

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАНЦИИ

4



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1950

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

4

АПРЕЛЬ
1950

Орган Министерства электростанций СССР

21-й ГОД ИЗДАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

Передовая — Образцово выполнить капитальный ремонт	3	Г. Г. Либиенталь — Затяжка болтов, крепящих фланцы цилиндров паровых турбин	48
Энергетики — лауреаты Сталинской премии	6	Ф. Е. Дасаев — Восстановление баббита подшипников методом наплавки	49
С. Я. Белинский и Р. Н. Виндман — Некоторые вопросы развития тэц	10	Г. Х. Астапович — Регулировка пружинных предохранительных клапанов	49
Н. М. Виленский — Режим экономического вакуума в паротурбинных установках при оборотном водоснабжении	13	Б. А. Зудин — Паровой сифон в котельной передвижной электростанции	51
Ю. И. Азбукин — Сравнительный анализ методов балансировки роторов одним и тремя пусками	18	П. А. Юриков — Случаи повреждения электросборочного токама молнии	52
Г. И. Дерикочма — Сооружение железобетонной гиперболической градирни	21	М. М. Богина и М. И. Царев — Усовершенствование электрической блокировки высоковольтных выключателей	53
В. Л. Иносов, В. Е. Крутикова и Л. В. Цукерник — Опытная установка компаундирования с электромагнитным корректором напряжения на турбогенераторе 25 тыс. квт	26	В. Г. Бобылков — Контроль работы линейных обходчиков	54
Ю. А. Шмайн — Испытания различных типов регуляторов возбуждения	30		
М. И. Славнин — Одночная система шин на электрических станциях и подстанциях	33		
Т. Б. Заславская — Особенности расчета уставок реактансной защиты двух параллельных линий	38		

ХРОНИКА

Сессия по вопросам сушки и контроля влажности изоляции электрических машин и трансформаторов	55
Реле времени типов РВ-73 и РВ-75	57
М. Н. Левитиан — некролог	58

ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

Н. Л. Бутенко — Забивка фундаментных свай рядом с работающими турбинами	41
В. З. — Экспресс-анализ легированных сталей	42
А. В. Макушин — Подъем порталного крана	42
И. Ф. Отливной и Н. Я. Турчин — Стальная переставная опалубка при сооружении временной торцевой стены котельной	44
Н. П. Миттрах — Анкерные клиповые зажимы	45

ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

Р. И. Эстеркин — Схема подачи вторичного воздуха при сжигании фрезерного торфа в топках с шахтными мельницами	47
---	----

ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Поведение золы в пылеугольных топках, обраб. Г. К.	57
Коррозия-эрозия питательных насосов и выбор металла для их изготовления, обраб. О. Н. Давидовский	61

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Е. Д. Зейлидзон и В. И. Питерцев — Рецензия на сборник „Автоматическое регулирование котельных агрегатов“ под ред. С. Г. Герасимова и Е. П. Стефани	63
Новые книги по энергетике	64

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. А. Боровой, П. Г. Грудинский, И. И. Гурвич, Б. И. Дуб, К. Д. Лаврененко,
С. Г. Мхитарян, Н. Н. Романов, Б. М. Соколов, И. А. Сыромятников,
С. Ц. Шаерман.

Редактор К. Д. Лаврененко

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

ОБРАЗЦОВО ВЫПОЛНИТЬ КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ

Советское энергетическое хозяйство за истекшие, особенно послевоенные, годы достигло высокого технического уровня. Новые тепловые электростанции сооружаются на основе использования экономичных агрегатов большой мощности, большая часть которых работает при высоких параметрах пара. Гидроэлектростанции оборудованы также надежными и высокоэкономичными агрегатами. Автоматизируются основные производственные процессы: горения и питания водой котлов, пылеприготовления, деаэрации питательной воды, управления гидроагрегатами и др. Электростанции, как правило, имеют механизированное золоудаление и высокопроизводительные машины для погрузки и разгрузки топлива. В результате проведенных реконструктивных работ значительно улучшено действующее оборудование электростанций и сетей, установленное в прошлые годы.

Одновременно с изменением технического облика электростанций менялась и техника ремонта оборудования. На ряде электростанций сооружены стационарные подъемно-транспортные механизмы: грузовые подъемники, краны, монорельсы с электротельферами; используются на ремонте усовершенствованные приспособления с электро- и пневмоприводами; широко применяется наплавка деталей твердыми сплавами, контроль металла и т. п. Все это обеспечило улучшение качества ремонтных работ, выполнение их в сжатые сроки, а также создало предпосылки для перехода на более высокую ступень ремонта — скоростной ремонт.

В 1949 г. скоростным методом был выполнен капитальный ремонт 13,6% котлов и 13% турбин из числа проходивших ремонт. В 1950 г. этот передовой метод работ получит дальнейшее развитие и будет применен при ремонте агрегатов на большом числе электростанций.

В процессе скоростного ремонта не только сокращается срок работ, что в ряде случаев достигалось путем увеличения численности ремонтных работ. При скоростном ремонте все трудоемкие работы, как-то: транспортировка материалов и изделий к местам работ; разборка и сборка тяжелых и громоздких узлов деталей (двигателей, редукторов, роторов дымососов, насосов, арматуры больших размеров и т. п.), будут выполняться только механизированным способом. Должны быть механизированы также и такие работы, как притирка уплотнительных поверхно-

стей арматуры, гибка труб, правка металла. В результате применения механизации трудовые затраты на ремонт в текущем году должны быть снижены по котлам на 20% и по турбинам — на 10%. Срок простоя агрегатов при скоростном ремонте должен быть сокращен: котлов — не менее чем на 25% и турбин — не менее чем на 20% против действующих норм простоя («Нормы и основная документация по ремонтам оборудования электростанций и сетей», утвержденные Министерством электростанций в 1945 г.). Это снижение трудозатрат и сроков простоя котлов и турбин в капитальном ремонте должно рассматриваться как минимальное задание.

При скоростном ремонте большой объем одновременно выполняемых разнородных операций по ремонту, транспортировке, подъему и передвижению грузов на сравнительно ограниченном участке агрегата выполняется в короткие сроки. Опыт показывает, что с этой задачей можно справиться успешно лишь в том случае, если все операции ремонта заранее продуманы, тщательно разработана расстановка механизмов и последовательность их использования. Для этого недостаточно только составления сводного плана капитального ремонта агрегатов, ведомости объема работ и графика ремонта агрегата, предусмотренных существующими правилами подготовки ремонта. Необходимо также разработка проекта организации ремонта, которым будут определены расстановка механизмов и их использование на работах.

На всех электростанциях, где ремонт агрегатов в 1950 г. будет выполняться скоростным методом, следует на основе заранее разработанного проекта выполнить работы по установке стационарных подъемно-транспортных механизмов, а также работы по механизированному транспорту грузов к рабочим местам. Необходимо на основе разосланных Министерством на места типовых проектов разработать и осуществить разводку по цехам трубопроводов ацетилена и кислорода, а также расстановку стационарных постов для газо- и электросварочных работ. Необходимо также озаботиться о своевременной заготовке ремонтных приспособлений и инструмента.

Механизмы и приспособления наиболее простых конструкций нужно изготовлять в мастерских электростанций и ремонтных заводах энергосистем. Опыт тэц № 11 Мосэнерго, Закам-

ской тэц Главуралэнерго, тэц № 9 Мосэнерго и ряда других электростанций показывает, что простые механизмы, не говоря уже о ручных приспособлениях, легко изготавливаются на месте, а механизированный транспорт обеспечивается имеющимися электролебедками, грузовыми тележками, монорельсами с тельферами. Отдельные электростанции за счет собственных ресурсов выполняли подвод к рабочим местам сжатого воздуха, кислорода и ацетилена.

Необходимо также широко практиковать предварительную подготовку узлов оборудования для смены изношенных (роторы тяго-дутьевых машин, собранные с подшипниками; собранные и проверенные редукторы; собранная и испытанная арматура и т. п.). Наличие механизмов на рабочих местах ремонта позволяет применить такой способ работы. Все это значительно сокращает срок простоя агрегатов в ремонте.

Особенно большое значение имеет смена на агрегате дефектной арматуры, заранее подготовленной, вместо ее ремонта после остановки агрегата. Для этого электростанции должны иметь комплект запасной арматуры. Однако, в 1950 г. еще не представляется возможным обеспечить большое количество электростанций всей требуемой для этого арматурой. Поэтому нужно использовать собственные ресурсы — ранее демонтированную изношенную арматуру, имеющуюся на многих электростанциях. Опыт показывает, что такая арматура может быть отремонтирована и успешно использована при ремонте агрегатов.

На ряде электростанций существенное сокращение простоя в капитальном ремонте достигается в тех случаях, когда часть вспомогательного оборудования агрегата (пылеприготовительные устройства, тяго-дутьевые машины, насосы) ремонтируется в период эксплуатации агрегата, до его остановки в капитальный ремонт. Это необходимо делать во всех случаях, когда наличие резервов вспомогательного оборудования позволяет применять такой порядок ремонта.

Важнейшее требование, предъявляемое к скоростному ремонту, — это его высокое качество. Использование механизмов, приспособлений, точных инструментов; четкая, заранее продуманная последовательность операций; непосредственное руководство работами со стороны инженерно-технического персонала и тщательный технический контроль за ходом всех операций по ремонту — все эти условия являются необходимыми и достаточными для обеспечения работы отличного качества. Ремонт, выполненный с применением механизмов в короткие сроки, но при низком качестве, не может рассматриваться как скоростной ремонт.

Механизация ремонтных работ и улучшение организации работ должны осуществляться не только на электростанциях, где ремонт выполняется скоростным методом, но также и на всех других электростанциях, где в 1950 г. ремонты выполняются обычным способом. Этим будут созданы необходимые условия для перехода на скоростные ремонты в последующем.

Большое значение имеет переход на удлиненную периодичность капитальных ремонтов тур-

бин, уже осуществленный на отдельных электростанциях. В 1949 г. было 10 турбин, для которых установили двухлетнюю рабочую кампанию без капитального ремонта (без вскрытия всех цилиндров), а в 1950 г. оказалось возможным «освободить» от капитального ремонта 27 турбин. Это было достигнуто за счет улучшения технического состояния агрегатов при правильно организованном и в полном объеме проведенном ремонте.

В результате удлинения рабочей кампании между капитальными ремонтами снижается выводимая в ремонт турбинная мощность, увеличивается выработка энергии и появляется возможность обеспечить более экономичную загрузку работающих турбин. Одновременно достигается экономия денежных и материальных затрат на ремонт.

Для увеличения количества турбин, переводимых на двухлетнюю рабочую кампанию, необходимо в текущем году особо тщательно провести ремонт тех агрегатов, которые по своему общему техническому состоянию могут обеспечить в течение двух лет надежную работу без необходимости вскрывать цилиндры. На этих турбинах должна быть обеспечена полная надежность проточной части, выполнена точная балансировка и центровка, обеспечивающая безупречное вибрационное состояние агрегата; для заливки масляной системы должно применяться турбинное масло, стабилизированное антиокислителями.

При ремонте генераторов, компенсаторов и высоковольтных двигателей необходимо проводить испытания изоляций обмоток установленным повышенным напряжением. Отклонение от этого правила не должно быть допущено, так как это может привести к авариям. Союзэнергоремонт, выполняющий работы по перемотке изоляции машин, должен своевременно заготовить требуемые изоляционные материалы и приспособления.

При ремонте линий электропередачи необходимо проводить мероприятия, обеспечивающие повышение длительности работы опор без ремонта (смены) отдельных деталей. Для этого в крупных энергосистемах в 1950 г. должны быть созданы мастерские по изготовлению железобетонных пасынков взамен деревянных. Опыт Ярэнерго показывает, что это производство нетрудно организовать, приспособив под мастерские существующие помещения.

Техническое управление Министерства и главные эксплуатационные управления обязаны в короткий срок обеспечить предприятия документацией по изготовлению железобетонных пасынков.

Наряду с пропиткой древесины, осуществляемой мацтопропиточными заводами, пропитка должна быть организована также и на местах, с применением диффузионного метода. При ремонте деревянных опор в 1950 г. не должен применяться непропитанный лес.

В текущем году районные управления обязаны широко применять обработку древесины опор антисептической пастой, обеспечивающей длительную сохранность леса.

При ремонтах в 1950 г. линий электропередачи должны быть полностью заменены кустарно

изготовленные соединители нормальными зажимами заводского изготовления. Это позволит избежать неполадки и аварии, имевшие место на линиях электропередачи из-за ненадежного соединения проводов. Трест «Армсеть» должен полностью удовлетворить потребность сетей в надежных соединителях.

За последние годы в механических мастерских и ремонтных заводах энергосистем пополнен и обновлен парк станков, а в ряде энергосистем созданы новые ремонтные заводы. Это создало необходимые условия для дальнейшего развития в 1950 г. централизованной системы ремонта. Организованные при энергосистемах ремонтные службы не должны ограничиваться только планированием и руководством подготовки ремонта. Основная задача их — организация силами ремонтного завода районного управления исполнения ремонтов и работ по реконструкции отдельных видов оборудования на самых предприятиях. В результате будет достигнуто все большее освобождение от этих работ персонала электростанций, внимание которого должно быть больше сосредоточено на эксплуатации оборудования. Руководители энергосистем и электростанций должны смелее переходить на централизованную систему ремонта, передавая в ведение районных ремонтных заводов ремонтный персонал предприятий, ремонтные приспособления и специальный инструмент.

Серьезные задачи по развитию централизованной системы ремонта стоят в 1950 г. перед трестом Союзэнергоремонт, являющимся самой крупной ремонтной организацией в системе Министерства электростанций. Этот трест в 1949 г. значительно перевыполнил плановое задание по ремонту, а в 1950 г. должен выполнить работы еще большего объема. Трест должен принять участие в ремонте 200 котлов, 260 турбин и 165 генераторов, выполнить в том числе комплексный ремонт 120 котлов, 75 турбин и 65 генераторов. В 1950 г. значительная часть комплекс-

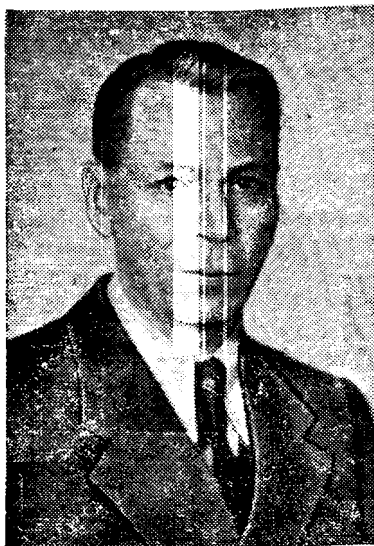
ных ремонтов должна осуществляться скоростным методом при сниженной стоимости работы. Для этого все предприятия треста обязаны принять меры к оснащению своих бригад специальными ремонтными приспособлениями и нужным инструментом и иметь небольшие базы более сложных механизмов. Заводы Главэнергозапчасти должны оказать Союзэнергоремонту помощь, изготовив для его предприятий требуемые приспособления и инструмент. В течение 1950 г. нужно добиться того, чтобы технический уровень произведенных Союзэнергоремонтом работ был выше, чем на работах, выполняемых силами электростанции.

Этим, однако, не исчерпываются задачи, поставленные перед Союзэнергоремонтом. Трест должен возглавить внедрение передовых методов ремонта на всех предприятиях Министерства электростанций. На электростанциях и в сетях, где Союзэнергоремонтом выполняется шефремонт, нужно под руководством его представителей подготовить необходимые условия для перехода на ремонт скоростным методом: разработать проекты расстановки механизмов, смонтировать подъемно-транспортные устройства, инструктировать персонал. Непосредственно в тресте должна быть организована разработка типовых проектов механизации ремонтных работ, разработка конструкций новых механизмов и рациональной технологии ремонтных работ.

Руководители электростанций, сетей, ремонтных заводов, предприятий Союзэнергоремонта должны разъяснить всем ремонтным работникам важность выполняемой ими задачи и обучить их передовым методам работы. Рабочие и инженерно-технические работники, непосредственно выполняющие ремонт оборудования, должны провести его в текущем году на высоком техническом уровне для успешного выполнения главной обязанности всех энергетиков — бесперебойно обеспечивать электроэнергией бурно растущее народное хозяйство страны.



ЭНЕРГЕТИКИ — ЛАУРЕАТЫ



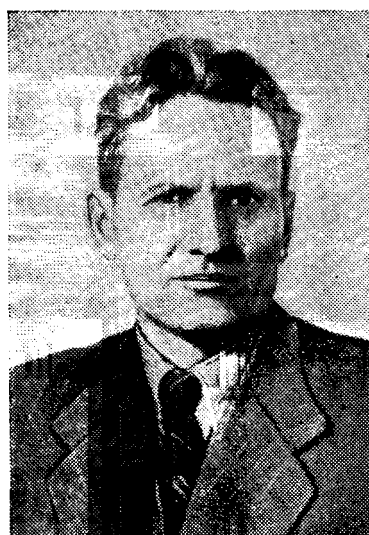
Д. Л. Тимрот



Н. Б. Варгафтик



Г. И. Фомичев



Н. В. Устинов



П. И. Комков

За научные исследования тепловых свойств водяного пара при высоких давлениях и температурах Сталинская премия второй степени присуждена Д. Л. Тимроту — профессору, заведующему сектором Всесоюзного теплотехнического научно-исследовательского института им. Ф. Э. Дзержинского и Н. Б. Варгафтику — старшему научному сотруднику того же института.

Несмотря на то, что исследование водяного пара за границей было начато более 100 лет назад, иностранные ученые не сумели разработать методы исследования, которые позволили бы довести измерения до высоких температур и давлений.

Таблицы водяного пара, выпускавшиеся до настоящего времени, базировались на «скелетных таблицах», установленных международными конференциями.

В связи с ограниченностью экспериментальных исследований «скелетные таблицы» основаны в области высоких температур и давлений не на экспериментальных данных, а на экстраполяции.

При расчетах энергетического оборудования необходимы данные по теплопроводности и вязкости водяного пара. До работ Физико-технической лаборатории ВТИ теплопроводность водяного пара, в особенности при высоких давлениях, вообще не была изучена, а экспериментальные данные по вязкости водяного пара, определенные различными исследователями, значительно расходились между собой.

В Лаборатории под руководством проф. Д. Л. Тимрота было проведено комплексное исследование термодинамических свойств водяного пара: теплопроводности, вязкости, теплоемкости и удельных объемов.

Д. Л. Тимрот и Н. Б. Варгафтик разработали новые оригинальные методы исследования теплопроводности и теплоемкости, которые позволили впервые провести измерения теплопроводности водяного пара при высоких температурах и давлениях.

Проф. Д. Л. Тимротом была разработана новая методика исследования вязкости и удельных объемов. Эти новые методы исследования позволили провести изучение вязкости и удельных объемов водяного пара в значительно более широкой области температур и давлений, чем это было сделано зарубежными учеными.

Американские исследователи для определения вязкости водяного пара применяли метод падающего груза и пришли к ошибочным результатам. Новая теория, которая была разработана Д. Л. Тимротом, позволила вскрыть причину ошибок в измерениях американских исследователей и внести ясность в вопрос о зависимости вязкости водяного пара от давления.

В последних своих работах по вязкости американцы вынуждены были признать свои ошибки.

Все исследования тепловых свойств водяного пара, проведенные Д. Л. Тимротом и Н. Б. Варгафтиком, были доведены до 600°С и 300 ат.

На основе этих экспериментальных данных Всесоюзным теплотехническим институтом составлены таблицы тепловых свойств водяного пара до 600°С и 300 ат.

СТАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ

За коренное усовершенствование методов ремонта оборудования электростанций присуждена Сталинская премия второй степени Б. В. Щербинину — главному инженеру Сталинской тэц, Н. В. Устинову — начальнику котельного цеха тэц, В. И. Федосеенко — старшему мастеру тэц, Г. И. Фомичеву — директору тэц, Я. М. Островскому и П. И. Кожкову — инженерам Мосэнерго, Ф. Ф. Волкову — инженеру Закамской тэц и Г. П. Попову — старшему мастеру той же тэц.

В целях значительного сокращения простоя оборудования в ремонтах, уменьшения затрат труда и средств на их проведение был разработан комплекс конкретных мероприятий по скоростному ремонту оборудования электростанций Мосэнерго, Закамской тэц Главуралэнерго и организована практическая реализация этих мероприятий в ремонтную кампанию 1949 г.

В основу нового метода ремонта были положены:

1. Механизация всех трудоемких работ, особенно такелажных, обмуровочных и сварочных, путем установки специальных подъемников и электролебедок, применения электрокара, устройства кислородной газовой разводки по рабочим местам и пр.

2. Разработка проекта организации ремонтных работ с детальной проработкой всех организационно-технических мероприятий.

3. Организация поточности ремонтных работ с целью полного устранения перебоев в работе отдельных бригад.

4. Подготовка отдельных узлов оборудования для замены (комплект запасной арматуры, роторы вращающихся механизмов с подшипниками и пр.).

5. Разработка технологических графиков и технологических карт для каждого участка работ.

6. Тщательная подготовка рабочих мест и подготовка ремонтного персонала.

Проведение ремонтов новыми методами обеспечило сокращение простоя агрегатов на 20—25% и снижение трудозатрат и стоимости. Благодаря этому скоростной метод ремонта получил широкое внедрение на электростанциях Министерства электростанций.

Обеспечивая снижение простоя оборудования, скоростные ремонты позволяют повысить коэффициент использования в работе оборудования электростанций. Это имеет большое значение для всех энергосистем, где при ремонтах приходится вводить ограничения в энергоснабжение потребителей. В других энергосистемах снижение ремонтного простоя позволит поддерживать нагрузку агрегатов на более экономичном уровне.

Одновременно новые методы ремонта способствуют значительному улучшению качества ремонтных работ и, следовательно, повышению надежности работы оборудования.



Б. В. Щербинин



Я. М. Островский



Ф. Ф. Волков



Г. П. Попов



В. И. Федосеенко



Б. М. Конторов

За разработку и промышленное внедрение специальных электродных сплавов для наплавки изнашиваемых деталей оборудования электрических станций присуждена Сталинская премия третьей степени Б. М. Конторову — инженеру Оргрэс, Н. М. Жураковскому — ст. мастеру Оргрэс, И. И. Рафаловичу — начальнику Технического отдела Ростовэнерго и Е. В. Соколову — главному инженеру Опытного-сварочного завода.

В результате многолетних изысканий, а также длительной промышленной проверки были разработаны, освоены изготовлением и широко внедрены на электростанциях новые типы электродов с борсодержащими покрытиями Т-590 и Т-620.

Наплавка этими электродами изнашиваемых деталей оборудования электростанций (роторов дымососов и мельничных вентиляторов, бил углеразмольных мельниц, диффузоров аппаратов гидрозолоудаления, рабочих колес багерных насосов и др.) в 2 и более раза удлиняет срок службы деталей по сравнению с наплавкой ранее известными сплавами. Это повысило надежность работы оборудования и сократило его простои в ремзитах.

В настоящее время новые электроды используются более чем на пятидесяти электростанциях Министерства.

Электроды с борсодержащим покрытием используются также в угольной и других отраслях промышленности СССР.

Министерством электростанций намечено развитие в 1950 г. изготовление электродов Т-590 и Т-620, что даст возможность удовлетворить полную потребность в указанных электродах предприятий Министерства.



Н. М. Жураковский

За разработку и освоение серийного выпуска быстродействующей фильтровой высокочастотной защиты электросетей Сталинская премия третьей степени присуждена проф. доктору техн. наук Г. И. Атабекову, канд. техн. наук Я. М. Смородинскому, канд. техн. наук В. Л. Фабриканту и инж. В. М. Волкову — работникам треста Теплоэлектропроект.

Высокочастотные защиты являются в настоящее время основным и наиболее совершенным видом защиты линий электропередачи напряжением 110—220 кв в энергосистемах.

Все использовавшиеся до сего времени высокочастотные защиты, для обеспечения их действия при всех видах повреждений в трехфазной системе, имели большое число реле, по несколько пусковых органов и органов направления мощности в каждой фазе или сложные трехфазные реле, специальные блокировки от неправильных действий при качаниях. Все это вело к усложнению схемы защиты, и, как следствие этого, к различным техническим недостаткам, понижающим надежность ее работы.

На основе сделанного в 1941—1942 гг. Г. И. Атабековым и Я. М. Смородинским предложения и в результате разработки, проведенной в Теплоэлектропроекте коллективом, ныне удостоенным Сталинской премии, была создана совершенно новая схема высокочастотной защиты.

Новая фильтровая высокочастотная защита значительно проще всех известных до этого направленных высокочастотных за-



Г. И. Атабеков



И. И. Рафалович



Е. В. Соколов



В. Л. Фабрикант

щит. Так, например, если американская высокочастотная защита имеет восемь пусковых органов и от двух до четырех органов направления мощности, то новая советская защита имеет только один пусковой орган и только один орган направления мощности.

Советская защита по своему принципу действия не нуждается в какой-либо специальной блокировке от качаний и отстроена от токов нагрузки. Последнее позволило увеличить чувствительность защиты, что крайне важно для современных энергосистем.

Новая высокочастотная защита не только имеет простую и мало релейную схему, но выполняется из наиболее простых реле.

После завершения всех расчетов, исследований, лабораторных испытаний и проверки лабораторных образцов на линиях оказалось возможным наладить за несколько месяцев серийный выпуск панелей защиты на заводе.

В настоящее время фильтровая высокочастотная защита уже установлена и монтируется на многих линиях электропередачи Министерства электростанций. Успешно решена одна из задач повышения надежности работы энергосистем и бесперебойности электроснабжения потребителей. Созданием этой защиты СССР намного опередил работы, проводимые в этой области в зарубежных странах.

За разработку и внедрение новых устройств релейной защиты, повышающих надежность работы энергетических систем, Сталинская премия третьей степени присуждена: проф. И. И. Соловьеву, канд. техн. наук И. Н. Попову и канд. техн. наук М. И. Цареву — сотрудникам Центральной научно-исследовательской электротехнической лаборатории Министерства электростанций.

По надежности работы ряд применявшихся до настоящего времени устройств защиты не удовлетворял имеющимся требованиям. Так, защита генераторов от замыканий на землю с реле максимальной мощности сложна в исполнении, наладке и эксплуатации и наряду с этим дает высокий процент неправильных действий. Неудовлетворительно также решалась до сих пор задача обеспечения правильного действия дифференциальной защиты трансформаторов при толчках намагничивающего тока, отстройки дифференциальных защит генераторов и сборных шин станций и подстанций от токов небаланса.

Для защиты от замыканий на землю генераторов ЦНИЭЛ впервые выполнено высокочувствительное реле без подвижных систем, с применением магнитного усилителя с сильной обратной связью.

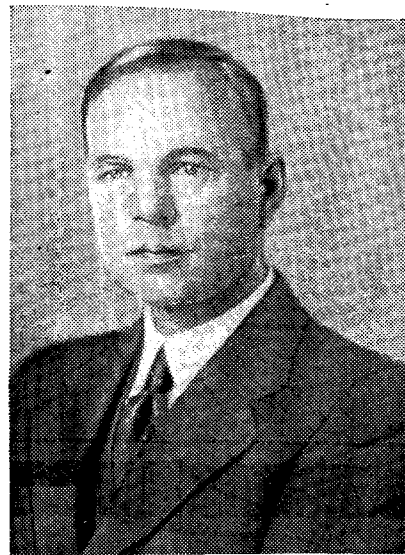
В сочетании с разработанными также в ЦНИЭЛ трансформаторами тока чувствительности на пермаллое получена возможность выполнения защиты с первичным током срабатывания в несколько ампер.

Новая чувствительная и надежная защита уже установлена на многих генераторах и синхронных компенсаторах электростанций.

Возможность использования быстронасыщающихся промежуточных трансформаторов тока для исключения токов небаланса в цепях дифференциальной защиты, вызванных асимметрией (постоянной) слагающей первичного тока, была известна и ранее. Однако, практическое использование этого эффекта стало возможным на основе теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в ЦНИЭЛ. В результате были разработаны методика расчета и конструкции быстронасыщающихся трансформаторов, проверены в промышленных условиях новые исполнения простой и надежной дифференциальной защиты силовых трансформаторов.

Эта защита, имеющая высокие эксплуатационные качества, широко внедряется в энергосистемах, заменяя сложные и ненадежные другие защиты.

Решением этой задачи сделан большой вклад в дело улучшения работы релейной защиты и повышения надежности эксплуатации энергосистем.



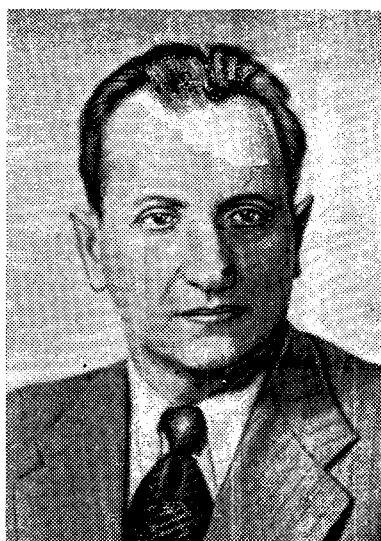
И. И. Соловьев



И. Н. Попов



В. М. Волков



Я. М. Смородинский



М. И. Царев

Некоторые вопросы развития тэц

Инж. С. Я. Белинский и инж. Р. Н. Виндман

Развитие теплофикации в нашей стране в период первой пятилетки шло одновременно с переходом всей нашей крупной энергетики на параметры пара у турбин с 13 *ата*, 350° С на 29 *ата* и 400° С. Это значительно повысило эффективность теплофикации, позволило увеличить выработку электроэнергии на каждую тонну отдаваемого пара: при давлении 3 *ата* — на 50% и при давлении 1,2 *ата* — на 35%.

Еще больше повышает эффект теплофикации внедрение на электростанциях после Великой Отечественной войны оборудования на параметры пара у турбин 90 *ата* и 480/500° С. При этом выработка электроэнергии на тепловом потреблении по сравнению с начальными параметрами 29 *ата*, 400° С возрастает при отдаче тепла в виде пара давлением 7 *ата* примерно на 80% и давлением 1,2 *ата* — на 45%. Развитие крупных тэц в настоящее время базируется в основном на этих высоких начальных параметрах пара.

Для снабжения производственных потребителей теплоносителем являлся в основном пар давлением 5—12 *ата*. В качестве же теплоносителя для снабжения отопительных и коммунально-бытовых потребителей была выбрана горячая вода. Это позволяло применять для этих потребителей пар низкого потенциала давлением 1,2—2,0 *ата* и обеспечить высокую выработку электроэнергии на тепловом потреблении, сохранять на станции конденсат и передавать тепло на достаточно большие расстояния без повышения давления отбираемого пара.

Теплоснабжение посредством горячей воды было впервые подробно разработано и широко применено в Советском Союзе и является одним из наших крупных достижений в развитии теплофикации.

Интенсивный рост потребления электроэнергии во всех районах нашей страны требовал применения на станциях турбин, могущих обеспечить в любой момент полную электрическую мощность агрегата независимо от изменения графика теплового потребления. Такими машинами являются одновальные турбины с регулируемым отбором пара.

Общий рост теплового потребления и рост электрических нагрузок позволил перейти к более крупным агрегатам. В зависимости от типа машин удвоение их единичной мощности давало повышение экономичности от 5 до 10% и снижение стоимости турбинной установки (на 1 *квт* мощности) на 15—20%. Укрупнение единичной

мощности агрегатов позволило турбостроительным заводам увеличить общую мощность выпускаемых турбин. Основными турбинами для крупных тэц до 1941 г. являлись турбины мощностью по 25 000 *квт* с одним регулируемым отбором. Турбины АТ-25 с отбором 100 *т/час* при давлении 1,2—2,0 *ата* применялись для теплоснабжения отопительных и коммунальных потребителей посредством горячей воды, а турбины АП-25 с отбором 150 *т/час* при давлении 7±1 *ата* для снабжения паром производственных потребителей.

Однако, сочетание таких типов турбин, позволившее охватить широкий круг тепловых потребителей, имело известные недостатки. На крупных теплоэлектроцентралях, снабжающих паром производственных потребителей, как правило, имеет место отпуск тепла в горячей воде на отопительные и другие цели. Размер и характер фактического теплового потребления промышленных предприятий в ряде случаев отличается от проектных условий, принятых при сооружении станции. В связи с этим на отдельных электростанциях с одноотборными турбинами АП или АТ, или даже с комбинацией турбин того и другого типа имеет место недостаток в отборном паре одного давления при наличии избытка отборного пара другого давления.

Этот недостаток полностью ликвидируется при применении на крупных тэц турбин типа ВПТ-25 с двумя регулируемым отборами. Применение турбин ВПТ-25 в сочетании с турбинами ВТ-25 позволяет гибко перераспределять количество пара из отборов в соответствии с изменениями в тепловом потреблении. В первый период развития тэц установка одной двухотборной турбины позволяет сразу обеспечить как производственных, так и отопительных потребителей паром из отборов турбины, в то время как при применении одноотборных турбин до установки второй турбины неизбежно редуцирование большого количества острого пара от котлов. Практика показывает, что такое редуцирование может продолжаться ряд лет.

Двухотборные турбины позволяют, кроме того, для ряда тэц обойтись установкой турбин лишь одного типа, что представляет существенное преимущество для эксплуатации.

Мощные теплофикационные турбины среднего давления, изготавливавшиеся советскими заводами, отличаются высокой надежностью и экономичностью. Вместе с тем турбины АТ-25 и АП-25 вследствие недостаточной величины фактических отбо-

ров имели значительные «привязанные» конденсационные мощности. Использование полной номинальной мощности этих турбин достигалось только за счет пропуска дополнительного количества пара в конденсатор, т. е. за счет их загрузки на конденсационном режиме.

Промышленные и отопительные тэц располагаются, как правило, в крупных населенных пунктах, для которых очень важно максимальное сокращение завоза топлива. Это требует сокращения до возможного минимума выработки на тэц электроэнергии на конденсационном режиме, тем более, что такая выработка приводит к пережогу топлива в зависимости от типа турбин на 7—12% по сравнению с выработкой на районных электростанциях с более мощными агрегатами.

Новые турбины ВТ-25 и ВПТ-25, изготавливаемые советскими заводами, обладают существенными преимуществами по сравнению с турбинами АП-25 и АТ-25. Они имеют минимальные «привязанные» конденсационные мощности. При работе с номинальными величинами отборов и минимальном пропуске пара в конденсатор турбины ВТ-25 и ВПТ-25 развивают полную мощность. В связи с этим расход тепла на выработку электроэнергии при работе турбин ВТ-25 и ВПТ-25 с полной мощностью и номинальными величинами отборов приближается к расходу тепла у противодавленческих машин и составляет около 1 050 ккал/квтч.

Надежность и эффективность работы тэц существенно зависят от покрытия небаланса питательной воды. Это имеет особенно большое значение для многих промышленных тэц при большой потере конденсата на производстве.

При котлах на давление 35 ата эта задача была советскими энергетиками успешно разрешена. Покрытие небаланса питательной воды на тэц осуществлялось, как правило, за счет добавка химически очищенной воды.

Переход на более высокие параметры пара значительно повысил требования к котловой и питательной воде.

На отопительных тэц с турбинами ВТ, имеющими малые потери конденсата, покрытие небаланса питательной воды не представляет особой трудности. Вопрос решается в зависимости от качества сырой воды либо путем химической очистки добавочной воды, либо с помощью небольших испарительных установок. Включение последних в тепловую схему станции при добавке в 3—5% осуществляется почти без снижения экономичности цикла.

На станциях с турбинами ВПТ, отдающими пар на производство, приходится применять более сложные системы химочистка — Н + Na-катионирование, обескремнивание и в отдельных случаях обессоливание. В настоящее время на основе разработанных советскими институтами схем осуществляются на ряде станций высокого давления установки для обескремнивания и обессоливания воды и в ближайший период будет получен опыт их работы в промышленных условиях.

При неблагоприятном качестве исходной воды и большой потере конденсата на производстве пока приходится идти на применение паропреобразователей или многоступенчатых испарителей,

несмотря на значительное увеличение расхода пара на турбину. Для турбины ВПТ-25 повышенные давления отборного пара с 9 до 13 ата при применении паропреобразователей вызывает увеличение расхода пара при полной загрузке отборов и полной мощности на 4—4,5%. Таким образом, отдача тепла потребителям через паропреобразователи снижает на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ экономию топлива, достигаемую в результате перехода с параметров пара у турбин 29 ата, 400°С на 90 ата, 500°С. Кроме того, установка паропреобразователей значительно удорожает оборудование и трубопроводы станции и усложняет эксплуатацию.

Из сказанного очевидно необходимость срочного разрешения проблемы химической водоподготовки для станций высокого давления.

Повышение эффективности тэц достигается в первую очередь за счет увеличения выработки электроэнергии на тепловом потреблении. Решение этой задачи достигалось в следующих направлениях:

а) повышение числа часов использования регулируемых отборов для отопления;

б) увеличение используемого для выработки энергии перепада тепла;

в) повышение загрузки регулируемых отборов для производственных нужд с соответствующим снижением количества редуцируемого острого пара.

Повышение числа часов использования регулируемых отборов на тэц, отпускавших тепло для отопительных целей, осуществлялось путем подбора такого режима работы турбин, при котором полная загрузка регулируемых отборов турбин достигается при температурах наружного воздуха, близких к среднезимним температурам (минус 2° ± минус 8°С), вместо обычно применявшихся раньше минус 15° ± минус 20°С. Проведение этого мероприятия возможно, однако, только в тех случаях, когда суммарная тепловая нагрузка теплофицируемого района в 1,5 ± 2 раза превышает производительность регулируемых отборов установленных турбин. Это обычно имеет место в крупных городах, где наблюдается интенсивный рост теплового потребления.

Таким образом, достигается увеличение числа часов загрузки отопительных отборов турбин с 3 000—3 600 час. до 4 400 час. в год, что дает экономию в расходе топлива (при той же выработке тепла и энергии) около 2% и в связи со снижением выработки энергии на конденсационном режиме сокращение завоза топлива в город примерно на 15—20%.

Практика эксплуатации показала, что на ряде тэц трудно обеспечить высокую загрузку регулируемых отборов турбины, отдающих тепло для производственных целей, из-за несовпадения параметров отборов турбин и потребителей пара. В связи с этим приходится дросселировать для отдачи потребителям значительное количество острого пара из котлов. Для устранения этого дефекта, резко снижающего эффективность теплоснабжения, на ряде станций запроектированы и устанавливаются турбины небольшой мощности с противодавлением, обеспечивающим требуемые потребителями параметры пара («вращающиеся редукторы»).

Наряду с установкой таких турбин заслуживает внимания использование струйных трансформаторов тепла, сжимающих пар из отбора турбин до давления, требуемого потребителем. Проведенные в Теплоэлектропроекте расчеты показали, что повышение параметров пара из отбора посредством струйных трансформаторов тепла позволяет получить значительную экономию острого пара по сравнению с отпуском пара через редукторное охлаждающее устройство. При этом за счет сжимаемого отборного пара можно получить в зависимости от степени сжатия от 40 до 70% того количества электроэнергии, которое выработывала бы на данном тепловом потреблении турбина, имеющая отбор пара требуемых параметров. Установки струйных трансформаторов тепла насчитываются пока единицами. Однако, есть основания полагать, что в дальнейшем они найдут более широкое применение.

Совершенство станции характеризуется в значительной мере ее тепловой схемой. Тепловые схемы тэц с оборудованием, изготовленным отечественными заводами, отличаются достаточной надежностью и экономичностью. Особенностью тепловых схем тэц с турбинами высокого давления типов ВТ и ВПТ является развитая регенерация с подогревом воды до 215°С и термическая деаэрация всего потока воды в смешивающих деаэраторах. Как показал опыт эксплуатации тэц, наиболее частые нарушения работы системы регенерации связаны с подогревателями, включаемыми после деаэраторов под полным напором питательных насосов. Таких подогревателей в схемах теплофикационных турбин высокого давления при применении атмосферных деаэраторов — три. Переход на деаэраторы повышенного давления (4—6 ата) позволяет:

а) уменьшить число подогревателей, находящихся под полным напором питательных насосов, и этим повысить надежность станции;

б) повысить надежность работы котлов и обеспечить нормальную температуру перегрева пара, так как при этом почти в два раза (с 115° на 60—70°) сокращается понижение температуры питательной воды при аварийных отключениях подогревателей высокого давления;

в) значительно облегчить сведение теплового баланса в деаэраторе, во многих случаях весьма напряженного из-за наличия на тэц мощных потоков горячего конденсата от подогревателей сетевой воды и от производственных потребителей тепла, при относительно небольших количествах холодного конденсата, поступающего из конденсаторов турбин.

По этим соображениям в настоящее время проекты новых станций высокого давления выполняются с деаэраторами повышенного давления (4,5—6 ата).

Существенным вопросом при сооружении тэц является снижение расхода электроэнергии на собственные нужды. Особое значение имеет выбор типа привода питательных насосов, мощность которых на тэц высокого давления составляет 4—5% от мощности станции.

Неблагоприятными факторами при применении в качестве рабочих агрегатов питательных насосов с электроприводами являются нерегули-

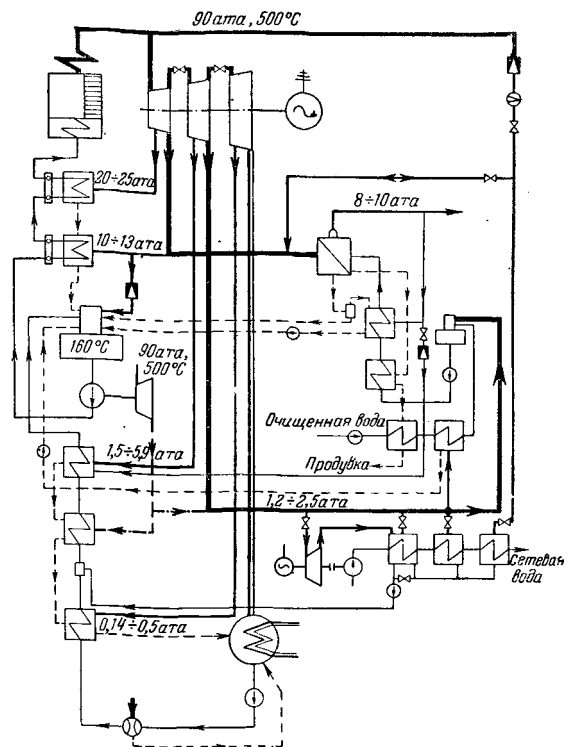


Схема турбины ВПТ-25 с паропреобразовательной установкой и питательным турбонасосом.

руемость их числа оборотов, что вызывает излишнее увеличение расхода энергии, а также большая трудность обеспечения быстрого запуска в ход резервных питательных турбонасосов. Рациональное разрешение вопроса обеспечивается путем использования в качестве постоянно работающих агрегатов питательных турбонасосов при сохранении электронасосов в качестве резервных. При этом достигаются следующие преимущества:

а) увеличение полезной мощности станции на 4÷5% *;

б) возможность экономичного регулирования нагрузки питательных турбонасосов путем изменения числа оборотов;

в) возможность быстрого запуска резервных питательных электронасосов при авариях турбонасоса.

В качестве привода питательного турбонасоса может быть использована запроектированная заводом «Экономайзер» приводная турбина высокого давления с противодавлением 1,2—2,5 и 6 ата. В тепловых схемах тэц с турбинами ВТ и ВПТ выхлопной пар таких турбин может быть использован для отдачи тепла потребителям или в схеме регенерации. Если принять к. п. д. двигателя электронасоса 0,93 и потери на трансформацию и в сетях собственных нужд станции 1%, то оказывается, что расход тепла при применении турбонасоса с к. п. д. на муфте 0,65 меньше, чем

* Необходимо иметь в виду, что увеличение полезной мощности в этом случае связано с некоторым повышением максимального расхода пара из котельной, что, однако, практически осуществимо на многих установках при наличии запаса производительности в котельных агрегатах. С другой стороны, работа приводной турбины с противодавлением при отсутствии дополнительной потребности в отдаче тепла на сторону и неполной загрузке отборов может вызвать увеличение выработки электроэнергии на конденсационном режиме и снижение экономичности. Р е д.

при электронасосе, примерно, на 10 ккал на отпущенный киловаттчас.

В тепловых схемах тэц высокого давления с отдачей производственного пара необходимо, как уже указывалось, предусматривать возможность включения паропреобразовательных установок, что для некоторых тэц высокого давления будет неизбежным. При этом необходимо принять меры к снижению термических потерь, возникающих при включении паропреобразовательных установок из-за устранения многоступенчатого подогрева той доли питательной воды, которая соответствует производительности паропреобразовательной установки. Это может быть достигнуто при осуществлении схемы паропреобразовательной установки со ступенчатым подогревом питательной воды паропреобразователей.

В схеме такой установки питательная вода, поступающая в паропреобразователь с давлением $10 \div 13$ ата, предварительно подогревается и деаэрируется за счет пара из отбора $1,2 \div 2,5$ ата, что термически приближает эту схему к схеме регенеративного подогрева основного конденсата.

Проведенные расчеты показали, что замена трехступенчатого подогрева воды в системе регенерации двухступенчатым подогревом в системе паропреобразовательной установки дает ухудшение экономичности схемы всего около 0,9%. Как показано на рисунке, схема паропреобразовательной установки для турбины ВПТ-25 помимо подогревателя на давление 1,2 ата и атмосферного деаэратора предусматривает также двухступенчатое охлаждение продувки паропреобразователя и установку конденсатора вторичного пара для вос-

полнения потерь конденсата в схеме тэц. Увязка теплового баланса этой схемы возможна лишь посредством применения деаэратора повышенного давления с температурой деаэрации 160°C .

За 25 лет теплофикации СССР советскими энергетиками достигнуты большие успехи в проектировании, сооружении и эксплуатации тэц и теплофикационного оборудования. Советские энергетика и турбостроители первые разработали и полностью разрешили задачу создания мощных и экономичных теплофикационных турбин с регулируемыми отборами и конденсацией на средние и высокие начальные параметры пара. Им же принадлежит бесспорный приоритет в создании мощных турбин на высокие начальные параметры пара с двумя регулируемыми отборами пара.

В течение 25 лет на советских тэц были успешно решены сложные вопросы отдачи тепла со станции, созданы оригинальные конструкции установок для подогрева сетевой воды и успешно разрешаются вопросы подготовки и восполнения потерь питательной воды. Разработаны надежные и экономичные тепловые схемы тэц и теплофикационных турбинных установок, стоящие намного выше схем, применяемых за рубежом.

Не успокаиваясь на достигнутом, советские энергетика продолжают настойчиво работать над дальнейшим наращиванием мощности и повышением эффективности тэц. Этому будет способствовать внедрение новых схем трехступенчатого подогрева сетевой воды, ступенчатого подогрева в паропреобразовательных установках, струйных трансформаторов тепла, обескремнивающих и обессоливающих установок.



Режим экономического вакуума в паротурбинных установках при оборотном водоснабжении

Канд. техн. наук Н. М. Виленский

Работа паротурбинных установок на режиме экономического вакуума позволяет существенно сократить расход топлива на выработку электроэнергии.

Советскими исследователями подробно разработана методика определения режима экономического вакуума для установок с прямоточным водоснабжением, но для установок с оборотным водоснабжением достаточно разработанной методики пока не имеется. При оборотной системе водоснабжения определение режима экономического вакуума затрудняется тем, что переход от одной схемы включения циркуляционных насосов к другой вызывает не только изменение расхода циркуляционной воды, но и изменение ее температуры, так как меняется гидравлическая нагрузка водоохладителей¹.

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

В данной статье предлагаются основы расчетной и экспериментальной методики определения режима экономического вакуума в паротурбинных установках при оборотном водоснабжении.

Характеристика водоохладителя

Исследование процесса испарительного охлаждения позволяет получить следующую приближенную зависимость между температурой охлажденной воды и шириной зоны охлаждения

$$t_2 = A + B\tau, \quad (1)$$

где $A = 5,44 + 0,714\tau$ — приведенный предел охлаждения, величина, однозначно определяемая температурой наружного воздуха по влажному термометру (τ);

B — коэффициент конструкции водоохладителя.

Величина B характеризует качество работы данного охладителя; чем B меньше, тем лучше работает водоохладитель.

Строго говоря, значения A и B не являются для данного охладителя при изменении t_2 и Δt постоянными, но, как показывают наши опыты на экспериментальной брызгальной градирне и обработка результатов других опытов на охладителях различных типов, для практических расчетов можно пользоваться приведенным уравнением. С помощью этого уравнения определяется температура охлажденной воды при различных метеорологических условиях (τ) и различных нагрузках охладителя (Δt).

Значение коэффициента конструкции B может быть определено расчетом только для пленочной градирни; для охладителей других типов значения этого коэффициента находятся путем обработки экспериментальных данных.

Обработка известных из литературы расчетных графиков дает для брызгального бассейна

$$B = 4,3p^{-0,65}, \quad (2)$$

для открытой капельной градирни при скорости ветра $w = 1,5$ м/сек

$$B = 0,3(q - 1), \quad (3)$$

или при плотности орошения $q = 3$ м³/м² час

$$B = 0,316w^{-0,87} \quad (4)$$

и для башенной капельной градирни

$$B = 0,31 + 0,33q, \quad (5)$$

где p — напор воды у сопла, м вод. ст.;
 q — плотность орошения, м³/м² час;

Параллельная работа водоохладителей

На многих электрических станциях применяется параллельное включение водоохладителей (рис. 1). Для системы параллельно включенных охладителей можно аналогично уравнению (1) написать:

$$t_2 = A + B_{\text{экв}} \Delta t, \quad (6)$$

где $\Delta t = t_1 - t_2$ — средняя ширина зоны охлаждения, равная разности температур циркуляционной воды, выходящей из машинного зала и поступающей в машинный зал;

$B_{\text{экв}}$ — эквивалентный коэффициент конструкции, т. е. коэффициент конструкции, который имел бы водоохладитель, замещающий систему параллельных устройств и обеспечивающий тот же охлаждающий эффект при соответствующей данной системе охладителей суммарной гидравлической нагрузке.

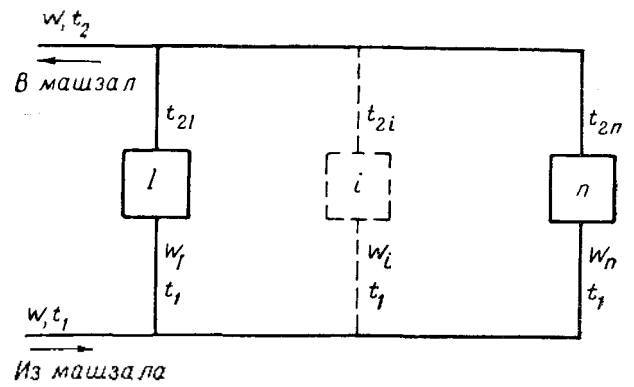


Рис. 1. Схема параллельного включения водоохладителей.

Температура t_1 является одинаковой для всех параллельно работающих охладителей, но на каждой из них устанавливается своя ширина зоны охлаждения $\Delta t_i = t_1 - t_{2i}$, где t_{2i} — температура охлажденной воды, выходящая из i -го водоохладителя.

Рассмотрение работы n параллельно включенных водоохладителей позволяет получить с помощью уравнений (1) и (6), уравнений смещения и теплового баланса следующие зависимости:

$$B_{\text{экв}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sigma_i \frac{B_i}{1+B_i}}{1 - \sum_{i=1}^{i=n} \sigma_i \frac{B_i}{1-B_i}}, \quad (7)$$

$$\Delta t_i = \frac{1 + B_{\text{экв}}}{1 + B_i} \Delta t, \quad (8)$$

где $\sigma_i = \frac{w_i}{W}$ — доля общего расхода циркуляционной воды, приходящаяся на данный охладитель;

B_i — коэффициент конструкции i -го охладителя.

При помощи уравнения (8) можно определить ширину зоны охлаждения для любого из параллельно работающих охладителей. Ширина зоны охлаждения в каждом из них устанавливается в зависимости от величины его коэффициента конструкции. Чем лучше охладитель, тем большую тепловую нагрузку он воспринимает.

Влияние расхода охлаждающей воды на ее температуру

Изменение количества включенных циркуляционных насосов изменяет расход охлаждающей воды, что влечет за собой изменение режима работы водоохлаждающего устройства и, как следствие этого, изменение температуры охлаждающей воды.

Рассмотрим общий случай, когда циркуляционные насосы подают воду в напорный коллектор, из которого она распределяется по не-

сколько параллельно включенным охладителям (см. рис. 1).

Определим, как изменится температура охлажденной воды при понижении расхода циркуляционной воды с W_1 до W_2 .

Температуру охлажденной воды найдем по уравнению (6). Она будет при первом режиме (расход воды W_1)

$$t'_2 = A + B'_{экс} \Delta t \quad (9)$$

и при втором режиме (расход воды W_2)

$$t''_2 = A + B''_{экс} \Delta t'', \quad (10)$$

где $B'_{экс}$ — эквивалентный коэффициент конструкции системы параллельно работающих водоохладителей при первом режиме;

$B''_{экс}$ — то же при втором режиме;

$\Delta t'$ и $\Delta t''$ — средняя ширина зоны охлаждения соответственно при первом и втором режимах.

Эквивалентный коэффициент конструкции подсчитывается по формуле (7). Для каждого из охладителей коэффициент конструкции зависит от его гидравлической нагрузки и может быть определен по формуле (2), (3) или (5). Для брызгального бассейна нужно еще дополнительно знать зависимость между расходом воды на бассейн и давлением у сопла. Эта зависимость определяется как

$$\frac{W_1}{W_2} = \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} \quad (11)$$

Изменение температуры охлажденной воды при переходе от расхода воды W_1 к расходу W_2 будет:

$$\delta t_2 = t'_2 - t''_2 = B'_{экс} \Delta t - B''_{экс} \Delta t''.$$

Среднюю ширину зоны охлаждения находим из уравнения теплового баланса конденсаторов $W \Delta t = D_\kappa (i_\kappa - t_\kappa)$, в котором принимаем разность теплосодержаний пара и конденсата ($i_\kappa - t_\kappa$) постоянной и равной 535 ккал/кг. После некоторых преобразований получаем:

$$\delta t_2 = 535 D_\kappa \left[\frac{B'_{экс}}{W_1} - \frac{B''_{экс}}{W_2} \right], \quad (12)$$

где D_κ — расход пара в конденсаторы.

В случае, когда конденсатор работает с одним водоохладителем, в приведенных формулах следует принимать:

$$B'_{экс} = B' \text{ и } B''_{экс} = B'',$$

где B' и B'' — коэффициенты конструкции данного водоохладителя при соответствующих расходах воды.

Применение уравнения (12) позволяет выявить влияние изменения гидравлической нагрузки

на охлаждающий эффект водоохлаждающих устройств различных типов.

По признаку влияния гидравлической нагрузки на охлаждающий эффект все водоохладители можно разделить на две группы.

К первой группе относятся капельные и пленочные градирни. С уменьшением гидравлической нагрузки, а соответственно и плотности орошения, охлаждающий эффект капельных и пленочных градирен улучшается — коэффициент конструкции становится меньше. При уменьшении гидравлической нагрузки и неизменной тепловой нагрузке (определяющейся расходом пара в конденсатор) температура охлажденной воды повышается, но повышается она за счет увеличения ширины зоны охлаждения, а не за счет ухудшения качества работы градирни: качество работы градирни улучшается и оказывает обратное действие.

Ко второй группе относятся брызгальные охладители. При уменьшении гидравлической нагрузки и неизменном числе включенных сопел охлаждающий эффект брызгальных устройств ухудшается — коэффициент конструкции растет. Вызывается это тем, что уменьшение гидравлической нагрузки влечет за собой понижение давления воды у сопел. При уменьшении гидравлической нагрузки и неизменной тепловой нагрузке температура охлажденной воды в брызгальных устройствах повышается как за счет увеличения ширины зоны охлаждения, так и за счет ухудшения качества работы охладителя. Изменение гидравлической нагрузки влияет на температуру охлажденной воды в брызгальных охладителях более резко, чем в пленочных и капельных охладителях.

При использовании брызгального бассейна повышение температуры охлаждающей воды может быть уменьшено, если при снижении гидравлической нагрузки (отключении части циркуляционных насосов) одновременно отключить и соответствующую часть брызгального бассейна и таким путем избежать понижения давления воды у сопел.

Изменение давления в конденсаторе

Давление в конденсаторе p_κ соответствует температуре насыщения конденсирующегося пара t_κ . Температура насыщения при первом режиме работы циркуляционных насосов будет:

$$t'_\kappa = t'_2 + \Delta t' + \delta t' \quad (13)$$

и при втором режиме

$$t''_\kappa = t''_2 + \Delta t'' + \delta t'', \quad (14)$$

где $\delta t'$ и $\delta t''$ — температурный напор в конденсаторе при рассматриваемых режимах.

Здесь t'_2 и t''_2 определяются помощью уравнений (9) и (10), значения $\Delta t'$ и $\Delta t''$ — по тепловому балансу конденсаторов и значения $\delta t'$ и $\delta t''$ — по типовым характеристикам конденсаторов или по графику температурных напоров Оргрэн.

Расчет графика режима экономического вакуума

Режимный график экономического вакуума для установок с обратным водоснабжением следует строить в координатах τD_k , т. е. определять способ включения циркуляционных насосов в зависимости от температуры наружного воздуха по влажному термометру и от расхода пара в конденсатор. Температура наружного воздуха по влажному термометру зависит только от метеорологических условий и для данного водсохладителя при данной тепловой нагрузке определяет температуру охлажденной воды.

При построении режимной кривой следует особо учесть, что в системе обратного водоснабжения температура охлажденной воды не опускается ниже $8 \div 10^\circ\text{C}$. Режимная кривая должна быть доведена до такого значения τ , при котором достигается минимальная t_2 . Для более низких значений τ , температура охлажденной воды остается постоянной, и режим экономического вакуума зависит только от расхода пара в конденсатор.

Методику расчета режимного графика рассмотрим на конкретном примере.

Турбина АК-25 работает с башенной капельной градирней площадью 2000 м^2 . Конденсатор обслуживается двумя циркуляционными насосами. Производительность одного насоса $W_1 = 2800 \text{ м}^3/\text{час}$, производительность двух параллельно работающих насосов $W_2 = 4640 \text{ м}^3/\text{час}$. Мощность, затрачиваемая на привод каждого насоса $N_n = 270 \text{ кВт}$. Плотность орошения градирни при работе одного насоса $q_1 = \frac{2800}{2000} = 1,4 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$, при работе двух насосов $q_2 = \frac{4640}{2000} = 2,32 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$. Коэффициент конст- рукции градирни [по формуле (5)] при работе одного насоса $B' = 0,77$, при работе двух насосов $B'' = 1,07$. Считаем, что температура охлажденной воды не опускается ниже $t_2 = 10^\circ\text{C}$. Это минимальное значение температуры t_2 устанавли-

вается, начиная с $\tau = -5^\circ\text{C}$. Расчет приведен в таблице, в которой ΔN_T — изменение вырабатываемой турбиной мощности и ΔN_n — изменение затраты мощности на циркуляционные насосы.

По результатам расчета строим режимный график рис. 2,а.

При расходе пара в конденсатор больше чем $D_k = 57,4 \text{ т/час}$, что соответствует нагрузке турбины $N = 11800 \text{ кВт}$ и выше, всегда должны работать два насоса.

Рассмотрим еще один пример расчета режима экономического вакуума. Турбина АГ-25 работает с брызгальным бассейном и обслуживается двумя циркуляционными насосами. При отключении одного насоса выключается и часть бассейна таким образом, чтобы давление воды у сопел не изменялось. Производительность одного насоса $W_1 = 2620 \text{ м}^3/\text{час}$, производительность двух насосов $W_2 = 4950 \text{ м}^3/\text{час}$. Мощность, затрачиваемая на привод одного насоса, $N_n = 220 \text{ кВт}$. По результатам расчета строим график рис. 2,б, который показывает, что для турбины АГ-25, работающей с брызгальным бассейном, выгодно в зимних условиях переходить на работу одним циркуляционным насосом (с отключением части бассейна) при расходе пара в конденсатор не свыше $34,2 \text{ т/час}$.

Область экономичной работы с пониженными расходами циркуляционной воды для паротурбинных установок с обратным водоснабжением более ограничена, чем для установок с прямоточным водоснабжением, но и при обратном водоснабжении определение режима экономического вакуума может дать существенный эффект, особенно для теплофикационных турбин, имеющих ограниченный расход пара в конденсатор в зимнее время.

Положение режимной кривой экономического вакуума зависит от типа водоохлаждающего устройства. Для установок с пленочными и капельными градирнями понижение расхода циркуляционной воды оправдывает себя в более широ-

$D_k, \text{ т/час}$	$\tau = -5^\circ\text{C}$		$\tau = 0^\circ\text{C}$		$\tau = 10^\circ\text{C}$		$\tau = 20^\circ\text{C}$		Способ определения
	50	60	50	60	40	50	30	40	
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	9,5	11,4	9,5	11,4	7,6	9,5	5,7	7,6	Из теплового баланса конденсаторов Уравнение (9)
$t_2, ^\circ\text{C}$	10	10	12,7	14,2	18,0	19,4	24,1	25,6	
$\delta t, ^\circ\text{C}$	5,5	6,4	5,15	5,7	3,9	3,8	2,83	3,38	График (Оргрэс) Уравнение (13)
$t_k, ^\circ\text{C}$	25	28	27,3	31,3	29,5	32,7	32,6	36,6	
$p_k', \text{ ата}$	0,0323	0,0385	0,037	0,0464	0,042	0,0505	0,0503	0,0526	По таблицам насыщенного пара Уравнение (10)
$t_k'', ^\circ\text{C}$	20	22	22,3	25,3	25,5	27,7	29,6	32,6	
$p_k'', \text{ ата}$	0,0233	0,0269	0,0274	0,0329	0,0333	0,0378	0,0422	0,0502	По таблицам насыщенного пара $\Delta p_k - p_k' - p_k''$
$\Delta p_k, \text{ ата}$	0,0085	0,0116	0,0096	0,0135	0,0037	0,0127	0,0036	0,0124	
$\Delta N_T, \text{ кВт}$	213	290	240	338	218	318	215	310	По характеристике турбины Задано
$\Delta N_n, \text{ кВт}$	270	270*	270	270	270	270	270	270	
$\Delta N_T - \Delta N_n, \text{ кВт}$	-57	+20	-30	+68	-52	+48	-55	+40	—
D_k при $\Delta N_T - \Delta N_n = 0, \text{ т/час}$	57,4		53,1		45,2		53,8		—

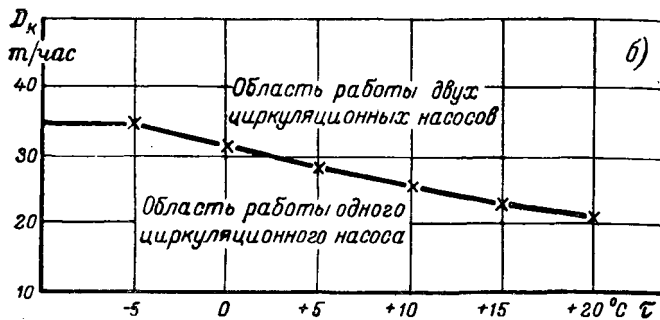
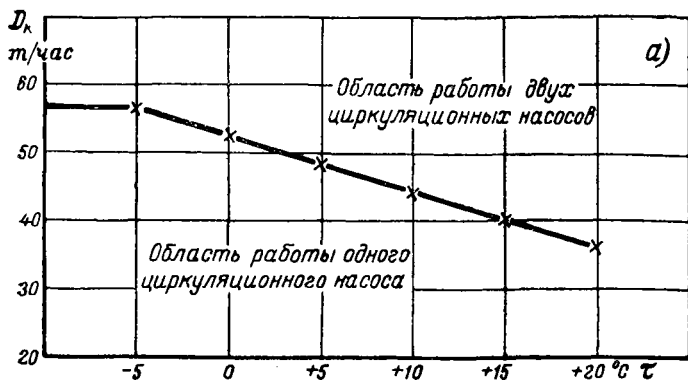


Рис. 2. Графики режима экономического вакуума для паротурбинной установки АК-25, работающей с башенной капельной градирней $F_{op} = 2000 \text{ м}^2$ (а) и работающей с брызгальным бассейном (б).

ких пределах изменения паровых нагрузок конденсатора и температур наружного воздуха, чем для установок с брызгальными бассейнами.

Экспериментальное определение режима экономического вакуума

Аналитическое определение режима экономического вакуума даст общие закономерности, позволяет установить характер режимной кривой и ориентировочно наметить рациональные границы изменения количества включенных циркуляционных насосов. Для оперативных целей только одного аналитического решения, как правило, недостаточно, так как оно не учитывает таких важнейших факторов, как загрязненность конденсатора, воздушная плотность и т. д., которые

резко влияют на работу конденсационного устройства. Поэтому для оперативных целей аналитическое решение должно быть дополнено непосредственными опытами на данной установке².

Методика экспериментального определения режима экономического вакуума в паротурбинных установках с прямоточным водоснабжением хорошо известна и подробно описана³. При проведении опытов замеряются: нагрузка турбогенератора, давление в одной из промежуточных ступеней турбины, расход энергии на привод циркуляционных насосов, температура входа и выхода охлаждающей воды.

Для установок с обратным водоснабжением следует ввести дополнительно, кроме перечисленного, замер температуры наружного воздуха по влажному термометру (τ). Для различных способов включения циркуляционных насосов нужно производить опыты при различных расходах пара в конденсатор для каждого данного τ и определять для каждого значения температуры наружного воздуха по влажному термометру соответствующий ему расход пара в конденсатор, при котором выгодно переходить от одного способа включения циркуляционных насосов к другому. Иначе говоря, следует определять тот способ включения циркуляционных насосов, который при данном τ дает наибольшее значение разности $\Delta N_m - \Delta N_n$.

По опытным данным строится график режима экономического вакуума в паротурбинных установках при обратном водоснабжении в координатах $D_k - \tau$.

² Необходимость опытной проверки обуславливается не только указанными здесь причинами. Установление экономического вакуума связано с определением относительно малых приращений мощности, что не позволяет в отдельных конкретных случаях пользоваться для этой цели приближенными зависимостями типа уравнения (1), безотносительно к индивидуальным особенностям данной установки, а также «универсальными» графиками температурных напоров для конденсаторов. Р е д.

³ Оргрэс, Методика определения режима наивыгоднейшего вакуума в паротурбинных установках, Госэнергоиздат, 1941 г., также статьи И. С. Левенсона, А. К. Кирша и Г. И. Шувалова в журнале «Теплосиловое хозяйство», № 2, 1941 г.



Сравнительный анализ методов балансировки роторов одним и тремя пусками

Инж. Ю. И. Азбукин

В настоящей статье сравнивается степень влияния некоторых причин на точность результатов балансировки роторов методами «одного» и «трех пусков», а также разбираются вопросы целесообразного выбора веса пробного груза и места его положения.

Естественным показателем качества балансировки является амплитуда остаточной вибрации. Величина амплитуды обуславливается равнодействующей сил, развиваемых небалансом, и установленным расчетным балансирующим грузом. Она зависит от точности определения исходных данных балансировки.

Кроме того, как следует из дальнейшего, на величину «остаточного небаланса» при прочих равных условиях оказывают влияние — вес выбранного пробного груза и место его крепления.

В этом разрезе и проведен сравнительный анализ двух названных выше методов балансировки.

Сравнение сделано на основании ряда выполненных графических расчетов, которыми определялась величина остаточного небаланса, как функция веса пробного груза и места его крепления, при заданных величинах ошибок в исходных данных.

Расчеты приведены для случаев, когда: а) величина ошибки в замере исходных данных пропорциональна измеряемой величине и б) величина ошибки является постоянной, не зависящей от измеряемой величины.

При расчетах допущено, что амплитуда вибрации пропорциональна возмущающей силе и что сдвиг фаз φ между возмущающей силой и колебанием остается постоянным для любой величины небаланса.

Результаты расчетов представлены кривыми, построенными в координатах: P — вес пробного груза, R — величина остаточного небаланса, причем величины P и R взяты в долях от величины небаланса Q .

Балансировка методом «одного пуска»

В проведенных графических расчетах было принято, что сдвиг фазы небаланса балансируемого ротора $\varphi = 70^\circ$ (результаты тождественны и для ротора с $\varphi = 110^\circ$).

Приняты следующие обозначения: A_1 и a_1 — амплитуда вибрации первого пуска; A_2 и a_2 — амплитуда вибрации второго пуска $\angle\alpha$; $\angle\alpha'$ — угол сдвига между отметками первого и второго пуска. При этом через A_1 , A_2 и α обозначены истинные значения исходных данных, а через a_1 , a_2 и α' — значения величин, введенных в расчет с указанной в тексте погрешностью.

На рис. 1,а приведена зависимость величины остаточного небаланса R от величины пробного груза P , для случаев, когда исходные данные A_1 , A_2 и α , вводимые в расчеты, определены с ошибкой $\pm 20\%$ от истинной их величины. При этом принято, что пробный груз укрепляется под углом $\beta = 90^\circ$ против направления вращения от отметки первого пуска.

На рис. 2,а приведена зависимость тех же величин и с теми же допущениями для случая, когда погрешность в замере исходных данных, введенных в расчет, является величиной постоянной, не зависящей от измеряемой величины.

Кривые на рис. 1,б и 2,б дают соответственно зависимость тех же величин, при таких же заданных ошибках, что и на рис. 1,а и 2,а, с той только разницей, что $\angle\beta$ принят равным 105° вместо 90° .

Приведенные кривые позволяют установить положения, которыми надлежит руководствоваться при балансировке роторов методом «одного пуска». Для уменьшения до минимума влияния погрешностей при измерении исходных величин на точность балансировки следует:

1. Вес пробного груза выбирать в пределах $0,9 \div 1,1$ предполагаемого небаланса (приближенная величина небаланса определяется по существующим инструкциям и руководствам). При определении ориентировочной величины небаланса ошибка в большую сторону предпочтительнее.

2. Величины A_1 и α вводить в расчет по максимальным значениям измерений; величину A_2 — по минимальному значению измерения.

3. Место крепления пробного груза выбирать в зоне, противоположной предполагаемому месту небаланса, для чего: при балансировке жестких роторов принимать $\angle\beta = 100 \div 120^\circ$ и при балансировке гибких роторов — $\angle\beta = 60 \div 80^\circ$.

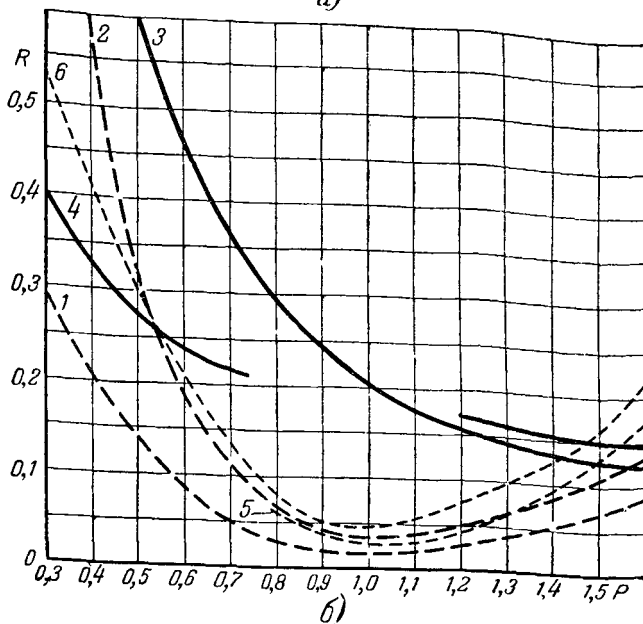
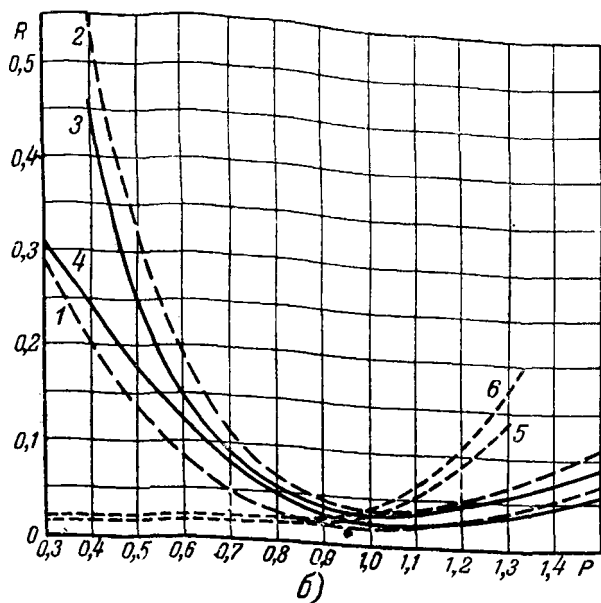
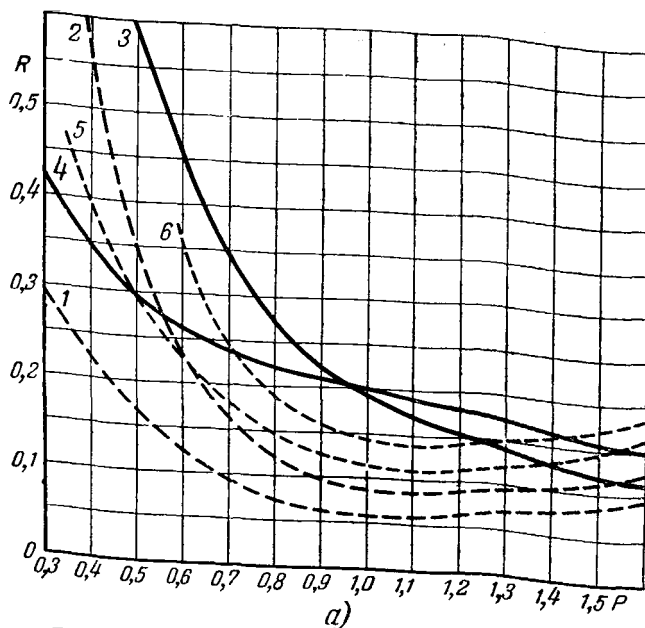
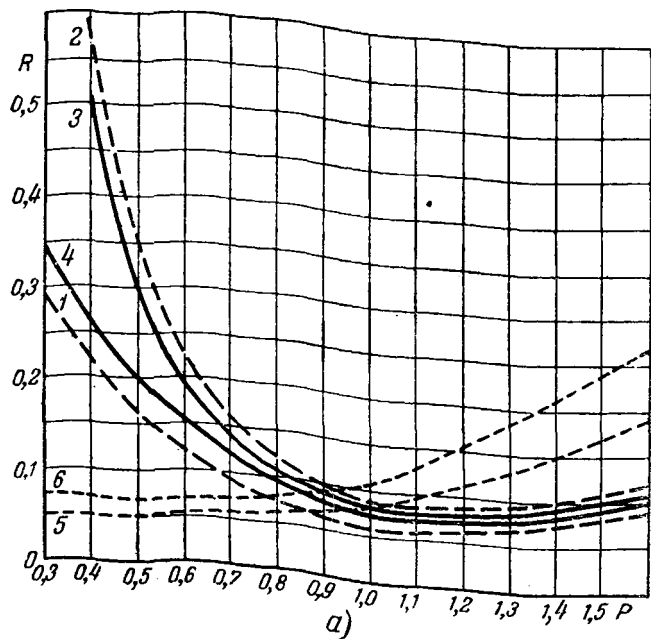


Рис. 1. Зависимость величины остаточного небаланса от величины пробного груза при ошибке в замере исходных данных, равной $\pm 20\%$ измеряемой величины.

Рис. 2. Зависимость величины остаточного небаланса от величины пробного груза при ошибке в замере исходных данных, равной постоянной величине.

α — при $\alpha > \beta = 90^\circ$; б — при $\alpha > \beta = 105^\circ$.
 1 — при a_1, A_2, α , где $a_1 = 1,2A_1$; 2 — при a_1, A_2, α , где $a_1 = 0,8A_1$; 3 — при A_1, a_2, α , где $a_2 = 1,2A_2$; 4 — при A_1, a_2, α , где $a_2 = 0,8A_2$; 5 — при A_1, A_2, α' , где $\alpha' = 1,2\alpha$; 6 — при A_1, A_2, α' , где $\alpha' = 0,8\alpha$.

α — при $\alpha > \beta = 90^\circ$; б — при $\alpha > \beta = 105^\circ$.
 1 — при a_1, A_2, α , где $\alpha_1 = A_1 + 0,2A_1$; 2 — при a_1, A_2, α , где $\alpha_1 = A_1 - 0,2A_1$; 3 — при A_1, a_2, α , где $a_2 = A_2 + 0,2A_2$; 4 — при A_1, a_2, α , где $a_2 = A_2 - 0,2A_2$; 5 — при A_1, A_2, α' , где $\alpha' = \alpha + 20^\circ$; 6 — при A_1, A_2, α' , где $\alpha' = \alpha - 20^\circ$.

Балансировка методом «трех пусков»

Примем следующие обозначения: A_{\max}, a_{\max} — максимальная амплитуда из замеренных при трех пусках; $A_{\text{ср}}, a_{\text{ср}}$ — средняя амплитуда из замеренных при трех пусках; A_{\min}, a_{\min} — минимальная амплитуда из замеренных при трех пусках. При этом через $A_{\max}, A_{\text{ср}}$ и A_{\min} обозначим истинные значения исходных данных, а через $a_{\max}, a_{\text{ср}}$ и a_{\min} — значения величин, введенных в расчет, с указанной в тексте погрешностью.

На рис. 3 приведена зависимость величины остаточного небаланса R от веса пробного груза P для случаев, когда амплитуды вибрации были

определены и введены в расчет с ошибкой $\pm 20\%$ от истинной их величины. При этом принято, что места последовательных установок пробного груза оказались расположенными соответственно под углами: $30^\circ, 150^\circ$ и 270° от места небаланса. Заместим, что при прочих равных условиях величина остаточной вибрации оказывается максимальной, когда пробный груз в одном из своих положений совпадает с местом небаланса. Из приведенных кривых видно, что:

- 1) наимыгоднейшая величина пробного груза лежит в пределах $0,5 \div 0,7$ предполагаемого веса небаланса;
- 2) величины $A_{\text{ср}}$ и A_{\min} следует вводить в расчет по минимальным значениям замеров, величину A_{\max} — по максимальному значению замера.

Результаты балансировки методом «одного пуска»			Результаты балансировки методом «трех пусков»		
Наименование	Исходные величины для построения расчетной диаграммы		Наименование	Исходные величины для построения расчетной диаграммы	
	Истинные	Замеренные и введенные в расчет		Истинные	Замеренные и введенные в расчет
Сдвиг фаз между возмущающей силой и колебанием	130°	110°	Вес выбранного пробного груза P	500 г	
Амплитуда вибрации первого пуска в выбранном для балансировки направлении A_1, a_1	0,30 мм	0,36 мм	Величина углов между местом небаланса и местами установки пробного груза	30°; 150°; 270°	
Вес выбранного пробного груза P	750 г		Максимальная амплитуда вибрации в выбранном для балансировки направлении (первый пуск) A_{\max}, a_{\max}	0,46 мм	0,54 мм
Смещение пробного груза относительно отметки первого пуска	60°		Средняя амплитуда вибрации (второй пуск), $A_{\text{ср}}, a_{\text{ср}}$	0,34 мм	0,38 мм
Амплитуда вибрации второго пуска A_2, a_2	0,07 мм	0,07 мм	Минимальная амплитуда вибрации (третий пуск), A_{\min}, a_{\min}	0,18 мм	0,18 мм
Смещение между отметками первого и второго пуска	40°	30°	Расчетный балансирующий груз, поставленный на ротор, T	660 г	
Расчетный балансирующий груз, поставленный на ротор, T	890 г		Величина остаточной вибрации R	0,08 мм	
Амплитуда остаточной вибрации R	0,02 мм		Оценка вибрации после балансировки	Неудовлетворительно	
Оценка результатов балансировки по остаточной вибрации	отлично				

Проиллюстрируем приведенные положения конкретным примером. У ротора генератора 25 000 квт, 3 000 об/мин после смены центрирующего

щего кольца появился небаланс, вызвавший повышенную вибрацию подшипника со стороны возбудителя. Замер вибрации в процессе балансировки производился прибором, дававшим, как впоследствии оказалось, ошибку в большую сторону ~ 20% измеряемой величины при замере амплитуд выше 0,18 ÷ 0,15 мм. При замере амплитуд до 0,10 мм прибор давал правильные показания.

Результаты балансировки ротора, произведенной последовательно методом одного пуска и методом трех пусков, приведены в таблице.

Выводы

Метод балансировки «одним пуском» (с учетом указанных выше рекомендаций) является «мало-чувствительным» (с точки зрения конечного результата) к ошибкам измерений исходных величин.

При практически вероятных ошибках ($\pm 10-20\%$ измеряемой величины) метод дает результаты достаточной практической точности и, следовательно, может быть применен даже при отсутствии точных приборов для измерений амплитуды вибрации. Однако, при этом методе желательно наличие специальной аппаратуры для определения фазы колебаний (небаланса), так как практикующееся иногда определение «бьющей точки вала» вручную «чертилкой» не всегда дает надежные результаты.

Метод балансировки «тремя пусками» весьма «чувствителен» к ошибкам замеров амплитуды вибрации.

При практически возможных ошибках $\pm 10-20\%$ получаются неудовлетворительные результаты и при отсутствии особо точных виброметров или вибрографов этот метод не может быть рекомендован. Следует учитывать также и то, что в процессе балансировки неизбежны пуски с вибрацией большей, чем при работе машины с имеющимся небалансом, что при сильно вибрирующей машине нежелательно.

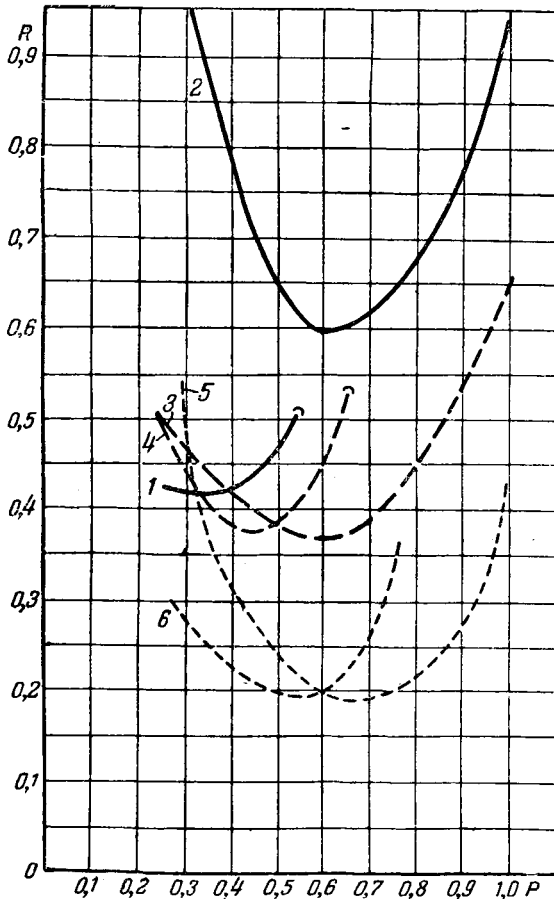


Рис. 3. Зависимость величины остаточного небаланса от веса пробного груза при ошибке в замерах исходных данных, равной $\pm 20\%$.

1 — $a_{\max}, A_{\text{ср}}, A_{\min}$, где $a_{\max} = 1,2A_{\max}$; 2 — при $a_{\max}, A_{\text{ср}}, A_{\min}$, где $a_{\max} = 0,8A_{\max}$; 3 — при $A_{\max}, a_{\text{ср}}, A_{\min}$, где $a_{\text{ср}} = 1,2A_{\text{ср}}$; 4 — при $A_{\max}, a_{\text{ср}}, A_{\min}$, где $a_{\text{ср}} = 0,8A_{\text{ср}}$; 5 — при $A_{\max}, A_{\text{ср}}, a_{\min}$, где $a_{\min} = 1,2A_{\min}$; 6 — при $A_{\max}, A_{\text{ср}}, a_{\min}$, где $a_{\min} = 0,8A_{\min}$.



Сооружение железобетонной гиперболической градирни

Инж. Г. И. Дерикочма

Железобетонная гиперболическая градирня, осуществленная впервые в строительной практике СССР на одной теплоэлектростанции, является по примененным при ее строительстве методам работ и высоким техническим требованиям к качеству работ сооружением высокого класса точности и сложности. Это сооружение является новым достижением советской строительной техники.

Гиперболическая градирня (рис. 1) представляет собой железобетонное сооружение, состоящее из:

а) бассейна диаметром 49 м, глубиной 2,15 м, емкостью около 4 000 м³, расположенного ниже уровня поверхности земли;

б) водоподводящего и отводящего каналов — от машинного зала и насосной к градирне;

в) опорного кольцевого фундамента, образующего боковые стенки бассейна и служащего для опоры наклонных раскосных колонн вытяжной башни;

г) наклонных раскосных колонн в количестве 72, с обвязочной балкой по верху на отметке +3,80;

д) вытяжной башни высотой 55 м с диамет-

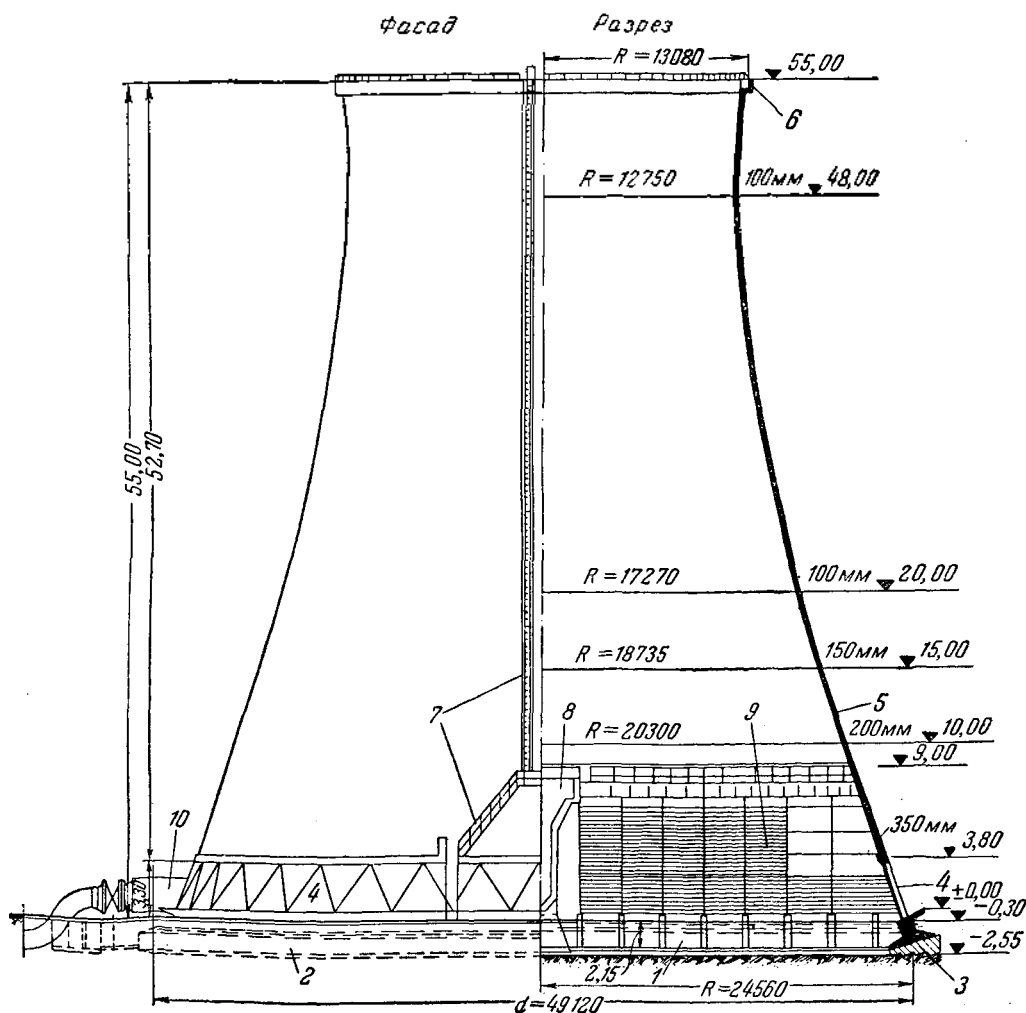


Рис. 1. Железобетонная гиперболическая градирня.

1 — бассейн; 2 — сливной канал; 3 — кольцевой опорный фундамент; 4 — наклонные раскосные колонны; 5 — оболочка (стена) башни; 6 — верхнее кольцо жесткости; 7 — наружная служебная лестница; 8 — оголовок напорного водовода; 9 — оросительное устройство; 10 — напорный водовод.

рами: в нижней части (на отметке + 3,80) — 44,60 м в наиболее узкой части (на отметке + 48,00) — 25,50 м и в верхней части (на отметке + 55,00) — 26,16 м и стенками толщиной от 350 до 100 мм в отметках от 3,80 до 20,00 и 100 мм по всей высоте от +29,00 до +55,00. Верхнее обвязочное кольцо башни, создающее жесткость конструкции, имеет усиленные стенки и служит площадкой для осмотра сооружения;

е) деревянного оросительного устройства (типового), расположенного внутри башни на железобетонных колонках.

Поверхность бетона башни покрывается гидроизолирующим слоем, внутренняя — битумом на бензине, а внешняя — цементной штукатуркой.

Бассейн разделен железобетонной перегородкой на две половины, которые могут эксплуатироваться самостоятельно и поочередно ремонтироваться.

Градирица имеет следующие конструктивные и технические особенности.

1. Бассейн с каналами — обычные сооружения, но в целях предохранения основания как самой градирицы, так и сооружений, расположенных поблизости, от размыва фильтрационной водой к ним предъявляется повышенное требование в части водонепроницаемости бетона. Поэтому выполняются они из бетона повышенной плотности с применением гидроизоляции.

2. Наклонные раскосные колонны восьмигранного сечения размером 34 см между противолежащими гранями являются весьма ответственными конструктивными деталями сооружения, воспринимающими все статические и динамические нагрузки от вытяжной башни. Выполнены они из бетона марки «200» и имеют насыщение железом до 750 кг/м³ бетона, что составляет 11% рабочего сечения колонны.

Малое сечение колонны обусловлено величиной отверстий между ними, необходимых для свободного доступа воздуха в башню градирицы при ее эксплуатации.

3. Башня градирицы представляет собой железобетонную монолитную тонкостенную трубу и в силу своих размеров и геометрических форм является наиболее ответственной и сложной по выполнению частью сооружения.

Основными техническими требованиями к железобетонной башне градирицы являются: высокая прочность, водонепроницаемость и морозоустойчивость бетона и максимальная точность геометрических форм.

Для выполнения требования технических условий с учетом заданной проектом механической прочности бетона марки «170» + В + М в лаборатории строительства был запроектирован бетон марки «200». Расход материалов на 1 м³ бетона составил:

Цемент портландского марки 400*	235 кг,	65%
Цемент пуццоланового марки 400*	115 "	35%
Щебня крупностью до 20 мм	900 л	
Песка мытого	450 "	
Воды при $\frac{B}{C} = 0,57$	200 "	
Общий вес составляющих	2330 кг	

Номинальный состав бетона — 1 : 1,5 : 3,0.

Испытанные образцы бетона как лабораторного изготовления, так и отобранные на произ-

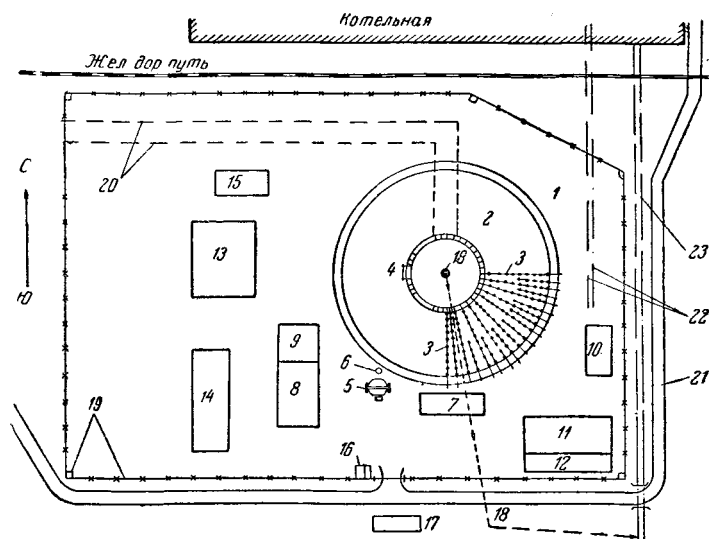


Рис. 2. Схема организации производства работ.

1—кольцевой фундамент градирицы; 2—ручные лебедки для люлек (36 шт.); 3—стойки лесов (36×10 и 36×5 — 540 шт.); 4—шахтоподъемник высотой 60 м; 5—бетонсмешалка 375 л; 6—кран-укосина высотой 10 м; 7—склады цемента (два отсека); 8—склад щебня; 9—склад песка; 10—площадка для изготовления бетонных изделий; 11—склад труб и металла; 12—площадка для изготовления металлических конструкций; 13—склад лесных материалов; 14—склад готовой арматуры; 15—палатка для рабочих; 16—проходная участка; 17—контора участка; 18—дренаж на период строительства; 19—временное ограждение; 20—трасса водоводов; 21—временная дорога; 22—временные трубопроводы воды и пара; 23—трасса газозлоудаления.

водстве, дали отличные результаты, с незначительными колебаниями по отдельным образцам, а именно в пределах 200—210 кг/см², что удовлетворяет требованиям к бетону.

Бетон башни выполнялся в переносной щитовой металлической опалубке с размерами каждого щита 0,5 × 1,0 м. Щиты скреплялись специальными затяжками из проволоки диаметром 6 мм и чеками через отверстия в бетонных фиксаторах, устанавливаемых между щитами по 4 шт. на 1 м².

В теле бетона башни после снятия опалубки остались сквозные отверстия (в фиксаторах) в количествах около 25 000 шт. Заделка этих отверстий для обеспечения равномерной плотности бетона башни явилась наиболее ответственной и кропотливой работой. Эта заделка осуществлялась цементным раствором при помощи шприцев.

4. Применялась гидроизоляция поверхности бетона битумом с бензином в два слоя, состава 40 : 60 и 60 : 40. Особенность этого метода заключается в том, что раствором битума и бензина не только окрашивается поверхность бетона, но и пропитывается бетон на глубину 4—6 мм.

5. Оросительное устройство, предусмотренное проектом, является типовым для градириц. Можно только отметить, что оно состоит из мелких деталей в количестве около 250 тыс. и его строительство является весьма трудоемкой работой.

Организация рабочей площадки для производства строительных работ приведена на рис. 2.

При конторе участка был организован кабинет технической учебы, где были выставлены макеты градирицы, выполненные в масштабе 1 : 100, которые давали представление о всех стадиях работ по сооружению градирицы.

Физические объемы, трудозатраты и стоимость сооружения градирицы в целом и по отдельным видам работ приведены в таблице технико-эко-

Технико-экономические показатели в ценах 1945 г.

Наименование показателей	Объем	Стоимость по смете				Расход рабочей силы, чел.-дни		Удельный вес стоимости, %
		Единицы, руб.	Всего, тыс. руб.			по смете	фактически	
			общая	в том числе рабочей силы	в том числе материала			
Земляные работы, дренаж, отвозка грунта и планирование	7 000 м ³	12	84,0	19,0	65,0	1 550	1 550	3,1
Бетон бассейна и каналов	1 550	187	275,0	65,0	210,0	8 500	4 500	9,8
Металлические леса из труб	295 т	25 800	760,0	—	760,0	—	—	27,0
Монтаж и демонтаж лесов	295	406	120,0	110,0	10,0	13 400	6 700	4,3
Настилы по лесам	1 600 м ²	10,50	55,5	40,0	15,5	5 350	2 550	2,0
Повторное использование	12 100	3,20						
Металлические щиты опалубки	43 т	1 741	75,0	—	75,0	—	—	2,6
Монтаж и демонтаж	11 750 м ²	23,5	280,0	270,0	10,0	36 000	7 000	10,0
Деревянные кружала	120 м ³	257,5	30,5	5,5	24,5	1 000	850	1,1
Подъемные механизмы	60 т	2 595	180,0	40,0	140,0	5 350	2 500	6,4
Монтаж и демонтаж	60	395						
Железобетонные башни	880 м ³	295	260,0	60,0	200,0	8 000	3 500	11,0
Бетонные фиксаторы	25 000 шт.	2,04	51,0	40,0	11,0	5 350	2 700	
Гидроизоляция и торкретирование	11 500 м ²	1,80	136,0	13,5	120,0	1 800	800	4,8
Настил и подмости для отделочных работ	11 500 м ²	3,2	37,0	25,0	12,0	3 350	1 350	1,3
Оросительное устройство	890 м ³	395,0	350,0	112,0	238,0	15 000	15 000	12,4
Прочие работы			118,0	40,0	80,0	5 350	5 350	4,2
Всего	—	—	2 812,0	841,0	1 971,0	110 000	54 350	100,0
Возвращенные суммы			890,0					

номических показателей, из которой видно, что стоимость металлических лесов, щитовой опалубки и подъемных устройств с монтажом и демонтажом их составляет более 50%.

Сметная стоимость 1 м³ железобетона получается необычной для наших строек. Исключив стоимость работ, не связанных с железобетоном, получим 2 млн. руб. за 2 430 м³, т. е. 820 руб. за 1 м³. Если же учесть, что стоимость всех металлических конструкций относится только к железобетону башни в объеме 880 м³, то стоимость 1 м³ железобетона этой конструкции составит 1 950 руб., а за вычетом суммы возврата — 945 руб.

Фактические условия производства, фактические затраты рабочей силы, механизмов и времени показывают, что вопросы организации строительства как в основном проекте, так и в проекте организации работ, были разработаны не наилучшим образом, а стоимость работ по смете завышена и, следовательно, имеются возможности улучшения организации производства, устранения излишеств в объемах работ и их стоимости и сокращения трудозатрат не только против сметных, но и против фактически достигнутых.

Снижение стоимости сооружения в целом и, в частности, железобетона башни градирни, должно быть получено в первую очередь за счет вспомогательных работ, составляющих более половины общих затрат на сооружение. Так, например, металлический шахтоподъемник весом 42 т и стоимостью 200 тыс. руб., предусмотренный только для подъема бетона, не был полностью закончен монтажом к концу бетонных работ и практически оказался неиспользованным.

Из приведенных в таблице физических объемов видно, что основными видами работ являются:

А. Металлические леса общим весом 295 т, состоящие из 44 000 м труб диаметром 48 мм и 24 000 шт. узловых соединений, трудозатраты на

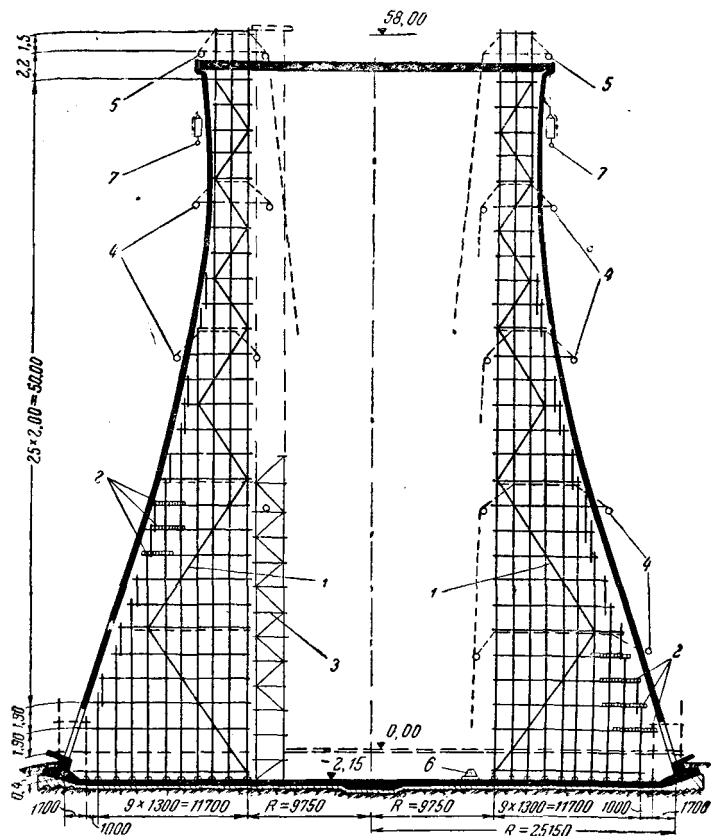


Рис. 3. Металлические леса с шахтоподъемником и схема работы подвесных люлек.

1—рабочие леса из труб диаметром 48 мм; 2—рабочие настилы по периметру; 3—шахтоподъемник 2,5×3,5×60; 4—промежуточные положения люлек; 5—конечное верхнее положение люлек; 6—лебедки для подъема люлек (36 шт.); 7—водопровод для поливки бетона.

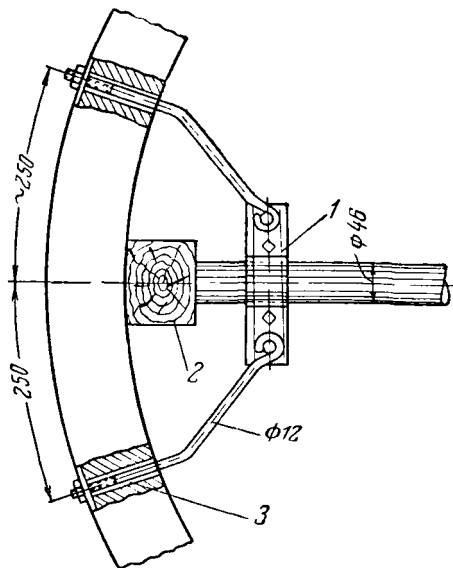


Рис. 4. Деталь крепления металлических лесов с бетоном башни градирни. 1 — хомут; 2 — деревянный брусок; 3 — бетонная бобышка с вложенной по ее длине газовой трубкой диаметром 16 мм.

устройство которых составляют 31% от затрат на сооружение в целом. Леса предназначены для размещения рабочих настилов по периметру сооружения в количестве 30 ярусов, крепления опалубки и размещения ходовых лестниц для передвижения рабочих.

Металлические леса, подвесные люльки, шахтоподъемники и вспомогательные устройства (рис. 3) являются временными сооружениями, служащими для производства основных бетонных работ.

Леса собирались по ходу бетонных работ в полном объеме и могли быть разобраны только по окончании всех бетонных и отделочных работ башни градирни.

Для обеспечения устойчивости металлических лесов проектом было предусмотрено крепление лесов с бетоном башни градирни в 72 точках по периметру, через каждые 9 м по высоте.

Фактическое крепление было дано в двух горизонтальных сечениях, примерно через 15 м по высоте. Деталь крепления металлических лесов с бетоном башни показана на рис. 4.

Б. Рабочие настилы общей площадью 1 600 м² выполнялись из досок 50 мм по периметру, шириной 3,5 м, в три яруса одновременно и по ходу работ повторно использовались 8 раз.

В. Металлическая щитовая опалубка общим весом 43 т, состоящая из 1 720 щитов, размером 0,5×0,1 м и весом 25 кг каждый, выполненных из листовой стали с обрамлением из уголкового стали 45×45 мм, рассчитана на три яруса одновременной установки с последующей переноской и использованием щитов примерно 15 раз.

Способ крепления металлической опалубки показан на рис. 5.

Г. Бетонные работы собственно башни градирни в объеме 880 м³ при высоте башни 55 м составляли в среднем на 1 пог. м — 16 м³ бетона (с колебанием от 50 м³ для нижнего пояса до 3 м³ для наименьшего пояса на отметке 48,00).

В принятой технологической последователь-

ности работы производились по схеме: 1 — установка и наращивание лесов и подъемных устройств; 2 — устройство и перенос рабочих настилов; 3 — разборка и перенос щитовой опалубки; 4 — установка опалубки внутренней стороны пояса; 5 — сборка арматуры и стержней грозозащиты; 6 — установка опалубки внешней стороны пояса; 7 — укладка бетона с вибрированием; 8 — периодическая перестановка подвесных люлек.

Укладка бетона по трудозатратам составляла около 7% от общих трудозатрат и требовала незначительного количества времени в общем цикле работ, но по качеству являлась работой, решающей и требующей особого внимания и технического надзора при ее производстве.

Основными техническими требованиями при укладке бетона являлись: 1) сохранение проектных геометрических форм бетонируемой части; 2) сохранение проектного положения арматуры и закладных частей в бетоне; 3) точное соблюдение дозировки материалов при приготовлении бетона; 4) соблюдение технических условий укладки и уплотнения бетона; 5) обеспечение ухода за уложенным бетоном.

Конфигурация сооружения, тонкостенность и снятие опалубки через 48 час. в летних условиях и жаркой погоде обуславливали сложность соблюдения влажностного режима для уложенного бетона.

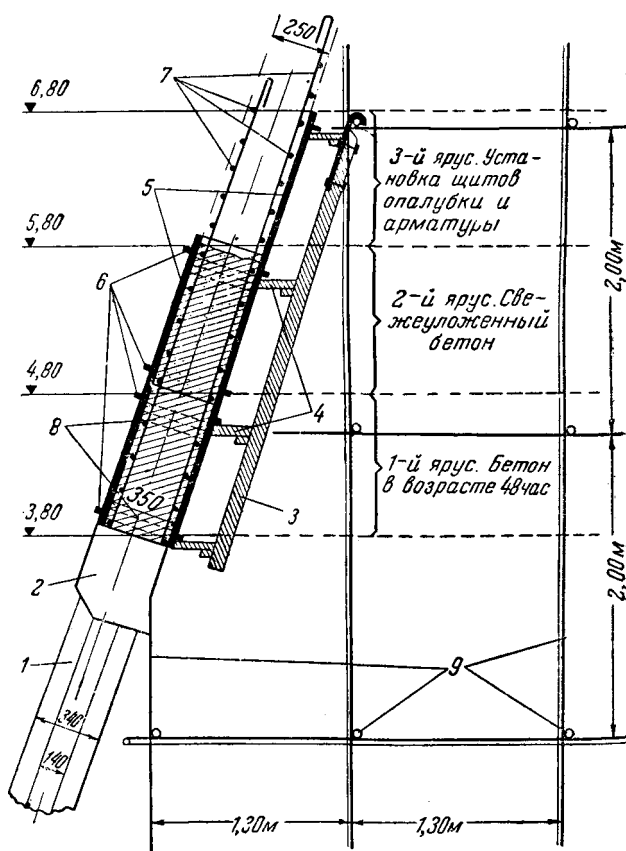


Рис. 5. Установка опалубки из металлических щитов в 3 яруса.

1 — восьмигранные железобетонные колонны; 2 — железобетонная обвязочная балка; 3 — подвесной брус 100×200 мм для крепления кольцевых кружал; 4 — кольцевые кружала из досок для крепления щитов опалубки; 5 — металлические щиты опалубки; 6 — ручки на металлических щитах опалубки; 7 — арматура из круглой стали; 8 — бетонные фиксаторы переменного размера со сквозными отверстиями для крепления внутренних щитов опалубки с наружными; 9 — металлические леса из труб диаметром 45 мм.

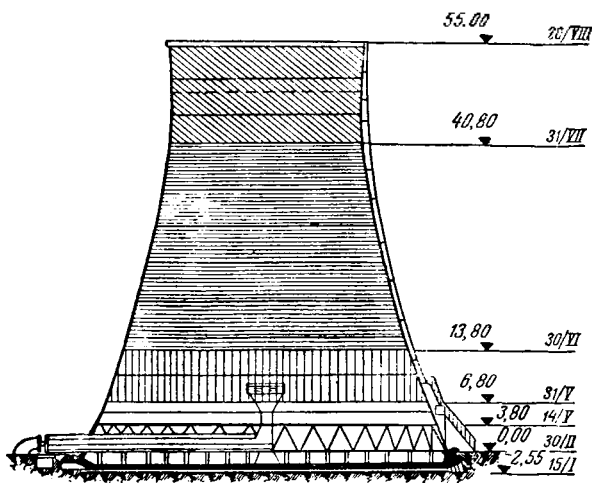


Рис. 6. Диаграмма-график фактического выполнения железобетонных работ.

Поливка бетона осуществлялась при помощи специально оборудованной спринклерной системы, размещенной на наружных подвесных люльках, по периметру сооружения с внешней стороны.

Директивный календарный график строительных работ по сооружению градирни был разработан из расчета выполнения работ в строительный сезон 1949 г., без производства бетонных работ в зимних условиях, т. е. с марта по октябрь — примерно за 8 мес.

Из зарубежного опыта известно, что градирня высотой 50 м строилась 32 недели — 224 календарных дня без учета земляных работ, объем которых зависит от местных условий и значительно колеблется.

В нашем случае бетонные работы были выполнены, как видно из диаграммы-графика на рис. 6, с 15 января по 20 августа, что составляет 217 дней.

Бетонные работы по наклонным колонкам и обвязочной балке башни с отметки 0,00 до отметки 3,80 производились 106 календарных дней, а выполнение бетона башни в металлической опалубке с отметкой 3,30—88 календарных дней.

Из диаграммы также видно, что работы протекали неравномерно. Слабые темпы работ

в мае обуславливались отсутствием арматурной стали; в июне — некомплектностью металлической опалубки; июль является рекордным. Некоторое замедление в августе объясняется рядом затруднений, связанных с высотой расположения верхнего кольца жесткости.

Работы производились круглосуточно. Количество рабочих колебалось от 80 до 150 чел.

Выводы

Опыт сооружения первой в СССР железобетонной гиперболической градирни дает возможность сделать следующие выводы:

1. Осуществление строительства железобетонной гиперболической градирни не требует никаких специальных условий и возможно в нормальных условиях строительных площадок электрических станций.

2. При своевременном и бесперебойном снабжении необходимыми материалами, механизмами и оборудованием такая градирня может быть построена за 150—170 дней.

3. Подготовка необходимых руководящих и рабочих кадров для выполнения работ легко осуществима в процессе производства работ, без потери дополнительного времени к принятому календарному графику.

4. Сметная стоимость сооружения, принятая для первой градирни, может быть значительно снижена и в первую очередь за счет:

а) снижения принятой стоимости специальных лесов и их монтажа и демонтажа;

б) снижения принятой стоимости монтажа и разборки металлической опалубки;

в) отказа от применения тяжелого металлического шахтоподъемника весом 42 т и стоимостью ~ 200 тыс. руб. с заменой его легким деревянным подъемником.

5. Необходимо организовать специализированную контору с постоянными кадрами и техническим оснащением для выполнения работ по строительству градирен, которая на основе накопления опыта обеспечит высокое качество и быстрые темпы строительства градирен.

6. Следует приступить к разработке типового проекта организации работ и инструкций для технического персонала и рабочих.



Опытная установка компаундирования с электромагнитным корректором напряжения на турбогенераторе 25 тыс. кВт

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

Институт электротехники Академии наук УССР для опытной эксплуатации в системе Киевэнерго разработал и изготовил устройство компаундирования с электромагнитными корректорами напряжения на турбогенераторе Т2-25-2 завода «Электросила» им. С. М. Кирова.

В мае 1949 г. были проведены совместно с заводом «Электросила» и Киевэнерго промышленные испытания установки¹.

Корректор был первоначально включен на общую шунтовую обмотку возбуждения (параллельно с самовозбуждением и компаундированием). Позже на возбуждатель были установлены катушки возбуждения, с дополнительной обмоткой для корректора (изготовленные заводом «Электросила» им. С. М. Кирова).

¹ В монтаже, наладке и испытаниях принимали участие инженеры тэз С. И. Фигурский и О. К. Станкова.

Объем меди дополнительной обмотки составляет около 20% от объема меди основной обмотки. Включение корректора на дополнительную обмотку значительно уменьшило необходимую мощность для питания корректора, увеличило устойчивость регулирования, упростило схему и облегчило обслуживание.

Ниже приводится краткое описание и излагаются результаты испытаний этой первой промышленной установки на турбогенераторе подобной мощности.

Краткое описание установки

Принцип работы электромагнитного корректора напряжения был описан ранее². Поэтому

² В. Л. Иносов, Л. В. Цукерник, «Электричество», № 9, 1949 г.

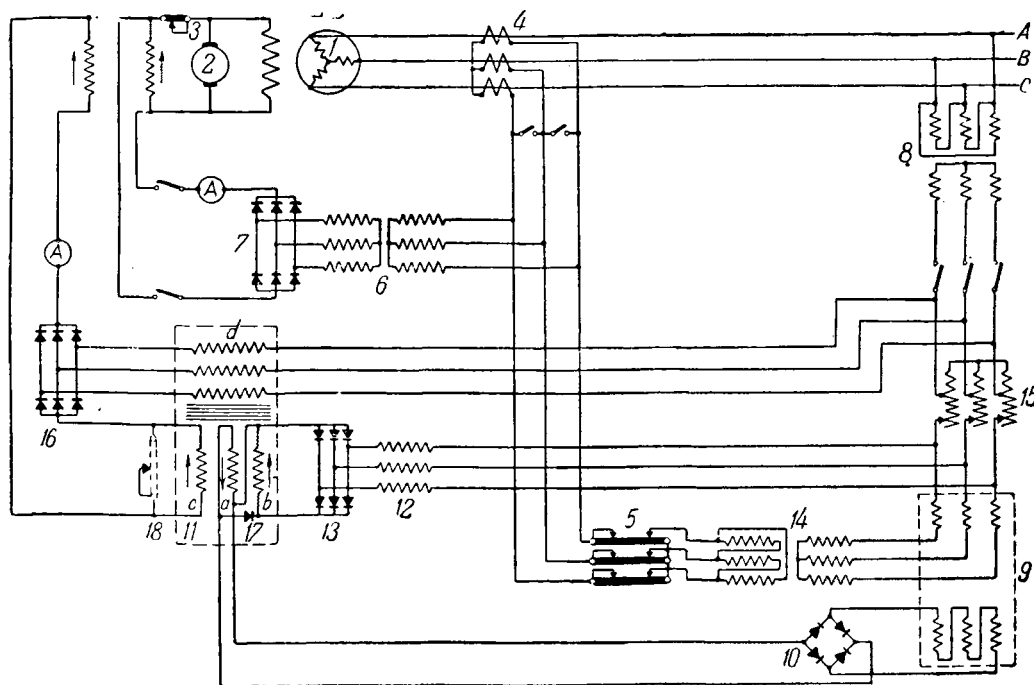


Рис. 1. Схема компаундирования с электромагнитным корректором напряжения (согласованное включение на дополнительную обмотку возбуждения).

здесь приводится только схема установки (рис. 1) с краткой характеристикой аппаратуры. Для питания корректора и компаундирования были использованы нормальные измерительные трансформаторы генератора 1; три трансформатора тока 4 типа ТПШФ-10- $\frac{2000}{5}$ класса 0,5 и три трансформатора напряжения 8 типа НОМИ-10, соединенные с низкой стороны в звезду.

Сопrotивление установочного реостата компаундирования 5 — 36 ом в фазе. Выпрямительный трансформатор компаундирования 6 мощностью 200 ва в фазе имеет коэффициент трансформации 0,63. Нелинейный 9 и линейный 12 элементы измерительного органа корректора присоединяются к трансформатору напряжения 8 через установочный автотрансформатор 15, которым регулируется величина напряжения генератора, поддерживаемая корректором.

Общее потребление мощности измерительным органом корректора составляет 200 ва на фазу. Селеновые выпрямители линейного 13 и нелинейного 10 элементов выполнены из пластин диаметром 100 мм по две пластины в плече, а силовой выпрямитель корректора 16 из четырех последовательно включенных пластин в плече. Силовой выпрямитель компаундирования 7 выполнен также из пластин диаметром 100 мм. Блокирующий выпрямитель 17 состоит из двух пластин. Магнитный усилитель корректора 11 состоит из трех однофазных магнитных усилителей, выполненных на кольцевых сердечниках.

Вес одной фазы магнитного усилителя 16,7 кг, длительно допустимый ток — 4,2 а.

Регулировка статизма осуществляется введением в цепь нелинейного элемента измерительного органа напряжения, зависящего от тока нагрузки генератора, для чего первичная обмотка нелинейного трансформатора 9 соединена с установочным реостатом компаундирования 5 через разделительный трансформатор 14 мощностью около 25 ва (компаундирование корректора).

Все элементы цепи компаундирования и корректора (кроме установочного автотрансформатора напряжения, который расположен в пульте генератора) смонтированы позади панели щита управления турбогенератора.

Корректор напряжения был спроектирован на основании предварительного расчета предельных режимов работы генератора, данные которого приведены в таблице (при $V_g = 10,5$ кв).

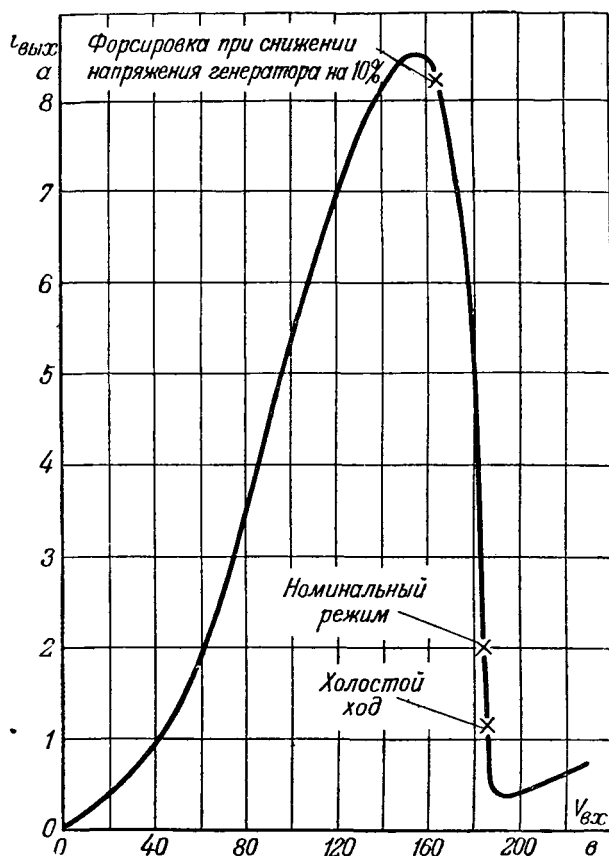


Рис. 2. Кривая изменения тока выхода корректора в зависимости от приложенного напряжения.

То обстоятельство, что корректор включен на дополнительную обмотку возбуждения, а не на основную, резко уменьшило максимальную нагрузку на трансформаторы напряжения, что видно из сопоставления расчетных режимов для обоих случаев включения корректора (см. таблицу).

Необходимая мощность корректора снизилась примерно в 3 раза. Включение корректора на отдельную обмотку позволило отказаться от выходного трансформатора магнитного усилителя, что снизило потери в схеме и повысило ее надежность. Кроме того, при отдельной обмотке устранен выключатель корректора на стороне выпрямленного тока, ошибочное отключение которого при включенном выключателе переменного тока могло бы привести к выходу из строя силового селенового выпрямителя корректора.

Режим работы генератора	$I_g, а$	Включение корректора на общую обмотку					Включение корректора на дополнительную обмотку				
		$I_{кор}, а$	$I_k, а$	$I_{ш}, а$	$U_{в.в}, в$	$P_{т.н}, ва$	$I_{кор}, а$	$I_k, а$	$I_{ш}, а$	$U_{кор}, в$	$P_{т.н}, ва$
Холостой ход	2,4	0,3	0	2,1	33,6	69	1,2	0	2,0	9,0	92
25 тыс. квт $\cos \varphi = 0,9$. .	6,25	0,3	1,9	4,05	87,5	69	1,04	2,26	3,65	7,8	80
25 тыс. квт $\cos \varphi = 0,8$. .	7,35	0,81	2,09	4,45	103	187	2,0	2,57	4,12	15	154
18,8 тыс. квт $\cos \varphi = 0,6$. .	8,15	3,0	0,495	4,65	114	690	3,54	2,41	4,58	26,6	272

Примечание: I_g — приведенный полный ток в системе возбуждения возбудителя; $I_{кор}$ — ток подпитки от корректора; I_k — ток компаундирования; $I_{ш}$ — ток через шунтовой реостат; $U_{в.в}$ — напряжение на обмотке, возбуждения возбудителя; $U_{кор}$ — напряжение на обмотке питаемой корректором; $P_{т.н}$ — нагрузка на одну фазу трансформатора напряжения от силовой цепи корректора.

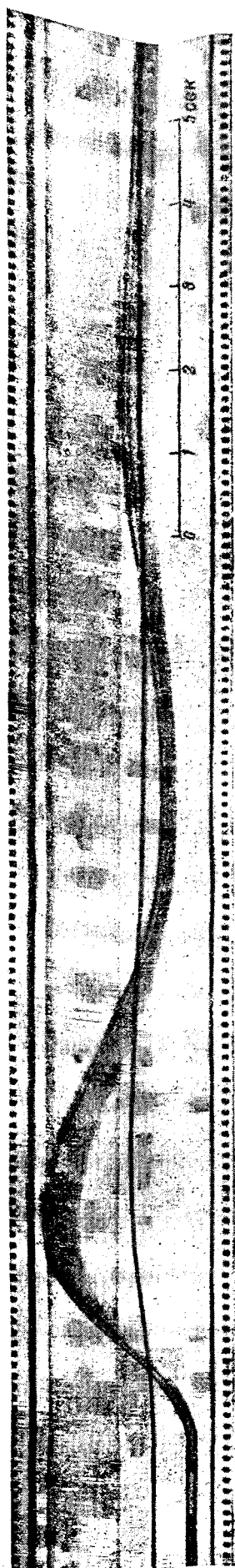


Рис. 3. Осциллограмма переходного процесса при набросе реактивной нагрузки 9 тыс. кВА.
1—напряжение на генераторе; 2—напряжение на возбудителе; 3—ток корректора.

Перед монтажом корректор был испытан в лаборатории в условиях, соответствующих расчетным режимам. Испытания показали хорошее совпадение расчетных и опытных данных. Ток корректора соответствовал данным расчета режимов при заданных статизмах. Кривая изменения тока выхода корректора, в зависимости от приложенного напряжения, при включении на сопротивление 7 Ом, равное сопротивлению дополнительной обмотки возбуждения возбудителя 2, представлена на рис. 2.

Как видно из таблицы, при холостом ходе генератора и при режиме номинальной нагрузки с $\cos \varphi = 1$ ток корректора имеет минимальное рабочее значение, равное, примерно, двухкратному наименьшему току корректора по характеристике на рис. 2. Это обеспечивает достаточно надежное автоматическое регулирование напряжения и возможность изменения уставки корректора в этих режимах.

Максимальный рабочий ток корректора определяется режимом номинальной нагрузки (по току статора) с наиболее низким коэффициентом мощности. Этим определяется также максимальная длительная нагрузка трансформаторов напряжения, которая, по каталожным данным, может составлять для трансформатора НОМИ-10 640 ва на фазу. Максимальный кратковременный (до 10 сек.) ток корректора (по рис. 2) достигается в режимах форсировки при снижениях напряжения генератора на 10%.

При сопоставлении данных таблицы следует иметь в виду, что при включении корректора на общую обмотку имелся повысительный трансформатор после магнитного усилителя, что увеличивало ток и уменьшало напряжение на его выходе по сравнению с величинами, указанными в таблице. При включении корректора на дополнительную обмотку суммирование токов $i_{\omega} + i_{\kappa} + i_{кор} = i_{\omega}$ следует производить с учетом различия числа витков дополнительной и шунтовой обмоток возбуждения возбудителя.

Расчетные режимы корректора хорошо совпали с фактическими, измеренными при испытаниях на работающем генераторе.

Промышленные испытания

Для предотвращения возможных колебаний напряжения в том случае, если бы работа корректора оказалась неустойчивой, обмотка обратной связи была зашунтирована реостатом 18 (на рис. 1 показан пунктиром). Корректор был включен на генератор, работающий вхолостую и изолированно от сети.

Обратная связь вводилась в работу постепенно путем увеличения сопротивления, шунтирующего обратную связь. Отключением корректора на время около 1 сек. и последующим включением вызывалось нарушение режима и определялся характер колебаний следовавшего за этим переходного процесса.

Так было установлено, что при расчетной величине обратной связи регулирование при включении корректора на дополнительную обмотку устойчиво. Переходный процесс затухал через два-три колебания (в режиме холостого хода генератора).

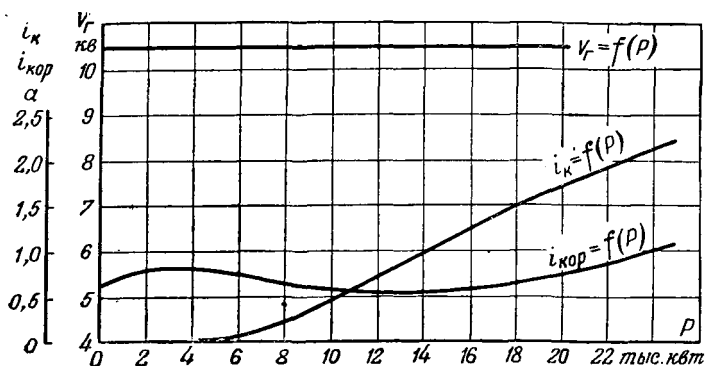


Рис. 4. Изменение напряжения генератора и токов компаундирования и корректора в зависимости от нагрузки.

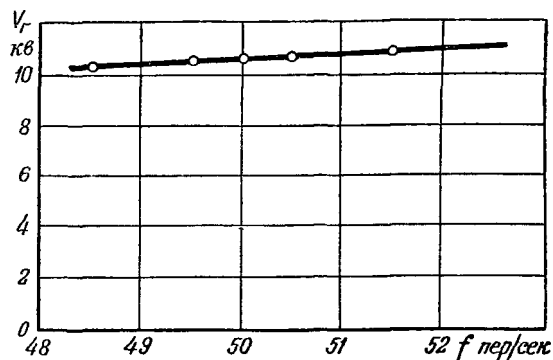


Рис. 5. Кривая зависимости напряжения, поддерживаемого корректором, от частоты.

После того как устойчивость регулирования на холостом ходу была проверена, генератор был включен на нагрузку и снова был тем же методом проверен характер процесса регулирования.

Испытания показали, что регулирование под нагрузкой более устойчиво (в переходном процессе наблюдалось одно-полтора колебания) во всем диапазоне нагрузок на генераторе от холостого хода (при параллельной работе с системой) до номинальной нагрузки, при токе корректора, лежащем в расчетных пределах.

Для определения динамики регулирования при возмущениях, вызванных резким изменением нагрузки генератора, был произведен наброс на генератор реактивной нагрузки, сначала 5 тыс. *кв*а, а затем 9 тыс. *кв*а. Наброс был осуществлен отключением параллельно работающего генератора, который нес соответствующую реактивную нагрузку и активную нагрузку 0,6 тыс. *квт*.

Осциллограмма переходного процесса при набросе реактивной нагрузки 9 тыс. *кв*а дана на рис. 3.

Напряжение генератора кратковременно упало с 10,6 до 10 *кв* и затем поднялось до начального.

Ток выхода корректора кратковременно возрос до 7,0 *а*.

Переходный режим колебательный, сильно затухающий, по осциллограмме можно отметить три полупериода колебаний с периодом порядка 8 сек.

Напряжению восстановилось через 3 сек.

Определение естественного статизма корректора. Для определения естественного статизма, который корректор имеет без дополнительной регулировки статизма (без компаундирования корректора), была произведена разгрузка генератора с 25 тыс. *квт* до нуля, при среднем $\cos \varphi = 0,85$. В этом случае напряжение генератора изменилось с 10,6 *кв* при нагрузке до 10,7 *кв* при холостом ходе.

На рис. 4 указано изменение напряжения генератора, а также токов компаундирования и корректора в зависимости от нагрузки при этом испытании. Введением компаундирования коррек-

тора статизм был увеличен до величины около 5%.

Определение пределов регулирования напряжения. Изменением положения установочного автотрансформатора напряжения генератора можно было изменять ступенями, через один процент от 9,5 до 11,1 *кв*.

Зависимость напряжения, поддерживаемого корректором, от частоты. Для определения зависимости напряжения, поддерживаемого корректором, от частоты число оборотов генератора, работающего вхолостую и изолированно от сети, изменялось в пределах 45,5 — 51 пер/сек.

При этом положение шунтового реостата 3 (рис. 1) и уставка корректора не изменялись. Зависимость напряжения от частоты приведена на рис. 5. Как видно из кривой, 1% изменения частоты соответствует 1% изменения напряжения, что совпадает с теоретическим анализом и является вполне благоприятным.

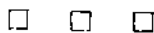
Выводы

1. Все испытания протекали нормально, ввод и вывод из работы корректора происходил плавно, без толчков, посредством весьма простых операций.

2. Произведенные испытания в промышленных условиях на мощном турбогенераторе³ показали, что электромагнитный корректор напряжения, являясь высококачественным регулятором, имеет преимущества надежности и простоты эксплуатации при отсутствии движущихся частей и электронных приборов.

Благодаря хорошим эксплуатационным характеристикам электромагнитный корректор должен найти широкое применение на электростанциях Советского Союза.

³ Более подробное описание установки и проведенных испытаний см. В. Л. Иносов, В. Е. Крутиков и Л. В. Цукерник, Сборник трудов Института электротехники Академии наук УССР, № 5, 1949 г.



Испытания различных типов регуляторов возбуждения

Инж. Ю. А. Шмайн

Появление совершенных автоматических регуляторов возбуждения в значительной мере повысило надежность работы энергосистем, увеличив запас устойчивости генераторов.

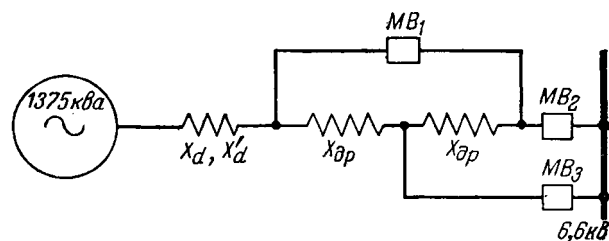
В настоящее время в энергосистемах Советского Союза установлено большое число автоматических регуляторов напряжения (АРН) различных типов. Делались попытки испытания некоторых типов регуляторов в зоне искусственной устойчивости. Однако, до сих пор не проводились сравнительные испытания всех основных типов таких регуляторов в зоне искусственной устойчивости на одной машине.

Постановка таких испытаний представляет большой интерес, так как позволяет оценить запас устойчивости генераторов, снабженных различными типами АРН. В связи с этим, по заданию Технического отдела МЭС, ЦНИЭЛ были проведены на турбогенераторе 1375 кВА сравнительные испытания следующих типов регуляторов: электронный регулятор напряжения ВЭИ (ЭРН), регулятор СН-91 ХЭМЗ, компаундирование и вибрационный регулятор Метрополитен-Виккерс типа ВС-4.

Для производства испытаний была собрана схема (см. рисунок), в которой между генератором и мощными шинами 6,6 кВ были включены два дросселя.

Реактивное сопротивление фазы дросселя было $x_{др} = 50 \text{ ом}$, или в относительных единицах $X_{др} = 1,6$ (за базисную мощность здесь и ниже принимается номинальная мощность генератора). Синхронное реактивное сопротивление генератора в относительных единицах $X_d = 1,15$.

Схема предусматривала возможность работы через один дроссель и через два дросселя параллельно. Выключателем МВ₁ можно было включать и отключать параллельный дроссель, ими-



Принципиальная схема испытаний регулятора напряжения на генераторе с характеристикой: $U_n = 6,6 \text{ кВ}$; $I_n = 120 \text{ а}$; $X_d = 1,15$; $X'_d = 0,24$; $X_{др} = 1,6$; $T_{d0} = 3 \text{ сек}$.

тируя соответственно включение и отключение параллельной линии.

Сопротивление дросселя ($x_{др} = 50 \text{ ом}$) было выбрано, исходя из того, чтобы при работе турбогенератора через один дроссель можно было бы получить большие углы θ^* (порядка 130°) при номинальном напряжении генератора и токе статора, не превышающем номинальный.

Для измерения угла θ , на вал турбогенератора была посажена измерительная машина, представляющая собой ненагруженный трехфазный синхронный генератор, фаза напряжения которого точно повторяет фазу э. д. с. генератора E_d (за вычетом начального сдвига фаз, обусловленного тем, что ось ротора измерительной машины не совпадает с осью ротора генератора). Для компенсации начального сдвига фазы измерительной машины был использован фазорегулятор. Напряжение измерительной машины и напряжение мощных шин подавалось на специальную схему, на выходе которой измерялся постоянный ток, пропорциональный углу θ .

В программу входило: испытание статической устойчивости и испытание динамической устойчивости включением и отключением параллельного дросселя.

Предварительные расчеты показали, что вследствие того, что в нормальном режиме работы испытуемого генератора возбудитель работает в прямолинейной части внешней характеристики, добавка тока от электронного регулятора напряжения, а также и от компаундирования составляла всего $0,05 \div 0,15 \text{ а}$ при положении шунтового реостата, обеспечивающем $0,6 - 0,8 U_{x.x}$ генератора.

Такой режим является ненормальным как для компаундирования, так и для ЭРН. В связи с этим в цепь ротора генератора было включено добавочное активное сопротивление ($R_{доб}$) и тем самым нормальный режим возбудителя был переведен на криволинейную часть его внешней характеристики. Испытания подтвердили необходимость включения добавочного сопротивления, так как при отсутствии последнего наблюдались недопустимые качания напряжения уже при угле θ порядка 35° .

Необходимо отметить, что проведение опытов сильно усложнялось тем, что регулятор турбины

* θ — угол между напряжением мощных шин и э. д. с. генератора холостого хода.

был не совсем исправен: даже при постоянстве параметров пара активная мощность колебалась, причем амплитуда колебаний доходила иногда до 50–60 квт. Вследствие этого для всех типов регуляторов применялась следующая методика испытаний:

1) при номинальном напряжении на выводах генератора, воздействием на серводвигатель турбины машина нагружалась активной мощностью до выпадения из синхронизма;

2) фиксировался предельный угол и мощность при еще устойчивой работе турбогенератора;

3) машина снова нагружалась до мощности на 40–50 квт меньше предельной;

4) установочным реостатом регулятора понижалось напряжение генератора при постоянстве мощности турбины, что приводило к увеличению угла.

Испытания электронного регулятора напряжения

С. А. Лебедевым¹ было показано, что для получения больших углов θ на генераторе, снабженном электронным регулятором напряжения, последний должен иметь достаточно большую величину статизма (S).

Для получения возможности плавного изменения статизма в процессе испытания в диагональ измерительного моста ЭРН был включен реостат сопротивлением 20 тыс. ом (R_7).

Пользуясь полученной предварительно зависимостью величины статизма от величины R_7 , можно было получить нужный статизм в пределах от 1,5 до 8%. Величина статизма 8%, соответствующая $R_7 = 3$ тыс. ом, является предельной, так как при $R_7 < 3$ тыс. ом напряжение выхода измерительного элемента ЭРН недостаточно для запираания тиратронов.

Опыты с ЭРН начались при обратной связи 3 мкф. Машина работала через один дроссель. Первоначальный статизм регулятора был установлен 1,5%.

По мере увеличения нагрузки начались качания (при угле θ порядка 70°). Для устранения качаний плавно выводилось сопротивление R_7 до почти полного исчезновения качаний. При угле $\theta = 90^\circ$ качания устранить изменением величины R_7 не удалось, и машина выпала из синхронизма. Увеличение обратной связи до 5 мкф не дало никакого улучшения работы регулятора. Наилучшие результаты были получены при обратной связи 12,5 мкф, при этом был получен угол $\theta = 98^\circ$ при статизме 5%. Дальнейшее увеличение статизма (до 7%) сколько-нибудь заметного эффекта не давало. При угле 98° генератор нес нагрузку 780 квт, работал с небольшими качаниями, причем угол доходил до 100–102°.

Дальнейшее увеличение обратной связи до 20 мкф привело к отрицательному эффекту: при нагрузке около 700 квт начинались сильные качания и машина выпадала из синхронизма. Поэтому угол $\theta = 98^\circ$, полученный с обратной связью 12,5 мкф, можно считать, по видимому, наибольшим для данных условий испытаний.

¹ С. А. Лебедев, Устойчивость электрических систем и динамические перенапряжения, Госэнергоиздат, 1940 г.

Динамические переходы с ЭРН производились включением и отключением параллельного дросселя. Режим до включения параллельного дросселя выбирался заведомо статически устойчивым ($\theta \approx 70^\circ$). После включения дросселя начинались сильные качания генератора, в которых угол доходил до значений 23–65° при установившемся значении 48°. Успокоение наступало через 8–12 сек.

Отключение параллельного дросселя также сопровождалось сильными затухающими колебаниями и машина удерживалась в синхронизме.

Испытания системы компаундирования

Для испытаний была принята обычная параллельная схема токового компаундирования в однофазном исполнении. Коэффициент трансформации промежуточного трансформатора $N_{sm} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ (где ω_2 — число витков со стороны выпрямителей) был выбран равным 4. Кроме того, были сделаны отпайки, позволяющие менять N_{sm} до 3,4. Для выпрямителя были использованы селеновые шайбы $d = 110$ мм, собранные по схеме двухполупериодного выпрямления.

При нагрузке, соответствующей углу 60–70° начинались значительные качания, которые, однако, исчезали при дальнейшем увеличении нагрузки. При угле $\theta > 85^\circ$ компаундирование работало наиболее спокойно. Снижением напряжения генератора до 6 кв удалось добиться устойчивой работы при угле $\theta = 94^\circ$. Так как большой угол при $N_{sm} = 4$ получить не удалось, была сделана попытка получить большие углы увеличением коэффициента усиления (уменьшением N_{sm}). При $N_{sm} = 3,4$ генератор работал спокойно до угла примерно 90°, затем начались качания. Снижением напряжения удалось получить среднюю точку качаний порядка 102° при крайних точках качаний 94–112°. Добиться спокойной работы при углах, больших 95°, и $N_{sm} = 3,4$ не удалось.

При динамических переходах первоначальный режим был выбран таким, чтобы компаундирование работало наиболее устойчиво при обратном переходе (отключение параллельного дросселя). Такой режим был при $\theta \approx 85^\circ$. После включения параллельного дросселя начинались сильные качания, которые затухали примерно через 12 сек. После отключения параллельного дросселя генератор почти без всяких качаний устанавливался с углом $\theta \approx 86^\circ$.

Испытания регулятора СН-91 ХЭМЗ

Для возможности регулирования „коэффициента усиления“ регулятора СН-91 параллельно якорю двигателя плоского контроллера был включен реостат. При выведении реостата скорость двигателя уменьшалась и, следовательно, уменьшался „коэффициент усиления“. Возникающие в процессе испытания качания устранялись уменьшением „коэффициента усиления“.

Режим генератора при максимальных углах для различных регуляторов напряжения

Тип регулятора напряжения	Максимальный угол устойчивой работы	Нагрузка генератора, квт	Напряжение генератора, кв	Примечание
Электронный	98°	780	6,5	Обратная связь 12,5 мкф, статизм 5%
Компаундирование	94° 102°	720 Показания приборов не записаны из-за сильных качаний	6,1	$N_{ам} = 4$ $N_{ст} = 3,4$ Сильные качания, угол доходил до 112°
СН-91	89°	630	5,6	Без быстродействующей части
Метрополитен-Виккерс	65—70°	Показания приборов не записаны из-за сильных качаний		Статизм 3%; демпфирование минимальное

При угле $\theta = 75^\circ$ увеличение времени пробега траверсы плоского контроллера до 45 сек. (дальнейшее увеличение было невозможно из-за уменьшения момента двигателя: начались заедания) не приводило к успокоению машины, так как непрерывно работало быстродействующее возбуждение и развозбуждение. Поэтому пришлось отключить быстродействующую часть регулятора, после чего качания прекратились. Установочным реостатом регулятора напряжение генератора было понижено до 5,6 кв, при этом угол θ был 89°. При попытках еще повысить напряжение или увеличить нагрузку машина выпадала из синхронизма. Необходимо отметить, что при ручном регулировании машина выпадала из синхронизма при $\theta \approx 85^\circ$.

Динамические переходы делались при исходном угле $\theta \approx 70^\circ$. После включения второго дросселя начинались сильные незатухающие качания при непрерывной работе быстродействующей части регулятора. При обратном переходе машина выпадала из синхронизма.

Испытания регулятора типа ВС-4

При первых опытах регулятор типа ВС-4 был включен так, что его рабочие контакты шунтировали шунтовой реостат. При этом максимальный угол более или менее устойчивой работы был 65°. Спокойнее всего регулятор работал при статизме, примерно 3% и наименьшем демпфировании, однако и при этом генератор работал с значительными качаниями. Например, при угле $\theta = 60^\circ$ размах колебаний напряжения достигал 6%.

Для уменьшения колебаний необходимо было уменьшить «коэффициент усиления» регулятора, для чего последовательно с шунтовым реостатом было включено добавочное сопротивление и рабочие контакты регулятора были переключены с шунтового реостата на это сопротивление. Регулятор начал работать значительно устойчивее

при углах до 50°. Однако, при углах более 50° при качаниях регулирующей способности регулятора уже не хватало для удержания машины в синхронизме. При увеличении же сопротивления, на которое включен регулятор (и соответственно уменьшении сопротивления шунтового реостата) опять начинались раскачивания. В связи с тем, что испытания статической устойчивости дали неудовлетворительный результат, динамические переходы не производились.

Выводы

Сравнительные испытания регуляторов напряжения при работе генератора через длинную линию в зоне искусственной устойчивости показали, что эти регуляторы без зоны нечувствительности (ЭРН, компаундирование) имеют неоспоримые преимущества с точки зрения повышения устойчивости перед механическими регуляторами (см. таблицу).

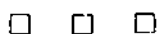
Наибольшие углы были получены с системой компаундирования, которая и при внезапных изменениях режима вела себя лучше, чем другие регуляторы. Кроме того, необходимо учесть, что наибольший угол с ЭРН был получен при обратной связи 12,5 мкф, при которой ЭРН уже нельзя считать быстродействующим регулятором (уже введение обратной связи 5 мкф в 4 ÷ 5 раз снижает скорость регулирования ЭРН).

Следует отметить, что полученные отрицательные результаты в отношении электромеханических регуляторов относятся только к условиям работы генераторов через длинные линии и не могут служить основанием для отказа от их применения в энергосистемах, имеющих жесткие связи.

Проведенные испытания показали, что ни один из испытанных регуляторов не может работать с углом, соответствующим постоянству E' , однако компаундирование и ЭРН допускают устойчивую работу вблизи этого угла.

ОТ РЕДАКЦИИ

Редакция считает, что испытания различных типов регуляторов возбуждения должны быть продолжены. При этом необходимо выполнить анализ работы регуляторов различных типов и провести сравнительные испытания их при работе генератора в обычных условиях энергосистем с жесткими связями на агрегате, имеющем хорошее регулирование первичного двигателя.



Одинокaя система шин на электрических станциях и подстанциях

Канд. техн. наук М. И. Славнин

ОТ РЕДАКЦИИ

Выбор схемы электрических соединений для электрических станций представляет в настоящее время большой практический интерес.

Помещая в порядке обсуждения статью канд. техн. наук М. И. Славнина на эту тему, редакция обращается к читателям журнала с просьбой высказаться по существу затронутых в ней вопросов.

На электрических станциях с распределением значительной мощности на генераторном напряжении и на центральных понизительных подстанциях 35—110 кВ на стороне 6—10 кВ почти исключительно применялись и применяются две системы сборных шин. Рабочие шины секционируются, причем число секций, как правило, соответствует числу генераторов на станции или трансформаторов на подстанции. Резервные шины не секционируются.

Такое решение вызывается следующими соображениями: 1) возможностью ремонта и чистки шин без перерыва питания потребителей; 2) возможностью замены любого линейного выключателя шиносоединительным, что сокращает время простоя линии до величины, обуславливаемой выемкой аварийного выключателя из ячейки и устройством перемычки; 3) при авариях на рабочих шинах питание всех потребителей данной секции прекращается на время, определяемое лишь длительностью перевода всех цепей на резервную систему шин и подключения генератора.

В этих доводах отсутствует учет резервирования, имеющегося в самой сети. Вопрос рассматривается так, как если бы имели место радиальные линии без всякого резерва в сети. Поскольку в наших промышленных сетях, действительно, длительное время имели место недостаточные сетевые резервы, этим и можно объяснить почти исключительное применение двух систем шин.

Далее, общеизвестно, что авария на шинах сопровождается столь серьезными нарушениями нормальной работы станции, что восстановление питания потребителей, подключенных к аварийной секции, далеко не определяется сравнительно кратковременным переводом цепей на резервную систему шин. Простои, связанные с аварией на шинах, могут в отдельных случаях быть довольно продолжительными, поэтому необходимые мероприятия по повышению надежности электроснабжения представляется более правильным вести не столько по линии дублирования шин, сколько по пути применения наиболее надежных конструкций, в частности, комплектных распределительных

устройств, большего секционирования и использования сетевых резервов.

Комплектные устройства с одной системой шин характеризуются, как известно, следующими особенностями:

1. Высокая надежность, обуславливаемая серийным изготовлением их в заводских условиях при высоком качестве монтажа.

2. Возможность длительной работы (при условии герметичности шкафов-ячеек), без необходимости периодических чисток, текущих ремонтов и т. п. Сроки профилактических осмотров таких устройств пока не установлены правилами эксплуатации, но можно предполагать, что отключения для осмотров потребуются не чаще одного раза в 2—3 года.

3. Безопасность обслуживания для персонала вследствие того, что все оборудование заключено в закрытом шкафу и имеется ряд простых и надежных механических блокировок, исключающих ошибочные действия.

4. Возможность скоростного монтажа на строительстве.

5. Меньшие габариты по сравнению с обычными распределительными устройствами, позволяющие сократить примерно на 30% объем строительных работ.

Комплектные распределительные устройства с двумя системами сборных шин и вилкой из двух разъединителей или с переключающим разъединителем не находят применения, во-первых, вследствие того, что вторая система шин вообще мало оправдана, а, кроме того, часть положительных качеств устройств такой схемы отпадает.

Несмотря на крайне малую повреждаемость шин, аварии на них все же имеют место, причем большую повреждаемость имеет двойная система шин, выполняемая с вилкой из разъединителей, при одном выключателе на цепь.

Число повреждений на 100 аппаратов в год составляет: для разъединителей (трехфазные комплекты)—0,01 и для выключателей до 10 кВ—0,5.

Повреждения разъединителей при неправильных действиях с ними при двух системах шин происходят значительно чаще, чем при одной системе шин.

Вследствие указанных обстоятельств две системы шин потенциально менее надежны, чем одна система, в зависимости от числа цепей.

В последнее время все чаще высказываются мнения, что две системы шин на станциях и подстанциях в обычном их выполнении не могут рассматриваться как весьма надежное и целесообразное решение. В установках собственных нужд станций проектная практика давно уже избрала одну секционированную систему шин как более надежную в отношении осуществления необходимого резервирования и с точки зрения эксплуатационных переключений, ремонтов и т. п.

Необходимо рассмотреть в связи с этим следующие три вопроса:

1. Встречают ли схемы с двумя системами шин на генераторном напряжении в современных электрических станциях или подстанциях какие-либо неудобства в эксплуатации и дают ли они какие-либо серьезные преимущества в смысле повышения надежности электроснабжения потребителей?

2. Можно ли при схемах с одной системой шин выполнить равнонадежные или более совершенные системы электроснабжения потребителей?

3. Что может дать переход на одну систему шин на станциях и подстанциях в отношении строительства, монтажа и эксплуатации электрических распределительных устройств?

По первому пункту наиболее обстоятельный ответ могут дать работники эксплуатации. Выше уже было упомянуто, что почти повсеместное применение двух систем шин объясняется до некоторой степени отсутствием критического подхода при решении этого вопроса.

Несомненно лишь, что перемены цепей с одной системы шин на другую представляют одну из весьма ответственных операций, несмотря на наличие в некоторых установках блокирующих устройств против ошибочных действий.

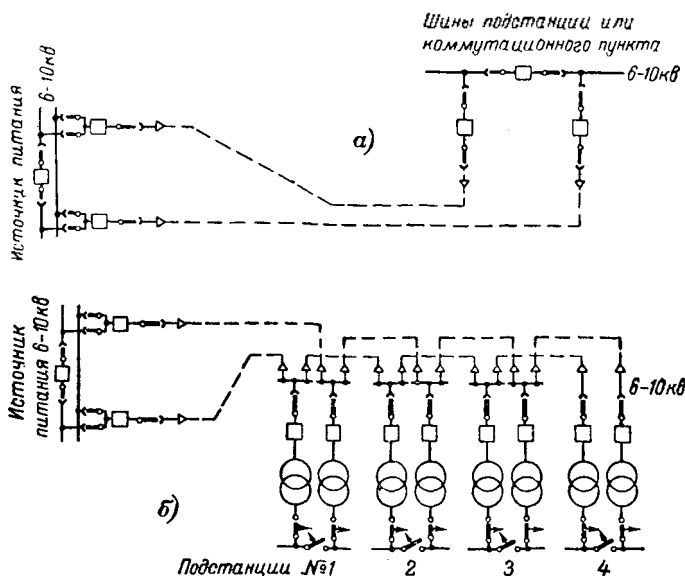


Рис. 1. Выполнение сети при двух секциях на станции. а — парные тупиковые линии; б — сквозные двойные магистрали.

Если бы оказалось возможным осуществить равноценные по надежности системы при одиночных сборных шинах, то самый факт отсутствия указанных выше переключений дал бы дополнительные гарантии повышения надежности всей системы.

По второму пункту можно сказать следующее.

В настоящее время никто не возражает против того положения, что схема сети 6—10 кВ и схема станции или центральной подстанции должны решаться совместно. При этом число секций питания является важным фактором выбора рациональной схемы сети.

Предположим, что на станции имеются два генератора и две секции главных шин 6—10 кВ. Потребители по требуемой степени надежности электроснабжения разделяются на три категории. Длительность допускаемых перерывов для них определяется технологией производства. Ориентировочно можно считать¹:

I—продолжительность перерыва должна быть минимальной, из расчета немедленного ручного или автоматического переключения на резервное питание;

II—продолжительность перерыва допускается по условиям недовыработки продукции в пределах от 30 мин. до 1 часа;

III—длительность перерыва свыше 1 часа.

Величина резерва в сети и цеховых трансформаторах обуславливается величиной нагрузок I и II категорий. Если, например, нагрузки этих категорий составляют вместо 50% от общей мощности, то резервное питание должно быть предусмотрено в этом размере.

Итак, при двух секциях на станции сеть может быть выполнена по одному из следующих вариантов (рис. 1): парные линии (а) или двойные сквозные магистрали (б). В этих схемах линии и трансформаторы выбираются или с 100%-ным, или с 50%-ным резервом; возможны и другие величины резервирования, средние между указанными.

Такие схемы сетей вполне соответствуют двум системам шин на станции, обеспечивая питание потребителя при повреждениях во всех основных звеньях: на секции главных шин станции, в линии, в цеховом трансформаторе.

Поставим теперь вопрос, в чем ухудшилась бы схема станции, если бы при такой схеме сети она была выполнена с одной системой шин. Речь, естественно, может идти лишь о первом из указанных видов аварии, т. е. аварии на шинах станции, так как к другим видам схема станции не имеет прямого отношения; сюда же относится случай ремонта шин. По нашему мнению, схема стала бы более простой и надежной. В случае же применения комплектных распределительных устройств были бы достигнуты и другие серьезные преимущества, о которых уже было упомянуто.

Возражения относительно потери резерва для всей сети (при ремонте сборных шин или аварии на секции) нельзя считать серьезным аргументом, так как продолжительность такого режима

¹ Даваемое автором толкование категории потребителей по длительности допускаемых перерывов не соответствует формулировкам „Правил“ и не может считаться общепризнанным. Р е д.

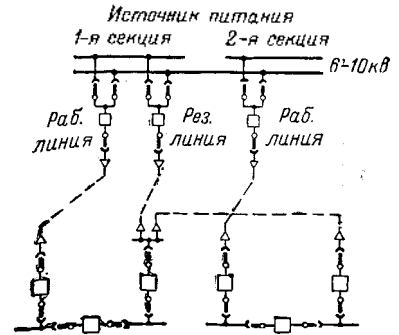
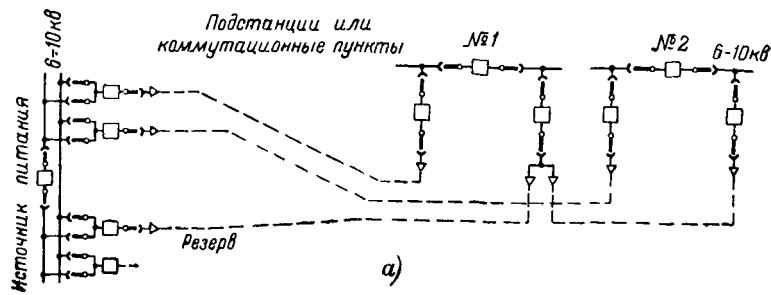


Рис. 3. Распределение линий „группы“ по секциям.

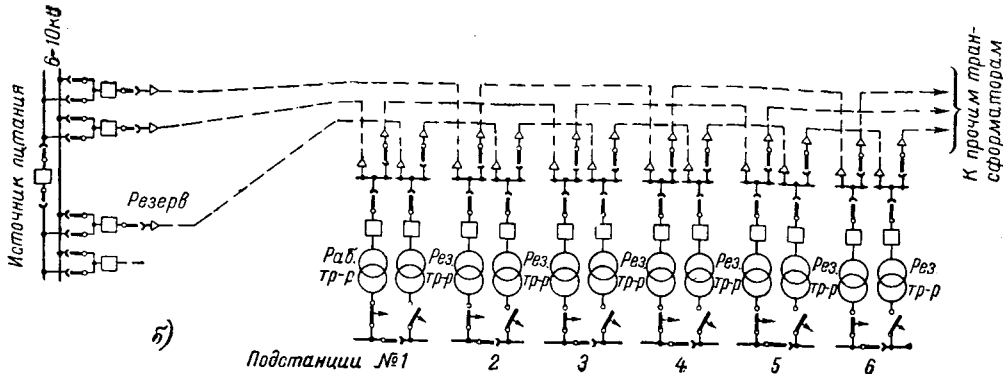


Рис. 2. Схема „групп“ для тупиковых линий (а) и для магистралей (б).

крайне невелика, а возможность совпадения отключения секции на ремонт и повреждения в сети исчезающе мала и практически невероятна.

Второй тип сети: группы тупиковых линий или магистралей с общей на группу резервной линией — магистралью. На рис. 2 показаны две рабочие линии, магистрали и одна резервная, равная по пропускной мощности рабочей. Часто делается одна резервная цепь на три рабочих. Хотя номинальный (условный) процент резерва в первом случае равен 50%, а во втором 33%, данный резерв является 100%-ным, если рассматривать аварию с цеховым трансформатором, с магистралью или с тупиковой линией. Но, как только мы переходим к аварии на шинах при двух секциях на станции, получается неудовлетворительное решение независимо от того, распределены ли отходящие линии так, как показано на рис. 2, или так, как это дано на рис. 3. В одном случае резервная линия перегрузится вдвое (при трех линиях в группе — втрое) и выйдет, во втором случае она зарезервирует одну линию, вторая рабочая останется без резерва — на время перевода цепей на вторую систему шин.

Для этих схем сети необходимо наличие такого числа секций на станции, сколько цепей в группе. Предположим, что это так, и тогда схема станции получит вид, показанный на рис. 4. Теперь авария или отключение на ремонт шин не влечет никаких перерывов питания для потребителя, так как резервная цепь подключена к другой, здоровой секции. И это справедливо для всех групп цепей. Таким образом, как для двух, так и для одной системы сборных шин на станции в отношении сетей 6—10 кВ, выполняемых в виде групп, должно быть обязательным условием соответствия числа секций числу цепей в группе.

имеют низковольтные переключки, например, при выполнении низковольтной сети в виде шиннопроводов путем примыкания их к соседнему трансформатору и частичного резервирования от последнего (рис. 5). И в этом случае все сказанное выше сохраняет силу.

По третьему из поставленных вопросов необходимо отметить следующее.

В обычных схемах с двумя системами шин генерирующие цепи снабжены одним выключателем, и внеплановый ремонт его приводит к потере генераторной мощности, так как замена этих выключателей шиносоединительными практически невозможна.

Ввиду того, что схемы сетей с группами линий широко применяются в промышленных и городских сетях 6—10 кВ, следует всемерно стремиться

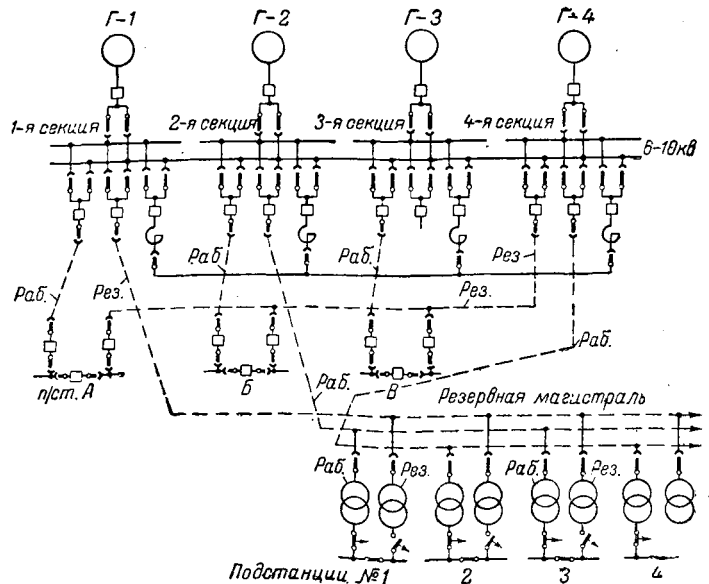


Рис. 4. Схема станции при четырех секциях.

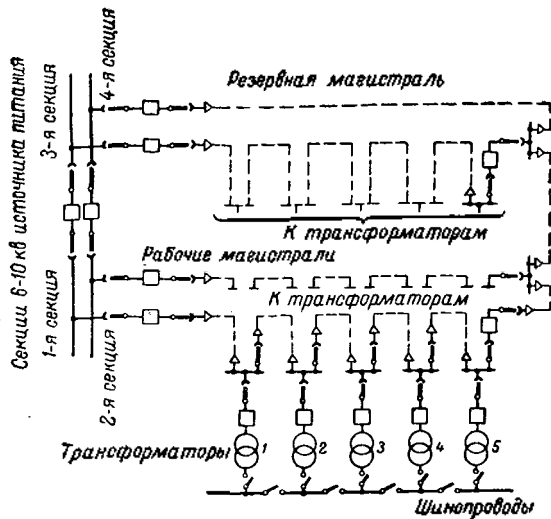


Рис. 5. Распределение линий „группы“ по секциям при резервировании в „группе“ только линий.

к увеличению числа секций на станции по меньшей мере до четырех. Но в обычных схемах с двумя системами шин при двух генераторах на

Совершенно иначе выглядит одиночная схема при подключении каждого генератора и повысительного трансформатора через два выключателя к двум разным секциям шин 6—10 кВ при общем удвоении числа секций.

На рис. 6 даны схемы станции, а на рис. 7—схемы центральной подстанции при одной и двух системах сборных шин. В первом случае имеет место некоторое увеличение числа выключателей в основных цепях и удвоение числа секционных реакторов, но эти затраты, как правило, полностью компенсируются удешевлением всех ячеек при одной системе шин. Выключатели, шунтирующие реакторы, не показаны, так как, по нашему мнению, они вообще являются излишними.

Результаты технико-экономического сравнения распределительного устройства станции, показанной на рис. 6 для одной и двух систем шин при 16 отходящих линиях, приведены в таблице, из которой видно, что по экономическим показателям одна система шин, как и следовало ожидать, выгоднее двух систем.

Наименование показателей	Одна система шин				Две системы шин			
	Число элементов	Типовое распределительное устройство		Комплексное распределительное устройство ¹		Число элементов	Типовое распределительное устройство	
		на 1 элемент	всего	на 1 элемент	всего		на 1 элемент	всего
Стоимость ячеек основных цепей, тыс. руб.	6	70	420	67,5	405	5	90	450
Стоимость линейных ячеек, тыс. руб.	16	100	1 600	95	1 520	16	120	1 920
Стоимость ячеек секционных реакторов, тыс. руб.	2	160	320	155	310	1	170	170
Общая стоимость, тыс. руб.	—	—	2 340	—	2 235	—	—	2 540
То же, %	—	—	92	—	88	—	—	100
Кубатура распределительного устройства, м ³	24	145	3 480	120	2 880	22	200	4 400
То же, %	—	—	79	—	65	—	—	100

¹ Ориентировочно.

станции это потребовало бы удвоенного числа выключателей в основных цепях (генераторы, повысительные трансформаторы, шиносоединительные и секционные выключатели) и привело бы к чрезвычайно громоздкой и дорогой схеме.

В целом же одна система шин обеспечит большую надежность работы главных распределительных устройств без какого-либо ухудшения, а в ряде случаев — улучшения работы сети 6—10 кВ.

Если учесть, что число секций собственных нужд, а следовательно, и число трансформаторов 6—10/3 кВ берется равным числу котлов, а на одну турбину мощностью 25—50 тыс. кВт тре-

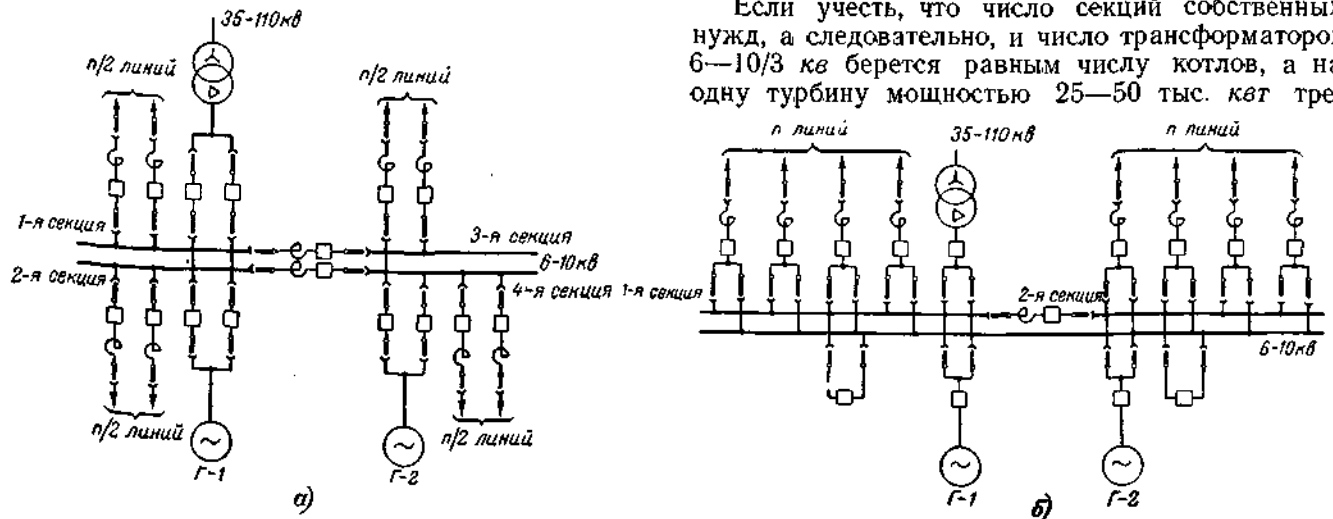


Рис. 6. Схемы станции при одной системе шин (а) и при двух системах шин (б).

Выводы

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Указанные в начале статьи три довода в пользу двух систем шин отпадают, если принять одну систему при увеличенном вдвое числе секций, присоединении генерирующих цепей к двум секциям через два выключателя и правильном использовании сетевых резервов, которые должны соответствовать категориям потребителей.

2. Схемы с одной системой шин в главных распределительных устройствах 6—10-кв станций и подстанций уступили на первых порах развития энергетики место схемам с двумя системами шин, ввиду недостаточного совершенства конструкций распределительных устройств и самого оборудования, а также ввиду отсутствия надлежащих резервов в сетях 6—10 кв. Они становятся рациональными в настоящее время при новой технической базе, в частности, при ориентации на комплектные распределительные устройства и при учете сетевых резервов.

3. Необходимо развивать работы по усовершенствованию комплектных распределительных устройств и расширению их номенклатуры в частности, организовать изготовление таких устройств с выключателями с отключающей способностью до 1 500 тыс. кв.

4. Схемы станций и подстанций должны проектироваться комплексно со схемой сети генераторного напряжения.

5. В отдельных случаях могут, конечно, иметь применение и две системы шин. Однако, основное направление, по нашему мнению, должно идти по линии выполнения главных распределительных устройств с одной системой шин.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Васильев, Электрические схемы и типы распределительных устройств высокой надежности, «Электричество», № 4, 1941 г.
2. П. Г. Грудинский, Схемы коммутации электрических станций и подстанций, Госэнергоиздат, 1948 г.
3. М. И. Славнин, Электрические нагрузки и первичное распределение электрической энергии в промышленных предприятиях, Госэнергоиздат, 1949 г.

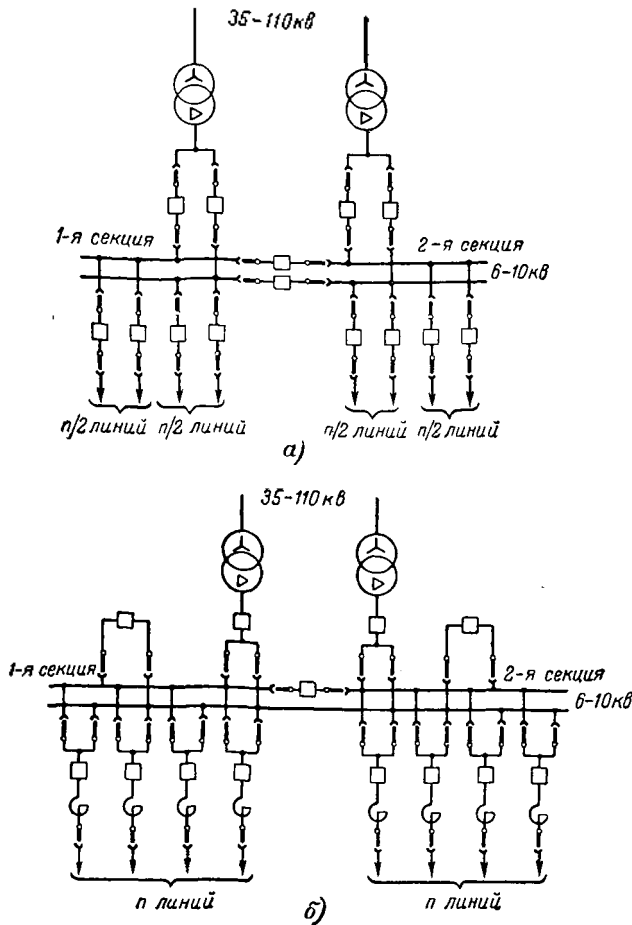


Рис. 7. Схемы центральной подстанции при одной системе шин (а) и при двух системах шин (б).

буется один котел соответствующей производительности плюс один общий резервный котел, то всегда число главных секций при одной системе шин будет превышать или будет равно числу трансформаторов 6—10/3 кв, включая резервный трансформатор. В этом случае к каждой секции главных шин будет присоединен только один трансформатор собственных нужд, чего не может быть при двух агрегатах на станции, двух секциях 6—10 кв и трех-четырех трансформаторах собственных нужд.



Особенности расчета уставок реактансной защиты двух параллельных линий

Инж. Т. Б. Заславская

При расчете уставки второй зоны дистанционных защит в сложных сетях, в соответствии с „Руководящими указаниями по релейной защите“, ч. III, разд. V, п. 1,7, в расчет вводится коэффициент, учитывающий реальное токораспределение в защищаемой сети $k_{рас}$.

Большой интерес представляет определение этого коэффициента и соответственно величины измерений во второй зоне защиты для случая двух параллельных линий с двухсторонним питанием, разделенных промежуточными подстанциями на ряд участков, так как в таком виде часто выполняются основные связи в ряде энергосистем.

Для параллельных линий, имеющих питание с двух сторон, токораспределение при замыкании на одной из линий зависит от соотношения генерирующих мощностей и места короткого замыкания.

Расчетная схема изображена на рис. 1, а и б, а после преобразования треугольника ABC в эквивалентную звезду — на рис. 1, в.

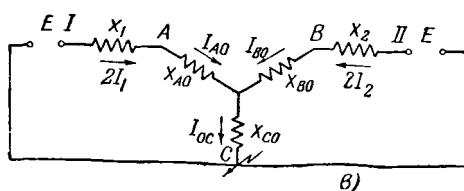
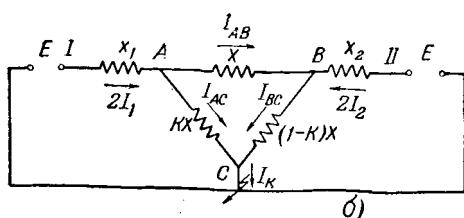
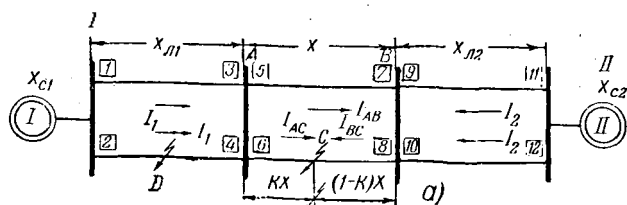


Рис. 1. Расчетная схема.

В дальнейшем приняты следующие условные обозначения:

X_{c1} — реактивное сопротивление генерирующего источника I;

X_{c2} — реактивное сопротивление генерирующего источника II;

$X_1; X_{л1}; X_{л2}$ — реактивное сопротивление одной линии на соответствующем участке;

$X_1 = X_{c1} + \frac{X_{л1}}{2}$ — реактивное сопротивление на шинах подстанции A;

$X_2 = X_{c2} + \frac{X_{л2}}{2}$ — реактивное сопротивление на шинах подстанции B;

$X_{A0}; X_{B0}; X_{C0}$ — реактивное сопротивление лучей эквивалентной звезды;

K — расстояние от шин подстанции A до места короткого замыкания в долях единицы (за единицу принято сопротивление линии X);

E — э. д. с. генерирующих источников, приведенная к одинаковому значению;

I_1 — ток по каждой из линий от генерирующего источника I;

I_2 — ток по каждой из линий от генерирующего источника II;

I_{AC} — ток короткого замыкания по поврежденной линии со стороны подстанции A;

I_{BC} — ток короткого замыкания по поврежденной линии со стороны подстанции B;

I_{AB} — ток по здоровой линии на участке A—B в фазе, одноименной с поврежденной;

I_{A0}, I_{B0}, I_{C0} — токи в лучах эквивалентной звезды.

После преобразования треугольника в звезду сопротивления ветвей эквивалентной схемы будут:

для участка I—0

$$X_{I0} = X_1 + \frac{KX}{2}, \quad (1a)$$

для участка II-0,

$$X_{II-0} = X_2 + \frac{(1-K)X}{2}, \quad (16)$$

а полное сопротивление эквивалентной схемы, приведенное к точке короткого замыкания, составит:

$$X_{0I}^{II} = \frac{\left(X_1 + \frac{KX}{2}\right) \left(X_2 + \frac{(1-K)X}{2}\right)}{X_1 + X_2 + \frac{X}{2}}. \quad (17)$$

Выражая токи I_{A0} и I_{B0} в лучах эквивалентной звезды через ток I_{0C} , переходим от них к значениям тока в сторонах треугольника

$$I_{AB} = I_{0C} \frac{KX_2 - (1-K)X_1}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}, \quad (2a)$$

$$I_{BC} = I_{0C} \frac{(1-K)X_1 + KX_2 + KX}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}, \quad (26)$$

$$I_{AC} = I_{0C} \frac{(1-K)X_1 + (2-K)X_2 + (1-K)X}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}. \quad (2в)$$

Значения тока на различных участках при коротком замыкании в точке С (рис. 1,а) и соответствующие значения коэффициента разветвления при коротком замыкании во второй зоне приведены в таблице.

Величина реактивного сопротивления фактически измеряемого реле для комплектов 1 и 2 определяется по формуле

$$X_1'' = X_{A1} + k_{раз} \cdot KX, \quad (3a)$$

а для комплектов 11 и 12 по формуле

$$X_2'' = X_{A2} + k_{раз} \cdot (1-K)X. \quad (36)$$

По полученным формулам был произведен расчет реактивных сопротивлений, измеряемых реле при коротком замыкании во второй зоне и перемещении точки короткого замыкания от начала к концу линии для транзитных линий 110 кВ одной из энергосистем. Этот расчет был проделан для всех трех режимов, указанных в таблице.

Изменения этих реактивных сопротивлений показаны на рис. 2,а (длина первого участка меньше длины второго) и 2,б (длина первого участка больше длины второго).

Из анализа кривых следует:

1. При работе на поврежденном участке двух параллельных цепей (режимы 1 и 3) реактивное сопротивление, измеряемое реле при перемещении точки короткого замыкания от начала к концу защищаемого участка, не нарастает пропорционально длине линии, а имеет максимум, место расположения которого зависит от соотношения генерирующих мощностей и длины линий.

2. Реактивное сопротивление, измеряемое реле в режиме 1, превосходит реактивное сопротивление одиночной линии соответствующей дли-

Режим работы	№ комплектов защиты	Ток в реле	Ток на поврежденном участке	$k_{раз} = \frac{I_{повр.уч}}{I_{реле}}$
1 (в работе две параллельные линии на всех участках)	1 и 2	$I_1 = I_{0C} \frac{X_2 + \frac{1-K}{2}X}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}$	$I_{AC} = I_{0C} \frac{(1-K)X_1 + (2-K)X_2 + (1-K)X}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}$	$2 \left[1 + \frac{(1-K)X_1 - KX_2}{2X_2 + (1-K)X} \right]$
	11 и 12	$I_2 = I_{0C} \frac{X_1 + \frac{K}{2}X}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}$	$I_{BC} = I_{0C} \frac{(1+K)X_1 + KX_2 + KX}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}$	$2 \left[1 + \frac{KX_2 - (1-K)X_1}{2X_1 + KX} \right]$
2 (в работе две линии на участках I-A и II-B и одна линия на участке A-B)	1 и 2	$I_1 = I_{0C} \frac{X_2 + (1-K)X}{2(X_1 + X_2 + X)}$	$I_{AC} = I_{0C} \frac{X_2 + (1-K)X}{X_1 + X_2 + X}$	2
	11 и 12	$I_2 = I_{0C} \frac{X_1 + KX}{2(X_1 + X_2 + X)}$	$I_{BC} = I_{0C} \frac{X_1 + KX}{X_1 + X_2 + X}$	2
3 (в работе одна линия на участках I-A и II-B и две линии на участке A-B)	1 и 2	$I_1 = I_{0C} \frac{X_2 + \frac{1-K}{2}X}{X_1 + X_2 + \frac{X}{2}}$	$I_{AC} = I_{0C} \frac{(1-K)X_1 + (2-K)X_2 + (1-K)X}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}$	$1 + \frac{(1-K)X_1 - KX_2}{2X_2 + (1-K)X}$
	11 и 12	$I_2 = I_{0C} \frac{X_1 + \frac{K}{2}X}{X_1 + X_2 + \frac{X}{2}}$	$I_{BC} = I_{0C} \frac{(1+K)X_1 + KX_2 + KX}{2 \left(X_1 + X_2 + \frac{X}{2}\right)}$	$1 + \frac{KX_2 - (1-K)X_1}{2X_1 + KX}$

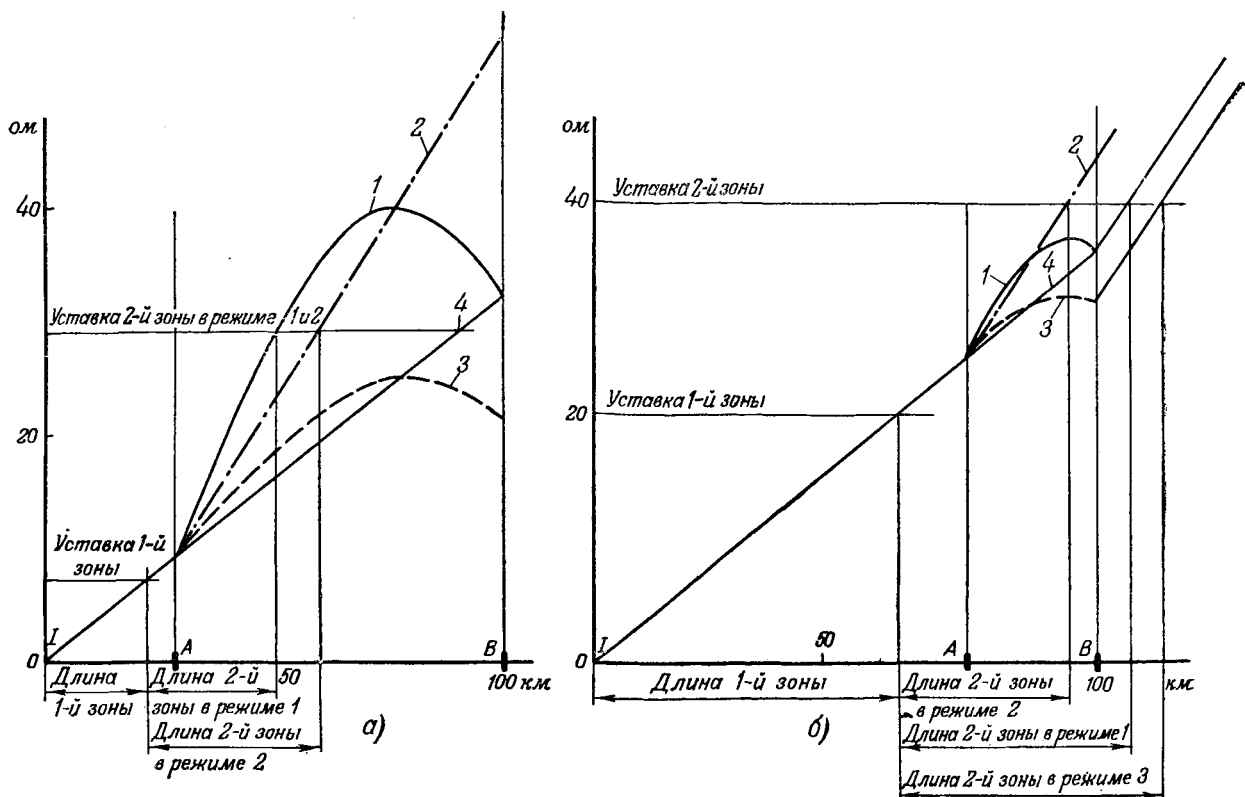


Рис. 2. Реактивное сопротивление, измеряемое реле, которое установлено в точке I , при перемещении точки короткого замыкания вдоль линии.

1 — на участках $I-A$ и $A-B$ включено по две параллельных линии; 2 — на участке $I-A$ включены две параллельные линии, а на участке $A-B$ — только одна линия; 3 — на участке $I-A$ включена одна линия, на участке $A-B$ — две параллельные линии; 4 — изменение реактивного сопротивления для одиночной линии соответствующей длины.

ны, становясь равным последнему только при повреждении в конце второго участка.

3. При работе в режиме 2 реактивное сопротивление, измеряемое реле, превосходит реактивное сопротивление одиночной линии и равен сумме реактивных сопротивлений первого участка и удвоенного реактивного сопротивления части второго участка до места повреждения.

4. При работе в режиме 3 реактивное сопротивление, измеряемое реле при повреждениях до точки максимума, несколько превосходит реактивное сопротивление одиночной линии, а затем уменьшается, становясь равным в конце участка сумме реактивных сопротивлений первого участка и половины второго участка.

5. Искажение значения измеряемого реактивного сопротивления сказывается наиболее сильно, если неповрежденный участок имеет меньшее, а поврежденный — большее реактивное сопротивление.

Выводы

На основании кривых измерений реактивного сопротивления можно сделать следующие выводы о выборе уставок второй зоны дистанционной защиты:

1. При расчете уставок второй зоны дистан-

ционной защиты двух параллельных линий расчетным режимом является режим 1, при котором все параллельные линии включены.

При этом, во избежание неселективной работы защиты со второй зоной вместо третьей, в расчетных формулах коэффициент $k_{расч}$ необходимо, как правило, принимать равным 1, независимо от параметров линий и соотношения генерирующих мощностей, т. е. отстроить защиту от действия при коротком замыкании в конце защищаемой линии.

2. Длина защищаемой зоны в километрах при выбранной уставке всегда будет меньше, чем для одиночной линии при всех прочих равных условиях.

Определение фактической длины защищаемого участка производится графически путем сопоставления выбранной уставки с кривой реактивного сопротивления, измеряемого реле, построенной по формулам (3а) и (3б) (см. рис. 2, а и 2, б).

3. Режим 3, как правило, не является расчетным (ч. III, раздел V «Руководящих указаний», примечание 3). Однако, если по местным условиям его приходится вводить в расчет, то во избежание неселективных отключений необходимо вторые зоны реактансных защит отстроить между собой по времени.

□ □ □

ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

Забивка фундаментных свай рядом с работающими турбинами

На одной электростанции фундамент для турбины ЛМЗ 24 тыс. кВт сооружался среди действующих машин. С одной стороны его находились два работающих турбогенератора мощностью по 22 тыс. кВт, 3 000 об/мин, с другой стороны — ряд работающих турбин от 4,5 до 10 тыс. кВт (рис. 1).

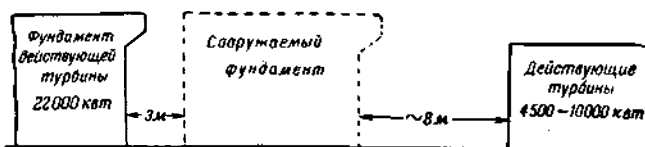


Рис. 1. Положение сооружаемого фундамента.

Геологический разрез грунта по машинному залу в районе сооружения нового фундамента приведен на рис. 2.

Фундаменты турбин мощностью по 22 тыс. кВт имеют свайное основание из металлических труб диаметром 200 и 250 мм с железобетонным заполнением.

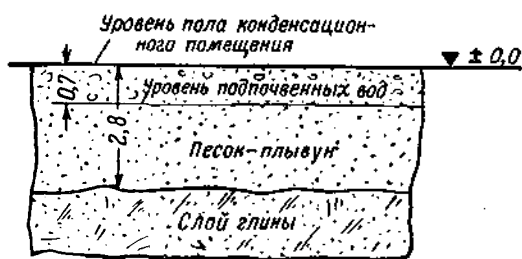


Рис. 2. Геологический разрез грунта под машинным залом.

При проектировании свайного основания под вновь устанавливаемую турбину решено было применить вместо металлических свай деревянные, исходя из следующих соображений:

1. Уровень подпочвенных вод держится на одной высоте, следовательно, верхушки свай всегда будут ниже уровня подпочвенных вод.

2. Дерево, находясь постоянно под водой, как известно, не подвергается гниению и очень долго сохраняет свои механические свойства.

3. При деревянных сваях все сооружение было значительно экономичнее и не требовало дефицитных труб.

Вновь сооружаемый фундамент находился в 3 м от фундамента ближайшей работающей турбины 22 тыс. кВт, и, естественно, возникали опасения, что забивка свай ударным способом может отразиться на работающих турбинах и что совпадение амплитуды собственных колебаний фун-

даментов работающих турбин и колебаний, возникающих при ударах молота, может вызвать явления резонанса.

Так как консультация по этим вопросам не дала исчерпывающих результатов, на станции было принято решение забить пробную свай в отдаленном от действующих турбин участке и при этом вести тщательное наблюдение за поведением действующих агрегатов, их фундаментов и отдельных элементов здания.

Забивка пробной свай производилась механическим копром с бабой весом 0,75 т и пневматическим молотом весом 2,5 т. Высота подъема бабы была постоянной—2 м. Забивка была доведена доотказа 8 см при залого в 20 ударов. Свая вошла в грунт на глубину 5,8 м.

Наблюдения за поведением работающих турбин и их фундаментов производились при помощи установленных во многих местах виброметров и индикаторов. Эти наблюдения показали следующее:

1. Амплитуда колебаний фундаментов оставалась в границах 0,04—0,05 мм у близлежащих турбин и 0,02 мм— у более отдаленных турбин.

2. Колебания фундамента, вызываемые ударами копра по забиваемой свае, имели амплитуду до 0,004 мм при сравнительно большом периоде колебаний (более 1 сек.). Колебания эти быстро затухающие.

Явления резонанса этих колебаний с собственными колебаниями турбины не было вследствие значительной разницы в периодах колебаний, каковые у турбины составляли сотые доли секунды.

Влияние колебаний, вызванных ударами копра, наиболее сильно сказалось на участке перекрытий пола машинного зала, находящемся на расстоянии 12—15 м от сооружаемого фундамента, где эти колебания совпадали с собственными колебаниями системы перекрытия. Резонанс был устранен путем установки 2—3 металлических стоек в конденсационном помещении.

Влияние работы молота сказывалось во всех точках в меньшей степени, чем копра.

В последующем основании под фундамент было выполнено следующим образом (рис. 3). Забито 206 основных свай длиной 6,5 м и толщиной 220 мм в вершине. Свай забивались при помощи пневматического молота весом 2,5 т с числом ударов 120—150 в минуту и двух механических копров каждый с весом бабы в 0,75 т. Вследствие сильного уплотнения грунта (свай забивались последовательно от периферии к центру) некоторые сваи были забиты только на глубину до 5 м. По срезанным головкам свай сделана из тощего бетона (пропорция 1:4:8) плита общей толщиной 500 мм. Плита эта была на 300 мм выше и на 200 мм ниже верхнего среза свай.

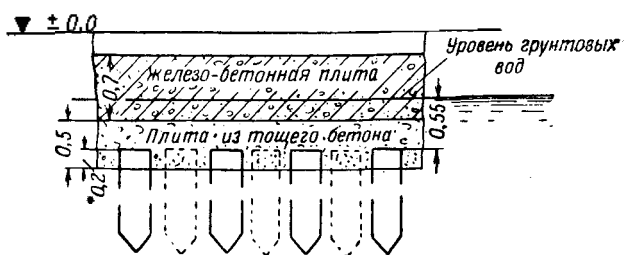


Рис. 3. Основание под сооружаемый фундамент турбины.

Головки свай срезаны на 550 мм ниже уровня грунтовых вод. Над плитой из тощего бетона уложена железобетонная плита высотой 700 мм, на которой уже и возводился сам фундамент турбогенератора. Шпунтовая раздельная стенка не сооружалась.

Инж. Н. Л. Бутенко

Экспресс-анализ легированных сталей¹

В практике монтажа и ремонтов теплосилового оборудования высокого давления очень часто встречается необходимость проверки марки применяемой стали. Такие проверки обычно должны производиться без разрушения проверяемого металла.

Для определения марки проверяемой легированной стали обычно достаточно установить наличие в ее химическом составе тех или иных легирующих элементов, что может быть очень просто и вместе с тем достаточно точно выполнено помощью так называемого капельного экспресс-анализа, основанного на принципе колориметрирования.

Наряду с опубликованным уже в журнале «Электрические станции» методом капельного экспресс-анализа² может быть рекомендован описываемый ниже метод, как требующий минимальной затраты времени (2—3 мин. на определение одного элемента) и реактивов и выполнимый в любых условиях.

Сущность этого метода заключается в том, что на защищенную поверхность испытуемого образца стали воздействуют кислотами (1—3 капли).

Полученный раствор переносят капилляром в фарфоровый тигель и обрабатывают его соответствующими реактивами с промежуточным нагревом или выпариванием, с последующим растворением осадка, содержащего искомого элемент. При действии на раствор, содержащий искомого элемент, чувствительными реактивами последний получает определенное характерное для каждого элемента окрашивание.

Определение никеля

1. Зачищенная поверхность испытуемого образца подвергается воздействию двух-трех капель азотной (пл. 1, 2), а в случае высокого содержания в сплаве хрома — соляной кислоты (пл. 1, 12).

2. После прекращения выделения пузырьков переносят полученный раствор капилляром в фарфоровый тигель, нагревают его до просветления, и если растворение произведено соляной кислотой, окисляют раствор азотной кислотой.

3. Осторожно выпаривают раствор и растворяют полученный осадок солей в соляной кислоте (1—2 капли) с добавлением 0,5 мл воды.

4. Производят определение никеля одним из следующих способов:

а) две капли полученного раствора переносят на фарфоровую пластинку и прибавляют к ним одну каплю сегнетовой соли (насыщенный раствор) и одну каплю едкого натра (20%-ный раствор) и после хорошего перемешивания переносят раствор на фильтровальную бумагу; при наличии в растворе никеля бумага окрашивается в розовый цвет;

б) на фильтровальную бумагу помещают одну каплю фосфорнокислого натрия (насыщенный раствор) и каплю испытуемого раствора; добавляют еще одну каплю фосфорнокислого натрия и каплю раствора диметилглиоксима (спиртовой 1%-ный раствор) и обрабатывают парами аммиака; появление розового цвета указывает на присутствие никеля.

Определение марганца

1. Зачищенная поверхность испытуемого образца обрабатывается одной-двумя каплями азотной кислоты (пл. 1, 2), а при наличии в сплаве высокого содержания хрома — серной кислоты (1:4).

2. Переносят образовавшийся раствор капилляром в фарфоровый тигель, кипятят его до просветления и добав-

ляют 0,5—1 мл воды, одну каплю азотнокислого серебра (2%-ный раствор) и несколько крупинок надсернического аммония (сухая соль).

При наличии марганца раствор окрасится при этом в фиолетовый цвет.

Определение ванадия

1. На защищенную поверхность образца воздействуют одной-двумя каплями соляной кислоты (пл. 1, 12).

2. После прекращения выделения пузырьков (через 2—3 мин.) переносят полученный раствор в фарфоровый тигель, прибавляют азотную кислоту (пл. 1, 2), нагревают до просветления и выпаривают для удаления избытка соляной кислоты.

3. Раствор охлаждают, после чего прибавляют две-три капли серной кислоты (1:4) и насыщенный раствор перманганата калия до розового окрашивания.

4. Перемешивают раствор, добавляют нитрат натрия до обесцвечивания и пять капель раствора анилина (раствор в концентрированной соляной кислоте — 1 объем анилина и 1 объем соляной кислоты пл. 1, 19) и снова перемешивают.

Окрашивание раствора через 2—3 мин. в зелено-голубой цвет указывает на наличие в нем ванадия.

Определение молибдена

1. Зачищенная поверхность испытуемого образца обрабатывается двумя-тремя каплями соляной кислоты (пл. 1, 12) и двумя каплями азотной кислоты (пл. 1, 2).

2. После прекращения выделения пузырьков раствор переносят в фарфоровый тигель, нагревают до полного растворения карбидов и выпаривают почти досуха.

3. Остаток растворяют в нескольких каплях соляной кислоты и разбавляют в 1 мл воды. Прибавляют к раствору одну каплю хлористого калия (насыщенный раствор) и две капли хлористого олова (25%-ный раствор хлористого олова в соляной кислоте пл. 1, 19).

Окрашивание раствора в карминно-красный цвет свидетельствует о наличии в нем молибдена.

Определение хрома

1. На защищенную поверхность испытуемого образца воздействуют одной-двумя каплями азотной (пл. 1, 2) и при высоком содержании хрома серной кислоты (1:4).

2. После прекращения выделения пузырьков переносят раствор капилляром в фарфоровый тигель, нагревают его до полного просветления и определяют наличие хрома одним из следующих способов:

а) прибавляют к раствору одну каплю азотнокислого серебра (2%-ный раствор), нагревают, прибавляют несколько крупинок надсернического аммония (4%-ный раствор) кипятят, прибавляют одну каплю хлористого натрия и снова кипятят до исчезновения розовой окраски; к полученному раствору прибавляют одну-две капли раствора динилкарбазида (1%-ный раствор в спирте); при наличии хрома раствор окрасится в фиолетовый цвет;

б) прибавляют к раствору одну-две капли перекиси (насыщенный раствор) натрия до ясной щелочной реакции и подогревают для лучшего выделения осадка; переносят жидкость вместе с осадком на фильтровальную бумагу; причем осадок задерживается в центре, а вокруг него распространяется кольцом жидкость; если при обработке жидкостью раствором бензидина (0,05 г бензидина растворяют в 10 мл уксусной кислоты и разбавляют водой до 100 мл) кольцевая зона окрашивается в синий цвет в растворе имеется хром.

В

Подъем порталного крана

На строительстве гребенчатой монтажной организации «Уралэнергомонтаж» впервые был осуществлен подъем собранного в виде мощного монтажного порталного крана грузоподъемностью 64 т, вес металлоконструкций которого в собранном виде составил около 100 т.

Вначале предполагалось подъем и установку крана рельсовые пути произвести отдельными узлами. Одной такой подъем и сборка их навесу создали бы значительные трудности, в особенности при подъеме, заводке и катании моста в пазах стоек крана. Поэтому было решено

¹ По материалам Института технико-экономической информации К-35.

² См. «Электрические станции», № 3, 1947 г.

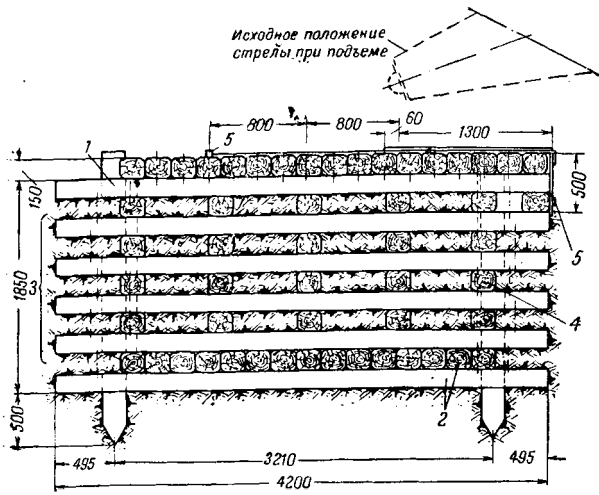
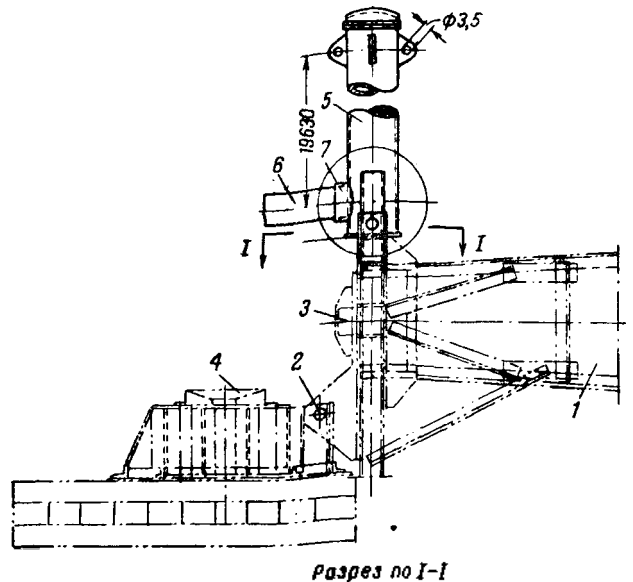


Рис. 1. Опора под основную мачту.

1 — два ряда сплошного настила из шпальных брусьев сверху;
2 — то же снизу; 3 — восемь рядов разреженного настила;
4 — межштатное пространство, заграбмованное землей;
5 — костыли.



Разрез по I-I

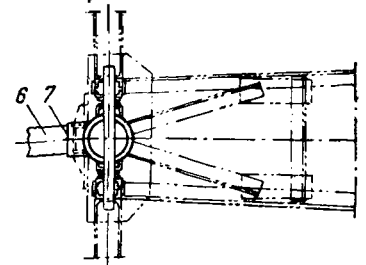


Рис. 2. Металлический башмак.

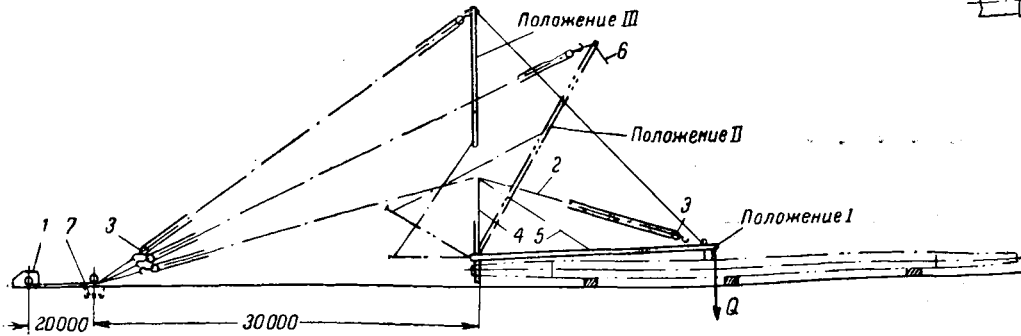


Рис. 3. Подъем трубчатой (падающей) мачты.

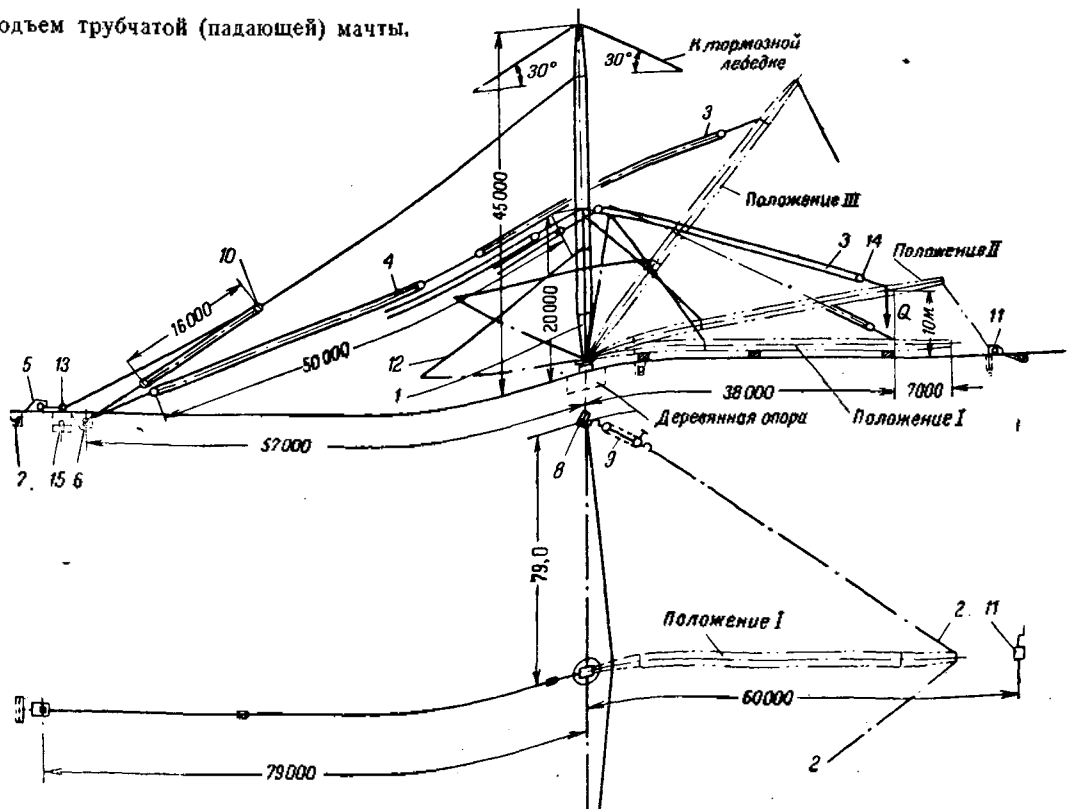


Рис. 4. Подъем основной подъемной мачты.

1 — падающая стрела; 2 — расчалки диаметром 25 мм; 3 и 4 — тросы диаметром 22 мм; 5 — электролебедка 5 т; 6 — анкер 25 т; 7 — анкер для лебедки 5 т; 8 — анкер для расчалок 15 т; 9 — таль 5 т; 10 — блок 25 т; 11 — ручная лебедка 5 т; 12 — трос диаметром 19,5 мм; 13 — блок 10 т; 14 — блоки 25 т; 15 — анкер 5 т.

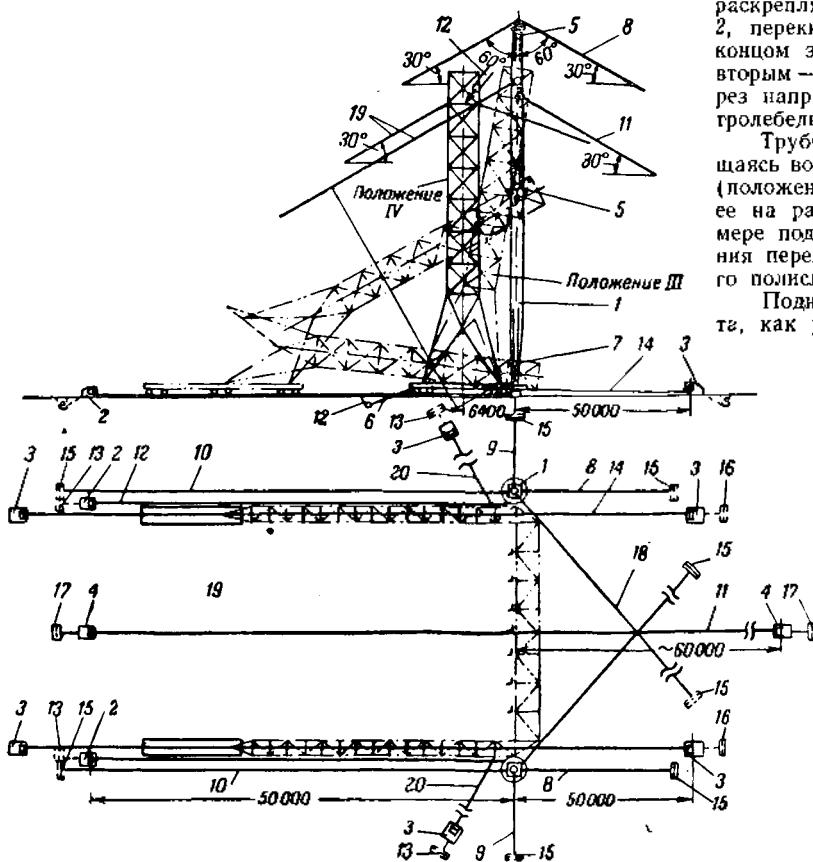


Рис. 5. Подъем портального крана.

1 — мачта; 2 — электролебедка; 3 — ручные лебедки; 4 — ручная тормозная лебедка 5 т; 5 — блок 50 т; 6 — анкер расчалки 5 т; 7 — блок 10 т; 8 — трос — 25 мм; 9 — трос диаметром 31 мм; 10 — трос диаметром 25 мм; 11 — трос диаметром 27 мм (тормозная расчалка); 12 — трос диаметром 24 мм; 13 — анкер для лебедки 5 т; 14 — трос диаметром 24 мм; 15 — анкер для расчалки 15 т; 16 и 17 — анкеры для лебедки 5 т; 18 — трос диаметром 25 мм; 19 — расчалка диаметром 19,5 мм; 20 — расчалка диаметром 19,5 мм.

сборку крана выполнить внизу, т. е. произвести подъем и установку его на рельсовые пути в собранном виде.

Для подъема крана использовались две решетчатые металлические мачты от Г-образных кранов весом 18,5 т и длиной 45 м каждая, называемые в дальнейшем изложени основными.

Подъем каждой основной мачты в вертикальное положение был выполнен с помощью так называемой «падающей мачты». Под каждую из основных мачт была сделана опора, состоящая из восьми рядов шпальных брусков, скрепленных между собой строительными скобами (рис. 1). На каждую опору был установлен и укреплен болтами металлический башмак, состоящий из рамы и основания под пяту основной мачты (рис. 2). Основная мачта 1, лежащая на земле на подкладках, была соединена со своим башмаком шарнирно с таким расчетом, чтобы во время подъема мачта, вращаясь вокруг шарнира 2, при вертикальном положении установилась бы пятой 3 на свое место 4 в башмаке (рис. 2).

С основной мачтой шарнирно соединяется трубчатая мачта 5 высотой 20 м, являющаяся «падающей мачтой» и служащая для подъема в вертикальное положение основной мачты. Трубчатая «падающая» мачта в свою очередь поднимается вспомогательной (падающей) мачтой 6 из бревна диаметром 218 мм и длиной 7 м, которая основанием вставляется в специальный патрубок 7, приваренный к нижней части трубчатой (падающей) мачты под углом 90°.

Таким образом, подъем основной мачты протекал в следующем порядке.

Трубчатая (падающая) мачта вначале (положение I) (рис. 3) находится в горизонтальном положении и лежит на основной мачте, а вспомогательная деревянная мачта 4 находится в вертикальном положении. Трубчатая мачта до подъема ее полностью оснащается такелажем (расчалками и полиспастом для подъема), а деревянная мачта

раскрепляется временными расчалками 5. Трос полиспаста 2, перекинутый через головку деревянной мачты, одним концом застроплен за верхний конец трубчатой мачты, а вторым — за анкер 7. Тяговый конец троса полиспаста через направляющий блок 3 присоединен к барабану электролебедки 1.

Трубчатая мачта при подъеме из положения I, вращаясь вокруг шарнира, принимает вертикальное положение (положение III), при котором производится раскрепление ее на расчалки 6. Вспомогательная деревянная мачта по мере подъема трубчатой мачты из вертикального положения переходит в наклонное и освобождается от подъемного полиспаста.

Поднятая, таким образом, трубчатая (падающая) мачта, как указывалось выше, шарнирно соединена с основной мачтой, а верх ее раскреплен постоянными расчалками и тросом 12, связывающим трубчатую (падающую) мачту 1 с основной мачтой (рис. 4). Последняя также заранее раскрепляется постоянными расчалками 2. Для подъема основная мачта оснащена связанными между собой полиспастами 3 и 4, перекинутыми через оголовок трубчатой мачты. Тяговый конец полиспаста 4 присоединен к электролебедке 5.

Прежде чем приступить к подъему основной мачты, она была предварительно поднята из положения I в положение II железнодорожным краном, а ее вершина застроплена тросом, идущим к тормозной ручной лебедке 11. При вращении электролебедки основная мачта, вращаясь вокруг шарнира на башмаке, начала постепенно подниматься. При подъеме до положения III полиспасты 3 и 4 освобождаются от трубчатой (падающей) мачты, и дальнейший подъем производится без ее помощи. Требуемое положение основной мачты при подъеме регулировалось постоянными расчалками через тали 9.

В вертикальном положении основная мачта была раскреплена расчалками намертво.

После установки двух основных подъемных мачт было приступлено к оснастке и подъему портального крана в собранном виде электролебедками. Грузоподъемные тележки на мосту крана в это время установлены не были. Расположение портального крана на земле относительно подъемных мачт видно на рис. 5.

Перед подъемом каждая нога крана была уложена на свою подкрановую тележку и шарнирно закреплена на ней осью башмака. Одновременно с подъемом крана подкрановые тележки перемещались по рельсам помощью ручной лебедки 3 с таким расчетом, чтобы подъемные полиспасты все время находились в вертикальном положении.

При подходе поднимаемого крана в положение III подкрановые тележки были закреплены неподвижно к анкером 6 и лебедкам 3, а работа электролебедок 2 была остановлена. Далее, расчалки 19 натягивались, а тормозные расчалки 11 и подъемные полиспасты 12 постепенно отпустились и кран медленно был повернут на шарнирах в положение IV.

Передвижение подкрановых тележек в положении III было остановлено, так как приближение их к подъемным мачтам не допускалось во избежание передачи нагрузки на подъемные полиспасты от всего веса крана, что дало бы нагрузки выше предельно допустимых для данных подъемных приспособлений.

Подъем портального крана описанным способом был выполнен в течение 2 час. и протекал без особых затруднений.

Инж. А. В. Манушин

Стальная переставная опалубка при сооружении временной торцевой стены котельной

В 1949 г. на подмосковной тэц при расширении здания котельной заполнение стального фахверка временной торцевой стены высотой до 38 м и шириной 70 м, начиная с отметки 8 м и выше, выполнялось из монолитного шлакобетона (рис. 1).

При этом были использованы стальная переставная опалубка из щитов размером 990×500 мм и инвентарные трубчатые леса. Щиты (рис. 2) изготовлялись из листовой стали толщиной 2—3 мм с рамками жесткости из уголков 45×45 мм. Рамки жесткости приварены к листовой стали прерывистым электросварочным швом.

При установке щитов опалубки расстояние между ними фиксировалось с помощью деревянных колодок 1. Каждая колодка имела по оси отверстие диаметром 5 мм, через которое протягивалась проволока, связывающая анкеры 2 из круглой стали, закладываемые в полукруглые вырезы в рамках жесткости щитов опалубки.

При распалубке проволока выталкивалась из деревянных колодок, а сами колодки оставались в шлакобетонном массиве.

В течение суток удавалось производить укладку шлакобетона в 4 пояса переставной опалубки по высоте. Щиты переставной опалубки снимались, спустя 3—5 суток после укладки шлакобетона.

В дальнейшем наружная и внутренняя поверхности шлакобетонной стены штукатурились на известковом рас-

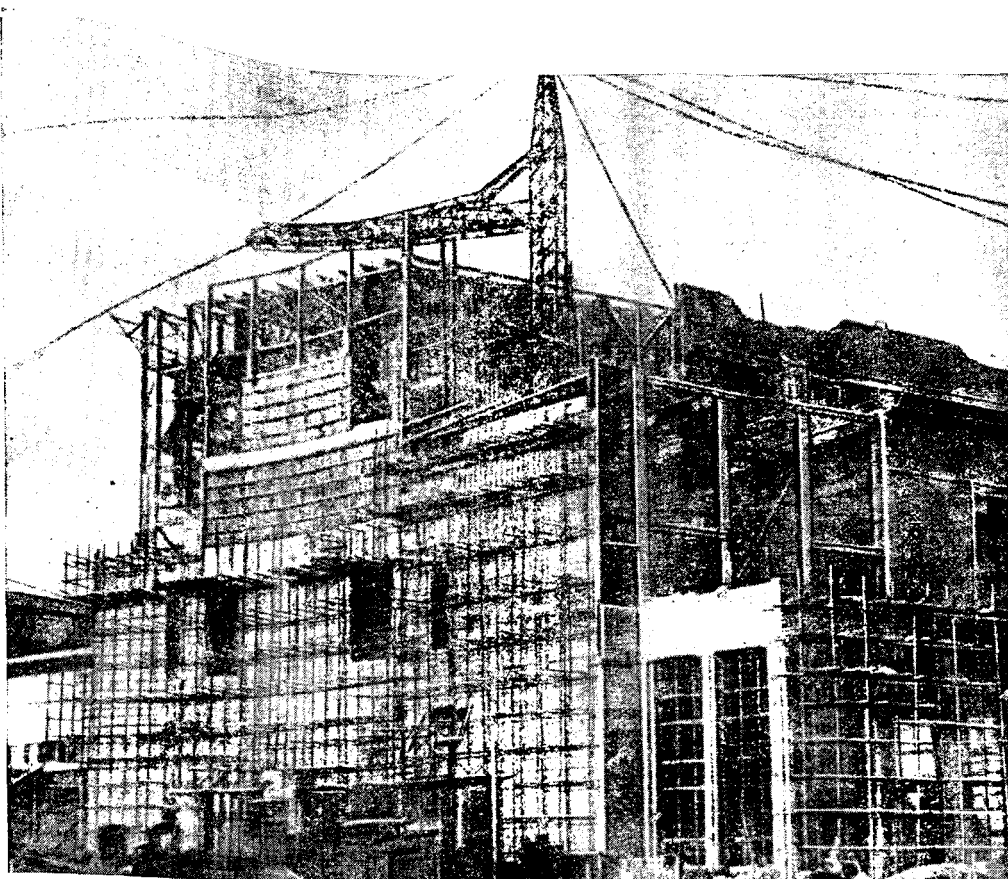


Рис. 1.

творе. Подача шлакобетона к месту укладки производилась с помощью шахтоподъемников и кранов-укосин в рикшах. Рикши загружались шлакобетоном из бетономешалки бетонного узла, расположенного в непосредственной близости от сооружаемой торцевой стены.

Стальные трубчатые леса были выполнены из усиленных газовых труб 48 мм, толщиной стенки 4,25 мм.

Применение стальной переставной опалубки дало возможность выполнить работы по сооружению временной торцевой стены за 1 мес. при отсутствии квалифицированных каменщиков.

Инж. И. Ф. Отливной и инж. Н. Я. Турчин

Анкерные клиновые зажимы

На строительстве одной гидроэлектростанции для заделок в кирпичные и бетонные стены анкерных болтов различного назначения широко применялись анкерные клиновые зажимы двух типов. При этом в ряде случаев в стены заделывались не сами болты, а лишь гайки для них.

По существу такие зажимы в первом случае заменяли собой либо устройство обычных «проволочных якорей», либо «ласточкиных хвостов» и фасонных головок анкерных болтов. Во втором же случае они представляли собой анкерные гайки, укрепляемые в массиве стены или потолка.

Отличительной особенностью таких анкерных клиновых зажимов является то, что они позволяют осуществлять соответствующие анкерные заделки всевозможных болтов и гаек без применения какого-либо цементирующего состава (алебастр, гипс, цемент и т. п.). К тому же время, потребное для осуществления одной анкерной заделки, здесь определяется лишь одним-двумя легкими ударами молотка по обсадной оправке (время на заготовку гнезда для зажима не учтено), после чего анкерный болт или гайка становятся вполне готовыми для целевого назначения.

Анкерный клиновой зажим, эскизно изображенный на рис. 1, состоит из пары чугунных (или стальных) плашек 1 фигурной формы, двух конусных втулок 2 и стального пружинящего пояса 3. Плашки, как видно из рисунка, при свободном положении образуют цилиндрическую поверхность снаружи и два внутренних конусных входа с торцов. Для взаимной фиксации плашек на последних имеются встречные зубцы и захваты. Посредине плашки обхва-

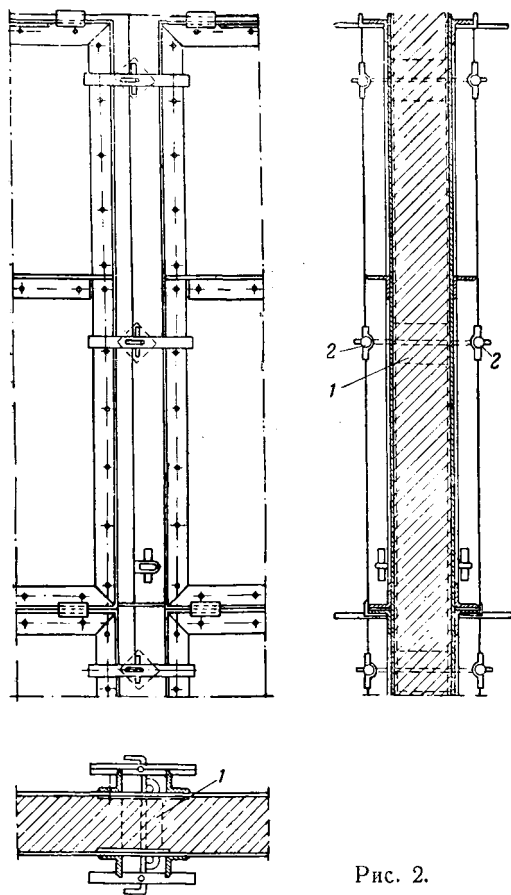


Рис. 2.

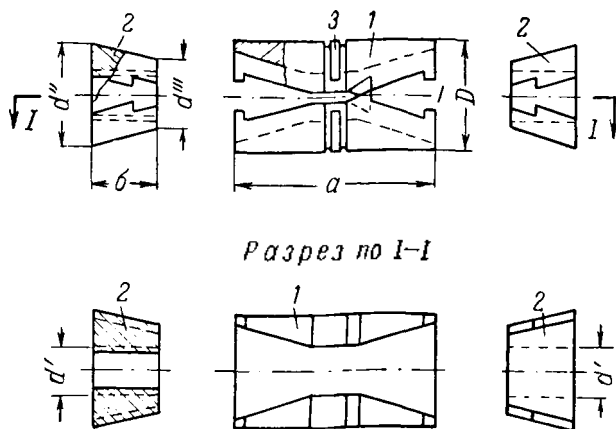


Рис. 1. Анкерный клиновой зажим.

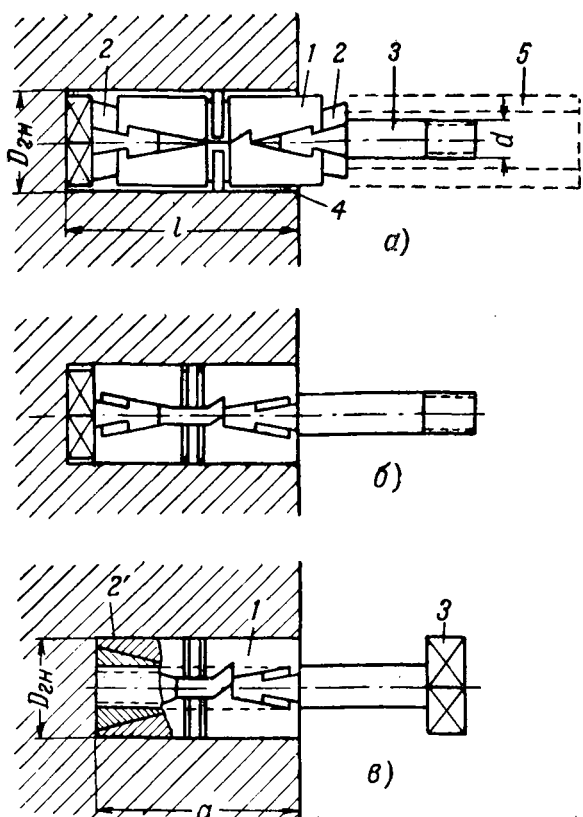


Рис. 2. Посадка анкерных болтов и гаек в стенные гнезда.

а — сборка зажима с болтом; б — готовый анкер; в — заделка анкерной гайки.

чены стальным пружинящим пояском, благодаря которому зубья плашек находятся в постоянном сцеплении между собой. Втулки снаружи имеют форму усеченного конуса с приливами по бокам в виде стрелок. Отверстия в них выполняют сквозными: либо гладкими для прохода болта, либо с нарезкой для него.

Основные размеры анкерных клиновых зажимов для наиболее употребляемых болтов диаметром 6, 8 и 12 мм, а также размеры гнезд, заготавливаемых в стенках, приведены в таблице (в мм).

a	D	a	b	d'	d''	d'''	D_{2H}
6	15	30	10	7	12	9	16
8	17	35	12	9,5	15	11	18
12	22	45	16	14	20	16	23

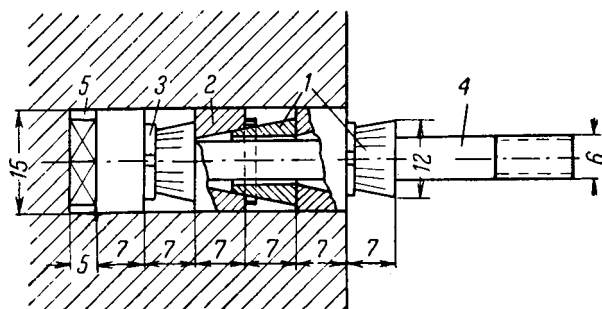


Рис. 3. Анкерный зажим второго типа.

При заготовке гнезд следует правильно производить разметку центров и пробивку гнезд, а также соблюдать соотношение $D_{2H} \geq D$.

На рис. 2 показаны способы посадки в стенные гнезда анкерных болтов и гаек. На рис. 2,а приведен первоначальный момент сборки клинового зажима 1 с анкерным болтом 3 и вставку всего комплекта в готовое гнездо стены 4. Там же пунктиром показано положение обсадной оправки 5 (отрезок металлической трубки), посредством которой ударами молотка производится забивание конусных втулок 2.

При ударах молотком конусные втулки 2 расклинивают плашки 1 и создают распор последних в стенке гнезда 4, обеспечивая тем самым прочное крепление самого болта (рис. 2,б).

На рис. 2,в изображено рабочее положение клинового зажима 1 с анкерной втулкой 2, предназначенной для ввертывания в нее болта 3. Способ установки в этом случае аналогичен рассмотренному на рис. 2,а, только вместо анкерной втулки со сквозным отверстием берется втулка с нарезкой для болта.

Изображенный на рис. 3 второй тип зажима является разновидностью первого типа и в принципе действует на анкерный болт как клиновой зажим. Он представляет собой комбинацию трех типов шайб: чугунных в виде усеченных конусов с грубой накаткой на конусной поверхности 1, свинцовых с конусными отверстиями 2 и стальных пружинящих колец 3.

При заделке анкерного болта 4 в гнездо стены 5 на болт насаживается одинаковое количество свинцовых и чугунных шайб. Набор шайб производится в той же последовательности, как показано на рис. 3, и обязательно так, чтобы конусы чугунных шайб были направлены в конусные отверстия свинцовых шайб. Количество чугунных и свинцовых шайб устанавливается в зависимости от глубины заделки анкерного болта. Обычно на болт $d = 6$ мм ставят по три шайбы.

Запрессовка анкерного болта производится аналогично предыдущему. При ударе по обсадной оправке конусные шайбы 1, вдавливаясь в конусные отверстия свинцовых шайб 2, запрессовывают свинец в пустоты гнезда 5. Стальные разрезные кольца 3 способствуют равномерности расширения свинца в нужном направлении.

В случае необходимости заделки анкерной гайки последнюю следует закладывать между двумя внутренними свинцовыми шайбами. На время запрессовки в гайку рекомендуется ввертывать либо шпильку, либо болт. Крепление получается весьма прочным с точностью центровки анкерного болта, соответствующей точности заготовки гнезд.

Выводы

Анкерные клиновые зажимы могут получить широкое применение на электромонтажных и подобных им работах для анкерных болтов с небольшими статическими нагрузками.

Применение их исключает необходимость изготовления на месте всевозможных проволочных якорей «ласточкиных хвостов» на болтах, и, что особо существенно, вмазку анкеров и сушку их цементирующего состава. Тем самым обеспечивается удешевление монтажных работ и заметное сокращение времени на монтаж.

Несмотря на некоторую сложность рассмотренных зажимов, при массовом заводском изготовлении можно обеспечить небольшую стоимость их производства.

Инж. Н. П. Миттрах

ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

Схема подачи вторичного воздуха при сжигании фрезерного торфа в топках с шахтными мельницами

Всесоюзным теплотехническим институтом (т. Шильдкрет) была предложена схема, по которой окончательная досушка фрезерного торфа осуществляется в нижней части топки при подаче снизу в холодную воронку горячего воздуха.

Подвод воздуха под холодную воронку по этой схеме был выполнен на котельном агрегате одной электростанции. Двухлетний опыт эксплуатации котельного агрегата выявил следующие недостатки указанной схемы:

1. Недостаточно хорошее перемешивание подаваемого воздуха с выпавшими крупными частицами торфа и вследствие этого необходимость увеличенной подачи воздуха в холодную воронку, что увеличивает коэффициент избытка воздуха выше оптимальных значений.

2. Ухудшение условий подсушки в топочной камере вследствие отсутствия концентрированного факела в холодной воронке.

3. Необходимость подачи вторичного воздуха под корень факела через нижние шлицы, несмотря на подачу значительных количеств вторичного воздуха под холодную воронку для предупреждения химической неполноты горения.

4. Значительные утечки воздуха, подаваемого под холодную воронку через шлаковые затворы.

5. Выбивание пламени из-под шлаковых затворов и вследствие этого быстрый износ шлаковых затворов.

Для ликвидации указанных недостатков электростанцией была выполнена на другом котле схема подвода «нижнего» воздуха, показанная на рис. 1, б (без порога, показанного на рисунке пунктиром).

В отличие от схемы, предложенной т. Шильдкретом, передний скат холодной воронки не экранируется и по нему направляется вторичный воздух, подаваемый в холодную воронку.

Выполненная станцией схема, как показал опыт эксплуатации и испытания котла, проведенные Центральной службой наладки и теплотехнических измерений районного управления (см. таблицу и рис. 2 и 3) не обладает недостатками описанной выше схемы; окончательная досушка фрезерного торфа осуществляется в топочной камере за счет организованного сжигания в нижней части холодной воронки крупных частиц фрезерной пыли, выпавших из основного факела. Кроме того, выполненная станцией схема позволяет отказаться от подачи воздуха через нижние шлицы при сравнительно небольшой величине химической неполноты горения $q_3 = 2,68\%$ и оптимальных величинах избытка воздуха в топке 1,25—1,3.

В целях еще лучшей организации процесса сжигания выпавших из основного факела частиц фрезерной пыли намечено устройство на переднем скате холодной воронки, показанного на рис. 1, б пунктиром.

Как показали испытания (см. таблицу), при сжигании фрезерного торфа влажность до 55% вполне достаточной температурой воздуха, подаваемого в мельницу и под холодную воронку, следует считать 250° С. При влажности фрезерного торфа около 60% температура горячего воздуха должна быть соответственно повышена до 300° С.

Опыт эксплуатации шахтно-мельничной топки без экранирования переднего ската и с выполнением по нашей

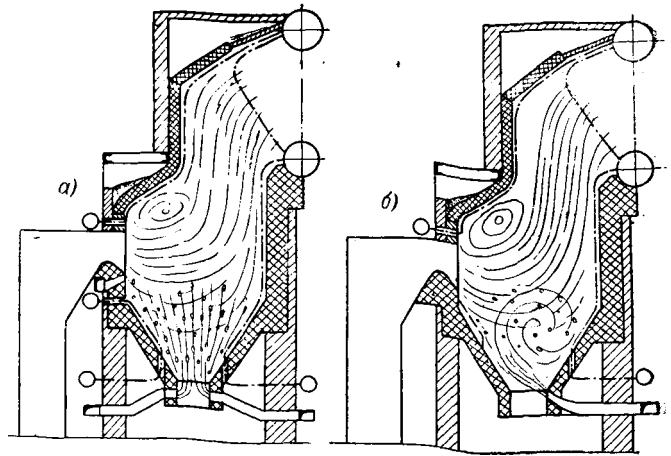


Рис. 1. Подвод вторичного воздуха под холодную воронку. а — по схеме ВТИ; б — по схеме станции.

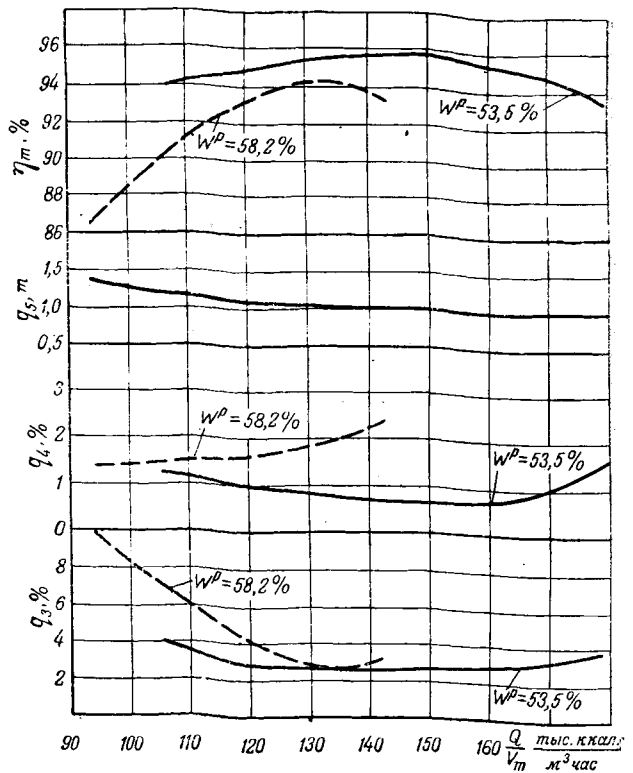


Рис. 2. Характеристика работы топки (по данным испытаний) при подводе воздуха под холодную воронку по схеме станции.

Результаты испытаний котла на фрезерном торфе при подводе воздуха согласно рис. 1,6

Наименование величин	17/II	18/II	18/II	12/III	27/II	25/II	26/II
Рабочая влажность фрезерного торфа, %	52,81	53,37	53,47	54,35	58,51	57,88	57,89
Рабочая зольность фрезторфа, %	6,61	5,62	5,74	5,01	8,97	4,0	4,0
Теплотворная способность фрезерного торфа, ккал/кг	1 849	1 805	1 784	1 767	1 580	1 579	1 579
Паропроизводительность котла, т/час	17,6	22,1	25,7	28,1	15	21,5	22,8
Содержание CO ₂ за котлом, %	9,75	13,30	13,64	15,33	11,34	14,77	15,10
Содержание CO ₂ за установкой, %	8,62	10,90	12,60	14,33	10,04	13,60	13,95
Избыток воздуха за котлом	1,61	1,40	1,32	1,22	1,55	1,265	1,245
Избыток воздуха за установкой	2,15	1,72	1,5	1,3	1,74	1,4	1,36
Температура уходя газов, °С	174	185	199	229	170	211	216
Температура горячего воздуха, °С	239	250	264	298	233	278	286
Теплонапряжение толочного объема, т/ккал/м ³ час	110,0	129,0	160,0	174,5	98,4	134,5	140,5
Потеря с уходящими газами, %	15,46	14,4	15,7	14,4	14,8	14,8	14,9
Потеря от химического недожога, %	3,45	2,68	2,9	3,56	8,8	2,76	3,28
Потеря от механического недожога, %	1,153	0,838	0,793	1,348	1,405	2,018	2,3
К. п. д. котла брутто, %	77,63	79,88	78,61	78,69	72,69	78,27	77,47

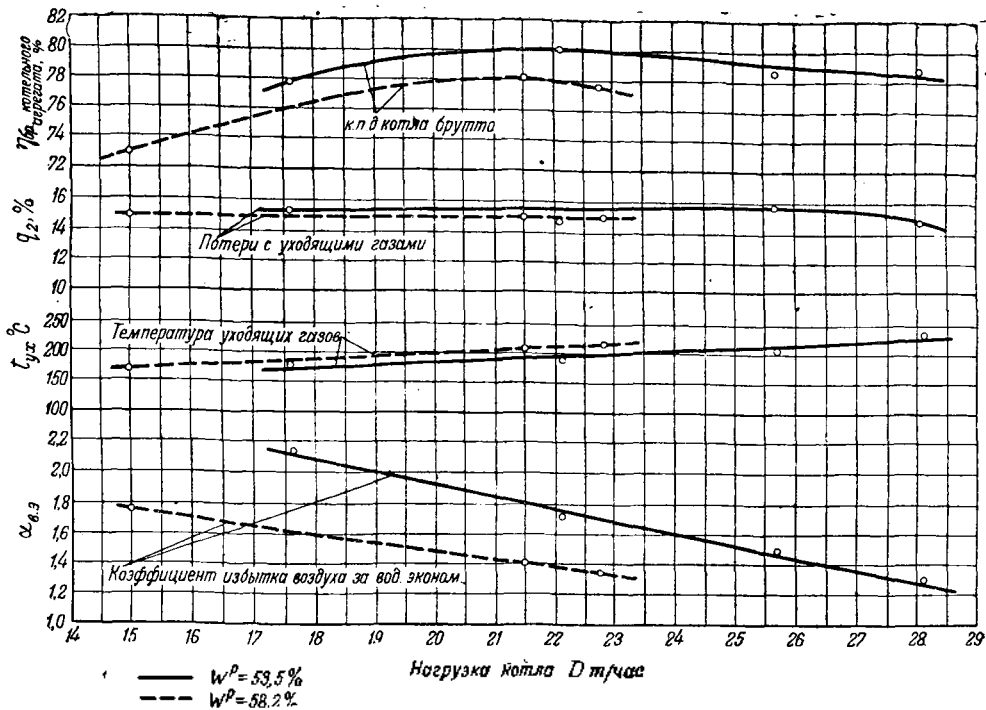


Рис. 3. Характеристика работы котельного агрегата.

схеме подводом горячего воздуха с температурой до 300° С обеспечил сжигание фрезерного торфа с влажностью до 58,2% без снижения производительности котла. Летом при сжигании сухого фрезерного торфа с $W^p = 45\%$ шлакования холодной воронки не происходило.

Подачу вторичного воздуха через холодную воронку рекомендуется осуществлять в количестве 20—25% от общего расхода воздуха, направляя в мельницы 75—80%. Скорость воздуха в устье холодной воронки должна составлять 5—6 м/сек. В 1949 г. подвод воздуха под холодные воронки на всех агрегатах станции был переделан по схеме станции.

Изложенное выше позволяет сделать следующие выводы:

1. При сжигании фрезерного торфа в топке с шахтными мельницами подвод вторичного воздуха можно производить только в холодную воронку.
2. Передний скат холодной воронки не нужно экранировать, а выполнять с порогом (рис. 1,6).
3. Воздух, подаваемый в холодную воронку, следует направлять по переднему скату, как показано на рис. 1,6.
4. Скорость воздуха в устье холодной воронки должна составлять 5—6 м/сек при температуре воздуха 300° С;

минимально допустимой температурой следует считать 250° С.

Инж. Р. И. Эстеркин
ОТ РЕДАКЦИИ

Недостатки схемы подвода воздуха в топку с шахтными мельницами, выявленные на описанной т. Эстеркиным установке, могли являться следствием каких-либо обстоятельств местного порядка, так как на ряде других установок схема подвода воздуха в топку с шахтными мельницами, разработанная ВТИ, дала благоприятные результаты.

Редакция обращается с просьбой к эксплуатационному персоналу электростанций, на которых работают топки с шахтными мельницами, выполненные по схеме ВТИ, поделиться своим опытом эксплуатации этих топков.

Затяжка болтов, крепящих фланцы цилиндров паровых турбин

При ремонтах часто случаются поломки крепежных фланцев цилиндров паровых турбин из-за неправильной затяжки и отвертывания их. Наблюдаются также и пропаривания

вания плоскости разъема цилиндра вследствие неправильной затяжки болтов.

Практикуемая на электростанциях затяжка болтов и шпилек при помощи рычага длиной 4—5 м и с применением усилий 4—5 чел. не обеспечивает в должной мере равномерности затяжки. На некоторых электростанциях для уменьшения количества персонала, занятого на затяжке и отвертывании болтов и шпилек, приспособляли для этой операции мостовой кран машинного зала (через блок); в других случаях изготовляли специальный гидравлический домкрат, заменяющий усилие 5—10 чел., и т. п. Однако, все эти способы мало привились из-за неудобства их применения и недостаточной экономии при этом рабочей силы.

Здесь уместно напомнить, что отечественные заводы для фланцев цилиндров высокого давления изготовляют специальные просверленные болты и шпильки, позволяющие осуществлять подогрев при их затяжке и отвертывании. Однако, наш эксплуатационный и монтажный персонал к подогреву болтов при затяжке часто не прибегает, не используя, таким образом, преимуществ данной конструкции.

Следует во всех случаях, где позволяет конструкция, решительно отказаться от затяжки и отвертывания болтов и шпилек по старому «холодному» методу. При этом надлежит соблюдать следующее:

1. Точно установить материал болтов или шпилек, руководствуясь маркировкой по данным лабораторного исследования или записям завод-изготовитель.

2. При отсутствии на станции специальных инструкций от завода-изготовителя турбины по подогреву и затяжке болтов (для отечественных машин эти инструкции могут быть затребованы от заводов) следует, определив предел текучести материала болтов и шпилек, произвести расчеты получающихся напряжений растяжению с учетом усилий от предварительной холодной затяжки, от «горячей» затяжки и от давления пара в цилиндре¹.

3. Для обеспечения равномерности прилегания фланцев следует произвести предварительную холодную затяжку всех болтов или шпилек.

4. Предварительное (холодное) и окончательное (с подогревом) крепление болтов и шпилек следует начинать от середины цилиндра во избежание неплотного прилегания фланцев в середине цилиндра.

5. Отвертывание болтов и шпилек производить наоборот — от концов цилиндра к его середине.

6. Перед окончательной затяжкой болтов и шпилек произвести их подогрев газосварочной горелкой, мощной паяльной лампой или специальным электрическим нагревателем. Во время подогрева гайку не следует поворачивать.

7. После подогрева болт или шпильку немедленно затянуть усилием одного человека при помощи ключа.

8. При отвертывании болтов или шпилек производить подогрев до тех пор, пока гайка с наложенным на нее ключом не тронется с места от усилия одного человека.

9. Если гайка, несколько отвернувшись, заедает, то нужно подогреть ее интенсивным пламенем.

Инж. Г. Г. Лилиенталь

¹ Суммарное растягивающее напряжение в болтах и шпильках не должно превышать $0,5\sigma_s$ (предела текучести). Для болтов, работающих при высокой температуре ($> 450^\circ\text{C}$), следует выбирать напряжения на условиях допустимой скорости ползучести, которую можно принимать $\dot{\epsilon} = 10^{-8}$ мм/мм в час. Определив таким образом напряжение, вычисляя необходимую величину температурного удлинения болта при «горячей» затяжке и угол дополнительного поворота гайки после предварительной «холодной» затяжки. Ред.

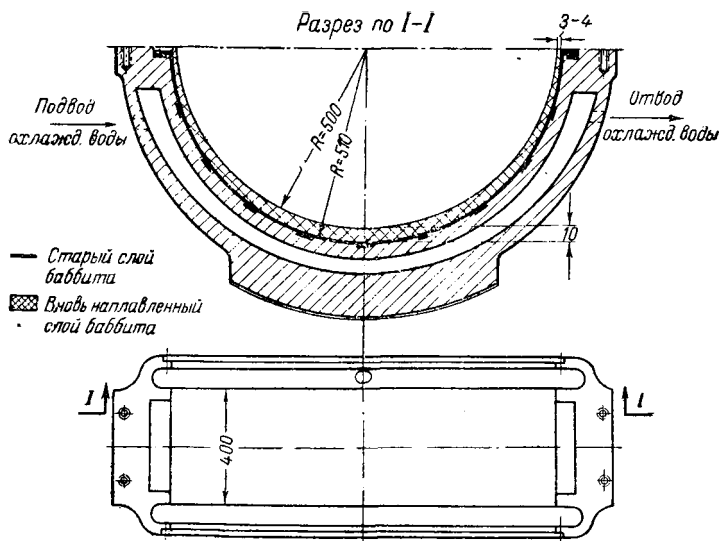
Восстановление баббита подшипников методом наплавки

При ремонте углеразомольной шаровой мельницы типа 487/510 у коренного подшипника был обнаружен большой износ баббита.

Автором был предложен метод наплавки баббита газовой горелкой на оставшуюся часть неповрежденного баббита, что и было осуществлено. При этом было израсходовано всего лишь 45 кг баббита вместо 240 кг, требовавшихся при полной перезаливке. Трудозатраты также были меньше, чем при перезаливке.

Работа была выполнена следующим образом.

Подшипник, подлежащий наплавке, обезжиривался, после чего рабочая поверхность баббита зачищалась шабером; охлаждающая рубашка подшипника заливалась водой, которая при ее обмене обеспечивала поддержание температуры корпуса равной $45\text{--}60^\circ\text{C}$, т. е. на уровне температуры подшипника в рабочем состоянии (см. рисунок).



Температуру корпуса подшипника при наплавке можно контролировать ртутным термометром или термопарой. Во избежание сползания вновь наносимого слоя баббита наплавляемые участки подшипника должны занимать горизонтальное положение; установка подшипника в необходимое положение легко осуществляется газосварщиком, производящим наплавку с помощью тали. Время для наплавки одним газосварщиком 600 см^2 рабочей поверхности на толщину 10 мм составило 16 час.

После проточки наплавленного подшипника его рабочая поверхность оказалась чистой (без раковин).

Ф. Е. Дасаев

Регулировка пружинных предохранительных клапанов

На ряде электростанций имеются котлы, снабженные пружинными предохранительными клапанами, схематически показанными на рис. 1. Часть клапанов устанавливается на барабане котла, а часть — на пароперегревателе. Ниже приводится проверенный на практике метод регулировки этих клапанов.

В соответствии с «Правилами технической эксплуатации» контрольный клапан настраивается на 103% от рабочего давления пара в котле, а остальные — на 105% от этого давления.

При регулировке каждого клапана подбираются: 1) давление пара, при котором клапан начинает подниматься; 2) давление при полном подъеме клапана; 3) давление, при котором клапан закрывается.

В первую очередь регулируются клапаны, установленные на барабане котла, которые должны начать работать (открываться) при более высоком давлении. Остальные клапаны должны быть в это время заклинены. По окончании регулировки клапанов на барабане регулируются клапаны на перегревателе.

На рис. 2 показано регулировочное устройство клапана. Устройство для подбора давления, соответствующего началу подъема клапана, и действующее путем изменения степени сжатия пружины 7, показано на рис. 2а. Величина этого давления подбирается помощью регулировочной втулки 4. Регулировка клапана на давление, при котором происходит закрытие клапана, производится установкой муфты 11. Для этой цели на муфте имеется 20 отверстий, расположенных на ее поверхности по винтовой линии (рис. 2б). Шаг этой винтовой линии равен шагу нарежки

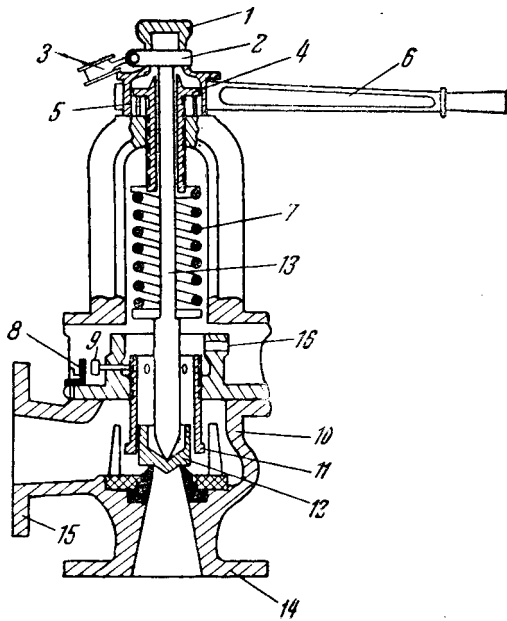


Рис. 1. Пружинный предохранительный клапан.

1 — защитный колпак; 2 — чека; 3 — замок; 4 — регулирующая втулка; 5 — дистанционное кольцо; 6 — рычаг для ручного опробования; 7 — пружина; 8 — предохранительный угольник; 9 — стопорный болт; 10 — корпус; 11 — регулирующая муфта; 12 — клапан; 13 — шток клапана; 14 — фланец для присоединения к котлу; 15 — фланец для присоединения к выходной трубе; 16 — отверстие для выпуска просочившегося пара.

муфты. Положение муфты фиксируется с помощью штифта 9, устанавливаемого в одно из отверстий А, Б, В, Г корпуса (рис. 2, в).

Грубая, первоначальная регулировка производится путем перестановки штифта 9 в отверстиях А, Б, В, Г при одновременном повороте муфты. Более точная регулировка осуществляется поворотом муфты на $1/20$ оборота с фиксацией положения на соседнем отверстии.

При повороте против часовой стрелки муфта 11 поднимается и увеличивает высоту проходного сечения H (рис. 2, г). Это приводит к уменьшению разности между давлением, при котором клапан начинает открываться, и давлением, при котором он закрывается, т. е. к уменьшению продолжительности продувки. Регулировкой необходимо достигнуть того, чтобы эта разность давлений была равной 1 ат. Практика показывает, что для этого обычно бывает достаточно двух отверстий (Б и В).

Регулировка клапанов производится на котле, отсоединенном от паровой магистрали. Уровень воды в барабане при этом в течение всего времени регулировки поддерживается на низшем рабочем горизонте.

Форсировка точки осуществляется с таким расчетом, чтобы при подъеме клапана количество пара оставалось постоянным и было не ниже пропускной способности клапана.

Процесс регулировки клапана сводится к следующему: давление пара в котле поднимается до величины, отличающейся не более чем на $\pm 0,3$ ат от давления, на которое должен быть настроен клапан. Изменением затяжки пружины 7 добиваются того, чтобы при этом давлении клапан начал открываться. Момент начала открытия клапана узнается по звуку (шипению), издаваемому паром. Для повышения давления, соответствующего началу открытия клапана, пружина 7 поджимается путем ввертывания втулки 4.

Отрегулировав начало открытия клапана, приступают к регулировке разности давлений, соответствующих моменту начала открытия и моменту закрытия клапана. Для этого продолжают повышение давления в котле, регистрируя его величину в момент мгновенного подъема клапана до упора. После этого снижают давление и замечают момент закрытия клапана (это давление ниже давления в момент начала открытия клапана).

При первой, грубой настройке не рекомендуется поворачивать муфту 11 за один прием более чем на два отверстия. Для более тонкой настройки муфту следует перемещать на одно отверстие.

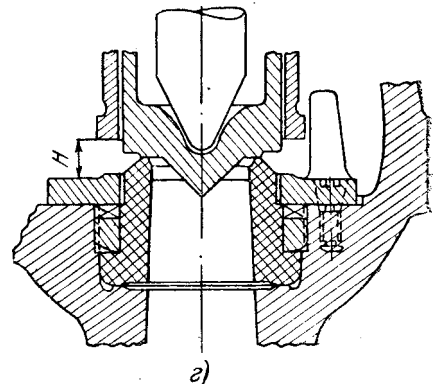
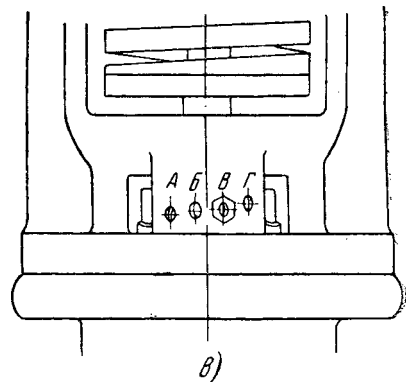
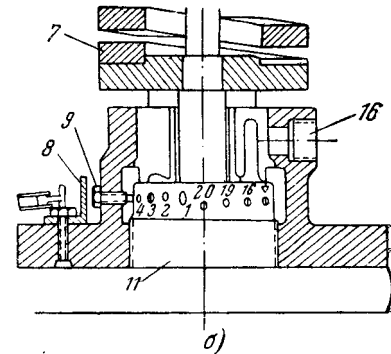
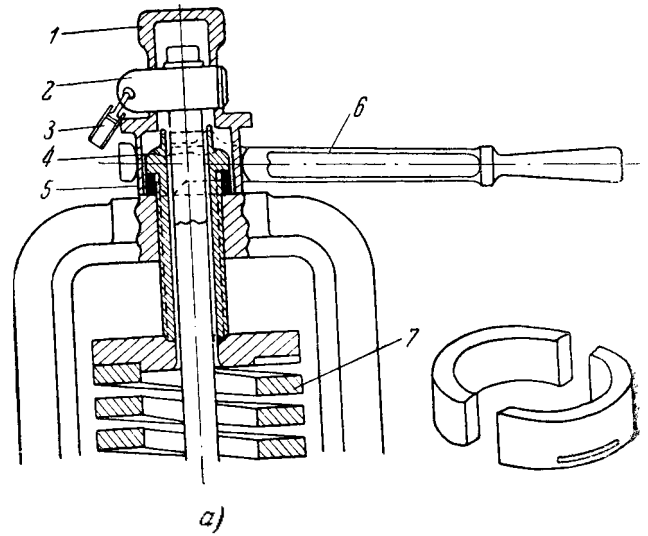


Рис. 2. Детали пружинного предохранительного клапана. Обозначения те же, что и на рис. 1.

После перестановки регулировочных органов работа топки снова форсируется, и все операции повторяются в описанной последовательности.

Достигнув удовлетворительных результатов, следует фиксировать положение регулировочных органов клапана. Для этого расстояние между опорными бортами втулки 4 и обоймы замеряется и по этому размеру вытачивается дистанционное кольцо 5, которое разрезается на две половины и вставляется на место. После этого втулка 4 окончательно зажимается и устанавливается на место чека 2 с замком. Положение муфты 11 фиксируется путем ввертывания штифта 9 и установки угольника 8 с замком для закрепления муфты.

Для удобства работы рекомендуется вести журнал регулировки клапанов, записывая результаты наблюдений в таблицы. В качестве примера ниже описан процесс регулирования клапана.

Операция 1. Определяется давление, при котором клапан начинает открываться. В данном случае оно оказалось равным 35,30 ат вместо 34 ат. Пружина 7 ослабляется.

Операция 2. Излишне велика разность между давлениями в начале открытия и при закрытии клапана. Муфта 11 переставляется в положение С-3.

Операция 3. Давление в начале открытия клапана мало, а разность между этим давлением и давлением в момент закрытия велика. Пружина 7 немного поджимается, а муфта 11 переставляется в положение С-5.

Операция 4. Разность между давлениями в начале открытия и при закрытии велика. Муфта 11 переставляется в положение С-7.

Операция 5. Разность давлений все еще велика. Муфта 11 переставляется в положение С-8.

Операция 6. Настроенные давления близки к заданным значениям. Производится подкорректировка путем поджатия пружины 7.

Операция 7. Контрольное опробование фиксирует полное соответствие окончательных результатов заданным. Расстояние между опорными бортами втулки 4 и «обоймой» оказалось равным 15,86 мм.

Результаты наблюдений сведены в таблицу.

Номер операции	Давление пара в начале подъема клапана	Давление пара при полном подъеме	Давление в момент закрытия клапана	Положение регулировочной муфты	Разность давлений в начале открытия и в момент закрытия	Произведенная операция
1	35,30	—	—	С-1	—	Пружина 7 ослаблена
2	34,20	34,70	32,10	С-1	2,10	Муфта 11 переставлена в положение С-3
3	33,95	34,50	32,55	С-3	1,40	Пружина 17 поджата. Муфта 11 поднята до С-5
4	34,60	35,00	33,25	С-5	1,35	Муфта 11 поднята до С-7
5	34,40	34,70	33,20	С-7	1,20	Муфта 11 поднята до С-8
6	33,90	34,40	32,86	С-8	1,04	Пружина 7 поднята на 1/12
7	34,00	34,40	33,00	С-8	1,00	

Инж. Г. Х. Астапович

Паровой сифон в котельной передвижной электростанции

Топка котельного агрегата паропроизводительностью 29,5 т/час передвижной электростанции работает под давлением. Необходимый для сжигания топлива (мазута) воздух подается под давлением до 210 мм специальным турбовентилятором. Дымовая труба не рассчитана на создание тяги, необходимой для удаления продуктов сгорания.

Турбовентилятор производительностью 45 000 м³/час при числе оборотов турбины 7 000 об/мин и связанного с ней через редуктор вентилятора 1 400 об/мин расходует 600 кг/час пара и в отличие от других вспомогательных агрегатов котла (топливный насос, питательный насос) не резервируется.

Таким образом, различные неполадки с этим агрегатом могут привести к остановке всей станции.

На одной из передвижных электростанций для обеспечения бесперебойной работы котла при остановках турбовентилятора был изготовлен и опробован паровой сифон, который создает тягу, достаточную для нормальной работы котла.

Для этой цели на прямоугольную трубу 1 (рис. 1) установлен переходной патрубок 2 и специальная насадка 3 из двух усеченных конусов, совмещенных своими малыми основаниями. На 600 мм ниже горловины этой насадки расположено полое кольцо 4 с вваренными в него восемью соплами, направленными своими выходными отверстиями вертикально вверх (рис. 2). В кольцо подается пар, струи которого по выходе из сопел создают необходимую тягу.

Сифонное устройство рассчитано на работу насыщенным паром давлением 10 ата. При диаметре узкого сече-

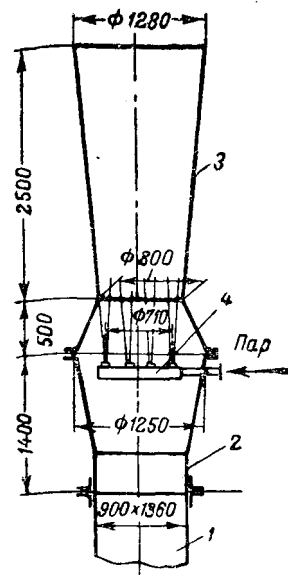


Рис. 1. Схема устройства парового сифона.

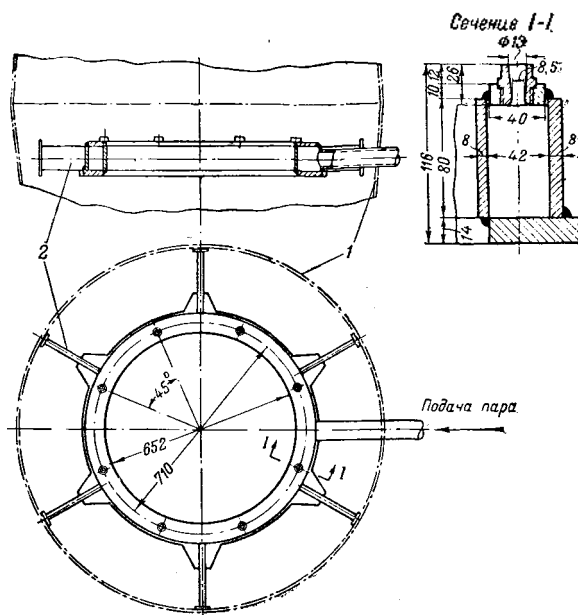


Рис. 2. Сифонное кольцо.

1 — патрубок дымовой трубы; 2 — конструкция крепления сифонного кольца.

ния сопел 8,5 мм и соответствующем расходе пара около 1,5 т/час это устройство может развивать тягу до 70 мм вод. ст., что достаточно для работы при нормальном загрязнении поверхностей нагрева котла.

В случае отсутствия вспомогательного источника пара может быть использован пар из котла самой станции.

Конфигурация и сечения наращиваемой части дымовой трубы рассчитаны таким образом, что дополнительное сопротивление проходу газов при отключенном сифонном устройстве не превосходит (с учетом дополнительной самотяги) 4 мм вод. ст.

Опробование сифона в работе показало вполне удовлетворительные результаты.

Инж. Б. А. Зудин

Олучаи повреждения электрооборудования токами молнии

Случай 1. Во время сильной грозы разрядом молнии расщепило одностоечную деревянную опору линии 3 км на расстоянии 1,5 км от питающей подстанции. До повреждения линия была отключена выключателем ВМ-22, ввод которого был полностью разрушен на одной фазе прошедшей волной (рис. 1)¹.

Осколки фарфоровой рубашки разлетелись во все стороны на расстояние 20—25 м. Бакелитовая намотка на токопроводящем стержне разорвалась.

Повреждение произошло ввиду отсутствия противогрозовой защиты линии, предусмотренной «Руководящими указаниями по грозовой защите».

Случай 2. Во время грозы был разрушен лнейный ввод на одной фазе отключенного выключателя ВМ-35. Характер разрушений показан на рис. 2.

Фарфоровая рубашка разлетелась на мелкие куски, отброшенные на 20—25 м от места установки выключателя. Бакелитовая конденсаторная намотка на токоведущем стержне ввода разорвалась как под фарфоровым чехлом вне бака выключателя, так и внутри выключателя в трансформаторном масле. Разорванные слои бакелитовой бумаги имеют слабую заопченность. Фланец ввода чистый — оплавлений не имеет.

Противогрозовая защита подхода состояла из четырех комплектов трубчатых разрядников, установленных на опорах № 1, 4, 7, 8. Величина сопротивления заземления разрядников на опоре № 1 достигала 100 ом; на остальных опорах колебалась в пределах 15—20 ом.

Сильный разряд попал в провода линии между опорами № 1 и 4. На опоре № 4 током молнии разорвало фибробакелитовый разрядник типа РТ- $\frac{35}{0,8-5}$. Разрыв фибры и бакелита произошел в области внутреннего искрового промежутка (рис. 3).

На внутренних и внешних электродах никаких следов оплавления нет. Края разорванной фибры и бакелита ожогов не имеют. Вследствие недопустимого сопротивления заземления на одной опоре токи молнии не были отведены в землю и вызвали тяжелое повреждение ввода.

Случай 3. Во время сильной грозы загорелась анкерная деревянная опора типа АД-103 г (№ 110) на линии 110 кВ без троса.

Линия со стороны грэс была отключена направленной защитой от замыканий на землю с временем $t = 0,7$ сек., а со стороны подстанции — защитой от замыканий на землю со временем $t = 1,7$ сек.

При расследовании аварии обнаружены следующие повреждения (рис. 4).

- 1) сильно подгорели обе стойки «азика» опоры;
- 2) в местах соприкосновения с подтраверсными брусками перегорела полностью двойная траверза из пропитанного антисептиком леса;
- 3) сгорели подтраверзные бруска из пропитанного леса;

4) трубчатые разрядники типа РТ- $\frac{110}{1,2-7}$, установленные на двух фазах этой опоры, разорваны;

5) перекрыта гирлянда из семи изоляторов типа П-4,5 одной фазы (повреждения изоляторов оказались незначительными и гирлянда еще 2 мес. находилась в эксплуатации);

6) на соседней опоре (№ 109) сработали трубчатые разрядники на всех трех фазах, причем у разрядника, установленного на фазе с перекрытой гирляндой, вырвало заглушку резервуара вместе с внутренним электродом.

Сопротивление заземления опоры № 110—25 ом.

Протекание аварии представляется в следующей последовательности:

Произошел сильный грозовой разряд в провод с перекрытой гирляндой, между опорами № 110 и 109, с последующим перекрытием всех трех фаз на опоре № 110.

Токами молнии большой силы разрушило трубчатые разрядники на опорах № 110 и 109.

В пользу этого предположения можно указать, что ток трехфазного короткого замыкания с учетом постоянной со-

ставляющей не превышает 4500 а, т. е. значительно ниже верхнего предела тока, разрываемого разрядником.

Характер разрыва фибробакелитовой трубки (совершенно отсутствуют ожоги в местах разрыва) указывает на наличие больших механических сил, вызвавших разрушение разрядников.

Приварку вырванного электрода у разрядника опоры № 109 следует считать дефектной.

Разрушенный разрядник (на опоре № 110) дуги не погасил, и она установилась между проводом и заземляющим спуском. Вследствие этого дуга обожгла изоляторы и зажгла траверзу. Линия отключилась, но тут же была включена и осталась в работе.

Траверза продолжала гореть, причем пожар распространился на стойки. Когда траверза обломилась, провод, падая, зацепился за болт d и токами утечки были выжжены прилегающие части стойки. После выпорания болта провод упал на землю и линия окончательно отключилась. Существенно отметить, что пропитанная траверза зажглась при сравнительно кратковременном действии мощной дуги (около 2 сек.).

Пожар продолжался до прибытия пожарной команды.

Случай 4. В одну грозу разрушило 25 трубчатых разрядников типа РТО - $\frac{35}{0,2-2}$.

Токи короткого замыкания в месте их установки соответствовали данным (1,2—1,7 ка).

У многих разрядников разрывы трубки произошли не в области горения дуги (между внутренними электродами), а оторваны заглушенные концы разрядников. Внутренние стенки газогенерирующей полости совершенно чистые, а электроды не оплавлены.

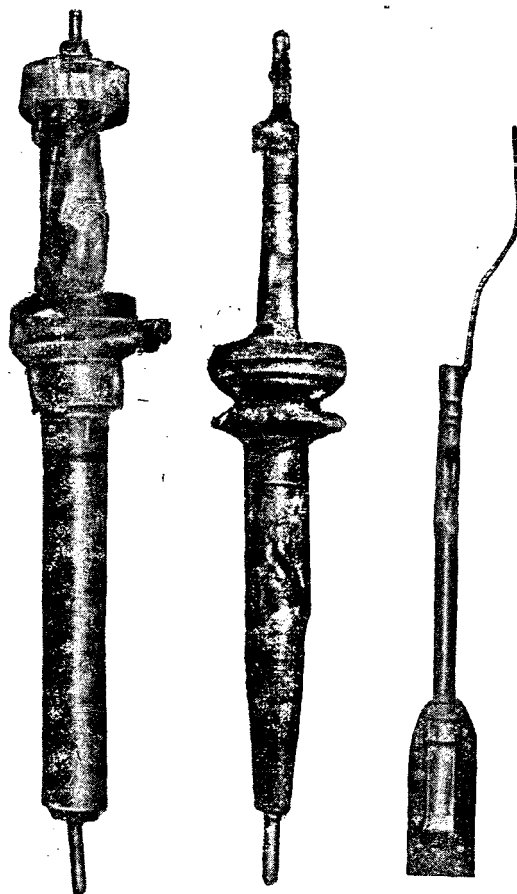


Рис. 1.

Рис. 2.

Рис. 3.

Характер повреждения дает основание предполагать, что разрушения были вызваны импульсными токами ввиду недостаточной прочности разрядников при динамических нагрузках. Вывод этот подтверждается специальными опытами, проведенными в ВЭИ². Оказалось, что разрядники

¹ Ввод имеет ребристый фарфоровый чехол и предназначен для наружной установки.

² В лаборатории перенапряжений под руководством канд. техн. наук А. А. Аюпяна.

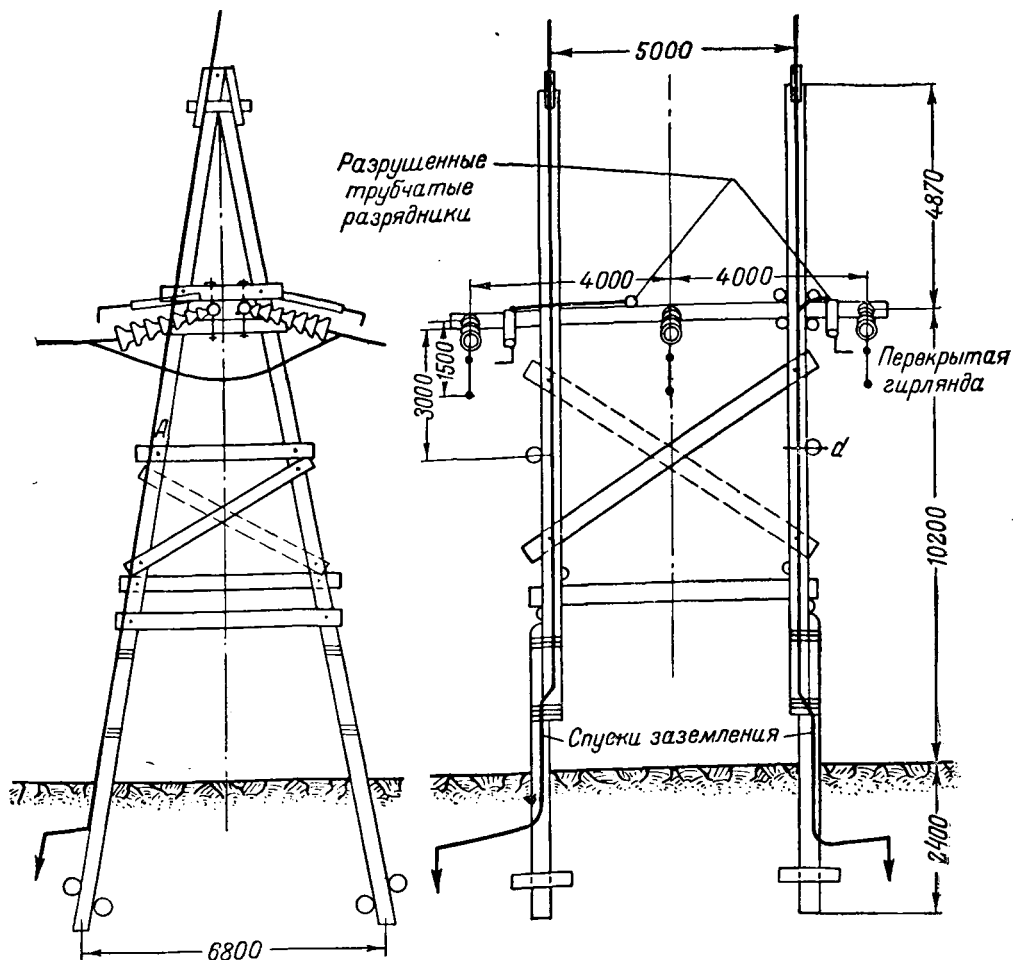


Рис. 4.

из органического стекла типа РТО- $0,2-2$ разрушаются импульсными токами с амплитудой 8—10 кА при волне длиной 150 мксек.

Фибробакелитовые — обладают значительной большей прочностью; так разрядники типа А-110-7 (производства Мосэнерго) разрывались лишь при токе 70 кА и волне 150 мксек. Столь мощные воздействия являются практически очень редкими.

Выводы

1. Токи молнии могут производить тяжелые повреждения отключенного электрооборудования подстанций при невыполнении требований руководящих указаний.

2. Фибробакелитовые трубчатые разрядники весьма надежны и могут повреждаться импульсными токами только при особенно мощных ударах, практически крайне редких.

3. Трубчатые разрядники из органического стекла в силу их недостаточной устойчивости к динамическим нагрузкам часто разрушаются токами молнии, если даже разрядники правильно выбраны по разрываемому току промышленной частоты.

4. При изыскании новых газогенерирующих материалов для трубчатых разрядников нужно считаться с опасностью ударной динамической нагрузки.

Инж. П. А. Юриков

Усовершенствование электрической блокировки высоковольтных выключателей

В настоящее время широкое распространение получила блокировка от «прыгания» выключателей, осуществляемая при помощи контактной системы, которая связана с

сердечником катушки отключения. При обесточенной катушке отключения контактный диск, укрепленный на сердечнике этой катушки (рис. 1), замыкает нижние контакты, через которые заводится цепь включения. При срабатывании катушки отключения, от ключа управления или от защиты контактный диск, подтягиваясь вместе с сердечником, размыкает нижние контакты в цепи включения и замыкает верхние контакты. При этом, если на катушку включения подан непрерывающийся импульс от ключа управления или от каких-либо устройств автоматики, то этот импульс поступает на катушку отключения, которая самоудерживается до прекращения импульса.

Такой способ блокировки обладает следующими недостатками:

1. Понижается надежность цепи включения вследствие неудачного конструктивного исполнения контактов у выключателей как отечественного, так и иностранного изготовления. В эксплуатации часто происходит нарушение цепи включения на указанных контактах, что вызывает задержку в проведении операции дежурным персоналом. Широкое внедрение устройств автоматического включения резерва (АВР) и автоматического повторного включения

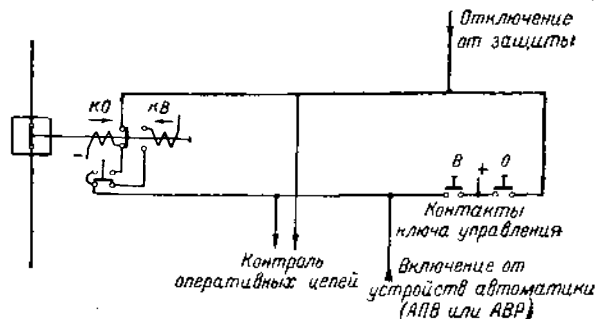


Рис. 1.

(АПВ) влечет за собой повышение требований к надежности цепи включения.

Наличие постоянного контроля исправности цепи включения эффективно только при включении выключателей от ключа управления и от АВР. При включении от АПВ постоянный контроль неэффективен, так как за время с момента отключения выключателя до его автоматического повторного включения дежурный персонал не может принять мер к восстановлению цепи включения, если и успеет обнаружить ее нарушение.

2. Самоудерживание катушки отключения в сработавшем состоянии представляет опасность для самой катушки отключения вследствие ее термической неустойчивости. Самоудерживание катушки отключения ничем не сигнализируется, и случаи ее повреждения в эксплуатации имеют место.

Приведенные выше недостатки могут быть устранены путем усовершенствования блокировки, сущность которого заключается в следующем.

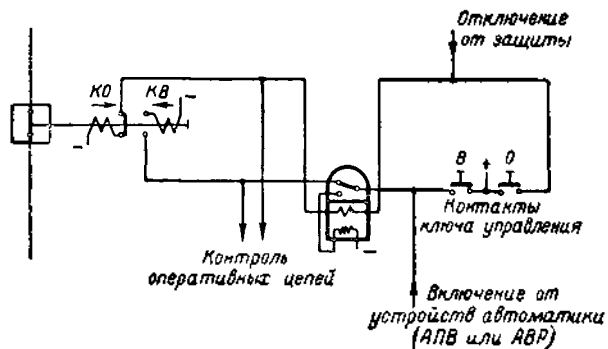


Рис. 2.

На панели управления выключателем устанавливается двухобмоточное промежуточное реле (например ЭП-107), включенное согласно схеме рис. 2. Через нормально замкнутый контакт этого реле заводится цепь включения выключателя от ключа управления и от автоматических устройств. Серийная обмотка промежуточного реле обтекается током катушки отключения, так что реле срабатывает при каждом дистанционном отключении выключателя (как от защиты, так и от ключа управления). При этом, если на катушку включения подан непрерывающийся импульс, то реле самоудерживается своей шунтовой обмоткой до прекращения импульса.

Испытания схемы, приведенной на рис. 2 в ЦНИЭЛ МЭС, дали положительные результаты.

Для ее выполнения была произведена переделка реле типа ЭП-101 с номинальным напряжением 110 в. Число витков обмотки этого реле уменьшено с 20 000 до 16 000 и намотана дополнительная (серийная) обмотка из 100 витков проводом ПЭ-1,2. Ток трогания реле при действии одной серийной обмотки равен 4 а, сопротивление дополнительной обмотки ~ 0,25 ом.

При длительном включении шунтовой обмотки на напряжение 110 в (в течение 1 часа) перегрева не было замечено. Термическая устойчивость серийной обмотки проверялась током 20 а в течение 2 мин. и перегрева также не было.

Указанное исполнение обмотки может применяться для выключателей, катушки отключения которых срабатывают при токе от 4 до 15 а при нормальном напряжении, т. е. почти во всех случаях.

При других значениях тока срабатывания отключающих катушек легко можно подобрать необходимое число витков серийной обмотки промежуточного реле.

Преимущества нового способа выполнения блокировки «от прыгания» по сравнению с блокировкой, применяемой в настоящее время, заключаются в большей надежности цепи включения выключателя и в отсутствии опасности повреждения катушки отключения.

Известным недостатком этого способа является потребность в дополнительном оборудовании (промежуточное реле). Однако, увеличение надежности цепи включения в ряде случаев является столь важным, что установка одного промежуточного реле вполне оправдывается. Тем более она

оправдывается на присоединениях, где применяется АПВ, так как при этом существенно упрощается схема устройства АПВ и повышается эффективность его применения.

Инж. М. М. Богина
и канд. техн. наук М. И. Царев

Контроль работы линейных обходчиков

Контроль за работой обходчиков в энергосистемах не всюду достаточно хорошо организован.

В одном сетевом районе применен способ контроля обходчиков при помощи отметчика (рис. 1), который укрепляется на стойке опоры на доступной для взрослого высоте от земли. Отметчик устанавливается на всех опорах, требующих особого контроля: в трудно доступных участках, в начале и в конце линии и на промежуточных — через несколько опор.

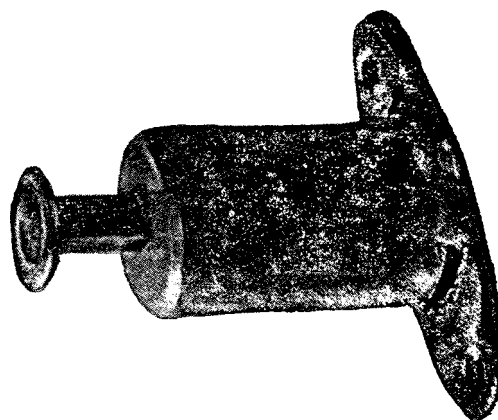


Рис. 1.

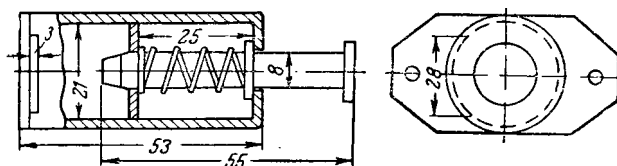


Рис. 2.

Отметчик, как показано на рис. 2, состоит из трубки диаметром $\frac{3}{4}$ —1" с заделанными доньями, пружины и бойка, в торце которого высечена цифра или буква (различные для разных отметчиков).

Обходчик перед выходом на линию получает вместе с обходным листом жетоны из плотной бумаги или картона размером $1,5 \times 4$ см, с отпечатанным типографским способом номером линии, в количестве, в 4 раза меньшем, чем число установленных отметчиков на линии. По прибытии к первой опоре с отметчиком обходчик закладывает в щель прибора жетон и пробивает один конец его легким ударом руки по выступающей части бойка; другой конец этого же жетона аналогично пробивается на следующей опоре с отметчиком и затем обходчик переворачивает жетон на другую сторону. Таким образом, жетон используется 4 раза.

По возвращении на линейный пункт обходчик сдает вместе с донесением и пробитые жетоны. Действительность обхода линий, таким образом, устанавливается по числу пробитых знаков на жетонах.

При сдаче донесения на последнем делается отметка, что жетоны сданы полностью, после чего они уничтожаются.

Отметчики изготавливаются из отходов, конструкция их очень проста и надежна, а детали при массовом изготовлении штампуются. Установка отметчика щелью вниз и с некоторым наклоном защищает щель от попадания снега и дождя.

Инж. В. Г. Бобылков



ХРОНИКА

Сессия по вопросам сушки и контроля влажности изоляции электрических машин и трансформаторов

В начале 1950 г. в Москве состоялась научно-техническая сессия по вопросам сушки и контроля влажности электрических машин и трансформаторов, созванная МОНИТОЭ совместно с Министерством электростанций и Министерством электропромышленности. На сессии было заслушано 8 докладов и несколько сообщений.

Лауреат Сталинской премии, канд. техн. наук т. Сыромятников (Техотдел МЭС) выступил с докладом «Сушка и контроль влажности изоляции электрических машин и трансформаторов», в котором было сказано о большом опыте, накопленном энергосистемами и ЦНИЭЛ МЭС за последние годы по сушке трансформаторов без масла и электрических машин в неподвижном состоянии методом потерь в стали статора и пр. Одновременно в докладе излагались также основные задачи, стоящие перед энергосистемами в части внедрения новых, наиболее эффективных методов сушки электрических машин и трансформаторов и профилактических испытаний изоляции последних.

Инж. Емельянов (Московский трансформаторный завод) сделал доклад «Режим сушки, пропитки и запекания катушек трансформаторов и контроль их влажности», в котором кроме технологии сушки изоляции трансформаторов, применяемой на МТЗ, был также освещен вопрос о методах сушки, применяемых МТЗ на месте установки трансформаторов после их ремонта.

Инж. Коленко (завод «Электросила») сделала доклад «Процессы сушки, пропитки компаундирования изоляции испытания электрических машин». Из этого сообщения следовало, что завод «Электросила», до сих пор рекомендует сушку генераторов производить старым, неэффективным и неэкономичным методом вентиляционных потерь.

Сообщение о технологии производства и сушки изоляции электрических машин, принятых на заводе ХЭМЗ сделала инж. Скорик.

Канд. техн. наук т. Калитвянский (ВЭИ) выступил с докладом, посвященным вопросам технологии производства, пропитки и сушки изоляции электрических машин и трансформаторов и внедрению новых видов изоляции.

Инж. Кулаковский (ЦНИЭЛ МЭС) сделал доклад «Емкостный метод контроля влажности электрической изоляции». В своем докладе т. Кулаковский привел основные результаты научно-исследовательской работы, которую ведет ЦНИЭЛ МЭС в части внедрения новых, более эффективных и экономичных методов сушки электрических машин и трансформаторов и обобщения опыта эксплуатации по этому вопросу.

Вопросам сушки трансформаторов и обмену опытом внедрения новых методов сушки и контроля влажности были посвящены также доклады инж. Фуфурина (МКС Мосэнерго), инж. Шелеметьева (Юж. Орггрэс) и сообщение инж. Синицы (МТЗ).

В прениях представителями энергосистем, заводов и других предприятий министерств были затронуты, в основном, вопросы обмена опытом сушки и контроля влажности изоляции электрических машин и трансформаторов. Ряд выступавших подверг критике пассивное отношение завода «Электросила» к вопросам изучения и учета опыта эксплуатации.

Все выступавшие единодушно высказались за необходимость широкого внедрения и повсеместного использования новых методов сушки изоляции электрических машин и трансформаторов.

Сессией принято ряд решений и рекомендаций по повышению качества технологии изготовления изоляции, широкому внедрению новых, эффективных и наиболее экономичных методов сушки и контроля влажности изоляции и о дальнейшем направлении научно-исследовательских работ в этой области.

Реле времени типов РВ-73 и РВ-75

Завод «Энергоприбор» Главэнергозапчасти МЭС начал выпускать новое малогабаритное реле времени для использования в различных схемах релейной защиты и автоматики — типов РВ-73 и РВ-75.

РВ-73 является электромагнитным реле клапанного типа. При срабатывании реле якорь его, поворачиваясь на оси, натягивает две цилиндрические пружины. Одна из пружин приводит в действие подвижный рычаг и связанный с ним часовой механизм, другая служит для возврата якоря в исходное положение при обесточивании катушки реле.

Равномерный ход подвижного рычага обеспечивается анкерным часовым механизмом. При своем перемещении подвижной рычаг производит переключение контактной группы (один нормально разомкнутый и один нормально замкнутый контакты с общей средней точкой). Вместе с контактной группой на подвижной колодке закреплен указатель времени срабатывания, который можно перемещать по шкале. Этим меняется положение контактной группы по отношению к начальному положению подвижного рычага, т. е. задается определенная выдержка времени переключения контактов от момента притягивания якоря.

Реле выпускаются с часовыми механизмами двух ис-

полнений: одним — для регулировки реле на время срабатывания от 0,3 до 6 сек. (разброс не более $\pm 0,2$ сек.) и вторым — для регулировки реле на время срабатывания от 2 до 20 сек. (разброс не более $\pm 0,5$ сек.).

В случае необходимости специальной перерегулировкой может быть получена большая точность на малых выдержках времени путем уменьшения или снятия грузов на анкере. При этом соответственно вся шкала реле будет меньше 6 сек.

Реле времени с выдержкой до 20 сек. предназначаются для схем автоматического управления гидроагрегатами, автоматического повторного включения и других схем автоматики, для которых требуются выдержки времени больше 6 сек., а также для защиты от перегрузки и защиты минимального напряжения двигателей.

Возврат подвижной системы реле и обратное переключение контактов без выдержки времени обеспечиваются благодаря наличию свободного хода (храпового устройства) в часовом механизме. Реле РВ-73 допускает сборку с обратным действием (мгновенное срабатывание при притягивании якоря и срабатывание с заданной выдержкой времени при его отпуске, т. е. при обесточивании реле).

Реле РВ-73 дополнительно может снабжаться второй

переключающей контактной группой (один нормально разомкнутый и один нормально замкнутый контакты с общей средней точкой), не имеющей выдержки времени. Переключение этой контактной группы производится одновременно с перемещением якоря (мгновенные контакты). В реле для длительного включения эти контакты используются для расшунтирования внешнего дополнительного сопротивления. Это реле может быть также снабжено буксирной стрелкой или проскальзывающим контактом с регулируемой выдержкой времени.

Типы исполнений реле РВ-73 приведены в таблице.

Тип реле	Пределы регулирования выдержки времени	Переключающий контакт с выдержкой времени	Буксирная стрелка	Переключающий мгновенный контакт	Проскальзывающий контакт	Термическая устойчивость	Группа цены
РВ-73	0,3—6 сек.	+	—	—	—	3 мин.	I
РВ-73/1	То же	+	—	+	—	То же	II
РВ-73/2	" "	+	—	+	+	" "	IV
РВ-73/3	" "	+	+	+	—	" "	IV
РВ-73/4	2—20 сек.	+	—	—	—	" "	I
РВ-73/5	То же	+	—	+	—	" "	II
РВ-73/6	" "	+	—	+	+	" "	IV
РВ-73/7	" "	+	+	+	—	" "	IV
РВ-73/8	0,3—6 сек.	+	—	—	—	Длительно	III
РВ-73/9	То же	+	+	—	—	" "	V
РВ-73/10	2—20 сек.	+	—	—	—	" "	III
РВ-73/11	То же	+	+	—	—	" "	V

Условные обозначения: плюс — имеется; минус — отсутствует.

Каждое из исполнений реле типа РВ-73 выпускается на напряжение 24, 48, 110 или 220 в постоянного тока.

Реле типа РВ-75 аналогично реле РВ-73 и выпускается в тех же исполнениях, но предназначено для переменного тока 120, 220 или 380 в. Индексы исполнений для реле РВ-73 и РВ-75 одинаковы.

Реле типа РВ-73 и РВ-75 смонтированы на пластмассовом щитке и снабжены пластмассовым кожухом с застекленной передней стенкой. Кожух реле крепится к стойкам щитка двумя винтами, один из которых имеет приспособление для пломбирования. В реле с буксирной стрелкой кожух снабжается еще приспособлением для возврата стрелки без вскрытия реле.

Реле выпускаются как для переднего, так и для заднего присоединения проводов. Для крепления к панели в щитке реле имеются два отверстия с нарезкой. Для переднего присоединения реле снабжается двумя дополнительными пластинками.

Реле в связи с небольшими габаритами имеет ограниченное количество выводов — шесть выводов с одной стороны или восемь выводов, как показано на рисунке. На этом же рисунке показаны габаритные размеры реле.

Потребление реле РВ-73 не более 20 вт.

Время возврата реле и переключения контактов при отпадании якоря не зависит от положения контактов по шкале и составляет (по данным испытаний в лаборатории СРЗ и УТЭП):

возврат механизма реле — 0,12 сек;
размыкание нормально разомкнутого контакта — 0,02 сек;
замыкание нормально замкнутого контакта — 0,05 сек.

Мощность основных контактов реле:

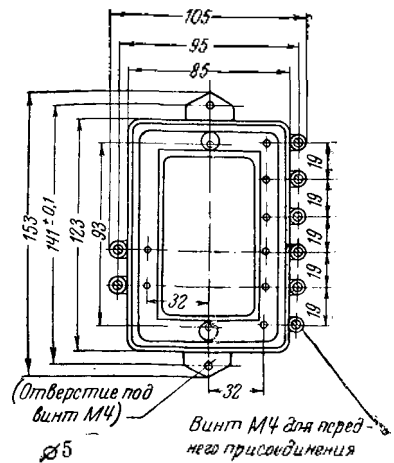
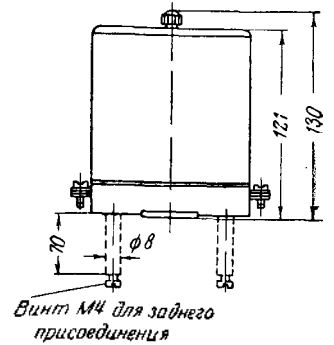
для нормально замкнутого контакта — длительный ток 2 а, ток отключения 0,05 а при 220 в постоянного тока и 0,5 а при 220 в переменного тока;

для нормально разомкнутого контакта — ток включения 5 а, ток отключения 0,3 а при 220 в постоянного тока и 1,5 а при 220 в переменного тока.

Мощность мгновенных контактов реле:

для нормально замкнутого контакта та же, что и для нормально замкнутого основного контакта;

для нормально разомкнутого контакта — ток включения 2 а, ток отключения 0,05 а при 220 в постоянного тока и 0,5 а при 220 в переменного тока.



Моисей Наумович Левитиан

24 марта 1950 г. после тяжелой болезни скончался заместитель управляющего и главный инженер Воронежского энергокомбината Моисей Наумович Левитиан.

Окончив в 1926 г. Харьковский технологический институт, тов. Левитиан до последних дней жизни работал в системе Министерства электростанций. До Великой Отечественной войны он последовательно занимал в Донбассэнерго должности: главного инженера сетевых районов электросети, главного инженера Северодонецкой электростанции и заместителя главного инженера районного управления. В период Великой Отечественной войны М. Н. Левитиан работал в системах Свердловэнерго и Уфимского энергокомбината.

Будучи назначен в 1943 г. главным инженером Воро-



нежского энергокомбината, тов. Левитиан много сил, энергии и инициативы вложил в дело восстановления разрушенной оккупантами энергетики Воронежской области.

За свою деятельность тов. Левитиан был награжден Правительством орденом «Трудового Красного Знамени» и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне». Министерство электростанций отметило плодотворную работу тов. Левитиана, наградив его знаком «Отличник социалистического соревнования НКЭС».

Светлая память о М. Н. Левитиане, внимательном и чутком руководителе и человеке, посвятившем всю свою сознательную жизнь делу советской энергетики, надолго сохранится у всех знавших его.

Ермаков В. С., Дробышев А. И., Угорец И. И., Спирин С. А., Кулев И. Я., Сергеев В. Н., Лаврененко К. Д., Дуб Б. И., Сыроматников И. А., Зайдель В. А., Пеллех М. Б., Кузнецов П. В., Основин И. И., Киселев П. Л., Хазин С. Л., Гурич В. В., Картышев В. Д., Касатников И. Г., Левертов Б. М., Шевелкин И. П., Лошак Б. О., Бланк В. Е., Петров Н. А., Дянгольд А. Н., Сперанский Н. И., Голуб Л. М., Лукьянова Е. В., Магидсон Э. М. и др.

ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Поведение золы в пылеугольных топках

Большим пробелом в исследованиях процессов в области сжигания угля является отсутствие достаточных данных, характеризующих свойства и поведение угольной золы, что объясняется сложностью процессов, происходящих в топке котла от начала воспламенения угля до момента выпадения золы.

Анализ аварий котельных агрегатов показывает, что основное количество их происходит из-за потери тяги, перегрева и выхода из строя элементов пароперегревателей и кипящих труб котла, вызываемого скоплением золы и шлака в газоходах и на поверхности нагрева. В некоторых случаях аварии происходят вследствие нарушения циркуляции в экранных и котельных трубах, что в свою очередь является результатом изменения теплопередачи в местах неравномерных и непредвиденных отложений шлака и золы.

До настоящего времени почти ничего неизвестно о механизме прилипания частиц золы к радиационным и конвективным поверхностям котлов. Нет достаточных данных, характеризующих изменение петрографических составляющих в золе, которые происходят в течение нагрева, и их отношение к «липкости» золы.

В реферируемой статье освещаются следующие вопросы:

- а) основные свойства угольной золы и шлака;
- б) поведение золовых и шлаковых остатков на теплопоглощающих поверхностях;
- в) применение имеющихся данных при разрешении практических проблем, интересующих эксплуатационников и конструкторов в этой области.

Свойства шлаков угольной золы

Состав

Шлаки угольной золы состоят в основном из силиция, алюминия, окиси железа, извести и окиси магния, с небольшим количеством окиси фосфора, титана и щелочных металлов.

Содержание силиция, алюминия и окиси железа в первоначальной золе изменяется в весьма широком диапазоне в зависимости от источников угля. Однако, состав золы и шлака любого угля может меняться в зависимости от процессов, которые происходят в топке. Например, в первоначальной угольной золе было определено содержание мышьяка (As_2O_3) в количестве 0,001%, осадки же на поверхностях нагрева содержали мышьяка до 15%.

Вязкость жидких шлаков

Угольная зола, нагретая до достаточно высокой температуры, подвергается химическим реакциям, которые приводят к образованию жидкого шлака. Вязкость этой жидкости меняется с температурой согласно уравнению

$$\eta^{-Z} = At - B, \quad (1)$$

где η — вязкость, пуазы;
 t — температура, °F;

A , B и Z — параметры.

Параметры Z и A для угольных шлаков практически постоянны и составляют в среднем 0,1614 и 0,000452 соответственно.

Таким образом, если известна вязкость шлака при одной температуре, может быть определена зависимость между температурой и вязкостью жидкого шлака.

Основанная на указанном уравнении номограмма (рис. 1) дает возможность легко определить вязкость жидкого шлака при любой температуре, если известна вязкость при определенной температуре.

Принято характеризовать шлаки в отношении их вязкости при 1425°С (2600° F) — η 2600, не считаясь с тем, находится ли шлак в жидком состоянии при этой температуре или нет.

Метод пользования номограммой состоит в следующем. Шкала C показывает непосредственную зависимость между содержанием SiO_2 и вязкостью жидкости при 1425°С (2600° F). Для того чтобы найти вязкость при любой другой температуре, надо: 1) соединить точку 1425°С (2600° F) на шкале A с желаемым составом или вязкостью на шкале C ; 2) заметить точку пересечения на осевой линии B ; 3) провести прямую от точки желаемой температуры на шкале A через точку пересечения на линии B до шкалы C . Точка соприкосновения прямой со шкалой C будет обозначать вязкость жидкости при новой температуре.

Пример. При 50% SiO_2 вязкость жидкого шлака составляет 10 пуазов. Линия P пересекает осевую линию B в точке R . Линия Q показывает, что вязкость жидкого шлака при 1260°С (2300° F) — 40 пуазов.

Характеристика текучести шлаков при застывании

При охлаждении жидкого шлака вязкость его повышается соответственно уравнению (1). Это повышение вязкости является результатом прогрессирующего изменения в составе вследствие отделения кристаллов, являющихся как бы «подвешенными» при жидком состоянии.

При определенной температуре для жидкого вида шлака аккумуляция кристаллов вызывает резкое изменение в свойстве текучести его. Ниже этой определенной температуры шлак имеет скорее пластические свойства, чем свойства текучести. Указанная температура называется температурой критической вязкости — T_{cv} .

На рис. 2 даны кривые, показывающие критическую вязкость и область пластической вязкости для двух типов шлаков угольной золы. На этой диаграмме видны коренные изменения в свойствах текучести шлаков, наступающие при температурах критической вязкости их.

Представляют также интерес и интервалы между температурой критической вязкости и температурой застывания шлаков. Шлаки, приведенные на рис. 2, в этом отношении весьма различны между собой. Так, шлак X застывает между 1325—1260°С (2420—2300° F), или в пределе 65°С (120° F), а шлак Y — выше предела 150°С (300° F).

Температура критической вязкости и температура застывания являются не только функциями основного состава шлака, но также зависят от окисления железа, находящегося в шлаке. Последнее удобно выразить как «железистость» (ferric percentage), который определяется следующей формулой:

$$\text{«Железистость»} = \frac{100 \cdot Fe_2O_3\%}{Fe_2O_3 + 1,1FeO\%}, \quad (2)$$

что представляет собой процентное содержание общего железа в шлаке, приведенного к Fe_2O_3 .

Рис. 3 показывает влияние состава и «железистости» на T_{cv} шлаков угольной золы, а рис. 4 — то же на температуру застывания. Обе диаграммы даны для шлаков, в которых отношение силиция к алюминию составляет 2, для

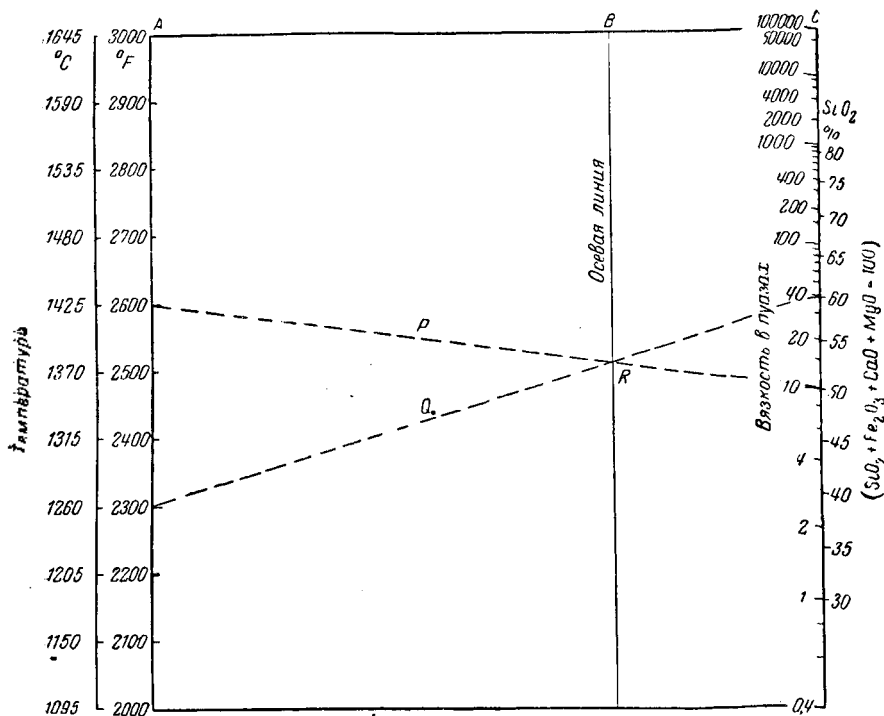


Рис. 1. Вязкости жидких шлаков угольной золы в зависимости от состава и температуры.

эквивалента Fe_2O_3 в пределах от 15 до 40% и содержания $(CaO+MgO)$ от 0 до 20%.

Насколько важно содержание окиси железа в шлаке в отношении его влияния на T_{cv} , показывает рис. 3: при 10% $(CaO+MgO)$ и 40% общего эквивалента Fe_2O_3 , при изменении «железистости» от 15 до 74% — T_{cv} изменяется в пределах 260° C (500° F).

Текучесть шлака угольной золы на стенках топки

Разрез куска шлака, взятого со стены топки, часто дает зрительное указание происходивших процессов. На рис. 5 изображен разрез шлака, взятого со стен экранной топки котла, работающего на давлении 95 kg/cm^2 .

Осмотр этого куска показал, что непосредственно к поверхности трубы примыкает тонкий, пористый неровный слой шлакообразной золы, через который шлак прикреплен к трубе. За ним идет густой пласт черного шлака, имеющего тусклый вид, в котором под микроскопом были видны сформированные кристаллы. Этот слой является наибольшим в шлаковом осадке. Наконец, за этим слоем идет слой плотного шлака, отличающийся своим стрелообразным видом. Граница между этими слоями обычно ярко выражена.

Тот факт, что стекловидная часть шлака находится снаружи, является следствием температурного воздействия на шлак, которое происходило в процессе работы топки, а не следствием остывания шлака, когда топка была погашена.

Последнее предложение привело бы к тому, что изображение шлака, показанное на рис. 5, должно было бы представлять обратную картину.

Так как точка T_{cv} характеризует резкое изменение в физических свойствах шлака (ниже этой точки шлак ведет себя в основном, как твердое тело, в то время как при высоких температурах он течет как жидкость), то есть все основания предполагать, что граница между кристалльным неподвижным слоем и стрелообразным подвижным слоем шлака на стенках топки образуется при температуре критической вязкости, а внешняя сторона стекловидного слоя имеет температуру топки — t_f . Таким образом, между двумя сторонами подвижного слоя шлака имеется температурная разница в несколько сот градусов.

Вязкость жидкого шлака и ее изменение соответственно температуре будет определять толщину жидкого слоя. На толщину слоя шлака влияют, следовательно:

1) температура критической вязкости, поскольку она устанавливает начало плавления и определяет величину твердой части шлака;

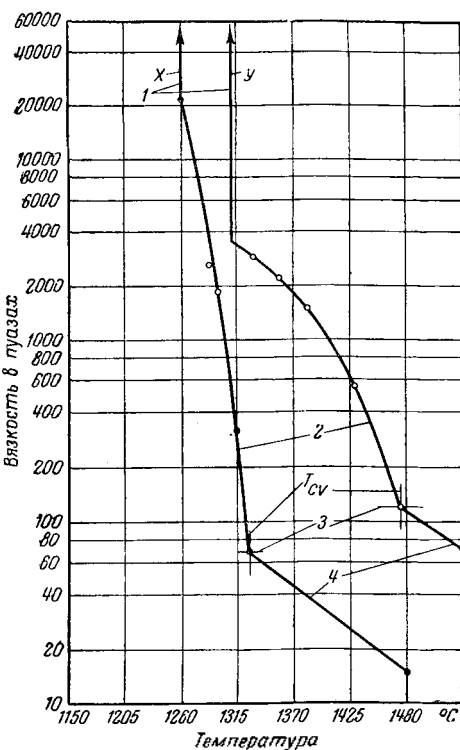


Рис. 2. Критическая вязкость и области пластичности для двух типов шлаков угольной золы.

1 — температура застывания; 2 — пластическая вязкость; 3 — критическая вязкость; 4 — вязкость жидкости; T_{cv} — температура при критической вязкости; X и Y — два типа шлаков с содержанием:

	Шлак X	Шлак Y
SiO_2	42,3%	52,6%
Al_2O_3	22,5%	27,9%
Fe_2O_3	21,4%	14,9%
$CaO + MgO$	13,8%	4,6%

2) относительная зависимость между температурой и вязкостью в жидком слое.

При повышении температуры критической вязкости соответственно увеличивается и неподвижная (твердая) часть шлака, а следовательно, растет и общая толщина отложения. Если при любой заданной температуре вязкость жидкого слоя шлака повышается, то способность плавления шлака понижается и общая толщина отложения растет.

Наибольший интерес представляет вопрос теплопроводности шлака.

Для данной температурной разницы теплопередача через шлак пропорциональна теплопроводности шлака, разделенной на толщину осадка. Для грубых, приближенных подсчетов коэффициент теплопроводности шлака может быть принят в среднем значении $k = 50$ $кал/час м^2 °C$. Приближенно можно допустить, что значение этого коэффициента не зависит от состава, температуры и относительной пропорции жидкого и твердого слоев шлака. Можно принять, что теплопередача через шлак при данной топочной температуре изменяется только с толщиной шлакового осадка.

Диаграмма на рис. 6, схожая с диаграммой на рис. 3, показывает относительные изменения толщин шлаковых отложений при температуре в топке $t = 1425° C$ (2600° F) и температуре шлака у стенки трубы $t_w = 650° C$ (1200° F) для шлаков, отношение силиция к алюминию в которых равно 2, Fe_2O_3 — от 15 до 40% и $(CaO+MgO)$ — от 5 до 10%.

Кривые рис. 6 были определены, исходя из вязкостей, указанных на рис. 1, и температуры при критической вязкости на рис. 3.

Отмечается влияние содержания окиси железа и «железистости» на толщину шлаковых отложений.

Поведение золы в топке

Распад золы на составные части

Исследованиями 18 топок с жидким шлакоудалением, в которых сжигались угли различных сортов, было установлено, что состав первоначальной золы весьма различает-

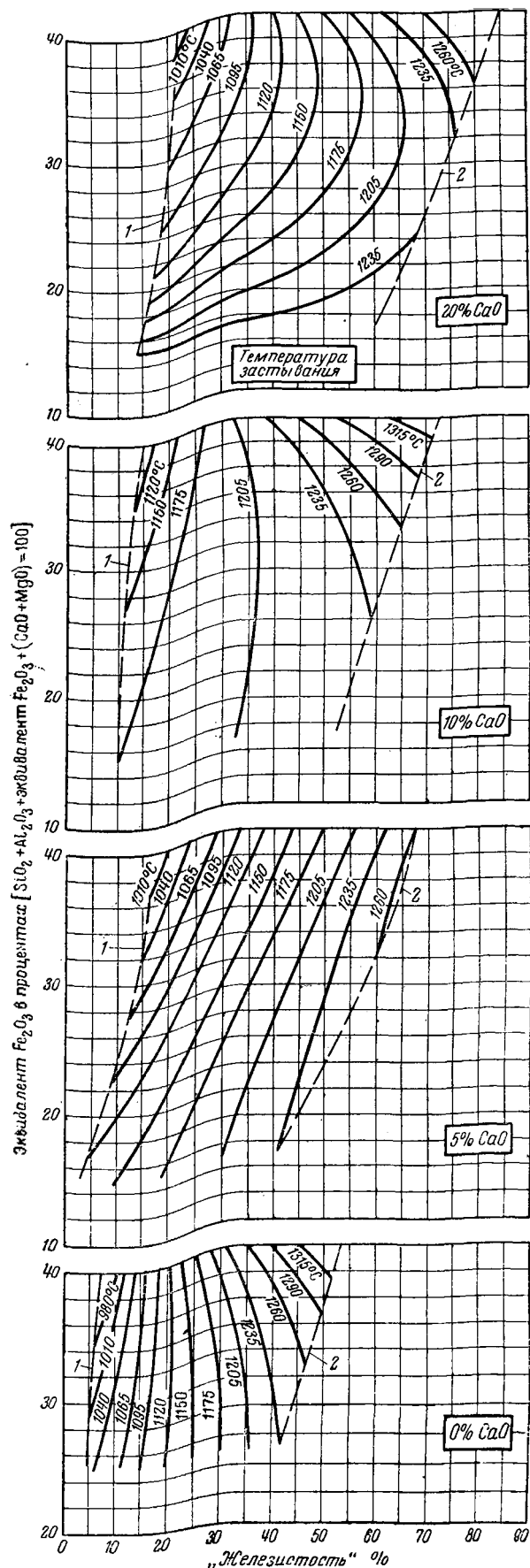
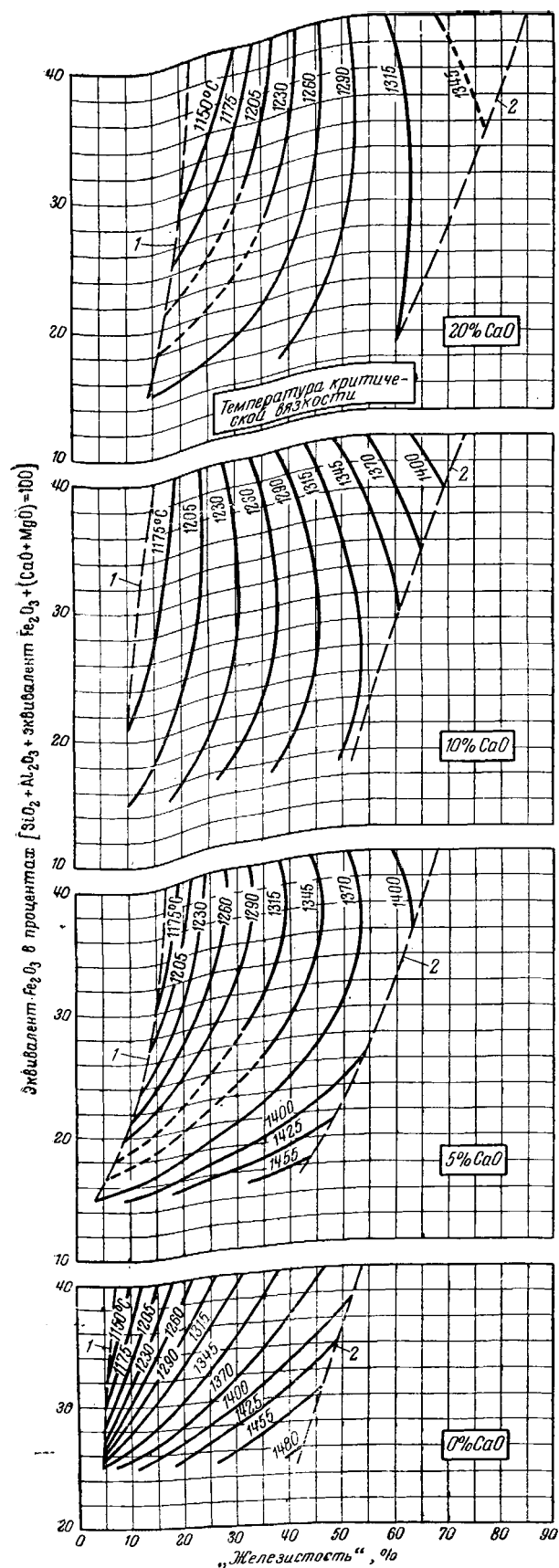


Рис. 3. Температуры критической вязкости шлака угольной золы в зависимости от состава и „железистости“ при отношении кремния к алюминию, равному 2.
1 — минимальный процент „железистости“ без образования металла в условиях испытаний; 2 — максимальный процент „железистости“ в воздухе при температуре критической вязкости.

Рис. 4. Температуры застывания шлаков угольной золы в зависимости от состава и „железистости“ при отношении кремния к алюминию, равному 2.
1 — минимальный процент „железистости“ без образования металла в условиях испытаний; 2 — максимальный процент „железистости“ при температуре критической вязкости.

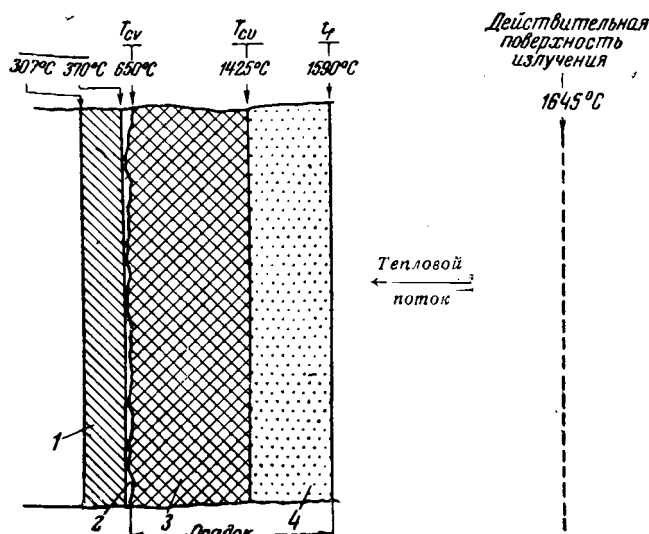


Рис. 5. Распределение температур в шлаковом осадке.
1 — металлическая стенка трубы; 2 — пограничная зона; 3 — неподвижный слой шлакового осадка; 4 — движущийся слой шлакового осадка.

ся от состава шлака. В одном случае отношение состава железа в шлаке к составу железа в золе составило 1,11; соответствующее отношение для извести было 1,13. В другом случае было отмечено повышенные отношения силиция к алюминию в шлаке на 10% относительно золы сжигаемого угля. Количество щелочных солей в шлаке постоянно было меньше, чем в первоначальной золе.

Было отмечено, что отношение содержащегося в шлаке железа к железу золы сжигаемого угля для топок с жидким шлакоудалением составляет в среднем 1,67 (1,42 для топок малой производительности и 1,89 для топок высокой производительности). Для топок с сухим шлакоудалением это отношение составляет 1,31 в среднем (1,00 для малой производительности и 1,68 — для высокой производительности топок).

Произведенными опытами было определено, что «железистость» в жидком шлаке при выпуске составляет от 2,1 до 34% со средним значением — 16%. Те же опыты показали, что «железистость» в летучей золе была выше — 75%.

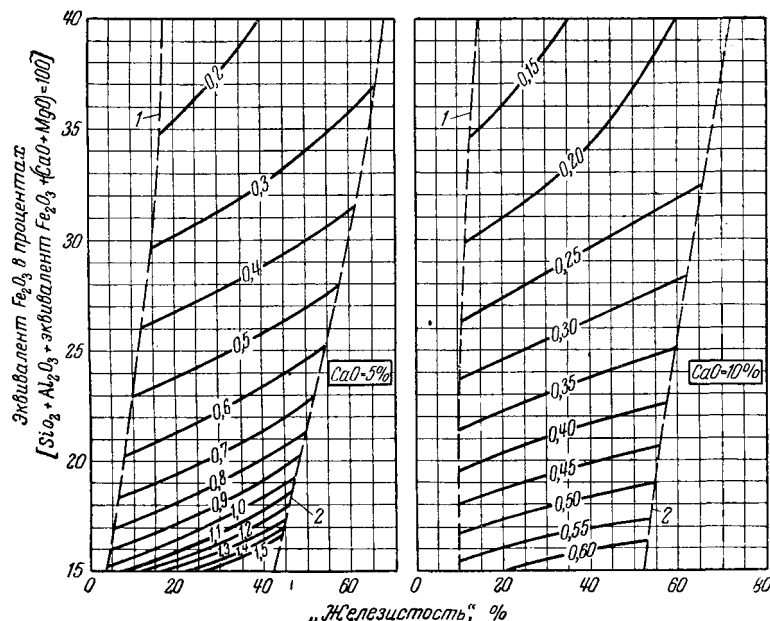


Рис. 6. Относительная толщина шлаковых отложений в зависимости от состава и «железистости» при отношении силиция к алюминию, равному 2.

1 — минимальный процент «железистости» без образования металла в условиях испытаний; 2 — максимальный процент «железистости» при температуре критической вязкости. Температура топки $t_f = 1525^\circ\text{C}$; температура шлака у стенки трубы $t_w = 650^\circ\text{C}$.

Явной связи между «железистостью» в шлаке и химическим составом шлака не было, так же как не было явной связи между «железистостью» и тепловым напряжением поверхностей нагрева котла.

Данные, полученные при поведении золы в двухступенчатой топке с жидким шлакоудалением, показали, что «железистость» в шлаках, взятых из разных частей топок, весьма отличались между собой. Так, «железистость» в шлаке, взятом со стены первичной топки, составляло 39%, в расплавленном шлаке — 19%, в шлаке, взятом со стены вторичной топки, — 24% и на первом, разреженном, ряде труб котла — 42%. При этом, общая длина газового пути составляла около 18,3 м.

Выделение золы и шлака в тонках

Вследствие того, что улавливание золы из газов вызывает определенные трудности и влечет за собой установку специального оборудования, наиболее экономичным решением проблемы в этой части является улавливание золы в топке.

Основываясь на свойствах угля, проектных и эксплуатационных данных, можно сделать вывод, что в топках с сухим золоудалением остается до 30% содержащейся в угле золы в виде зашлакованной золы. В топках с жидким шлакоудалением — до 40–50% и в топках циклонного вида — 82%.

Критерий для выпуска жидкого шлака и толщины шлаковых отложений

Шлаки различных характеристик успешно расплавлялись в тонках, имеющих периодический или непрерывный выпуск шлака. Временами, когда шлак начинал чрезмерно накапливаться в топке, несмотря на принимаемые меры регулирования воздуха и горения, для образования жидкого состояния добавлялись флюсы. Новейшие конструкции топок позволяют обходиться без этого мероприятия.

Для обеспечения соответствующего выпуска расплавленной массы из топки должны быть соблюдены следующие два условия: первое — температура шлака должна быть минимум на 85°C (150°F) выше t_{10} ; второе — вязкость шлака при температуре выпуска его не должна превышать 250 пуазов. Ни один из этих факторов в отдельности не может обеспечить удовлетворительного шлакоудаления, так как если будет соблюдено только одно первое условие, может оказаться, что вязкость шлака является чрезмерной, а при соблюдении только второго фактора может оказаться, что интервал в процессе застывания шлака настолько узок, что умеренное снижение нагрузки котла повлечет за собой прекращение плавления шлака и тем самым вызовет серьезные последствия.

При наличии всех необходимых технических данных, характеризующих работу топки при жидком шлакоудалении, может быть определен и эффект от изменения состава золы. Например, предположим, что топка с жидким шлакоудалением сжигает уголь, имеющий 12,9% золы следующего состава:

	Без SO_3 и щелочных солей
SiO_2	46,5%
Al_2O_3	20,4%
Fe_2O_3	19,8%
$\text{CaO} + \text{MgO}$	5,7%
$\text{SO}_3 + \text{щелочные соли}$	7,6%

Жидкий шлак при выпуске имеет 33,1% окиси железа, выраженный как общий эквивалент Fe_2O_3 , и «железистость» 20%.

Предполагая, что изменения между шлаком и золой произошли только в отношении окиси железа, а SiO_2 , Al_2O_3 и $(\text{CaO} + \text{MgO})$ остались в прежней пропорции, а также пренебрегая вследствие незначительности количества SO_3 и щелочными солями, анализ шлака на базе четырех компонентов $[\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + (\text{CaO} + \text{MgO}) = 100]$ должен быть следующим: SiO_2 — 42,8%; Al_2O_3 — 18,8%; Fe_2O_3 — 33,1%; $\text{CaO} + \text{MgO}$ — 5,3%. Процент

силиция на базе $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + (\text{CaO} + \text{MgO}) = 100$ должен быть:

$$100 \frac{42,8}{42,8+33,1+5,3} = 52,7\%.$$

Вязкость этого шлака при 1425°C (2600°F) согласно рис. 1 составляет 13 пуазов и станет равна 250 пуазов при температуре около 1115°C (2040°F). По данным рис. 3 температура критической вязкости T_{cv} при отношении силиция к алюминию, равному около 2, будет составлять 1205°C (2200°F). Таким образом, шлак этого угля может быть успешно выпущен из топки при минимум 1290°C (2350°F).

Относительная толщина шлаковых отложений (рис. 6) составит 0,24 толщины шлака, имеющего вязкость 100 пуазов при 1425°C (2600°F) и $T_{cv} = 1425^\circ\text{C}$ (2600°F).

Имея анализ золы угля другого типа, можно определить подобным же методом данные для шлака, которыми необходимо руководствоваться при выводе о возможности работы топки на жидком шлакоудалении.

Форма шлака

Охлажденный после выпуска из топки, имеющей непрерывное шлакоудаление, жидкий шлак получается волокнистого строения бывает остроконечным или по форме напоминает рыболовные крючки — колючий, неудобоемкий. Имеется также гранулированный шлак, представляющий определенную ценность.

Решающим фактором, определяющим форму шлака, очевидно, является присущая ему вязкость, т. е. вязкость при некоторой стандартной температуре.

Опыты, проведенные на промышленных топках, имеющих жидкое шлакоудаление, показали, что шлаки, вязкость которых при 1425°C (2600°F) была меньше 25 пуазов, в преобладающем числе случаев гранулировались. Если же вязкость шлаков при указанной температуре была выше 25 пуазов, то они имели волокнистое строение, были остроконечными.

Не следует, однако, считать, что вязкость 25 пуазов при 1425°C (2600°F) является универсальным критерием для приобретения шлаком способности гранулироваться. Скорее эта вязкость определяет физическую форму охлажденного шлака.

Шлакообразование на котельных и пароперегревательных трубах

Механизм прилипания частиц золы к трубным поверхностям до настоящего времени не изучен.

Казалось бы, что вследствие относительно низкой температуры поверхностей нагрева не должно быть пластической связи между шлаком и стенкой трубы. Однако, практика показывает, что вскоре после начала работы котла на его трубах осаживается слой тончайшей золы, являющийся основанием, к которому прилипают более крупные частицы золы, что в конечном счете приводит к шлакообразованию.

Мерой против шлакообразования поверхностей нагрева может служить тщательная и своевременная обдувка их, причем лучшим контролем за результатом обдувки является внимательное наблюдение за температурами отходящих газов.

Заключение

Вследствие недостаточных практических данных о поведении золы и шлака в настоящее время нельзя сказать, что конструкции современных топек, работающих на пылеугольном топливе, являются вполне удовлетворительными.

Однако, проблема золы и шлака разрешима.

Для этого следует в первую очередь сопоставить поведение золы и шлака с химическими и минералогическими анализами, а также свойствами текучести золы и шлака. Должны быть сделаны также лабораторные исследования в области минералогических изменений золы углей различных видов при нагревании ее.

Следует тщательно изучить в эксплуатационных условиях механизм прилипания частиц золы к поверхностям нагрева котлов и пароперегревателей.

Тщательное проведение этих мероприятий даст возможность изучить поведение золы и лапметить меростратия по борьбе с шлакованием в котельных агрегатах (Combustion, 1, 1948).

Обраб. Г. К.

ОТ РЕДАКЦИИ

Публикуемый реферат представляет интерес, как обзор состояния вопроса исследования топливных шлаков за границей. Вместе с тем необходимо отметить, что основные, затронутые в этом реферате вопросы, как-то — разделение золы в топочном пространстве, пластическое состояние шлаков при высоких температурах и оптимальные показатели шлака при жидком шлакоудалении, — значительно ранее американцев были разработаны советскими инженерами и освещены в советской литературе («Теплосиловое хозяйство», № 12, 1939 г.; «Электрические станции», № 1, 1948 г.; «Исследование процессов горения натурального топлива» — сборник статей под редакцией проф. Г. Ф. Кнорре; сборник работ Оргерс № 1, а также ряд других статей и технические отчеты советских научно-исследовательских и наладочных организаций).

Коррозия-эрозия питательных насосов и выбор металла для их изготовления

Повреждения и выход из строя питательных насосов высокого давления в результате коррозии-эрозии приняты в последние годы на электростанциях США массовый характер. Разъедания металла коррозионно-эрозийного характера наблюдались, главным образом, на корпусах насосов, изготовленных из углеродистой стали. Отмечается несомненная связь коррозионно-эрозийных разъеданий с методами обработки питательной воды в установках высокого давления.

Из свойств питательной воды наибольшее значение для интенсивности разъедания имеет число рН. Содержание кислорода, количество твердого остатка, а также применяемые для обработки питательной воды реагенты играют меньшую роль. Высокое число рН является благоприятным для устранения разъедания насосов. Например, при $\text{pH} > 9,0$ разъедания имели место только на одном насосе из пяти, в то время как при $\text{pH} < 8$ вышли из строя три насоса из четырех работающих.

Можно утверждать, что решающим для скорости износа является химическое, а не механическое воздействие воды на металлы, из которых изготовлены части насосов. Это наглядно можно видеть при сравнении разъеданий на двух сопряженных деталях насоса, из которых одна выполнена из углеродистой стали, а другая — из бронзы. Поскольку скорость струи, а следовательно и условия механического износа одинаковы для обеих деталей, можно было бы ожидать большего износа менее твердого материала — бронзы; в действительности же разъедания стальной детали во много раз больше, чем бронзовой.

Можно привести следующий пример. В корпусе питательного насоса, имеющего горизонтальный разъем, отлитом из углеродистой стали, были обнаружены разъедания поверхности внутренних волютных каналов, что было приписано неудовлетворительному качеству литья (предполагались посторонние включения). Волютные (направляющие) каналы были облицованы специальными накладками, изготовленными также из углеродистой стали, однако разъедания продолжались. Повышение числа рН до 9, достигнутое путем рециркуляции котловой воды, незначительно уменьшило разъедания, но последующее повышение числа рН до 9,5 совершенно прекратило разъедания как облицованных, так и не облицованных волютных каналов. Это свидетельствует о преимущественно химической природе первоначально имевших место разъеданий.

Конструкция питательных насосов не влияет заметным образом на их стойкость против коррозии-эрозии. В той мере, в которой коррозия-эрозия питательных насосов связана с высокими скоростями жидкости, данное явление присуще всем конструкциям этих машин, поскольку они не могут быть выполнены со скоростями достаточно низкими и потому ни одна конструкция не имеет преимуществ перед другими.

Кавитационные явления в питательных насосах не отражаются заметным образом на надежности длительной работы и кавитация не есть причина повреждений насосов.

Мероприятия, имеющие целью достижение длительной работы насосов без коррозионно-эрозийных повреждений при любом качестве питательной воды, заключаются в при-

Характеристика	Никелевый чугун	Углеродистая сталь	4÷6%-ная хромистая сталь	12÷14%-ная хромистая нержавеющая сталь (ЭЖ1)	Аустенитная нержавеющая сталь 18/8	Аустенитная нержавеющая сталь 25/20
Стойкость к коррозии-эрозии	Удовлетворительная	Плохая	Хорошая	Хорошая	Отличная	Отличная
Предел прочности, кг/мм ²	35	50	70	77	53	53
Сопrotивляемость ударам	Плохая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Отличная	Отличная
Способность закаливаться	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет
Свариваемость	Плохая	Хорошая	Удовлетворительная	Удовлетворительная	Отличная	Отличная
Механическая обрабатываемость	Отличная	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Плохая	Плохая
Стоимость	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая ¹	Высокая	Очень высокая

¹ Высокая стоимость хромистой стали типа ЭЖ1 характерна для США в связи с недостатком в стране хрома. В СССР хромистые стали сравнительно дешевы и недефицитны. Р е ф е р.

менении защитных покрытий для внутренних поверхностей насоса или изготовлении насоса из металлов, стойких против коррозии-эрозии.

Защитные покрытия

Бакелитовый лак обладает высокой прочностью при ничтожной толщине слоя, равной примерно 0,01 мм. Подобное защитное покрытие после испытания в утяжеленных условиях в течение 500 час. не обнаружило следов износа. Сплошное равномерное нанесение слоя бакелитового лака внутри каналов насоса является затруднительным, так же как и сохранение целостности покрытия при сборочных и ремонтных работах. В то же время представляет существенные преимущества возможность применения защитного покрытия к действующим насосам, с производством этой работы непосредственно на самой электростанции. Является заманчивой чрезвычайно дешевой данный способ, однако эффективность его в эксплуатации не проверена.

Выбор металла для изготовления насосов

Наиболее надежное и радикальное решение проблемы состоит в применении материалов, достаточно стойких против коррозионно-эрозионных повреждений в условиях работы питательного насоса. Приведем некоторые данные на основании результатов испытания стойкости различных материалов, произведенные Эдисоновским институтом в Детройте.

Чугун. Установлено, что обыкновенный чугун имеет стойкость, в три раза большую, чем углеродистая литая сталь. Чугун, легированный никелем в количестве 1%, имеет еще большую стойкость и при температуре 200° С и давлении 85 ата не обнаружил каких-либо повреждений от коррозии-эрозии.

Можно привести следующий пример из практики эксплуатации. Стальной корпус дренажного насоса подогревателя, работающего при температуре 190° С, разрушался в течение нескольких месяцев и был заменен чугунным, который после трех лет работы не имел даже следов повреждений.

4 ÷ 6%-ная хромистая сталь. Испытания показали, что стойкость этого материала превышает стойкость углеродистой стали в 75 ÷ 100 раз. Материал легко отливается и обрабатывается почти так же хорошо, как углеродистая сталь. Серьезным недостатком этой стали является плохая свариваемость. Однако, она все-таки может быть удовлетворительно сварена при условии предварительного нагрева до 410° С и последующего отжига при 720° С.

12 ÷ 14%-ная хромистая нержавеющая сталь. Этот материал имеет примерно те же преимущества и недостатки, что и 4 ÷ 6%-ная хромистая сталь. Он

не так хорошо отливается, подвержен трещинам, но превосходит для таких частей, как втулки вала, уплотнительные кольца и т. п. Материал этот применяют в термически обработанном виде с твердостью 350 по Бринелю для деталей ротора и с твердостью 500 по Бринелю для деталей корпуса насоса.

18/8 хромоникелевая сталь. Стойкость этой аустенитной нержавеющей стали превышает стойкость 4 ÷ 6%-ной хромистой стали более чем в пять раз. Материал хорошо отливается и сваривается, не требуя предварительного подогрева и последующего отжига. Значительные затруднения вызывает его механическая обработка, особенно оверловка отверстий и нарезание резьбы.

Монель-металл. Этот сплав является превосходным материалом для изготовления рабочих колес насосов, остающимся стойким даже при наиболее агрессивных свойствах питательной воды. Материал хорошо отливается и легко обрабатывается механически.

Бронза может применяться для рабочих колес за исключением случаев необходимости работы на питательной воде с высоким числом рН. Кроме того, некоторое неудобство представляет высокий коэффициент температурного расширения, которым обладает бронза, в связи с возможным ослаблением посадки колес на валу.

В таблице приводятся данные, характеризующие сравнительные достоинства и недостатки различных материалов для изготовления насосов (Power, VII, 1947).

Обраб. инж. О. Н. Давидовский.

ОТ РЕФЕРЕНТА

Оценивая возможность разрушения металла питательных насосов от действия кавитационных явлений, автор реферируемой статьи не придает ей серьезного значения и заявляет, что «кавитация не есть причина». Такое утверждение относительно влияния фактора конструкции насоса на его стойкость против коррозии-эрозии и по вопросу кавитации не имеют обоснований.

Эти положения статьи являются неверными и, разумеется, не могут приниматься всерьез. Труды советских исследователей (см., например, работу И. Меттера, Физическая природа кавитации и механизм кавитационных повреждений, журнал «Успехи физических наук», т. 35, № 1, 1948) показали серьезное значение кавитационных явлений даже для наиболее стойких материалов. Творческая работа советских конструкторов (лауреат Сталинской премии Гринберг, Ломакин, Лапшин) воплотилась на Ленинградском металлургическом заводе им. Сталина в серию питательных насосов высокого давления с бескавитационными колесами, проверенными и отлично показавшими себя в длительной эксплуатации.



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Автоматическое регулирование котельных агрегатов, Сборник работ ВТИ под редакцией проф. С. Г. Герасимова и инж. Е. П. Стефани, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., 104 стр., 1500 экз., ц. 10 руб.

В послевоенной сталинской пятилетке работы по автоматизации производственных процессов, в том числе и тепловых, получили большой размах на электростанциях. Этим определяется исключительный интерес, проявляемый широкими кругами инженерно-технических работников к вопросам автоматизации.

Лаборатория авторегулирования ВТИ, являющаяся одной из ведущих научно-исследовательских организаций по автоматическому регулированию тепловых процессов на электростанциях, имеет серьезные заслуги в этой области. Читатель вправе ожидать от сборника о работах Института, составленного работниками этой лаборатории, ценного и актуального материала. В действительности сборник этих ожиданий оправдать не может и заслуживает серьезных замечаний.

Рецензируемый сборник состоит из восьми статей, освещающих прошлые работы Всесоюзного теплотехнического института им. Ф. Э. Дзержинского в области автоматического регулирования тепловых процессов на электростанциях. Работы эти базируются исключительно на разработанной лабораторией авторегулирования Института аппаратуре автоматики электрической системы с применением контактного гальванометра.

Статья С. Г. Герасимова излагает общие соображения относительно преимуществ электрической системы вообще и системы ВТИ, в частности, принципиальные схемы регулирования работы котлоагрегатов и их возможные варианты.

Вторая статья — Е. П. Стефани — содержит описание и результаты испытания одной установки автоматического регулирования процесса горения на барабанном котле с мазутной топкой. Следует отметить, что аппаратура для этой установки была изготовлена в 1940—1941 гг. В дальнейшем котлоагрегат был переведен на сжигание газа, а аппаратура автоматики подверглась значительной модернизации. Этот последующий этап в статье отражения не нашел.

В статье С. Н. Афанасова излагается опыт автоматизации процесса горения на одном барабанном котле с пылеугольной топкой — также на аппаратуре довоенного, лабораторного исполнения. Автоматика была введена в работу в 1945 г., но практический опыт ее эксплуатации совершенно не отражен в статье.

Вопросам автоматического регулирования работы прямоточных котлов посвящена статья О. Г. Герасимова и В. Д. Миронова. Последующая статья В. Д. Миронова рассматривает теоретический вопрос о методике графического расчета системы регулирования.

Следующая затем статья Е. П. Стефани кратко излагает вопросы автоматического регулирования отдельных тепловых процессов — температуры пара в дроссельно-увлажнительных установках, давления в деаэраторах, работы пылеугольных мельниц, температуры в электроплавильных печах.

Статья Е. Н. Красоткина посвящена рассмотрению электрических схем автоматического регулирования системы ВТИ.

Сборник заканчивается статьей Г. Н. Ульянова и В. Д. Миронова, описывающей конструктивное исполнение аппаратуры, разработанной ВТИ и принятой для производства одним из заводов треста «Теплоконтроль» Министерства авиационной промышленности.

В области автоматизации имеет место быстрый технический прогресс. Между тем, сборник, вышедший во второй половине 1949 г., охватывает работы Лаборатории с 1940 г. по 1947 г. Конечно, эти работы Лаборатории способствовали развитию автоматизации производственных процессов на электростанциях: были разработаны новые теоретические вопросы, аппаратура и схемы автоматики, была осуществлена проверка их на действующих установках.

Однако, читателю важно не столько изложение истории деятельности Лаборатории, сколько объективная оценка возможности применения работ Института на практике, или для разработки оставшихся еще не разрешенными проблем. Сборник такой оценки деятельности Института не дает. Работы прошлых лет излагаются и освещаются не под углом зрения сегодняшнего дня. В этом вина не только авторов и редакторов сборника, но и дирекции ВТИ, предпославшей сборнику совершенно не критическое предисловие.

После 1947 г. Институтом была проведена и закончена разработка новой электронной аппаратуры автоматики. Эта работа совершенно не нашла отражения в сборнике. Об электронных регуляторах только мельком упоминается в предисловии, причем в такой форме, из которой читатель никак не может правильно представить действительных причин замены ранее разработанной Институтом аппаратуры другой, принципиально и конструктивно отличной от прежней.

На протяжении всего сборника об электрической системе автоматики ВТИ (с контактным гальванометром) говорится как об уже освоенной и серийно производимой, широко внедряемой на электростанциях и в других отраслях промышленности.

Это не соответствует действительности. В 1949 г. стали уже вполне ясны итоги внедрения отдельных образцов этой системы. Они кратко сводятся к следующему.

Система автоматики с контактным гальванометром является работоспособной, но имеет весьма существенные недостатки. Конструктивная сложность контактного гальванометра, нежная подвижная система, наличие в гальванометре и в серводвигателях ртутных контактов создали большие трудности в процессе заводского освоения аппаратуры. Наладка аппаратуры на электростанциях оказалась весьма трудоемкой, сложной и длительной. Надежная ее работа в эксплуатации может быть обеспечена лишь при повседневном, очень тщательном наблюдении, осуществляемом квалифицированным персоналом.

Именно вследствие этого ВТИ приступил к разработке новой аппаратуры — электронной, — являющейся более совершенной и не имеющей указанных выше недостатков. Аппаратура с контактным гальванометром введена в работу только на нескольких агрегатах; производство этой аппаратуры прекращается. В ближайшее время она будет вводиться только на тех станциях, где работы уже были начаты. На большей же части автоматизируемых агрегатов будет применяться электромеханическая, электронная и частично гидравлическая аппаратура.

Кроме указанных основных замечаний в сборнике имеются и другие недостатки. Так, например, на стр. 12 вопрос о параллельной работе автоматизированных котлоагрегатов излагается таким образом: «Распределение нагрузки между котлами и скорости реагирования их определяется индивидуальными корректорами давления для каждого из котлов, а также настройкой отдельных регуляторов давления». Более подробно этот вопрос, ставший весьма актуальным в связи с автоматизацией на многих

станциях всех котлоагрегатов, в сборнике не упоминается. Приведенная выше формулировка, к сожалению, представляет собой один из многих примеров общих и неопределенных высказываний по ряду серьезных положений.

На стр. 11 говорится, что синхронизация двух регулирующих органов при воздействии на них регуляторов через два самостоятельных серводвигателя не является необходимой. А на стр. 24, в другой статье, на основе опыта доказывается, что такая синхронизация является обязательной.

В статье Е. П. Стефани приводятся четыре способа регулирования работы мельниц. Способ определения загрузки мельницы по силе шума, получивший отрицательную оценку при практической проверке, приведен как вполне пригодный для использования. Наоборот, способ регулирования по перепаду давлений, проверенный и успешно применяемый на многих станциях, снабжен оговоркой, что возможность его использования требует тщательной проверки.

Известно, что вопрос полной автоматизации работы прамоточных котлов Рамзина еще не решен и ни один такой котел не работает с так называемой «полной авто-

матикой», хотя для этого Лабораторией авторегулирования ВТИ было приложено очень много усилий.

Применяемая в настоящее время для таких котлов так называемая «малая автоматика» вовсе не может быть признана достаточной.

Однако, в соответствующей статье сборника не указано, что эта проблема не решена и не описаны трудности, стоящие на пути ее разрешения.

Необходимо указать также, что в сборнике недостаточно отражены реальные условия и нужды практики. Достаточно сказать, что в нем, по существу, совершенно нет данных об опыте эксплуатации автоматики. Изложение всех работ оканчивается этапом испытаний при наладке. Обойдены вопросы технико-экономической эффективности автоматического регулирования котлоагрегатов, а также и многие другие.

В результате указанного, значение опубликованного труда сильно снижено и у читателей может создаться не правильное представление о существе изложенных в нем материалов.

Инж. Е. Д. Зейлидзон
и инж. В. И. Питерцев

Новые книги по энергетике

Арутюнов В. О., Расчет и конструкции электротризмительных приборов, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, 524 стр., 19 р. 25 к.

Рассматриваются вопросы теории и расчета электроизмерительных приборов и приводятся основные конструкции приборов и их узлов. Общие свойства электроизмерительных приборов, погрешности, конструкции и расчет общих элементов приборов. Общая методика расчета, магнитоэлектрические приборы и приборы с преобразователями: электродинамические, электромагнитные, индукционные и электростатические приборы.

Балакирев В. Ф., Автоматизация гидроэлектростанций, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 183 стр., 10 руб.

Изложены вопросы автоматизации гидроэлектростанций. Дан анализ производственных процессов управления гидроагрегатами и общестанционными установками гидроэлектростанций с точки зрения их автоматизации. Приведены анализ конструкции аппаратуры автоматизации и рекомендации по наладке, испытанию и эксплуатации автоматических устройств. Книга предназначена для специалистов, работающих в области проектирования, строительства и эксплуатации автоматических устройств.

Веников В. А., Применение теории подобия и физического моделирования в электротехнике, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 167 стр., 9 руб.

В книге намечены пути применения теории подобия и моделирования в электротехнике. Теоретические основы учения о подобии, сформулированные в виде теорем, иллюстрированы примерами, показывающими практические возможности. Детально рассмотрены вопросы подобия и моделирования энергетических систем. Приводятся теория и методика построения моделей с вращающимися машинами.

Герасимов С. Г., Теоретические основы автоматического регулирования тепловых процессов, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 327 стр., 18 р. 50 к.

Рассматриваются основные положения теории автоматического регулирования теплотехнических процессов, в том числе схематизированы процесс и реальный процесс с запаздываниями. Дана методика приближенного расчета процесса регулирования. Принципиальные схемы регулирования котельных агрегатов и пылеприготовительных устройств.

Глазман И. А., Производство маслянонаполненных вводов на 110, 154 и 220 кв, М.—Л., Госэнергоиздат, 1948, 95 стр., 5 руб.

Книга представляет собой переработанное и дополненное издание книги того же автора «Сборка маслянонаполненных втулок 110 и 220 кв». Дополнение заключается, главным образом, в описании новых конструкций вводов. Дано подробное изложение процесса производства вводов для работников изоляторных заводов и мастерских по ремонту электрооборудования в энергосистемах. В приложении даны чертежи и спецификации деталей вводов.

Горшков А. С., Технико-экономические показатели тепловых электрических станций, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 287 стр., 27 руб.

В книге приводятся конкретные указания, как должны быть разработаны прогрессивные нормы технико-экономических показателей по отдельным агрегатам, основным цехам и станциям с равнением на передовой опыт эксплуатации; как учесть выполнение заданных норм и оценить их выполнение при переменных режимах в условиях работы станции. Методы нормирования показателей даны на конкретных примерах. Указываются пути улучшения экономики технологических процессов и нормальные режимы работы энергооборудования.

Гольденберг Г. М., Эксплуатация подпорных водосборных и водоприемных сооружений гидроэлектростанций, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 147 стр., 7 руб.

Рассматриваются основные вопросы эксплуатации подпорных, водоприемных и водосборных сооружений гидроузлов; основные затруднения при их эксплуатации; изменение бытового режима рек, вызываемые возведением подпорных сооружений. Пуск подпорных сооружений в эксплуатацию, их работа и содержание.

Дуткин Г. С. и Либман А. Я., Сооружение и эксплуатация высоковольтных воздушных линий электропередачи, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 416 стр., 12 руб.

Изложены основные сведения по сооружению и эксплуатации воздушных линий электропередачи, технические требования, методы работ, сведения о материалах и инструментах, условия работы линии, краткие сведения об организации работ и основные условия техники безопасности.

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. В виде исключения статьи могут быть представлены четко написанными от руки на одной стороне листа.

2. Формулы и иностранный текст должны быть написаны разборчиво. В формулах обязательно выделять прописные и строчные буквы, индексы писать ниже строки, показатели степени — выше строки; на полях рукописи делать отметки, каким алфавитом в формулах обозначены буквы, и другие пояснения к формулам.

3. Статьи иллюстрировать фотографиями и чертежами, однако число их должно быть минимально необходимым. Чертежи выполнять тушью или карандашом, надписи и обозначения писать четко. Снимки направлять четкие и контрастные, размером не менее 9×12 см. Фото направлять 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 их отдельно, составив на них опись.

4. В табличном материале точно обозначать единицы измерения. Наименования давать полностью, не сокращая слов. Не давать слишком громоздких таблиц.

5. Иностранные единицы измерения обязательно переводить в принятые у нас в Союзе меры длины, веса и др.

6. Официальные материалы должны быть заверены соответствующими организациями. Материал научно-исследовательских организаций и заводов должен иметь визу руководства.

7. В конце рукописи указывать полностью имя, отчество и фамилию автора, домашний адрес, занимаемую должность, год рождения, номер и место выдачи паспорта.

8. Материал для журнала направлять по адресу: Москва, Ветошный пер., здание ГУМ, III корпус, I этаж, помещ. 164, редакции журнала «Электрические станции».

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Москва, Шлюзовая набережная, 10.

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

- ГОРОДЕЦКИЙ С. С.**, Испытания кабелей с пропитанной бумажной изоляцией, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 148, тир. 5 000, ц. 5 р. 75 к.
- ГУЛЬДЕНБАЛЬК В. В., КАЕТАНОВИЧ М. М., РАБИНОВИЧ Д. В., РАПУТОВ И. И. и ШМЕЛЕВ М. И.**, Сооружение линий электропередачи, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 527, тир. 5 500, ц. 24 р.
- КАЛИТВЯНСКИЙ В. И.**, Изоляция электрических машин, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 343, тир. 5 000, ц. 18 р.
- КЕНДЫСЬ П. Н. и БАРШТЕЙН И. К.**, Топки для сжигания местных топлив, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 108, тир. 3 000, ц. 5 р. 50 к.
- КОВАЛЕВ Л. М.**, Расчеты зимнего стока рек с ледяным покровом, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 104, тир. 2 000, ц. 5 р. 25 к.
- КОЗИН А. М.**, Операционно-поточный метод на монтаже электростанций (стахановцы послевоенной пятилетки), М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 32, тир. 1 200, ц. 50 к.
- ЛАБУТИН В. К.**, Простейшие радиолюбительские конструкции (Массовая радиобиблиотека), М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 96, тир. 100 000, ц. 3 р.
- ЛЕВИТИН И. Б. и КУЗНЕЦОВ Р. М.**, Взрывозащищенные светильники, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 88, тир. 2 000, ц. 3 р. 50 к.
- МОНТАЖ и ЭКСПЛУАТАЦИЯ турбин высокого давления** по материалам Технического совета при Министре электростанций СССР, под редакцией С. Ц. Фаермана и С. М. Шухера, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 228, тир. 3 000, ц. 24 р.
- ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ** при эксплуатации электрических устройств станций и подстанций (Технический отдел МЭС), Издание пятое, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 82, тир. 10 000, ц. 5 р. 25 к.
- ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ** для дежурного по щиту управления и дежурного электромонтера энергопоезда Д-3000 (Государственный союзный трест передвижных электростанций), М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 64, тир. 2 200, б/п.
- РОЗЕНБЕРГ Б. И.**, Электрик торфопредприятия, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 176, тир. 4 500, ц. 13 р. 50 к.
- РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ** по монтажу пылевоздухопроводов (Техническое управление по строительству и монтажу МЭС), 1950 г., стр. 12, тир. 1 500, ц. 1 р.
- САФОНОВ К. Е. и ГОРЕНШТЕЙН А. Б.**, Комплексная механизация фрезерного способа добычи торфа, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 104, тир. 1 500, ц. 5 р. 50 к.
- СБОРНИК предложений по экономии электрической и тепловой энергии** (Государственная инспекция по промэнергетике и энергонадзору при МЭС СССР — ВНИТОЭ), М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 188, тир. 5 000, б/п.
- СБОРНИК указаний по предупреждению неполадок с вращающимися механизмами котельных цехов электростанций вследствие дефектов ремонта**, Вып. первый (Оргрэс), М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 16, тир. 1 500, ц. 1 р.
- СКОРОСТНОЙ РЕМОНТ** котлоагрегатов на электростанциях Мосэнерго (Дом энергетики), М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 84, тир. 3 000, ц. 3 р. 50 к.
- СТАХАНОВСКИЙ ОПЫТ** ремонта котельного оборудования на электростанциях Мосэнерго (Дом энергетики), М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 79, тир. 2 000, б/п.
- СТРУКОВ Б. Г.**, Ускорение оборачиваемости оборотных средств энергетических предприятий. Основные методы анализа оборачиваемости оборотных средств, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 40, тир. 2 500, ц. 10 р. 70 к.
- ТАРИФНО-КВАЛИФИКАЦИОННЫЙ СПРАВОЧНИК** рабочих, занятых на ремонте теплосилового гидроэнергетического и электротехнического оборудования электростанций и сетей, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 100, тир. 3 000, ц. 9 р.
- ТАТАРЕНКО В. А.**, Условия и расчеты заработной платы рабочих и бригадиров торфопредприятий МЭС СССР, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 120, тир. 2 000, ц. 5 р. 50 к.
- ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ** на изготовление и монтаж металлических конструкций и механизмов гидротехнических сооружений. Утверждено Техническим управлением по строительству и монтажу (решение № 20 от 2 декабря 1949 г.), М.—Л., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 48, тир. 1 200, б/п.
- ШПЕЕР М. Г.**, Скоростник монтажник Ф. А. Яковенко (стахановцы послевоенной пятилетки), М.—Л., Госэнергоиздат, 1950 г., стр. 15, тир. 1 200, ц. 50 к.

≡ ПРОДАЖА ПРОИЗВОДИТСЯ В КНИЖНЫХ МАГАЗИНАХ ≡