус трансформаторов фирмы АСЕА (6, 7).

<sup>1</sup> Печатается в порядке обсуждения. Ред.

ки от напряжения для трех групп трансформаторов с различной конструкцией изоляции, а именно: а) для трех трансформаторов типа ТСВ завода «Электросила» (1, 2, 3), б) и в) двух трансформаторов типа ОД МТЗ (4, 5) и г) двух трансформаторов фирмы ASEA (6, 7). Для наглядности эти зависимости построены в относительных единицах (за единицу принято минимальное напряжение, при котором производилось измерение, и соответствующий этому напряжению ток утечки).

Рассмотрение полученных зависимостей токов утечки от напряжения при разных температурах и сопоставление их с характеристиками изоляции трансформаторов, как то с  $\lg \delta$ , абсолютной величиной тока утечки, сопротивлением изоляции, не дает возможности установить определенных закономерностей. Необходимо отметить, что, как правило, с увеличением напряжения ток утечки увеличивается почти пропорционально или меньше, чем пропорционально. Следовательно, сопротивления изоляции, подсчитанные по току утечки, с повышением напряжения получаются большими. В отдельных случаях отмечается более высокий рост, чем пропорциональный, но связать определенно эти случаи с какими-либо особенностями трансформатора не удастся.

Для решения вопроса о целесообразности применения метода измерения токов утечки в изоляции трансформаторов по сравнению с измерениями с помощью мегомметра было произведено сопоставление величин сопротивления изоляции, рассчитанных по току утечки и измеренных мегомметром. При этом принималось во внимание, что при измерении токов утечки паразитные утечки на другие обмотки и этих обмоток на корпус отводились помимо прибора.

Сравнительные данные величин сопротивления изоляции, рассчитанные по току утечки и измеренные мегомметром для случая отвода паразитных токов утечек на экран и без использования экрана, приведены в табл. 1. Сопротивления изоляции по току утечки рассчитывались при минимальных значениях выпрямленного напряжения, при которых производились измерения: 2,5 и 3 кв.

Как видно из табл. 1, величины сопротивления изоляции, измеренные мегомметром с использованием экрана и рассчитанные по току утечки, весьма близки. Незначительные расхождения лежат в пределах точности измерений. Величины сопротивления изоляции, измеренные мегомметром без использования экрана, получаются меньшими. Таким образом, анализ результатов измерений токов утечки для определения состояния изоляции показал, что этот метод дает при напряжениях, близких к напряжению мегомметра, те же величины сопротивлений изоляции, что и мегомметр при измерении по одинаковым схемам.

Возможность получения более высоких значений сопротивлений изоляции при повышенных значениях выпрямленного напряжения, как показывает зависимость токов утечки от напряжения, не является существенной для оценки состояния изоляции трансформаторов, так как оценка по величине сопротивления изоляции производится путем сравнения, при одинаковых условиях, с результатами предыдущих измерений на том же трансформаторе или со среднеэксплуатационными значениями надежно работающих однотипных трансформаторов. Следовательно, вопрос о том, какие величины сопротивлений изоляции считать за исходные, является условным.

Таблица 1

Величины сопротивления изоляции трансформаторов, измеренные мегомметром и рассчитанные по току утечки

Тип трансформатора	Схема измерения	Сопротивление изоляции				Примечание
		Температура, °С	По мегомметру, МГОМ	Температура, °С	Рассчитанное по току утечки, МГОМ	
МТЗ, тип ТД 10 000 кВа, 35/6,6 кВ	35 кВ—корпус	57	91	57	95,5	Измерение сопротивления изоляции производилось с использованием экрана мегомметра
	6,6 кВ—корпус	57	51	57	55,5	
	35 кВ—6,6 кВ	57	61	57	61,2	
ASEA, 11 000 кВа, 110/35 кВ	110 кВ—корпус	62	235	60	301	
	35 кВ—корпус	62	210	60	226	
	110 кВ—35 кВ	62	450	60	455	
ТСВ, 6 000 кВа, 35/6,6 кВ	35 кВ—корпус	58	120	58	119	
	6,6 кВ—корпус	58	57	58	55,7	
	35 кВ—6,6 кВ	58	250	58	210	
Сименс Шуккерт, 15 000 кВа, 110/35 кВ	110 кВ—корпус	51	155	51	140	
	35 кВ—корпус	51	120	51	114	
	110 кВ—35 кВ	51	200	51	190	
ТСВ, 10 000 кВа, 35/6 кВ	35 кВ—корпус	71	55	70	62	
	6 кВ—корпус	71	65	70	67,5	
	35 кВ—6 кВ	71	92	70	90	
ТСВ 10 000 кВа, 35/6 кВ	35 кВ—корпус	45	500	45	855	Измерение сопротивления изоляции производилось без использования экрана мегомметра
	6 кВ—корпус	45	300	45	333	
	35 кВ—6 кВ	45	400	45	855	
МТЗ, ТЦ 18 000 кВа, 35/6,6 кВ	35 кВ—корпус	54	75	54	100	
	6,6 кВ—корпус	54	80	54	150	
	35 кВ—6,6 кВ	54	130	54	300	
ASEA 11 000 кВа, 110/35 кВ	110 кВ—корпус	55	140	55	308	
	35 кВ—корпус	55	200	55	462	
	110 кВ—35 кВ	55	300	55	1 875	

Общее объемное ухудшение (например, увлажнение) изоляции в эксплуатации мегомметр выявляет в такой же степени, как и измерение токов утечки. Опыт профилактических испытаний изоляции трансформаторов показал, что при увлажнении изоляции, когда ее сопротивление, измеренное мегомметром, снижается, значения токов утечки возрастают примерно в таком же отношении. В табл. 2 приведены данные сопротивления изоляции и токов утечки для трансформатора 100 тыс. *кв*а, 220/110/10 *кв*, у которого при профилактических испытаниях было выявлено ухудшение диэлектрических характеристик изоляции по сравнению с данными, полученными при вводе его в эксплуатацию. Ввиду невозможности провести осмотр трансформатора немедленно производился учащенный контроль за состоянием изоляции. Приведенные в таблице значения токов утечки были получены при 20 *кв* для обмоток 220 и 110 *кв* и при 10 *кв* для обмотки 10,5 *кв*. Сопротивление изоляции измерялось мегомметром 2 500 *в*.

Таблица 2

Результаты измерений, полученные при испытании трансформатора 100 тыс. *кв*а, 220/110/10,5 *в*

Дата испытаний	°C	220 <i>кв</i> —корпус			110 <i>кв</i> —корпус			105 <i>кв</i> —корпус		
		R, <i>М</i> Ωм	I <sub>г</sub> , %	I, <i>мк</i> а	R, <i>М</i> Ωм	I <sub>г</sub> , %	I, <i>мк</i> а	R, <i>М</i> Ωм	I <sub>г</sub> , %	I, <i>мк</i> а
11/ХП 1949 г. . .	42	50	7,4	300	350	5,5	50	18	8,8	500
25/ХП 1949 г. . .	42	45	8,2	340	340	5,9	53	17	9,6	530
29/П 1950 г. . .	42	20	10,9	440	225	8,0	72	12	13,2	670

Данные табл. 2 показывают, что понижение сопротивления изоляции при ухудшении ее состояния выявляется мегомметром так же хорошо, как и измерением токов утечки. Что касается возможности выявления местных дефектов в изоляции трансформаторов при более высоких значениях выпрямленного напряжения, то опыт

также показывает, что они хорошо выявляются мегомметром и что измерение тока утечки при принятых эксплуатационным циркуляром напряжениях не является эффективным. Так, например, при испытании перед вводом в эксплуатацию прибывшего с завода трехобмоточного трансформатора типа ДТТГ-31500/110, 31 500 *кв*а, 110/35/6 *кв* для изоляции обмотки 35 *кв* относительно корпуса, при удовлетворительных значениях tg δ и отношении измеренных прибором ПКВ при 14°С емкостей сопротивление изоляции, измеренное мегомметром, составило всего 125 *М*Ωм при значении 3 500 *М*Ωм для изоляции обмотки 110 *кв* относительно корпуса и 1 300 *М*Ωм для обмотки 6 *кв*. Сопротивление изоляции обмотки 35 *кв*, рассчитанное по току утечки, измеренному при напряжении 20 *кв*, оказалось равным 147 *М*Ωм, т. е. одного порядка с измеренным мегомметром. В дальнейшем, после нагрева трансформатора до 46°С сопротивление изоляции этой обмотки, измеренное мегомметром, понизилось до 5,2 *М*Ωм. Сопротивление изоляции, рассчитанное по величине тока утечки при 20 *кв*, оказалось равным 6,5 *М*Ωм. При увеличении напряжения выпрямленного тока до 30 *кв* было пробито дефектное место в изоляции, которое обнаружено и ликвидировано после выемки сердечника из бака.

## Выводы

Анализ результатов измерения токов утечки, полученных высоковольтной лабораторией, а также приведенные случаи свидетельствуют о том, что измерение токов утечки в изоляции трансформаторов как метод контроля не дает дополнительных указаний для оценки состояния изоляции и может быть исключен из объема испытаний изоляции трансформаторов.

Измерение токов утечки в полной мере заменяется измерением сопротивления изоляции мегомметром.

Энергосистема, выпустив местную инструкцию по испытаниям изоляции электрооборудования электростанций, подстанций и сетей, исключило метод контроля измерением токов утечки.

□ □ □

## Ртутное реле оборотов

Инж. А. Р. Кондрус

На агрегатах с номинальной скоростью вращения 83,3 об/мин большой автоматизированной гидроэлектростанции применялись реле оборотов различных конструкций. В процессе эксплуатации выявились серьезные недостатки этих реле и были случаи неправильной работы.

Одно из реле оборотов устанавливалось на спице ротора генератора, но отклоняющаяся часть под действием центробежной силы не только замыкала контакты, но и разбивала контактную часть реле. Такое реле нельзя было проверить на остановленной машине.

Другой тип реле — электромеханическое с редуктором, увеличивающим скорость вращения, типа РОУ-40. Редуктор быстро изнашивался, тре-

бовал тщательного наблюдения и частой смазки; смазка непрерывно вытекала.

Третий тип реле — механическое, поставки фирмы ДЖИИ — имело: шестеренчатое сцепление с увеличением скорости вращения в 12 раз; пружины, с течением времени меняющие свою упругость; много механических подвижных и вращающихся частей, требовавших смазки и тщательного наблюдения. Были случаи заедания подвижных частей этого реле.

Автором было разработано и испытано ртутное реле оборотов, более простое и дешевое по конструкции и надежное в работе.

Принцип работы этого реле заключается в следующем. Если вращать цилиндр с жидкостью

(водой, ртутью), то вследствие наличия силы сцепления стенок сосуда с жидкостью последняя также придет во вращение. Через некоторое время свободная поверхность жидкости, ранее горизонтальная (плоскость  $D$  на рис. 1), примет форму параболоида вращения вокруг вертикальной оси  $z$ , высота  $h$  которого соответствует скорости вращения (числу оборотов).

При изменении скорости вращения меняется и высота  $h$  параболоида, что может быть использовано для замыкания электрической цепи при соответствующей скорости вращения.

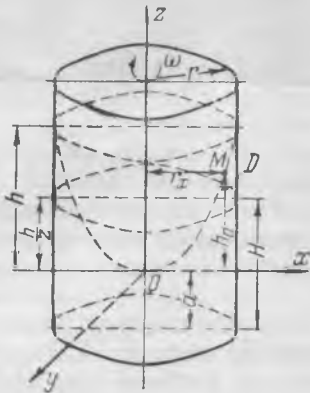


Рис. 1.

Образующую поверхность параболоида вращения или точки  $M$  при равновесии жидкости во вращающемся сосуде можно определить по формуле

$$h_0 = \frac{\omega^2 r_x^2}{2g},$$

где  $h_0$  — ордината свободной поверхности (откладывается от вершины параболоида до искомой точки  $M$ ), мм;

$\omega$  — угловая скорость вращения, равная  $\frac{\pi \cdot n}{30}$  ( $n$  — скорость вращения вращающейся части или реле, об/мин);

$g$  — ускорение силы тяжести (9 810 мм/сек<sup>2</sup>);

$r_x$  — расстояние от оси вращения до точки  $M$  на поверхности параболоида, мм.

Преобразовав эту формулу и подставляя постоянные величины, можно написать:

$$h_0 = \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \frac{r_x^2}{2 \cdot 9810} = 558 \cdot 10^{-9} n^2 \cdot r_x^2.$$

Начало координат — точка 0 или вершина параболоида — находится ниже плоскости  $D$  (поверхность при  $n = 0$ ) на половину высоты параболоида  $\left(\frac{h}{2}\right)$  для данной скорости вращения.

Первоначально при разработке реле намечалось использовать сосуд из тугоплавкого стекла, заполненный ртутью, внутри которого вращается ребристая вертушка, соединенная с валом генератора. Был изготовлен макет такого реле. На боковую поверхность цилиндра были выведены контакты, замыкающиеся при 116, 100, 79 и 33,3 об/мин. Для этого реле требовалось около 3 кг ртути.

Для уменьшения количества ртути был изготовлен и испытан второй макет ртутного реле



Рис. 2.

оборотов с изогнутой стеклянной трубкой, прикрепленной к вращающейся на оси металлической скобе, как показано на рис. 2. Для заполнения трубки потребовалось уже 50 г ртути.

Испытание макета показало, что реле практически безинерционно реагирует на изменение скорости вращения и имеет большой коэффициент возврата (порядка 0,95 ÷ 0,98).

Однако изготовление стеклянной трубки сложной конфигурации, наполнение ее ртутью, впаивание контактов на строго определенном расстоянии друг от друга — представляют значительные трудности, конструкцию реле с вращающейся стеклянной трубкой нельзя признать достаточно надежной.

В перечисленных исполнениях ртутного реле отсутствовала возможность регулировки скорости вращения срабатывания.

Был выполнен третий вариант (рис. 3) — реле оборотов с применением металлических колбочек, наполненных ртутью (около 15 г в каждой колбочке), которое позволяет плавно изменять уставку оборотов в больших пределах.

Реле состоит из вала 1, контактных колец 2, щеткодержателей 3, медно-угольных щеток 4, ртутных металлических колбочек 5, держателей 6, в которые зажимаются винтом с гайкой колбочки. С помощью держателей, изменяя наклон оси колбочки к касательной соответствующего параболоида вращения, можно регулировать уставку срабатывания реле.

Контактные кольца, щеткодержатели, колбочки и гибкие поводки крепятся на текстолитовых деталях 7.

Количество контактных колец должно быть равным количеству колбочек. Кроме того, еще одно кольцо служит для общего «плюса» оперативного тока.

На каждое контактное кольцо берется по две щетки, соединенные параллельно, что позволяет проверить или заменить щетку, не отключая реле из работы.

Утолщенная часть вала посредством тугий посадки и болта с шайбой скреплена с торцом ротора вспомогательного генератора.

Образец такого реле был изготовлен в мастерской электростанции и установлен на вспомогательном генераторе одного из агрегатов, как показано на рис. 4.

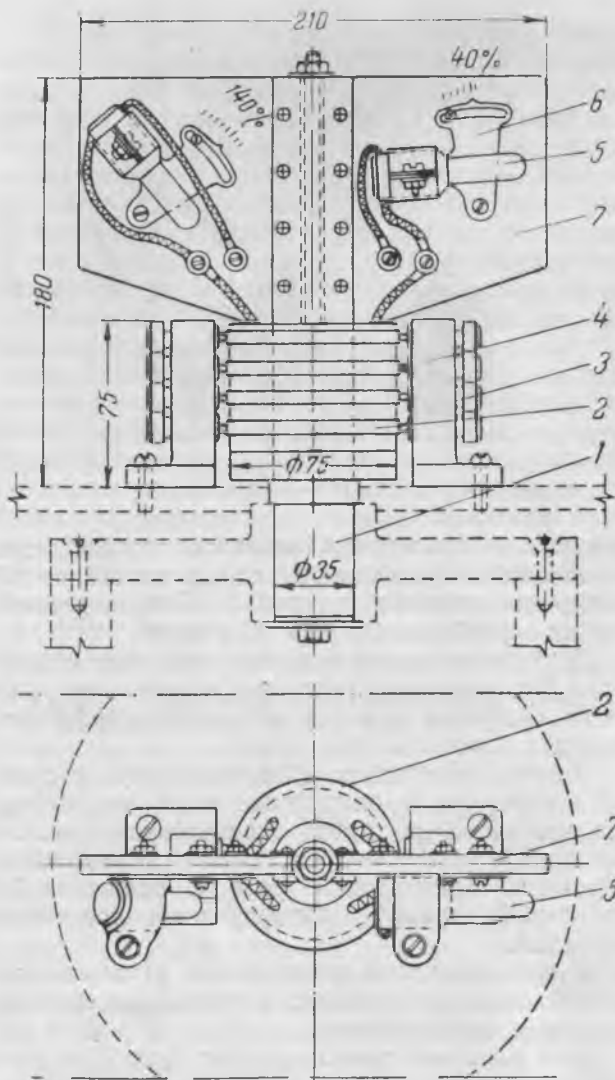


Рис. 3.

Ось ртутной колбочки располагается по касательной параболоида вращения соответствующего числа оборотов. Контактные торцы колбочек располагаются в ту или другую сторону от оси вращения в зависимости от того, будет ли колбочка работать на замыкание или размыкание контактов при перемещении ртути от центробежной силы.

При изменении наклона первой колбочки можно изменять уставку замыкания контактов при снижении скорости вращения в пределах  $65,7 \pm 5,7$  об/мин.

При изменении наклона второй колбочки можно изменять уставку замыкания контакта при увеличении скорости вращения в пределах  $87,8 \pm 142$  об/мин.



Рис. 4.

Перед установкой на агрегат реле прошло испытание на стенде. Замыкание или размыкание контактов происходило всегда при одной и той же скорости вращения, указываемой электротихомером.

С конца 1951 г. реле находится непрерывно в эксплуатации. До августа 1952 г. было 50 остановок агрегата, из которых при восьми остановках глухое торможение начиналось с 35 об/мин; при 10 — с 36 об/мин и при 32 — с 34 об/мин.

Разброс на 1—2 об/мин происходил за счет неточного измерения скорости вращения вала генератора перед началом торможения, так как электротихомер не подключался.

Случая работы агрегата с разгонным числом оборотов за это время не было, и реле при 140% номинального числа оборотов в эксплуатации не работало. Были два случая, когда при близких внешних коротких замыканиях генератор получил сильнейшие динамические удары. При этом вследствие сброса нагрузки скорость вращения агрегата увеличивалась до 97 об/мин, но ртутное реле не дало ложного срабатывания.

Имеющийся опыт эксплуатации показал надежную работу ртутного реле оборотов с металлическими колбочками.

Контактные кольца и щетки работают безотказно, так как кольца находятся только под напряжением, а в момент срабатывания реле протекает очень слабый ток (36 ма для приведения в действие промежуточного реле). Окружная скорость колец невелика и составляет 0,32 м/сек. В реле нет зубчатых передач. Небольшой температурный коэффициент линейного расширения ртути и низкая температура застывания обеспечивают точную работу реле при значительных изменениях температуры окружающей среды, в том числе и в неотопляемых помещениях.



# Применение антенного отбора напряжения для целей АПВ

Инж. Н. С. Пеклер

Для автоматического повторного включения линий с двусторонним питанием часто необходимо выполнять контроль наличия и синхронизма напряжения на линии. Обычно для этого используется отбор напряжения от конденсаторов связи высокочастотных установок. Однако многие линии 110 кВ и особенно 35 кВ не имеют конденсаторов связи.

В 1949 г. в одной из энергосистем были проведены работы по использованию отбора напряжения от линии для целей АПВ с помощью антенны. Опыт эксплуатации в течение более 2 лет таких устройств контроля наличия напряжения на трех линиях 110 кВ и двух линиях 35 кВ дал вполне удовлетворительные результаты. Кроме того, на одном устройстве была выполнена опытная наладка контроля синхронизма.

Выбор параметров устройства производится с расчетом на непосредственное подключение реле напряжения, без выпрямителей или усилителей.

Устройство (рис. 1) состоит из следующих основных элементов: антенны, трансформатора отбора со встроенным разрядником, внешнего искрового промежутка и реле контроля напряжения.

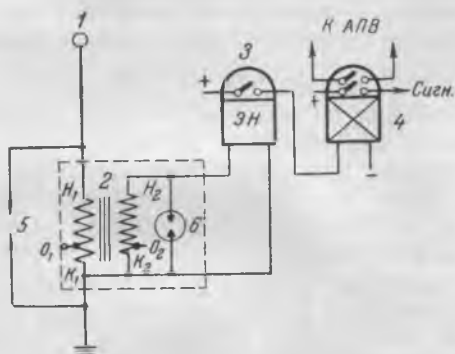


Рис. 1. Схема антенного отбора для АПВ с контролем напряжения.

1—антенна; 2—трансформатор отбора; 3—реле контроля напряжения; 4—промежуточное реле; 5—искровой промежуток 5—7 мм; б—алюминиевый разрядник 0,7—1 кВ.

Антенна представляет собой дополнительный провод, расположенный параллельно проводам линии электропередачи и находящийся в их электрическом и магнитном полях. Потенциал антенны относительно земли определяется геометрической суммой потенциалов, создаваемых каждой из фаз. Антенна должна быть расположена асимметрично относительно проводов линии, чтобы ее потенциал не был равен нулю.

Были приняты два способа подвеса антенны при горизонтальном расположении проводов линии электропередачи.

При первом способе (рис. 2,а) провод антенны подвешивается параллельно крайнему проводу линии передачи в плоскости проводов. В этом случае уменьшение потенциала, создаваемого ближайшей фазой за счет действия других двух фаз, будет наименьшим, а следовательно, потенциал антенны — наибольшим.

Для оценки эффективности антенны в зависимости от ее расположения удобно ввести понятие удельный отбор тока, показывающее,



Рис. 2. Расположение антенны по первому способу (а) и по второму (б).

сколько микроампер снимается с 1 м длины антенны на каждый киловольт фазового напряжения линии:

$$i_{уд} = \frac{I_1 \cdot 10^3}{l U_{\phi}}$$

где  $I_1$  — ток, отбираемый от антенны, мА;  
 $U_{\phi}$  — фазовое напряжение линии, кВ;  
 $l$  — длина антенны, м.

Второй способ (рис. 2,б) по исполнению проще, но менее эффективен. При этом способе провод антенны подвешивается ниже проводов линии электропередачи и располагается в вершине опрокинутого равностороннего треугольника, двумя другими вершинами которого являются средняя и одна из крайних фаз линии. Удельный отбор при этом уменьшается по сравнению с первым способом более чем в 2 раза. В таблице приведены данные четырех выполненных устройств, причем токи измерены на работающих установках.

Расположение проводов	Длина антенны, м	Номинальное напряжение линии, кВ	Фактическое напряжение линии, кВ	Ток антенны, мА	Удельный отбор, мкА/м·кВ
	30	110	85,0	0,75	0,51
	128	110	90,0	1,4	0,21
	105	38	36,0	1,0	0,45
То же	130	38	36,3	1,35	0,49

Конструктивное выполнение отбора показано на рис. 3. Антенна подвешивается на подвесных изоляторах (по одному элементу с каждой стороны). Спуск антенны осуществляется на опорных изоляторах на напряжение 10—35 кВ для наружной установки. В качестве материала для антенны могут применяться стальной трос, алюминиевый или медный провод.

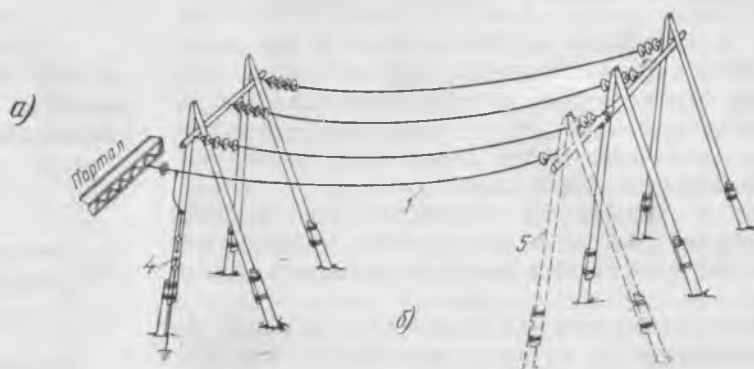
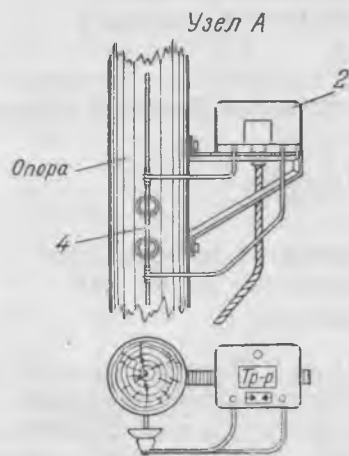
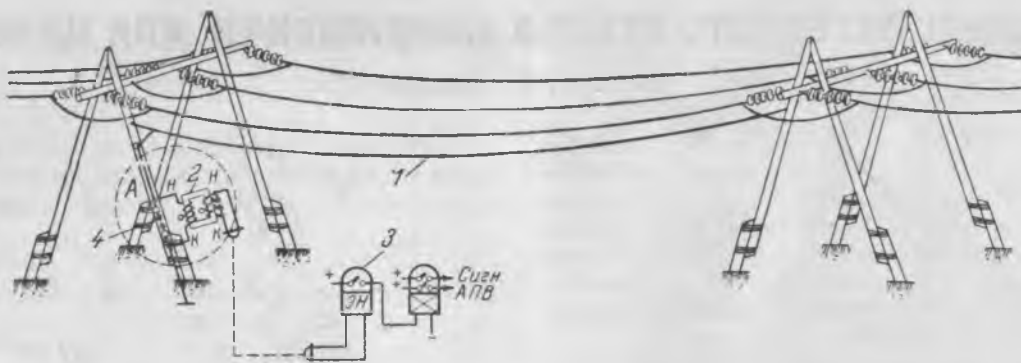


Рис. 3. Конструктивное выполнение антенного отбора по первому способу (а) и по второму (б).

1 — антенна; 2 — промежуточный трансформатор; 3 — реле напряжения; 4 — искровой промежуток; 5 — дополнительная А-образная стойка.

Для линий 110 кВ антенну удобнее подвешивать по второму способу, так как при длине 100—110 м отбираемого тока достаточно для работы АПВ с двойным запасом. Для линий 35 кВ удобнее пользоваться первым способом. Для четкой работы АПВ достаточен ток отбора в 1 мА.

Трансформатор отбора имеет следующие параметры (рис. 4): размеры магнитопровода стали показаны на рисунке; сталь Э4-АА; толщина пакета 4 см; первичная обмотка (из провода ПЭШО или ПЭ-0,1) имеет  $W_1 = 18\,000$  витков,  $R = 8\,000$  Ом и отпайка 15 000 витков,  $R = 6\,300$  Ом; вторичная обмотка имеет  $W_2 = 3\,000$  витков,  $R = 910$  Ом и отпайка 2 000 витков,  $R = 580$  Ом.

Первичная обмотка наматывается поверх вторичной.

К концам вторичной обмотки трансформатора отбора подключаются алюминиевые разрядники типа РА-360. Из условий получения необходимого уровня напряжения последовательно включены три разрядника. Напряжение зажигания разрядников 600 в переменного тока. Возможно применение разрядников и других типов.

Реле контроля напряжения выполнено на базе реле ЭТ-520 и имеет следующие обмоточные данные. Верхняя и нижняя катушки реле намотаны проводом ПЭШО или ПЭ-0,1. Катушки имеют по 10 000 витков каждая и соединяются последовательно. Полное сопротивление всей обмотки реле 9 600 Ом; пределы чувствительности реле 2,5—5,0 мА.

Обмотки реле напряжения и трансформатора отбора относительно корпуса, а также изоляция между концами первичной обмотки испытываются напряжением 2 000 в, 50 Гц в течение 1 мин.

Искровой промежуток устанавливается на случай появления на антенне высоких потенциалов, вызванных перекрытием провода на антенну либо прямым ударом молнии. Промежуток выполнен двумя жесткими проводниками, укрепленными на изоляторах, с расстоянием между концами их 3—7 мм.

При наладке устройства измеряются ток, даваемый антенной  $I_1$ , ток, протекающий в реле  $I_2$ , а также напряжения обмоток, в том числе и в случае разомкнутой вторичной обмотки, после чего выбираются: коэффициент трансформации трансформатора отбора (с помощью отпайки), уставка реле и напряжения зажигания разрядников.

Обязательно должна проводиться проверка влияния смежных линий. Для этого отключается линия, на которой установлен отбор, и измеряется ток в реле от смежных линий.

Опыт эксплуатации АПВ с контролем напряжения при помощи антенны в течение 2 лет показал, что этот способ отбора прост и надежен. Имели место отдельные случаи замыкания кон-

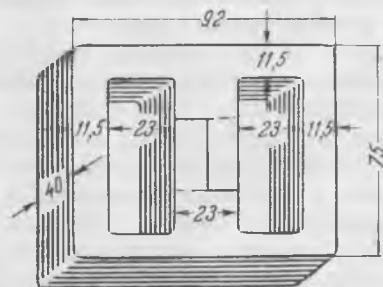


Рис. 4. Трансформатор отбора.

такта в реле контроля напряжения в сырую погоду на одном из устройств, где спуск от антенны был выполнен на опорных изоляторах 6 кв для внутренней установки, укрепленных на металлоконструкции. После замены изоляторов ненормальности прекратились.

В случае контроля синхронизма к трансформатору отбора подключается балансное реле напряжения, как показано на рис. 5. Это реле также выполняется на базе реле ЭТ-520.

На каждом полюсе реле устанавливается по две катушки: одна из них питается от трансформатора отбора, а другая — от трансформатора

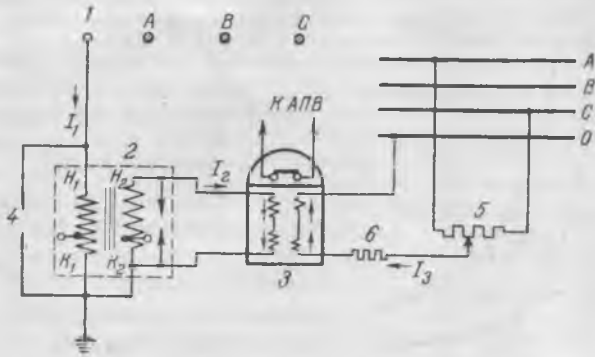


Рис. 5. Принципиальная схема антенного отбора АПВ с контролем синхронизма.

1 — антенна; 2 — трансформатор отбора; 3 — реле синхронизма; 4 — искровой промежуток; 5 — потенциометр 1 000 о.м., 0,1 а; 6 — сопротивление 500—1 000 о.м., 0,05 а.

напряжения системы шин. Обмотка, подключаемая на трансформатор отбора, состоит из двух катушек по 9 000 витков провода ПЭ-0,1, соединенных последовательно; сопротивление обмотки 4 000 ом.

Обмотка, подключаемая на трансформатор напряжения, состоит из двух катушек по 1 000 витков провода ПЭ-0,15, соединенных последовательно; сопротивление обмотки 225 ом.

При наладке такого устройства были произведены детальные испытания при помощи катодного осциллографа. При токе отбора  $I_1 = 1,0$  ма ток в реле контроля синхронизма составил  $I_2 = 4,3$  ма.

Было установлено, что ток  $I_1$  (от антенны) содержит гармоническую составляющую высшего порядка с очень небольшой амплитудой. В токе  $I_2$  эта составляющая отсутствует. Между токами  $I_1$  и  $I_2$  почти нет сдвига.

На рис. 6 приведена осциллограмма тока  $I_2$  и напряжения  $U_{AO}$  от трансформаторов напряжения 38,5/0,11, установленных на шинах. Ток опережает напряжение на  $75^\circ$ .

При подведении к реле напряжения  $U_{OB}$  выяснилось, что ток  $I_2$  опережает это напряжение

на  $15^\circ$ . Если бы влияние фаз  $B$  и  $C$  на антенну совершенно отсутствовало, то ток  $I_2$  опережал бы фазовое напряжение  $U_{AO}$  на  $90^\circ$ . Но так как имеет место слабое влияние фазы  $B$  и еще более слабое влияние фазы  $C$ , то этот угол уменьшается до  $75^\circ$ . На угловой сдвиг влияет также погрешность трансформатора отбора.

На рис. 7 показана векторная диаграмма тока отбора относительно напряжений 35 кв. Как следует из диаграммы, на обмотку реле

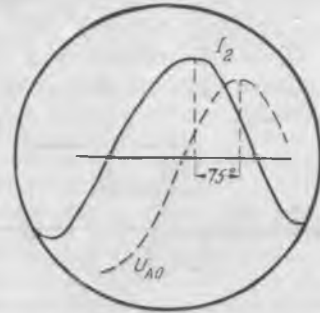


Рис. 6. Осциллограмма  $I_2$  и  $U_{AO}$ .

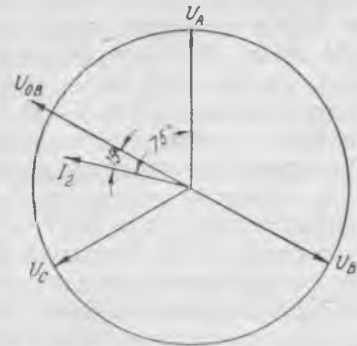


Рис. 7. Векторная диаграмма  $I_2$  относительно напряжения 35 кв.

контроля синхронизма следует подать напряжение  $U_{OB}$  или  $U_{CB}$ . Включение реле синхронизма с углом сдвига между векторами  $15^\circ$  вполне допустимо, так как АПВ может разрешаться при углах сдвига до  $30—40^\circ$ .

Для более точной настройки токов в обмотках реле по углу следует подавать на обмотку реле не напряжение  $U_{OB}$  или  $U_{CB}$ , а напряжение от движка потенциометра, включенного на напряжение  $U_{AC}$ . Опытным путем подбирается положение движка, при котором угол сдвига равен нулю. Должно быть также проверено равенство ампервитков обмоток реле, подключенных к трансформатору отбора и трансформатору напряжения.

□ □ □

# Некоторые особенности схемы АПВ с реле ЭВП-285

Инж. А. А. Воскресенский и инж. Т. И. Корелов

С конца 1951 г. в энергосистемы начали поступать комплектные устройства АПВ с реле типа ЭВП-285\*.

Особенность схемы комплектного устройства АПВ (рис. 1) заключается в применении активно-емкостного контура вместо электромеханического реле времени. Для контура заводом приняты следующие параметры:  $3C = 20$  мкф и  $4R = 1,1$  мгом для номинального напряжения 110 в и  $3C = 8$  мкф и  $4R = 3,4$  мгом — для напряжения 220 в (обозначения приняты в соответствии с информацией завода).

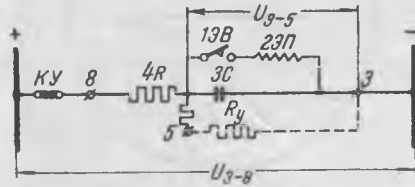


Рис. 1. Схема активно-емкостного контура реле ЭВП-285.

Для испытанного в лаборатории образца реле ЭВП-285 на 110 в величина сопротивления  $4R$  составила 0,91 мгом. Большое значение для правильной работы схемы АПВ имеет сопротивление изоляции между зажимами 3 и 5 —  $R_v$ . При некоторых соотношениях этого сопротивления и сопротивления  $4R$  напряжение на конденсаторе не сможет достигнуть величины, достаточной для срабатывания промежуточного реле ЭП, в результате чего последует отказ АПВ. Минимально допустимая величина сопротивления изоляции между зажимами 3 и 5 из условия надежной работы АПВ определится по распределению напряжения в схеме между сопротивлениями  $4R$  и  $R_v$ :

$$U_{3-5} = U_{3-8} \frac{R_v}{4R + R_v}$$

откуда

$$R_v = 4R \frac{U_{3-5}}{U_{3-8} - U_{3-5}} \quad (1)$$

По этому уравнению на рис. 2 построены кривые зависимости минимально допустимого значения сопротивления изоляции между зажимами 3 и 5 от величины напряжения оперативного тока,

\* Схема и конструкция реле были описаны в статье М. М. Богиной, И. И. Соловьева и М. И. Царева, «Электрические станции», 1951, № 5.

при постоянном значении сопротивления контура  $4R$ . При построении кривых напряжение срабатывания промежуточного реле ЭП принято равным  $U_{3-5} = 0,7 U_{ном}$ .

Как видно из рис. 2, для надежной работы АПВ необходимо иметь изоляцию зажима 5 относительно «минуса» при номинальном напряжении 220 в не менее 8 мгом и при номинальном напряжении 110 в не менее 3 мгом.

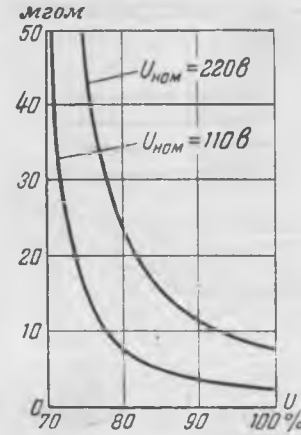


Рис. 2. Минимально-допустимые сопротивления изоляции между зажимами 3 и 5 в зависимости от понижения напряжения оперативного тока (в процентах к номинальному).

При включении реле в разветвленную сеть оперативного тока сопротивление изоляции на зажимах 3—5 будет определяться главным образом сопротивлением изоляции на землю зажима 5 и соответствующего провода, так как зажим 3, подсоединенный непосредственно к шинке «минус», может иметь сопротивление изоляции порядка 0,5 мгом. Таким образом, поддержание изоляции зажима 5 является обязательным условием надежной работы устройства АПВ. Эта особенность реле ЭВП-285 должна учитываться как при наладке, так и при последующих эксплуатационных испытаниях в связи с невозможностью выполнения постоянного контроля изоляции зажима 5. Особенно опасно заземление контура  $4R$  шунтируется сопротивлением изоляции между шинкой «плюс» и землей, чем снижается постоянная времени контура и соответственно уменьшается время заряда конденсатора. При сопротивлении изоляции шинки «плюс», приблизительно в три раза меньшем сопротивления изоляции шинки «минус», напряжение на конденсаторе может достигнуть величины, достаточной для действия реле ЭП, а время готовности АПВ может стать соизмеримым с временем действия защиты. В результате может иметь место многократное АПВ при устойчивом коротком замыкании на линии.

При включении реле в разветвленную сеть оперативного тока сопротивление изоляции на зажимах 3—5 будет определяться главным образом сопротивлением изоляции на землю зажима 5 и соответствующего провода, так как зажим 3, подсоединенный непосредственно к шинке «минус», может иметь сопротивление изоляции порядка 0,5 мгом. Таким образом, поддержание изоляции зажима 5 является обязательным условием надежной работы устройства АПВ. Эта особенность реле ЭВП-285 должна учитываться как при наладке, так и при последующих эксплуатационных испытаниях в связи с невозможностью выполнения постоянного контроля изоляции зажима 5. Особенно опасно заземление контура  $4R$  шунтируется сопротивлением изоляции между шинкой «плюс» и землей, чем снижается постоянная времени контура и соответственно уменьшается время заряда конденсатора. При сопротивлении изоляции шинки «плюс», приблизительно в три раза меньшем сопротивления изоляции шинки «минус», напряжение на конденсаторе может достигнуть величины, достаточной для действия реле ЭП, а время готовности АПВ может стать соизмеримым с временем действия защиты. В результате может иметь место многократное АПВ при устойчивом коротком замыкании на линии.

## ОТ РЕДАКЦИИ

Авторы правильно указывают на одну особенность схемы АПВ с реле ЭВП-285, которую следует учитывать в эксплуатации. Действительно, в случае применения реле ЭВП-285 с недостаточной изоляцией возможен отказ в работе АПВ, а при самых неблагоприятных обстоятельствах — многократное действие.

Однако требование поддержания достаточно высокого сопротивления изоляции между зажимами реле и землей относится ко всем устройствам релейной защиты и электроавтоматики, особенно к устройствам, содержащим конденсаторы и реле с большим сопротивлением катушек в цепи оперативного тока. При двойных замыканиях на землю в цепях оперативного тока возможны ложные действия и реле, катушки которых имеют небольшое сопротивление.

Схема АПВ с реле ЭВП-285 проще, чем схемы с электромеханическими реле времени и, следовательно, надежнее. Поэтому нет оснований ограничивать применение схемы АПВ с реле ЭВП-285. Необходимо только следить за исправностью изоляции, особенно зажима 5 и подсоединенного к нему провода. Завод при выпуске реле обеспечивает сопротивление изоляции всех зажимов относительно корпуса не ниже 45—50 мгом.



## Подвеска трубопроводов к железобетонным конструкциям

При эксплуатации электростанций часто приходится прокладывать новые внутростанционные линии различных трубопроводов в местах, заранее не предусмотренных и не приспособленных для их крепления.

Чаще всего трубопроводы прокладываются под существующим железобетонным перекрытием, и задача подвески их решается обычно путем пробивки отверстий в плите (а иногда, при прокладке крупных трубопроводов, и в балках), закладки в пробитые отверстия анкеров подвесок и последующей заливки их свежим бетоном.

Подобного рода работы сложны и трудоемки. Между тем, можно легко устранить эти затруднения, что достигается следующим образом.

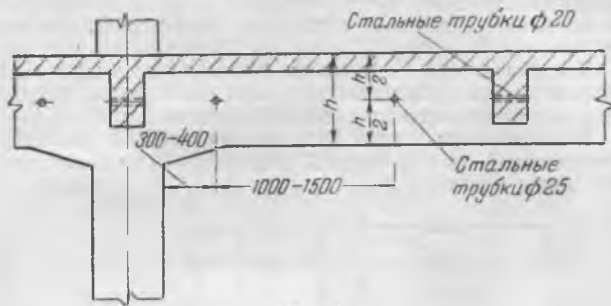


Рис. 1.

При строительстве здания электростанции во всех железобетонных балках заранее закладываются через 1—1,5 м одна от другой, обрезки газовых труб, создающие сквозные поперечные отверстия (рис. 1). Полезно заложить несколько труб и в верхней части колонн.

Последующее крепление подвесок трубопроводов осуществляется с помощью болтов, пропускаемых сквозь заложённые трубы (рис. 2).

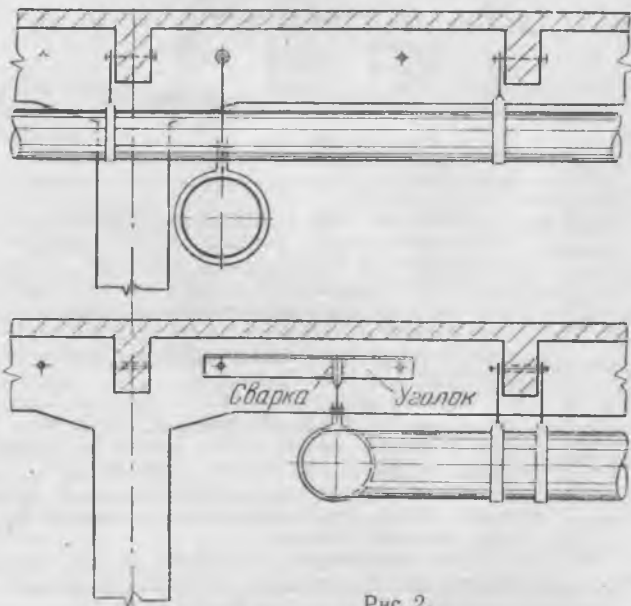


Рис. 2.

Трубопроводы можно подвесить как непосредственно к болтам, пропущенным сквозь отверстия (рис. 3,а), так и путем приварки подвесок к уголкам, укрепленным на балке с помощью тех же болтов и трубок (рис. 3,б), если вертикальная ось трубопроводов должна быть смещена с отверстия. Подвески могут быть односторонними или двусторонними.

Закладывая в главных балках трубы диаметром 25 мм, можно в дальнейшем с помощью болтов подвесить трубопроводы. В вспомогательных балках, располагающихся обычно не реже чем через 3 м одна от другой, достаточно заложить трубы диаметром 20 мм.

Добавочный расход металла на трубы составит всего около 20—23 кг на 100 м<sup>2</sup> перекрытия, причем могут быть использованы старые корродированные трубы, концы собитой резьбой и т. п.

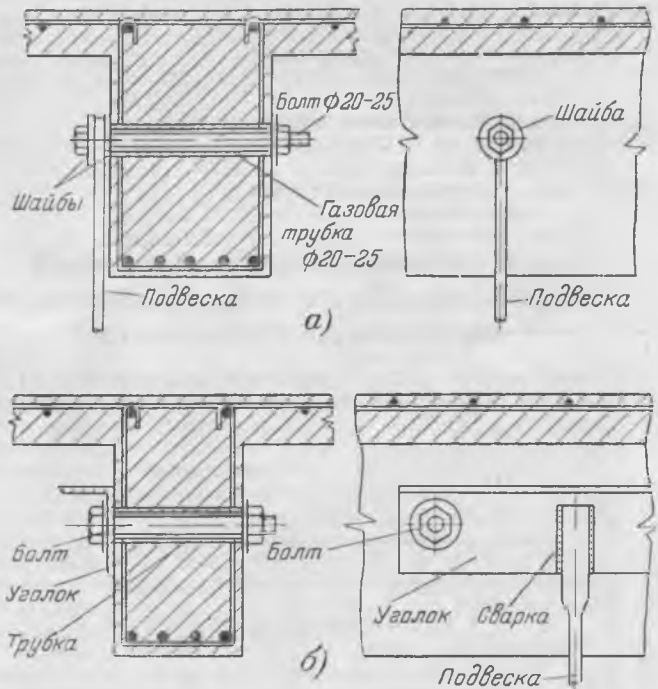


Рис. 3.

Предлагаемый способ одинаково применим как в сборных, так и в монолитных железобетонных конструкциях.

Трубы следует размещать посередине высоты балок, т. е. у нейтрального слоя, чтобы не уменьшать их несущей способности. Для того чтобы при бетонировании трубы сохраняли нужное положение, их необходимо привязывать к хомутам монтажной проволокой.

После снятия опалубки концы труб следует заполнить каким-либо мягким материалом и затереть тонким слоем цемента, чтобы скрыть отверстия. При появлении необходимости в использовании этих отверстий для крепления подвесок они легко найдутся простукиванием молотком.

Описанный способ с успехом применявшийся ранее при строительстве фабрично-заводских зданий и теперь незаслуженно забытый, отличается простотой, производственными удобствами, технической рациональностью и экономичностью.

Канд. техн. наук Б. В. Лопатин

# Универсальный монтажный Г-образный кран грузоподъемностью 25 т

В проектной конторе треста «Донбассэнерго-монтаж» спроектирован новый монтажный кран грузоподъемностью 25 т, предназначенный для ведения блочного скоростного монтажа крупных котельных агрегатов в реконструируемых и расширяемых котельных цехах электростанций, а также в тех случаях, когда отсутствует мостовой монтажный кран на новых стройках.

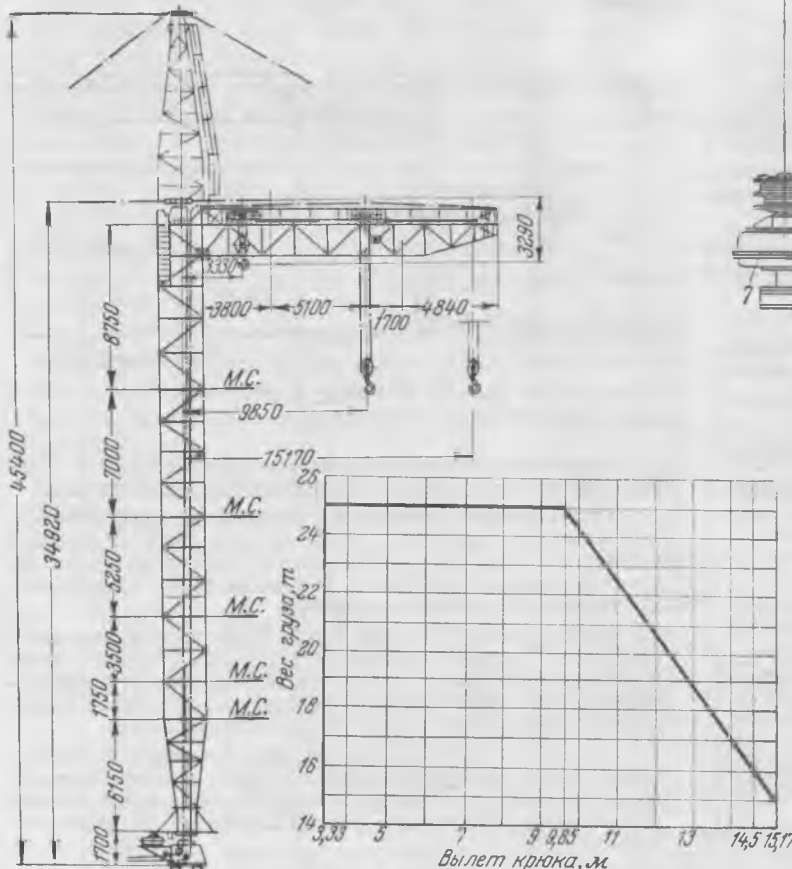
К данному типу кранов предъявляется ряд специальных требований и при разработке проекта нового универсального монтажного Г-образного крана ставились следующие задачи:

- 1) уменьшить вес металлоконструкции;
- 2) создать конструкцию поворотного устройства с установкой муфты предельного момента для предохранения металлических частей крана и привода поворота от повреждений при случайных препятствиях повороту и ветре при нерабочем состоянии;
- 3) исключить применение цветных металлов при изготовлении крана.

Все эти задачи в новом проекте решены.

Конструкция крана с графиком грузоподъемности в зависимости от положения грузовой тележки на консоли крана показана на рис. 1. Техническая характеристика крана следующая:

Грузоподъемность при вылете крюка до 10 м . . . . .	25 т
Режим работы крана . . . . .	15% ПВ
Грузоподъемность при вылете крюка до 15,17 м . . . . .	15 т
Скорость подъема груза . . . . .	1,7—1,9 м/мин
Скорость передвижения грузовой тележки . . . . .	5,8 м/мин
Скорость поворота крана . . . . .	0,2 об/мин
Максимальная высота подъема крюка . . . . .	32,63 м



Угол поворота консоли крана в обе стороны . . . . .	160°
Высота верхнего пояса консоли (максимально) . . . . .	34,1 м
Вылет консоли (максимальный) . . . . .	15,17 м
Вылет консоли (без вставки) . . . . .	13,47 м
Количество растяжек для установки крана . . . . .	6
Вес металлоконструкции крана . . . . .	29 т
Вес механизмов крана . . . . .	8 т
Сечение мачты (по осям) . . . . .	2,3×1,8 м
Диаметр поворотного круга . . . . .	3,1 м

Проектом предусмотрено два варианта: вариант А — кран с оголовком для установки при отсутствии здания и вариант Б — кран без оголовка для установки в закрытом здании.

Металлическая конструкция крана состоит из мачты и консоли, по которой перемещается тележка. Высота мачты с оголовком при максимально-высоком варианте сборки составляет 42,5 м; на высоте 30,65 м к мачте примыкает верхний пояс консоли крана высотой 1,7 м. Мачта, представляющая в плане прямоугольник с размерами 1,8×2,3 м, состоит из шести элементов, комбинируя которые различным образом, можно получить семь разных вариантов высоты крана. Консоль также состоит из трех частей, что дает возможность осуществлять ее длину в двух вариантах для максимального вылета крюка 15,17 и 13,47 м.

Кран запроектирован со съемным оголовком и это обстоятельство дает еще два варианта установки. Следовательно, конструкция предусматривает 7×2×2=28 разных вариантов установки крюка, что и определяет его универсальность.

Когда оголовок по местным условиям не может быть установлен, кран расчаливается горизонтальными растяжками на уровне верхнего габарита консоли.

Нижняя опора (рис. 2) состоит из опорной рамы 1 с установленной на ней опорной подушкой 2 под шаровую пяту мачты крана 3.

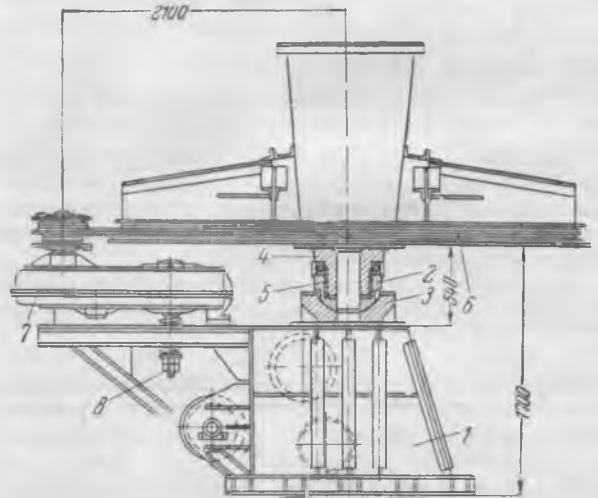


Рис. 2. Нижняя опора крана.

Шаровая пята 3 допускает свободные колебания мачты при прогибах под нагрузкой или отклонения от вертикали на растяжках. Нижняя опора воспринимает суммарную вертикальную нагрузку и опорную горизонтальную реакцию. Стакан 4 опирается на стандартный упорный подшипник качения и свободно вращается в чугунной втулке 5.

Привод поворота крана состоит из поворотного круга 6, диаметром 3,1 м, прикрепленного к нижней части мачты, редуктора с цилиндрической и червячной передачами 7, с установкой муфты предельного момента 8. Поворот крана осуществляется от индивидуального электродвигателя.

Все поворотное устройство весьма компактно, не загромождает площадки у крана и размещается под поворотным кругом.

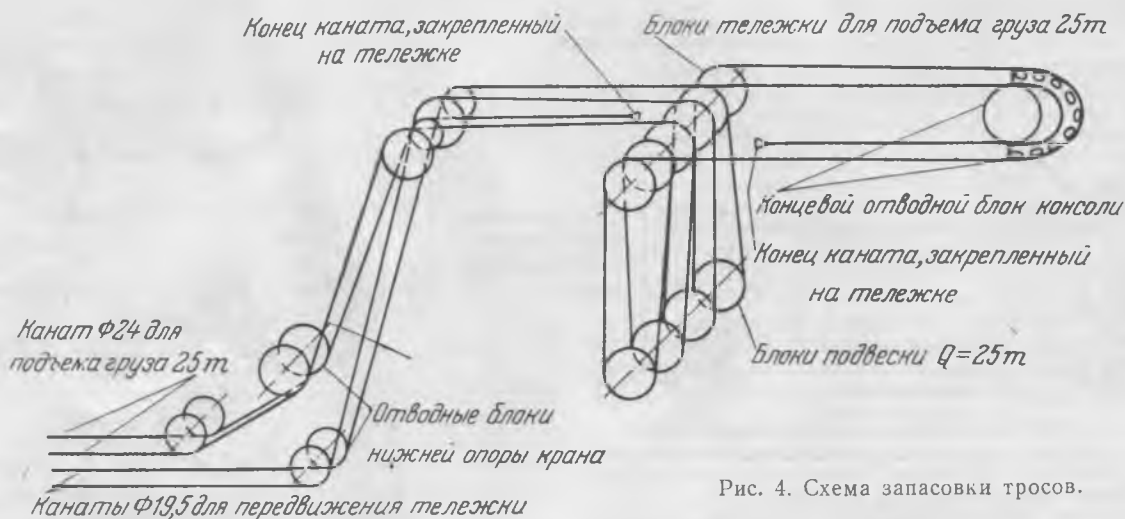


Рис. 4. Схема запасовки тросов.

На рис. 3 изображена верхняя опора крана, состоящая из сварной станины 1, оси 2 и специальной конструкции 3 для крепления растяжек.

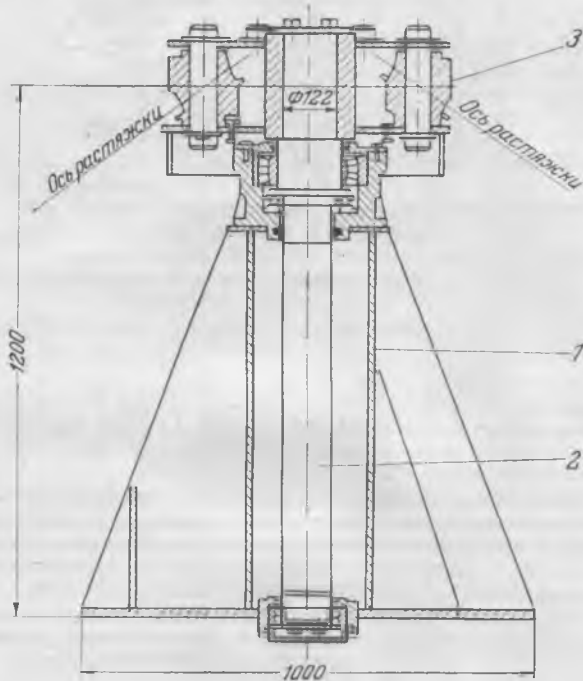


Рис. 3. Верхняя опора крана.

Ось верхней опоры опирается на один упорный и два сферических самоустанавливающихся радиальных шарикоподшипника.

Рама грузовой тележки крана, которая перемещается по верхнему поясу консоли, состоит из швеллеров, опирающихся на две оси, вращающихся в роликовых подшипниках. На этой раме смонтирован верхний шестиролковый блок.

Для устранения перекоса грузовой тележки на рельсовом пути в ее запасовке приняты два сбегающих троса, имеющих параллельное направление и расположенных на равных расстояниях от оси тележки.

Схема запасовки тросов приведена на рис. 4.

При эксплуатации спроектированного универсального монтажного крана необходимо соблюдать следующие обязательные правила:

1. Канаты растяжек в нерабочем состоянии должны иметь предварительную затяжку от 2 до 3 т. Кран предназначен для подъема груза только по вертикали. Косой подъем категорически воспрещается.

2. Работа с краном при скорости ветра более 15 м/сек не разрешается; при скорости до 15 м/сек ветровая площадь груза не должна превышать 10 м<sup>2</sup>.

3. Для смазки шарикоподшипников следует применять технический вазелин либо солидол марки Л. Смазку под-

шипников производить перед каждой новой установкой крана, но не реже чем через 12 мес.

4. Подпятник в процессе эксплуатации необходимо смазывать солидолом ежедневно.

5. После каждой установки, но не реже одного раза в год кран должен испытываться согласно «Правилам устройства, освидетельствования и эксплуатации кранов, подъемных механизмов и вспомогательных при них приспособлений» Котлонадзора МЭС СССР.

Канд. техн. наук Б. И. Жермунский  
и инж. И. И. Могилевский

## Сварные равнопроходные тройники для трубопроводов высокого давления

По действующим правилам Главной государственной инспекции Котлонадзора МЭС для стационарных трубопроводов высокого давления категорий 1а и 1в применяются равнопроходные тройники, изготавливаемые из стального высококачественного литья.

Для проверки возможности замены литых равнопроходных тройников тройниками сварной конструкции трестом «Центроэнергомонтаж» были специально запроектированы<sup>1</sup> и изготовлены из толстостенных труб два сварных равнопроходных тройника высокого давления (соответствующие категориям 1а и 1в), на которых были проведены опыты по проверке прочности их конструкции.

В основу опытов был положен метод разрушения испытываемых тройников от внутреннего гидравлического давления в целях определения характера разрушения и величины разрушающего давления — для последующего сопоставления величины этого давления с полученной по расчету. Исходя из результатов испытаний может быть установлен расчетный коэффициент ослабления конструкции сварных равнопроходных тройников высокого давления по сравнению с прочностью прямых труб и принята соответствующая методика расчета.

Один опытный сварной тройник был изготовлен из углеродистой стальной трубы диаметром 273 × 35 мм марки 20 по ГОСТ В-1050-41.

Второй тройник изготовлен из молибденовой стальной трубы диаметром 273 × 28 мм марки 15М по ГОСТ 4543-48.

К концам тройников были приварены по три специально изготовленных заглушки. В одну из заглушек каждого тройника был ввернут ниппель для присоединения напорной линии от гидравлического пресса. В заглушке штуцера расположен второй ниппель для спуска воздуха из внутренней полости тройника при наполнении его водой.

Для обеспечения качественного провара корня шва приварки штуцера к основной трубе в последнюю вставлялось согнутое в виде трубы подкладное кольцо из листовой стали толщиной 5 мм.

<sup>1</sup> Предложено В. М. Бимана, Л. Д. Гинзбург-Шика и П. С. Фармаковского.

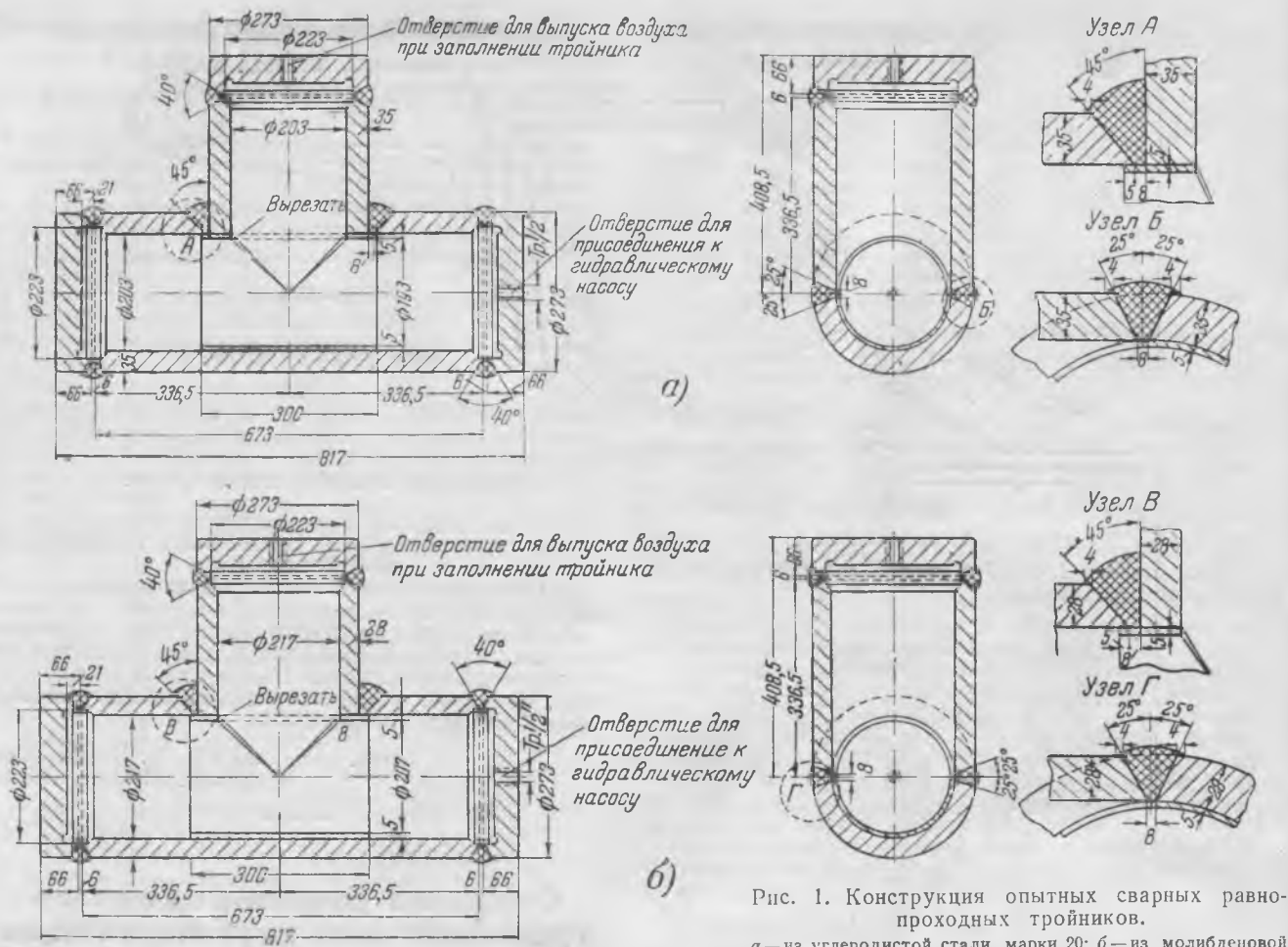


Рис. 1. Конструкция опытных сварных равнопроходных тройников.

а — из углеродистой стали марки 20; б — из молибденовой стали марки 15М.

Конструкция опытных тройников приведена на рис. 1. Для сварки тройника из углеродистой стали применялись электроды ЦМ-7, а из молибденовой — электроды ЦЛ-6. Сварка опытных тройников производилась сварщиками, допущенными к сварке трубопроводов высокого давления.

Для создания давления в тройниках применялся масляный пресс с мультипликатором, повышающим давление масла. По ходу испытания включался либо только масляный пресс, либо пресс совместно с мультипликатором.



Рис. 2. Опытный тройник из углеродистой стали марки 20 после разрушения.

1 — тройник; 2 — оторванная заглушка штуцера.

Перед началом испытания тройники заполнялись водой; отвод воздуха происходил через ниппель в заглушке штуцера.

Подъем давления в испытываемых тройниках<sup>2</sup>, вплоть до их разрушения, производился постепенно: в тройнике из

<sup>2</sup> Повышение давления в тройниках в ходе испытания измерялось манометром и фиксировалось в журнале испытания.

углеродистой стали в течение 5 час. 19 мин. и из молибденовой стали — в течение 4 час. 07 мин. Тройник из углеродистой стали разрушился при давлении 1 060 ат, из молибденовой — при 910 ат.

Во время испытания у тройника из углеродистой стали при давлении порядка 900 ат стало замечаться выпучивание боков. У тройника из молибденовой стали заметное выпучивание боков наблюдалось, начиная с 750 ат. Одновременно началось характерное потрескивание окалины металла.

Разрушение тройников сопровождалось сильным треском и взрывом с выбросом воды и масла, причем у тройника из углеродистой стали оказалась оторванной заглушка штуцера (рис. 2).

Разрыв обоих тройников произошел по целому месту, в направлении, близком к направлению волокон отрезков труб, из которых были изготовлены тройники, т. е. не по сварному шву. Характер разрушения тройников показан на рис. 3.

Для суждения о прочности конструкции испытанных сварных тройников расчетным путем была определена величина внутреннего давления, требующегося для разрушения прямых труб, из которых изготавливались тройники, исходя из фактического предела прочности на растяжение металла данных труб и их фактических размеров.

Фактическая толщина стенок труб была определена путем засверловки тройников (в каждом тройнике было засверлено по 4 отверстия диаметром 25 мм).

Для трубы из углеродистой стали внутреннее давление подсчитано равным 1 570 кг/см<sup>2</sup>, а для трубы из молибденовой стали — 1 340 кг/см<sup>2</sup>.

Таким образом, отношение фактического давления разрушения тройника к расчетному давлению разрушения прямой трубы, из которой изготовлен тройник, составляет:

$$\text{для тройника из углеродистой стали } \varphi = \frac{1\ 050}{1\ 570} = 0,68$$

$$\text{для тройника из молибденовой стали } \varphi = \frac{910}{1\ 340} = 0,68,$$

т. е. одинаковую величину для обоих тройников.

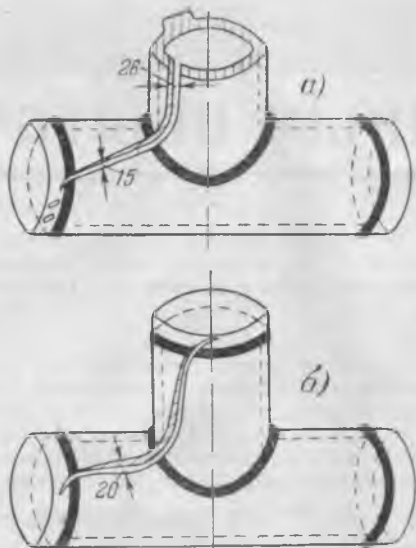


Рис. 3. Опытные тройники после разрушения.

а — из углеродистой стали марки 20; б — из молибденовой стали марки 15 М.

Отношение  $\varphi$  является такой же характерной расчетной величиной, как коэффициент прочности сварного шва, коэффициент ослабления отверстиями заклепочного шва либо трубной решетки барабанов и т. п. По аналогии  $\varphi$  следует назвать коэффициентом ослабления конструкции сварного равнопроходного тройника по отношению к прочности прямой трубы.

Величину  $\varphi$  для сварных равнопроходных тройников данной конструкции следует принять равной 0,68.

Толщина стенки сварного равнопроходного тройника должна определяться по формуле

$$S_{mp} = \frac{S}{\varphi}$$

При таком расчете толщины стенки сварного равнопроходного тройника напряжения от внутреннего давления в наиболее опасном сечении тройника с толщиной стенки  $S_{mp}$  будут равны напряжениям в стенке прямой трубы с толщиной стенки  $S$ , т. е. тройник будет равнопрочен прямой трубе.

Применение сварных равнопроходных тройников высокого давления оправдывается экономическими соображениями и значительным облегчением их веса, а также уменьшением числа сварных стыков трубопровода.

Для сравнения в таблице приводятся стоимость и вес сварных и литых равнопроходных тройников высокого давления, исчисленные по прейскуранту оптовых цен на котлы и котельно-вспомогательное оборудование Минтяжмаша. В качестве сварных тройников приняты тройники для обычно встречающихся параметров пара и питательной воды. Литые тройники высокого давления для того же условного прохода и для тех же параметров рабочей среды взяты по отраслевой нормали ГКТП НО-10-49.

Размер и материал равнопроходных тройников высокого давления	Сварной тройник		Литой тройник	
	Вес, кг	Стоимость, руб.	Вес, кг	Стоимость, руб.
$D_y = 175$ мм из углеродистой стали . . . . .	105	1 680	260	2 600
$D_y = 200$ мм из молибденовой стали . . . . .	171	3 420	450	6 080



Таким образом, сварные равнопроходные тройники обходятся в 1,5—2 раза дешевле и они в 2,5 раза легче по весу литых равнопроходных тройников.

Главная государственная инспекция котлонадзора разрешила применение сварных равнопроходных тройников для трубопроводов питательной воды (категория 1в).

В отношении сварных равнопроходных тройников для паропроводов высокого давления (категория 1а) принято решение изготовить два опытных тройника и установить их на паропроводе высокого давления одной из электростанций для проведения измерений и наблюдений над ползучестью металла в процессе эксплуатации.

В конце 1949 г. два опытных сварных тройника установлены на паропроводе высокого давления одной тэц и за все время эксплуатации результаты измерений и наблюдений над ползучестью металла показывали удовлетворительные результаты.

### Выводы

Проведенная трестом «Центроэнергомонтаж» работа по сварным равнопроходным тройникам высокого давления дает возможность сделать следующие выводы:

1. Сварные тройники для питательных трубопроводов высокого давления могут применяться уже в настоящее время. Вопрос о применении тройников для паропроводов может быть решен по окончании наблюдений над ползучестью опытных тройников в эксплуатационных условиях.

2. Сварные тройники дешевле литых, причем стоимость их может быть еще более снижена при изготовлении на котлостроительном заводе из отходов труб, получающихся при производстве коллекторов и трубопроводов.

3. Число монтажных стыков на трубопроводах при применении сварных тройников можно значительно снизить за счет исключения вставок путем изготовления тройников нужной длины, исключения отдельных переходов для присоединения к арматуре, делая их непосредственно на концах тройников, и т. п.

Инж. Л. Д. Гинзбург-Шик

## О повышении фундаментов трансформаторов

Инж. Шефкинд<sup>1</sup> правильно и своевременно поставил вопрос о повышении фундаментов трансформаторов для облегчения их перекатки. Практика эксплуатации полностью подтверждает доводы, выдвинутые в пользу такого повышения.

Наличие на небольших подстанциях низких трансформаторных фундаментов и трансформаторных тележек является нерациональным и ненужным, так как это усложняет перекатку трансформаторов для их ремонта. Да и к тому же отсутствие на таких подстанциях опытных такелажников в значительной степени тормозит и усложняет эту работу. При повышенном фундаменте надобность в трансформаторной тележке, как в промежуточном транспортном звене, полностью отпадает, и трансформатор перекатывают непосредственно на железнодорожную платформу.

Полностью соглашаясь с предложением инж. Шефкинда о повышении фундаментов трансформаторов на подстанциях средней и малой мощности с 650 до 1 200 мм над головкой рельса, считаем уместным сделать одно дополнение. На небольших подстанциях для трансформаторов, вес которых позволяет транспортировать их на автомашинах, высоту фундаментов следует делать под габарит автомашины соответствующей грузоподъемности. Это мероприятие также упростит и облегчит перекатку трансформатора с фундамента на автомашину.

Инж. Ф. С. Попов

<sup>1</sup> «Электрические станции», 1952, № 8.

## Реконструкция котельного пучка и заднего экрана котлов ТКП-1 и ПК-6

Котельные агрегаты типа ТКП-1 и ПК-6 имели несколько поврежденных труб. Наибольшее количество повреждений произошло с трубами котельных пучков; на них образовывались свищи в области нижних гибов; разрывы труб происходили в той же области и в верхней горизонтальной части.

В течение двух лет произошли повреждения труб по всей ширине котельного пучка котла ПК-6.

Повреждения труб котлов ТКП-1 и ПК-6 происходили в основном из-за конструктивных дефектов системы циркуляции. Эксплуатационные факторы, как, например, неправильное расположение факела в топке, зашлаковка заднего экрана и котельного пучка, приводили к учащению повреждений труб.

Контуры циркуляции у котлов ТКП-1 и ПК-6 сходны между собой. Эти котлы имеют общие стояки, к которым подводится вода из барабана и от которых вода по разводящим трубам подходит к нижним коллекторам экранов. Трубы фронтального экрана и котельного пучка непосредственно вводятся в барабан. Трубы боковых экранов котла ТКП-1 также непосредственно вводятся в барабан, а котла ПК-6 собираются в коллектор и отводящими трубами вводятся в верхнюю часть барабана. Часть труб боковых экранов котла ПК-6 выделена в соленый отсек и имеет отдельный подвод воды из барабана.

Задние экраны имеют некоторые различия в компоновке. Все 45 труб размером  $83 \times 3,5$  мм заднего экрана котла ТКП-1 входят в промежуточный коллектор ( $d_{\text{кн}} =$

$= 250$  мм), из которого выходят 114 труб котельного пучка под углами 5 и  $55^\circ$  к горизонту. Сечение подводящих труб экрана составляет 39,5% от сечения труб котельного пучка;

$$\frac{f_{\text{отв}}}{f_{\text{эк}}} = 2,53.$$

Задний экран котельного агрегата ПК-6 состоит из 96 труб диаметром  $83 \times 3,5$  мм, из которых 48 в виде двухрядного фестона выводятся непосредственно в барабан, а остальные 48 труб включаются в промежуточный коллектор ( $d_{\text{кн}} = 255$  мм). Из коллектора выводятся в два ряда 96 труб котельного пучка, также под разными углами к

горизонтали, т. е.  $\frac{f_{\text{отв}}}{f_{\text{эк}}} = 2$ . Для улучшения циркуляции

трубы III ряда котельного пучка были вырезаны, а отверстия в барабане и коллекторе заглушены.

Анализ повреждений труб котельного пучка показывает, что повреждения в основном происходили из-за неравномерного распределения паро-водяной смеси или пара и воды в промежуточном коллекторе заднего экрана по отдельным рядам труб из-за неодинаково выполненного вывода труб из коллектора. Небольшое нарушение режима эксплуатации котельного агрегата приводило к еще большей неравномерности распределения паро-водяной смеси по отдельным трубам конвективного пучка, вследствие чего в трубах образовывался свободный уровень, а на верхних горизонтальных участках труб происходило расслоение паро-водяной смеси; откладывались соли; кроме того, в нижних гибох труб откладывался шлам. Все это приводило к образованию отдулин, свищей, а иногда и к разрывам труб.

Для более равномерного распределения паро-водяной смеси по трубам в качестве временного мероприятия часть котельного пучка была вырезана, а верхние горизонтальные участки труб заторкретированы. Из конвективного пучка котла ТКП-1 было вырезано 24 трубы, а из пучка котла ПК-6 — 48 труб III ряда. Удаление части поверхности нагрева котельного пучка привело к росту температуры газов перед перегревателем.

При разработке проекта реконструкции котельных пучков котлов ТКП-1 и ПК-6 была поставлена задача обеспечить надежную работу котельных агрегатов и в максимальной мере восстановить поверхности нагрева перед перегревателем.

Кроме того, учитывалось, что все работы по реконструкции будут производиться силами электростанции, поэтому объем работ должен быть сведен к минимуму, а имеющийся промежуточный коллектор использован.

Из опыта эксплуатации других котельных агрегатов известно, что промежуточные коллекторы неравномерно распределяют паро-водяную смесь по рядам труб, выходящим из коллектора под разными углами. Этот недостаток можно устранить, если в коллектор подавать не паро-водяную смесь, а воду, для чего нужно выделить конвективный пучок в отдельный циркуляционный контур с самостоятельной подводящей системой.

Наиболее просто и полно может быть произведена реконструкция конвективного пучка котла ПК-6 (рис. 1). 48 труб заднего экрана, ранее вводившиеся в промежуточный коллектор, наращиваются и непосредственно выводятся в барабан котла под уровень воды. Промежуточный коллектор отодвигается от своего прежнего положения на 380 мм по горизонтали и опускается вниз на 150 мм. Отверстия, в которые вводились 48 труб заднего экрана, заглушаются, отглушаются 24 отверстия III ряда конвективного пучка, в которые вводятся опускаемые трубы. В отверстия I и II рядов вводится по 48 труб конвективного пучка.

После проведенной реконструкции перед пароперегревателем образуется из труб заднего экрана и конвективного пучка двухрядный фестон по 24 трубы в каждом ряду и трехрядный котельный пучок по 48 труб в каждом ряду. Поверхность нагрева перед перегревателем полностью восстанавливается.

Опускающая система котельного пучка состоит из 24 труб, которые вводятся в отглушенные отверстия III ряда пучка

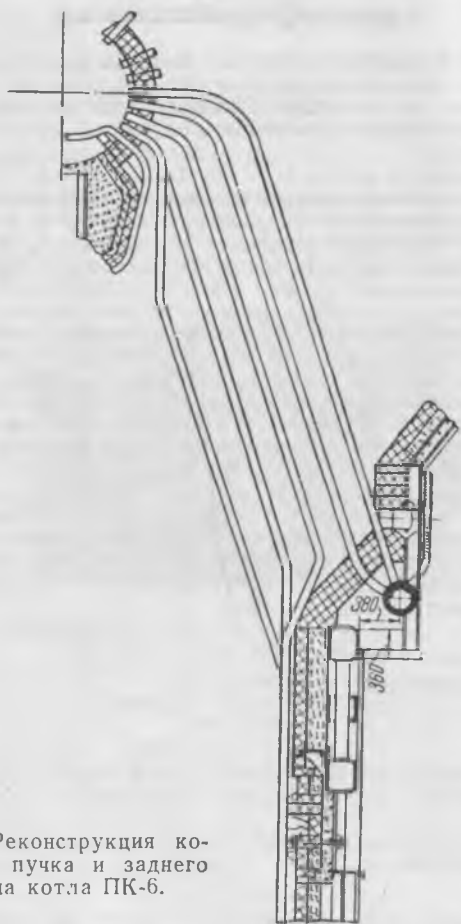


Рис. 1. Реконструкция котельного пучка и заднего экрана котла ПК-6.

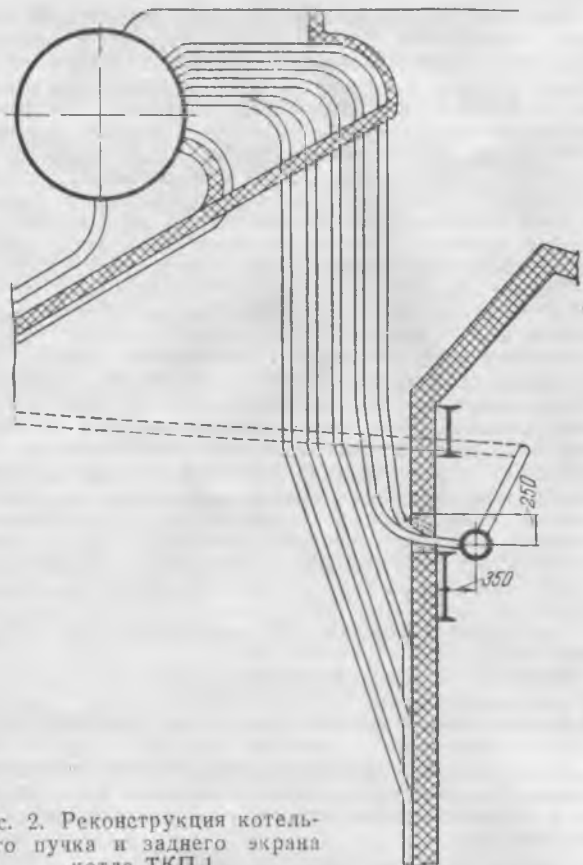


Рис. 2. Реконструкция котельного пучка и заднего экрана котла ТКП-1.

в коллекторе. Опускные трубы выводятся из барабана по нижней образующей и из-за невозможности непосредственного вывода их на боковые стороны котла выводятся на фронт, затем по боковым сторонам котла — к коллектору пучка (по 12 труб с каждой стороны).

Для уменьшения сопротивления внутренний диаметр подводящих труб увеличен с 76 до 94 мм. В барабан котла и в коллектор, где просверлены отверстия под трубы 83 ×

× 3,5 мм, опускные трубы входят насадками из труб 83 × 3,5 мм длиной 1 м. Вся остальная опускная система изготовляется из труб 102 × 4 мм.

Несколько сложнее производится реконструкция котельного пучка котла ТКП-1 (рис. 2). 45 труб заднего экрана наращиваются, разводятся в трехрядный фестон и непосредственно выводятся в барабан котла. Промежуточный коллектор заднего экрана отодвигается от своего прежнего положения на 350 мм и опускается на 250 мм с поворотом на 180° вокруг поперечной оси и разворотом вокруг продольной оси с тем, чтобы 57 труб котельного пучка выходили из коллектора под углом в 7° к горизонтали.

Выйдя из коллектора, трубы образуют двухрядный пучок и выводятся непосредственно в барабан. Опускная система котельного пучка состоит из 14 труб диаметром 108 × 3 мм, под которые рассверливаются имеющиеся в коллекторе отверстия диаметром 83 мм, а в барабане вновь сверлятся 14 отверстий.

Опускные трубы, также как в котле ПК-6, выводятся из барабана по нижней образующей, идут на фронт котла, затем поворачивают на боковые стороны, проходят к коллектору пучка и входят в него по 7 шт. с каждой стороны.

В коллекторе приходится заглушить 57 отверстий диаметром 83 мм и 45 отверстий для круглых лучков. В отверстие, куда прежде вводились экранные трубы, вводятся 14 опускных труб, а 31 отверстие заглушается, как показано на рис. 3. На этом рисунке показаны, кроме того, старое и новое положения коллектора.

Результаты расчетов циркуляции в котельных пучках котлов ПК-6 и ТКП-1 при номинальных нагрузках приводятся в таблице:

Наименование величин	Котел ПК-6		Котел ТКП-1	
	I ряд	II ряд	I ряд	II ряд
Скорость входа воды, м/сек . . . . .	0,272	0,334	0,273	0,154
Расход воды через ряд, кг/сек . . . . .	48	59	28,3	16,5
Скорости воды в опускных трубах, м/сек . . . . .	1,21—на входе и выходе (в переходных патрубках)		0,48	
	0,794—в трубах			

(Продолжение таблицы см. на стр. 48)

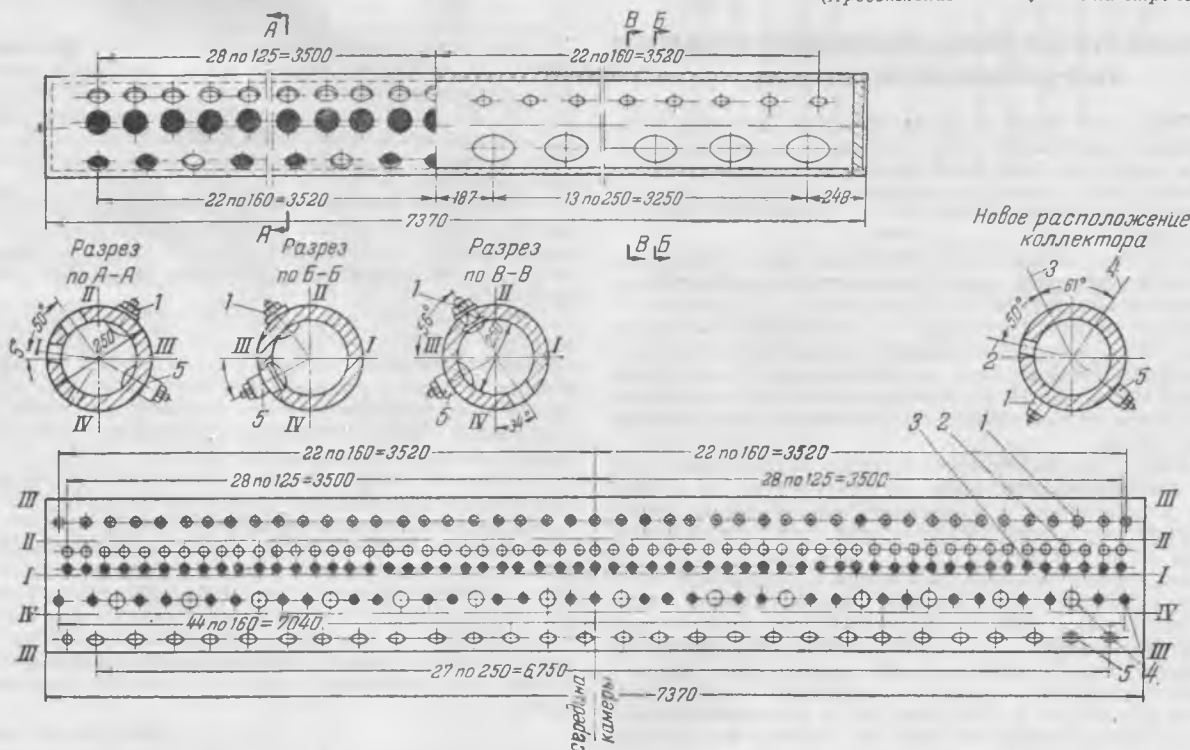


Рис. 3. Разметка заднего коллектора котла ТКП-1.

1—лучковый затвор диаметром 50 мм (45 шт.); 2—отверстия для труб диаметром 83×3,5 мм (57 шт.); 3—заглушенный ряд отверстий для труб (57 шт.); 4—водоподводящие трубы (14 шт.); 5—овальный лучковый затвор 120×106 мм (28 шт.).

Наименование величина	Котел ПК-6		Котел ТКП-1	
	I ряд	II ряд	I ряд	II ряд
Расход воды через опуска- ные трубы, кг/сек . . .	107,0		44,8	
Паропроизводительность ряда, кг/сек . . . . .	0,78	1,07*	0,57	0,52
Кратность циркуляции . .	61,5	60,6	49,7	31,6
Весовое паросодержание в конце трубы, % . . . .	1,62	1,65	2,01	3,17
Объемное паросодержание в конце трубы, % . . . .	43,9	44,3	50,8	62,2
Рабочий перепад, кг/м <sup>2</sup> . .	245,0		325,0	
Минимально допустимая высота уровня воды над опускными трубами в ба- рабанах, м . . . . .	0,112		0,018	

\* С учетом дополнительного излучения слоя газов толщиной 1,25 м между конвективным пучком и перегревателем.

Из этой таблицы следует, что скорости циркуляции воды в трубах котельных пучков невелики. Как показали исследования, при таких скоростях может произойти расслоение потока паро-водяной смеси на верхних горизонтальных участках труб. Для предупреждения поврежденных труб из-за расслоения потока паро-водяной смеси эти участки нужно вывести из обогрева путем установки шамотной перегородки

Проверочные расчеты указывают на возможность образования свободного уровня в отдельных трубах пучка в случае, если эти трубы из-за шлакования пучка или каких-либо других причин будут иметь тепловую нагрузку в 70% от тепловой нагрузки остальных труб пучка. Свободный уровень располагается выше торкретной перегородки и поэтому не грозит повреждению трубы. Но при более сильных нарушениях точного процесса свободный уровень может опуститься ниже торкретной перегородки.

После реконструкции котлы ТКП-1 проработали свыше двух лет в одном случае и свыше одного года в другом, не имея ни одного повреждения.

Инж. М. М. Пржиялковский

## Случай прекращения щелочения питательной воды

В 1938 г. на одной из электростанций Донбасса содо-известковая водоочистка была заменена натрий-катионитовой водоочисткой. Исходная вода в то время имела жесткость 2—2,5 мгэкв/л, щелочность 1,1—1,4 мгэкв/л, содержание хлоридов 40—50 мг/л и кремниевой кислоты 20—25 мг/л.

Количество добавляемой умягченной воды было равно 30—35%. В первое время эксплуатации катионированная вода на водоочистке не подогревалась, и смесь ее с конденсатом турбин поступала на вакуумную деаэрацию с низкой температурой. Появление вследствие этого кислорода в питательной воде и значительное содержание свободной углекислоты в катионированной и питательной воде обусловили интенсивную коррозию поверхностей нагрева котлов.

В 1939 г. на электростанции были осуществлены подогрев катионированной воды на водоочистке и в каскадном подогревателе в машинном зале, а также щелочение питательной воды, в результате чего интенсивной коррозии не наблюдалось.

Перед осуществлением щелочения содержание хлоридов в исходной воде вследствие ее загрязнения возросло до 115 мг/л. Это совпадение создало у отдельных работников электростанции представление, что щелочение питательной воды предназначалось именно для предотвращения коррозионного влияния возросшего содержания хлоридов в исходной, а следовательно, и питательной воде.

Такое мнение ошибочно хотя бы потому, что к началу резкого увеличения содержания хлоридов в исходной воде уже отмечалась интенсивная коррозия; истинной ее причиной были растворенные в питательной воде кислород и углекислота.

Как известно, повышение рН воды, содержащей кислород, превращает равномерную коррозию в местную, питинговую, наиболее опасную, так как при этом оборудование выходит из строя намного быстрее, чем даже при интенсивной, но равномерной коррозии. Щелочение питательной воды даже до рН = 10—11 и выше не может защитить металл настолько, чтобы процесс коррозии прекратился; при наличии же в воде свободной углекислоты (рН < 7) оксидная пленка разрушается, и процесс коррозии с кислородной деполаризацией не замедляется с течением времени. Питательная вода при этом обогащается продуктами коррозии стальным шламом.

Таким образом, щелочение питательной воды не является защитой от кислородной коррозии стали; радикальной мерой борьбы в этом случае является полное удаление из воды кислорода и углекислоты. При отсутствии кислорода коррозия имеет равномерный характер; поэтому щелочение хорошо деаэрированной воды не является опасным, поскольку локальной коррозии в отсутствии кислорода не происходит, но это не означает, что необходимо подщелачивание питательной воды во всех случаях. Если щелочение полезно при наличии в деаэрированной воде свободной углекислоты, то искусственное повышение рН воды, лишенной свободной СО<sub>2</sub>, является излишним, что подтверждается практикой и опытами ВТИ.

Для предотвращения интенсивной коррозии металла и заметного накопления окислов металла в паровых котлах достаточно обеспечить рН питательной воды в пределах 7—7,5.

Наиболее простым и выгодным методом повышения рН питательной воды, в состав которой входит умягченная вода с бикарбонатной щелочностью, является барботажная деаэрация.

Исходя из этих положений, надо считать возможным прекращение щелочения питательной воды при указанных в таблице данных качества катионированной и питательной воды.

Наименование	Щелоч- ность, мгэкв/л	Cl <sup>-</sup> , мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	Сухой ос- таток, мг/л	SiO <sub>2</sub> , мг/л
Катионированная вода . . . . .	1,28	80—144	12	250—400	25—30
Питательная вода	0,48	25—50	4	90—160	—

При этом полное удаление из питательной воды кислорода и свободной углекислоты достигается барботажным подогревом катионированной воды в течение часа до 70° на водоочистке и в течение полутора часов до 98°С в машинном зале перед поступлением ее на деаэраторы в смеси с конденсатом турбин, подогретым до 60—70°С

Указанные мероприятия обеспечивают не только полное удаление кислорода и свободной углекислоты, но и значительное превращение бикарбонатов в карбонаты, что и без искусственного щелочения поднимает рН воды до 8—8,5.

Известно, что для предотвращения образования на лопатках турбин высокого давления нерастворимых соединений кремниевой кислоты<sup>1</sup> и обеспечения безнакипного режима в котлах среднего давления даже при содержании SiO<sub>2</sub> в котловой воде до 700 мг/л достаточно иметь в котловой воде отношение молярных концентраций Na<sub>2</sub>O к SiO<sub>2</sub> не меньшим 0,8—1,0.

В наших условиях это отношение обеспечивается карбонатной щелочностью питательной воды.

В настоящее время организован барботажный подогрев катионированной воды до 70°С в течение часа и установлены барботажные подогреватели в двух из пяти баков машинного зала для подогрева катионированной воды с 70 до 98°С в течение полутора часов.

Выполнение описанных мероприятий, помимо повышения надежности эксплуатации, даст годовую экономию 22 тыс. руб. (стоимость годового расхода каустической соды).

Инж. И. Ф. Бырька

<sup>1</sup> А. А. Кот, Об образовании соединений кремниевой кислоты на лопатках паровых турбин, «Электрические станции», 1951, № 7.

# Работа виниловых щелевых дренажей катионитовых фильтров

В целях дальнейшего усовершенствования дренажных устройств на электростанции было запроектировано<sup>1</sup> и осуществлено в 1949 г. применение виниловых труб со щелевым дренажем для катионитовых фильтров диаметром 3 м.

Коллектор был сделан из стальной трубы  $160 \times 5$  мм, а отводящие трубы диаметром  $52 \times 5$  мм — из винилпласта. Отводящие трубы ввертывались в муфты коллектора и закрывались с торцов виниловыми заглушками, приваренными виниловой проволокой (рисунок).

Нарезка щелей на трубах производилась шлицевой фрезой (ГОСТ 2680-4) диаметром 40 мм и толщиной 0,3 мм. На всех трубах было нарезано 2600 щелей, что составляет 0,16% от площади сечения фильтра. Они нарезались в два ряда под углом  $45^\circ$  к оси труб.

Перед сборкой дренажа все щели очищались от заусенцев и промывались водой.

В сентябре 1949 г. катионитовый фильтр, оборудованный таким дренажем (с катионитом — сульфоглем), был включен в работу.

Применение фильтра с виниловым щелевым дренажем без подстилочного материала позволило увеличить количество загруженного катионита на 30% и соответственно емкость поглощения фильтра.

В дальнейшем такими дренажными устройствами были оборудованы еще два фильтра.

После годичной эксплуатации один из фильтров был разгружен для осмотра дренажного устройства, причем на нем никаких повреждений и изменений не было обнаружено.

На этом основании было решено на вновь монтируемой установке параллельного Н—Na-катионирования применить виниловое щелевое дренажное устройство.

Для Н-катионитовых фильтров коллектор был изготовлен из виниловых труб диаметром  $160 \times 5$  мм. Вместо металлических муфт были взяты виниловые. Приварка муфт к коллектору производилась виниловой проволокой. Коллектор соединялся с наружным патрубком при помощи фланцев.

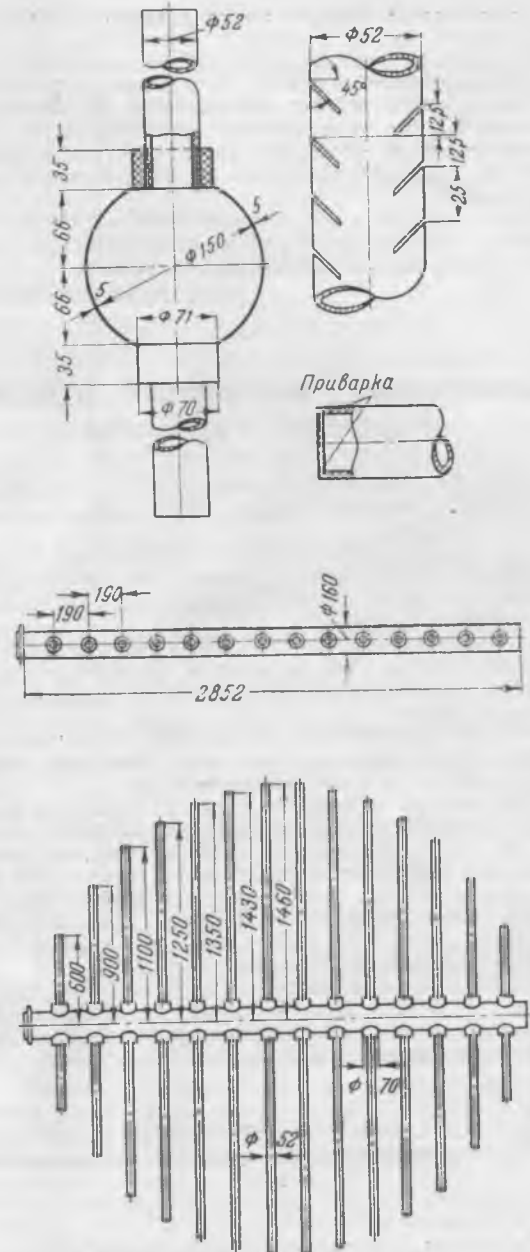
Стальной патрубок, входящий в фильтр на 250 мм, а также фланец с болтами покрывались перхлорвиниловым лаком.

На новых фильтрах были дополнительно смонтированы верхние распределительные устройства для подачи воды, кислоты и раствора соли (точно такие же, как и нижние).

Опыт эксплуатации Н—Na-катионитовой установки с дренажным устройством из виниловых труб со щелями показал его большую надежность в условиях длительной работы. В течение 18 мес. эксплуатации катионирующий материал из фильтров не выгружался, и они работают без какого-либо ремонта дренажных устройств. Высказывавшееся предположение о возможности заклинивания мелкими фракциями катионита щелей в дренажах с колпачками<sup>2</sup> на виниловом дренаже за этот период работы не подтвердилось.

Отсутствие заклинивания щелей косвенно подтверждается тем, что максимальная производительность фильтра при пуске составляла 160 т/час; эта же производительность сохранилась и через 18 мес. эксплуатации<sup>3</sup>. С целью увеличения пропускной способности фильтра количество щелей можно увеличить в 2—3 раза, не ослабляя прочности труб.

Весь виниловый дренаж выполняется из одного материала и имеет всего три детали: коллектор, отводящие трубы и муфты. Изготовление и обработка винилпласта в несколько раз проще и легче, чем стальных труб. Стоимость материала для одного дренажного устройства фильтра диаметром 3 м составляет:



	Количество	Вес, кг	Цена, руб.	Сумма, руб.
<b>По винилпласту</b>				
Трубы $160 \times 5$ мм	3 м	10,5	12	126
Трубы $52 \times 5$ мм	44 м	44	12	528
Трубы $70 \times 27,5$ мм	1,5 м	7	12	84
Лист для фланцев	20 мм	13	12	156
Сварочная проволока		1	12	12
			<b>Итого</b>	<b>906</b>
<b>По стальному материалу (из нержавеющей стали) с колпачками</b>				
Трубы $159 \times 5$ мм	3 м		383	1 149
Трубы $50 \times 5$ мм	40 м		92	3 680
Трубы $13 \times 1,5$ мм	5 м		31	155
Муфты	30 шт.		10	300
Колпачки	160 шт.		2	320
			<b>Итого</b>	<b>5 604</b>

<sup>1</sup> Совместно с Н. Н. Ниловым (ЦЭМ).

<sup>2</sup> См. статью Ф. Г. Прохорова в журнале „За экономию топлива“, 1951, № 9.

<sup>3</sup> Правильнее было бы привести данные по гидравлическому сопротивлению в начале эксплуатации фильтра и после 18 мес. его работы. Р е д.

Изготовление винипластового дренажа (учитывая нарезку щелей, муфт и сварку) потребовало 5 рабочих дней и трудозатраты составили 25 человеко-дней.

Винипластовые щелевые дренажные устройства в настоящее время широко применяются на многих электростанциях для катионитовых фильтров, а на данной электростанции в настоящее время приступили также к переводу кварцевых фильтров на винипластовый щелевой дренаж.

Опыт эксплуатации винипластовых дренажей дает основание ставить вопрос об их стандартизации, в первую очередь для Н-катионитовых фильтров.

Инж. П. Н. Богословский

## „Флаговая“ вибрация лопаток паровой турбины

На роторе турбины ОК-30 ЛМЗ, 3 000 квт, изготовленной в 1927—1930 гг., с номинальными параметрами пара 13 ата, 300° С, имеется 2 венца диска скорости и четыре ступени давления.

Фактические условия работы турбины при 9—11 ата, 240—285° С: летом турбина работает на конденсационном режиме (вакуум 92—96%); зимой — на теплофикацию с ухудшенным вакуумом.

Во время капитального ремонта в 1951 г. старый ротор вследствие глубокой эрозии входных кромок лопаток обоих (особенно первого) венцов скорости был заменен имеющимся запасным.

Турбина проработала 8 515 час. без особых нарушений в работе и без аварийных остановок. Вибрация подшипников турбины не превосходила 0,02 мм.

При осмотре турбины во время капитального ремонта 1951 г. была обнаружена поломка у корня одной лопатки третьего диска. Сломанная лопатка завернула входные кромки всех рабочих лопаток четвертого диска внутрь вогнутой стороны профиля (рис. 1) почти по всей высоте.

Была обнаружена также поломка выходных кромок нескольких лопаток четвертого диска и на 20—30% этих лопаток — продольные трещины.

После очистки и проверки керосиновой пробой оказалось, что до 60% лопаток четвертого диска имеют повреждения или трещины выходных кромок. Закономерности расположения поврежденных лопаток по окружности не за-



Рис. 1. Характер изгиба лопаток четвертого диска при повреждении лопатки третьего диска.



Рис. 2. Характер повреждения лопаток четвертого диска.

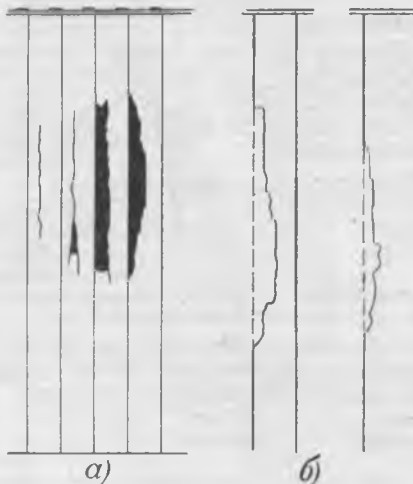


Рис. 3. Вид трещин (а) и выкрашивания (б) на лопатках.

мечено. Трещины и выкрашивание расположены по высоте лопаток в их верхней части примерно от 40 до 80% высоты от корня. Трещины все продольные и почти все сквозные. При этом везде, где сквозная трещина имеет достаточно большой размер, выходная кромка с прилегающей к ней частью профиля смещена внутрь вогнутой стороны профиля (рис. 2).

Наиболее характерный вид трещин и выкрашивания представлен на рис. 3.

При ремонте было обращено внимание на форму профиля выходной части лопаток четвертого диска. Профили старого и нового ротора показаны на рис. 4.



Рис. 4. Профили выходной части лопаток старого и нового роторов.

Характер повреждений лопаток нового профиля, а также длительная благополучная работа лопаток старого профиля в одинаковых условиях дают основания полагать, что причиной повреждения выходных кромок лопаток нового профиля является «флаговая», или «парусная» вибрация (свободные колебания выходной кромки в паровом потоке в направлении, перпендикулярном плоскости выходной части профиля).

Таким образом, измененный заводом профиль, больше похожий на профиль лопаток реактивных ступеней, оказывается для данной турбины непригодным.

Инж. Е. П. Мионов

## Работа дифференциальной поперечной защиты генератора при двойном замыкании на землю обмотки ротора

Генератор типа Т2-25-2 завода «Электросила» был включен в работу с дефектной изоляцией обмотки ротора. На остановленном генераторе изоляция обмотки ротора по отношению к корпусу составляла 40 мгом. При скорости вращения больше 500 об/мин изоляция снижалась до нуля.

К целям возбуждения генератора была подключена защита от появления второго замыкания на землю в цепи возбуждения с действием на сигнал. Защита была выполнена с помощью электродинамического реле, отстроенного от срабатывания при протекании через его катушку переменного составляющей тока.

На 18-й день работы генератора защита ротора дважды кратковременно срабатывала на сигнал; по измерительным приборам генератора никаких ненормальных отмечено не было. Затем через 2 дня эта защита еще раз кратковременно сработала, и опять показания измерительных приборов генератора не имели отклонений от нормальных.

Через 13 дней после последнего случая работы защиты ротора генератор отключился от дифференциальной поперечной защиты. Одновременно сработала на сигнал и защита ротора от появления второго замыкания на землю в цепи возбуждения.

В момент отключения генератора в системе не было отмечено нарушения нормального режима работы. За 13 мин. до отключения были зафиксированы следующие показания измерительных приборов генератора: активная мощность—24 000 квт, реактивная мощность—20 000 ква, напряжение статора — 6 300 в, ток статора — 2 800 а, напряжение ротора — 210 в, ток ротора — 280 а.

При осмотре выводов генератора повреждений не было обнаружено; сопротивление изоляции обмоток статора составляло 20 мгом (в горячем состоянии обмоток); генератор был включен в работу с нормальной нагрузкой.

На другой день после отключения генератора проверкой установлена была полная исправность дифференциальной поперечной защиты, выполненной с помощью индукционных реле с тормозными катушками. Эта защита находится в эксплуатации 12 лет, и настройка ее практически не изменялась. Не было ни одного случая

срабатывания дифференциальной поперечной защиты этого генератора, а также других трех генераторов в системе, имеющих такую же защиту.

Поскольку обмотки статора генератора, а также дифференциальная поперечная защита оказались в полной исправности, а отключение этой защитой генератора создало со срабатыванием защиты ротора от замыкания на землю во второй точке, было рассмотрено влияние двойного замыкания на корпус в обмотке ротора на соотношение между токами в параллельных ветвях каждой фазы обмоток статора. Произведенным анализом установлено, что у генераторов, имеющих параллельные ветви обмоток статора, расположенные в разных пазах, двойное замыкание на корпус в обмотке ротора обуславливает искажение результирующего магнитного потока генератора. Вследствие этого появляется разность токов параллельных ветвей обмоток статора, что и приводит к срабатыванию дифференциальной поперечной защиты.

Инж. А. К. Дубовицкий

#### ОТ РЕДАКЦИИ

*Случаи работы дифференциальной поперечной защиты генератора при появлении второго замыкания на землю в цепи возбуждения генератора отмечались в эксплуатации и раньше. Срабатывание защиты вызывается появлением разности токов в параллельных ветвях обмотки при искажении магнитного потока.*

*В связи с этим при наличии в обмотке ротора генератора замыкания на корпус и установке на генераторе защиты от появления второго замыкания на землю в цепи возбуждения с действием на сигнал следует в дифференциальной поперечной защите ввести выдержку времени порядка 0,5 сек. и блокировать ее от токового реле защиты ротора (на время срабатывания реле защиты ротора со снятием блокировки через 0,1—0,2 сек. после возможного исчезновения второго замыкания на землю в цепи возбуждения).*

## Автоматическое регулирование тока статора синхронных компенсаторов

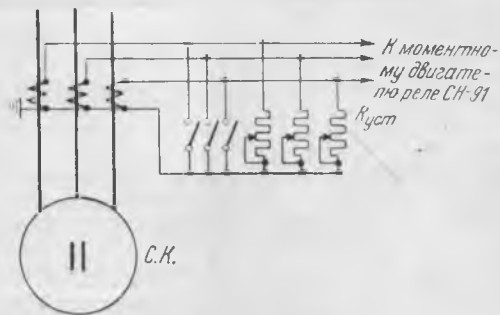
Опыт эксплуатации автоматических регуляторов напряжения типа СН-91 на синхронных компенсаторах 7,5 тыс. *кВА*, установленных на ряде подстанций в энергосистеме, показал нерациональность дальнейшего их использования по обычной схеме. Это объясняется тем, что в условиях недостатка реактивной мощности в энергосистеме синхронные компенсаторы обычно загружены на полную номинальную мощность. При всяких изменениях напряжения на шинах, к которым подключен синхронный компенсатор, автоматический регулятор напряжения стремится поддержать напряжение постоянным, срабатывает и действует на возбуждение компенсатора, изменяя его в ту или иную сторону, в зависимости от изменения напряжения. Однако ввиду ограниченной мощности компенсатор не в состоянии поддерживать напряжение на прежнем уровне и в результате после срабатывания регулятора синхронный компенсатор либо перегружается, либо разгружается.

Изменение нагрузки компенсатора требует вмешательства персонала, который отключает автоматический регулятор напряжения, вручную регулирует нагрузку на компенсаторе и затем вновь вводит в действие АРН.

Таким образом, при необходимости полной загрузки компенсатора автоматический регулятор, реагирующий на изменение напряжения, не только не помогает персоналу, а, наоборот, вынуждает вмешиваться, непрерывно следить за нагрузкой компенсатора и поддерживать ее в нужных пределах.

Поэтому возникла мысль о замене на компенсаторах автоматического регулирования напряжения автоматическим регулированием тока. Соответствующая схема (см. рисунок) была разработана и выполнена Службой релейной защиты энергосистемы в соответствии с решением Технического управления МЭС.

В разработанной схеме питание измерительного органа (моментного двигателя реле СН-91) осуществляется не от трансформаторов напряжения, а от трансформаторов тока синхронного компенсатора. Для регулирования величины тока нагрузки предусмотрен трехфазный регулирующий реостат, включенный на те же трансформаторы тока, параллельно с измерительным органом, как показано на схеме.



В качестве реостата для регулирования нагрузки, как показали расчеты и испытания, может быть использован существующий установочный реостат. Для этого необходимо только зашунтировать нерегулируемую часть.

Так как при питании измерительного органа от трансформаторов тока использовать обычным способом быстродействующую часть АРН в качестве форсировки возбуждения не представляется возможным, то в схеме предусмотрена дополнительно установка релейной форсировки возбуждения с помощью двух реле минимального напряжения, включенных на трансформатор напряжения. При срабатывании форсировки возбуждения регулирование по току автоматически выводится из действия.

Устройство регулирования по току смонтировано в энергосистеме на ряде компенсаторов, и произведенные испытания и опыт эксплуатации дали весьма хорошие результаты.

Инж. В. К. Люляев и инж. Р. М. Цигер

## Повреждение изолятора типа СО-35

В ноябре 1951 г. перед вводом в эксплуатацию шинного моста 6 кв наружной установки на изоляторах типа СО-35 до испытания повышенным напряжением изоляция его была измерена мегомметром на 2500 в. Сопротивление изоляции оказалось равным: фазы А — 1400 мгом, фазы В — 1600 мгом, фазы С — 250 мгом.

Наружным осмотром каких-либо дефектов изоляторов обнаружено не было.

Испытание повышенным напряжением 32 кв переменного тока изоляция шинного моста выдержала. Ток утечки при испытании не измерялся.

В августе 1952 г. во время останки генератора в капитальный ремонт сопротивление изоляции шинного моста, измеренное мегомметром на 2500 в, оказалось равным: фаз А и В — 10000 мгом и фазы С — 12 мгом.

Тщательным наружным осмотром изоляторов фазы С повреждений не было обнаружено. Поочередным делением фазы С на части и испытанием изоляторов мегоммет-

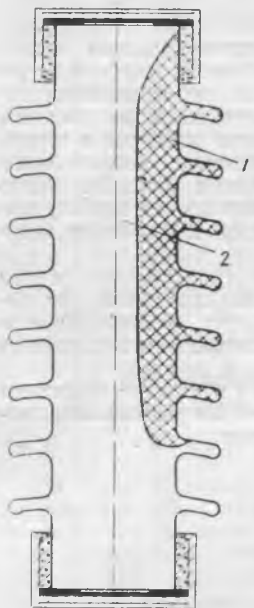


Рис. 1. Изолятор СО-35 с трещиной.  
1—цельный фарфор; 2—трещина.



Рис. 2. Общий вид повреждений изолятора СО-35 со следами потеков лака.

ром удалось обнаружить изолятор с пониженной изоляцией.

Дефектный изолятор был демонтирован и подвергнут тщательному осмотру; при этом была обнаружена еле заметная волосая трещина, которая шла почти по прямой линии от верхнего фланца до самого основания по одной стороне изолятора; от второй юбки снизу до основания трещина охватывала весь изолятор.

После измерения изоляции мегомметром (12 мгом) изолятор был испытан повышенным напряжением переменного тока. При напряжении 20 кВ ток утечки, измеренный на стороне высшего напряжения, составил около 2 мка, при 35 кВ — около 4 мка, а при 45 кВ стрелка прибора уходила за шкалу, причем происходил видимый разряд по трещине, и испытательный трансформатор отключался автоматом от сети.

Сопротивление изоляции, измеренное мегомметром непосредственно после испытания повышенным напряжением, оказалось около 12 мгом.

Изолятор был облит водой; сопротивление изоляции при этом упало до 2 мгом, и видимый пробой начинался при 7 кВ, а при 8 кВ испытательный трансформатор отключался автоматом от сети.

На следующий день испытания были повторены. При этом сопротивление изоляции поднялось вновь до 12 мгом, и изолятор при испытаниях вел себя так же, как и накануне.

После этого изолятор был разбит.

Как видно из рис. 1, под верхним фланцем оказалась сквозная трещина. С торцевой части фарфора в трещину проник пропитывающий состав из прокладки, который тонкими струйками распространился до нижнего фланца. При рассмотрении поверхности трещины в микроскоп (увеличение в 80 раз) нитевидные потеки представляются в виде извилистых канавок (рис. 2). Вдоль тела фарфора трещина распространилась на глубину около  $\frac{2}{3}$  диаметра и, начиная от второй юбки, снизу охватила всю толщу изолятора.

Поверхность трещин оказалась гладкой, как и при неудачном обжиге фарфора, и резко отличалась от поверхностей раскола, образованных при разбивании изолятора, что свидетельствовало о повреждении изолятора еще в процессе его изготовления.

В местах сопряжения с верхним и нижним фланцами по трещине на глубину около 1,5—2 см проник лак, которым окрашивались на заводе фланцы.

## Выводы

Описанный случай лишний раз подтверждает целесообразность измерения сопротивления фарфоровой изоляции с помощью мегомметра, помимо обычных испытаний повышенным напряжением, которые, как показано выше, не всегда обеспечивают надежность отбраковки.

Следует рекомендовать испытывать фарфоровую изоляцию повышенным напряжением по нормам, соответствующим классу этой изоляции, выводя при этом из схемы испытаний другие виды оборудования и изоляции, рассчитанные для рабочего напряжения.

В отношении шинных мостов, являющихся очень ответственным звеном в передаче электрической энергии, эту рекомендацию следует сделать обязательной.

Образование продольной трещины по всей высоте изолятора в процессе заводской термообработки говорит о том, что технология производства изоляторов этого типа, по видимому, нуждается в некоторых изменениях.

Инж. В. И. Евсеев

## Опыт отыскания места повреждения в якоре возбуждателя

При капитальном ремонте якоря возбуждателя мощностью 168 кВт, 220 в, типа GV-540/14 производилась проверка паек якоря методом измерения падения напряжения между двумя соседними коллекторными пластинками. Так как якорь имел двукратно-волновую обмотку, то измерения производились наложением щупов через одну коллекторную пластину. В восьми местах, расположенных симметрично по коллектору, милливольтметр дал повышенные показания, причем превышение показаний составило 60%. Осмотром, а также проверкой паек в лобовых соединениях обнаружить повреждения не удалось, что до некоторой степени объяснялось отсутствием схемы обмотки возбуждателя.

Для отыскания места повреждения ротора поступили следующим образом.

К одной из пар коллекторных пластин, на которых были получены повышенные показания милливольтметра, была подпаяна гибкая проволока, посредством которой через дефектную цепь обмотки пропускался ток, сначала от резервного двигатель-генератора, а затем нагрузочного трансформатора. Ток через дефектную часть обмотки ротора регулировался так, чтобы не перегреть обмотку; в данном случае он был равен 150—200 а. Все лобовые соединения с обеих сторон ротора тщательно ощупывались, и по нагреву место плохой пайки было обнаружено очень быстро.

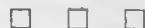
Дефектное место находилось с противоположной стороны коллектора, в месте пайки медной гильзы к стержням обмотки; оказалось, что один из стержней не был залужен.

Интересно, что место плохой пайки в течение предшествовавших проверок не было обнаружено. Это, по видимому, могло быть вызвано тем, что контакт в гильзе при измерениях осуществлялся нажимом.

После перепайки поврежденного места при пропуске тока через дефектную ветвь никакого повышения температуры не наблюдалось. Повторные измерения падения напряжения между пластинами, где ранее наблюдались повышенные показания милливольтметра, дали положительные результаты.

Следует обратить внимание на то, что для нагрева дефектной части обмотки ротора возбуждателя с успехом можно воспользоваться переменным током низкого напряжения от нагрузочного трансформатора, что во многих случаях облегчит отыскание места повреждения в возбуждателях.

Инж. В. Г. Лапанашвили и инж. С. Р. Элькин



**В Техническом управлении  
Министерства**

**О предотвращении отключения  
турбоагрегатов и саморазгрузок  
потребителей**

Техническое управление на основе анализа аварий и отчетов районных управлений и энергокомбинатов устанавливает, что в ряде энергосистем необоснованно введены ограничения форсировки возбуждения, не все синхронные машины оснащены устройствами автоматического регулирования, хотя выпуск этих устройств для обеспечения действующих электростанций налажен на Киевском заводе треста «Армсеть». На новых агрегатах устройства автоматического регулирования возбуждения вводятся в работу с большими опозданиями, автоматические регуляторы возбуждения и релейные устройства быстродействующего возбуждения выводятся из работы без достаточных на то оснований, например, под предлогом слабой изоляции ротора; применяются заниженные уставки по напряжению на реле форсировки возбуждения (меньше 0,85% нормального рабочего напряжения) и по скорости вращения у автоматов безопасности паровых турбин (меньше 110% номинальной); дежурный персонал при восстановлении напряжения после отключения коротких замыканий преждевременно вмешивается и действует неправильно, уменьшая ток возбуждения.

По этим причинам имели место аварии, сопровождающиеся саморазгрузкой потребителей и отключением турбин и генераторов.

В целях повышения устойчивой работы энергосистем Техническое управление предлагает (противоаварийный циркуляр № 5/Э от 29 марта 1952 г.):

1. Внести в инструкции дежурного персонала штаб управления категорическое запрещение регулировать ток возбуждения генераторов в период короткого замыкания и последующего восстановления напряжения в течение 1 мин. после начала нарушения. В случае асинхронного хода персонал должен действовать согласно местной инструкции.

2. Обеспечить оборудование всех генераторов автоматическими регуляторами возбуждения. Независимо от типа автоматического регулятора возбуждения следует иметь дополнительно релейное устройство быстродействующего возбуждения, которое должно сохраняться в работе при эксплуатационных отключениях автоматических регуляторов возбуждения для проверок, чистки контактов и т. п. При этом устройства быстродействующего возбуждения должны быть настроены так, чтобы при снижении напряжения до 0,85 нормального рабочего был использован максимальный (потолочный) ток возбуждения.

Для генераторов с проволочными бандажами форсировку возбуждения следует блокировать при появлении напряжения отрицательной последовательности, но не ограничивать величину форсировки тока возбуждения при симметричных режимах.

3. Автоматы безопасности паровых турбин должны быть отрегулированы на срабатывание при повышенной скорости вращения турбин на 10% сверх номинальной. При этом систематически должна производиться проверка исправной работы регулирования турбин.

**О предупреждении аварий,  
вызываемых несинхронным  
включением**

На одной из электростанций при несинхронном включении генератора со сдвигом фаз на 180° произошла авария с повреждением трансформатора.

Генератор включался в сеть после капитального ремонта, во время которого проводились работы по реконструкции сборок зажимов в части существующих цепей напряжения защиты, измерений и синхронизации.

Допущенная при этом ошибка в схеме синхронизации не была своевременно обнаружена, так как (в нарушение типовой инструкции МЭС по эксплуатации турбогенераторов, § 311, 312 и 314) включение генератора произведено было без проверки синхронизационного устройства.

В целях предупреждения подобных аварий Техническое управление МЭС предлагает (противоаварийный циркуляр № 13/Э от октября 1952 г.):

1. Установить порядок, согласно которому все синхронизационные устройства на электростанциях и подстанциях должны обязательно проходить проверку после любых работ, производившихся в цепях высокого напряжения или цепях синхронизации.

2. Проверить действующие местные инструкции по эксплуатации генераторов и трансформаторов и привести их в строгое соответствие с типовыми инструкциями Технического управления МЭС.

3. Проверку фазировки и синхронизационного устройства производить одним из следующих двух методов:

а) Одновременно по двум или трем отдельно устанавливаемым однофазным трансформаторам напряжения, которые включаются непосредственно на вводы выключателя при отсоединенных шинных разъединителях.

Ко вторичным обмоткам трансформаторов напряжения присоединяются отдельными проводами выбранные на двойное напряжение лампы накаливания, которые размещаются рядом с проверяемым синхронизационным устройством. Затем шинные разъединители включаются, генератор возбуждается до номинального напряжения.

Если все лампы будут загораться и тухнуть одновременно, чередование фаз у генератора и сети одинаково. В противном случае необходимо поменять местами две фазы у генератора и снова произвести проверку.

После проверки фазировки включают синхронизационное устройство соответствующим штепселем. Моменты потухания ламп должны совпадать с положением синхронизационного устройства на нуле, а яркое горение ламп — с положением синхроскопа на 180°.

б) При наличии резервной системы шин, подачей на синхронизационное устройство одного и того же напряжения испытываемого генератора от трансформатора напряжения, установленного на его выводах, и от трансформатора напряжения шин, к которым подключается испытываемый генератор.

4. Предусмотреть в качестве основного способа включения синхронных генераторов и компенсаторов на параллельную работу способ самосинхронизации для:

а) всех гидрогенераторов и синхронных компенсаторов с разгонными двигателями независимо от их типа, мощности и схемы присоединения;

б) всех турбогенераторов, работающих по схеме блока с трансформаторами, независимо от их типа и мощности;

в) всех турбогенераторов мощностью от 3000 ква и выше, работающих на общие сборные шины, если симметричная составляющая тока включения генератора способом самосинхронизации не превышает 3,5 I<sub>но</sub>.

г) всех турбогенераторов мощностью до 3000 квт независимо от их типа и схемы присоединения.

**О применении способа  
самосинхронизации  
синхронных генераторов  
и компенсаторов**

В связи с расширением объема комплектной поставки энергетического оборудования Техническое управление МЭС предлагает всем энергосистемам, а также проектным организациям Министерства электростанций при выборе способа включения синхронных генераторов и компенсаторов на параллельную работу руководствоваться

следующими основными положениями (решение № 26/Э от 4 октября 1952 г.):

1. Предусматривать в качестве основного способа включения на параллельную работу способ самосинхронизации для:

а) всех гидрогенераторов и синхронных компенсаторов с разгонными двигателями независимо от их типа, мощности и схемы присоединения;

б) всех турбогенераторов, работающих по схеме блока с трансформаторами, независимо от их типа и мощности;

в) всех синхронных генераторов мощностью до 3 000 *квт* независимо от их типа и схемы присоединения;

г) всех турбогенераторов мощностью более 3 000 *квт*, работающих на общие сборные шины, если симметричная составляющая тока включения генератора способом самосинхронизации не превышает  $3,5 I_{ном}$ .

2. Предусматривать для турбогенераторов мощностью более 3 000 *квт*, работающих на общие сборные шины, для которых симметричная составляющая переходного тока включения превышает  $3,5 I_{ном}$  генератора, способ точной синхронизации в качестве основного способа включения на параллельную работу.

3. Для всех синхронных генераторов вне зависимости от их типа, конструкции, мощности и схемы коммутации в аварийных режимах предусматривать включение на параллельную работу способом самосинхронизации.

4. При использовании самосинхронизации как основного способа включения генераторов и компенсаторов на параллельную работу предусматривать установку: на гидрогенераторах и синхронных компенсаторах с разгонными двигателями устройств автоматической самосинхронизации, а на турбогенераторах — устройств подавтоматической самосинхронизации.

Если по условиям работы электростанции необходимо осуществить синхронизацию нагруженных генераторов (работавших до этого несинхронно) с энергосистемой или между собой, то должно быть также установлено устройство для ручной синхронизации.

5. При использовании способа точной синхронизации в качестве основного способа включения генераторов на параллельную работу должна предусматриваться установка устройств автоматической точной синхронизации. В этих случаях необходимо также предусматривать устройство для ручной или полуавтоматической самосинхронизации для включения генераторов в сеть при аварийных режимах.

Во все спецификации и заявки на оборудование включать комплектную поставку заводами Министерства электропромышленности устройства для автоматической самосинхронизации или синхронизации в соответствии с пп. 1—5 данного решения и ведомостью комплектного энергетического оборудования, подлежащего поставке Министерством электропромышленности для электростанции.

## Об огарках серного колчедана в качестве антисептика

В журнале № 12 «Электрические станции» за 1949 г. была опубликована статья А. В. Клейна и П. А. Кулиша «Новый способ сохранения древесины». Кроме того, по заданию Технического управления МЭС Орггрэсом была выпущена временная инструкция о применении огарков серного колчедана как антисептика по защите древесины от гниения.

Эти материалы основывались на ограниченном числе случаев применения огарков, давших положительные результаты. Лабораторные исследования нового метода не

производились, не было и достаточного эксплуатационного опыта.

В последующие три года консервация древесины огарками серного колчедана получила довольно широкое распространение в электросетях ряда энергосистем, в частности Мосэнерго и Ленэнерго. Эти энергосистемы вели наблюдения за поведением пропитанной древесины, проверяли ее качество и исследовали огарки, применяемые для консервации. Результаты наблюдений не подтвердили первоначальных предположений об эффективности применения огарков, а, наоборот, указывали на отрицательное их действие на древесину.

Редакция журнала «Электрические станции» получила две статьи, обобщающие опыт эксплуатации древесины, консервированной огарками. Содержание статей было сообщено Техническому управлению МЭС.

Автор одной статьи инж. И. С. Аптов (Центральная лаборатория ВЭС Мосэнерго) указывает, что огарки серного колчедана не стабильны и содержат незначительное количество водорастворимых солей, от которых в основном зависит их антисептические свойства.

Огарки, подсыпанные под опоры, вымываются дождем, совершенно не обладают антисептическими свойствами и не могут предохранять древесину от загнивания. В 1951 г. применение огарков серного колчедана для пропитки древесины в Мосэнерго сильно сократилось.

Во второй статье инж. В. И. Машинского (Орггрэс) говорится о многочисленных наблюдениях за древесиной, пропитанной огарками серного колчедана. Отмечается, что, кроме отсутствия положительных результатов в использовании огарков серного колчедана в качестве антисептика для древесины, последняя разрушается от некоторых огарков быстрее, чем если бы она была совершенно не консервирована.

Ленинградская высоковольтная сеть поручила в 1950 г. Лесотехнической академии им. Крылова произвести исследование влияния пропитки древесины огарками серного колчедана на ее механические свойства. Исследования показали, что механическая прочность древесины, пропитанной огарками серного колчедана, снижается от 8 до 17%.

Отрицательный результат применения огарков объясняется тем, что в настоящее время на ряде сернокислотных заводов применяются флотационные пириты, не содержащие соединений меди, поэтому на трассу линий электропередачи в подавляющем большинстве случаев поступают огарки серного колчедана, не обладающие антисептическими свойствами, но содержащие железный купорос и серную кислоту, разрушающим образом действующие на древесину.

Орггрэс по поручению Технического управления МЭС вел наблюдения за влиянием огарков серного колчедана на древесину. Было установлено, что состав огарков серного колчедана нестабилен и что иногда огарки серного колчедана вместо защиты древесины разрушают ее из-за наличия большого процента солей железа, служащих источником образования серной кислоты. В одной энергосистеме имело место массовое разрушение опор, которые были антисептированы огарками серного колчедана.

Были также проверены образцы древесины, обработанные огарками серного колчедана, на грибоустойчивость, причем было установлено, что не все огарки создают устойчивость древесины по отношению к грибкам.

В связи с этим Техническое управление МЭС выпустило решение за № 12/Э от 30/6—52 следующего содержания:

«1. Применение огарков серного колчедана, содержащих медь меньше 3—4%, для антисептической обработки столбов линий электропередачи, запретить.

2. Проверить на линиях электропередачи состояние столбов, обработанных огарками серного колчедана, и при наличии загнивания, антисептировать их путем нанесения паст или установки бандажей».



# КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

А. М. Федосеев, Релейная защита электрических систем, М.—Л. Госэнергоиздат, 1952, 480 стр.

По своему уровню советская техника релейной защиты намного опередила технику наиболее развитых капиталистических стран. Творческое содружество ученых и инженеров обеспечило развитие релейной защиты в СССР на научной основе. Замечательные успехи советской релейной защиты являются ярким свидетельством огромных возможностей, которые открываются при тесном и органическом сдвиге передовой теории с творческой, непрерывно и смело движущейся вперед практикой.

В книге лауреата Сталинской премии проф. А. М. Федосеева «Релейная защита электрических систем» современное состояние теории и практики релейной защиты в Советском Союзе нашло полное и правильное отражение.

Имя автора книги давно и хорошо известно широким кругам специалистов в области релейной защиты по многочисленным изданиям «Руководящих указаний по релейной защите», по капитальным трудам, созданным им в сотрудничестве с другими авторами в 1938, 1945 и 1948 гг., а также по его преподавательской и практической деятельности. А. М. Федосеев является бесценным руководителем одного из старейших в стране коллективов специалистов по релейной защите (в настоящее время сектор релейной защиты и устойчивости и лаборатория ВГПИ «Теплоэлектропроект») и свыше 20 лет читает курс «Релейная защита» в Московском энергетическом институте имени В. М. Молотова.

Рецензируемый труд является новым серьезным творческим успехом А. М. Федосеева. По своему значению рассматриваемая работа выходит за рамки учебного пособия «для энергетических и электротехнических вузов и факультетов». Это нужное и ценное пособие не только для студентов, но и для инженерно-технических работников эксплуатации, проектных и научно-исследовательских организаций.

В книге даются теория, принципы действия и примеры исполнения всех основных видов релейной защиты высоковольтных сетей, оборудования электростанций и подстанций, а также двигателей. План построения книги соответствует программам курсов релейной защиты, принятых в Московском энергетическом институте имени В. М. Молотова.

Книга подразделяется на 12 глав и имеет введение, в котором определяются назначение релейной защиты, формулируются требования, предъявляемые к ней, и дается краткий обзор развития этой области техники.

Первая глава посвящена рассмотрению повреждений и ненормальных режимов в воздушных и кабельных сетях. В ней характеризуются условия, имеющие место при различных повреждениях и ненормальных режимах, уточняются векторные диаграммы полных токов и напряжений и даются выражения для симметричных составляющих. Этот материал служит основой для анализа поведения защит и рассмотрения их принципов действия в остальных главах.

Во второй и третьей главах описываются и анализируются токовые направленные и ненаправленные защиты. В соответствии с принятым автором порядком расположения материала здесь же рассматриваются конструкции реле, необходимые для выполнения этих защит. Кроме того, дается более углубленный анализ некоторых вопросов по измерительным трансформаторам, имеющих особое значение в технике релейной защиты (погрешности трансформаторов, полярности, особенности схем соединений и т. п.).

Четвертая глава излагает принципы действия и выполнение дистанционных защит. Эти защиты относятся к наиболее сложным и за последнее время претерпели серьезные изменения в результате новых разработок советских специалистов. Здесь дано достаточное полное и систематичное изложение всех вопросов, относящихся

к этим защитам. В этой же главе рассмотрены фильтры симметричных составляющих, блокировки от качаний и исчезновения напряжения. Фильтры симметричных составляющих разобраны в объеме, достаточном для изучения и понимания их работы в схемах защиты, но представлялось бы более целесообразным не объединять их с дистанционной защитой, а посвятить им самостоятельную главу.

В пятой главе описаны дифференциальные защиты линий и дано освещение причин появления и характера токов небаланса, возникающих в этих защитах и составляющих их основной недостаток.

Шестая глава посвящается высокочастотным защитах. В ней приводятся и анализируются принципы выполнения направленных защит с высокочастотной блокировкой и дифференциальных фазных защит, в частности подробно рассмотрены наиболее совершенные отечественные разработки.

В седьмой главе, базируясь на ранее изложенном материале, автор дает основные положения по выбору принципов защиты электрических сетей различного напряжения и режимов заземления нейтральных точек. Материал главы позволяет составить представление о сочетании различных типов защит линий электропередачи, обеспечивающем быструю и правильную локализацию повреждений и надежную работу сети.

Остальные главы книги посвящены защите силового оборудования электростанций и подстанций.

В восьмой главе рассмотрены защиты генераторов. Автором полно и четко освещены новые принципы защит генераторов, в том числе и новых защит от замыканий на землю, внедряемых в настоящее время в СССР.

В девятой и десятой главах излагаются вопросы защиты трансформаторов и блоков генератор-трансформатор, в одиннадцатой—вопросы защиты шин и в последней, двенадцатой, главе рассматриваются вопросы защиты асинхронных и синхронных двигателей.

Книга заканчивается довольно подробным указателем литературы, за который в тексте даются четкие ссылки, что облегчает привлечение дополнительных литературных данных при более углубленном изучении вопросов. К сожалению, отсутствует предметный указатель, который при принятом порядке расположения материала был бы особенно полезен.

В целом рецензируемая книга охватывает все стороны техники релейной защиты на уровне, соответствующем ее современному состоянию. Достижения отечественной техники нашли в ней достаточное отражение. В отношении последовательности, стройности и ясности изложения книга оставляет самое лучшее впечатление. Как текстовая, так и иллюстративная части подготовлены очень тщательно. Четкая разбивка глав на большое число параграфов облегчает пользование книгой.

Очень своевременно и последовательно применена новая система условных обозначений реле и положения их контактов в полных схемах. Принятие в этих схемах принципа движения всех контактов в одном направлении (взятого из развернутых схем) является удачным.

Изложить в одной работе все многообразие современной релейной защиты — исключительно трудная задача. Следует признать, что А. М. Федосеев в основном с ней успешно справился. Автор умело и кратко осветил даже те узко специальные вопросы, которые трактовались в отдельных статьях и монографиях. Такой материал будет ориентировать читателя, в первую очередь студента, на более детальное и углубленное изучение новых направлений в данной области. Очень ценным является то, что автор уделил большое внимание освещению физической стороны явлений.

В рецензируемой работе следует отметить отдельные немногочисленные недостатки, которые, однако, не могут сколько-нибудь серьезно уменьшить достоинств книги.

К таким недостаткам может быть отнесена некоторая недооценка вопросов защиты электродвигателей.

Надежная работа энергосистемы в целом и бесперебойное питание электроэнергией потребителей обеспечиваются в первую очередь надежностью работы электростанций, а последняя определяется, особенно для тепловых электростанций, работой двигателей собственных нужд.

Любое нарушение или авария в энергосистеме, не затронувшее собственных нужд электростанций, вызовет менее тяжелые последствия и значительно быстрее ликвидируется по сравнению с тем случаем, когда нарушение захватило собственные нужды и расстроило технологический процесс на электростанции.

Поэтому к схемам питания собственных нужд электростанций, к выполнению релейной защиты электродвигателей собственных нужд должны предъявляться специальные требования. Между тем в книге эти вопросы (защита линий, отходящих от шин генераторного напряжения, трансформаторов и двигателей собственных нужд, межсекционных выключателей и др.) хотя и поставлены, но недостаточно освещены и подчеркнуты.

В двенадцатой главе «Защита асинхронных и синхронных двигателей» не только не выделены особенности требований к защите двигателей собственных нужд электростанций, но и нечетко сформулированы условия правильного выполнения защиты электродвигателей предприятий. Так, в § 12-10 «Назначение защиты минимального напряжения» не содержится критики распространенного неправильного применения этой защиты. Для облегчения восстановления работы после короткого замыкания путем отключения части менее ответственных двигателей дается рекомендация выполнения защиты со временем действия только до 0,5 сек., в то время как это время должно быть от 0,5 сек. и выше (до 10—15 сек.); следовало бы указать, что для обеспечения восстановления напряжения в различных условиях целесообразно двигатели делить на группы, отключаемые с разной выдержкой времени.

В этой же главе следовало бы предостеречь от неправильного стремления объединить функции защиты от перегрузки и от коротких замыканий в одной защите, что приводит к лишним отключениям двигателей. Автор, к сожалению, не опроверг широко распространенное представление о том, что перегрузки являются частым видом нарушения работы электродвигателей, и не указал на неправильность излишне широкого применения защит от перегрузки, в том числе и с действием на отключение. Таким образом, в этой главе не нашли полного отражения современные направления совершенствования защиты электродвигателей промышленных предприятий.

Об автоматике электрической части электростанций и сетей (системная автоматика) говорится в ряде мест книги, но все же недостаточно. Между тем все большее внедрение этой автоматики в энергосистемах и расширение области ее применения, например АПВ шин, АПВ трансформаторов, различное применение АВР и др. оказывает

все большее влияние на выполнение и работу релейной защиты. Релейная защита и другие виды электроавтоматики все теснее и органически увязываются между собой. В этих условиях нельзя ориентироваться на то, что студенты сами сумеют связать материалы, преподносимые им в курсах «Релейная защита» и «Автоматизация энергетических систем». Необходимо и в том, и в другом курсах показать те новые большие возможности, которые открываются совместным использованием средств релейной защиты и электроавтоматики.

В частности, хотелось бы иметь более подробное освещение вопросов сочетания релейной защиты с пофазным АПВ, возможности упрощения защиты сетей благодаря применению АПВ и АВР, влияния АВР на питание собственных нужд электростанций.

Оканчивающие высшие и средние технические учебные заведения по специальности «Релейная защита» получают, как правило, хорошую подготовку по этой основной дисциплине. Однако, занявшись как инженеры практической деятельностью, они оказываются недостаточно знакомыми с организацией и порядком эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики, целей контроля, управления и сигнализации. Дать некоторую подготовку, хотя бы нацелить их в этом направлении должно учебное заведение. В курсе «Основы техники релейной защиты» (Костров, Соловьев и Федосеев), изданном в 1945 г., такая попытка была безуспешно сделана. Однако в рецензируемой книге уже нет главы или параграфов, посвященных вопросам эксплуатации.

В качестве примеров отдельных, несущественных недостатков могут быть приведены: отсутствие описания какой-либо конкретной конструкции реле времени, принципа действия поляризованных реле и реле переменного тока с выпрямителями; некоторая сложность описания конструкции реле со смещенной характеристикой типа ИСБ-183 (в § 4-25 не освещена физическая сторона действия реле и не приведены векторные диаграммы); отсутствие в § 1-5 и 1-8 векторных диаграмм токов и напряжений нулевой последовательности, на которые обычно реагируют соответствующие защиты.

Отмеченные недостатки не мешают признать выпуск рецензируемой книги большим достижением. Книга, несомненно, будет способствовать дальнейшему росту и совершенствованию советской техники релейной защиты. Это новое учебное пособие правильно ориентирует учащихся в направлении развития релейной защиты и сыграет большую роль в деле подготовки высококвалифицированных кадров. Большую помощь принесет книга и практическим работникам энергосистем.

Приходится пожалеть, что Госэнергоиздатом эта книга выпущена тиражом всего лишь 15 000 экземпляров, и в результате она буквально в несколько дней исчезла с полок книжных магазинов. Много работников в области релейной защиты не получают возможности приобрести эту крайне нужную для их деятельности книгу.

Инж. Е. Д. Зейлидзон и инж. Н. В. Чернобровов

С. А. Ульянов. Короткие замыкания в электрических системах, М.—Л., Госэнергоиздат, 1952, 280 стр.

Книга С. А. Ульянова «Короткие замыкания в электрических системах» допущена Министерством высшего образования СССР в качестве учебника для электротехнических вузов и факультетов.

В настоящем четвертом издании книги в отличие от предыдущего третьего издания (1949 г.) помещено введение, внесены улучшения редакционного характера и кроме того, произведены небольшие сокращения материала и изъяты задачи, которые были ранее помещены в конце книги (поскольку в ближайшее время предполагается выпуск отдельного задачника по расчету режимов короткого замыкания). При подготовке книги к печати автором учтены полученные им отзывы по предыдущему изданию.

Во введении впервые приведен исторический обзор развития данной области советской электроэнергетики.

Краткая первая глава содержит общие сведения о явлениях короткого замыкания в электрических системах и о расчетах процессов короткого замыкания.

Вторую главу, включающую общие указания по выполнению расчетов процессов короткого замыкания, в

большой ее части следует считать вспомогательной. В ней изложены основные допущения, принимаемые при выполнении расчетов короткого замыкания; рассмотрено применение системы относительных единиц; сформулированы правила составления схем замещения, приемы преобразования схем и т. д. Этот материал в значительной части должен быть известен студентам из предыдущих курсов, поэтому без особого ущерба для стройности книги он мог быть приведен в приложениях. Целесообразность его изложения связана с некоторой спецификой применения к данному курсу.

В третьей главе книги изложен анализ установившихся режимов трехфазного короткого замыкания при отсутствии и при наличии автоматической регулировки возбуждения и уделено должное внимание вопросам учета влияния нагрузок.

Четвертая глава посвящена рассмотрению переходных процессов в электрических системах и в теоретическом отношении является наиболее трудной. Изложение материала построено по принципу постепенного усложнения условий рассмотрения и начато с описания процесса короткого замыкания в простейшей трехфазной электрической цепи, не содержащей вращающихся машин. Протекание переходного процесса в цепи генератора без

успокоительных обмоток разобрано достаточно детально и в сравнительно простой форме. Обращено внимание на преобразование систем координат и, в частности, на применение разложения по продольной и поперечной осям машины, а также на физическую трактовку явлений в магнитной системе явнополюсной синхронной машины. Может вызвать сомнение необходимость столь подробного рассмотрения процесса в цепи машины, не обладающей активными сопротивлениями, хотя надо заметить, что и эта часть материала достаточно хорошо согласована с остальными его частями. Далее выявлено влияние форсировки возбуждения и наличия успокоительных обмоток машины на протекание процессов короткого замыкания и дана характеристика основных параметров и схем замещения синхронных машин.

В известной части материал содержит громоздкие выражения (в связи с учетом второй гармонической и величин в поперечной оси машины), практически редко применяемые. Однако устранение этих выражений было бы нежелательным. Наоборот, для получения более полного представления целесообразно было бы отразить применение схемы для поперечной оси машины в каком-нибудь примере. Некоторое место отведено описанию переходных процессов в цепях двигателей.

Материал пятой главы является прикладным. В ней описаны практические методы расчета режимов короткого замыкания.

Последняя, шестая, глава книги имеет наибольший объем и содержит материал по анализу случаев несимметричного короткого замыкания. В ней изложены элементы так называемого метода симметричных составляющих; приведены необходимые сведения о подсчете параметров звеньев электрической системы и о составлении схем замещения различных последовательностей; рассмотрены основные случаи несимметричного короткого замыкания в одной точке системы (однофазного, двухфазного и двухфазного на землю в сетях с заземленной нулевой точкой); даны указания о применении комплексных схем и о нахождении распределения токов и напряжений в электрической системе; иллюстрировано применение методов расчетных кривых и спрямленных характеристик для анализа случаев несимметричного короткого замыкания и т. д.

В приложениях к книге имеется необходимый справочный материал; приведен список дополнительной литературы по главам книги и имеется предметный указатель.

Несмотря на то, что книга написана как учебник, она, несомненно, представляет интерес и для инженеров, работающих по расчету, проектированию и эксплуатации электрических станций, подстанций и сетей.

Материал книги изложен в систематизированном виде в предположении отсутствия у читателя специальных знаний. При этом попутно в порядке напоминания или разъяснения приведены и некоторые общетеоретические сведения, в равной мере относящиеся и к смежным предметам. Весь материал разбит на достаточно мелкие параграфы, что позволяет пользоваться книгой не только как учебником, но и как справочником.

Наряду с этим следует заметить, что в соответствии с действующей программой курса материал книги ограничен только вопросами общетеоретического характера и рассмотрением случаев типичных повреждений в одной точке электрической системы. Такие специальные вопросы, как, например, учет сопротивления электрической дуги в месте повреждения, особенности расчета при наличии в электрической системе длинных компенсированных линий электропередачи, анализ случаев одновременных повреждений, учет качаний генераторов и т. д. в книге не рассмотрены, хотя и представляют достаточный практический интерес. По этим вопросам в книге указана основная литература.

В методическом отношении книга составлена удачно. Необходимые пояснения даны автором в весьма краткой, ясной и четкой форме. Книга снабжена достаточным количеством (всего 27) полностью решенных числовых примеров и некоторыми дополнительными сведениями, напечатанными мелким шрифтом. Книга проста для усвоения предмета в изложенном объеме и не содержит лишнего материала. В указанных достоинствах книги сказался большой опыт педагогической и инженерной работы автора.

Нужно заметить, что, несмотря на хорошее качество рецензируемой книги в целом, к сожалению, и в послед-

нем издании еще остались некоторые неудачные места, главным образом редакционного характера.

Так, например, автором часто применяются термины «фиктивный» (фиктивное время, фиктивная линия, фиктивный провод и т. д.) и «реальный» (реальный генератор, реальные токи и т. д.). По сути дела в первом случае лучше было бы применить другой термин — «эквивалентный», а во втором — или совсем опустить его, или заменить прилагательным, более точно выражающим мысль. Целесообразно было бы исключить и термин «источник неограниченной мощности», поскольку фактически имеется в виду источник питания с неизменным действующим значением напряжения.

Несколько большей стройности можно было бы ожидать в постановке задач при описании практических методов расчета режимов короткого замыкания — метода расчетных кривых и метода спрямленных характеристик. На основную идею каждого из методов (в первом случае — применение типовых кривых в зависимости от электрической удаленности генераторов от места короткого замыкания, а во втором — спрямление внешних характеристик генераторов) в описании не обращено должного внимания. Сущность некоторых величин, например взаимного сопротивления между пунктом питания и местом короткого замыкания, коэффициента распределения для пункта питания, коэффициентов  $\sigma_{\Sigma I}$  и  $\sigma_{E I}$  и т. д., пояснена недостаточно.

Учет активных сопротивлений цепи рассмотрен только применительно к условиям питания от источника неизменного напряжения, хотя указание о целесообразности такого учета приведено. Повидимому, при сравнительно малых значениях активных сопротивлений для отдельных звеньев электрической системы можно было бы рекомендовать пользоваться обратной величиной реактивной проводимости  $\left(x + \frac{r^2}{x}\right)$ , поскольку эта величина

определяет правильное соотношение между падением напряжения на данном звене и протекающим по нему реактивным током, а при близких значениях активного и реактивного сопротивлений (для отдельных звеньев) их кажущимися сопротивлениями.

Поскольку в данном курсе применяются не только модули величин, но и их комплексные выражения и мгновенные значения, то следовало обратить внимание читателя на особенности применения системы относительных единиц и в этих случаях. Действительно, если, например, при  $\omega_0 = 1$  или  $\omega_* = 1$  для синусоидально изменяющихся величин справедливо простое численное равенство  $\psi_* = E_*$ , то в комплексном выражении получается  $\psi_* = jE_*$

и в мгновенных значениях  $\psi_*(t) = e_*(t + \frac{T}{4})$ . Кроме

того, необходимо было указать, что замена одной величины другой, численно ей равной, хотя иногда и удобна в процессе решения, но несколько нарушает стройность математических выражений, затрудняя, например, анализ размерностей. Наконец, целесообразно было указать, что численные значения относительных величин при различных базисных условиях нельзя сравнивать друг с другом точно так же, как и численные значения величин, выраженных в различных единицах, и что приведенные относительных сопротивлений всех звеньев электрической системы к общим базисным условиям соответствует приведению цепи к одной ступени трансформации (когда это возможно).

Имея в виду достаточно широкое применение изложенного материала к практическим расчетам, следовало обратить внимание на то, что разделять электрическую систему на отдельные части в случае исследования несимметричных режимов нельзя (в отличие от симметричных, где это рекомендуется). Однако в случае двух разных коротких замыканий, при допущении условия,  $x_{1\Sigma} = x_{2\Sigma}$ , такое разделение можно производить, если решение ограничивается определением тока в месте короткого замыкания.

Краткость изложения материала в некоторых случаях может привести к недоуменным вопросам. Так, например, без дополнительных пояснений трудно понять выражения (26-4) — (26-6), (28-1) — (28-2) и др. Результаты некоторых проверок, произведенных при решении примеров, целесообразно было дополнить краткими словесными выводами.

В настоящее время представляется спорной правильность высказанных во введении соображений автора о целесообразности обособленного изучения изложенного в книге материала в отдельном курсе коротких замыканий. Сам автор указывает, что исследование режимов короткого замыкания является лишь частью задачи исследования переходных процессов в электрических системах и ближе всего сопрягается с вопросами динамической устойчивости систем.

По нашему мнению, высказывавшемуся и ранее, необходимость в обобщенном рассмотрении переходных процессов и комплексном исследовании электрических систем давно назрела и должна привести к объединению некоторых смежных специальных дисциплин. Тогда окажется возможной еще более существенная рационализация в изложении материала.

В современных условиях изолированное рассмотрение режимов короткого замыкания может встретиться разве только при выборе аппаратуры и токоведущих частей распределительных устройств. При проектировании и эксплуатации электрических систем и релейных защит приходится производить комплексное рассмотрение различных режимов работы, причем короткое замыкание является одним из условий решения этих вопросов.

Таким образом, объединение смежного материала целесообразно в целях как более глубокого изучения, так и практического применения.

Несмотря на приведенные замечания, рецензируемую книгу С. А. Ульянова, несомненно, следует считать полезной и ее можно рекомендовать широким массам советских инженеров-электроэнергетиков для изучения и применения.

Канд. техн. наук Н. А. Мельников



## Содержание журнала „Электрические станции“ за 1952 г.

### I. Общие вопросы

Постановление Совета Министров СССР об открытии Волго-Донского судоходного канала	VIII	3
Указ Президиума Верховного Совета СССР о присвоении Волго-Донскому судоходному каналу имени В. И. Ленина	VIII	3
Письмо товарищу Сталину от рабочих, работников, инженеров, техников и служащих электростанций и сетей Московской энергетической системы Министерства электростанций СССР	VI	3
Письмо товарищу Сталину от рабочих, работников, инженеров, техников и служащих строительства Кураховской грэс Министерства электростанций СССР	VI	4
Письмо товарищу Сталину от рабочих, работников, инженеров, техников и служащих строительства Каховской гидроэлектростанции	VII	3
Жимерин Д. Г. — Важные задачи советских энергетиков	XII	3
Передовая — Итоги работы энергетиков за 1951 г. и задачи на 1952 г.	I	3
Передовая — За дальнейшее укрепление сотрудничества науки и производства в энергетике	II	3
Передовая — За образцовое проведение капитального ремонта оборудования	III	3
Передовая — Передовые борцы за технический прогресс	IV	3
Передовая — Внедрять и быстрее осваивать автоматизацию и телемеханику	V	3
Передовая — Неуклонно снижать себестоимость энергии и улучшать финансовое хозяйство предприятий	VIII	4
Передовая — Бесперебойно снабжать энергией потребителей	IX	3
Передовая — План великих работ и задачи советских энергетиков	X	3
Передовая — Почетные задачи строителей-энергетиков	XI	3

### II. Вопросы работы электростанций и энергосистем

Бардик Г. Ф. и Бейлихес Я. М. — Применение метода инж. Ковалева в котельном цехе	IV	28
Белюсов В. С. — Соревнование за отличное качество и снижение стоимости ремонта оборудования (Обмен экпл. опытом)	XI	53
Васильев Н. С. — Коллектив Каширской грэс в борьбе за улучшение технико-экономических показателей	VI	5
Кедрин В. М. — Организация обслуживания районных подстанций	IX	45
Кибрик П. С., Минская М. И. и Януцевич Ф. П. — Испытание энергопоезда М-25	VIII	16
Лебедева М. И. — О системе расчетов электростанций с торфопредприятиями	XII	16
Меерсон А. Я. — Опыт внедрения метода инж. Ковалева в котельной электростанции	IV	28

О повышении устойчивости работы энергосистем. (Хроника Техуправления Министерства)	IX	62
О предотвращении отключения турбоагрегатов и саморазгрузок потребителей. (Хроника Техуправления Министерства)	XII	53
О предупреждении аварий, вызываемых несинхронным включением	XII	53
Рабинов Б. С. — Проверка удельного расхода топлива на электростанции. (Обмен экпл. опытом)	VIII	54
Розенштейн Л. Я. — О схеме собственных нужд промышленных электростанций	II	36
С. Б. (рефер.) — Низкий качественный уровень послевоенного энергобаланса в США	I	62
Соколов В. С. — Ультразвуковая дефектоскопия металлов	IX	33
Солнцев К. В. — Об использовании резервов мощности турбин. (Обмен экпл. опытом)	VIII	57
Шевченко К. П. — Суточный учет себестоимости на электростанции. (Обмен экпл. опытом)	VI	54

### III. Общие вопросы проектирования, строительства и монтажа электростанций и сетей

Арондар А. Н. — Новый тип башенного крана грузоподъемностью 40 т. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V	53
Белоголов А. Я. — Опыт энергоснабжения крупного строительства	XI	30
Бендерский И. И. и Гухлернер Л. М. — Использование Г-образного крана грузоподъемностью 25 т под нагрузку 40 т. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV	50
Бендерский И. И. — Повышение грузоподъемности мостового крана с 30 до 50 т. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI	51
Бутенко Н. Л. — Шахта вместо вышки для набивки труб песком. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I	53
Вайштейн Г. М. — Насосный транспорт бетонной смеси	V	33
Он же — Подбор состава бетонной смеси при применении бетононасосов	VII	26
Вишневецкий Г. Д. — Расчет прочности центрально-армированных армопенобетонных труб для бесканальных теплопроводов	XII	21
Воскобойник Н. С. и Кофман Р. Д. — Консольный Г-образный кран. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II	48
Гинзбург-Шик Л. Д. — Трясуны для уплотнения песка в трубах. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III	48
Он же — Определение мощности электродвигателя трубогибочного станка. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII	54
Гончаров А. Н. — Применение подъемных кранов с двумя грузовыми тележками на гидроэлектростанциях. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V	54

<sup>1</sup> Римскими цифрами показаны номера журнала, арабскими цифрами — номера страниц.

Грант Б. К. — Применение бетононасоса Б-15 на строительстве электростанции	VII	29
Он же — Восстановление коленчатого вала бетононасоса Б-15. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IX	52
Динер Е. С. — Применение башенного крана при монтаже конструкций здания и оборудования	X	29
Жермунский Б. И. и Могилевский И. И. — Универсальный монтажный Г-образный кран грузоподъемностью 25 т. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XII	42
Зайдель В. А. — О продолжительности строительства тепловых электростанций	IX	6
		(см. вклейку)
Иоффе Ю. Р. и Свердлов П. М. — Несущие арматурные каркасы в строительстве электростанций	II	21
Карташев К. Б. — Установка для получения молотой негашеной извести	III	23
Киселев Н. В. — Бетонирование в зимних условиях. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII	49
Кисельгоф З. С. — Передвижной штукатурный агрегат. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI	52
Комиссаров Б. И. — Пути экономии древесины в сетях 3—10 кв	IX	37
Кононов Я. М. — Улучшение рычажных прессножниц ПРН-5. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III	51
Крупников А. И. и Могилевский И. И. — Механизация труборезных работ (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III	51
Кучинский Б. А. — Передвижной агрегат для бетонирования фундаментов опор. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV	53
Лавров М. И. — Типовой проект электростанции 12 тыс. квт	V	27
Левин И. Л. — Резка асбестоцементных плит дисковой пилой. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IX	53
Львов А. С. — Авария Г-образного крана. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I	53
Миллер Я. С. — Установка для окраски внутренней поверхности труб. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II	46
Мурзанев Е. П. и Терников П. В. — Механизация рытья ям и установки опор. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	X	53
Никольский Г. П. — Применение бетононасосов на строительстве электростанций	V	35
О мероприятиях по снижению стоимости строительства электроустановок. (Хроника Техуправления Министерства)	I	61
Петров Г. А. и Забабурин И. А. — О проектировании открытых морских водоприемников	VIII	28
Подъячев Н. В. — Смена перекрытия действующей тэц. (Обмен I строит. монтажн. опытом)	III	48
Поляков В. П. и Ухин Б. Н. — К вопросу стандартизации оборудования по отбору и разделке проб угля на электростанциях	XII	13
Пухов Г. А. — Дуговая сварка красной меди угольным электродом. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII	51
Рысаков Н. Ф. и Шабельский М. М. — Замена перекрытия над котельной при работающих котлах. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI	48
Свищ С. Ф. — Защита здания от влияния динамических нагрузок. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II	46
Скворцов В. В. — Применение самоходного копра для рыхания мерзлого грунта. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I	52
Сурков С. И. — Из опыта скоростного монтажа электрической части тепловой электростанции (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII	55
Терников П. В. — Применение автомашин для установки столбов на линии электропередачи. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II	48
Турчин Н. Я. — Меры безопасности при применении электропрогрева грунта электродами. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	X	52

Условия применения в электроустановках меди, сплавов на медной основе и алюминия. (Хроника Техуправления Министерства)	VIII	64
Шубин Е. П. — О технико-экономических показателей проектируемых тепловых сетей	IV	18
Якобсон Г. И. — Передвижная торцевая стена машинного зала. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII	50

#### IV. Топливо, его хранение, транспорт, приготовление и сжигание

Беляев А. А. — Опыт работы шахтных мельниц на подмосковном угле	VIII	19
Бронин П. П. — Горячая вулканизация стыков прорезиненных транспортерных лент. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I	54
Бычковский А. Л. и Добрынин О. Н. — Рассекатели в топках с шахтными мельницами	I	6
Г. К. (рефер.) — Некоторые вопросы сжигания топлива в топке котлов	V	63
Гущин А. И., Попов В. М. и Шабаров А. М. — Мероприятия по предотвращению взрывов торфяной пыли на электростанциях. (Обмен эксл. опытом)	II	59
Зеликман В. Г. и Чулков Н. П. — Применение бульдозеров на угольном складе электростанции. (Обмен эксл. опытом)	VIII	55
Киселев П. И. и Животов А. П. — Испытание шнекового питателя пыли	XI	13
Корчинский Е. К. — Сессия по улучшению сжигания антрацитов и тощих углей. (Хроника)	XI	61
Кригмонт В. Д. и Сухов А. И. — Рационализация системы пылеприготовления. (Обмен эксл. опытом)	VI	57
Кутман Б. Л. — Оптимальная шаровая загрузка барабанных мельниц	XII	6
Ларионов Г. К. — Реконструкция вальцово-дробилки для угля. (Обмен эксл. опытом)	XI	55
Локтев В. Г. — Размол угля при пониженной загрузке мельниц шарами. (Обмен эксл. опытом)	X	59
Макаричев И. З., Мордуховский М. И. и Петров А. Я. — Повышение производительности шаровой барабанной мельницы 232/380. (Обмен эксл. опытом)	IX	55
Марковский К. Г. — Острое дутье при сжигании АШ. (Обмен эксл. опытом)	V	58
Масленников М. С. — Оперативный контроль влажности горящего топлива	II	12
Тачин Д. Е. — Предотвращение взрывов в установках с шахтными мельницами. (Обмен эксл. опытом)	II	51
Шильдкрет М. М. — Недостатки работы шахтных мельниц с жалюзийными сепарационными решетками. (Обмен эксл. опытом)	VII	57
Ширинкин Н. А., Лозовский А. Т. и Рувимский И. М. — Улучшение схемы предварительной сушки бурого угля перед мельницей	XI	7

#### V. Котлы и котельное оборудование

Абовский А. П. — О застойном режиме циркуляции в контурах паровых котлов	IX	26
Аксенов В. И. — Подъем барабанов котла. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI	50
Алексеев Б. П., Жирнов Н. И. и Семириков В. Е. — Повышение экономичности котлоагрегата 160/200 т/час путем установки воздухоподогревателя ВТИ	VIII	13
Антонов А. Я. и Варавицкий И. Б. — Измерение расхода пара высокого давления вваренными диафрагмами	II	5
Безбородов М. А. — Хрупкие разрушения в заклепочном шве барабана котла. (Обмен эксл. опытом)	III	53
	VI	62
Бендерский И. И. — Уплотнение воздухоподогревателей и газо-пылепроводов. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I	54
Биман В. М. и Лерер Б. М. — Электростанция высокого давления с прямоточными котлами, экранированными подъемно-опускными трубами	IX	12

Брайловский П. М., Голянский Ш. Ц. и Шанин В. П. — Шиповой зажигательный пояс в зоне горелок. (Обмен эксл. опытом)	X	55	Хижняк С. П. и Чулков Е. И. — Эксплуатация шиповых экранов	X	11
Варавицкий И. Б., Иванов Е. С. и Кроль Л. Б. — Предотвращение коррозии и забивания золой воздухоподогревателей котельных агрегатов	X	6	Ширшов В. П. — Опыт эксплуатации дымососов с плоскостопастным ротором. (Обмен эксл. опытом)	XI	54
Внуков А. К. — Пробная эксплуатация радиационного пароперегревателя котлоагрегата высокого давления. (Обмен эксл. опытом)	II	53	<b>VI. Турбоустановки, насосы, трубопроводы и арматура, градирни</b>		
Горбунов Г. В. и Остапенко Н. Г. — Приварка шипов к экранным трубам котлов контактной электросваркой	III	11	Бошняк Л. Л. — Ремонт арматуры высокого давления. (Обмен эксл. опытом)	X	56
Гудкевич Л. А., Дмитриев А. А., Залкинд Е. М. и Лившиц Э. М. — Опыт конструирования, изготовления и эксплуатации шиповых экранов	III	6	Варенец П. И. и Корчинский Е. К. — Регулирование производительности центробежных насосов задвижкой на входе воды	IV	13
Директор Б. Я., Лунеев В. В., Цыганков С. П. и Шмуkler Б. И. — Пуск прямоточного котлоагрегата высокого давления с шахтными мельницами	VIII	6	Васин Д. М. и Ямпольский Е. В. — Наладка работы градирен. (Обмен эксл. опытом)	X	59
Завадский Б. И. и Ильин В. А. — Блочный монтаж котла ПК-10	VI	25	Гинзбург-Шик Л. Д. — Сварные равнопроходные тройники для трубопроводов высокого давления. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XII	43
Они же — Гидравлическое испытание котлов с помощью сжатого воздуха. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII	53	Гончаров А. Н. — Использование насосов для холодной воды на теплом магистрали. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III	50
Завадский Б. И. — Уплотнение фланцевых соединений парохладителя котла высокого давления. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IX	52	Грабовский Я. М. — Частотная диаграмма для паровых турбин.	XII	19
Залкинд Е. М., Захаров Н. П. и Лившиц Э. М. — Потолочные перекрытия котельных агрегатов из огнеупорного бетона	X	23	Гришук И. К. — Термические напряжения в конденсаторных трубках	VI	18
Коклик В. С. — Новая конструкция крепления зажигательного пояса. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII	52	Еременко В. К. — Из опыта эксплуатации турбин. (Обмен эксл. опытом)	IV	56
Куваев Ю. Ф., Лях В. Я. и Маршак Ю. Л. — Деформация пластинчатого воздухоподогревателя при повышенном перепаде давлений воздуха и газов. (Обмен эксл. опытом)	VI	55	Жукова А. В. — Резиновые уплотнительные кольца для насосов высокого давления. (Обмен эксл. опытом)	I	56
Кузнецова Э. Д. и Климентов Л. Н. — Приварка изоляционных крючков. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII	53	Корниенко А. М. — Устранение повышенной вибрации турбины. (Обмен эксл. опытом)	III	57
Литинский М. Я. — Новая конструкция уплотнения подшипника эксгаустера. (Обмен эксл. опытом)	VI	56	Коротков К. И. — Реконструкция муфты турбогенератора. (Обмен эксл. опытом)	III	58
Логинов Б. И. — О количественной оценке влияния присосов на технико-экономические показатели котлоагрегатов	XI	9	Кот А. А., Котляр Р. В. и Халапсина Е. В. — Предотвращение заноса турбин солями	IX	31
Логунов Ф. Г. — Монтаж регенеративных воздухоподогревателей. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XI	48	Кудрявцев И. В. и Казанский К. М. — Упрочнение вала ротора турбины и реконструкция концевых уплотнений	III	15
Масловский Е. Ю. и Солнцев К. В. — Схема питания котлов при работе без водосмотров. (Обмен эксл. опытом)	VI	54	Литинский М. Я. — Быстродействующий сбросной клапан к подогревателю высокого давления. (Обмен эксл. опытом)	III	55
Молоканов С. И., Розенблат Б. Э. и Цопиков Г. М. — Уменьшение износа экономайзеров и потерь с уходящими газами.	IX	21	Лопатин Б. В. — Подвеска трубопроводов к железобетонным конструкциям. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XII	41
Нагли Е. З. — Результаты исследования системы гидрозолоудаления с гидроаппаратом Москалькова	I	14	Львов А. С. — Блочный способ монтажа трубопроводов	IV	21
О выпуске «Руководящих указаний по проектированию экранных контуров с естественной циркуляцией». (Хроника Техуправления Министерства)	XI	63	Любачский В. З. — Авария с турбиной высокого давления. (Обмен эксл. опытом)	VII	58
Ойрех Л. И. — Зажигательный пояс с гребенками на трубах экранов. (Обмен эксл. опытом)	III	56	Миронов Е. П. — «Флаговая» вибрация лопаток паровой турбины. (Обмен эксл. опытом)	XII	50
Пржиялковский М. М. — Реконструкция котельного пучка и заднего экрана котлов ТКП-1 и ПК-6. (Обмен эксл. опытом)	XI	46	Мурин Г. А. — Измерение температуры отработавшего пара	VII	14
Радошинский Б. И. — Неполадки в работе цепных решеток. (Обмен эксл. опытом)	VII	56	О барботаже в деаэраторах питательной воды. (Дискуссия)	IV	44
Розенблат Б. Э. — Работа прямоточного котлоагрегата на грубой пыли бурых углей	VI	12	Полушкин Н. П. — Определение комбинаторных зависимостей гидравлических поворотнотопастных турбин	IX	28
Рысаков Н. Ф. — Реконструкция прямоточного котла	IV	6	Рысс А. Г. — Снижение температуры масла последовательным включением маслоохладителей турбин	II	15
Сыромятников В. М. — Приближенный расчет шайбования пароперегревателей	IV	9	Самойлов Н. В. — Контроль расхода охлаждающей воды турбин с ухудшенным вакуумом. (Обмен эксл. опытом)	V	59
Тетеревников В. Н. — Вентиляция котельных цехов электростанций	XI	15	Сегал Ю. М. — Прсточка шеек роторов турбин и генераторов. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV	51
Хазовский И. Л. и Шувалов М. А. — Первые итоги эксплуатации малогабаритных воздухоподогревателей системы ВТИ	X	14	Случаев М. А. и Федотов Л. М. — Переделка регулирования турбины АП-4 на гидродинамическое	XI	18
			Старостин Н. Н. — О повреждениях зубчатых передач к главным масляным насосам турбин	VIII	23
			Фионов К. Т. — Переменная вибрация турбогенераторов. (Обмен эксл. опытом)	VIII	58
			Шохат С. А. — Отключение на чистку одного из двух конденсаторов турбины	IV	15
			<b>VII. Теплофикация</b>		
			Брик П. М. — Регулирование гидравлического режима магистральных тепловых сетей	I	18
			Губина Е. А. и Янкелев Л. Ф. — Термоизоляция из асбошиферных отходов с бентонитом. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II	47

Ефремов А. Г. — Контроль за работой тепловых сетей	II	9	Он же — Улучшение работы автоматического регулятора питания системы Трубкина	IX	55
Захаренко С. Е. — Выбор рациональной конструкции подвижных опор тепловых сетей	I	21	Миронов Д. К. — Упрощенная схема автоматизации процесса горения. (Обмен эксл. опытом)	V	57
Он же — Из опыта скоростного строительства теплофикационной магистрали. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V	52	Могилевский И. И. — Автоматический газовый клапан. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V	55
Нестерович Н. Ф. — Выбор экономической температуры воды в тепловой сети	XI	23	Русинский В. М. — Схемы регулирования подачи воздуха в топку котлов по расходу пара	V	17
Соколов Е. Я. — Некоторые вопросы эксплуатации городских тепловых сетей	III	18	Фролов П. В. — Новый способ получения импульса по нагрузке для регуляторов питания котлов	V	6

### VIII. Водоснабжение, водоподготовка, работа химцехов

Баркалов А. М. — Маслоподогреватель индукционного типа. (Обмен эксл. опытом)	I	58
Богословский П. Н. — Работа винипластовых щелевых дренажей катионитовых фильтров. (Обмен эксл. опытом)	XII	49
Бырька И. Ф. — Случай прекращения щелочения питательной воды. (Обмен эксл. опытом)	XII	48
Волков Б. А. — Подача серной кислоты для регенерации Н-катионитовых фильтров. (Обмен эксл. опытом)	IX	56
Денисов П. А. — Водоснабжение тепловых электростанций смешанной водой	VII	16
Емельянов Я. Г. — Из опыта регенерации трансформаторного масла. (Обмен эксл. опытом)	II	56
Иванов В. С. — Регенерация энергетических масел	II	18
Корнеева П. В. — О применении фильтрпресса и центрифуги на электростанциях. (Обмен эксл. опытом)	IX	55
Кострикин Ю. М. — О мнимой зависимости качества пара от содержания питательной воды	III	13
Крейн С. Э., Бромберг М. З. и Михельсон А. Я. — Низкотемпературные свойства энергетических масел	VIII	24
Малишевский Н. А. — Повторное использование оборотной воды электростанцией металлургического завода. (Обмен эксл. опытом)	III	58
Маргулова Т. X. — Промывание пара высокого давления для уменьшения уноса кремниевой кислоты	VII	10
Морозов С. Г. и Прохоров Ф. Г. — Дренажные щелевые колпачки ВТИ-К и ВТИ-5	VI	23
Об отмене измерения жесткости воды в градусах. (Хроника)	VI	63
Савиновский Д. А., Стюнкель Т. Б. и Якимец Е. М. — Комплексометрический метод определения жесткости воды. (Обмен эксл. опытом)	VIII	56
Ухин Б. Н. — Первые итоги эксплуатации стале-стружечного фильтра деаэрата	XII	64
Фридман С. М. — Сорбенты для регенерации масел с применением термосифонов и адсорбиров	II	7
Шапкин И. Ф. и Кузнецов Н. И. — Отбор проб шлама для анализа	XI	25
	XII	11

### IX. Тепловая автоматика и контрольно-измерительные устройства

Бейрах З. Я. — Схемы автоматического регулирования котлоагрегатов	V	9
Он же — Изменение схемы регулирования редуционно-охлаждающей установки. (Обмен эксл. опытом)	VI	55
Власов П. В. — Автоматическая подача мазута в топку при неустойчивом горении пылевидного топлива	XII	17
Гурвич С. М. и Семенов В. С. — Автоматизация регенерации катионитовых фильтров	V	22
Дуэль М. А. и Литвак Н. Р. — Эксплуатация автоматики горения гидравлической системы	VII	6
Иванова Г. М. — Переделка подвижной системы регистратора солемера Мостофина. (Обмен эксл. опытом)	V	59
Ларионов Д. П. и Романцов В. В. — Использование импульса по расходу пара для автоматизации процесса горения	X	15
Леваков А. В. — Сигнализация крайних положений уровня. (Обмен эксл. опытом)	I	56

### X. Генераторы, трансформаторы, электродвигатели

Вдовин Б. Е. — О скорости сушки трансформаторов под вакуумом	IV	34
Гольдштейн Я. М. — Изменение параметров трансформатора. (Обмен эксл. опытом)	III	60
Гольцман М. К. — Контроль влажности изоляции силовых трансформаторов	I	41
Городецкий С. А. — Применение метода абсорбции для контроля влажности изоляции обмоток трансформаторов	VIII	39
Гусев Д. М. — Неправильная расстановка шпилек в лобовой части обмотки генератора. (Обмен эксл. опытом)	III	59
Енько В. В. — Определение режима турбогенератора	II	30
Загоскин Е. И. — Сушка трансформаторов током нулевой последовательности	X	41
Звездин В. Н. и Надельсон Р. Г. — Об изменении токов утечки в трансформаторах	XII	32
Израелит Г. Б. и Калантаров А. В. — Исследование изоляции обмотки статора синхронного компенсатора	I	33
Калантаров А. В. и Надельсон Р. Г. — Зависимость диэлектрических характеристик бакелитовой изоляции от температуры	VI	34
Кодкин И. И. — Советование по вопросу включения синхронных генераторов способом самосинхронизации. (Хроника)	IX	63
Копелев Г. Я. — Перевозка трансформатора по городу. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	X	52
Копелев Г. Я. и Третьяков П. Т. — Разгрузка трансформаторов весом 80 т. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XI	52
Коротков К. И. — Подъем статора турбогенератора фундаментными болтами. (Обмен эксл. опытом)	II	55
Красильников Л. В. — О перенапряжениях при гашении поля генераторов	III	28
Кужирный А. А., Подковыров Г. В. и Файнштейн Э. Г. — Защита гидрогенератора от повышения напряжения	II	32
Лапанашвили В. Г. и Элькин С. Р. — Опыт отыскания места повреждения в якоре возбuditеля. (Обмен эксл. опытом)	XII	52
Лукин Н. Н. и Фуфурин Н. П. — Влияние увлажнения на электрическую прочность изоляции генератора	X	38
Лысаковский Г. И. и Побегайло К. М. — Включение высоковольтных вращающихся машин без сушки	X	35
Люляев В. К. и Цигер Р. М. — Автоматическое регулирование тока статора синхронных компенсаторов. (Обмен эксл. опытом)	XII	51
Ляпин П. К. и Митрюковский В. М. — Автоматический пуск резервного гидрогенератора при понижении частоты. (Обмен эксл. опытом)	IX	56
Мамиконянц Л. Г. — Профилактические испытания синхронных генераторов	VII	39
Морозов Г. М. — Опыт контрольного прогрева трансформаторов методом потерь в кожухе. (Обмен эксл. опытом)	III	60
Мусатов Т. П. — Об одной дефектной опорной конструкции выемной части трансформатора. (Обмен эксл. опытом)	I	59
Мусатов Т. П. и Юровской Г. Ш. — Повреждение изоляции отводов трансформатора. (Обмен эксл. опытом)	VI	59
О внедрении самосинхронизации генераторов и компенсаторов в качестве нормального спосо-		

ба синхронизации. (Хроника Техуправления Министерства)	IV	62	Он же — Эксплуатация изоляции открытых распределительных устройств на тепловой электростанции. (Обмен эксл. опытом)	XI	57
О применении надежных схем пуска электродвигателей и компенсаторов. (Хроника Техуправления Министерства)	X	64	<b>Воронель Л. М. и Кобленц М. Г.</b> — Новые контакторы для соленоидных приводов выключателей. (Хроника)	II	61
О работе гидрогенераторов при несимметричных нагрузках. (Хроника Техуправления Министерства)	IX	63	<b>Гуревич В. Н.</b> — Опыт наладки работы воздушных выключателей	XII	27
О сушке и испытании электрических машин. (Хроника Техуправления Министерства)	III	62	<b>Двоскин Л. И.</b> — Многоамперные подвесные тоководы	V	39
<b>Перец Б. К.</b> — Ремонт турбогенератора с проводочным бандажем на роторе. (Обмен эксл. опытом)	IV	57	<b>Дудель С. А.</b> — Недостатки схемы включения воздушных выключателей фирмы BBC. (Обмен эксл. опытом)	X	61
<b>Плис Г. С.</b> — Новые стандарты на паротурбинные и гидротурбинные генераторы. (Хроника)	VII	63	<b>Евсеев В. И.</b> — О приводных механизмах выключателя МКП-35. (Обмен эксл. опытом)	XII	51
<b>Попов И. Н. и Пронникова М. И.</b> — Контроль несимметричной нагрузки генератора	VI	46	<b>Егоров А. В.</b> — Скоростной ремонт выключателей 110 кв. (Обмен эксл. опытом)	II	55
<b>Попов Ф. С.</b> — О повышении фундаментов трансформаторов. (Обмен стронт.-монтаж. опытом)	XII	45	Замечания завода «Уралэлектроаппарат» о предложениях инж. Лыткина по улучшению изоляции выключателей ВМ-35	VIII	38
<b>Рысс А. Г.</b> — Изменение коэффициента трансформации трансформаторов. (Обмен эксл. опытом)	IV	59	<b>Зверев В. И.</b> — Устранение заедания разъединителей под напряжением. (Обмен эксл. опытом)	I	57
<b>Рыцлин А. М. и Юровский Г. Ш.</b> — О сушке трансформаторов под вакуумом	IV	38	<b>Иоффе Е. Ф., Моськин В. С., Рязанов А. А. и Федоров П. Г.</b> — Скоростные ремонты выключателей	IV	31
<b>Слодарж М. И.</b> — Испытание генераторов турбоагрегатов Юнгстрем. (Обмен эксл. опытом)	V	60	<b>Кошелев Г. П.</b> — Опиновка шинных мостов цельным проводом. (Обмен эксл. опытом)	VII	61
<b>Соколов Н. И.</b> — Применение нелинейных сопротивлений для повышения устойчивости возбуждителей синхронных генераторов	VIII	34	<b>Кузьмин Г. П. и Якобсон И. А.</b> — Валик-каток для испытания диэлектрических резиновых ковриков и дорожек. (Обмен эксл. опытом)	X	62
<b>Сыркин М. Е. и Шницер Л. М.</b> — Определение мощности трансформаторов при несимметричных нагрузках	XI	42	<b>Лыткин Г. К.</b> — Об улучшении изоляции выключателей ВМ-35	VIII	37
<b>Сыромятников И. А.</b> — Применение сухих реакторов для пуска синхронных компенсаторов	IV	40	<b>Муратова В. И.</b> — О повышении внутриаковой изоляции выключателя ВМ-35. (Обмен эксл. опытом)	IV	59
Он же — Об испытании электрических машин повышенным напряжением	VII	37	<b>Мусатов Т. П.</b> — Повреждения при испытаниях фарфоровых тяг разъединителей. (Обмен эксл. опытом)	VIII	61
Он же — О возможности отказа от сушки электрических машин	X	34	<b>Николаева Н. В.</b> — Усиление и повышение надежности сборных шин подстанций 110 кв. (Обмен эксл. опытом)	XI	57
<b>Тер-Газарян Г. Н. и Тимофеев Б. Б.</b> — Несимметричный режим крупного гидрогенератора	VII	48	О мероприятиях по улучшению влагонепроницаемости маломасляных выключателей типа МГ-35. (Хроника Техуправления Министерства)	XI	60
<b>Тесленко Я. Я.</b> — Повреждение магнитопровода мощного трансформатора. (Обмен эксл. опытом)	VII	60	Об отмене требования о заземлении средней точки разделительных гирлянд над масляными выключателями. (Хроника Техуправления Министерства)	VIII	64
<b>Тимофеев А. А.</b> — Профилактические испытания электродвигателей	I	30	О периодичности ремонтов выключателей. (Обсуждение статьи П. Р. Легова)	VIII	43
<b>Туркия Г. Е., Цагарейшвили Г. И. и Элькин С. Р.</b> — Автоматическая самосинхронизация гидрогенераторов	VII	45	О повышении надежности работы распределительных устройств 2÷10 кв с двумя системами шин. (Хроника Техуправления Министерства)	VI	63
<b>Файнштейн Э. Г.</b> — Самосинхронизация гидрогенератора с агрегатом возбуждения	VII	43	О применении одинарных и сдвоенных гирлянд на открытых подстанциях 220 кв. (Хроника Техуправления Министерства)	III	62
<b>Фидельман И. О.</b> — Опыт сушки трансформатора	IV	35	О применении способа самосинхронизации синхронных генераторов и компенсаторов	XII	53
<b>Фуфурин Н. П.</b> — Методы контроля влажности изоляции трансформаторов	I	36	О типовых трансформаторных подстанциях 3—10 кв без масляных выключателей. (Хроника Техуправления Министерства)	III	62
<b>Хазан С. И.</b> — Усиление крепления центрирующего кольца ротора турбогенератора. (Обмен эксл. опытом)	IV	58	<b>Розенталь А. Я.</b> — Заземление средней точки разделительных гирлянд над масляными выключателями	II	45
<b>Хомяков М. В.</b> — К вопросу о сушке трансформатора	IV	36	<b>Сапожников А. И.</b> — Реконструкция вводов 110 кв. (Обмен эксл. опытом)	IX	57
<b>Чернышев В. И.</b> — Повреждение переключателя ответвлений трансформатора. (Обмен эксл. опытом)	VI	58	<b>Шипов Н. М.</b> — Лебедка для ручного включения привода ПВС-150. (Обмен эксл. опытом)	VI	60
<b>Чилаев Г. А.</b> — Бескрановый монтаж синхронного компенсатора	IX	53	<b>Яковлев А. Ф.</b> — Об обходных устройствах. (Обмен эксл. опытом)	VIII	60
<b>Шефкинд М. Д.</b> — Повышение фундаментов трансформаторов для облегчения их перекатки.	VIII	31			
<b>Элькинд Ю. М.</b> — Автоматическая самосинхронизация гидрогенераторов по сниженной разгонной характеристике	III	40			
<b>Якуша Г. Б.</b> — Включение синхронного компенсатора способом самосинхронизации. (Обмен эксл. опытом)	VIII	59			

## XI. Распределительные устройства и высоковольтная аппаратура

<b>Боголюбский К. Н.</b> — О надежности выключателя ВМ-35	III	38
<b>Васильев А. Ф.</b> — Увеличение надежности работы приводов выключателей. (Обмен эксл. опытом)	VI	60

## XII. Воздушные и кабельные сети

<b>Айзенберг Б. Л.</b> — Сессия по городским электрическим сетям. (Хроника)	V	62
<b>Андрюшенко П. М.</b> — Эксплуатация линий электропередачи 110 кв на деревянных опорах, защищенных координирующими подкосами. (Обмен эксл. опытом)	IX	60

Аптов И. С. — Новый способ обработки спецодежды при работе с антисептиками. (Обмен эксл. опытом)	VIII	63	Дерюгин Ф. Ф. — Неправильная работа импедансной защиты с высокочастотной блокировкой. (Обмен эксл. опытом)	IV	60
Беляков Н. Н. — Анализ повреждений от замыканий на землю в кабельных сетях	VI	40	Дорохин П. Д. — Влияние электросварки на работу релейной защиты. (Обмен эксл. опытом)	XI	59
Боголюбовский К. Н. — Проверка прочности древесины опор	IV	42	Дубовицкий А. К. — Работа дифференциальной поперечной защиты генератора при двойном замыкании на землю обмотки ротора	XII	50
Быховской Я. Л. — Импульсные измерения линий, находящихся под напряжением	III	45	Зейлидзон Е. Д. — Телемеханизация в энергетических системах	XI	33
Вексельман О. Г. — О снижении стоимости строительства линий электропередачи	VI	29	Зуль Н. М. — Схема ускорения действия защиты до АПВ. (Обмен эксл. опытом)	VI	61
Галустова Л. А. — Использование гололедописцев на трассе горной линии электропередачи	IX	49	Он же — Поведение контакторов при АПВ	IX	59
Гедима П. И. и Шиманский Ю. В. — Борьба с гололедом на трассах. (Обмен эксл. опытом)	X	62	Казанский В. Е. и Шевченко В. А. — Типовые уставки устройств автоматической аварийной разгрузки по частоте в энергосистемах	VI	30
Звездкин В. Н. и Лойцянская М. Г. — Морозостойкость заливочных масс	X	44	Кондрус А. Р. — Универсальное ртутное реле оборотов	XII	34
Корж Н. А. — Эксплуатация изоляции сильно загрязняемой открытой подстанции 38 кв. (Обмен эксл. опытом)	IV	61	Люляев В. К. — Контроль синхронизма при автоматическом повторном включении с помощью вспомогательных проводов. (Обмен эксл. опытом)	VI	62
Миролюбов А. В. и Рокотян С. С. — Линия электропередачи 400 кв Куйбышев—Москва	VII	29	Он же — АПВ шин подстанций. (Обмен эксл. опытом)	IX	58
Овсенко В. В. — О применении расщепленных проводов на линиях электропередачи 35 и 110 кв	VIII	32	Мартынюк А. К. и Мусатов Т. П. — О работе реле ЭТ с раздельным включением обмоток	V	45
О применении защитной арматуры на линиях электропередачи. (Хроника Техуправления Министерства)	III	62	Мельников М. Ф., Чернобровов Н. В. и Черняев П. Д. — Блокирующие реле для улучшения защиты длинных линий 220 кв	X	48
О применении кабелей с винилитовой защитной оболочкой марок ВРГ и КВРГ. (Хроника Техуправления Министерства)	III	62	Микуцкий Г. В. — Включенные дифференциально-фазной высокочастотной защиты с приемопередатчиками типа ПВЗ	I	26
Об огарках серного колчедана в качестве антисептика	XII	54	Могилевкин Д. Л. — Схемы с центральным съемом сигнала. (Обмен эксл. опытом)	IX	57
Оскерко А. А. — Эксплуатация импульсных измерителей	II	42	Никитский В. З. и Шлейфман А. Д. — Избирательное устройство автоматической аварийной разгрузки энергосистем по средней скорости изменения частоты	XII	25
Петриков Б. Ф. — Поточно-скоростное строительство линии электропередачи 110 кв на деревянных опорах	XI	28	Об уменьшении времени действия релейной защиты, автоматического повторного включения и автоматического включения резервного питания. (Хроника Техуправления Министерства)	XI	60
Прибылов И. И. — Секционирование кабельных туннелей. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V	56	Об упрощении конструкции релейных панелей щитов управления. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XI	52
Сагалов Е. X. — Перевод линии электропередачи 110 кв на работу с расщепленными проводниками	II	39	Об упрощении релейной защиты сетей напряжением 110 кв и выше. (Хроника Техуправления Министерства)	IX	62
Тавхелидзе Н. Н. — Сборный железобетонный фундамент для линий электропередачи	I	24	Об эксплуатации защиты генераторов от замыкания на землю. (Дискуссия)	I	45
Цыганков Г. М. — Строительство линий электропередачи в условиях промерзшего грунта	III	25	О газовой защите трансформаторов. (Обсуждение статьи М. Е. Милакова)	V	49
Якуша Г. Б. — Плавка гололеда на линиях электропередачи 35—110 кв с помощью реактора	XI	38	О применении контрольных кабелей с хлорвиниловыми оболочками. (Хроника Техуправления Министерства)	V	62
<b>XIII. Релейная защита, электроавтоматика и вторичные цепи</b>					
Александров И. Н. и Фридлянд А. Ш. — Усовершенствование автоматической разгрузки по частоте с помощью АПВ	VI	31	Островская А. В. и Сирота И. М. — Наладка защиты от замыканий на землю с кабельными трансформаторами тока	III	30
Бакуц Г. А. — Односистемная схема включения регистрирующего вольтметра. (Обмен эксл. опытом)	I	60	О схемах максимальной токовой защиты с одним реле серии ЭТ с раздельным включением обмоток. (Хроника Техуправления Министерства)	IV	62
Барбашинов О. Н. и Попов А. М. — Устранение вибрации якорей реле ЭН-524. (Обмен эксл. опытом)	II	57	Павлов Г. М. — Устройство, реагирующее на скорость изменения частоты в энергосистеме	VII	34
Бикенин И. X. и Никитский В. З. — Индукционное реле понижения частоты	V	47	Он же — Устройство для записи приращения активной мощности генератора. (Обмен эксл. опытом)	XI	58
Воскресенский А. А. и Корелов Т. И. — Некоторые особенности схемы АПВ с реле ЭВП-285	XII	40	Пеклер Н. С. — Применение антенного отбора для АПВ линий с двусторонним питанием	XII	37
Гайлис М. Л., Глазов А. П., Розенкноп М. П. — Опыт наладки двукратного автоматического повторного включения	VI	44	Протасов А. В. — Из опыта внедрения реле с быстроснабщающимся трансформатором. (Обмен эксл. опытом)	V	60
Гатаевич А. Д. — Сигнализация замыканий на землю блоков генератор-трансформатор. (Обмен эксл. опытом)	I	57	Пружанский А. М. — Малорелейная схема автоматического включения резервного питания. (Обмен эксл. опытом)	I	57
Гинзбург М. М. — Синхронизационное устройство с постоянным углом опережения. (Обмен эксл. опытом)	VI	59	Розенкноп М. П. и Чернин А. Б. — Релейная защита и пофазное АПВ при замыканиях между двумя фазами и фазы на землю	III	33
Голков И. В. — Автоматический контроль исправности цепей трансформаторов напряжения. (Обмен эксл. опытом)	II	59	Ройстачер К. И. — Случай отказа защиты, выполненной одним включением на разность токов реле. (Обмен эксл. опытом)	XI	59
Гринберг А. И. — Упрощение конструкции релейных панелей. (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III	50			



п. 53 г.

## 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 давать 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  $9 \times 12$  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 текст не вклеивать, а прилагать 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 Советском Союзе меры длины, веса и др.

6. В конце рукописи указывать полностью имя, отчество и фамилию автора, домашний адрес, занимаемую должность, год рождения, номер и место выдачи паспорта.

7. Материал для журнала направлять по адресу: Москва, Ветошный пер., здание ГУМ, III корпус, I этаж, помещ. 165, редакции журнала «Электрические станции».

ВОЛОГОДСКАЯ  
ОБЛАСТНАЯ  
БИБЛИОТЕКА

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Москва, Шлюзовая наб., 10

ОТКРЫТА ПОДПИСКА  
на 1953 год

НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ:

„ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ“

Орган МЭС СССР

Год издания 24-й

12 номеров в год

Подписная цена: на год 96 руб.  
на 6 мес. 48 руб.

Журнал рассчитан на инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, электростанций и сетей Министерства электростанций, а также на энергетиков предприятий других министерств.

Годовым подписчикам на журнал будет выслана в качестве приложения справочная книжка энергетика на 1953 г.

„ЭЛЕКТРИЧЕСТВО“

Орган Академии наук СССР, МЭС и МЭП СССР  
Основан в 1880 г.

12 номеров в год

Подписная цена: на год 96 руб.  
на 6 мес. 48 руб.  
на 3 мес. 24 руб.

Журнал рассчитан на инженеров и научных работников, ведущих работу в различных областях электротехники.

Годовым подписчикам на журнал будет выслан в качестве приложения справочник-календарь «Электричество» на 1953 г.

„ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО“

Производственно-технический и экономический журнал МЭС СССР

Год издания 22-й 12 номеров в год

Подписная цена на год 48 руб.

Журнал рассчитан на инженерно-технический персонал, работающих на гидротехнических строительствах, в проектно-исследовательских организациях, научно-исследовательских институтах и на студентов вузов.

Годовым подписчикам на журнал будет выслана в качестве приложения справочная книжка строителя гидростанций на 1953 г.

„ТОРФЯНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ“

Орган МЭС СССР

Год издания 30-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 48 руб.  
на 6 мес. 24 руб.

Журнал рассчитан на инженерно-технических работников торфяной промышленности.

„ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА“

Орган Госинспекции по промэнергетике и энергонадзору при МЭС СССР

Год издания 10-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 48 руб.  
на 6 мес. 24 руб.  
на 3 мес. 12 руб.

Журнал предназначен для инженеров и техников, работающих в отделах главного энергетика, главного механика, в производственных цехах предприятий и заводских лабораторий.

Годовым подписчикам на журнал будет выслана в качестве приложения справочная книжка энергетика на 1953 г.

„РАБОЧИЙ ЭНЕРГЕТИК“

Массовый производственно-технический журнал МЭС СССР

Год издания 3-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 24 руб.  
на 6 мес. 12 руб.

Журнал рассчитан на широкие круги рабочих-энергетиков: кочегаров, машинистов, механиков, электромонтеров, мастеров и техников, работающих на электростанциях, электрических и тепловых сетях, в промышленных предприятиях, строительстве и монтаже энергетических установок.

„ЗА ЭКОНОМИЮ МАТЕРИАЛОВ“

Орган Госнаба СССР

Год издания 2-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 60 руб.  
на 6 мес. 30 руб.

Журнал рассчитан на хозяйственные кадры и инженерно-технических работников министерств, заводов, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов, работников снабжения и сбыта, средний технический персонал предприятий и квалифицированных рабочих.

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ: ГОРОДСКИМИ И РАЙОННЫМИ ОТДЕЛЕНИЯМИ СОЮЗПЕЧАТИ, ВО ВСЕХ КОНТОРАХ, ОТДЕЛЕНИЯХ И АГЕНТСТВАХ СВЯЗИ И ОБЩЕСТВЕННЫМИ УПОЛНОМОЧЕННЫМИ ПО ПОДПИСКЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, В ОРГАНИЗАЦИЯХ И УЧРЕЖДЕНИЯХ.