

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАНЦИИ

5



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1952

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

5

МАЙ
1952

Орган Министерства электростанций СССР

23-Й ГОД ИЗДАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

Передовая — Внедрять и быстрее осваивать автоматику и телемеханику	3	А. Н. Гончаров — Применение подъемных кранов с двумя грузовыми тележками на гидроэлектростанциях	54
П. В. Фролов — Новый способ получения импульса по нагрузке для регуляторов питания котлов	6	И. И. Могилевский — Автоматический газовый клапан	55
З. Я. Бейрах — Схемы автоматического регулирования котлоагрегатов	9	И. И. Прибылов — Секционирование кабельных туннелей	56
В. М. Рущинский — Схемы регулирования подачи воздуха в топки котлов по расходу пара	17	ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ	
С. М. Гурвич и В. С. Семенов — Автоматизация регенерации катионитовых фильтров	22	Д. К. Миронов — Упрощенная схема автоматизации процесса горения	57
М. И. Лавров — Типовой проект электростанции 12 тыс. квт	27	К. Г. Марковский — Острое дутье при сжигании АШ	58
Г. М. Вайнштейн — Насосный транспорт бетонной смеси	33	Г. М. Иванова — Переделка подвижной системы регистратора солемера Мостофина	59
Г. П. Никольский — Применение бетононасосов на строительстве электростанций	36	Н. В. Самойлов — Контроль расхода охлаждающей воды турбин с ухудшенным вакуумом	59
Л. И. Двоскин — Многоамперные подвесные токопроводы	39	М. И. Слодарж — Испытание генераторов турбоагрегатов Юнгстрем	60
А. К. Мартынюк и Т. П. Мусатов — О работе реле ЭТ с отдельным включением обмоток	45	А. В. Протасов — Из опыта внедрения реле с быстросысыщающимся трансформатором	60
И. Х. Биккенин и В. З. Никитский — Индукционное реле понижения частоты	47		

ДИСКУССИЯ

О газовой защите трансформаторов	
Б. А. Хомутов	49
Ф. Ф. Дерюгин	49
М. Р. Шапиро	50

ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

С. Е. Захаренко — Из опыта скоростного строительства теплофикационной магистрали	52
А. Н. Арондар — Новый тип башенного крана грузоподъемностью 40 т	53

ХРОНИКА

В Техническом управлении Министерства	
О применении контрольных кабелей с хлорвиниловыми оболочками	62
Сессия по городским электрическим сетям — Б. Л. Айзенберг	62

ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Некоторые вопросы сжигания топлива в топке котлов — Обраб. Г. К.	63
---	----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Новые книги по энергетике	64
-------------------------------------	----



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Главный редактор Д. Г. Чижов

Рабочие и работницы, инженеры и техники электростанций! Быстрее вводите в строй новые энергетические мощности! Шире внедряйте передовую технику! Бесперебойно снабжайте электроэнергией народное хозяйство!

(Из Призывов ЦК ВКП(б) к 1 Мая 1952 г.)

ВНЕДРЯТЬ И БЫСТРЕЕ ОСВАИВАТЬ АВТОМАТИКУ И ТЕЛЕМЕХАНИКУ

В области автоматизации и телемеханизации энергосистем советскими энергетиками в 1951 г. были достигнуты новые успехи. К концу года в основном была завершена автоматизация управления всех крупных и большей части средних и малых гидроэлектростанций — мощность автоматизированных гидроагрегатов составила 91% от общей установленной мощности на гидроэлектростанциях Министерства электростанций. Все новые гидростанции проектируются и сооружаются с автоматическим управлением, а автоматизация оставшегося небольшого числа действующих гидроагрегатов будет закончена в 1952 г.

Продолжались работы по автоматизации тепловых процессов на электростанциях. Значительно повысился уровень оснащения котлов автоматическим регулированием процесса горения и питания котлов водой. Внедрялось автоматическое регулирование температуры перегрева пара, автоматизация пылеприготовления, деаэрирования питательной воды и тепловых сетей.

Большие работы проведены в области дальнейшего внедрения более совершенных устройств релейной защиты и электроавтоматики. Устаревшие устройства релейной защиты генераторов и трансформаторов заменялись более совершенными, притом более простыми и надежными. Вводилась наиболее совершенная система автоматического регулирования возбуждения синхронных машин с помощью устройств компаундирования и электромагнитных корректоров напряжения. Линии электропередачи оснащались быстродействующей высокочастотной защитой, новой дистанционной защитой и автоматическим повторным включением. На электростанциях и в сетях выполнялось автоматическое включение резервного питания.

Продолжались также работы по телемеханизации гидроэлектростанций и диспетчерского управления энергосистем, были телемеханизированы 20 сетевых подстанций, что имеет большое значение в деле повышения оперативности управления и уменьшения численности персонала в сетях. Заводы освоили производство новых аппаратов и приборов — усовершенствованных электронных регуляторов тепловых процессов, аппаратуры телеизмерения, новых видов релейной защиты и других изделий. Научно-исследовательские организации выполнили ряд новых разработок в области автоматики, телемеханики и измерений.

Рост технического вооружения сопровождался повышением квалификации кадров, приобре-

тавших в процессе учебы и работы как дополнительные теоретические знания, так и практический опыт. Проводившимися централизованно и в районных управлениях курсами и другими видами технической учебы был охвачен широкий круг работников электростанций и сетей.

В практике энергетики капиталистических стран не известны работы в области автоматизации, проводимые так целеустремленно и с таким размахом, в том числе и по установленному оборудованию на действующих электростанциях. Такие работы, связанные в значительной степени с серьезной реконструкцией автоматизируемых агрегатов, являются подлинным техническим перевооружением, переходом на новую, более высокую ступень и доступны только социалистическому народному хозяйству.

Лишь за последние три года количество автоматизированных гидроагрегатов увеличилось почти в 5 раз, количество котлов, оборудованных автоматикой горения, выросло больше чем в 4 раза. С 1946 г. по 1950 г. количество установленных автоматов повторного включения увеличилось в 3 раза, количество устройств автоматического включения резерва — в 4 раза. Оснащенность линий электропередачи автоматами повторного включения в энергосистемах СССР превысила в 3 раза оснащенность автоматическим повторным включением линий электропередачи США и Канады в 1950 г. *

Однако эти успехи не могут и не должны скрыть серьезные недостатки, имеющиеся в области внедрения и использования автоматики и телемеханики. По некоторым разделам установленный на 1951 г. план работ по автоматизации и телемеханизации был недовыполнен. В отдельных случаях завершению работ помешала несвоевременная поставка оборудования, аппаратуры и материалов, но в большинстве случаев задержка явилась следствием недостаточного внимания к этому важному делу.

План 1952 г. предусматривает большие работы по дальнейшей автоматизации и телемеханизации электростанций и сетей. Выполнение этого плана и окончание работ, перешедших с 1951 г., являются важнейшей задачей энергетиков, делом долга и чести каждого работника электростанций и сетей, строительных и монтажных, проектных

* По опубликованным данным Объединенного комитета Американского института инженеров-электриков и Эдисоновского электротехнического института.

и наладочных организаций. Работники заводов своевременной поставкой аппаратуры должны со своей стороны обеспечить выполнение этой задачи.

По мере повышения уровня автоматизации действующего оборудования в планах, естественно, все больший удельный вес занимают вновь вводимые агрегаты. Если ранее, как правило, монтаж автоматики начинался лишь после ввода агрегата и во многих случаях эти работы выполнялись персоналом эксплуатации, то теперь уже есть примеры, когда агрегаты входят во временную эксплуатацию вместе с автоматикой. Правда, таких примеров пока еще очень мало, еще имеет хождение неправильная точка зрения, что запроектированные устройства автоматики и дистанционного управления на новых агрегатах должны монтироваться после ввода основного оборудования во временную эксплуатацию. Такая вредная практика удорожает автоматику, усложняет и ухудшает эксплуатацию новых объектов и не может быть терпима. Поэтому следует строго соблюдать установленный порядок, согласно которому гидроагрегаты должны вводиться в работу сразу с автоматическим управлением, котлоагрегаты — с регуляторами питания, а наладка автоматики горения должна заканчиваться в срок не более 3 мес. с момента ввода котла.

В связи с быстрыми темпами и большими масштабами внедрения автоматики очень важной задачей является полное освоение как имеющейся, так и вновь вводимой автоматики.

Проведение работ по автоматизации широким фронтом, одновременно во многих энергосистемах и на большом числе электростанций на местах не всегда сопровождалось должным вниманием к качественной стороне дела. Часто упускалось из виду, что монтаж различных автоматических устройств является только первым, начальным, этапом работы, что следующим необходимым и не менее важным этапом является полное освоение вводимой новой техники, ее приспособление к конкретным условиям работы агрегата и такое полноценное использование, которое обеспечило бы должный технико-экономический эффект. Очевидная казалась бы истина, что автоматизация и телемеханизация — не самоцель, а средство к дальнейшему подъему производства, повышению надежности и экономичности работы, перекрывающее произведенные затраты, на практике зачастую не учитывается.

Отставание освоения от темпов и масштабов внедрения настоятельно требует, чтобы был совершен в известном смысле поворот к задаче освоения автоматики.

Насколько серьезны недостатки в освоении и использовании введенной автоматики на отдельных электростанциях, можно видеть на ряде конкретных примеров.

На Читахевигэс Грузэнерго за 1951 г. (по агрегатам, введенным с автоматикой в 1950 г.) только 36% пусков и остановок проводились на автоматическом управлении. Из них в 83% случаев автоматика работала хорошо, а в 17% ее работа сопровождалась сбоями. На другой гэс той же энергосистемы автоматические пуски и остановки составили 89% от общего числа опе-

раций управления за год, но при этом цикл операций только в 61% случаев проходил правильно и до конца, а в 39% требовалось последующее вмешательство персонала. Из-за различных неполадок, главным образом в аппаратуре, работа автоматики нарушалась. А ведь в той же энергосистеме хорошие показатели работы автоматики имеет Храмская гэс; на Сухумской гэс в течение 1951 г. имело место около 1 000 пусков и остановок агрегатов, причем все они были автоматическими и прошли безотказно.

Что можно сделать при достаточном внимании к совершенствованию автоматики, показывает опыт двух гидроэлектростанций Ленэнерго. На этих гидроэлектростанциях с частыми пусками и остановками за I полугодие 1951 г. операций автоматического управления, сопровождавшихся сбоями, было на одной 13%, а на другой 21%. В результате проведенных во время ремонта оборудования мероприятий относительное число сбоев резко сократилось и составило за II полугодие соответственно 5 и 1,7%.

В 1950 г. заслуженно отмечались успехи Узбекэнерго в области автоматизации и телемеханизации гидроэлектростанций. Однако в 1951 г. в результате ослабления внимания к эксплуатации со стороны руководителей использование автоматики и телемеханики в этой энергосистеме ухудшилось. За 1951 г. в целом по энергосистеме автоматические пуски и остановки составили 95% от общего числа операций за счет низких показателей по некоторым гидроэлектростанциям (83%; 80%; 75% и даже 67%). Коэффициент использования телеуправления в среднем по всем телемеханизированным гидроэлектростанциям составил всего лишь 22%.

Между тем на Верхневолжских гидроэлектростанциях Мосэнерго, работающих в режиме пиковых и частотно-регулирующих станций, т. е. с большим числом пусков и остановок агрегатов, за декабрь 1951 г. коэффициент использования автоматики составил 100 и 96%, а использование телеуправления на расстоянии в сотни километров — соответственно 82 и 80%.

Недостатки в отношении использования имеют место и по другим видам автоматики. Наблюдаются случаи необоснованного отключения автоматов повторного включения, автоматических регуляторов возбуждения генераторов по различным, большей частью необоснованным, соображениям. Так, в ряде энергосистем — Ярэнерго, Ивэнерго, Грузэнерго и др. — длительно держат действием на сигнал введенную высокочастотную защиту.

Особенно серьезные недостатки имеются в освоении автоматики на некоторых тепловых электростанциях. На Безымянской тэц коэффициент использования автоматики горения за 1951 г. составил всего лишь 26,4% от времени работы автоматизированных агрегатов, в то время как за 1948—1949 гг. он составлял 90%. При переходе с сжигания карагандинского угля на АШ на электростанции не позаботились о приспособлении автоматики к работе в новых условиях. На Куйбышевской грэс коэффициент использования автоматики горения за 1951 г. составил 47,3%,

на грэс № 8 Ленэнерго—47%, на Грозненской тэц—61,8%. На двух котлах тэц № 12 Мосэнерго автоматика горения не использовалась совершенно из-за неустойчивой работы пылепитателей, а на остальных котлах коэффициент ее использования составил 66,7%.

Наряду с этим на передовых электростанциях были достигнуты высокие коэффициенты использования автоматики. На Кемеровской грэс средний коэффициент использования автоматики горения за 1951 г. составил 93%, на грэс № 4 Мосэнерго—96,3%, Егоршинской грэс—97%. На Киевской тэц № 3, где автоматизированы все котлы, средний коэффициент использования автоматики горения за год составил 98,65%; автоматика практически отключалась только при растопках и остановках котлов.

Опыт ряда электростанций показывает, что при правильной режимной настройке и хорошем использовании автоматика горения дает дополнительное повышение к. п. д. котлов, главным образом за счет снижения потерь от химической и механической неполноты сгорания (от 0,25 до 0,70%, в зависимости от местных условий); колебания параметров пара уменьшаются на 0,3—1,0%. Автоматизация горения, питания, перегрева пара и пылеприготовления на ряде электростанций дает снижение расхода электроэнергии на работу питательных насосов, мельниц и тяго-дутьевых устройств благодаря более равномерному регулированию питания, тяги, дутья, повышению производительности мельниц; позволяет расширить зоны обслуживания и уменьшить численность персонала при одновременном облегчении условий труда. Автоматизация оказывает большое влияние на повышение надежности работы оборудования и общее повышение культуры эксплуатации.

Распространение имеющегося опыта передовых электростанций на все предприятия даст значительный эффект; очень широки возможности использования в этой области метода инж. Ковалева, позволяющего получить наилучшие результаты по всем элементам автоматики и этим повысить технико-экономические показатели. На одной из электростанций Мосэнерго, где проводилось выявление лучших приемов работы кочегаров на котле, оборудованном автоматическим

регулированием процесса горения, было установлено, что кочегар, добившийся наилучших показателей в работе агрегата, значительно реже, чем его сменщики, вмешивался в работу автоматики. В его сменах число переключений вручную пылепитателей, случаев подрегулировки воздуха и тяги было наименьшим. Естественно, что одним из приемов стахановской работы кочегара явилось лучшее, более полноценное использование автоматики.

Устранение недостатков, непрерывное совершенствование и движение вперед — непреложный закон для советских людей. Поэтому внедрение и освоение автоматики и телемеханики сопровождается многочисленными предложениями об улучшении схем и аппаратуры устройств автоматики и телемеханики, о расширении области их применения, о более полном и эффективном использовании. В ряде энергосистем успешно осуществляется автоматическое повторное включение сборных шин и трансформаторов, автоматическое повторное включение потребителей после действия автоматической аварийной разгрузки и последующего восстановления частоты. Добавление на электростанциях Свердловэнерго в схемы автоматики горения корректоров по расходу пара существенно повысило устойчивость процесса горения и экономичность работы котлов.

Серьезные требования в отношении разрешения ряда новых технических задач на основе опыта эксплуатации автоматики и телемеханики предъявляются Орггрэс, ВТИ, ЦНИЭЛ и заводам Главэнергозачасти.

Возможности проявления творческой инициативы работниками научно-исследовательских, наладочных организаций и предприятий в деле улучшения использования и совершенствования автоматики неисчерпаемы. Успех будет обеспечен, если вместе с работниками, ведающими автоматикой, этому делу будут уделять внимание и работники основных цехов электростанций и эксплуатационных отделов, а руководители электростанций и районных управлений возглавят и поддержат ценные начинания передовиков и новаторов. Многообразные средства автоматики и телемеханики в энергетике должны стать могучим средством повышения надежности работы и производительности труда, дальнейшего подъема советской энергетики.



Трудящиеся Советского Союза! Смелее внедряйте достижения науки, техники и передового опыта во все отрасли народного хозяйства! Повышайте производительность труда, улучшайте качество и снижайте себестоимость продукции! Экономьте сырье, топливо, материалы, электроэнергию!

(Из Призывов ЦК ВКП(б) к 1 мая 1952 г.)

Трудящиеся Советского Союза! Успешным осуществлением великих строек на Волге и Днепре, на Дону и Аму-Дарье внесем новый вклад в дело строительства коммунизма!

(Из Призывов ЦК ВКП(б) к 1 Мая 1952 г.)

Новый способ получения импульса по нагрузке для регуляторов питания котлов

Инж. П. В. Фролов

Способ отбора импульса по нагрузке котла для регуляторов питания, основанный на измерении полезного напора циркуляционного контура, имеет преимущества по характеристикам регулирования и дает возможность упростить конструкцию регуляторов¹.

Рассмотрим назначение импульса по нагрузке и определим требования, которым он должен удовлетворять.

Импульс по нагрузке у регуляторов питания имеет в обычном представлении двойное назначение: обеспечить опережение действия регулятора при изменениях нагрузки и получить такую форму статической характеристики питания (зависимость между нагрузкой и положением уровня в барабане при установившемся состоянии), при которой выбеги уровня при сбросах и наборах нагрузки имеют наименьшую величину.

В современных условиях опережение действия регулятора практического значения не имеет благодаря применению малоинерционных регуляторов и из-за значительного набухания уровня при изменениях нагрузки. В начале процесса регулирования изменение уровня происходит с обратным знаком: при сбросе нагрузки уровень падает, несмотря на то, что подача воды превосходит расход пара. Во избежание увеличения выбегов уровня действие импульса по нагрузке не должно отражаться на действии импульса по уровню, правильно реагирующего на набухание. Это может быть достигнуто либо введением запаздывания импульса по нагрузке, либо уменьшением этого импульса по сравнению с воздействием импульса по уровню.

Второй способ осуществляется более просто.

Исходя из сказанного, воздействие импульса по нагрузке следует определять по оптимальному соотношению величин этого импульса и воздействия набухания уровня. Оптимальное соотношение должно быть постоянным для всех нагрузок. Этим определяется первое требование к конфигурации характеристики импульса на нагрузке. Ординаты характеристики импульса нагрузки должны быть пропорциональны ординатам характеристики набухания уровня. Конкретное

определение величины соотношения между импульсами должно производиться индивидуально для каждого типа котлов на основании характеристик разгона объекта и исследования процесса регулирования.

Следует заметить, что выбор желательного соотношения между импульсом по нагрузке и набуханием целесообразно производить, исходя не только из оптимальных условий преодоления внешнего возмущения (изменение набухания), но также и из других условий питания котла, связанных с импульсом по нагрузке. Например, в случае желания получить плавное (без пиков и толчков) изменение питания при переходе с одного режима нагрузки на другой величина импульса по нагрузке должна быть повышена (до равенства величин набухания). Еще большее повышение импульса по нагрузке может потребоваться при котлах, оборудованных кипящими экономайзерами и имеющих значительную скорость разгона. Работа регуляторов на таких агрегатах осложняется изменениями парового объема и сопротивления экономайзера при резких изменениях его теплового или водяного режимов. При недостаточной величине импульса по нагрузке на переходных по нагрузке режимах обеспечиваются пропорциональные или близкие к пропорциональным совместные однозначные изменения водяного и теплового режимов экономайзера, чем стабилизируется паровой объем экономайзера и обеспечивается нормальная обстановка для регулирования.

Второе требование к конфигурации характеристики импульса по нагрузке определяется желанием получить оптимальную форму статической характеристики питания, обеспечивающую наименьшую величину динамических отклонений уровня.

Обозначим максимально допустимые статические отклонения уровня через $+\sigma_{дон}$ и $-\sigma_{дон}$. Допустим, что при максимальной нагрузке статическая характеристика регулирования проходит через точку $+\sigma_{дон}$, а при нагрузке, равной нулю, — через точку $-\sigma_{дон}$. Тогда выбеги уровня при сбросах и наборах нагрузки будут максимально сокращены. Так как начальная точка искомой характеристики находится ниже оси абсцисс, а конечная точка — выше оси, характеристика пересекает ось абсцисс. Для обеспечения оптимальных сокращений выбегов уровня пересечение должно произойти в точке, абсцисса которой определяет среднюю по величине ординату на кривой набухания. Этим обуславливается пропорциональ-

¹ Возможность получения импульса, зависящего от нагрузки котла, путем измерения полезного напора циркуляционного контура проверена в лабораторных условиях опытами ЦКТИ на действующем котле небольшой производительности. Окончательное суждение о практической целесообразности подобного способа может быть сделано после проведения испытаний на разных котлоагрегатах. Р е д.

ность ординат статической характеристики питания и характеристики набухания. Определив оптимальную конфигурацию статической характеристики питания, можно найти и оптимальную форму характеристики импульса по нагрузке. Для этого ординаты статической характеристики питания должны быть сложены с соответствующими ординатами характеристики импульса по уровню.

Таким образом, определяется второе требование к форме характеристики импульса по нагрузке: разность ординат характеристик импульсов по нагрузке и уровню должна быть пропорциональна ординатам кривой набухания.

Искомая форма характеристики импульса по нагрузке достаточно точно выражается следующим уравнением:

$$\Delta P = A_2 D + A_1 A_3 \sqrt[k]{D} - \sigma_{доп}, \quad (1)$$

где ΔP — величина импульса по нагрузке;

D — часовой расход пара;

A_1 — коэффициент пропорциональности (определяемый из условия равенства ординаты характеристики питания при D_{\max} величине $+\sigma_{доп}$);

A_2 — параметр характеристики импульса по уровню;

A_3 — параметр кривой набухания котла при постоянном рабочем давлении;

k — переменный коэффициент, зависящий от кривизны характеристики набухания котла.

Коэффициенты A_3 и k находятся по кривой набухания:

$$A_3 = \frac{h}{D^k}; \quad k = \frac{\lg h}{\lg A_3 D},$$

где h — ординаты кривой набухания.

Коэффициенты A_1 и A_2 имеют следующее выражение:

$$A_1 = \frac{\delta + \sigma_{доп}}{h_{\max}}; \quad A_2 = \frac{\delta}{D_{\max}},$$

где δ — неравномерность по импульсу уровня.

При прямолинейной характеристике набухания (когда $k=1$) оптимальная характеристика импульса по нагрузке также прямолинейна:

$$\Delta P = (A_2 + A_1 A_3) D - \sigma_{доп}. \quad (2)$$

Уравнение (1) аналитически выражает второе требование к импульсу по нагрузке.

Первое требование также можно сформулировать в виде уравнения. Для этого необходимо в уравнении (1) приравнять нулю коэффициент A_2 , так как характеристика импульса по нагрузке в этом случае должна быть пропорциональна только кривой набухания. В этом случае уравнение (1) принимает вид:

$$\Delta P = A_1 A_3 \sqrt[k]{D} - \sigma_{доп}. \quad (3)$$

Так как оба требования к форме характеристики импульса по нагрузке не могут быть совмещены, достаточно, если конфигурация характеристики будет отвечать одной из этих форм или промежуточной форме.

Таким образом, уравнения (1) и (3) определяют диапазон оптимальных форм характеристики импульса по нагрузке.

Рассмотрим теперь реальные возможности получения этих форм.

Форма характеристики импульса по нагрузке при измерении его по перепаду давления в паропроводе выражается уравнением параболы:

$$\Delta P = A \sqrt[k]{D}, \quad (4)$$

где $k = 1/2$.

Сравнивая это уравнение с уравнениями (1) и (3), видим, что данная характеристика никогда не может быть расположена в оптимальном диапазоне, так как коэффициент ее кривизны $k = \frac{1}{2} < 1$, тогда как коэффициент кривизны обеих граничных кривых больше единицы.

Попытки искусственного исправления параболической характеристики импульса по нагрузке путем введения спрямляющих механизмов в передачу импульса делались неоднократно, но не привелись в практику. Вместе с тем, как было доказано выше, спрямления характеристики в большинстве случаев недостаточно.

Одним из способов получения импульса по нагрузке, дающем более приемлемую характеристику, является способ измерения циркуляционного напора. Сущность способа заключается в том, что водяная импульсная трубка датчика уровня регулятора сообщается с опускной трубой циркуляционного контура котла. При таком подключении датчика гидродинамическое давление в точке отбора импульса будет снижено за счет гидравлических потерь в опускной трубе. Вследствие этого уровень воды в датчике будет снижен в сравнении с уровнем в барабане котла. Характеристика импульса будет определяться зависимостью величины снижения давления в точке отбора импульса от нагрузки (т. е. циркуляционной характеристикой контура по полезному напору).

При предлагаемом способе подключения датчика импульсы по уровню и нагрузке складываются предварительно гидравлически и оказываются на регулятор суммарное воздействие. При этом все элементы регулятора, предназначенные для измерения импульса по нагрузке и сложения его с импульсом по уровню, становятся ненужными.

Исследования циркуляции котлов показывают, что конфигурация характеристики циркуляционного импульса по нагрузке имеет коэффициент кривизны $k \geq 1$. Иными словами, эта характеристика может быть либо прямолинейной, либо спадающей. Анализируя характеристики набухания и полезного напора циркуляционного контура, можно установить, что конфигурация их с ростом теплонапряжения трубной системы котла изменяется одинаково. При низких теплонапряжениях конфигурации обеих характеристик близки к прямолинейным ($k=1$). При высоких теплонапряжениях кривизна характеристики увеличивается, и она приобретает все более резко выраженный спадающий характер ($k > 1$). Однозначность изменения конфигурации

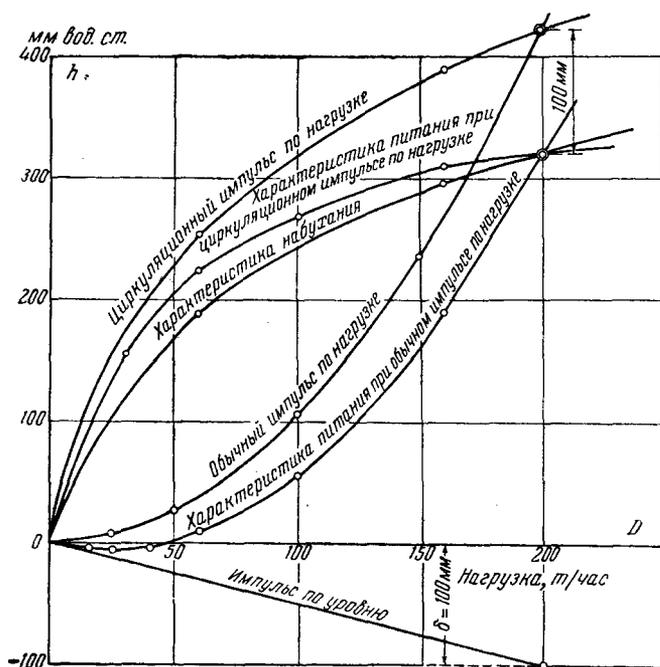


Рис. 1. Статические характеристики импульсов по нагрузке для котла КО-IV-200. При построении характеристик принято: $\delta = 100$ мм; величины импульсов по нагрузке при $D = 200$ т/час равны величине набухания при 200 т/час плюс 100 мм (δ); циркуляционный импульс по нагрузке взят от большого фронтального экрана; $P_x = \text{const}$. Кроме того, использованы следующие данные для построения характеристик:

1. Характеристика набухания

D , т/час	0	60	160
V , м ³	0	3,07	4,84
$h = \frac{V}{F}$, мм вод. ст.	0	188	296

здесь V — паровой объем в трубной системе котла по данным ЦКТИ; F — поверхность зеркала испарения котла — 17 м²; h — высота набухания.

2. Характеристика импульса уровня

Характеристика импульса уровня принимается прямолинейной с неравномерностью $\delta = 100$ мм.

3. Характеристика циркуляционного импульса по нагрузке

D , т/час	0	60	160
w , м/сек	0	2,0	2,48
ΔP , мм вод. ст.	0	294	452
h' , мм вод. ст.	0	254	390

Здесь w — скорость циркуляции в водоподводящих трубах большого фронтального экрана (по испытаниям ЦКТИ); ΔP — напор в подимпульсной точке большого фронтального экрана ($l = 1$ м; $d = 0,108$ м),

$$\Delta P = (1 - \xi_{вх} + 0,03 \frac{l}{d}) \frac{w^2 \gamma 1000}{2g} \text{ при } \gamma = 0,81 \text{ и } \xi_{вх} = 0,5;$$

h' — величина импульса по нагрузке ($h = k \Delta P$, где k — масштабный коэффициент — 0,863).

4. Характеристика обычного импульса по нагрузке

D , т/час	0	15	25	50	100	150	200
h'' , мм вод. ст.	0	2,4	6,5	26,2	105	236	421

здесь h'' — величина импульса по нагрузке ($h'' = A D^2$, где A — масштабный коэффициент — 0,0105).

5. Характеристика питания

Построение характеристики питания производится по разностям ординат характеристик импульса нагрузки и импульса уровня.

характеристик набухания и полезных напоров циркуляционного контура приводит к целесообразности использования циркуляционного импульса для любых типов котлов.

При правильном выборе контура циркуляции характеристика импульса по нагрузке может быть в достаточной степени приближена к оптимальной форме².

² Характеристики циркуляционного импульса и набухания следовало бы относить к внутритрубному, объем-

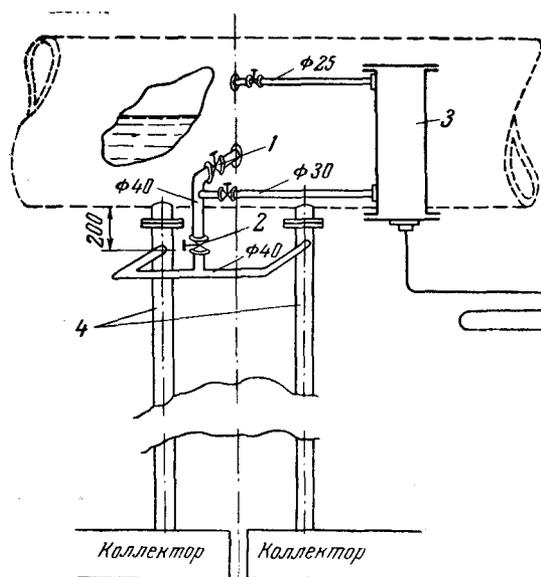


Рис. 2. Подключение поплавкового датчика при циркуляционной схеме измерения импульса по нагрузке.

На графике рис. 1 приводятся полученные расчетом статические характеристики сравниваемых импульсов по нагрузке для одних и тех же реальных условий (котел с высоким теплонпряжением однобарабанный КО-IV-200, 200 т/час, 34 ат).

Для наглядности сравнения неравномерность регулирования при построении графика принята равной 100 мм.

На графике проводится сравнение только по второму граничному условию. При полном соответствии граничному условию характеристика импульса по нагрузке должна обеспечить совпадение характеристики питания с кривой набухания. Близость к совпадению обеих линий определяет качество характеристики импульса по нагрузке³.

Из графика следует, что характеристика циркуляционного импульса по нагрузке близко соответствует второму граничному условию.

Параболическая характеристика имеет резкое расхождение с оптимальной формой.

Аналогичные сравнения импульсов по первому граничному условию оказываются еще более выгодными для циркуляционной характеристики.

Расчеты показывают, что циркуляционный импульс по расходу имеет аналогичные преимущества и для других типов котлов.

Достаточность циркуляционного напора для создания нужной величины импульса по нагрузке видна из следующего.

Согласно данным ЦКТИ минимальная скорость циркуляции для водоподводящих труб малых экранов равна 1,5—2,0 м/сек. Принимая, что при полной нагрузке котла скорость циркуляции равна 2,0 м/сек, для данных графика рис. 1 получим напор, равный 294 мм вод. ст. При обычных значениях неравномерности регулирования $\delta = 100$ —120 мм для создания импульса по на-

ному паросодержанию котловой воды, однако для удобства и наглядности эти характеристики отнесены к внешнему паросъему котла, как это принято при расчетах циркуляции котлов.

³ Коэффициент пропорциональности A по уравнению (1) на графиках принят равным единице.

грузке может потребоваться максимальный напор порядка 200—300 мм вод. ст. Для больших экранов напор достигает величины более 450 мм вод. ст., следовательно достаточность напора обеспечена всегда.

Кроме сообщения с опускной трубой котла, датчик должен быть подключен также обычным способом к водяному пространству верхнего барабана (рис. 2). Действуя вентилями 1 и 2, можно отрегулировать величину воздействия импульса по нагрузке при настройке регулятора.

Развитие трубной системы мощных котлов высокого давления, при одновременном уменьшении поверхности испарения, привело к тому, что набухание уровня в этих котлах возросло по сравнению с котлами среднего давления экранного типа, несмотря на уменьшение удельного объема пара. Из материалов ЦКТИ также следует, что величина набухания на котлах высокого давления весьма велика. Так, для котла типа ПК-10 набухание равно 800 мм. Таким образом, вопрос об импульсе по нагрузке актуален и для котлов высокого давления.

Выводы

Повышение качества регулирования, достигаемое при применении циркуляционного импульса по нагрузке, обуславливается следующими причинами:

1) улучшением статической характеристики питания, обеспечивающим при всех режимах

оптимальное сокращение выбегов уровня при сбросах и набросах нагрузки;

2) улучшением динамических свойств регулятора из-за сохранения постоянства оптимального соотношения величин импульсов по нагрузке и уровню для всех нагрузок.

Эти улучшения качества регулирования особенно важны для малообъемных котлов с высоким теплонпряжением трубной системы.

Наряду с улучшением характеристических качеств регулирования применение циркуляционного импульса по нагрузке обеспечивает простоту конструкции регулятора.

Применение циркуляционного напора позволяет включить любой одноимпульсный регулятор по двухимпульсной схеме без крупных конструктивных переделок. На рис. 2 приведена циркуляционная схема подключения датчика поплавкового типа.

Для того чтобы гарантировать импульс от переключений, подключение произведено к двум водо-подводящим трубкам. Аналогично могут быть подключены и термостатные датчики.

Подключение термостата к опускной трубе дополнительно дает эффект стабилизации работы термостата при переходных режимах. В этом случае уровень в термостате в значительной степени освобождается от колебаний, связанных с набуханием котловой воды при изменениях нагрузки. Как известно, эти колебания нарушают температурный режим термостата и ведут к расстройству работы регулятора.



Схемы автоматического регулирования котлоагрегатов

Канд. техн. наук Э. Я. Бейрах

• Московским отделением Центрального котло-турбинного института (МО ЦКТИ) разработаны типовые схемы автоматизации процесса горения, питания котла водой, автоматического регулирования температуры перегрева пара и технические условия на поставку оборудования автоматики для ряда отечественных пылеугольных котлов производительностью от 50 т/час и выше.

Схемы автоматического управления процесса горения

В схемах автоматизации котлов с пылеугольными горелками и с шахтными мельницами управление электродвигателями питателей топлива обычно выполнялось при помощи групповых реостатов, включенных в цепи возбуждения этих электродвигателей.

В настоящее время трестом Электропривод МЭП по техническим условиям МО ЦКТИ и Теплоэлектропроекта разработаны и освоены в производстве станции управления электродвигателями питателей (пылевидного и сырого топлива), использующие для регулирования скорости плоский контроллер. Эти станции предназначены для группового регулирования скорости вращения электродвигателей постоянного тока

типа ПН-85 мощностью 0,9 кВт и электродвигателей ПН-290 мощностью 3,5 кВт.

Каждая станция состоит из одной панели высотой 2 300 мм и шириной 600 мм. На панели установлены: плоский контроллер с приводом от электродвигателя постоянного тока, контактор, управляющий этим электродвигателем, автоматический синхронизатор хода и шесть реостатов, включенных каждый последовательно с основным сопротивлением соответствующего электродвигателя питателя. Эти реостаты предназначены для подрегулирования отдельных двигателей, характеристики которых могут несколько отличаться друг от друга.

С задней стороны панели смонтированы поля сопротивлений плоского контроллера и ряды зажимов. Ход траверзы контроллера в крайних положениях ограничивается конечными выключателями¹.

Использование плоского контроллера позволяет равномерно регулировать скорость вращения всех пылепитателей одновременно при отсутствии электрической связи между шунтовыми.

¹ Станции выполняются в нормальном открытом виде и предназначены для установки в закрытом и защищенном от пыли помещении.

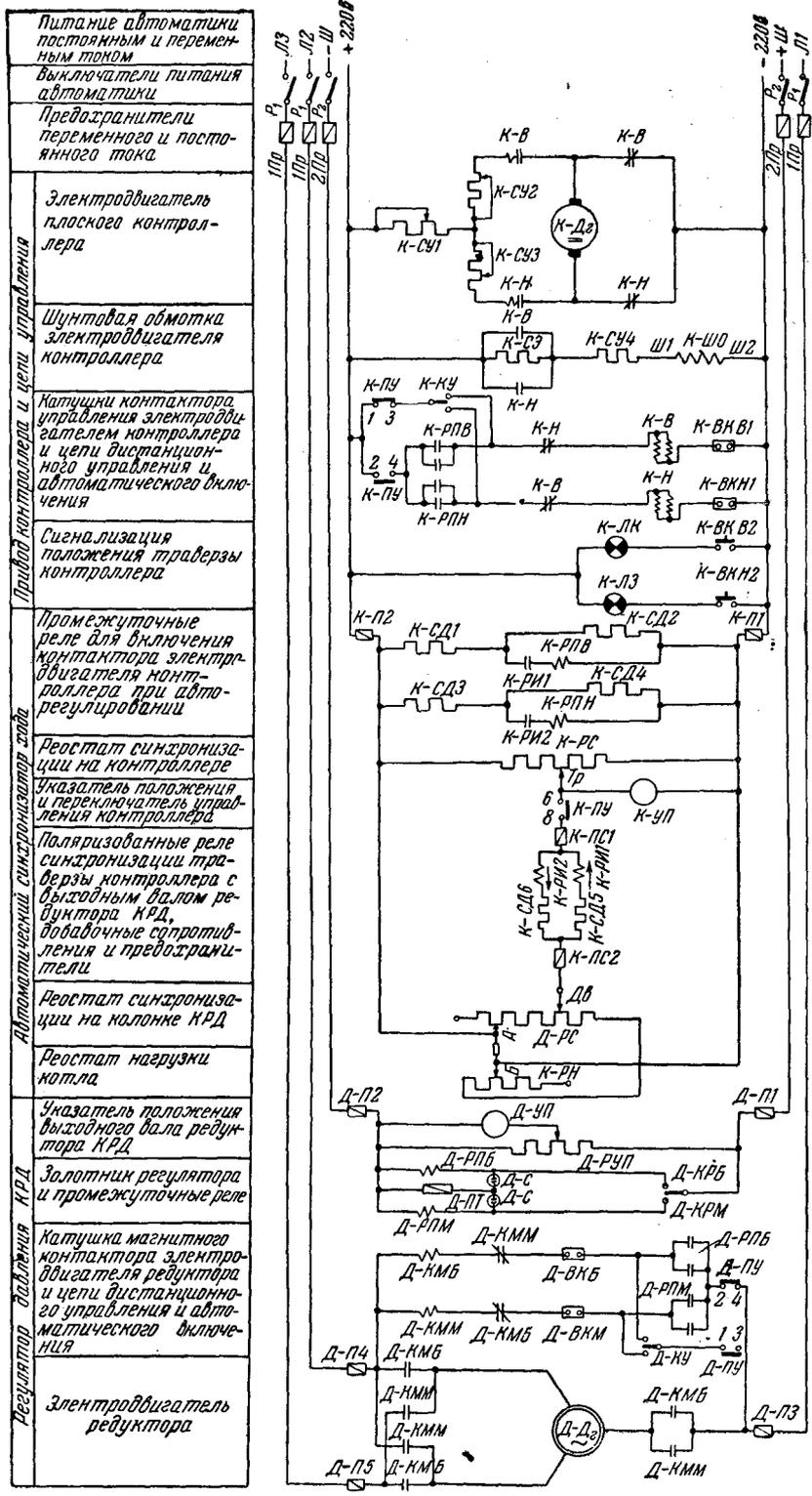


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема узла автоматической синхронизации работы контроллера с колонкой регулирования давления (КРД) с применением реостата нагрузки.

С — конденсатор; ПТ — трубчатый предохранитель; П1, П2, П3, П4, П5 — предохранители; В, Н — контактор постоянного тока „верх“ и „низ“; ВКБ, ВКМ — концевой выключатель „больше“, „меньше“; КМБ, КММ — магнитный контактор „больше“, „меньше“; КРБ, КРМ — контакт регулятора „больше“, „меньше“; РПБ, РПМ — промежуточные реле „больше“, „меньше“; Дв — движок реостата синхронизации; РУП — реостат указателя положения; ПУ — указывающий прибор; РН — реостат нагрузки; ПС — предохранитель синхронизатора; СД — добавочное сопротивление; РИ — импульсное реле (поляризованное); РС — реостат синхронизации; РПВ, РПН — промежуточные реле „верхнее“, „нижнее“; ПУ — переключатель управления; КУ — ключ управления; ЛК, ЛЗ — сигнальная лампа „красная“, „зеленая“; Ш0 — шунтовая обмотка двигателя траверсы; Д2 — электродвигатель; СЭ — сопротивление экономичности; СУ — устанавочное сопротивление; ВКН, ВКВ — концевые выключатели траверсы плоского контроллера „верхние“, „нижние“; Тр — траверза; Р-2 — двухполюсный рубильник, Р-1 — трехполюсный рубильник; Ш+, Ш- — шины „плюс“, „минус“; Л1, Л2, ЛЗ — линии. Перед обозначением: Д — регулятор давления, К — плоский контроллер; точки А и Б реостата нагрузки механически связаны.

Положения переключателя управления ПУ типа КФ-222

Положения рукоятки	Контакты		
	1—3	2—4	6—8
Автоматическое регулирование	—	×	×
Дистанционное управление	×	—	—

Контакты: × — замкнутые; — — разомкнутые.

цепями электродвигателей, в то время как использование отдельных реостатов для осуществления такой схемы требует громоздкой установки с разделкой большого количества кабелей. Кроме того, поскольку плоский контроллер снабжен своим электродвигателем, из узла топлива исполнительного механизма (КИМ), устанавливавшаяся ранее на каждом котле при автоматизации группы котлов с одним главным регулятором. Для целей синхронизации хода регулирующих органов узла топлива каждого котла исполь-

зуется автоматический синхронизатор хода (АСХ) с поляризованными реле в качестве измерительного органа синхронизатора.

Применение автоматического синхронизатора хода исключает необходимость установки контроллера вблизи главного регулятора.

Связь между исполнительным механизмом главного регулятора, в качестве которого используется колонка регулирования давления (КРД), и электродвигателем контроллера осуществляется по схеме рис. 1. С валом исполнительного механизма колонки регулирования давления соединен

движок одного из реостатов синхронизации (при управлении подачей топлива на нескольких котлах от одной колонки с валом соединены движки нескольких реостатов, число которых равно числу котлов, управляемых этой колонкой); другой реостат синхронизации устанавливается на плоском контроллере. Между движком и траверзой плоского контроллера включаются поляризованные реле автоматического синхронизатора хода, схема которого представлена на рис. 2. Нормально разомкнутые контакты поляризованных реле включены в цепи промежуточных реле. Контакты промежуточных реле, также нормально разомкнутые, включены в цепи катушек магнитного реверсивного контактора (МКР) электродвигателя контроллера.

Если движок реостата синхронизации, установленного на валу исполнительного механизма КРД, и траверза контроллера находятся на контактах, имеющих одинаковое напряжение, то в измерительной диагонали моста тока нет. При смещении движка реостата синхронизации равновесие моста нарушается, и одно из двух поляризованных реле (в зависимости от направления тока) через промежуточное реле и магнитный контактор включает электродвигатель контроллера для восстановления равновесия моста.

Перемещаясь к положению равновесия по контактам второго реостата синхронизации, траверза контроллера одновременно изменяет сопротивление в цепях шунтовых обмоток электродвигателей питателей, что вызывает соответствующее изменение их скорости вращения.

Таким образом, автоматический синхронизатор хода обеспечивает перемещение траверзы контроллера в положение, соответствующее положению вала исполнительного механизма главного регулятора.

Для осуществления перераспределения нагрузки между котлами при работе нескольких котлов на автоматическом регулировании от одной колонки КРД каждый котел снабжается реостатом нагрузки (рис. 1), по мере ввода которого уменьшается сопротивление реостата синхронизации на колонке КРД с одной стороны движка и соответственно увеличивается сопротивление с другой стороны. Это нарушает равновесие моста, и траверза контроллера для восстановления равновесия вынуждена занять новое положение. Такое выполнение реостата нагрузки обеспечивает отсутствие колебаний, которые могут иметь место из-за ступенчатого выполнения реостатов синхронизации.

Питание моста и промежуточных реле осуществляется постоянным током 220 или 110 в.

Плоские контроллеры изготавливаются в настоящее время с числом панелей сопротивления не выше семи, из которых, по крайней мере, одна является реостатом синхронизации. Поэтому, когда котел снабжается менее чем шестью питателями (котлы с шахтными мельницами, котлы с числом пылеугольных горелок менее шести), свободные панели в тех случаях, когда это необходимо, можно использовать в качестве импульсных реостатов для регуляторов первичного воздуха шахтных мельниц и для регулятора соотношения топливо—воздух.

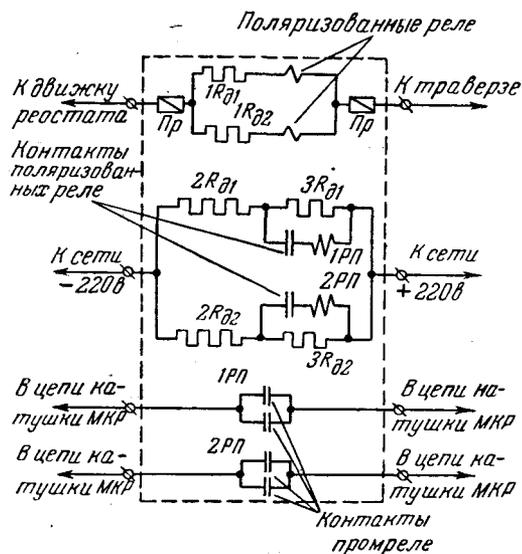


Рис. 2. Схема автоматического синхронизатора хода.

Пр — трубчатый предохранитель 0,06 а; R_0 — добавочное сопротивление остеклованное; $1R_0$ — 500 ом, тип I; $2R_0$ — 1 000 ом, тип I; $3R_0$ — 1 000 ом, тип I; PP — промежуточное реле типа КДР-1 (4 000 витков, 9 000 ом); МКР — магнитный реверсивный контактор.

Каждая панель сопротивления состоит из 30 секций. Величины сопротивлений, служащих реостатами в цепях возбуждения электродвигателей питателей, выбраны из условия получения следующих пределов регулирования: для электродвигателей типа ПН-85 на рабочее напряжение 110 и 220 в $n = 450 \div 1 350$ об/мин; для электродвигателей ПН-290 на рабочее напряжение 110 в $n = 850 \div 1 500$ об/мин и на рабочее напряжение 220 в $n = 450 \div 1 500$ об/мин.

Реостат синхронизации также состоит из 30 секций, причем сопротивление этого реостата, равное 300 ом, разбивается равномерно по 10 ом на секцию и рассчитано на ток 0,8 а.

В тех случаях, когда котлы с пылеугольными горелками снабжены шестью питателями и на контроллере не имеется свободных панелей, импульсные реостаты выполняются отдельно (по одной панели для каждого котла). Конструктивно эти реостаты аналогичны реостату синхронизации, но величина сопротивлений и его разбивка по секциям у них разные. Движки этих импульсных реостатов, так же как и движки реостатов синхронизации, соединены с рабочим валом исполнительного механизма КРД. На рис. 3 изображена схема узла управления топливом и воздухом для этого случая.

При такой схеме, когда импульсные реостаты для регуляторов соотношения топливо—воздух устанавливаются на главном регуляторе, к регулирующему реостату воздуха предъявляются особые требования. С помощью реостата нагрузки подача топлива в котел может быть снижена вдвое при неизменном положении вала исполнительного механизма КРД, т. е. неизменном положении движков импульсных реостатов. При этом подача воздуха в котел сохранится прежней, несмотря на существенное уменьшение подачи топлива. Поэтому реостат воздуха должен позволять не только корректировать соотношение топливо—воздух в связи с колебаниями качества топлива,

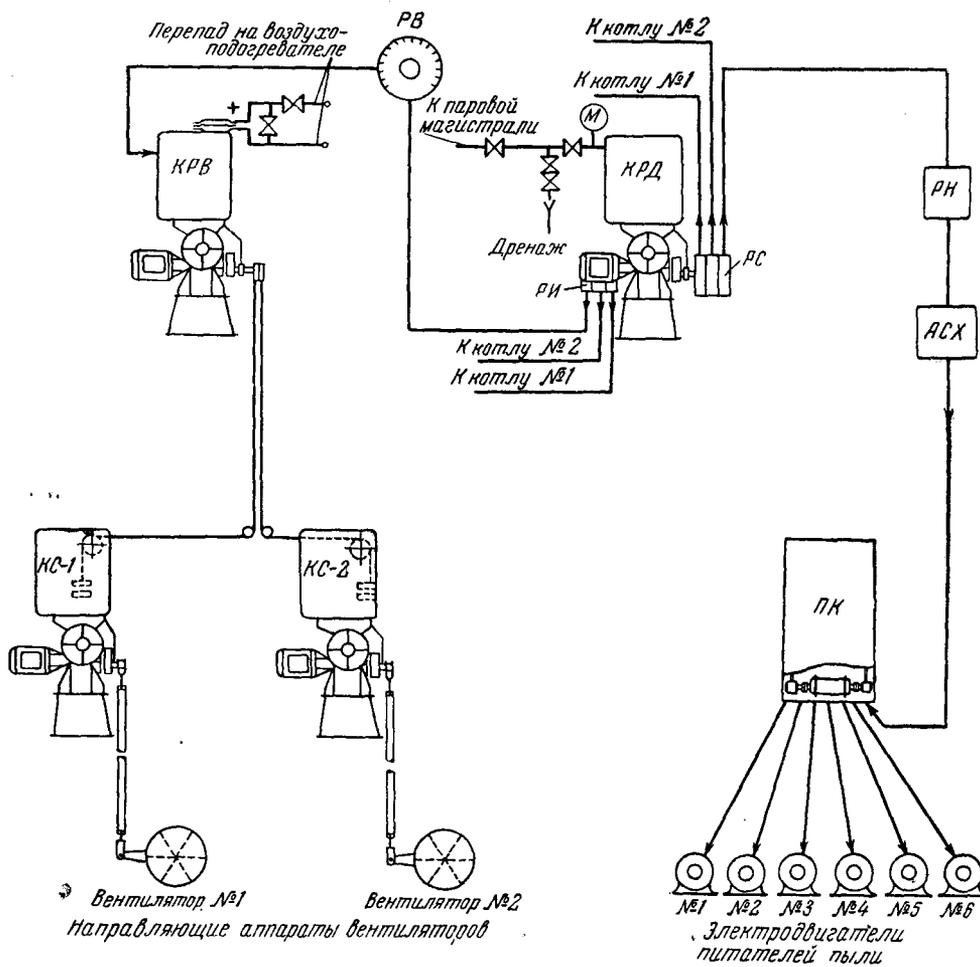


Рис. 3. Принципиальная схема узла управления топливом и воздухом при числе питателей, равном шести.

ПК — плоский контроллер; АСХ — автоматический синхронизатор хода; РН — реостат нагрузки; РС — реостаты синхронизации; РИ — импульсные реостаты; РВ — реостат воздуха; КРД — колонка регулирования давления; КРВ — колонка регулирования воздуха; КС-1; КС-2 — следящие колонки; М — манометр.

изменением характеристик пылепитателей и т. п., но и восстанавливать заданное соотношение топливо—воздух после воздействия реостатом нагрузки. В связи с этим реостат воздуха для таких схем выполняется повышенного сопротивления (500 Ом вместо 150 Ом, как это выполнялось ранее).

Сами регуляторы (давления, топливо—воздух, разрежения, первичного воздуха) — обычной конструкции, которая уже описывалась².

В качестве типового решения по управлению двумя регулирующими органами с помощью одного регулятора принята установка следящих колонок электромеханической системы. Для управления направляющими аппаратами двух дымососов (или двух вентиляторов) для каждого дымососа устанавливается своя следящая колонка, а регулятор тросом передает перемещения своего исполнительного механизма контактным дискам управляемых им следящих колонок. Такая схема позволяет легко перейти на автоматическое регулирование и с одним дымососом (или вентилятором).

² З. Я. Бейрах, А. А. Вершков и Е. П. Фельдман, Электромеханическая система автоматического регулирования горения котельных агрегатов, Госэнергоиздат, 1948.

В некоторых случаях (особенно при регулировании разрежения) для такой схемы требуется прокладка импульсных линий большой протяженности. Однако в большинстве случаев это не вызывает ухудшения работы регуляторов, а иногда сказывается даже благоприятно, так как длинные импульсные линии сглаживают пульсации давления газового или воздушного потока, для гашения которых часто приходится предусматривать даже специальные бачки и дростели.

Если же установка регулятора в непосредственной близости от следящих колонок оказывается неудобной или невозможной, механическая следящая система может быть заменена электрической, как это показано на рис. 4. Для этого выходной вал исполнительного механизма регулятора сочленяется с валом движков реостатов синхронизации; вместо следящих колонок устанавливаются колонки дистанционного управления (КДУ). Конечный вал редуктора КДУ сочленяется при этом с регулирующим органом и с валом движка реостата синхронизации.

Такая схема позволяет разделить регулятор и исполнительные механизмы, но она сложнее системы с механической следящей системой. Поэтому применять ее следует лишь в тех случаях, когда такое усложнение оправдано.

На рис. 5 приведена принципиальная типовая схема автоматизации процесса горения для котлов с четырьмя шахтными мельницами. Узел регулирования разрежения в этом случае такой же, как для схемы рис. 3.

Схемы комплектуются стандартными электромеханическими регуляторами ЦКТИ с использованием в схеме управления подачи топлива плоских контроллеров треста Электропривод МЭП.

В схемах автоматизации процесса горения для котлов с шахтными мельницами для регулирования подачи первичного воздуха в мельницы применены измерительные шайбы на перепад 40—50 мм вод. ст. при номинальном расходе первичного воздуха (в случае, если перепад на шайбе первичного воздуха для теплового контроля соответствует этой величине, возможно использование ее для целей регулирования). На воздушный регулирующий шибер шахтной мельницы целесообразно не налагать функций отключения

подачи воздуха, а использовать его только для регулирования с осуществлением полного хода в диапазоне регулируемых нагрузок котла. Отключающий шибер целесообразно устанавливать отдельно с независимым приводом.

Схемы автоматизации питания котлов водой

Для котлов высокого давления используется одноимпульсный изодромный регулятор конструкции МО ЦКТИ³ с дифференциальным регулятором, поддерживающим постоянный перепад давлений на регулирующем клапане. Опыт длительной работы этого регулятора уровня на котлах типа ТП-230-1 показал, что в тех случаях, когда через регулирующий клапан проходит примерно 75—80% всей питательной воды, подаваемой в котел, и перепад на клапане колеблется в пределах, не превышающих $\pm 4 \div 5$ ат, регулятор успешно справляется с задачей удержания уровня в допустимых пределах при всех практически имеющих место колебаниях нагрузки на котле. Первое из указанных двух условий является обычным для любого регулятора уровня, и несоблюдение его, за редким исключением, приводит к ненадежной работе регулятора. Для обеспечения узких пределов колебаний перепада давлений на регулирующем клапане МО ЦКТИ разработан специальный дифференциальный регулятор непрямого действия, представленный на рис. 6. Этот дифференциальный регулятор состоит из головки 1, в которую помещен узел гармониковой мембраны, измеряющей перепад давлений на регулирующем клапане регулятора уровня, колонки дифференциального регулятора 2, прикрепленной к головке, и стойки 3, на которой монтируется головка с колонкой.

Перемещение гармониковой мембраны при изменении перепада давлений передается через кривошип на валик. С валиком связан электрический золотник с контактами. Электрозолотник через промежуточное реле воздействует на магнитный контактор колонки КДУ, управляющей регулирующим клапаном дифференциального регулятора, который устанавливается до регулирующего клапана регулятора уровня. Заданное значение перепада, поддерживаемого дифферен-

³ Подробно об опыте работы одноимпульсного изодромного регулятора уровня конструкции МО ЦКТИ на котле высокого давления типа ТП-230-1 см. в статье инж. Е. П. Фельдмана, «Электрические станции», 1950, № 11.

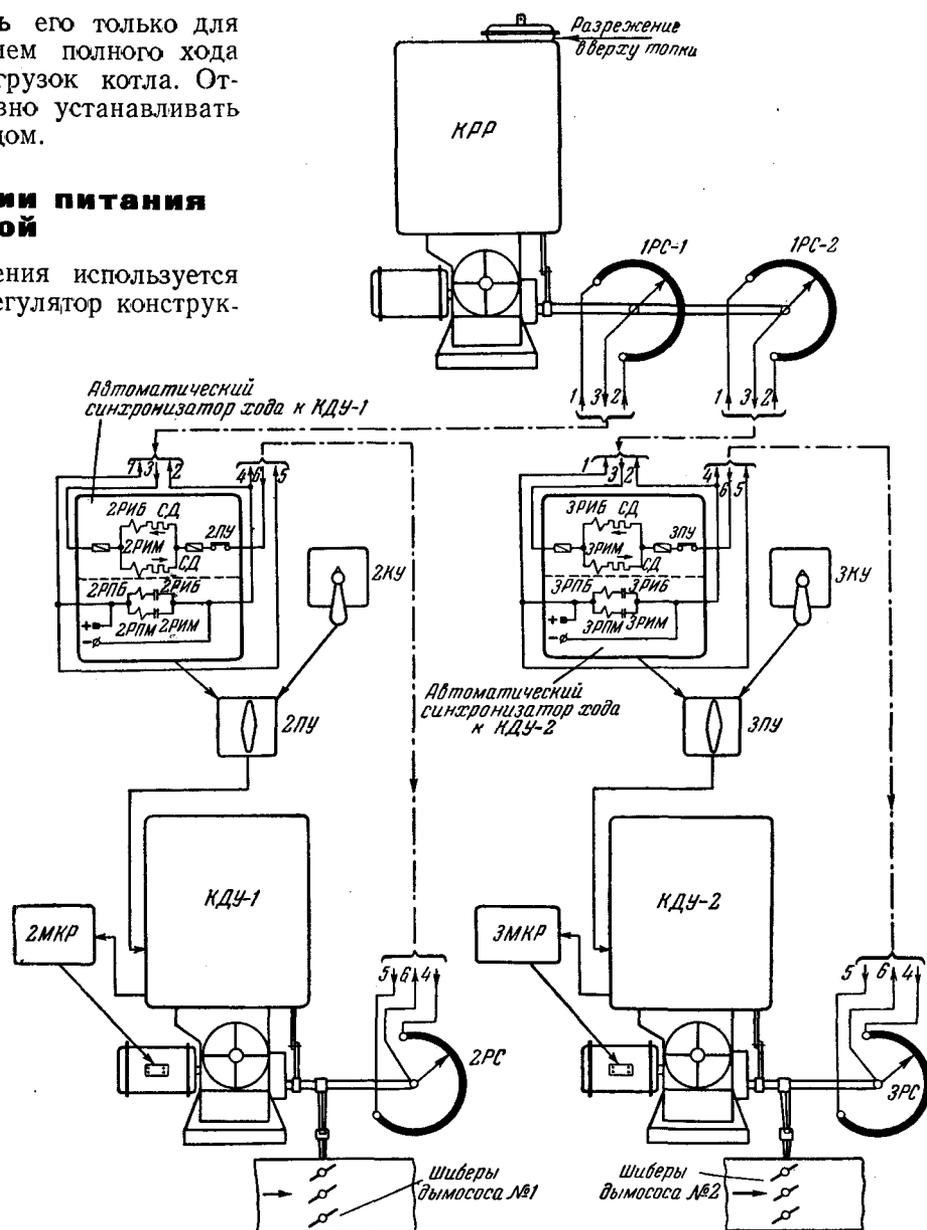


Рис. 4. Принципиальная схема регулирования с применением электрической следящей системы.

КРР — колонка регулирования разрежения; КДУ — колонка дистанционного управления; РИБ и РИМ — поляризованные реле „больше“, „меньше“; РПБ и РПМ — промежуточное реле „больше“, „меньше“; ПУ — переключатель управления; КУ — ключ управления; РС — реостаты синхронизации; СД — добавочное сопротивление; МКР — магнитный реверсивный контактор.

циальным регулятором, может быть изменено в пределах $3 \div 15$ ат путем изменения натяжения пружины, для чего из головки выведен шпindelь.

Применение дифференциального регулятора на питательном тракте котла (при существующих в настоящее время схемах питательных трубопроводов в пределах котла) диктуется также целесообразностью обеспечения независимой работы регулятора уровня и регулятора температуры перегрева в случае поверхностного пароохладителя, включенного в питательную магистраль котла.

Когда речь идет об оценке работы регулятора уровня, то характер обеспечиваемой им кривой изменения уровня во времени не может служить единственным критерием. Весьма важное значение имеет и характер кривой изменения подачи

воды в котел. Желательно, чтобы колебания расхода воды были в общем случае невелики. У котлов высокого давления, которые, как правило, работают в условиях малоизменяющейся нагрузки, узкие пределы колебаний уровня (при работе одноимпульсного регулятора) могут быть совмещены с удовлетворительным характером изменений расхода воды в котел.

На котлах же повышенного давления, где обычно имеют место большие колебания нагрузки, удержание уровня в узких пределах при работе одноимпульсного регулятора сопровождается, как правило, резкими изменениями расхода воды в котел.

Как показали проведенные опыты, работа двухимпульсного регулятора на котле среднего давления протекает более благоприятно, чем одноимпульсного изодромного регулятора на том же котле. При несколько худшем, но удовлетворяющем эксплуатационным требованиям поддержании уровня в барабане режим питания котла водой при двухимпульсном регуляторе более равномерный, без резких и частых колебаний подачи питательной воды. Поэтому для котлов среднего давления предусматривается установка двухимпульсных регуляторов уровня.

На котлах паропроизводительностью 150 т/час и ниже ранее предусматривалась установка двухимпульсных регуляторов уровня прямого действия, но они не позволяют осуществлять дистанционное и ручное управление регулирующим клапаном, что создает неудобства в эксплуатации.

Сокращение численности водосмотров или полная ликвидация поста водосмотров требует, чтобы машинист котла мог в любое время дистанционно управлять подачей воды в котел по

сниженному указателю уровня в барабане при всех режимах котла (растопке, остановке и т. п.).

Для повышения надежности работы котла на автоматическом регулировании во всех схемах автоматизации предусматривается установка двух регуляторов уровня на каждом котле (по одному на каждой питательной магистрали).

Схемы автоматического регулирования температуры перегрева пара

На всех без исключения крупных котлах с естественной циркуляцией отечественного производства охлаждение пара осуществляется в поверхностном пароохладителе, расположенном на стороне насыщенного пара. Для охлаждения используется питательная вода котла.

Задачу автоматического регулирования температуры перегрева пара на таких котлах нельзя считать решенной. До сих пор не удалось найти целесообразную схему регулирования. Трудности, возникающие при этом, связаны главным образом с большим отставанием момента начала изменения температуры пара от момента, соответствующего изменению подачи воды на пароохладитель. Это время, например, для котлов типа ТП-230 достигает примерно 120 сек.

Удовлетворительное решение этой проблемы при поверхностном охлаждении пара может быть получено в случае сокращения участка пароперегревателя, расположенного между местом выхода пара из пароохладителя и местом расположения измерительного элемента регулятора температуры перегрева.

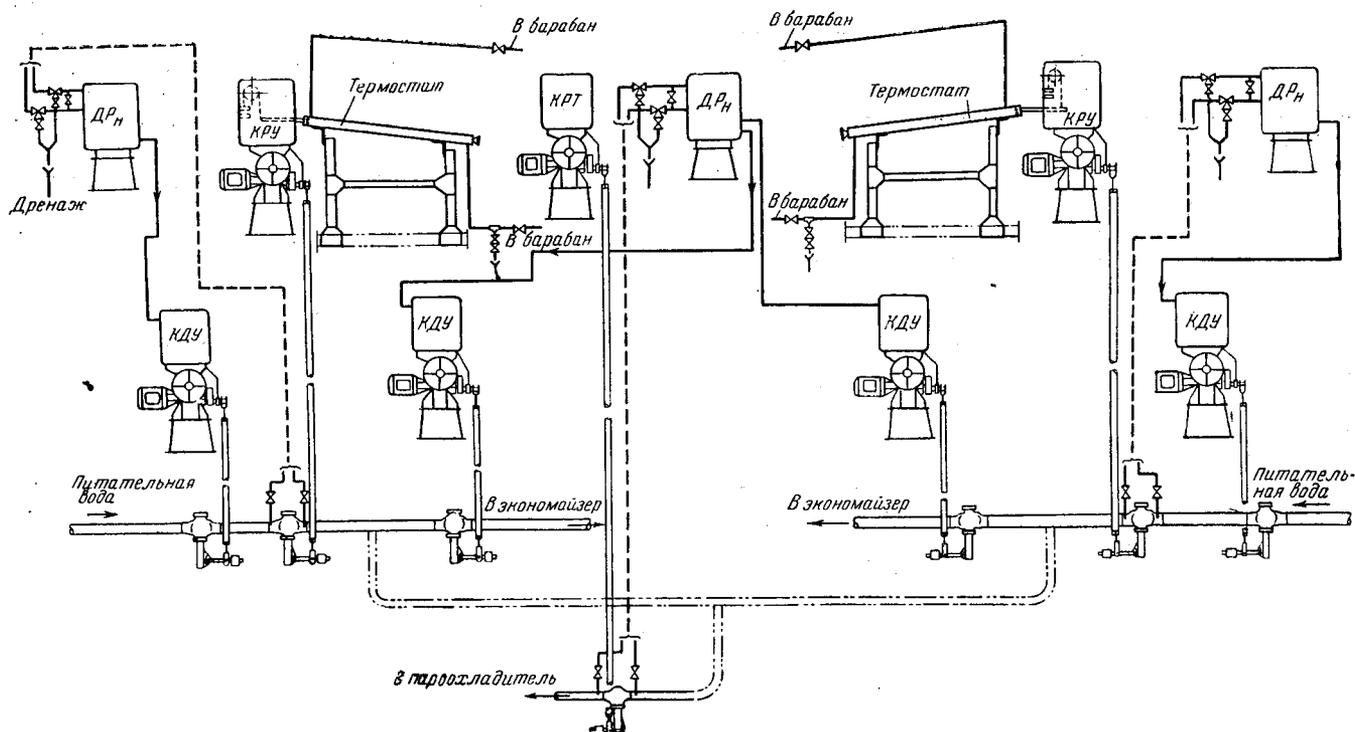


Рис. 7. Принципиальная схема автоматического регулирования температуры перегрева и уровня для котлов высокого давления.

ДРН — дифференциальный регулятор непрямого действия; КДУД — колонка дистанционного управления; КРУ — колонка регулирования уровня; КРТ — колонка регулирования температуры перегрева пара.

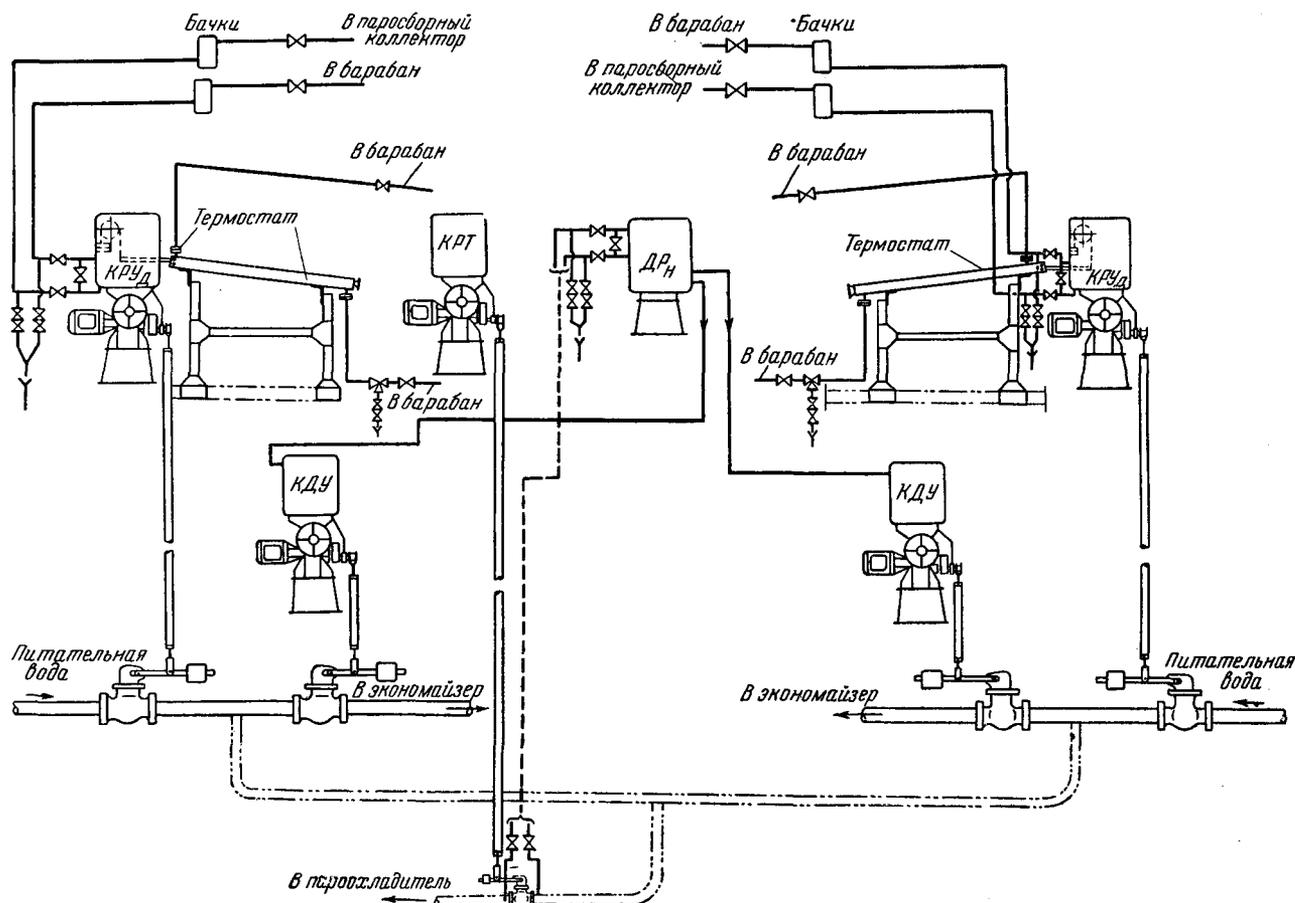


Рис. 8. Принципиальная схема автоматического регулирования температуры перегрева и уровня для котлов повышенного давления.

ДРн — дифференциальный регулятор непрямого действия; КРУд — двухимпульсная колонка регулирования уровня; КРТ — колонка регулирования температуры перегрева пара; КДУ — колонка дистанционного управления.

Таким образом, постановка вопроса о перенесении поверхностного парохладителя в «рассечку» пароперегревателя становится крайне актуальной.

Московское отделение ЦКТИ разработало метод, позволяющий расчетным путем определить рациональное, с точки зрения авторегулирования, место расположения парохладителя на паровом тракте пароперегревателя при регулировании температуры простейшим однимпульсным изодромным регулятором.

При проектировании типовых схем автоматического регулирования температуры перегрева котлов отечественной конструкции исходили из того, что парохладитель перенесен в «рассечку», причем место расположения парохладителя выбрано с учетом условий высокого качества автоматического регулирования с помощью однимпульсного изодромного регулятора.

В предложенных схемах, кроме того, предусмотрена возможность независимой работы регулятора уровня и регулятора температуры перегрева в связи с тем, что питательная вода после

парохладителя направляется в барабан котла⁴.

Всего на котле устанавливается три дифференциальных регулятора: два из них поддерживают постоянный перепад на регулирующих клапанах регуляторов уровня (на котле устанавливаются два регулятора уровня) и один поддерживает постоянный перепад на регулирующих клапанах (на одном или другом) регулятора температуры.

Схема авторегулирования уровня и температуры перегрева для котлов высокого давления представлена на рис. 7, а для котлов повышенного давления — на рис. 8. Последняя отличается тем, что на котлы повышенного давления не устанавливается дифференциальный регулятор, поддерживающий постоянный перепад давлений на клапане регулятора уровня⁵.

⁴ Независимая работа регуляторов уровня и перегрева достигается с помощью дифференциальных регуляторов, включенных по предложенной автором схеме (авторское свидетельство № 80797).

⁵ Это было принято по предложению ТЭП.

ОТ РЕДАКЦИИ

В связи с поставкой котлоагрегатов комплектно с автоматикой по описанным в данной статье схемам редакция обращается к читателям с просьбой направлять в редакцию журнала материалы об опыте эксплуатации этих схем и аппаратуры.



Схемы регулирования подачи воздуха в топку котлов по расходу пара¹

Инж. В. М. Рущинский

Хорошая работа регулятора воздуха при регулировании по схеме топливо—воздух может быть достигнута лишь при постоянстве качества топлива и характеристик органов, регулирующих его подачу.

Ввиду затруднения непрерывного измерения количества и качества топлива, подаваемого в топку, качество топлива — при автоматическом регулировании воздуха по схеме топливо—воздух — считается условно постоянным, а количество его измеряется относительно — по положению регулирующего органа (по скорости вращения двигателей пылепитателей, положению движка групповых реостатов и т. п.). При таком измерении расхода топлива не учитываются изменения подачи топлива, происходящие независимо от работы регулятора, как, например, перетекание пыли в шнековых пылепитателях, изменение подачи топлива через сбросные горелки и т. п.

При сжигании в котельных топлива с переменным качеством работа регулятора воздуха по схеме топливо—воздух может оказаться неудовлетворительной. Количество воздуха, подаваемого в топку котла, определяется количеством тепла, вводимого в топку:

$$V = kBQ_n^p,$$

где V — необходимый расход воздуха;

B — расход топлива;

Q_n^p — низшая теплотворная способность рабочего топлива;

k — коэффициент, который можно считать постоянным для определенного рода топлива (при постоянной влажности топлива).

Изменение BQ_n^p , не учитываемое регулятором топлива, отражается на режиме процесса горения так же, как отражалось бы соответствующее изменение количества воздуха при постоянном BQ_n^p .

О качестве процесса горения обычно судят по содержанию CO_2 в продуктах сгорания. Так как содержание CO_2 связано с коэффициентом избытка воздуха зависимостью $\text{RO}_2 = \frac{\text{RO}_2^{\text{макс}}}{\alpha}$, то при произвольном изменении BQ_n^p на величину ΔBQ_n^p отклонения CO_2 от оптимального значения составят

$$\pm \Delta(\text{CO}_2) = \pm \frac{\Delta(BQ_n^p)}{(BQ_n^p)_{\text{ср}}}.$$

При автоматизации процесса горения ставится

¹ Печатается в порядке обсуждения. Р е д.

условие поддержания CO_2 за котлом с точностью $\pm 0,5\%$. Из сказанного видно, что при отклонениях $\Delta(BQ_n^p)$ от среднего значения выше $\pm 5\%$ и среднем значении $(\text{CO}_2)_{\text{ср}} = (12 \div 14)\%$ требуемые условия при регулировании воздуха по схеме топливо — воздух не могут быть выполнены даже при самой тщательной настройке регулятора воздуха.

В связи с этим в последнее время на электростанциях Министерства электростанций все чаще находят применение схемы регулирования подачи воздуха по расходу пара. Принцип такого регулирования не нов; он основан на том, что при установившемся режиме котлоагрегата расход пара соответствует количеству тепла, вводимого в топку, т. е.

$$D = BQ_n^p \frac{\eta}{i_{\text{нн}} - i_{\text{нс}}}.$$

При этом предполагается, что теплосодержание пара и питательной воды $i_{\text{нн}}$ и $i_{\text{нс}}$ — величины постоянные, а к. п. д. агрегата η , при поддержании оптимальных режимных условий, меняется в незначительных пределах.

Для улучшения качества регулирования в переходных режимах применяется комбинирование схем топливо — воздух и пар — воздух.

Ниже разобраны динамические свойства различных схем регулирования воздуха по расходу пара для двух видов возмущений — со стороны топлива и со стороны паровой (электрической) нагрузки электростанции и намечены возможные области их применения. Условно принято, что при возмущении по топливу давление пара регулируется другими котлами. Возмущение производится регулирующим органом регулятора топлива.

Схема регулирования воздуха непосредственно по расходу пара

Регулятор воздуха в схеме регулирования воздуха непосредственно по расходу пара (рис. 1, а) независимый (обособленный); ведущим импульсом является расход пара, измеряемый по перепаду на диафрагме паромера или участка паропровода, а обратным импульсом — расход воздуха, измеряемый по перепаду на участке воздушного тракта (в некоторых случаях — по перепаду на участке газового тракта). Для увеличения устойчивости работы регулятор обычно снабжается устройством гибкой обратной связи (изодромом).

Возмущение со стороны топлива (рис. 1, б). В момент времени t_0 происходит резкое уменьшение подачи топлива на величину ΔB . Возмущение $\nu = \frac{\Delta B}{B_{\text{макс}}}$. С момента $t_0 + \tau$ (где τ —

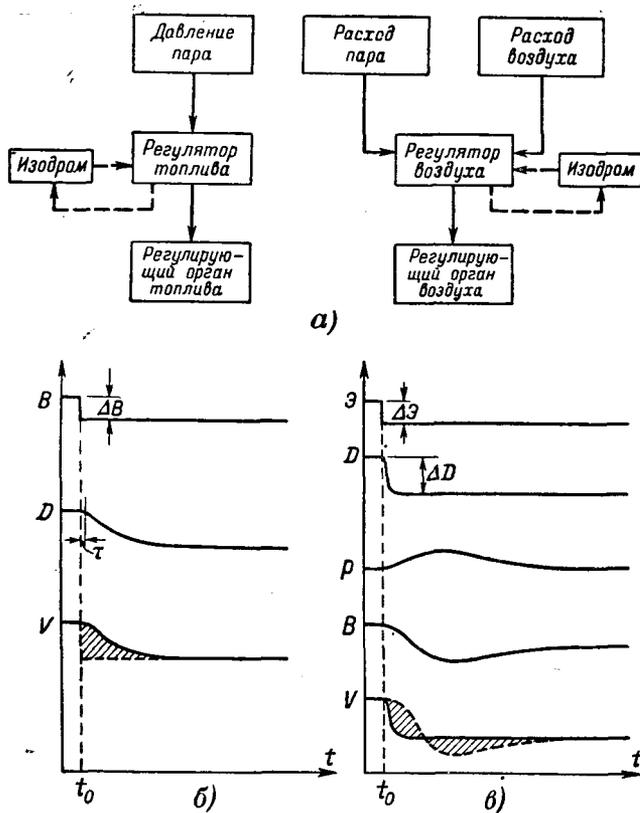


Рис. 1. Схема регулирования воздуха непосредственно по расходу пара и графики процесса регулирования.

запаздывание порядка 10 ÷ 25 сек.) расход пара меняется приблизительно по закону

$$D = D_{\text{макс}} \nu \left(1 - e^{-\frac{t}{T'_a}}\right),$$

где T'_a — время разгона котла при возмущении по топливу.

Подача воздуха при работе регулятора практически следует за расходом пара. Необходимая подача воздуха (соответственно подаче топлива) показана на рисунке пунктиром; заштрихованная область на нем — расхождение между количеством воздуха, поданного регулятором, и необходимым количеством воздуха. Максимальное отклонение в промежуток времени $t_0 \div (t_0 + \tau)$ пропорционально величине возмущения и равно $V_{\text{макс}} \frac{\Delta B}{B_{\text{макс}}}$.

Отклонение CO_2 от среднего значения составит $\pm \Delta(\text{CO}_2) = \pm \frac{\Delta B}{B_{\text{макс}}} (\text{CO}_2)_{\text{ср}}$.

Возмущение со стороны паровой нагрузки (рис. 1, в). В момент времени t_0 происходит сброс электрической нагрузки, что вызывает соответствующее изменение паровой нагрузки котла на величину ΔD . Возмущение $\nu = \frac{\Delta D}{D_{\text{макс}}}$.

Расход пара меняется по закону

$$D = D_{\text{макс}} \nu \left(1 - e^{-\frac{t}{T''_a}}\right),$$

где T''_a — время разгона котла при возмущении со стороны паровой нагрузки

Время разгона котла при возмущении со стороны паровой нагрузки относительно очень невелико, порядка 10 ÷ 15 сек. Новое значение нагрузки на котле устанавливается через промежуток времени порядка 20 ÷ 30 сек. Подача воздуха следует за паровой нагрузкой котла.

С момента t_0 давление пара p возрастает, регулятор давления вступает в работу, и начинает меняться подача топлива. Запаздывание изменения подачи топлива при возмущении по пару невелико и определяется, главным образом, зоной нечувствительности регулятора и инерционностью его измерительного органа. Регулятор топлива по условиям наладки практически всегда работает со скоростью, пропорциональной величине отклонения и скорости изменения давления (для издромного регулятора), что в свою очередь определяется величиной возмущения и временем разгона котла по давлению. Время разгона котла по давлению значительно больше времени разгона по нагрузке, обычно порядка 250 ÷ 400 сек. Вследствие этого подача воздуха при возмущении со стороны паровой нагрузки значительно опережает подачу топлива.

Необходимая подача воздуха (согласно подаче топлива) показана на рис. 1, в пунктиром; заштрихованная область на нем — несоответствие между подаваемым и необходимым количеством воздуха. Величина несоответствия зависит от величины возмущения, регулировочных свойств котла (от величины расхождения между временем разгона котла по расходу пара и по давлению) и от настройки регулятора давления. При апериодическом процессе (для издромного регулятора давления) в начале процесса регулирования имеется недостаток, затем — избыток воздуха. К концу процесса регулирования наступает соответствие в подаче воздуха. Максимальное отклонение в начале процесса регулирования может достигать величины $V_{\text{макс}} \frac{\Delta D}{D_{\text{макс}}}$. Максимальные возможные отклонения CO_2 от среднего значения составят при этом

$$\pm \Delta(\text{CO}_2) = \pm \frac{\Delta D}{D_{\text{макс}}} (\text{CO}_2)_{\text{ср}}$$

Схема регулирования воздуха по суммарному импульсу от подачи топлива и расхода пара

Схема регулирования воздуха по суммарному импульсу подачи топлива и расхода пара (рис. 2, а) является промежуточной между схемами топливо — воздух и пар — воздух. Ведущим импульсом регулятора воздуха служит сумма импульсов от топлива и от расхода пара, обратным импульсом — расход воздуха. Для повышения устойчивости работы регулятор снабжается издромом.

В зависимости от того, какому из двух слагаемых ведущего импульса дается предпочтение при наладке регулятора, схема приближается либо к схеме топливо — воздух, либо к схеме пар — воздух. Наибольший практический интерес представляет случай при равенстве импульсов от топлива и от расхода пара. Графики процессов регулировки для этого случая при возмущениях со стороны топлива приведены на рис. 2, б и со

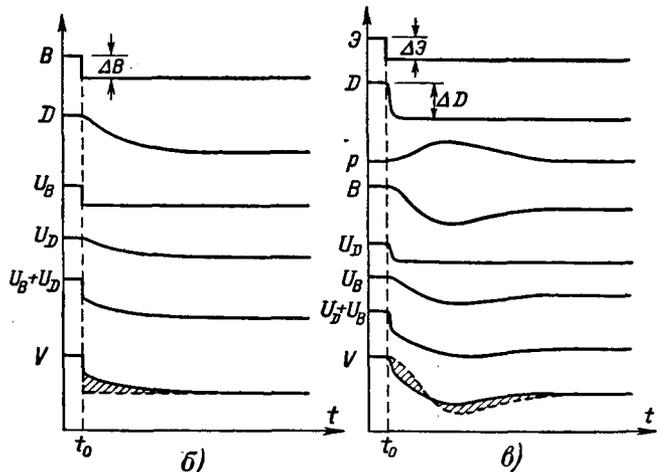
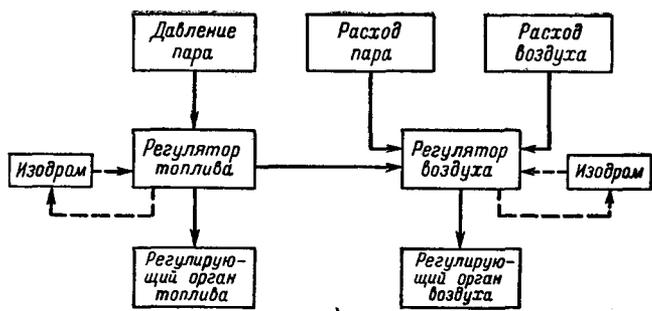


Рис. 2. Схема регулирования воздуха по суммарному импульсу от подачи топлива и расхода пара и графики процесса регулирования.

стороны электрической нагрузки — на рис. 2, в. Изменения подачи топлива и паровой нагрузки котла происходят так же, как в аналогичных случаях схемы рис. 1, а. На графиках показаны отдельно кривые изменения импульсов от топлива U_B , расхода пара U_D и суммарного импульса $U_V = U_B + U_D$. Область несоответствия между необходимым количеством воздуха и количеством воздуха, подаваемым регулятором, на графиках заштрихована. Максимальное отклонение уменьшается в два раза по сравнению с предыдущей схемой. Таким образом, эта схема позволяет увеличить в два раза допустимые отклонения $\Delta B Q_n^p$ и ΔD по сравнению со схемами топливо — воздух и пар — воздух соответственно.

Схема топливо—воздух с автоматической корректировкой по соотношению пар—воздух

Командными импульсами регулятора воздуха в схеме топливо—воздух с автоматической корректировкой по соотношению пар — воздух (рис. 3, а) является импульс по топливу от регулятора топлива и импульс по соотношению пар—воздух, поступающий от регулятора пар—воздух. Работа регулятора протекает следующим образом. При изменении подачи топлива происходит соответствующее изменение подачи воздуха. Если при этом получается несоответствие между расходом пара и расходом воздуха, вступает в работу регулятор соотношения пар—воздух и меняет расход воздуха в нужную сторону.

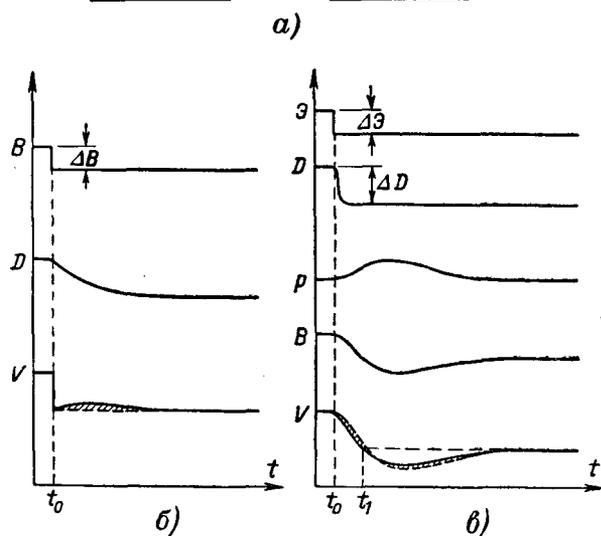
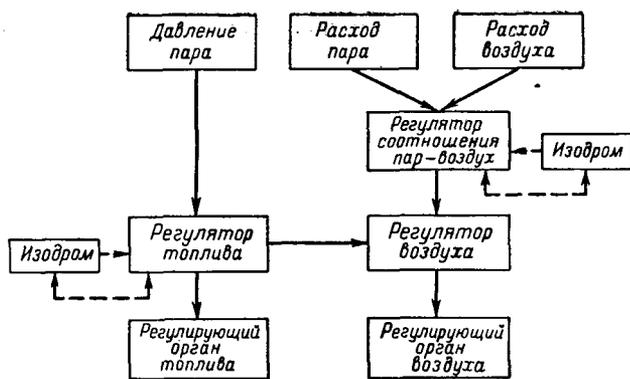


Рис. 3. Схема топливо—воздух с автоматической корректировкой по соотношению пар—воздух и графики процесса регулирования.

Ниже разобран процесс работы регулятора при возмущениях со стороны топлива и электрической нагрузки.

Возмущение со стороны топлива (рис. 3, б). Изменения топлива и расхода пара происходят так же, как и в предыдущих случаях. Регулятор воздуха получает два импульса: по количеству топлива и по соотношению пар—воздух. В первый момент подача воздуха резко уменьшается соответственно уменьшению подачи топлива, затем несколько возрастает за счет работы регулятора соотношения пар—воздух. Ввиду того что расход пара в первый момент еще не уменьшился до нового значения, соотношение пар—воздух увеличилось, что заставляет регулятор соотношения работать в сторону увеличения подачи воздуха.

По мере установления на котле новой нагрузки расход воздуха постепенно подходит к своему оптимальному значению. Отклонения расхода воздуха от оптимального (заштрихованная область) определяется величиной возмущения, временем разгона котла при возмущении со стороны топлива и настройкой регулятора соотношения пар—воздух.

Возмущение со стороны паровой нагрузки (рис. 3, в). В момент t_0 происходит сброс электрической нагрузки электростанции. Изменение паровой нагрузки котла, работа регулятора давления и изменение подачи топлива происходят так же, как в аналогичных случаях

предыдущих схем. Подача воздуха в основном следует за топливом, но в начальный период процесса регулирования несколько опережает топливо за счет работы регулятора соотношения пар—воздух. Максимальное несоответствие между топливом и воздухом происходит в момент t_1 , когда подача воздуха проходит значение, соответствующее новой установившейся нагрузке котла. До момента t_1 соотношение пар—воздух больше оптимального, в момент t_1 равно оптимальному и затем становится меньше оптимального. С момента t_1 регулятор соотношения пар—воздух начинает работать в обратную сторону и постепенно уничтожает несоответствие. Величина расхождения в подаче воздуха и топлива (заштрихованная область) зависит от регулировочных характеристик котла и настройки регулятора соотношения пар—воздух.

Как видно из рассмотрения работы этой схемы, регулятор топливо—воздух играет в ней ведущую роль, а регулятор соотношения пар—воздух — корректирующую. Для обеспечения правильной работы схемы приведенное время серводвигателя регулятора пар—воздух должно быть значительно больше, чем регулятора топливо—воздух².

В этом случае в переходных процессах регулятор работает практически по схеме топливо—воздух, и в то же время обеспечивается поддержание заданного соотношения пар—воздух при установившемся режиме работы котла.

Схема регулирования воздуха по расходу пара с одновременным воздействием по скорости изменения подачи топлива

В схеме регулирования воздуха по расходу пара с одновременным воздействием по скорости изменения подачи топлива (с «исчезающим» импульсом по топливу) (рис. 4,а) регулятор воздуха получает прямой импульс по расходу пара, а обратный — по расходу воздуха. Одновременно на регулятор воздуха от регулятора топлива через специальное дифференцирующее устройство подается импульс, пропорциональный скорости изменения подачи топлива. Последний импульс появляется только в динамических процессах при изменении подачи топлива. В установившемся режиме подача воздуха определяется только расходом пара.

Работа регулятора протекает следующим образом.

Возмущение со стороны топлива (рис. 4,б). Изменение топлива и расхода пара происходят так же, как и в ранее рассмотренных случаях. Регулятор воздуха получает суммарный импульс: по расходу пара— U_D и по скорости изменения подачи топлива — U'_B . Импульс по расходу

² Под приведенным временем серводвигателя регулирующего органа воздуха имеется в виду время, за которое он под воздействием того или иного командного импульса пройдет свой полный ход.

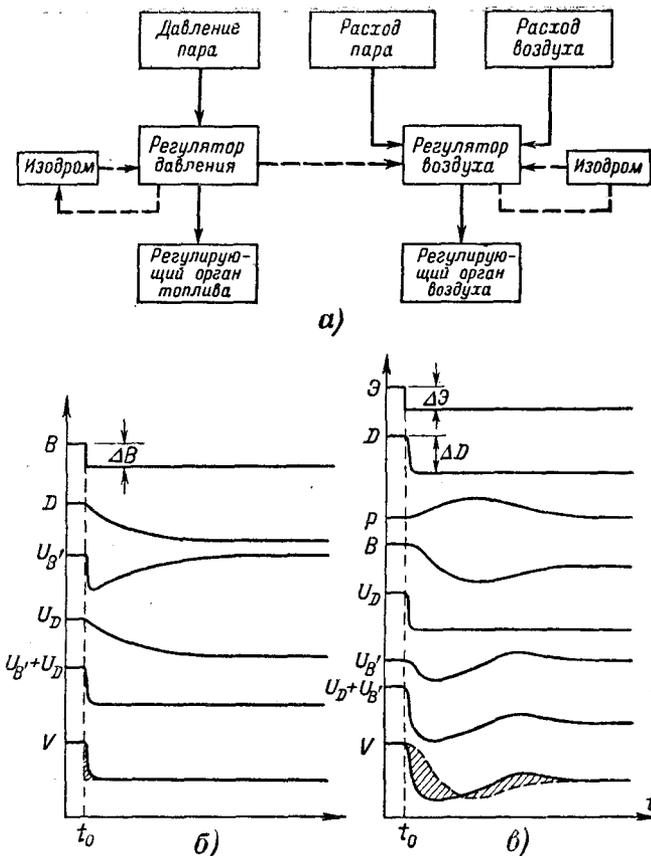


Рис. 4. Схема регулирования воздуха по расходу пара с одновременным воздействием по скорости изменения подачи топлива и графики процесса регулирования.

пара изменяется так же, как и в схеме пар—воздух с момента $t_0 + \tau$ по закону

$$U_D = U_{D \text{ макс}} \frac{\Delta D}{D_{\text{макс}}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T'_a}} \right),$$

где T'_a — время разгона котла при возмущении по топливу.

Импульс по скорости изменения подачи топлива изменяется приблизительно по закону

$$U'_B = U_{B \text{ макс}} \frac{\Delta B}{B_{\text{макс}}} e^{-\frac{t}{T_i}},$$

где T_i — постоянная времени дифференцирующего устройства.

При равенстве постоянных времени T'_a и T_i и максимальных значений импульсов $U_{D \text{ макс}}$ и $U'_{B \text{ макс}}$ (что обуславливается наладкой регулятора) суммарный импульс $U_D + U'_B$, действующий на регулятор воздуха, будет близок к необходимому, и подача воздуха будет достаточно точно соответствовать подаче топлива.

Возмущение со стороны паровой нагрузки (рис. 4,в). При изменении электрической и паровой нагрузки работа регулятора давления и изменение подачи топлива происходят так же, как в предыдущих схемах. На регулятор воздуха воздействует суммарный импульс: по расходу пара и по скорости изменения подачи

топлива. Импульс по скорости изменения подачи топлива усиливает импульс по расходу пара, в результате чего в первый период процесса регулирования происходит значительное расхождение между подаваемым и оптимальным (согласно подаче топлива) количеством воздуха. По мере протекания процесса регулирования расхождение уменьшается и постепенно сводится к нулю.

Максимальное отклонение, возникающее в начале процесса регулирования, превосходит отклонение при регулировании воздуха по простой схеме пар—воздух.

При оценке этой схемы регулирования воздуха нужно учитывать, что основной задачей автоматического регулирования процесса горения является поддержание постоянного давления пара и оптимального режима процесса горения при изменении электрической (или паровой) нагрузки электростанции. Поэтому основным возмущением, на которое нужно ориентироваться при выборе схемы регулирования, является возмущение со стороны паровой нагрузки. Резкие возмущения со стороны топлива могут быть либо случайные (выход из строя пылепитателей, забивание пылепроводов и т. п.), либо принудительные (отключение пылепитателей, отключение мельниц, изменение подачи топлива при перераспределении вручную нагрузки между котлами и т. п.). Эти возмущения не могут являться основанием для выбора схемы автоматического регулирования.

С этой точки зрения можно наметить следующие условия применимости этой схемы. Схему нецелесообразно применять для регулирования процесса горения котлов с естественной циркуляцией, так как она дает худшие результаты, чем более простая схема пар—воздух. Схему можно найти применение при регулировании прямоточных котлов, если давление пара в котельной поддерживается другими котлами. Задачей регулятора топлива в таком случае является поддержание не давления пара, а температуры газа (или пара за переходной зоной). В этом случае основным источником возмущения для процесса горения является регулятор топлива, и применение этой схемы вполне обосновано.

Аналогичное применение также может найти эта схема (как вынужденное решение) на электростанциях с базовой нагрузкой, но с очень неустойчивым режимом работы пылепитателей.

Выводы

На основании анализа рассмотренных схем регулирования подачи воздуха, подтвержденного опытом работы ОргрЭС на ряде электростанций, можно сделать следующие выводы:

1. Схема топливо—воздух может применяться в условиях, когда заданная точность поддержа-

ния экономичности процесса горения по CO_2 удовлетворяет условиям

$$\pm \Delta (\text{CO}_2)_{\text{зад}} \geq \pm \frac{\Delta (BQ_n^p)}{(BQ_n^p)_{\text{ср}}},$$

где $\Delta (BQ_n^p)$ — текущие самопроизвольные отклонения подачи и теплотворной способности топлива.

Схема, как правило, плохо применима при работе на бурых углях, торфе и другом топливе, у которых колебания теплотворной способности превышают $\pm 5\%$ от среднего значения.

2. Схема пар—воздух может применяться на электростанциях, работающих на топливе с большими колебаниями его качества, но при плавно меняющейся нагрузке. Заданная точность поддержания CO_2 должна удовлетворять условиям:

$$\pm \Delta (\text{CO}_2)_{\text{зад}} \geq \pm \frac{\Delta D}{D_{\text{макс}}} (\text{CO}_2)_{\text{ср}},$$

где ΔD — максимальное резкое изменение паровой нагрузки котла.

3. Схема регулирования воздуха по суммарному импульсу от топлива и расхода пара является промежуточной между схемами топливо — воздух и пар—воздух. При одинаковых воздействиях со стороны топлива и со стороны пара схема позволяет в два раза увеличить допуск на отклонение $\Delta (BQ_n^p)$ по сравнению со схемой топливо — воздух и в два раза увеличить допуск на отклонения ΔD по сравнению со схемой пар—воздух. Схему можно найти применение в котельных при удовлетворении условий:

$$\pm \Delta (\text{CO}_2)_{\text{зад}} \geq \pm 0,5 \frac{\Delta (BQ_n^p)}{(BQ_n^p)_{\text{ср}}} (\text{CO}_2)_{\text{ср}}$$

$$\text{и } \pm \Delta (\text{CO}_2)_{\text{зад}} \geq 0,5 \frac{\Delta D}{D_{\text{макс}}} (\text{CO}_2)_{\text{ср}}.$$

4. Схема топливо—воздух с автоматической корректировкой по соотношению пар—воздух наиболее совершенная из рассмотренных схем. Она совмещает преимущества схемы топливо—воздух в переходных процессах и схемы пар—воздух в стационарных режимах. Применение ее не ограничивается ни величиной колебаний паровой нагрузки, ни величиной колебаний теплотворной способности топлива (в пределах одного рода топлива).

5. Схема регулирования воздуха по расходу пара с одновременным воздействием по скорости изменения подачи топлива может найти применение при регулировании прямоточных котлов, а также в некоторых отдельных случаях на электростанциях с базовой нагрузкой, но неустойчивым режимом работы органов подачи топлива.

ОТ РЕДАКЦИИ

Вопрос о выборе наилучшей схемы регулирования подачи воздуха в топку поставлен в статье на основании логических построений, с допущением некоторых неточностей. Крайне желательно накопление эксплуатационного опыта, который дал бы возможность обоснованно подойти к выбору наилучшей схемы регулирования.

В связи с актуальностью затронутого в статье дискуссионного вопроса редакция обращается с просьбой к читателям, имеющим опыт в этой области, высказаться на страницах журнала.



Автоматизация регенерации катионитовых фильтров

Инж. С. М. Гурвич и инж. В. С. Семенов

Водоподготовительные установки на электростанциях, с точки зрения автоматизации, являются наиболее отсталым участком. Проводившиеся за последние годы работы касались преимущественно вопросов автоматизации катионитовых фильтров и до настоящего времени не получили практического завершения.

Одной из этих работ является проект автоматизации механических и катионитовых фильтров для одной из электростанций Мосэнерго, разработанный в 1949 г. лабораторией авторегулирования ВТИ. Здесь предусматривается оснащение фильтров индивидуальной арматурой, представляющей собой клапаны с мембранным приводом, управляемые единым командоаппаратом. Отключение фильтра на регенерацию производится или автоматически от расходомера или от руки путем нажатия кнопки. Эта работа в настоящее время находится в стадии реализации.

Лабораторией автоматики ВОДГЕО в 1947 г. выполнен проект автоматизации одного катионитового фильтра. Взамен индивидуальной арматуры (задвижек) предусмотрен многоходовый кран. Освоение этого фильтра до сего времени не закончено вследствие неисправности упомянутого крана.

В 1951 г. Бюро водоподготовки ЦКТИ (Московское отделение) приступило к разрешению вопросов автоматизации водоподготовительного оборудования и в первую очередь катионитовых фильтров. Для правильного решения этого вопроса в условиях электростанций были рассмотрены следующие три системы автоматического управления катионитовыми фильтрами:

1) с индивидуальными исполнительными механизмами на каждом фильтре в виде задвижек с гидроприводом или с электроприводом (эта система управления с гидрозадвижками осуществляется при помощи центрального или индивидуального гидроэлектрического распределителя, а с электрозадвижками — посредством центрального электрического распределителя или при помощи релейной схемы; во всех случаях на каждом исполнительном механизме предусматриваются конечные выключатели, фиксирующие крайние положения механизма и обеспечивающие соблюдение установленной последовательности операций);

2) с единым исполнительным механизмом на каждом фильтре в виде многоходового крана с электрическим приводом и путевым выключателем;

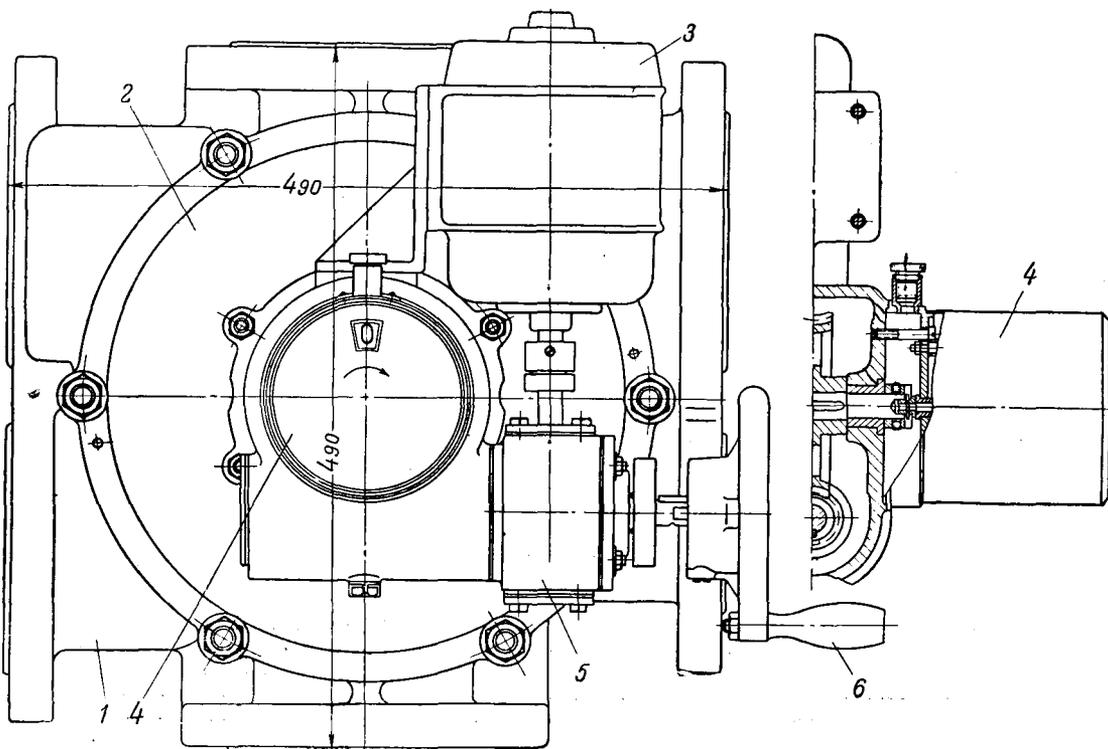


Рис. 1. Многоходовый кран диаметром 125 мм конструкции МО ЦКТИ.

1 — корпус; 2 — крышка; 3 — электродвигатель; 4 — путевой выключатель; 5 — редуктор; 6 — ручной привод.

3) с индивидуальными исполнительными механизмами (гидрозадвижки с ручным управлением) на каждом фильтре для его отключения и включения в работу и единым исполнительным механизмом (автоматизированный многоходовый кран), обслуживающим группу фильтров и предназначенным для осуществления их регенерации (разработана МО ЦКТИ).

Общий вид крана с путевым выключателем представлен на рис. 1.

При сопоставлении этих систем учитывалась необходимость обеспечения высококачественной умягченной водой котлоагрегатов среднего и высокого давления, надежности действия и простоты обслуживания автоматизированной водоподготовительной установки.

Учитывая эти требования, следует признать, что система автоматического управления с многоходовым краном на каждом катионитовом фильтре не подходит для современных электростанций прежде всего потому, что она не всегда может надежно обеспечить высокое качество умягченной воды. Имеющиеся конструкции многоходовых кранов, как правило, допускают в большей или меньшей степени постоянное или эпизодическое проникновение исходной, жесткой воды в камеру умягченной воды. Недопустимость такого явления становится понятной, если учесть, что норма жесткости питательной воды для котлов высокого давления установлена в размере $10,7 \text{ мгэжв/л}$ ($0,3^\circ \text{H}$), а жесткость поступающей на катионитовые фильтры воды составляет в среднем $3,6 \text{ мгэжв/л}$ (10°H). Эти затруднения увеличиваются для применяемых на электростанциях катионитовых фильтров, имеющих диаметры трубопроводов более 125 мм .

Система автоматического управления с индивидуальными исполнительными механизмами на каждом фильтре устраняет указанный недостаток установок с многоходовыми кранами и позволяет надежно обеспечить качество умягченной воды. Однако обслуживание таких установок при ручном и дистанционном управлении сложнее, чем с многоходовым краном, поскольку при этом появляется необходимость установки электроприборов на самих задвижках (конечные выключатели). Надежность действия таких установок и удобство их эксплуатации значительно снижаются в случаях выхода из строя одного из элементов автоматики, когда приходится переходить на ручное управление для проведения операций по регенерации фильтра, а также при его ремонте.

Система МО ЦКТИ предусматривает комбинированное управление, которое, так же как и предыдущая система, надежно обеспечивает качество умягченной воды, так как применяемый в ней многоходовой кран участвует лишь при регенерации фильтров, а подача исходной воды на фильтры и отвод из них умягченной воды осуществляются, помимо многоходового крана, с помощью задвижек. Кроме того, многоходовой кран, а также вся необходимая для его автоматизации аппаратура используются многократно, что является преимуществом перед первой системой. В случае выхода из строя автоматики переход на ручное обслуживание в системе МО ЦКТИ

осуществляется при помощи ручного привода у многоходового крана, а в случае аварийного выхода из строя последнего может быть предусмотрена возможность проведения регенерации фильтров при помощи обычных штурвальных задвижек, заменяющих многоходовой кран.

При решении вопроса об объеме автоматизации катионитовых фильтров необходимо учесть, что в химводоочистке современной электростанции на данном этапе обязательно имеется сменный персонал, осуществляющий необходимый химический контроль. Поэтому представляется целесообразным использование этого персонала для ручного отключения и включения фильтров, учитывая возможность сведения к минимуму затраты времени на эту операцию путем оснащения фильтров задвижками с гидроприводами. Это позволяет резко упростить схему автоматизации катионитовых фильтров и условия обслуживания водоподготовительной установки.

Такое решение было принято на основе выполненных эскизных проектов полной автоматизации регенерации катионитовых фильтров, которые показали, что дополнительная автоматизация операций отключения и включения фильтров требует весьма значительного усложнения схемы автоматики, которое не оправдывается, если учесть, что для ручного выполнения этих операций необходима затрата не более 1 мин.

Не следует также забывать, что осуществление автоматического отключения фильтра по качеству воды затрудняется из-за отсутствия освоенного промышленного автоматического анализатора жесткости воды, а отключение фильтра по количеству умягченной воды снижает экономичность работы фильтров.

Таким образом, можно признать, что установка системы МО ЦКТИ удовлетворяет указанным требованиям, обеспечивая необходимое качество умягченной воды при надежной и простой эксплуатации и при минимальном количестве необходимой аппаратуры автоматики¹. Окончательный выбор наиболее целесообразной для электростанций системы автоматизации фильтров можно будет сделать после длительной проверки их в производственных условиях.

Ниже дается краткое описание проекта установки из четырех натрий-катионитовых фильтров, автоматизированных по системе МО ЦКТИ.

На каждом катионитовом фильтре (рис. 2) устанавливается пять задвижек с гидроприводами и ручными распределительными кранами. При помощи гидрозадвижек 1 и 2 фильтр присоединяется соответственно к магистралям умягчаемой и умягченной воды. Гидрозадвижки 3 и 4 служат для присоединения к патрубкам а и б многоходового крана 5. Гидрозадвижка 6 предназначена для подачи в фильтр регенерационного раствора соли. Для автоматического поддержания требуемой интенсивности взрыхления и отмывки катионита к дренажным патрубкам в и г многоходового крана присоединяются дроссельно-поплавковые ограничители 7 и 8, размещенные в специальном приямке.

¹ Разработанная МО ЦКТИ система комбинированного управления катионитовыми фильтрами осуществляется в 1952 г. на двух электростанциях.

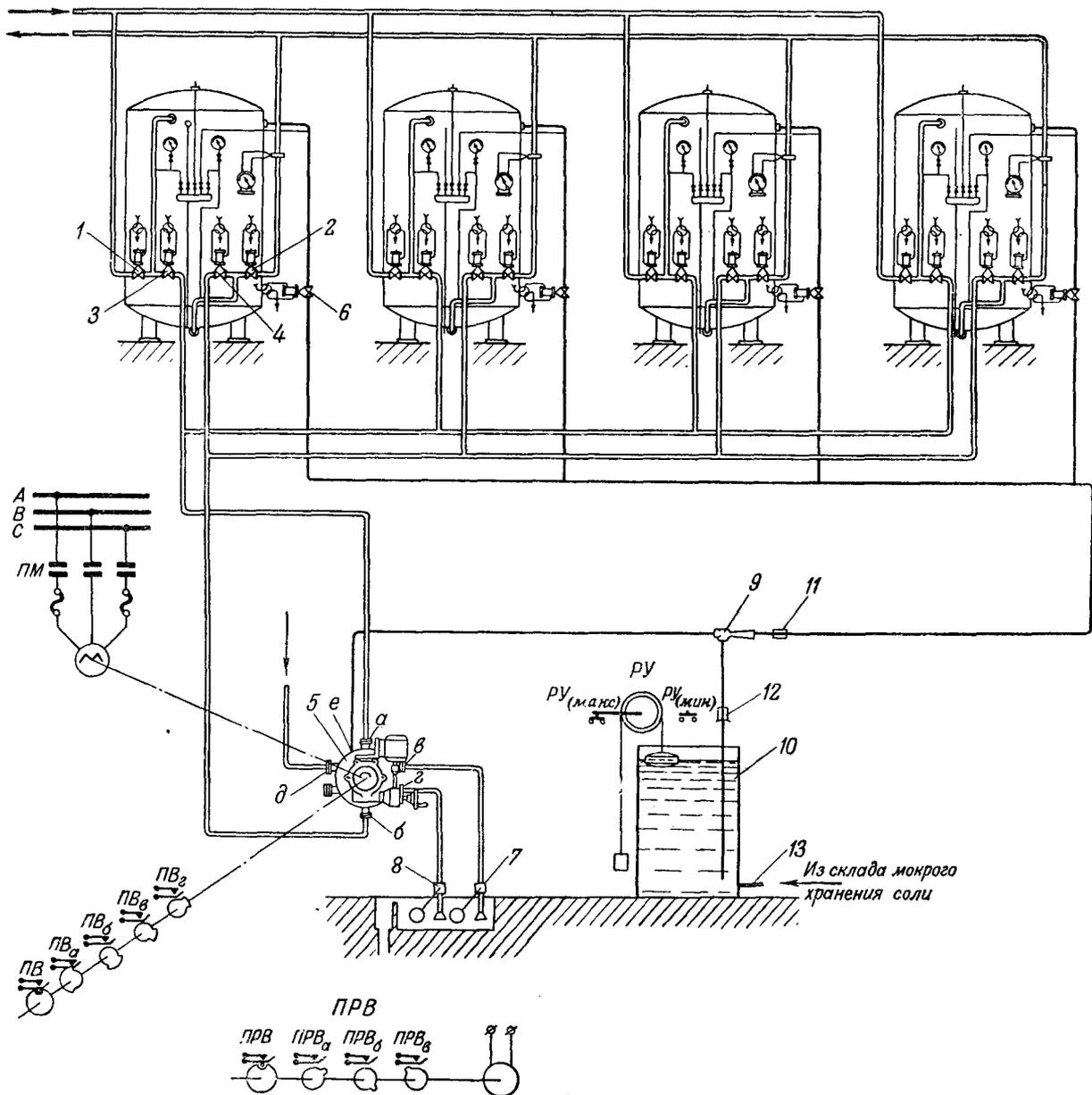


Рис. 2. Технологическая схема автоматизации Na-катионитовых фильтров по системе МО ЦКТИ.
 ПМ — магнитный пускатель; РУ — реле уровня; ПРВ — программное реле времени.

Многоходовый кран конструкции МО ЦКТИ снабжен электроприводом и путевым выключателем ПВ для отключения электродвигателя и остановки крана в соответствующих рабочих положениях. Кран имеет резервное ручное управление.

Приготовление и подача в фильтры регенерационного раствора осуществляются посредством водоструйного насоса 9 и мерника насыщенного раствора соли 10, который поступает со склада мокрого хранения соли. Для предотвращения опорожнения общего солепровода в мерник и во избежание проникновения воды в последний вследствие недостаточного уплотнения многоходового крана предусмотрены обратные клапаны 11 и 12.

На рис. 3 приведена элементная схема управления многоходовым краном при автоматической регенерации катионитовых фильтров. При разработке схемы было предусмотрено:

1) автоматический контроль и аварийная сигнализация в случае замедленной подачи водоструйным насосом раствора соли в фильтр;

2) автоматический контроль и аварийная сигнализация в случае отключения электродвигателя и остановки многоходового крана в промежуточном положении;

3) дистанционное управление многоходовым краном последовательно по операциям посредством специального шестипозиционного переключателя ШП.

Схема составлена таким образом, что автоматическое управление многоходовым краном не может начаться, если раствор соли в мернике не достиг максимального уровня.

Эксплуатация установки осуществляется следующим образом (рис. 2 и 3).

Дежурный персонал отключает истощенный катионитовый фильтр от рабочей магистрали и подключает его к многоходовому крану, а также

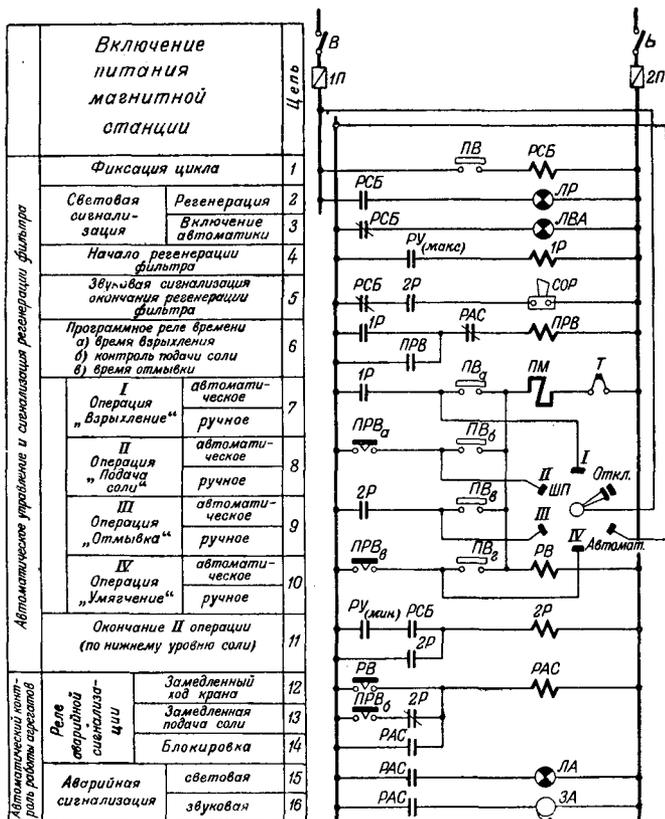


Рис. 3. Элементарная схема управления многоходовым краном.

ШП — шестипозиционный переключатель; ПРВ — программное реле времени; ЛВ — путевой выключатель; РУ — реле уровня; ПМ — магнитный пускатель; РСБ — реле сигнализации и блокировки; РАС — реле аварийной сигнализации; IP, 2P — реле управления; RB — реле времени; ЛР — лампа регенерации; ЛВА — лампа включения автоматики; ЛА — лампа аварийной сигнализации; ЗА — звонок аварийной сигнализации; СОР — звуковой сигнал окончания регенерации; Т — тепловое реле; 1П, 2П — предохранители; В — выключатель.

открывает гидравлическую задвижку 6 на трубопроводе регенерационного раствора. После этого подается напряжение в схему автоматики и, тем самым, включается электродвигатель многоходового крана. Это включение происходит при условии, если мерный бачок будет заполнен, что контролирует реле уровня РУ (цепь 4). В противном случае электродвигатель крана не включится до момента достижения верхнего уровня соли в мернике, после чего электродвигатель включается автоматически и переводит кран в положение «взрыхление» (цепь 7).

При этом вода через многоходовый кран (через патрубки д и б) попадает в нижнюю часть фильтра. Пройдя через дренажную систему фильтра и сквозь слой загруженного в фильтр катионита, вода взрыхляет его и вместе с частицами от механического износа катионита выходит из верхней части фильтра и поступает через многоходовый кран (патрубки а и в) в канализацию. Необходимая интенсивность взрыхления автоматически поддерживается дроссельно-поплавковым ограничителем 7. Длительность взрыхления 10—15 мин. контролируется программным реле времени ПРВ (цепь 6).

По истечении установленного для взрыхления времени многоходовый кран автоматически переводится в положение «подача соли» (цепь 8). При

этом вода вновь через многоходовый кран (патрубки д и е) направляется по трубопроводу к водоструйному насосу 9. Проходящая через водоструйный насос вода засасывает насыщенный раствор соли из мерника и, перемешавшись с ним, выходит из водоструйного насоса в виде разбавленного раствора соли заданной концентрации, который направляется в верхнюю часть регенерируемого катионитового фильтра.

Пройдя сверху вниз через загруженный в фильтр катионит, отработавший раствор соли вместе с продуктами регенерации выходит через дренажную систему из низа фильтра и через многоходовый кран (патрубки б и г) удаляется в канализацию. Необходимая скорость пропуска через фильтр регенерационного раствора автоматически поддерживается дроссельно-поплавковым ограничителем 8.

Окончание операции подачи соли определяется по нижнему уровню насыщенного раствора соли в мернике 10, емкость которого выбирают из расчета количества соли, необходимого для регенерации одного катионитового фильтра данной водоподготовительной установки. При достижении нижнего уровня срабатывает реле уровня (цепь 11), и многоходовый кран автоматически переводится в положение «отмывка». Тем самым прекращается доступ воды к водоструйному насосу.

В случае отклонения от нормального режима работы водоструйного насоса, которое может произойти при падении давления в водопроводной сети или засорении насоса, или от прочих причин, программное реле времени, после того когда пройдет положенное дополнительное время (5—10 мин.), т. е. так называемый «аварийный режим», сработает и включит аварийную сигнализацию (цепи 13, 15 и 16).

Мерник 10 сообщен со складом мокрого хранения соли посредством трубопровода 13, сечение которого выбирается с таким расчетом, чтобы заполнение мерника производилось самотеком в течение 2—3 час. с момента начала работы водоструйного насоса. Мерник наполняется до тех пор, пока уровень раствора в нем не достигнет уровня раствора на складе соли, где он поддерживается постоянным при помощи автоматического поплавкового клапана.

После перевода многоходового крана в положение «отмывка» (цепь 9) вода поступает через многоходовый кран (патрубки д и а) в верхнюю часть фильтра. Пройдя сквозь слой загруженного в фильтр катионита, промывная вода выходит через дренажную систему и многоходовый кран (патрубки б и г) в канализацию. Необходимая интенсивность отмывки автоматически поддерживается тем же дроссельно-поплавковым ограничителем 8. Отмывка катионита длится 40—60 мин. и контролируется тем же программным реле времени ПРВ.

После окончания отмывки катионита программное реле времени сработает, и многоходовый кран автоматически переводится в свое первоначальное положение (цепь 10). Одновременно подается свето-звуковая сигнализация об окончании регенерации фильтра (цепь 5). Дежурный персонал прекращает действие сигнала СОР по-

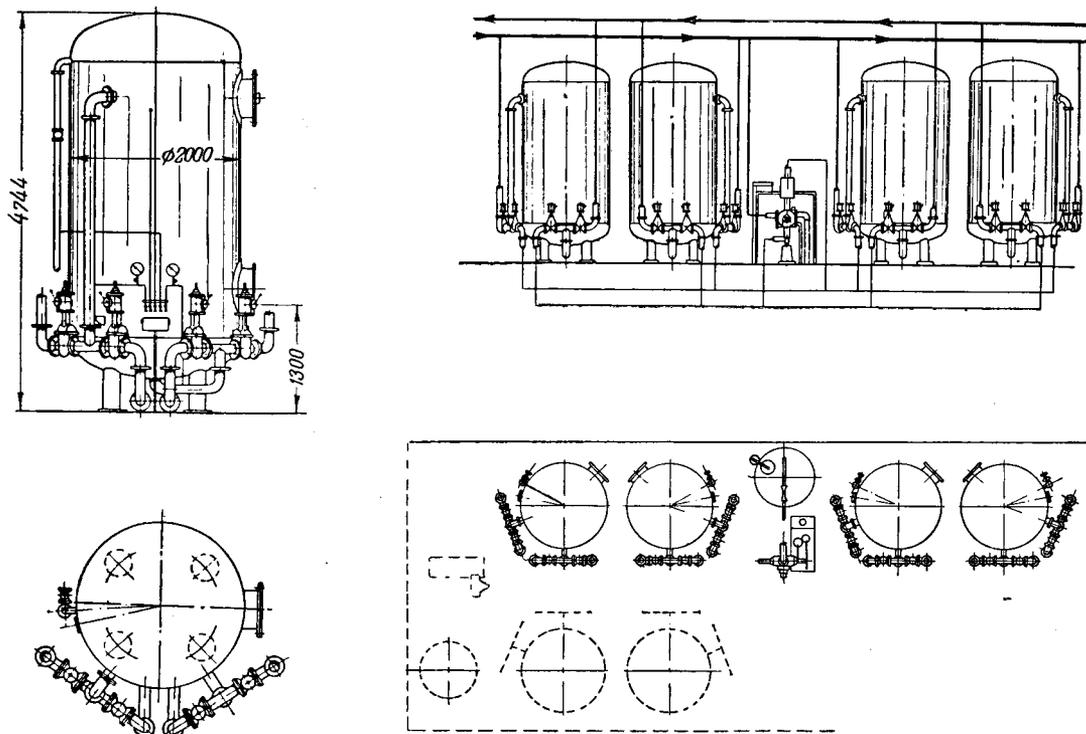


Рис. 4. Компоновка катионитовой установки, автоматизированной по системе МО ЦКТИ.

воротом рукоятки шестипозиционного переключателя ШП в положение «отключено» и, тем самым, обесточивает всю схему автоматики. После этого дежурный отключает отрегенерированный фильтр от многоходового крана и подключает фильтр к рабочим магистралям. На этом заканчивается регенерация катионитового фильтра.

В схеме автоматики введено специальное электромагнитное реле времени РВ, подключенное параллельно обмотке магнитного пускателя ПМ и включаемое одновременно с ним. Это реле контролирует продолжительность поворота многоходового крана, которая для всех операций при нормальных условиях не превышает 1 мин. Выдержка реле времени устанавливается на 1,5—2,0 мин. В случае превышения нормальной продолжительности действия электродвигателя это реле сработает и включит аварийную сигнализацию (цепи 12, 15 и 16). При нормальной работе многоходового крана это реле времени не успеет сработать, так как будет отключено раньше контактами путевого выключателя.

Схема автоматики разработана для аппаратуры, работающей от переменного тока напряжением 220 в. В качестве промежуточных могут быть применены реле типа МКУ-48, выпускае-

мые заводами МЭП, магнитный пускатель типа П-222. В данной схеме применено программное реле времени конструкции МО ЦКТИ. При этих реле и пускателях магнитная станция может быть смонтирована на панели размером 600 × 400 мм.

Разработанная МО ЦКТИ система автоматизации применима как для Na-катионитовых, так и для H-катионитовых фильтров. В последнем случае потребуется противокислотная защита всех гидромеханических устройств, необходимых для автоматической регенерации фильтров.

На рис. 4 показана компоновка катионитовой установки, состоящей из четырех фильтров, оснащенных гидравлическими задвижками с ручными распределительными кранами, одного автоматизированного многоходового крана и одного мерника насыщенного раствора соли. Намеченный новый фронт катионитового фильтра с гидравлическими задвижками для системы МО ЦКТИ не увеличивает его внешних габаритов по сравнению с катионитовыми фильтрами, выпускаемыми Таганрогским заводом «Красный котельщик». Пунктиром на рисунке показан вариант компоновки такой установки с двухрядным расположением фильтров.



Типовой проект электростанции 12 тыс. кВт

Инж. М. И. Лавров

Разработанный в 1951 г. Государственным союзным проектным институтом Промэнергопроект проект электростанции мощностью 12 тыс. кВт, одобренный Техническим советом при Министре электростанций как типовой для промышленного энергостроительства, базируется на серийном отечественном оборудовании.

Основное оборудование и тепловая схема

В соответствии с заданием по проекту устанавливаются три котла по 50 т/час, 40 ата, 450° С с шахтно-мельничными топками на подмосковном угле и две турбины по 6 тыс. кВт с возможностью расширения электростанции до 24 тыс. кВт.

Турбины приняты типа АТ-6 и АП-6, как наиболее часто встречающиеся на электростанциях рассматриваемого профиля и позволяющие создать общее решение по машинному залу с разработкой вопросов водоснабжения, теплофикации, выводов пара на производство, редуционно-охладительных установок и др. По расходу пара две турбины соответствуют производительности двух рабочих котлов с включением третьего котла в периоды зимнего отопительного максимума.

Как второй вариант, только по машинному залу, разработана установка одной турбины АП-6 и второй турбины типа АР, мощность и противодавление которой приняты условно 6 тыс. кВт и 3 ата. Естественно, однако, что оба варианта машинного зала не могут охватить всех комбинаций турбин, встречающихся на практике.

При принятом типе турбин, параметрах пара перед турбиной 35 ата, 435° С и температуре питательной воды 150° С по ГОСТ основные принципиальные решения по тепловой схеме (рис. 1) определяются однозначно и соответствуют положениям проектного задания.

Регенеративный цикл осуществляется последовательным раздельным подогревом конденсата каждой турбины в эжекторах и подогревателях низкого давления до 45—50° С и дальнейшим подогревом в атмосферных деаэраторах до 102° С смеси конденсата обеих турбин и химически очищенной воды.

Подвод конденсата и химически очищенной воды к деаэраторам и подвод греющего пара выполняются по специальной схеме с применением регуляторов Оргрэс.

Подогреватели высокого давления, установленные индивидуально у каждой турбины, снабжаются паром 5 ата из нерегулируемого отбора турбины АТ-6 и из регулируемого отбора турбины у АП-6.

Теплофикационная установка рассчитана по основным подогревателям на полное использование отбора турбины АТ-6 с питанием пикового подогревателя паром 5 ата от турбины АП-6 или от редуционно-охладительной установки 40/5 ата.

Главные паропроводы одинарные по схеме с переключательной магистралью.

Расчетный расход пара: летом — 85,5 т/час; средний отопительный—97,4 т/час; максимальный зимний—122,4 т/час.

Основные цехи и их компоновка

Компоновка электростанции принята с продольным деаэраторным отделением между машинным залом и котельной, котлами фронтом к бункерному отделению и выводом дымовых газов на фронт (рис. 2).

Основные строительные размеры главного корпуса:

Ширина котельной ячейки (пролет котельной)	11 м
Глубина котельной	23 м
Высота котельной (отметка нижнего пояса ферм)	24 м
Отметка обслуживания котлов	7 м
Пролет бункерной	6 м
Отметка верха бункеров	20 м
Пролет машинного зала	15 м
Отметка подкрановой балки	12 м

При дальнейшем проектировании будет предусмотрена возможность понижения отметки верха бункеров на 1—2 м.

Котельный цех

Угольные бункеры имеют высоту, от устья до отметки верха, 8 м, объемом по 158 м³ каждый и вмещают по 110 т топлива, что составляет запас на 15,4 часа.

В каждом бункере предусмотрен специальный отсек, из которого топливо по отдельному рукаву поступает в закрыв, расположенный на уровне обслуживания топочного отверстия муфельного устройства.

Отсеки служат для создания запаса сухого и более высококачественного топлива для растопки и организации подачи топлива к муфелям.

Из основных железобетонных бункеров топливо через промежуточный разгрузочный металлический подбункер поступает в скребковый питатель сырого угля, установленный на перекрытии перед фронтом котлов на отметке 7,00 м.

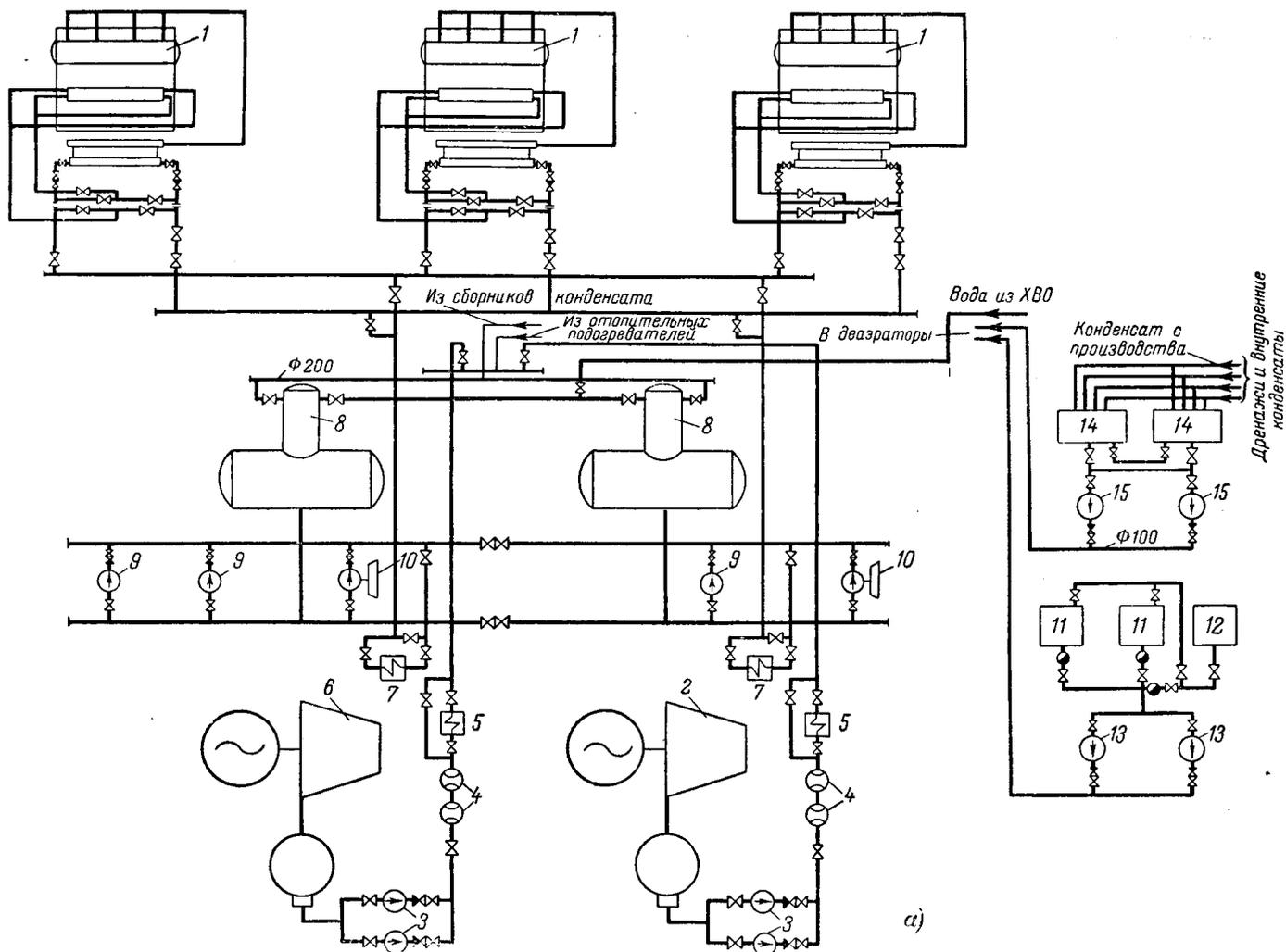


Рис. 1. Типовая схема питания теплоэлектроцентрали
 1 — котел системы ЦКТИ 50-39-Ф 40 ата, 450°C; 2 — турбина типа АТ-6 35 ата, 435°C с регулируемым отбором 1,2—2,5 ата в коли вод. ст. с электродвигателем 20 квт для конденсата турбин; 4 — основной эжектор ЭЖ-5; 5 — подогреватель низкого давления; 6 — турбогреватель высокого давления ПВ-60; 8 — деаэратор с деаэраторной головкой ДС-100 и бакс 50 м³ (БКЗ); 9 — пит тельный электрогреватель 50 м³/час, давление 59 кг/см²; 11 — основной отопительный подогреватель ОБ-115, рабочее давление 2,5 ата; 12 — пиковый отопительный агрегат 50 м³/час, давление 55 вод. ст. с электродвигателем 20 квт для конденсата сетевых подогревателей; 14 — бак сбора конденсата вод. ст. с электродвигателем 7,2 квт; 16 — редукционно-охладительная установка 40/5 ата производительностью 45 т/час (БКЗ); 17 — редукционно-охладительная установка 40/5 ата производительностью 45 т/час (БКЗ); 19 — деаэратор подпиточной воды с деаэраторной головкой

Согласно специальному расчету ЦКТИ по выбору мельниц наименьший средний удельный расход электроэнергии на пылеприготовление при большом сроке службы бил обеспечивается при установке двух мельниц ШМА-960/1000/944. Такие мельницы получаются путем небольшой реконструкции серийных мельниц ШМА-730/1300*.

В рабочих чертежах намечено выполнение верного расположения шахт и вертикальность их осей, а также разработка варианта размещения мельниц типа 1500×1181 для более влажных топлив.

Схема и конфигурация воздухопроводов котлоагрегата запроектированы с учетом требований автоматизации горения: предусмотрены дроссельные заслонки на подводе воздуха к мельницам, возможность регулирования всего воздуха, подводимого к шлицам, и прямолинейные участки воздухопроводов на подводах к мельницам для установки измерительных шайб.

Муфельные устройства приняты по чертежам

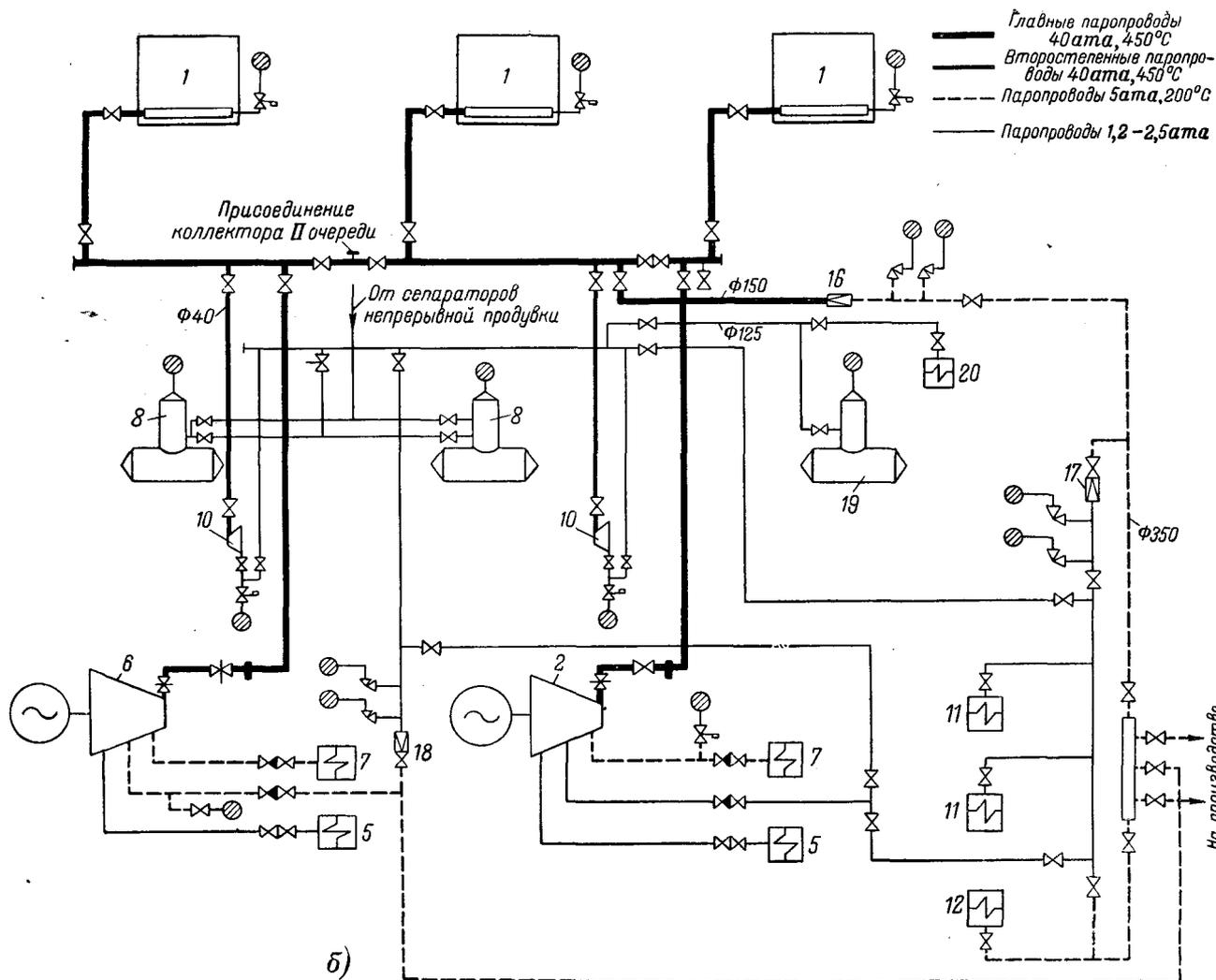
* Применение мельниц данного типа и реконструкция по методу ЦКТИ не подтверждены заводом Комега и этот вопрос разрешается в рабочем проекте,

ЦКТИ технического проекта котлоагрегата. Но так как ЦКТИ считает, что муфельная топка не может обеспечить надежной растопки без подвода сушильного агента со стороны — от соседнего котла или от специальной печи. При рабочем проектировании тип и конструкция муфельных устройств должны быть детально разработаны заводом.

Дутьевые вентиляторы установлены позади котлов на нулевой отметке. Дымососы одностороннего всасывания, со всасывающим карманом и направляющим аппаратом шибера типа, размещены на нулевой отметке бункерного отделения.

Хотя конструктивная, технологическая и строительная проработка такого расположения дымососов показала, что при некотором приближении дымососов к наружной стене котельной остается достаточный проезд для перевозки ротора дымососа или мельничных бил при ремонтах, однако все же расположение дымососов следует считать несколько стесненным.

Газоходы из дымососной приняты надземные, как дающие типовое решение независимо от



б)

мощностью 12 тыс. квт (а) и схема паропроводов (б).

мощностью 12 тыс. квт (а) и схема паропроводов (б).
 мощностью 35 т/час с генератором 6 тыс. квт; 3 — конденсатные насосы 5КС-5×2, 1 450 об/мин, производительность 50 м³/час, давление 55 м бина типа АП-6 35 ата, 435°C с регулируемым отбором пара 5 ± 1 ата в количестве 40 т/час с генератором 6 тыс. квт; 7 — подогреватель 5-ПТ-6×82 950 об/мин, производительность 110 м³/час, давление 59 кг/см²; 10 — питательный турбонасос ПТ-35-50, производительность подогреватель ПБ-115, рабочее давление 6 ата; 13 — конденсатный насос отопительных подогревателей 5КС-5×2, 1 450 об/мин, производительность с производства емкостью 25 м³; 15 — перекачивающий насос ЗК-9, 2 900 об/мин, производительность 28,8 м³/час, давление 34,8 м дуксиния установка 5/2,5 ата производительностью 35 т/час (БКЗ); 18 — редукционная установка 5/2,5 ата производительностью 5 т/час ДС-100 и баком 50 м³; 20 — подогреватель химически очищенной воды.

уровня грунтовых вод. Дымовая труба — железобетонная высотой согласно санитарно-техническим нормам 80 м, сечением устья 3,0 м, рассчитанная на присоединение еще двух котлов, — расположена вне котельной.

Очистка дымовых газов осуществляется малогабаритными батарейными золоуловителями, встроенными в рассечку воздухоподогревателя, по типовому проекту котлоагрегата ЦКТИ.

Ширина котельной ячейки 11 м при размере котла по фронту между осями колонн каркаса 5 800 мм оставляет достаточное пространство между котлами для размещения лестниц и площадок, трассировки газо-воздуховодов и питательных линий, а также для выемки трубок водяного экономайзера при ремонте.

М а ш и н н ы й з а л

Общее решение типовой компоновки машинного зала с увязкой вопросов по станции в целом не разработано, так как до настоящего времени Минтяжмашем не утверждена еще компоновка турбин нового типа. В связи с этим в дан-

ном проекте была поставлена задача — дать не общее типовое решение по станции и машинному залу, а типовую компоновку машинного зала при заданных турбинах 4 и 6 тыс. квт.

Для решения задачи прежде всего была подвергнута тщательному анализу и конструктивной переработке типовая компоновка турбин АП-6 и АР-6. Результаты этой работы, а также некоторые другие вопросы были рассмотрены с заводом-изготовителем турбин.

Согласие завода на изготовление турбин с «правой» и «левой» компоновкой вспомогательного оборудования (регенеративные подогреватели, циркуляционные насосы и др.), за исключением маслобака, маслопроводов и маслонасосов и с «правым» и «левым» подводом и выводом пара, позволило разработать различные варианты взаимного расположения турбин: последовательное — турбинами к постоянному торцу и последовательное — турбинами к временному торцу и встречное. Кроме того, были разработаны варианты расположения сетевых подогревателей: со стороны постоянного торца, со стороны рас-

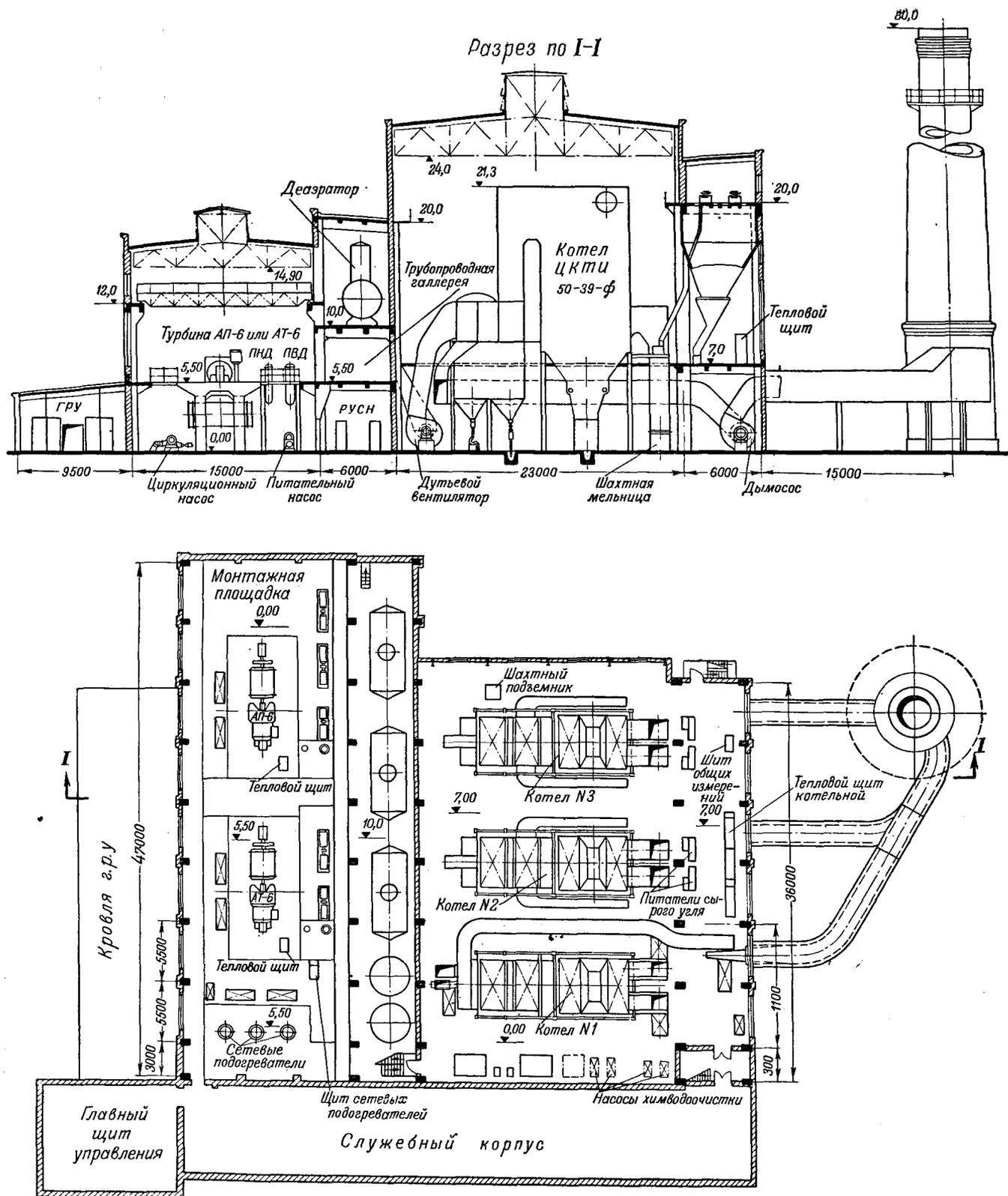


Рис. 2. Компонка электростанции 12 тыс. квт.

ширения и сбоку — между турбинами и продольной фасадной стеной машинного зала.

Переработка компоновки турбины АП-6 с вспомогательным оборудованием дала возможность принять типовой пролет машинного зала в 15 м при торцевых вариантах расположения отопительных подогревателей, продольном расположении турбин и при размещении циркуляцион-

ных и питательных насосов в машинном зале (при первоначальной компоновке завода требовался пролет порядка 17—18 м).

Торцевое расположение отопительных подогревателей имеет то преимущество, что позволяет принять единый пролет 15 м при установке турбин типа АК, АП, АР и АТ. Варьируя при этом только длину машинного зала, сохраняют совер-

цённо одинаковые строительные решения по служебному корпусу, а также по общей ширине электростанции.

На основании этих соображений был предложен—как типовое решение для рассматриваемых турбин—единный пролет машинного зала 15 м, при длине или 47 м в зависимости от наличия или отсутствия сетевых подогревателей, располагаемых в торце.

Оси конденсаторов турбин привязаны к осям пролетов между колоннами зданий, и компоновка циркуляционных насосов, водоводов и каналов полностью идентична для турбин АТ-6 и АП-6. Продольный шаг между турбинами 16,5 м.

При компоновке питательных насосов в машинном зале предусмотрены соответствующие разрывы между насосами и свободные площадки для выкатки в машинный зал в зону кранового обслуживания трансформаторов собственных нужд.

При установке турбин АП и АР шаг между ними сокращается до 13 м, так как фундамент турбины АР короче на 3,5 м. Турбина АР не имеет конденсационного устройства, и отпадает требование идентичности привязки турбин к осям колонн здания.

Для окончательного решения вопроса о расположении отопительных подогревателей разрабатывается дополнительно вариант расположения подогревателей вдоль стены со стороны главного распределительного устройства с соответствующим увеличением пролета машинного зала.

Деаэрационное отделение

Первый этаж деаэрационного отделения полностью занят распределительным устройством и трансформаторами собственных нужд, которые расположены центрально по отношению к электрическим нагрузкам.

Второй этаж (отметка 5,5 м) служит для размещения главной переключательной магистрали паропроводов, двойных питательных магистралей, редуционно-охлаждающей установки и соединительных трубопроводов.

В третьем этаже на отметке 10,0 м в первых двух пролетах установлены бак технической воды и промывочный бак кварцевых фильтров.

На специальной площадке на отметке 14,0 м устанавливается, при варианте размещения химводоочистки в главном здании тэц, еще два промывочных бака.

В третьем пролете размещен бак-деаэрактор емкостью 50 м³ для подпиточной воды теплосети с расчетом на непосредственный водоразбор. При отсутствии последнего ставится бак подпиточной воды емкостью около 15 м³.

В пятом и седьмом пролетах на отметке 10,00 м расположены деаэраторы конденсата и добавочной воды с баками по 50 м³ и головками до 100 т/час.

Контрольно-измерительные приборы и автоматика

В основу проекта автоматизации, теплового контроля и дистанционного управления электростанции положено условие комплексной автома-

тизации почти всех непрерывных процессов и, кроме того, предусмотрена автоматическая сигнализация (техническая и аварийная), а также автоматическая защита наиболее ответственных агрегатов.

Для автоматизации процесса горения применены регуляторы электромеханической системы ЦКТИ с импульсом от давления перегретого пара на подачу топлива и воздуха (рис. 3).

Регулирование тяги осуществляется самостоятельным регулятором, поддерживающим постоянное разрежение вверху топки, а регулирование питания—двухимпульсным регулятором ВАЗ прямого действия на одной из двух питательных линий к котлу.

Регулирование перегрева пара не автоматизировано и производится вручную, дистанционно со щита котла.

Все оперативное управление тремя котельными агрегатами сосредоточено на групповом щите, расположенном перед фронтом котла № 2.

Регулирование деаэраторов осуществляется одним общим (гидравлическим) регулятором конструкции Оргрэс, поддерживающим заданное давление в трубопроводе греющего пара и, тем самым, постоянную температуру деаэрируемой воды.

Турбогенераторы имеют индивидуальные щиты на уровне обслуживания. С этих щитов производится управление конденсатными насосами. Кроме того, предусмотрены щиты редуционно-охлаждающего устройства, питательных насосов и теплофикации.

Вспомогательные цехи

Топливоподача и золоудаление

К главному корпусу примыкает эстакада второго подъема ленточных транспортеров без узла пересыпки с шириной лент 650 мм. Загрузка бункеров производится при помощи передвижных плужковых сбрасывателей. Привод со стороны временного торца переносится при расширении электростанции.

Проект будет дополнен чертежами подхода эстакады второго подъема перпендикулярно фасадной стороне котельной.

По золоудалению предусматривается в зависимости от местных условий возможность осуществления одной из следующих систем: самотечной; с аппаратами Москалькова; с багерными насосами или пневмогидравлической (эрлифт).

В зольном помещении прокладываются шлаковый и золовый каналы, которые объединяются в общий наружный сточно-проходной канал у временного торца.

Перекачивающая насосная сооружается вне главного здания. В рабочем проектировании будет еще раз проверена возможность размещения аппарата Москалькова в пределах котельной (между котлами) без увеличения ширины котельной и без существенного заглубления фундаментов под здание и оборудование.

Химводоочистка

Химводоочистка принята по схеме параллельного Н—Na-катионирования с последующей декарбонизацией. Продувка, с учетом ступенчатого испарения, не превышает 7,5%.

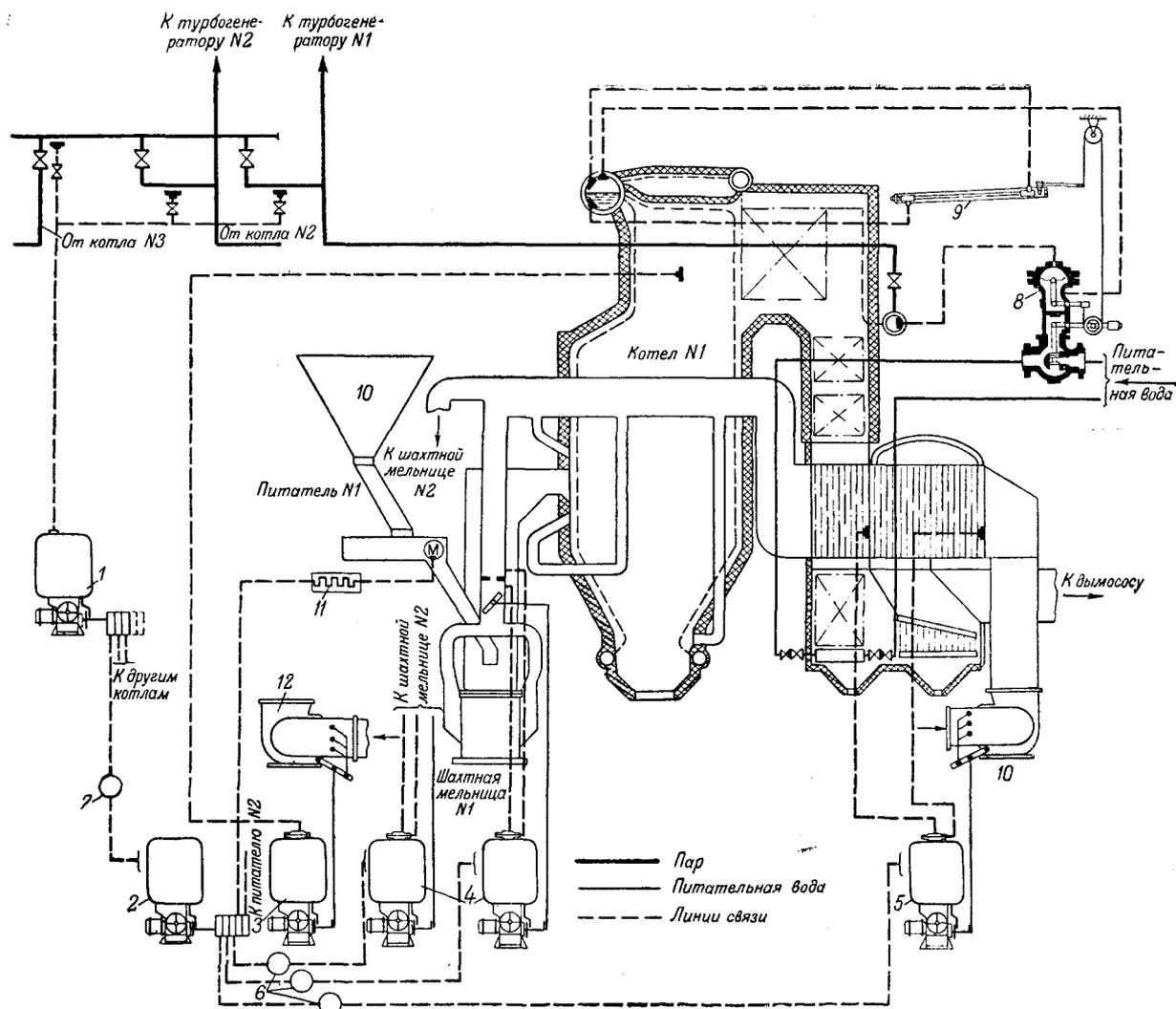


Рис. 3. Принципиальная схема автоматизации котельного агрегата 50 т/час с шахтно-мельничной топкой. 1 — колонка главного регулятора; 2 — колонка исполнительного механизма; 3 — колонка регулятора тяги; 4 — колонка регулятора первичного воздуха; 5 — колонка регулятора воздуха; 6 — реостаты воздуха; 7 — реостат нагрузки; 8 — двухимпульсный регулятор питания; 9 — термостат уровня; 10 — бункер сырого угля; 11 — реостат электродвигателя питания; 12 — дымосос.

Проектная проработка показала, что при использовании вод, требующих коагуляции, при производительности химводоочистки ~ 30—35 т/час, размеры ее в плане составляют 8×19 м² при высоте 7 м. В этом случае химводоочистка размещается в главном здании, занимая, кроме того, незначительную часть помещений служебного корпуса.

Для воды, не требующей коагуляции, производительность химводоочистки в пределах тех же габаритов может быть увеличена при водах большой жесткости до 50 т/час, а при средней жесткости — до 100 т/час.

При производительности более 30—35 т/час для вод, требующих коагуляции, химводоочистка выносится уже в отдельное здание.

Технико-экономические показатели электростанции

Тепловой расчет электростанции произведен на основе следующих условно принятых величин: отдача пара на производство — 5 000 час., длительность отопительного сезона — 4 700 час., рабо-

та турбогенераторов с полной нагрузкой — 13 252 машино-часов в год. Коэффициент полезного действия котлов принят, по данным ЦКТИ, 88,6% (потери: в топке — 2,0%, с уходящими газами — 8,5%, в окружающую среду — 0,9%).

При этих предпосылках общая выработка электроэнергии составляет 79,5 млн. кВтч/год, из которых на собственные нужды расходуется 11,5 млн. кВтч, т. е. 14,5%. Этот расход разбивается на расход, связанный с выработкой тепла и пара, — 6,2 млн. кВтч и собственно на выработку электроэнергии — 5,3 млн. кВтч.

Кубатура зданий распределяется следующим образом:

Бункерная	5 130 м ³	9,6%
Котельная	24 500 м ³	45,8%
Деаэрационная	5 350 м ³	10,0%
Машинный зал	12 720 м ³	23,8%
Главное распределительное устройство и щит управления	3 060 м ³	5,7%
Служебный корпус	2 700 м ³	5,1%
	53 460 м ³	100,0%

Удельная кубатура котельной и бункерной— 198 м³ на 1 т пара в час и главного здания— 4,5 м³ на 1 установленный киловатт. Вес трубопроводов около 200 т, пыле-газо-воздухопроводов — около 100 т.

Выводы

Приведенные технико-экономические показатели являются оптимальными для электростаций рассматриваемого типа, основанного на применении выпускаемого в настоящее время оборудования, мало отличающегося от оборудования крупных электростанций и требующего сложных технологических схем, протяженных коммуникаций и больших резервов по вспомогательному оборудованию. Поэтому и общий строительный облик рассматриваемой электростанции практически мало чем отличается от крупной теплоцентрали и сохраняет все характерные черты последней: тяжелые многопролетные железобетонные конструкции бункерной и деаэрационной с высотными отметками около 20—25 м, большие пролеты главных цехов, решенные в металле, тяжелые перекрытия на отметках обслуживания, тяжелые фундаменты под оборудование и сложное подземное хозяйство.



Не входящие в состав главного здания сооружения топливоподачи, золоудаления и водоснабжения также громоздки и сложны. Электростанция в целом требует большой площадки и соответствующих устройств по ее благоустройству, ограждению и пр.

Как следствие изложенного технико-экономические показатели рассматриваемой электростанции значительно хуже, чем крупных электростанций. Поэтому описанный типовой проект должен рассматриваться как вынужденное, на сегодня оптимальное, но временное решение.

Более совершенное решение может быть найдено путем создания промышленной электростанции нового типа, более экономичной по первоначальным затратам, сооружение и монтаж которой могут производиться в более короткие сроки, а эксплуатация будет связана с меньшими расходами. Это потребует прежде всего коренного пересмотра самого энергетического оборудования и технических требований к нему, а также некоторых исходных положений, взятых в основу разработки описанного проекта.

Такая задача может и должна быть решена путем комплексной проектно-исследовательской работы проектировщиков совместно с конструкторами энергетического оборудования.

Насосный транспорт бетонной смеси

Инж. Г. М. Вайнштейн

Существующие способы производства бетонных работ имеют один общий недостаток: они не обеспечивают непрерывного потока бетонной смеси от места ее приготовления до пункта укладки.

Такая непрерывность может быть достигнута при применении бетононасосов (особенно в сочетании с непрерывным приготовлением бетонной смеси).

Опыт использования бетононасосов на многих строительных объектах свидетельствует об их преимуществе по сравнению с другим бетонотранспортным оборудованием. Число рабочих, занятых на укладке бетонной смеси, значительно сокращается, улучшается качество бетона за счет его уплотнения, снижаются потери бетонной смеси при транспортировке, а главное, сокращается до минимума продолжительность подготовительных работ.

На ряде шлюзов Волго-Донского водного пути бетононасосы в первую очередь были применены именно потому, что они позволили приступить к бетонным работам сразу же после окончания земляных работ, в то время как способ укладки бетона порталными кранами требует проведения значительного объема подготовительных работ.

Основными достоинствами применения бетононасосов являются:

1) непрерывность подачи бетонной смеси;

2) маневренность применяемого оборудования и легкость распределения бетонной смеси в местах укладки;

3) хорошие экономические показатели;

4) высокое качество бетона в сооружениях.

Полная непрерывность процессов транспортировки и укладки бетонной смеси заключается в том, что бетонная смесь от бетоносмесительной установки подается в опалубку непрерывным потоком, без перегрузки с горизонтального на вертикальный транспорт. Полностью отпадает необходимость в непроизводительной операции — взврате порожних бадей.

Бетононасос может быть размещен на строительной площадке в наиболее удобном с точки зрения производства работ месте. Трубопровод от бетононасоса до возводимого сооружения прокладывается практически в любых плоскостях и направлениях. С помощью лотков, поворотных желобов, виброхоботов бетонная смесь, выходящая из трубопровода, легко распределяется в блоке.

Экономичность транспортировки бетонной смеси насосами обусловлена: незначительной стоимостью подготовительных работ; более высокой производительностью труда, чем при других методах транспорта бетонной смеси; малым весом оборудования на единицу его производительности и, наконец, небольшими эксплуатационными расходами.

Подготовительными работами при насосном транспорте бетонной смеси являются лишь установка и наладка бетононасоса, а также нетрудоемкая прокладка трубопровода.

По данным практики, трудоемкость прокладки трубопровода составляет от 0,1 до 0,15 чел.-часа на 1 пог. м.

При правильной организации работ обслуживание бетононасоса, трубопровода и мест укладки требует сравнительно небольшого числа рабочих, что при значительной производительности бетононасоса дает высокую сменную выработку на 1 чел. от 8 до 25 м³ в зависимости от производительности насоса и конструкции бетонируемых сооружений.

При насосном транспорте бетонной смеси вес применяемого оборудования складывается из веса лишь бетононасоса и трубопровода. В результате на единицу производительности требуется оборудования по весу в 4—8 раз меньше, чем при любом другом способе транспортировки бетонной смеси (кроме ленточных конвейеров).

В равных условиях транспортировка 1 м³ бетонной смеси при комбинированной подаче (горизонтальная и вертикальная) с помощью бетононасосов обходится в 1,5—4 раза дешевле, чем при любом другом транспортном оборудовании.

Произведенные на ряде строек сравнения физических свойств бетонной смеси, взятой в воронке бетононасоса, со свойствами бетонной смеси, отобранной по выходе ее из трубопровода, свидетельствуют о том, что в результате движения по трубопроводу прочность и объемный вес бетона повышаются, а консистенция понижается. Увеличение объемного веса и снижение консистенции бетонной смеси в процессе нагнетания свидетельствуют об увеличении плотности бетона в сооружениях.

Область применения бетононасосов

Производственная гибкость и экономичность насосного метода транспортировки бетонной смеси позволяют весьма эффективно использовать бетононасосы в самых разнообразных условиях и, практически, во всех видах строительства: в гражданском и промышленном, в гидротехническом, в туннелестроении и т. д.

Однако существуют причины, сужающие область применения бетононасосов, из которых основными являются:

ограниченность размера зерен заполнителя бетона — 70 мм для выпускаемых нашей промышленностью бетононасосов, что при возведении массивных бетонных сооружений ведет к перерасходу цемента;

сравнительно небольшая дальность подачи бетонной смеси по трубам (до 300 м по горизонтали или до 30—35 м по вертикали).

С учетом указанного наиболее благоприятными для применения бетононасосов объектами являются:

а) железобетонные сооружения сложной конструкции, имеющие размеры в плане, не выходящие за пределы радиуса действия насоса, и высоту до 25—30 м;

б) ряд мелких бетонных сооружений, расположенных в пределах одной строительной площадки;

в) сильно вытянутые в плане армированные и железобетонные сооружения;

г) отдельно стоящие высокие железобетонные сооружения;

д) труднодоступные для обычного бетонотранспортного оборудования части сооружений;

е) бетонные сооружения, возводимые способом подводного бетонирования.

Насосная подача бетонной смеси рациональна во всех тех случаях, когда из-за сильной стесненности строительной площадки использование обычных способов транспортировки бетонной смеси затруднено.

В большинстве случаев область применения бетононасосов может быть расширена путем использования их в комбинации с другими видами бетонотранспортного оборудования: транспортерами, автобетономешалками и автосамосвалами.

С выпуском более мощных бетононасосов (производительностью 40 м³/час и выше), с увеличением радиуса действия бетононасосов и, главное, с повышением предельной крупности применяемого для приготовления бетонной смеси заполнителя область применения бетононасосов значительно расширится, и их можно будет с успехом применять как основное бетонотранспортное оборудование при возведении крупных массивных гидротехнических и прочих сооружений.

Увеличение предельной крупности заполнителя до 120—150 мм может быть достигнуто путем изготовления высокопроизводительных бетононасосов с цилиндрами и трубопроводами диаметром свыше 250 мм.

Данные о бетононасосах отечественных заводов приведены в таблице.

Наименование	Тип бетононасоса		
	Б-15	С-252	С-290 двух- цилин- дровый
Производительность, м ³ /час	11—15	20	40
Диаметр цилиндра, мм	160	201	201
Мощность двигателя, квт	16,2	27,5	~38
Дальность подачи, м:			
по горизонтали	240	250	300
по вертикали	30	30	40
Габариты, мм:			
длина	2 910	4 154	—
ширина	1 820	1 912	—
высота	2 216	2 616	~2 714
Вес, кг	3 800	7 570	~12 500
Диаметр трубопровода (в свету), мм	150	185	185
Предельная крупность заполнителя, мм	50	75	~70

Для возможности эффективного использования насосной подачи бетонной смеси при строительстве деривационных гидравлических и небольших тепловых электростанций, а также для бетонирования гидротехнических туннелей необходимо форсировать изготовление передвижного малогабаритного облегченного бетононасоса производительностью до 8 м³/час*.

* Желателен выпуск указанных бетононасосов в комплекте с малогабаритными бетономешалками непрерывного действия.

С осуществлением указанных мероприятий область применения бетононасосов значительно расширится.

Основные схемы организации насосного транспорта

При решении схемы организации насосного транспорта должен быть тщательно продуман вопрос питания бетононасоса бетонной смесью.

Емкость бетономешалок для питания бетононасоса должна подбираться с таким расчетом, чтобы перебои в подаче бетонной смеси в воронку насоса были исключены, так как в противном случае возможно образование воздушных пробок в цилиндре насоса.

Для бесперебойного питания бетононасоса производительностью до $8 \text{ м}^3/\text{час}$ требуется одна бетономешалка емкостью 425 л, для бетононасоса производительностью 11—15 $\text{м}^3/\text{час}$ — две бетономешалки по 425 л, для бетононасоса производительностью 20 $\text{м}^3/\text{час}$ — одна бетономешалка 1 200 л и, наконец, для бетононасоса емкостью 40 $\text{м}^3/\text{час}$ — две бетономешалки по 1 200 л или одна 2 400 л. Питание бетононасоса бетонной смесью из двух бетономешалок имеет то преимущество, что загрузка бетонной смеси в воронку насоса производится более равномерно, чем исключается возможность полного опорожнения воронки.

Не менее важным является вопрос о выборе трассы трубопровода для подачи бетонной смеси.

При выборе трассы трубопровода нужно руководствоваться следующим:

а) трубопровод должен прокладываться по кратчайшему расстоянию;

б) начальный участок трубопровода должен быть прямым;

в) трубопровод должен иметь минимальное число поворотов;

г) трубопровод должен быть проложен таким образом, чтобы его сборно-разборная часть (в пределах сооружения) была короче, чем магистральная часть.

В зависимости от объема бетонных работ, характера сооружений, условий строительной площадки, выбранного типа бетононасосов применение насосной подачи бетонной смеси может быть сведено к следующим четырем основным схемам:

1. Централизованная схема — бетононасосная станция (группа бетононасосов) и при ней центральный автоматизированный бетонный завод. Эта схема может быть осуществлена лишь в том случае, если бетонный завод представляется возможным расположить от возводимых сооружений на расстоянии, не превышающем радиуса действия бетононасоса. В отдельных случаях дальность подачи бетонной смеси от бетонного завода может быть доведена до 600 м путем применения промежуточного бетононасоса.

2. Децентрализованная схема — бетононасосы расположены вблизи возводимых сооружений вместе с приданными им бетономешалками или установлены на участках бетонных заводов.

3. Комбинированная схема — бетононасосы расположены в непосредственной близости от возводимых сооружений; снабжение бетонной

смесью осуществляется одним из следующих способов: а) ленточными конвейерами; б) автобетономешалками емкостью барабана 2,4 или 1,6 м^3 ; в) автосамосвалами.

4. Специализированная схема — комплексная передвижная установка, включающая бетононасос, бетономешалку (желательно непрерывного действия), транспортер с бункером для загрузки сухой смеси и компрессор. Эта схема применяется для бетонирования обделок гидротехнических туннелей.

В зависимости от местных условий могут возникнуть промежуточные схемы насосной подачи бетонной смеси. В частности, при строительстве туннелей выбор схемы зависит от: а) способа производства работ по сооружению туннеля (совмещение проходки и бетонирования или последовательное производство работ); б) типа применяемого для бетонных работ оборудования; в) размеров поперечного сечения туннеля; г) длины туннеля или участков его между боковыми штреками или вспомогательными шахтами; д) глубины залегания туннеля.

В настоящее время накоплен уже значительный опыт применения бетононасосов на строительстве различных сооружений.

Удачным было применение бетононасосов на строительстве очистной станции под Москвой в 1947—1949 гг.

На строительной площадке был установлен бетононасос производительностью до $17 \text{ м}^3/\text{час}$. Бетонная смесь приготавливалась на центральном бетонном заводе и по наклонному лотку подавалась в воронку насоса. Магистральный трубопровод диаметром в свету 175 мм был уложен на грунте и нисколько не стеснял производство других работ на площадке. В пределах сооружений трубопровод укладывался на инвентарных металлических выдвигаемых стойках. Максимальная дальность подачи бетонной смеси составила 330 м (приведенная длина).

При бетонировании перекрытий распределение бетонной смеси, поступающей из трубопровода, производилось деревянными лотками, обитыми внутри листовой сталью. В стены бетонная смесь укладывалась сразу на всю высоту без лотков.

Транспортировка бетонной смеси с помощью бетононасоса обеспечила высокое качество бетона в сооружениях — на 28-й день прочность составляла 142—210 $\text{кг}/\text{см}^2$ при марке бетона 110 и позволила обойтись без торкретирования стен железобетонных резервуаров.

Применение бетононасоса повысило производительность труда с 3,5 м^3 бетона в смену на 1 рабочего до 10 м^3 — при бетонировании тонких густоармированных стенок.

Успешно применил в 1949—1950 гг. насосный транспорт бетона трест Челябинметаллургстрой¹. Бетонные работы производились в стесненных условиях совмещенного производства других видов работ и уже готового каркаса здания.

¹ М. А. Липовецкий и М. К. Сап, Применение бетононасоса большой производительности, Стройиздат, 1950, стр. 56, а также П. Б. Бакума и О. Э. Кох, Опыт производства бетонных работ с применением бетононасосов, «Строительная промышленность», 1951, № 2.

Наиболее удобным в данных условиях оказался насосный транспорт бетонной смеси. Бетононасос производительностью 25 м³/час был установлен в утепленном помещении, расположенном ниже уровня земли. Над ним была устроена эстакада, по которой въезжали автосамосвалы, доставлявшие бетонную смесь от бетонного завода. Трубопровод прокладывался на металлических инвентарных раздвижных стойках.

Укладка бетонной смеси в крупных массивах производилась непрерывно в течение двух удлиненных смен. Непрерывная работа бетононасоса повлекла за собой поточную организацию земляных, опалубочных и арматурных работ, предшествовавших бетонным работам.

Для возможности работы бетононасоса зимой при температурах до —30° С были проведены следующие мероприятия: трубопровод утеплялся шлаковатой; в помещение бетононасоса было проведено центральное отопление и поддерживалась температура 25° С; перед подачей бетонной смеси трубопровод прогревался паром; очистка трубопровода осуществлялась горячей водой с добавкой 5% хлористого кальция; в бетононасос поступала бетонная смесь с температурой не ниже +10° С, приготовленная с добавкой хлористого кальция.

Производительность укладки бетонной смеси составила в среднем около 300 м³ в сутки при дальности подачи до 180 м. Всего было подано бетононасосом 25 тыс. м³ бетонной смеси.

На строительстве Гюмушской гэс были применены в 1951 г. бетононасосы Б-15 производительностью 15 м³/час. Один бетононасос подавал бетонную смесь в водоприемник, каменно-набросную плотину, соединительный канал, огражденную стенку (подано до 1 ноября 3360 м³); второй — в промежуточные опоры трубопровода, в одну анкерную опору и напорную камеру (подано 6747 м³); третий — в бассейн суточного регулирования и две анкерные опоры (подано 9217 м³). Максимальная дальность подачи составила 180 м.

Нормальной работе бетононасосов мешало частое образование пробок в трубопроводе. Причина образования пробок, в основном, заключалась в неправильно подобранном составе смеси, в пре-

вышении допустимой крупности щебня и в плохом качестве песка.

Серьезной помехой в работе бетононасосов явилась плохая организация насосной подачи бетонной смеси.

Но, несмотря на все недостатки в работе бетононасосов, опыт данного строительства показал, что применение их при возведении гидротехнических сооружений является удачным решением вопроса транспорта бетонной смеси. Всего до 1 ноября 1951 г. на строительстве гидростанции было подано бетононасосами 19324 м³ бетонной смеси.

Задачи изучения насосной подачи бетонной смеси

Несмотря на то что бетононасосы находят все более широкое применение, ряд вопросов, связанных с насосным транспортом бетонной смеси, до сих пор остается неразрешенным.

Слабо изучены вопросы движения бетонной смеси по трубам, не установлена зависимость между дальностью подачи в горизонтальном и вертикальном направлениях, не установлена точная зависимость потребляемой мощности от дальности подачи и консистенции бетонной смеси, не установлены достаточно обосновано пределы применения бетононасосов в зависимости от объемов работ и многие другие вопросы.

Необходимо на одном из строителств организовать всесторонние исследования насосной подачи бетонной смеси, включающие:

а) испытания бетононасоса на максимальную производительность при нагнетании различных по составу и консистенции бетонных смесей на максимальные расстояния;

б) определение максимально возможной дальности подачи по горизонтальному и вертикальному направлениям и установление зависимости высоты подачи от длины горизонтального участка трубопровода;

в) выявление зависимостей потребляемой мощности и производительности бетононасоса от дальности подачи и консистенции бетонной смеси;

г) сравнение в производственных условиях всех методов очистки и смазки трубопровода и выбор оптимальных из них.

□ □ □

Применение бетононасосов на строительстве электростанций

Инж. Г. П. Никольский

В последнее время на строительствах электрических станций для механизации транспорта и укладки бетона стали широко применяться бетононасосы, хорошо разрешающие комплексную механизацию бетонных работ.

На строительствах электростанций наибольшее распространение получили бетононасосы Ивановского завода МЭС типа Б-15 (рис. 1).

Бетононасос имеет следующую техническую характеристику:

Производительность	15 м ³ /час
Дальность подачи по горизонтали	240 м
То же по вертикали	30 м
Максимальная крупность фракций гравия 60—65 мм	не более 5—8%
Емкость приемного бункера	1,25 м ³
Диаметр цилиндра	160 мм
Ход поршня	305 мм
Число ходов поршня в минуту	50
Объем, вытесняемый поршнем за 1 ход	6,1 л
Диаметр трубопровода в свету	150 мм

Мощность двигателя	16,2 квт
Вес бетононасоса	3 800 т
Вес бетоновода	11 350 кг

Габаритные размеры:

длина	2 910 мм
ширина	1 820 мм
высота	2 216 мм

Бетононасос (рис. 2) работает следующим образом.

Бетон подается в приемный бункер бетононасоса 1, откуда он под влиянием силы тяжести поступает в приемную камеру 2, когда впускной клапан 3 открыт, а поршень находится в положении всасывания. Вслед за этим происходит закрытие впускного клапана, открытие нагнетательного клапана 4 и движение поршня вперед; бетон, попавший в приемную камеру насоса, сжимается поршнем и проталкивается в трубопровод 5. Впускной клапан находится между приемной воронкой и цилиндром, а нагнетательный клапан — между цилиндром и трубопроводом; оба клапана открываются и закрываются в моменты, строго согласованные с движением поршня.

Управление клапанами осуществляется кулисным механизмом, состоящим из эксцентриковых дисков, насаженных на коленчатый вал, и тяг, соединяющих эксцентриковые диски с клапанами. Профиль эксцентриков обеспечивает согласованную работу клапанов.

В 1950—1951 гг. строительными организациями Министерства электростанций получено для эксплуатации более 60 таких бетононасосов, однако использовались они совершенно недостаточно. Это объясняется, главным образом, тем, что инженерно-технические работники строительств, не зная еще преимуществ бетононасосов и столкнувшись с трудностями, возникающими при освоении бетононасосов, отказывались от их применения.

Между тем опыт работы бетононасосов на строительстве, применявших их в 1950—1951 гг., показывает, что, несмотря на наличие еще некоторых конструктивных заводских дефектов, бетононасосы являются вполне работоспособными механизмами.

В 1951 г. бетононасосы применялись на строительстве гидравлических и тепловых электростанций.

На строительстве гидравлических электростанций бетононасосы были использованы для укладки бетона в самые различные сооружения. На строительстве Гюмушской гэс с помощью бетононасосов производилась бетонировка фундаментов напорного трубопровода, расположенного на откосе с уклоном в 37°, сооружений головного узла деривационного канала, а также и других сооружений.

Подача бетона в бетононасос производилась из двух

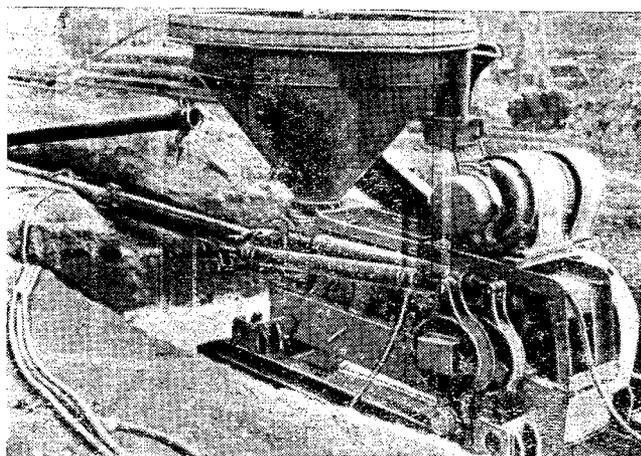


Рис. 1. Бетононасос Б-15. Вид со стороны кулисного механизма.

бетономешалок по 425 л, установленных непосредственно у бетононасоса.

На строительстве других гэс бетононасосы были использованы для бетонирования облицовки канала. Бетон подавался также из бетономешалок, установленных у бетононасоса.

На Мингечаургэсстрое бетононасосами производилась укладка бетона в сооружения приплотинного узла.

Весьма успешно применялись бетононасосы на строительстве одной тепловой станции на Урале, где с помощью бетононасосов было проведено бетонирование фундаментов каркаса главного здания, сбросного водовода, фундаментов котлов и турбогенератора. Бетононасос был установлен со стороны временного торца в специальном котловане глубиной 1,5 м. Подача бетона в бетононасос производилась автосамосвалами от бетонного завода, расположенного на расстоянии 900 м от бетононасоса.

Примером эффективного применения бетононасоса типа Б-15 для вертикальной транспортировки бетона может служить работа бетононасоса Б-15 на строительстве одного из высотных

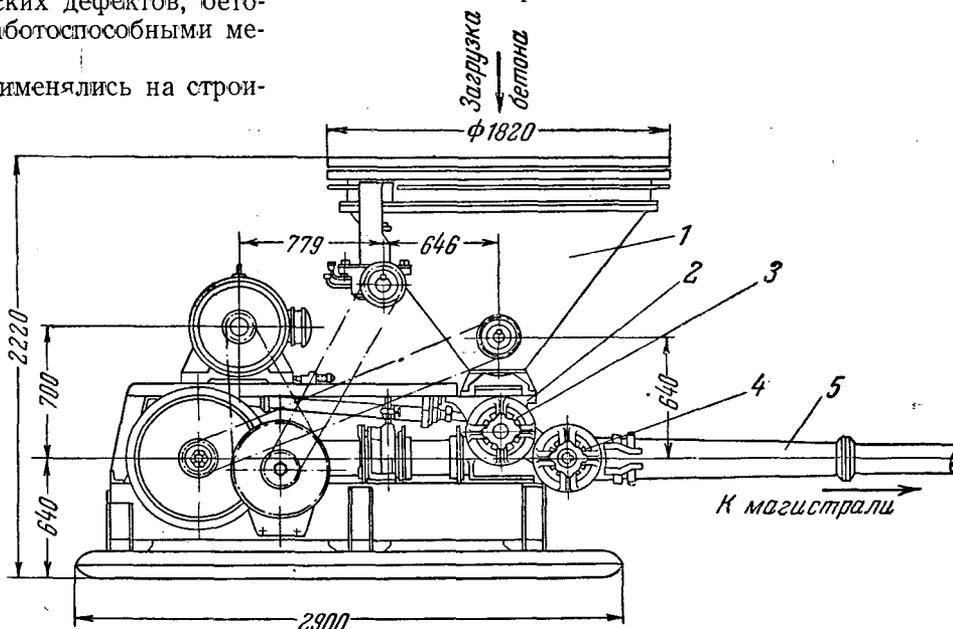


Рис. 2. Схема бетононасоса Б-15.

домов в Москве. На этом строительстве бетононасос Ивановского завода подавал бетон по вертикали на высоту 9 этажей, или 36 м, что соответствует приведенной длине по горизонтали 320 м, с учетом имевшихся углов поворота трубопровода.

Опыт работы этих строителей позволяет сейчас сделать выводы и дать рекомендации об оптимальных составах и консистенции насосного бетона, а также об общей организации работ при использовании бетононасосов.

Наибольшее влияние на успешную работу бетононасоса оказывают следующие факторы, зависящие от технических возможностей бетононасосов: размер заполнителей, углы изгиба бетоновода и консистенция бетона.

Вместе с этим следует отметить, что на работу бетононасосов влияет также организация бетонных работ — наличие фронта работ, бесперебойная подача бетона от места приготовления. Отсутствие этих условий, как показал опыт, вызывает вынужденные длительные остановки бетононасоса, приводит к необходимости очищать бетоновод и к потере бетона.

Работа бетононасосов на строительстве тепловой электростанции показала, что простои, имевшие место при бетонировании, составляли: по причинам, зависящим от бетононасоса (аварии, пробки), — всего 5,6% времени, а простои из-за неподготовленности фронта работ, задержки в подаче бетона, отсутствия энергии и пр. — 26%.

На строительстве, применявших бетононасосы, бетон, укладываемый бетононасосами, характеризовался осадкой конуса от 4 до 12 см при марках бетона от 110 до 170.

Крупность щебня на этих строительствах не превышала 60—70 мм. Опыт показал, что бетон марки не ниже 110 с осадкой конуса 6—8 см успешно транспортируется бетононасосами без образования пробок. Следует обращать внимание на состав щебня, не допуская в бетон фракций более 60—70 мм.

Большое значение для успешной работы бетононасоса имеет конфигурация бетоновода. Образование пробок чаще всего происходит в местах поворота бетоновода на 90°. При углах поворота бетоновода в 130° пробок не наблюдалось. Следует при проектировании организации бетонных работ с применением бетононасоса избегать крутых поворотов бетоновода.

На строительствах электростанций возможны следующие схемы организации бетонных работ с применением бетононасосов.

Первая схема — бетононасос располагается у места приготовления бетона.

Вторая схема — бетононасос оторван от бетонного завода, и бетон от места приготовления

транспортируется к бетононасосу автосамосвалами.

Наилучшей схемой организации работ следует считать первую схему, но по ряду причин, из которых основной является отдаленность расположения бетонного завода от места укладки бетона, выполнение этой схемы не всегда возможно, и поэтому приходится применять вторую схему.

На ряде строителей для осуществления первой схемы пошли по пути создания временных установок для приготовления бетона из двух бетономешалок с емкостью барабанов по 425 л, располагая их у бетононасоса. Следует отметить, что это решение не является рациональным, так как оно удорожает стоимость бетона, вследствие того что приготовление бетона на временной установке потребует дополнительного расхода рабочей силы.

Наиболее часто применялась на строительствах электростанций вторая схема. Опыт работы некоторых строителей показал, что бетон, перевезенный к бетононасосу на расстояние 1—1,5 км, не требует дополнительного перемешивания и хорошо перерабатывается бетононасосом.

Укладку бетона бетононасосом следует начинать с наиболее удаленных частей сооружения, а затем путем укорочения бетоновода переходить к бетонированию ближайших частей.

Бетононасосы не допускают больших перерывов в работе, поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы фронт для укладки бетона был заранее подготовлен. Максимальный перерыв в бетонировании достигал на одном из строительствах 2,5 часа без опорения бетоновода. При таких вынужденных перерывах в бетонировании рекомендуется периодически (через 15—20 мин.) прокачивать насосом бетонную смесь.

В зимних условиях транспортирование бетона бетононасосом не вызывает особых затруднений и требует для своего осуществления только утепления бетоновода шлаковатой или опилками.

В результате эксплуатации бетононасосов Ивановского завода на строительствах электростанций выявлены следующие конструктивные недостатки: недостаточная прочность коленчатого вала, низкая износостойкость цилиндра и клапанов, плохое качество резины наконечника поршня, беспокойная работа кулисного механизма. Существенным недостатком является также отсутствие в приемном бункере бетононасоса Б-15 приспособления для перемешивания бетона. Все эти недостатки заводом в настоящее время устраняются.

Ивановским механическим заводом намечен выпуск значительного количества бетононасосов с внесенными конструктивными улучшениями. Оснащение строителей этими бетононасосами даст возможность значительно увеличить комплексную механизацию укладки бетона.



Многоамперные подвесные токопроводы

Инж. Л. И. Двоскин

Конструкция подвесных токопроводов

Соединение генераторов с трансформаторами или с распределительными устройствами наиболее надежно может быть выполнено в виде гибких проводов¹. Этот вид соединений позволяет по конструктивным соображениям подвесить до шести проводов на фазу. При таком числе проводов и при применении медных проводов обычных сечений ($120 \div 150 \text{ мм}^2$) для трансформаторов и генераторов 15 тыс. *кв*а и выше оказывается невозможным выполнить требования о выборе токопроводов по экономической плотности тока.

В результате, в последние годы при выборе многоамперных соединений по экономической плотности тока были вынуждены снова вернуться к ранее применявшимся конструкциям, в большинстве случаев — к шинным мостам. Именно так и выполнялись до 1950 г. многоамперные соединения.

По предложению автора, в 1947 г. Теплоэлектропроектом была разработана конструкция токопровода с подвеской на стальном тросе многополосного пакета шин (рис. 1). Такая конструкция, выполненная на одной электростанции, позволила резко сократить число изоляторов и количество металла для опор по сравнению с шинными мостами. Однако необходимость установки гибких компенсаторов для соединения отдельных пролетов, гибких спусков от шин к вводам в здания или к трансформаторам, а также затруднения в монтаже протяженных пакетов шин заставили искать новых решений.

В 1948 г. автором была разработана новая конструкция с подвеской на тросе пакетов голых проводов вместо пакетов шин. Это устранило ранее указанные недостатки; кроме того, полностью исчезли все промежуточные контакты, так как провода нарезаются по длине трассы и не имеют промежуточных соединений (рис. 2).

При дальнейшем совершенствовании конструкции автор отказался от применения стального троса и использовал в качестве несущих два провода из общего числа проводов пакета. Это выполнение принято Теплоэлектропроектом в качестве типового.

Новая конструкция дает возможность применять алюминиевые провода вместо медных, ис-

пользуя в качестве несущих стальноалюминиевые провода (рис. 3,а).

При величине пролета многоамперных соединений, обычно имеющих место на электростанциях и подстанциях (30—35 м), механическая прочность двух проводов оказывается достаточной для подвешивания к ним остальных 14—22 проводов того же сечения.

При небольшом числе проводов большого сечения в пакете несущие провода могут быть расположены непосредственно на окружности скобы (рис. 3,б). Такое расположение обеспечивает большую компактность всего пакета. При большом числе проводов для уменьшения числа болтов, крепящих провода к кольцевым скобам, могут быть применены накладки из меди (рис. 3,в). При таком способе крепления проводов в кольцевую скобу свариваются стерженьки, обеспечивающие расположение проводов на скобе не вплотную друг к другу, а с некоторым зазором, что способствует лучшему их охлаждению.

Несомненно, что приведенные способы закрепления проводов на скобе не исчерпывают всех возможных решений и являются лишь примерными.

Расстояние между кольцевыми скобами принимается в 0,5—1,0 м в зависимости от сечения проводов — их жесткости; при малых сечениях это расстояние берется меньшим, при больших — большим. Подход пакета проводов и спуск его к трансформатору показаны на рис. 4.

Переход от гибких проводов к выводам трансформатора или проходным изоляторам, установленным в стене машинного зала, осуществляется с помощью небольшого участка жесткой ошиновки, укрепленной на опорных изоляторах. Эти последние служат также для разгрузки изоляторов трансформатора или проходных изоляторов в стене машинного зала от усилий, могущих возникнуть из-за раскачивания проводов под действием ветра.

Пример выполнения переходной конструкции от алюминиевых проводов к жесткой ошиновке приведен на рис. 5. Этот рисунок дает детали исполнения узла А на рис. 4.

Описанная конструкция подвесного токопровода позволяет осуществить практически любую трассу соединения; при любой сложной трассе токопровод выполняется из целых проводов по всей длине соединения. Такие сложные трассы являются обычными на площадках электростанций, что видно из рис. 6, а также из рис. 2,а.

Произведенные технико-экономические сравнения показали, что подвесные токопроводы, вы-

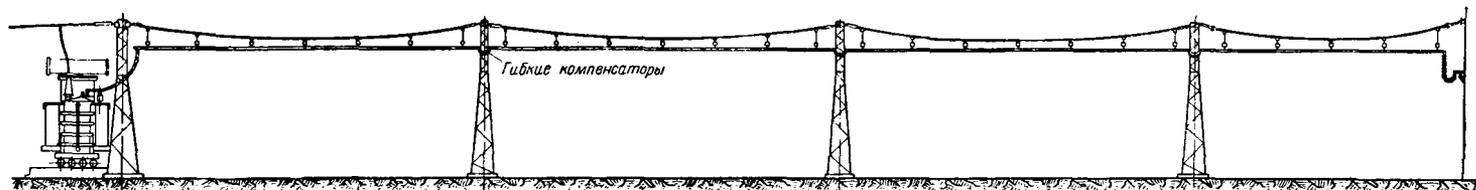


Рис. 1. Подвесной токопровод с пакетами шин.

¹ Л. И. Двоскин, Гибкие провода для многоамперных соединений на электрических станциях и подстанциях, «Электрические станции», 1948, № 11.

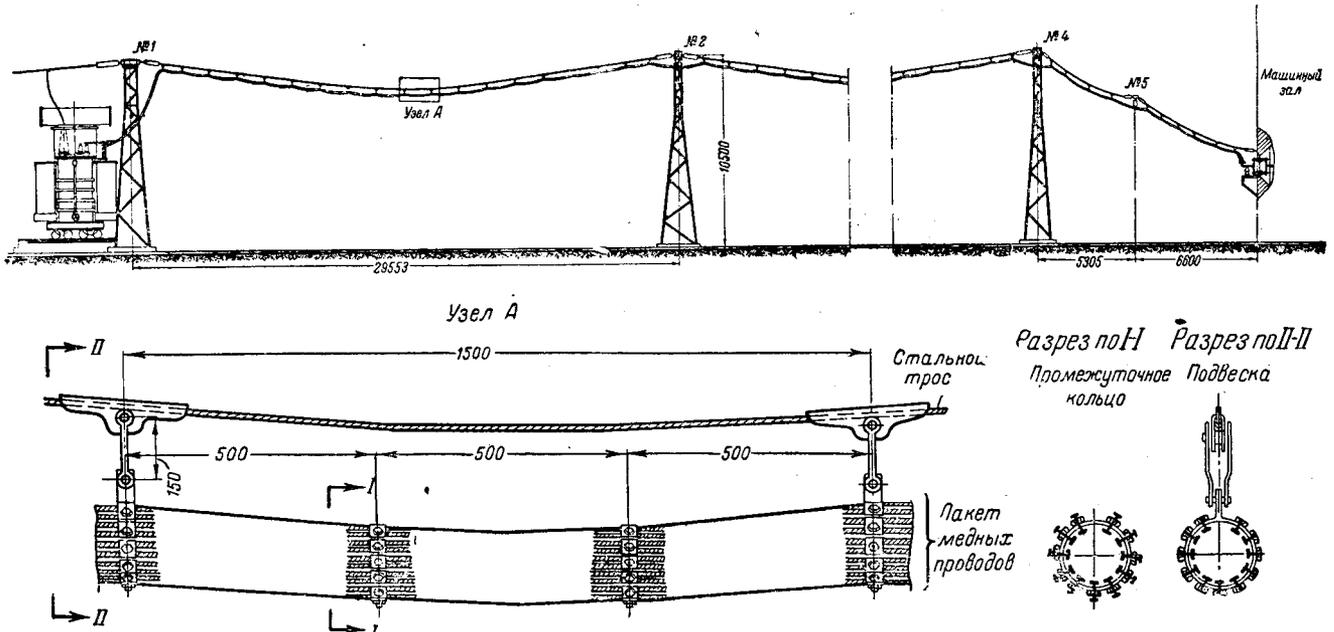


Рис. 2. Подвесной токопровод с пакетами проводов.

полняемые помощью пакетов проводов, позволяют резко сократить затраты проводниковых и цветных материалов по сравнению с жесткими шинными мостами и кабельными соединениями. Действительно, при кольцевом токопроводе — па-

кете проводов—коэффициент поверхностного эффекта будет равен 1,02 вместо 2,06 для пакета из четырех медных шин $100 \times 10 \text{ мм}^2$, т. е. при тех же потерях энергии общее сечение всех проводов может быть принят вдвое меньшим, чем для пакета шин. При подвесном токопроводе из пакета проводов не требуются затраты значительных количеств свинца, который необходим был бы при выполнении соединения помощью кабелей.

Применение подвесных токопроводов позволяет также снизить общие затраты средств и материалов на сооружение и существенно уменьшить годовые расходы по эксплуатации многоамперных соединений. Наконец, описанная конструкция подвесных токопроводов обеспечивает наибольшую надежность в эксплуатации, так как при ее применении отпадает необходимость в наблюдении за многочисленными контактами и опорными изоляторами жесткого шинного моста или за состоянием концевых кабельных муфт и вентиляцией кабельного туннеля при кабельных соединениях.

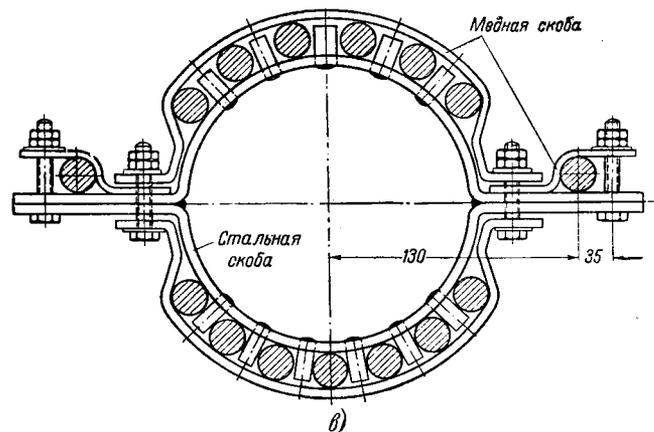
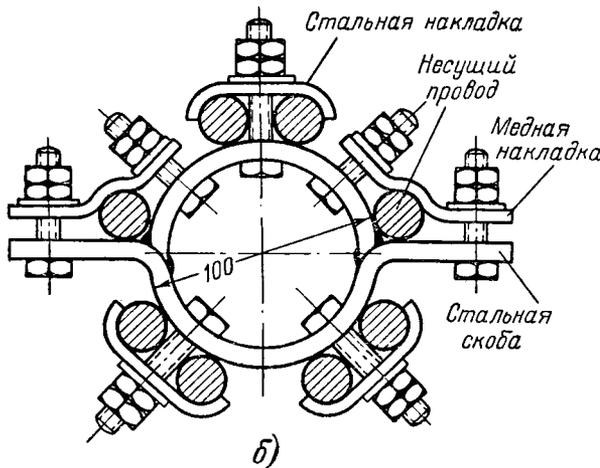
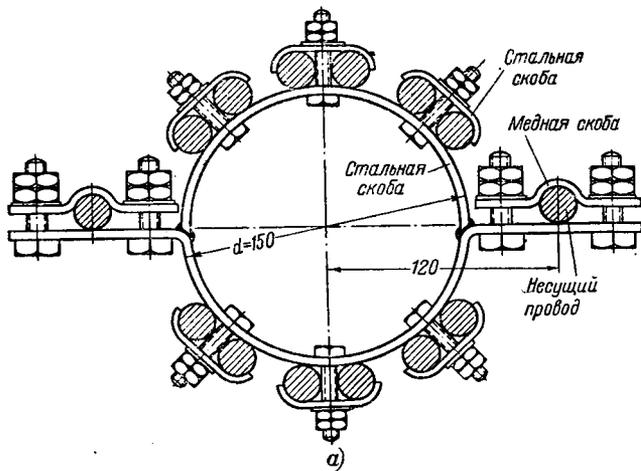


Рис. 3. Бестросовая подвеска пакета проводов на двух несущих проводах.

а — с вынесенными несущими проводами и раздельным креплением проводов на скобе; б — с расположением несущих проводов непосредственно на скобе; в — с общими охватывающими скобами из меди.

Расчет подвесных токопроводов

Задачей расчета подвесных токопроводов является определение величин возможного отклонения их при протекании токов короткого замыкания, напряжения проводов, несущих механическую нагрузку от веса токопровода и напряжения материала скоб-распорок.

Расчетным случаем является двухфазное короткое замыкание между соседними в пролете фазами. Токопроводы фаз, отклонившиеся друг от друга под воздействием усилия, создаваемого токами короткого замыкания, возвращаются в исходное положение после прекращения протекания этих токов. Двигаясь при этом по инерции аналогично маятнику, они проходят через начальное положение и могут сблизиться на недопустимо малое расстояние.

При трехфазном коротком замыкании средний токопровод остается неподвижным; расстояние же между отклонившимися крайними токопроводами практически исключает их опасное сближение.

При определении величины отклонения токопровода при протекании токов короткого замыкания должны быть учтены характер тока короткого замыкания (затухающий или незатухающий), длительность его протекания и изменение расстояния между взаимодействующими фазами токопровода в период протекания тока короткого замыкания (из-за перемещения в этот период фаз токопровода).

Описанный ранее метод расчета величины отклонения токопровода² не учитывает изменения расстояния между взаимодействующими токопроводами в период протекания токов короткого

² См. сноску 1.

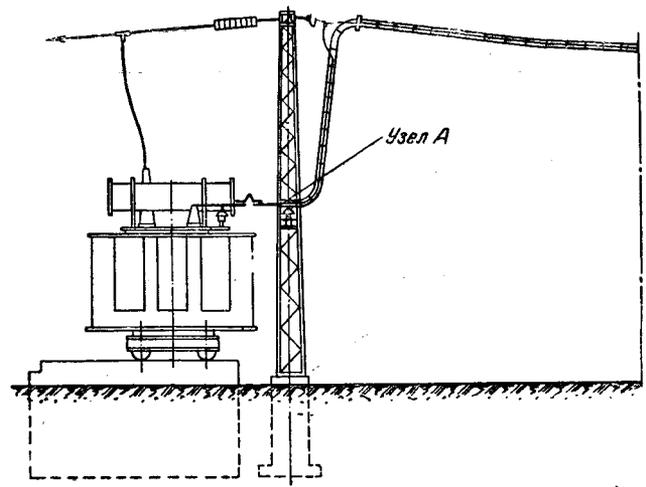


Рис. 4. Подход токопровода к трансформатору. Узел А — переход от гибких проводов к шинам.

замыкания. Таким образом, он может быть использован лишь при быстром отключении токов короткого замыкания, например быстродействующей защитой со временем 0,2 сек. Как показали сравнительные расчеты для токопроводов с сече-

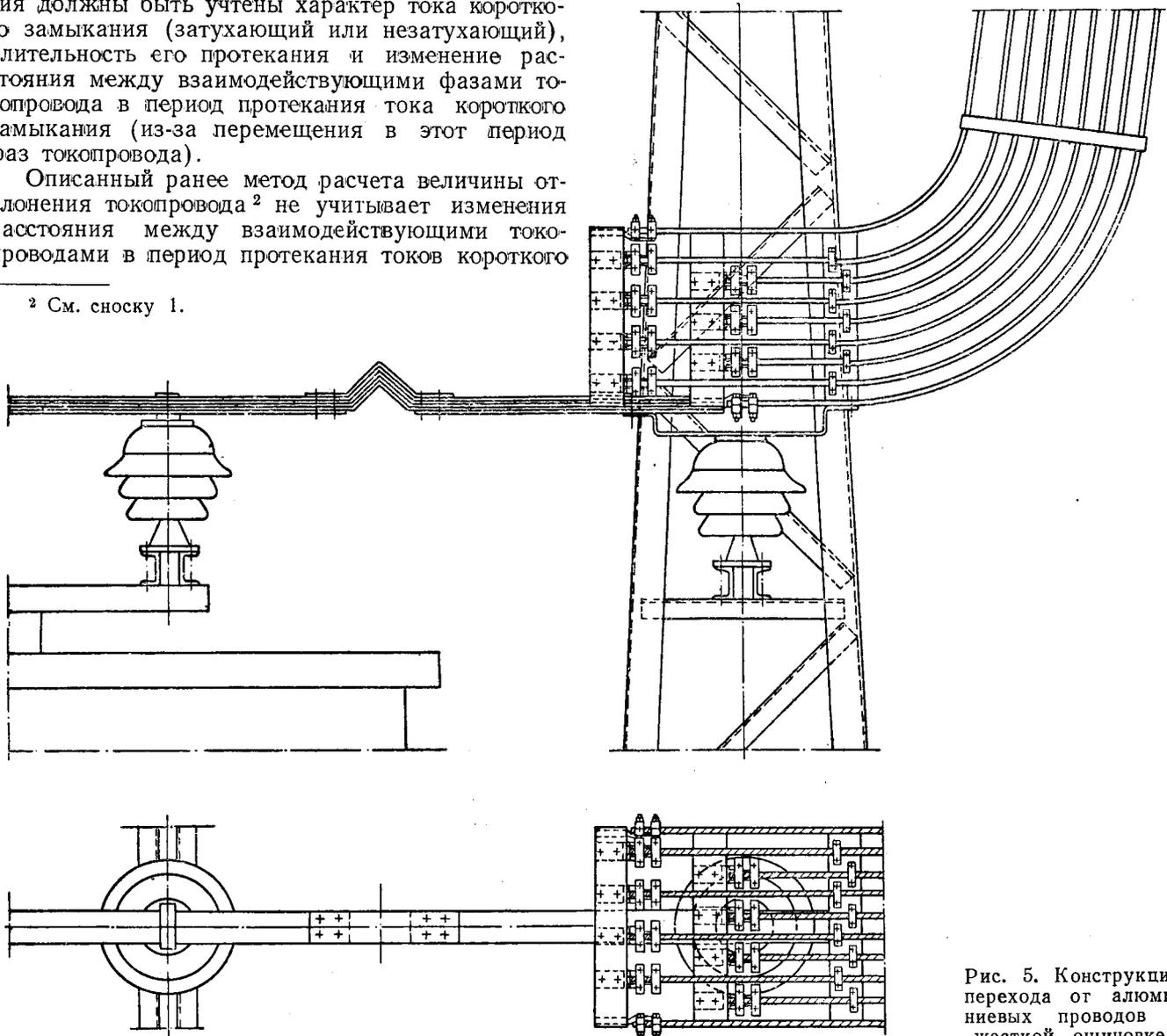


Рис. 5. Конструкция перехода от алюминиевых проводов к жесткой ошиновке.

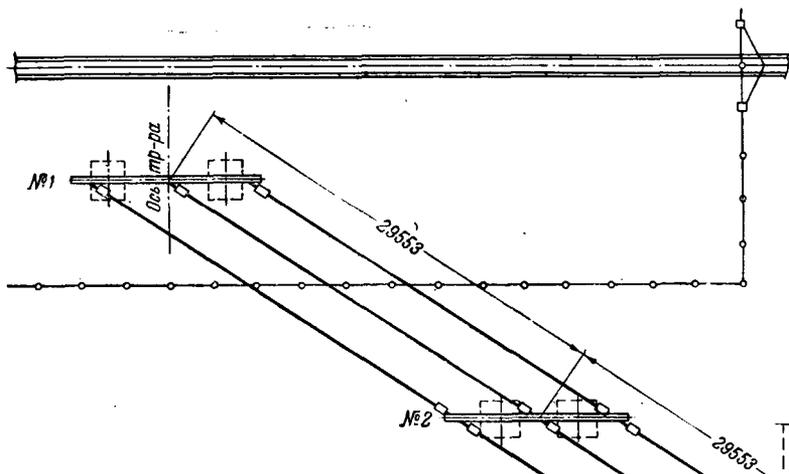


Рис. 6. План трассы.

нием, выбранным по экономической плотности тока и подвешенным с расстоянием в 2,5—3,0 м между фазами, перемещение токопроводов за время 0,2 сек. будет весьма невелико, и им можно практически пренебречь.

При более длительном протекании токов короткого замыкания неучет увеличения расстояния между взаимодействующими токопроводами привел бы к существенному преувеличению значений отклонения токопроводов. Учет увеличения расстояния между взаимодействующими токопроводами при затянувшемся коротком замыкании, например вследствие отказа быстродействующей дифференциальной защиты и отключения короткого замыкания резервной защитой со временем действия 3—7 сек., может быть произведен введением в расчетную формулу для определения наибольшей возможной силы взаимодействия токопроводов F_0 понижающего коэффициента k , т. е.

$$F_p = kF_0 = k \frac{1,76 \cdot I''^2 \cdot 10^{-8}}{a} \text{ кг/пог. м,} \quad (1)$$

где I'' — действующее значение начального сверхпереходного тока трехполюсного короткого замыкания, a ;

a — расстояние между фазами токопровода, м.

Коэффициент k зависит от отношения сверхпереходного тока к установившемуся значению трехполюсного короткого замыкания

$$\beta'' = \frac{I''}{I_\infty}$$

и отношения наибольшего возможного значения силы взаимодействия F_0 к суммарному весу токопровода на 1 пог. м, т. е. от $\frac{F_0}{g}$.

При незатухающем токе короткого замыкания ($\beta'' = 1$) этот коэффициент будет иметь наибольшее значение $k_{\text{макс}}$. Он может быть определен по кривой, приведенной на рис. 7 для различных соотношений $\frac{F_0}{g}$.

При затухающем токе короткого замыкания

($\beta'' \neq 1,0$) этот коэффициент может определен по следующей формуле³:

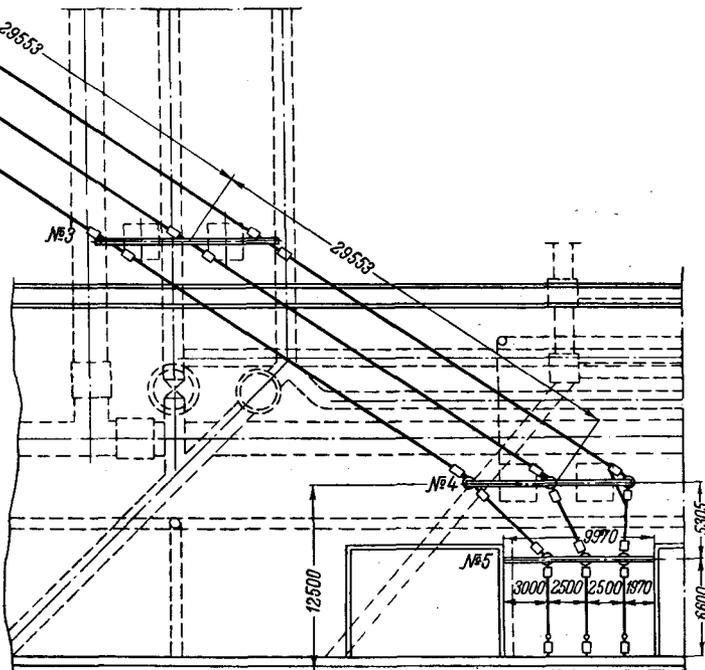
$$k = (1,55 - 0,55\beta'') \text{ и } k_{\text{макс}} + 0,22(\beta'' - 1). \quad (2)$$

Наибольший расчетный угол отклонения токопровода под действием тока короткого замыкания может быть определен по формуле

$$\alpha = 2 \arctg \frac{F_p}{g} \quad (3)$$

или по кривым рис. 8.

Формула (3) построена в предположении, что токопровод подобно маятнику



под действием сил инерции переместится в первый период движения на угол, в два раза больший, чем угол, соответствующий установившемуся состоянию, т. е.

$$\alpha = \arctg \frac{F_p}{g}.$$

Благодаря некоторой жесткости токопровода и его парусности в действительности величина отклонения токопровода будет несколько меньшей, чем полученная из расчета по формуле (3).

Из приведенного следует также, что токопровод, покрытый гололедом, а следовательно, имеющий больший вес на 1 пог. м, будет отклоняться под действием токов короткого замыкания меньше, чем токопровод без гололеда.

Зная наибольший расчетный угол отклонения токопровода, можно определить, какое расстояние будет между токопроводами двух смежных фаз и, таким образом, проверить допустимость такого отклонения.

В том случае, если величина отклонения токопровода окажется недопустимо большой, должны быть приняты меры к его уменьшению, что может быть достигнуто либо увеличением рас-

³ Метод определения отклонения токопроводов с учетом увеличения расстояния между взаимодействующими фазами разработан при участии инж. Н. Г. Гейнина и инж. И. А. Колякова.

стояния между фазами, либо искусственным увеличением веса токопровода (например, увеличением веса скоб), либо, наконец, уменьшением стрелы провеса за счет уменьшения пролета.

В случае затруднения в установке дополнительных промежуточных опор может быть применен искусственный способ уменьшения стрелы провеса посредством установки дополнительных поперечных связей между фазами токопровода (рис. 9) по разработанной автором конструкции⁴.

Для сохранения габаритов концевых опор целесообразна подвеска поперечных связей не посередине пролета, а на расстоянии в $\frac{1}{3}$ пролета от концевых опор, т. е. подвеска двух связей на один пролет. При этом свободная длина пролета уменьшится в 3 раза, а стрела провеса — в 9 раз.

Суммарное отклонение токопровода определяется длиной подвески поперечной связи, равной длине изолятора типа ПЦ-4,5 и промежуточных звеньев и отклонению собственно токопровода на ранее определенный расчетный угол, но со стрелой провеса, в 9 раз меньшей, чем прежде.

Расчет на прочность кольцевых скоб, на которых укреплены провода, может быть произведен следующим образом. При расположении n проводов симметрично по окружности скобы при протекании тока короткого замыкания по каждому из проводов i/n a между данным проводом и любым другим, расположенным на той же скобе, возникает сила взаимодействия, равная

$$p_1 = 2,04 \cdot 10^{-8} \left(\frac{i}{n} \right)^2 \frac{1}{a_1} \text{ кг/см.} \quad (4)$$

Эта сила может быть представлена как результирующая двух составляющих: p_u , направленной к центру окружности и p_k , направленной по касательной к окружности (рис. 10).

Провода пакета располагаются практически симметрично по окружности, т. е. справа и слева

⁴ Принцип применения поперечной связи для указанной цели был предложен инж. Н. Г. Гейниным.

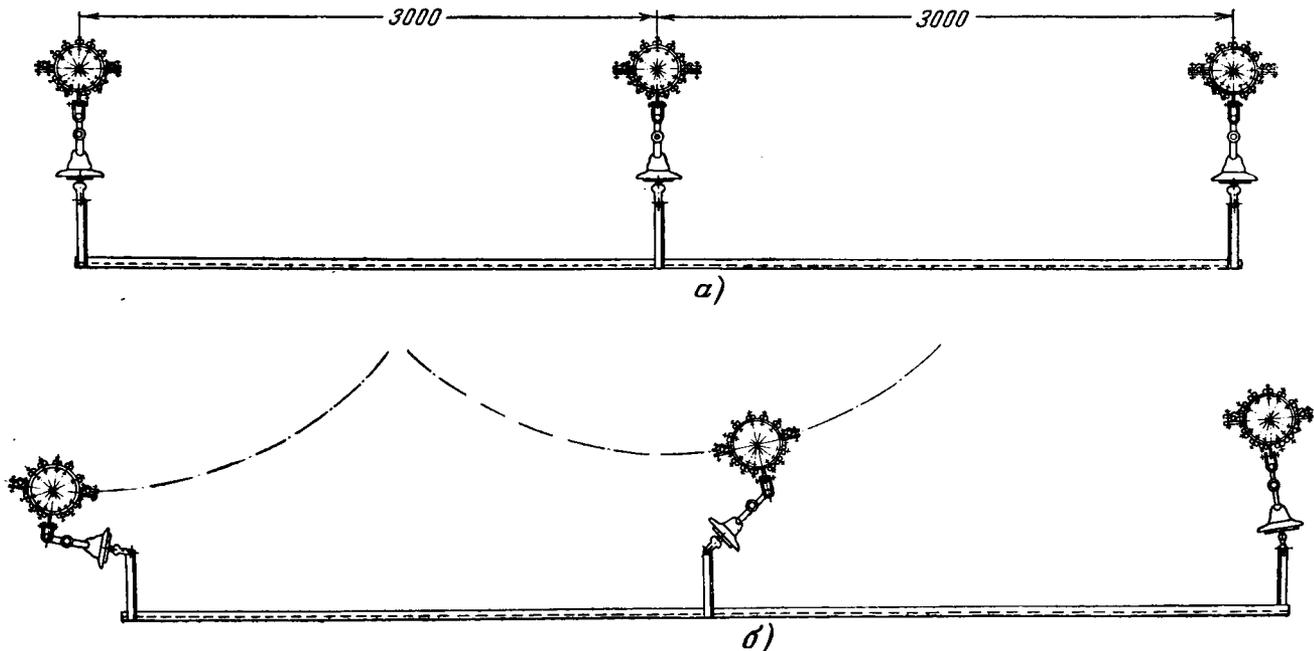


Рис. 9. Поперечная связь.

a — положение связи при неотклоненных токопроводах; b — положение связи при отклоненных токопроводах.

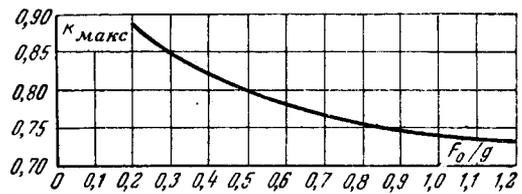


Рис. 7. Поправочный коэффициент, учитывающий взаимодействие подвесных токопроводов при протекании по ним незагущающего тока короткого замыкания.

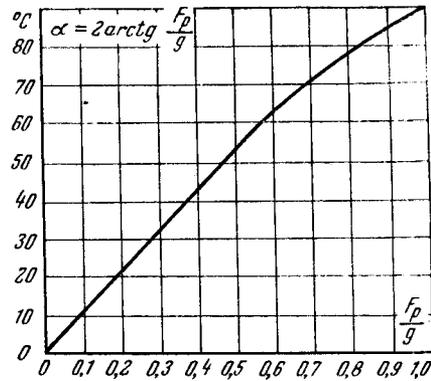


Рис. 8. Определение наибольшего угла отклонений подвесного токопровода.

от каждого провода находится одинаковое число проводов. В результате составляющие сил, направленные по касательной к окружности от взаимодействия одного провода со всеми остальными, расположенными справа и слева от него, будут равны по величине и взаимнопротивоположны по направлению, вследствие чего они взаимно уничтожаются. Из рис. 10 следует, что

$$p_u = p_1 \cos \varphi_1, \quad (5)$$

где φ_1 — угол между вертикалью и направлением силы p_1 .

Из этого же рисунка можно установить, что

$$d_1 = d_0 \cos \varphi_1, \quad (6)$$

где d_0 — диаметр окружности, по которой расположены оси проводов, *см.*

Подставляя в формулу (5) значения p_1 и d_1 , получим:

$$\begin{aligned} p_{ц} &= 2,04 \cdot 10^{-8} \left(\frac{i}{n} \right)^2 \frac{\cos \varphi_1}{d_0 \cos \varphi_1} = \\ &= 2,04 \cdot 10^{-8} \left(\frac{i}{n} \right)^2 \frac{1}{d_0} \text{ кг/см.} \end{aligned} \quad (7)$$

Из этой формулы следует, что при протекании тока короткого замыкания усилие от взаимодействия данного провода с любым другим проводом, расположенным по той же скобе (окружности), направлено к центру окружности; оно постоянно по величине и зависит лишь от величины тока короткого замыкания, числа проводов и диаметра скобы (окружности).

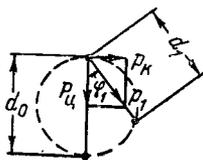


Рис. 10. Определение усилий между проводами пакета.

Результирующее усилие на каждый провод от взаимодействия со всеми остальными $n-1$ проводами

$$\begin{aligned} p_{ц\sum} &= (n-1) 2,04 \cdot 10^{-8} \left(\frac{i}{n} \right)^2 \frac{1}{d_0} = \\ &= \frac{n-1}{n^2} 2,04 \cdot 10^{-8} i^2 \frac{1}{d_0} \text{ кг/см.} \end{aligned} \quad (8)$$

Скобы-распорки должны быть выполнены, так чтобы они сохраняли свою кольцевую форму и при воздействии ранее найденных сил взаимодействия между проводами, возникающими при протекании тока короткого замыкания.

Устойчивость круглого кольца под действием внешнего давления определяется по величине его критического давления, т. е. давления, при котором круглая форма кольца становится неустойчивой и происходит сплющивание кольца.

Величина критического давления равна

$$p_{кр} = \frac{3\epsilon J}{\pi r^3} \text{ кг/см,} \quad (9)$$

где ϵ — модуль упругости, равный для стали $2,1 \cdot 10^6$ кг/см²;

J — момент инерции поперечного сечения кольца, см⁴;

r — радиус кольца, *см.*

Действующее же на кольцо-скобу давление может быть определено по формуле

$$p = \frac{n \cdot p_{ц\sum} \cdot l}{\pi \cdot d_0} \text{ кг/см,} \quad (10)$$

где n — число проводов;

$p_{ц\sum}$ — усилие, с которым давит на скобу каждый из проводов при протекании токов короткого замыкания, определяемое по формуле (8), кг;

l — расстояние между соседними скобами, *см.*;

d_0 — диаметр кольца-скобы, *см.*

Механический расчет несущих проводов не представляет чего-либо нового и производится в

соответствии с указаниями «Правил устройства высоковольтных линий напряжением выше 1000 в». Здесь следует лишь отметить, что если рассматривать качание подвешенных токопроводов аналогично качанию маятника, то при возвращении токопровода из отклоненного положения к первоначальному, неотклоненному несущие провода токопровода при прохождении его через нулевое положение, кроме нагрузки от собственного веса, будут подвергаться дополнительным растягивающим силам, возникающим вследствие появления сил инерции от движущихся по окружности масс токопровода. Очевидно, что величина этой дополнительной силы зависит от величины максимального угла отклонения токопровода, т. е. положения, из которого начал свободно перемещаться — падать — токопровод.

Наибольшее значение инерционного коэффициента, на который нужно было бы умножить величину тяжения по несущим проводам, равно

$$k_u = 3 - 2 \cos \alpha, \quad (11)$$

где α — исходный угол отклонения, определяемый по формуле (3).

Обычно этот угол отклонения не превышает 60°, и таким образом, предельное значение этого повышающего коэффициента будет не более двух.

Учитывая, что короткое замыкание в пределах подвесного токопровода или на выводах генератора, трансформатора или в распределительном устройстве генераторного напряжения происходит исключительно редко и что несущие провода выбраны согласно «Правилам устройства» с запасом прочности, равным 4, и что, таким образом, они не будут перегружены, даже в этих редчайших случаях короткого замыкания указанного увеличения тяжения по проводам можно не учитывать.

Выводы

На основании сказанного можно заключить, что новая конструкция многоамперных соединительных не только повышает надежность этого ответственного элемента электрической части электростанции, но и позволяет также резко снизить затраты материалов и средств на его выполнение.

Учитывая высокую степень надежности и простоту конструкции подвесные токопроводы утверждены МЭС к применению на вновь сооружаемых электростанциях и подстанциях.

Эта конструкция с успехом может быть применена и на действующих электростанциях, где в эксплуатации выявлены дефекты существующих кабельных или шинных соединений.

К настоящему времени подвесные токопроводы из пакета проводов, подвешенных на тросе и с подвеской на двух проводах, смонтированы и включены в работу на многих электростанциях Союза и получили положительные отзывы эксплуатации об их работе.

В заключение следует отметить, что советским энергетикам принадлежит приоритет в разработке методики расчетов и осуществлении новых, более надежных и экономичных подвесных конструкций многоамперных токопроводов.

□ □ □

О работе реле ЭТ с раздельным включением обмоток

Инж. А. Н. Мартынюк и инж. Т. П. Мусатов

Однорелейные схемы максимальной токовой защиты получили значительное распространение на напряжении 3 и 6 кВ как в распределительных устройствах промышленных предприятий, так и в энергосистемах.

Наиболее часто применяется однорелейная схема, в которой реле включается на разность токов от трансформаторов тока, установленных на двух фазах. Эта схема проста в исполнении и не вызывает затруднений при очередных проверках. Только при первой наладке необходимо тщательно проверить полярности трансформаторов тока.

Некоторый разброс чувствительности при разных видах коротких замыканий, как правило, не служит препятствием к применению этой схемы, так как обычно чувствительность вполне обеспечивает требуемую эксплуатационную надежность.

Включение реле на разность токов неприменимо только на трансформаторах с соединением обмоток звезда-треугольник, так как в одном случае из трех возможных сочетаний двухфазных коротких замыканий за трансформатором будет иметь место отказ защиты.

Несмотря на то, что схема включения реле на разность токов эксплуатационно надежна, стремление повысить чувствительность однорелейных схем и обеспечить их использование на трансформаторах с соединением звезда-треугольник обусловили применение однорелейных схем, в которых обмотки реле включаются раздельно на токи разных фаз. При таком включении обмоток реле чувствительность защиты повышается и для двухфазных коротких замыканий загрузка снижается до 35%.

Условия работы предложенной схемы уже были рассмотрены¹, однако ввиду ограниченного применения ее на практике нет данных, подтверждающих эксплуатационную надежность этой схемы.

В энергосистеме был отмечен случай отказа в работе максимальной токовой защиты, выполненной по однорелейной схеме с раздельным включением обмоток реле ЭТ-521/6 при коротком замыкании вблизи подстанции из отходящей линии 6 кВ.

Тщательным анализом было установлено, что причиной неселективного отключения явилась вибрация контактов реле ЭТ-521.

Поскольку в период наладочных испытаний все реле ЭТ-521 данной подстанции проверялись на вибрацию путем плавного увеличения и по-

следующего затем снижения тока в реле в пределах от нуля до 20-кратного значения наибольшей уставки реле, и вибрация с отказом защиты не была установлена, указанная схема включения реле была подвергнута специальному исследованию, целью которой являлись три вопроса:

1) влияние схемы включения токового реле типа ЭТ-521 на вибрацию контактов;

2) зависимость вибрации от вида короткого замыкания;

3) возможность устранения вибрации при схеме с раздельным включением обмоток.

При исследовании сопоставлялись две схемы включения реле. Первая схема — обычное включение с последовательным соединением обмоток (рис. 1,а) и вторая — исследуемая схема с раздельным включением обмоток (рис. 1,б). Испы-

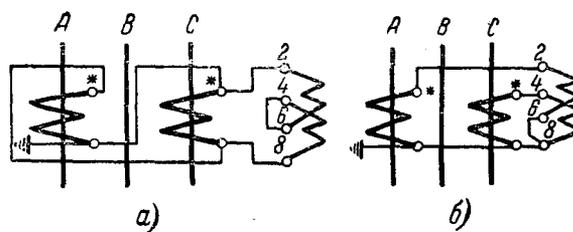


Рис. 1. Однорелейная схема максимальной токовой защиты с реле ЭТ-521.

а — последовательное включение обмоток реле; б — раздельное включение обмоток реле.

танием указанных реле по первой схеме было установлено, что из 10 взятых со склада и испытывавшихся реле контактная часть вибрирует только в шести реле. В остальных четырех реле вибрация на всем диапазоне токов от 1,05 до 20-кратного тока трогания не отмечалась.

При испытании по второй схеме оказалось, что контакты всех десяти реле в большей или меньшей степени подвержены вибрации. Характерно, что на некоторых реле вибрация появлялась только при определенных видах короткого замыкания. Наиболее интенсивная вибрация на всех реле отмечена при коротком замыкании между фазами, на которых установлены трансформаторы тока. Это положение подтверждается кривыми зависимости вибрации контактов от вида двухфазного короткого замыкания для схемы с раздельным включением обмоток (рис. 2). По горизонтальной оси отложена кратность тока трогания реле, по вертикальной — процент вибрируемых реле. Кривая I соответствует двухфазному короткому замыканию, когда током короткого замыкания обтекает два трансформатора тока;

¹ См., например, „Электрические станции“, 1946, № 6.

кривые 2 и 3—двухфазному короткому замыканию, когда током короткого замыкания обтекается только один трансформатор тока.

Весьма характерными и показательными являются данные, полученные при исследовании реле, приведшего к упомянутой аварии. Данные эти приводятся на рис. 3, где заштрихованная часть графика указывает, при каком виде короткого замыкания и в каком диапазоне токов обнаружилась вибрация контактов.

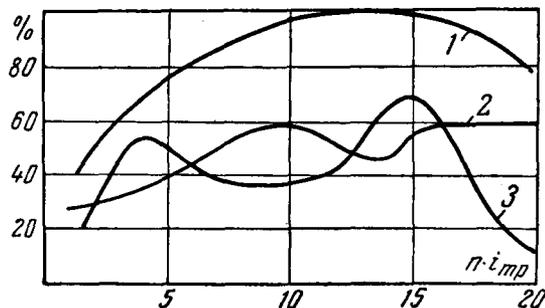


Рис. 2. Зависимость вибрации контактов реле ЭТ-521 от кратности тока трогания и от вида двухфазного короткого замыкания (контрольное испытание 10 реле типа ЭТ-521).

1— реле обтекается током от двух трансформаторов тока; 2 и 3—реле обтекается током от одного трансформатора тока.

Как видно, это реле при соединении обмоток последовательно не дает вибрации контактов; при включении обмоток отдельно к соответствующим трансформаторам тока в одном из трех возможных случаев двухфазного короткого замыкания на весьма ограниченном диапазоне токов появляется вибрация.

При дальнейшем исследовании все реле были подвергнуты регулировке с целью устранения вибрации контактной части. Из десяти реле, подвергнутых самой тщательной и всесторонней регулировке, как то: регулировке подвижной системы, регулировке упорными винтами якоря, изменению положения и упругости неподвижных контактов, люфта и пр., для схемы с последовательным включением обмоток вибрация была устранена в восьми реле. Для схемы с раздельным включением обмоток вибрация была устранена только в двух реле. Характерно, что для схемы с раздельным включением, если регулировка обычно приводила к устранению вибрации при каком-то одном виде короткого замыкания, то при этом вибрация или появлялась или переме-

щалась в иной диапазон токов при другом виде короткого замыкания.

В большинстве случаев при плавном повышении тока вибрация, как правило, либо вовсе отсутствует, либо незначительно проявляется на малом диапазоне и резко возрастает уже на большем диапазоне, при подаче тока толчком.

Наблюдалось и такое явление, когда вибрация была устранена для всех трех вариантов двухфазных коротких замыканий, но оставалась



Рис. 3. Испытание на вибрацию реле ЭТ-521 после отказа в срабатывании при коротком замыкании на защищаемой линии.

неустраненной при имитации трехфазного короткого замыкания.

Естественно, что необходимость определения вибрации для всех возможных видов короткого замыкания в случае применения схемы с раздельным включением обмоток реле ЭТ-521 и особенно устранение последней в эксплуатационных условиях представляет известные трудности, порой не оправдываемые выбором указанной схемы.

Если учесть, кроме того, относительность преимуществ рассматриваемой схемы для осуществления защиты линий электропередачи 10 кВ и ниже, на которых можно и не резервировать защиту понижающих трансформаторов, то следует считать нецелесообразным применение однорелейных максимальных защит с раздельным включением обмоток реле ЭТ-521 для линий указанного напряжения.

Реле ЭТ-521 следует применять в однорелейных схемах максимальной защиты только с последовательным включением обмоток и проверять на вибрацию (при наладочных испытаниях) как при плавном повышении тока, так и при подаче тока толчком на всем диапазоне токов срабатывания.

ОТ РЕДАКЦИИ

В предыдущем номере журнала в разделе «Хроника» был опубликован противоаварийный циркуляр № 7/Э Технического управления МЭС «О схемах максимальной токовой защиты с одним реле серии ЭТ с раздельным включением обмоток», ограничивающий применение такого включения реле ЭТ.

□ □ □

Индукционное реле понижения частоты

Инж. И. Х. Биккенин и инж. В. З. Никитский

В последнее время в ЦЛЭМ Мосэнерго разработано реле понижения частоты на базе индукционной четырехполюсной системы реле ИМБ-170 с цилиндрическим ротором¹.

В реле (рис. 1) имеются две цепи: одна — состоящая из индуктивности (обмотка реле) и емкости, другая — из индуктивности и активного сопротивления. Параметры этих цепей подобраны таким образом, что токи в них при определенной частоте (частоте равновесия) совпадают по фазе. При этом токи отстают от напряжения на угол

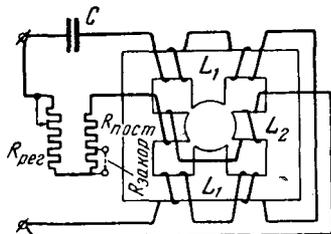


Рис. 1. Схема реле понижения частоты.

Обмотка L_1 имеет 4000×4 витков, провод ПЭ $\varnothing 0,21$; обмотка L_2 — 2500×2 витков, провод ПЭ $\varnothing 0,17$; конденсатор С емкостью $0,7 \pm 0,77$ мкф ($0,75$ мкз); сопротивления $R_{\text{пост}} = 1000$ ом; $R_{\text{закор}} = 2000$ ом; $R_{\text{рез}} = 2000$ ом.

примерно 30 — 35° . При изменении частоты угол вектора тока второй обмотки изменяется незначительно; в первой цепи (в контуре LC) изменение частоты вызывает значительное изменение угла между током и напряжением. Уменьшение частоты вызывает поворот вектора тока в сторону опережения. При совпадении векторов тока обеих цепей момент на реле равен нулю. При расхождении векторов момент определится величиной проекции одного вектора на перпендикуляр к другому, причем направление этой проекции может иметь положительное или отрицательное значение, в зависимости от снижения или повышения частоты относительно частоты равновесия (векторная диаграмма на рис. 2). Принцип тот же, что и в индукционном реле частоты, предложенном инж. Острым. Основное отличие заключается в способе регулировки уставок реле. В связи с этим отлична и схема реле. Взамен регулировки уставок отпайками применена регулировка изменением активного сопротивления в цепи RL . Последнее дает возможность иметь плавную регулировку на всем диапазоне и не ставит уставки реле в зависимость от слу-

чайного отклонения параметров магнитопровода и емкости конденсаторов.

Одним из основных требований, предъявляемых к реле частоты, является независимость частоты срабатывания от напряжения. Режим ра-

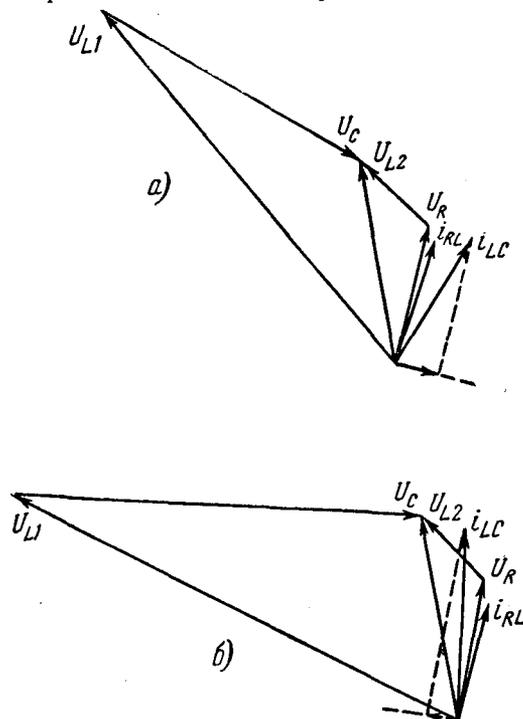


Рис. 2. Векторные диаграммы контуров (уставка реле 46 пер/сек).

а — при частоте в сети 50 пер/сек; б — при частоте в сети 45 пер/сек.

боты магнитопровода реле выбран таким, что при уменьшении напряжения, а следовательно, и величины потоков, изменение угла потерь вызывает изменение угла между потоками в зазорах и появление дополнительного момента на замыкание контактов (рис. 3). При отсутствии противодействующего момента это соответствует повышению частоты равновесия. При наличии противодействующего момента уменьшение электрического момента с уменьшением потоков компенсируется увеличением его за счет появления дополнительного момента. При определенной величине противодействующего момента в некоторых пределах изменения напряжения такая компенсация осуществляется полностью. Полная компенсация и независимость от напряжения в пределах 70 — 130 в обеспечиваются при относительно большой величине противодействующего момента (порядка $0,5$ — $0,65$ г·см), а при снижении напряжения до 50 в частота срабатывания изменяется только на $0,1$ — $0,15$ пер/сек.

¹ Конструкция разработана авторами статьи. Авторское свидетельство № 92217.

За счет значительного противодействующего момента стало возможным создание нарастающего (опрокидывающего) момента при срабатывании реле. Противодействующий момент помимо спиральной пружины создается постоянным магнитом. Выбрав определенное распределение в создании противодействующего момента между пружиной, создающей нарастающий момент, и магнитом, создающим момент, уменьшающийся с ходом подвижной системы реле, можно обеспечить четкую работу контактов реле, сохранив при этом относительно высокий коэффициент возвра-

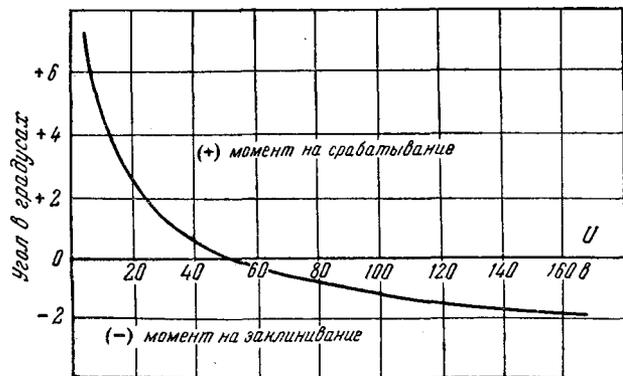


Рис. 3. Кривая зависимости угла между потоками от напряжения.

та. Достаточно четкая работа реле может быть получена при повышении частоты возврата против частоты уставки на 0,1 пер/сек. При больших моментах на реле уменьшение противодействующего момента в конечном итоге при срабатывании невелико, благодаря чему и достигается этот результат.

Изменение уставки реле в пределах от 45 до 49 пер/сек осуществляется перемещением ползунка на реостате, встроенном в реле.

Величина емкости в контуре LC составляет 0,75 мкф. При увеличении емкости уменьшаются необходимое сопротивление в цепи RL и предел регулируемой части его, но при этом увеличивается потребление реле и уменьшаются моменты на верхних уставках шкалы, где моменты минимальны. При уменьшении емкости на тех же уставках моменты увеличиваются, потребление реле уменьшается. Таким образом, добротность реле, определяемая как отношение момента к потреблению, значительно повышается. Но при этом значительно увеличивается сопротивление в цепи RL, что усложняет изготовление реле. При емкости в пределах от 0,7 до 0,77 мкф необходимая величина сопротивления составляет около 5 000 ом. Для уменьшения регулируемой части помимо постоянного сопротивления можно иметь часть сопротивления закорачиваемой. При

этом шкала реле будет двойной и регулируемая часть должна иметь примерно 2 100 ом. Потребление реле, отнесенное к 110 в и 50 пер/сек, при изменении уставок от 49 и до 45 пер/сек будет соответственно составлять 9,6 ÷ 7,7 ва. Момент равен 2,7 ÷ 4,5 г см на 1 пер/сек.

Конструктивно реле выполнено в одном кожухе реле ИМБ вместе с конденсатором и сопротивлением (регулируемой и нерегулируемой частями). Расположение катушек на магнитной системе аналогично расположению их на реле мощности типа ИМБ-170.

На подвижной системе реле укреплен якорь из тонкой стали, притягиваемый небольшим постоянным магнитом. Начальный зазор между магнитом и якорем может меняться упорным винтом; спиральная пружина имеет поводок, при помощи которого можно менять начальную затяжку пружины. Это позволяет регулировать степень зависимости работы реле от напряжения и менять соотношение участия в создании противодействующего момента между пружиной и магнитом, изменяя этим условия работы контактов и в некоторой степени коэффициент возврата.

Для оценки поведения работы реле при нестационарных режимах были проведены соответствующие испытания. При включении обесточенного реле на номинальное напряжение оно кратковременно замыкает свои контакты, если уставка на нем выше 47 пер/сек. Однако длительность замыкания такова, что может вызвать срабатывание только форсированных промежуточных реле. То же явление имеет место при резких снижениях (более 30 ÷ 60% от номинального) и восстановлении напряжения. Для реле, имеющих резонансные контуры, это явление неизбежно.

Температурная компенсация в описываемом реле не предусмотрена. Температурные испытания реле показали, что основные погрешности определяются выбранным типом конденсаторов. Наименьшие погрешности получаются при применении конденсаторов типа КБГ; при этом погрешность на перепаде — 10 — + 30° С находится в пределах погрешности лабораторных приборов.

При испытаниях реле предварительно включалось на напряжение. При включении обесточенного реле до его прогрева погрешности могут быть несколько увеличенными.

Применение специальной температурной компенсации для устранения некоторой погрешности реле при более широких пределах изменения температуры вносит неоправданные конструктивные осложнения. Также нецелесообразно применение более стабильных слюдяных конденсаторов как из экономических соображений, так и учитывая их габариты.

ОТ РЕДАКЦИИ

В одном из следующих номеров журнала будет помещена информация о реле частоты типа ИВЧ-011, серийный выпуск которых начинается электроаппаратным заводом МЭП. Разработка этого реле была произведена на основе описанного реле частоты ЦЛЭМ Мосэнерго.



О газовой защите трансформаторов¹

Инж. Б. А. Хомутов—Молотовэнерго

Первая часть статьи инж. Милакова представляет интерес для частных случаев неправильного монтажа газовой защиты. По существу предложений, содержащихся в этой части статьи, имеются следующие замечания:

1. Вместо того, чтобы пользоваться предложенной т. Милаковым методикой расчета, проще, целесообразнее и надежнее монтировать кран не на горизонтальном, а на вертикальном участке у расширителя и применять пробковые краны, а не водопроводные вентили.

2. Регламентированный «Правилами технической эксплуатации» 2% -ный подъем трубопровода от кожуха трансформатора к расширителю принят как величина, легко обнаруживаемая простыми монтажными инструментами, и дело тут не столько в абсолютной величине подъема, сколько в наличии подъема вообще и в отсутствии «газовых мешков» в особенности.

3. Тов. Милаков неправ, утверждая, что современная газовая защита построена без учета явлений скоростного потока масла, а основана только на накоплении определенного объема «газа повреждения».

Общеизвестно, что при междуфазовых повреждениях внутри кожуха трансформатора газовая защита по своему быстрдействию уступает только дифференциальной отсечке и всегда опережает дифференциальные защиты, имеющие хотя бы не-

значительную выдержку времени (например, с реле ИТ-156).

Другой вопрос, что скоростные характеристики газовых реле выбраны неправильно (слишком чувствительными), и еще хуже, что эксплуатационникам параметры скоростей трогания неизвестны.

Общеизвестно также, что, не перекрывая крана между реле и расширителем, при правильном монтаже защиты нельзя добиться накачиванием воздуха действия газового реле на отключение.

Таким образом, рекомендованное инж. Милаковым условие проверки в подавляющем большинстве случаев соблюдается.

Что касается второй части статьи, то «требования к газовой защите» сформулированы вполне правильно, и т. Милаков, безусловно, прав в том отношении, что газовой защитой до сих пор серьезно не занимались.

Существуют более удачные конструкции газовых реле, в которых главным критерием необходимости отключения трансформатора является скорость потока масла через газовые реле в направлении расширителя.

Вопрос о создании газового реле более совершенной конструкции давно назрел, и задача разработки такой конструкции должна быть поставлена перед нашими исследовательскими организациями.

Инж. Ф. Ф. Дерюгин—Челябэнерго

Статья инж. Милакова правильно отражает существующее положение с газовой защитой трансформаторов. Случаи неправильной работы защиты из-за неправильной установки газовых реле имеют место.

Как правильно указывает автор, даже при соблюдении требуемого подъема маслопровода, в рассечку которого установлено газовое реле, вследствие сужения маслопровода объем газовой ловушки реле может быть дополнительно увеличен, и в ее зоне может оказаться частично или полностью отключающий поплавков.

Сужение маслопровода может быть вызвано не только установкой крана, но также и из-за неправильно заготовленных прокладок для фланцев газового реле (в случае, когда их внутренний

диаметр вырублен меньшим, чем внутренний диаметр маслопровода). Кроме того, сужение маслопровода при некоторых конструкциях крана может изменяться в зависимости от полного или неполного открытия крана.

Предлагаемое автором увеличение подъема маслопровода с целью компенсации имеющихся сужений нецелесообразно, так как учет этих сужений практически будет затруднен, тем более что предлагаемые расчеты совершенно не учитывают возможности некоторой регулировки нижнего поплавка по высоте.

Представляется более целесообразным вообще избегать всяких сужений горизонтальной части маслопровода и строго регламентировать место установки запорного крана на вертикальной части непосредственно у расширителя, так как это выполняется МТЗ на трансформаторах выпусков последних лет.

¹ См. статью М. Е. Милакова, «Электрические станции», 1951, № 4.

Правильность монтажа газового реле следует обязательно проверять нагнетанием воздуха через верхний краник реле. Вопреки утверждению автора, на основе нашего опыта, можно утверждать, что при правильной установке реле, непрерывном нагнетании воздуха давлением до 0,5 ат и при открытом кране маслопровода работать должен только сигнальный поплавков.

Отключающий поплавок вообще работать не должен, а весь избыточный воздух после заполнения объема газовой ловушки должен беспрепятственно проходить в расширитель. Исправность отключающего поплавка проверяется также нагнетанием воздуха, но при закрытом кране маслопровода.

В части имеющихся недостатков газовых реле следует особо отметить полную неясность, на какую скорость движения масла должен реагировать отключающий поплавок. Следовало бы произвести исследование этого вопроса и на основе этого исследования дать определенные рекомендации энергосистем.

Весьма желательное широкое внедрение простейших газоотборников для отбора пробы газа из краника газового реле. В практике эксплуатации приходится часто пробовать газ на горючесть

помощью зажженной спички у краника реле. Прimitивность этого метода очевидна, особенно если учесть, что в большинстве случаев на открытом воздухе и в условиях непогоды им пользоваться трудно.

В части дополнительных требований к газовой защите, выдвигаемых автором, является совершенно необоснованным утверждение, что газовая защита не должна действовать на отключение «при понижении уровня масла в корпусе реле и трансформаторе». Если имеется в виду первое, т. е. понижение уровня масла в реле в пределах газовой ловушки, то это устранимо правильной установкой реле; что касается понижения уровня масла в трансформаторе, то это утверждение по меньшей мере непонятно.

На основе многолетнего опыта эксплуатации газовой защиты можно сделать вывод, что имеющиеся случаи неправильной работы защиты являются следствием неудовлетворительного принципа реле. Главными причинами неправильной работы являются плохая разделка концов контрольного кабеля у газового реле, дефекты реле (проникновение масла в поплавки), а также дефекты установки реле, частично отмеченные в статье инж. Милаковым.

Инж. М. Р. Шапиро—Оргрэс

В статье инж. Милакова рассмотрен вопрос о случаях ложной работы газовой защиты трансформаторов, причиной которых служило сужение сечения горизонтальной части трубопровода от газового реле к расширителю, и поставлен вопрос о требованиях, которые нужно предъявлять к газовой защите.

В статье правильно вскрыты причины ложной работы газовой защиты некоторых старых трансформаторов с разделительными кранами, сужающими сечение горизонтальной части трубопровода от газового реле к расширителю.

Осуществление предложения т. Милакова по увеличению подъема маслопровода может предотвратить, при скоплении в реле воздуха или газа, опасное снижение уровня масла, при котором реле срабатывает на отключение. Однако наличие на горизонтальной части трубопровода сужения сечения независимо от величины подъема маслопровода ведет к образованию воздушного мешка, что ухудшает работу газовой защиты.

Исходя из этого, представляется более целесообразным для предотвращения ложной работы газовой защиты на этих трансформаторах вместо увеличения подъема трубопровода осуществлять перенос крана на вертикальную часть трубопровода или заменять кран на такой, который не уменьшает сечения. Предлагаемая т. Милаковым методика оценки правильности монтажа и взаимодействия элементов газовой защиты путем нагнетания воздуха в газовое реле в действительности является только проверкой исправности защиты и не может служить показателем для оценки ее с точки зрения гарантии от ложных срабатываний.

Для оценки чувствительности реле, согласно этой методике, предлагается при интенсивном

нагнетании прослушивать прохождение воздуха в расширитель, фиксируя интервал по времени между началом прохождения воздуха в расширитель и отключением выключателя. Однако из практики проверки газовых защит известно, что не всегда удается нагнетанием воздуха привести в действие контакт на отключение без перекрытия разделительного крана, так как возможность срабатывания газовых реле на отключение при нагнетании воздуха определяется не только интенсивностью нагнетания, но зависит также от особенностей конструкции реле. Поэтому чувствительность реле нужно характеризовать скоростью потока масла, при которой происходит срабатывание отключающего элемента.

Проведенными в Оргрэс работами по газовой защите трансформаторов установлено, что одной из причин значительного количества случаев ложной работы газовых защит с реле типа ПГ-22 является чрезмерная чувствительность этих реле, которая не выявлялась при проверке реле нагнетанием воздуха.

Для того чтобы обеспечить правильную работу защиты нужно кроме проверки газовых реле нагнетанием воздуха производить (как при наладке, так и периодически в процессе эксплуатации) также проверку и регулировку чувствительности газовых реле по скорости движения масла¹.

Учитывая, что поплавковые газовые реле срабатывают на отключение не только при движении масла с заданной скоростью, но и при понижении в реле уровня масла, нужно, кроме того, произ-

¹ Методика регулировки и проверки чувствительности газовых реле типа ПГ-22, разработанная в Оргрэс, приведена в приложении к противозаварийному циркуляру № 1/Э (март 1952 г.) «О мероприятиях по повышению надежности работы релейной защиты».

водить также проверку уровня масла, при котором реле срабатывает на отключение. Уровень масла, при котором реле срабатывает, должен нормироваться.

С требованиями, выдвигаемыми автором к газовой защите, в основном можно согласиться. Уточняя эти требования, сформулируем их следующим образом:

1. Газовая защита должна действовать на отключение только при таких внутренних повреждениях трансформаторов, которые вызывают бурное газообразование и переток масла из бака в расширитель со скоростью, соответствующей заданной чувствительности реле.

2. При внутренних повреждениях трансформаторов, сопровождающихся слабым газообразованием, газовая защита должна работать только на сигнал.

3. При понижении уровня масла в трансформаторах не обслуживаемых установок газовая защита должна действовать на отключение, а в обслуживаемых — только на сигнал.

Если у трансформаторов обслуживаемых установок появляется слабое газообразование или понижается уровень масла, в том числе и при воз-

никновении течи кожуха, то не требуется немедленное отключение, и в подавляющем большинстве случаев персонал после получения сигнала успеет проверить трансформатор, выяснить причину повреждения и принять меры по предотвращению аварии.

Поскольку газовые реле трансформаторов обслуживаемых установок не должны действовать на отключение при понижении уровня масла, то отключающий элемент этих реле может осуществляться без поплавка, чем исключается возможность ложных действий, связанных с нарушением герметичности поплавков.

Отключающий элемент должен обеспечить необходимую чувствительность и должен снабжаться устройством для регулировки чувствительности в необходимом диапазоне.

Указанные требования должны быть положены в основу для создания новой, более совершенной конструкции газового реле. Не ясен вопрос о необходимой чувствительности газовых реле. Для выяснения этого вопроса в настоящее время в Оргрэн ведутся работы по определению скорости потока масла, действующего на отключающий элемент реле при различных аварийных режимах.

ОТ РЕДАКЦИИ

Приведенные выше высказывания подтверждают правильность указаний М. Е. Милакова о возможности ложной работы газовой защиты некоторых старых трансформаторов, у которых на горизонтальной части трубопровода, соединяющего кожух с расширителем, установлен кран, сужающий сечение. На таких трансформаторах следует перенести кран на вертикальную часть трубопровода или заменить кран на такой, который не уменьшает сечения.

Требование к газовой защите, чтобы она действовала на отключение только при таких внутренних повреждениях трансформаторов, которые вызывают значительное газообразование, и при понижении уровня масла у трансформаторов не обслуживаемых установок, надо считать правильным.

При внутренних повреждениях, связанных со слабым газообразованием, и при понижении уровня масла у трансформаторов обслуживаемых установок газовая защита должна действовать только на сигнал.

Существующее положение с газовой защитой нельзя считать удовлетворительным, так как она дает значительный процент неправильных действий (25—30%). Это объясняется, с одной стороны, недостатками конструкции газовых реле и, с другой стороны, повышенной чувствительностью отключающего элемента некоторых типов реле.

Редакция отмечает, что для усовершенствования газовой защиты нужно уточнить предел ее чувствительности, которая требуется для обеспечения правильной работы. Для этого необходимо проведение исследовательских работ по определению скорости потока масла, действующего на отключающий элемент реле при аварийных режимах. На основе результатов этой работы и опыта эксплуатации должна быть создана новая, более совершенная конструкция газового реле и разработаны мероприятия по проверке и наладке газовых реле, имеющих в эксплуатации. Такая работа проводится в Оргрэн.



Из опыта скоростного строительства теплофикационной магистрали

На головном участке строительства тепломagистраль была проложена в железобетонном туннеле-коллекторе и металлическом дюкере под рекой¹. На этом участке проложено шесть труб, из которых две трубы — подающая и обратная (отопления и горячего водоснабжения) — диаметром 600 мм, два паропровода диаметром 400 мм и два конденсатопровода диаметром 150 мм. На всем остальном протяжении магистраль проложена в непроходных каналах и имеет трубы диаметром от 600 до 450 мм. Общая длина магистральной от эцэ составляет около 4 км.

Проходной туннель-коллектор от эцэ до дюкера, включая его сопряжение с набережными, а также участок после дюкера, выполнен в весьма сложных гидрогеологических условиях.

Строительные и монтажные работы всего комплекса сооружений туннеля-коллектора по обеим сторонам реки, включая монтажные и изоляционные работы в туннеле и подводном дюкере, были выполнены в короткие сроки благодаря применению поточно-скоростного метода работ. Все основные процессы производства строительных работ были механизированы. Земляные работы при глубине траншей до 8 м выполнялись с помощью экскаватора емкостью ковша 0,75 м³, а при заглублениях до 4 м — с помощью экскаватора ДКА-0,25 на автоходу. В местах, недоступных для работы экскаваторов, и при больших заглублениях рытье производилось вручную с выемкой земли бадьями емкостью до 1 м³ помощью автокрана. В местах пересечения с подземными заложениями применялись транспортеры для перемещения грунта к месту их подъема бадьями. В некоторых местах для подъема грунта применялись краны ДИП.

Разбивка подземных фундаментов и бетонного покрытия дорог, мешающих производству работ, производилась с помощью перфораторов, работающих от передвижных автокомпрессоров.

В связи с возможностью затопления во время больших паводков и наличия грунтовых вод туннель построен со сложной гидроизоляцией, стены его, а также и камеры сделаны из монолитного железобетона.

Необходимая для строительства туннеля и камер арматура заготавливалась в механизированном арматурном цехе, а раствор и бетон доставлялись с бетонных заводов. Укладка бетона в основание туннеля производилась с по-

мощью поверхностных вибраторов, а в конструкции стен — с помощью вибробулав.

Широкое применение на строительстве этой магистрали имели автокраны грузоподъемностью 3 т, с помощью которых опускали трубы в каналы (рис. 1), перекрывали каналы и камеры сборными железобетонными плитами (рис. 2), а также устанавливались сборные железобетонные опорные камни под трубопроводы, запорная арматура и стальные сальниковые компенсаторы в камерах.

На строительстве непроходных каналов этой тепломagистральной были применены сборные конструкции стен каналов из пустотелых бетонных блоков (рис. 3) и построен опытный участок сборного канала из железобетонных полцилиндров длиной по 2 м для труб диаметром 500 мм, монтаж которого производился также с помощью автокрана.

Все основные работы по строительству железобетонного проходного туннеля-коллектора по набережным выполнялись в зимних условиях с электропрогревом грунта, с устройством тепляков, паропрогревом бетонных стен туннеля и камер, обогревом частей сооружений после перекрытия их сборными железобетонными плитами с помощью временного отопления.

Туннель, у которого были выложены кирпичные защитные стенки, перекрывался для утепления деревянными щитами и сверху был засыпан опилками. Внутри туннеля было устроено временное отопление. Для этого использовались проложенные по основанию туннеля конденсатопроводы диаметром 150 мм, по которым был пущен пар от ближайшей котельной.

Особую сложность во всем комплексе работ составлял монтаж труб в закрытом подводном дюкере длиной 180 м с разницей между отметками набережных и отметками положения труб в дюкере на дне реки 13 м при большом заполнении дюкера трубами больших диаметров: 2 трубы по 500 мм, 2 трубы по 400 мм и 2 трубы по 150 мм (трубы 600 мм переходят в дюкере на диаметр 500 мм).

Подготовка к производству монтажных работ началась еще до опускания дюкера под воду. Во время сборки дюкера из отдельных колец на стапеле были проверены приваренные к дюкеру кронштейны под опоры и проведена их нивелировка.

До начала монтажа заготавливались и проверялись все подлежащие укладке трубы, стыки их подготавливались на стапеле, были там же пронумерованы и замаркированы, а по окружности их подгонка размечалась несмываемыми знаками.

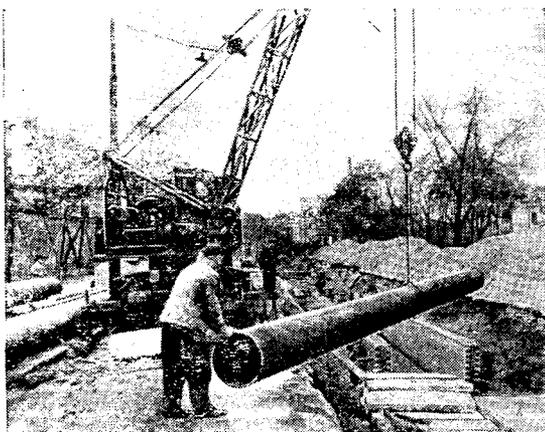


Рис. 1. Опускание труб в канал.

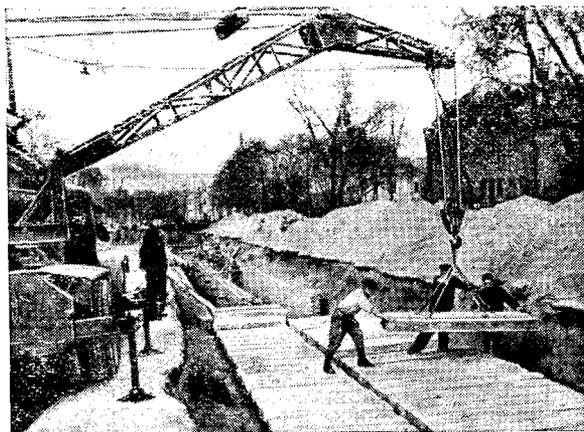


Рис. 2. Перекрытие полупроходного двухчейкового канала.

¹ М. Ф. Филиппов, „Электрические станции“, 1951, № 1.



Рис. 3. Сборный канал из пустотелых бетонных блоков.

Опускание труб производилось через камеры примыкания дюкера к проходному туннелю-коллектору с помощью автокранов.

В целях облегчения транспортировки труб вдоль по дюкеру был принят следующий порядок работ.

В первую очередь были опущены обе «нитки» труб диаметром 150 мм для конденсатопровода, которые располагались на дне дюкера. Эти трубы, наиболее легкие по весу, перевозились с помощью простой тележки по дну дюкера.

После монтажа труб диаметром 150 мм с помощью автокрана в дюкер опускались трубы диаметром 500 мм для водяных магистралей, которые располагались с двух

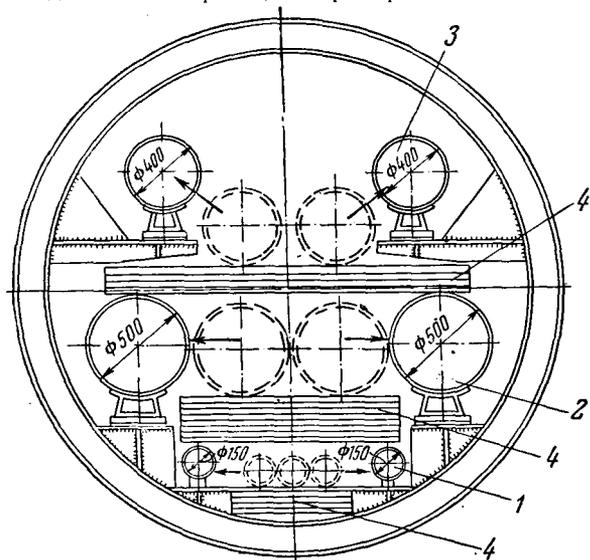


Рис. 4. Монтаж труб в подводном дюкере.

1 — первая очередь монтажа; 2 — вторая очередь монтажа; 3 — третья очередь монтажа; 4 — катки для транспортировки труб.

сторон дюкера по его оси. При этом смонтированные ранее трубы диаметром 150 мм служили направляющими для катков при перемещении по дюкеру труб диаметром 500 мм (рис. 4). После монтажа теплофикационных труб диаметром 500 мм последние служили направляющими для катков при перемещении по дюкеру последующих двух «ниток» труб диаметром 400 мм для паропроводов. Таким способом транспортировка труб всех диаметров по дюкеру была значительно облегчена. Торможение опускания труб по наклонной части дюкера производилась лебедками, установленными на набережных.

Монтаж труб всех диаметров производился от центра дюкера к набережным. В последнюю очередь в той же последовательности по диаметрам, как и в горизонтальной части, монтировались трубы в наклонных частях дюкера. Трубы в горизонтальной части уложены на катковых опорах, которые покоятся на кронштейнах, приваренных к дюкеру, а в наклонной части — на подвесных пружинных опорах.

Успешно была выполнена работа по сварке весьма сложных неподвижных опор к дюкеру, который находился уже под водой. Все монтажные работы в дюкере были выполнены двумя бригадами в течение одного месяца. Откачка воды после гидравлического испытания производилась электронасосом.

Инж. С. Е. Захаренко

Новый тип башенного крана грузоподъемностью 40 т

Большая высота главного здания тепловых электростанций и значительные размеры других зданий в плане определяют основные условия, которым должен удовлетворять механизм для монтажа металлоконструкций, — большая высота подъема и значительный радиус действия.

Опыт монтажа металлоконструкций на ряде электростанций показал, что наиболее целесообразным и для указанных условий механизмами являются башенные краны. Они легко передвигаются по рельсовым путям, имеют неповоротную стрелу большого радиуса действия с большой высотой подъема груза.

При монтаже строительных металлоконструкций главных зданий некоторых тепловых электростанций в качестве монтажного механизма применялся башенный кран грузоподъемностью 25 т с вылетом стрелы 24,5 м.

Этот монтажный кран из-за недостаточного вылета стрелы не охватывает всего поперечного разреза каркаса главного здания (рис. 1), вследствие чего отдельные конструкции фасадной стены машинного зала ряда А и котельного отделения ряда Д монтировались другими механизмами (гусеничными или железнодорожными кранами

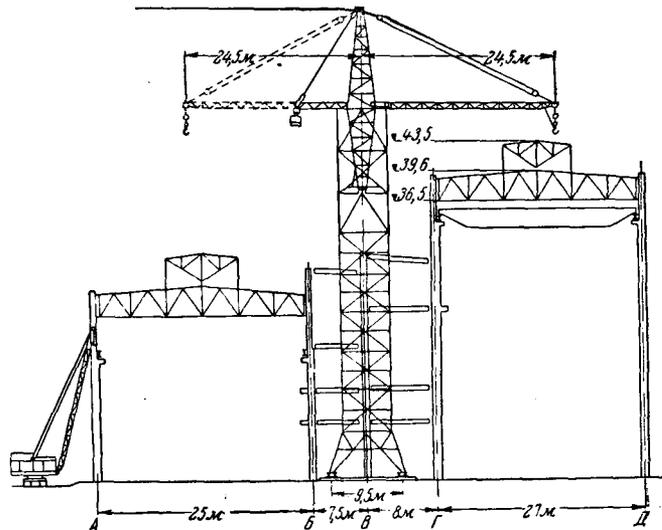


Рис. 1. Схема монтажа главного здания электростанции башенным краном грузоподъемностью 25 т с вылетом стрелы 24,5 м (тип БК-25-48).

с удлиненной стрелой). Вместе с этим сравнительно небольшая грузоподъемность на соответствующем вылете стрелы не позволяла в отдельных случаях вести укрупненные металлоконструкции в блоки.

По заданию Производственно-технического управления Министерства электростанций проектной конторой «Промстальконструкция» разработан технический проект нового самоходного башенного крана грузоподъемностью 40 т с вылетом стрелы 36 м типа БК-403 (рис. 2).

Технические характеристики башенных кранов приведены в таблице.

Наименование	Башенный кран		
	БК-25-48	БК-40	БК-403 (новый)
Максимальная грузоподъемность, т	25	40	40
Вылет стрелы при наибольшем грузе, м	18	8	15
Максимальный вылет стрелы, м	24,5	30,0	36
Грузоподъемность при максимальном вылете стрелы, т	20	20	15
Наибольшая высота подъема груза, м	66	70	74,5
Скорость подъема, м/мин	12	7	7
Вес крана (полный), т	166	230	200
Вес крана (без контргруза), т	138	145	130

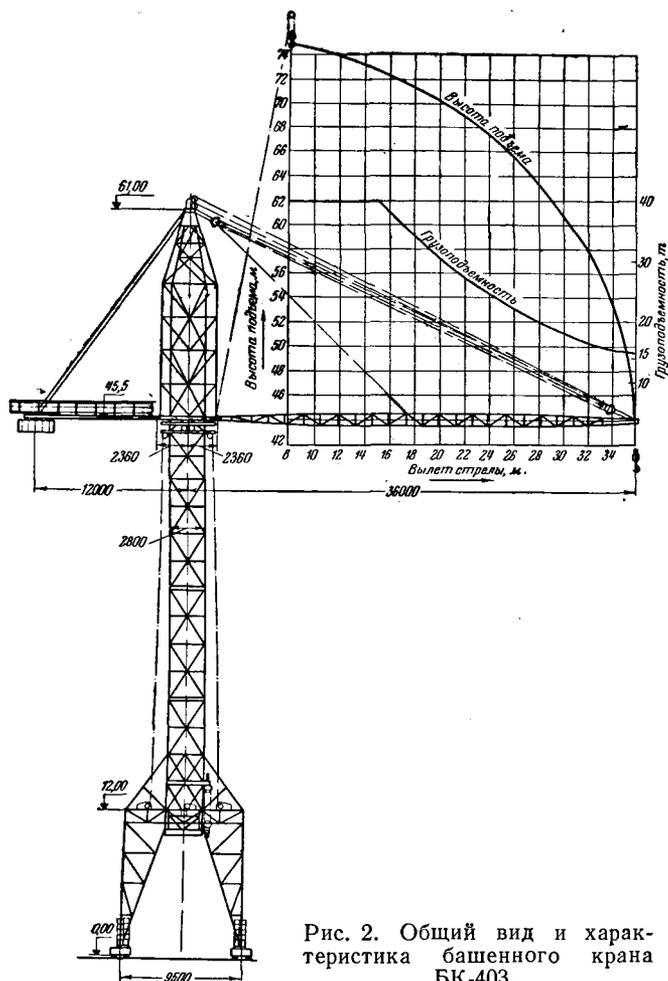


Рис. 2. Общий вид и характеристика башенного крана БК-403.

Башенный кран грузоподъемностью 40 т с вылетом стрелы 36 м имеет полноповоротную стрелу большого радиуса действия и большую высоту подъема груза.

Особенностями крана этой конструкции являются:

1. Постамент, представляющий собой расширенную базу, обеспечивающую устойчивость крана.
2. Габаритность и, следовательно, транспортабельность секций башни.
3. Поворотная башня, к которой крепится стрела и контргруз. Поворотная часть крана опирается в верхнем узле башни при помощи шаровой плиты, а вниз направляется с помощью четырех горизонтальных катков на опорный круг.

Кран оборудован двумя лебедками грузоподъемностью 5 т для подъема груза и одной лебедкой такой же грузоподъемности для подъема стрелы. Поворот крана осуществляется лебедкой грузоподъемностью 12 т. Скорость передвижения крана 8 м/мин. Кран устанавливается на четырех тележках, каждая из которых имеет четыре ходовых колеса диаметром 750 мм. Две тележки являются приводными с электродвигателями мощностью 5 кВт каждый.

Проектом предусмотрен монтаж башенного крана, способом подращивания секций снизу с подъемом башни полиспастом.

При установке такого крана с его помощью могут быть смонтированы все конструкции главного здания самого большого размера и при любой его компоновке (рис. 3 и 3а).

На максимальном вылете стрелы в 36 м грузоподъемность крана составляет 15 т, что дает возможность поднимать блоки из спаренных ферм машинного или котельного отделения или колонны котельного отделения, оснащенные монтажными приспособлениями.

Увеличенная грузоподъемность крана 40 т при вылете стрелы от 8 до 15 м может быть использована для подъема технологического оборудования — деаэраторных баков, мо-

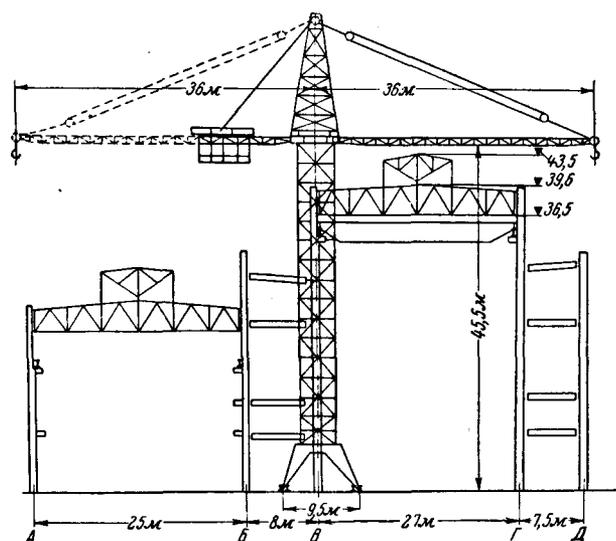
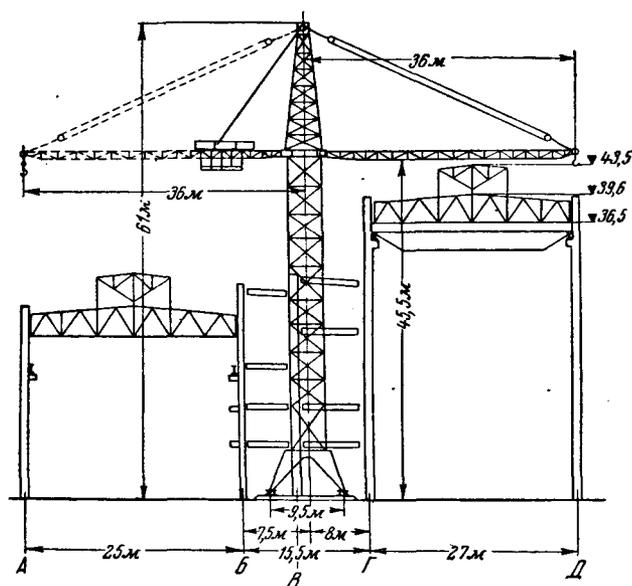


Рис. 3. Схемы монтажа главного здания электростанции башенным краном грузоподъемностью 40 т с вылетом стрелы 36 м (тип БК-403) при различной компоновке.

стовых кранов котельной и машинного зала, а также для монтажа котельного оборудования.

Башенные краны БК-403 обладают безусловным преимуществом перед башенными кранами БК-40 и БК-25-48.

Инж. А. Н. Арондар

Применение подъемных кранов с двумя грузовыми тележками на гидроэлектростанциях

Выбор грузоподъемности мостовых кранов для гидроэлектростанций производится в соответствии с максимальными монтажными весами элементов гидроагрегатов. Такими элементами являются роторы генераторов, вес которых в крупных машинах достигает 600 т и более. Выбранный по весу ротора мостовой кран получается громоздким и тяжелым, что утяжеляет подкрановые балки и колонны и увеличивает габариты машинного зала. Вследствие этого в практике строительства гидроэлектростанций принято устанавливать два крана с общей грузоподъемностью, равной весу ротора генератора, который поднимается этими кранами с помощью специальной соединительной traversы.

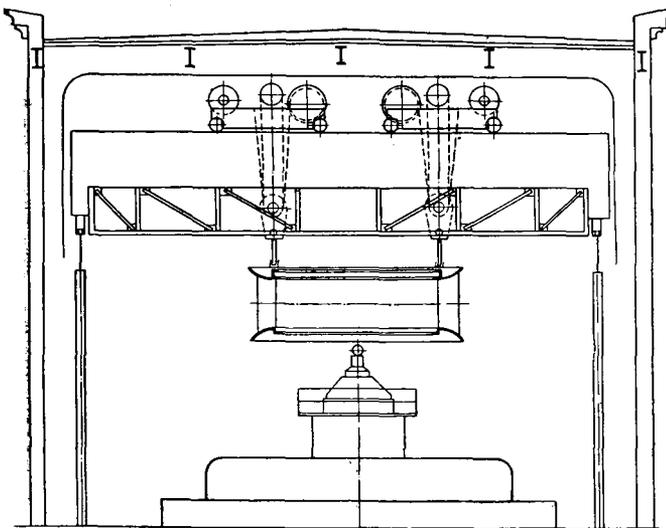


Рис. 1. Схема монтажа статора турбины.

в 145 т и вспомогательного подъема в 25 т. Этими кранами с помощью трех соединительных траверс и была произведена установка ротора генератора.

Опыт проведения строительно-монтажных работ по гидроагрегатам и ремонтов на этой станции показал, что мостовые краны с двумя грузовыми тележками намного удобнее и производительнее кранов с одной грузовой тележкой.

Возможность раздельной работы обеих тележек значительно ускоряет и облегчает процессы предварительной сборки и установки блоков. Кантовка громоздких деталей (рабочего колеса валов, втулки верхней крестовины и др.) на весу двумя крюками одного крана исключительно удобна и проста. Два крюка позволяют придавать точное горизонтальное положение крупным деталям и блокам при установке их на место. Установка чрезвычайно громоздких и тяжелых блоков — верхней крестовины статора турбины (рис. 1) и рабочего колеса — двумя крюками очень проста и удобна.

Запроектированный Ленинградским управлением треста Гидромонтаж для одной из строящихся гидроэлектростанций кран с двумя грузовыми тележками грузоподъемностью 2×125 т (рис. 2) имеет по сравнению с однетележным краном грузоподъемностью 250 т большие преимущества:

1. Уменьшение приближения крюков к стене: малого с 1395 до 990 мм и большого с 3100 до 2280 мм расши-

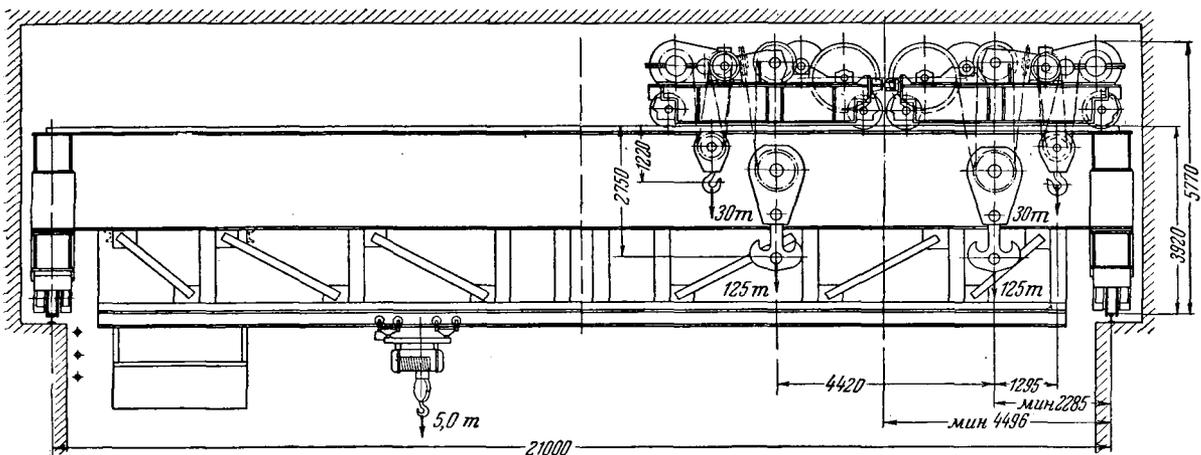


Рис. 2. Мостовой кран грузоподъемностью 2×125 .

Скоростные методы монтажа основного силового оборудования крупных гидроэлектростанций требуют самого широкого фронта монтажных работ, так как необходимо одновременно вести предварительную сборку деталей в укрупненные блоки и устанавливать блоки и отдельные детали на место.

Проведение одновременно такого большого количества работ в машинном зале в короткие сроки возможно только при соответствующем обеспечении этих работ грузоподъемными механизмами.

Технологический процесс скоростного монтажа гидроагрегатов чрезвычайно насыщен грузоподъемными операциями. На монтажной площадке при монтаже только одного агрегата, помимо чисто монтажных операций по установке деталей и узлов на место, производится одновременно предварительная сборка рабочего колеса турбины, крышки турбины, ротора генератора, нижней и верхней крестовин генератора и ряда других более мелких блоков. Кроме указанных работ, в машинном зале производятся в это время строительно-монтажные работы, требующие грузоподъемных механизмов. Поэтому в период монтажа мостовые краны чрезвычайно перегружены и они нередко являются причиной задержки работ.

Из опыта проведения монтажных работ установлено, что основным мероприятием, улучшающим и ускоряющим грузоподъемные операции при монтаже гидроагрегатов, является увеличение количества грузоподъемных механизмов, что до некоторой степени достигается применением мостовых кранов с двумя грузовыми тележками.

На Днепровской гидроэлектростанции им. В. И. Ленина установлено два мостовых крана с двумя грузовыми тележками каждый. Тележки имеют крюки: главного подъема

и увеличивает пределы действия крюков в машинном зале и увеличивает монтажную площадку.

2. Высота тележки составляет 1850 вместо 3227 мм, что дает возможность снизить высоту машинного зала на 1400 мм.

3. Уменьшение грузоподъемности тележки при сохранении ширины ее в 1,5 раза повышает канатоемкость барабана, что значительно увеличивает высоту подъема крюка и дает возможность свободно устанавливать все детали турбины без промежуточного перестроивания их.

4. Монтаж крана с двумя тележками, из-за уменьшения веса тележек с 82 до 45 т и некоторого облегчения моста крана, проще и производится значительно быстрее.

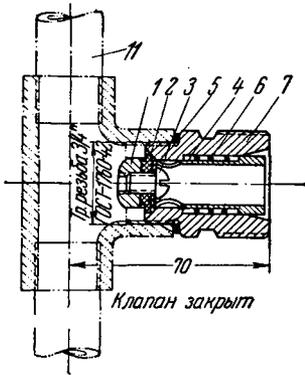
Приведенные преимущества мостовых кранов с двумя тележками могут быть полностью отнесены также к порталным кранам, которые в настоящее время начинают находить применение на мощных приплотинных гидроэлектростанциях с машинным зданием уменьшенной высоты.

Инж. А. Н. Гончаров

Автоматический газовый клапан

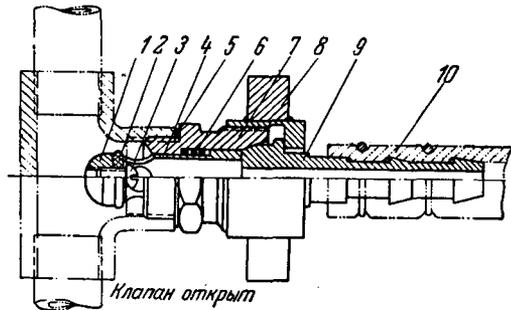
Централизованные разводки сжатого воздуха, азотистого и кислорода находят все большее распространение на монтажных площадках и площадках изготовления котельно-вспомогательного оборудования.

На участках разводов, приближенных к рабочему месту, обычно устанавливаются отводы, газовые вентили и соответствующие нипели, на которые каждый раз при



Автоматический газовый клапан на трубопроводе сжатого воздуха.

1—гайка; 2—уплотнительное кольцо; 3—винт М6×8; 4—стакан; 5—шайба; 6—пружина; 7—штуцер; 8—накидная гайка; 9—нипель; 10—рукав (шланг); 11—стойка магистральной централизованной разводки сжатого воздуха.



подключении инструмента необходимо надевать и закреплять газопроводный резиновый рукав.

Чтобы избежать этого, проектной конторой Донбассэнергомонтажа разработана конструкция автоматического газового клапана на трубопроводе сжатого воздуха (см. рисунок). Под действием давления газа на поверхность гайки 1 и действием разжимающего усилия пружины 6, уплотняющее резиновое кольцо 2, прижимаясь к поверхности корпуса штуцера 7, отключает потребителя газа от магистрали централизованной разводки.

Все рукава (шланги) пневматического инструмента и горелок (автогенных аппаратов) заранее оснащены закрепленными в них nippleм 9 и накидной гайкой 8. Достаточно навинтить накидную гайку на корпус штуцера клапана 7, как газ начнет поступать из магистрали централизованной разводки в рукав (шланг) 10 соответствующего инструмента.

При навинчивании накидной гайки на корпус штуцера прижимаемый гайкой nipple 9 нажимает на стакан 4, который, сжав пружину и преодолев сопротивление давления газа, откроет выход газу через четыре отверстия в цилиндре стакана.

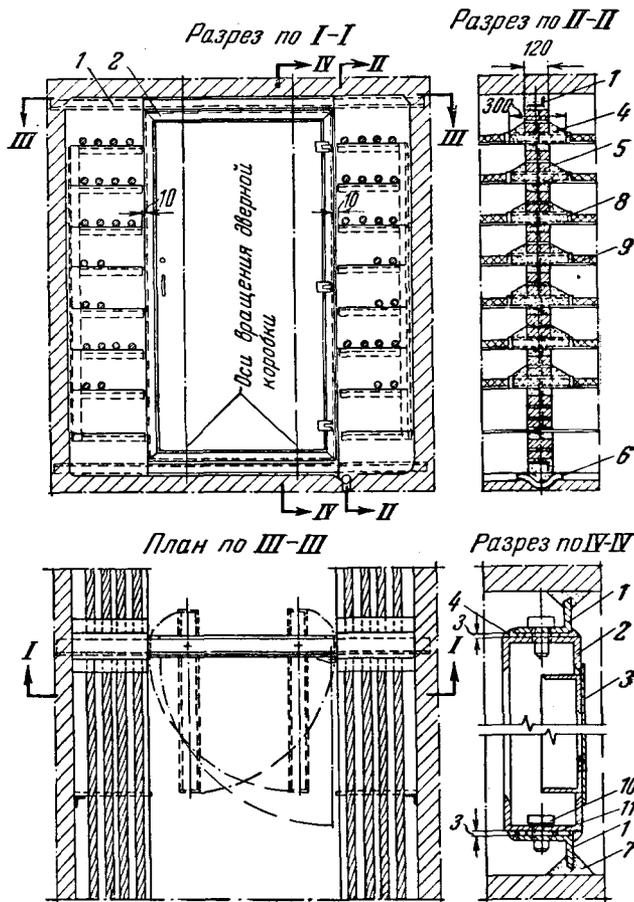
При свинчивании накидной гайки и корпуса штуцера клапан автоматически закрывается и расход газа из магистрали прекратится.

Поскольку нет потребителя на отводах газовой разводки, нет и неизбежных потерь газа, в отличие от обычных газовых вентилей в условиях монтажных участков, которые часто бывают недостаточно плотно закрыты, что и дает большие потери как сжатого воздуха, так и более ценных газов.

Инж. И. И. Могилевский

Секционирование кабельных туннелей

В целях ограничения распространения пожара, могущего возникнуть в кабельных туннелях электрических станций, и подстанций вследствие повреждения кабеля или по другим причинам, предусматривается установка огнестойких или полугонестойких перегородок, разделяющих кабельные туннели на секции.



Секционная перегородка кабельных туннелей.

1— верхний и нижний уголки; 2— дверная коробка; 3— металлическая дверь; 4— огнестойкий раствор; 5— кирпич красный; 6— дренажный сифон; 7— цементный раствор; 8— асбест; 9— асбоцементная плита; 10— болт; 11— шайба.

Разделение кабельных коммуникаций на отдельные секции особенно целесообразно в местах, наиболее насыщенных силовыми кабелями, или при пересечениях потоков силовых кабелей с контрольно-измерительными.

К таким местам можно отнести: кабельные коммуникации под распределительными устройствами собственных нужд электростанции, под распределительными устройствами 6—10—35 кв, под щитовым блоком и т. п., где установкой перегородок можно полностью выделить все агрегаты электростанции в отдельные секции и подразделить линии по назначению.

Секционные перегородки в кабельных туннелях по своему конструктивному устройству не должны осложнять монтажа и эксплуатации кабелей и должны позволять их установку как одновременно с установкой кабельных конструкций, так и после прокладки кабелей.

Принципиальное конструктивное решение такой перегородки показано на рисунке.

В качестве огнестойкого материала для заделки междуполочных промежутков может быть применен красный кирпич с глинопесчаным раствором.

Заделку щелей между контуром туннеля и неподвижными элементами перегородки, концами верхнего и нижнего уголков 1 и дренажного сифона 6 следует выполнять цементным раствором.

Во избежание проникновения огня через перегородку по кабелям последние обертываются асбестовым листом до заделки междуполочных промежутков и обмазываются на длину 300 мм огнестойким раствором, как показано на рисунке.

Инж. И. И. Прибылов



ПОПРАВКА

В № 3 журнала „Электрические станции“ за 1952 г. в заметке инж. А. Н. Гончарова „Использование насосов для холодной воды на тепломатриале“, стр. 50, правая колонка, последнюю строку следует читать „... ления диаметром 1/4“ тр. в верхней части сальниковых...“.

ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

Упрощенная схема автоматизации процесса горения

На двух котельных агрегатах производительностью 160/200 т/час при давлении пара 32 ат была осуществлена упрощенная схема автоматизации процесса горения и загрузки мельниц. На каждом агрегате имеется по три индивидуальных пылесистемы производительностью 14,2 т/час, из которых нормально находятся в работе две.

Все электродвигатели собственных нужд агрегата (дымососов, вентиляторов, эксгаустеров и питателей сырого угля) работают на постоянном токе 550 в от одного (общего для данного котлоагрегата) двигателя-генератора с независимым возбуждением, мощностью 880 квт. Каждый агрегат имеет два двигателя-генератора — рабочий и резервный.

Регулирование нагрузки котлоагрегата осуществляется одновременным изменением скорости вращения всех электродвигателей путем изменения напряжения постоянного тока на общих шинах 550 в данного агрегата с помощью потенциометрического реостата, изменяющего ток в цепи обмотки возбуждения генератора.

Перемещение движка потенциометрического реостата осуществляется специальным маломощным однофазным электродвигателем, ключ управления которого расположен на оперативном щите котелара.

Для индивидуальной подрегулировки скорости вращения в цепи обмоток возбуждения каждого электродвигателя имеется регулировочный реостат, штурвал управления которым расположен также на оперативном щите котелара.

Принципиальная схема управления и питания электродвигателей представлена на рис. 1.

Наблюдениями за работой котлоагрегатов было установлено, что в зоне регулируемых нагрузок 120—200 т/час с помощью общего ключа управления (при данном качестве топлива) не происходит существенного нарушения соотношения между топливом и воздухом, т. е. экономичность горения в данном диапазоне нагрузок не нарушается, и не требуются дополнительных подрегулировок скорости вращения отдельных электродвигателей индивидуальными реостатами.

Оба котлоагрегата были автоматизированы на базе аппаратуры завода «Энергодеталь» по схеме, представленной на рис. 2. Как видно из этой схемы, импульсы давления пара в главной па-

ровой магистрали поступает на стандартную колонку регулирования давления КРД, на выходном валу редуктора которой расположены импульсные реостаты, управляющие колонками КИМ. На выходных валах редукторов колонок КИМ установлены специальные реостаты автоматики, включенные в основную цепь возбуждения соответствующего генератора.

Спротивление реостатов автоматики подобрано экспе-

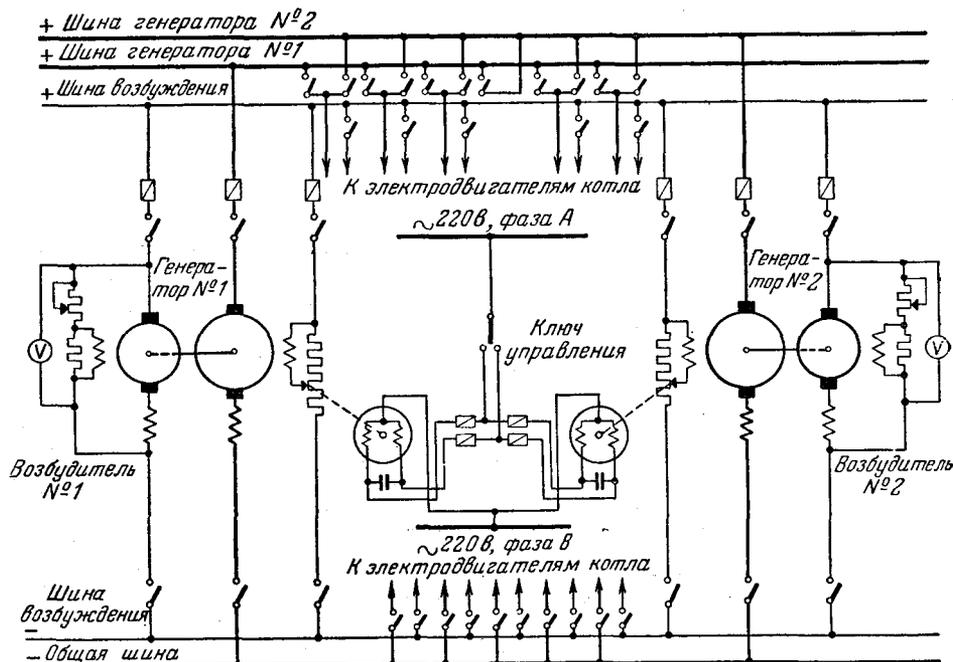


Рис. 1. Принципиальная схема питания и управления электродвигателями для одного котлоагрегата.

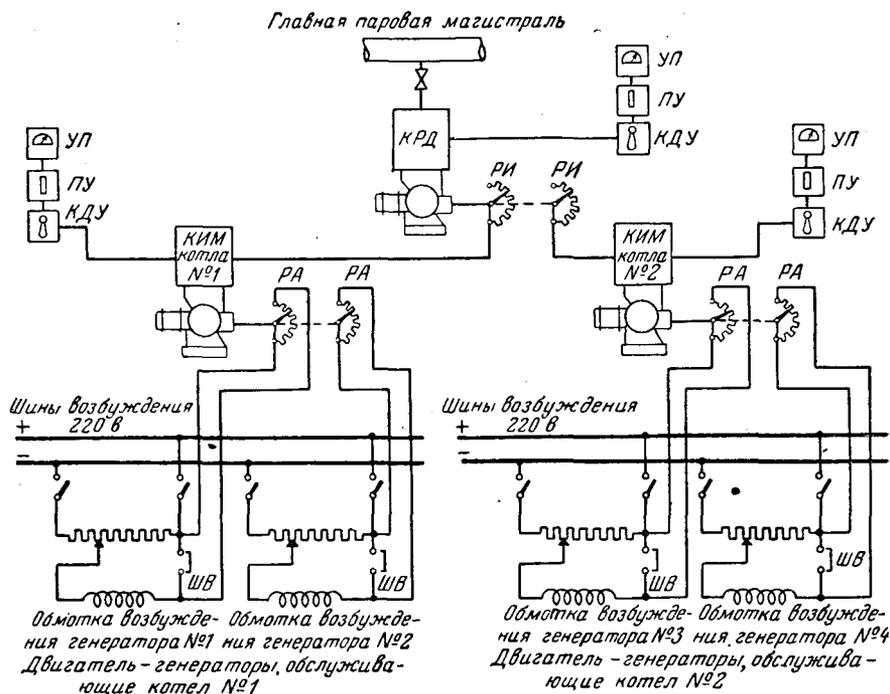


Рис. 2. Принципиальная схема автоматизации процесса горения двух котлоз. УП — указатель положения; ПУ — переключатель управления; КДУ — ключ дистанционного управления; КИМ — колонка исполнительного механизма; РИ — импульсный реостат; РА — реостат автоматики; ШВ — шунтирующая вставка; КРД — колонка регулирования давления.

риментально таким, что при полном их перемещении напряжение на шинах генератора изменяется на 80 в, что обеспечивает изменение нагрузки на котле в пределах 35—40 т/час.

Параллельно цепи каждого реостата автоматики установлены шунтирующие вставки для вывода в ремонт или настройки колонок автоматики при работе котлоагрегата.

При изготовлении реостатов было обращено особое внимание на надежность всех переходных контактов. С этой целью все выводы секций выполнены на пайке серебром, а схема реостата принята потенциометрической, исключающей полный разрыв цепи возбуждения при возможных неполадках на контакторе.

Описанная схема была осуществлена, налажена и в середине 1950 г. сдана в постоянную эксплуатацию. Эксплуатация схемы в продолжение около 2 лет показала, что она работает надежно; соотношение между топливом и воздухом в регулируемом диапазоне нагрузок выдерживается не хуже, чем при нормальной схеме авторегулирования ЦКТИ. Отклонения давления пара перед турбинами не превышают 0,3 ат. Процесс загрузки мельниц требует вмешательства кочегара лишь в том случае, когда влажность топлива резко изменяется.

Инж. Д. К. Мионов

Острое дутье при сжигании АШ

Острое дутье было осуществлено на трех котлах НЗЛ производительностью 70—85 т/час по схеме рис. 1.

В топочной камере на высоте 2610 мм над осью основных горелок типа КТО с каждой стороны топки было установлено пять чугунных сопел сечением выходного отверстия 60×370 мм². Сопла соединены через поворотные заслонки с коробом горячего воздуха котла. Скорость струи воздуха $w = 43,5$ м/сек. Дальнейность струи равна 4,6 м; давление воздуха в коробе котла 120 мм вод. ст.

Чугунные сопла (рис. 2) установлены с наклоном вниз на 15°, причем три сопла направлены также к центру топки. Такое расположение обеспечивает пронизывание факела в топочной камере с двух сторон и хорошее перемешивание частичек горячей пыли с воздухом. В этом месте образуется вторая зона горения с избытком воздуха, достаточным для хорошего выжигания топлива.

Первоначально с каждой стороны топки ближе к фронту было установлено по два сопла (рис. 1), однако прак-

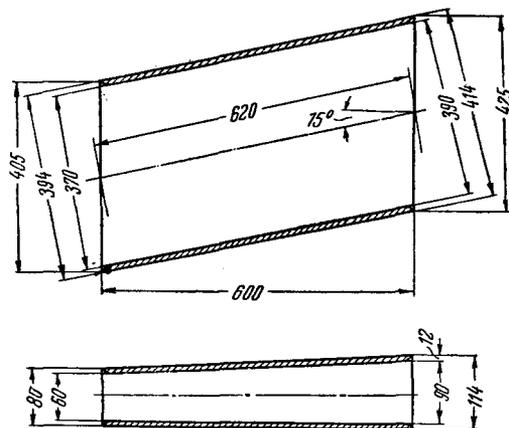


Рис. 2. Чугунные сопла.

тика показала, что работа этих сопел ухудшает выжиг топлива, а потому они были демонтированы.

Применение острого дутья снизило содержание горючих в уносе с 35 до 11—12%.

До реконструкции минимальная нагрузка котла составляла 55—60 т/час. После осуществления острого дутья диапазон регулирования нагрузки котла возрос, и нижний предел ее составил 45 т/час. Котел № 4 может работать даже на одной горелке при нагрузке 40—45 т/час. Это позволило увеличить коэффициент использования автоматики горения на котлах в условиях регулирующей станции до 70%. Улучшилась также работа электрофильтров, поскольку снижение содержания горючих в уносе способствует повышению степени очистки газов. Выгорание шамотных поясов стало меньше склавываться на устойчивости и экономичности работы котлов.

Перед ремонтом котла № 5, работавшего с полностью выгоревшим шамотным поясом задней стенки и на 70% боковых стенок, содержание горючих в уносе было в пределах 20%. Повышенная устойчивость факела позволяет персоналу уверенно поддерживать оптимальные избытки воздуха.

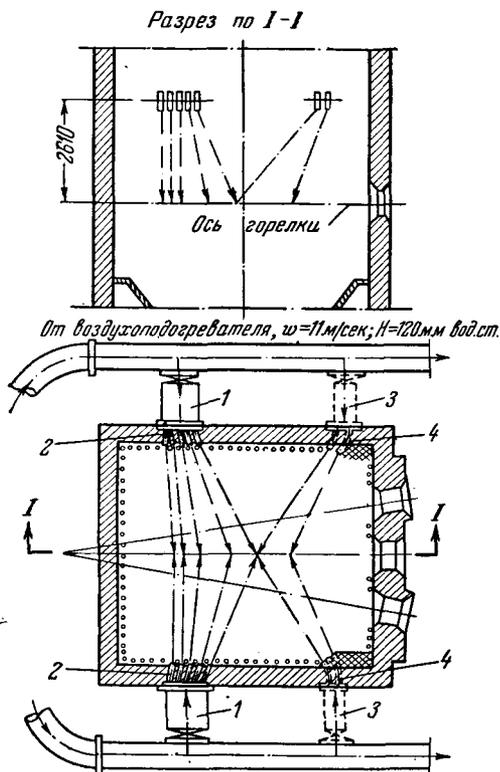


Рис. 1. Топочная камера.

1 — короб 400×700 мм²; 2 — пять сопел 60×370 мм²; 3 — короб 400×550 мм²; 4 — два сопла 100×370 мм².

Дата	Часы	Котел № 3			Котел № 4			Котел № 5		
		Шлак	справа	слева	Шлак	справа	слева	Шлак	справа	слева
19/XI	0—8	18	19	25	19	17	17	—	—	—
	8—16	11	16	22	7	15	15	—	—	—
	16—24	9	15	20	9	16	14	—	—	—
20/XI	0—8	13	13	10	18	15	15	—	—	—
	8—16	9	8	8	18	10	11	—	—	—
	16—24	25	14	11	9	22	18	—	—	—
21/XI	0—8	6	16	11	11	12	14	—	—	—
	8—16	12	12	9	14	11	12	—	—	—
	16—24	11	15	15	11	11	15	—	—	—
22/XI	0—8	Не работал			14	16	16	—	—	—
	8—16	1	19	19	2	11	15	—	—	—
	16—24	17	12	11	20	9	12	—	—	—
23/XI	0—8	6	16	15	6	11	13	9	18	22
	8—16	22	22	25	21	18	15	25	22	22
	16—24	12	16	16	12	13	16	17	25	23

К недостаткам острого дутья следует отнести ускоренное выгорание шамотной кладки слабо экранированной фронтальной стены вследствие энергичного воспламенения факела непосредственно у горелок и развития в этой зоне высоких температур.

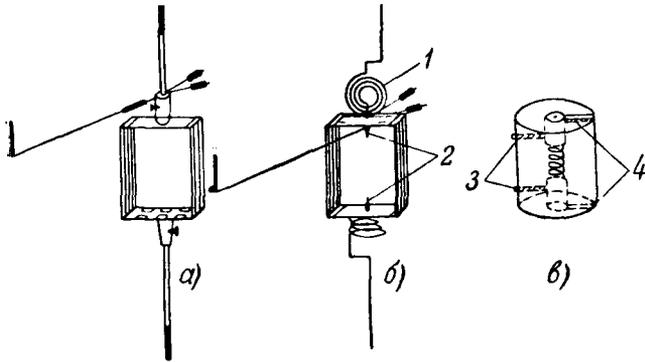
Посменные данные о содержании горючих в шлаке и уносе (%) приведены в таблице.

Инж. Н. Г. Марковский

Переделка подвижной системы регистратора солемера Мостофина

Регистратор солемера Мостофина, установленного на тэц Главвостокэнерго, вынесен на щит чоугара. При вибрации щита стрелка регистратора давала резкие колебания и на ленте наблюдался значительный разброс точек. По инициативе мастера тепловой лаборатории тэц т. Войтенко Б. Г. подвижная система регистратора солемера была переделана с заменой подвесной системы стрелки кривой со спиральными волосками.

Переделка заключалась в следующем (рисунок). На подвесной системе мостики с растяжением были заменены обычными мостиками приборов типа ПГУ, припаяны спиральные пружинки 1 и 2; корректор оставлен без изменения. В сердечнике просверливались два отверстия, в которых нарезалась резьба 3 мм для крепления винтами подпятников 3. В тыльной стороне сердечника сверху и



Подвижная система регистратора солемера Мостофина. а — рамка до переделки; б — рамка после переделки; в — сердечник после переделки.

снизу прорезались небольшие канавки 4 до среднего отверстия, для того чтобы прошли керны. После этого система собиралась, балансировалась и устанавливалась на место.

После переделки регистратор солемера был проверен мостом сопротивления; совпадение с градуировочной таблицей получилось хорошее. Вибрация стрелки и разброс точек на ленте прекратились.

После установки солемера с кривой подвесной системой стрелки на котле были проведены теплехимические испытания, давшие вполне удовлетворительные результаты.

В настоящее время солемеры с кривой системой установлены еще на двух котлах тэц.

Инж. Г. М. Иванова

Контроль расхода охлаждающей воды турбин с ухудшенным вакуумом

Практика работы турбин с ухудшенным вакуумом показала, что обслуживающий персонал не всегда проявляет должное внимание к поддержанию необходимого режима работы конденсаторов турбин при изменении потребности в горячей воде. Общеизвестно, что потребность в тепловой энергии не находится в постоянном соответствии с выработкой электроэнергии. Поэтому бывают случаи, когда количество охлаждающей воды превышает спрос на нее со стороны потребителей, в связи с чем приходится изменять режим работы конденсаторов турбин. Дежурный персонал иногда допускает сброс охлаждающей воды при режиме на ухудшенном вакууме в канал и, этим самым, снижает эффективность работы турбин на ухудшенном вакууме.

Для установления простого контроля за использованием охлаждающей воды на одной небольшой установке

был применен способ измерения сброса охлаждающей воды путем водослива. Единственным затруднением при осуществлении этого способа явилось достижение равномерности шкалы при измерении количества воды, прошедшей через водослив.

Задача сводилась к подбору такого профиля водослива, при котором была бы обеспечена прямая пропорциональность расхода воды и уровня в циркуляционной коробке.

Для решения этой задачи была использована следующая формула¹ для определения профиля щели водослива:

$$x = \frac{Q_{\max}}{3600 \sqrt{2g} \mu u_{\max}} \frac{1}{\sqrt{y}},$$

где x — ширина щели водослива, м;
 Q_{\max} — максимальный расход через водослив, т/час;
 g — ускорение силы тяжести, м/сек²;
 μ — коэффициент расхода;
 u_{\max} — максимальная высота напора, м;
 y — высота напора, соответствующая расходу Q , м

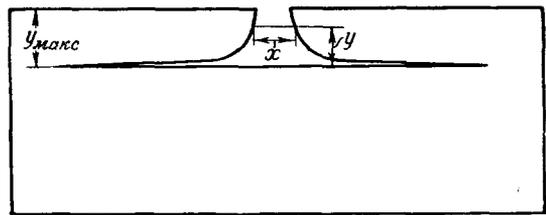


Рис. 1. Профиль щели водослива.

Принимая (в соответствии с местными условиями) коэффициент расхода $\mu = 0,6$, значение $Q_{\max} = 50$ т/час и $u_{\max} = 0,15$ м определяем ширину щели водослива в зависимости от высоты напора и строим профиль щелевого выреза (рис. 1), а затем, исходя из соотношения $Q_{\max} = a u_{\max}$, определяем постоянный коэффициент a , что дает возможность получить равномерную шкалу прибора, измеряющего расход.

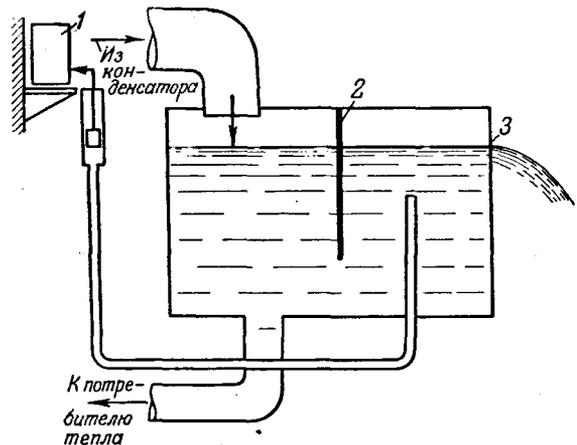


Рис. 2. Принципиальная схема установки прибора. 1 — регистратор; 2 — успокоитель; 3 — водослив.

Прибор (рис. 2) предусматривает регистрацию расхода, выполняемую путем регистрации уровня воды в циркуляционной коробке. Для регистрации уровня к дну коробки приварена трубка (диаметром 25 мм),

¹ П. П. Кремлевский, Контрольно-измерительные приборы в гидролизной промышленности, М.—Л., Гослестехиздат, 1947.

выведенная в помещение машинного зала. На свободной поверхности этой трубки находится латунный поплавок со штоком, на который насажено перо, регистрирующее уровень воды. Шкала прибора проградуирована в *т/час*.

Такая установка находится в эксплуатации с 1949 г. и может быть рекомендована для ориентировки в правильности режима работы турбин при ухудшенном вакууме.

Инж. Н. В. Самойлов

Испытание генераторов турбоагрегатов Юнгстрем

Турбоагрегат Юнгстрем состоит из турбины радиального типа, соединенной с двумя вращающимися в разные стороны однопольными синхронными генераторами, статорные обмотки которых наглухо соединены параллельно, а роторные — последовательно.

Оба эти генератора представляют собой как бы один генератор, так как вследствие особенности конструкции агрегата работа одного из них без другого практически невозможна.

Испытание этих генераторов (например, снятие характеристики холостого хода, регулировочной и нагрузочной) не встречает особых затруднений и производится по общеизвестной методике, за исключением снятия характеристики трехфазного короткого замыкания.

При коротком замыкании напряжение, а следовательно, и синхронизирующая сила отсутствуют. Поэтому при подаче возбуждения машины не втянутся в синхронизм, что может вызвать сильное расхождение в скорости вращения дисков турбины, опасное для лопаток.

Поскольку моменты сопротивления обоих роторов не равны (на валу одного ротора насажен возбудитель, а на валу другого — маслонасос), разница в скорости вращения обоих роторов в этом случае может быть значительной и достигнуть $200 \div 800$ об/мин. При этом вектор э. д. с. одной машины (а, следовательно, и ток короткого замыкания) вращается с частотой скольжения относительно вектора э. д. с. второй машины. В таких условиях произвести отсчет по приборам невозможно.

Поэтому при испытании генератора 5250 ква, 6,6 кВ турбоагрегата Юнгстрем характеристика короткого замыкания снималась следующим образом.

Оба статора раздельно закорачивались на трехфазное короткое замыкание, для чего соединительный кабель одного из статоров отключался от общей шинки и присоединялся к трансформаторам тока, концы которых закорачивались. Цепь другого статора закорачивалась на вводах выключателя.

Скорость вращения во время опыта поддерживалась в пределе 80% от номинальной, т. е. 2400 об/мин. Разница в скорости вращения обоих роторов составляла около 200 об/мин. При заданном токе ротора измерялся отдельно ток каждого статора.

Таким образом, были получены две характеристики короткого замыкания (рисунк):

$$\text{для первого генератора } I_{\kappa 1} = f_1(I_{\text{пот}}) = 2,5I_{\text{пот}}$$

$$\text{для второго генератора } I_{\kappa 2} = f_2(I_{\text{пот}}) = 2,56I_{\text{пот}}$$

Так как характеристика короткого замыкания генератора

$$I_{\kappa} = f(I_{\text{пот}}),$$

то

$$I_{\kappa} = f(I_{\text{пот}}) = f_1(I_{\text{пот}}) + f_2(I_{\text{пот}}) = 5,06I_{\text{пот}}$$

Допустимость такого сложения вытекает из следующего:

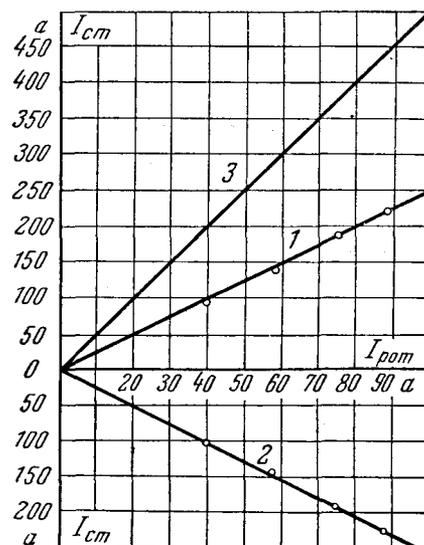
1. При неизменном токе возбуждения ток короткого замыкания синхронных машин в широком диапазоне практически не зависит от частоты.

Сказанное вытекает из того, что при пренебрежении активным сопротивлением ток короткого замыкания

$$I_{\kappa} = \frac{E_0}{x_d},$$

где E_0 — э. д. с.;

x_d — индуктивное сопротивление ненасыщенной машины.



Характеристика трехфазного короткого замыкания.

1 — для первого генератора; 2 — для второго генератора; 3 — искомая характеристика трехфазного короткого замыкания агрегата в нормальной схеме (при параллельном соединении обмоток обоих статоров).

Электродвижущая сила и индуктивное сопротивление пропорциональны частоте, следовательно ток от частоты не зависит.

2. При пренебрежении активным сопротивлением синхронная машина при коротком замыкании представляет собой только индуктивное сопротивление, поэтому ток короткого замыкания отстает от э. д. с. на 90° . Следовательно, токи обеих машин можно сложить арифметически.

Полученная таким образом результирующая характеристика трехфазного короткого замыкания (см. на рисунке кривую 3), представляет собой искомую характеристику трехфазного короткого замыкания агрегата при нормальной схеме (параллельное соединение обмоток обоих статоров).

Инж. М. И. Слодарж

ОТ РЕДАКЦИИ

В практике испытаний генераторов, производившихся ВЭИ и Оргрэл, применялся также простой способ снятия характеристики трехфазного короткого замыкания турбоагрегатов Юнгстрем помощью реостата, подключенного параллельно обмотке ротора генератора, несущего возбудитель, что не требовало разведения статоров и проводилось при синхронном числе оборотов обоих генераторов (В. Н. Андрианов, Турбогенераторы системы Юнгстрем, «Электрические станции», 1932, № 3).

Из опыта внедрения реле с быстроснасыщающимся трансформатором

Разработанные ЦНИЭЛ МЭС реле с быстроснасыщающимся трансформатором (БНТ) выполняется с текстолитовой подкладкой под цоколь реле ЭТ толщиной 10—12 мм.

Отсутствие текстолита указанной толщины в Челябинско-энерго тормозило широкое внедрение БНТ, в связи с чем была разработана металлическая надставка цоколя реле ЭТ, вполне заменяющая текстолитовую подкладку.

Конструкция надставки (рис. 1) весьма проста. Изготавливается она из полосовой стали 20×2 мм² в виде ободка, изогнутого точно по размерам цоколя реле ЭТ-520. К ободку приклепываются два латунных угольника, служащие для крепления к ним быстроснасыщающе-

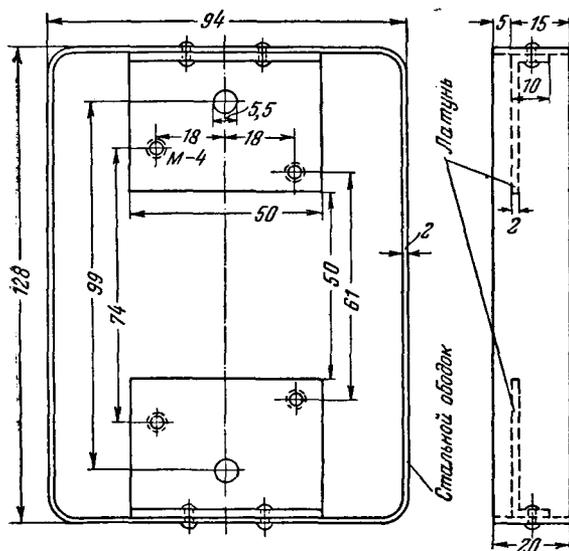


Рис. 1.

гося трансформатора при помощи обжимной пластинки конструкции ЦНИЭЛ. Эти же угольники одновременно используются для крепления ободка с установленным на нем трансформатором к цоколю реле при помощи двух шпилек, предназначенных для крепления реле ЭТ к панели защиты.

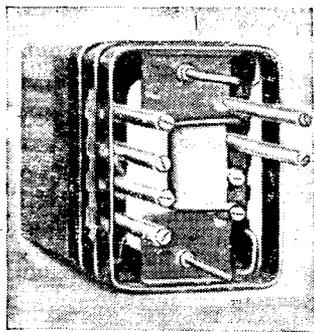


Рис. 2.

Для углубления трансформатора в цоколе, имеющиеся в нем пластмассовые приливы спиливаются с одной стороны на 2—3 мм.

При переходе на новую конструкцию потребовалось несколько изменить обмоточные данные серийного реле типа ЭТ-521/0,2 и быстронасыщающегося трансформатора ЦНИЭЛ при неизменных габаритах сердечника.

Полные ампервитки срабатывания реле ЭТ-521/0,2, с измененными обмоточными данными, на уставке 0,2 равны 116, что получается при 580 витках в каждой из двух

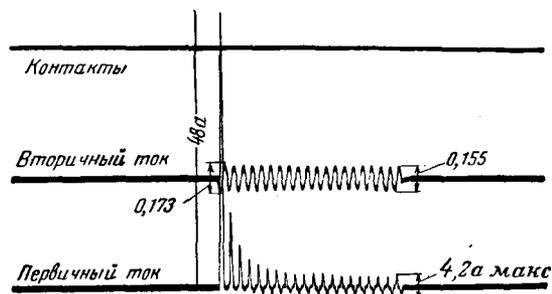


Рис. 3.

катушек, выполненных проводом ПЭЛ 0,40 мм и соединенных параллельно.

Число первичных ампервитков быстронасыщающегося трансформатора в условиях трогания реле равно 180, причем число витков и сечение провода первичной обмотки в каждом из принятых исполнений изменяются в зависимости от предела регулировки тока трогания; при этом от первичной обмотки выводятся две отпайки.

Вторичная обмотка имеет 52 витка и выполняется проводом ПБД 1,12 мм. Числа витков вторичной обмотки ВНТ и обмоток реле ЭТ остаются постоянными для любых исполнений, отличающихся пределами регулировки тока трогания.

Внешний вид реле со встроенным БНТ показан на рис. 2

При регулировке реле с БНТ принят следующий порядок:

Сначала регулируются реле отдельно от БНТ на пределах тока трогания 0,1—0,2 а и коэффициент возврата, который должен быть не ниже 0,85. Отдельная регулировка реле необходима для определения зависимости вторичного тока БНТ от первичного в целях контроля в дальнейшем за состоянием реле и трансформатора. Затем задается уставка тока трогания 0,16 а, помечаемая на шкале красной чертой, после чего подключается БНТ.

Подгонка уставки реле с БНТ на заданный ток трогания средней уставки производится путем изменения числа пластин в сердечнике трансформатора. После этого определяются получившиеся токи трогания при использовании выведенных отпайек.

Проверка и настройка реле с БНТ производится непосредственно от сети 120—220 в с использованием реостатов.

На рис. 3 приведена осциллограмма лабораторного испытания реле с металлической надставкой при включении трансформатора 3 кВа в сеть 220 в.

Как видно из осциллограммы, несмотря на наличие броска тока большой кратности с сильной асимметрией в первичной обмотке БНТ, ток во вторичной обмотке был симметричен, и реле при этом не работало.

Полученные результаты показали, что реле с БНТ с металлической надставкой практически не отличаются от разработанных ЦНИЭЛ МЭС. При установке данных реле на металлических панелях толщиной до 4 мм изменений уставки тока трогания не обнаруживалось.

В энергосистеме выпущено и установлено свыше 60 реле с БНТ; из них больше половины — с металлической надставкой.

Инж. А. В. Протасов



В Техническом управлении Министерства

О применении контрольных кабелей с хлорвиниловыми оболочками

Техническое управление Министерства электростанций и Главкабель Министерства электропромышленности приняли совместное решение (№ 3/Э от 19 января 1952 г.), устанавливающее следующие области применения контрольных кабелей с хлорвиниловыми оболочками в системе Министерства электростанций:

КВРБ — для прокладки в земле, наравне с кабелями КСРБ и КСБ;

КВРБГ — для прокладки внутри помещений, в туннелях и каналах, взрыво- и пожароопасных помещениях наравне с кабелями КСРБГ и КСБГ;

КВРГ — для прокладки внутри помещений, в туннелях и каналах при условии отсутствия вероятности механических повреждений, наравне с кабелями КСРГ и КСГ

Примечания:

1. Кабели марок КВРБ, КВРБГ и КВРГ применяются при температурах окружающей среды $+40^{\circ}\text{C}$ во всех электроустановках, за исключением цепей вторичной коммутации генераторов мощностью 25 тыс. *квт* и выше, трансформаторов мощностью 15 тыс. *квт* и выше, питающих нагрузки первой категории и транзитных линий электропередачи напряжением 110 *кв* и выше.

2. Кабели марок КВРБ, КВРБГ и КВРГ допускаются для прокладки при любых разностях уровней при условии надлежащего крепления по установленным нормам.

С изданием настоящего решения соответственно изменяются циркуляры № 81 и 82 (см. «Сборник директивных материалов Технического отдела МЭС», Электрическая часть, ГЭИ, 1950 г.).

Сессия по городским электрическим сетям

В конце 1951 г. ЛОНИТОЭ была проведена вторая научно-техническая сессия по городским электрическим сетям, в которой приняло участие 193 делегата из 91 города Советского Союза.

На сессии было заслушано 19 докладов и сообщений по вопросам: рационального построения городских электрических сетей среднего и низкого напряжения; сравнения экономических показателей замкнутых электрических сетей и сетей других схем; опыта работы по полужамкнутой схеме и переходу на замкнутую схему; внедрения автоматики; методика учета и снижения потерь в городских сетях; организационной структуры управлений и норм обслуживания городских сетей, а также опыта внедрения метода инж. Ковалева при выполнении монтажных работ.

Сессией принята резолюция, в которой отмечается неудовлетворительное выполнение ряда решений резолюции первой сессии, проведенной в 1948 г.*.

По вопросам проектирования сетей. Сессия вновь рекомендует МЭС СССР и министерствам коммунального хозяйства союзных республик проведение исследования электрических нагрузок городских сетей низкого напряжения в ряде городов СССР. До выполнения этой работы рекомендуется утвердить проект «Временных норм по расчету нагрузок при проектировании городских электрических сетей», предложенный секцией электрических

сетей ЛОНИТОЭ на основании исследований ЛИЭИ им. Молотова в содружестве с ЛКС и Энергосбытом Ленэнерго.

Сессия постановила просить МЭС СССР ускорить выпуск новых «Руководящих указаний по проектированию городских электрических сетей».

Сессия считает необходимым открыть на страницах журнала «Электричество» или «Электрические станции» дискуссию по вопросам пересмотра этих «Руководящих указаний» и, в частности, обсудить при этом вопросы методики технико-экономических расчетов, вопрос о целесообразности выполнения распределительных магистралей сети низкого и среднего напряжения со ступенчатыми сечениями.

Отмечается необходимость ускорить реализацию решения Технического управления МЭС № 23/Э от 6/V 1950 г. о внедрении полужамкнутой схемы и осуществлении опытных участков замкнутой сети.

Сессия считает необходимым обратиться еще раз в Министерство электропромышленности СССР по вопросу возобновления выпуска трансформаторов 240 и 135 *кВа* для городских электрических сетей, об организации промышленного выпуска плавких предохранителей низкого напряжения и особенно предохранителей со вставками селективной системы, о необходимости увеличения выпуска предохранителей ПК и сменных частей к ним, счетчиков электрической энергии и кабельной гарнитуры.

Сессия обратилась в Техническое управление МЭС с просьбой внести разъяснение в нормы нагрузок кабелей в части пользования поправочными коэффициентами для учета теплового режима работы кабелей, проложенных в трубах и в земле.

Для содействия внедрению «глубоких вводов» сессия считает необходимым просить Комитет архитектуры при Совете Министров СССР об установлении совместно с МЭС СССР габаритов зоны и требований к линиям электропередачи, прокладываемым в черте города.

По учету и снижению потерь. Сессия отмечает недостаточную работу по снижению потерь в большинстве городских сетей и рекомендует министерствам коммунального хозяйства республик введение обязательных периодических расчетов технических потерь электрической энергии в городских сетях.

Наряду с методом учета потерь, разработанным ОргрЭС и принятым Техническим управлением МЭС, Сессия рекомендует к практическому пользованию проверенные на практике методы расчета потерь в сетях среднего и низкого напряжения, разработанные ЛИЭИ им. Молотова совместно с ЛКС Ленэнерго и Оргкоммуэнерго МКХ РСФСР, а также просит МЭС и МКХ о дальнейшей доработке всех указанных методов в сторону их упрощения и унификации, с включением в них нормативных значений потерь.

По организации эксплуатации. Сессия обратилась в МЭС и МКХ с просьбой о разработке «Правил технической эксплуатации городских электрических сетей» и об ускорении выпуска норм обслуживания и типовых схем управления для городских электрических сетей.

Сессия считает необходимым широкое развертывание среди персонала всех городских сетей работы по внедрению метода инж. Ковалева при ремонтных работах с использованием проделанной в этом направлении работы в Ленинградской и в Московской кабельных сетях и с организацией ВНИТОЭ обмена опытом.

По автоматике в городских электрических сетях. Сессия отмечает необходимость внедрения автоматики в городские электрические сети и благоприятные результаты работы, проведенной кафедрой электрических сетей ЛПИ им. Калинина совместно с ЛКС Ленэнерго, в деле разработки и внедрения нового принципа устройства АПВ и АВР в городских сетях, а также результаты внедрения автоматики в сетях г. Ташкента Узбекэнерго.

* «Электрические станции», 1948, № 12, стр. 54.



Некоторые вопросы сжигания топлива в топке котлов

Процесс горения топлива в топках котлов, оборудованных механическими решетками, начинаясь в слое топлива на колосниках решетки, должен быть закончен до входа в конвективную часть поверхности нагрева котла, а температура газов в месте выхода из топки должна быть ниже точки плавления частиц золы.

Для того чтобы удовлетворить указанным требованиям, необходимо достигнуть хорошего перемешивания воздуха с горючими газами и частицами топлива, находящимися во взвешенном состоянии в топке.

Развитие, контур и направление факела в топке, оборудованной колосниковой решеткой, существенно зависят от характеристики топлива, конструкции колосниковой решетки и подачи первичного воздуха.

При рассмотрении топки с механической решеткой следует иметь в виду, что зона, где происходит коксование топлива и выделяется большое количество газов, характерна недостатком воздуха для сжигания, в то время как у заднего конца решетки преобладает избыток воздуха.

Если не обратить надлежащего внимания на создание достаточной турбулентности газов, первоначальное несоответствие в распределении воздуха будет в той или иной степени отрицательно сказываться на всей протяженности топки, вплоть до входа в газоходы котла.

В топке с неэкранированной фронтальной стенкой газы с колосниковой решетки первоначально устремляются по этой неохлажденной стенке,

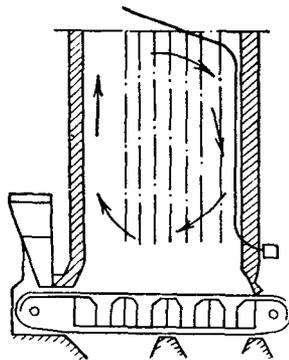


Рис. 1. Газовый циркуляционный контур в топке.

Наиболее действенным средством для создания турбулентного движения газа является струйная подача вторичного воздуха в топку. При этом должно быть принято во внимание, что эффект от применения воздушных струй быстро уменьшается с увеличением расстояния от сопла, из которого подается воздух.

Опыты показали, что на расстоянии, соответствующем 50 диаметрам сопла, скорость воздуха составляет менее 20% от выходной скорости у сопла. Положение усугубляется еще тем, что струя вторичного воздуха сталкивается с движущимися топочными газами и тем, что температура воздушной струи быстро возрастает по мере увеличения расстояния от сопла.

Наилучшее перемешивание вторичного воздуха будет при относительно большем диаметре сопла или, как следствие этого, при наиболее плотной струе выходящего из сопла воздуха.

Весьма большое влияние на длину пламени оказывает угол, под которым струя вторичного воздуха приходит в столкновение с пламенем. Так, при проведенном в лабо-

раторных условиях опыте было установлено, что при совпадении направления потоков вторичного воздуха и факела длина последнего составляла около 625 мм; при изменении угла ввода воздуха — был установлен угол ввода воздуха, равный 90° по отношению к направлению пламени — длина пламени снизилась примерно до 100 мм, что указывало на соответствующее сокращение времени, необходимого для полного сгорания.

Вообще при организации подачи вторичного воздуха в топку необходимо иметь в виду следующее.

1. Должно быть обеспечено надлежащее давление воздуха, для того чтобы иметь соответствующую скорость. Скорость воздуха определяется в зависимости от размеров топки.

2. Эффективная подача вторичного воздуха достигается различным количеством работающих сопел, а не дросселированием воздуха.

3. Употребление нескольких достаточно сильных струй вторичного воздуха предпочтительнее большого количества слабых струй.

4. Необходимо правильно определить углы струй вторичного воздуха по отношению к направлению пламени.

При условии сжигания топлива в пылевидном состоянии как добавки к сжигаемому на решетках топливу должно быть обращено внимание на тот факт, что газы при сгорании пылевидного топлива ввиду их высокой температуры в топке обладают весьма высокой вязкостью, что делает крайне затруднительным хорошее перемешивание.

В этом случае следует иметь в виду, что там, где вспомогательные пылевые горелки расположены на фронтальной стенке топки, пламя будет устремляться в направлении той зоны над решеткой, где преобладает недостаток воздуха. Этот недостаток должен быть устранен соответствующим устройством ряда сопел вторичного воздуха между решеткой и горелками.

Лучшим устройством является расположение вспомогательных горелок в задней стенке топки. При этом топливо подается в газовую зону над задним концом решетки, где, преобладает избыток воздуха.

Важность надлежащей подачи вторичного воздуха в топку можно иллюстрировать на следующем примере.

В оборудованную цепной решеткой топку котла производительностью 45 т/час, работающего на давлении 40 ат, вторичный воздух был введен через 17 сопел диаметром по 32 мм каждое, расположенных по фронтальной стенке топки. При работе котла было обнаружено, что пламя из топки доходит вплоть до пароперегревателя, что делало невозможным получить нормальный перегрев пара и правильно отрегулировать режим котла. Было установлено, что этот недостаток является следствием малой выходной

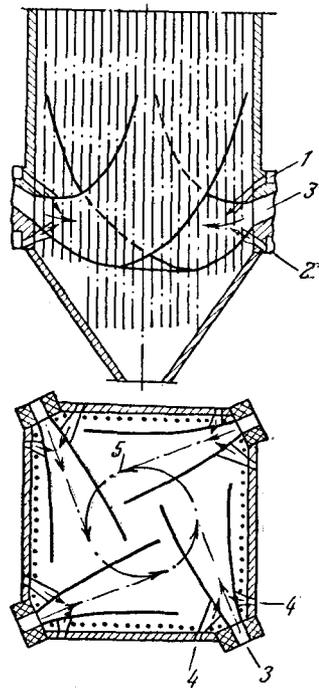


Рис. 2. Пылеугольная топка с угловым расположением горелок.

1 — верхняя подача воздуха; 2 — нижняя подача воздуха; 3 — подача пылевидного топлива; 4 — боковая подача воздуха; 5 — возгораемая окружающая пламени.

скорости вторичного воздуха из сопел, что, в свою очередь, вызывалось излишними потерями давления воздуха в воздухопроводах. Удовлетворительная работа котлоагрегата была достигнута после устранения излишних потерь давления воздуха и установки воздушных сопел под углом 20° вниз от горизонтали.

В тангенциальных пылеугольных топках (рис. 2) недостаток воздуха для сжигания топлива устраняется увеличением диаметра воображаемой окружности пламени 5, что позволит образовать кольцеобразную форму пламени вместо плотного пламенного ядра (Eng. a. Boiler House Review, 1, 1951).

Приведенные в реферируемой статье цифровые данные, полученные как в лабораторных опытах, так и при эксплуатации котельных установок представляют известный интерес.

Следует отметить, что работы советских исследователей (ВТИ, ЦКТИ и др.) в данной области проведены на значительно более глубокой научной основе, чем аналогичные зарубежные работы, в частности и описанные в реферируемой статье.

Обраб. Г. К.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Новые книги по энергетике

Лернер А. Я. и Фейгин В. И., Автоматическое управление электроприводами, М.—Л., Госэнергоиздат, 1951, 124 стр. с илл.

В книге в систематизированном виде изложены основные положения техники автоматического управления промышленными электроприводами. Работа рассчитана на инженеров и техников, работающих в области эксплуатации и проектирования промышленных электроприводов.

Понедилко А. И., Ремонтные работы на линиях электропередачи под напряжением, М.—Л., Госэнергоиздат, 1951, 232 стр. с илл.

В книге рассмотрен передовой опыт отечественной техники — выполнение ремонта на линиях электропередачи, находящихся под высоким напряжением. Подробно освещены все вопросы ремонта, смена стоек, пасынков, траверс; замена гирлянд изоляторов и т. д. Книга является руководством для инженерно-технических работников — мастеров, техников, инженеров, работающих по эксплуатации высоковольтных сетей в энергосистемах.

Прочность элементов паровых турбин, Сборник статей под ред. И. И. Кириллова и А. И. Лурье, М.—Л., Машгиз, 1951, 24 стр. с илл.

Сборник содержит ряд статей по вопросам прочности деталей паровых турбин.

Теоретически рассмотрены вопросы статической прочности диафрагм, фланцевых соединений, корпусов турбин, ступицы дисков; последнее, в частности, и в условиях ползучести. Несколько работ посвящено проблеме динамической прочности лопаточного аппарата паровых турбин и методике определения напряжений с помощью малогабаритных проводочных датчиков; приведены также результаты исследования коррозии конденсаторных труб.

Сборник предназначен для лиц, ведущих научно-исследовательскую работу в области турбостроения, а также для занимающихся вопросами конструирования турбин.

Руководящие указания по ремонту и эксплуатации оборудования цехов электростанций, М.—Л., Орггрэс, Госэнергоиздат, 1951, 172 стр. с черт.

Системы плано-предупредительного ремонта. Технология ремонта и обработки деталей и оборудования.

Свечков И. Н., Слесарь-турбинист, Москва — Свердловск, Машгиз, 1950, 200 стр. с илл., 6 р. 90 к.

Книга предназначена для повышения квалификации слесарей-турбинистов, работающих на сборке турбин и вспомогательных механизмов. Дается краткое описание истории турбостроения, разобраны основные типы паровых турбин, конструкции ведущих деталей и применяемые

в турбостроении материалы, инструменты и приспособления.

Принятая методика расположения материала, а также форма изложения его соответствуют программам курсовой сети повышения квалификации рабочих турбинистов.

Сыромятников И. А. и Тер-Газарян Г. Н., Определение допустимой нагрузки гидрогенераторов в несимметричном режиме, М.—Л., Госэнергоиздат, 1951, 32 стр.

Поясняются основные явления и факторы, ограничивающие нагрузку при несимметричном режиме генератора.

Предел несимметрии, возможной у генератора в эксплуатации, и методика определения несимметрии при испытаниях. Приводится программа испытаний генератора на несимметричную нагрузку и методика испытаний и определение допустимой несимметрии у генератора.

Шляхин П. Н., Особые режимы работы паровой турбины, М.—Л., Госэнергоиздат, 1951, 143 стр. с черт.

Определение расчетных условий работы турбины. Работа турбины при отклонении параметров пара от расчетных. Работа реактивных турбин без промежуточных рядов лопаток. Характерные случаи работы реактивной турбины без промежуточных рядов лопаток. Характерные случаи работы турбины активного типа без отдельных элементов проточной части. Чистка конденсаторов на ходу турбин.

Шкроб М. С., Водоподготовка, М.—Л., Энергоиздат, 1950, 476 стр. с илл.

В книге рассматриваются современные методы водоподготовки и внутрикотловой обработки воды на тепловых электростанциях. Значительное место в книге уделено вопросам теории внутрикотловых физико-химических процессов накипеобразования и загрязнения пара, процессов отложения солей по паровому тракту, а также коррозии теплообменного оборудования.

Рассматриваются специфические особенности водных режимов барабанных и прямоточных котлов. Излагаются практические методы борьбы с накипью, коррозией и загрязнением пара, затрудняющими эксплуатацию тепловых электростанций.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для слушателей энергетических техникумов и для студентов высших технических учебных заведений при прохождении общего курса «Водоподготовка» и при дипломном проектировании. Одновременно она является практическим пособием для широкого круга инженеров-теплотехников и химиков-водников, в том числе слушателей факультетов заочного повышения квалификации инженерно-технических работников.

Библиограф М. А. Мостовая



Вниманию авторов

При подготовке статей для журнала «Электрические станции» авторам необходимо выполнять следующие требования:

1. Объем статей не должен превышать 10—15 страниц текста, *напечатанного на машинке на одной стороне листа через два интервала (обязательно первый экземпляр)*. В виде исключения статьи могут быть представлены четко написанными от руки на одной стороне листа.

2. Формулы и иностранный текст должны быть написаны разборчиво. В формулах обязательно выделять прописные и строчные буквы, индексы писать ниже строки, показатели степени — выше строки; на полях рукописи делать отметки, каким алфавитом в формулах обозначены буквы, и давать другие пояснения к формулам.

3. Статьи иллюстрировать фотографиями и чертежами, однако число их должно быть минимально необходимым. Чертежи выполнять тушью или карандашом, надписи и обозначения писать четко. Снимки направлять четкие и контрастные размером не менее 9×12 см, в двух экземплярах.

В тексте статьи обязательно делать ссылки на рисунки, причем обозначения в тексте должны строго соответствовать обозначениям на рисунках.

Каждый чертеж или фотография должны иметь порядковый номер, соответствующий его номеру в тексте, и подпись.

Чертежи и фото в тексте не вклеивать, а прилагать их отдельно, составив на них опись.

4. В табличном материале точно обозначать единицы измерения. Наименования давать полностью, не сокращая слов. Не давать слишком громоздких таблиц.

5. Иностранные единицы измерения обязательно переводить в принятые у нас в Союзе меры длины, веса и др.

6. **Официальный материал должен быть заверен соответствующими организациями. Статьи работников научно-исследовательских организаций, предприятий и учреждений должны иметь разрешение руководства.**

7. В конце рукописи указывать полностью имя, отчество и фамилию автора, домашний адрес, занимаемую должность, год рождения, номер и место выдачи паспорта.

8. Материал для журнала направлять по адресу: Москва, Ветошный пер., здание ГУМ, III корпус, 1 этаж, помещ. 165, редакции журнала «Электрические станции».

Цена 8 руб.