

621.311(05)

э 45

жс 1790

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАНЦИИ

7-12



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1950

электрические станции

7

июль
1950

Орган Министерства электростанций СССР

21-й ГОД ИЗДАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

Передовая — Улучшить работы по автоматизации электростанций и электросетей	3	И. Ф. Иванов — Ключи для затягивания селдел в арматуре высокого давления	48
В. А. Спейшер, А. Е. Кучерук, П. Н. Маевский и В. М. Новиков — Беспламенное сжигание природного газа в крупнокалберных горелках	6	В. В. Наседкин — Использование непрерывной продувки котлов для регенерации H—Na-катионитовых фильтров	50
В. Н. Березнеговская, А. И. Крюков и А. С. Суслов — Наладка и исследование щелевых пылеугольных горелок	12	И. Е. Савченко — Реконструкция подшипников паровых турбин	51
С. Т. Гостев — Эксплуатация скреперных складов угля на электростанциях в Западной Сибири	16	А. Б. Байрамзаде — Автоматический запуск циркуляционных насосов	53
А. А. Кот — Об образовании соединений кремниевой кислоты на лопатках паровых турбин	19	А. М. Рыцлин — Из практики проведения общерайонных аварийных учений в электросетях	53
К. Д. Смирнов — Использование отбросного тепла гидрогенераторов	21	С. З. Альтшуллер — Редкий случай потери возбуждения	54
И. Г. Наймарк и М. И. Холмогоров — О некоторых особенностях монтажа котла ПК-10 блоками	23	И. И. Варшавчик — Защита электродвигателей от повреждений при работе на двух фазах	55
В. Б. Кулаковский — Испытания изоляции обмотки статора синхронного компенсатора 10 тыс. ква	30	П. Я. Стронгин — Масляное хозяйство сетевого района	56
М. А. Смирнов — Привод для пофазного включения выключателей 110 кв типа МКП-160	33	Н. Т. Лихин — Схема установки для проверки электрических счетчиков	56
А. И. Долгинов и В. В. Колганов — Разряд с троса на провод в пролете линии электропередачи	36	Н. М. Шипов — Вибрация проводов линии электропередачи	57
М. И. Царев — Дифференциальная защита шин с вспомогательными быстродействующими трансформаторами тока	38	А. Д. Волков — Станок для намотки катушек	58
О. В. Суслов — Комбинированная схема автоматического включения резервного питания и автоматического повторного включения для собственного расхода электростанций	41		
ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ		ХРОНИКА	
Ш. Г. Лившиц — Подъем Г-образного крана	44	В Техническом управлении Министерства	
М. Б. Экслер — Станок для тески и резки кирпича	45	О применении компаундирования с электромагнитным корректором напряжения в качестве основной системы автоматического регулирования возбуждения генераторов электростанций	59
В. З. — Новый способ прокладки трубопроводов	46	В Техническом управлении по строительству и монтажу	
И. О. Фидельман — Горизонтальная транспортировка трансформаторов	47	Об инструкции по приемке в эксплуатацию тепловых электростанций	59
В. В. Скворцов — Электроподогрев автомашин при открытой стоянке	47	Об инструкции по приемке в эксплуатацию линий электропередачи	59
ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ		Совещание по газоочистке — Б. С. Рабинов	60
В. А. Комиссаров — Поперечная связь по тяге между котлами	43	О наборе в аспирантуру ВТИ	60
		ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ	
		Использование в турбинных установках ротационных насосов вместо паровых эжекторов, обраб. И. И. Квирин	61
		КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ	
		Н. Г. Этус и С. М. Юдильевич — Рецензия на справочник по монтажу распределительных устройств, П. В. Кузнецова и В. С. Кондахчана	62
		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. Фаерман.

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.

УЛУЧШИТЬ РАБОТЫ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

В 1949 г. работы по автоматизации производственных процессов на электростанциях проведены в значительном объеме. Паропроизводительность котельных агрегатов с автоматическим регулированием процесса горения за год увеличилось с 20 до 35% от общей установленной паропроизводительности; число автоматически управляемых гидроагрегатов поднялось с 32 до 37%, а с телеуправлением — с 8,7 до 19% от общей установленной мощности гидростанций Министерства.

Однако план 1949 г. по автоматизации производственных процессов был по ряду позиций невыполнен. Значительное отставание имелось по автоматизации гидростанций, неполностью выполнен план по автоматике горения, не была закончена комплексная автоматизация котельного цеха Среднеуральской грэс.

На 1950 г. Министерству установлен увеличенный по сравнению с 1949 г. план по автоматизации производственных процессов на электростанциях и в сетях: автоматическое регулирование процесса горения должно быть введено более чем на 100 котлоагрегатах; автоматическое управление должно быть выполнено на нескольких десятках гидроагрегатов; должна быть осуществлена комплексная автоматизация котельных цехов ряда электростанций.

В 1949 г. продолжалось внедрение автоматических регуляторов питания, автоматизировалось пылеприготовление и другие процессы на электростанциях, широко внедрялось автоматическое повторное включение и быстродействующая высокочастотная защита в электросетях. Соответствующие задания предусмотрены и на 1950 г. Так, например, оснащение линий 35 кВ и выше автоматическим повторным включением к концу 1950 г. должно быть доведено до 80% от общей их протяженности. На 1950 г. также запланированы работы по телемеханизации диспетчерского управления, по автоматизации и телемеханизации электростанций, по автоматическому регулированию и контролю работы теплофикационных устройств.

Государственным планом предусматриваются работы по автоматике в таком объеме, чтобы рост мощности автоматизированных агрегатов значительно опережал ввод новых мощностей на электростанциях. Автоматизируются как вновь вводимые агрегаты, так и уже действующие. Иначе и не может быть, так как дальнейший

рост энергетики осуществляется на все более высоком техническом уровне. Расширяется применение установок высокого давления, нового, более совершенного оборудования. Во внедрении высокопроизводительных технологических и производственных процессов, новой техники важную роль играет автоматическое регулирование и автоматическое управление. Внедрение автоматизации и телемеханизации ведется в целях повышения надежности работы оборудования, дальнейшего снижения расхода топлива и уменьшения количества обслуживающего персонала на электростанциях и в сетях.

Министерству электростанций даны задания на ближайшие годы по автоматизации и телемеханизации, по уровню оснащения различными видами автоматики, по проведению научно-исследовательских и опытных работ, а также по производству аппаратуры и приборов автоматики на заводах Министерства. Наряду с этим предписано еще ряду промышленных министерств (тяжелого машиностроения, электропромышленности, машиностроения и приборостроения, промышленности средств связи) освоить для нужд автоматизации и телемеханизации энергетики новые изделия — аппаратуру и приборы автоматики. Эти министерства обязаны поставлять энергетическое оборудование комплектно с автоматикой. Приказом Министра электростанций № 64 от 14/II 1950 г. «О мероприятиях по дальнейшей автоматизации и телемеханизации электростанций и электросетей» даны исчерпывающие указания энергосистемам и предприятиям о работе в этой области.

Однако до последнего времени в работе по автоматизации тепловых процессов на электростанциях имеются серьезные недостатки и отставание по выполнению планов. На некоторых электростанциях введенная автоматика фактически не работает или используется мало, не дает должного технико-экономического эффекта. Таким образом, задача обеспечения бесперебойной и эффективной работы уже введенной автоматики, ее полного освоения приобретает не меньшее значение, чем задача дальнейшего ввода автоматики в соответствии с установленным планом.

На внедрение автоматики за последние годы расходуется много средств и сил. Народное хозяйство от внедрения автоматики должно получить реальные результаты в отношении повышения надежности и экономичности работы,

сокращения численности персонала. Как может с этим вязаться такой факт, когда, наряду с высоким уровнем оснащения котлов автоматическими регуляторами питания, I квартал текущего года по сравнению с предыдущими кварталами дал рост числа случаев нарушений питания котлов? Очевидно, не все сделано на станциях для того, чтобы реализовать безусловно имеющиеся возможности значительно повысить надежность работы котлоагрегатов с автоматическими регуляторами по сравнению с работой их на ручном управлении питанием.

Задача дальнейшего внедрения автоматики и ее полного освоения не может быть сведена к одному — двум организационным или техническим мероприятиям. Для ее решения требуется мобилизация сил ряда организаций и в первую очередь работников электростанций и районных управлений. Объем ведущихся по автоматике работ настолько велик, что сил организаций, ведущих проектирование, монтаж и наладку автоматики, недостаточно для того, чтобы охватить все работы. Совершенно очевидно, что без широкой инициативы на местах поставленные задачи не смогут быть решены успешно и в короткий срок. Кроме того, опыт показывает, что там, где персонал электростанций и центральных служб районного управления по-настоящему не руководит работами по автоматизации, рассматривая себя только как заказчиков, держателей фондов на оборудование и денежных средств, там работы срываются или недопустимо затягиваются, не доходя до конца и не дают должного эффекта.

Электростанции и районные управления не могут и не должны ожидать, пока все работы, доступные для исполнения своими силами, будут выполнены специализированными организациями. На всех стадиях — проектирования, монтажа и наладки — работники электростанций должны быть активными участниками. Высокую требовательность в отношении проектировщиков, монтажников и наладчиков необходимо сочетать с помощью им.

Часть работ следует выполнять своими силами, исключая их из договоров, удешевляя работы и облегчая этим имеющиеся трудности. Это, безусловно, также поможет делу подготовки на электростанциях специалистов, действительно освоивших автоматику. Это подтверждается тем, что на многих электростанциях, где имеется опыт работы с автоматикой и подготовлены кадры, наиболее сложные регуляторы горения и другие успешно вводятся без помощи сторонних организаций. Так, например, Орская тэц не только самостоятельно обеспечила ввод в работу автоматики горения на последнем из имеющихся котлов, но и из месяца в месяц обеспечивает работу автоматики на всех котлах с коэффициентом использования 0,99 и выше. Полной противоположностью является Среднеуральская грэс, на которой имеется большое количество устройств автоматики, в том числе выполненных давно, но в значительной части не работающих. Персонал этой электростанции и районного управления не принимает действенных мер к тому, чтобы наладить эти устройства.

Определить и полностью использовать свои собственные возможности в деле внедрения новой техники и автоматики в настоящее время является важнейшей обязанностью руководителей предприятий.

Но конечно, все только силами электростанций сделать не удастся. Поэтому резко должна быть улучшена работа ОКБ и групп по монтажу КИП и автоматики в монтажных трестах Главпромэнергомонтажа, на которые возложена основная часть работ по проектированию, монтажу и наладке тепловой автоматики на электростанциях. Продолжающееся в этом деле отставание не может быть дальше терпимо, так как оно ставит под угрозу выполнение государственных планов. Руководство Главпромэнергомонтажа (т. Мизрухин, т. Григорьев) не обеспечило коренного перелома в деле проектирования, монтажа и наладки автоматики. Должно быть улучшено положение в Теплоэлектропроекте и его отделениях как в части проектирования самой автоматики, так и в части проектирования основного и вспомогательного оборудования электростанций, которое должно быть приспособлено для автоматического управления, органически увязано с автоматикой. На строящихся и расширяемых электростанциях встречаются случаи, когда схемы пылеприготовления, питательных магистралей, газо- и воздухопроводов таковы, что для автоматического управления требуется их реконструкция.

Оргрэс как центральная организация должен сосредоточить изучение и обобщение опыта эксплуатации тепловой автоматики, подготавливать соответствующие рекомендации электростанциям. Непосредственную помощь путем выездов на места Оргрэс в первую очередь должен оказывать электростанциям, где имеются серьезные затруднения с наладкой и обеспечением работы автоматики. Пока этого нет и Оргрэс еще не занял такого ведущего положения в области автоматизации тепловых процессов на электростанциях. Более того, крайне важная работа на одной из электростанций по выявлению экономической эффективности работы автоматического регулирования горения, которая по заданию Министерства должна была быть выполнена еще в 1949 г., не закончена до сих пор. Аналогичная работа задерживается и Мосэнерго.

ВТИ в области автоматики ограничивает свою деятельность несколькими московскими электростанциями. Работы лаборатории авторегулирования ВТИ пока еще не дают результатов для определенных практических рекомендаций, которые могли бы быть быстро и успешно использованы большим числом электростанций. Между тем электростанции в таких рекомендациях очень нуждаются и в части электронной автоматики и в области схем регулирования.

Серьезные претензии могут быть предъявлены заводу «Энергодеталь», выпускающему аппаратуру тепловой автоматики, а также аппаратуру телеуправления и телесигнализации. Хотя качество продукции завода и улучшилось, но сделано в этом направлении еще далеко не все. Завод должен обеспечить выпуск совершенно надежной и безотказной аппаратуры; особенно это относится к новым электронным регуляторам.

Он должен также снабжать запасными частями электростанции, в особенности те, которые получили аппаратуру завода, выпущенную в прежние годы. Необходимо полностью снабдить электростанции и энергосистемы выпускаемой аппаратурой автоматики и телемеханики в объемах и в сроки, обеспечивающие выполнение государственных планов по автоматизации. Поставка аппаратуры должна быть полностью комплектной.

Заводы Министерства должны также обеспечить энергосистемы новой аппаратурой в нужных количествах: завод «Энергодеталь» — регуляторами питания — трехимпульсными и высокого давления, установками телеуправления и телесигнализации; завод «Электропульт» — щитами для котельных и турбинных агрегатов, диспетчерскими щитами и пультами, аппаратурой телеизмерения ближнего и дальнего действия; завод «Энергоприбор» — самопишущими солемерами для котловой воды, всей номенклатурой малогабаритных реле времени; киевский завод треста «Армсеть» — устройствами компаундирования генераторов с электромагнитными корректорами.

Самодельность и инициатива на местах, о которых говорилось выше, должны базироваться на обеспечении работ не кустарной, а совершенной и высококачественной аппаратурой промышленного изготовления. Зато в деле ее совершенствования, устранения на основе опыта эксплуатации недостатков рационализаторы электростанций могут сыграть очень большую роль. Кроме того, как известно, и в области автоматики и в области телемеханики отдельные задачи до сих пор не имеют полноценного технического решения. Здесь широкое поле деятельности для изобретателей.

Работы в области автоматизации и телемеханизации должны строиться с учетом необходимости строжайшей экономии средств, дефицитных материалов и аппаратуры. Нельзя не считаться с тем, что огромные работы по вводу новых мощностей, а также по эксплуатации требуют в больших количествах материалы, нужные и для автоматики, как например, контрольный кабель. Вопрос экономного его расходования является важнейшим. Всякие ненужные усложнения, излишества необходимо решительно исключать.

Работы по автоматизации гидростанций в этом отношении являются поучительным примером. По мере накопления опыта проверялась возможность значительного упрощения схем автоматического управления, исключения ненужных блокировок, лишних элементов и цепей контроля. При этом уменьшению количества потребной аппаратуры и кабеля сопутствовал еще

дополнительный эффект повышения эксплуатационной надежности автоматики.

Этот опыт должен быть использован не только на всех работах по автоматизации гидростанций, но и в других областях автоматики и телемеханики. Особое значение это имеет для таких работ, как комплексная автоматизация котельных цехов, автоматизация и телемеханизация подстанций, телемеханизация диспетчерского управления энергосистемами, автоматизация тепловых электросетей.

Эти работы уже проводятся в опытном порядке и к установлению их объема необходимо подойти особо строго, чтобы избежать излишне сложных решений и излишних затрат. Основной целью этих работ является проверка, которая определила бы правильность и целесообразность различных возможных решений.

Указанные работы, безусловно, должны быть выполнены в заданные сроки, что необходимо для определения перспективы внедрения в последующие годы.

В 1949 г., равно как и в предыдущие годы, работы по автоматизации на действующих электростанциях на эксплуатируемом оборудовании проходили более успешно. Осуществление автоматики на вновь вводимых объектах отставало. Котлы вводились без автоматических регуляторов, предусмотренных проектом; гидрогенераторы — без автоматического управления; линии электропередачи — без автоматического повторного включения. Автоматику на них приходилось иногда выполнять уже после сдачи в эксплуатацию, порой силами эксплуатационного персонала.

Такое положение является совершенно недопустимым, тем более, что по мере роста оснащенности автоматикой все большую долю в планах составляют новые, строящиеся объекты. Поэтому на строительные и монтажные организации ложится серьезная ответственность в отношении выполнения планов по автоматизации, так как они должны сдавать котлы, гидрогенераторы, линии электропередачи и т. д. полностью оснащенными устройствами автоматики и защиты. Заказчики, а также главные эксплуатационные управления должны предъявлять в этом отношении более жесткие требования к строительным и монтажным организациям.

Только при серьезном напряжении сил и сочетании усилий всех работников и организаций, участвующих в общем деле, могут быть успешно выполнены намеченные большие работы по автоматизации и телемеханизации электростанций и сетей, а направленные на это нужное дело средства — дать реальные результаты в деле дальнейшего подъема энергетики.



Беспламенное сжигание природного газа в крупнокалиберных горелках

Канд. техн. наук В. А. Спейшер, инж. А. Е. Кучерук,
инж. П. Н. Маевский и инж. В. М. Новиков

Беспламенное горение газов может обеспечить полное горение при малых избытках воздуха, что достигается сжиганием тщательно приготовленной газо-воздушной смеси вблизи раскаленных огнеупоров (туннелей, насадок или стенок топки). При этом вопрос об оптимальных размерах и форме огнеупорных деталей беспламенных горелок еще не является решенным.

При сжигании газов, обладающих практически постоянным составом (например, природного газа), очень важно использовать еще одно ценное свойство беспламенных горелок однопроводного типа. Эти горелки, инжeksiруя весь необходимый для горения воздух непосредственно из атмосферы, автоматически поддерживают оптимальное соотношение компонентов газо-воздушной смеси. Таким образом, правильно отрегулированная однопроводная горелка работает с наимыгоднейшим коэффициентом избытка воздуха независимо от колебаний расхода газа. Этим путем практически устраняется недожог при минимальном объеме уходящих газов.

Автоматизация пропорционирования газо-воздушной смеси в обычных пламенных горелках требует сложных регуляторов и по этой причине в котельной технике применяется редко. Пламенные горелки с ручной регулировкой подачи газа и воздуха позволяют в ряде случаев получить удовлетворительное сжигание газа. Однако показатели повседневной работы указанных горелок часто сильно отличаются от показателей парадных испытаний. Как показали наши наблюдения, при эксплуатации крупных паровых котлов экономичность сжигания природного газа сильно снижается значительными избытками воздуха и химическим недожогом (порядка 6—10%).

Указанные потери от химического недожога обуславливаются в основном тем, что некоторая часть метана совершенно не реагирует с кислородом. Обнаружить присутствие такого метана в отходящих газах можно только при помощи газоанализаторов с дожиганием (типа Норзе или лучше типа ВТИ). Обычные аппараты типа ОРСА (без дожигания) для этой цели непригодны.

Беспламенное сжигание высококалорийных газов в инжекционных горелках однопроводного типа долгое время не находило практического применения. В проспектах иностранных фирм, а порой и в технической литературе утвержда-

лось, что эксплуатация указанных горелок требует повышенного давления газа перед горелкой, определяемого из расчета 1 мм вод. ст. на каждую калорию сжигаемого газа. Получалось, что для сжигания природного газа в однопроводных горелках необходимо повышать его давление перед горелкой до 0,8—0,9 атм.

Экспериментальная работа, проведенная Энергетическим институтом Академии наук СССР совместно со Стальпроектом, позволила установить, что правильно спроектированные беспламенные однопроводные горелки малого и среднего размера могут работать на любом давлении природного газа. Горение в смесителе не происходит даже при уменьшении давления вплоть до полного прекращения подачи газа. Однако нужная производительность горелки заданного калибра достигается обычно при давлении 0,3 атм. При сжигании газов с повышенной реакционной способностью, например нефтяного, давление приходится поддерживать не только для обеспечения производительности, но и для предотвращения хлопков, происходящих от втягивания зоны горения в смеситель. Это позволило внедрить однопроводные беспламенные горелки в печах ряда московских, саратовских и других заводов. Нормальная работа горелок (полное горение газа при автоматическом регулировании подсоса воздуха) обеспечивается при давлении газа 0,1—0,3 атм.

Для того, чтобы распространить данный метод беспламенного сжигания газа на паровые котлы, требовалось исследовать работу однопроводных горелок крупного калибра в комплексе с котельным пучком¹. Исследования были приняты с целью выяснения:

1) эксплуатационной характеристики крупнокалиберной горелки (производительность, пределы регулирования, автоматичность пропорционирования газо-воздушной смеси и т. п.);

2) наилучшего размещения огнеупоров в зоне горения, обеспечивающего полноту горения природного газа;

¹ Это исследование проводилось Южным отделением Орггрэс совместно с Энергетическим институтом Академии наук СССР на Львовской гзс под руководством проф. М. Б. Равича.

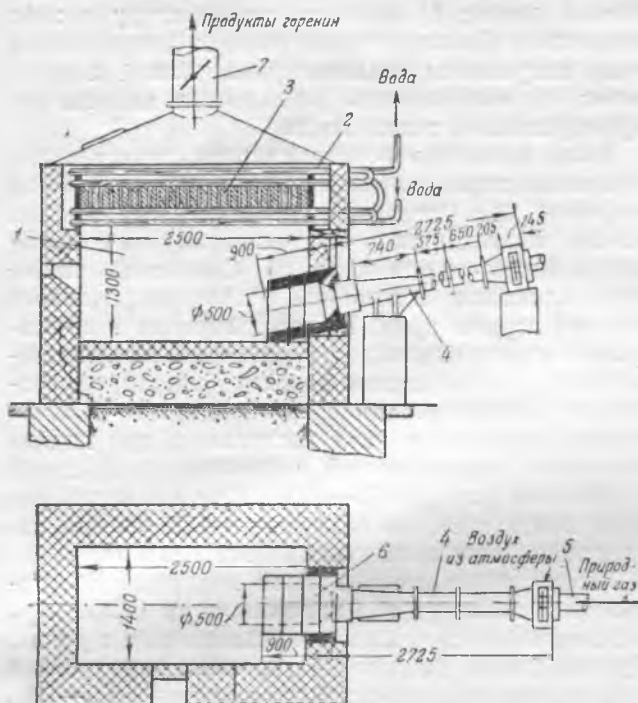


Рис. 1. Экспериментальная установка с туннельной горелкой.

1 — камера; 2 — змеевики; 3 — шамотная диафрагма; 4 — смеситель; 5 — газопровод; 6 — туннель; 7 — дымовая труба.

3) возможности применения шамота для изготовления туннеля и огнеупорных перегородок;

4) интенсивности теплопередачи при отсутствии факела, так как весьма часто высказываются опасения, будто бы переход на беспламенный обогрев может уменьшить передачу тепла излучением;

5) возможности работы с неполным сжиганием в туннеле и дожиганием на огнеупорах, размещенных между кипятильными трубами.

Испытания проводились на установке, представляющей собой четвертую часть топки горизонтально-водотрубного котла, предназначенного к переводу на беспламенный обогрев (рис. 1).

Камера высотой 1300 мм, т. е. значительно меньшей, чем высота топки котла, была перекрыта четырьмя змеевиками, выполненными из труб диаметром 102 мм. Шаг между трубами был взят таким же, как и в котле. Змеевики были соединены последовательно и включены в питательную линию котельной. Расстояние между вторым и третьим змеевиками было увеличено и в этом пространстве устанавливалась съемная диафрагма из шамотного кирпича. Кирпичи ставились ребром на расстоянии 10—15 мм друг от друга.

Природный газ подавался в однопроводный смеситель из городской сети, а воздух засасывался из атмосферы. Сжигание газозвоздушной смеси происходило на выходе из смесителя в туннеле или арочно-канальных устройствах, устанавливаемых вместо туннеля. Продукты горения поступали в дымовую трубу.

Параметры, характеризующие работу установки, определялись по методике испытания котельных установок, изданной Оргрэсом. Анализ продуктов горения производился при помощи аппаратов Орска с контролем на аппарате ВТИ.

Кроме того, избыток воздуха определялся путем сжигания пробы газозвоздушной смеси в трубчатой печи, наполненной дробленым шамотом, с последующим анализом продуктов горения. Такой способ определения избытка воздуха более точен, так как исключает возможность искажения результатов вследствие присосов воздуха через неплотности в кладке.

Исследование туннельных и арочно-канальных горелок

Наиболее распространенные горелки беспламенного типа обычно состоят из двух частей: смесителя и туннеля, в котором происходит беспламенное сжигание газозвоздушной смеси.

Исследованный на стенде туннель был установлен под углом 10° к поду стенда, что увеличивало время пребывания газов вблизи раскаленных огнеупоров.

Испытания горелки позволили установить, что газозвоздушная смесь не всегда успевает сгореть в туннеле. Неполнота горения иногда наблюдается также и при анализе газов, покидающих стенд.

При сжигании в горелке 150 нм^3 природного газа в час сопротивление туннеля весьма значительно и при разрежении в топке около 4 мм вод. ст. можно было наблюдать выбивание газов из запального лючка.

Температура в туннеле растет почти прямо пропорционально росту нагрузки, достигая при напряжении туннельного объема 7 млн. ккал/м³ час (расход газа $150 \text{ нм}^3/\text{час}$) температуры 1650°C (рис. 2). Это приводило к сильному оплавлению стенок туннеля, выполненных из шамотного кирпича.

Наблюдения за тепловым режимом туннеля показали, что температура газов во входной части туннеля равна 1600°C , в середине туннеля — 1650°C и на выходе из туннеля — 1450°C .

На основании наблюдений было принято решение не удлинять туннель, а заменить его короткой аркой и установить на поду огнеупорные перегородки, образующие открытые сверху каналы.

Таким образом была предложена новая разновидность беспламенной горелки, обеспечивающая: а) разделение потока сгорающей газозвоздушной смеси.

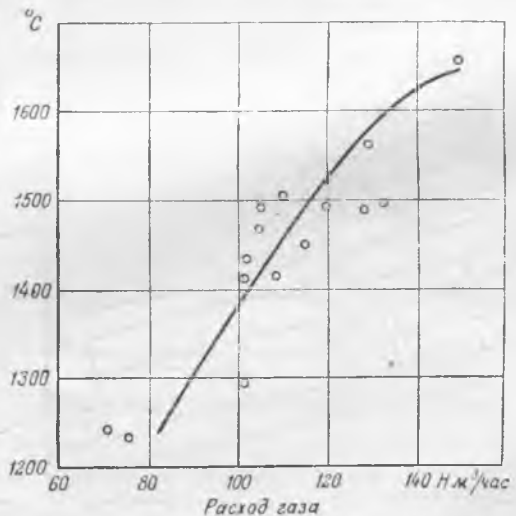


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры топки от расхода газа в туннельной горелке.

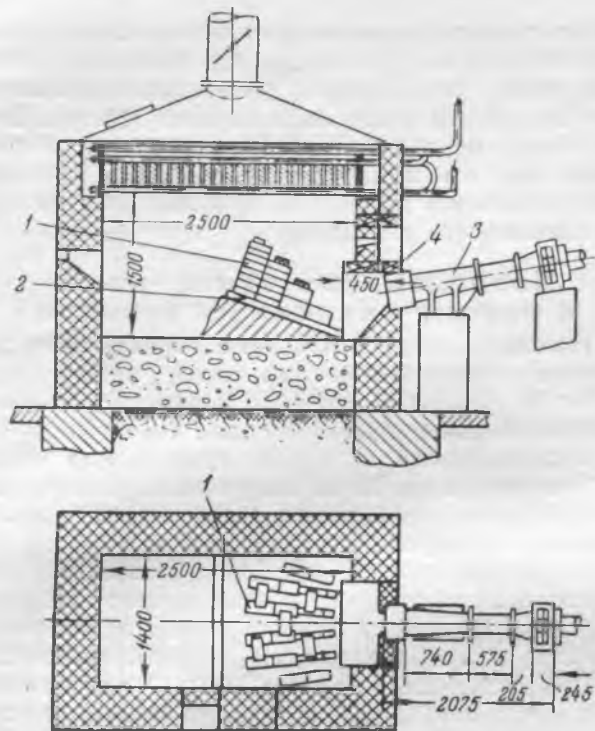


Рис. 3. Арочно-канальная горелка.

1 — перегородки; 2 — панель; 3 — смеситель; 4 — арка.

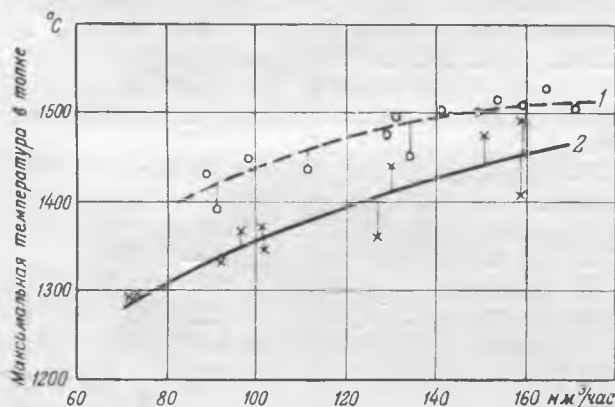


Рис. 4. Зависимость максимальной температуры в топке от расхода газа в арочно-канальной горелке.

1 — арка длиной 500 мм; 2 — арка длиной 200 мм.

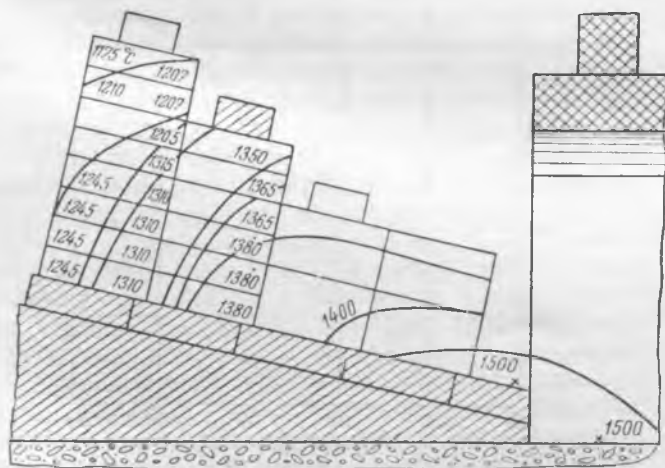


Рис. 5. Распределение температуры в крайнем канале.

душной смеси; б) высокую температуру в зоне горения; в) благоприятные условия для передачи тепла излучением тепловоспринимающей поверхности; г) возможность уменьшения высоты неэкранированной толпки котла.

Было испытано несколько вариантов арочно-канальных горелок. Наилучшие результаты были получены при установке шести перегородок на панели, выложенной с наклоном 20° по отношению к поду стенда (рис. 3). Смеситель также устанавливался наклонно. Роль укороченного туннеля играла арка. Процесс горения газо-воздушной смеси начинался в пространстве, образованном аркой, и заканчивался в каналах, образованных огнеупорными перегородками. Полное горение природного газа достигалось при подаче тщательно перемешанной газо-воздушной смеси с избытком воздуха 10—12%. При снижении коэффициента избытка воздуха до 1,05 иногда наблюдалась химическая неполнота горения.

Аналогичные данные были получены Энергетическим институтом Академии наук СССР при беспламенном сжигании природного газа в печах. При сжигании подогретой газо-воздушной смеси избыток воздуха можно было снижать до 5—7%, но при сжигании холодной смеси его приходилось увеличивать до 10—15% во избежание химического недожога.

Измерения температуры пода и горелочной насадки показали, что максимальная температура развивается под аркой. В зависимости от производительности горелки и длины арки температура в этом месте колеблется в пределах от 1425 до 1550 °C (рис. 4). Максимальная температура стенок каналов была на 50—75 °C ниже указанной температуры в подъярочном пространстве. Распределение температур по стенкам каналов показано на рис. 5. Таким образом, в разработанных арочно-канальных устройствах развиваются температуры, обеспечивающие полноту горения и вместе с тем позволяющие работать с обычным шамотом хорошего качества. Попытки установить поперечные перегородки в конце каналов или уменьшить высоту продольных перегородок дали отрицательные результаты, вызывая недожог газа.

Исследование инжекционных смесителей

Смешение газа с воздухом производилось в одноступенчатом смесителе инжекционного типа (рис. 6).

Выбор смесителя производился с учетом результатов работы, проведенной Энергетическим институтом Академии наук СССР совместно со Стальпроектом. Однако эти данные, полученные при исследовании горелок малого и среднего калибра, нуждались в уточнении применительно к горелкам большого калибра.

Испытания смесителя с диаметром кратера 200 мм на стенде позволили установить следующее:

1. Газо-воздушная смесь с 10%-ным избытком воздуха получается при отношении диаметра кратера (200 мм) к диаметру газового сопла (13 мм), равном 15,4. Производительность горел-

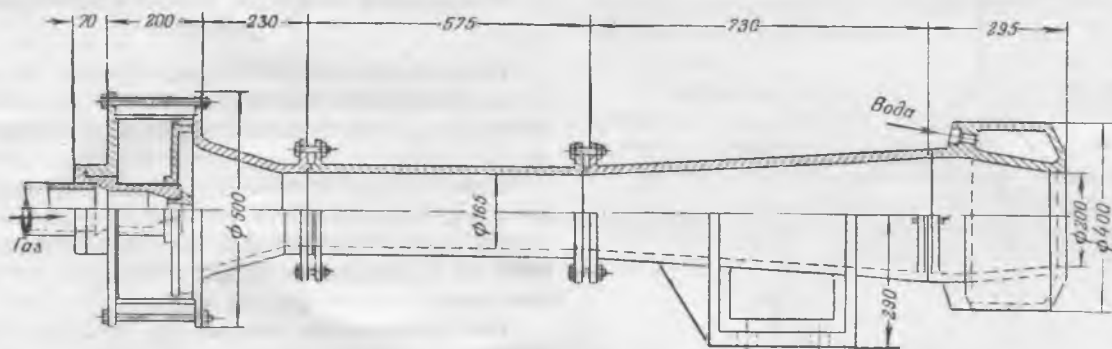


Рис. 6. Одноступенчатый инжекционный смеситель.

ки при указанном диаметре газового сопла и давлении 0,55 атм равна 100 м^3 природного газа в час. Увеличивая давление до 0,75 атм, можно повысить производительность горелки до 130 $\text{м}^3/\text{час}$. Подача газа осуществлялась непосредственно от городского газопровода повышенного давления. Принудительная подача воздуха отсутствовала.

2. При изменении расхода газа путем перекрытия газового крана избыток воздуха остается постоянным.

3. Увеличение диаметра газового сопла до 15 мм позволяет увеличить расход газа до 150 $\text{м}^3/\text{час}$, но избыток воздуха уменьшается при этом до 5%.

4. Длина смесителя, равная 2 м, обеспечивает хорошее смешение газа с воздухом. Горения в смесителе при нормальной работе не наблюдалось. Оно иногда имело место только при снижении скорости выхода газо-воздушной смеси до 7—8 м/сек.

5. При работе инжекционных горелок разрежение в топке нужно держать постоянным.

На основании изложенного можно считать исследованный смеситель (рис. 6) пригодным для использования при беспламенном обогреве котлов.

Роль шамотной диафрагмы, установленной между водогрейными трубами

Шамотная диафрагма между водогрейными трубами (рис. 1 и 3) устанавливалась с целью:

а) выявить возможность дожигания газо-воздушной смеси, недогоревшей в горелке;

б) определить влияние шамотных поверхностей, расположенных между трубами, на тепловое напряжение последних.

При нормальной работе газо-воздушная смесь полностью сгорала в арочно-канальной горелке, независимо от наличия диафрагмы. Продукты неполного горения фиксировались в покидающих стенд газах только при недостаточном избытке воздуха. Накал нижней части диафрагмы до 950—1050° С уменьшал недожог за счет воздуха, присосанного через неплотности кладки. Однако дожигание было лишь частичным вследствие недостаточного накала диафрагмы (температура верхней части насадки 400—500° С) и плохого смешения недогоревшего газа с присосанным воздухом.

Диафрагма значительно увеличивала тепловое напряжение поверхности нагрева. На рис. 7 нанесено количество тепла, воспринимаемое поверхностью нагрева (в пересчете на 1 м^2) при установке диафрагмы за II рядом труб, за I рядом и при отсутствии диафрагмы. Общее количество тепла, переданное змеевикам при наличии диафрагмы, на 20—30% выше, чем без нее.

С ростом расхода газа при наличии диафрагмы тепловое напряжение поверхности нагрева растет в основном за счет поверхности, расположенной до диафрагмы (рис. 7). При сжигании 130—160 $\text{м}^3/\text{час}$ тепловое напряжение нижнего змеевика доходило до 110—133 тыс. ккал/м² час.

Температура отходящих газов за тремя рядами водогрейных труб не поднималась выше 550° С. При создании новых котлов беспламенного горения с малогабаритной топкой число рядов кипятильных труб перед перегревателем должно быть сокращено.

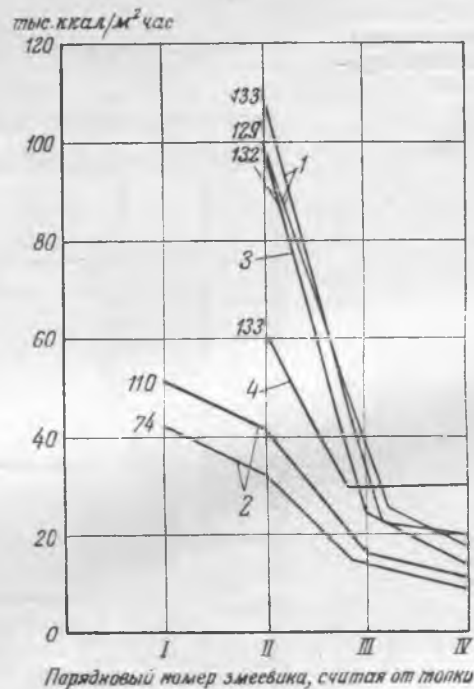


Рис. 7. Тепловое напряжение 1 м^2 поверхности нагрева змеевиков. Цифры на графике указывают производительность горелок в $\text{м}^3/\text{час}$.

1, 2 — при работе туннельных горелок (1 — три ряда труб; шамотная решетка между I и II рядами; 2 — четыре ряда труб; решетка между II и III рядами); 3, 4 — при работе арочно-канальных горелок (3 — перегородка установлена; 4 — перегородка снята).

Паровой котел беспламенного горения

Результаты описанной экспериментальной работы послужили базой для перевода на беспламенный обогрев горизонтально-водотрубного котла 10 т/час.

Размещение арочно-канальных горелок в топке котла представлено на рис. 8 и 9. Смесители имеют изогнутую форму, что значительно облегчает их размещение вдоль стенок котла. Кратер смесителей имеет форму эллипса.

На протяжении нескольких месяцев горелки, установленные в топке котла, надежно обеспечивают процесс сжигания природного газа. Постоянство избытка воздуха поддерживается автоматически без помощи регуляторов. Горелки присоединены к городскому газопроводу повышенного давления (0,5 атм) и не требуют принудительной подачи воздуха или повышения давления газа и связанных с этими процессами затрат электрической энергии. Огнеупорные материалы в зоне горения нагреваются до 1450°С, способствуя интенсивной передаче тепла излучением. Для увеличения температуры перегрева пара на 25—30°С число горелок увеличено до восьми.

Предварительные испытания показали, что переход на беспламенный процесс не вызвал снижения производительности котла и передачи тепла лучеиспусканием.

Выводы

1. Разработанные арочно-канальные горелки обеспечивают беспламенное сжигание газа с автоматическим поддержанием постоянного избытка воздуха.

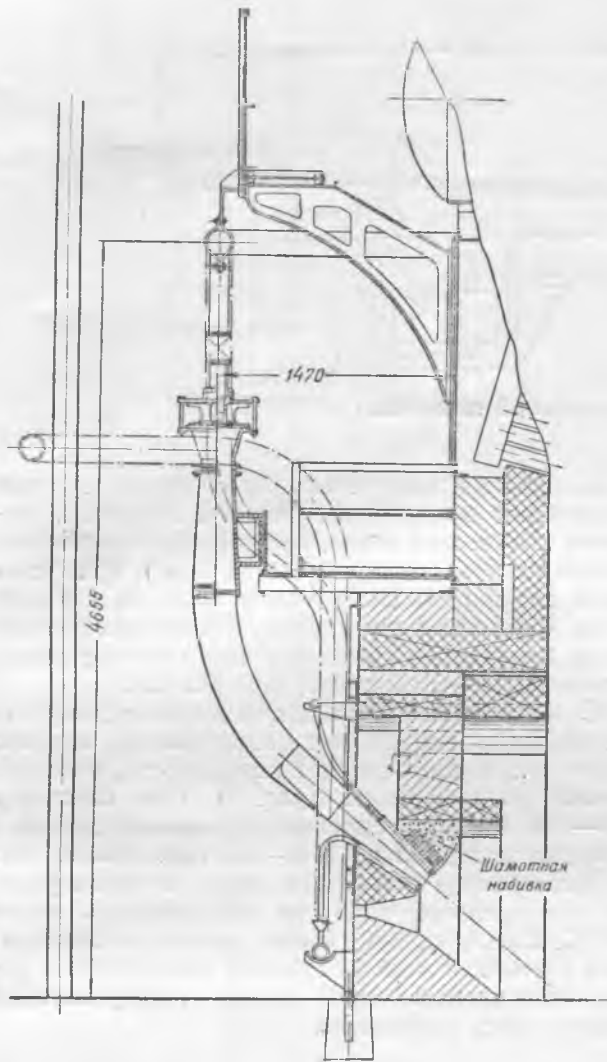


Рис. 8. Установка смесителя в котле беспламенного горения.

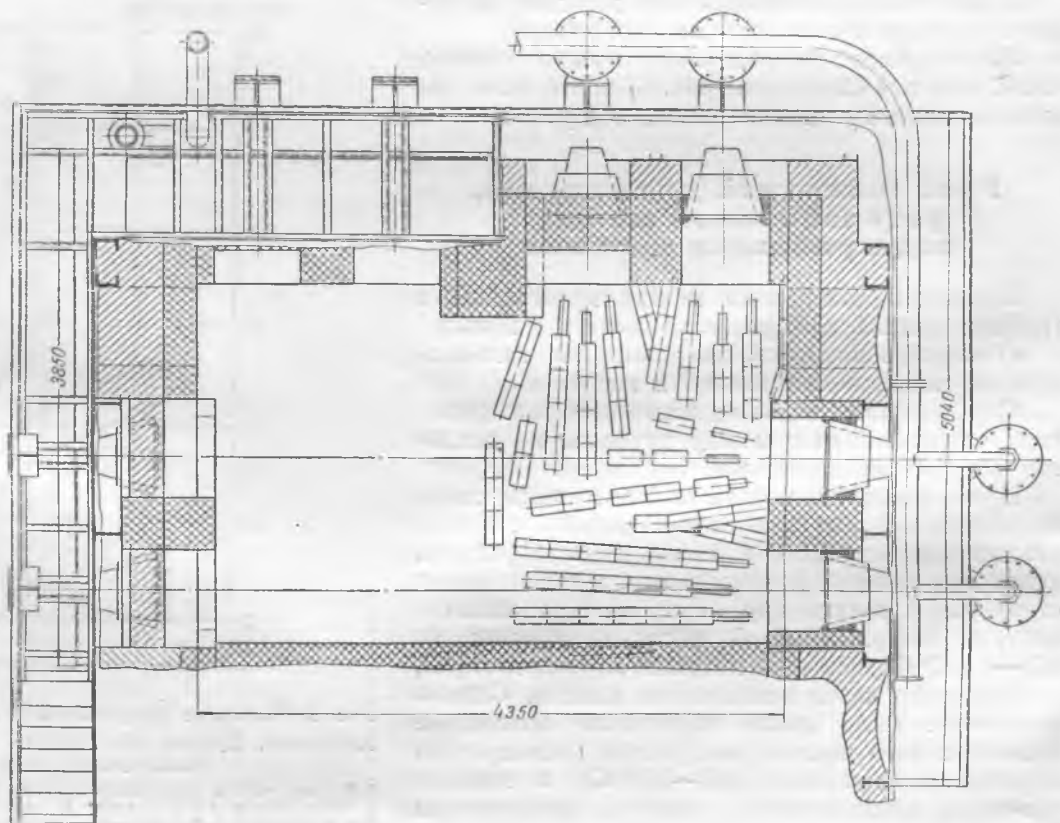


Рис. 9. Котел беспламенного горения с арочно-канальными горелками.

2. Испытания горелок, проведенные на стенде и в паровом котле 10 т/час, показали, что полное горение природного газа достигается при:

- а) избытке воздуха порядка 1,10—1,12;
- б) хорошем перемешивании газа с воздухом (т. е. при достаточной длине смесителя);
- в) температуре в зоне горения, обеспечивающей интенсивное горение метана (1 300—1 450° С).

3. Высококалорийный природный газ подается в горелки непосредственно из городского газо-

провода повышенного давления. Принудительная подача воздуха, необходимого для горения, отсутствует.

4. Горелки изготавливаются из шамота и не требуют применения материалов, обладающих более высокой огнеупорностью.

5. Полученные результаты свидетельствуют о возможности перевода на беспламенный обогрев паровых котлов малой производительности, работающих на газообразном топливе.

ОТ РЕДАКЦИИ

Описанные в статье исследования имели целью решить вопрос о применении крупнокалиберных горелок для беспламенного сжигания природного газа в паровых котлах. Достигнутые как при испытаниях, так и при работе котла тепловые напряжения

$$Q/H = (100 \div 120) \text{ тыс. ккал/м}^2\text{час};$$
$$Q/V \approx 250\,000 \text{ ккал/м}^3\text{час при } \alpha = 1.10 \div 1.12$$

не являются характерными для беспламенного горения.

Для возможности широкого осуществления беспламенного сжигания газа в паровых котлах с целью резкого сокращения габаритов агрегатов требуется еще проведение дальнейших исследований.

□ □ □

Наладка и исследование щелевых пылеугольных горелок

Инж. В. Н. Березнеговская, инж. А. И. Крюков и инж. А. С. Суслов

Обеспечение бесшлаковочной работы котельных агрегатов с пылеугольными топками в значительной мере зависит от надлежащей наладки горелок. Опыт показывает, что наиболее тщательной наладки требуют щелевые горелки, где поток аэропыли, подведенный к горелке круглым патрубком диаметром 300—400 мм, разделяется по четырем-пяти узким и длинным щелям. При этом скорости аэрсмеси по щелям обычно получаются неравномерными. Кроме того, концентрация аэросмеси по щелям горелки также неравномерна и зависит в значительной степени от конфигурации подводных пылепроводов.

Таким образом, может создаваться перегрузка отдельных щелей горелки пылью, при недостатке воздуха, необходимого для ее сгорания. Большое значение имеет также выбор угла наклона щелей горелки как для заполнения факелом топочного пространства, так и для избежания прямого удара факела в близрасположенную стенку или поверхность нагрева.

На двух котлах электростанций Мосэнерго, оборудованных щелевыми горелками, была произведена наладка горелок с помощью простых методов, легко применимых в эксплуатационных условиях¹. В обоих случаях были получены хорошие результаты и повышение бесшлаковочной мощности котлов.

С целью наладки на остановленном котле производилась продувка горелок в отдельности по первичному и вторичному воздуху. Выходные скорости по длине щелей замерялись аэродинамической трубкой и микроманометром. Горелки продувались поочередно для того, чтобы не создавать больших воздушных потоков в топке, затрудняющих производство испытаний.

На основании предварительных испытаний и измерений расходов первичного и вторичного воздуха подсчитывались величины средних выходных скоростей воздуха из горелок при рабочем режиме котла. Продувка производилась при тех же средних скоростях воздуха, что и в рабочих условиях. Постоянство режима продувки контролировалось показаниями тягомеров перед горелками.

Результаты замеров обрабатывались в виде графиков распределения выходных скоростей по высоте и по ширине горелок. На основании на-

блюдений за работой топки и за положением факела делалось заключение о желательном перераспределении выходных скоростей или изменении направления потока.

Изменение скоростей производилось путем вварки дроссельных прутков во входных концах щелей. Настройка вначале производилась на одной горелке, затем повторной продувкой проверялся полученный эффект. Затем делалась настройка всех остальных горелок. Как правило, все горелки продувались и до, и после настройки.

Этот метод позволяет добиться желаемого поля выходных скоростей воздуха, но не обеспечивает надлежащего распределения пыли по отдельным щелям.

Для контроля за распределением пыли по щелям во входном патрубке горелки вваривались вертикальные контрольные прутки из мягкой стали. По истечении некоторого времени прутки вынимались и по характеру их износа делалось заключение о распределении пыли по щелям.

Изменение распределения пыли по щелям производилось путем вварки передвижных направляющих козырьков в пылепроводе перед горелкой. Надлежащее положение этих козырьков может быть оценено или путем наблюдений за положением факела в топке или путем повторной вварки контрольных прутков.

Ниже приводятся примеры применения этого метода на практике.

Топка котла 51СП-220/100, работающего на подмосковном угле, схематически показана на рис. 1. На фронтальной стенке топки установлены 6 щелевых горелок. Конструкция горелок пока-

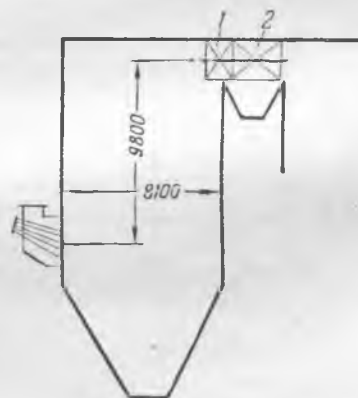


Рис. 1. Схематический разрез топки котла 51СП-220/100.

1 — фестон; 2 — перегреватель;

¹ Работа проводилась совместными наладочными бригадами Мосэнерго — БПК.

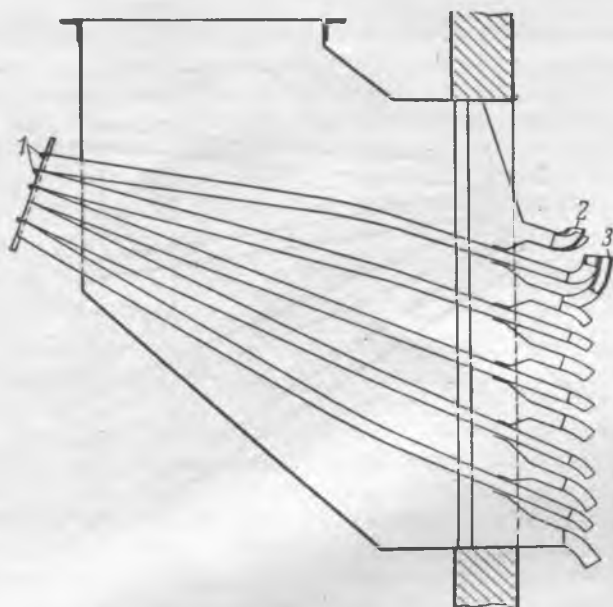


Рис. 2. Пылеугольная щелевая горелка.

1 — дроссельные прутки; 2 — насадка; 3 — дополнительные насадки.

зана на рис. 2. Агрегат имеет две сушильно-мельничные установки с замкнутым циклом сушки.

Процесс наладки топочного режима этого агрегата длился довольно долго и потребовал многократной реконструкции горелок.

После капитального ремонта котла в 1948 г., когда была изменена конфигурация подводящих пылепроводов, работа топki снова ухудшилась. Появилось интенсивное шлакование фесто́на и перегревателя при нагрузках котла от 150 т/час и выше и шлакование холодной воронки.

В результате продувки горелок первичным и вторичным воздухом было получено поле скоростей, представленное на рис. 3. Режим продувки соответствовал работе котла при нагрузке 150 т/час с двумя сушильно-мельничными системами.

Распределение скоростей первичного воздуха, по всем щелям оказалось примерно равномерным. Поскольку наблюдалось шлакование перегревателя и холодной воронки решено было верхние и нижние щели аэропыли задресселировать на 28% сечения прутками, сваренными со стороны входа аэропыли в щель.

После такого дросселирования скорость первичного воздуха на выходе из верхней и нижней щелей несколько снизилась, и кривая скоростей приняла выпуклую форму (см. рис. 3).

Распределение скоростей вторичного воздуха, за исключением резкого падения скорости на выходе из нижней щели, было удовлетворительным.

В начале продувки горелки по первичному воздуху, когда поток воздуха, выходящий из горелки, был окрашен оставшейся в ней пылью, было заметно, что поток, выходящий из верхних щелей, направлен прямо в перегреватель. Видимо, этот поток в основном и вызывал шлакование перегревателя.

Поэтому направление верхней щели аэропыли и двух верхних щелей вторичного воздуха было изменено путем устройства на них дополнительных насадков, как это показано на рис. 2. Тем

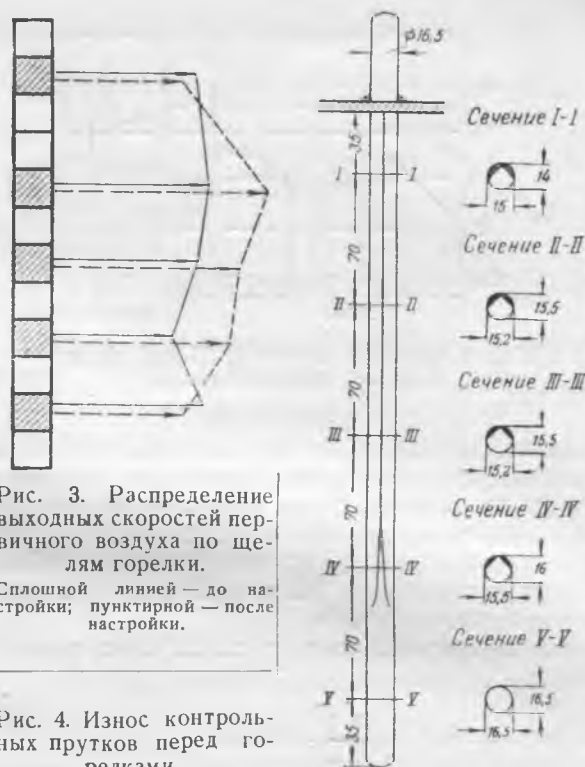


Рис. 3. Распределение выходных скоростей первичного воздуха по щелям горелки.

Сплошной линией — до настройки; пунктирной — после настройки.

Рис. 4. Износ контрольных прутков перед горелками.

самым поток аэропыли из верхней щели направлялся круто вверх вдоль фронтальной стенки топki и путь аэропыли от горелок до перегревателя удлинялся.

Характер износа контрольных прутков, сваренных во входном патрубке горелок, показал, что после осуществления этих мероприятий пыль все же преимущественно идет по верхним и средним щелям горелок (рис. 4).

Для изменения характера распределения пыли по щелям на пылепроводах перед горелками были установлены подвижные козырьки (рис. 5), которые давали возможность направлять пыль к нижним щелям.

Далее с целью создания более крутого разворота факела вниз и уменьшения отжатия факела к задней стенке были задресселированы на 28% сечения второй и третьей сверху щели аэропыли, что увеличило выходную скорость в нижних щелях.

Одновременно для понижения общего уровня скоростей первичного воздуха было увеличено количество воздуха, сбрасываемого из пылестемы помимо горелок. Для этого потребовалось



Рис. 5. Установка направляющих козырьков перед горелками.



Рис. 6. Нагрузка котла 51СП-220/100 до и после наладки горелок.

увеличить сечение сбросных пылепроводов. В результате средняя скорость первичного воздуха на выходе из горелки была снижена до 10 м/сек при скорости вторичного воздуха 28 м/сек (при нагрузке котла 180 т/час, коэффициенте избытка воздуха в топке $\alpha_m = 1,2$ и работе двух сушильно-мельничных систем).

Новое соотношение скоростных напоров составило:

$$\frac{\gamma_1 w_1^2}{\gamma_m w_m^2} = 0,25,$$

т. е. скоростной напор первичного воздуха стал значительно ниже скоростного напора вторичного воздуха.

В результате проведения этих мероприятий топочный режим котла заметно улучшился и шлакование перегревателя и топки стало значительно меньше. В эксплуатации котел стал работать устойчиво со среднесуточной нагрузкой 170—180 т/час. График рис. 6 характеризует работу котла до наладки и непосредственно после наладки горелок.

Опыт, приобретенный в процессе наладки этого котла, был затем использован при наладке топочного режима другого прямоточного котла со щелевыми горелками. Котел 53СП-200/32 (рис. 7) работает на подмосковном угле и имеет две сушильно-мельничные установки с замкнутым циклом сушки. Восемь щелевых горелок (рис. 8) расположены на боковых стенках топки. Горелки

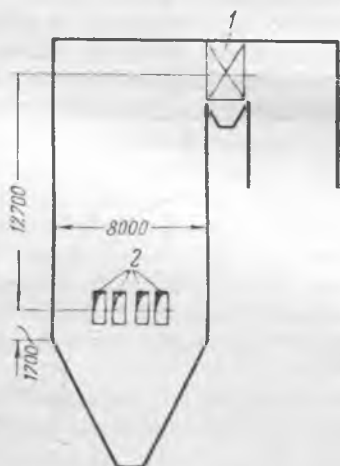


Рис. 7. Схематический разрез топки котла 53СП-200/32.
1 — перегреватель; 2 — горелки.

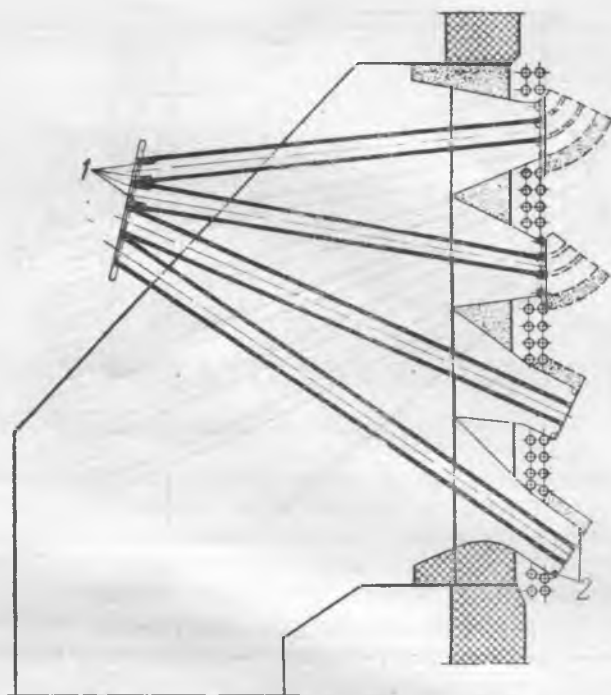


Рис. 8. Пылеугольная горелка котла 53СП-200/32.

Пунктиром показана первоначальная конфигурация выходных щелей. 1 — дроссельные пластины в щелях аэропыли; 2 — дроссельные прутки на выходе вторичного воздуха.

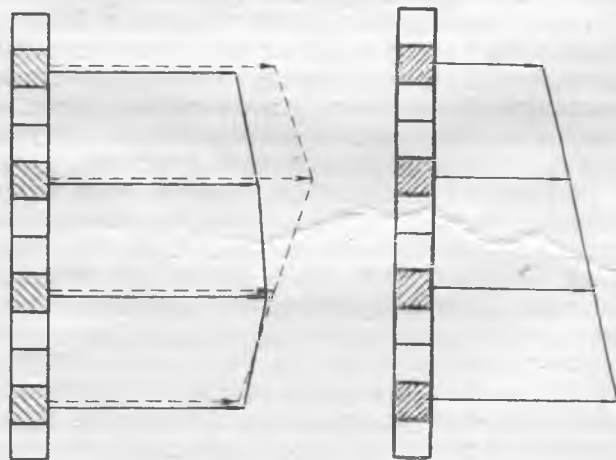


Рис. 9. Характер распределения выходных скоростей первичного воздуха по щелям горелки.

Пунктиром — до настройки; сплошными линиями — после настройки.

Рис. 10. Рекомендуемое распределение относительных величин выходных скоростей первичного воздуха.

имеют четыре ручья, из которых каждый состоит из щели первичного воздуха и двух щелей вторичного воздуха.

Котел при номинальной производительности 200 т/час работал с паросъемом не выше 150 т/час. Нагрузка котла ограничивалась шлакованием пароперегревателя. По этой же причине приходилось работать с повышенным избытком воздуха в топке: $\alpha_m = 1,5$. Факел по выходе из горелок был направлен вверх. Особенно сильно зашлаковывался перегреватель при включении двух крайних горелок, расположенных у задней стенки топки и имеющих наиболее короткий путь пламени от корня факела до перегревателя.

Вследствие этого крайними горелками в эксплуатации обычно не пользовались и работали только при шести включенных горелках.

Измерения показали, что выходные скорости первичного и вторичного воздуха составляют 30 и 20 м/сек.

Соотношение скоростных напоров составляет:

$$\frac{\gamma_I w_I^2}{\gamma_{II} w_{II}^2} = 2,5,$$

т. е. скоростной напор первичного воздуха значительно превышает скоростной напор вторичного воздуха.

Продувка горелок показала сравнительно равномерное распределение скоростей вторичного воздуха по щелям со слабым увеличением скорости в нижних щелях.

Распределение скоростей аэропыли оказалось весьма неравномерным: скорости в верхних щелях на 25—50% превышали скорости в нижних щелях (рис. 9). Поток, выходящий из верхнего ручья, был направлен вверх к перегревателю.

Для улучшения распределения скоростей по высоте горелки и снижения соотношения скоростных напоров первичного и вторичного воздуха было сделано следующее:

1) концы выходных насадков двух верхних ручьев срезаны для ликвидации резкого направления вверх выходящих из них потоков аэропыли (см. рис. 8).

2) обе верхних щели аэропыли задресселированы на 35% сечения полосками стали, сваренными у входных концов щелей;

3) все щели вторичного воздуха задресселированы на 22% сечения прутками, сваренными у выходных концов щелей для повышения выходных скоростей.

Продувка горелок после их реконструкции дала более равномерную картину распределения скоростей первичного воздуха по высоте горелки (см. рис. 9).

Одновременно была проведена работа по уплотнению пылесистем, в результате чего количество первичного воздуха, подаваемого в топку, несколько снизилось и соответственно возросла доля вторичного воздуха.

Произведенные после наладки горелок испытания котла показали новое соотношение выходных скоростей первичного и вторичного воздуха соответственно 27 и 45 м/сек.

Соотношение скоростных напоров

$$\frac{\gamma_I w_I^2}{\gamma_{II} w_{II}^2} = 0,7 \text{ (при } D = 170 \text{ м/час).}$$

Практические результаты настройки горелок выразились в том, что котел стал работать с паропроизводительностью до 180 т/час при коэффициенте избытка воздуха в топке, равном $\alpha_m = 1,33$ и без значительного шлакования перегревателя.

В работе, как правило, находятся все восемь горелок.

Выводы

Работа по наладке щелевых горелок двух прямоточных котлов показала, что примененный в обоих случаях метод настройки щелевых горелок позволяет просто и без больших переделок добиться значительного улучшения работы горелок и топки в целом. В обоих случаях удалось повысить бесшлаковочную мощность котла на 20—30%. Этот опыт может быть широко использован для всех котлов, оборудованных щелевыми горелками.

Рекомендуемое Всесоюзным теплотехническим институтом равенство скоростных напоров первичного и вторичного воздуха на выходе из горелки не может быть распространено на щелевые горелки. Абсолютная величина скоростного напора первичного воздуха и соотношение скоростных напоров для щелевых горелок должны выбираться в зависимости от общей компоновки топочной камеры и расположения в ней горелок.

При встречном расположении горелок можно допускать большие соотношения скоростных напоров; при фронтальном расположении горелок и короткой топке это соотношение должно быть меньшее. В обоих случаях оно должно быть меньше единицы.

Угол наклона щелей горелки нужно выбирать также в зависимости от места расположения горелки, стремясь получить хорошее заполнение факелом топочного пространства и избегая прямого направления оси на ближайшую стенку или поверхность нагрева.

Распределение выходных скоростей аэропыли по высоте горелки должно быть подобно показанному на рис. 10 с некоторым увеличением скорости в нижних щелях. Это позволит получить разворот факела в нижней части топки и использовать объем холодной воронки.



Эксплоатация скреперных складов угля на электростанциях в Западной Сибири

Инж. С. Т. Гостев

Полуциркульные скреперные склады угля на электростанциях средней мощности в Западной Сибири оправдали себя, но эксплуатация их, в связи с суровыми климатическими условиями, представляет ряд особенностей.

Как показал опыт, основное внимание при их эксплуатации должно быть обращено:

1) на надежное хранение угля в зимних условиях;

2) на обеспечение возможности быстрого использования (мобильность) находящегося на складе угля в зимних условиях;

3) на создание условий, гарантирующих надежную работу складских механизмов зимой.

Хранение угля

Обеспечение нормального хранения каменного угля на складе, как известно, во многом зависит от марки угля и соблюдения необходимых условий по укладке его. Укладка угля на полуциркульном складе может производиться несколькими способами. В практике обычно применяются три способа: эстакадный, послойный и послойный с послойным уплотнением.

При эстакадном способе укладка угля в штабель на полную высоту его начинается от элеваторной башни и идет по радиусу до окружности, ограничивающей площадь склада. При этом способе укладки уголь в штабеле скрепером почти не уплотняется и последующая укатка его, в случае значительной высоты штабеля, удовлетворительных результатов не дает. Кроме того, по основанию штабеля и внизу откосов его отсортировывается уголь крупных фракций.

При послойном способе штабелёвки уголь укладывается скрепером слоями по всей трассе хода до тех пор, пока высота штабеля не достигнет необходимой. При этом способе укладки уголь послойно уплотняется скрепером по всей трассе, при этом наибольшая плотность угля получается в начале трассы и наименьшая — в конце ее. Как и в первом способе укладки, у основания откосов штабеля отсортировывается кусковой уголь и массы угля в откосах остаются не уплотненными.

Как показал опыт, укладка угля на складе на длительное хранение эстакадным и послойным способами не обеспечивает надежного хранения

даже таких стойких по отношению к самовозгоранию углей, как киселевские угли Кузнецкого бассейна марки СС с гранулометрическим составом: $R_{100 \times 100 \text{ мм}} - 45\%$; $R_{75 \times 75 \text{ мм}} - 7,8\%$; $R_{50 \times 50 \text{ мм}} - 15,3\%$ и $R_{25 \times 25 \text{ мм}} - 31\%$.

Случаи самовозгорания Киселевского угля, уложенного указанными двумя способами, наблюдались при хранении его на складе от двух месяцев и более в штабелях высотой от 7 до 9 м. Очаги самовозгорания располагались преимущественно в откосах штабеля и реже в участках, непосредственно к ним примыкающих (на расстоянии 5—10 м), т. е. в тех местах, где уголь был менее уплотнен или не уплотнен совершенно. Очаги самовозгорания образовались в основном у мест залегания слоев крупного угля с величинами кусков от 15 мм и более.

Выделение крупных фракций угля при укладке его на складе скрепером происходило в основаниях откосов штабелей, в складках, образующихся в штабеле между смежными трассами хода скрепера, в виде постели под штабелем с отдельными выходами на поверхность (рис. 1).

На основании наблюдений наиболее надежным способом укладки каменного угля скрепером на длительное хранение следует считать послойный способ с послойным уплотнением¹. При этом способе (рис. 2) уголь укладывается скрепером так же как и при послойном способе, но как только высота слоя угля на трассе достигнет 1 м, трасса скрепера переносится рядом с таким расчетом, чтобы между уложенным углем и укладываемым не образовывалось промежутка.

После того как необходимая площадь склада покрывается слоем угля толщиной в 1 м, уголь планируется бульдозером и укатывается катком. После планировки и укатки первого слоя угля на него укладывается тем же способом второй слой высотой в 1 м, который также планируется и укатывается. Послойная укладка угля в штабель и уплотнение его производятся до тех пор, пока высота штабеля не достигнет необходимой.

При укладке угля этим способом не создается условий для деления его на фракции, поэтому

¹ Укладка топлива на складе с послойным уплотнением успешно применяется в течение длительного времени на электростанциях Мосэнерго. Ред.



Рис. 1. Схема укладки угля с указанием мест отложения кускового угля и очагов самовозгорания. 1 — часть штабеля, уложенная послойным способом; 2 — часть штабеля, уложенная встаканным способом; 3 — очаг самовозгорания. Заштрихованы места отложений кускового угля.

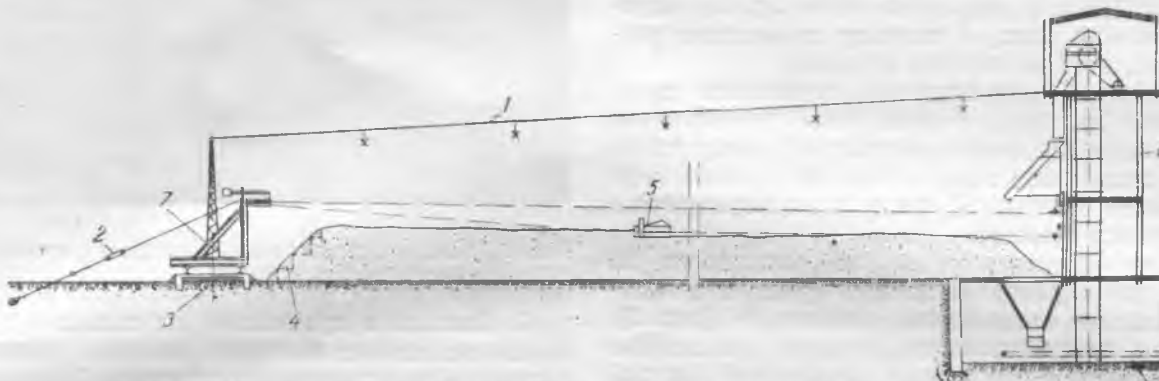


Рис. 2. Схема укладки угля послойным способом с послойным уплотнением.

1 — осветительная линия; 2 — оттяжка; 3 — металлическая шпала; 4 — часть штабеля, не уплотненная при послойной укладке с послойным уплотнением; 5 — скрепер; 6 — элеваторная башня; 7 — натяжная тележка.

состав его в штабеле получается однородным и плотность достаточно высокой.

Незначительная часть угля, как это видно из рис. 2, оставшаяся в откосах не уплотненной, должна в последующем удаляться и укладываться в другом месте. Необходимо иметь в виду, что при этом будет удален и весь оказавшийся в откосах кусковой уголь. После удаления из откосов не уплотненного и кускового угля они должны уплотняться ручной трамбовкой и покрываться раствором глины толщиной 2—3 см.

Основной причиной нарушения мобильности угля является смерзание его в штабелях. Смерзание угля происходит в верхней части штабелей и в откосах. Величина промерзания штабелей в суровые зимы при высокой влажности угля достигает иногда глубины 1 м.

Перед подачей угля из промерзшего штабеля сначала обрубают откосы со снятием всего промерзшего в них угля. Работа по подготовке штабеля производится обычно вручную, часто при низких температурах наружного воздуха, поэтому она малопроизводительна и ни в какой мере не отвечает современным требованиям.

При подаче угля скрепером из промерзшего штабеля верхняя смерзшаяся корка его обычно нависает в виде козырька над трассой хода скрепера и периодически отваливается, заваливая идущий у основания штабеля скрепер и трассу, выводя, таким образом, скреперную установку из работы иногда на несколько часов, т. е. на время, необходимое для разрыхления обвалившихся масс угля и уборки его с трассы.

Предварительное обрушение нависших козырьков с целью предупреждения значительных обвалов смерзшегося угля обычно не практикуется, так как это опасно для выполняющих ее рабочих.

На скреперном складе станции, опыт которой здесь излагается, находят применение следующие оправдавшие себя мероприятия.

Уголь на скреперном складе станции укладывается сплошным массивом с максимально возможной высотой. Это обеспечивает наименьший процент смерзшегося угля от количества находящегося на складе, исключает необходимость проведения работ по ручной обрубке смерзшегося угля в откосах, что неизбежно при укладке его на складе отдельными небольшими штабелями, а также исключает необходимость уборки со склада больших масс снега, который отлагается между штабелями при неблагоприятном их расположении по отношению к направлению господствующих ветров.

Поступающий, с окончанием осенних дождей и наступлением заморозков, на склад уголь невысокой влажности укладывается по верху всего штабеля слоем толщиной около 1 м с последующим уплотнением укаткой. Вновь уложенный на штабеле слой угля, не будучи сильно увлажненным, не смерзается или смерзается значительно меньше и предохраняет от смерзания лежащий под ним уголь, увлажненный атмосферными осадками.

Для разрушения смерзшейся корки угля на штабеле применяются взрывчатые материалы. Как показал опыт, подрывать следует возможно большую площадь корки, так как взорванная корка не смерзается вновь в течение всей зимы, при этом исключаются естественные неудобства, связанные с частым применением взрывчатых материалов на складе. Шпury следует располагать возможно чаще по поверхности штабеля и во всяком случае не менее одного шпура на 1 м². При достаточно частом расположении шпуров смерзшаяся корка угля оказывается в необходимой степени разрушенной и при обрушениях не нарушает работы скрепера.

Необходимо предупредить, что редкое расположение шпуров на взрывающей поверхности штабеля, не только не приносит пользы, а является вредным, так как появляющиеся между шпурами

трещины в корке способствуют образованию оползней больших масс угля на скреперную трассу, вызывая иногда более тяжелые осложнения, чем обвалы козырьков².

Работа складских механизмов

Большая часть неполадок с механизмами склада является следствием неудовлетворительной видимости при работе ночью, в снежные метели и туманы, в результате чего скрепер затапливается под блок, и поэтому происходит разрушение одного из звеньев передачи.

В целях предупреждения указанных выше неполадок на складе проведены мероприятия, позволяющие обеспечить надежную работу механизмов склада вне зависимости от времени года и состояния погоды. К числу этих мероприятий относятся следующие:

1. Для обеспечения хорошей видимости по трассе хода скрепера в ночное время или непогоду сделано специальное освещение (рис. 2). Линия с осветительными точками подвешена к тросу, натянутому между элеваторной башней и мачтой, которая установлена на натяжной тележке.

Такое устройство освещения оказалось удобным, так как осветительная линия с осветительными точками перемещается с натяжной тележкой, в результате чего трасса хода скрепера оказывается постоянно освещенной. В связи с тем, что иногда скрепер работает вне поля зрения машиниста скреперной установки, намечена установка у рабочего места машиниста индикаторов положения скрепера³, что позволит управлять скрепером без постоянного наблюдения за его ходом.

2. Для предупреждения случаев смещения железнодорожного полотна, а также случаев схода с рельс и опрокидывания натяжных тележек применяются металлические шпалы из швеллера № 20 П-образной формы, уложенные через каждые 3 м железнодорожной линии (рис. 2), и оттяжка, один конец которой крепится к несущей блок мачте натяжной тележки и второй конец к металлическому стержню, заделанному в грунт за пределами склада. Оттяжка ставится в каждом новом положении тележки на пути, для чего по окружности склада вблизи железнодорожного полотна сделано необходимое количество мертвых опор. Применение металлических шпал и оттяжек, кроме обеспечения устойчивого положения натяжных тележек, позволило также разгрузить тележки от балласта, что облегчало их передвижение по железнодорожному полотну⁴.

² Применение взрывчатых материалов для разрушения смерзшейся поверхности угля следует производить по указаниям специалистов взрывной техники, принимая меры предосторожности и предотвращения попадания кусков подорванной массы в зону расположения топливно-транспортного оборудования. Ред.

³ Применение на тэц № 9 Мосэнерго индикатора положения скрепера себя вполне оправдало.

⁴ На тэц № 9 Мосэнерго для обеспечения надежной работы натяжной тележки рельсовый путь для нее крепится болтами к металлическим шпалам, уложенным на бетонном основании. Ред.

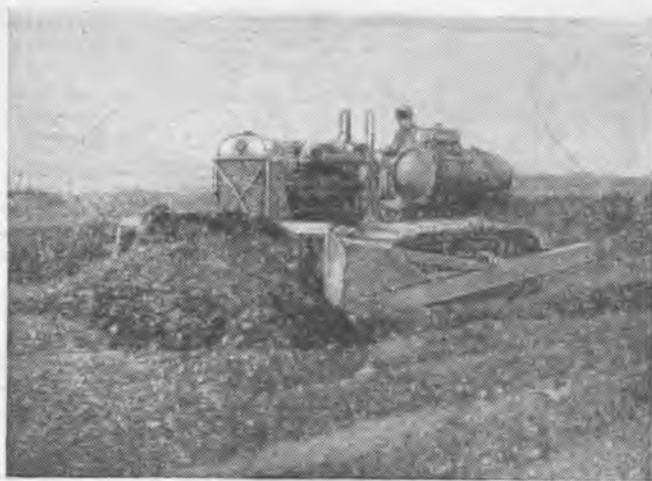


Рис. 3. Бульдозер, производящий планировку штабеля угля.

3. Бывшие в применении на складе чугунные блоки вследствие быстрого износа и частой поломки реборд заменены стальными.

4. Скользящие подшипники барабанов скреперных лебедок, вышедшие из строя из-за невозможности обеспечить удовлетворительную их смазку, заменены роликовыми подшипниками № 2217 и 3522.

5. Капитальные ремонты складских механизмов производятся в осенние месяцы года, во время которых так же производится замена тросов.

В дополнение к изложенному следует указать на необходимость иметь для скреперного склада бульдозер (рис. 3). Бульдозер может с успехом заменить скрепер при подаче угля в приемный бункер и вполне пригоден для планировки, укатки и подборки угля на складе.

Выводы

1. При укладке каменных углей скрепером на полуциркульном складе на длительное хранение в штабели высотой свыше 2 м необходимо применять только послойный способ с послойным уплотнением с учетом особенностей скреперной укладки.

2. Для обеспечения «транспортабельности» угля в зимних условиях укладку его на складе следует производить сплошным массивом, с максимально возможной высотой. В том случае, если с копей на склад поступает уголь невысокой влажности, нужно после окончания осенних дождей и наступления заморозков покрывать по верху весь штабель слоем угля толщиной ~ 1 м с последующим уплотнением укаткой.

3. Целесообразно применение на складах угля взрывчатых материалов для разрушения корок смерзшегося угля. Взрывчатые материалы необходимо применять в виде зарядов небольшой силы с частым расположением шпуров. Взрывные работы производить один-два раза в зиму.

4. Считать целесообразным применение на скреперных складах бульдозеров.



Об образовании соединений кремниевой кислоты на лопатках паровых турбин

Канд. техн. наук А. А. Кот

В практике эксплуатации электростанций высокого давления наблюдаются случаи образования на лопатках турбин отложений, состоящих преимущественно из нерастворимых соединений кремниевой кислоты (аморфной SiO_2 и кварца). При давлении 30—60 ат кремниевая кислота отлагается в виде силикатных соединений натрия, хорошо растворимых в воде и легко удаляемых при промывках агрегатов. Вместе с тем имеется немало случаев, когда образование отложений на лопатках турбин вообще не наблюдается. Таким образом, появилась необходимость изучения этого явления и изыскание мер борьбы с образованием нерастворимых отложений на лопатках турбин.

Опытами на стенде, проведенными Водной лабораторией ВТИ, установлено, что образование нерастворимой кремниевой кислоты в проточной части турбины происходит при нарушении определенного соотношения в паре щелочи к SiO_2 .

При дозировке в насыщенный пар давления 55—57 ат калийной щелочи и кремнезема в молярном отношении концентраций, равном 1,0; 0,5 и 0,27, дросселировании этого пара перед моделью лопатки до 14 ат и снижении температуры насыщения до 194°С было установлено следующее.

При молярном отношении концентраций $\text{K}_2\text{O} : \text{SiO}_2$, равном 1,0 и 0,5, не было обнаружено каких-либо отложений. При молярном же отношении концентраций, равном 0,27, т. е. близком к таковому для тетрасиликата ($\text{K}_2\text{O} : 4\text{SiO}_2$), на модели лопатки происходит оседание кристаллического кварца и аморфной SiO_2 в виде прочного, с трудом счищающегося с поверхности слоя.

Из этих опытов следует, что для предотвращения образования в турбинах высокого давления нерастворимой кремниевой кислоты необходимо, чтобы в паре молярное отношение концентраций гидратной щелочи (K_2O или Na_2O) к SiO_2 было не ниже 0,5.

Силикаты натрия в котловой воде гидролизуются с образованием едкого натра и кремниевой кислоты



Чем ниже в котловой воде концентрация едкого натра, тем в большей степени будет сдвигаться

равновесие в сторону образования свободной SiO_2 . Следовательно, чтобы затормозить гидролиз и уменьшить тем самым вынос кремниевой кислоты паром, необходимо поддерживать в котловой воде определенный избыток едкого натра (гидратную щелочность). Согласно первой реакции для образования в котловой воде соединения типа моносилката натрия необходимо, чтобы молярное отношение концентраций $\text{Na}_2\text{O} : \text{SiO}_2$ было не ниже единицы.

Высказанные положения наряду с приведенными стендовыми опытами подтверждаются также и промышленными данными. В 1948 г. на одной из станций высокого давления (100 ат) после годичной эксплуатации при осмотре проточной части турбины были обнаружены отложения на всех ступенях, вплоть до зоны насыщенного пара. Химический и фазовый анализы этих осадков показали, что в отложениях до 12-й ступени (зона перегретого пара) кремниевая кислота на 37—57% обнаруживается в нерастворимой форме, в виде аморфной SiO_2 и кварца, а за 12-й ступенью (зона насыщенного пара) только в виде аморфной SiO_2 (77,5%).

Просмотр текущих анализов за время эксплуатации турбины показал, что отношение молярных концентраций Na_2O (едкого натра) к SiO_2 в котловой воде изменялось от 0,29 до 4,9, т. е. в отдельные периоды это отношение было очень низким, что и приводило, повидимому, к более интенсивному выносу кремниевой кислоты паром и отложению на лопатках турбин нерастворимой формы кремниевой кислоты.

При дальнейшей эксплуатации была повышена в котлах гидратная щелочность до 1—2° Н, что создавало соотношение между едким натром и кремниевой кислотой в котловой воде 2—4. Наблюдения за процессом отложения солей в турбине производилось при помощи индикатора¹, установленного в шунт турбины (в районе 6—9-й ступеней) на отборе пара давления 18 ат и температуры 294°С. Периодические вскрытия индикатора производились каждые 1—1,5 мес. Результаты анализов отложений на лопатке индикатора, приведенные в таблице, показывают, что они состоят из растворимых соединений натрия. Кремниевая кислота отлагается в виде биси-

¹ См. А. А. Кот, Отложение солей в проточной части паровых турбин, „Известия ВТИ“, № 2, 1949.

Анализ отложений на лопатках турбины, индикатора и в промывочной воде турбин

Давление, ат	Место отбора отложений	Потеря при прокаливании, %	Химический состав, %									
			Растворимая часть						Нерастворимая часть			
			Na ₂ CO ₃	Na ₂ PO ₄	Na ₂ SiO ₃	Na ₂ Si ₂ O ₅	Na ₂ SO ₄	NaCl	SiO ₂	SO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃
100	Индикатор	18,7	5,30	—	—	36,40	1,90	34,60	0,50	—	—	2,60
	Промывочная вода турбины	—	1,70	—	—	31,60	14,50	52,20	—	—	—	—
65	Индикатор	14,27	4,60	0,60	20,85	—	2,73	53,20	0,76	0,20	0,69	2,12
	Лопатки ротора 2—6-й ступени	10,40	8,50	0,10	17,60	—	0,40	60,0	0,50	0,10	0,50	1,90

ликата натрия (Na₂Si₂O₅), вещества, хорошо растворимого в воде; нерастворимой кремниевой кислоты обнаруживается всего лишь 0,5%.

В феврале 1949 г. было отмечено некоторое возрастание давления на упорный подшипник турбины, в связи с чем была произведена промывка турбины влажным паром, при сниженной нагрузке. В результате промывки было удалено около 5—6 кг солей, после чего турбина работала около 6 мес. до остановки на капитальный ремонт. Состав солей в промывочной воде (см. таблицу) по некоторым составляющим очень близко подходит к составу солей, образующихся на лопатке индикатора.

При остановке и вскрытии турбины в августе 1949 г. на лопатках, в зоне насыщенного пара, все же были обнаружены отложения нерастворимой кремниевой кислоты, однако количество их было значительно меньше, чем в 1948 г.

Следует отметить, что некоторое образование нерастворимых соединений кремниевой кислоты может происходить вследствие применения для впрыска при регулировании температуры перегрева пара загрязненного конденсата. При наличии подсосов сырой воды в конденсаторах турбин впрыск конденсата приводит к значительному заносу пароперегревателя солями. Кремниевая же кислота в этом случае будет целиком переноситься в турбину и отлагаться в нерастворимой форме в проточной части.

При работе котлов с давлением пара 65 ат кремниевая кислота отлагается на лопатках турбины в виде моносиликата натрия; аналогичные результаты показывает также и индикатор (см. таблицу). Молярное отношение концентраций едкой щелочи (Na₂O) к SiO₂ в воде этих котлов составляет около 4.

При испытании котла высокого давления (120 ат) Водной лабораторией ВТИ было уста-

новлено, что при увеличении концентрации кремниевой кислоты в котловой воде с 3 до 20 мг/л содержание ее в паре возрастает с 0,023 до 0,057 мг/кг. Молярное отношение концентраций едкого натра (Na₂O) к SiO₂ в котловой воде поддерживалось не ниже 2. Однако в насыщенном паре это отношение понижалось до 0,6—0,8. Дальнейшее повышение концентрации кремниевой кислоты в котловой воде до 68 мг/л не привело к значительному увеличению концентраций ее в паре. Максимальная концентрация в паре кремниевой кислоты в этом случае достигала 0,080 мг/кг, а средняя концентрация—0,064 мг/кг. Эта зависимость должна быть проверена и уточнена на ряде других промышленных котлов. Эксплуатация испытанных котлов (120 ат) в течение полутора лет при содержании кремниевой кислоты в котловой воде 3—5 мг/л и соответственно в паре — около 0,35—0,47 мг/кг не вызвала образования отложений из нерастворимых соединений кремниевой кислоты на лопатках турбины.

Выводы

1. Для предотвращения образования на лопатках турбин высокого давления нерастворимых соединений кремниевой кислоты необходимо в котловой воде поддерживать избыток гидратной щелочности с таким расчетом, чтобы отношение молярных концентраций Na₂O к SiO₂ было не ниже единицы.

2. Впрыск в пар конденсата, загрязненного сырой водой, при наличии подсосов в конденсаторах турбин приводит не только к заносу солями пароперегревателей и турбин, но и к образованию на лопатках нерастворимых соединений кремниевой кислоты.

ОТ РЕДАКЦИИ

Исследования по образованию различных соединений кремниевой кислоты еще недостаточны для глубокого понимания сущности вопроса, а небольшое количество проведенных в промышленных условиях опытов недостаточно для окончательных рекомендаций способов борьбы с образованием нерастворимых соединений кремниевой кислоты на лопатках паровых турбин.

Следует использовать приведенные в статье рекомендации для проверки их эффективности в различных условиях эксплуатации. Это позволит на основе полученных на ряде электростанций данных подготовить общие рекомендации по предотвращению образования нерастворимых соединений кремниевой кислоты на лопатках паровых турбин.



Использование отбросного тепла гидрогенераторов¹

Инж. К. Д. Смирнов

В настоящее время почти на всех вновь строящихся гидроэлектростанциях охлаждение гидрогенераторов производится с помощью воздуха по так называемому замкнутому циклу.

Обычно применяется следующая схема охлаждения гидрогенератора:

Нагретый воздух выбрасывается лопатками ротора через окна статора в канал, затем собирается над водяными воздухоохладителями, проходит через них и, охлаждаясь, по воздуховодам проникает в шахту турбины, откуда засасывается ротором, омывает обмотки и сталь машины и вновь повторяет цикл. Температура нагретого воздуха обычно доходит до 60°C , а температура охлажденного воздуха до 40°C .

Температура воды, поступающей в трубчатые воздухоохладители, не выше 25°C , а температура выходящей воды около 28°C . Все тепло, воспринятое водой от воздуха, выбрасывается вместе с водой в нижний бьеф.

Предлагаемый способ использования отбросного тепла заключается в применении так называемого теплового насоса, в схеме которого теплоносителем (рабочим телом) обычно является жидкость с низкой температурой кипения при атмосферном давлении. Процесс в паровом тепловом насосе происходит следующим образом.

За счет подвода низкопотенциального тепла при температуре T_1 рабочее тело при давлении P_1 испаряется, переходя из жидкой фазы в сухой насыщенный пар. За счет работы компрессора пар сжимается адиабатически до давления P_2 , которому соответствует температура конденсации T_2 . Поступая в конденсатор, пар теряет свой перегрев и конденсируется, отдавая тепло уже при повышенной температуре.

Если образующийся конденсат с давлением P_2 сдросселировать до давления P_1 , то температура его снизится до T_1 . При этом небольшая часть конденсата испарится, но основная часть его, поступая в испаритель, может опять воспринять тепло низкого потенциала T_1 и цикл повторяется снова.

Таким образом, основными элементами оборудования, из которых состоит паровой тепловой насос, являются: испаритель, компрессор, дроссельный вентиль и конденсатор, причем одной из наиболее громоздких и дорогостоящих частей теплового насоса является испаритель.

В данном случае трубчатые воздухоохладители гидрогенератора могут заменить испаритель. По трубам воздухоохладителей вместо воды будет циркулировать рабочее тело теплового насоса, например, фреон (см. рисунок).

Для облегчения регулировки системы может быть применен вариант основного устройства по схеме «воздух — вода — фреон — вода». В этом случае вводится промежуточная среда — циркуляционная вода (на рисунке изменение устройства показано пунктиром).

Из применяющихся в настоящее время в холодильной технике рабочих тел наиболее заслуживающими внимания для теплового насоса в данных условиях, т. е. для сравнительно высоких температур испарения (35°C) и конденсации (100°C) являются фреон-113 ($\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$) или фреон-11 (CFCl_3).

Благодаря высокой нормальной температуре кипения для фреона-113 ($+47,7^{\circ}\text{C}$) и фреона-11 ($+24,0^{\circ}\text{C}$) и большому молекулярному весу (соответственно 187,5 и 137,4), при их применении можно обходиться одной ступенью сжатия турбокомпрессора, избегнув слишком больших давлений или глубокого вакуума.

По сделанному расчету конечное давление сжатия в компрессоре, с учетом перегрева составит: для фреона-11 — около 8,5 *ата* при начальном давлении в 1,45 *ата*, а для фреона-113 — соответственно 5,10 *ата* и 0,65 *ата*. Так как наличие вакуума в воздухоохладителях весьма нежелательно, то следует отдать предпочтение фреону-11.

Выбор наивыгоднейших параметров отопительной воды зависит с одной стороны от стоимости электроэнергии, расходуемой на компрессор теплового насоса, а с другой стороны, — от стоимости отопительного оборудования.

При понижении температуры отопительной воды, с одной стороны, уменьшается расход электроэнергии на тепловой насос, а с другой стороны, увеличивается стоимость теплофикационного оборудования.

Для определения расхода энергии при применении теплового насоса, в зависимости от температуры отопительной воды, определим так называемый коэффициент эффективности установок с тепловым насосом.

В рассматриваемом случае имеем идеальный цикл работы холодильной машины, которая служит одновременно целям охлаждения и целям

¹ Печатается в порядке обсуждения. Ред.

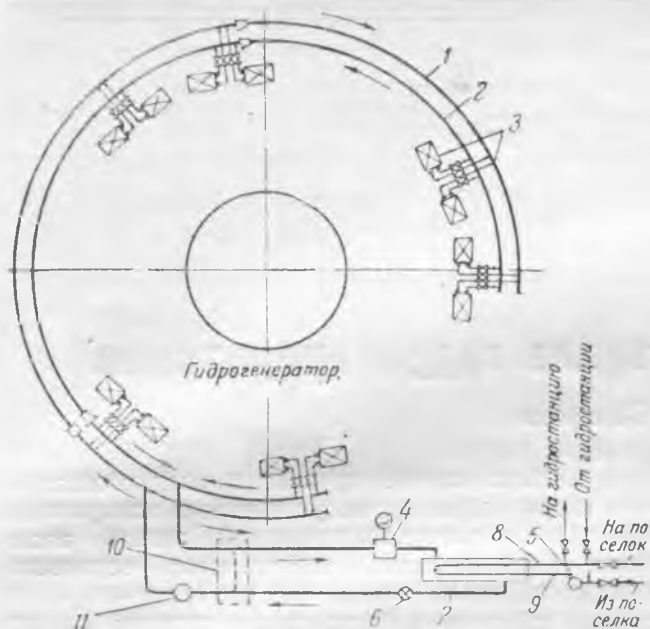


Схема коммуникации трубопроводов агрегата теплового насоса. Изменение устройства показано пунктиром.

1 — холодный трубопровод (водяной) к воздухоохладителям; 2 — теплый трубопровод (водяной) от воздухоохладителей; 3 — воздухоохладители (испарители фреона); 4 — компрессор; 5 — теплофикационный насос; 6 — дроссельный вентиль; 7 — конденсатор фреона, он же теплофикационный бойлер; 8 — горячая теплофикационная магистраль; 9 — обратная теплофикационная магистраль; 10 — испаритель фреона; 11 — циркуляционный водяной насос.

нагрева, так как охлаждающий эффект от теплового насоса получается при замене напорной охлаждающей воды фреоном.

Работу этой установки можно характеризовать суммарным коэффициентом экономичности холодильного и теплового циклов ϵ_1 , под которым надо понимать отношение суммы полезно использованного тепла охлаждения и нагрева ($Q_0 + Q_n$) к затраченной работе AL . Например, для горячей воды отопления при $t = 95^\circ\text{C}$

$$\epsilon_1 = \frac{Q_n + Q_0}{AL} = \frac{Q_n + Q_0}{Q_n - Q_0} = \frac{T_2 + T_1}{T_2 - T_1} = \frac{373 + 308}{373 - 308} = 10,5,$$

где $T_1 = 308^\circ$ — абсолютная температура рабочего тела в испарителе;

$T_2 = 373^\circ$ — абсолютная температура рабочего тела в конденсаторе, принимаемая на 5° выше температуры горячей воды отопления.

Примем общий к. п. д. компрессора и электродвигателя к нему равным 0,75. Тогда коэффициент эффективности установки: $\epsilon = 0,75 \cdot 10,5 = 7,9$. Следовательно, расход полезной энергии на теп-

ловой насос составит $\frac{100}{7,9} = 12,7\%$ от потребной

затраты при непосредственном превращении электрической энергии в тепловую.

Для других более низких температур отопительной воды, чем принята в расчете, коэффициент эффективности установки еще выше; например, для горячей воды отопления $t = 80^\circ\text{C}$ — $\epsilon = 10$; для $t = 65^\circ\text{C}$ — $\epsilon = 13,95$ и для $t = 50^\circ\text{C}$ — $\epsilon = 23,90$.

Из сделанных автором расчетов следует, что при цене 1 кВтч 0,02 руб. наиболее экономичной является температура воды 95 и 70°C .

При других более высоких стоимостях 1 кВтч экономическое преимущество переходит к более низким температурам отопительной воды, что видно из нижеследующих цифр, составленных на основании подсчетов годовой стоимости эксплуатации теплофикации при ценах за 1 кВтч от 0,02 до 0,2 руб.

Наиболее выгодными температурами отопительной воды следует признать при цене за 1 кВтч: от 0,03 до 0,05 руб. — 80 и 55°C ; свыше 0,05 до 0,10 руб. — 65 и 45°C ; свыше 0,10 руб. — 50 и 30°C .

При расчетах следует учесть, что при выборе более высоких температур отопительной воды мы располагаем большей тепловой мощностью агрегата теплового насоса. Например, при температурах отопительной воды в 95 и 70°C по сравнению с температурами в 50 и 30°C тепловая мощность установки выше на 8,55% (12,7—4,15).

Выводы

На гидроэлектростанции мощностью в 100 тыс. кВт можно при установке тепловых насосов отбросить отбросным теплом от гидрогенераторов здание самой гидроэлектростанции и жилой поселок при ней кубатурой до 50 тыс. м^3 .

Принимаем максимальный часовой расход на все виды потребления тепла на одного жителя поселка равным 1700 ккал/час. Тогда при возможности получения на нужды поселка 1 мкал/час, количество жителей, обслуживаемых теплофикацией, составит 600 чел. Такое количество населения является достаточным для обслуживания гидроэлектростанции и подсобных предприятий.

В случае наличия избытка тепла оно может быть использовано для других целей.

Произведенные технико-экономические расчеты показали, что при применении теплового насоса экономия от теплофикации, по сравнению с установкой котельной в поселке составит сумму свыше 100 тыс. руб. в год на каждую установленную мегакалорию.

ОТ РЕДАКЦИИ

Помимо схемы теплового насоса «воздух — фреон — вода», предложенной инж. Смирновым, в Московском отделении ГИДЭП имеется предложение по иной схеме «вода — фреон — вода». Сравнительные преимущества или недостатки схемы, предложенной инж. Смирновым, могут быть установлены только после составления проекта такой установки применительно к какой-либо из гидроэлектростанций.



О некоторых особенностях монтажа котла ПК-10 блоками

Инж. И. Г. Наймарк и инж. М. И. Холмогоров

В 1949 г. впервые был смонтирован крупными блоками новый котел высокого давления ПК-10 Подольского завода.

Главное здание станции, на которой был произведен монтаж котла, представляет компоновку двух котельных, восточной и западной, и машинного зала, расположенного между ними (рис. 1). Котлы высокого давления ПК-10 устанавливались в восточной котельной в ячейках № 1, 3 и 5.

Как видно из рис. 1, монтажная площадка вновь устанавливаемых котлоагрегатов представляет собой прямоугольник, зажатый со всех сторон действующими цехами станции: с юга котельной ячейкой № 7, с запада машинным залом, с севера распределительным устройством собственных нужд и насосной высокого давления, с востока открытой трансформаторной подстанцией. Кроме того, вдоль котельных ячеек № 3, 5 и 7 на отметке около $+20,0$, проходит эстакада топливоподачи к действующему котлу № 7.

Таким образом, подача монтируемого оборудования в котельную возможна только по одному железнодорожному пути с восточной стороны. Использовать другие пути для подачи оборудования не представлялось возможным, так как они проходят под шинами высокого напряжения.

Вблизи монтажной площадки отсутствуют площадки достаточных размеров для организации складского хозяйства, сортировки и подготовки оборудования к монтажу.

К началу поступления оборудования первого котла ячейки № 1, 3 и 5 здания восточной котельной не были закончены и в них производились земляные и строительные работы по сооружению фундаментов под котлы и колонны здания, железобетонных каналов подземного хозяйства зольного помещения и монтаж основных металлоконструкций здания.

Жесткие сроки монтажа котлов послужили основанием принять при разработке проекта ор-

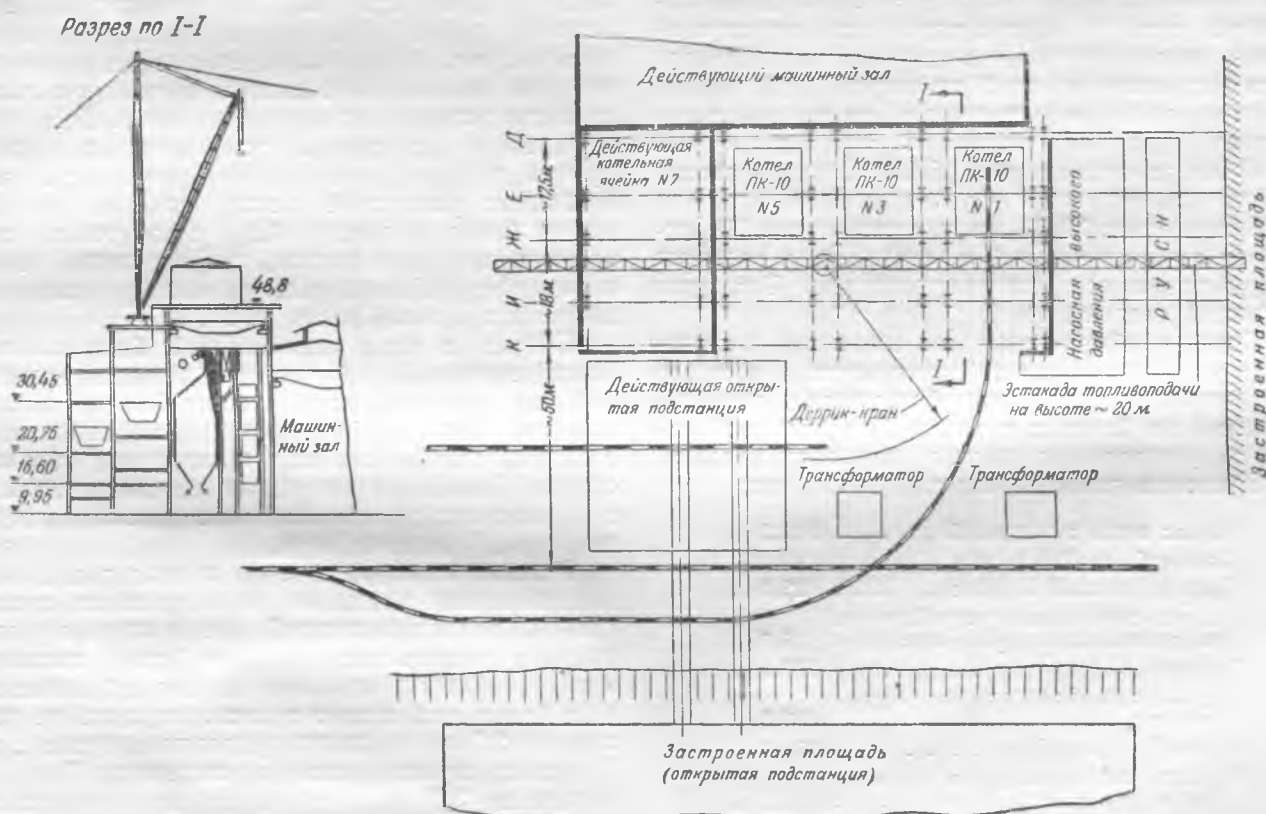


Рис. 1. Компоновка здания грэс.

ганизации работ решение о ведении монтажа технологического оборудования параллельно с монтажом металлоконструкций здания.

Ввиду отсутствия в районе котельной необходимых площадей для подготовительных работ и сборки блоков, эти работы выполнялись на специально запроектированной и оборудованной базе, расположенной на расстоянии около 2,5 км от котельной.

При выборе основных грузоподъемных механизмов был рассмотрен ряд вариантов и в результате произведенных технико-экономических подсчетов был принят как наиболее оптимальный вариант, который в окончательном виде изображен на рис. 1. Мостовой кран установлен на высоте 34 м и действует в районе ячеек № 1, 3 и 5. Кран имеет два крюка грузоподъемностью 55 и 5 т. Вантовый деррик-кран грузоподъемностью 15 т установлен на отметке 39 м и имеет радиус действия 37 м.

Принятые основные грузоподъемные механизмы обеспечили выполнение всех такелажных операций при параллельном монтаже металлоконструкций здания и котла при использовании мостового крана для монтажа котла, а деррик-крана в основном для монтажа металлоконструкций и для оборудования котельного агрегата, устанавливаемого вне зоны действия мостового крана.

Характеристика и конструктивные особенности котла ПК-10

Паровой котел ПК-10 Подольского завода двухбарабанный с естественной циркуляцией производительностью 230 т/час пара, 110 ат, 510° С. Топка экранирована трубами диаметром 76/64 мм из стали марки 15М с шагом 90 мм и имеет холодную воронку. Пароперегреватель двухступенчатый, первая ступень со стороны насыщенного пара выполнена из труб диаметром 38/30 мм из стали марки 20, вторая ступень, со стороны перегретого пара, выполнена из труб диаметром 42/32 мм из стали марки 15ХМ. Водяной экономайзер змеевиковый, горизонтального типа из труб диаметром 38/30 мм из стали марки 20, выполнен двухступенчатый и установлен в рассечку с трубчатым воздухоподогревателем. Топливом служит фрезерный торф.

Котел снабжен четырьмя шахтными мельницами, установленными с фронта котла, и восемью растопочными мазутными форсунками, установленными на боковых стенках. Под холодной воронкой установлены шахты гидрозолоудаления.

Элементы котла имеют следующий вес:

Каркас котла с обшивкой	311,2 т
Основной барабан	48,0
Предвключенный барабан	25,0
Опоры, внутреннее устройство и соединительные трубы барабанов	15,0
Экраны	176,8
Пароперегреватель, включая трубы потолка	95,8
Водяной экономайзер	101,9
Трубопровод и арматура в пределах котла с опорами	32,5
Трубчатый воздухоподогреватель	183,1
Шахты мельниц	56,7

Паронефтепроводы в пределах котла и мазутные форсунки	3,1 т
Площадки и лестницы котла, водяного экономайзера и воздухоподогревателя	41,1
Прочие детали, не включенные в основные узлы	18,3

Общий вес . . . 1 108,5 т

С точки зрения возможности расчленения на блоки котлы ПК-10 являются примером неудовлетворительной конструкции.

Сравнительно легко собираются в блоки каркас котла с частью обшивки, боковые экраны и воздухоподогреватель.

Фронтальной и задней экраны выполнены из труб длиной около 30 м очень сложной конфигурации. Нижние концы труб привариваются к камерам, а верхние входят в барабан и вальцуются. Коллекторы расположены по всей ширине котла и имеют длину 10,5 м. Весьма искусственным путем можно собрать нижние части этих экранов в блоки, однако блоки получаются крайне громоздкими и нетранспортабельными.

Пароперегреватели практически не поддаются сборке в блоки вследствие того, что они имеют общие коллекторы длиной по 11 м и взаимное переплетение змеевиков с балками перекрытия потолка, что не дает возможности завести блок на место.

Единственный возможный вариант сборки в один блок обеих ступеней пароперегревателя с потолочным перекрытием дает блок весом около 75 т, крайне неудобной по габаритам и практически неприменимый.

Водяной экономайзер по весу составляет около 30% от веса всей поверхности нагрева. Верхние секции водяного экономайзера могут быть собраны в два блока, однако в конкретных условиях описываемой станции возможно завести на место только один наружный блок. Блок, расположенный на стороне установленного котла, завести не представляется возможным, так как свободное расстояние между котлами меньше длины блока, а завести блок с внутренней стороны котла также нельзя, так как длина камер экономайзера больше размера в свету между колоннами хвостовой части каркаса.

Сборка в один законченный блок нижних секций экономайзера не представлялась возможной, так как габариты его по 6 м по высоте и длине делают блок не транспортабельным, и потребовалась сложная конструкция для его сборки. Заводка этого блока на место связана с трудностями, указанными выше для блока верхних секций экономайзера.

Условия станции с точки зрения расположения сборочной площадки по отношению к монтажной, подъездных путей между ними и транспортными средствами для перевозки блоков являются крайне неблагоприятными, так как собранные на базе блоки необходимо транспортировать на расстояние 2,5 км по железнодорожным путям с габаритами, ограниченными по ширине до 7 м и по высоте до 3,5 м, со значительным количеством кривых участков с малым радиусом закругления и стрелочных переводов.

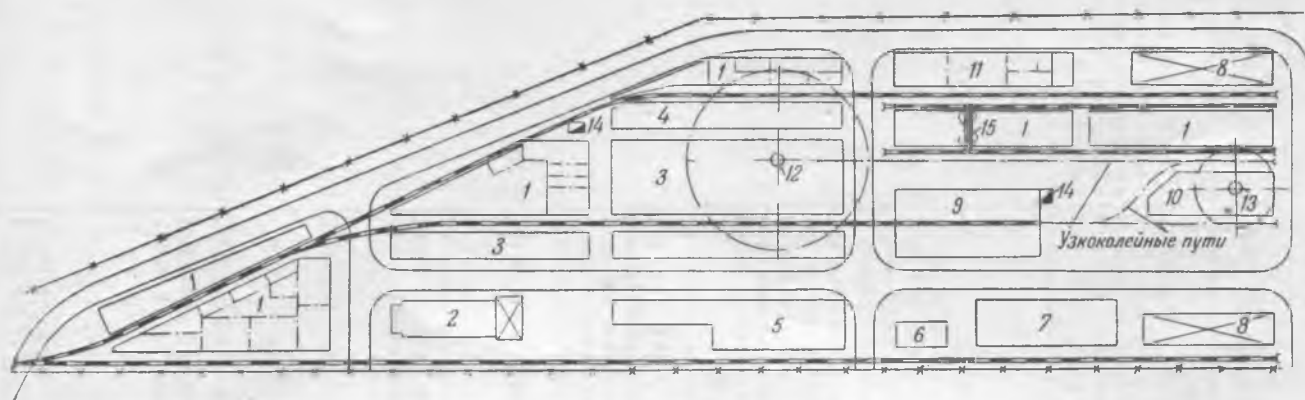


Рис. 2. База.

1 — площадка для оборудования; 2 — материальный склад; 3 — площадка для монтажа блоков; 4 — площадка готовых блоков; 5 — склад трубопроводов; 6 — трубогибочная мастерская; 7 — площадка для гнутья труб; 8 — навесы для разного оборудования; 9 — цех котельно-вспомогательного оборудования; 10 — склад металла; 11 — склад изоляции и огнеупоров; 12 — вантовый деррик-кран 15 т; 13 — деррик-кран 3 т; 14 — газогенераторные установки; 15 — козловый кран 5,5 т.

С учетом приведенных факторов: наличия основных грузоподъемных механизмов, транспортных средств, местных условий монтажа и конструктивных особенностей котла ПК-10, была произведена разбивка котла на блоки, приведенная в таблице (на стр. 26—27). Общий вес блоков составляет 559 т. Таким образом, коэффициент блочности составляет $\frac{559}{1103} \approx 50\%$.

Остальные детали котла монтировались россыпью, параллельно с монтажом блоков. В число их входят, кроме деталей позиций 5, 7, 16, 19 и 20 таблицы, также:

1) не вошедшие в блоки детали каркаса обшивки, площадок и лестниц, бункеры и коробки воздухоподогревателя общим весом около 248 т;

2) соединительные трубы экранов, пароперегревателя, трубы потолка, трубопровод и арматура в пределах котла с опорами и подвесками общим весом 207 т;

3) детали внутри барабанов весом 3 т.

Порядковые номера технологической схемы представляют собой и последовательность монтажа блоков.

Сборка блоков на базе и их транспортировка к месту монтажа

Как указывалось выше, все подготовительные операции и сборка блоков производились на специально оборудованной базе. База (рис. 2) расположена на площади 3,5 га, имеет разветвленную сеть путей широкой колеи, оборудована вантовым деррик-краном грузоподъемностью 15 т, открытыми площадками для хранения оборудования, материалов и сборки блоков, закрытыми складами для хранения мелкого оборудования и обмуровочных материалов. Кроме того, имеется закрытый цех для изготовления котельно-вспомогательного оборудования, оснащенный необходимым станочным оборудованием и мостовым электрическим краном грузоподъемностью 15 т. В зимнее время площади цеха использовались для сборки блоков экранов, водяного экономайзера и других операций по подготовке оборудования к монтажу.

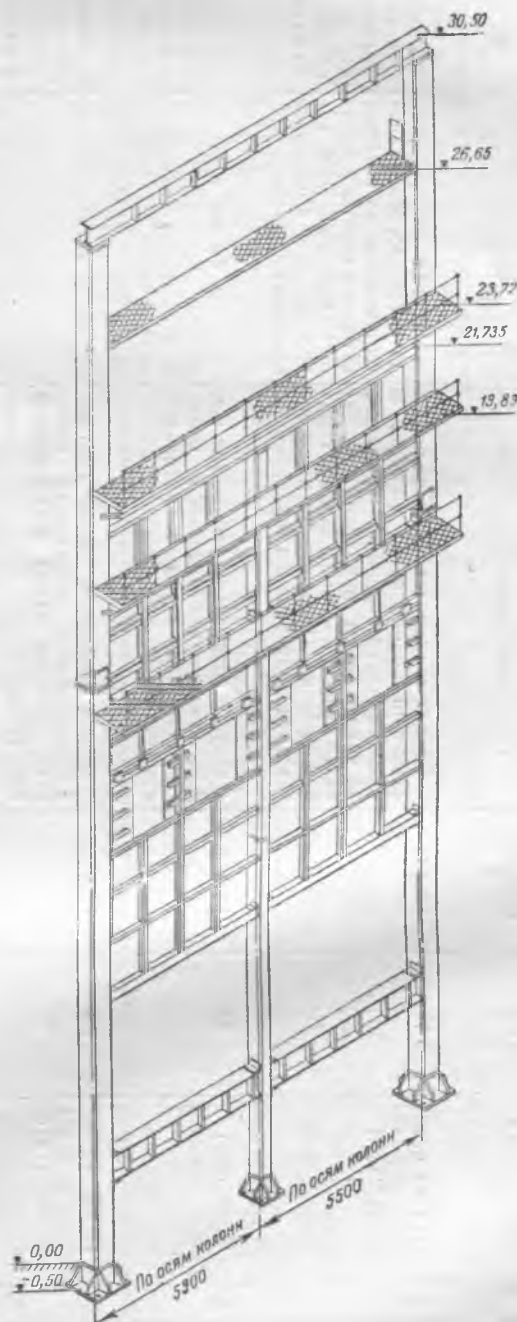


Рис. 3. Фронтальная стенка каркаса топки.

Технологическая схема сборки блоками котла ПК-10

№ операции	№ блока	Наименование блока	Вес, т	Габариты, м	Объем работ, выполняемых на базе	Транспорт	Объем работ, выполняемых в котельной	Примечание
1	1	Задняя стенка каркаса хвостовой части	41	12×31	Сборка стенки по всей длине со стыковой колонной, со сборкой и сваркой щитов обшивки и площадок, за исключением приварки всех деталей правой половины блока к средней колонне. Погрузка на платформы двух полустенок и площадок	На трех платформах, из которых средняя четырехосная, к которой крепится блок, а 2 крайние двухосные. Блок подается в котельную подошвами вперед	Разгрузка полустенок с платформ, раскладка поперек ячейки котла, стыковка полустенок вместе. Приварка к стенкам площадок. Подъем стенки мостовым краном, установка ее на свой фундамент и раскрепление	Для придания жесткости правому полублоку приваривается рельс длиной 20 м
2	2	Фронтальная стенка каркаса топки	42	12×31	Объем сборочных работ тот же. Дополнительно разрезается балка Б-5, которая затем в котельной стыкуется	То же	То же	То же
3	3	Передняя стенка каркаса хвостовой части	38	12×31	Объем сборочных работ тот же. Дополнительно разрезается балка Б-13, которая затем в котельной стыкуется	" "	Объем сборочных работ тот же. Собранный блок поднимается мостовым краном и устанавливается в вертикальном положении временно в стороне. Устанавливается на место после сборки блока № 4	" "
4	4	Задняя стенка каркаса топки	39	12×3	Объем работ тот же, разрезается балка Б-8, которая затем стыкуется	" "	Объем сборочных работ тот же. Собранный блок поднимается мостовым краном, ставится на свой фундамент и раскрепляется	" "
5	Россыпью монтируются балки боковых стенок каркаса: по каркасу топки 2 балки Б-1, 2 балки Б-3, по хвостовой части 4 балки Б-9 и две балки Б-10, общий вес равен 10 т							
6	5	Наклонный потолок переходной зоны	10	7×10	Сборка отдельных деталей в 2 щита	На двухосной платформе	Снимается с платформы мостовым краном и устанавливается на месте	
7	Россыпью монтируются остальные боковые балки каркаса и фермы левой стороны, балки Б-4. Каркас окончательно выверяется и сдается под заливку. Вес деталей равен 15,5 т							
8	6	Рама под воздухоподогреватель 1 ступени	2×1—2	4×6	Собирается и сваривается полностью на базе и погружается на одну платформу	На железнодорожной платформе	Снимается с платформы мостовым краном и устанавливается на место	
9	7	Воздухоподогреватель 1 ступени	8×9—72	6×3×1,1	Подаются непосредственно со склада оборудования	Перевозятся по 4 куба на одной платформе	С платформы снимаются мостовым краном и устанавливаются на место	

10	8	Пакеты водяного экономайзера I ступени	$6 \times 12 = 72$	$6,5 \times 3 \times 1,7$	Подбор, продувка змеевиков, плазировка и сборка в пакеты в специальной конструкции	Каждый пакет отдельно на железнодорожной платформе	Подъем с платформы мостовым краном и заводка на место. Установка камер. Стыковка и сварка змеевиков между собой и к камерам
11	9	Рама под воздухоподогреватель II ступени	$2 \times 1,8 = 3,6$	4×6	То же, что операция № 8		
12	7	Воздухоподогреватель II ступени	$8 \times 9 = 72$	$6 \times 3 \times 1,1$	То же, что операция № 9		
13	10	Водяной экономайзер II ступени	$2 \times 19 = 38$	$5,5 \times 3,2 \times 3,0$	Подбор, продувка змеевиков, сборка в полном объеме правого и левого блоков за исключением приварки змеевиков к камерам. Блоки собираются на платформе в специальной конструкции	Транспортировка на платформе, на которой собирались. Подаются в котельную ячейку № 1	Для левого блока установка камер. Подъем и установка пакета на месте. Приварка змеевиков к камерам. Для правого блока застропка, подъем и установка на месте
14	11	Основной барабан	48	$14 \times 1,5$	—	—	Разгрузка с платформы, подтаскивание под котел, застропка мостовым краном, подъем и заводка на место
15	12	Малый барабан	25	$13 \times 1,05$	—	—	То же
16	Отдельными щитами монтируется каркас холодной воронки, общий вес 12,5 т						
17	13	Передний боковой экран	$2 \times 15 = 30$	$20,5 \times 5$	Подбор и комплектование, плазировка труб, изготовление конструкций для сборки. Сборка и подгонка труб. Стыковка и приварка к камерам. Закрепление блока и погрузка на платформы	Транспортируется на четырехосной платформе и подается в ячейку № 1	Снятие с платформы, застропка, подъем и заводка через потолочные перекрытия котла в топку при помощи деррик-крана. Установка опор, подвеска и выверка экрана
18	14	Задний боковой экран	$2 \times 11 = 22$	$21,5 \times 3,5$	То же	То же	То же
19		Фронтальный экран	33	—	Подбор и комплектация всего узла. Плазировка труб по всей длине. Сварка одного стыка, сборка в пакетах по 5 труб и нагрузка на платформы	Транспортировка на трех платформах и подача в зону котельной	Установка камеры, установка россыпью нижних участков труб. Заводка деррик-краном через потолочное перекрытие пакетов верхних труб. Установка на месте с приваркой среднего стыка, приваркой к камере и вальцовкой труб. Установка крепления
20		Задний экран	32	—	То же	То же	То же

В период монтажа на базе выполнялись следующие работы:

- 1) прием прибывающего оборудования, вспомогательных материалов, огнеупоров и изоляционных материалов;
- 2) комплектование и подготовка к монтажу всего оборудования;
- 3) сборка блоков;
- 4) изготовление котельно-вспомогательного оборудования и трубопроводов в количестве до 150 т в месяц.

Для сборки блоков, их транспортировки с базы и установки на место в проекте организации работ были разработаны технологические схемы для каждого блока. Каждая схема имеет три раздела: а) сборочные работы на базе; б) транспорт в котельную; в) монтажно-сборочные работы в котельной, с подробным перечнем всех операций, их последовательности и приложением чертежей, необходимых приспособлений и схем монтажа.

Монтаж котлоагрегата блоками

Каркас котла. Каркас котла собирается из четырех основных блоков поперечными по котлу стенками по всей высоте (см. технологическую схему) и шести более мелких блоков.

Учитывая наличие мостового крана грузоподъемностью 55 т, в основу образования блока положен принцип максимальной начинки его, т. е. включение в блок всех деталей, до мелких, во избежание необходимости монтажа мелких деталей раздельно на высоте на установленном каркасе (рис. 3).

Основные блоки каркаса доставляются в котельную ячейку двумя полублоками. С базы по-

лустенки транспортируются на трех платформах (рис. 4).

Попрузка полустенок на платформы производится деррик-краном грузоподъемностью 15 т и передвижным краном, на который должна быть взята нагрузка около 5 т при погрузке левой полустенки и около 2,5 т при погрузке правой полустенки. Погрузку производят так, чтобы стенка вошла в котельную подошвами вперед.

Разгрузка полустенок производится мостовым краном. Полустенка заштрапливается в четырех местах, поднимается на некоторую высоту и из-под нее выводятся платформы. Затем полустенка разворачивается и укладывается для окончательной сборки.

В ячейке оба полублока раскладываются на полу на подкладках, подгоняются друг к другу по заранее намеченным при сборке на базе отметкам и свариваются. Так же по нанесенным отметкам на стенку устанавливаются и привариваются кронштейны и площадки, и блок поднимается на место.

При наличии мостового крана все операции по разгрузке, окончательной сборке стенки, подъему и установке ее на место занимают 1—1½ дня.

Хвостовая часть котла. Монтаж хвостовой части котла (водяной экономайзер и воздухоподогреватель) при наличии мостового крана никаких затруднений не представлял. Кубы воздухоподогревателя прямо с железнодорожных платформ, поданных в котельную мостовым краном, устанавливались на место.

Водяной экономайзер, как указывалось выше, не представлялось возможным собрать в полностью законченные блоки. Поэтому подготовительные работы, проведенные на базе, заключались в подборе, продувке, плазирровке змеевиков

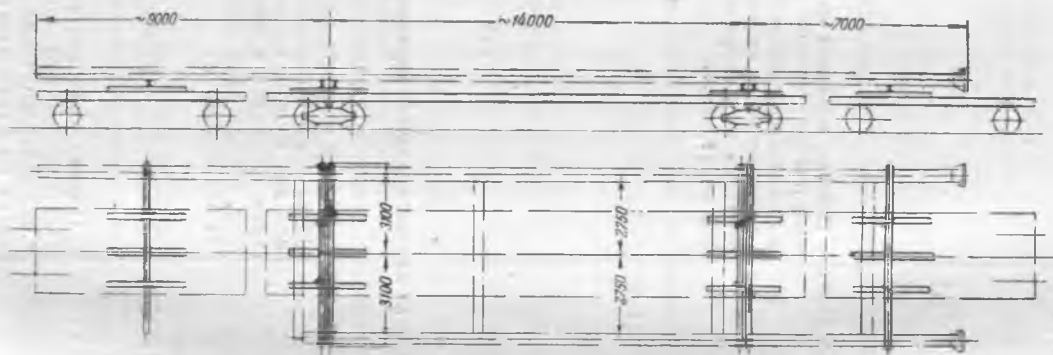


Рис. 4. Схема транспортировки полублока каркаса.

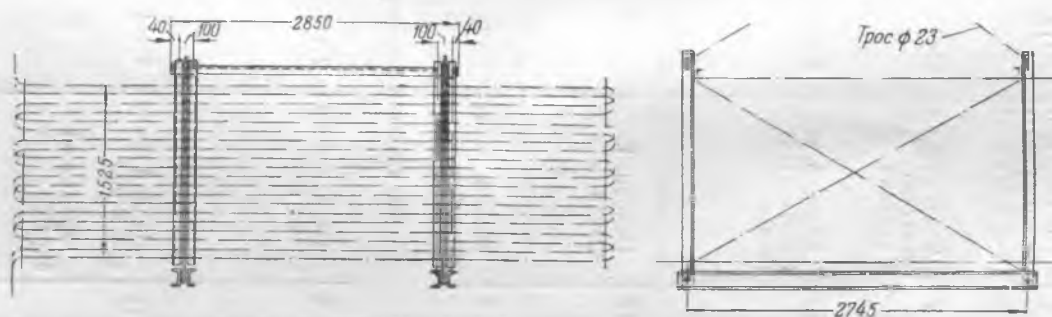


Рис. 5. Конструкция для транспортировки блока водяного экономайзера.

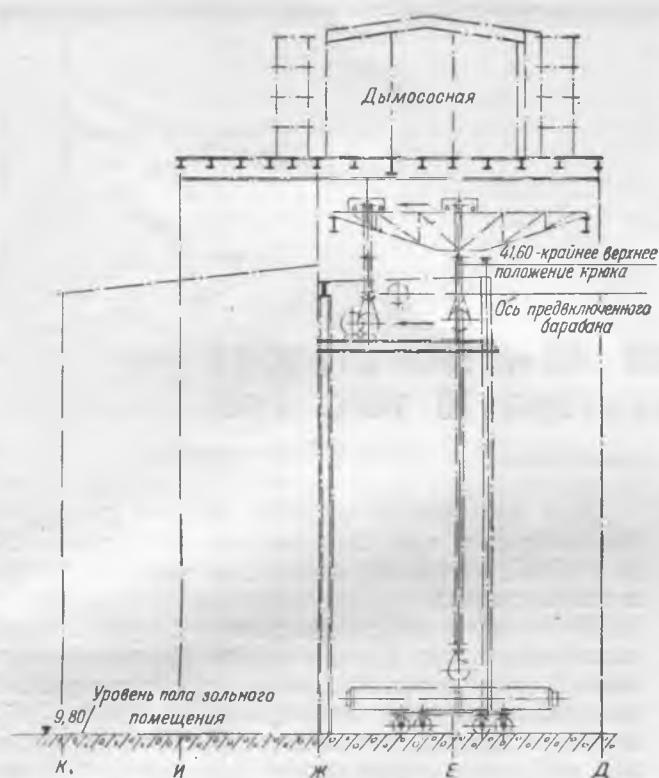


Рис. 6. Схема подъема барабанов мостовым краном.

и сборке их в пакеты (рис. 5) весом около 12 т, которые и подавались в котельную на платформах.

Камеры экономайзера и пакеты змеевиков подавались и устанавливались на место отдельно мостовым краном, где после выверки и пригонки производилась их приварка к камерам и сварка змеевиков между собой (для второй ступени).

Барабаны котла. Оба барабана котла поднимались и заводились на место помощью мостового крана. Такая сложная такелажная операция при монтаже котлов, как подъем барабана весом 48 т при наличии мостового крана, превращается в простую, не требующую никаких подготовительных работ.

В описываемом примере барабан прямо с железнодорожной платформы заштрапливался мостовым краном, разворачивался на крюках на 90°, поднимался на требуемую высоту и движением моста и тележки укладывался на место, на заранее установленные опорные подушки. Подъем и установка барабана весом 48 т продолжались

около двух часов. Схема подъема барабана показана на рис. 6.

Экраны котла. Боковые экраны, полностью собранные в четыре блока на базе, на железнодорожных платформах подавались в район действия деррик-крана. Установка их на место производилась после подъема барабанов. Подъем блоков боковых экранов производился деррик-краном. Блок заштрапливался за верхнюю камеру и заводился на место через проем в крыше здания и потолочное перекрытие котла в топку.

Фронтной и задней экраны ввиду большой длины и сложной конфигурации труб собрать в блоки не представилось возможным, поэтому монтаж их выполнялся россыпью.

Первым монтируется фронтной экран, а после него задний.

Пароперегреватель. Пароперегреватель монтировался россыпью, отдельными змеевиками. Для удобства заводки сперва подымались и устанавливались на место змеевики, после чего производился монтаж камер.

Пакеты змеевиков (заводской сборки) поднимались на потолочное перекрытие котла мостовым краном и заводились на место посредством полиспаста, подвешенного к фермам здания.

Аналогично змеевикам пароперегревателя, монтировались и трубы потолочного перекрытия.

Выводы

1. Конструкция котла ПК-10 не удовлетворительна с точки зрения возможности монтажа котла блоками.

2. Применение мостового крана в качестве основного грузоподъемного механизма полностью оправдывает себя при монтаже нескольких котельных агрегатов крупноблочным методом. Мостовой кран значительно упрощает наиболее трудоемкие такелажные операции, резко продвигает вперед технику такелажного дела, обеспечивает большую безопасность работ, сокращает сроки работ и удешевляет их за счет снижения трудозатрат на такелажные операции.

3. Применение деррик-крана в качестве второго грузоподъемного механизма вызвано наличием в описанном случае оборудования, установленного выше зоны действия крана, и может оправдать себя только при условии дополнительной нагрузки для него в виде параллельного обслуживания монтажа металлоконструкций здания, т. е. ведения работ по совмещенному графику.



Испытания изоляции обмотки статора синхронного компенсатора 10 тыс. кВа

Инж. В. Б. Кулаковский

По заданию Технического отдела Министерства электростанций ЦНИЭЛ были проведены испытания изоляции статорной обмотки синхронного компенсатора 10 тыс. кВа, 6 600 в. Компенсатор находился в эксплуатации около 14 лет. При предшествовавших испытаниях неоднократно производились увлажнение и сушка изоляции. Описанные ниже испытания состояли в следующем¹:

- 1) снятие кривых абсорбции различными методами и при разных условиях;
- 2) снятие кривой ионизации;
- 3) испытания длительно приложенными повышенными переменным и постоянным напряжениями и определение влияния этих испытаний на свойства изоляции;
- 4) определение электрической прочности изоляции.

Обмотка статора — катушечная; изоляция пазовой части — гильзовая, опрессованная, толщиной 5 мм; лобовые части изолированы лакотканью. Видимых дефектов изоляции не было обнаружено: лаковый покров не имел трещин, не осыпался; не было заметного вспучивания в вентиляционных каналах; под клином и в местах выхода из паза изоляция монолитна; изоляция была не увлажнена.

Кривые абсорбции и влияние на них различных факторов

Кривые абсорбции (зависимость сопротивления изоляции от времени) снимались при напряжении 2,5 кВ с помощью мегомметра с приводом от двигателя и при напряжениях 4,65; 9,3 и 14 кВ (что соответствует $0,5 U_n \sqrt{2}$; $U_n \sqrt{2}$ и $1,5 U_n \sqrt{2}$) с помощью микроамперметра, при питании от кенотронной установки. В последнем случае замеры производились как на заряде, так и на разряде; сопротивление изоляции вычислялось как отношение зарядного напряжения к току заряда. Предварительные замеры показали, что все три фазы (обозначаемые в дальнейшем А, В, С) имеют примерно одинаковые кривые абсорбции; при дальнейших опытах все три фазы соединялись вместе.

Для определения влияния нагрева измерения производились при температурах изоляции от 28 до 77,6°С; нагрев осуществлялся методом потерь в стали статора.

Влияние зарядного напряжения показано на рис. 1, на котором приведены кривые абсорбции, полученные на заряде при разных напряжениях, при температурах 28 и 77,6°. В обоих случаях величины сопротивления изоляции несколько уменьшаются при повышении напряжения (до 30% при повышении напряжения от 4,65 до 14 кВ). Отношение R_{60}/R_{15} (одноминутного значения сопротивления изоляции к пятнадцатисекундному) также зависит от напряжения (при температуре 28°С уменьшается с 2,6 до 1,8 при повышении напряжения с 2,5 до 14 кВ).

При дальнейших испытаниях на ряде стержней одной из фаз (фазы А) были сделаны проколы изоляции на расстоянии около 25 мм от места выхода из паза.

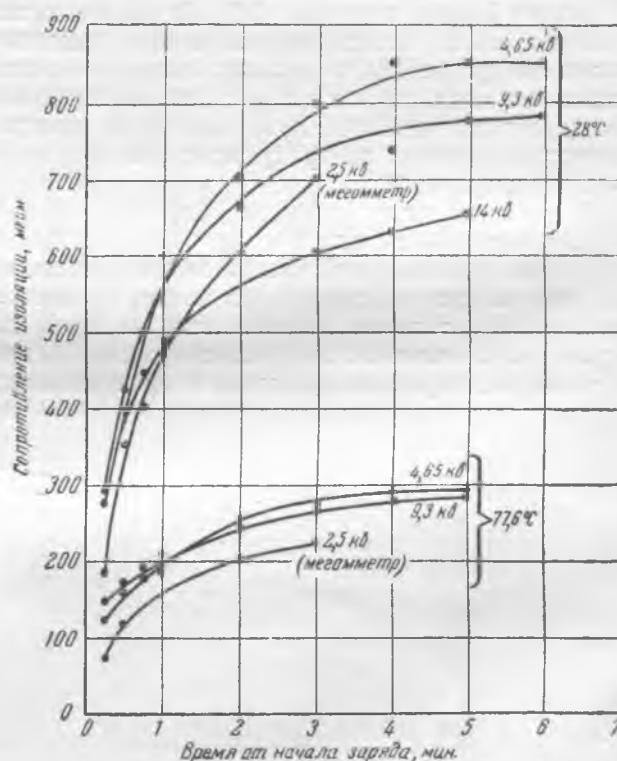


Рис. 1. Кривые абсорбции при различных напряжениях заряда при 28 и 77,6°С.

¹ В испытаниях принимали участие инж. Б. Я. Говикзис, Н. Н. Лук и и техник В. К. Стрючков.

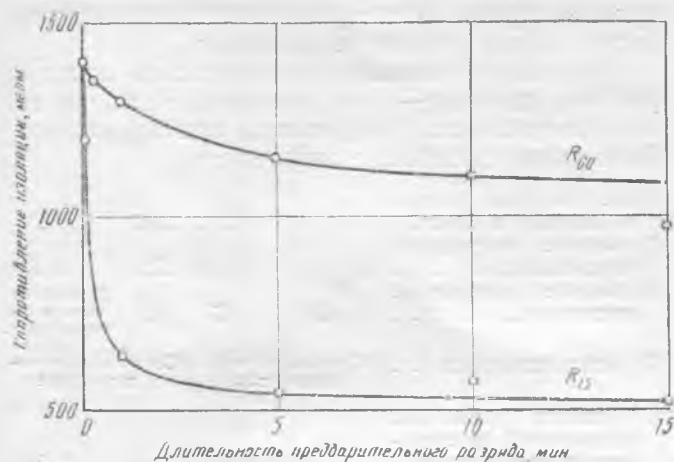


Рис. 2. Влияние длительности предварительного разряда на величину сопротивления изоляции.

Измерения показали, что при напряжениях до 9,3 кВ кривые абсорбции поврежденной фазы почти не отличались от кривых абсорбции здоровых фаз и только при напряжении 14 кВ кривая абсорбции этой фазы пошла несколько ниже, чем у других. Одноминутное значение сопротивления изоляции составляло (при температуре 30,6°С): при напряжении 9,3 кВ — по 940 мгом на здоровых фазах и 880 мгом на поврежденных; при напряжении 14 кВ — 640 и 660 мгом на здоровых фазах и 520 мгом на поврежденной.

Снижение сопротивления изоляции при 14 кВ отразилось и на величине R_{60}/R_{15} ; она составляла 1,68 и 1,64 на здоровых фазах и 1,42 на поврежденной.

Влияние температуры на величину R_{60}/R_{15} для данной обмотки оказалось незначительным: изменение температуры с 28,5 до 77,6°С вызвало уменьшение величины R_{60}/R_{15} с 2,6 до 2,36 (при замерах с помощью мегомметра). Следует отметить, что по имеющимся данным влияние температуры на R_{60}/R_{15} на ряде других машин сказывается в значительно большей степени.

Влияние остаточного заряда на сопротивление изоляции показано на рис. 2, на котором приведены одноминутное и пятнадцатисекундное значения сопротивления изоляции, полученные при различной длительности предварительного разряда обмотки.

Приведенные значения сопротивления изоляции получены при снятии кривых абсорбции с помощью мегомметра для всех трех фаз, соединенных вместе.

Перед снятием каждой кривой производился заряд от мегомметра 2,5 кВ в течение 5 мин., затем разряд различной длительности (1 сек., 3 сек., 15 сек., 1 мин., 10 мин., 15 мин. и 24 часа). Снятие кривой производилось тем же мегомметром, что и заряд. Как видно из рис. 2, сопротивление изоляции существенным образом зависит от времени предварительного разряда (т. е. от величины остаточного заряда). Длительность разряда должна составлять не менее 5 мин., т. е. быть не менее времени заряда; дальнейшее увеличение времени разряда практически не сказывается на величинах сопротивления изоляции.

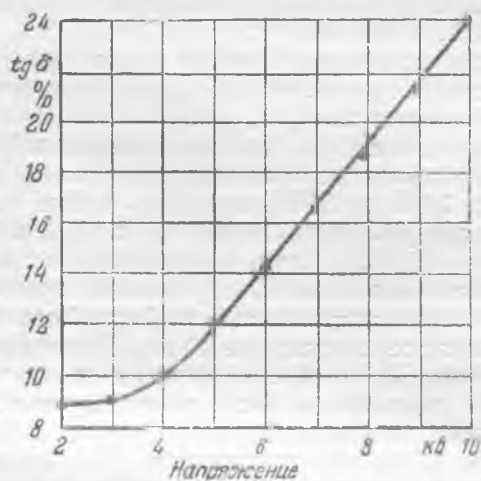


Рис. 3. Кривая ионизации одной из фаз при 30,6°С.

Кривые ионизации

Кривые ионизации (зависимости $\text{tg } \delta$ от напряжения) снимались с помощью моста переменного тока с эталонным конденсатором 532 мкмкф. Кривая ионизации одной из фаз, снятая при температуре 30,6°С, приведена на рис. 3. Кривая имеет перегиб при напряжении порядка 3 кВ, после которого $\text{tg } \delta$ быстро возрастает, достигая значения 15,9% при 6,6 кВ и 24% при 10 кВ. Таким образом, точка ионизации лежит ниже фазового напряжения (3,8 кВ).

При температуре 77,6°С $\text{tg } \delta$ достигает значительных величин: 16% при 3,3 кВ и 26% при 6,6 кВ.

Кривые ионизации для отдельных фаз практически совпадали. Описанные выше проколы изоляции части стержней фазы А не оказали сколько-нибудь заметного влияния на величины $\text{tg } \delta$ этой фазы: кривая ионизации ее попрежнему практически не отличалась от кривых ионизации здоровых фаз (величина $\text{tg } \delta$ при 6,6 кВ составляла: 17,3% и 16,9% на здоровых фазах и 16,1% на поврежденной).

Действие длительно приложенного повышенного напряжения. На одну из фаз испытуемой обмотки было подано переменное напряжение 10 кВ. Испытание длилось в течение 6 час. с небольшими перерывами для проведения измерений. Во время испытаний никаких ненормальных явлений не наблюдалось. Как показали измерения, кривые абсорбции и $\text{tg } \delta$ не претерпели за время испытания никаких изменений. В дальнейшем на одну из трех катушек этой же фазы было подано напряжение 18 кВ (2,73 U_n). Во время этих испытаний, длившихся 3,5 час., с небольшими перерывами для проведения замеров, несколько раз были слышны щелчки, но никаких явлений пробоя обнаружено не было; лобовые части сильно коронировали.

Наблюдался значительный нагрев изоляции: показания термометра, вставленного в вентиляционный канал между двумя стержнями испытуемой катушки, возросли с 25,8°С в начале испытаний до 45°С к концу их; сталь статора в местах расположения катушки была горячей на

ощупь; сопротивление изоляции значительно снизилось, а $\text{tg } \delta$ возрос.

После остывания обмотки через сутки были снова сняты кривые абсорбции и ионизации.

Результаты замеров, проведенных до и после испытания, показали, что после испытаний сопротивление изоляции несколько возросло (R_{60} возросло с 2800 до 3000 $\text{M}\Omega$), $\text{tg } \delta$ также немного повысился (при напряжении 6,6 kV $\text{tg } \delta$ возрос с 19,6 до 21,4%). Столь незначительные изменения могли быть вызваны случайными причинами.

На вторую катушку той же фазы было подано выпрямленное напряжение 40 kV . Испытание длилось 1 час. За это время никаких ненормальных явлений замечено не было; температура обмотки оставалась неизменной, ток утечки по окончании процесса абсорбции не менялся.

Кривая ионизации, снятая после испытаний, не отличалась от аналогичной кривой, снятой до испытаний.

Таким образом, испытания длительно приложенными переменным и постоянным повышенными напряжениями не вызвали каких-либо существенных необратимых изменений в изоляции.

Определение электрической прочности

В начале испытания проводились пофазно на переменном напряжении.

Напряжение на фазе *A*, имевшей проколы изоляции, было плавно поднято до 9,9 kV и дана выдержка 15 сек.; при дальнейшем подъеме до 10,8 kV произошло перекрытие с одного из мест прокола на нажимной палец.

На двух других фазах напряжение плавно поднималось до 15,3 kV и давалась выдержка 15 сек. При дальнейших подъемах напряжения произошли: пробой на фазе *B* при 19,4 kV (2,85 U_n), на фазе *C* — при 20,7 kV (3,13 U_n). В первом случае (фаза *B*) пробой имел характер разряда по воздуху вблизи выхода из паза, на расстоянии 20—30 mm от стали статора, во втором (фаза *C*) — разряд по поверхности деталей крепления лобовых частей.

В обоих случаях пробой повторялся несколько раз, без сколько-нибудь заметного понижения пробивного напряжения; следов пробоя обнаружить не удалось.

В дальнейшем испытания проводились на выпрямленном напряжении.

При подъеме напряжения на фазе *C* до 44 kV произошел разряд по поверхности деревянной колодки крепления в лобовой части на крепящий болт и прилегающий проводник заземленной фазы *B*. При дальнейших подъемах напряжения колодка обуглилась, создав глухое замыкание между фазами *B*, *C* и землей. Оставшиеся неповрежденными 4 катушки этих двух фаз были пробиты сначала переменным, затем постоянным напряжением. Во всех случаях пробой носил характер разрядов по воздуху вблизи выхода из паза, на расстоянии 20—30 mm или (более редко) разряда по поверхности деталей крепления лобовых частей.

При дальнейших подъемах напряжения пробивное напряжение обычно не снижалось. После-

дующие пробой зачастую происходили в новом месте, следов пробоя не оставалось.

Это дало возможность испытывать каждую катушку дважды — на переменном и выпрямленном напряжении. Напряжения при первых пробоях имели следующие значения:

Номер катушки (считая от вывода) и фаза . .	1, B	1, C	2, B	2, C
Пробивное напряжение переменное, kV . . .	19,8	19,8	17,1	19,8
Пробивное напряжение постоянное, kV . . .	49	47	42	Выдержала 50 kV в течение 1 мин.
Порядок испытания . .	Сначала на переменном токе	Сначала на постоянном токе		
Отношение пробивных напряжений (постоянного к переменному) .	2,47	2,37	2,45	2,5

Катушка 1, *B* ранее подвергалась испытаниям длительно приложенным переменным напряжением, катушка 2, *C* — постоянным напряжением. Как видно из приведенных цифр, пробивное напряжение у них не ниже, чем у остальных.

Выводы

1. Измерения показали, что отношение R_{60}/R_{15} , характеризующее форму кривой абсорбции на заряде, уменьшается с повышением зарядного напряжения. Вместе с тем, снятие кривых абсорбции на выпрямленном напряжении порядка линейного не дало каких-либо преимуществ по сравнению с аналогичными измерениями, произведенными мегомметром. Для практических целей, видимо, достаточно иметь кривую абсорбции, снятую с помощью мегомметра.

2. С повышением температуры величина R_{60}/R_{15} уменьшалась незначительно.

3. Для устранения влияния остаточного заряда (заряда, оставшегося от предыдущего опыта) необходимо разряжать изоляцию в течение не меньшего времени, чем длительность предыдущего заряда.

4. Испытанная обмотка имеет высокий $\text{tg } \delta$ и неблагоприятную кривую ионизации (точка ионизации лежит ниже фазового напряжения). Вместе с тем, электрическая прочность обмотки чрезвычайно высока (напряжения порядка $3U_n$ не могут вызвать пробоя в пазу), что лишний раз свидетельствует о том, что величина и ход кривой ионизации не могут считаться надежными показателями состояния изоляции.

5. Длительное воздействие повышенных переменного и выпрямленного напряжений (1,5 U_n в течение 6 час., затем 2,73 U_n в течение 3,5 час. на переменном напряжении, 6 U_n в течение 1 час. — на выпрямленном напряжении) не вызвали заметных необратимых изменений в изоляции. Электрическая прочность частей обмотки, подвергавшихся испытаниям, не ниже чем остальных ее частей.

6. Соотношение между пробивными выпрямленным и переменным напряжением для данной обмотки составляет 2,4—2,5. Однако, поскольку пробой в пазовой части не удалось вызвать, то нет оснований считать эту цифру характерной для других машин с миканитовой изоляцией.



Привод для пофазного включения выключателей 110 кВ типа МКП-160

Инж. М. А. Смирнов

В настоящее время пофазное автоматическое повторное включение получило широкое применение на линиях передачи 220 кВ.

Внедрение пофазного автоматического повторного включения на линиях передачи 220 кВ объясняется большим значением этих линий и наличием приводов типа ПС-30, которые обеспечивают как пофазное, так и оперативное, одновременное включение всех трех фаз выключателя типа МКП-274.

На линиях передачи 110 кВ из-за отсутствия подходящего типа привода пофазное автоматическое повторное включение применено в единичных случаях.

В момент включения выключателя типа МКП-160 приводом типа ПС-30, который при напряжении сети 110—120 в потребляет 300—350 а, напряжение на приводе снижается до минимально допустимого значения.

Для обеспечения нормальной работы пофазных приводов при одновременном включении трех фаз их суммарное потребление тока во из-

бежание чрезмерной «посадки» напряжения не должно превышать потребление привода типа ПС-30.

В условиях эксплуатации расстояние между фазами выключателя типа МКП-160 составляет от 400 до 490 мм, а в отдельных случаях это расстояние доходит до 370 мм. Поэтому между фазами выключателя могут быть установлены приводы, имеющие ширину не более 250—300 мм. Установка приводов, имеющих ширину более указанной, требует расстановки баков, что связано с производством строительных и монтажных работ.

Наиболее подходящий из существующих приводов тип ПС-20, примененный для пофазного автоматического повторного включения линий передач 110 кВ, потребляет 235 а для включения одной фазы при напряжении сети 115 в и имеет недостаточное тяговое усилие, что приводило к отказу его в работе. В момент включения одной фазы напряжение на приводе снижается до 75—85 в, поэтому указанный тип привода неприменим для одновременного включения трех фаз.

Другие существующие типы приводов еще менее пригодны для пофазного автоматического повторного включения линий 110 кВ, чем тип ПС-20, так как ток включения их еще больше, или по своим габаритам они не помещаются между фазами выключателя.

Производившиеся разработки специальных приводов для пофазного автоматического повторного включения линий 110 кВ до настоящего времени не дали необходимого решения вопроса.

Автором был разработан привод (рис. 1), который на основании проведенных испытаний удовлетворяет требованиям, предъявляемым к приводу для пофазного автоматического повторного включения линий передач 110 кВ.

Основными преимуществами этого привода являются небольшая ширина, допускающая его установку между фазами выключателя типа МКП-160 при нормальном расстоянии между баками, и малая величина потребляемого тока, позволяющая производить одновременное включение трех фаз.

Относительно малая величина тока, потребляемого приводом, получена путем увеличения площади поперечного сечения сердечника. При увеличении площади сердечника уменьшаются

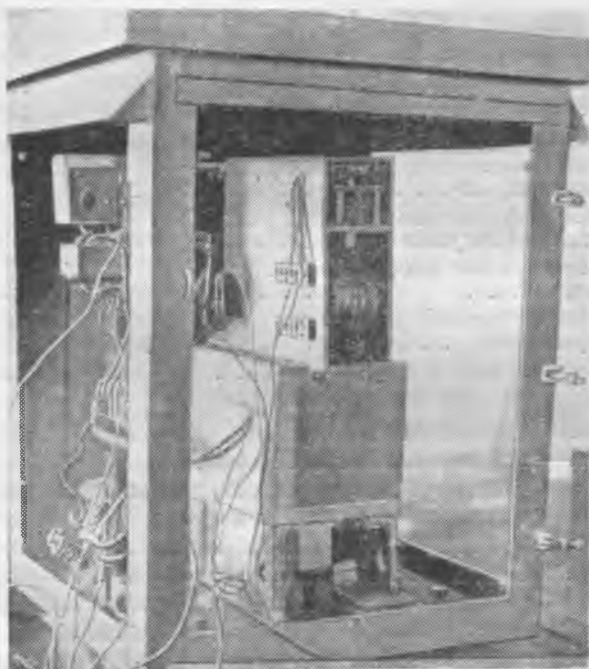


Рис. 1. Пофазный привод, установленный для испытания в шкафу от привода ПС-30.

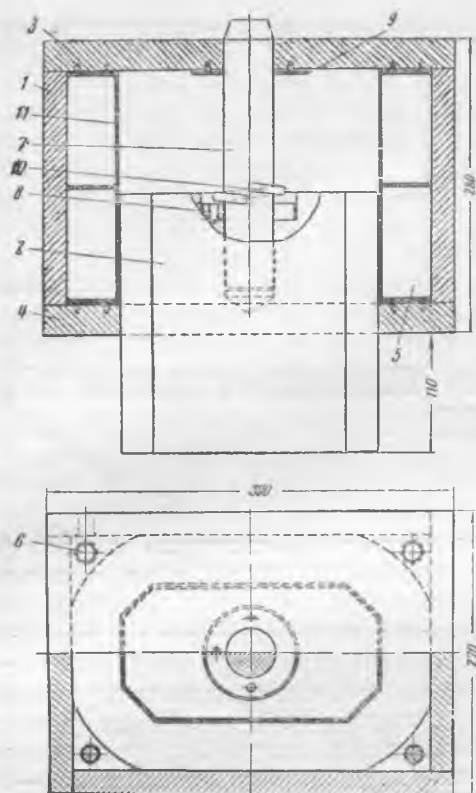


Рис. 2. Магнитная система пофазного привода.

ампервитки и ток, потребные для включения привода.

Чтобы получить при минимально возможной ширине привода наибольшее увеличение площади сердечника, для пофазного привода применен сердечник прямоугольной формы. Это дало возможность увеличить площадь поперечного сечения сердечника при одинаковой ширине приводов в $2 \div 2,5$ раза.

Увеличение площади сердечника с 106 см^2 (которую имеет привод типа ПС-20) до 288 см^2 дало возможность уменьшить ток, потребляемый пофазным приводом при включении одной фазы, при напряжении сети 120 в до 120 а . При одновременной работе трех приводов вследствие увеличенной «посадки» напряжения суммарное потребление трех пофазных приводов составляет 300 а , т. е. меньше, чем потребление привода типа ПС-30, равное 340 а .

Таким образом, пофазный привод по сравнению с приводами, применяемыми до настоящего времени для пофазного автоматического повторного включения линий 110 кВ , потребляет ток в $2\text{—}2,5$ раза меньше.

Магнитная система привода изображена на рис. 2. Рама привода 1 соответственно форме сердечника 2 имеет прямоугольную форму. Толщина стенок рамы равна 22 мм , толщина верхней и нижней плит 3 и 4— 28 мм .

Прямоугольный сердечник привода имеет срезаемые углы, которые позволяют более конструктивно выполнить включающие катушки 5 и разместить шпильки 6, стягивающие верхнюю и нижнюю плиты. В сердечник ввертывается шток 7, который укрепляется контргайкой 8. Во избежание «залипания» сердечника к верхней плите крепится латунная прокладка 9 и на шток наде-

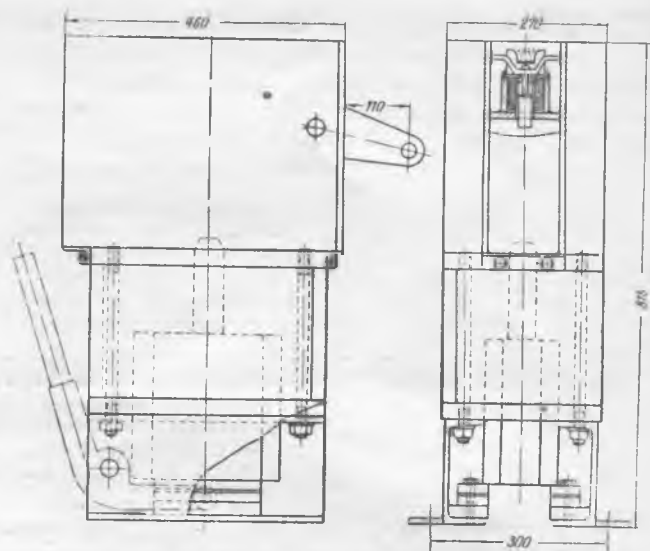


Рис. 3. Пофазный привод.

вается один виток пружины 10. Включающие катушки привода выполнены из двух секций, по 450 витков каждая, проводом диаметром $2,44 \text{ мм}$. Внутри включающих катушек для предохранения их от повреждения вставлена металлическая обойма 11.

Общий вид привода дан на рис. 3. Привод укреплен на швеллерах № 18. На нижней полке указанных швеллеров укреплены подкладки, на которые падает сердечник после прекращения протекания тока во включающих катушках.

На верхней плите магнитной системы установлен механизм привода, выполненный по типу привода ПС-30, но облегченный по сравнению с ним. Ниже приводятся сравнительные данные пофазного привода и привода типа ПС-30.

	Пофазный привод	Привод типа ПС-30
Ширина привода, мм	270	410
Длина привода, мм	460	460
Высота привода, мм	815	830
Вес привода, кг	260	475
Вес сердечника, кг	56	72
Площадь поперечного сечения сердечника, см^2	288	475
Число витков одной секции включающей катушки	450	200
Сопротивление включающей катушки, ом	1,4	0,45
Диаметр провода включающей катушки, мм	2,44	3,05
Вес включающей катушки, кг	14	10

Пофазный привод испытывался при включении — отключении выключателя типа МКП-160. Предварительно были произведены измерения при включении — отключении трех фаз выключателя приводом типа ПС-30. После этого привод типа ПС-30 был демонтирован и взамен его установлен опытный образец пофазного привода. Первая от привода фаза была отделена от остальных фаз и на ней установлена отключающая пружина, которая компенсировала действие общей пружины, имеющейся на третьей фазе.

Как указано выше, испытание пофазного привода производилось при включении одной фазы и при одновременной работе трех приводов, которая иммитировалась подключением, параллельно испытываемому приводу, дополнительной нагрузки 215 а. Данные указанных испытаний приведены в таблице.

Характеристика	Включение трех фаз приводом типа ПС-30	Включение пофазным приводом	
		Одиночное включение фазы	Включение одной фазы при одновременной работе трех приводов
Напряжение сети постоянного тока, в	117	120	120
Напряжение на приводе в момент включения, в	88	108	93
Суммарный ток, потребляемый от сети, а	340	120	315
Ток, потребляемый приводом, а	340	120	100
Время включения, от подачи команды до замыкания контактов, сек.	0,75	0,7	0,78
Максимальная скорость движения траверзы, м/сек	2,83	3,0	2,7

Кривые скорости движения траверзы, соответствующие указанным испытаниям, приведены на рис. 4.

При автоматическом отключении фазы пофазным приводом время от подачи команды до размыкания контактов составило 0,06 сек.

Произведенные испытания показали, что пофазный привод работает нормально и позволяет производить автоматическое — пофазное и оперативное включение одновременно трех фаз выключателя типа МКП-160 с нормальными временем и скоростью движения траверзы, соответствующей включению трех фаз приводом типа ПС-30.

Для определения запаса в тяговом усилии пофазного привода было произведено его испытание при одновременной работе трех приводов и пониженном напряжении до 73,6%, а также при

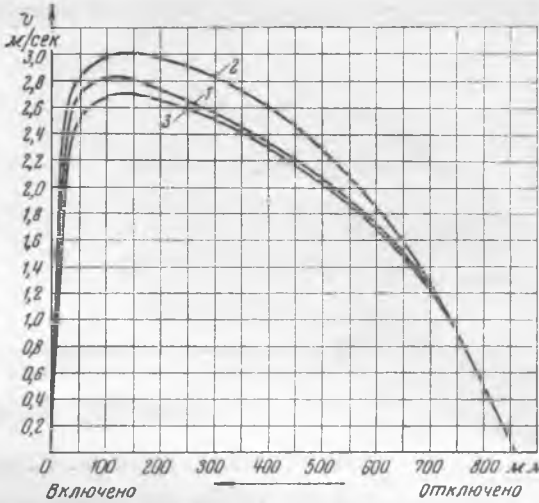


Рис. 4. Скорость движения траверзы в зависимости от пройденного пути при включении выключателя типа МКП-160 (баки залиты маслом).

1 — включение выключателя приводом ПС-30; 2 — одиночное включение фазы пофазным приводом; 3 — включение одной фазы пофазным приводом при одновременной работе трех пофазных приводов.

увеличенном усилии отключающей пружины до 128,6% от номинальных значений. Были получены следующие результаты.

	При напряжении 73,6% от номинального	При усилии пружины 128,6%
Напряжение сети постоянного тока, в	106	120
Напряжение на приводе в момент включения, в	81	93
Суммарный ток, потребляемый от сети, а	295	315
Ток, потребляемый приводом, а	95	100
Время включения от подачи команды до замыкания контактов, сек.	0,91	0,79
Максимальная скорость движения траверзы, м/сек	2,36	2,6

Эти результаты показывают, что пофазный привод имеет запас в тяговом усилии и может производить включение при пониженном напряжении.

□ □ □

Разряд с троса на провод в пролете линии электропередачи¹

Канд. техн. наук А. И. Долгинов и инж. В. В. Колганов

В грозовом сезоне 1949 г. на двухцепной линии 110 кВ на металлических опорах произошло перекрытие непосредственно между тросом и проводом примерно в середине пролета. Ввиду высказывавшихся предположений о невозможности такого перекрытия в результате грозового поражения [Л. 1] представляет интерес описание и анализ данного случая.

Во время грозы одна из цепей двухцепной линии 110 кВ отключилась с обеих сторон от дифференциальной защиты НСВ. Прибывшими работниками службы грозозащиты и изоляции были установлены следы значительного оплавления на тросе и верхнем проводе. Перегорание значительного числа жил троса привело к его обрыву. Никаких следов наброса вблизи места перекрытия обнаружено не было. Самый тщательный осмотр показал также отсутствие следов перекрытия на других проводах и на гирляндах изоляторов ближайших опор. Эскиз пораженного пролета и расположение проводов и тросов в месте поражения даны на рис. 1. Защитный угол верхнего провода равен 31°. Трос — бронзовый 50 мм². Ток однополюсного короткого замыкания в данной точке сети равен 4 000 а.

Несомненно, что перекрытие произошло в результате грозового поражения. Надо полагать, что поражение провода прямым ударом молнии привело бы к перекрытию и установлению силовой дуги по гирлянде. Поэтому более вероятно, что имело место обратное перекрытие с троса на провод при прямом ударе молнии в трос в середине пролета. Во всяком случае, отсутствие следов оплавления на нижних проводах показывает, что разряд развивался между тросом и проводом непосредственно.

Покажем расчетом, что в случае обратного перекрытия с троса на провод вполне вероятно отсутствие перекрытия изоляции на опорах. Как показано в литературе [Л. 2], напряжение, воздействующее на промежуток трос — провод, равно:

$$U_{из} = U_{тр} - U_{пр} = i_{тр}(z_k - z_{01}),$$

где $i_{тр}$ — ток в тросе;

z_k — собственное волновое сопротивление троса с учетом короны;

z_{01} — взаимное волновое сопротивление трос — провод.

По расчету получаем сопротивление без учета короны

$$z_0 = 550 \text{ ом и } z_{01} = 140 \text{ ом.}$$

Примем косоугольный фронт тока молнии и расчетную крутизну тока в канале молнии, при ударе в хорошо заземленный объект $a = 32 \text{ ка/мксек}$, что соответствует средней крутизне фронта косинусоидальной волны с $a_{макс} = 50 \text{ ка/мксек}$ ($a_{ср} = \frac{2}{\pi} a_{макс}$). Тогда крутизна тока в тросе в каждом из направлений равна $\frac{32}{4} = 8 \text{ ка/мксек}$. Волна на тросе в месте поражения с учетом отражения от опор имеет форму, показанную на рис. 2, а. Максимальное напряжение на тросе возникает при $t = 2\tau \approx 1 \text{ мксек}$, т. е. при токе 8 ка.

В соответствии с кривыми зависимости $z_k(U)$ [Л. 3] находим, что току 8 ка соответствует $U_{тр} = i \cdot z_k(U) = 3800 \text{ кВ}$; напряжение провода $U_{пр} = i \cdot z_{01} = 8 \cdot 140 = 1120 \text{ кВ}$ и, следовательно, $U_{из} = 2680 \text{ кВ}$. При таком напряжении перекрытие промежутка 3700 мм [Л. 4] могло произойти лишь при больших предразрядных временах t_p . Примем $t_p = t_{фр}$.

В момент завершения разряда к месту поражения подключается волновое сопротивление проводов, в результате чего потенциал $U_{пр}$ с учетом связи троса с проводом падает в $\frac{z_0}{z_0 + z_{01}} = 1,6$ раза.

Как показывает теория индуктированных перенапряжений [Л. 2], на проводе к месту поражения подтягиваются заряды знака, обратного знаку индуктирующей волны. Эти заряды создают на проводе потенциал U_q . Результирующий потенциал провода $U_{пр} = U_q + U_s$, где U_s — электростатический потенциал, приобретаемый проводом в поле волны напряжения на тросе $U_{тр}$. Напряжение U_s определяется электростатическим коэффициентом связи $k_k = k_0(1 + BU)$, где k_0 — коэффициент связи без учета короны; B — коэффициент, примерно равный при данных высотах троса $0,4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{кВ}}$.

$$\text{Находим } k_k = \frac{140}{550}(1 + 0,4 \cdot 3,8) = 0,65.$$

¹ Печатается в порядке обсуждения. Ред.

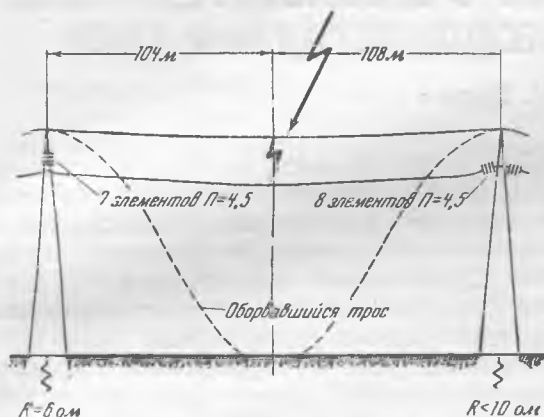
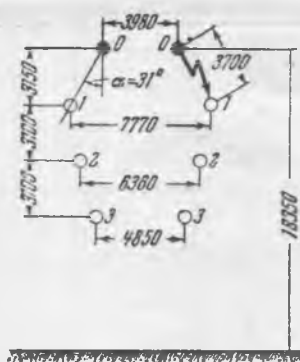


Рис. 1.

Следовательно, $U_B = 2500$ и $U_q = U_{np} - U_a = -1400$ кв.

В момент замыкания троса с проводом через искру заряды волны тока молнии частично нейтрализуются зарядами на проводе (потенциал U_a при соединении троса с проводом учитывается их взаимной связью). Учитывая, что параллельное соединение волновых сопротивлений троса и провода снижает в 1,6 раза и потенциал U_q , находим напряжение волны на проводе, распространяющейся после перекрытия в обе стороны от места поражения $U_B = \frac{U_{np} + U_q}{1.6} = 1500$ кв.

Длина волны U_B , $t_B = \frac{200}{v} \approx 1$ мксек.

Пройдя участок $l = 100$ м до ближайших опор (рис. 2, б), волна U_B затухнет до напряжения [Л. 3]:

$$U'_B = a't_B = \frac{a}{1 + Ba \frac{l}{c}},$$

где a — крутизна волны;
 c — скорость света.

Подставляя численные значения, находим $U'_B = 1250$ кв.

С другой стороны, в момент перекрытия через заземление ближайших опор протекает амплитудное значение тока молнии, которое с учетом отражения можно принять равным по крайней мере 50 кА (большие $t_{\phi p}$).

На опорах этот ток создает потенциал $U_{on} = I \cdot R \gg 300$ кв.

Гирлянды изоляторов оказываются под разностью потенциалов $U'_B - U_{on} \leq 950$ кв, что ниже

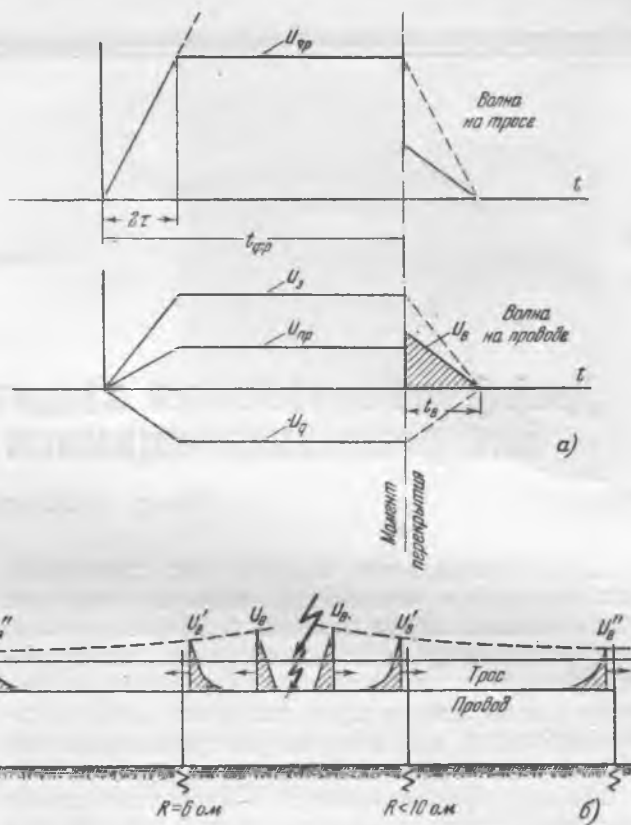


Рис. 2.

импульсной прочности гирлянды из семи элементов при $t_p = 1$ мксек.

Пройдя участок $l \approx 300$ м до следующих опор, волна U_B затухнет до $U'_B = 940$ кв, что опять-таки ниже импульсной прочности гирлянд.

В Мосэнергo описанное поражение является первым явным случаем грозового перекрытия между тросом и проводом в пролете.

Следует отметить, что случаи грозовых перекрытий между тросом и проводом в пролетах при принятых габаритах весьма редки. Имеются указания лишь на случаи поражений на весьма длинных пролетах линий передачи.

Следовательно, нет оснований к повышению расстояний трос — провод сверх 4 м при пролетах порядка 200 м.

С уменьшением расстояния трос — провод вероятность перекрытия резко возрастает. Если даже учитывая автоматическое повторное включение, было бы неосторожным допускать пониженные расстояния трос — провод, учитывая возможность пережога и обрыва троса. На специальных пролетах линии электропередачи, где такой случай был бы особенно тяжелым, расстояния трос — провод должны проверяться специальным расчетом.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Л. Зайенца и М. В. Костенко, Удар молнии в середину пролета троса линии электропередачи, "Электричество", № 6, 1947 г.
2. А. И. Долгинов, Индуцированные напряжения на линиях электропередачи, "Электричество", № 10, 1949 г.
3. А. И. Долгинов, Волновые процессы на линиях при высоких напряжениях, "Электричество", № 9, 1949 г.
4. А. А. Горев и М. Б. Рябов, Импульсные характеристики линейной изоляции, "Электричество", № 6, 1948 г.



Дифференциальная защита шин с вспомогательными быстронасыщающимися трансформаторами тока

Канд. техн. наук М. И. Царев

Дифференциальная защита шин электрических станций и подстанций является наиболее ответственным видом защиты в энергосистемах. Неправильные действия защиты шин, как правило, приводят к наиболее тяжелым авариям. Поэтому к этой защите предъявляются особо жесткие требования в отношении скорости, селективности и надежности действия.

Широко применяющиеся в настоящее время различные схемы дифференциальной защиты шин с мгновенными токовыми реле, как показывает опыт их эксплуатации, дают относительно много случаев неправильных действий. Так, за 4 года (1945—1948) в энергосистемах Министерства электростанций средний процент правильных действий дифференциальной защиты шин составил 85,7%, в то время как общий процент правильных действий всех защит, установленных в энергосистемах, за тот же период времени равен 98,8%.

Одной из причин неправильных действий дифференциальной защиты шин при внешних коротких замыканиях являются большие токи небаланса, появляющиеся в переходном режиме. В дифференциальной защите шин при внешних коротких замыканиях, трансформаторы тока отдельных присоединений работают в резко различных условиях, вследствие разных величин токов, протекающих по их первичным обмоткам. Последнее обуславливает еще более резкое различие в их токах намагничивания, что и является причиной появления больших токов небаланса.

Кроме того, токи короткого замыкания в дифференциальной защите шин имеют значительно большую кратность по сравнению с другими дифференциальными защитами, например генераторов и трансформаторов. Поэтому абсолютные значения токов небаланса здесь могут быть исключительно большими, доходя в отдельных случаях в переходном режиме до 50—60% от тока внешнего короткого замыкания.

Отстроиться от таких токов небаланса при применении простых токовых реле путем увеличения их тока трогания не представляется возможным. В таких случаях необходимо замедлять действие защиты или путем каскадного включения двух сравнительно медленноредействующих промежуточных реле (например, реле типа ЭП-231) или применяя реле времени с выдерж-

кой 0,2—0,3 сек. Однако, это связано с некоторым ухудшением защиты. В ряде случаев замедление действия защиты шин недопустимо по соображениям сохранения устойчивости энергосистемы. Срабатывание токовых реле при внешних коротких замыканиях в столь ответственной защите также весьма нежелательно.

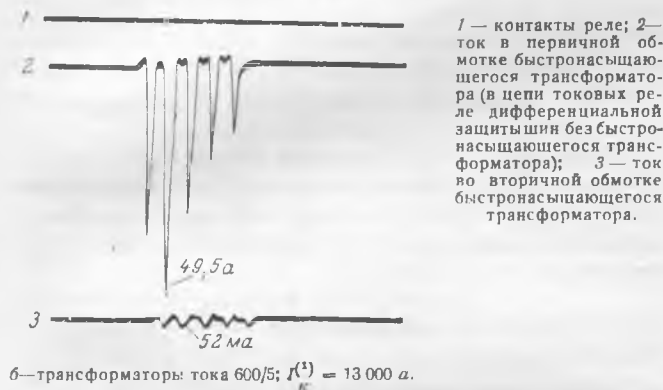
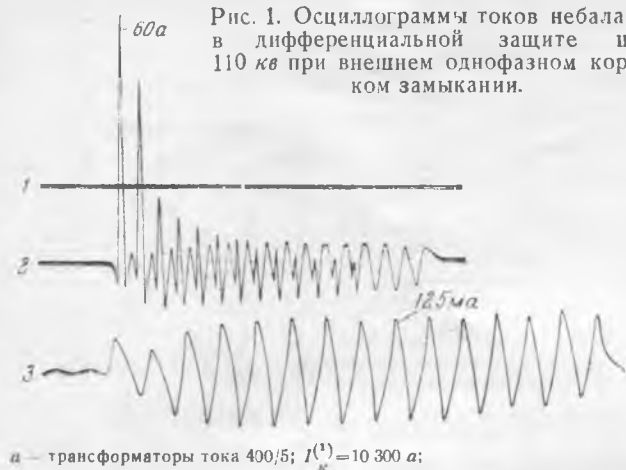
Применение реле с тормозными катушками в дифференциальной защите шин чрезвычайно усложняет ее, а для большого числа присоединений вообще невыполнимо, вследствие чего в СССР такие защиты шин не получили распространения. Введение достаточно больших добавочных активных сопротивлений в токовую цепь дифференциальной защиты шин значительно снижает токи небаланса при внешних коротких замыканиях, однако при этом защита сильно загружается.

Центральной научно-исследовательской электротехнической лабораторией Министерства электростанций (ЦНИЭЛ) совместно с Центральной службой защиты Мосэнерго в 1949 г. проводилось экспериментальное исследование токов небаланса в дифференциальных защитах шин. При этом были произведены однофазные короткие замыкания в сети 110 кВ с токами повреждения от 9 000 до 13 000 А и записаны токи в дифференциальных защитах шин, выполненных на встроенных трансформаторах тока выключателей МКП-160 с коэффициентами трансформации 400/5 и 600/5.

В обоих исполнениях защиты токи небаланса при переходном режиме короткого замыкания достигали весьма больших значений. Две из записанных осциллограмм приведены на рис. 1. Как видно из осциллограмм, в первом случае (см. рис. 1,а) ток небаланса достигал 60 А в переходном режиме и 5,5 А в установившемся режиме; во втором случае (рис. 1,б) ток небаланса в переходном режиме достигал 49,5 А. Вследствие быстрого отключения короткого замыкания (5 периодов) ток небаланса при установившемся режиме во втором случае не записан, однако на основании других опытов установлено, что он был бы приблизительно в два раз меньше, чем в первом случае.

Токовые реле находящейся в эксплуатации дифференциальной защиты шин с током трогания 20 А (что составляет по первичной стороне

Рис. 1. Осциллограммы токов небаланса в дифференциальной защите шин 110 кВ при внешнем однофазном коротком замыкании.



1 600 а при трансформаторах тока 400/5 и 2 400 а при трансформаторах тока 600/5) во всех опытах срабатывали и замыкали свои контакты.

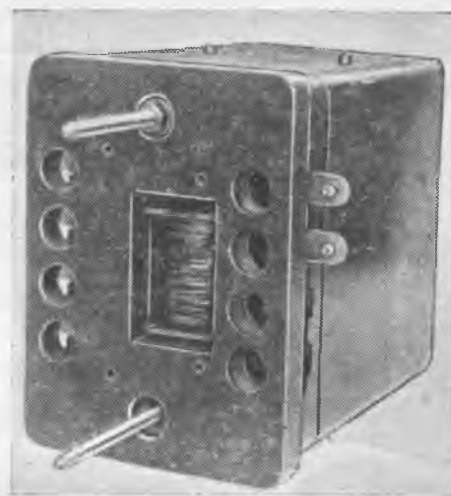
В зависимости от продолжительности переходного процесса в отдельных опытах выходные промежуточные реле (ЭП-231) или почти успевали срабатывать или совсем не трогались.

Величина токов небаланса в переходном режиме сравнительно мало изменяется при изменении коэффициента трансформации трансформаторов тока. Однако при увеличении коэффициента трансформации существенно уменьшаются токи небаланса при установившемся режиме. Это позволяет сделать вывод, что в дифференциальной защите шин необходимо применять трансформаторы тока с большим числом первичных ампервитков. Последнее особенно может быть эффективно при применении вспомогательных быстро насыщающихся трансформаторов тока (см. ниже), поскольку в этом случае чувствительность токовых реле должна выбираться, исходя из условия отстройки от токов небаланса при установившемся режиме короткого замыкания.

Проведенные испытания подтвердили результаты теоретического анализа о порядке величин токов небаланса в переходном режиме и показали, что имеется реальная опасность неправильных срабатываний при внешних коротких замыканиях дифференциальной защиты шин, выполненной с мгновенными токовыми реле типа ЭТ, и другими и не имеющей специального замедления.

Одновременно с указанным выше экспериментальным исследованием токов небаланса проводилось испытание в рабочих условиях диф-

а)



б)

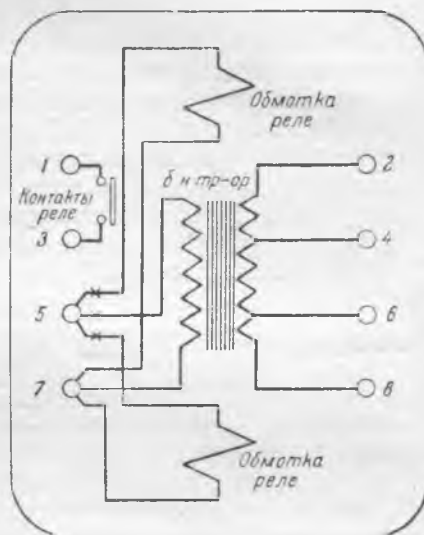


Рис. 2. Реле ЭТ-521 с встроенным быстро насыщающимся трансформатором тока ЦНИЭЛ.

а — вид со стороны цоколя; б — схема внутренних соединений.

ференциальной защиты шин с промежуточными быстро насыщающимися трансформаторами тока, разработанной ЦНИЭЛ в 1949 г. *.

При этом испытании реле с встроенными быстро насыщающимися трансформаторами (рис. 2) включались в токовые цепи существующей защиты шин, последовательно с ее реагирующими органами (реле ЭТ-511), и имели ток трогания 5 а (ток отнесен к первичной стороне быстро насыщающегося трансформатора). Упрощенная схема дифференциальной защиты шин с быстро-

* О целесообразности применения промежуточных насыщающихся трансформаторов для отстройки дифференциальных защит трансформаторов от токов небаланса, содержащих апериодическую составляющую, указывалось в решении Технического совета НКЭС еще в 1945 г. Вопрос о применении промежуточных насыщающихся трансформаторов для улучшения дифференциальной защиты генераторов впервые был поставлен канд. техн. наук. И. Д. Кутявиным, которым в том же году производилась экспериментальная проверка этого, применительно к схемам дифференциальной защиты генераторов в лаборатории Томского политехнического института [см. „Бюллетень Томского энергосбыта“, № 1—2 (8—9), 1949 г.].

В 1947 г. быстро насыщающиеся трансформаторы тока, разработанные ЦНИЭЛ, были применены на генераторах в энергосистемах (см. „Электрические станции“, № 8, 1948 г. и № 7, 1949 г.). Более чем двухлетний опыт эксплуатации этих дифференциальных защит генераторов показал хорошие результаты.

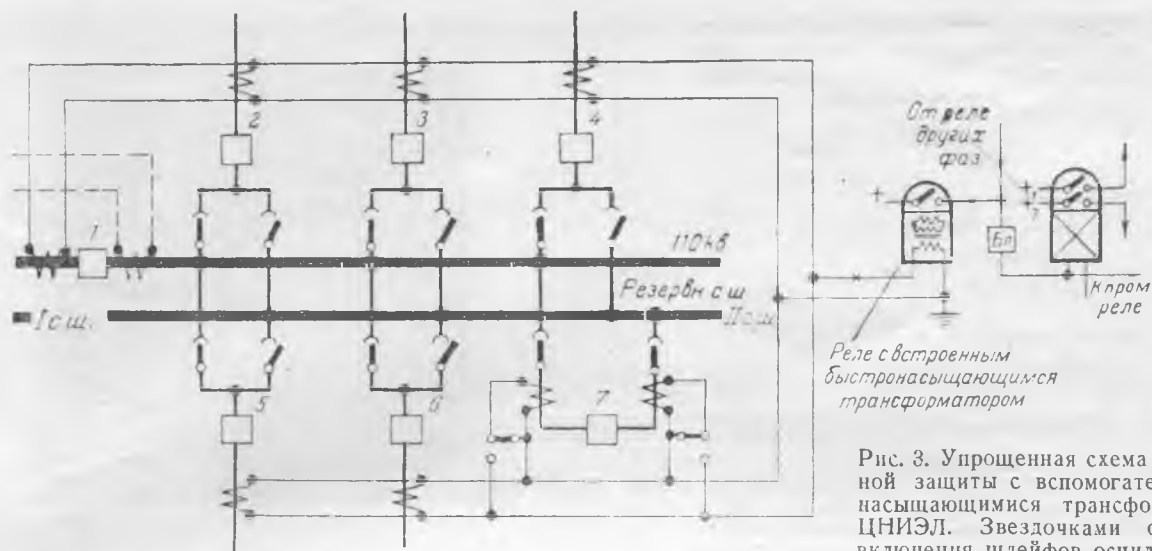


Рис. 3. Упрощенная схема дифференциальной защиты с вспомогательными быстронасыщающимися трансформаторами тока ЦНИЭЛ. Звездочками отмечены места включения шлейфов осциллографа при испытаниях.

насыщающимися трансформаторами тока, подвергавшаяся испытаниям, приведена на рис. 3. При всех внешних коротких замыканиях как с трансформаторами тока 400/5, так и 600/5, реле с встроенными трансформаторами не срабатывали от токов небаланса, о чем свидетельствуют записи шлейфа 1 на осциллограммах рис. 1, и подвижные системы реле оставались совершенно неподвижными.

При коротких замыканиях в защищаемой зоне реле с встроенными трансформаторами четко срабатывали на отключение. Одна из осциллограмм, записанная при токе 9 200 а, приведена на рис. 4, из которой видно, что время срабатывания реле составило в данном случае около 0,03 сек.

Выводы

1. Токи небаланса в дифференциальной защите шин в переходном режиме при внешних коротких замыканиях могут достигать весьма большой величины, соизмеримой с полным (сквозным) током повреждения (до 50—60%).

2. Продолжительность переходного режима на первичной стороне, как известно, зависит от момента возникновения короткого замыкания и удаленности генерирующих источников. Продолжительность переходного режима на вторичной стороне кроме того зависит от параметров трансформаторов тока и величины их вторичной нагрузки. Согласно данным испытаний в сети 110 кВ при средней удаленности от генерирующих источников, продолжительность переходного режима в цепях дифференциальной защиты шин может быть порядка 10 периодов, причем около половины этого времени сопровождается весьма большими токами небаланса.

3. Применение дифференциальной защиты шин с мгновенными токовыми реле без введения замедления может привести к неправильным ее действиям при внешних коротких замыканиях.

4. Применение вспомогательных быстронасыщающихся трансформаторов тока позволяет повысить чувствительность дифференциальной защиты шин и исключить необходимость вводить замедление ее действия благодаря надежной отстройке от токов небаланса переходного режима при внешних коротких замыканиях.

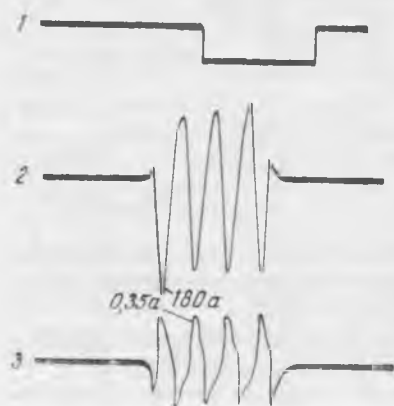


Рис. 4. Осциллограмма токов в дифференциальной защите шин при однофазном коротком замыкании в защищаемой зоне. Трансформаторы тока 600/5; $I_K^{(3)} = 9\,200\text{ а}$.

1 — контакты реле; 2 — ток в первичной обмотке быстронасыщающегося трансформатора (в цепи токовых реле дифференциальной защиты шин без быстронасыщающихся трансформаторов); 3 — ток во вторичной обмотке быстронасыщающегося трансформатора.

Осциллограммы токов небаланса на вторичной стороне быстронасыщающихся трансформаторов приведены также на рис. 1 (шлейф 3). Кривые 2 и 3 на рис. 1,а записывались разными осциллографами, вследствие чего масштаб времени в них не совпадает. Из этих кривых видно, что на вторичной стороне быстронасыщающихся трансформаторов броски токов небаланса совершенно отсутствуют и, что максимальная величина вторичного тока определяется установившимся значением тока в первичной обмотке, которая во всех случаях была значительно меньше тока трогания реле — 0,15 а (действующее значение).

Комбинированная схема автоматического включения резервного питания и автоматического повторного включения для собственного расхода электростанций

Инж. О. В. Суслов

На многих электростанциях автоматическое включение резервного питания (АВР) шин собственного расхода осуществляется взаиморезервированием двух рабочих систем шин. При обесточении одной из них АВР производит включение шиносоединительного выключателя.

Эксплуатационный циркуляр № Э-24 требует, чтобы АВР действовало во всех случаях обесточения шин собственного расхода, включая случай короткого замыкания на них или на отходящей линии при отказе его выключателя. Однако не исключена возможность устойчивых повреждений на сборных шинах и особенно на кабельных линиях. Автоматическое включение шиносоединительного выключателя в этом случае может привести к погашению неповрежденной системы шин при не отключении шиносоединительного выключателя из-за неисправности его защиты или привода. Конечно, это случай относительно редкий. Но нарушение нормальной работы потребителей неповрежденной системы шин может иметь место и без отказа шиносоединительного выключателя и даже при самозатухании короткого замыкания на поврежденной системе шин.

Автоматическое включение резервного питания от шин, находящихся в работе, нежелательно, так как самозапуск затормозившихся двигателей в этом случае происходит при помощи уже предварительно нагруженного трансформатора. В результате самозапуск затрудняется, а на двигателях неповрежденной системы шин снижается напряжение вследствие увеличения тока, протекающего через работающий трансформатор.

Особенно это сказывается при значительной нагрузке имеющихся трансформаторов собственного расхода и, в частности, когда необходимо сохранить в работе большую часть двигателей, используя возможность их самозапуска и не отключая их при «посадках» напряжения.

С целью исправления указанного недостатка автором была предложена комбинированная схема — автоматическое включение резервного питания — автоматическое повторное включение (АВР — АПВ), которая при коротком замыкании на шинах или на отходящей линии производит

однократное повторное включение отключившегося от максимальной защиты выключателя трансформатора, питавшего поврежденную систему шин (со стороны низкого напряжения)¹.

Во всех других случаях обесточения шин эта схема производит однократное включение шиносоединительного выключателя, т. е. подает резервное питание (АВР).

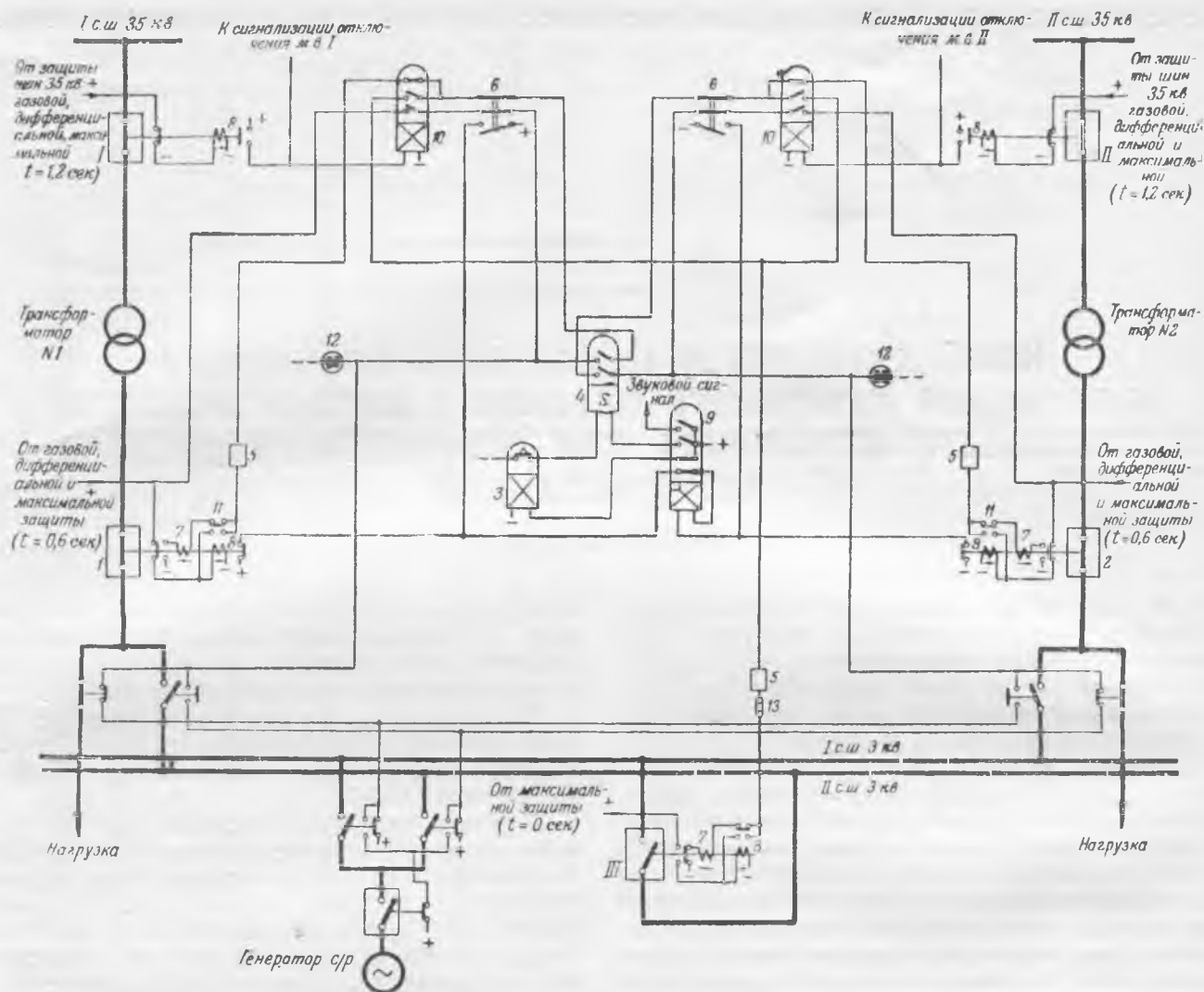
Для того, чтобы восстановление питания происходило во всех без исключения случаях обесточения шин, схема первоначально была запроектирована с пусковым органом минимального напряжения. Однако это значительно усложнило схему, а с другой стороны, наличие дифференциальной защиты шин на питающей стороне обеспечивало действие схемы и без этого пускового органа при наиболее вероятных полных нарушениях питания главных шин.

Осуществленная на одной станции описанная ниже схема без пускового органа минимального напряжения (см. рисунок) обеспечивает автоматическое восстановление питания при повреждении питающего трансформатора или шин как собственного расхода, так и главных, а также при ложном или самопроизвольном отключении любого выключателя трансформатора (механическим путем или через оперативные цепи).

Только при обесточении секции главных шин питающего напряжения по каким-либо другим причинам, кроме короткого замыкания на ней, схема не обеспечивает восстановления питания шин собственного расхода, подключенных к этой секции.

Понятно, что при питании трансформаторов собственного расхода от общих несекционированных главных шин и это ограничение отпадает. Максимальная защита трансформаторов действует на отключение выключателей 35 кВ с выдержкой времени 1,2 сек., а на отключение выключателей 3 кВ — со временем 0,6 сек. Поэтому при коротком замыкании на шинах 3 кВ или на отходящей линии (при отказе его выключателя)

¹ Авторское свидетельство № 83587 на имя О. В. Суслова.



Комбинированная схема АВР и АПВ.

1, II, III, 1 — 2 — выключатели; 3 — реле с замедленным возвратом, переделанное из реле ЭП-401/11; 4 — реле времени, переделанное из реле ЭВ-181; 5 — серийные бляшки ЭС-91; 6 — трехполюсные переключающие рубильники; 7 — контактор включения выключателя; 8 — отключающая катушка; 9 — указательное реле РУ-2а; 10 — промежуточное реле ЭП-103; 11 — контакты блокировки от „прыгания“; 12 — неоновые лампы; 13 — накладка.

происходит отключение от максимальной защиты только выключателя 3 кВ соответствующего трансформатора. Во всех остальных случаях обесточивания шин 3 кВ при отключении выключателя 35 кВ от защиты шин 35 кВ или по случайным причинам происходит отключение обоих выключателей трансформатора.

Схема на рисунке показана в нормальном рабочем состоянии при наличии на ней оперативного тока. Оба трансформатора работают каждый на свою систему шин. Шиносоединительный выключатель III на стороне 3 кВ отключен.

Указательное реле 9 заведено нажатием кнопки и самоудерживается через свой контакт и блокконтакты выключателей 1 и 2 со стороны низшего напряжения трансформаторов.

Через контакты реле 9 все время включено промежуточное реле 3, которое в свою очередь своим контактом (действующем при обесточивании реле на размыкание с выдержкой времени) подготавливает цепь включения обмотки реле времени 4.

При отключении выключателя 1 или 2 от максимальной защиты трансформатора при коротком замыкании на шинах 3 кВ (или при ложном

отключении одного из этих выключателей) схема работает следующим образом.

Обесточивается и срабатывает указательное реле 9, включая реле времени 4 и отключая промежуточное реле 3. Последнее размыкает свой контакт со временем порядка 1,6 сек., в течение которого реле времени 4 остается включенным. Так как оно само имеет выдержку времени, равную 0,4 сек., то его контакты замыкаются и остаются замкнутыми в продолжение примерно 1,2 сек., осуществляя через нормально замкнутые контакты промежуточного реле 10 соответствующего трансформатора повторное включение отключившегося выключателя, таким образом в рассмотренном случае происходит автоматическое повторное включение.

При повреждении трансформатора происходит отключение обоих его выключателей от газовой или дифференциальной защиты. При ложном отключении выключателей 1 или II или при их отключении от защиты шин 35 кВ срабатывает соответствующее промежуточное реле 10, которое производит отключение выключателя со стороны 3 кВ того же трансформатора.

Таким образом, происходит практически одно-

временное отключение выключателей I и I или II и 2, и схема действует следующим образом. Реле 9, 4 и 3 работают как изложено выше. Однако благодаря переключению контактов на реле 10 включающий импульс направляется не на включение выключателя I или 2, а на включение шиносоединительного выключателя 3. Таким образом, в данном случае происходит автоматическое включение резервного питания.

При любом срабатывании схемы подается сигнал от указательного реле 9 и выпадает блинкер в цепи включения того выключателя, автоматическое включение которого произведено.

При работе генератора собственного расхода на любую систему шин 3 кв происходит автоматическая блокировка схемы АПВ — АВР того трансформатора, который работает на ту же систему шин. Эта блокировка² осуществляется с помощью блокконтактов разъединителей и выключателя генератора и контролируется неоновыми лампами 11.

Как показали испытания, общий цикл работы схемы от момента размыкания контактов выключателя I или 2 до их замыкания при работе АПВ или до замыкания контактов шиносоединительного выключателя 3 при работе АВР составляет 0,8 сек. (на стороне 3 кв установлены выключатели ВМ-22 с приводами ГП-125).

При снижении выдержки времени реле 4 до 0,2 сек. на АПВ (эта возможность проверена опытом) и до 0 сек. на АВР время цикла АПВ и АВР должно уменьшиться соответственно до 0,6 и 0,4 сек.

Промежуточные реле 10 в схеме не обязательны, если имеются свободные блокконтакты на вы-

ключателях I и II и свободные жилы в контрольном кабеле.

При отсутствии на станции генератора собственного расхода или при отказе от автоматической блокировки схемы АПВ—АВР в случае его работы схема может быть еще более упрощена, так как отпадает необходимость в использовании блокконтактов разъединителей и выключателя генератора.

Следует отметить, что рассмотренная схема может быть оставлена в работе также и при других возможных режимах. Так, при выводе в ревизию шиносоединительного выключателя достаточно только снять накладку 13 в цепи его включения, т. е. вывести из работы АВР. Схема АПВ на обоих трансформаторах остается при этом в действии.

При переводе линий 3 кв с одной системы шин на другую шиносоединительный выключатель может быть включен. Если при этом в результате неправильных операций с разъединителями произойдет короткое замыкание на шинах 3 кв, то оно может быть ликвидировано, и питание собственного расхода будет восстановлено после отключения и автоматического повторного включения обоих трансформаторов.

При выводе в ревизию одной из систем шин 3 кв оба трансформатора могут быть включены на другую систему шин параллельно и на них также может быть оставлено АПВ.

Наконец, при ревизии одного из трансформаторов АПВ работающего трансформатора сохраняется благодаря тому, что рубильником 6 ревизуемого трансформатора закорачиваются блокконтакты его выключателя 3 кв, находящиеся в цепи обмотки реле 9.

² Схема блокировки предложена инж. Л. Н. Вороновым.

ОТ РЕДАКЦИИ

Применение дополнительно к АВР автоматического повторного включения при определенных условиях рекомендовано циркуляром 11, п. 8, в (см. «Сборник директивных материалов Техотдела МЭС, Электрическая часть», Госэнергоиздат, 1950 г.).



ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

Подъем Г-образного крана

Подъем Г-образных кранов часто представляет собой большие трудности, особенно тогда, когда отсутствуют в непосредственной близости высокие прочные сооружения для крепления подъемных полиспастов.

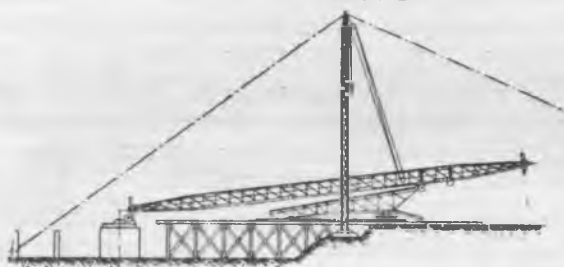
На объекте, где потребовалось установить кран высотой 52 м и весом 35 т, имеющиеся сооружения не только не могли быть использованы, но лишали возможности осуществить подъем другими, ранее известными способами.

с помощью двух тросов к двум временным якорям, расположенным по оси подъема крана с обеих его сторон. Эти два троса, сохраняя постоянную длину, обеспечивают движение крана в одной плоскости в течение всего периода подъема.

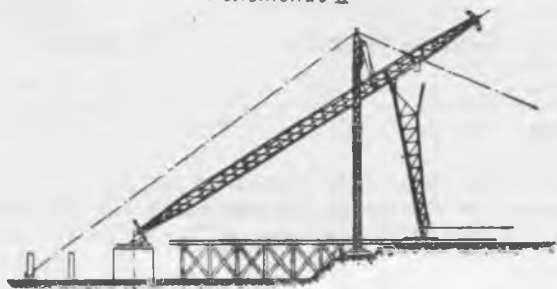
Предложенный метод был принят и успешно осуществлен.

В качестве временных подъемных мачт использованы мачты деррик-кранов грузоподъемностью 3 т. Последние в целях увеличения их прочности на изгиб были усилены

Положение I



Положение II



Автором был предложен метод подъема, устраняющий надобность в креплении полиспастов к расположенным вблизи высоким прочным зданиям и позволяющий осуществить его в более короткие сроки, при сравнительно небольших затратах. Этот метод заключается в следующем (см. рисунок).

Мачта крана монтируется в горизонтальном положении у своего фундамента. По обе стороны мачты, близ ее середины, устанавливаются две временные небольшие мачты.

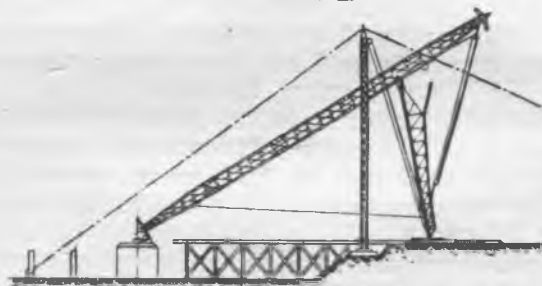
Подняв при помощи двух подъемных полиспастов мачту на 3—4 м, подводят под нее консоль и скрепляют их шарнирно (положение I), после чего продолжают подъем до положения II.

Поставив кран на нос консоли, связывают последнюю с вершиной и нижней частью мачты крана (положение III) и, перестроив нижние блоки подъемных полиспастов, продолжают подъем до положения IV, подняв таким образом мачту крана примерно на 70°.

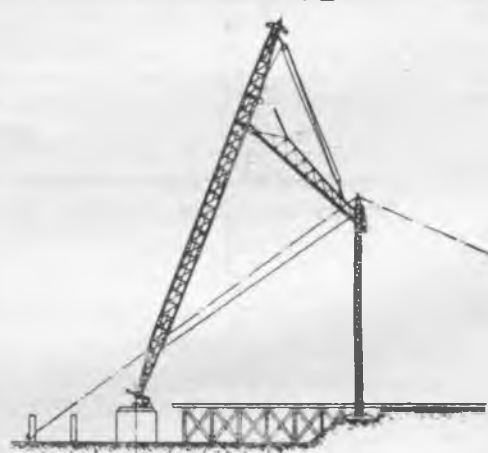
Из данного положения мачта крана легко доводится до вертикального постоянными вантами, после чего консоль подтягивается полиспастом до горизонтального положения и закрепляется.

В целях предупреждения случайных боковых отклонений мачты во время подъема, вершина ее привязывается

Положение III



Положение IV



с помощью ширингелей. Исходя из местных условий, эти мачты были установлены на расстоянии 30 м от фундамента крана.

Выводы

Описанный метод подъема Г-образного крана показал следующие его преимущества перед другими применявшимися способами:

1. Подъем может быть осуществлен без крепления подъемных полиспастов к расположенным вблизи высоким прочным зданиям, которые часто отсутствуют или не могут быть использованы по разным причинам.

2. Мачта крана и консоль монтируются непосредственно на земле. Кран поднимается целиком вместе с тележкой и другим оборудованием. Соединенная на земле

с мацтой консоль не только не усложняет, но значительно способствует подъему.

3. Монтаж и подъем крана описанным методом возможно осуществлять в более короткие сроки и при меньших затратах.

Инж. Ш. Г. Лившиц

Станок для тески и резки кирпича

При производстве обмуровочных работ по котлам с нормальной обмуровкой, как известно, в дополнение к фасонным кирпичам нередко требуется производить в значительных размерах подтеску и резку огнеупорных и красных кирпичей для пропуска стяжных болтов к клеммам; для установки гляделок, дверок и лючков; для обхода выступающих внутрь деталей каркаса; для подгонки размеров кладки по длине и ширине и т. п.

Для целей механизации тески применяются обычно специальные станки с наждачными кругами. Наждачные круги довольно быстро срабатываются и на больших скоростях при неосторожном нажиме кирпичом разрушаются и, следовательно, являются небезопасными для производящих работу.

Инж. Л. Н. Чернявский предложил заменить наждачный круг для тески и резки кирпича стальным диском с наваренными на него победитовыми пластинками (рис. 1). Диск выполнен из материала Сталь-3, с наваренными на нем победитовыми зубцами сечением 5×5 мм в количестве 30 шт.

Для производства испытаний этого диска был использован станок — дисковая пила (рис. 2). На подвижную тележку 1 укладывался кирпич, который подавался к диску, вращающемуся под предохранительным кожухом с числом оборотов 1450 в минуту. Электродвигатель 1,5 кВт связан с диском ременной передачей. Рама, на которой закреплены двигатель и диск, может изменять положение по вертикали, и таким образом имеется возможность регулировать расстояние между диском и подвижной тележкой.

Результаты испытаний показали отличные качества нового приспособления.

Теска и резка кирпича диском производится в 6 раз быстрее, чем наждачным кругом, и более чем в 30 раз

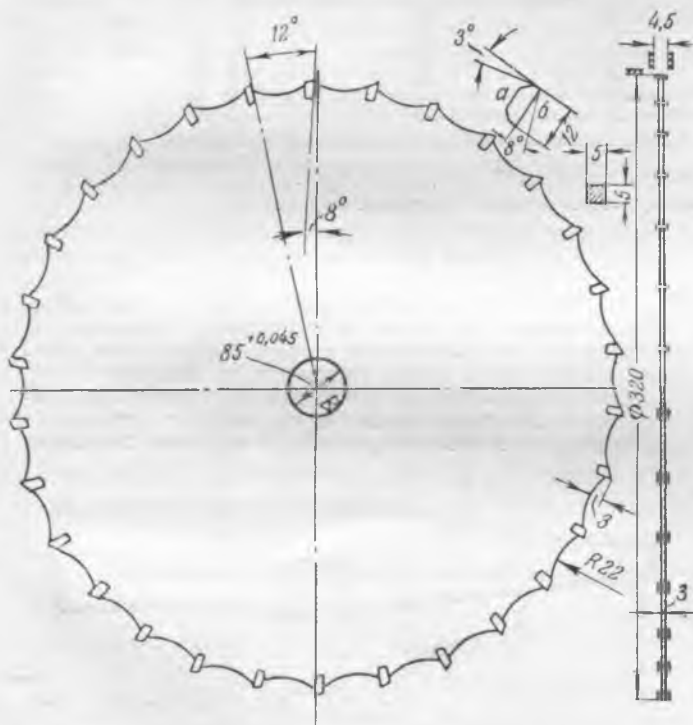


Рис. 1. Диск с наваренными победитовыми пластинками.

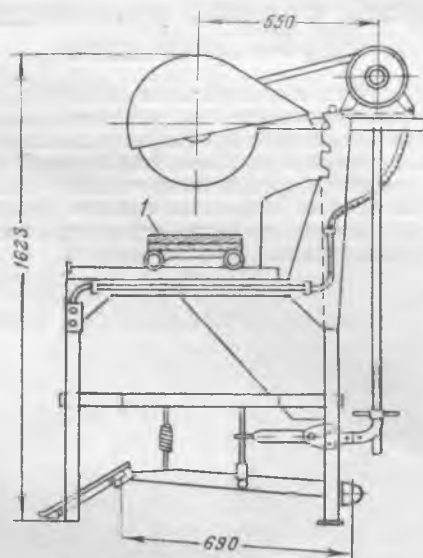


Рис. 2. Станок-дисковая пила.

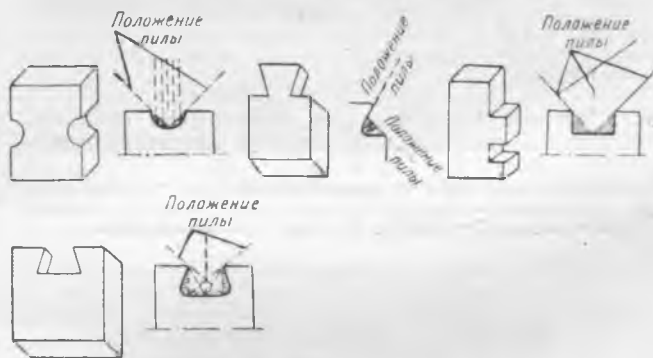


Рис. 3. Выполнение фасонных резов.

быстрее ручной тески; при этом работа производится в безопасных условиях.

При производстве испытаний в течение 40 мин. удалось произвести 800 резов и подтесок шамотных кирпичей площадью обработки $6,40$ м², причем поверхность обработки получалась ровной и без задиrow.

Победитовые пластинки на больших скоростях изнашиваются очень мало и, следовательно, намного устойчивее наждачного круга.

После двухмесячного испытания и промера оказалось, что победитовые пластинки сработались на $0,03$ мм.

Диск обладает также еще тем существенным преимуществом перед наждачным кругом, что он позволяет производить без риска поломки боковые нажимы и осуществлять при этом легко фигурные вырезы в виде «ласточкиных хвостов», «восьмерок» и т. п. На рис. 3 изображены фасонные резы, которые были выполнены при испытании станка. Вырезка фанона производится клиньями при помощи подвижного стола. Заштрихованная часть кирпича выбирается боковыми гранями резцов диска при соответствующем перемещении кирпича руками.

Во время двухмесячного испытания проверялось также и качество наварки пластин на диск в целях гарантии защиты рабочих от возможного срыва какой-либо из пластин во время работы диска с окружной скоростью 40 м/сек. Хотя эти испытания дали хорошие результаты все же в целях безопасности работы над диском установлен кожух.

Получаемое высокое качество обработанной поверхности, простота устройства, высокая устойчивость диска и возможность использования на «теске» менее квалифицированных рабочих позволяют рекомендовать его к широкому внедрению при производстве обмуровочных работ.

Инж. М. Б. Экслер

Новый способ прокладки трубопроводов

Для упрощения и удешевления прокладки трубопроводов в местах пересечения ими железнодорожных путей, дорог, уличных проездов и прочих искусственных сооружений инж. Клуевым предложен новый метод прокладки, названный им методом гидромеханического «прокола».

Для производства гидромеханического прокола перед участком, подлежащим проходке, отрывается траншея надлежащей глубины длиной 7—8 м (рис. 1).

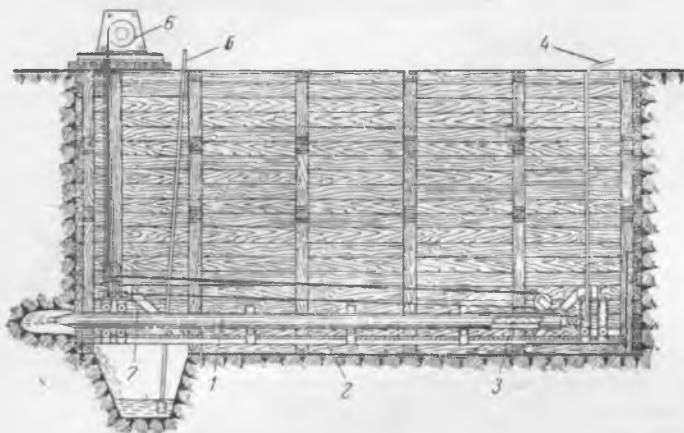


Рис. 1. Траншея перед участком, подлежащим проходке, с установкой для гидромеханической прокладки трубопровода.

1 — прокладываемая труба; 2 — направляющая рама; 3 — питательная труба с шлангом; 4 — шланг к питающей линии; 5 — шланг к насосу; 6 — лебедка; 7 — траверза крепления блоков полиспаста.

тем самым от заданного направления. Этого можно избежать, создавая трубе жесткие направляющие в виде указанной выше направляющей рамы. В начале траншеи необходимо сделать приямок для пульпы и внимательно наблюдать за равномерностью поступления в него пульпы в процессе «прокола».

Скорость подачи трубы должна быть равна скорости размыва. Если скорость подачи будет меньше скорости размыва, то это может вызвать чрезмерный размыв грунта и увод трубы от заданного направления. Наоборот, если скорость подачи будет больше скорости размыва, то приведет к замедлению или даже полному прекращению отвода пульпы, а следовательно и размыва.

В случае замедления выхода пульпы нужно притормозить лебедку «прокола», а при полном прекращении выхода пульпы остановить лебедку до появления обильной пульпы, и если она не появится в течение 2—3 мин., необходимо подачу воды прекратить, трубу оттянуть обратно на 10—20 см и только после этого вновь подать воду и при появлении пульпы продолжать «прокол».

В глинистых грунтах трубу следует подавать медленнее во избежание закупоривания глиной конца наконечника. Усилие для «прокола» в глинистых грунтах требуется меньше, чем в песке или насыпном грунте вследствие скольжения трубы в мокрой глине.

Напор воды для размыва должен быть в песчаных грунтах 2—4 ат, а в насыпных и глинистых — 4—6 ат.

«Прокол» следует вести без длительных перерывов во избежание заноса трубы песком и илом.

Прокладка труб гидромеханическим «проколом» обходится значительно дешевле, чем открытая прокладка. Так, например, прокладка трубопровода под асфальтовой дорогой шириной 15 м открытым способом стоит около 3 500 руб., а методом гидромеханического прокола не более 500 руб.

Понятно, что способ гидромеханического «прокола» обеспечивает и значительное сокращение продолжительности работы.

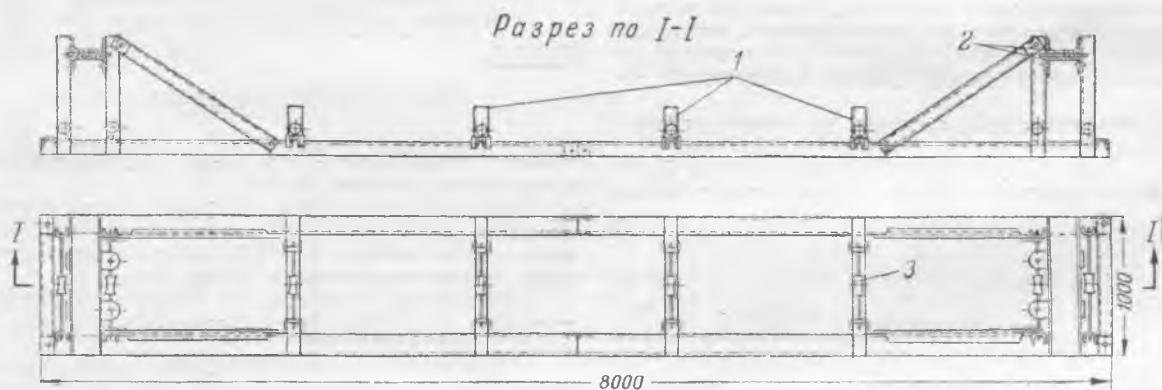


Рис. 2. Направляющая рама для гидромеханической прокладки труб.

1 — боковые направляющие для рамы; 2 — траверза крепления блоков; 3 — направляющий ролик.

В траншее на специальной направляющей раме, предложенной А. И. Евсеевым (рис. 2), укладывается трубопровод с приваренным к концу его конусом с наконечником (рис. 3). Через наконечник проходит питательная труба, присоединенная посредством гайки Рота к шлангу, подводящему к наконечнику воду под давлением 2—6 ат (в зависимости от плотности грунта).

Поступающая через наконечник вода производит размыв находящегося перед конусом слоя грунта, а прокладываемая труба с помощью ручной или механической лебедки подается по направляющей раме вперед, «прокалывая» размываемый струей грунт (рис. 1).

По мере прохода прокладываемой трубы в толщу грунта она наращивается приваркой следующего звена. Одновременно наращивается шланг, подающий воду. Скорость «прокола» составляет от 5 до 10 м/мин в песчаных и от 0,5 до 1,0 м/мин в глинистых и насыпных грунтах.

По тем же данным установлены некоторые особенности работы при различных грунтах.

В песчаных грунтах из-за подбивки размытого песка под низ трубы конец ее стремится подняться вверх, отходя

Бесспорны преимущества этого метода и перед всеми применяемыми методами механического проходки, и, в частности, метода горизонтального бурения, при котором обычно имеют место отклонения от намеченной оси.

Метод гидромеханического «прокола» может быть использован для производства этим способом прокладки трубопроводов в обычных условиях с отрывом не сплош-

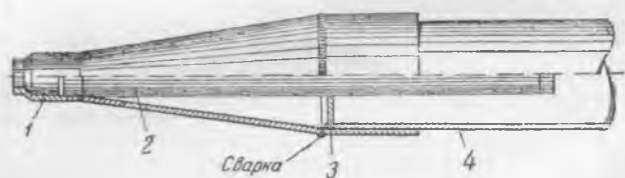


Рис. 3. Конус для прокладки труб гидромеханическим способом.

1 — наконечник конуса; 2 — питательная труба; 3 — диафрагма; 4 — прокладываемая труба.

ных траншей, а отдельными участками длиной 7—8 м, чередующимися с перемычками длиной до 50 м, которые должны проходиться методом гидромеханического «прокола». При этом, естественно, объем земляных работ значительно сократится.

В. З.

ОТ РЕДАКЦИИ

Описанный способ прокладки трубопроводов методом гидромеханического «прокола» может найти широкое применение и в Министерстве электростанций.

Горизонтальная транспортировка трансформаторов

Горизонтальная транспортировка силовых трансформаторов на короткие расстояния (10—15 м), например перекатка трансформаторов с тележки или с платформы на фундамент, производится обычно с помощью лебедок или талей Людерса, для установки которых требуется устройство якорей.

На монтажном участке для горизонтальной транспортировки были применены специальные рычаги (рис. 1). Однофазный трансформатор 18, 34 тыс. кВА, 110/10,5 кВ, доставленный к камере на железнодорожной платформе,

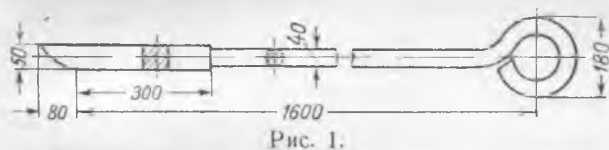


Рис. 1.

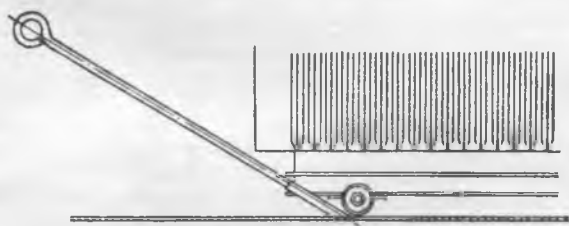


Рис. 2.

скатили при помощи рычагов с платформы, вкатили в камеру и установили на место (на расстоянии 6 м) в течение 20 мин. Трехфазный трансформатор 10 тыс. кВА, 10/3 кВ был транспортирован рычагами с железнодорожной платформы в свою камеру на расстоянии 20 м в течение 40 мин.

Трансформаторы передвигались по стальной полосе. Рычаги устанавливали острыми краями (рис. 2) и, действуя ими, как рычагами первого рода, заставляли катки вращаться, а трансформатор двигаться. Для уменьшения скольжения рычага при нажатии под опорную поверхность рычага во время толчков подсыпали песок.

Транспортировку трансформаторов выполняла бригада в составе 4 чел. — бригадира, наблюдавшего за передвижением, и троих рабочих, из которых двое двигали рычагами трансформатор, а один подсыпал песок.

Помимо сокращения общего времени, необходимого на передвижение, описываемое простейшее приспособление позволяет уменьшить число рабочих и исключает подготовительные работы по транспортировке.

Инж. И. О. Фидельман

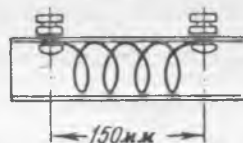
Электроподогрев автомашин при открытой стоянке

На строительстве грэс тт. Никольским, Гужиным и Логвиновым был предложен оригинальный и простой по выполнению способ подогрева автомашин на открытой стоянке в автобазе.

Способ этот, проверенный в январе 1950 г. на автомашинах ЗИС-150, ЗИС-50 и ЗИС-5, заключается в следующем.

Из нихромовой проволоки диаметром 1,5 мм, длиной 3,8 м свивается спираль. Диаметр витка спирали выбирается по внутреннему диаметру шланга, соединяющего радиатор и блок двигателя.

Радиатор с блоком двигателя соединен двумя шлангами. Спираль вставляют в нижний шланг, концы ее присоединяют к пропущенным через стенку шланга болтикам (см. рисунок), к которым присоединяется шнур с вилкой.



На зажимы спирали подается напряжение 65 в из сети освещения через сварочный трансформатор.

Опыт, проведенный на 30 автомашинах при температуре -24°C наружного воздуха, дал положительные результаты, температура циркулирующей воды между радиатором и блоком мотора была $+55 \div 60^{\circ}\text{C}$.

Для обслуживания этих машин вдоль забора автобазы была проложена электросеть 65 в с отпайками на штепсели для каждой автомашины. На каждые 8—10 автомашин устанавливался один сварочный трансформатор.

По возвращении из рейса каждая автомашина ставилась на отведенное ей место, вилка шнура, идущая от шланга, со спиралью включалась в штепсель, и спираль начинала подогревать воду, благодаря чему создавалась циркуляция воды, которая все время обогревала блок двигателя и радиатор.

Расход электроэнергии на подогрев при такой спирали по предварительным подсчетам составил 13 кВтч в сутки на одну автомашину при 10-часовой стоянке. Подогрев всех автомашин производился одним дежурным шофером.

Такой способ подогрева автомашин очень удобен, прост и дешев.

Инж. В. В. Скворцов



ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

Поперечная связь по тяге между котлами

На электростанции, оборудованной двумя котельными агрегатами, производительностью 160/200 т/час, и работающей без резерва по котлам, имели место частые случаи сброса нагрузки из-за неполадок в работе дымососов. Остановки дымососов происходили вследствие ненадежной работы двигателей, износа и поломки крыльчаток, расцентровки, нагрева подшипников и по другим причинам.

Чтобы избежать аварийных сбросов нагрузки на станции из-за выхода из строя дымососов была сделана перемычка между газопроводами двух агрегатов, сечением $2 \times 1,7$ м.

Как видно из схемы (рис. 1), газовая перемычка смонтирована перед шиберами на всасах дымососов. Для возможности отключения перемычки на ней установлен шибер (рис. 2).

Шибера перед мультициклонами вначале не были установлены и это резко снижало эффективность использования смонтированной газовой перемычки. В 1946 г. эти шибера были установлены.

Опыт работы с поперечной связью по тяге доказал широкие возможности использования дымососов при разных режимах работы агрегатов. В частности, оказалась возможной работа одного агрегата с полной мощностью при обоих остановленных дымососах с использованием дымососов соседнего агрегата, находящегося в ремонте или резерве. Сопротивление перемычки при работе двух агрегатов с нагрузкой по 200 т/час и при трех включенных дымососах составляет $20 \div 25$ мм вод. ст.

Газовая перемычка значительно повышает надежность работы станции. После ее установки в течение трех лет работы не было ни одного случая сброса нагрузки станции из-за выхода из строя дымососов, хотя такие выходы из строя и происходили.

В качестве дополнительного эффекта от использования поперечной связи по тяге, станция получила довольно значительную экономию электрической энергии, расходуемой на собственные нужды. При работе двух агрегатов с полной нагрузкой, трех действующих дымососах и открытой перемычке получается экономия электрической энергии на тягу в размере 14,5%. При нагрузке 180 т/час и ниже эта экономия в тех же условиях снижается до 5%.

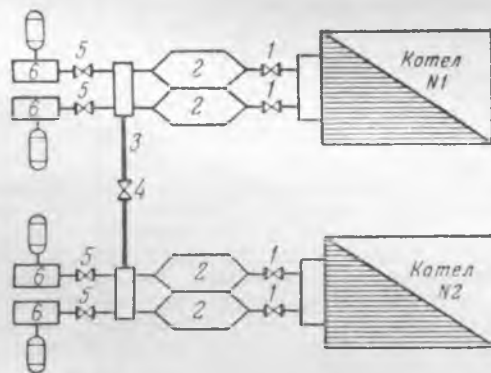


Рис. 1. Принципиальная схема газопроводов.

1 — шиберы перед батарейным циклоном; 2 — батарейный циклон; 3 — газовая перемычка; 4 — шибер на перемычке; 5 — шибер перед всасом дымососов; 6 — дымосос.

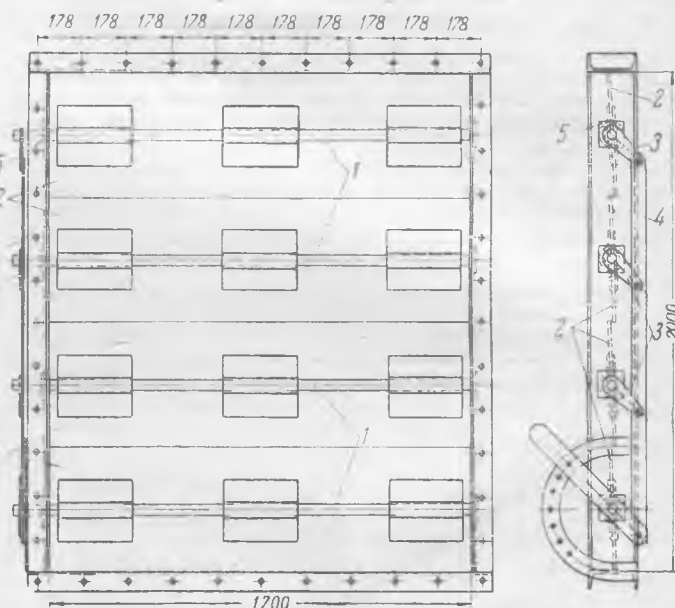


Рис. 2. Шибер.

1 — вал; 2 — лист; 3 — рычаг; 4 — полоса; 5 — подшипник.

До устройства перемычки при одновременной работе обоих котлов с полной нагрузкой, как правило, находились в работе все четыре дымососа. При работе с газовой перемычкой три дымососа могут обеспечить работу обоих агрегатов с полной производительностью.

Инж. В. А. Комиссаров

ОТ РЕДАКЦИИ

На отдельных электростанциях в течение длительного времени успешно применяется поперечная связь по тяге между дымососами котла или между котлами. Так, например, Закавказская тэц Молотовэнерго в результате применения поперечной связи обеспечила возможность производства ремонта отдельных дымососов при работающем котле.

Ключи для затягивания седел в арматуре высокого давления

На Венюковском арматурном заводе разработаны и применяются ключи, позволяющие затягивать седла в любых условиях. Эти ключи дают возможность нормировать усилие затяга и снижают потребность в рабочей силе на этой операции. Усилие, прилагаемое при пользовании таким ключом, в 10—14 раз меньше, чем при работе с помощью обычного ключа.

Для затягивания седел задвижек с нормированием усилия затяга служит ключ, показанный на рис. 1.

Ключ 1 имеет со стороны, входящей в седло 16, шлицы 3. Через эти шлицы ключ входит на соответствующие

выступы по внутреннему диаметру седла; с противоположной от седла стороны ключ имеет два паза, в которые вставлены две собачки 5 прямоугольной формы. В нижней части пазов ключа имеются четыре отверстия и в каждой собачке имеется под два отверстия. В отверстия собачек и в отверстия ключа входят шпильки 7, служащие для направления собачек и четырех пружин 6, которые отжимают одну из собачек во время работы ключа в направлении зубцов рычага 2. В нижнем отверстии рычага по окружности имеется двадцать зубцов U-образной формы с боковыми, расположенными под углом 90°.

При вращении рычага 2, одна из собачек 5 находится в рабочем положении и подпирается пружинами, которые заставляют собачку входить в углубление зубца рычага. При рабочем ходе ключа (во время завинчивания) зубец рычага одной стороной нажимает на поверхность а собачки 5, благодаря чему собачка стопорит рычаг с ключом. При холостом ходе зубец рычага нажимает на собачку по поверхности b, благодаря чему собачка отжимается, и при повороте рычага на 1/20 окружности входит во впадину следующего зубца.

При завинчивании седла нижняя собачка ключа отжата в сторону пружины 6 с помощью крышки 4, которая насажена на болт 13. При переключении собачек болт 13 отвинчивается на 1—2 нитки и ослабляет крышку 4. Крышка поворачивается рукой вправо или влево и отключает одну из собачек с помощью углублений, имеющих в нижней части крышки; в эти углубления входят шпильки 8, запрессованные в собачку со стороны крышки. Крышка, поворачиваясь, нажимает на шпильку и выключает одну из собачек, в зависимости от того, в какую сторону нужно произвести рабочий ход ключа.

В верхней части рычага имеется рукоятка 17 для завинчивания седла до упора движением рычага от руки. Когда седло дошло до упора, его нужно подтянуть с определенным усилием и развить крутящий момент 90 000 кг/см, чтобы создать удельное давление на уплотняющей площадке под седлом ~ 400 кг/см².

При завинчивании обычным способом нужна длина рычага 4 400 мм при усилии на рычаге 210 кг. В условиях эксплуатации задвижек осуществление такого способа завинчивания седел невозможно, а завинчивание с меньшими усилиями может привести к некачественной посадке и пропуску пара или воды под седлом.

В верхней половине рычага имеется приспособление, устанавливаемое на плоскости среднего фланца задвижки. Это приспособление дает возможность одному человеку затяннуть седло с требуемым крутящим моментом ~ 90 000 кг/см.

Приспособление состоит из винта 10, шарнирно соеди-

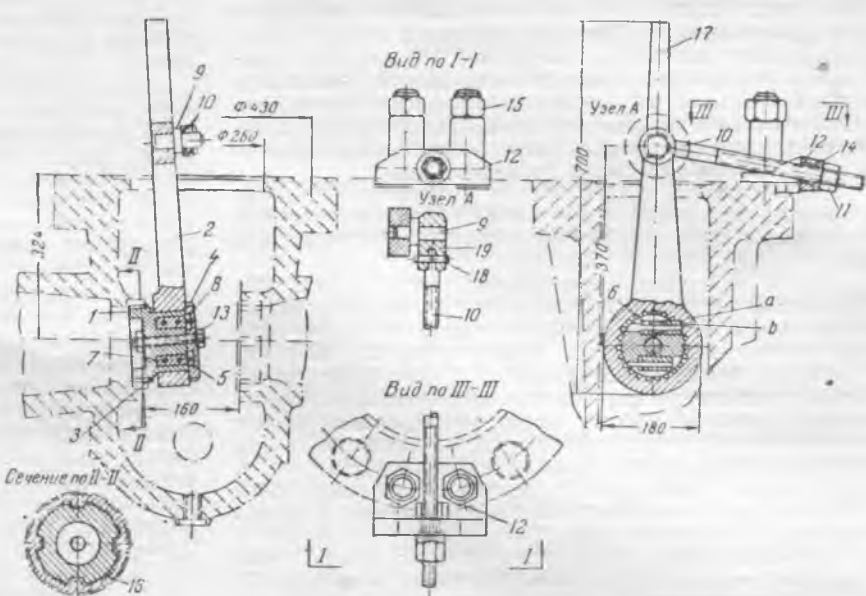


Рис. 1. Ключ для завинчивания седел в корпусах задвижек диаметром 200 мм через горловину среднего фланца с нормируемым усилием затяга.

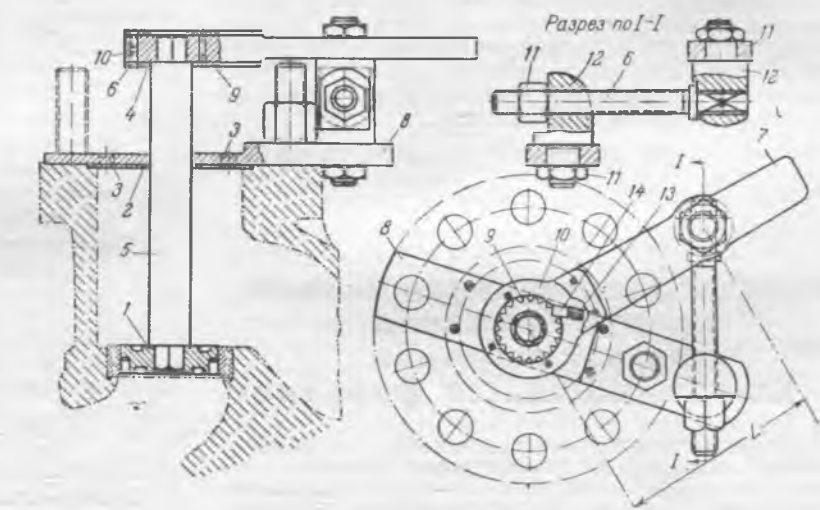


Рис. 2. Ключ для завинчивания седел в корпусах проходных вентилей диаметром 175 — 156 — 125 — 100 мм с нормируемым усилием затяга.

1—ключ; 2—направляющая; 3—шпильки; 4—накладка; 5—стержень; 6—винт; 7—рукоятка; 8—планка; 9—звездочка; 10—рычаг; 11—гайка; 12—стойка; 13—пружина; 14—собачка.

няемого с рычагами 2 на оси 9 и упора 12*, устанавливаемого на край среднего фланца задвижки, надетого на две шпильки и прижатого двумя гайками 15. Винт 10 своим концом, имеющим нарезку, входит в отверстие упора 12; на конец винта 10 навинчивается гайка 11, под гайку закладывается сферическая шайба 14.

После того, как седло завинчено до упора, вращением ключа за рукоятку 17, производится окончательная за-

* Детали 12 и 15 принадлежат задвижке.

Проход арматуры, условный D_y , мм	Заводские номера ключей	Требуемый крутящий момент затяга седла, кг·см	Длина плеча верхнего ключа, мм	Усилие в точке приложения силы на плече I, кг	Предохранительные шпильки		Гаечные ключи		Усилия, применяемые рабочим при затягивании гайки гаечным ключом, кг
					диаметр, мм	длина, мм	зев, мм	длина, мм	
100 (вентили)	Пр-1035	~ 34 000	270	1 252	4	60	46	160	11
125 "	Пр-1033	~ 55 000	230	1 963	5	60	46	270	18
150 "	Пр-1015	~ 88 000	310	2 827	6	60	43	350	24
175 "	Пр-1014	~ 140 000	380	3 850	7	60	46	475	32
200 (задвижки)	Пр-1017	~ 90 000	370	2 827	6	60	46	350	24

тяжка седла одним человеком с помощью указанного выше приспособления. Для этого гайка 11 заворачивается обыкновенным гаечным ключом длиной 350 мм. Сила, прилагаемая рабочим на конце ключа, должна составлять 24 кг. Ни в коем случае нельзя пользоваться при этом дополнительными приспособлениями, удлиняющими ключ, прибегать к помощи двух и более рабочих или нажимать на ключ собственным весом человека.

Наличие ключа длиной 350 мм и приложение усилия рук одного рабочего на конце такого ключа обеспечат при заворачивании крутящий момент седла в допустимых пределах.

Для более точного нормирования усилий затягивания седел нужно применять контрольные шпильки 18, которые срезаются при достижении требуемого усилия. Место установки контрольной шпильки определяется на винте 10 в половине, прилегающей к рычагу 2. Для этого между винтом и рычагом устанавливается проушина 19, имеющая на конце, расположенном у винта, паз, в который входит соответствующий конец винта. Через отверстие винта и проушины продевается шпилька, как показано в узле А.

На основе аналогичных принципов сконструирован и работает ключ для затягивания седел вентиля с нормированием усилий затяга (рис. 2).

Основные данные о ключах и усилиях затяга седел в корпусах вентиля и задвижек приведены в таблице.

Предохранительные шпильки выполнены из материала, имеющего временное сопротивление на срез $\sigma_s = 45 \div 50 \text{ кг/мм}^2$. Изготовление и материал шпильки должны строго контролироваться. Разрешается пользоваться только шпильками, прошедшими технический контроль. Завинчивание и затягивание седел следует производить в присутствии мастера. Контрольные шпильки хранятся у мастера и выдаются им рабочему, производящему затягивание седел только во время этой операции.

Инж. И. Ф. Иванов

Использование непрерывной продувки котлов для регенерации Н—Na-катионитовых фильтров

Автором настоящей статьи разработана и внедрена в практику эксплуатации сульфугольных фильтров, работающих по методу совместного Н—Na-катионирования, схема использования котловых вод из системы непрерывной продувки для целей регенерации сульфогля в фильтрах (см. рисунок).

Котловая вода после расширителя непрерывной продувки 1 и теплообменника 2 собирается в специально предназначенный для этой цели бак 3 с предварительным пропуском ее через солерастворитель 4. В этом случае

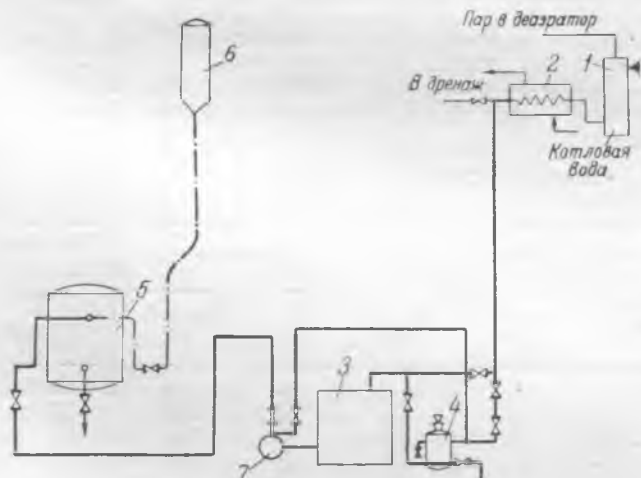


Схема совместного Н—Na-катионирования при использовании котловой воды для целей регенерации.

солерастворитель выполняет функции механического фильтра и удаляет из котловой воды взвешенные вещества.

После сбора в бак требуемого количества котловой воды приступают к приготовлению раствора соли. Для этого в солерастворитель загружают необходимое количество соли и пропускают через него котловую воду из бака с направлением ее из солерастворителя обратно в бак специально установленным насосом 7 и производят таким образом перемешивание раствора соли в баке. При регенерации сульфогля щелочной раствор соли подается тем же насосом в сульфугольный фильтр 5.

Котловая вода, применяемая для регенерации сульфугольного фильтра, имеет следующий солевой состав:

Плотный остаток	1837 мг/л
Минеральный остаток	1617 мг/л
Потеря при прокаливании	220 мг/л
Окисляемость по Кубелю	50 мг/л O_2
Общая щелочность	43,6°H
Фосфаты (PO_4)	3,0°H
Кремнекислота (SiO_2)	19,2°H
Хлориды (Cl)	7,2°H
Сульфаты (SO_4)	9,4°H

Количество серной кислоты, которое необходимо пропустить через мерник 6 для регенерации Н—Na-катионитового фильтра определялось при этом по формуле:

$$A = 0,0175 \cdot (E \cdot D + M) \text{ кг,}$$

где A — расход 100%-ной серной кислоты, кг;

E — рабочая емкость поглощения фильтра при совместном Н—Na-катионировании, $m^{\circ}H$;

D — средняя степень деминерализации обработанной воды;

M — содержание щелочных солей в растворе соли, $m^{\circ}H$;

0,0175 — количество 100%-ной серной кислоты, необходимое по стехиометрическому соотношению для разрушения $1^{\circ}H$ жесткости, кг.

Количество поваренной соли для регенерации Н—Na-катионитового фильтра, с использованием непрерывной продувки определялось по формуле:

$$B = 0,0205 [E \cdot (100 - D) - M], \text{ кг,}$$

где B — расход поваренной соли, кг;

0,0205 — количество поваренной соли, стехиометрически необходимое для разрушения $1^{\circ}H$ жесткости, кг.

Количество котловой воды, используемой для регенерации сульфогля, зависит от наличия в воде щелочных солей и от степени деминерализации обработанной воды.

На тэц испытаны два варианта производства регенерации сульфогля.

Первый вариант со степенью деминерализации обработанной воды до 0,6 в основном не отличается от общепринятой методики и складывается из следующих операций:

1) взрыхление сульфогля осветленной водой с интенсивностью $3,3 \text{ м/сек м}^2$ — 20 мин.;

2) регенерация сульфогля серной кислотой с приготовлением ее раствора в водяной подушке фильтра в момент производства регенерации пропуском раствора кислоты со скоростью $9-10 \text{ м/час}$ — 20 мин.;

3) промежуточное отмывание сульфогля обработанной водой со скоростью 10 м/час — 10 мин.;

4) регенерация сульфогля щелочным раствором соли, приготовленным на котловой воде, со скоростью 10 м/час — 30 мин.;

5) отмывка сульфогля обработанной водой со скоростью 10 м/час — 40 мин.

Длительность всей регенерации равна 2 час.

При степенях деминерализации обработанной воды более 0,6 регенерация сульфогля описанным выше методом не обеспечивает достаточного удаления накипеобразователей из хвостового слоя сульфогля, вследствие чего происходит преждевременный пророск солей жесткости.

Для устранения этого нежелательного явления был изменен метод ввода щелочного раствора соли в слой сульфогля. После ввода в сульфуголь серной кислоты

и последующей промежуточной его отмывки щелочной раствором соли в количестве двух третей потребного объема вводится в сульфуголь сверху вниз с последующей промежуточной отмывкой от продуктов регенерации. К концу отмывки дренажная вода выходит из фильтра с остаточной жесткостью в пределах 1—2° Н. Затем в сульфуголь вводится оставшая часть щелочного раствора соли снизу вверх с последующей отмывкой также снизу вверх.

По второму варианту производство регенерации сульфуголя слается из следующих операций:

- 1—3) те же, что и в первом варианте;
- 4) регенерация щелочным раствором соли с пропуском его сверху вниз со скоростью 10 м/час — 20 мин;
- 5) промежуточное отмывание со скоростью 10 м/час — 30 мин.;
- 6) окончательная регенерация щелочным раствором соли с пропуском его снизу вверх со скоростью 10 м/час — 10 мин.;
- 7) окончательная отмывка сульфуголя снизу вверх со скоростью 10 м/час — 20 мин.

Общая длительность регенерации равна 2 час. 20 мин. Технические показатели работы Н—Na-катионитового фильтра при его регенерации по указанным вариантам сведены в таблицу.

Работа сульфугольного фильтра по методу совместного Н—Na-катионирования

Показатели	При регенерации фильтра		
	чистым раствором соли	с использованием котловой воды	
		по 1-му варианту	по 2-му варианту
Загружено серной кислоты, °Н . . .	4773	4639	5809
Загружено соли, °Н	4916	1035	2116
Выработано умягченной воды, м³	983	943	973
Жесткость ис- ходной воды, °Н	временная	5,8	5,7
	постоянная	0,4	0,6
	общая	6,2	6,3
Щелочность умягченной воды, °Н	1,4	1,5	1,85
Степень деминерализации	0,71	0,63	0,71
Емкость погло- щения фильтра, т·°Н	по Н	4328	3961
	по Na	1767	1980
	всего	6095	5941
Емкость поглощения, т·°Н/м³ . . .	760	815	948
Расход соли на 1 т·°Н, г	58	11,1	17,3
Расход кислоты на 1 т·°Н, г	19,3	20,5	19,9
Длительность регенерации, час . . .	2	2	2,25
Расход воды на собственные нужды, к общей выработке фильтром умяг- ченной воды, %	1,5	3,0	3,0

Как видно из приведенной таблицы, регенерация фильтра по второму варианту не дает существенного увеличения расхода воды на собственные нужды и удлинения времени на осуществление регенерации, но одновременно улучшает качественные показатели работы фильтра по сравнению с первым вариантом и с производством регенерации без использования котловых вод.

На тэц введено в постоянную эксплуатацию использование котловых вод для регенерации Н—Na-катионитового фильтра по вышеизложенному второму варианту.

Применение котловых вод для регенерации сульфуголя в фильтрах создает более благоприятное расположение катионов в массе сульфуголя по сравнению с производством регенерации чистым раствором соли, в результате чего снижается диапазон колебания щелочности умягченной воды за фильтроцикл.

Применение щелочного раствора соли не вызывает разрушения зерен сульфуголя, так как в течение года эксплуатации фильтра износа сульфуголя по сравнению с производством его регенерации чистым раствором соли обнаружено не было.

Инж. В. В. Наседкин

Реконструкция подшипников паровых турбин

У многих турбин вкладыши подшипников устанавливаются своими опорными поясками в расточках корпусов подшипников, как указано на рис. 1.

Номинальные размеры диаметров вкладышей D_с и расточек подшипников D_а равны и отличаются между собой только на величину допусков.

Предотвращение проворачивания подшипников чаще всего осуществляется установочным штифтом 1 или другим аналогичным способом.

В течение длительной работы баббитовая заливка вкладышей часто вырабатывается. Это влечет за собой: проседание роторов турбины и генератора с нарушением линии валов; расцентровку роторов; нарушение величины зазоров в уплотнениях, проточной части, маслоотбойных щитках и в подшипниках.

Устранение перечисленных дефектов осуществляется путем перезаливки вкладышей и полной перецентровки роторов.

Для того чтобы оставить вкладыши подшипников в работе, не прибегая к их перезаливке, на нескольких турбинах и в том числе на турбине 10 тыс. квт была осуществлена реконструкция подшипников.

Реконструкция подшипников заключалась в «наделке» установочных (центровочных) колодок 5, на опорных поясках рис. 2. Одна колодка устанавливалась на верхней половине вкладышей и три колодки на нижней. В зависимости от конструкции вкладышей и расположения маслоподводящих каналов боковые установочные колодки 5 выполнялись у горизонтального разреза вкладышей (рис. 2,б) или ниже его (рис. 2,а).

При выполнении этой работы необходимо:

- 1. Перед разборкой подшипников проверить величину масляных зазоров между шейками валов и верхними половинами вкладышей.
- 2. Собрать вкладыш и проточить по диаметру D_с посадочный поясок на 4—5 мм (рис. 2,б); установку вкладышей на станке необходимо вести по индикатору.
- 3. Прострогать и обработать в верхней половине один паз и в нижней — три паза под установочные колодки; в зависимости от конструкции и размеров вкладышей глубина пазов выбирается в пределах 12—20 мм; поверхности пазов необходимо тщательно пришабрить.

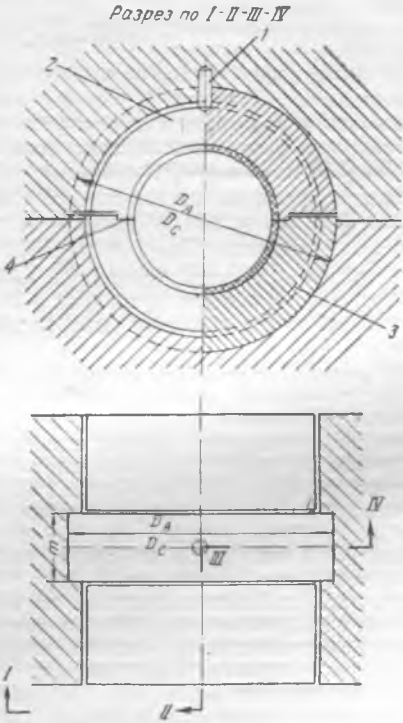
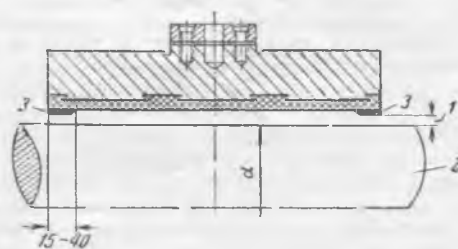
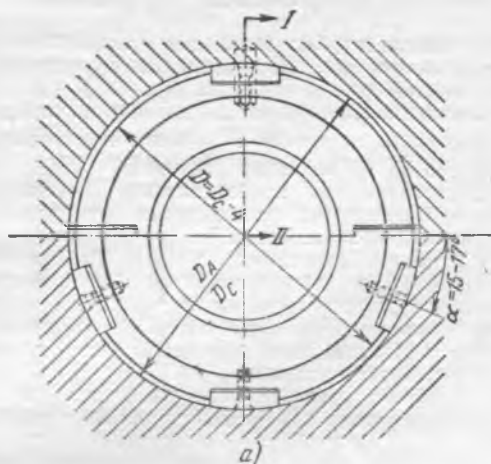
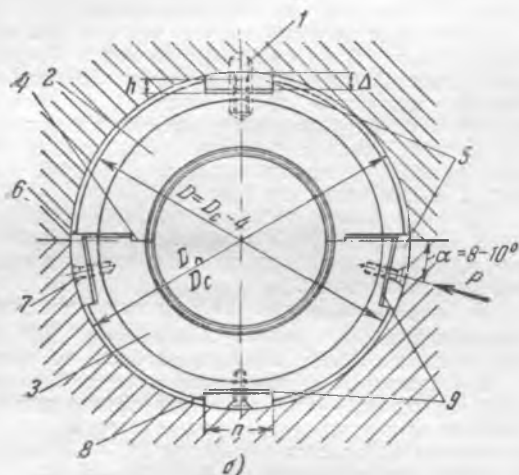


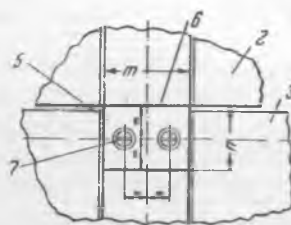
Рис. 1. Положение вкладышей в подшипниках до реконструкции.
1 — существующий установочный штифт;
2 — верхняя половина вкладыша; 3 — нижняя половина вкладыша; 4 — замковый стык.



1 — масляный зазор 0,002 д; 2 — шейка вала; 3 — наплавленные пояски.



Вид по стрелке Р.



1 — существующий установочный штифт; 2 — верхняя половина вкладыша; 3 — нижняя половина вкладыша; 4 — замковый стык; 5 — установочные колодки; 6 — плотный стык (зазор 0,00 ± 0,02 мм); 7 — винты; 8 — зазор 0,00 ± 0,02 мм; 9 — набор стальных прокладок толщиной 1,0 мм;

Рис. 2. Положение вкладышей после реконструкции.

а — боковые колодки, расположенные ниже разреза вкладышей;
б — колодки, расположенные у разреза вкладышей.

4. Изготовить и подогнать к пазам установочные колодки 5 и стальные центровочные прокладки 9 толщиной 1,0; 0,50; 0,15; 0,10 и 0,05 мм.

Толщина колодки определяется глубиной паза, толщиной прокладок 9 и величиной, на которую проточен посадочный пояска вкладыша. При $D=D_c-4$, $h=20$ мм, $n=1,0$ мм, толщина готовых колодок $\Delta = h + 1$ мм = 21 мм. Учитывая необходимый припуск в 2 мм на проточку колодок, толщина заготовок для колодок должна быть 23 мм.

Ширину колодок достаточно принимать равной $n = 0,8$ т, где t — длина колодок, равная ширине посадочного пояска вкладышей.

Все колодки путем прищабровки должны быть подогнаны так, чтобы они сидели в пазах плотно без зазоров или с зазором не более 0,02 мм (рис. 2,а). При расположении боковых колодок 5, как указано на рис. 2,б, для обеспечения их жесткой посадки стыки 6 должны иметь зазор не более 0,02 мм. Добиваясь этого, необходимо следить за тем, чтобы и замковые стыки 4 (рис. 2,б) и стыки горизонтальных разрезов вкладышей не были нарушены и чтобы при собранных подшипниках верхние половины вкладышей не зависали на боковых колодках.

5. Засверлить и нарезать отверстия в пазах под винты 7 для крепления колодок 5.

Диаметр винтов 7 выбирается в пределах 8 ÷ 16 мм; длина винта в зависимости от толщины колодок.

6. Засверлить отверстия в колодках по диаметру винтов 7.

7. Уложить прокладки 9 толщиной 1,0 мм и колодки 5 в пазы и закрепить их винтами 7.

8. Проточить вкладыши по установочным колодкам 5 до первоначального диаметра D_c .

9. После вышеперечисленных операций просверлить по месту отверстие под установочный штифт 1 в верхней колодке, а также в случае необходимости отверстие в одной из боковых колодок для подвода масла.

На этом операции по колодкам заканчиваются, после чего приступают к исправлению центровки роторов.

В процессе перецентровки роторов необходимо добиваться плотного прилегания вкладышей установочными колодками к расточкам подшипников. При этом не менее 70—80% поверхности каждой колодки должно равномерно соприкасаться с расточками подшипников.

После исправления центровки роторов с помощью установочных колодок необходимо проверить зазоры в концевых уплотнениях, в уплотнениях думисов и в уплотнениях диафрагм.

Для проточки уплотнений и проверки направляющих лопаток при их смене на реконструированных подшипниках можно применить борштангу простой конструкции, во многом облегчающую производство работ. На вкладышах старой конструкции применение такой борштанги невозможно.

По окончании центровки роторов необходимо еще раз проверить масляные зазоры в подшипниках между шейками и верхними половинками вкладышей. Так как от величины верхних масляных зазоров в значительной степени зависит нормальная работа турбогенератора, то измерение величины зазоров необходимо произвести самым тщательным образом.

Если при проверке окажется, что в реконструированных подшипниках верхние масляные зазоры увеличены, их

необходимо уменьшить до величины, предусмотренной существующими нормами. Уменьшение верхних масляных зазоров необходимо осуществлять путем наплавки верхних половин вкладышей, как показано на рис. 2 на разрезе верхней половины вкладыша с последующей обработкой.

Так как уменьшением масляных зазоров преследуются уменьшение утечки масла и предохранение разрывов масляной пленки в подшипниках, то нет необходимости наплавлять верхние половин вкладышей полностью по всей длине, а, как подтверждает практика, достаточно ограничиться наплавлением поясков шириной от 15 до 40 мм по всей подуоокружности вкладышей. Ширина наплавляемых поясков выбирается в зависимости от размеров вкладышей.

Работу по наплавлению баббитовых поясков следует поручать опытному работнику. Для наплавки вкладышей применяют баббитовые «палочки» диаметром 6—8 мм. Толщина наплавляемых поясков должна быть, по возможности, минимальной с тем, чтобы ускорить их обработку

Инж. И. Е. Савченко

Автоматический запуск циркуляционных насосов

На электростанции разработан и осуществлен простой и надежный способ поддержания под заливом циркуляционных насосов.

Вдоль насосной проложена магистральная линия диаметром 100 мм, от которой идут ответвления диаметром 32 мм, подключаемые к приемным и напорным трубопроводам насосов (см. рисунок).

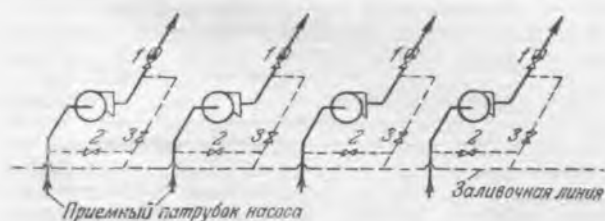


Схема заливочных линий циркуляционных насосов.

1—запорная задвижка и обратный клапан на напорной линии; 2, 3—задвижки на заливочной линии.

Предварительная заливка резервного насоса производится в обычном порядке, запуском вакуумнасоса; затем открываются вентили от напорного трубопровода резервного насоса и приемного трубопровода работающего насоса. При этом работающий насос поддерживает резервный под заливом в постоянной готовности к запуску. Испытание схемы показало, что длительность поддержания под заливом ничем не ограничивается.

Для поддержания в готовности к запуску нескольких насосов в одной насосной на магистральной линии могут быть установлены соответствующие разделительные вентили.

Импульс для автоматического запуска резервного насоса подается от контактного манометра, установленного на напорном коллекторе циркуляционных насосов. Кроме этого на валу масляного выключателя электродвигателя устанавливаются две блокировки, которые дают импульсы на электропривод напорной задвижки циркуляционного насоса: на открытие при включении выключателя и на закрытие при его отключении.

Таким образом, предложенная схема позволяет надежно автоматизировать запуск резервных циркуляционных насосов при отсутствии обратных клапанов на приемных патрубках.

Инж. А. Б. Байрамзаде

Из практики проведения общерайонных аварийных учений в электросетях

Систематическое проведение общерайонных аварийных учений в высоковольтных электросетях является одной из насущных задач в эксплуатации как весьма действенная мера поддержания на должной высоте практических навыков и мобилизационной готовности всего оперативного и аварийно-ремонтного персонала сетей.

Однако, ввиду разбросанности отдельных объектов электросетевого хозяйства, проведение таких общерайонных учений не находило себе удачных и эффективных форм и в ряде случаев носило чисто формальный характер.

В одном из сетевых районов Донбассэнерго после долгих поисков была, наконец, принята и введена в действие, как нам кажется, наиболее удачная форма проведения этих учений. Вкратце она сводится к следующему: общерайонные учения производятся ежемесячно в каждой из четырех вахт. Учение производится в часы, свободные от операций и только при нормальной схеме сети района. В учении участвуют дежурный диспетчер района, дежурный персонал подстанций района, несущий вахту в момент проведения учения, а также персонал подстанционных и линейных ремонтно-аварийных бригад.

На каждое учение в управлении района заблаговременно разрабатывается план-тема, где указываются исходная схема сети района, метеорологическая обстановка и содержание тех «вводных» пояснений, которые должны даваться по ходу учения контролирующими лицами участникам тренировок.

Темы учений подбираются так, что в них непосредственно, кроме дежурного диспетчера района, участвуют дежурные техники или монтеры трех—четырех подстанций и две—три аварийно-ремонтные бригады на подстанциях и линиях передачи.

Весь остальной вахтенный и аварийно-ремонтный персонал в течение всего времени проведения аварийного учения неотлучно следит за ходом учения по репродукторам, подключенным к сети селекторной диспетчерской связи района.

На каждом объекте района, где его вахтенный оперативный персонал участвует в учении непосредственно, контроль за действиями участников учения осуществляется специально выезжающими представителями отдела эксплуатации района или начальниками этих объектов по особому указанию главного инженера района.

Общий контроль за ходом учения осуществляется главным инженером района, старшим диспетчером и инспектором эксплуатации, находящимися непосредственно на диспетчерском пункте района.

За несколько дней до учения план-тема последнего вручается в запечатанном конверте лицам, контролирующим на каждом объекте ход учения. По сигналу диспетчера о начале тренировки эти лица вскрывают конверты, знакомятся с планом-темой учения и в соответствии с последним приступают к даче «вводных» объяснений участникам учения.

Все оперативные переговоры (отдача распоряжений дежурному персоналу, сообщения о происшедшем на том или ином объекте, доклады об исполнении распоряжений и т. п.) ведутся исключительно по селектору. Все «операции» по ходу учения на подстанциях района производятся на схемах-макетах. Оперативные записи заносятся в специальные листки, соответствующие по форме оперативному журналу. Если по ходу учения необходимо заполнение бланка переключений или бланков нарядов, то таковые используются из особого запаса. Каждый такой бланк снабжен надписью «тренировочный».

В случае необходимости по ходу учения посылки обслуживающих на линию или аварийного вызова аварийно-ремонтных бригад «играющий» дежурный диспетчер дает соответствующую команду тому или иному мастеру этих бригад. Выход обслуживающих на линию производится во избежание чрезмерной затяжки учения условно. Сбор бригады к аварийному выезду на линию или на подстанцию производится в действительности. Контролирующее лицо в этом случае фиксирует время, затраченное бригадой на сборы, проверяет наличие всего необходимого инструмента, приспособлений и запасных деталей и их техническое состояние, опрашивает бригаду, в каком порядке должны

План-тема № 4

общерайонного аварийного учения

Вахта диспетчера Сарапина И. А.

Дата — 16. 01. 1950 г.

Время — 15 ч. 30 мин. — 16 ч. 30 мин.

Исходная схема сети района — нормальная
Состояние погоды: температура 4 °С, ветер ю.-в.,
15 м/сек, на ряде линий гололед односторонний 6—8 мм

Вводные пояснения участникам учения

№ п/п	Наименование объекта	Содержание
1	Подстанция II	<ol style="list-style-type: none"> 1. Автоматически отключился выключатель 35 кв линии II—III 2. Выпали блинкеры токовой отсечки и АПВ 3. Выключатель 35 кв линии II—III остался в положении „отключено“ 4. Повреждений оборудования нет
2	Подстанция III	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сильная посадка напряжения 2. Напряжение с подстанций снято (дается по признакам) 3. Выключатель 35 кв линии II—III отключился 4. Выпал блинкер АВР линии 35 кв III—IV 5. Выключатель 35 кв линии III—IV не включился 6. Повреждений на подстанции нет
3	Подстанции V, VI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сильная посадка напряжения 2. Напряжение с подстанции снято (дается по признакам) 3. Блинкеры защиты и автоматики не выпадали 4. Все выключатели остались включенными. 5. Повреждений на подстанции нет
4	Подстанция I	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кратковременная посадка напряжения с оживлением защиты на панели линий 35 кв 2. Дистанционная защита по линиям подстанций I—II, № 1 и № 2 отсчитала по 0,5 на фазах А и С. 3. На вольтметрах контроля изоляции 35 кв появился перекося (14—18—23 кв) 4. На вольтметре дугогасящей катушки показание 15 в
5	Обходчику контрольного линейного пункта (КЛП) № 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. На линиях дефектов нет
6	Обходчику контрольного линейного пункта № 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. В пролете опоры № 125—126 обрыв троса (левого) 2. В этом же пролете отгорел и упал на землю провод на фазах А и С

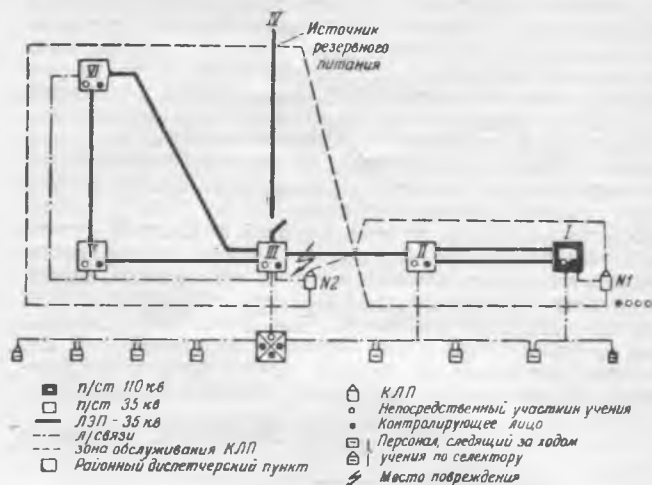


Схема общерайонного аварийного учения к плану-теме № 4.

производиться работы и т. д., после чего этим бригадам дается «отбой».

Сдача воздушных линий или кабельных присоединений в ремонт в натуре во избежание недоразумений не производится.

По окончании учения по селектору же заслушиваются замечания, контролирующих ход учения лиц по действиям участников учения, замечания непосредственных участников учения и заключение по ходу учения ведущего его руководителя.

В случае возникновения во время учения действительно аварийного режима в электросети учение временно прерывается до восстановления нормального режима.

Для иллюстрации приводятся план-тема проведения одного из таких учений и схема участка (см. рисунок) сети района, в котором происходит это учение.

Опыт проведения общерайонных учений в описанной форме показал весьма высокую их эффективность.

В ходе таких учений было выявлено недостаточно четкое знание некоторыми дежурными аварийной сигнализации, правил оперативного обслуживания при аварийных режимах релейной защиты, недостаточная ориентировка в схеме первичной коммутации при возникновении аварийного режима, недостаточная мобильность некоторых линейных и ремонтных аварийных бригад и т. д.

Такое учение, как правило, проходит в темпах и обстановке, аналогичных обычному ходу ликвидации аварийных режимов с ускорением лишь за счет отказа от выезда бригад и выхода обходчиков.

Эксплуатационный персонал проявляет большой интерес к такой форме аварийных учений и высокую активность при подведении итогов каждого такого учения.

Инж. А. М. Рыцлин

ОТ РЕДАКЦИИ

Противоаварийные учения являются эффективным методом обучения персонала и контроля его подготовки. Описанная тов. Рыцлиным организация таких учений заслуживает распространения в других сетевых районах. Несомненно на наших электростанциях и в сетях имеются и другие формы организации учений.

Редакция обращается к читателям с просьбой поделиться опытом аналогичной работы в целях дальнейшего совершенствования этого важного мероприятия.

Редкий случай потери возбуждения

На электростанции произошел редкий случай частичной потери возбуждения генератором фирмы ДЖИИ 4 500 квт, приводимым в движение турбиной с противодавлением. Данный генератор работал параллельно с тремя другими генераторами мощностью 25, 18 и 8 тыс. квт.

При нагрузке 3500 кВт появился сигнал работы защиты от перегрузки (защита имеет уставку $1,25 I_{ном}$). Ток статора колебался, доходя до 800 а; напряжение снизилось до 5800 в; ток возбуждения уменьшился до 40 а; напряжение возбуждения снизилось до 30 в; стрелка фазометра перешла в емкостной квадрант и отклонилась до величины 0,8; активная мощность не изменилась.

До этого генератор работал с параметрами, указанными в таблице.

По изменению режима генератора было видно, что произошла потеря возбуждения. Однако качания тока статора с сопровождающимся снижением напряжения и тока возбуждения говорили не просто о потере возбуждения, а о перемежающемся нарушении цепи возбуждения.

Были сделаны попытки восстановить нормальную работу генератора увеличением возбуждения, но изменение положения шунтового реостата в цепи возбуждения не внесло никаких изменений.

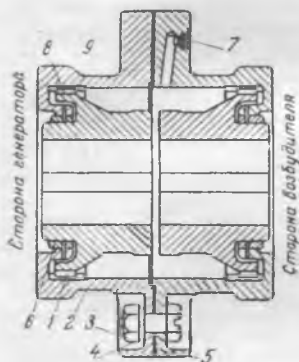
Тогда была снижена активная нагрузка генератора до 2500 кВт, для уменьшения величины перегрузки по току и произведен внешний осмотр шунтового реостата, плоского контроллера и самого возбудителя. Видимых дефектов обнаружено не было.

Попытка перейти на резервное возбуждение под нагрузкой не удалось из-за непрекращающихся качаний напряжения и тока возбуждения.

Параметры	Статор				Возбудитель	
	$P, \text{квт}$	$U, \text{в}$	$I, \text{а}$	$\cos \varphi$	$U, \text{в}$	$I, \text{а}$
Номинальные . .	4500	6300	524	0,8	220	118
Предшествовавшие потери возбуждения . . .	3500	6000	470	0,7	180	90

По условиям покрытия нагрузок в системе остановить немедленно турбогенератор не представилось возможным, ввиду чего при этом режиме генератор работал $1\frac{1}{2}$ часа, после чего был разгружен, отключен, возбужден от двигателя-генератора резервного возбуждения и включен вновь на параллельную работу. При этом параметры стали совершенно нормальными. Проведенная проверка цепей возбуждения с измерением величин сопротивлений показала отсутствие повреждений.

После двухчасовой работы на резервном возбуждении генератор был отключен для более тщательной проверки. Когда был закрыт доступ пара в турбину и машина начала снижать обороты, дежурный машинист обратил внимание на то, что якорь возбудителя периодически то останавливается, то набирает обороты.



Зубчатая муфта сцепления между генератором и возбудителем.

1 — звездочка; 2 — обойма; 3 — болт; 4 — стопорная шайба; 5 — прокладка; 6 — упорное кольцо; 7 — отверстие для смазки; 8 — зубья звездочки; 9 — зубчатый венец обоймы.

После остановки турбогенератора был обнаружен полный износ зубьев в звездочке и на венце обоймы полумуфты (см. рисунок) со стороны генератора, из-за чего якорь возбудителя периодически не вращался.

На основании указанного важно отметить следующее:

1. При асинхронном режиме генератора уменьшение активной мощности дает значительное снижение тока статора, что обеспечивает длительную его работу в этом режиме.

2. Вне зависимости от дефицита реактивной мощности блокировка между АГП и главным выключателем на генераторах малой мощности (до 5000 кВт) должна быть снята¹.

Инж. С. З. Альтшуллер

ОТ РЕДАКЦИИ

Приведенный инж. С. З. Альтшуллером случай потери возбуждения свидетельствует о том, насколько важно иногда бывает в эксплуатации использовать возможность сохранения в работе турбогенератора, потерявшего возбуждение. Вместе с тем нужно отметить, что в описанном случае длительность работы в асинхронном режиме без возбуждения могла быть сокращена путем перехода на резервное возбуждение на ходу в следующем порядке: 1) отключается АГП генератора, чем с последнего полностью снимается возбуждение (при этом асинхронный режим получается более спокойным); 2) отключается возбудитель генератора; 3) присоединяется и возбуждается резервный возбудитель; 4) включается АГП, чем на генератор подается возбуждение от резервного возбудителя, и режим восстанавливается.

Такой переход на резервное возбуждение может применяться во всех случаях каких-либо неисправностей основного возбудителя.

¹ Решение Технического отдела МЭС 41 Э от 22 июля 1947 г., см. „Электрические станции“, № 8, 1947 г.

Защита электродвигателей от повреждений при работе на двух фазах

Опыт эксплуатации электродвигателей собственных нужд на электростанциях показывает, что двигатели 220/380 в повреждаются значительно чаще, чем высоковольтные двигатели. Это объясняется в первую очередь несовершенством защиты электродвигателей низкого напряжения. Подавляющее большинство повреждений приходится на обмотки статора и имеет место в результате перегорания предохранителя на одной фазе и работы двигателя на двух фазах.

Большинство электродвигателей не оборудовано тепловой защитой вследствие отсутствия ее в применяемых магнитных пускателях и из-за трудности регулировки этой защиты при переменных температурных условиях. Была предложена схема защиты электродвигателей при помощи реле, включаемого между нулевой точкой двигателя и «землей»¹. Однако эта схема не является универсальной, так как применима только в установках с наглухо заземленной нулевой точкой и лишь для двигателей, обмотка статора которых соединена в «звезду» с выведенным нулем.

Ниже описывается простая однорелейная схема защиты электродвигателей от повреждений при работе на двух фазах, пригодная для установок с изолированной нулевой точкой вне зависимости от схемы соединения самого двигателя (см. рисунок).

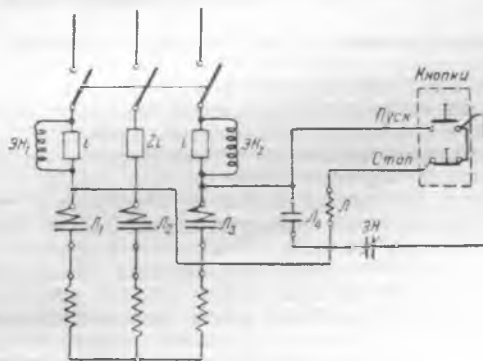


Схема включения реле напряжения в сеть 380/220 в с изолированной нейтралью. Л — магнитный пускатель; ЭН, ЭН₂ — катушки реле напряжения.

¹ Сборник информационных материалов Энергосбыта Ленэнерго, № 2, 1949 г.

В схеме используется стандартное реле напряжения ЭН-520, катушки которого включаются раздельно для контроля целостности предохранителей двух фаз. В нормальном режиме обе катушки реле обесточены, так как закорачиваются предохранителями.

В случае перегорания одного из контролируемых предохранителей, соответствующая катушка окажется подсоединенной одним концом к напряжению сети данной фазы, а другим к средней точке образовавшейся двухфазной системы. Напряжение между этими точками оказывается выше напряжения трогания реле, реле срабатывает, своим контактом разрывает цепь катушки магнитного пускателя, и электродвигатель отключается от сети.

При более сложных схемах управления электродвигателями, в частности при схемах с управлением на постоянном токе со специальным реле включения и отключения, реле напряжения следует выбирать с нормально разомкнутым контактом с тем, чтобы при срабатывании этого реле подавался импульс на реле отключения.

Простейший расчет показывает, что напряжение на катушке реле при перегорании предохранителя составляет независимо от мощности и схемы соединения электродвигателя около 110 в для сети 380 в и 65 в для сети 220 в.

Напряжение трогания реле может быть выбрано в пределах 30—40 в.

В предлагаемой схеме отсутствует защита от перегорания третьего предохранителя. Однако в сети с изолированной нулевой точкой однофазные короткие замыкания исключены и установка предохранителей на всех трех фазах не является обязательной.

В частности, в установках высокого напряжения с изолированной нулевой точкой широко применяется защита с трансформаторами тока лишь в двух фазах.

Для защиты от короткого замыкания третий предохранитель может быть оставлен с уставкой, примерно в два раза большей по сравнению с уставками двух других предохранителей.

Предлагаемая схема осуществлена и показала самые положительные результаты в эксплуатационных условиях.

Ин к. И. И. Варшавчик

Маоляное хозяйство сетевого района

Ниже приводится описание масляного хозяйства сетевого района, оборудование которого (см. рисунок) дает возможность производить следующие операции с трансформаторным маслом:

- 1) сливать масло из железнодорожных цистерн в баки хранения масла;
- 2) производить очистку и сушку масла;
- 3) наливать сухое масло в автомобильные цистерны для подстанций района;
- 4) производить смену масла в аппаратуре, находящейся вблизи подстанции 110 кв;
- 5) производить смену масла при ремонте маслонеполненной аппаратуры;
- 6) регенерировать кислое масло с помощью силикагеля.

Баки хранения масла 1, 2, 3, 4 стоят на открытом воздухе, все остальное оборудование масляного хозяйства находится в специально построенном помещении.

Выполнение операций по приему, наполнению цистерн и смене масла видно из схемы.

Процесс регенерации масла осуществляется следующим образом: из бака хранения кислого масла 1 последнее центробежным насосом 14 подается в мерник 15 емкостью в 1 т. После заполнения мерника 15 маслом последнее прогревают методом потерь в стали мерника. Для этой цели мерник 15 покрыт слоем теплоизоляции толщиной в 5 см, поверх которой наложена обмотка из 58 витков провода МГ-35, включаемая в сеть 220 в.

Подогретое масло посредством насоса фильтрпресса 18 производительностью 1500 л/час накачивается в адсорбер 15 (пунктир I). Адсорбер имеет емкость 1,2 т и загружен силикагелем в количестве 200 кг. Подогретое масло пропускается через силикагель и заряженный бумагой фильтрпресс 18, вновь перекачивается в мерник 15 (пунктир II) и на этом цикл очистки масла заканчивается.

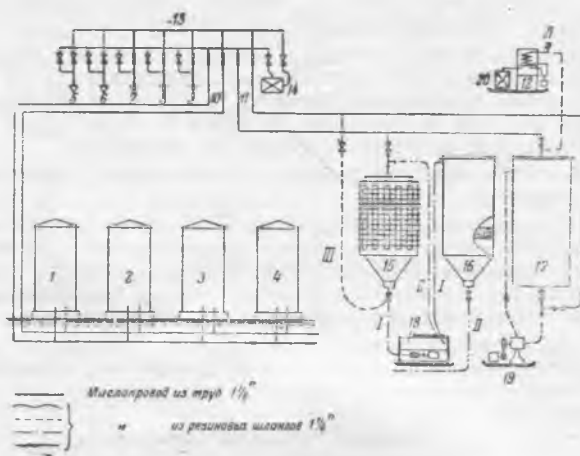


Схема масляного хозяйства.

1, 2, 3, 4 — баки хранения масла емкостью 20 м³ каждый; 5 — маслопровод подстанции 110 кв; 6 — маслопровод для приема с железнодорожных цистерн; 7 — маслопровод для налива масла в автомобильные цистерны; 8 — маслопровод в ремонтную башню; 9 — резервный тройник; 10 — маслопровод к бакам хранения масла; 11 — маслопровод межхозяйства; 12 — конденсационный сосуд; 13 — коллектор; 14 — центробежный насос, производительностью 6000 л/час; 15 — мерник на 1 т трансформаторного масла с индивидуальным подогревом; 16 — эсборбер на 1,2 т трансформаторного масла; 17 — бак на 3 т трансформаторного масла для сушки свежего масла под вакуумом; 18 — фильтрпресс, производительностью 1500 л/час; 19 — центрифуга с электрическим подогревом, производительностью 1500 л/час; 20 — вакуумнасос; 21 — вакуумметр.

Если масло пропускается через свежий силикагель, то для восстановления масла достаточно одного цикла. В дальнейшем активность силикагеля уменьшается и восстановление масла осуществляется двумя-тремя циклами. Регенерированное масло центробежным насосом 14 перекачивается из мерника 15 (пунктир III) в бак хранения регенерированного масла 2, после чего в мерник 15 вновь накачивается кислое масло.

Сушка свежего масла производится в баке 17 емкостью в 3 т. Масло из бака хранения свежего масла 3 накачивается центробежным насосом 14 в бак 17, после чего включается центрифуга 19, с электрическим подогревателем. Когда температура масла в баке 17 достигнет 60°С, то для ускорения сушки включается вакуумнасос 20, который создает разрежение до 400 мм, что значительно ускоряет сушку масла.

Всушенное масло перекачивается центробежным насосом 14 из бака 17 в бак хранения сухого масла 4, после чего в бак 17 вновь накачивается свежее масло.

Для характеристики работы масляного хозяйства приведем данные по восстановлению 8 т кислого трансформаторного масла, имевшего кислотное число 0,3. На восстановление всех 8 т масла потребовалось 200 кг силикагеля. Первые четыре партии масла по 1 т восстанавливались за один цикл в течение 6,5 час.; последующие три партии за два цикла каждая, при общей продолжительности двух циклов 9 час. и последняя, восьмая партия за три цикла общей продолжительностью 12 час. Таким образом, регенерация 8 т кислого масла была произведена за 65 час. После регенерации масло стало нейтральным с кислотным числом от 0,03 (первые партии) до 0,06 (последняя партия). Масло при регенерации подогревалось до 80°С.

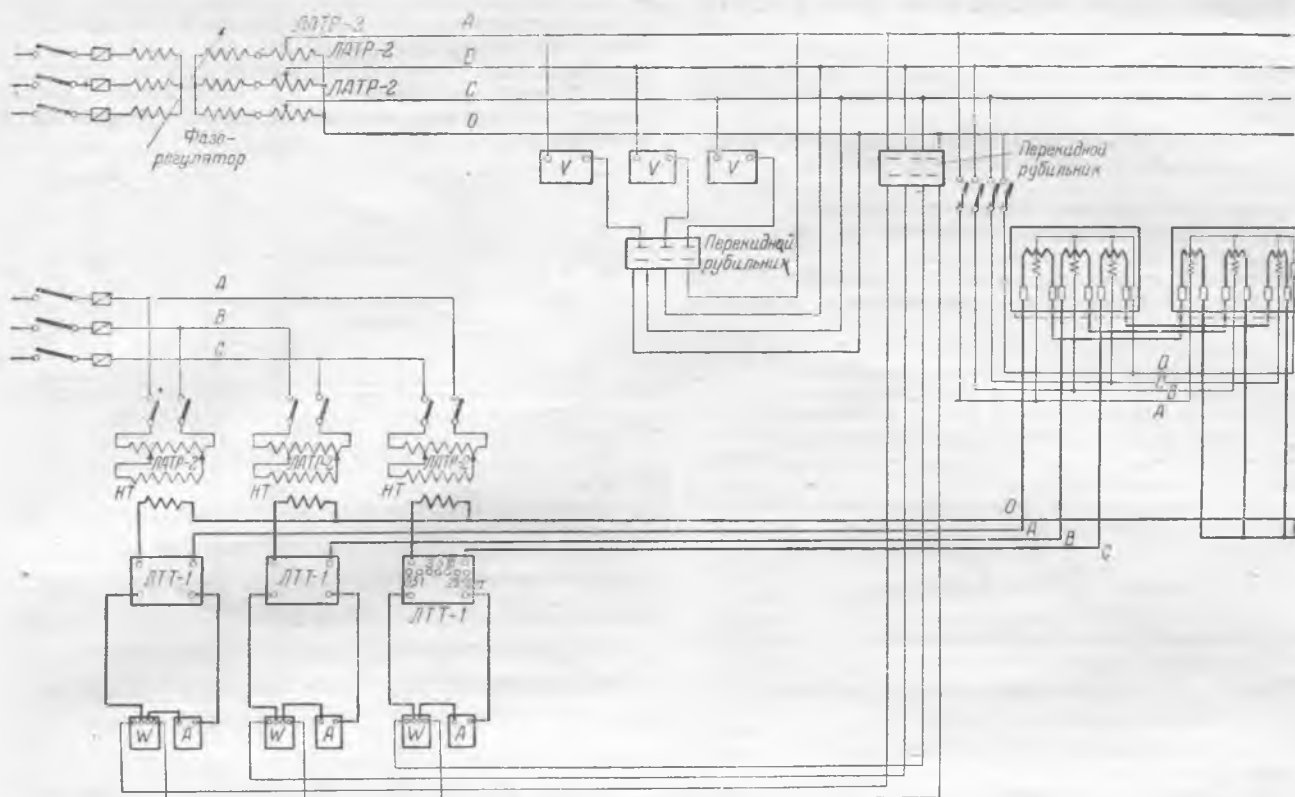
Инж. П. Я. Стронгин

ОТ РЕДАКЦИИ

Описываемую схему масляного хозяйства можно рекомендовать лишь для сетевых районов. Масляные хозяйства энергосистем и крупных высоковольтных сетей должны быть оснащены установками для глубокой регенерации масел по схеме «кислота — земля».

Схема установки для поверки электрических счетчиков

В предлагаемой установке для поверки электрических счетчиков (см. рисунок) цепи тока и напряжения присоединяются к электросети раздельно.



Принципиальная схема установки для поверки счетчиков.

Цепь тока образуется лабораторными автотрансформаторами ЛАТР-2 и нагрузочными трансформаторами НТ, от вторичных обмоток которых можно получить ток до 100 а при напряжении 12 в.

Измерение тока производится лабораторными трансформаторами тока ЛТТ-1, имеющими семь пределов измерения от 0,5/5 и до 50/5 а.

Цепи напряжения питаются от фазорегулятора через лабораторные автотрансформаторы ЛАТР-2, соединенные по схеме «звезда». Напряжение регулируется в пределах до 400 в.

Применение в схеме для поверки счетчиков лабораторных трансформаторов ЛТТ-1 и автотрансформаторов ЛАТР-2 повышает производительность труда и снижает расход электроэнергии.

Инж. Н. Т. Лихин

Вибрация проводов линии электропередачи

В практике эксплуатации высоковольтных воздушных линий электропередачи еще недостаточно внимания уделяется вопросам вибрации проводов и тяжелым последствиям этого явления. Сравнительно мало освещены эти вопросы также в литературе, вследствие чего им не уделяется достаточного внимания при проектировании и сооружении линий.

В электросети, где работает автор, в связи с замеченными на линиях повреждениями проводов от вибрации, был проведен массовый осмотр проводов в так называемых «антивибрационных» зажимах Армсети типа Р-140. Всего было осмотрено 1 212 зажимов на линии 110 кв с проводами СА-95, М-70 и М-95 в различных условиях рельефа местности. Результаты обследования приведены в таблице.

Из таблицы видно, что последствия от вибрации представляют совершенно реальную и непосредственную опасность, связанную с массовыми повреждениями проводов и длительными отключениями линий.

На проводе СА-95 в 50% мест повреждений имеется обрыв более трех жил и в 25% — более пяти жил (встречается до 11 и 13 жил).

Марка провода	Год монтажа	Число осматриваемых зажимов	Зажимы с поврежденным проводом				
			Количество	%	в том числе с оборванными жилами		
					1—2	3—5	более 5
СА-95 . . .	1932	519	101	19	50	27	24
М-95 . . .	1939	387	23	7	26	2	—
М-70 . . .	1940	303	43	14	40	3	—
Всего . . .		1 212	172	14	116	32	24

При проверке провода в зажимах было замечено, что перетяжка проводов способствует большому повреждению их вибрацией. В связи с этим была организована массовая проверка стрел провесов проводов.

Следует отметить, что в большинстве случаев места вибрации обнаруживаются по проводу, уже поврежденному.

Вибрографы, служащие для выявления вибрации проводов и определения ее интенсивности, в энергосистемах отсутствуют, что лишает возможности своевременно выявлять вибрацию и принимать меры по защите линий электропередачи от нее.

При осмотрах линий обходчики выявляют вибрации далеко не во всех местах. Для эксплуатации крайне необходимы приборы для нахождения участков линий, подверженных вибрации.

Выводы

1. Необходимо обобщение опыта наблюдения за вибрацией проводов и ознакомление с ним широких кругов проектировщиков, монтажников и эксплуатационников линий электропередачи.

2. Следует наладить организацию массового производства вибрографов и регистраторов вибрации, обеспечивающих обнаружение участков линий, подверженных вибрации. Наличие таких устройств позволит своевременно принимать меры по предупреждению повреждения проводов.

Н. М. Шипов

Станок для намотки катушек

Для намотки катушек тонкой проволокой автором предложен намоточный станок, удобный и простой по конструкции, что дает возможность изготовить его в любой мастерской.

С помощью этого станка можно производить намотку катушек проволокой любого диаметра, виток к витку.

Станок (см. рисунок) состоит из основания и направляющего механизма. Основание 11 изготовляется из дерева. Направляющий механизм имеет: винт 1; направляющую гайку с зажимом 2; направляющий стержень 3; две стойки 4 и шкивы 5.

Изготовление винта и направляющей гайки с зажимом должно производиться тщательно и точно. Резьба может быть любая, но лучше, чтобы шаг ее был не более 1 мм. В зависимости от шага резьбы винта и диаметра провода производится расчет шкивов, от диаметра которых зависит шаг намотки катушки 6.

Расчет шкивов на оси наматываемой катушки производится по формуле:

$$d = \frac{D \cdot d_{np}}{a} + 5,$$

где d_{np} — диаметр провода с изоляцией;
 a — шаг резьбы;

D — диаметр шкива, который находится на оси направляющего винта;
число 5 учитывает скольжение ремня.

Если шаг резьбы равен 1 мм, а диаметр провода, которым надо производить намотку, — 0,2 мм, то диаметр шкива на оси наматываемой катушки будет равен:

$$d = \frac{200 \cdot 0,2}{1} + 5 = 45 \text{ мм},$$

где D произвольно берется равным 200 мм.

Таким образом, для намотки проволоки 7 любого диаметра изготавливается ступенчатый шкив. Ремень 9 делается из любого подходящего материала и в него вставляется кусок резины или пружина 8, для того чтобы ремень можно было свободно снимать и надевать.

Намотку нужно производить следующим образом:

1. Каркас катушки, на котором будет производиться намотка, при установке отцентрировать.

2. В зажим направляющей гайки вложить кусочек бархотки или сукна, чтобы провод не касался металлической части зажима.

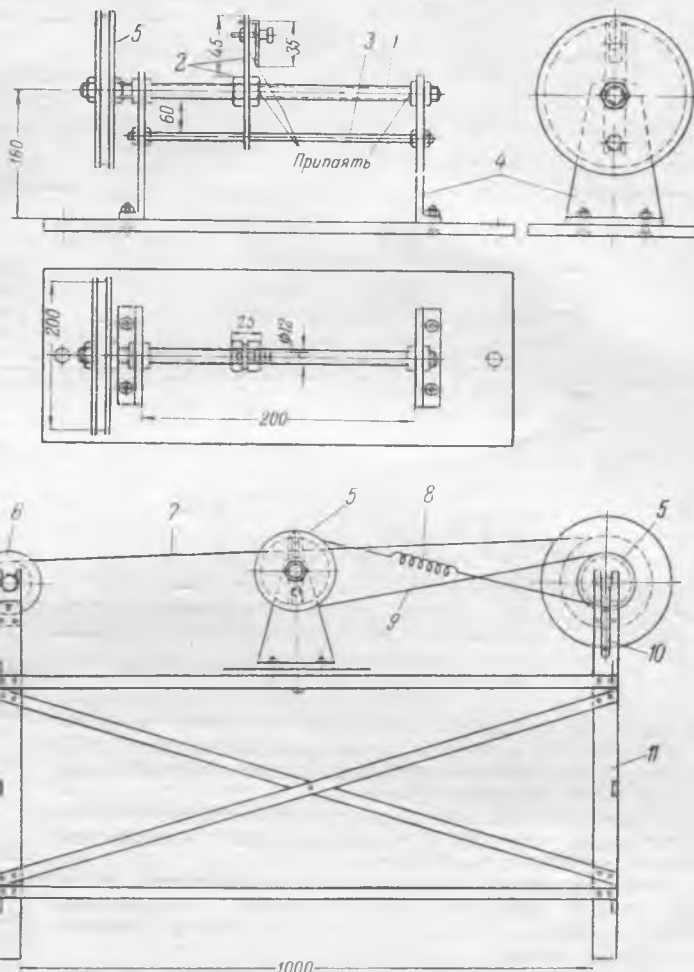
3. Вложить в зажим провод и прижать его.

4. Вращая ручкой 10 шкив направляющего винта, поставить направляющую гайку против того места в каркасе катушки, откуда надо начать мотать провод.

5. После одного оборота каркаса катушки точно установить направляющую гайку, чтобы виток ложился на соответствующее место.

6. Надеть ремень, причем ремень перекрещивается в зависимости от того, в какую сторону идут витки. После этого производить намотку.

Когда слой проволоки полностью намотан, прокладывать бумагу, а ремень надеть так, чтобы витки проволоки ложились в обратном направлении, после чего продолжать намотку.



Станок для намотки катушек тонкой проволокой.

Если при намотке виток набежит на виток, то следует направляющий механизм удалить от наматываемой катушки.

Наматываемую катушку можно вращать вручную или моторным приводом. Проволоку с хлопчатобумажной изоляцией сильно зажимать в зажиме нельзя. Для того, чтобы витки ложились плотно, надо создать торможение на оси сматываемой катушки.

А. Д. Волков

ПОПРАВКА

В № 5 журнала «Электрические станции» за 1950 г. на стр. 49 под заметкой А. М. Равинского «Случай аварии турбины 5000 квт» в добавлении «От редакции» допущена ошибка. Вместо слов «к сливным маслопроводам» и «на сливном маслопроводе» следует читать, соответственно, «к напорным маслопроводам» и «на напорном маслопроводе».

ХРОНИКА

В Техническом управлении Министерства

О применении компаундирования с электромагнитным корректором напряжения в качестве основной системы автоматического регулирования возбуждения генераторов электростанций

Опыт наладки и эксплуатации устройств компаундирования с электромагнитным корректором напряжения, разработанных Институтом электротехники АН УССР, показал на мощных турбо- и гидрогенераторах хорошие рабочие характеристики и высокую надежность этих устройств. На заводах Министерства электропромышленности с июля с. г. начинается производство устройств компаундирования с электромагнитным корректором напряжения. По приказу Министра электростанций № 64 от 14 февраля 1950 г. производство этих устройств также организовано на Киевском заводе электроизмерительной аппаратуры треста Армсеть Главэлектросетьстроя.

Учитывая изложенное, Техническое управление МЭС предлагает всем главным инженерам районных управлений и энергокомбинатов (решение № 28/Э, от 9 мая 1950 г.):

1. На вновь вводимых генераторах электростанций выполнять устройство компаундирования с электромагнитным корректором напряжения в качестве основной системы автоматического регулирования возбуждения (АРВ).

2. Применять, в дополнение к устройству компаундирования, релейное устройство форсировки возбуждения (БВ), причем оно должно сохраняться в работе во всех случаях временного вывода из действия устройства компаундирования.

3. Применять в порядке исключения электронные регуляторы напряжения в тех случаях, когда это целесообразно по условиям однотипности с уже имеющимися в эксплуатации электронными регуляторами на других генераторах этой же электростанции.

4. Не применять на электростанциях МЭС устройства АРВ с электромеханическими усилителями (типа амплидин, рототрол и др.), учитывая снижение надежности эксплуатации из-за наличия в этих устройствах непрерывно вращающихся специальных коллаторных машин и асинхронного двигателя, нуждающегося в источнике питания.

В Техническом управлении по строительству и монтажу

Об инструкции по приемке в эксплуатацию тепловых электростанций

Техническим управлением по строительству и монтажу выпущена инструкция по приемке в эксплуатацию тепловых электростанций. Действие инструкции распространяется

на сдачу-приемку вновь выстроенных или расширяемых тепловых электростанций в системе Министерства электростанций.

В инструкции подробно изложены два основных этапа приемки тепловых электростанций: 1) комплексный пуск и сдача оборудования во временную эксплуатацию и 2) приемка тепловой станции в промышленную эксплуатацию.

До начала временной эксплуатации оборудование, законченное монтажом, проходит поузловую проверку и опробование, а затем — комплексный пуск и опробование объектов под нагрузкой. При положительных результатах комплексного пуска и после устранения всех дефектов и недоделок, отмеченных пусковой комиссией, составляется акт о результатах комплексного опробования электростанции и переходе ее во временную эксплуатацию.

Основные задачи временной (наладочной) эксплуатации, а также источники покрытия расходов, связанных с проведением комплексного опробования оборудования и наладочной эксплуатацией, подробно указаны в первом разделе инструкции.

После окончания периода наладки оборудования, в течение которого должно быть закончено полное освоение оборудования и сооружений и установлен режим экономической и безаварийной работы электростанции, производится приемка станции в промышленную эксплуатацию. Основные задачи, порядок и подготовка приемки, ее организация и работа приемочной комиссии, а также организация и порядок работы секций приемочной комиссии подробно изложены во втором разделе инструкции.

В последующих разделах инструкции указаны материалы и документы,готавливаемые для приемки тепловой электростанции, и оформление бухгалтерских документов при приемке станции в промышленную эксплуатацию.

Об инструкции по приемке в эксплуатацию линий электропередачи

Техническое управление по строительству и монтажу выпустило инструкцию по приемке в эксплуатацию линий электропередачи. Инструкция служит основным руководством по сдаче-приемке в эксплуатацию воздушных линий электропередачи напряжением 35—220 кВ и является обязательной для всех организаций Министерства электростанций, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией линий электропередачи.

Сдача законченной строительством линии электропередачи осуществляется в два этапа: 1) включение линии под напряжение и передача ее во временную эксплуатацию и 2) приемка линии в промышленную эксплуатацию.

Линия электропередачи может быть предъявлена к передаче во временную эксплуатацию при условии окончания всех основных работ по строительству. Второй раздел инструкции содержит указания по приемке линии во временную эксплуатацию.

Предъявление линии к сдаче в промышленную эксплуатацию может быть осуществлено только по окончании строительства линии в комплексе со всеми вспомогательными сооружениями, предусмотренными проектом.

Организация, порядок и условия приемки линии в промышленную эксплуатацию изложены в третьем разделе инструкции.

Инструкция содержит также указания по подготовке материалов и документов к приемке линии электропередачи и указания по составлению бухгалтерского отчета.

Совещание по газоочистке

В конце 1949 г. в Ленинграде было проведено научно-техническое совещание по газоочистке, созванное Правлением Ленинградского отделения ВНИТОЭ и комитетом газоочистки ВНИТОЭ.

На совещании было заслушано 13 докладов.

В результате обсуждения докладов совещание вынесло ряд решений, основные из которых приводятся ниже.

Совещание признало весьма важное значение разработки комиссией при Санитарном институте им. Эрисмана (Москва) для 10 ингредиентов временных нормативов по предельно-допустимым концентрациям загрязняющих вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Наряду с этим была отмечена необходимость:

а) разработки и кратчайший срок формул пересчета предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в зоне пребывания людей на концентрацию их в газах, выходящих из дымовых труб, и установления норм предельных концентраций выброса;

б) разработки соответствующими институтами методов быстрого исследования воздушных загрязнений, конструкций портативных приборов для контроля за эффективностью работы очистных сооружений и нормативов предельно допустимых концентраций для вредных веществ, не вошедших в перечень, составленный институтом им. Эрисмана.

Было отмечено, что за последние годы отечественная техника достигла больших успехов в области пылеулавливания, но многие пылезолоуловители еще могут быть значительно усовершенствованы, для чего необходимо усиление исследовательской работы.

Разработан и внедрен новый тип электрофильтра для тонкой очистки газов — с разделенным процессом ионизации и осаждения. Для достижения оптимальных значений к. п. д. эксплуатируемых электрофильтров Министерства должны обязать руководителей соответствующих предприятий провести в 1950 г. проверку состояния и эксплуатационного режима электрофильтров с выяснением причин низкого к. п. д. для последующего устранения выявленных недостатков.

Разработана новая конструкция элементов батарейного циклона диаметром 250, 150 и 100 мм с оптимальным соотношением их геометрических размеров. Рекомендовано во всех случаях применения батарейных циклонов устанавливать элементы новых типов. Для установления условий рациональной компоновки циклонных элементов в батареях необходимо проведение дополнительных исследований.

При установке единичных циклонов и их блоков рекомендован разработанный НИИОГАЗ тип, являющийся по данным экспериментальных исследований наиболее эффективным из всех существующих. Диаметр циклонов этого типа не должен превышать 0,8 м и лишь в крайнем случае 1 м. Указанные циклоны подлежат проверке в промышленных условиях.

Признано, что жалюзийные золоуловители ВТИ (с плоской решеткой) имеют ряд положительных качеств (удобство компоновки, малый вес, малые габариты, относительно малое сопротивление). Более выгодной конструктивной формой жалюзийных золоуловителей следует считать жалюзийные решетки круглой конической формы (компактность, малая металлоемкость, эффективность).

Надежным высоко-эффективным и достаточно простым в изготовлении аппаратом является центробежный скруббер ВТИ, применение которого целесообразно для малосернистых топлив и при наличии гидрозолоудаления.

По данным ЦКТИ подробно исследованный им на опытной установке трубчатый циклон с войлочной пленкой

является высоко эффективным аппаратом с малым гидравлическим сопротивлением и расходом воды.

Совещание отметило, что НИИОГАЗ разработал новый принцип расчета рукавных фильтров, а Главцветмет внес ряд улучшений в конструкцию этих аппаратов. Признано необходимым, чтобы соответствующие научно-исследовательские институты занялись дальнейшим исследованием и промышленными испытаниями этих фильтров.

Совещание обратило внимание на то, что при установке всех типов сухих пылезолоуловителей необходимо осуществление мероприятий по взрывобезопасности.

Совещание приняло также ряд рекомендаций в отношении очистки газов в металлургической промышленности и обеспыливания вентиляционного воздуха.

Для повышения эффективности научной работы в области создания новых образцов советского пылеочистного оборудования и усовершенствования существующих конструкций НИИОГАЗ, ЦКТИ, ВТИ, ВНИОТ и институт им. Эрисмана должны разработать единую методику испытания пылезолоуловителей и исследования пылей.

Совещание отметило, что в настоящее время очистка газов от сернистого ангидрида разрешается главным образом в направлении изучения аммиачного метода. Для усовершенствования этого метода, а также для изучения и разработки других методов сероочистки необходимо создать полужавовскую установку при какой-либо электростанции. Решение проблемных вопросов сероочистки должно осуществляться Министерством химической промышленности совместно с Министерством электростанций.

Совещание наметило также ряд организационных мероприятий, касающихся общей постановки научно-исследовательской работы в области газоочистки, производства, поставки, монтажа и эксплуатации газоочистного оборудования и других вопросов, связанных с проблемой газоочистки.

Инж. Б. С. Рабинов

О наборе в аспирантуру ВТИ

Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт им. Ф. Э. Дзержинского производит на 1950—1951 учебный год набор в аспирантуру (с отрывом от производства) по специальностям: котельные установки; топочные устройства; паровые турбины; технология воды; автоматизация управления теплосиловыми установками; теоретическая теплотехника; теплофикация; сушильное дело.

В аспирантуру принимаются инженерно-технические работники, имеющие не менее двух лет производственного стажа, а также лица, окончившие вуз в текущем году с отличными отметками, проявившие себя в период пребывания в вузе творческой работой и имеющие о том отзывы и рекомендации высших учебных заведений.

Для поступления в аспирантуру помимо заявления требуется представление: научных работ, описание сделанных изобретений и рационализаторских предложений, а при отсутствии таковых — письменного реферата на тему по специальности, избранной поступающим; нотариальной копии диплома об окончании вуза (в двух экземплярах); производственной научно-технической характеристики с места работы (в двух экземплярах); анкеты (в двух экземплярах); автобиографии (в двух экземплярах); справки об отношении к воинской повинности; трех фотографических карточек (3×4 см).

Заявления принимаются до 15 сентября 1950 г. по адресу: Москва, 68, Ленинская слобода, 14, ВТИ.

Вступительные экзамены будут производиться в сентябре 1950 г. по следующим дисциплинам: по избранной специальности; основам марксизма—ленинизма в объеме программы вуза; одному иностранному языку (по выбору поступающего) в объеме программы вуза.

Общежития аспирантам Институт не предоставляет.



ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Использование в турбинных установках ротационных насосов вместо паровых эжекторов

На смонтированной после войны в США электрической станции для турбоагрегата мощностью 100 тыс. кВт с параметрами пара 90 ат и 520°С были установлены два ротационных вакуумных насоса (см. рисунок), обслуживающие как совместно, так и раздельно (для создания необходимого вакуума) конденсатор поверхностью 5500 м², охлаждаемый речной водой. На выхлопной линии включен счетчик для учета количества воздуха, удаляемого из конденсатора.

Нормально в работе находится один вакуумный насос, управляемый со щита. Оба насоса имеют электропривод.

Для обеспечения уплотнения, а также для смазки частей насоса предусматриваются следующие специальные мероприятия. Насосная установка снабжена вертикальным цилиндрическим баком который наполняется приблизительно на одну треть специальным маслом, служащим одновременно для смазки и для уплотнения. Это масло подается к подшипникам и к другим частям насоса под давлением 1 ат, вследствие чего, пройдя через рабочие детали, оно возвращается обратно в бак из выхлопного патрубка насоса.

В баке установлены сепарирующие перегородки для отделения воздуха от масла. При прохождении большого количества воздуха через бак небольшое количество масла уносится вместе с воздухом. Для улавливания этого масла предусмотрена установка механического сепаратора — циклона после бака на выхлопной стороне.

На линии выхлопа установлены обратные клапаны, которые исключают возможность проникновения воздуха обратно в ротационный насос.

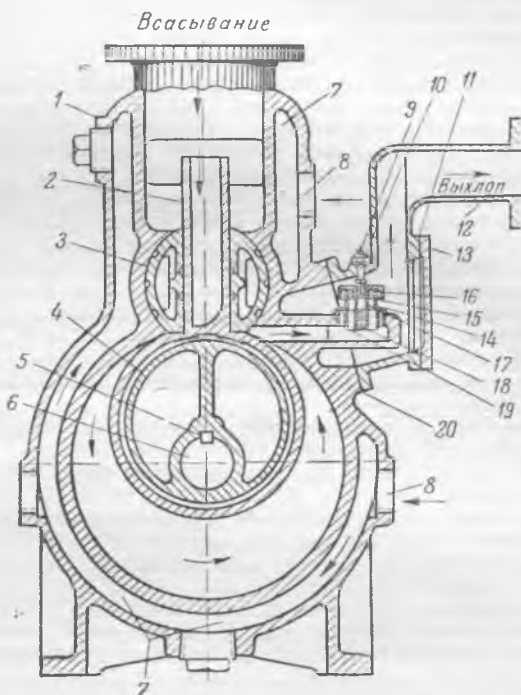
Масло, служащее одновременно и для уплотнения и для смазки, должно обладать достаточной вязкостью (~ 12° Энглера при 50°С) и не испаряться при сравнительно глубоком вакууме. Кроме того, оно не должно подвергаться эмульсированию.

Производительность каждого ротационного насоса равна 15,6 м³/мин и обеспечивает поддержание в конденсаторе абсолютного давления 25,4 мм рт. ст.

Если расход, по счетчику, удаляемого воздуха превышает нормальный, пускается со щита второй вакуумный насос, который работает до восстановления нормального режима.

По истечении 13 мес. эксплуатации была произведена разборка вакуумных насосов и при осмотре не было обнаружено никаких заметных следов износа рабочих деталей или появления коррозии на их поверхности.

Для исключения возможности конденсации пара, выкачиваемого из конденсатора вместе с воздухом, и,



Ротационный вакуумный насос (поперечный разрез).

1—цилиндр; 2—поршень; 3—направляющая кулисса; 4—эксцентрик; 5—шпонка; 6—вал; 7—водяное пространство; 8—входное отверстие для воды; 9—регулирующий винт клапана; 10—контргайка; 11—прокладка под крышкой патрубка; 12—патрубок; 13—крышка патрубка; 14—клапан; 15—пружина клапана; 16—ограничитель хода клапана; 17—зажимной хомут клапана; 18—стержень ограничителя хода клапана; 19—седло клапана; 20—прокладка под фланец патрубка.

следовательно, предотвращения образования масляной эмульсии, насос должен работать при температуре выше точки кипения воды. Это достигается подогревом смазочного масла в баке путем установки в нем электрического подогревателя, что позволяет автоматически регулировать температуру масла в баке, поддерживая ее на уровне ~ 115°С (Combustion, № 7, I, 1950).

Обраб. инж. И. И. Квирин

ОТ РЕДАКЦИИ

Вопрос об использовании ротационных насосов в конденсаторных установках заслуживает внимания, однако материал реферируемой статьи требует серьезной проверки, так как она носит несколько рекламный характер.



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

П. В. Кузнецов и В. С. Кондахчан, Справочник по монтажу распределительных устройств, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 588 стр., 7 000 экз., ц. 40 руб.

Рост энергетики в нашей стране по-новому ставит вопросы организации производства работ по сооружению электростанций и подстанций и, в частности, по организации и применению новых технически оправданных методов выполнения электромонтажных работ.

Выпущенный ранее справочник по электромонтажным работам под редакцией М. Д. Суховольского (Стройиздат, 1947 г. и второе издание 1949 г.) в основном был рассчитан на монтажников фабрично-заводских электроустановок. Специфические условия электромонтажа электростанций и подстанций не нашли в нем своего отражения.

Авторы рецензируемого справочника ставили своей задачей восполнить этот пробел, давая необходимый справочный материал по монтажу крупных распределительных устройств.

Приводимый в справочнике материал посвящен лишь монтажу распределительных устройств и в нем не нашли отражения такие вопросы, как: а) монтаж распределительных устройств 500—380—220 в для собственного расхода; и б) зарядные агрегаты для аккумуляторных батарей. Целесообразно было бы осветить весь комплекс вопросов монтажа электрической части электростанций и подстанций в одной справочной книге.

Справочник разбит на 40 глав, сведенных в 5 основных разделов, в которых собран значительный материал, достаточно полно охватывающий вопросы электромонтажных работ при сооружении распределительных устройств.

Весьма ценный материал приведен во втором разделе — по монтажу первичной коммутации, установке и отбраковке оборудования, ревизиям и сушке и т. д. Четвертый раздел справочника по испытанию, проверке и наладке вновь установленного оборудования распределительных устройств с успехом может быть использован как монтажниками, так и наладчиками. Справочником могут пользоваться инженеры, техники, а также мастера и квалифицированные рабочие, так как приводимый в нем материал достаточно глубок по содержанию и доступен по форме изложения.

Общее благоприятное впечатление от справочника снижается рядом недостатков, на которых остановимся ниже.

Раздел I («Общие сведения»), включающий обширный справочный материал, с нашей точки зрения, несколько перегружен вопросами, не имеющими прямого отношения к электромонтажу. Так, уделено много внимания электрообогреву бетона (§ 3,11), чисто строительным вопросам (§ 3,9; 3,12). Применение флюсов и припоев не конкретизируется (§ 2,12; 2,14; 2,5). Авторы указывают на весьма обширную область их применения. Вряд ли следует рекомендовать применение припоев с большим процентом олова в таком широком диапазоне. Применяемые алюминиевые припои в настоящее время ограничены марками «А», припой Мосэнерго, в которых процент олова является минимальным.

Данные по стальным трубам (§ 3,3) следовало бы дополнить данными по медным трубам и арматуре, широко применяемой в установках сжатого воздуха распределительных устройств.

В разделе II («Монтаж электрооборудования первичной коммутации») в общей части следовало бы остановиться на подготовке оборудования к монтажу.

Нельзя согласиться с положением, приведенным в § 5,1: «Исправное оборудование испытывается выборочно и по мере необходимости». Выборочно исправное оборудование

испытывается на заводе; на монтаже оборудование проходит испытание согласно положению о сдаче установок в эксплуатацию. Вряд ли возможно осуществить практически в условиях монтажа рекомендуемое авторами испытание по ГОСТ какого-либо оборудования.

В общих требованиях к строительной части распределительного устройства (§ 5,8) отсутствуют: 1) требования по выполнению кабельных трасс в свете последних решений Технического управления Министерства электростанций; 2) требования к запорам дверей; 3) требования по ограждениям окон первого этажа распределительного устройства.

Главу 8 по монтажу разъединителей, следовало бы дополнить указаниями по монтажу блокировки разъединителей, сигнальных контактов КСА, по изготовлению и монтажу тяг для КСА однополюсных разъединителей.

В главе 9, по монтажу трансформаторов тока, отсутствуют данные о трансформаторах тока типа ТКФ, ТКМ, отсутствуют указания о порядке использования вторичных обмоток трансформаторов тока для измерительных целей и целей защиты. Приведенные в табл. § 9,3 и 10,2 допустимые сопротивления изоляции для трансформаторов тока и напряжения занижены и не соответствуют «Правилам технической эксплуатации», кроме того, они не согласуются с требованиями, приведенными в § 35,2 п. 5а и 7в.

Авторами приведены только два метода сушки проходных маслянополненных изоляторов (вводов): 1) горячим воздухом в камере и 2) под вакуумом в камере. Для этого требуется демонтаж изоляторов. Во время монтажа приходится иметь дело с незначительным понижением изоляции. В этом случае сушка методом centrifугирования вполне оправдывается.

Главу 14, по монтажу выключателей, несмотря на широту затронутых вопросов, следует дополнить данными по приводам ГП, в отношении порядка расположения бушинговых трансформаторов тока — необходимой проверкой их до монтажа.

Сведения о воздушных выключателях недостаточны, особенно по импортным, воздушным и экспансионным. Приведенные данные по экспансину, без указания типов экспансионных выключателей, на которых применяются различные составы его, могут привести к нежелательным ошибкам при монтаже.

В главе 16, по монтажу трансформаторов, достаточно полно освещающей общие вопросы, монтаж и даже частично вопросы эксплуатации (§ 16,3) не приводятся данные по трансформаторам 220 кВ.

В справочник включен метод сушки изоляции трансформатора в своем баке в масле (§ 16, 18), хотя сушка выемной части трансформатора в масле решением Технического управления запрещена.

По силовым кабелям в главе 18 нет данных по кабелям малых сечений ($3 \times 2,5$ и $3 \times 4 \text{ мм}^2$), часто встречающихся в практике. Не приводятся сведения по одножильным, двухжильным кабелям, хотя указания по прокладке их приводятся в § 18,8 и 18,2.

Вопросам опрессовки зажимов и наконечников вместо пайки их не уделено внимания. Этот метод весьма актуален в связи с требованиями по экономии олова. Ошибочно указана в § 18, 14 п. 5 вместо прошпарочной массы МП-1 заливающая МК-45.

Глава 20 («Сварочные работы») наименее удачная по своему содержанию. Желание авторов дать указания по всем видам сварки приводит к отрывочности сведений. Некоторые положения неверны. В § 20,1 не упоминается метод сварки постоянным током металлическими электро-

дами, в то время как в § 20,26 приводятся данные агрегатов для дуговой сварки постоянным током. Рекомендуемый состав для покрытия электродов на основе древесной золы (§ 20,4, п. 2) практически не применяется. Неверны указания о том, что тонко обмазанные электроды применяются для стали до 2 мм. Тонкообмазанные электроды могут применяться для любой толщины металла, область же их применения определяется требованиями к качеству сварного шва. Резку металла можно производить любыми электродами, поэтому в табл. § 20,4, п. «в» можно было не помещать. Вместо этого следовало бы привести данные по качественным электродам (ОММБ, ЦМ7 и т. д.) и области их применения. Ошибочно указан в § 20,9 п. «а» тип ацетиленовых аппаратов РГ вместо МГ.

Раздел III («Монтаж щитов управления и вторичной коммутации») составлен в отдельных своих частях без учета происходивших за последние 10—15 лет изменений. Данные по щитам управления (глава 21) и монтажные указания (глава 24) приведены только по сборным панелям типа завода «Спартак». Известно, что на щитах распределительных устройств в настоящее время устанавливаются выпускаемые заводом «Электропулт» панели с перфорацией. Панели же по типу завода «Спартак» изготавливаются только при расширениях, для соблюдения единообразия в оборудовании щитов управления.

Аппаратура управления и сигнализации, приводимая в § 22,6 и фиг. 22,15—22,20, применяется очень редко. Весьма распространенная аппаратура управления — ключи КВ, КСВФ и КФ и сигнальная арматура АСЭ-48, АСС-ДС-38 завода «Электропулт», ключи УП заводов МЭП не приводятся совершенно.

Фарфоровые зажимы упрощенной конструкции, приведенные на фиг. 24,11, на современных щитах управления распределительных устройств не применяются из-за конструктивных дефектов и ненадежности в эксплуатации. Вместо них следовало показать нормальные и испытательные зажимы завода «Электропулт» и испытательные зажимы завода «Электрощит», особенно в новом их исполнении.

В главе 23 имеется ряд неточностей. Провод ПР-380 (23,1) не может быть применен для прокладки вплотную на панелях щитов управления.

В главе 23 не упоминаются кабели с бумажной изоляцией, широко применяемые на монтаже, в то время как данные о редко встречающихся проводах КСРА, КРО, КРШ приведены полностью.

Авторы в главе 25 (§ 25,1) указывают, что «Журнал прокладки кабелей» составляется «перед прокладкой большого числа кабелей». Это неверно. Кабельный журнал является частью рабочего проекта и должен быть выдан монтажникам задолго до начала работ; он служит также для заказа кабеля заводам.

Примерная запись в кабельном журнале приведена неправильно. В нем нельзя под одним номером объединять два кабеля, как это указано в записи $(4 \times 6 + 10 \times 2,5)$.

Вопросы разделки контрольного кабеля освещены слабо и в некоторых случаях неверно. Необходимо было остановиться отдельно на разделке контрольного кабеля с бумажной и резиновой изоляцией. Неверно разделение (25,7, п. 1) методов разделки кабеля для открытых и закрытых подстанций. На открытых подстанциях разделка в закрытых клеммных шкафах ничем не отличается от монтажа в закрытых помещениях. Для кабеля с бумажной изоляцией, особенно при разностях уровней разделок, применение воронок обязательно во всех случаях.

Не следует рекомендовать, как это делают авторы (25,7, п. 2) применение свинцовых концевых муфт. В на-

стоящее время с успехом применяются стальные и даже пластмассовые концевые муфты (завода «Электрощит»).

В разделе IV («Испытания, проверка и наладка вновь установленного оборудования распределительных устройств») имеется ряд данных, идущих вразрез с существующими требованиями по сдаче оборудования в эксплуатацию.

Требование об опрессовке реле газовой защиты в течение 15—20 дней завышено. Для этой проверки достаточно 1—3 суток. Нормы изоляции маслonaполненных вводов занижены. Указанные величины (§ 29,12, п. «б» и 30,2, п. «б») относятся к вводам, которые испытываются при капитальных ремонтах. Для нового оборудования требования должны быть повышены. Приведенные величины испытаний напряжений (§ 29,12, п. «в») относятся только к фарфоровым вводам. Это следовало отметить особо.

Параграф 30,3 «Прочие испытания выключателей» содержит ряд неправильных положений: противоречивы указания по анализу масла: в пункте 5,«б» говорится о необходимости химического анализа масла до и после заливки выключателя маслом, а в пункте 5,«в» указывается, что отдельно анализ масла берется только для выключателей МКП. Неправильно указана последовательность испытаний механической части оборудования выключателя (§ 30,3, п. 6, «а» и «б»). Нельзя производить испытания на включение и отключение выключателя, не залив его предварительно маслом. К сожалению, совершенно не освещены вопросы испытаний и наладки воздушных выключателей и установок сжатого воздуха распределительных устройств. Требования, указанные в п. 6,«в» и «г», неверны и недостаточны. Нельзя в установках сжатого воздуха отождествлять названия ресивера — котел и компрессора — насос, как это делают авторы.

Указание о проверке искровых промежутков на трансформаторах тока (§ 31,2) не соответствует требованиям, существующим в настоящее время. Согласно решению Технического управления МЭС, искровые промежутки на трансформаторах тока до 10 кВ должны быть демонтированы (решение № 20, 1944 г.).

В разделе V («Вопросы организации и подготовки электромонтажных работ»), освещающем также вопросы механизации работ, некоторые моменты являются спорными и недоработанными. В общей части (§ 38,1—38,4) ничего не сказано о проекте организации работ, который является частью рабочего проекта и составляется на основании конкретных производственных условий.

Неверно утверждение о том, что регулировка и наладка механизмов выключателей должна проводиться в мастерских. Регулировка и наладка механизмов выключателей типа МКП, ВМГ, МГГ целесообразна только на месте установки их. Поэтому необходимо внести изменения также в табл. § 38,8 при подсчете соотношений затрат рабочей силы на различных этапах для открытых и закрытых распределительных устройств.

Вряд ли может быть практически применен приведенный в § 39,5 примерный перечень механизмов и приспособлений для участков опорного пункта. В зависимости от назначения опорного пункта, спецификация механизмов и приспособлений резко меняется (главный щит, закрытое распределительное устройство и т. д.).

Несмотря на наличие ряда недостатков и неточностей, которые должны быть исправлены в последующем издании, а также некоторых глав, требующих переработки, рецензируемый справочник может служить ценным пособием при монтаже распределительных устройств электростанций и подстанций.

Инж. Н. Г. Этус и инж. С. М. Юдильевич.

Новые книги по энергетике

Маргулова Т. Х., Тепловой расчет котлоагрегата, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 143 стр., 6 руб.

Топливо; подсчет количества и теплосодержание продуктов горения при расчете котлоагрегата на номинальную нагрузку; тепловой баланс котлоагрегата при конструкторском расчете; конструкторский расчет топки; основные положения конструкторского теплового расчета конвективных поверхностей нагрева; поверочный тепловой расчет котлоагрегатов. Книга составлена на основе последних работ ЦКТИ, ВТИ и МЭИ.

Московский Ф. А., Бухгалтерский баланс и калькуляция электро- и теплоэнергии на электростанциях, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 151 стр., 7 р. 80 к.

В книге даются элементарные понятия об основах бухгалтерского учета, о структуре и содержании бухгалтерского баланса электростанций и калькуляции электро- и теплоэнергии. Затронуты вопросы о значении первичной документации, роли директора в организации учета и документооборота на предприятиях, ответственности за состояние учета и своевременное составление отчетности.

Никитин С. Н., Методика водноэнергетических расчетов, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 238 стр., 12 руб.

Излагается методика водноэнергетических расчетов, служащих для определения энергетических показателей установления режима работы гидроэлектростанций. Методы расчета регулирования речного стока водохранилищами для целей гидроэнергетики.

Пешков М. М., Пневматический разمول топлива для сжигания под котлами малой и средней мощности, М.—Л., Госэнергоиздат, 1947, 88 стр., 5 руб.

Принцип действия, конструкции и применение пневматических мельниц за границей; конструкция и испытания пневматических мельниц в СССР. Основы расчета паровой пневмомельницы, воздушной Ангера и пневмомельницы типа «Пушка».

Пиотровский Л. М., Электрические машины, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, 528 стр., 33 р. 50 к.

Машины постоянного тока; трансформаторы; синхронные машины; асинхронные бесколлекторные машины; асинхронные коллекторные машины. Рассмотрен комплекс вопросов по передаче и распределению электроэнергии, связанной с работой электрических машин.

Пиотровский Л. М. и Паль Е. А., Испытание электрических машин, ч. I, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 380 стр., 14 руб.

Излагаются вопросы испытания электрических машин постоянного тока (методика испытаний, виды испытаний и их целевое назначение).

Поляков Б. А., Конденсаторные установки для повышения коэффициента мощности, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 176 стр., 10 руб.

Рассматриваются схемы и конструкции конденсаторных установок для повышения коэффициента мощности и электрические процессы, происходящие в них. Конструкции и свойства конденсаторов; общие вопросы повышения коэффициента мощности. Эксплуатация конденсаторных установок. Книга предназначена для инженеров и техни-

ков, работающих по проектированию, монтажу и эксплуатации установок для передачи и распределения электрической энергии.

Самойлов В. А., Вибрация агрегатов электростанций и балансировка роторов, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 160 стр., 6 р. 50 к.

В книге изложены вопросы устранения ненормальной вибрации турбогенераторов, насосов, вентиляторов и электродвигателей. Даны указания по балансировке роторов, статической и динамической в производственных условиях электростанций.

Сотсков Б. С., Элементы автоматической и телемеханической аппаратуры, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950, 660 стр., 33 руб.

Систематически излагаются принципы устройства, основы теории и расчета основных элементов автоматической и телемеханической аппаратуры. Реле и датчики; промежуточные и исполнительные элементы автоматических и телемеханических устройств.

Турбинное оборудование гидроэлектростанций, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, 360 стр., 40 руб.

Книга является справочным руководством и содержит современные материалы по турбинному оборудованию, необходимые при проектировании гидроэлектростанций. Основное гидротурбинное оборудование; оборудование системы регулирования гидротурбин; вспомогательное оборудование; данные по исполненным турбинам; гидрогенераторы, крановое оборудование гидроэлектростанций.

Шапкин И. Ф., Вспомогательное оборудование машинных цехов тепловых электрических станций, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 223 стр., 9 руб.

Книга может служить пособием в качестве техминимум для рабочих, обслуживающих вспомогательное оборудование машинных цехов тепловых электростанций. Основные технологии воды; испарительные, преобразовательные и станционные теплофикационные установки; деаэрационные и вспомогательные устройства; эксплуатация вспомогательного оборудования; удаление отложений; ремонт, техника безопасности и борьба с потерями.

Шорин С. Н., Котельные установки, М.—Л., Госэнергоиздат, 1950, 173 стр., 12 руб.

Основные сведения из термодинамики газов; водяной пар и его свойства; топливо, его характеристика и горение; котельные агрегаты; приготовление угольной пыли и ее сжигание; колосниковые топки; баланс тепла в котельной установке; эксплуатация котельных установок. Книга предназначена служить пособием для среднего технического персонала.

Эксплуатация кабелей и кабельных сетей, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 384 стр., 19 руб.

Сборник содержит 30 статей, авторы которых являются представителями кабельных сетей энергосистем Министерства электростанций, метрополитена и ряда крупных заводов. В статьях отражен опыт эксплуатации кабелей, кабельной аппаратуры и арматуры подземных и подводных кабельных линий. Эти статьи являются переработкой докладов, прочитанных на научно-технической сессии по обобщению опыта эксплуатации кабелей и кабельных сетей, проведенной Техническим отделом Министерства электростанций и ВНИТОЭ в 1948 г.



ПОПРАВКА

В № 6 журнала «Электрические станции» за 1950 г. на стр. 41 в сноске к статье И. Ф. Седнева ошибочно указан 1949 г.; следует читать 1939 г.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

При подготовке статей для журнала «Электрические станции» авторам необходимо выполнять следующие требования:

1. Объем статей не должен превышать 10—15 страниц текста, **напечатанного на машинке на одной стороне листа через два интервала.** 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 представлять четкие и контрастные, размером не менее 9×12 см, в двух экземплярах.

В тексте статьи обязательно делать ссылки на рисунки, причем обозначения в тексте должны строго соответствовать обозначениям на рисунках.

Каждый чертеж или фотография должен 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, 1-й этаж, помещ. 164, редакции журнала «Электрические станции».



Цена 8 руб.

МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ СОЮЗА ССР

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ПРОИЗВОДИТСЯ ПОДПИСКА

НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ

1950 г.

НА ВТОРОЕ ПОЛУГОДИЕ

1950 г.

„ЭЛЕКТРИЧЕСТВО“

Орган Академии наук СССР, МЭС СССР и МЭП СССР

Основан в 1880 г.

12 номеров в год

Подписная цена: на 6 мес. 48 руб.
на 3 . 24 .

ЖУРНАЛ РАССЧИТАН НА ИНЖЕНЕРОВ И НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ, ВЕДУЩИХ РАБОТУ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

„ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА“

Орган Госинспекции по промэнергетике и энергонадзору при МЭС СССР

Год издания 7-й

12 номеров в год

Подписная цена: на 6 мес. 24 руб.
на 3 . 12 .

ЖУРНАЛ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ И ТЕХНИКОВ, РАБОТАЮЩИХ В ОТДЕЛАХ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА, ГЛАВНОГО МЕХАНИКА, В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЗАВОДСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ

„ТОРФЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ“

Орган МЭС СССР

Год издания 27-й

12 номеров в год

Подписная цена: на 6 мес. 24 руб.

ЖУРНАЛ РАССЧИТАН НА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ ГОРОДСКИМИ И РАЙОННЫМИ ОТДЕЛЕНИЯМИ СОЮЗПЕЧАТИ, ВО ВСЕХ КОНТОРАХ, ОТДЕЛЕНИЯХ И АГЕНТСТВАХ СВЯЗИ И ОБЩЕСТВЕННЫМИ УПОЛНОМОЧЕННЫМИ ПО ПОДПИСКЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, В ОРГАНИЗАЦИЯХ И УЧРЕЖДЕНИЯХ.