Электрические станции

3

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1950

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

3
МАРТ
1950

Орган Министерства электростанций СССР **21-й ГОД ИЗДАНИЯ**

СОДЕРЖАНИЕ

Передовая — Неуклонно улучшать топливоиспользование на электростанциях . . . 3
Б. Л. Шифринсон и **Т. К. Леонтьева** — Трассирование тепловых сетей 6
Б. М. Выморков — Об уменьшении штата водосмотров 11
Л. А. Владиславлев — Определение комбинаторной зависимости у гидротурбин Каплана 14
Л. П. Александрова и **А. М. Аренштейн** — Борьба с зарастанием водоемов 16
Л. Г. Гаврилов и **К. А. Гурвич** — Применение водопонизительной установки . . 18
В. Л. Золотавин — Бесстружковый метод анализа металла 21
И. А. Сыромятников — Влияние изменений частоты и напряжения на работу асинхронных двигателей 23
Л. В. Цукерник — Зависимость напряжения синхронных генераторов, поддерживаемого при автоматическом регулировании, от изменения частоты 29
И. А. Антонов — Установка для сварки алюминиевых проводов и кабелей . . . 31
Л. Х. Землянкер — Телеуправление выключателями в городских электросетях . . 35
И. С. Звенигородский — Каналы связи для телемеханики 39

ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

Н. Ф. Кираковский — О способах ремонта оборванных фундаментных болтов. . . 43
* — Цемент для строительных растворов . . 44
И. О. Фидельман — Продавливание отверстий в шинах. 44
Н. Я. Турчин — Прокладка проводов на панелях щитов 45
Н. П. Миттрах — Скрытая прокладка кабелей в трубах 46

ОБМЕН ЭКСПЛОАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

В. М. Кедрин — О работе с эксплоатационным персоналом электросетей 48
Г. Х. Астапович — Устройство для автоматического срыва вакуума 49
Б. Е. Казаков — Наладка регуляторов питания котлов системы Трубкина 50
В. С. Соколов — Опыт исследования агрессивности котловой воды 51
Я. Я. Барановский и **В. А. Нахалов** — Наладка сепарации пара в трехбарабанном котле 53
А. В. Зайцев — Из опыта эксплоатации тепловых сетей Ярославля 54
С. Н. Дубровский — Создание кратковременного активного тока для отыскания замыканий на землю 56
В. П. Клецкий — Автоматическая самосинхронизация генераторов 56
Т. П. Мусатов — Об изменении расположения тросовых перемычек на деревянных опорах 58
И. В. Малхасьян — Опыт ремонта аккумуляторной батареи 58

ХРОНИКА

В Техническом отделе Министерства
О дополнительных мерах безопасности для цехов топливно-транспортных и топливоподачи электростанций, сжигающих торф 59
Об электрооборудовании топливоподачи электрических станций, сжигающих торф 59
Изменение § 25 „Инструкции по эксплоатации трансформаторов“ 59
В Техническом управлении по строительству и монтажу
Новые технические условия на изготовление и монтаж металлических конструкций 59
О временном жилищном строительстве при сооружении гидроэлектростанций . 60
Совещание по экономичному сжиганию топлива на электростанциях Донбасса — Л. и Ш. 60
О применении заглушек в барабанах и коллекторах паровых котлов 61

ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Электростанция Sewaren, обраб. **Н. П. Г.** 62

БИБЛИОГРАФИЯ

Новые книги по энергетике 63

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Редактор К. Д. Лавренеко

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

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

НЕУКЛОННО УЛУЧШАТЬ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

В 1949 г. электростанции Министерства электростанций добились значительных успехов в снижении удельных расходов топлива на производство электрической и тепловой энергии.

Средний удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии по Министерству в 1949 г. составил 548 *г/квтч*, т. е. на 1,5% ниже плановой нормы на 1949 г. и на 8% ниже уровня довоенного 1940 г. Удельный расход условного топлива на 1 отпущенную мегакаллорию тепла составил 181,5 *кг/мгкал*, или на 1,5 *кг/мгкал* ниже плановой нормы на 1949 г. и на 5% ниже уровня 1940 г.

Такое снижение удельных расходов топлива обеспечило уже в 1949 г. перевыполнение Министерством задания пятилетнего плана по удельным расходам топлива и дало стране в 1949 г. десятки миллионов рублей экономии.

Особо важным является тот факт, что экономию топлива в 1949 г. дало подавляющее большинство электростанций Министерства.

Эти результаты достигнуты коллективами электростанций и энергосистем, главным образом, за счет внедрения и освоения оборудования высокого давления, повышения к. п. д. котельных, лучшего распределения нагрузок между агрегатами и электростанциями, а также общего повышения культуры эксплоатации.

Немалое значение имели также осуществленные на электростанциях мероприятия: реконструкция топок котлов; замена пылеугольных горелок горелками усовершенствованной конструкции; увеличение хвостовых поверхностей котлов; установка подогревателей питательной воды и др.

Хорошее снабжение топливом также оказало немалое влияние на повышение экономичности электростанций.

Однако, было бы неправильным успокаиваться на достигнутых результатах. Возможности для дальнейшего снижения удельных расходов топлива еще очень велики даже на электростанциях с относительно низким удельным расходом топлива.

Наряду с электростанциями среднего давления, добившимися наиболее низких среднегодовых удельных расходов топлива (Каширская грэс 499 *г/квтч*, Сугрэс 499 *г/квтч*, Карагандинская грэс 515 *г/квтч* и др.), некоторые электростанции все еще работают с повышенными удельными расходами топлива, не соответствующими установленному на них котельному и турбинному оборудованию (Горьковская 556 *г/квтч*, Зуевская 541 *г/квтч*, Дубровская 565 *г/квтч*, Шахтинская грэс 676 *г/квтч* и др.).

Отдельные электростанции высокого давления в 1949 г. достигли снижения удельных расходов топлива. Так, на Сталиногорской грэс удельный расход топлива в IV квартале 1949 г. по блоку высокого давления составил 452 *г/квтч*, по Кураковской грэс 466 *г/квтч* (январь 1950 г.), по Несветайгрэс 493 *г/квтч* (январь 1950 г.). Однако, проектных показателей эти станции в 1949 г. еще далеко не достигли. Подогреватели питательной воды этими электростанциями используются недостаточно. Так, на Сталиногорской грэс в 1949 г. простой подогревателей по блоку высокого давления составил в среднем 33,2% рабочего времени турбин, на Кураховской грэс — около 10%. Потери конденсата на Сталиногорской грэс велики (до 8%, включая продувку).

Неудовлетворительно осваивает оборудование высокого давления Каменская тэц: потери конденсата доходят до 10%, велики потери с горючим в унесе, часто выходят из строя котлы из-за повреждений труб пароперегревателей; в результате удельный расход топлива на этой тэц в 1949 г. составил 575 *г/квтч*. На тэц № 15 Мосэнерго потери конденсата доходят до 10—16%, высока аварийность котлов высокого давления; удельный расход топлива в 1949 г. составил 538 *г/квтч*.

Важнейшей задачей указанных электростанций является полное освоение в 1950 г. оборудования высокого давления и достижение на нем проектных показателей, обеспечивающих снижение расходов топлива не менее чем на 10—14% (в зависимости от исходных параметров пара) по сравнению с аналогичными установками на среднем давлении.

Эксплоатация установок высокого давления имеет некоторые особенности (вопросы плотности арматуры; контроль за состоянием металла, работающего при высоких температурах; требования к качеству воды и пара). Однако, практика наладки и освоения оборудования высокого давления на тэц № 9 Мосэнерго, Кураховской грэс, Сталиногорской грэс показала, что задача освоения этого оборудования может быть успешно решена.

Наладочные организации и научно-исследовательские институты и в первую очередь ВТИ

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

и Оргрэс обязаны помочь отдельным электростанциям в наладке режимов работы и быстрейшем освоении оборудования высокого давления, обучив персонал электростанций ведению экономичной и надежной эксплоатации.

Эксплоатационному персоналу необходимо готовиться должным образом к работе на новом оборудовании: заранее, еще до передачи строительно-монтажной организацией оборудования в ведение электростанции, глубоко изучить технические и конструктивные особенности нового оборудования; подготовить эксплоатационные инструкции; озаботиться о запасных (сменных) деталях и т. д. Должны приниматься меры к незамедлительному устранению всех выявленных в процессе наладочной эксплоатации дефектов нового оборудования.

Как на один из важнейших итогов работы электростанций в 1949 г. необходимо указать на достигнутое улучшение к. п. д. котельных, которые за 1949 г. возросли в среднем на 1,25—1,5%. Наиболее высоких к. п. д. котельных достигли Грозненская тэц — 90%, грэс «Красная звезда» и Сумгаитская тэц—89%, Челябинская тэц 88,8%, грэс № 4 Мосэнерго и Карагандинская грэс — 88,5%, Красноярская тэц—87,5% и др. На Уфимской гэс в результате реконструкции котлов и установки шахтно-мельничных топок повышен к. п. д. котельной с 68 до 82,5%. На Харьковской гэс № 2 в результате проведенной реконструкции котла № 2, с переводом его на жидкое шлакоудаление к. п. д. возрос на 5%, достигнув 83—84%, и производительность котла увеличена на 25 *т/час*. Вместе с тем на отдельных электростанциях (Шахтинской грэс, Воронежской грэс, Киевской гэс № 2, Харьковской тэц № 4) к. п. д. котельных еще низок и составляет лишь 74—78%. Велики на этих электростанциях потери с горючими в уносе и с уходящими газами.

Не исключением еще являются факты, когда однотипные котлы, работающие на одинаковом топливе или на топливах близких марок, имеют различные к. п. д. Это говорит о слабой борьбе эксплоатационных отделов и котельных цехов ряда электростанций за улучшение технико-экономических показателей и о недостаточной работе районных и главных управлений по обмену опытом и популяризации достижений передовых котельных цехов.

Контроль за правильностью режимов работы агрегатов при неудовлетворительном состоянии приборного хозяйства невозможен. Поэтому, наряду с дальнейшим оснащением электростанций приборами теплового контроля, важной и неотложной задачей является обеспечение постоянной и исправной работы всех имеющихся на электростанциях приборов. Ответственность за выполнение этой работы ложится на персонал тепловых лабораторий, которым главные инженеры должны оказывать оперативную помощь.

Для обеспечения в 1950 г. дальнейшего повышения к. п. д. котельных цехов главные инженеры электростанций, начальники котельных цехов и эксплоатационных отделов должны уделить основное внимание наладке и поддержанию оптимальных режимов горения, ликвидации присосов в топках и хвостовых поверхностях, систематической обдувке котельных поверхностей и наладке работы контрольно-измерительных приборов. Все эти работы должны выполняться повседневно в процессе эксплоатации. Осуществление мероприятий по реконструкции хвостовых поверхностей котлов, замене воздухоподогревателей и водяных экономайзеров, модернизации и замене горелок должно находиться под наблюдением не только руководителей электростанций, но и главных инженеров энергосистем.

Несмотря на то, что потери пара и конденсата на ряде электростанций еще велики и далеко не на всех электростанциях используется тепло продувок котлов, этому вопросу уделяется на местах еще недостаточное внимание. Значительная часть потерь пара и конденсата имеет место из-за небольших дефектов оборудования, устранение которых часто возможно во время работы или во время кратковременных простоев и текущих ремонтов.

Наряду с электростанциями, добившимися снижения потерь конденсата до 3% (включая продувку), на отдельных электростанциях потери конденсата значительно выше норм и достигают 8% и более (Севастопольская грэс, Шахтинская грэс, Саратовская тэц, Омская тэц № 2 и др.).

Необходимо эксплоатационным отделам электростанций совместно с руководителями цехов повседневно заниматься работой по уменьшению потерь пара и конденсата, принимая меры к неотложному устранению выявляемых источников потерь.

Изоляция горячих поверхностей находится на ряде электростанций в неудовлетворительном состоянии. Недооценка значения хорошего состояния изоляции недопустима. Руководители электростанций обязаны устранить этот большой недостаток.

Важнейшим мероприятием, обеспечивающим поддержание оптимальных режимов работы котлов и повышение культуры эксплоатации, является автоматизация процессов горения. В 1949 г. автоматикой горения было оборудовано много котлов. Однако, вследствие недостаточного внимания к автоматике со стороны руководителей электростанций и инженерно-технического персонала цехов она использована совершенно недостаточно — на многих электростанциях тепловая автоматика находилась в работе лишь 25—35% времени работы котлов.

Задача служб тепловой автоматики районных управлений, начальников котельных цехов и тепловых лабораторий электростанций — обеспечить в 1950 г. использование тепловой автоматики не менее 90% от времени работы регулируемых котлов.

Имеющиеся большие запасы топлива на складах электростанций улучшают общие условия работы оборудования и в частности обеспечивают необходимые условия для работы котлов на торфе с заполненными бункерами. Все это создает благоприятные условия для поддержания устойчивых и экономичных режимов горения. В то же время наличие больших запасов топлива требует от руководителей электростанций и начальников топливных цехов особого внимания к хранению топлива и соблюдению строгого порядка его об-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

новления. Только при правильной организации и выполнении таких мероприятий можно избежать потерь топлива, связанных с длительным его хранением.

На ряде электростанций из-за удаления отдельных рядов рабочих лопаток мощность турбин ограничена и экономичность значительно ухудшена. Восстановление мощностей турбин во время капитального ремонта в 1950 г. является важнейшей задачей. Главэнергозапчасть обязана своевременно обеспечить электростанции недостающими рабочими и направляющими лопатками для турбин, а руководители электростанций и начальники турбинных цехов должны организовать быстрое и высококачественное проведение ремонта.

Ряд турбин, в том числе и некоторые недавно введенные в эксплоатацию, не имеют подогревателей высокого давления для подогрева питательной воды, при наличии нерегулируемых регенеративных отборов у турбин (Грозненская тэц, Киевская гэс 2). Экономичность этих турбин из-за отсутствия подогревателей высокого давления снижена. Руководители электростанций и турбинных цехов должны обеспечить полное выполнение всего объема работ по установке подогревателей, намеченного планом на 1950 г., приняв оперативные меры к своевременному получению недостающих подогревателей.

Необходимо в этом году своевременно выполнить работы, связанные с улучшением условий циркуляционного водоснабжения. В частности, следует закончить до наступления лета строительство и ввести в эксплоатацию градирни на тэц № 11 Мосэнерго, на Харьковской тэц, Сталиноградской грэс.

Правильное распределение нагрузок между электростанциями системы и между агрегатами станций, с точки зрения наиболее экономичных режимов, должно постоянно учитываться и выполняться диспетчерскими службами энергосистем и дежурными инженерами электростанций.

Диспетчеры энергосистем должны принимать меры к повышению использования наиболее экономичных тепловых электростанций, а в системах, имеющих гидростанции, — также и к правильному использованию водной энергии и регулированию нагрузки гидростанций в пределах суточного графика.

Работа в этом направлении в системах организована неудовлетворительно и должна быть улучшена. Главные инженеры районных управлений и энергокомбинатов обязаны ежедневно проверять правильность задаваемого распределения нагрузок, руководствуясь экономическими характеристиками агрегатов электростанций.

Не менее важное значение для повышения топливоиспользования имеет дальнейшее развитие теплофикации. На многих электростанциях недостаточно используется отборный пар установленных теплофикационных турбин (грэс «Красная звезда», Омская тэц, Челябинская тэц и др.).

Необходимо улучшить использование регулируемых отборов турбин и проверить в 1950 г. возможность перевода на режим ухудшенного вакуума турбин небольшой мощности (Уфимская гэс, Томская гэс № 1 и др.).

Руководители управлений тепловых сетей должны добиться снижения сетевых потерь, которые из-за неудовлетворительного состояния теплопроводов (особенно большой протяженности) достигают больших размеров. Одновременно должны быть приняты меры к внедрению автоматики в теплофикационных устройствах.

Рассматривая вопрос о повышении топливоиспользования на электростанциях, нельзя забывать и о необходимости одновременного проведения работ по снижению расхода электроэнергии на собственные нужды. Главными задачами на 1950 г. в этом направлении являются: реконструкции дымососов и вентиляторов по разработкам Оргрэс—ЦАГИ, выполнение которых обеспечивает получение к. п. д. тяго-дутьевых устройств до 65 — 70%; снижение расхода электроэнергии на размол топлива как за счет режимных мероприятий по мельничному и пылеприготовительному оборудованию, так и за счет внедрения шахтных мельниц; снижение расхода электроэнергии питательными и циркуляционными насосами.

Работы по экономному расходованию выделяемого государством топлива не могут производиться вне связи и в отрыве от работ по повышению надежности эксплоатации и бесперебойному энергоснабжению промышленности. Безаварийная работа остается главнейшей задачей электростанций, решение которой обеспечит наилучшие условия для снижения удельного расхода топлива.

Успешность работы наших электростанций, в конечном итоге, решают люди. В связи с этим систематическая работа с персоналом электростанций по его воспитанию, повышению квалификации и укреплению производственной дисциплины остается важнейшей задачей руководителей электростанций, цехов и начальников смен.

Можно быть уверенным, что советские энергетики в 1950 г. — последнем году послевоенной сталинской пятилетки — на основе развернутого социалистического соревнования добьются перевыполнения установленного Правительством задания на 1950 г. по дальнейшему снижению удельных расходов против уровня 1949 г.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Трассирование тепловых сетей

Профессор, доктор техн. наук Б. Л. Шифринсон и канд. техн. наук Т. К. Леонтьева

При сооружении тепловых сетей не всегда уделяют должное внимание выбору рациональной их трассы. Обычно к решению этой задачи подходят с точки зрения создания сети наименьшей протяженности, что, как доказано исследованиями, не является исчерпывающим мерилом экономичности сети.

Иногда прибегают к сравнению различных вариантов трассировки трубопроводов при помощи технико-экономических расчетов. Этот путь решения также не всегда помогает правильно выбрать конфигурацию сети, так как среди сравниваемых вариантов может и не оказаться наивыгоднейшего.

В основу разрешения вопроса о наивыгоднейшем трассировании тепловых магистралей (как и всяких транспортных) принято решение поставленной уже давно задачи о наивыгоднейшем месте своза грузов из трех различных периферийных пунктов. В результате было выведено условие рациональной трассировки разветвленной сети, которое заключается в том, что между удельными стоимостями отдельных участков сети, выходящих из одного узла разветвления, и синусами углов, соответственно им противолежащих, должно существовать следующее соотношение:

$$w_1 : w_2 : w_3 = \sin\alpha : \sin\beta : \sin\gamma.$$

Если сравнить удельные стоимости w_1, w_2 и w_3 с силами, действующими в одной плоскости по направлениям, пересекающимся в одной точке, то это соотношение сил и синусов углов является условием равновесия такой системы сил. Следовательно, наивыгоднейшую конфигурацию сети можно сравнить со статической системой, находящейся в равновесии под действием сил, численно равных удельным стоимостям соответствующих участков трубопровода. Методика эта целиком может быть перенесена на решение трассировки любых трубопроводных сетей, в том числе и тепловых.

При дальнейшем исследовании удельная стоимость теплопровода принята из уравнения

$$w = a + b \cdot d^{\beta} \ (руб/м),$$

где a, b и β — постоянные величины, зависящие от принятых при сооружении сети конструкций и материалов, характера и условий прокладки тепловой сети и прочих факторов;

d — диаметр трубопровода, *м*.

Диаметр участка сети может быть выражен через расход G и удельную потерю напора на трение i следующим образом:

$$d = \varkappa_в \frac{G^{0,38}}{i^{0,19}},$$

где $\varkappa_в$ — коэффициент, зависящий от степени шероховатости внутренней поверхности трубы.

После подстановки значений d в уравнение удельной стоимости участка сети, если не принимать в расчет имеющий меньшее значение коэффициента a, условие равновесия сил в статической системе при проведении трубопроводов в узле можно написать в следующем виде:

$$\frac{b\varkappa_в^{\beta} G_1^{0,38\beta}}{i_1^{0,19\beta}} : \frac{b\varkappa_в^{\beta} G_2^{0,38\beta}}{i_2^{0,19\beta}} : \frac{b\varkappa_в^{\beta} G_3^{0,38\beta}}{i_3^{0,19\beta}} = \sin\alpha : \sin\beta : \sin\gamma.$$

Величины b, $\varkappa_в$, β в условиях прокладки одной сети одинаковы для всех участков.

Примем, что удельные потери напора на трение по всем участкам сети равны (для целей определения наивыгоднейшей трассы трубопроводов такое допущение вполне возможно).

Тогда с достаточной для целей трассировки точностью можно сказать, что в качестве действующих сил при проведении аналогии между наивыгоднейшей конфигурацией сети и статической системой в состоянии равновесия следует принимать величины расходов теплоносителя по участкам сети в степени $0,38\beta$. Это условие выражается равенством:

$$G_1^{0,38\beta} : G_2^{0,38\beta} : G_3^{0,38\beta} = \sin\alpha : \sin\beta : \sin\gamma. \qquad (1)$$

Из этого соотношения следует, что углы α, β, γ могут быть определены по тригонометрическим формулам для внешних углов треугольника со сторонами

$$G_1^{0,38\beta},\ G_2^{0,38\beta},\ G_3^{0,38\beta}.$$

Вместе с тем, определение мест наивыгоднейшего ответвления для всех потребителей представляет значительную трудность.

В различное время и различными авторами были предложены методы, основанные на том же принципе аналогии наивыгоднейшей конфигурации сети и статической системы в состоянии равновесия.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Все эти методы имеют существенный недостаток: их нельзя применять при достаточно большом числе потребителей и узлов разветвления.

Новый способ, основанный также на проведении упомянутой выше аналогии, разработан в применении к тепловым водяным сетям. Он дает возможность решать задачу для любого количества пунктов потребления тепла и узлов разветвления.

Рассмотрим двух потребителей в точках a и b, которые должны снабжаться теплоносителем от общего узла разветвления трубопроводов. Из соотношения (1) можно найти углы α, β, γ, при которых точка разветвления будет отвечать наивыгоднейшим условиям. Очевидно, любая точка на окружности радиусом $R = \frac{ab}{2\sin\alpha}$, проходящей через точки a и b, будет удовлетворять соотношению углов по уравнению (1) (рис. 1) и, следовательно, наивыгоднейшее место разветвления M должно лежать на этой окружности. При этом продолжение всех возможных направлений линии, по которой протекает суммарное количество теплоносителя, будет пересекаться в точке S, также лежащей на этой окружности.

В точке S сходятся соответственные стороны всех веревочных многоугольников, построенных для плоской системы сил. Такая точка, называемая в графической статике центром гомологии, может быть найдена путем построения углов β и γ около сторон aM и bM или проведением дуг с центрами в точках a и b радиусами, соответственно равными:

$$r_1 = aS = R \cdot 2\sin(180 - \beta),$$
$$r_2 = bS = R \cdot 2\sin(180 - \gamma).$$

Такое выражение r_1 и r_2 следует из того, что треугольники aMS, MbS и aMb являются вписанными в одну и ту же окружность радиусом R. Пересечение дуг с радиусами r_1 и r_2 лежит в точке S.

Перейдем теперь к размещению двух соседних узлов разветвления (рис. 2). Участок сети M_1M_2 является для них общим, что дает возможность определить радиус окружности, на которой должна лежать наивыгоднейшая точка разветвления второго узла. Эта окружность

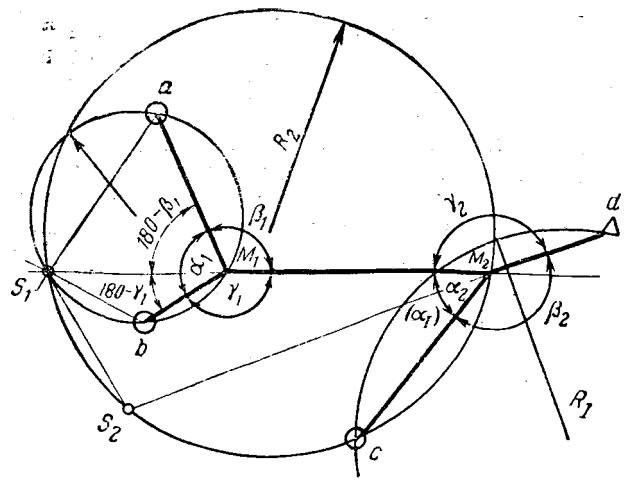


Рис. 2.

должна проходить через точки: c (потребитель, снабжаемый теплоносителем от второго узла), S_1 (точка пересечения направления M_1M_2 с окружностью первого узла) и M_2 (точка ответвления от магистрали к потребителю c).

Угол между сторонами узла S_1M_1 и M_2c известен — α_2. Поэтому радиус окружности, на которой должно лежать второе разветвление, будет равен:

$$R_2 = \frac{S_1c}{2\sin\alpha_2}.$$

Продолжение линии, по которой течет суммарное количество теплоносителя для второго узла и которая является также одной из линий следующего разветвления, пересекается с окружностью второго узла в точке S_2.

Чтобы определить места точек разветвления на окружностях, следует проделать такие же построения с другого конца сети. При этом первая окружность будет проходить через две заданные точки: источник снабжения теплом d и потребитель c. Радиус окружности, на которой должно лежать первое от начала сети разветвление, определится следующим образом:

$$R_1 = \frac{cd}{2 \cdot \sin\beta_1}.$$

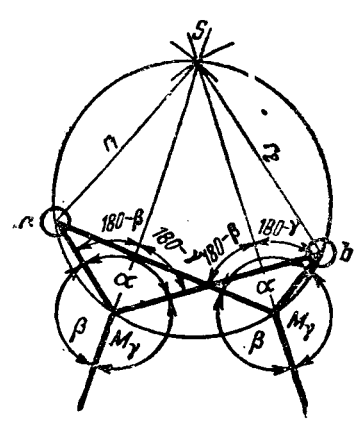


Рис. 1.

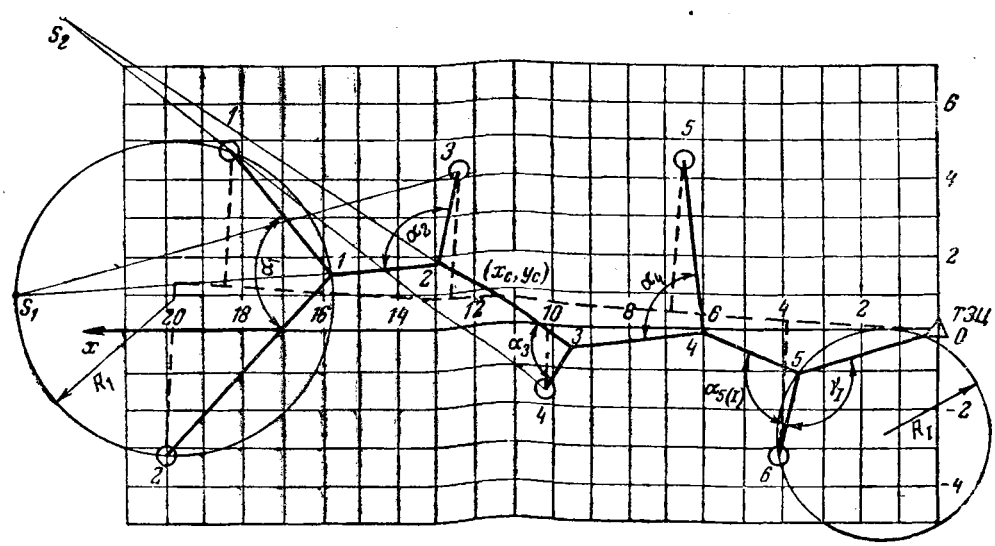


Рис. 3.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Пересечение двух окружностей (R_1 и R_2), дает точку наивыгоднейшего ответвления к потребителю. Переходя от узла к узлу, можно таким путем определить все точки разветвлений при наивыгоднейшем проведении трассы

На рис. 3 приведен пример наивыгоднейшего проведения тепловой водяной сети указанным выше способом. Данные для расчета и построения сведены в таблицу (буквой A обозначено расстояние между пунктом потребления и соответствующим центром гомологии S; для первого угла — расстояние между двумя пунктами потребления).

	Номера узлов				
	1	2	3	4	5
G_1, *т/час*	5	4	10	5	8
G_2, *т/час*	6	11	15	15	30
$(G_1+G_2)^{0,38\beta}$	2,49	2,79	3,39	3,64	3,98
α_i	98	102	94	96	98
$(180-\beta_i\ 1_1)$	46	63	45	64	37
$(180-\gamma_1)$	52	39	49	32	61
$\sin\alpha_1$	0,9903	0,9781	0,9976	0,9945	0,9903
$\sin(180-\beta_i)$	0,7193	0,8910	0,7071	0,8938	0,6018
$\sin(180-\gamma_1)$	0,7880	0,6293	0,7447	0,5299	0,8746
A, *м*	820	1 180	1 590	1 690	1 960
R, *м*	413	602	800	850	990
r_1, *м*	595	1 070	1 130	1 525	1 109
r_2, *м*	652	760	1 210	900	1 730

Радиус окружности, проведенной через точку размещения потребителя *6* и источник тепла, будет равен:

$$R_1=\frac{A_1}{2\sin\gamma_1}=\frac{500}{2\cdot\sin 190^\circ}=286\ м.$$

Пересечение этой окружности с окружностью R_5 дает место первого разветвления. Таким образом, направление первого участка главной магистрали и первого ответвления известны. Дальнейшее проведение сети сделано путем построения углов α_i в узлах разветвления и дополнительных объяснений не требует.

Однако, условия прокладки сети на местности не всегда позволят следовать найденному указанным выше способом экономически наивыгоднейшему решению. Как будет показано ниже, в действительных условиях достаточно найти общее направление сети, к которому следует приближать прокладку главной магистрали на местности.

Так, если поместить всю систему потребителей (см. рис. 3) в координатную сетку с источником теплоснабжения в начале координат, то таким общим направлением явится прямая, проведенная из начала координат через точку с координатами

$$X_c=\frac{\sum_{i=1}^{i=n}\cdot G_i^{0,38\beta}\cdot x_i}{\sum_{i=1}^{i=n}\cdot G_i^{0,38\beta}},\qquad Y_c=\frac{\sum_{i=1}^{i=n}\cdot G_i^{0,38\beta}\cdot y_i}{\sum_{i=1}^{i=n}\cdot G_i^{0,38\beta}};$$

здесь G_i — расход теплоносителя в отдельных пунктах потребления;

x_i и y_i — координаты этих пунктов.

Если от главной магистрали, проведенной таким образом, сделать под прямым углом ответвления к потребителям, то получится приближенное решение вопроса трассирования сети. Чем равномернее расположены потребители вдоль главной магистрали, тем меньше разница в стоимости между сетями, построенными по точному и приближенному способам.

На рис. 3 построены трассы сети по точному и приближенному способам. Стоимость сети, построенной по теоретически точному способу, составляет $M_1=519$ тыс. руб., а по приближенному — $M_2=540$ тыс. руб. Экономия при построении по точному способу составляет 21 тыс. руб. (4%).

Таким образом, с достаточной степенью точности при решении задачи наивыгоднейшей трассировки единичной магистрали можно пользоваться приближенным способом.

Определение наивыгоднейшей конфигурации или направления главной магистрали тепловой сети не решает задачи наивыгоднейшей трассировки всей сети. Для этого необходимо исследовать различные варианты присоединения потребителей или групп потребителей к главной магистрали, а также определить, какое число магистралей является наивыгоднейшим для данной системы теплоснабжения.

При расположении станции внутри группы потребителей последняя задача становится основной.

При большой густоте пунктов потребления нецелесообразно проводить ответвления от главной магистрали к каждому отдельному потребителю. Гораздо экономичнее объединять потребителей в группы, снабжаемые теплоносителем через общее ответвление. Однако, при этом можно перейти в другую крайность, объединив потребителей в слишком большие группы. При этом возможно удорожание системы за счет большой стоимости ответвлений и удлинения (а следовательно, и удорожания) транзитных участков главной магистрали.

Таким образом, задача выбора экономически наивыгоднейшего числа ответвлений и их проведения сводится к определению групп потребителей, которые следует снабжать теплоносителем через общие ответвления.

В случае теоретически наивыгоднейшего проведения сети, когда главная магистраль представляет собой ломаную линию, малейшее изменение в порядке присоединения потребителей или групп потребителей к главной магистрали влечет за собой изменение длин и направлений всех участков главной магистрали и ответвлений. Исследование экономичности такой сети при различных проведениях ответвлений представляется крайне затруднительным.

Но задачу наивыгоднейшего проведения ответвлений успешно можно решить для случая, когда главная магистраль (или часть главной магистрали, от которой необходимо провести ответвления) представляет собой прямую линию.

Для решения этой задачи прибегнем также к аналогии между наивыгоднейшей конфигурацией сети трубопроводов и статической системой, находящейся в равновесии. С достаточной для целей

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

трассировки точностью мы можем считать, что и при прямолинейном проведении главной магистрали с ответвлениями под прямым углом к ней действующими силами являются количества теплоносителя в степени 0,38 β ($G_i^{0,38\beta}$), протекающего по отдельным участкам тепловой сети.

Рассмотрим сеть, главная магистраль которой представляет собой прямую линию, а ответвления к потребителям сделаны под прямым углом к ней.

Исследование показывает, что в этом случае с достаточной степенью точности можно сравнить главную магистраль с балкой (положение которой определено опорами), находящейся под действием сосредоточенных нагрузок, приложенных в местах, соответствующих ответвлениям в сети. Взаимное действие этих сил вызовет реакцию в опорах балки.

Так как силы направлены параллельно друг другу и лежат в одной плоскости, то алгебраическая сумма реакций будет равна алгебраической сумме всех сил, действующих на балку (рис. 4):

$$\overline{R}_A + \overline{R}_B = \sum_{i=1}^{i=m} \overline{G}_i^{0,38\beta},$$

где m — число ответвлений от главной магистрали;

G_i — суммарный расход по ответвлению.

Состоянию равновесия системы будет соответствовать такое соотношение сил, при котором сумма реакции $\overline{R}_A + \overline{R}_B$ в опорах балки, с которой сравнивается главная магистраль, будет равна нулю, т. е. такое соотношение сил, при котором сумма сил $G_i^{0,38\beta}$ с одной стороны магистрали была бы равна сумме сил с другой ее стороны.

Совершенно очевидно, что к системе с произвольно расположенными пунктами потребления и различными расходами тепла в этих пунктах не может быть предъявлено требование равенства нулю алгебраической суммы всех сил, приложенных в узлах разветвления, так как при этом выбор вариантов ответвлений является ограниченным. Поэтому наивыгоднейшим следует признать тот вариант, при котором величина алгебраической суммы всех сил, приложенных в узлах разветвления на главной магистрали, будет наименьшей.

Задача выбора наивыгоднейшего числа магистралей заключается в том, чтобы определить, на какие группы должны быть разбиты потребители для снабжения их по самостоятельным магистралям и каково должно быть число этих групп.

При выборе наивыгоднейшего числа магистралей нужно поставить условием, чтобы все отдельные магистрали были трассированы наивыгоднейшим образом или по крайней мере с одинаковой степенью экономичности (например, в виде сетей с прямолинейными направлениями магистралей).

Если все потребители района теплоснабжения разбиты на несколько подгрупп, которые снабжаются теплоносителем от центральной станции

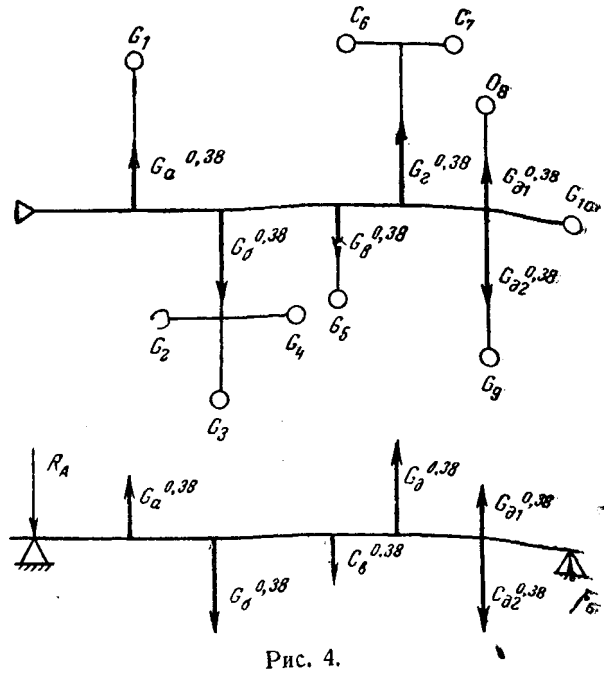


Рис. 4.

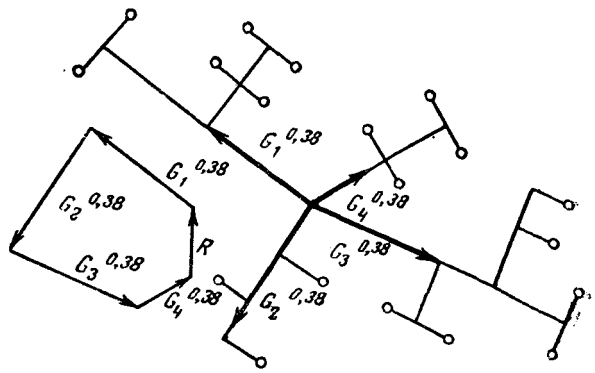


Рис. 5.

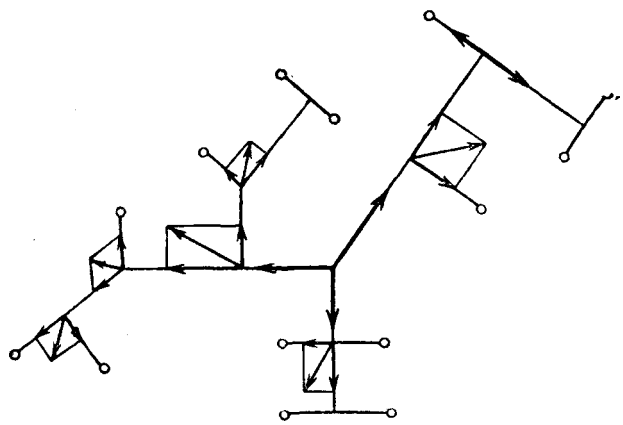


Рис. 6.

через отдельные прямолинейные магистрали, то вся система трубопроводов представляется в виде узла с центральной станцией в точке схода магистральных трубопроводов (рис. 5).

Наивыгоднейшей конфигурации всего узла магистралей будет соответствовать равновесие аналогичной статической системы плоских сил, линии действия которых сходятся в одной точке.

Если выбор наивыгоднейшего варианта числа магистралей не был бы ограничен местоположением потребителей и величиной теплопотребле-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

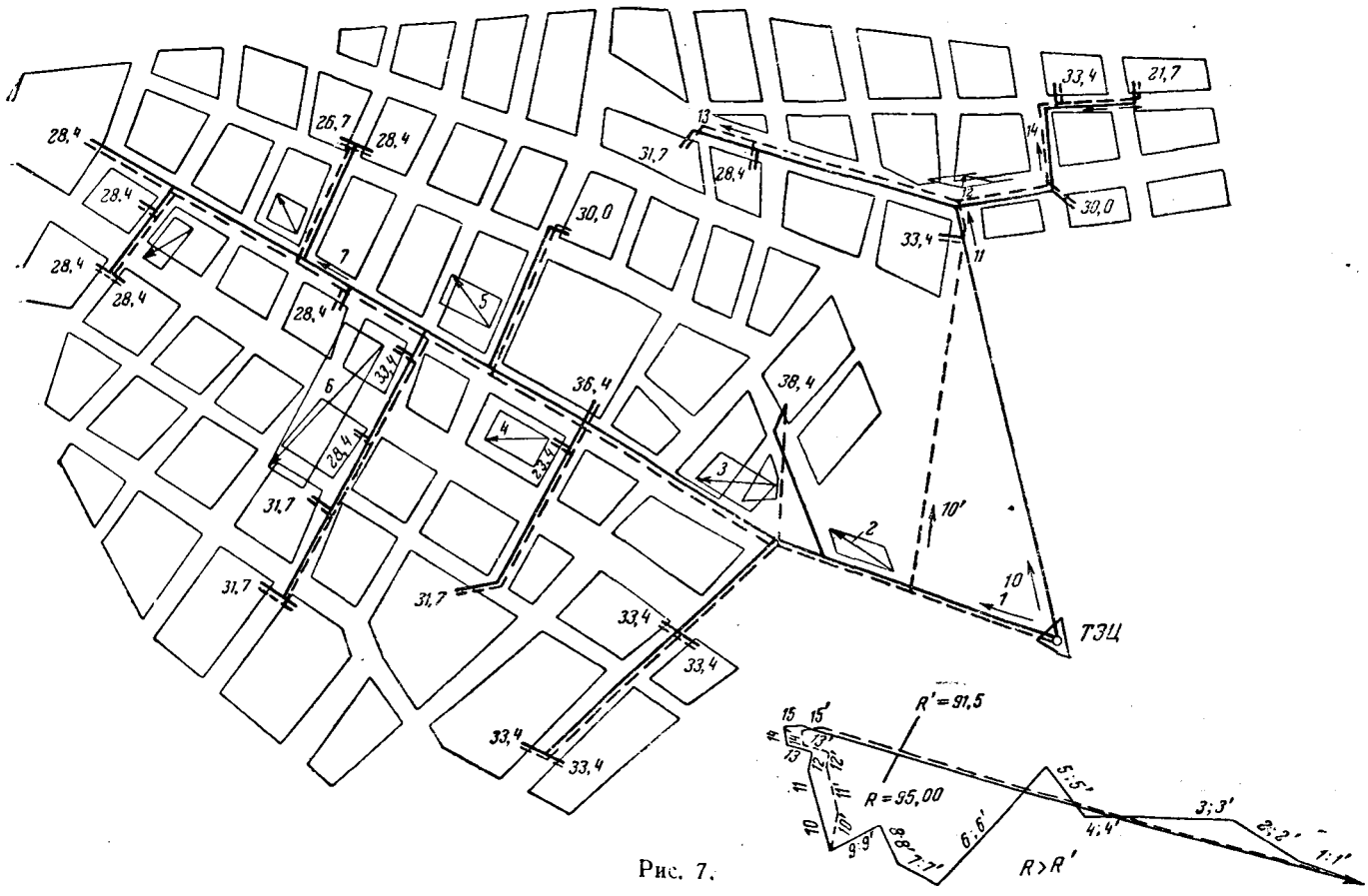


Рис. 7.

ния в них, то условием наивыгоднейшего числа магистралей явится равенство нулю равнодействующей всех сил. Для реальных районов теплопотребления наивыгоднейшим будет тот вариант, при котором величина равнодействующей всех сил, линии действия которых пересекаются в центральном узле, будет наименьшей.

На практике может встретиться такой случай, когда не только невозможно построение ответвлений по наивыгоднейшему варианту, но невозможно также и проведение главной магистрали наивыгоднейшим образом. В этом случае отыскание равнодействующих сил, действующих в центральном узле, для различных вариантов числа магистралей и их сравнение, может привести к неправильным выводам об экономичности различных вариантов. Поэтому при таком проведении магистралей для отыскания наивыгоднейшего их числа нужно рассмотреть действие всех сил, приложенных к отдельным узлам сети (рис. 6).

Очевидно, что для наивыгоднейшей конфигурации тепловых сетей необходимо, чтобы равнодействующая этих сил была равна нулю. Так как к реальным сетям нельзя предъявлять такого требования, будем считать, что тот вариант числа магистралей и их проведения будет наивыгоднейшим, при котором равнодействующая всех сил будет наименьшей.

На рис. 7 показан теплофицируемый район, для которого проведение главных магистралей и ответвлений по наивыгоднейшему способу невозможно из-за неблагоприятного расположения кварталов. Определение наивыгоднейшего числа магистралей (одна или две) сделано приведенным выше методом (подводки от магистрали к кварталам во внимание не принимались). Равнодействующая всех сил, действующих в узлах ответвлений, оказалась для варианта с одной магистралью (пунктир) наименьшей

$$\left(R_1 = \sum_{i=1}^{i=m} G_i^{0,38\beta} = 91,5\right).$$

Это подтверждается определением величины капитальных затрат для обоих вариантов.

Для варианта с одной главной магистралью капитальные затраты составляют $M = 1\,739\,200$ руб. Для варианта с двумя главными магистралями капитальные затраты больше, чем для первого варианта $M = 1\,864\,500$ руб.

Число возможных вариантов при выборе числа магистралей довольно ограничено. При расположении центральной станции в середине группы потребителей (случай, когда число магистралей может быть наибольшим) наивыгоднейшее число магистралей не превышает трех-четырех и не может быть меньше двух.

Следовательно, предельное число сравниваемых вариантов не должно быть больше двух.

При расположении центральной тепловой станции на окраине теплофицируемого района, даже при очень большой его ширине, наивыгоднейшее число магистралей не превышает трех.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Об уменьшении штата водосмотров

Инж. Б. М. Выморков

ОТ РЕДАКЦИИ

В помещаемой ниже статье «Об уменьшении штата водосмотров» предлагается применение односторонней схемы питания котлов, что может обеспечить значительное сокращение численности водосмотров на котлах при автоматизированном питании.

Помещая эту статью в порядке обсуждения, редакция просит читателей высказаться по затронутому тов. Выморковым вопросу и поделиться на страницах журнала своим опытом по снижению численности водосмотров, без отказа при этом от двухсторонних схем питания котла, предусмотренных существующими «Правилами устройства, установки, содержания и освидетельствования паровых котлов, перегревателей и водяных экономайзеров».

Автоматическое питание котлов водой наряду с увеличением надежности процесса питания котла дает возможность значительно сократить штат водосмотров. Однако, многие электростанции еще не реализовали эти возможность. Причина этого — не плохая работа автоматики питания, а, главным образом, наличие устаревшей схемы питательных трубопроводов и такое расположение регулирующих и запорных органов, при котором невозможен без помощи водосмотра быстрый переход с автоматического управления на ручное или перевод питания с одной питательной нитки на другую.

Автоматическое управление питанием котла не исполняет всех функций, возложенных на водосмотра. В периоды нормального режима питания автоматика вполне заменяет водосмотра, но при нарушении режима питания, вызывающем необходимость переключений при неполадках в самой системе автоматики или в случае разрыва кипятильной или экранной трубы в котле, водосмотр на котле оказывается необходим. Этим, в сущности, и объясняется наличие водосмотра наряду с автоматикой.

Кроме этого обстоятельства существует еще один фактор, снижающий надежность работы самой автоматики.

На рис. 1 представлена нормальная схема питания котла от двух магистральных трубопроводов двумя питательными нитками. Согласно существующим правилам котлонадзора каждая нитка, а следовательно и регулирующий клапан, должна обеспечить пропуск питательной воды в количестве, равном двойной максимально-длительной производительности котла. Согласно действующим правилам обе эти нитки должны работать одновременно. Совершенно очевидно, что пропускная способность клапана, удовлетворяющая этим требованиям, совершенно не удовлетворяет требованиям надежности работы самой автоматики, так как весь рабочий ход (диапазон регулирования) подобного регулирующего органа составит от 0 до 25% (примерно 4 ÷ 5 *мм*). Настройка автоматики с таким клапаном очень трудна, и при появлении «слабины» в кинематических связях между редуктором и клапаном неизбежно расстройство автоматики.

Некоторые электростанции по собственной инициативе в процессе наладки автоматики изменили профилирование регулирующих клапанов,

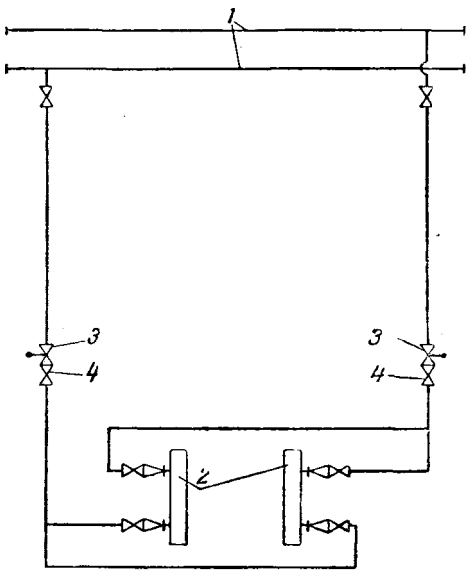


Рис. 1. Нормальная двусторонняя схема питания котла с размещением автоматики у водосмотра.

1—магистрали питательной воды; 2—коллекторы водяного экономайзера; 3—автоматический регулировочный клапан; 4—ручной регулировочный вентиль.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

уменьшив их пропускную способность до 1,3 ÷ 1,5 максимально-длительной производительности котла. Некоторые электростанции работают лишь одной ниткой при отключенной запорной задвижке на второй нитке.

В последнем случае водосмотр необходим для возможности быстрого перевода питания с одной нитки на другую. Отсюда следует, что принцип резервирования питания, положенный в основу схемы с двусторонним питанием, не может быть соблюден без наличия водосмотра.

Коллектив Барнаульской тэц еще во время монтажа автоматики питания решил сохранить на все котлы одного дежурного по питанию. Эта цель была достигнута двумя мероприятиями:

1) передачей всех функций, возложенных на водосмотра при аварийных режимах, кочегару котла;

2) применением сигнализатора предельных уровней воды в барабане.

На рис. 2 представлена схема питания котла, у которой регулирующие органы (автоматические и ручные) выведены на фронт котла на отметку кочегара. При этой схеме имеется возможность кочегару котла вести самому наблюдение за работой автоматики и в случае необходимости быстро вмешаться в эту работу, произвести перевод с автоматического управления на ручное, некоторое время поддерживать ручным регулированием (до прихода дежурного по питанию котлов) питание котла в нормальном режиме. Наконец, такое расположение дает возможность при наличии двух автоматов питания произвести самому кочегару полный перевод питания с одной нитки на другую без помощи второго лица.

Эта схема путем полного открытия ручного регулировочного вентиля у кочегара и отключения автоматического клапана превращается в нормальную схему, изображенную на рис. 1.

Переделка питательных трубопроводов по схеме, изображенной на рис. 2, довольно сложна и требует большого количества труб (150 ÷ 200 *м* на котел 120/150 *т/час*). Вместе с тем необходимость при такой схеме второй питательной нитки сомнительна.

Наоборот, будучи постоянно отключенной, вторая нитка может быть подвержена коррозии, что, в конечном счете, скорее приведет к снижению надежности, чем к повышению ее за счет создания резерва. Чередование работы питательных ниток едва ли улучшит положение, так как в этом случае могут подвергаться коррозии обе нитки.

На рис. 3 изображена более рациональная схема питания котла. Она проста в обслуживании и при ней не имеется отключенных участков, подвергающихся коррозии. Эта схема в течение трех лет проверяется на Барнаульской тэц на котле 90/110 *т/час*. За этот срок практически доказана возможность работы котла без водосмотра и надежность схемы. При всех имевших место неполадках с питанием котла и в самой системе автоматики кочегар котла всегда своевременно предпринимал необходимые меры и до подхода второго лица держал уровень воды в барабане ручным регулированием. За три года не было ни одного случая снижения нагрузки или отключения котла из-за питательного трубопровода.

Поскольку эта «опытная» схема не согласуется с правилами Котлонадзора, требующими обязательного двустороннего питания, то при монта-

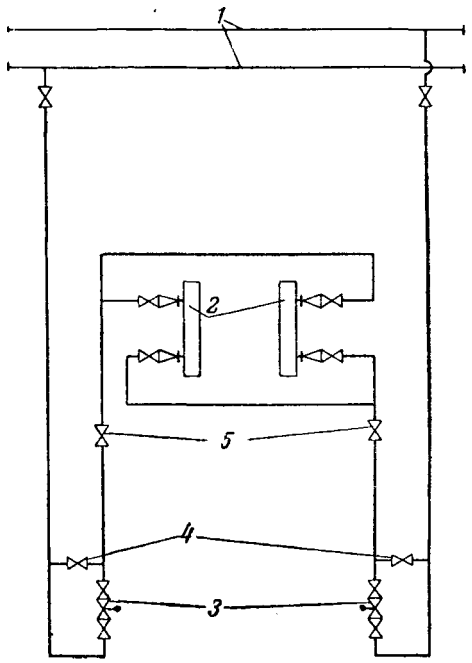


Рис. 2. Двусторонняя схема питания котла с размещением автоматики на рабочем месте кочегара.

1—магистрали питательной воды; *2*—коллекторы водяного экономайзера; *3*—автоматический регулирующий клапан; *4*—ручной регулировочный вентиль кочегара; *5*—ручной регулировочный вентиль водосмотра.

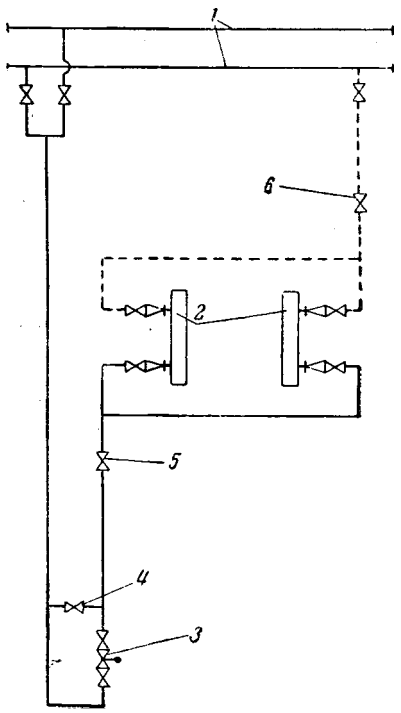


Рис. 3. Односторонняя схема питания котла с размещением автоматики на рабочем месте кочегара.

1—магистрали питательной воды; *2*—коллекторы водяного экономайзера; *3*—автоматический регулирующий клапан; *4*—ручной регулирующий вентиль кочегара; *5*—ручной регулировочный вентиль водосмотра; *6*—ручной регулировочный вентиль.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

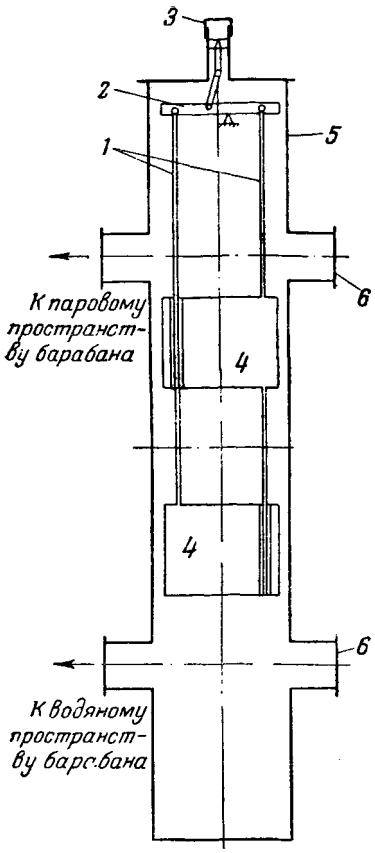


Рис. 4. Схема сигнализатора предельных уравнений.

1—тяги; *2*—коромысло; *3*—свисток; *4*—грузы; *5*—корпус; *6*—штуцеры для водоуказательной колонки.

же автоматики и при переделке питательных трубопроводов на следующих котлах этой же тэц было оставлено второе питание котла водой, изображенное на рис. 3 пунктиром. Эта часть трубопроводов, существовавшая ранее, до переделки, расположена выше отметки кочегара и никем кроме водосмотра обслуживаема быть не может.

Большое значение имеет установка надежно действующего сигнализатора предельных уровней воды в барабане котла. Существует вполне обоснованное мнение, что единственным надежным прибором, по которому можно судить о положении уровня воды в барабане котла, является водоуказательное стекло, тогда как все сниженные указатели уровня всех типов могут являться лишь дублирующими приборами. На указанной тэц режим питания котла контролируется по ртутному уровнемеру с дифманометром. В дополнение к нему, а также для его контроля, установлен сигнализатор, подающий резкий свисток при предельных уровнях воды в барабане. Сигнализатор подключается непосредственно к барабану котла и его действие не связано ни с какими вторичными факторами.

Принцип действия сигнализатора заключается в следующем (рис. 4): при нормальном положении уровня воды в барабане котла один из грузов находится в воде, другой в паровом пространстве. Разность весов, равная весу вытесненной нижним грузом воды, передается через тяги *1* коромыслу *2* и плотно запирает выход пара к свистку *3*. При повышении или понижении уровня воды в барабане оба груза окажутся в одинаковой среде и за счет разности плеч в коромысле *2* выход пара к свистку будет открыт.

Сигнализатор подключается к верхнему барабану котла двумя трубами диаметром 76/63 *мм*. Водомерное стекло подключается к сигнализатору. Вследствие большого диаметра этих труб, малой их длины и отсутствия запорных органов между сигнализатором и барабаном сигнализатор совершенно не искажает уровня и возможность подключения к нему водомерной колонки не вызывает сомнений. Такое последовательное присоединение этих приборов избавляет от необходимости сверлить дополнительные отверстия в барабане.

При выполнении указанных двух мероприятий имеется полная возможность сократить количество водосмотров до одного в смену. На обязанности его будет лежать наблюдение за исправной работой всех автоматических устройств по питанию котлов и периодическая проверка показаний водоуказательных стекол с показаниями уровнемеров у кочегаров котлов.

Разумеется, таким дежурным может назначаться только хорошо подготовленный и опытный рабочий.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Определение комбинаторной зависимости у гидротурбин Каплана

Инж. Л. А. Владиславлев

Комбинаторная зависимость, устанавливающая связь между открытием направляющего аппарата и углом поворота лопастей рабочего колеса у турбин Каплана, является важнейшей характеристикой, определяющей работу всего агрегата. От формы комбинаторной кривой зависит экономичность работы и сохранность турбины, так как неправильная зависимость приводит к снижению к. п. д. турбины и повышенным вибрациям в рабочем диапазоне мощностей.

В настоящей статье дается описание работы по исследованию комбинаторных зависимостей агрегатов одной гидростанции, предпринятой в связи с значительными величинами вибрации агрегатов. Проверка и установление комбинаторных зависимостей производились методом наименьших вибраций агрегата. Использование результатов исследования обеспечило спокойную работу агрегатов без снижения их мощности.

Метод проверки комбинаторной зависимости

Сущность примененного метода наименьшей вибрации заключается в предположении о том, что при соответствии угла выхода потока из направляющего аппарата углу установки лопастей рабочего колеса получается безударный вход потока на лопасть рабочего колеса, и вибрация агрегата имеет минимальную величину. В случае входа потока на лопасть с ударом получается увеличение вибрации, тем большее, чем больше несоответствие между углом входящего потока (определяемым открытием направляющего аппарата) и углом установки лопасти рабочего колеса. Ударный вход воды на лопасть рабочего колеса вызывает потерю энергии потока, а следовательно, и понижение к. п. д. турбины.

Комбинаторная зависимость, полученная по минимальной вибрации агрегата, обеспечивает значение к. п. д. рабочего колеса турбины, близкое к максимальному, а также спокойную работу агрегата. Вибрация агрегата, вызванная плохой балансировкой ротора, плохой центровкой и пр. (но не гидравликой потока), в большинстве случаев зависит только от числа оборотов. Поэтому при испытании данные причины на результаты влияний иметь не могут.

Местом измерения вибрации агрегата была выбрана нижняя крестовина генератора, которая воспринимает всю нагрузку от веса вращающихся частей агрегата и давления воды на рабочее колесо и, следовательно, наиболее реагирует на изменение вибрации агрегата.

Величина вибрации измерялась оптическим вибрографом ЦНИЭЛ с четырехсоткратным увеличением и записью кривой вибрации на фотобумагу. Прибор с таким увеличением позволял по записанной на фотобумаге виброграмме определять амплитуду вибрации с точностью до 1 ÷ 2 μ. Мощность генератора находилась по ваттметрам пульта и щита управления машинного зала. Открытие направляющего аппарата определялось по шкалам серводвигателя и колонки управления, с последующей проверкой шкал по фактическому расстоянию между направляющими лопатками.

Угол установки лопастей рабочего колеса определялся по шкале комбинатора с последующей проверкой углов лопастей по делениям на фланце лопасти.

При испытаниях углы установки лопастей брались +10°, +5°, 0°, —5°, —10° и —14°. Для каждого угла лопастей устанавливалось шесть—восемь открытий направляющего аппарата, через 15—20 *мм* в предполагаемой зоне наибольшего к. п. д. агрегата.

Результаты испытания

На рисунке показаны кривые изменения амплитуды вертикальной вибрации нижней крестовины генератора и мощности при изменении открытия направляющего аппарата (действительный просвет между лопатками) для разных углов установки лопастей рабочего колеса для одного агрегата. На кривых отчетливо видны точки наименьшей вибрации крестовины для каждого угла установки лопастей. Соединяя эти минимальные значения вибрации плавной кривой, получаем в точках касания кривых вибрации значения открытий направляющего аппарата для каждого угла установки лопастей, отвечающие наименьшей вибрации агрегата.

Полученные комбинаторные зависимости для трех агрегатов представлены в таблице.

По полученным комбинаторным зависимостям были изготовлены для агрегатов № 2 и 4 шабло-

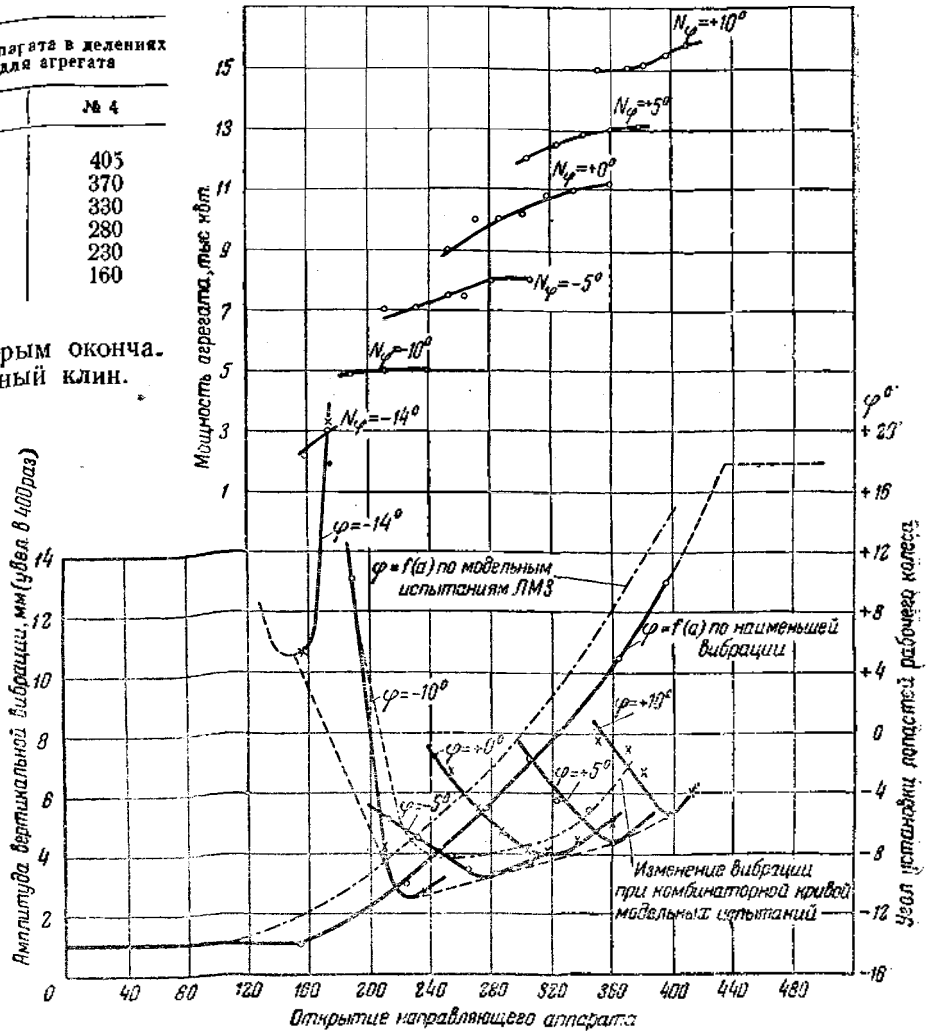
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Угол установки лопастей	Открытие направляющего аппарата в делениях шкалы сервомотора для агрегата		
	№ 2	№ 3	№ 4
+10°	405	405	405
+5°	375	375	370
0°	340	330	330
—5°	285	285	280
—10°	220	220	230
—14°	150	150	160

ны., из 2-*мм* стали, по которым окончательно выполнялся комбинаторный клин.

Замена старых комбинаторных зависимостей агрегатов № 2, 3 и 4 комбинаторными зависимостями, полученными методом наименьших вибраций, уменьшили в два и более раза вибрации агрегатов, в результате чего их работа стала спокойной. Мощности машин не изменились.

Сравнение комбинаторных кривых, полученных методом наименьшей вибрации, с существовавшими ранее кривыми показывает, что новые кривые идут правее прежних и почти параллельно кривым, данным заводами-изготовителями по результатам модельных испытаний.



Результаты исследования комбинаторной зависимости агрегата № 4 при напоре 15,9 *м*.

После получения комбинаторных зависимостей описанным способом были получены материалы модельных испытаний турбин, произведенных гидроиспытательной станцией ЛМЗ им. Сталина.

Отчет по испытаниям модели колеса дает пропеллерные характеристики колеса К-454 при шести углах установки лопастей рабочего колеса: +15°, +10°, +5°, 0°, —5°, —10°, а также универсальные характеристики колеса турбины Каплана.

На основании проведенных модельных испытаний ЛМЗ дает комбинаторную зависимость для турбин гидростанции в пересчете на натуру для напоров 15,9, 14, 12 и 10,5 *м*.

Сопоставление кривой комбинаторной зависимости для напора 15,9 *м* с полученной зависимостью по наименьшей вибрации представлено на рисунке.

Вся работа по определению комбинаторной зависимости с установкой новых клиньев на всех трех агрегатах гидростанции была проведена за 10 дней. Модельные испытания проводились около 8 мес.

Предлагаемый способ получения комбинаторной зависимости методом наименьшей вибрации выгоден с экономической стороны и обеспечивает сокращение сроков наладки оборудования.

В ближайшее время на гэс предполагается провести испытания гидротурбин на определение к. п. д. при разных режимах. Это позволит проверить рациональность предложенного метода определения комбинаторной зависимости у турбин Каплана и установить связь вибрации агрегата с его к. п. д.

Выводы

1. Метод наименьшей вибрации позволяет определить зависимость между углом установки лопастей и открытием направляющего аппарата у турбины Каплана, при которой вибрация агрегата будет наименьшей.

2. Вибрация агрегата имеет вполне определенный минимум, обусловленный в основном безударным входом воды на лопасти рабочего колеса.

3. Безударный вход воды на лопасти рабочего колеса близок режиму работы турбины с наивысшим к. п. д. рабочего колеса. Поэтому для нахождения наивыгоднейшей комбинаторной зависимости в период наладки оборудования (при отсутствии данных натурных испытаний) можно пользоваться методом наименьшей вибрации.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Борьба с зарастанием водоемов

Канд. техн. наук Л. П. Александрова и канд. техн. наук А. М. Аренштейн

Электрические станции для технического водоснабжения используют различные водоемы: реки, озера, водохранилища. Заиление, цветение воды, зарастание цветковой водной растительностью — все это явления, которые могут в той или иной степени затруднять нормальное водоснабжение электростанций.

Процесс зарастания водной растительностью иногда протекает настолько интенсивно, что в короткий промежуток времени огромные водоемы превращаются в болота.

Развивающаяся водная растительность, разлагаясь после отмирания, способствует заилению водоема, а накопление иловых отложений приводит к обмелению и, как следствие, продвижению растительности вглубь водоема. Затем слабо укореняющиеся виды растений, отрываясь под влиянием ветра или течения, могут попадать в циркуляционный поток (если это пруды-холодильники) и забивать водоприемные сооружения. Такого рода явление наблюдалось на одной из подмосковных электростанций, где с сетки водоприемника ежедневно счищалось до 45 *кг* растительности.

Основными факторами, определяющими возможность зарастания водоемов, являются: небольшая глубина, замедленное течение или его отсутствие, достаточная прозрачность, соответствующий грунт и химический состав воды и донных отложений.

В основном виды растений, обитателей водоемов, можно разбить на три группы:

1. Полупогруженные, крепко укореняющиеся в грунте растения, — тростник, камыш, рогоз, осока — и менее укореняющиеся — стрелолист, сусак, частуха, которые обычно развиваются в прибрежной мелководной зоне.

2. Растения с плавающими листьями, хорошо укореняющиеся в грунте — белая кувшинка, желтая кубышка, рдест плавающий, земноводная гречиха и др.; они чаще развиваются впереди полупогруженной растительности и заходят на глубину 2—3 *м*.

3. Растения погруженные, слабо укореняющиеся — различные рдесты, перестолистник, роголистник, элодеа и др.; в зависимости от прозрачности воды эти растения развиваются на глубине от 0,5 до 4 *м*.

Интенсивное зарастание водоемов водной растительностью часто является результатом изменения условий среды при постройке плотин, сброса сточных вод, внесения взвешенных веществ, изменения температурного режима и пр., что нарушает природные биохимические процессы в водоеме.

Электростанции, сбрасывая оборотные воды, изменяют температуру воды; сбрасываемая в отдельных случаях зола засоряет дно водоема. Такого рода вмешательство в жизнь водоема, естественно, нарушает его режим.

Такой случай наблюдался на обследованных авторами озерах, используемых электростанцией для технического водоснабжения. Четыре озера, связанные между собой каналами и занимающие площадь в 14 *км*², за 5 лет заросли на 65% своей площади, рдестом туполистным и харовой водорослью — нителла.

Вес всей этой массы растительности в воздушно-сухом состоянии составлял 2 240 *т*.

Дальнейшие наблюдения показали, что процесс зарастания на этом не остановился. Разрастание и продвижение еще новых двух видов растений — перестолистника и роголистника — продолжается.

В 1947 г., т. е. через 7 лет, эти заросли распространились и заняли почти полностью два больших с наименьшими глубинами озера и мелководные зоны двух других, более глубоких озер. В общем 85% площади озер было затянуто от дна до поверхности растениями, и продвижение по озеру даже на весельной лодке было чрезвычайно затруднено.

Причина такого бурного зарастания обуславливается работой электростанции, которая, применяя в качестве топлива фрезерный торф, выбрасывает в воздух через дымовые трубы большое количество золы, сажи, несгоревшего торфа и песка. Все эти продукты, оседая вокруг станции, в значительных количествах попадают и в водоем. Изучение выносимых из труб продуктов показало, что на расстоянии 100—20 *м* от электростанции выпадало осадков от 370 до 10 200 *г/м*² в месяц.

Исследование вертикального распределения донных отложений в этих озерах показало, что толщина слоя грунта, содержащего золу и торф, составляет 4,1—4,6 *м*. Следовательно, загрязнения, попадающие из воздуха, играют в данном случае большую роль в обмелении водоемов и, кроме того, эти загрязнения могут изменять качество воды озер.

Химические анализы показали, что за последние 10 лет происходило увеличение концентрации в воде растворенных веществ почти в два раза. Увеличение плотного остатка происходит за

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

счет минеральной, нелетучей его части (с 48,8 до 81,4%) в частности, возрастает количество кальция (с 16,7 до 27,5 *мг/л* Ca''), а также увеличивается количество магния.

Борьба с зарастанием водоемов обычно ведется механическим и химическим способами. Из механических способов наиболее распространенным является выкашивание водной растительности косами или специальными машинами. Для удаления погруженных водных растений применяются неводы. В некоторых случаях рекомендуется углубление дна водоема.

Все эти способы дороги. Более дешевыми являются химические методы борьбы с зарастанием, однако они изучены мало. В литературе имеются указания на применение химических реагентов: медного купороса, хлора, раствора белого мышьяка, хлористого бензола.

Авторы применяли медный купорос для уничтожения слабо укореняющегося, погруженного растения — рдеста гребенчатого. Измельченный купорос рассыпался весной (15 мая) по плоскому дну водоема в количестве 15 *мг/л*; в результате действия купороса растения отрывались от грунта и прибивались к берегу. Однако, влияние этого же реагента в другом водоеме на то же растение летом (в августе) дало отрицательные результаты. Повидимому, для уничтожения растительности важны времена года и конфигурация дна. Лучше всего такого рода обработку производить весной, как это было в первом случае, т. е. в начале вегетативного периода, когда растение еще не окрепло.

В качестве профилактических мер применяли распределение медного купороса по дну водоема, до наполнения водохранилища. Наблюдения показали хорошие результаты — в течение 7 лет растительность не появлялась.

В практике борьбы с прибрежной растительностью (камыш, тростник) применяют комбинированный способ. Выкашивают под корень растительность и затем действуют хлорбензолом в количестве 187 *л/га*. Подобная обработка гарантирует от зарастания на 1—3 года.

На обследованных озерах были проведены предварительные опыты применения медного купороса и хлора для уничтожения рдеста туполистного, нителлы и перестолистника.

Предварительно, до проведения опытов в природных условиях для этих растений устанавливались в лаборатории ориентировочные токсические дозы.

Токсическими дозами медного купороса оказались: для нителлы — 0,5—1 *мг/л*, для рдеста — 2 *мг/л*, и для перестолистника—3 *мг/л*.

Нителлу убивает хлор в количестве 3 *мг/л*, а на перестолистник доза его в 5 *мг/л* действует лишь угнетающе.

Для проведения опытов в природных условиях в водоеме изолировались участки с растениями площадью по 1 $м^2$ при помощи специально изготовленных деревянных ящиков.

Принимая во внимание, что в озерах помимо подопытных растений имеются и другие организмы, а также донные отложения, на которые будут расходоваться реагенты, дозы медного купороса и хлора были увеличены по сравнению с лабораторными. Опыт применения медного купороса для борьбы с водной растительностью показал, что этот реагент убивает нителлу дозами 1—2 *мг/л*.

Для рдеста туполистного и перестолистника доза 10 *мг/л* оказалась нетоксичной. Еще увеличивать дозу медного купороса для уничтожения этих видов растений было нецелесообразно, вследствие того что медь является ядовитым веществом для микронаселения водоемов и для рыб. Предельно допустимая концентрация ее в водоеме установлена Министерством здравоохранения СССР в 0,2 *мг/л* Cu, что соответствует 0,8 *мг/л* медного купороса [1].

Опыты по хлорированию дали отрицательные результаты. Даже для нителлы при повторном хлорировании доза 5 *мг/л* оказалась нетоксичной. На малую пригодность хлора для уничтожения растительности имеются указания и в литературе.

Наши опыты применения медного купороса и хлора были ориентировочными; разработку этого метода следует углублять и расширять, а для установления токсических доз потребуется специальная постановка экспериментов с различными растениями, в разные периоды вегетации и в различных условиях, с применением разных реагентов.

Химический способ борьбы с водной растительностью, учитывая его преимущества, должен широко войти в практику. Этот способ в 5—7 раз дешевле механического и для проведения работ требуется меньшая затрата времени и рабочей силы.

Электростанции уделяют еще мало внимания охране водоемов. В настоящее время по некоторым озерам наблюдаются зарастания в большом масштабе, угрожающие водоснабжению электростанций.

Необходимо вместе с разработкой химических методов борьбы с растительностью обратить серьезное внимание на изучение направленности процессов в водоеме в связи с местными условиями (загрязнением продуктами сгорания топлива, сточными водами и т. д.).

---

[1] Применение химических реагентов в количествах, превышающих установленные нормы, должно производиться с разрешения органов здравоохранения.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Применение водопонизительной установки

Инж. Л. Г. Гаврилов и инж. К. А. Гурвич

В 1947 г. на одной тэц был построен фундамент под турбогенератор мощностью 50 тыс. *квт*. Строительство этого фундамента осуществлялось в следующих условиях.

Вблизи места постройки фундамента заранее были забетонированы на глубине —4,30 *м* фундаменты под колонны металлоконструкций машинного зала и смонтированы сами конструкции. Геологический разрез территории машинного зала приведен на рис. 1. Фактический уровень грунтовых вод стоял на отметке —3,6—3,8 *м*, что объясняется замачиванием грунта водами действующей станции.

По проекту подошва фундамента закладывалась на песчаном основании на отметке —6,5 *м*, т. е. на 2,35 *м* ниже подошвы фундаментов под колонны. Для защиты стенок котлована под фундамент от обрушения предусматривалась забивка шпунта до отметки —9, по периметру нижней плиты фундамента (рис. 2).

Работа была произведена в следующей последовательности:

1. Вырыт котлован до отметки — 3,5.

2. По периметру нижней плиты забит металлический шпунт из зетообразных свай. Забивка свай этого типа отняла значительное время. При этом имелось много случаев поломок верхних частей свай и пневматических молотов.

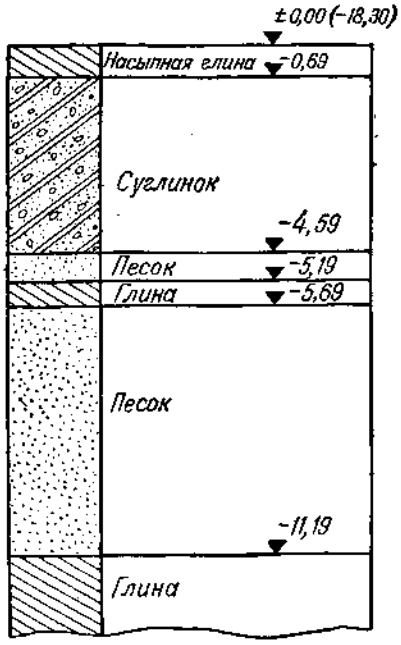


Рис. 1. Геологический разрез скважины перед турбогенератором.

3. Рытье нижней части котлована велось открытым способом при сильном притоке грунтовой воды. Ввиду наличия в песке прослоек глины отметка подошвы фундамента была заглублена до отметки — 7,0.

4. Ввиду запрещения производить откачку воды, бетонирование подбутки под нижнюю плиту фундамента производилось в воде отдельными отсеками; это было сопряжено с большими трудностями и потребовало затраты большого количества времени.

5. Для укрепления разрыхленного восходящей водой грунта под подбуткой в него была произведена инъекция цементного раствора через трубы, специально заложенные для этой цели в бетоне подбутки.

Как видно из описанного, устройство бетонной подбутки под нижнюю плиту фундамента оказалось очень трудоемкой. На выполнение этой работы было затрачено около 4 мес.

Фундамент под следующий турбогенератор был запроектирован аналогичным описанному.

Естественно, что были приняты все меры к тому, чтобы пересмотреть проект в сторону облегчения условий производства работ при сохранении полной надежности работы фундамента. После тщательного изучения этого вопроса была установлена допустимость заложения подошвы фундамента турбины на суглинке, на одном уровне с отметкой подошвы фундамента колонн—4,30, при обязательном условии устройства водопонизительной установки, обеспечивающей понижение уровня грунтовых вод примерно на 1 *м* ниже подошвы глинистого слоя. Искусственное понижение вод необходимо поддерживать все время до окончания затрамбования пазух котлована.

В новом проекте подошва фундамента основывалась на отметке —4,30; шпунтовый ряд и бетонная подбутка ликвидировались; объем железобетона нижней плиты сокращался по высоте на 1 *м*.

Постройка фундамента под этот турбогенератор производилась в условиях, аналогичных предыдущему фундаменту, т. е. при заранее построенных фундаментах под колонны и смонтированных металлоконструкциях машинного зала. Указанные условия требовали полной надежности работы водопонизительной установки и делали недопустимым уносы грунта откачиваемой водой.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

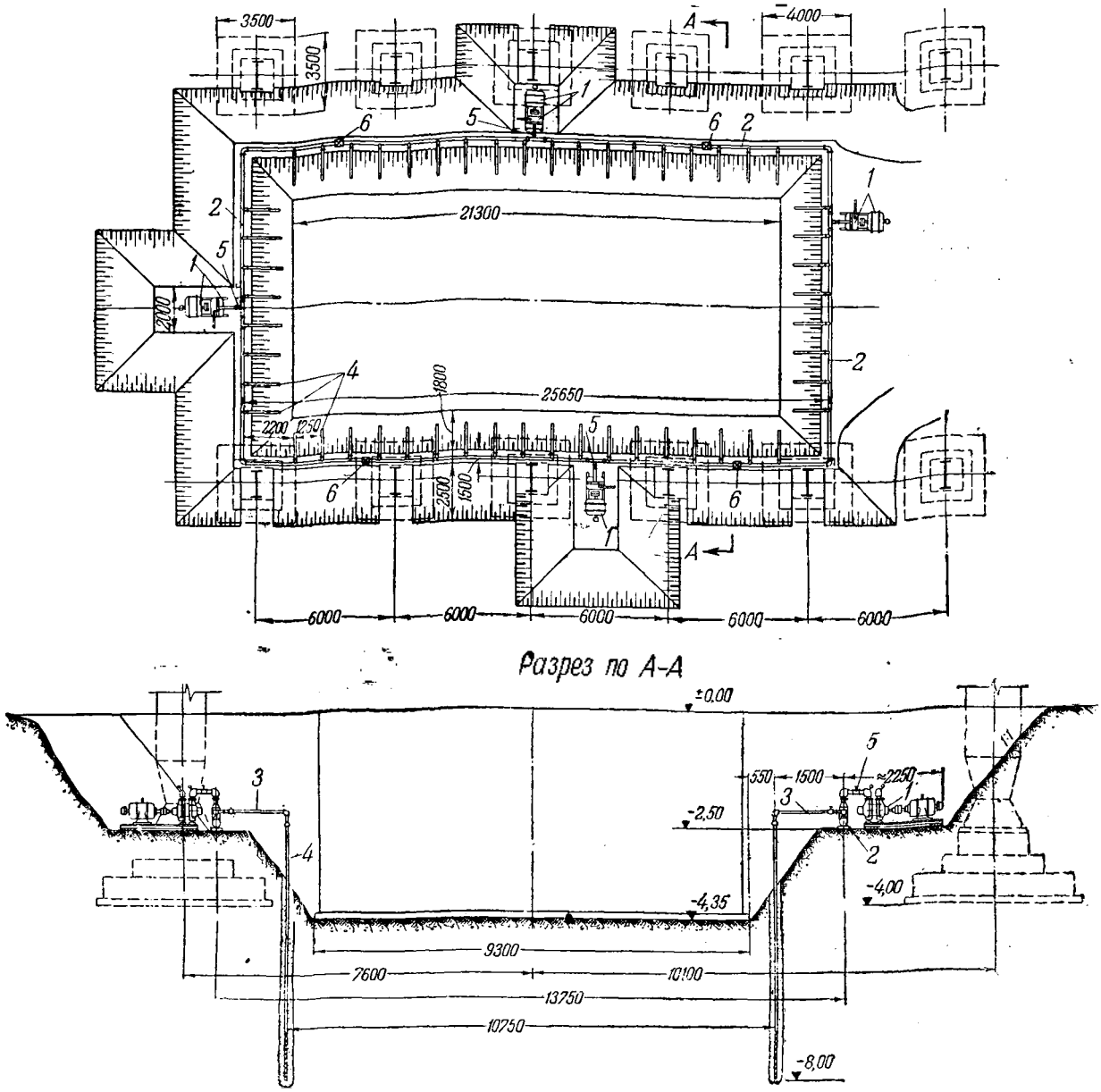


Рис. 2. План расположения иглофильтров.

1—вихревой насос производительностью 60 $м^3$/*час*; 2—коллектор диаметром 105 *мм*; 3—шарнирное соединение иглофильтра с коллектором; 4—иглофильтр диаметром 50 *мм*; 5—задвижка Лудло диаметром 75 *мм*; 6—задвижка диаметром 165 *мм*.

Все оборудование для водопонизительной установки было изготовлено на местных заводах. Ввиду отсутствия резиновых шаровых клапанов они были заменены точеными деревянными, а шарнирные участки труб для соединения с коллектором заменены прямыми участками. Эти замены нельзя признать удачными, так как шары раскалывались, а отсутствие шарнира усложняло соединение фильтров с коллекторами.

Монтаж водопонизительной установки был осуществлен по схемам инструкции Технического отдела Министерства электростанций (рис. 2)[1].

Ввиду отсутствия надежных данных по фильтрации грунта и притоку воды была запроектирована установка четырех вихревых насосов. Было установлено 48 фильтров с цилиндрическими наконечниками. Фильтры опускались в грунт помощью подмыва насосом при давлении до 10 *ат*. На погружение одного фильтра затрачивалось около 5—7 мин. При этом фильтр довольно медленно погружался в суглинок и очень быстро — в слой песка. Расход воды составил 3—4 $м^3$ на один фильтр. Вода от подмыва отводилась в соседний котлован, откуда немедленно откачивалась насосами за пределы главного здания. Несмотря на недостаток в воде, бригада устанавливала за смену 8—10 фильтров. Небольшое затрубное пространство вокруг фильтра засыпалось песком. Для контроля уровня воды были установлены трубы диаметром 50 *мм* с перфорированными концами. Однако, уже после трех-четырех подъемов и спадов уровня воды они настолько заносились мелким песком, что становились непригодными для замера уровня.

Первое опробование установки дало неудовлетворительные результаты. Опробование отдельных фильтров на пропуск грунта, предусмотренное программой испытания, не удалось произвести. Даже при работе 6—8 фильтров в насосе

[1] См. „Электрические станции", № 12, 1948 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

получалась сильная пульсация, при глубоком вакууме, доходившем до 500—660 *мм* и забивании фильтров песком.

При включении всех фильтров после 40 мин. работы вакуум стал увеличиваться с 300 до 500 и дошел до 600 *мм* рт. ст., производительность резко сократилась, 12 фильтров прекратили пропуск воды.

Вынутые фильтры были или полностью, или частично забиты мелким песком. После промывки и замены фильтров опробование повторилось несколько раз. При этом длительность испытаний не превышала 2 час., так как все пять изготовленных насосов один за другим вышли из строя. Причиной этого были поломки рабочих колес, изготовленных из латуни.

Испытанием было установлено, что:

1) фильтры в чистом виде обеспечивают надежное понижение уровня воды, который опускался во время испытания до 1,5 *м* ниже уровня обычного стояния грунтовых вод;

2) фильтры забиваются мелким песком и прекращают пропуск воды;

3) унос песка с водой очень велик, что при длительной работе установки может повлечь за собой просадку существующих фундаментов;

4) насосы в работе ненадежны вследствие неудачной конструкции рабочего колеса; у всех насосов после их работы от 30 мин. до 2 час. рвались рабочие колеса, изготовленные из латуни с применением сварки;

5) трубы с перфорированными концами для контроля уровня воды непригодны.

На основании результатов испытаний были приняты и осуществлены следующие решения:

1) создать дополнительные фильтры вокруг сеток иглофильтров из гравийной мелкой засыпки [2];

2) для контроля уровня воды установить обычные иглофильтры;

3) усилить рабочие колеса насосов, выполнив их из листовой стали толщиной 4—5 *мм*, со срезанными кромками до 0,2—0,3 *мм* толщины.

Устройство дополнительных фильтров было выполнено следующим образом: установленные ранее фильтры вынимались поочередно; на один фильтр на конце была надета цепь. Освобожденная от обычного фильтра скважина разделывалась путем многократных подъемов и опусканий фильтра с цепью. Затем этот фильтр быстро вынимался, в разделанную скважину опускался обычный фильтр и через него пропускалась вода под давлением не более 1—1,5 *ат*. Пространство вокруг фильтра быстро засыпалось мелким гравием и песком, крупностью до 5—8 *мм*. В каждую скважину засыпалось 0,2—0,3 $м^3$ песка. Верхний слой скважины забивался суглинком.

При засыпке гравием в иглофильтр все время пропускалось небольшое количество воды, препятствовавшее заиливанию.

После проведенных мероприятий были произведены повторные испытания, давшие следующие результаты:

1. Вода, откачиваемая насосами, после 15—20 мин. стала совершенно прозрачной и практически никакого уноса грунта не было.

2. Один насос вполне справлялся с откачкой воды со всех иглофильтров. При вакууме 300—320 *мм* рт. ст. призводительность насоса оказалась постоянной и равной 12—15 $м^3/час$.

3. Максимальное понижение уровня воды при непрерывно работающем одном насосе дало понижение уровня грунтовых вод на 2,2—2,5 *м*, что обеспечило возможность производить работы по постройке фундамента.

4. Подъем воды в контрольных фильтрах при остановленном насосе происходит быстро. За 15—18 мин. грунтовая вода поднимается на 1 *м*.

Водопонизительная установка должна быть обеспечена бесперебойным электроснабжением; это было осуществлено подключением резервного насоса к сети питания собственных нужд.

В результате проведенных мероприятий водопонизительная установка стала работать совершенно нормально. Через сутки после нормальной работы установки было приступлено к производству работ по постройке нижней плиты фундамента. Котлован был откопан в сухом грунте в течение трех дней. Грунт дна котлована на отметке —4,30 оказался нормальной влажности. В течение шести дней была уложена бетонная подготовка, установлены опалубка, арматура и забетонена железобетонная нижняя плита фундамента объемом в 462 $м^3$.

В течение девяти дней была выполнена работа, которая в предыдущем случае потребовала 4 мес. При этом благодаря ликвидации шпунта, бетонной подбутки и сокращению объема работ по котловану и железобетонной нижней плите была достигнута экономия около 200 тыс. руб.

Ввиду положительных результатов работы водопонизительной установки было решено оставить ее в эксплоатации на период постройки всего подземного хозяйства машинного зала; установка работает по сей день. При этом было оставлено всего два насоса — из них один запасный с резервным источником электропитания.

Освободившийся насос был использован для водопонижения при прокладке циркуляционных водоводов, где установка работает также надежно в течение месяца.

Выводы

1. Применение водопонизительной установки при большом притоке воды дает огромный эффект в отношении экономии времени, средств, значительно улучшает и облегчает условия производства работ и сохраняет в хорошем состоянии основания под сооружения.

2. До монтажа установки необходимо тщательно изучить режим грунтовых вод.

3. Устройство гравийных фильтров в мелких песках обеспечивает надежную длительную эксплоатацию с постоянной производительностью.

□ □ □

[2] Указанное мероприятие предусмотрено инструкцией Технического отдела МЭС как обязательное для данного типа грунтов и должно было быть выполнено при установке иглофильтров. Ред.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Бесстружковый метод анализа металла

Канд. хим. наук В. Л. Золотавин

На строительстве одной электростанции имелись некоторые детали котлов высокого давления, о химическом составе металла которых не имелось данных. Подвергнуть их обычному химическому анализу не представлялось возможным, так как условия их дальнейшей эксплоатации не позволяли нарушить их целостности; взять стружки с этих деталей было невозможно.

Было решено применить бесстружковый метод химического анализа[1]. Этот метод позволяет производить приближенный количественный химический анализ.

Сущность его состоит в том, что на поверхности анализируемого и стандартного (т. е. такого, химический состав которого известен) образцов наносится некоторое, равное количество капель растворителя. Полученные растворы подвергаются дальнейшей обработке в строго аналогичных условиях, с целью получить окрашенные растворы; путем разбавления уравнивается интенсивность окрасок анализируемого и стандартного растворов; полученные объемы измеряются и из соотношения последних, зная содержание искомого химического элемента в стандарте, вычисляют его содержание в анализируемом образце.

Выполнение химического анализа бесстружковым методом требует простой аппаратуры, очень малого расхода реактивов, несложных операций и проводится в короткие отрезки времени.

Все это позволяет производить анализ не только в лаборатории, но и непосредственно в цехе, на стройке, складе.

Для определения марки стали в данном случае необходимо было определить процентное содержание в ней кремния и марганца.

Методика определения кремния сводится к следующему: на предварительно зачищенную поверхность коллектора или штуцера наносят слой расплавленного парафина толщиной в 2 — 3 *мм*, в котором ножом вырезают небольшую лунку диаметром 6—10 *мм*. В образовавшуюся лунку вносят 2 капли азотной кислоты (концентрированная азотная кислота разбавляется равным объемом воды).

По окончании растворения, которое длится 5—15 мин. (в зависимости от окружающей температуры и состава металла), раствор с помощью стеклянной трубочки с оттянутым концом переносят в маленькую пробирку, смывая лунку 3—4 раза дестиллированной водой; добавляют 1—2 капли азотной кислоты, нагревают до кипения, фильтруют через маленький фильтр в мерный цилиндр объемом в 10 *мл*, промывают 2—3 раза очень малым количеством воды, разбавляют до 10 *мл*, перемешивают и пипеткой переносят 1 *мл* во второй цилиндр; добавляют 3 капли насыщенного раствора молибденовокислого аммония и выдерживают 5 мин. Затем вводят 0,5 *мл* серной кислоты, разбавленной водой в отношении 1 : 6 и 1—2 капли 1%-ного раствора хлористого олова, после чего раствор окрашивается в синий цвет. Путем разбавления водой уравнивают интенсивность окраски растворов, полученных на стандартном и испытуемом образцах в строго аналогичных условиях, замеряют объемы их и вычисляют содержание кремния по формуле

$$C = \frac{v_{и.о} \cdot C_{с.о}}{v_{с.о}},$$

где C и $C_{с.о}$ — содержания кремния в испытуемом и стандартном образцах (соответственно), %;

$v_{и.о}$ и $v_{с.о}$ — объем растворов, полученных на испытуемом и стандартном образцах (соответственно), *мл*.

Содержание марганца определяют следующим образом: в лунку помещают 2 капли азотной кислоты (1 : 1), после окончании реакции раствор переносят в пробирку, смывая лунку 2—3 раза водой.

В пробирку добавляют 1—2 капли азотной кислоты и нагревают до кипения. Фильтруют в мерный цилиндр через маленький фильтр и промывают пробирку и фильтр 2—3 раза водой, к которой добавляют несколько капель азотной кислоты. В полученный прозрачный раствор вводят сухой порошок надсернокислого аммония (на кончике ножа), 1—2 капли однонормального раствора азотнокислого серебра и кипятят до возникновения розового окрашивания. Уравнивают окраску раствора испытуемого образца со стандартным и рассчитывают содержание марганца по приведенной выше формуле.

Исследование химического состава стали коллекторов производилось непосредственно на строительстве, в помещении или на открытом воздухе. В холодные дни для ускорения процесса растворения приходилось применять местный подогрев коллекторов, а в жаркую ветряную пого-

[1] Н. А. Танаев, Бесстружковый метод, Металлургиздат, 1948 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ду, наоборот, предохранять растворитель от быстрого испарения.

В результате анализа было найдено, что среднее содержание кремния в стали коллекторов равно 0,26%. Отклонения от этого среднего значения составляли 0,02—0,03%. Найденное среднее содержание марганца в тех же объектах равнялось 0,51% при отклонениях в ±0,03%.

Это позволило сделать заключение о том, что все коллекторы изготовлены из стали одной марки, причем имевшиеся ориентировочные данные, что сталь этой марки характеризуется содержанием в ней 0,25% кремния и 0,50% марганца, подтвердились проведенными анализами.

Имевшиеся данные о составе стали штуцеров давали возможность предполагать содержание в ней 0,40% кремния и 0,1% марганца. При анализе же получили: кремния — от 0,25 до 0,34% и марганца — от 0,88 до 1,15%.

Интересно сопоставить полученные бесстружковым методом результаты анализа стали штуцеров с данными обычного химического анализа (со взятием стружки), произведенным над образцами стали той же марки.

Согласно этим данным содержание кремния колеблется от 0,26 до 0,47% и марганца—от 1,03 до 1,36%.

Из сопоставления этих цифр видно, что полученные двумя совершенно различными методами анализа результаты оказались достаточно близкими [2].

Второй случай применения бесстружкового метода имел место при изучении характера изменений в металле латунных трубок конденсатора, происшедших в результате эксплоатации.

В силу того что изменению могли подвергнуться в первую очередь поверхностные слои латунных трубок и не сплошь по всей поверхности, обыкновенный химический анализ их со взятием стружки не мог отобразить истинной картины процесса коррозии.

Бесстружковый метод, с помощью которого возможно определять состав металла, начиная с поверхности и постепенно углубляясь в его толщу, в данном случае явился наиболее пригодным.

Исследованию были подвергнуты отрезки латунных трубок конденсатора, взятые из трех зон его (верхней, средней и нижней) с краев и середины каждой зоны, и две трубки, которые были завальцованы в опорных досках конденсатора.

Поскольку не было никаких данных о первоначальном составе латуни, за основу взяли одну из трубок, предварительно сняв с нее слой, равный $^1/_3$ ее первоначальной толщины.

Для определения меди была предложена следующая методика: на поверхность изучаемого объекта наносят две капли азотной кислоты (1 : 1). После окончания реакции раствор переносят в мерный цилиндр на 10 *мл*, поверхность металла трижды смывают 2—3 каплями дистиллированной воды. В цилиндр по каплям добавляют концентрированный аммиак, насыщенный хлористым аммонием до растворения образующегося в начале осадка, и еще 3—4 капли избытка. Объем полученного раствора доводят до 10 *мл*, используя тот же реактив, но предварительно разбавленный водой в отношении 1 : 9. Переносят пипеткой 1 *мл* раствора во второй цилиндр и колориметрируют по полученному в тех же условиях раствору стандартного образца.

Таким путем установили, что металл трубок содержит в себе 60,9% меди.

Далее подвергли анализу образцы с двух сторон, т. е. поверхность, подвергшуюся действию пара, и поверхность, омывавшуюся водой. Результаты исследования показали, что в первом случае состав металла практически не изменился, но во втором случае содержание меди повысилось с 61% до 68—75%.

Это позволило сделать вывод, что заметному изменению подверглась лишь та поверхность трубок, которая находилась под длительным воздействием воды. Содержание меди в данном случае увеличилось на 8—15% (абсолютных), что составляет 13—25 относительных процентов.

С целью выяснить, как глубоко зашел этот процесс «омеднения», повторяли анализ в одних и тех же точках, углубляясь таким образом в толщу металла до тех пор, пока не получили стабильных данных. Эти данные показаны в таблице.

Наименование образца	№ образца	Последовательные изменения содержания меди в образцах, %				
		1	2	3	4	5
Верхняя зона—середина	12	73,8	70,4	68,0	63,7	62,5
Средняя зона—середина	22	71,2	67,6	68,5	66,4	58,4
Нижняя зона—середина	32	68,5	—	60,5	59,4	61,0

Эти данные показывают, что, как и надо было ожидать, интенсивность процесса «омеднения» ослабевает по мере углубления в толщу металла.

Измерение толщины слоя, подвергшегося изменению, дало следующие цифры: образец № 12—0,27 *мм*; № 22—0,22 *мм* и № 32—0,24 *мм*.

Рассмотрение образцов показало, что указанное «омеднение» не распространяется равномерно по всей поверхности трубок, а захватывает примерно половину, считая по окружности.

В большинстве случаев можно наблюдать невооруженным глазом красноватый слой меди на поверхности трубок. На отдельных образцах «омеднение» доходит до половины толщины стенок и при сплющивании трубок этот слой заметно отстает от основного металла.

Приведенные результаты позволяют рекомендовать широкое применение бесстружкового метода как для анализа металла деталей, с которых не может быть взята стружка, так и для изучения изменения металла на поверхности деталей.

[2] Бесстружковый метод позволяет определять содержание в черных сплавах также хрома, никеля, ванадия, молибдена, вольфрама и косвенным путем углерода. В цветных плавках могут быть определены железо, марганец, олово, свинец, цинк и алюминий (см. сноску 1).

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Влияние изменений частоты и напряжения на работу асинхронных двигателей

Канд. техн. наук И. А. Сыромятников

Поведение асинхронных двигателей при отклонении частоты и напряжения от нормальных значений представляет большой интерес для работников эксплоатации и неоднократно освещалось в литературе [1]. Отклонение частоты и напряжения, иногда достигающее значительных величин, имеет место при аварийном отключении генерирующей мощности и отсутствии резерва в системе. Анализ поведения асинхронных двигателей при работе с частотой, отличной от номинальной, позволит правильно подойти к выбору частотной характеристики автоматических регуляторов напряжения, а также к решению ряда других вопросов.

Ниже приведены методы расчета, позволяющие сравнительно просто решать задачи, связанные с изменением частоты и напряжения.

Изменение напряжения при нормальной частоте

Предположим, что напряжение, подводимое к обмотке статора двигателя, работающего с постоянным моментом сопротивления, уменьшилось. Вращающий момент двигателя, зависящий от квадрата напряжения, окажется меньше, чем момент сопротивления, в результате чего скольжение двигателя увеличится до значения, при котором момент двигателя будет равен моменту сопротивления.

Увеличение скольжения вызовет возрастание величины тока ротора, а следовательно, и статора и увеличение угла сдвига между током ротора и напряжением сети.

Ток холостого хода при уменьшении напряжения уменьшится, а ток статора, равный геометрической сумме приведенного тока ротора и тока холостого хода, в зависимости от нагрузки может или увеличиться, или уменьшиться.

При работе двигателя с номинальной нагрузкой ток статора при уменьшении напряжения, как правило, увеличивается.

При увеличении напряжения скольжение двигателя несколько уменьшится, ток ротора и его фазовый угол также уменьшаются, ток холостого хода возрастает. Ток статора, так же как и при понижении напряжения, в зависимости от нагрузки может или увеличиваться, или уменьшаться.

Из изложенного следует, что понижение напряжения вызывает увеличение тока ротора, а увеличение напряжения вызывает его уменьшение. Следует всегда иметь в виду, что по току статора нельзя судить о влиянии изменения напряжения на ротор. Мощность, развиваемая двигателем, при небольших понижениях напряжения останется практически без изменения, так как число оборотов изменится незначительно. Однако, в случаях сильной посадки напряжения на зажимах нагруженных двигателей скольжение может увеличиться почти до критического или даже может произойти «опрокидывание» двигателей.

Несколько более в благоприятных условиях будут находиться двигатели с механизмами, имеющими вентиляторный момент сопротивления. Вследствие уменьшения момента сопротивления при увеличении скольжения опрокидывание произойдет позже.

Работа полностью запруженных двигателей при понижении напряжения сверх 5% недопустима, так как всегда приводит к перегрузке ротора и статора.

Изменение частоты при нормальном напряжении

Рассмотрим случай, когда двигатель, работающий с постоянным моментом сопротивления и номинальным напряжением, будет работать с частотой меньше номинальной. Уменьшение частоты вызовет увеличение магнитного потока, а следовательно, и увеличение вращающего момента. Поскольку момент сопротивления остается постоянным, скольжение уменьшится до такой величины, чтобы сохранить равновесие между вращающим моментом двигателя и моментом сопротивления.

Вследствие увеличения потока уменьшится ток ротора, а ток холостого хода увеличится. Ток статора может увеличиться или уменьшиться так же, как для случая повышения напряжения. Таким образом, понижение частоты действует аналогично увеличению напряжения.

При увеличении частоты сверх номинальной магнитный поток машины уменьшится. Вследствие этого уменьшится вращающий момент и новое равновесное состояние наступит при большем значении скольжения.

[1] См., например, М. П. Костенко, Работа многофазного асинхронного двигателя при переменном числе периодов, „Электричество," № 2, 1925 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Увеличение скольжения вызовет увеличение тока ротора и его фазового угла. Ток холостого хода вследствие уменьшения потока уменьшится. Ток статора в зависимости от загрузки двигателя может или увеличится, или уменьшится.

Из изложенного следует, что увеличение частоты действует аналогично уменьшению напряжения на зажимах двигателя. Мощность двигателя будет изменяться практически пропорционально частоте.

Одновременное изменение частоты и напряжения

Рассмотрим изменение основных параметров, определяющих поведение двигателей при изменении частоты и напряжения от номинальных значений.

Магнитный поток и ток намагничивания. Зависимость между э. д. с., наводимой в обмотке статора, и магнитным потоком определяется известным уравнением

$$\varepsilon = 4{,}44\, wf \cdot \Phi \cdot 10^{-8} = Af\Phi, \qquad (1)$$

где f — частота;
w — число витков;
Φ — магнитный поток.

Пренебрегая потерей напряжения в активном и реактивном сопротивлении обмотки статора, получим:

$$\frac{\Phi}{\Phi_н} \approx \frac{U_1}{U_{1н}} \cdot \frac{f_н}{f} = \frac{k_u}{k_f}, \qquad (2)$$

где U_1 — напряжение на зажимах статора;

$$k_u = \frac{U_1}{U_{1н}}; \quad k_f = \frac{f}{f_н};$$

$н$ — индекс, обозначающий номинальные величины.

Таким образом, магнитный поток изменяется пропорционально напряжению и обратно пропорционально частоте.

Ток намагничивания, как известно, определяется кривой намагничивания (рис. 1). При пропорциональном изменении частоты и напряжения поток в машине останется практически неизменным [см. формулу (2)].

Вращающий момент. Вращающий момент асинхронных двигателей, как известно, удобно выражать в зависимости от максимального момента и критического скольжения, т. е. значения скольжения, при котором момент имеет максимальное значение. Если пренебречь активным сопротивлением обмотки статора, то критическое скольжение будет изменяться обратно пропорционально частоте:

$$\frac{S_{кf}}{S_к} \approx \frac{f_н}{f} = \frac{1}{k_f}, \qquad (3)$$

где $S_{кf}$ — значение критического скольжения при частоте f;
$S_к$ — значение критического скольжения при номинальной частоте.

Максимальный момент, если пренебречь активным сопротивлением обмотки статора, изменяется пропорционально квадрату напряжения и обратно пропорционально квадрату частоты, т. е.

$$\frac{M_м}{M_{м.н}} \approx \frac{k_u^2}{k_f^2}, \qquad (4)$$

где $M_м$ — значение максимального момента при изменившихся напряжении U и частоте f;
$M_{м.н}$ — значение максимального момента при номинальных значениях напряжения и частоты.

При пропорциональном изменении частоты и напряжения кратность максимального момента остается неизменной.

Начальный момент. Начальный момент, развиваемый двигателем при пуске, как известно, пропорционален потерям в роторе и обратно пропорционален частоте. При изменении частоты и напряжения, считая активное сопротивление ротора независящим от частоты,

$$\frac{M_{нач}}{M_{нач.н}} \approx \frac{k_u^2}{k_f^3}. \qquad (5)$$

При пропорциональном изменении частоты и напряжения начальный момент будет изменяться обратно пропорционально частоте.

Скольжение. Зависимость вращающего момента двигателя от скольжения при номинальных значениях напряжения и частоты $f_н$ выражается известной формулой

$$\frac{M}{M_н} = m = \frac{2b_н}{\frac{S_к}{S} + \frac{S}{S_к}}. \qquad (6)$$

Уравнение (6) достаточно точно определяет зависимость момента от скольжения при работе на устойчивой части характеристики, т. е. от $S = 0$ до $S = S_к$, где $b_н = \frac{M_{м.н}}{M_н}$ — кратность максимального момента $M_{м.н}$ при номинальных значениях напряжения $U_{1н}$ и частоты $f_н$ по отношению к номинальному моменту $M_н$.

При работе с номинальной нагрузкой $m = \frac{M}{M_н} = 1$ и из уравнения (6) определяем:

$$\frac{S_н}{S_к} = \frac{1}{b_н + \sqrt{b_н^2 - 1}}. \qquad (7)$$

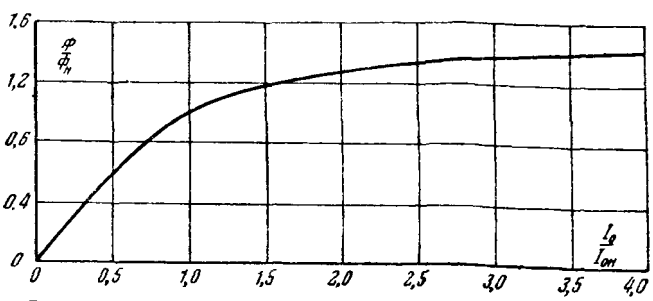


Рис. 1. Характеристика холостого хода асинхронного двигателя.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Уравнение (6) может быть применимо для определения скольжения при отклонении момента сопротивления, напряжения и частоты от номинальных значений

$$m = \frac{2b}{\frac{S_{кf}}{S} + \frac{S}{S_{кf}}}, \qquad (8)$$

где b — кратность максимального момента $M_м$ при частоте f и напряжении U_1 по отношению к постоянному моменту нагрузки M_c, не зависящему от числа оборотов.

Заменив из уравнения (4)

$$M_м = M_{м.н} \frac{k_u^2}{k_f^2},$$

получим

$$b = \frac{b_н \cdot k_u^2}{m_c \cdot k_f^2}, \qquad (9)$$

где $m_c = \frac{M_c}{M_н}$ — кратность постоянного момента нагрузки к номинальному моменту.

Решая уравнение (8) относительно скольжения S и заменяя $S_{кf}$ из уравнения (3), получим:

$$\frac{S}{S_к} = \frac{b - \sqrt{b^2 - 1}}{k_f} = \frac{1}{k_f (b + \sqrt{b^2 - 1})}. \qquad (10)$$

Заменяя $S_к$ из уравнения (7), получим:

$$\frac{S}{S_н} = \frac{b_н + \sqrt{b_н^2 - 1}}{k_f (b + \sqrt{b^2 - 1})}. \qquad (11)$$

При значении $b_н \geqslant 1{,}6$ и $b \geqslant 1{,}6$

$$\frac{S}{S_н} \approx \frac{b_н}{k_f b} = \frac{m_c \cdot k_f}{k_u^2}. \qquad (12)$$

Весьма большой интерес представляет работа двигателей, приводящих в движение механизмы с вентиляторным моментом сопротивления (вентиляторы, дымососы, циркуляционные, конденсатные и питательные насосы). Как известно, у этих механизмов момент сопротивления изменяется в зависимости от числа оборотов.

Для насоса, работающего без противодавления, момент изменяется пропорционально квадрату числа оборотов. Если же насос работает с противодавлением, то момент изменяется в еще большей степени от числа оборотов.

Примем, что момент сопротивления изменяется пропорционально квадрату числа оборотов, а начальный момент сопротивления равен нулю, тогда

$$\frac{M_c}{M_н} = \frac{M_{c0}}{M_н} \left(\frac{n}{n_э}\right)^2 \approx \frac{M_{c0}}{M_н} k_f^2 \approx m_{c0} k_f^2, \qquad (13)$$

где M_{c0} — момент сопротивления при синхронном числе оборотов при нормальной частоте.

Для случая работы двигателя с моментом сопротивления, изменяющимся в зависимости от числа оборотов или, что то же самое, от частоты по уравнению (13), скольжение может быть определено из уравнения (11), где

$$b = \frac{b_н k_u^2}{m_{c0} k_f^4}, \qquad (14)$$

Число оборотов. При изменении напряжения число оборотов изменяется сравнительно незначительно. Так, например, для двигателя, работающего с постоянным моментом сопротивления, не зависящим от числа оборотов, имеющего номинальное скольжение 2% и кратность максимального момента $b_н = 2$, при уменьшении напряжения до 80% скольжение увеличится до 3,6%, а число оборотов уменьшится всего лишь на 1,6%. При отклонении же частоты от нормального значения число оборотов будет изменяться практически пропорционально изменению частоты. Так, например, при уменьшении частоты на 20% и одновременном уменьшении напряжения на 20% число оборотов уменьшится практически тоже на 20%.

Мощность. Мощность двигателя, как известно, пропорциональна произведению момента на число оборотов. При отклонениях напряжения, которые длительно могут иметь место в эксплоатации, число оборотов изменяется незначительно, и поэтому мощность остается практически постоянной. При отклонении частоты от нормального значения число оборотов практически будет изменяться пропорционально частоте. Если момент сопротивления постоянный, т. е. не зависит от числа оборотов, то мощность будет изменятся практически пропорционально частоте.

Для вентиляторных механизмов, работающих без противодавления, мощность изменяется пропорционально кубу частоты. Для вентиляторных механизмов, работающих с противодавлением, мощность изменяется в зависимости от частоты в меньшей степени, чем у механизмов, работающих без противодавления.

Ток ротора. Кратность тока ротора в зависимости от скольжения при номинальных значениях напряжения и частоты может быть определена из известной формулы

$$\frac{I_2}{I_{2к}} \approx \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{S_к}{S}\right)^2}}, \qquad (15)$$

где $I_{2к}$ — ток ротора при коротком замыкании при номинальном напряжении и частоте.

Для номинального режима, заменяя $\frac{S_к}{S_н}$ из уравнения (7), получим:

$$\frac{I_{2н}}{I_{2к}} = \frac{1}{\sqrt{2b_н(b_н + \sqrt{b_н^2 - 1})}}. \qquad (16)$$

Уравнение (15) может быть использовано для определения кратности тока ротора при откло-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

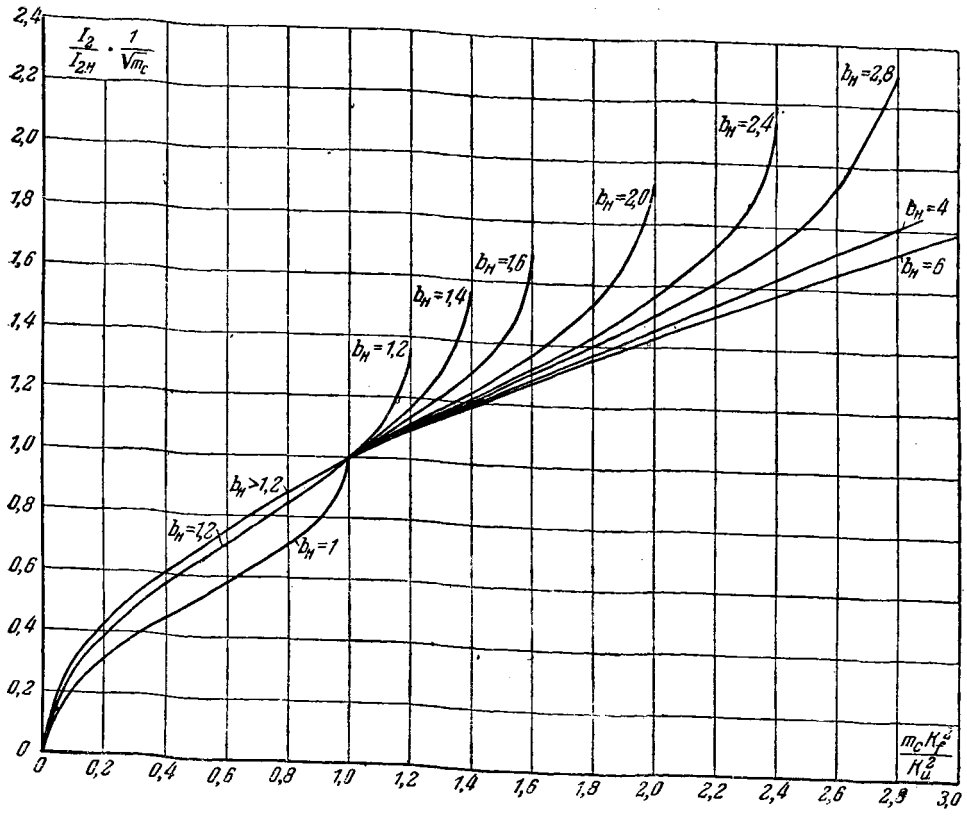


Рис. 2. Зависимость $\frac{I_2}{I_{2н}\sqrt{m_c}} = f\left(m_c \frac{k_f^2}{k_u^2}\right)$.

нении частоты и напряжения от номинальных значений.

В этом случае

$$S_к = S_{кf};$$

$$I_{2к} = I_{2кf}.$$

Заменяя $\frac{S_{кf}}{S}$ из уравнения (10) и принимая

$$I_{2кf} \approx \frac{I_{2к}\, k_u}{k_f},$$

получим:

$$\frac{I_2}{I_{2к}} = \frac{k_u}{k_f} \cdot \frac{1}{\sqrt{2b(b+\sqrt{b^2-1})}}. \qquad (17)$$

Заменяя $I_{2к}$ из уравнения (16), получим:

$$\frac{I_2}{I_{2н}} = \sqrt{m_c \frac{b_н + \sqrt{b_н^2 - 1}}{b + \sqrt{b^2-1}}}. \qquad (18)$$

На рис. 2 дана зависимость

$$\frac{I_2}{I_{2н}\sqrt{m_c}} = f\left(m_c \frac{k_f^2}{k_u^2}\right).$$

При $b_н \geqslant 1{,}6$ и $b \geqslant 1{,}6$

$$\frac{I_2}{I_{2н}} = \frac{I_2'}{I_{2н}'} \approx \frac{m_c\, k_f}{k_u}. \qquad (19)$$

Фаза приведенного тока ротора относительно напряжения сети

$$\operatorname{tg} \varphi_1' = \frac{1}{b + \sqrt{b^2-1}} \qquad (20)$$

Ток статора. Ток статора можно представить в виде геометрической суммы тока холостого хода и приведенного тока ротора (рис. 3).

Пренебрегая активной составляющей тока холостого хода, ток статора можно определить по выражению

$$I_1 = \sqrt{(I_0 + I_2' \sin\varphi_1')^2 + I_2'^2 \cos^2\varphi_1'}. \qquad (21)$$

Потери в стали. Потери в стали статора при изменении частоты и напряжения могут быть определены по формуле

$$\frac{\Delta P_{стu}}{\Delta P_{с.н}} = \frac{4{,}4\frac{f}{100} + 5{,}6\left(\frac{f}{100}\right)^2}{3{,}6} \cdot \frac{k_u^2}{k_f^2}. \qquad (22)$$

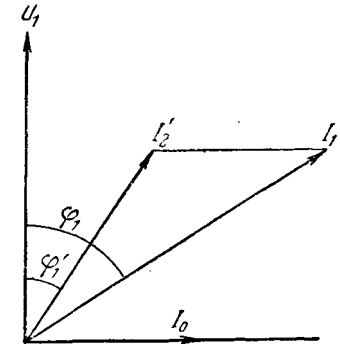


Рис. 3. Диаграмма токов асинхронного двигателя.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

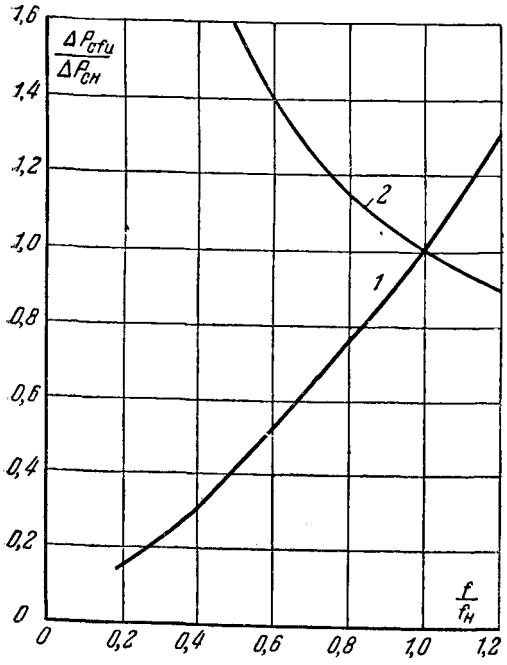


Рис. 4. Зависимость потерь в стали от частоты при $U = \text{const}$ (кривая *1*) и при $\Phi = \text{const}$ (кривая *2*).

На рис. 4 дана кривая *1* потери в стали в зависимости от частоты при сохранении номинального напряжения и кривая 2 изменения потерь в стали в зависимости от частоты при пропорциональном изменении напряжения и частоты.

Нагрев активных частей двигателя. Для вентилируемых машин можно принять, что коэффициент теплоотдачи зависит только от числа оборотов в степени 0,8. Так как потери в обмотке пропорциональны квадрату тока, то для поддержания постоянного нагрева обмоток двигателя при изменении частоты ток следует изменять пропорционально числу оборотов в степени 0,4, т. е.

$$\frac{I}{I_н} = k_f^{0,4}. \qquad (23)$$

Потери в стали для вентилируемых двигателей практически не скажутся на нагреве обмоток.

Работа асинхронного двигателя при пересоединении обмоток статора с треугольника на звезду

Как известно, переключение обмоток статора с треугольника на звезду широко применяется для повышения коэффициента мощности недогруженных асинхронных двигателей. При этом фазовое напряжение обмотки статора уменьшается в $\sqrt{3}$ раз, вследствие чего уменьшается ток холостого хода и реактивная мощность намагничивания. Но при снижении напряжения неизбежно происходит увеличение тока ротора и кроме того увеличивается угол сдвига между напряжением сети и приведенным током ротора. По этим причинам реактивная мощность рассеивания увеличивается. Кроме того из-за увеличения тока ротора будет иметь место повышение нагрева обмоток ротора и более быстрый их износ по сравнению с работой при нормальном соединении обмоток. Следует также учесть, что скольжение двигателя при переключении обмоток увеличится, причем число оборотов уменьшится. Хотя это уменьшение и незначительно, все же будет иметь место некоторое уменьшение производительности рабочих механизмов.

Максимальный момент, развиваемый двигателем, уменьшается в три раза, так как напряжение, подводимое к двигателю, уменьшилось в $\sqrt{3}$ раз. В целях сохранения устойчивой работы, т. е. одной и той же кратности отношения максимального момента двигателя к моменту сопротивления, необходимо было бы момент сопротивления уменьшить также в три раза. Так как при этом скольжение останется равным номинальному, мощность на валу уменьшится также в три раза, а ток ротора уменьшится в $\sqrt{3}$ раза.

Если приводимый двигателем механизм может работать при меньшем отношении максимального момента двигателя к моменту сопротивления, то момент сопротивления можно уменьшить менее чем в три раза. Наибольшая возможная величина момента сопротивления в этом случае будет определяться допустимым током ротора, который при всех режимах не должен быть выше номинального.

Принимая в формуле (18) $I_2 = I_{2н}$ и $k_u = \frac{U_1}{U_{1н}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$, определим момент сопротивления, при котором ток ротора двигателя, работающего с напряжением в $\sqrt{3}$ раз меньше номинального, будет равен номинальному

$$m_c = \frac{\sqrt{2b_н k_u^2 (b_н + \sqrt{b_н^2 - 1}) - 1}}{b_н + \sqrt{b_н^2 - 1}} = \frac{\sqrt{0,67\, b_н (b_н + \sqrt{b_н^2 - 1}) - 1}}{b_н + \sqrt{b_н^2 - 1}}. \qquad (24)$$

Изменение момента сопротивления будет зависеть от величины перегрузочного момента, например, для $b_н = 1,6$ будет $m_c = 0,5$; для $b_н = 2$ будет $m_c = 0,53$; для $b_н = 3$ будет $m_c = 0,56$. По мере увеличения $b_н$ величина m_c стремится к $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0,57$. При этом перегрузочная способность

$$b = \frac{M_м}{M_c} = \frac{1,6}{3 \cdot 0,5} = 1,07$$

для $b_н = 1,6$ будет явно недостаточной.

Выводы

Как указывалось выше, поведение двигателя при понижении частоты практически аналогично поведению при соответствующем повышении напряжения на зажимах двигателя, а при повышении частоты — соответствующему снижению напряжения.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Следовательно, если при понижении частоты соответственно уменьшить напряжения, то магнитный поток, токи ротора и статора, перегрузочная способность двигателя останутся такими же, как и при нормальной работе. При этом, правда, несколько изменятся потери в стали двигателя, а следовательно, и активная составляющая тока холостого хода, но эти изменения практически не скажутся на величине тока статора и на нагреве двигателя. Поэтому мнение некоторых специалистов о необходимости поддержания нормального напряжения при аварийном снижении частоты является неправильным. Снижение напряжения, пропорциональное частоте, является даже желательным, так как оно, не представляя опасности для устойчивости работы асинхронных двигателей, разгружает двигатели, а вместе с тем и систему от повышенных реактивных токов. Это обстоятельство необходимо учитывать при решении вопроса о частотной характеристике регуляторов напряжения.

Ниже даны примеры пользования приведенными формулами для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором 368 *квт*, 3000 *в*, 96,6 *а*. Для этого двигателя $b_н = 2$; ток холостого хода при номинальном напряжении $I_{0н} = 0{,}4\ I_{1н}$; критическое скольжение $S_к = 0{,}1$.

Пример 1. Определить токи статора и ротора и скольжения при снижении напряжения до 0,9 от номинального при постоянном моменте на валу, не зависящем от числа оборотов, равного номинальному. Частота номинальная.

Из уравнения (21), принимая $I_1 = I_{1н}$; $I'_2 = I'_{2н}$ и $I_0 = I_{0н}$, определяем номинальный приведенный ток ротора

$$I'_{2н} = I_{1н}\left[\sqrt{1 - \frac{I_{0н}^2}{I_{1н}^2}\cos^2\varphi'_{1н}} - \frac{I_{0н}}{I_{1н}}\sin\varphi'_{1н}\right].$$

Из уравнения (20) для $b_н = 2$

$$\operatorname{tg}\varphi'_{1н} = \frac{1}{2+\sqrt{2^2-1}} = 0{,}269,$$

откуда $\cos\varphi'_{1н} = 0{,}965$ и $\sin\varphi'_{1н} = 0{,}26$ и

$$I'_{2н} = I_{1н}\left[\sqrt{1 - 0{,}4^2\ 0{,}965^2} - 0{,}4\cdot 0{,}26\right] = 0{,}82 I_{1н}.$$

По кривой рис. 1 для напряжения $0{,}9U_{1н}$ определяем ток холостого хода

$$I_0 = 0{,}85\cdot I_{0н} = 0{,}85\cdot 0{,}4 I_{1н} = 0{,}34 I_{1н}.$$

Для $\frac{m_c k_I^2}{k_u^2} = \frac{1}{0{,}9^2} = 1{,}235$ из рис 2 определяем кратность тока ротора

$$\frac{I_2}{I'_{2н}} = 1{,}14 \text{ или } I'_2 = 1{,}14\, I'_{2н} = 1{,}14\cdot 0{,}82 I_{1н} = 0{,}935 I_{1н}.$$

По уравнению (20) для $b = 2\cdot 0{,}9^2 = 1{,}62$ определяем:

$$\operatorname{tg}\varphi'_1 = \frac{1}{1{,}62+\sqrt{1{,}62^2-1}} = 0{,}34,$$

откуда

$$\cos\varphi'_1 = 0{,}945 \text{ и } \sin\varphi'_1 = 0{,}327.$$

Ток статора по уравнению (21)

$$I_1 = I_{1н}\sqrt{(0{,}34 + 0{,}935\cdot 0{,}327)^2 + 0{,}935^2\cdot 0{,}945^2} = 1{,}13 I_{1н}.$$

Таким образом, при номинальной нагрузке с постоянным моментом сопротивления при снижении напряжения на 10% имеет место перегрузка по току ротора и по току статора.

Номинальное скольжение из уравнения (7)

$$S_к = \frac{0{,}1}{2+\sqrt{2^2-1}} = 0{,}0269.$$

Скольжение при снижении напряжения из уравнения (10) для $b = 1{,}62$:

$$S = \frac{0{,}1}{1{,}62+\sqrt{1{,}62^2-1}} = 0{,}0346.$$

Таким образом, число оборотов изменилось меньше, чем на 1%. Для механизма с вентиляторным моментом сопротивления изменение числа оборотов будет еще меньше, так как момент сопротивления будет уменьшаться при увеличении скольжения.

Пример 2. Для того же двигателя определить токи статора и ротора и число оборотов при снижении частоты на 10% от номинальной для механизма с моментом сопротивления вентиляторного типа, изменяющегося по закону k_f^2. Напряжение номинальное.

Определяем

$$\frac{m_c k_f^2}{k_u^2} = \frac{0{,}9^2\cdot 0{,}9^2}{1} = 0{,}66$$

и по рис. 2 находим

$$\frac{I_2}{I_{2н}\sqrt{m_c}} = 0{,}78,$$

откуда

$$\frac{I_2}{I_{2н}} = 0{,}78\sqrt{0{,}9^2} = 0{,}7$$

или

$$I'_2 = 0{,}7\cdot 0{,}82 I_{1н} = 0{,}575 I_{1н}.$$

Таким образом, токи ротора и статора будут меньше номинального.

Скольжение достаточно точно можно определить по уравнению (10), принимая по уравнению (14) $b = \frac{2}{0{,}94} = 3{,}05$:

$$S = \frac{0{,}1}{0{,}9\,(3{,}05+\sqrt{3{,}05^2-1})} = 0{,}019.$$

Число оборотов $\frac{n}{n_0} = 0{,}9\,(1 - 0{,}019) = 0{,}883$.

Таким образом, число оборотов при снижении частоты на 10% уменьшилось на 9%.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Зависимость напряжения синхронных генераторов, поддерживаемого при автоматическом регулировании, от изменения частоты

Канд. техн. наук Л. В. Цукерник

При автоматическом регулировании возбуждения синхронных генераторов иногда предъявляется требование независимости уровня поддерживаемого регулятором напряжения от изменения частоты в возможных при эксплоатации пределах. Это требование недостаточно обосновано.

Вполне допустимой, а в ряде случаев и более благоприятной является характеристика автоматического регулятора, при которой поддерживаемое последним напряжение генератора изменяется в процентном отношении пропорционально частоте.

Отклонение частоты от нормального значения возникает обычно из-за внезапного увеличения или уменьшения активной нагрузки и является следствием небаланса между электрической мощностью, отдаваемой генераторами, и подведенной к ним механической мощностью (потерями в генераторах пренебрегаем).

Этот небаланс мощности в системе может быть в общем случае покрыт за счет изменения частоты и изменения напряжения (возникающее одновременно изменение скольжения асинхронных двигателей в конечном счете также зависит от этих факторов). Если автоматический регулятор будет поддерживать напряжение одним и тем же независимо от изменения частоты, то можно полагать, что весь возникший небаланс мощности будет покрываться только за счет изменения скорости вращения электродвигателей.

При изменении частоты изменяется реактивный ток, потребляемый индуктивной нагрузкой (в основном намагничивающий ток асинхронных двигателей и трансформаторов). Снижению частоты (при неизменном напряжении) соответствует увеличение реактивного тока, и наоборот. Увеличение потерь активной мощности во всей системе от изменения величины реактивного тока увеличивает небаланс мощности и дополнительно увеличивает возникшее изменение частоты.

Если автоматический регулятор напряжения имеет характеристику, зависимую от частоты (например, если поддерживаемое регулятором напряжение генератора будет меняться пропорционально частоте), то возникший в системе небаланс мощности будет частично ликвидирован также за счет изменения напряжения.

Кроме того, при указанном изменении напряжения будут изменяться реактивный ток и скольжение асинхронных двигателей также в желательную сторону, уменьшая еще более остальную часть небаланса мощности, которая должна быть покрыта изменением частоты.

Очевидно поэтому, что при одной и той же величине возникшего в системе небаланса мощности пределы изменения частоты в случае зависимой частотной характеристики регулятора напряжения получатся меньше, чем в случае независимой частотной характеристики регулятора.

При характеристиках автоматических регуляторов напряжения, не зависимых от частоты, в случаях перегрузки системы дополнительное снижение частоты, обусловленное такими характеристиками, может вызвать значительное увеличение недоотпуска энергии из-за срабатывания автоматов разгрузки по частоте или привести к существенному снижению производительности механизмов из-за уменьшения числа оборотов двигателей.

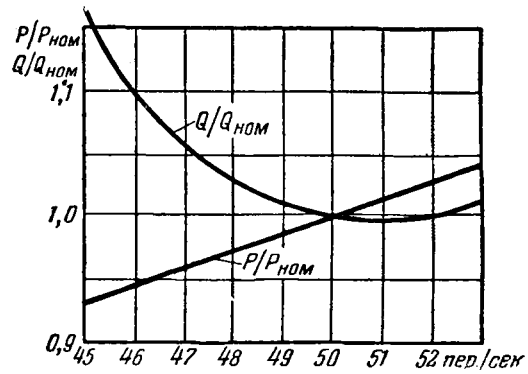


Рис. 1. Типовая зависимость активной и реактивной нагрузки энергосистемы от частоты (при неизменном напряжении).

На рис. 1 и 2 показаны типовые статические характеристики нагрузки, показывающие изменение потребляемой активной и реактивной мощности в зависимости от частоты (при неизменном напряжении) и в зависимости от напряжения (при неизменной частоте)[1]. Принятый состав нагрузки для расчета характеристик:

Силовая нагрузка	60%
В том числе:	
Крупные асинхронные двигатели	15%
Мелкие асинхронные двигатели	35%
Крупные синхронные двигатели	10%
Печи и выпрямители	10%
Освещение и бытовая нагрузка	22%
Потери	8%
Всего	100%

Предположим, что возник такой небаланс мощности, вызывающий изменение частоты, который, если напряжение будет оставаться неизменным, вызовет уменьшение частоты с 50 до 45 пер. (на 10%).

Тогда по характеристике рис. 1 для $f = 45$ пер/сек. определим, что активная мощность будет составлять около 93,5% от номинальной (небаланс 6,5%).

Если бы при уменьшении частоты пропорционально изменялось бы и напряжение, то по характеристике рис. 2 видно, что при уменьшении напряжения до 95% нормального (на 5%) актив-

[1] Характеристики разработаны трестом Теплоэлектропроект (см. одобренный Техническим отделом МЭС СССР „Расчет статической устойчивости электрических систем", Госэнергоиздат, 1948 г.).

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ная мощность составит ~ 97% номинальной, т. е. 3% небаланса мощности (из общей величины 6,5%) покрывается за счет изменения напряжения. Уменьшение частоты должно покрыть лишь остальные 3,5% небаланса. Из характеристики рис. 1 видно, что уменьшение частоты до 47,5 пер/сек. (на 5% аналогично уменьшению напряжения) как раз дает изменение активной мощности до 96,5%, т. е. на требуемые 3,5%.

Таким образом, при пропорциональной зависимости уровня поддерживаемого напряжения от частоты изменение последней при одной и той же величине возникшего небаланса мощности будет в 2 раза меньше, чем при независимой характеристике автоматического регулирования напряжения.

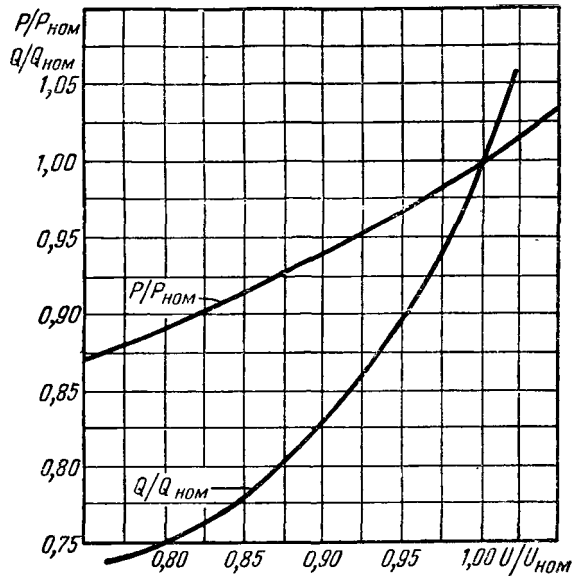


Рис. 2. Типовая зависимость активной и реактивной нагрузки энергосистемы от напряжения (при неизменной частоте).

Из рис. 1 и 2 видно также, что при снижении частоты (в особенности, если оно длится продолжительное время), желательно пропорционально снижать напряжение для сохранения нормальной величины реактивного тока асинхронных двигателей и предотвращения, таким образом, перегрузки системы реактивной мощностью (по рис. 1 снижению частоты с 50 до 46 пер/сек соответствует увеличение реактивной нагрузки до 110% от номинальной).

Особо следует выделить вопрос о сравнении устойчивости параллельной работы мощных энергосистем в режиме с более пониженной частотой, но при нормальном напряжении, или в режиме с менее пониженной частотой, но при пропорционально пониженном напряжении. Это существенно для послеаварийных режимов энергосистем, если произошло отключение части генерирующей мощности и вследствие этого наброс нагрузки на остальную энергосистему.

При снижении частоты пропорционально уменьшается реактивное сопротивление всех звеньев системы, что является благоприятным для устойчивости. С другой стороны, можно полагать, что величина э. д. с. генераторов снижается пропорционально квадрату частоты из-за уменьшения скорости вращения генераторов и возбудителей.

Автоматические регуляторы напряжения будут увеличивать э. д. с. генераторов, повышая этим устойчивость. Приближенно можно считать, что при автоматических регуляторах напряжения, имеющих характеристику пропорциональной зависимости «уставки» от частоты, устойчивость системы при сниженной частоте будет сохраняться примерно на таком же уровне, как при нормальной частоте и нормальном напряжении.

Таким образом, соображения, связанные с устойчивостью параллельной работы энергосистем, также не дают оснований возражать против применения автоматических регуляторов напряжения с «уставкой», пропорциональной частоте. Следует указать, что если в энергосистеме начнет развиваться по тем или иным причинам нарушение статической устойчивости, то для наиболее эффективного противодействия этому нарушению нужно увеличивать возбуждение возбудителей до «потолка» независимо от значения частоты в данный момент.

Такая форсировка легко может быть обеспечена, например, широко применяемым в энергосистемах релейным устройством «быстродействующего возбуждения» (реле напряжения, обычно с уставкой 80—90% от нормального напряжения, шунтирующее посредством промежуточного реле или контактора шунтовой реостат возбудителя или увеличивающее установочное сопротивление компаундирования). Возможно выполнение этого требования непосредственно самим автоматическим регулятором напряжения.

В заключение можно отметить, что если автоматические регуляторы напряжения будут обладать характеристикой пропорциональной зависимости «уставки» от частоты, и почему-либо возникнет надобность в восстановлении нормального напряжения при сниженной частоте, то это может быть сделано установочным реостатом регулятора.

Выводы

Наиболее благоприятной характеристикой автоматического регулятора напряжения является пропорциональная зависимость (в относительных единицах) поддерживаемого напряжения генератора от частоты, при отклонении последней в небольших пределах (примерно до $\pm 5\%$).

Для электростанций энергосистем дополнительно необходимо, чтобы при снижении напряжения более чем на заданную величину (например, более чем на 10%), независимо от частоты в этом режиме обеспечивалась бы автоматическая форсировка возбуждения до «потолка» для поддержания устойчивости энергосистемы.

Электромагнитный корректор напряжения компаундированных синхронных генераторов, разработанный Институтом электротехники Академии наук УССР [2], обладает рекомендуемой характеристикой.

[2] В. Л. Иносов и Л. В. Цукерник, Компаундирование синхронных генераторов с электромагнитным корректором напряжения, „Электричество", № 9, 1949 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Установка для сварки алюминиевых проводов и кабелей

Инж. И. А. Антонов

В настоящее время при монтаже проводов и кабелей с алюминиевыми жилами применяются следующие горячие способы соединения: мягкая и твердая пайка, сквозное литье, а также электро- и газовая сварка.

Мягкая пайка не обеспечивает достаточной коррозиеустойчивости места соединения и поэтому не допускается при работе проводов в условиях влажного воздуха. Твердая пайка, не имея этого недостатка, в то же время не обеспечивает достаточную механическую прочность места соединения (наблюдаются иногда случаи появления трещин в зоне шва и т. п.).

Способ сквозного литья состоит в том, что соединяемые концы жил расплавляются в специальной форме, заливаемой жидким алюминием. Этот способ, несмотря на свою простоту, применяется сравнительно редко, так как требует для своего осуществления использования громоздких приспособлений (тиглей, горнов и т. д.).

Электросварка, осуществляемая угольным электродом, получила распространение лишь при соединении однопроволочных проводов. Объясняется это трудностями точного соблюдения сварочного режима при сварке жил больших сечений и возможностью пережога места соединения вследствие чрезмерного интенсивного нагрева дугой.

Газовая сварка, обеспечивая равномерный нагрев и хорошее качество шва, является одним из наиболее надежных методов соединения многопроволочных алюминиевых проводов. Однако, в расплавленном состоянии открытая сварка алюминия без применения форм или тиглей вызывает некоторые затруднения. В связи с этим возникает необходимость в применении закрытой сварки, т. е. такой, при которой место соединения заключено в специальные приспособления (формы), препятствующие растеканию жидкого металла. Этот способ проще в исполнении, но препятствием к его распространению до сих пор служило отсутствие необходимой автогенной аппаратуры.

В целях удовлетворения потребностей промышленности в такой аппаратуре в ВНИИАвтоген была разработана конструкция установки для сварки алюминиевых проводов сечением по меди от 16 до 400 *мм*². Эта установка предназначена для стыковой сварки проводов с алюминиевыми жилами и для наварки кабельных наконечников. Кроме того, она может быть использована для пайки и нагрева различных элементов конструкций.

В качестве горючего используется бензин или керосин. Нагрев соединяемых алюминиевых жил осуществляется бензино-кислородным или керосино-кислородным пламенем.

Установка (рис. 1) состоит из следующих основных частей: сварочной горелки *1*, бачка для жидкого горючего *2*, кислородного редуктора

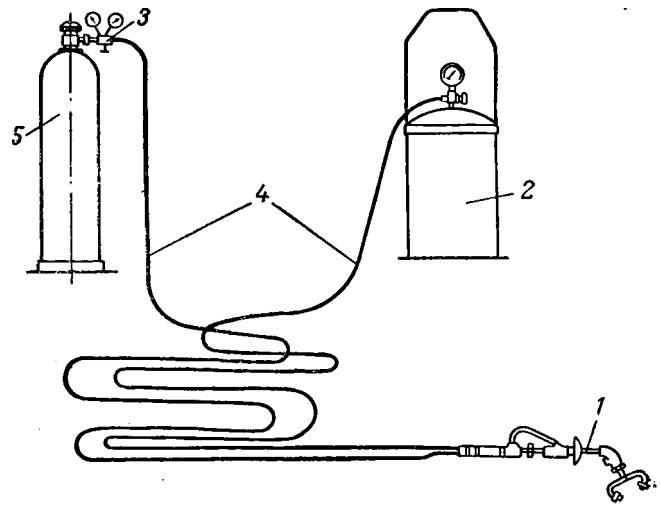


Рис. 1. Монтажная схема сварочной установки.

(типа РК) *3*, кислородного баллона *5* (последний в комплект поставки не входит), гибких шлангов *4* и принадлежности для сварки (на схеме не показаны).

Все участки установки, за исключением бачка для горючего и шлангов, упаковываются в укладочный ящик.

Конструкция горелки (рис. 2) предусматривает возможность работы с двумя мундштуками при сварке встык концов кабелей и проводов и одним мундштуком при наварке кабельных наконечников.

Кислород из баллона поступает по шлангу, присоединяемому к ниппелю *1*, в корпус горелки *2* и далее через вентиль *3* в трубку инжектора *4*, находящуюся внутри трубки испарителя *5*. На трубке *4* намотана асбестовая оплетка *6*, заполняющая испаритель. К концу трубки припаян инжектор *7*, через который кислород выходит в смесительную камеру *8*. Горючее через ниппель *9*

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

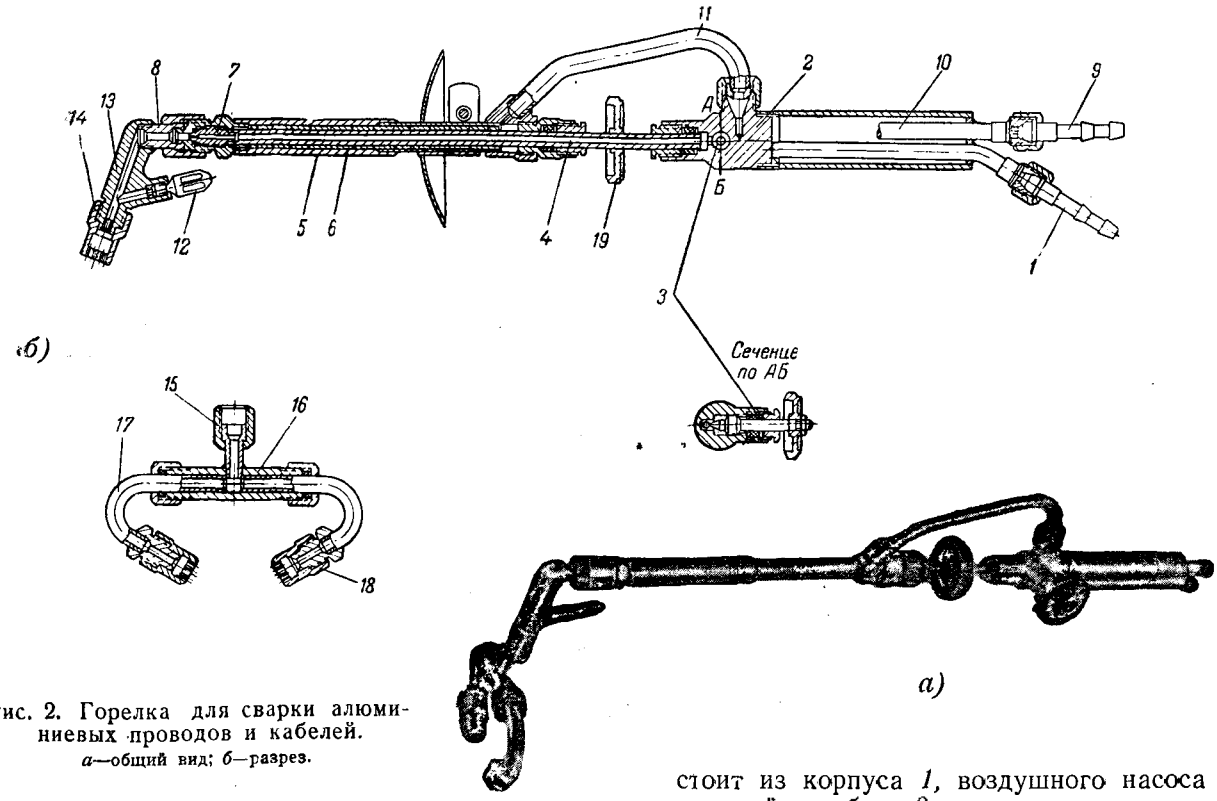


Рис. 2. Горелка для сварки алюминиевых проводов и кабелей.
а—общий вид; *б*—разрез.

поступает по трубке *10* для подачи горючего в корпус горелки и далее через трубку *11* проходит по асбестовой оплетке, находящейся в трубке испарителя, к инжектору.

Горючее подогревается и испаряется в составном испарителе, состоящем из красномедной и латунной трубок, пламенем подогревательного сопла *12*. Пары горючего засасываются кислородом, выходящим с большой скоростью из инжектора, и поступают в смесительную камеру *8*, где происходит смешивание паров с кислородом. Образовавшаяся горючая смесь поступает по каналу головки *13* в подогревательное сопло *12* и мундштук *14*.

Горелка снабжена сменными мундштуками № 1 и 2, изготовленными из латуни ЛС-59-1. Мундштуки имеют 19 выходных отверстий диаметром 0,8 *мм* для мундштуков № 1 и 0,65 *мм* для мундштуков № 2.

Мундштук № 1 применяется только для работы с одним мундштуком, например, при оконцевании многопроволочного провода. В случае работы с двумя мундштуками мундштук *14* снимается с головки *13* и на ее хвостик навертывается накидная гайка *15* коллектора *16*, в котором закрепляются трубки *17* для горючей смеси с мундштуками *18*. Нормальное расстояние между этими мундштуками 60 *мм*. Оно может быть увеличено до 80 *мм* или уменьшено до 40 *мм* перемещением трубок *17* внутри коллектора *16*.

Регулировка подачи горючего производится маховичком *19*, который перемещает трубку с инжектором вдоль ее оси и тем самым изменяет величину зазора между корпусом инжектора и седлом смесительной камеры.

В качестве сосуда для горючего применяется бачок (рис. 3), служащий одновременно для подачи бензина или керосина к горелке. Бачок состоит из корпуса *1*, воздушного насоса *2*, питательной трубки *3* и питательного вентиля *4*, в выходной штуцер которого ввернут тройник *5* с манометром *6* и предохранительным клапаном *7*. Питательный вентиль имеет маховичок *8* для прекращения подачи горючего и краник *9* для спуска давления. Для переноса бачка служит дужка *10*, прикрепляемая к корпусу его. Подача горючего осуществляется под давлением воздуха, нагнетаемого в бачок насосом *2*.

Процесс газовой сварки алюминиевых проводов и кабелей, сопровождаемый расплавлением жил, требует применения специальных принадлежностей (рис. 4), обеспечивающих возможность получения высококачественного сварного шва и уменьшающих вредное влияние интенсивного местного нагрева на изоляцию. К этим принадлежностям относятся экранирующие диски, а также комплекты сменных сварочных форм и охлаждающих клещей. Размеры сменных приспособлений, входящих в комплект установки, соответствуют размерам алюминиевых проводов, выпускаемых заводами электропромышленности.

Сварочные формы представляют собой чугунные (или стальные) Т-образные детали (рис. 4,*а*), в которые вставляются соединяемые концы кабеля. Экранирующие диски (рис. 4,*б*) служат для защиты изоляции от отраженного тепла пламени. Охлаждающие клещи (рис. 4,*в*) употребляются для поглощения выделенного при сварке тепла с целью предохранения изоляции от перегрева. Клещи состоят из двух шарнирно соединенных алюминиевых колодок, в основаниях которых закреплены рукоятки, а в цилиндрические пазы вставлены сменные алюминиевые вкладыши-полукольца, имеющие диаметр, соответствующий диаметру провода или кабеля без изоляции. Вкладыши прикреплены к колодкам шурупами.

Процесс сварки встык алюминиевых проводов и кабелей осуществляется следующим обра-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

зом[1]. С концов соединяемых жил снимают изоляцию на длине, равной половине длины сварочной формы плюс 30 *мм* (ширина охлаждающих клещей). На место соединения надевается сварочная форма, внутренняя поверхность которой предварительно очищается и покрывается кокильной краской, а затем просушивается. Половинки форм скрепляются вязальной проволокой и по обеим сторонам ее устанавливаются экранирующие диски. Затем зажигается пламя горелки с двумя мундштуками и производится нагрев сварочной формы примерно до 700—800° С.

В качестве присадочного материала используются обрезки алюминиевых жил, которые перед сваркой обмазываются флюсом. Для этих целей обычно применяется флюс КМ-1 заводов Министерства связи с содержанием 45% хлористого калия, 20% хлористого натрия, 20% хлористого бария и 15% фтористого натрия.

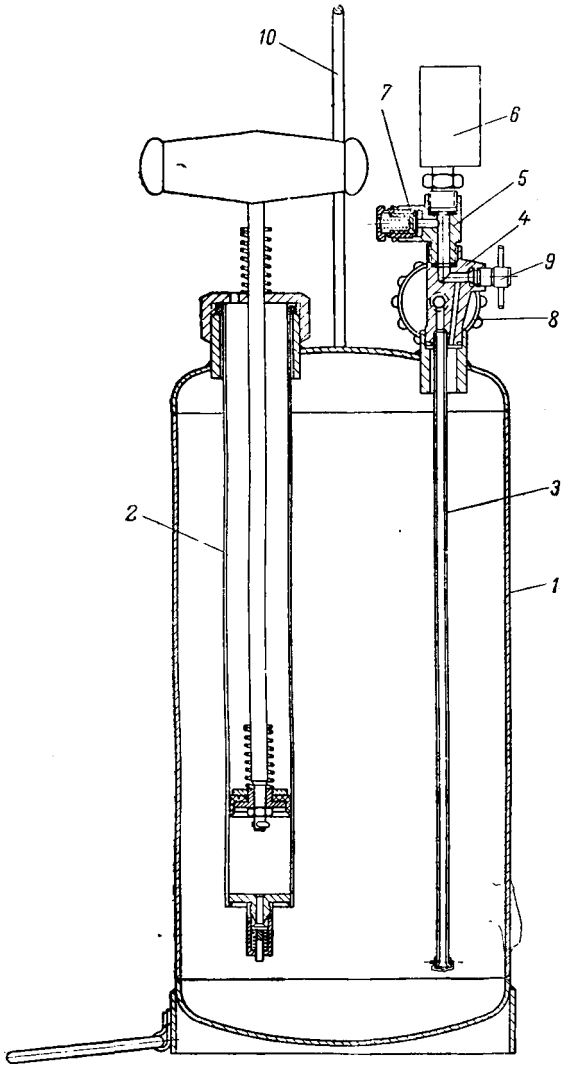


Рис. 3. Бачок для горючего.

Присадочная проволока подается к месту соединения через литник формы до заполнения ее расплавленным металлом, после чего нагрев прекращается. Немедленно вслед за этим на оголенных участках жил устанавливаются охлаждающие клещи. После остывания плавки форма удаляется, литниковая прибыль снимается и место соединения обрабатывается напильником.

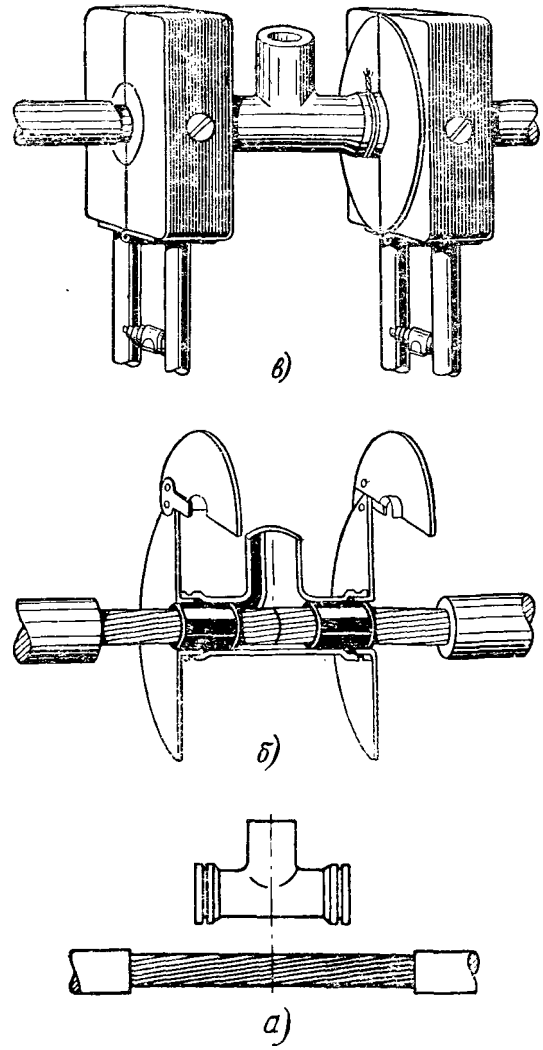


Рис. 4. Специальные принадлежности для газовой сварки.
а—сварочная форма; *б*—экранирующие диски; *в*—охлаждающие клещи.

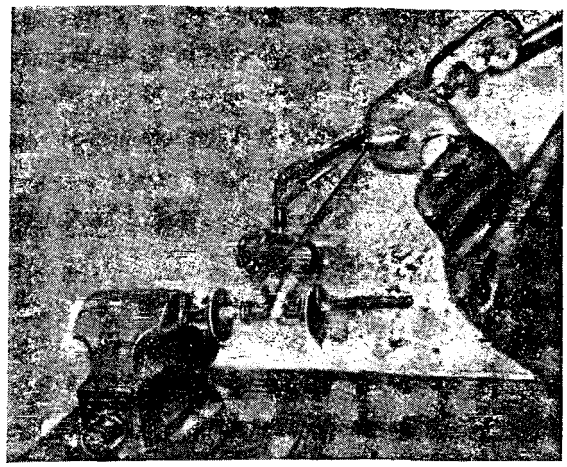


Рис. 5. Сварка провода марки АПР с алюминиевыми жилами сечением 95 *мм*².

[1] Главэлектромонтаж МСПТИ, Методы соединения изолированных проводов и кабелей с алюминиевыми жилами, Госэнергоиздат, 1947 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

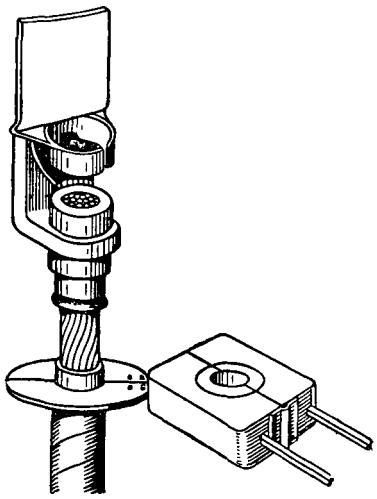


Рис. 6. Оконцевание многопроволочного алюминиевого провода.

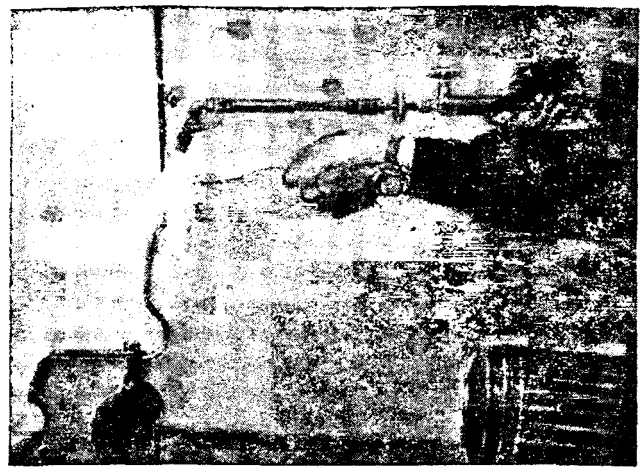


Рис. 7. Общий вид горелки при пайке латунной трубки серебряным припоем.

Продолжительность нагрева при сварке алюминиевых проводов сечением 95—240 *мм*² составляет в среднем от 0,5 до 2 мин. На рис. 5 показана сварка встык концов алюминиевых проводов марки АПР сечением 95 *мм*². Ориентировочные данные о расходах и давлениях кислорода и горючего приведены в таблице.

Давление, *кг/см*²		Расход		
кислорода	горючего	кислорода, *л/час*	бензина, *г/час*	керосина, *г/час*
3,0	1,5	750 — 800	480 — 510	520 — 550
4,0	2,0	750 — 900	480 — 560	520 — 600
5,0	2,5	750 — 1 100	480 — 700	520 — 780

При оконцевании многопроволочного алюминиевого провода подогревательное пламя мундштука направляется на место соединения сверху вниз по вертикали и находится на расстоянии примерно 1 *см* от места плавки. Применяемая в этом случае форма (рис. 6) снабжена защитным экраном, предохраняющим поверхность кабельного наконечника от чрезмерного нагревания.

Описанная установка обладает мягким, охватывающим многофакельным пламенем с температурой примерно 2 400—2 600°С, благодаря чему обеспечивается менее интенсивный нагрев деталей, чем при кислородно-ацетиленовым пламени. Кроме того, горелка работает на менее дорогом и более доступном, чем ацетилен, горючем.

Указанные выше достоинства горелки делают ее удобной для использования при сварке алюминиевых проводов и кабелей, а также для целей подогрева различных элементов конструкций при выполнении всевозможных слесарно-сборочных, ремонтных и паяльных работ.

На рис. 7 показан общий вид горелки с одним мундштуком при пайке латунной трубки серебряным припоем.

В настоящее время установка передана для серийного производства одному из заводов системы Главкислорода.

ОТ РЕДАКЦИИ

Широкое внедрение изолированных проводов и кабелей с алюминиевыми жилами задерживалось из-за отсутствия специальной аппаратуры для сварки соединений проводов и приварки наконечников.

Разработанная ВНИИАвтоген Главкислорода МХП надежная в эксплоатации аппаратура для газовой сварки алюминиевых жил изолированных проводов и кабелей делает возможным расширение области ее применения. Министерство связи выпускает необходимые флюсы.

Указанная аппаратура может быть применена также для сварки алюминиевых шин.

В соответствии с решением совещания представителей Технического отдела МЭС, Главэлектромонтажа МСПТИ и Главкислорода МХП последний будет поставлять указанную аппаратуру комплектно со всеми принадлежностями, шлангами и редукторами.

Редакция обращается с просьбой к работникам энергосистем присылать материал по обмену опытом использования указанной аппаратуры.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Телеуправление выключателями в городских электросетях

Инж. Л. Х. Землянкер

В городских электросетях 6—10 *кв* распределительные устройства, как правило, не имеют источников оперативного постоянного тока и постоянного обслуживающего персонала. Для производства операций с масляными выключателями требуется выезд обслуживающего персонала на место. Такое положение связывает оперативные действия диспетчера городских электросетей.

Телеуправление масляными выключателями в городских сетях связано с необходимостью прокладки линий, установки соленоидных приводов и аккумуляторных батарей. Кроме того, существующие распределительные устройства не всегда позволяют по своим габаритам установить аккумуляторную батарею или другой источник оперативного тока.

В Одесской электросети разработано устройство по телеуправлению выключателями с приводами типа КАМ, в котором все указанные затруднения были разрешены.

В качестве связывающих линий между диспетчерской службой и распределительными устройствами использованы телефонные пары городской телефонной сети, которые в сочетании с установленными в распределительных устройствах импульсными шаговыми искателями дали возможность управлять по одной паре имеющихся телефонных проводов всеми выключателями, находящимися в данном устройстве.

Для включения выключателя использован грузовой автомат повторного включения (АПВ) однократного действия, к которому пристроен электродвигательный привод. Электродвигатель, питающийся от измерительного трансформатора напряжения, через редуктор производит подъем груза, который затем при своем падении обеспечивает включение выключателя. Таким образом, исключена необходимость в достаточно мощном источнике тока и соленоидных приводах.

Конструктивное выполнение

Устройство для телеуправления состоит из трех основных узлов:

1) электродвигательного привода и грузового АПВ однократного действия, устанавливаемых на каждом управляемом выключателе;

2) комплекта аппаратуры управления, устанавливаемого на пульте диспетчера, — один для всех телеуправляемых распределительных устройств;

3) панели автоматики, устанавливаемой в каждом телеуправляемом устройстве.

Привод и грузовой АПВ

Конструктивное выполнение привода показано на рис. 1.

Привод представляет собой компактный двухступенчатый червячный редуктор *2* с передаточным числом 900 : 1 и однофазным коллекторным электродвигателем 100 *вт*, 110 *в* и 3 000 об/мин. На выходном валу редуктора находится муфта сцепления *3*, состоящая из двух дисков. Один диск жестко укреплен на валу, а второй свободно вращается. На свободно вращающемся диске

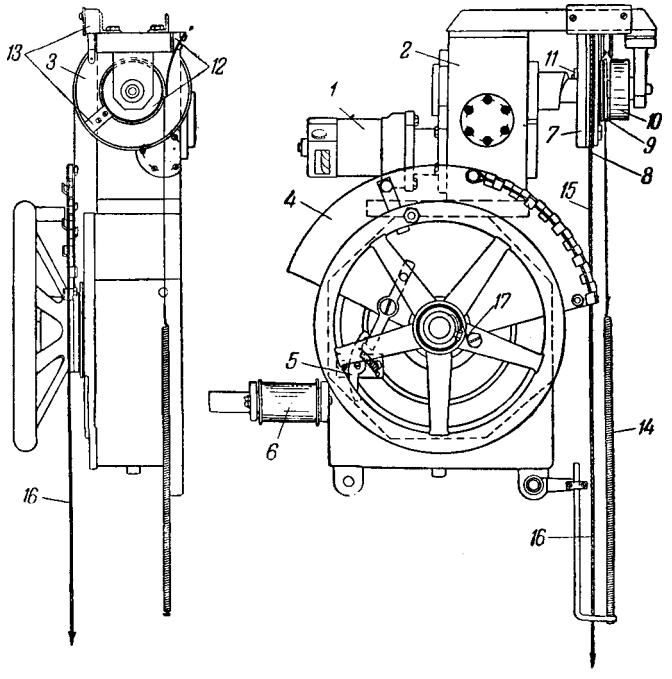


Рис. 1. Устройство АПВ на приводе КАМ.

1—электродвигатель; *2* — редуктор; *3* — муфта сцепления; *4* — сектор для подъема груза; *5* — собачка, удерживающая груз в крайнем верхнем положении; *6* — электромагнит включения выключателя; *7*—жестко укрепленный диск муфты сцепления; *8* свободно вращающийся диск муфты сцепления; *9* — ролик натяжной пружины; *10*—барабан конечного выключателя *1*; *11* — выталкиватель защелки муфты сцепления; *12*—конечный выключатель *1*; *13*—конечный выключатель *2*; *14* — натяжная пружина; *15* — тросик поворота сектора; *16* — тросик подвеса груза; *17* — ленточная спиральная пружина.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

установлена пружинная защелка, при помощи которой происходит соединение обоих дисков муфты сцепления. Для ограничения подъема груза и автоматического пуска электродвигателя на валу редуктора и свободно вращающемся диске установлены конечные выключатели *12* и *13*. Свободно вращающийся диск соединен тросиком с сектором автомата повторного включения *4*.

Грузовой АПВ, применяемый в Одесской электросети, несколько измененный для работы в сочетании с электродвигательным приводом, представляет собой сектор *4*, укрепленный на втулке, свободно вращающейся в передней крышке КАМ, концентрично оси штурвала. Сектор размещен между штурвалом и передней крышкой КАМ. Дуга сектора разрезана по радиусам на зубья высотой 15 *мм*, которые разводятся в обе стороны так, чтобы получить две направляющие для тросов. В левой крайней точке дуги сектора укрепляется тросик, который укладывается в передней (первой) направляющей и соединен с грузом. В правой крайней точке дуги сектора укрепляется второй тросик так, чтобы при повороте сектора вправо он шел по второй направляющей. Второй тросик соединен со свободно вращающимся диском муфты сцепления *3*.

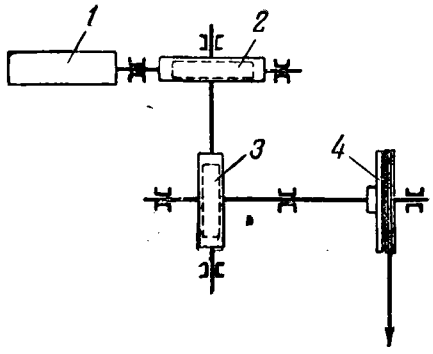


Рис. 2. Кинематическая схема привода.
1 — электродвигатель; *2* — первая червячная пара; *3* — вторая червячная пара; *14* — муфта сцепления.

В левой нижней части сектора *4* укреплен зуб *17*, который при повороте сектора влево, т. е. при подъеме груза, немного отталкивает пружинную защелку *5* и заходит под нее. Защелка укреплена шарнирно на передней крышке КАМ и служит для удержания сектора в крайнем левом положении, следовательно, и груза в крайнем верхнем положении.

В левой верхней части сектора укреплен упор, а на штурвале КАМ палец так, чтобы при повороте сектора вправо упор, толкая палец, поворачивал штурвал. Впереди штурвала на оси его укреплена плоская спиральная пружина, стремящаяся повернуть штурвал влево.

Таким образом, при автоматическом либо дистанционном отключении выключателя штурвал под действием спиральной пружины поворачивается влево до тех пор, пока палец не доходит до упора на секторе.

Кинематическая схема привода приведена на рис. 2.

Аппаратура телеуправления

В комплект аппаратуры телеуправления, устанавливаемый на пульте диспетчера, входят:

1) кнопочные контакты по числу телеуправляемых распределительных устройств;

2) номеронабиратель;

3) сигнальная лампа контроля целости цепи, включаемая через реле, — для всех распределительных устройств;

4) сигнальная лампа выполнения заданной операции, включаемая через реле, — для каждого распределительного устройства;

5) специально отградуированный миллиамперметр с пределами измерения 30—50 *ма*;

6) меднозакисный выпрямитель на 100 *в* и 0,5 *а* постоянного тока.

Схема включения аппаратуры приведена на рис. 3—левая часть.

Панель автоматики

На панели автоматики, устанавливаемой в распределительном устройстве, имеются:

1) импульсный шаговый искатель (при наличии в распределительном устройстве более четырех управляемых выключателей, устанавливаются на панели автоматики два искателя);

2) промежуточные реле, по 2 шт. на каждый управляемый выключатель;

3) меднозакисный выпрямитель на 40 *в* и 2 *а* постоянного тока;

4) контактор для переключения подходящей линии на телефонную связь.

Принципиальная схема коммутации панели автоматики приведена на рис. 3 — правая часть.

Действие устройства

Нажатием кнопки контактора *1* в помещении диспетчерской службы (см. принципиальную схему, рис. 3) линия к распределительному устройству переключается в цепь аппаратуры управления. Реле контроля целости цепи *К* обтекается током, и загорается лампа.

Набором нужного импульса на номеронабирателе (допустим для включения одного из выключателей) второй шаговый искатель (первый работает на отключение выключателей) в распределительном устройстве № 1 создает следующую цепь: минус источника 100 *в* — обмотка реле РПС — миллиамперметр — кнопка разрыва цепи РЦ — контакты контактора № 1 — линия — контактор переключения на телефонную связь—шаговый искатель первый — шаговый искатель второй — промежуточное реле включения выключателя—блок-контакты выключателя—земля (плюс заземлен).

Катушка реле РПС обтекается током 30 ÷ 50 *ма* и притягивает свой сердечник. Контакты реле РПС замыкают цепь сигнальной лампы выполнения операции, и лампа загорается. Стрелка миллиамперметра отклонится на определенную величину. Так как градуировка шкалы миллиамперметра представляет собой номерацию выключателей в распределительном устройстве, а в промежуточном реле включены добавочные сопротивления, разные по величине для каждого из

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

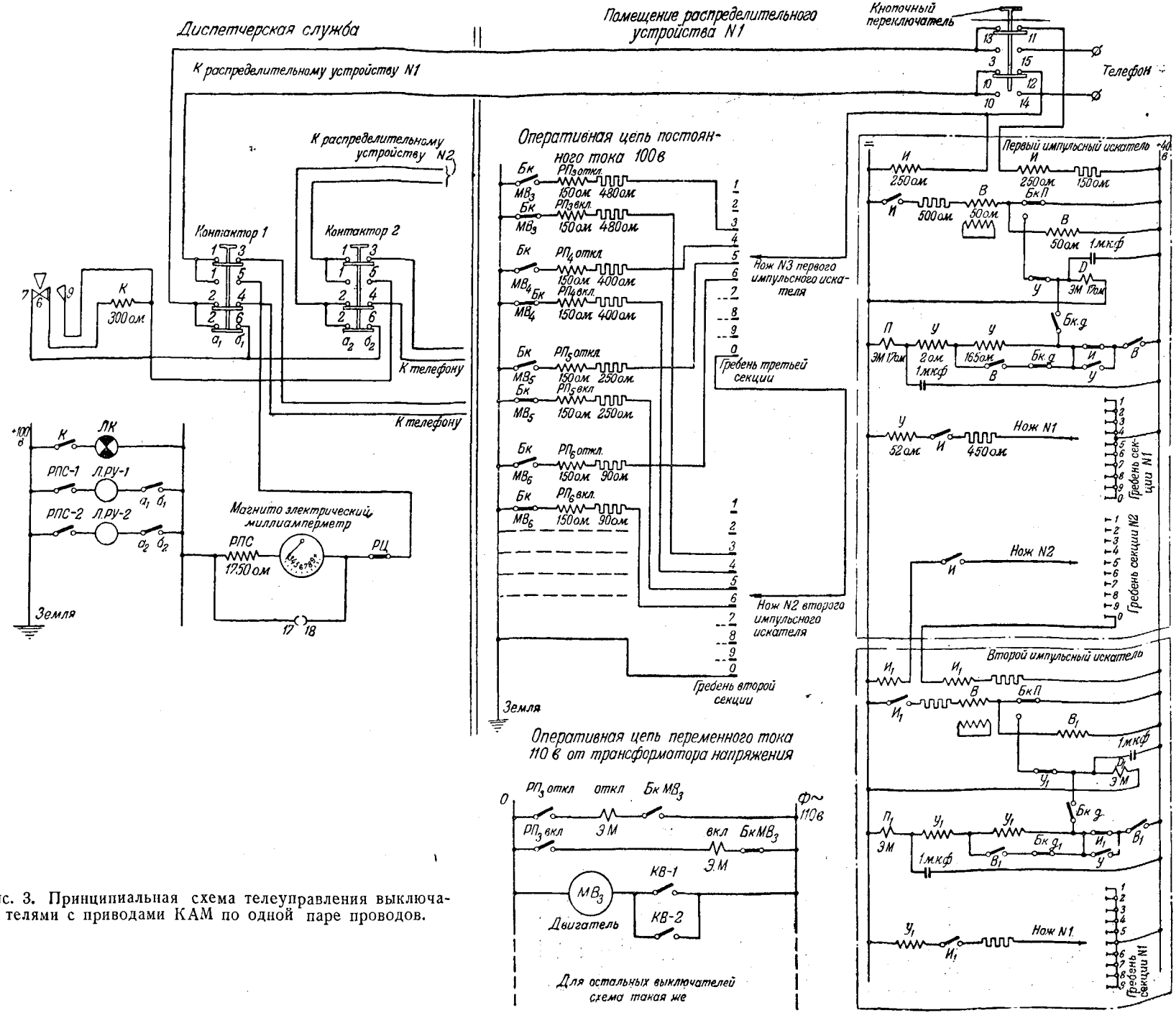


Рис. 3. Принципиальная схема телеуправления выключателями с приводами КАМ по одной паре проводов.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

выключателей, то, следовательно, для разных выключателей создается в цепи разный ток. Стрелка миллиамперметра укажет, для какого по номеру выключателя подготовлена цепь. Посылка командного импульса производится замыканием контактов *16* и *17*, чем шунтируется реле РПС и миллиамперметр. Так как реле РПС имеет сопротивление 1 750 *ом*, то ток в подготовленной цепи возрастает до 80—120 *ма*. Промежуточное реле включения выключателя срабатывает, контакты его включают оперативный ток на электромагнит *6* включения выключателя. Боек электромагнита выбивает защелку *5*, удерживающую груз в верхнем положении. Груз, падая, поворачивает сектор и штурвал привода КАМ в сторону включения. Выключатель, включаясь блок-контактами, размыкает цепь питания реле РПС, и лампа выполнения заданной операции гаснет. Груз, достигнув крайнего нижнего положения, замыкает контакты конечного выключателя *13* и электродвигатель включается. Происходит поворот сектора, т. е. подъем груза. Как только груз поднят на заданную высоту и зуб *17* прошел под защелку *5*, размыкается второй конечный выключатель *10*— электродвигатель отключается. Привод подготовлен к следующему включению.

Отключение выключателя происходит по той же схеме.

Пристройка к приводу КАМ электродвигательного привода в сочетании с АПВ не препятствует производству операции выключателем от руки.

Привод одновременно может быть использован, как автомат однократного повторного включения без изменений в конструкции его. При этом завод АПВ после его срабатывания происходит автоматически. Использование привода в качестве автомата включения резерва (АВР) требует незначительного изменения в схеме включения. Схема телеуправления выключателя с использованием телефонной пары, как связывающей линии, не нарушает действующей телефонной связи между распределительным устройством и диспетчерской службой.

Выводы

Применение привода с электродвигателем в сочетании с грузовым АПВ имеет следующие существенные преимущества перед системой соленоидного привода.

1. Потребная мощность для включения выключателя не превышает 200 *ва*, в то время как потребная мощность для включения соленоидным приводом составляет около 10 *квт*.

2. Источником питания привода с электродвигателем является обычный измерительный трансформатор напряжения, имеющийся в каждом распределительном устройстве.

Стоимость опытного устройства телеуправления составила 2 тыс. руб. на один выключатель. Можно считать, что при заводском изготовлении стоимость значительно снизится.

Полугодовой опыт эксплоатации устройства телеуправления показал надежную и безотказную его работу со всеми вытекающими преимуществами без значительных затрат и трудоемких работ по устройству специальных линий, аккумуляторных батарей и зарядных установок.

ОТ РЕДАКЦИИ

Выполненная в Одесской электросети установка телеуправления выключателями в городских необслуживаемых распределительных устройствах, безусловно, заслуживает внимания. Относительно несложными средствами возможно значительно повысить оперативность управления выключателями в необслуживаемых распределительных устройствах и в переключательных пунктах, не имеющих постоянного обслуживания.

Применение такой установки позволяет распределительные устройства, оснащенные выключателями с приводом КАМ, переводить на работу без постоянного дежурства обслуживающего персонала.

Следует отметить, что хотя описанная система собственно телеуправления с телефонными номеронабирателями и искателями является работоспособной, но она не может быть названа лучшей из известных в настоящее время. Что же касается усовершенствования привода с грузовым АПВ путем добавления несложного устройства для автоматического подъема груза электродвигателем, питающимся от трансформатора напряжения, то такое решение является безусловно удачным и, очевидно, должно найти широкое применение в энергосистемах.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Каналы связи для телемеханики

Инж. И. С. Звенигородский

Устройства телемеханики — телеизмерение, телеуправление и телесигнализация все шире внедряются как необходимое средство улучшения диспетчерского управления энергосистемами, управления на расстоянии автоматизированными гидростанциями и подстанциями. Условия применения телемеханики, возможности и сроки выполнения, а также выбор типа телемеханических устройств в значительной мере определяются наличием и характером имеющихся каналов связи. От качества канала связи зависит надежность и устойчивость работы телемеханических устройств.

По экономическим соображениям обычно не выделяются специальные провода на линиях связи для каналов телемеханики, а как правило, используются с помощью методов уплотнения действующие телефонные провода или провода высоковольтных линий электропередачи для передачи сигналов телемеханики одновременно с телефонированием.

Простейшим способом уплотнения линий связи является схема с дифференциальным трансформатором (рис. 1). Телефонная цепь заканчивается на обоих концах дифференциальными трансформаторами *ДТ*, к средним точкам которых подключаются передающее *ТМ-1* и приемное *ТМ-2* устройства телемеханики.

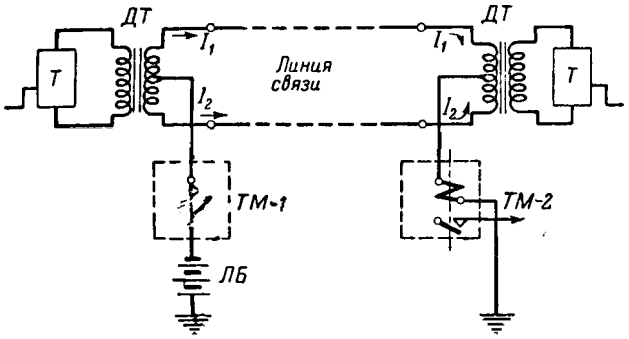


Рис. 1.

При равенстве сопротивлений как проводов телефонной цепи, так и полных сопротивлений обеих половин обмоток дифференциальных трансформаторов, токи I_1 и I_2 от устройств телемеханики равны и практически не влияют на телефонные аппараты *Т*. Для ограждения телефонной цепи от высших гармонических, образующихся при передаче сигналов телемеханики, и для полного удаления помех на телефонный канал между устройством телемеханики и средними точками обоих трансформаторов устанавливаются так называемые телеграфные фильтры, как показано на рис. 2. Источником тока служит линейная батарея *ЛБ*, включаемая на одном конце канала передачи.

Основные достоинства канала, образованного дифференциальными трансформаторами, заключаются в его простоте, дешевизне и доступности во всех случаях, когда цепь связи уже имеется.

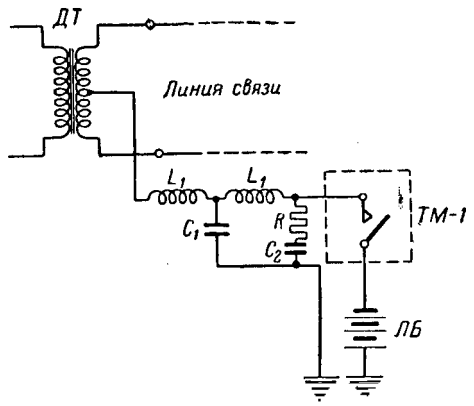


Рис. 2.

Вместе с этим способ обладает существенными недостатками. При изменении сопротивления одного из проводов, например при ухудшении какого-либо контакта в линии или при ухудшении изоляции одного из проводов, помехи в основной цепи увеличиваются настолько, что телефонная передача становится невозможной. При резком ухудшении изоляции проводов (в дождь и т. п.) и утечке тока в землю рабочий ток в обмотках линейного реле падает ниже допустимого и реле либо работает неустойчиво, либо полностью перестает работать. Предотвратить это можно повышением напряжения линейной батареи, что, однако, часто оказывается неудобным или невозможным.

Несмотря на указанные недостатки, до недавнего времени устройства частотно-импульсной системы телеизмерения Мосэнерго работали по каналам с дифференциальными трансформаторами. Напряжение линейной батареи было принято 24 *в*, что в ряде случаев оказывалось недостаточным.

Более совершенным является устройство для передачи сигналов телемеханики токами несущих

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

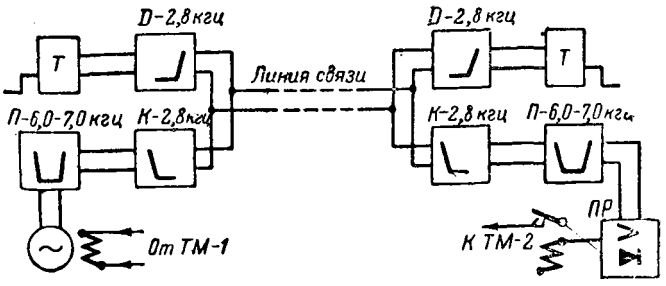


Рис. 3.

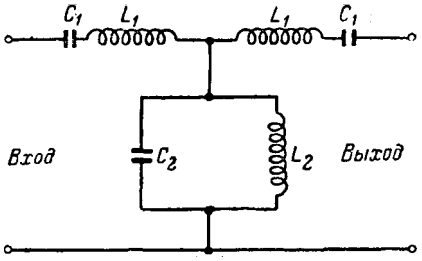


Рис. 4.

частот в диапазоне 6,0—7,0 *кгц*. Передающее устройство представляет собой ламповый генератор переменного тока с частотой 6 500 *гц*. С устройством телемеханики связано реле, включающее своим контактом выходной усилитель передатчика. Приемник состоит из одноламповоого усилителя и лампового детектора, в анодную цепь которого включено приемное реле. Схема включения устройства показана на рис. 3. В цепь связи включаются стандартные линейные фильтры, состоящие из параллельно включенных: дроссельного фильтра *Д* — 2,8 *кгц*, пропускающего частоты только ниже 2,8 *кгц*, и конденсаторного фильтра *К* — 2,8 *кгц*, пропускающего все частоты выше 2,8 *кгц*. За первыми включаются телефонные аппараты *Т* или коммутаторы, за вторыми — устройства для передачи сигналов телемеханики.

Для ограничения выхода высших грамонических из передатчика и повышения избирательности приемника между фильтром *К* — 2,8 *кгц* и передатчиком (приемником) устанавливаются специальные полосные фильтры *П* 6,0—7,0 *кгц*, пропускающие только полосу частот от 6,0 и до 7,0 *кгц*. Схема звена фильтра показана на рис. 4.

Принципиальная схема передатчика, как видно из рис. 5, состоит из задающего генератора с параллельным питанием, собранного на лампе 6Л6. Колебательный контур генератора рассчитан на частоту 6,5 *кгц*. Выходной каскад собран на лампах 6Л6 по двухтактной схеме и работает в классе А.

Управление каскадом производится с помощью контактов реле, включающих минус анодного напряжения. Двухтактная схема усилителя и включение сопротивлений между анодами и катодами усилительных ламп обеспечивают уменьшение искажений формы кривой тока несущей частоты. Мощность передатчика составляет примерно 4 *вт*.

Приемник (рис. 6) состоит из двух каскадов. Первый — усилитель напряжения — сделан на лампе 2К2М, второй — усилитель мощности и одновременно анодный детектор—сделан на лампе ТО-142. Смещения на сетках ламп получаются от цепей накала ламп, питающихся постоянным током. Чувствительность приемника видна из следующей таблицы:

Уровень приема, *неп* . . .	$-\infty$	−2,7	−2,0	−1,4	−1,0	−0,8	−0,65	−0,4	+0,05	+0,3
Напряжение входа, *в* . . .	0	0,05	0,1	0,2	0,275	0,35	0,4	0,5	0,8	1,0
Ток в приемном реле, *ма*	0	0	0,25	2,75	4,5	6	6,25	6,75	7,25	7,5

Рассмотренное устройство разработано в ЦЛЭМ Мосэнерго в 1947 г. и успешно работает в настоящее время на биметаллической цепи протяженностью свыше 200 *км* с кабельной вставкой длиной 15 *км*. Помех в канале тонального телефона не было. При включении установки были заметны значительные влияния передающего поста на каналы высокочастотного телефонирования (СМТ-34), работающие по той же линии связи, в основном на ближнем конце.

После замены кодового линейного реле поляризованным чувствительность устройства значительно увеличилась, что позволило снизить приемный уровень, доведенный в настоящее время до — 1,3 *неп*. Запас надежности составляет примерно 0,5 *неп*, т. е. приемный уровень может быть доведен до — 1,8 *неп*. Дальность действия схемы определяется затуханием линии и равна 300 *км* по проводам из цветных металлов и до 50÷70 *км* по стальным проводам.

В последние годы начали внедряться специальные высокочастотные посты для передачи сигналов телемеханики по линиям электропередачи 110 и 220 *кв*. Эти посты подключаются к линиям электропередачи с помощью высоковольтных конденсаторов аналогично постам высокочастотной связи или высокочастотной защиты.

Скелетная схема передающего и приемного постов показана на рис. 7. Пост каналов высоко-

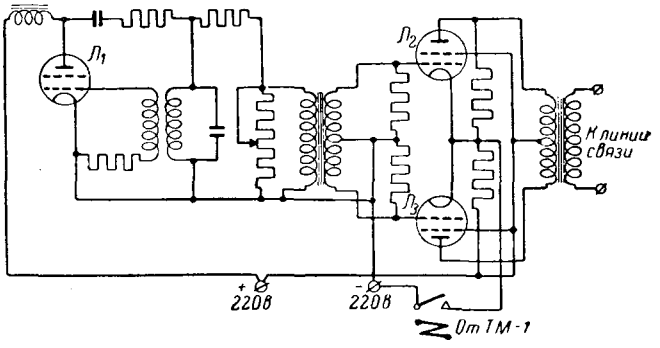


Рис. 5.

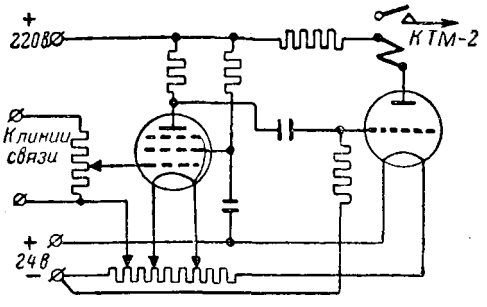


Рис. 6.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

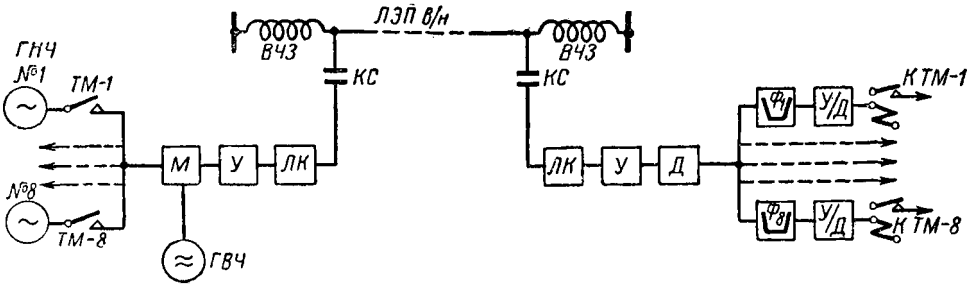


Рис. 7.

частотной телемеханики содержит генератор высокой (несущей) частоты *ГВЧ*, от 3 до 8 генераторов низких (тональных) частот *ГНЧ* каналов телемеханики, систему фильтров и устройство питания.

Устройства телемеханики (частотно-импульсные телеизмерения и времяраспределительные телеуправления и телесигнализации) контактами *ТМ* передающих реле воздействуют на соответствующие генераторы тональных частот, включая их при посылке сигнала и отключая при отсутствии сигнала. Тональные частоты, управляемые передающими реле, попадают на модулятор *М*, в котором происходит модуляция токов высокой частоты. Процесс модуляции сводится к изменению амплитуды несущей частоты в такт с изменениями мгновенных значений модулирующих тональных частот.

Несущая частота, модулированная всеми тональными частотами, через усилитель *У* и линейный контур *ЛК* или направляющий фильтр попадает через конденсатор связи *КС* на провод линии электропередачи. В линию электропередачи включаются высокочастотные заградители *ВЧЗ*, предотвращающие утечку токов несущей частоты.

На приемном конце, попав в пост, токи несущей частоты усиливаются и превращаются в детекторе *Д* в сумму тональных частот. Разделенные с помощью фильтров $Ф_1$—$Ф_8$, эти частоты попадают в индивидуальные приемники *У/Д*, где превращаются в сигналы телемеханики, совпадающие по форме и длительности с сигналами на передающем конце. Ввиду большого разнообразия схем постов и их отдельных элементов приводить подробное описание нецелесообразно.

Как и посты высокочастотной связи, посты телемеханики работают в диапазоне 40÷300 *кгц*. Каждый пост, в зависимости от исполнения, содержит от трех до восьми индивидуальных каналов телемеханики, работающих на тональных частотах, например, 420, 540, 660, 780 *гц* и т. д., через 120 *гц*. Определенное отношение частот выбирается в целях уменьшения помех между каналами и исключения частот, которые могут оказаться в области влияния высших гармонических каналов, расположенных ниже по шкале частот.

В качестве приемных и передающих реле применяются поляризованные телеграфные реле, обладающие высокой чувствительностью (1—3 *ма*) и малым временем срабатывания (3—5 *мсек*).

В зависимости от несущей частоты устройства устойчиво работают на расстоянии до 300 *км* без промежуточных усилителей при мощности постов в различных исполнениях в пределах от 2 до 4 *вт*.

Сравнение описанных способов образования каналов для телемеханики, несомненно, говорит в пользу высокочастотных каналов по линиям электропередачи. Решающими факторами должны быть устойчивость, надежность и экономичность каналов.

Как показала практика, количество технических простоев высокочастотных каналов значительно ниже простоев каналов, работающих по воздушным линиям связи. Так, за некоторый период времени, взятый для сравнения, на каждый высокочастотный канал в системе Мосэнерго пришлось 1,2 случая остановки, в том числе 0,9 случая остановок на 1 канал по причине отключений линий электропередачи для производства ремонтных работ на самих линиях.

На каждую цепь связи за тот же период приходится 1,7 случаев повреждений. Сравнительную повреждаемость высокочастотных каналов и линий связи можно определить в виде коэффициента

$$K = \frac{1{,}20 - 0{,}9}{1{,}7} = 0{,}176,$$

т. е. повреждаемость высокочастотных каналов почти в шесть раз меньше повреждаемости цепей связи. В подавляющем большинстве случаев повреждения высокочастотных каналов приходятся на аппаратуру постов, тогда как каналы по линиям связи останавливаются из-за повреждений цепей (линейные повреждения).

Значительным недостатком высокочастотных каналов является то, что они в настоящее время выходят из строя во всех случаях отключения линий электропередачи, сопровождающихся их заземлением (75% случаев).

Можно следующим образом сформулировать достоинства и недостатки различных способов передачи сигналов телемеханики.

А. По каналам с дифференциальными трансформаторами

Достоинства: дешевизна и простота устройства, доступность для всех случаев, когда имеется линия связи, вне зависимости от материала проводов; возможности передачи сигналов поляризованным кодом постоянным током.

Недостатки: большая зависимость от состояния линии, погоды и качества изоляции; необходимость в больших напряжениях линейной батареи при значительной длине цепи; искажения, вносимые в канал передачи; зависимость от целости линии связи; возможность передачи сигна-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

лов телемеханики только с частотой сигнала до 40—60 импульсов или периодов в секунду по условиям влияния на телефонную передачу.

Б. По каналам в надтональном диапазоне

Достоинства: сравнительная несложность аппаратуры; возможность изготовления ее даже в условиях энергосистемы; устойчивость и сравнительно небольшая зависимость от состояния линии связи; пригодность практически для передачи сигналов любого устройства телемеханики.

Недостатки: необходимость в специальных источниках питания для анодных цепей устройства; усложнение канала телефонной передачи; зависимость от целости линии связи.

В. По каналам высокой частоты на линиях электропередачи

Достоинства: высокая устойчивость и надежность передачи; малые искажения сигналов; большое (до 8) количество одновременных односторонних передач.

Недостатки: большая стоимость (до 150 тыс. руб. на один усилительный участок); возможность отказа в работе при аварии на линии электропередачи контролируемого пункта.

При сравнении надежности передачи телемеханических сигналов по линиям электропередачи и по проводам линий связи нужно дополнительно учесть следующие положения:

1. Для каналов по линиям электропередачи еще имеются значительные возможности снижения числа нарушений. Отключение и заземление трехфазной линии за линейными заградителями, а также заземление линии на месте ремонта через переносный заградитель позволило бы сохранить высокочастотную передачу в подавляющем большинстве случаев аварий и отключений линий высокого напряжения. В то же время нарушения работы линий связи бывают значительно чаще, устраняются обычно в большие сроки и не оставляют возможностей для сохранения при этом телемеханической передачи.

2. В случае, если предусматривается возможность аварийного переключения телемеханической передачи на другую цепь (другие провода связи, параллельную линию электропередачи), это переключение более эффективно для высокочастотных каналов по линиям высокого напряжения. Для последних вероятность одновременного повреждения двух цепей значительно меньше, чем для линий связи с их большей зависимостью от тяжелых метеорологических условий (гололед, сильный ветер и пр.).

Изложенное позволяет установить некоторые условия выбора системы и способа образования каналов. Совершенно очевидно, что решающим должно быть требование в отношении надежности работы телемеханического канала, взятое, конечно, не в отрыве от конкретных условий. Правильно оценить его можно только с учетом как значения самого устройства телемеханики, так и ответственности и роли в энергосистеме телеуправляемого или контролируемого объекта (станции, подстанции, линии передачи). Но, безусловно, что в очень большом числе случаев нет оснований чрезмерно завышать эти требования и тем самым расходовать излишние средства на сооружение более дорогостоящих каналов.

Каналы с дифференциальными трансформаторами должны иметь применение для передачи сигналов телемеханики на небольшие расстояния (50—70 *км*) по проводам из цветных металлов и стальным цепям в многочисленных менее ответственных случаях. Эти каналы могут применяться также и в случае необходимости передачи сигналов только одного телеизмерения или только телеуправления, для которого способ имеет особые преимущества (возможность двусторонней работы без дополнительных устройств).

Для больших расстояний (свыше 100 *км*) и при отсутствии канала по линиям электропередачи целесообразно применять устройство для уплотнения линии связи в надтональном диапазоне. В этом случае можно установить на линии связи обе описанные схемы — канал с дифференциальными трансформаторами для телеуправления (телесигнализации) и канал на частоте 6,0—7,0 *кгц* для телеизмерения.

Для обеспечения диспетчерского управления наиболее ответственными объектами системы, включенными в сеть 110 или 220 *кв*, нужно считать обязательным использование высокочастотных каналов по линиям электропередачи.

Дальнейшее развитие высокочастотных каналов по линиям передачи потребует от наших лабораторий решений ряда назревших технических вопросов и в том числе:

1) доведения до конца неоднократно начинавшихся работ по конструированию заземляющего переносного дросселя, необходимого для обеспечения действия высокочастотных связей при ремонтных и других работах на линиях электропередачи;

2) разработка специальных малоканальных упрощенных, облегченных постов высокочастотной связи и телемеханики для работы по линиям передачи среднего напряжения (20 и 35 *кв*);

3) разработка соответствующей аппаратуры подключения к линиям передачи 20 и 35 *кв* — конденсаторов связи, заградителей и т. д.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

О способах ремонта оборванных фундаментных болтов[1]

Обрыв фундаментного болта в эксплоатации может привести к тяжелой аварии. Работа машины с оборванным болтом, так же как и с неравномерно затянутыми болтами, приводит к перегрузке отдельных болтов и к их последующему обрыву. Учитывая это, рекомендации по ремонту фундаментных болтов должны строго учитывать специфические условия их работы.

Авторы статьи «Ремонт оборванных фундаментных болтов» рассматривают, очевидно, только ремонт болтов, оборванных в процессе монтажа, и к тому же фундаментных болтов только вращающихся механизмов, не несущих значительной динамической нагрузки, что, однако, не оговорено достаточно четко. В результате этого рекомендуемые ими решения в ряде случаев могут не помочь, а усугубить создавшееся неудовлетворительное положение.

Ремонт фундаментных болтов нельзя рассматривать изолированно от причин, вызвавших их разрыв, и потому первой стадией работ в таких случаях является тщательное изучение и устранение причин, вызвавших обрыв фундаментных болтов.

В зависимости от того, насколько полно устранено или ослаблено действие причины, вызвавшей излом болта, выбирается способ ремонта. Так, например, в одном случае может оказаться необходимым отрыв рамы от фундамента, в другом — увеличение жесткости связи лапы или рамы с фундаментом и т. д.

Отсутствие в статье рассмотрения этой стороны вопроса односторонне ориентирует производственников и делает приводимые рекомендации рискованными.

Разрыв фундаментных болтов в основном может произойти:

1) при недостаточно жестком соединении рамы с массивом фундамента;

2) из-за провисания рамы на опорных клиньях;

3) при неудовлетворительном прилегании опорных поверхностей гаек к соответствующим посадочным местам рамы;

4) из-за чрезмерного крепления болтов и пр.

Нарушение жесткого соединения рамы с фундаментом, а также провисание ее на клиньях возникает:

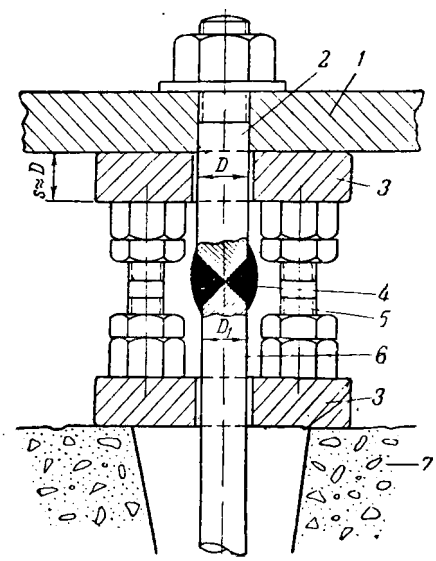
1) при проникновении масла в массив фундамента;

2) при повреждениях в фундаменте, наблюдающихся в результате аварии машины;

3) при применении тощего бетона, а также при жидком бетоне и плохой опалубке (что вызывает вытекание бетона); при плохой утрамбовке материала и при применении мерзлого материала.

Значение этих факторов весьма значительно и в каждом случае требуется различная методика ремонта и исправления. Окисленное масло, а также масло в смеси с водой с течением времени в результате разбрызгивания глубоко проникает в бетон и делает его рыхлым и нестойким. Кроме того, масло, проникая в массив фундамента, образует в нем отдельные «гнезда», в которых и скопляется в больших количествах. Проверка этого производится подрубкой фундамента в местах наибольшего колебания рамы. При обнаружении масла и при значительном отставании рамы от фундамента и, наконец, при недопустимой величине колебаний рама демонтируется путем отрыва от фундамента. Ремонтные работы в этих случаях сводятся к удалению части массива фундамента и к переукладке рамы.

При плохом качестве выполнения фундамента (тощий бетон, наличие пустот и пр.) требуется общее усиление массива фундамента методом внутреннего цементирования.



Способ ремонта оборванного фундаментного болта.

1 — рама; *2* — наставка; *3* — подкладки; *4* — место сварки; *5* — расворные шайбы; *6* — фундаментный болт; *7* — массив фундамента.

Эти примеры показывают, что лишь в зависимости от причин обрыва фундаментных болтов определяется комплекс работ, предшествующий их ремонту, и сам метод ремонта.

Из рассмотренных авторами в вышеупомянутой статье восьми способов — IV и V приводят к резкому уменьшению прочности фундаментных болтов; VI и VII — сопровождаются ослаблением рамы, т. е. указанные способы ремонта могут оказаться недопустимыми для машин с большими динамическими нагрузками, что авторами не оговорено.

Ниже дается способ ремонта фундаментного болта, полностью оправдавший себя во многих случаях ремонта фундаментных болтов машин с большими динамическими нагрузками (см. рисунок).

Этот способ ремонта оборванного фундаментного болта и жесткого крепления рамы обеспечивает равнопрочное с целым болтом соединение. При этом наставка, подлежащая приварке, выполняется в месте прохода через отверстие в раме с точной и плотной пригонкой, что обеспечивает устранение перекоса и дает правильное прилегание гайки к шайбе или соответствующим обработанным местам рамы.

[1] По поводу статьи Т. Е. Григорьева и С. С. Якобсона, Ремонт оборванных фундаментных болтов, „Электрические станции", № 6, 1949 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

В целях придания большей жесткости, как видно из рисунка, под лапу подводится распорное устройство, состоящее из двух металлических плит, расклиниваемых двумя или четырьмя шпильками.

Рекомендуемый способ ремонта позволяет увеличить сечение болта в местах наварки до необходимого размера с обеспечением больших запасов прочности. Навариваемому шву при этом необходимо придавать форму с постепенным переходом к нормальному диаметру наставки и фундаментного болта.

При обрыве фундаментного болта в любом месте нарезки болт целесообразно срезать на участке под рамой с разделкой под сварку, как показано на рисунке.

После монтажа всего устройства и закрепления гаек фундаментных болтов вырубленный участок фундамента заливается бетоном состава 1 : 2 : 3 (цемент : песок : щебень).

Н. Ф. Кираковский

Цемент для строительных растворов[1]

Применение портландцемента в гражданском и промышленном строительстве для растворов при производстве каменной кладки и штукатурных работ вызывается не требованием прочности, а лишь его гидравлическими свойствами. Таким образом, высокая активность портландцемента не используется, и ценный строительный материал расходуется нерационально.

Для устранения этого Министерство промышленности строительных материалов СССР приступило с 1949 г. к производству специального «цемента для строительных растворов». ГОСТ на этот материал введен с 1 мая 1949 г.

Новый тип цемента представляет собой гидравлическое вяжущее вещество, получаемое совместным тонким измельчением портландцементного клинкера и минеральных добавок, или тщательным смешением тех же материалов в сухом и измельченном виде.

В качестве минеральных добавок могут быть использованы как гидравлические (трепел, трасс, пемза и др.), так и инертные (известняки, песчаники, мергели, топливные шлаки и пр.) и доменные гранулированные шлаки.

Цемент предназначается для изготовления кладочных и штукатурных растворов; он может быть использован и для бетонов низких марок. По прочности цемент делится на две марки: «50» и «100». В отличие от маркировки других цементов в данном случае обозначение марки соответствует пределу прочности образцов 28-дневного возраста из раствора пластичной, а не жесткой консистенции. Такой метод маркировки более практичен (растворы жесткой консистенции применяются чрезвычайно редко) и позволяют более правильно оценивать рабочую вяжущую способность цементов.

Образцы стандартного изготовления из раствора 1 : 3 (по весу) пластичной консистенции при испытании должны показать предел прочности при сжатии не менее следующих величин:

	Через 7 дней	Через 28 дней
Из цемента марки „50" . .	25 *кг/см²*	50 *кг/см²*
„ „ „ „100" . .	50 „	100 „

Начало схватывания должно наступать не ранее 45 мин., конец схватывания — не позднее 18 час. от начала затворения.

При испытании кипячением и в парах воды цемент должен обнаруживать равномерное изменение объема. Сквозь сито 4 900 *отв/см²* должно проходить не менее 85% от веса пробы, подвергаемой просеиванию.

Испытания цемента должны производиться в соответствии с ГОСТ 310-41, но сроки выдерживания образцов следует изменить. Образцы в формах во влажном пространстве и лепешки до кипячения должны выдерживаться 2 суток.

[1] По материалам Министерства промышленности строительных материалов.

«Цемент для строительных растворов» должен применяться для изготовления строительных растворов различных марок. Цемент этот, как гидравлическое вяжущее, может применяться в сооружениях, окруженных влажной средой. Применение его для железобетонных конструкций недопустимо.

Ориентировочные данные о составе растворов различных марок приведены в следующей таблице:

Составы цементных и смешанных растворов на „цементе для строительных растворов"

Область применения раствора	Пластифицирующие добавки	Марки раствора	Состав раствора по объему (цемент : тесто : песок) при применении цемента марки „50"	Состав раствора по объему (цемент : тесто : песок) при применении цемента марки „100"
1. Надземная кладка и кладка фундаментов выше уровня грунтовых вод	Известь или глина (тесто)	80	—	1:0:2,5
		50	1:0:2,5	1:0,1:3,5
		30	1:0,1:3,5	1:0,3:4,5
		15	1:0,3:5	1:0,6:7
		8	1:1,9	1:1,5:12
		4	1:1,5:13	—
2. Кладка ниже уровня грунтовых вод	—	80	—	1:0:2,5
		50	1:0:2,5	1:0:3
		30	1:0:3	1:0:4
		15	1:0:4	1:0:5,5
		8	1:0:5	1:0:6

Примечания: 1. Объемный вес „цемента для строительных растворов" принят равным 1 000 *кг/м³*. При расхождении фактического объемного веса с расчетным должен быть сделан перерасчет.

2. Дозировка извести указана на выдержанное густое тесто (примерно 50% воды); дозировка глины дана для глины среднего качества. Консистенция глины характеризуется осадкой конуса СтройЦтИЛ 14,5—15 *см*. При применении других видов теста или порошков должен быть сделан перерасчет.

3. Количество извести или глины в сложных растворах рекомендуется устанавливать в соответствии с требуемой удобообрабатываемостью, на основании пробных затворений. Для кладки ниже грунтовых вод добавка извести допускается не более 10% от веса цемента.

4. Дозировка песка указана по объему при влажности песка в 2% и выше. При более сухом песке объемную дозировку, принятую в таблицах, следует уменьшать на 10%. При применении в качестве пластифицирующей добавки глины составы толще 1 : 10 не допускаются.

Применение рассматриваемого цемента для каменной кладки в зимнее время допустимо при соблюдении общих технических условий на производство каменной кладки в зимнее время.

В конструкциях, подвергающихся воздействию вод, агрессивность которых исключает возможность использования портландцемента и требует применения пуццоланового или шлакового портландцемента, допускается применять только такой «цемент для строительных растворов», в котором содержится не менее 20% гидравлических добавок или доменных гранулированных шлаков. Вид и количество введенных добавок устанавливаются по заводскому паспорту на цемент.

Цемент для строительных растворов марки «100» может применяться для бетонов низких марок (марки «90» и ниже). При этом состав бетонов должен устанавливаться на основании предварительных испытаний образцов.

При ориентировочных подсчетах составов бетонов по существующим справочным материалам следует учитывать, что 28-дневная прочность «цемента для строительных растворов», определенная в растворах пластичной консистенции, составляет в среднем 45% от прочности его, определенной в растворах жесткой консистенции.

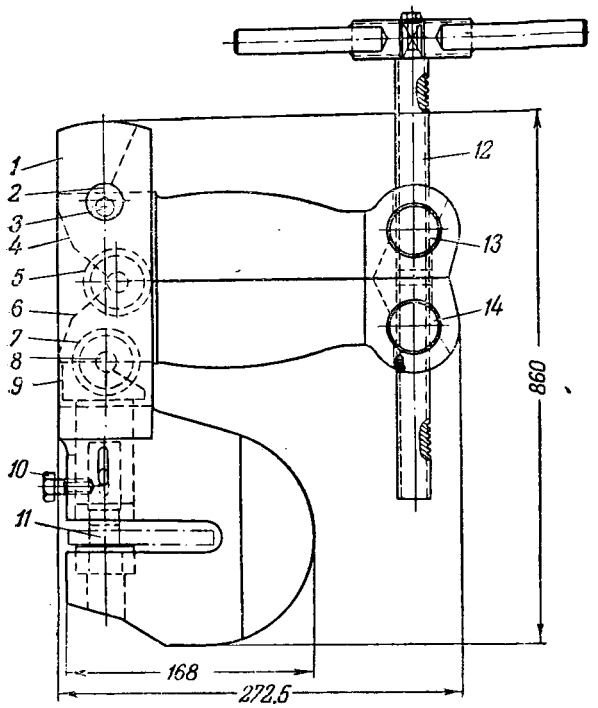
Продавливание отверстий в шинах

Соединение полос сечением 80×10 и 100×10 *мм*, часто применяемых при коммутации аппаратуры распределительных устройств, обычно выполняются на болтах диаметром 18 *мм*, для которых в полосах должны быть просверлены отверстия диаметром 20—21 *мм*. Сверление таких отверстий на монтажах выполняют на вертикально-сверлильных станках со шпинделем для сверла диаметром 25 *мм*, а иногда и на более мощных станках.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Сверловка полос вызывает большой расход сверл; после сверловки полосы должны быть очищены от заусениц и задранных кромок. Сверловка составляет 22—23% от общего объема работ по заготовке полос указанного сечения.

С целью упрощения процесса и снижения трудозатрат на эту операцию на одном электромонтажном участке сверловка была заменена продавливанием отверстий в полосах на ручном прессе (см. рисунок). Винт пресса *12* снабжен двумя квадратными резьбами: правой



и левой. Концы рычагов *4* и *6* с гайками *13* и *14* приходят в движение при вращении винта *12*, второй конец рычага *4* при этом вращается в пазу станины пресса *1* на оси *3*. Сочленение рычагов *4* и *6* и ползуна *9* специальными шайбами *5* и *7* и осями *8* обеспечивает поступательное движение ползуна вверх или вниз в зависимости от направления вращения винта *12*.

В ползун заводится, как в конус Морзе, конический хвостовик пуансона *11*; последний закрепляется болтом *10*.

Винт пресса приводится во вращение воротком с двумя ручками, к которым необходимо приложить усилие порядка 10—15 *кг*. Это усилие можно уменьшить путем удлинения ручек воротка, для чего на последние надеваются отрезки газовых труб.

Длина резьбы винта пресса обеспечивает ход ползуна в 15 *мм*, что вполне достаточно для продавливания отверстия в полосе толщиной 10 *мм*.

Прессом можно продавливать отверстия диаметром от 5,5 до 21 *мм*. Каждому размеру отверстий соответствуют свои штампы. Пресс делает отверстия в медных, алюминиевых и стальных полосах. Вес пресса около 20 *кг*. Для работы пресс зажимается в обычных слесарных тисках.

На полосе размечают отверстия и наносят глубокую керновку. Шину заводят в пресс и медленным вращением винта воротком направляют конический шип пуансона в насечку — керновку, затем дальнейшим вращением винта опускают пуансон и продавливают отверстие.

При применении закладного шаблона, соответствующего ширине полосы и диаметру отверстий, отпадает необходимость в керновке.

Процесс продавливания не нарушает кромок отверстия и не оставляет заусениц внутри отверстия.

Предлагаемый метод помимо экономии дорогостоящих сверл обеспечивает ускорение производства отверстий примерно в 2—2$^1/_2$ раза по сравнению со сверлением; снижаются затраты по дальнейшей обработке поверхности контакта.

Внедрение весьма несложного пресса для продавливания отверстий во многих случаях сделает ненужным применение на монтажах вертикально-сверлильных станков со шпинделем для сверл диаметром 25 *мм*.

Инж. И. О. Фидельман

Прокладка проводов на панелях щитов

Монтажные организации и заводы-изготовители щитов и панелей в настоящее время применяют преимущественно три способа раскладки проводов вторичной коммутации на панелях и щитах:

1) раскладка проводов вторичной коммутации в перфорациях с боков панелей жгутами (этот способ применяется заводом «Электропульт»);

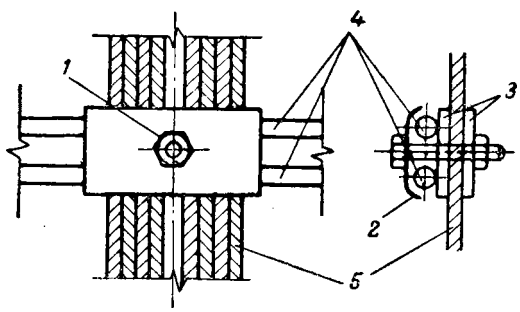
2) раскладка проводов на клицах из фибры или гетинакса;

3) раскладка проводов на прокладках из кембрика либо прессшпана с креплением скобами.

Способ раскладки проводов в перфорациях жгутами обладает тем недостатком, что при осуществлении этого метода затруднено отыскание повреждений в отдельных проводах и трудно проследить за проводом в пучке на участке от прибора до клеммного ряда. Широкое распространение описанный способ имеет в случаях, когда на панели монтируется очень много приборов (например, панели управления генераторов и т. п.).

Раскладка проводов на клицах значительно удачнее, чем раскладка с креплениями скобами, так как при укладке проводов на клицах легче обеспечить высокий уровень сопротивления изоляции проводов вторичной коммутации, чем при прокладке проводов на скобах. Недостаток прокладки проводов на клицах и на скобах состоит в том, что при осуществлении этих способов на фронтальном листе панели приходится сверлить большое количество отверстий.

Этот недостаток отсутствует при способе прокладки проводов «на прутках», показанный на рисунке.



Прокладка проводов на „прутках".

1 — болт с гайкой; *2* — скоба; *3*—текстолитовые прокладки; *4*—прутки; *5*—провода вторичной коммутации.

При осуществлении этого способа между угольниками обрамления панели на расстоянии 300 ÷ 400 *мм* натягиваются попарно прутки из выпрямленной катанки 6 ÷ 8 *мм*. Концы катанки крепятся к обрамлению. Расстояние между осями прутков в паре 15 ÷ 25 *мм*. Провода вторичной коммутации прикрепляются к пруткам с помощью текстолитовых клиц и скоб *2* болтами *1*, как это показано на рисунке.

Клицы могут изготавливаться нескольких стандартных размеров. При прокладке проводов «на прутках» отпадает необходимость в сверлении фасада панелей, соблюдается наглядность в расположении проводов и легко и удобно в эксплоатации осуществляется перемонтаж при изменениях схемы.

Метод крепления проводов вторичной коммутации «на прутках» осуществляется в монтажном предприятии «Кавказэнергомонтаж» Министерства электростанций.

Инж. Н. Я. Турчин

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Скрытая прокладка кабелей в трубах

На одной гидростанции по условиям сжатой конструкции ее главного корпуса была исключена возможность устройства кабельного полуэтажа, кабельных шахт, каналов и прочих устройств для обычно принятой открытой прокладки силовых и контрольных кабелей.

В связи с этим было решено осуществить массовую скрытую прокладку кабелей в трубах, без исключения вне зависимости от напряжения и их назначения.

При согласованном проектировании строительной, электрической и гидромеханической части станции выявилась возможность закладывать трубы, предназначенные для кабелей, в слой бетонных черных полов и частично в массив основания главного корпуса гидростанции. При этом толща бетонного черного пола составляла от 150 до 300 *мм*. Ниже располагался дренажный слой, отделяющий черный пол от основного цоколя гэс.

Трубы для кабельной прокладки были приняты двух видов: стальные и асбоцементные. Первые предназначались для затяжки в них контрольных проводов и низковольтных кабелей трехфазного тока, а асбоцементные, главным образом, для одножильных кабелей генераторного напряжения 6,3 *кв*.

Стальные трубы применялись диаметром от 18 до 63 *мм*, толщиной стенки 1—2 *мм*. Во избежание коррозии как внешней, так и внутренней поверхностей применялись оцинкованные трубы. Соединение труб между собой производилось только специальными муфтами с уплотнениями, как показано на рис. 1. Отличительной особенностью таких соединительных муфт является герметичность соединения без нарезания резьбы на стыкуемых концах труб. Соединение труб осуществляется при помощи втулки *1* и двух штуцерных гаек *2*, а уплотнение — за счет запрессовки гайками с двух сторон стальных манжетных колец *3*, имеющих фасонные замки (подобные замкам поршневых колец) и сферическую форму поверхности. При сжатии штуцерными гайками кольца заходят в конические пустоты втулки и тем самым создают необходимое уплотнение.

Такой способ облегчает монтаж труб при сложной прокладке их в стесненных габаритах и при фиксированном положении соединяемых труб. Он выгодно отличается от соединения труб муфтами с нарезкой, так как при указанных муфтах могут применяться весьма тонкостенные трубы, не требующие нарезания резьбы. При этом отпадает необходимость в устройстве сгонов.

Нужно отметить, что отсутствие резьбы на трубах исключает возможность образования коррозии на участках стыка.

Сварка труб не дала бы возможности выполнить необходимое условие сохранения цинкового покрова снаружи и внутри трубы. Кроме того, неизбежно появлялась бы грубая шероховатость внутри трубы по всему сварному шву, что недопустимо по условиям затягивания кабелей в трубы. Муфты же по рис. 1 дают совершенно гладкие поверхности на стыке.

Одним из больших преимуществ скрытой прокладки кабелей в трубах является то обстоятельство, что трубам, являющимся закладными элементами бетонного пола, при монтаже по проекту задавались направления по целесообразно кратчайшему пути, с минимальным числом изгибов.

Гнутье стальных труб производилось только вручную и холодным способом, без набивки песком. Нагрев труб в месте изгиба не допускался из соображений сохранности цинкового покрова.

Гнутье труб выполнялось с применением проволочного шаблона, причем угол изгиба трубы допускался максимум до 90°, при радиусе изгиба, равном десятикратному диаметру изгибаемой трубы, что соответствовало также углу изгиба прокладываемого кабеля.

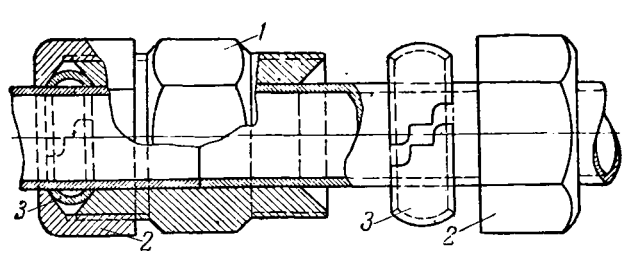


Рис. 1.

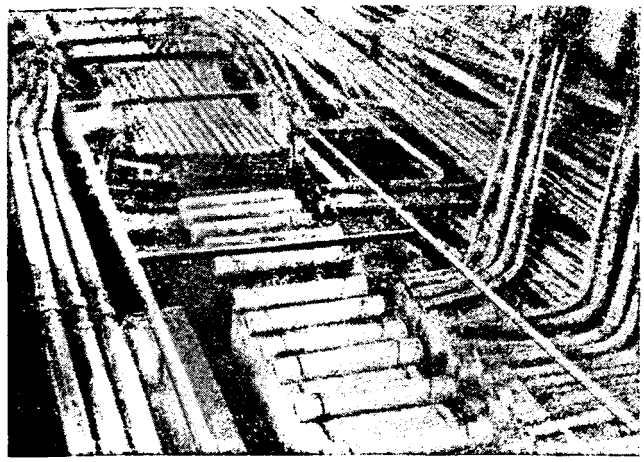


Рис. 2.

Для облегчения затяжки в трубы проводов и кабелей необходимо строго следить за тем, чтобы на погибах труб не было вмятин и складок.

При раскладке труб строго соблюдалось заданное проектом направление каждой трубы и выход ее концов к соответствующим панелям.

При окончательной укладке металлических труб их начальные и конечные участки фиксировались по чертежам и прочно крепились проволокой к установочным «кондукторам». В этих случаях «кондукторы» выполнялись с таким расчетом, чтобы после заливки труб бетоном конструкции «кондукторов» могли быть использованы в качестве фундаментов для щитов, комплектных распределительных устройств и отдельных аппаратов.

Выравнивание концов труб велось в основном обрезкой чрезмерно выступающих концов с последующей подчисткой заусенцев на краях трубы.

Для предохранения от порчи изоляции проводов и кабелей при затяжке их в трубы на концы труб насаживались специальные кольца из пластмассы с закругленными краями. Эти кольца укреплялись на трубах стопорными винтами в самих кольцах.

Асбоцементные трубы применялись внутренним диаметром 50, 63 и 75 *мм* с нормальной толщиной стенок.

Для образования углов из труб диаметром 50 *мм* использовались асбоцементные колена с радиусом закругления, равным десятикратному внутреннему диаметру трубы. Трубы большого диаметра не имели таких колен и поэтому приходилось делать по месту искусственные изгибы путем сочленения отдельных коротких отрезков труб асбоцементными соединительными муфтами.

К выполнению подобных изгибов прибегали лишь в единичных случаях, так как для таких труб заранее выбиралось прямолинейное направление.

Все без исключения соединения асбоцементных труб производились с помощью готовых асбоцементных муфт. При этом перед посадкой муфт концы асбоцементных труб обтачивались по торцевой и наружной поверхностям. Обточка производилась с таким расчетом, чтобы муфты своей расточенной частью плотно насаживались на концы труб.

При устройстве искусственных изгибов расточка труб производилась с некоторой слабиной, за счет чего и получалась нужная форма изгиба. Скрепление муфт с трубами выполнялось раствором цемента на жидком стекле.

Перед окончательной заливкой черного пола бетоном асбоцементные трубы укреплялись к неподвижным элементам.

Во избежание электрических потерь между асбоцементными трубами раздельных фаз генераторного напряжения не оставлялись под заливку бетоном ни металлические закладные части, ни стальные арматуры.

Все металлические и асбоцементные трубы укладывались с таким расчетом, чтобы над поверхностью чистого пола или в специальных пазах и нишах строительной части их концы с насадными кольцами выступали всего лишь на 50 *мм*. Для удобства затягивания кабелей торцы асбоцементных труб округло растачивались.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

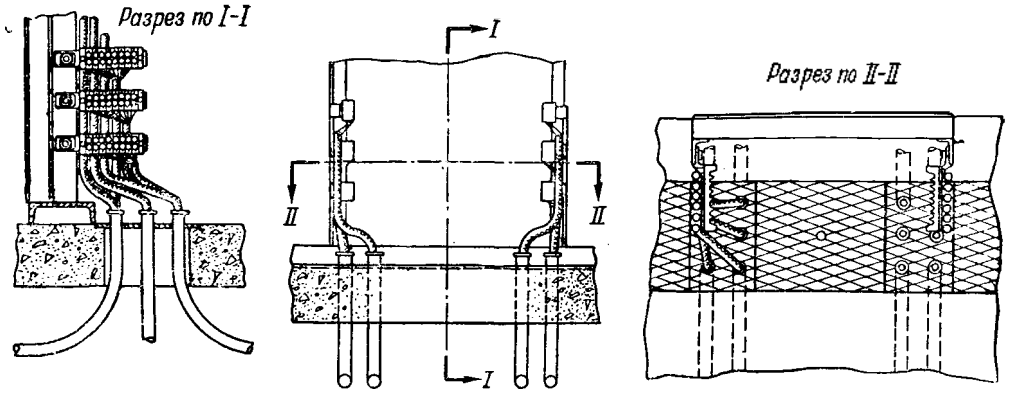


Рис. 3.

Для проверки правильности раскладки труб, их направления и выхода концов в предназначенное место была произведена продувка их сжатым воздухом от компрессора. Этим, кстати, удалось очистить полости труб от случайно попавшего мелкого сора и пыли.

Выход струи воздуха наглядно показывал, где кончается данная труба. Закрытием выходного отверстия трубы проверялась герметичность их стыков. Проверив трубу воздухом, по кабельному журналу ей присваивался соответствующий номер маркировки и на оба конца вешались бирки. Во избежание засорения труб их отверстия с обеих концов временно закрывались деревянными пробками. Момент готовности раскладки всех труб под заливку бетоном показан на рис. 2.

Из условия заготовки отрезков одножильных изолированных проводов и кабелей соразмерно длинам уложенных труб работы, связанные с затяжкой проводов и кабелей в трубы, были произведены до заливки труб бетоном и устройства чистого пола.

Необходимо отметить, что как контрольно-измерительные, так и силовые цепи низкого и высокого напряжения (6 *кв*) были выполнены одножильными медными проводами в резиновой шланговой оболочке. Исключением являлись единичные линии собственного расхода 380 *в* и выводы внешней связи 6 *кв*, которые осуществлены трехжильными освинцованными голыми кабелями, затянутыми также в трубы.

Процессу затягивания проводов в трубы предшествовала тщательная заготовка пучков из нескольких одножильных проводов. При этом, исходя из целесообразности прокладки в одной трубной магистрали цепей различного назначения, но одинакового направления, в пучки включали изолированные провода различного сечения, а иногда и напряжения.

Затяжка проводов в сложную «паутину» переплетающихся между собой труб вызывала немало опасений. Был применен общеизвестный способ протягивания проводов в трубы с помощью так называемого «удила», т. е. стальной проволоки с шариком на одном конце (или просто с загнутым концом). Проволока «удила» по длине бралась несколько больше длины трубы. Конец с шариком пропускался в трубу, а к другому прикреплялся пучок изолированных проводов или кабель. Крепления проводов и кабелей к концу «удила» осуществлялось либо скручиванием оголенных жил всех проводников пучка с концом «удила», либо обхватом за изоляцию пучка проводов (или кабеля) панцырным «чулком» (снятая оболочка с панцырного провода), прикрепленным к «удилу».

Таким образом, за несколько рабочих дней были окончены все кабельные работы и произведена маркировка жил по кабельному журналу.

Заливка черного пола, насыщенного трубами, также не вызвала затруднений, если не считать, что приходилось следить за заполнением пространства между трубами бетоном как можно плотнее.

Кабели и провода присоединялись к соответствующим зажимам аппаратов и щитов, как показано на рис. 3, после чего производилась прозвонка цепей. Следует отметить, что не было отмечено случая нарушения изоляции проводов, а также неудовлетворительной изоляции на землю.

В процессе эксплоатации автоматической гидростанции не наблюдалось ничего, что могло бы вызвать сомнение в целесообразности внедрения скрытой массовой прокладки проводов и кабелей в трубах. Наоборот, есть основания утверждать, что скрытая прокладка кабелей дает наиболее выигрышное решение как с экономической, так и с технической точек зрения. И действительно, с одной стороны, исключение кабельного полуэтажа дает общее удешевление строительной части, экономию в строительных материалах и сокращение продолжительности работ, а с другой стороны, что весьма существенно, способ скрытой прокладки кабелей позволяет применять не освинцованные и бронированные высокодефицитные кабели, а обычные провода и кабели с нормальной шланговой резиновой изоляцией.

Следует подчеркнуть, что при этом все трубы для кабелей укладываются по целесообразно кратчайшим направлениям, при рациональном совмещении в них одножильных кабелей различного назначения, а следовательно, и сечения жил.

Если принять во внимание, что автоматические и телеуправляемые гидростанции насыщены, главным образом, контрольно-измерительными кабелями, то эффект от этого способа скрытой прокладки кабелей будет весьма ощутителен.

Инж. Н. П. Миттрах

ОТ РЕДАКЦИИ

Редакция отмечает, что прокладка кабелей в трубах, ввиду ухудшения условий охлаждения, требует выбора кабелей повышенного сечения. Кроме того, хотя такая прокладка и обеспечивает лучшую защиту от повреждений, но при пробое кабеля замена его затруднена.

Поэтому основным типом прокладки кабелей на станциях должна остаться прокладка в каналах. Прокладку в трубах можно применять в тех случаях, когда она обеспечивает значительное сокращение длины трассы, позволяет избежать вертикальных участков или вызывается местными условиями, препятствующими сооружению каналов.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ОБМЕН ЭКСПЛОАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

О работе с эксплоатационным персоналом электросетей

Проводящаяся в Центральном районе электросетей Горэнерго техническая учеба имеет следующие формы: 1) ознакомление с вновь выпускаемыми инструкциями и техническими распоряжениями; 2) «внезапные» проверки знаний производственных инструкций; 3) противоаварийные тренировки; 4) заполнение доски вопросов и ответов; 5) технические конференции.

Вся эта работа проводится руководящим эксплоатационным персоналом сетевого района.

Ознакомление с инструкциями

Занятия проводятся начальниками подстанций и мастерами. Цель этих занятий — изучение новых и измененных инструкций и других технических материалов. Для активизации самостоятельного изучения этого материала служат внезапные проверки, о которых будет сказано ниже. Как правило, занятия по ознакомлению с инструкциями проводятся раз в месяц.

Кроме этих регулярных занятий 2 раза в году проводятся специальные занятия по подготовке к экзаменам всего персонала: по «Правилам безопасности», которые заканчиваются к 1 мая, и по «Правилам технической эксплоатации» и производственным инструкциям, которые заканчиваются к 1 октября. Обычно для подготовки к экзаменам проводится в течение месяца пять занятий; экзамены назначаются в один срок для каждой занимавшейся группы, которая обычно состоит из 5—6 чел. Как правило, назначаются доклады учащихся на заданные темы и обсуждение их на занятиях.

«Внезапные» проверки

Каждый эксплоатационный работник, обязанный сдавать экзамен по «Правилам технической эксплоатации», раз в месяц подвергается «внезапной» проверке знаний производственных инструкций начальником подстанции или мастером; эта проверка, как правило, происходит на рабочем месте. Проверки дополняют ежегодные экзамены и являются своего рода производственным инструктажем, проверкой правильности применения инструкций.

Особым видом таких проверок является проверка выполнения правил при производстве оперативных переключений дежурным персоналом. Они получили название «контрольных операций» и проводятся начальником подстанции и работниками района. При таких проверках, проводимых без предварительного извещения, контролирующее лицо присутствует при производстве в распределительном устройстве текущего оперативного переключения, не делая указаний в процессе переключений. Немедленно после его окончания контролирующее лицо делает разбор переключения с участниками его и дает свои заключения в письменном виде в особой книге или на бланке переключения.

Этот вид технической учебы на рабочем месте имеет особое значение в связи с тем, что он способствует выполнению всех правил производства переключений так, как они понимаются руководством района. С каждой сменой на подстанции проводится две «контрольные операции» в месяц.

Противоаварийные тренировки

Противоаварийные тренировки пока проводятся только с персоналом подстанции. Эту работу всячески надо расширять и проводить также и с линейным персоналом. Тренировки проводятся на рабочем месте на темы, задаваемые районом или выдвигаемые начальником подстанции с ведома района, что особенно поощряется. На каждую тренировку ответственный руководитель предварительно составляет программу, которую вместе с протоколом после тренировки представляет в район.

Тренировки на подстанциях никогда не проводятся на макетах, так как при элементарно простых схемах подстанции применение макетов нецелесообразно. Как правило, на каждой подстанции проводится две тренировки в месяц.

Доска вопросов и ответов

Этот вид учебы оформился в результате нескольких лет работы и в настоящее время этот метод является наиболее эффективным для изучения теоретических вопросов. Им охвачен широкий круг персонала.

Наиболее разработан этот вид учебы для дежурных техников и дежурных монтеров подстанций.

Начиная с 1949 г., в районе теоретическая учеба дежурных техников ведется по книге Баптиданова и Тарасова «Электрооборудование электрических станций и подстанций», изд. 1947—1948 гг. По ней разработан вопросник, в котором отражена специфичность знаний, обязательных для дежурного техника, и по нему задаются вопросы дежурным техникам для письменного ответа. Таким образом, организовано систематическое изучение упомянутого курса. Каждый ответ кратко рецензируется начальником подстанции и затем главным инженером района и с качественной оценкой «отлично», «хор.», «уд.», «неуд.» возвращается на подстанцию для общего ознакомления. Для дежурных монтеров организовано такое же обучение по книге Ломоносова и Поливанова «Электротехника», изд. 1946 г. Надо отметить, что занятия посредством ответов на вопросы вызывают живой интерес у учащихся и к нему привлекаются и ремонтные монтеры, мастера, работники релейной защиты.

Каждый эксплоатационный работник обязан в течение месяца ответить в письменном виде на один вопрос.

Технические конференции

Начиная с 1949 г., для расширения технического кругозора и сообщения новостей технической эксплоатации электрооборудования проводятся технические конференции начальников подстанций и дежурных техников с докладами участников на заданные темы. Темы первой конференции были выбраны из того материала, который должен быть проработан на занятиях с персоналом в будущем: 1) вопросы эксплоатации трансформаторов; 2) потери энергии в электросетях; 3) высокочастотная часть защиты линий; 4) новости в эксплоатации электрооборудования.

Такие конференции намечены к проведению раз в квартал. Кроме того, в течение ряда лет в районе раз в полгода проводятся конференции начальников подстанций, дежурных техников и мастеров; на них главный инженер делает доклад о работе дежурного персонала за истекшее время. В докладе детально разбираются все случаи аварий, брака, нарушений правил безопасности, технической эксплоатации и производственных инструкций. Доклад обсуждается всеми присутствующими, и это обсуждение повторяется на другой день для того, чтобы каждый дежурный мог принять в нем участие. Воспитательное и учебное значение таких конференций очень велико, так как обучение ведется на конкретных случаях и касается оборудования, знакомого каждому участнику.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Заключение

Техническое обучение не может рассматриваться в отрыве от эксплоатационной работы. Оно должно повседневно проводиться руководителями эксплоатации. Только при этих условиях возможно систематическое улучшение эксплоатационных показателей и повышение надежности работы. Уменьшение числа аварий в районе явилось следствием упорной и напряженной работы по техническому обучению и тренировке персонала.

Инж. В. М. Кедрин

Устройство для автоматического срыва вакуума

Одним из способов уменьшения «разгона» ротора турбины является быстрый срыв вакуума[1]. Ниже описывается одно из устройств автоматического срыва вакуума, показавшее надежность действия при многолетней эксплоатации турбины Юнгстрем.

Устройство это состоит из реле, получающего импульс от автомата безопасности и воздействующего одновременно на: а) срыв вакуума (путем открытия атмосферного клапана); б) закрытие стопорного клапана турбины; в) отключение масляного выключателя генератора.

Общая схема такого устройства приведена на рисунке. Она состоит из реле, связанного гибким тросом с автоматом безопасности, рычажной передачей со стопорным клапаном и соединительной трубкой с атмосферным клапаном.

Реле укреплено на корпусе турбины и состоит из чугунного стакана *2*, внутри которого заложена пружина *22*; в середине стакана проходит стержень *4* со специальным вырезом, куда заходит защелка *1*. Внизу стержень *4* заканчивается клапаном, который закрывает отверстие в трубке *9* при нижнем своем положении и открывает его, когда стержень поднят вверх (рис. *б*).

Сбоку через стакан проходит трос *18*, у которого один конец прикреплен к защелке автомата безопасности, а другой — оканчивается шайбой *21*, упирающейся в малую пружину *23*.

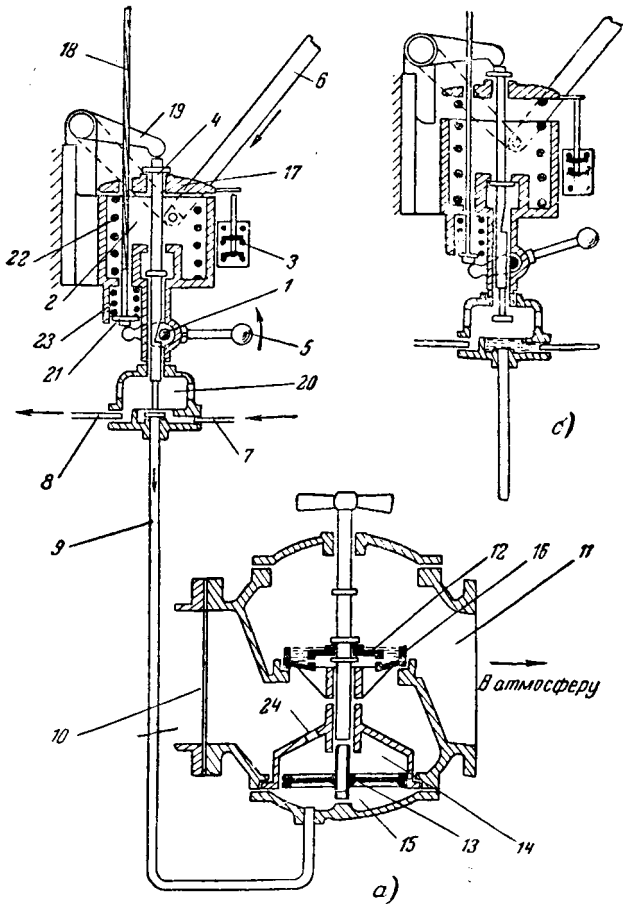
Нижняя часть так называемого «нарушителя вакуума» имеет гидравлическое уплотнение клапана для исключения подсоса воздуха в трубку *9* (во время нормальной работы).

Вода для уплотнения берется от конденсатного насоса, подводится по трубке *7* и отводится в конденсатор по трубке *8*. Когда автомат безопасности «заряжается», то трос *18* натягивается и сжимает пружину *23*. В то же время специальным рычагом на стопорном клапане воздействуют через тягу *6* (по стрелке) на рычаг *19*, который, в свою очередь нажимая на стержень *4*, совместно с крышкой *17*, сжимает пружину *22* до тех пор, пока защелка *1* не войдет в вырез стержня *4* и его клапан не закроет отверстия в трубке *9*.

После этого автомат готов к действию. Трубка *9* своим вторым концом присоединена к нижней полости *15* атмосферного клапана, устройство которого несколько необычное: он состоит из двух тарелок — *12* и *16*, которые могут работать либо совместно (при работе турбины «на выхлоп»), либо тарелка *12* может подниматься отдельно (при срыве вакуума от реле). В нижней части корпуса атмосферного клапана имеется воздушный цилиндр, в котором ходит поршень *13*. Этот поршень делит цилиндр на две полости *15* и *14*.

Полость *14* через отверстие *24* сообщается с полостью конденсатора и, следовательно, во время работы постоянно находится под разрежением. Полость *15*, как указывалось выше, соединяется с нарушителем вакуума *20*.

Действие всего устройства протекает следующим образом. В случае срабатывания автомата безопасности натяжение троса *18* немедленно ослабляется; при этом



Устройство для автоматического срыва вакуума.

а — реле в „заряженном состоянии"; *б* — после срабатывания автомата безопасности.

1 — защелка реле; *2* — корпус реле; *3* — контактный выключатель; *4* — стержень реле с клапаном; *5* — рукоятка для отключения реле вручную; *6* — тяга к стопорному клапану; *7* — трубка для подвода воды для уплотнения клапана (нарушителя вакуума); *8* — трубка для отвода воды; *9* — соединительная трубка между реле и атмосферным клапаном; *10* — полость атмосферного клапана со стороны конденсатора; *11* — то же со стороны атмосферы; *12* — малая тарелка атмосферного клапана (для срыва вакуума от реле); *13* — поршень воздушного цилиндра; *14* — полость воздушного цилиндра с давлением 0,04 — 0,05 *ата*; *15* — то же со стороны соединительной трубки реле; *16* — большая тарелка атмосферного клапана; *17* — крышка реле; *18* — трос к автомату безопасности; *19* — рычаг для передачи импульса отключения от реле к стопорному клапану; *20* — коробка „нарушителя вакуума"; *21* — шайба на конце троса для передачи давления на пружину *23* и рычага *5* к защелке *1*; *22* — пружина; *23* — малая пружина; *24* — отверстие.

сжатая пружина *23* освобождается и откидывает рычажок защелки *1*. Стержень *4*, освобожденный от защелки и находящийся под действием сжатой пружины *22*, выбрасывается вверх и через рычаги *19* и *6* отключает стопорный клапан (рис. *б*).

Одновременно с подъемом стержня клапан его откроет отверстие трубки *9*, вследствие чего полость *15* окажется под атмосферным давлением. Так как полость *14*, сообщенная с конденсатором, имеет давление значительно меньше атмосферного (всего лишь 0,04—0,05 *ата*), то поршень *13* окажется под значительной разностью давлений и вынужден будет быстро подняться вверх и тем самым открыть клапан *12*.

В результате этого полость конденсатора окажется сообщенной с атмосферой, что и вызовет быстрый срыв вакуума. Одновременно с указанным действием реле происходит перемещение контактов в выключателе *3*, вследствие чего замыкаются верхние контакты, и масляный выключатель генератора также отключается.

Инж. Г. Х. Астапович

---

[1] Автоматический срыв вакуума не должен осуществляться на турбинах, у которых в результате неустраненных дефектов регулирования имеет место „ложное срабатывание" автомата безопасности при сбросе нагрузки. Обслуживающий персонал может восстановить рабочий режим таких турбин, не прибегая к их остановке. Ред.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Наладка регуляторов питания котлов системы Трубкина

Двухимпульсные электромеханические регуляторы, изготовленные заводом «Энергодеталь», устанавливались на котлах производительностью 50 *т/час* при давлении 22 *ат*, работающих на газообразном топливе. При монтаже использовались старые клапаны от регуляторов типа Копес.

Схема установки регулятора на котле изображена на рисунке.

Отбор импульса по уровню произведен из чистого отсека барабана. Поплавковый (плюсовой) сосуд дифманометра регулятора подключен к штуцеру, находящемуся на 275 *мм* выше оси барабана; минусовый сосуд импульса по уровню подключен на 225 *мм* ниже оси.

Для подключения импульса по расходу пара между сухопарником и выходным коллектором перегревателя проложена шунтирующая линия *4* диаметром 32/38 *мм*, общей длиной 20 *м*. Ввод шунтирующей трубки в коллектор *3* осуществлен при помощи трубки *5* с пятью сквозными отверстиями диаметром 10 *мм* для направления вытекающей струи вдоль оси коллектора.

При выборе места установки колонки регулирования питания была учтена возможность ручного управления клапаном с помощью маховика редуктора. Регулирующие клапаны ранее были установлены на линиях, проложенных на 1 *м* ниже площадки водосмотра. Поэтому установка колонки регулирования на площадке дала возможность соединить выходной вал редуктора с рычагом клапана тросом длиной всего около 5 *м*, при этом была обеспечена видимость стекла при ручном управлении питанием.

Температура окружающей среды в месте установки регулятора была снижена путем местной изоляции стенок котла.

Монтаж импульсных линий произведен трубками красной меди диаметром 12/14 *мм*, уложенными в виде змеевиков, с целью создания запаса холодного конденсата перед регулятором[1].

Воздействие импульса по нагрузке было настроено путем подбора диаметра отверстия дроссельной шайбы, установленной на шунтирующей трубке перед местом подключения ее к коллектору перегревателя. По расчету при отверстии диаметром 17 *мм*, нагрузке 51 *т/час* соответствующий перепад на импульсном участке 340 *мм* рт. ст.

Регулирующие клапаны градуировались по водомерам. При этом считалось необходимым, чтобы клапан в пределах поворота выходного вала сервомотора между концевыми ограничителями обеспечивал изменение расхода воды от нуля до величины, соответствующей максимальной нагрузке котла с учетом 10% на продувку.

На одном котле пропускная способность полностью открытого клапана оказалась равной 58 *т/час*, а на втором — 63 *т/час*. В соответствии с этим трос передачи был прикреплен к рычагу первого клапана на радиусе 241 *мм*, а второго — 292 *мм*.

На щите управления каждого котла были смонтированы: указатель открытия клапана, переключатель и ключ дистанционного управления. Кроме того, на щите управления были установлены три сигнальные лампы для контроля наличия тока (одна в сети постоянного тока, а две — переменного). Электрические цепи регулятора были проложены медным кабелем сечением 2,5 *мм*².

Органы настройки регуляторов были установлены при наладке в следующем положении: тяга, связываю-

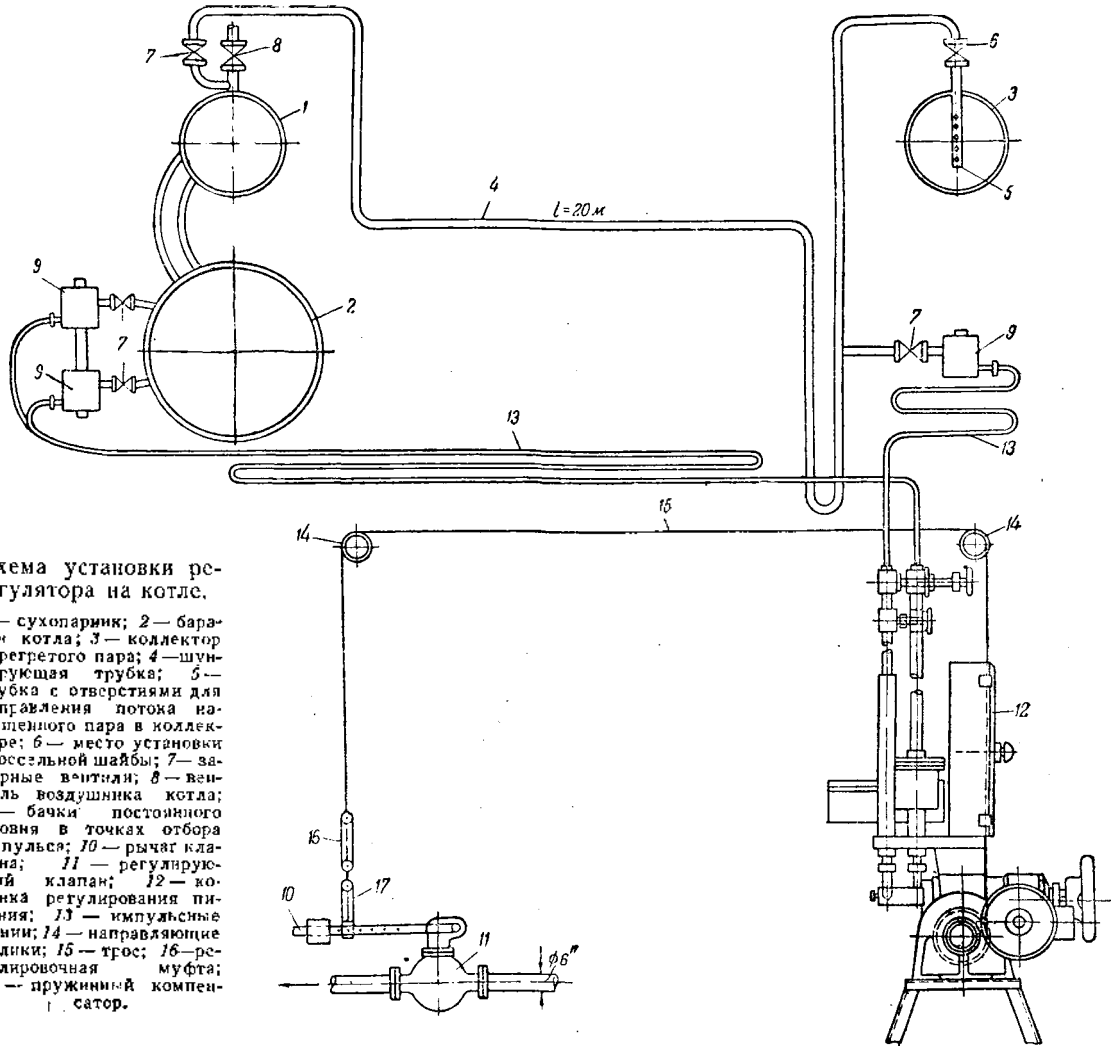


Схема установки регулятора на котле.

1 — сухопарник; *2* — барабан котла; *3* — коллектор перегретого пара; *4* — шунтирующая трубка; *5* — трубка с отверстиями для направления потока насыщенного пара в коллекторе; *6* — место установки дроссельной шайбы; *7* — запорные вентили; *8* — вентиль воздушника котла; *9* — бачки постоянного уровня в точках отбора импульса; *10* — рычаг клапана; *11* — регулирующий клапан; *12* — колонка регулирования питания; *13* — импульсные линии; *14* — направляющие ролики; *15* — трос; *16* — регулировочная муфта; *17* — пружинный компенсатор.

[1] При удлинении импульсных линий путем укладки их в виде змеевика во время пуска усложняется удаление воздуха, препятствующего нормальной работе регулятора. Достаточный запас холодного конденсата может быть накоплен в уравнительных сосудах соответствующего размера. Ред.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

щая наружный рычаг механизма поплавка и хвостовик контактной пластины первичного реле, скреплена с последним на радиусе 10 *мм* (первое отверстие от оси вращения); регулировочная серьга устройства обратной связи поставлена на радиусе 55 *мм*.

При такой настройке регулятор обеспечивал поддержание уровня в следующих пределах: на одном котле при медленном изменении нагрузки от 18 до 56 *т/час* уровень в чистом отсеке повышается на 84 *мм*, а в соленом отсеке — на 30 *мм*; на другом котле постепенное возрастание нагрузки с 18 до 50 *т/час* вызывает повышение уровня в чистом отсеке на 80 *мм*, а в соленом — на 30 *мм*.

После наладки были произведены опыты с целью определения качества работы регуляторов при переменной нагрузке котла. Испытания показали, что регуляторы на обоих котлах удовлетворяют требованиям эксплоатации, поддерживая уровень в зависимости от нагрузки в соответствии со статической характеристикой, достигнутой при настройке.

Несмотря на высокое качество регуляторов и простоту их настройки, к заводу, изготовляющему регуляторы, имеется ряд претензий:

1. Консервация регуляторов на заводе делается неправильно. Поплавок должен быть собран и заарретирован, в противном случае на месте приходится производить полную разборку, что влечет за собой расстройство сальникового уплотнения.

2. Нипели под накидные гайки на гребенке ртутных сосудов и у запорных вентилей к эксплоатации непригодны. После первой же затяжки вальцовка ослабла и достигнуть плотности соединения было невозможно.

3. Поставлены дефектные винты как для закрепления рычагов секторов, так и для крепления оси поплавка (негодный шлиц и плохая резьба).

4. Изоляция пластин (бумажные трубочки) кодового реле оказалась непрочной. После первого же включения ее пришлось заменить эбонитовой.

5. Токопроводящие проводники подвижных контактов магнитного контактора не выдерживали даже 10 включений. В процессе наладки регуляторов они заменялись.

6. После шестичасовой работы регуляторов катушки магнитных контакторов сгорели.

7. В комплектах были присланы непригодные к эксплоатации электродвигатели.

8. Пружинки фиксатора положения штурвала редуктора слабы и при работе штурвал выскакивает, прерывая автоматическое питание котла.

Инж. Б. Е. Казаков

Опыт исследования агрессивности котловой воды

На многих паровых котлах обнаруживаются хрупкие разрушения металла вследствие влияний котловой воды, имеющей большую щелочность. Отсюда такие разрушения часто называют «щелочной хрупкостью металла». Они (трещины), как правило, имеют интеркристаллитный характер, т. е. происходят по границам зерен металла.

Хрупкие разрушения котельных сталей, как показали исследования, вызываются следующими причинами:

1) наличием механических напряжений в металле, близких к пределу его текучести;

2) повышенной относительной щелочностью котловой воды с присутствием солей кремневой кислоты как катализатора;

3) наличием самых малых неплотностей в клепаных швах или в вальцовках труб барабанов котлов, в которых образуется незначительное пропаривание.

На рис. 1 изображен клепаный шов. По причине плохой чеканки головок заклепок возможно просачивание котловой воды в шов, между телом заклепки и листами металла (указано на рисунке). В этих местах в подобных случаях возможно образование щелочных концентратов и, как следствие, — появление интеркристаллитных трещин, расходящихся во все стороны от заклепочного отверстия, а часто и в теле заклепок, в особенности под головкой.

Те же условия часто вызывают кольцевые интеркристаллитные трещины в вальцованных концах труб и в теле барабанов котлов между трубами.

Широкое внедрение Na-катионирования воды для паровых котлов требует внимательного отношения к выявлению возможных хрупких разрушений котельного металла, последствия которых могут быть весьма тяжелыми, о чем свидетельствуют разрушения, происшедшие в 1948 г. в одной из котельных по этой причине. Все это заставляет принимать меры к предупреждению появления хрупких разрушений и выявлению их в первоначальной стадии.

Для выявления образовавшихся хрупких разрушений требуется останавливать котлы, вырубать заклепки швов, шлифовать и протравливать металл. Поэтому особенно важно предупреждать возникновение этих дефектов. Для этого в первую очередь надлежит исследовать на работающем котле агрессивность котловой воды.

Проведенное Центральной испытательной станцией металлов Главгосконтлонадзора Министерства электростанций исследование котловой воды на одной тэц с помощью прибора для определения щелочной агрессивности (рис. 2) дало показательные результаты.

В состав питательной воды исследуемой котельной входило 80% Na-катионированной речной воды и 20% конденсата. Применения Na-катионирования добавочной воды значительно повысило содержание едкого натра и соды в котловой воде; относительная щелочность воды достигала 60—70° *Н*. Это создавало благоприятные условия для интеркристаллитных разрушений металла котлов.

В примененном для исследования приборе (рис. 2) воспроизводятся явления, происходящие в неплотном шве или в неплотной вальцовке труб парового котла. В корпусе *1* просверлен канал *2* для прохода котловой воды. Испытуемые образцы *3* помещаются в пазах, вырезанных в корпусе, и зажимаются там крышками *4*. В корпусе, перпендикулярно каналу, просверлены два отверстия *5* диаметром 3 *мм* для подвода котловой воды к испытуемым образцам. Образцы при зажатии в пазах крышками изгибаются под углом 15°. Образцы размером 15×20×170 *мм* изготавливают из углеродистой котельной стали;

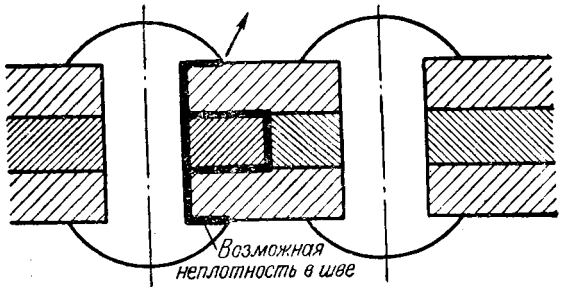


Рис. 1. Клепаный шов с неплотностями.

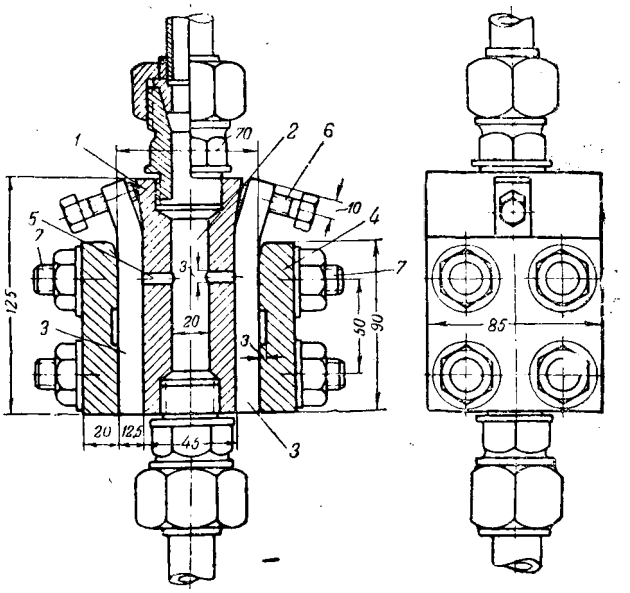


Рис. 2. Прибор для исследования агрессивности котловой воды в работающих паровых котлах.

1 — корпус; *2* — канал; *3* — паз; *4* — крышка; *5* — отверстие; *6* и *7* — болты с гайками.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

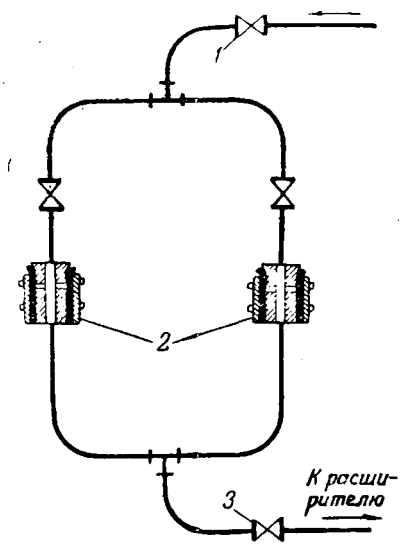
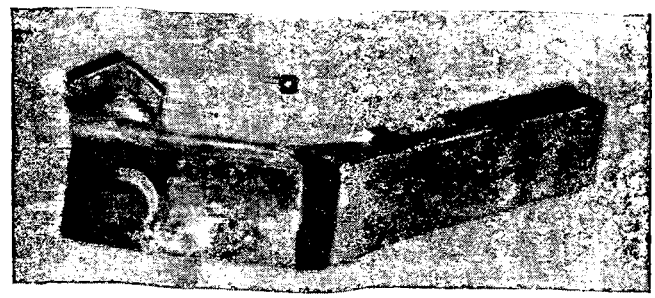


Рис. 3. Схема включения двух приборов в котле.
1 — запорный вентиль котла; 2 — приборы; 3 — игольчатый вентиль непрерывной продувки.



а)

б)

Рис. 4. Испытуемые образцы после опыта.

металл для их изготовления предварительно исследуется в лаборатории.

Слабым отпусканием гаек 7 и подвинчиванием болтов 6 создается незначительное пропаривание под образец, а изогнутая поверхность его напрягается. Во все время опыта следует поддерживать незначительное парение, замечаемое только по «потению» гладкого стекла, которое подносится к прибору для контроля.

В котельной в работу было включено два прибора в линию непрерывной продувки (рис. 3).

Вентили, стоящие по ходу воды до прибора, держались все время полностью открытыми. Давление в приборах, равное давлению в котле, поддерживалось регулированием игольчатого клапана 3.

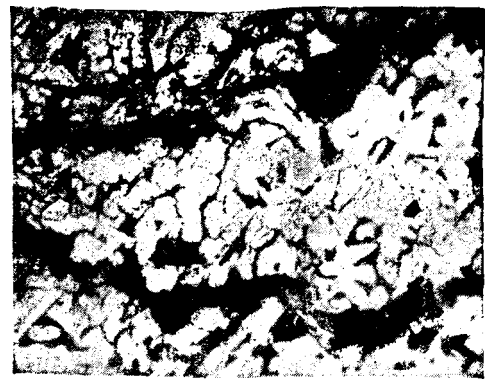
Наблюдение за прибором во время опыта сводилось к тому, что один раз в сутки проверялось по стеклу парение из приборов. Если парение прекращалось, то натяжными болтами оно создавалось вновь. Таким образом, создавались условия работы металла в неплотном заклепочном шве или в местах неплотной вальцовки труб. В зазоре между образцом и корпусом образовался щелочный концентрат, химически действующий на напряженную поверхность образца. Нормальная продолжительность опыта — 30 суток. Если за этот срок на образцах трещины не обнаруживаются, то ставится наблюдение длительностью 60, а затем 90 суток. Отсутствие разрушений в образцах при общей продолжительности опыта 90 суток позволяет считать воду неагрессивной.

В описываемом опыте образцы находились на испытании 88 суток. Внешний осмотр извлеченных после 88 суток образцов (рис. 4) показал следующее: на образце *а* — широкая трещина на глубину 11 *мм*; на образце *б* — трещина на глубину 9 *мм*, на расстоянии 3 *мм* от этой трещины — вторая трещина на глубину 2,5 *мм* и несколько других, более мелких. Интеркристаллитный характер этих трещин виден на микрошлифе (рис. 5).

На одном из остальных образцов видимых глазом разрушений обнаружено не было, но при травлении в 25%-ном растворе HCl на растянутой поверхности образца выявлены 2 мелкие трещины. Было установлено, что на этом образце во время испытания пропаривание было слишком большим, вследствие чего щелочность концентрата около образца за все время опыта была, повидимому, пониженной, а поэтому агрессивное воздействие воды оказалось меньшим, чем на первых двух образцах.

На другом образце не было обнаружено никаких дефектов. Оказалось, что вследствие закупорки канала 5 (см. рис. 2) в начале исследования вода к этому образцу совсем не подводилась.

Характерные факты с двумя последними образцами показывают, что невнимательное наблюдение за работой приборов при таких исследованиях может привести к неправильным выводам о характере котловой воды.



а)

б)

Рис. 5. Микроструктура испытуемых образцов.

Выводы

1. Исследование агрессивности котловой воды с помощью приборов, в которых моделируется явление разрушения, эффективно и доступно каждой электростанции.

2. Эти исследования необходимо проводить на всех паровых котлах, которые питаются водой с высокой относительной щелочностью.

3. Исследования необходимо продолжать и после введения химической пассивации воды для контроля эффективности пассивации.

Инж. В. С. Соколов

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Наладка сепарации пара в трехбарабанном котле

Трехбарабанный котел ЛМЗ 150/180 *т/час* с камерной топкой имел недостаточное экранирование. Экраны защищали только заднюю стенку топки, верхнюю часть фронтовой и заднюю часть боковых стенок. Задний и боковые экраны и гранулятор получали питание из нижнего барабана и выдавали паро-водяную смесь в задний барабан. Фронтовой экран питался из торцов переднего барабана и выдавал паро-водяную смесь с фронта по длине переднего барабана.

Котел был реконструирован путем дополнительного экранирования топки по проекту ЛМЗ. При этом были установлены четыре новых экрана: два боковых, получающих питание из торцов нижнего барабана и выдающих паро-водяную смесь по торцам заднего барабана, расположенные на незащищенной части боковых стенок; фронтовой, расположенный на верхней части фронтовой стенки между трубами существующего экрана, получающий воду из торцов переднего барабана и выдающий паро-водяную смесь по длине переднего барабана; задний, трубы которого расположены между трубами основного экрана, получающий питание из нижнего барабана и выдающий паро-водяную смесь через перепускное корыто, установленное в нижнем барабане, и трубы последнего ряда первого кипятильного пучка (через одну) — в передний барабан. В соответствии с произведенной реконструкцией были изменены и внутрибарабанные устройства (рис. 1).

После реконструкции в барабанах котла наблюдалась значительная разница уровней: качество пара ухудшалось. При нагрузке выше 160 *т/час* общая щелочность насыщенного пара превышала норму, достигая $0{,}14 \div 0{,}22°H$, с увеличением плотного остатка до $5 \div 6$ *мг/л*. Общая щелочность котловой воды составляла при этом $22°H$. Кроме того, при наинизшем уровне в переднем барабане уровень в заднем поднимался до наивысшего, а перекос уровня по длине барабана доходил до 70 *мм*.

Ухудшенное качество пара ограничивало производительность котла, не позволяя работать с нагрузкой более 160 *т/час*.

Для выравнивания уровней были сняты торцевые листы с паропереепускного корыта в заднем барабане, передающего пар из переднего барабана в сухопарник. Это выравняло давление в барабанах и несколько уменьшило разность уровней в них. Качество пара при этом осталось прежним.

Для наладки сепарации представителем завода на месте было предложено несколько вариантов изменения сепарирующих устройств, основанных на принципе максимального освобождения паровых объемов барабанов и применения перфорированных щитов для выравнивания отбора пара по длине барабанов. Для исполнения был принят вариант, показанный на рис. 2. Питательная труба была заменена корытом, которое было закрыто листом, чтобы предупредить увлажнение пара заднего экрана, проходящего над корытом. Заглушки на пятом ряду труб к сухопарнику были сняты. В переднем барабане против труб последнего ряда первого пучка, выдающих паро-водяную смесь дополнительного заднего экрана, были поставлены щиты, которые должны были обеспечить более спокойный уровень в переднем барабане. В обоих барабанах еще ранее были установлены дырчатые щиты и из заднего барабана удалено паропереепускное корыто.

Испытание, проведенное после переделки сепарации, показало ухудшение качества пара. Щелочность пара находилась в норме лишь при нагрузке котла не свыше 150 *т/час*. Тогда было принято решение удалить дырчатые щиты в переднем и заднем барабанах и восстановить паропереепускное корыто в заднем барабане, включив в него четыре ряда труб сухопарника (вместо трех рядов, включенных ранее) и оставив его торцы открытыми. Кроме того, с помощью перепускных труб в корыто были

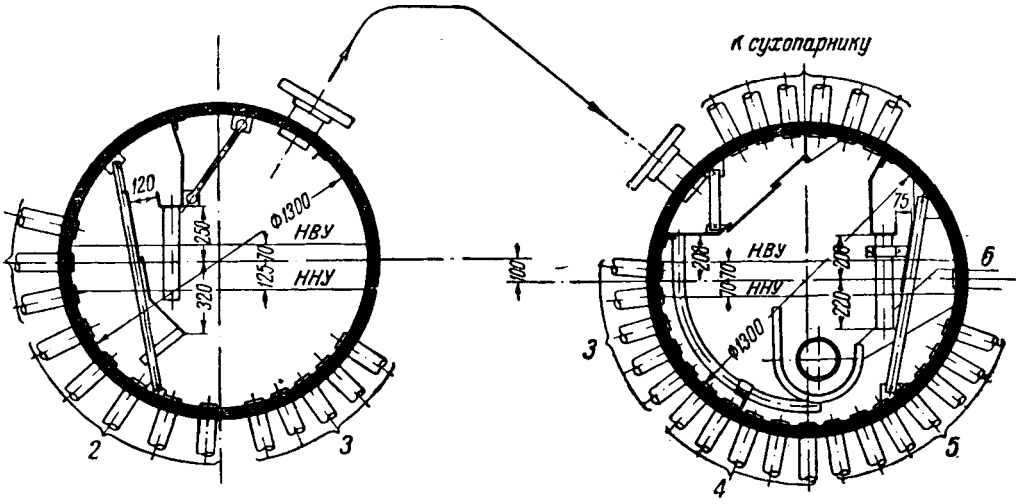


Рис. 1. Внутрибарабанные устройства котла.

1 — трубы фронтового экрана; *2* — трубы первого котельного пучка; *3* — водоперепускные трубы; *4* — трубы второго котельного пучка; *5* — трубы третьего котельного пучка; *6* — трубы заднего экрана; *НВУ* — наивысший уровень; *ННУ* — наинизший уровень.

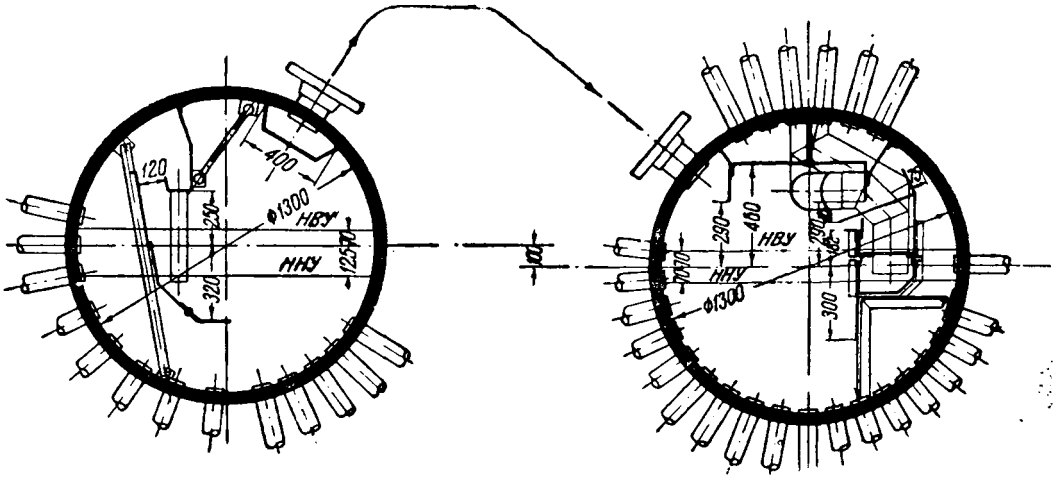


Рис. 2. Внутрибарабанные устройства после переделки.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

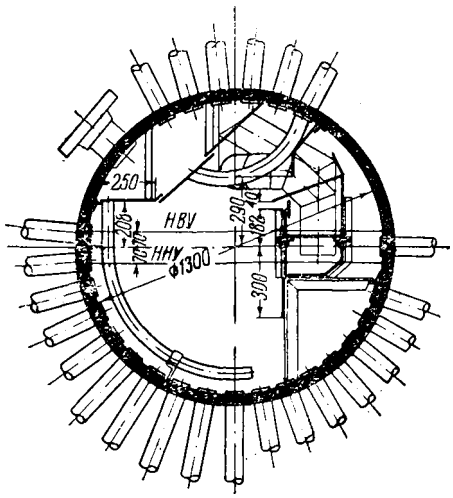


Рис. 3. Окончательный вид сепарационных и питательных устройств в заднем барабане.

включены дополнительно четыре трубы шестого ряда (рис. 3).

Качество пара после переделки значительно улучшилось, не выходя из норм при устойчивой нагрузке до 190 *т/час* и даже при кратковременной нагрузке 210 *т/час*.

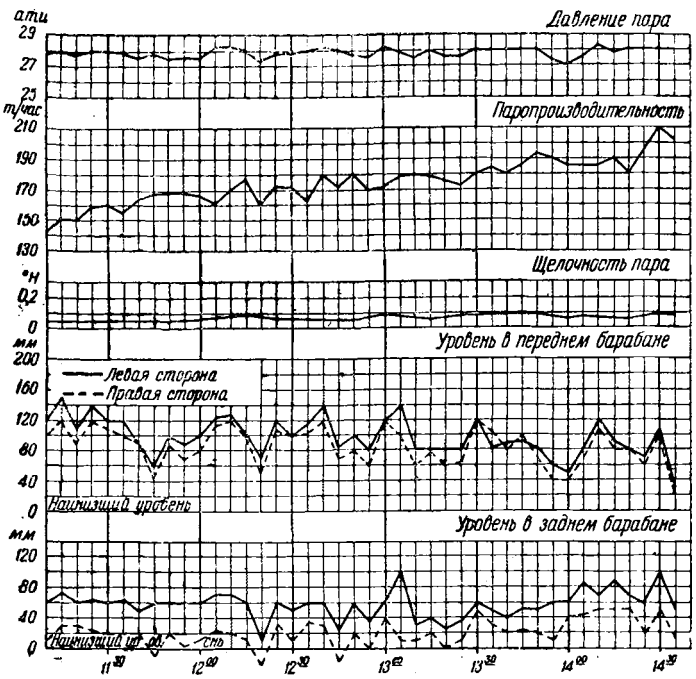


Рис. 4. Показатели работы сепарирующего устройства при испытаниях.

На рис. 4 приведены результаты испытаний сепарирующего устройства, показанного на рис. 3. Щелочность пара измерялась с двух сторон. На диаграмме дана щелочность с правой стороны, где она держалась несколько выше. Уровень в переднем барабане после переделок установился выше уровня в заднем и при увеличении нагрузки на котле разница в уровнях между барабанами уменьшается. Разница в уровнях по длине заднего барабана осталась, но на качестве пара это не отражается.

Подобная же переделка была впоследствии выполнена на втором однотипном котле. В течение последующей четырехлетней эксплоатации обоих котлов никаких ненормальностей в качестве пара не наблюдалось. Ограничение производительности котлов из-за ухудшения качества пара было полностью ликвидировано.

Инж. Я. Я. Барановский
и инж. В. А. Нахалов

Из опыта эксплоатации тепловых сетей Ярославля

Регулирование отпуска тепла

В первые годы эксплоатации водяных сетей отсутствовала бытовая и вентиляционная нагрузка, что создавало возможность регулирования температуры по чисто отопительному графику.

Присоединение в 1942 г. крупных потребителей горячего водоснабжения (баня, больницы, госпитали) с водоводяными бойлерами потребовало пересмотра графика температур и замены его отопительно-бытовым графиком. Сохранить полностью центральное качественное регулирование при двухтрубной сети со смешанной нагрузкой и различными режимами потребления не удалось из-за перегрева зданий при температурах наружного воздуха от —2 до +10° С. От применения количественного регулирования на этом диапазоне температур пришлось отказаться из-за гидравлической разрегулировки всей теплофикационной системы. В связи с этим был принят метод регулирования отпуска тепла «пропусками».

Отсутствие достаточной аккумулирующей емкости у потребителей горячего водоснабжения привело к осуществлению «пропусков» путем поочередного прекращения циркуляции на магистралях с отопительной нагрузкой. Этот метод регулирования имеет следующие недостатки:

1. Прекращение циркуляции («пропуск») на какой-либо из магистралей лишь в незначительной степени снижает общее количество циркулирующей воды.

2. Абоненты получают тепло в течение суток неравномерно и остывание зданий даже при кратковременном «пропуске» становится довольно ощутимым, что вызывает нарекания со стороны потребителя.

3. Необходимость увеличения численности эксплоатационного персонала для производства «пропусков» на разветвленной сети.

Эксплоатационные недостатки методов регулирования температуры при двухтрубной сети и смешанной нагрузке привели к мысли, что лучшим выходом в данном случае является перевод потребителей горячей воды на непосредственный водоразбор. Последующее практическое осуществление непосредственного водоразбора подтвердило первоначальные соображения.

Состояние изоляции и тепловые потери

За последние три года Теплосетью было вскрыто и осмотрено около 200 шурфов на различных прокладках трубопроводов «возрастом» от 4 до 14 лет, в результате чего установлено следующее:

1. Мастичная изоляция (асбестоинфузорная с очесом) на трубопроводах в проходных каналах в течение 14 лет находится в отличном состоянии, что следует отнести за счет хорошей вентиляции этого типа каналов. Та же конструкция изоляции с гидрозащитным асбоцементным слоем на воздушных прокладках полностью себя оправдала.

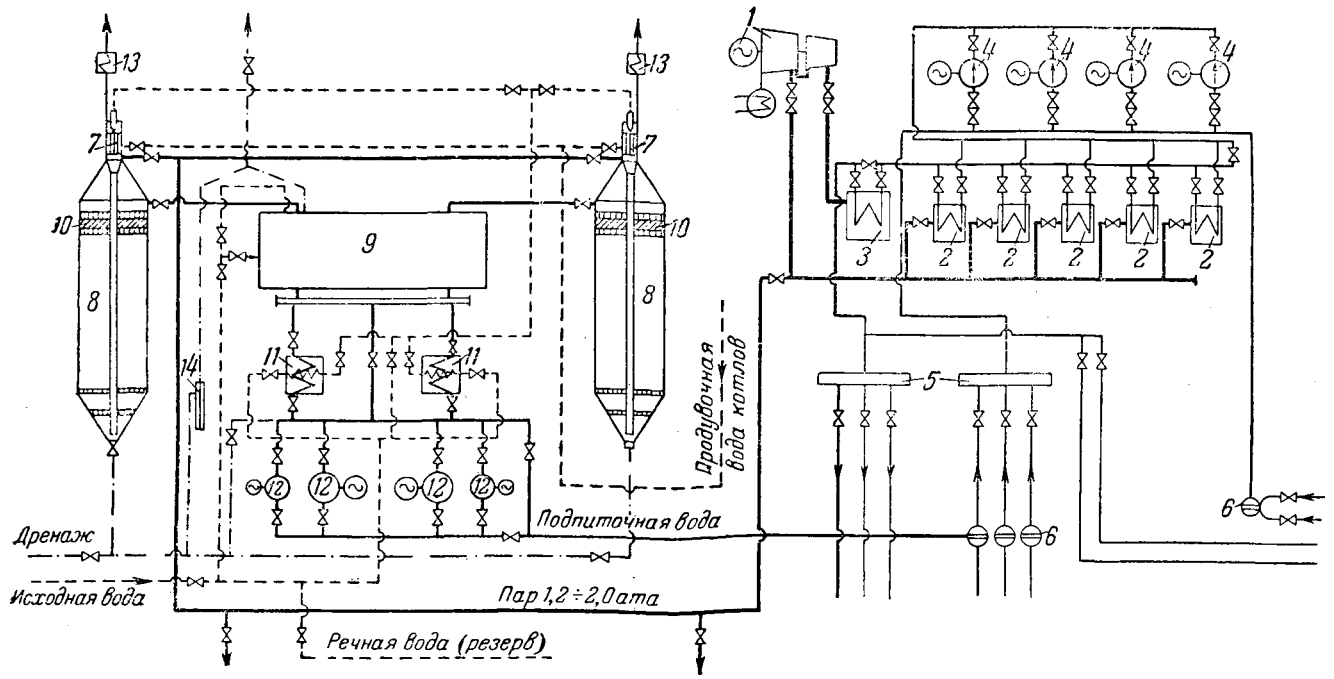
2. Мастичная изоляция с гидрозащитным слоем в непроходных каналах оказалась крайне недолговечной. При вскрытии таких каналов, особенно на участках с естественной компенсацией, обнаружены частичные и полные обвалы изоляции и оголения труб.

3. Подвесная изоляция из диатомовых сегментов с металлической сеткой и двумя слоями пропитанной битумом мешковины, уложенная в проходном канале и без канала, за 15 лет сохраняет свою первоначальную механическую прочность и теплоизолирующие свойства, что дает основания надеяться на сохранение ее в течение более длительного срока.

4. Изоляция водоводов в непроходных каналах, состоящая из пробковых сегментов (с добавкой древесных опилок), укрепленных стальной проволокой, и покрытая гидрозащитным слоем битума, за 20 лет эксплоатации (с 1929 г.) сохранила прочность и изолирующие свойства. Проволока под защитным слоем также сохранилась. Разрушение этой конструкции имеет место только в местах попадания в канал ливневых вод.

5. Получившая в военные годы широкое применение конструкция бесканальной укладки с засыпкой фрезерным торфом (30% от общей протяженности сетей) показала высокую сопротивляемость торфа загниванию. Многочисленные вскрытия теплопроводов семилетнего «возраста» показали, что увлажнению за счет избыточной влаги грунта подвергается только верхний слой торфа толщиной

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru



Принципиальная схема бойлерной установки магистрали гражданского сектора деаэрационно-подпиточной станции.

— турбогенератор; 2 — основные бойлеры; 3 — пиковый бойлер; 4 — сетевые насосы; 5 — коллекторы прямой и обратной воды; 6 — грязевики; 7 — пленочные деаэраторы смешения; 8 — суспензионные отстойники; 9 — бак-аккумулятор; 10 — древесношерстные фильтры; 11 — охладители очищенной воды; 12 — подпиточные насосы для зимнего и летнего режимов (по 2 насоса); 13 — охладители выпара; 14 — гидравлический затвор.

от 50 до 100 *мм* (толщина изоляции 300 *мм*), а расположенные ближе к трубам слои торфа сохраняют низкую влажность и свои теплоизолирующие свойства. Коррозии труб во всех шурфах, за исключением двух, не обнаружено; лак на поверхности трубы сохранился. Опытные участки теплопроводов с подобной изоляцией, уложенные в 1936 г., при вскрытии дали те же положительные результаты.

Сильная коррозия теплопроводов с засыпкой фрезерным торфом обнаружена на участке с агрессивным грунтом (бывшая свалка нечистот).

Для условий Ярославля капитальные затраты на 1 *м* трассы водоводов диаметром 350 *мм* для трех применяемых типов прокладок (канальной с подвесной изоляцией; бесканальной с цилиндрической сегментной изоляцией и бесканальной с засыпкой фрезерным торфом) относятся, как 2,0 : 1,4 : 1,0.

Если учесть важность экономии кирпича и цемента, то становятся совершенно ясными преимущества бесканальных прокладок.

Подпитка и непосредственный водоразбор

До 1941 г. подпитка была незначительна и обеспечивалась водоочисткой тэц, работавшей по схеме коагуляция — известкование — катионирование.

Для широкого развития непосредственного водоразбора создана установка, названная деаэрационно-подпиточной станцией.

В качестве исходной была принята волжская вода, охлаждающая аппаратуру одного из потребителей пара и сбрасываемая с температурой 50—55° С. Установка запроектирована на производительность 150 *т/час* и смонтирована в специальном здании вблизи тэц.

Оборудование деаэрационно-подпиточной станции показано на рисунке. Схема ее работы описана в литературе [1].

Из бака-аккумулятора станции вода поступает через регенеративные подогреватели во всасывающий коллектор подпиточных насосов.

Включение в схему деаэрационно-подпиточной станции регенеративных подогревателей произведено с целью сокращения расхода пара на деаэраторы (в три раза) и в связи с невозможностью использования очищенной воды с температурой 100° С в течение большей части года. Кроме того, отпадает необходимость применения вакуумной деаэрации.

Введение двух параллельных потоков воды (два деаэратора отстойника) объясняется стремлением увеличить эксплоатационную маневренность подпиточного устройства и снизить скорость воды в отстойниках до 7,5 *м/час*. Практика эксплоатации отстойников показала, что и эта скорость воды завышена, так как наилучшие результаты по жесткости воды были получены при нагрузке около 50 *т/час* на отстойник, т. е. при скорости подъема воды 5 *м/час*.

Работа пленочных деаэраторов протекает безупречно; поддержание постоянной температуры в 104° С гарантирует полное отсутствие кислорода. Осмотр внутренних поверхностей труб показывает полное отсутствие кислородной коррозии. Общая жесткость исходной воды колеблется в течение года от 4,5 до 6° *Н*; в результате термохимической реакции установка выдает воду с жесткостью от 0,35 до 1,5° *Н* (меньшие цифры относятся к сниженным нагрузкам станции).

Опыт работы на воде с подобной жесткостью, подкрепленный последующим анализом состояния поверхностей нагрева бойлерной и внутренних поверхностей водоводов, показал, что отложения накипи хотя и имеют место, но не требуют чистки бойлеров более одного раза в год. Отложения накипи в новых трубах (работавших с водой жесткостью не выше 1,5° *Н*) после годичной эксплоатации вообще отсутствуют. Приведенные факты ставят под сомнение необходимость более глубокого умягчения воды, вызывающего дополнительные расходы, и позволяют поставить вопрос о пересмотре установленных норм жесткости подпиточной воды.

Требованиям санитарного надзора вода также удовлетворяет, поскольку она проходит процесс кипячения в деаэраторе. К неустраненным недостаткам следует отнести периодическое появление запаха сероводородов в местах разбора воды. Это явление, имеющее чисто местный характер, связано с технологией абонента — поставщика исходной воды и еще недостаточно изучено.

Пятилетний опыт работы подтверждает большинство положений, изложенных в «Руководящих указаниях по непосредственному водоразбору из тепловых сетей» [2].

[1] См. статью С. Ф. Копьева, „Электрические станции", № 11, 1949 г.

[2] Составлено цехом теплофикации Оргрэс в 1943 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Однако, практика опровергает утверждения этих «Руководящих указаний»[3] о следующих возможностях:

1. Использование стояков местных систем отопления в качестве разводящей сети в любое время.

В практических условиях, когда регулировочная арматура на отопительной системе далека от совершенства, а порой и вообще отсутствует, разбор из стояков летом вызывает подсос холодной воды из приборов отопления и обратного (отключенного) стояка, а также приводит к прогреву большей части систем. В результате разбор воды из стояков сохранен только для отопительного сезона, нормальной же схемой снабжения абонентов водой следует признать схему с внутренней самостоятельной сетью горячего водоснабжения, присоединенной на вводе абонента.

2. Успешной работы отстойников при скоростях от 8 до 12 *м/час*. Наиболее приемлемой следует считать скорость не выше 5 *м/час*.

3. Работы водоприготовительного устройства без наличия в его схеме значительной аккумуляторной емкости. Эксплоатационные данные показывают крайнюю неравномерность потребления горячей воды как по дням недели, так и в пределах одних суток. Это обстоятельство при отсутствии в схеме аккумулирующей емкости приведет к неравномерному режиму работы отстойников, которые чрезвычайно чувствительны к изменению как скорости, так и температуры и немедленно реагируют ухудшением качества воды. Гораздо целесообразнее сохранять постоянный режим деаэраторов и отстойников, заставив аккумулятор выправлять неравномерный график потребления горячей воды.

4. Снабжение в летнее время горячей водой по одной из двух труб сети, т. е. по тупиковой схеме. Эту схему работы для летнего времени можно считать хорошей и к ней следует стремиться, но она не может быть применима в разветвленных сетях с рассредоточенными абонентами. Ответвления сетей с небольшой нагрузкой горячего водоснабжения при работе по тупиковой схеме снабжают абонентов холодной водой, выстывающей в водоводах при малой скорости движения. В связи с этим в большинстве сетей с относительно небольшой нагрузкой горячего водоснабжения необходимо сохранять замкнутую циркуляцию воды.

---

[3] Желательно получить от читателей сообщения об имеющемся у них опыте эксплоатации тепловых сетей с непосредственным водоразбором. Ред.

Инж. А. В. Зайцев

Создание кратковременного активного тока для отыскания замыканий на землю

Выполнение защиты от замыканий на землю в воздушных сетях 35 *кв* с изолированной нулевой точкой, как известно, встречает ряд затруднений, связанных с необходимостью создания активного тока замыкания на землю и применения чувствительных реле.

Простым решением вопроса является включение в нулевую точку трансформаторов активного сопротивления, рассчитанного на ток, необходимый для срабатывания реле селективной сигнализации замыканий на землю, причем только на время, достаточное для срабатывания этих реле. Препятствием для такого решения является отсутствие промышленного выпуска сопротивлений на напряжение 22 *кв*.

В 1945 г. в одной энергосистеме по предложению автора было изготовлено такое активное сопротивление и включено в нулевую точку трансформаторов, параллельно дугогасящей катушке на открытой подстанции, через выключатель (см. рисунок).

При нормальной работе схема сопротивления собрана, но его выключатель отключен. При появлении устойчивого замыкания на землю включается кратковременно активное сопротивление, что обеспечивает срабатывание земляных реле, действующих на сигнал.

По показаниям блинкеров сработавших реле легко определяется заземленная линия.

В целях предохранения активного сопротивления от длительного воздействия тока на его выключателе уста-

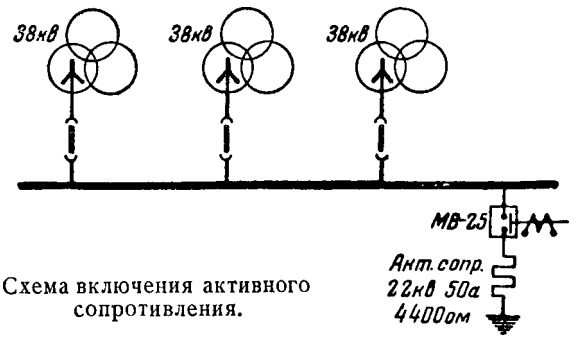


Схема включения активного сопротивления.

новлена максимальная защита, которая отключает его через 2—3 сек.

Конструкция активного сопротивления проста и несложна. Оно может быть изготовлено в любой энергосистеме своими силами. Сопротивление состоит из спиралей, намотанных из высокоомной проволоки, натянутых между деревянными брусками, которые крепятся на металлическом каркасе. Бруски изготовляются из дерева твердых пород и провариваются в горячем трансформаторном масле до полного удаления влаги.

Сопротивление помещается в стальной бак, залитый трансформаторным маслом.

Опыт эксплоатации активного сопротивления в течение 5 лет вполне себя оправдал. Заземления находились быстро и безошибочно. Наблюдались случаи исчезновения «земли» в системе после включения активного сопротивления вследствие перегорания набросов на провода воздушных линий.

Инж. С. Н. Дубровский

Автоматическая самосинхронизация генераторов

Предложенный Техническим отделом МЭС и ЦНИЭЛ для широкого внедрения способ самосинхронизации значительно упрощает и ускоряет включение генераторов на параллельную работу.

Автором были проведены опыты по самосинхронизации нескольких гидрогенераторов с демпферными обмотками, работающими в блоке с трансформаторами. Мощность подключаемого генератора составляла от 10 до 20% мощности системы.

Все генераторы имеют гашение поля по схеме ХЭМЗ. При отключении АГП ротор генератора замыкается на гасительное сопротивление 1,15 *ом*.

Включение генераторов производилось при синхронном числе оборотов, а также и при отклонении от него на $\pm 3\%$. Ток включения колебался в пределах $1{,}55 \div 2{,}4$ от номинального тока генератора в зависимости от реактивного сопротивления системы.

Напряжение на шинах 110 *кв* узловой подстанции системы, ближайшей к станции, где производилась самосинхронизация генераторов, понижалось максимум на 15% (чаще до 10%).

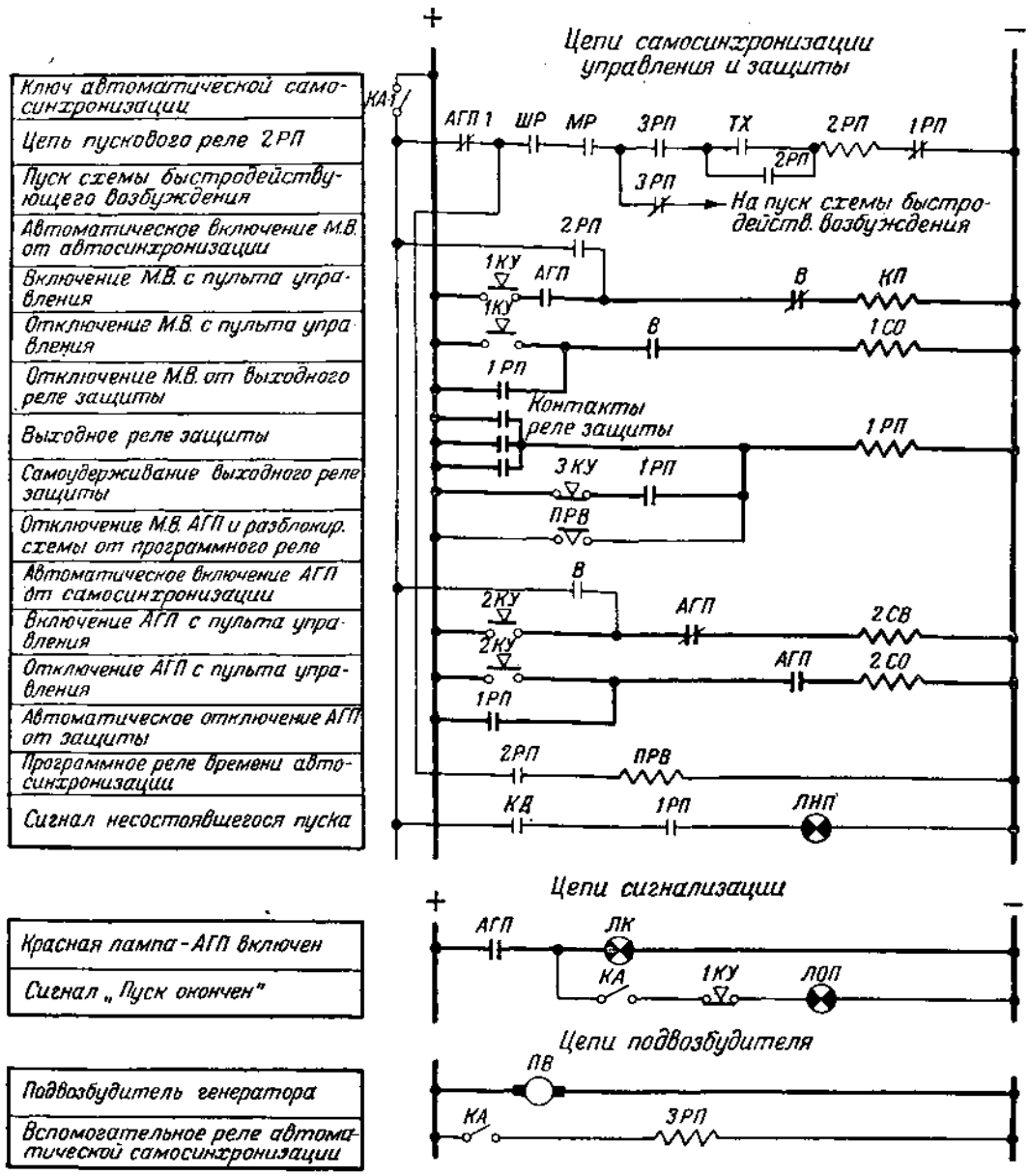
Переходный процесс (снижение тока статора до установившейся величины) при включении выключателя продолжался не более 1—1,5 сек. За это время ток статора устанавливался примерно до $1{,}1\ I_{ном}$ и более не снижался. При включении АГП ток статора резко снижался не более чем за 1 сек. Величина тока устанавливалась в зависимости от предшествующего возбуждения.

Генераторы имеют подвозбудитель и возбудитель; реостаты возбуждения возбудителя и подвозбудителя устанавливались в положения, соответствующие номинальному напряжению генератора при холостом ходе и номинальных оборотах.

Однако, несмотря на одинаковое положение реостатов в цепи возбуждения, тока возбуждения генератора после включения гасителя поля устанавливался произвольно и соответствовал напряжению генератора от 2,5 *кв* и до номинального напряжения 6,6 *кв*.

Это объясняется тем, что возбуждение генератора (при одинаковом положении реостатов возбуждения) за-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru



Принципиальная схема автоматической самосинхронизации генератора и связанных с ней цепей. Схема автоматической самосинхронизации добавляется к существующей схеме вторичной коммутации (начерчена тонкими линиями).

АГП — блоккконтакты на автомате гашения поля; *ШР* и *МР* — блоккконтакты на реостатах возбуждения возбудителя и подвозбудителя; *ТХ* — контакты тахометра; *2РП* и *3РП* — промежуточные реле автоматической самосинхронизации; *1РП* — выходное реле защиты генератора; *В* — блоккконтакты на валу выключателя; *1КУ* — ключ управления выключателем; *2КУ* — ключ управления гасителя поля; *ПРВ* — программное реле времени; *КА* — ключ автоматической самосинхронизации.

висело от предшествующего возбуждения подвозбудителя и возбудителя, до того как реостаты устанавливались на намеченные точки, а также от продолжительности остановки генератора.

Для приведения системы возбуждения генератора в однозначное, заранее намеченное, состояние перед самосинхронизацией кратковременно давалось быстродействующее возбуждение путем шунтирования реостатов в цепи возбуждения возбудителя и подвозбудителя.

После кратковременного действия быстродействующего возбуждения система возбуждения всегда приходила в заданное состояние и после включения гасителя поля ток возбуждения устанавливался равным току холостого хода при 6,6 *кв*.

На основании проведенных опытов автором была разработана и осуществлена схема автоматической самосинхронизации генератора (см. рисунок). Схема эта выполнена с помощью двух промежуточных реле 2РП, 3РП (типа РПМ), одного реле времени ПРВ (типа ЭВ-187) и одного ключа управления КА.

В реле времени добавлен размыкающийся контакт, вводящий сопротивление последовательно с его катушкой (для термической устойчивости). Проскальзывающий контакт в реле времени не используется.

На реостатах возбуждения возбудителя и подвозбудителя установлены блокировочные контакты, замыкающиеся, когда реостаты установлены в положение, соответствующее номинальному напряжению при холостом ходе генератора.

В качестве реле, определяющего скольжение генератора, был использован контактный тахометр на валу агрегата. Уставка на тахометре выбрана равной синхронным оборотам генератора.

Устройство быстродействующего возбуждения на генераторах имелось.

Автоматическая самосинхронизация происходит в следующей последовательности. После того как генератор развернут и цепь пускового реле 2РП подготовлена (гаситель поля отключен и реостаты ШР и МР возбуждения установлены в заданное положение), отключают ключ КА.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

При включении ключа КА подается плюс оперативного тока на схему автоматической самосинхронизации и подключается катушка вспомогательного промежуточного реле 3РП к подвозбудителю.

Через нормально замкнутый контакт реле 3РП срабатывает схема быстродействующего возбуждения, и возбудитель и подвозбудитель получают предельное возбуждение. Когда подвозбудитель предельно возбужден, срабатывает реле 3РП и прекращает работу быстродействующего возбуждения. Таким образом, на возбудителе всегда устанавливается заданное возбуждение. При достижении синхронных оборотов замыкаются контакты тахометра ТХ, срабатывает реле 2РП, которое включает выключатель генератора. Выключатель генератора, включившись своими блокконтактами, включает гаситель поля и подает возбуждение.

На этом процесс самосинхронизации заканчивается. Окончание пуска сигнализируется лампой, которая гасится установкой ключа управления выключателя генератора в положение «включено».

Продолжительность автоматической самосинхронизации не превышает 3—4 сек., считая с момента поворота ключа самосинхронизации.

В случае неудачного пуска (отказ в схеме или во включении выключателя, или гасителя поля) через 10 сек. после поворота ключа автоматической самосинхронизации срабатывает программное реле времени ПРВ и через выходное реле защиты 1РП отключает выключатель, гаситель поля и блокирует схему самосинхронизации. Несостоявшийся пуск сигнализируется лампой.

Инж. В. П. Клецкий

Об изменении расположения тросовых перемычек на деревянных опорах

При эксплоатации линий электропередачи на деревянных П- и АП-образных опорах с защитным тросом неоднократно наблюдались случаи одностороннего обрыва тросовых перемычек. Расположенные между вершинами стоек опор и выполненные либо из отрезков подвешенного на линии защитного троса, либо из катанки тросовые перемычки свободно раскачиваются при ветре. В результате этих качаний тросовая перемычка обламывается в месте крепления у подвесного зажима защитного троса, а свободный конец, падая, описывает дугу. В большинстве случаев высота подвеса троса на опоре над проводами значительно меньше расстояния между стойками опоры, и поэтому оборвавшаяся с одной стороны тросовая перемычка замыкает на землю среднюю фазу линейного провода.

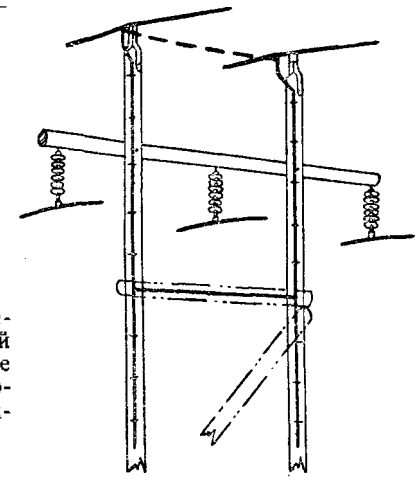
Подобного рода повреждения вполне возможно предупредить путем ревизии мест крепления тросовых перемычек.

Более просто, однако, вопрос решается путем изменения места расположения тросовой перемычки на деревянной опоре. Вполне допустимо тросовую перемычку перенести с вершин стоек опоры ниже проводов и крепить ее на верхнем ригеле ветровой связи, а при отсутствии ветровой связи натянуть перемычку между стойками опоры ниже проводов на 2 *м* (см. рисунок). В этом случае при обрыве тросовая перемычка не вызовет замыкания на землю линейного провода.

Как известно, согласно § 13 «Руководящим указаниям по защите от перенапряжений установок переменного тока напряжением 3—220 *кв*» (Госэнергоиздат, 1946 г.) превышение молниеотводов над объектами, находящихся в середине между ними, определяется из условия

$$h_a \geqslant \frac{a}{4} \div \frac{a}{5}.$$

В таком случае минимальное значение h_a для П-образных опор линий 35 *кв* с расстоянием между стойками



Изменение расположения тросовой перемычки на деревянной П-образной опоре (существующее положение показано пунктиром).

в 3 *м* составит 0,6÷0,75 *м*, а для линий 110 *кв* с расстоянием между стойками в 4 *м* — соответственно 0,8—1 *м*.

Как правило, превышение тросовой стойки над траверзой составляет обычно не менее 1 *м*; тогда, следовательно, весь участок траверзы, расположенный между стойками опоры, находится в зоне защиты от подвешенных на опоре тросов. Это обстоятельство допускает осуществлять электрическое соединение защитных тросов на деревянной опоре перемычками, располагаемыми ниже проводов [1].

Инж. Т. П. Мусатов

[1] Предложение инж. Мусатова будет рассмотрено Техническим отделом МЭС и решение по этому вопросу будет опубликовано. Ред.

Опыт ремонта аккумуляторной батареи

При проведении капитального ремонта импортной аккумуляторной батареи емкостью 404 *ач* выяснилось, что около 50 положительных пластин пришли в полную негодность и требуют замены. Запасных пластин на станции не имелось, а нормальные пластины типа +И2 не подходили, так как были значительно уже (167×346 *мм* вместо 255×355 *мм*) и имели ушки недостаточной величины.

Пришлось изготовить требуемые пластины, использовав для этого имеющиеся на станции пластины +И2. Это делалось следующим образом:

1. От пластин +И2 отрезались ушки для подвеса и они разрезались вдоль пополам.

2. К целой пластине +И2 приваривалась половина пластины +И2, целой кромкой наружу. Так как размер полутора пластин +И2 получался несколько меньшим остальных пластин (250 *мм* вместо 255 *мм*), то между свариваемыми пластинами оставлялся зазор в 5 *мм*, который заливался свинцом, и пластина проваривалась с обеих сторон.

3. К сварной пластине приваривались ушки от старых пластин.

Таким образом, на изготовление двух пластин к ремонтируемой батарее расходовалось три пластины +И2.

Так как вновь изготовленные пластины были по длине несколько короче фирменных, то они были смонтированы в части батареи, выведенной на элементный коммутатор с тем, чтобы можно было просто производить регулировку степени заряда этих элементов.

Отремонтированная батарея при испытаниях отдала гарантийную емкость и нормально ведет себя в эксплоатации.

Инж. И. В. Малхасьян

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ХРОНИКА

В Техническом отделе Министерства

О дополнительных мерах безопасности для цехов топливно-транспортных и топливоподачи электростанций, сжигающих торф

Технический отдел МЭС совместно с Технической инспекцией ЦК профсоюза рабочих электростанций вынес решение о дополнительных мерах безопасности для топливно-транспортных цехов и топливоподачи электростанций, сжигающих торф (№ 1/Т от 4 января 1950 г.).

В дополнение к «Правилам безопасности для персонала топливно-транспортных цехов и топливоподачи электростанций» (ГЭИ, 1945 г.) устанавливаются следующие дополнительные меры безопасности для цехов топливно-транспортных и топливоподачи электростанций, сжигающих торф:

1. В помещениях торфоподачи необходимо регулярно удалять пыль со стен, подоконников, перекрытий, лестниц и с внешних поверхностей оборудования, не допуская скопления ее. Пыль должна удаляться пылесосами или посредством влажной уборки.

2. К оборудованию и к местам, на которых может оседать пыль, должен быть обеспечен свободный доступ.

3. Должно быть установлено наблюдение за исправностью электрической проводки и электрооборудования. Обнаруженные дефекты должны немедленно устраняться.

4. Работа с пустыми и слабо заполненными бункерами запрещается. При пуске котла его бункеры должны быть заполнены торфом (не менее $^1/_3$ бункера) до начала растопки.

В исключительных случаях упуска уровня торфа в бункере ниже $^1/_3$ необходимо уменьшить в котле дутье в топку и затем увеличить тягу, предупредив этим выбывание факела и газов, а также немедленно принять меры к заполнению бункера топливом.

При незаполненном (малозаполненном — менее $^1/_3$) бункере пополнение топливом (сброс больших масс торфа) должно производиться при временно закрытом затворе бункера.

5. Не допускается курение и применение открытого огня в помещениях торфоподачи, вне особо выделенных мест.

6. Сварочные работы (газовой и электрической сварки) при ремонте оборудования в помещениях торфоподачи допускаются только на тяжелых и громоздких деталях, которые не могут быть вынесены в специальные помещения при условии:

а) наблюдения ремонтного мастера и дежурного пожарного за работами;

б) производства сварочных работ на неработающем оборудовании;

в) тщательной очистки свариваемых деталей от пыли;

г) ограждения места сварочных работ с целью предотвращения разлетания искр и окалины.

7. Подходы к пожарному инвентарю (огнетушителям, пожарным кранам и т. п.) должны быть удобны и всегда свободны.

Об электрооборудовании топливоподачи электрических станций, сжигающих торф

Технический отдел МЭС вынес следующее решение относительно электрооборудования топливоподачи электростанций, сжигающих торф (№ 116/Э от 3 октября 1949 г.)

Отнести помещения топливоподачи таких станций к помещениям взрывоопасных категорий В-IIа (см. «Правила устройства электрических установок сильного тока», раздел «Электрооборудование взрывоопасных помещений»).

В указанных помещениях должны применяться:

1) короткозамкнутые электродвигатели в закрытом исполнении — обдуваемые; применение продуваемых электродвигателей разрешить лишь при условии подвода и вывода воздуха извне помещения;

2) осветительная арматура пыленепроницаемая повышенной надежности по типу ПН-150 или ПН-300;

3) осветительная проводка проводом в стальных трубах;

4) пусковая арматура в пыленепроницаемом или нормальном исполнении, с выносом в другое помещение с нормальной средой.

При проектировании топливоподачи новых электрических станций, сжигающих торф, следует отказаться от питания передвижных механизмов в помещениях топливоподачи при помощи троллейных проводов.

Для существующих топливоподач с подачей топлива электровозами поручить Оргрэс разработать дополнительные мероприятия на месте, для каждой станции отдельно.

Изменение § 125 „Инструкции по эксплоатации трансформаторов"

Технический отдел МЭС постановил (решение № 1/Э от 9 января 1950 г.):

Во изменение § 125 «Инструкции по эксплоатации трансформаторов» считать нанесение черты на маслоуказательном стекле на консерваторе для температуры масла +75° С не обязательным. В случае необходимости эта черта наносится персоналом электростанции.

В Техническом управлении по строительству и монтажу

Новые технические условия на изготовление и монтаж металлических конструкций

Техническим управлением рассмотрены и утверждены разработанные трестом Гидромонтаж новые технические условия на изготовление и монтаж металлических конструкций и механизмов гидротехнических сооружений. Эти технические условия введены в действие с 1 января 1950 г.

С этого же срока отменены старые технические условия треста Гидромонтаж издания 1939 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

О временном жилищном строительстве при сооружении гидроэлектростанций

Техническим управлением рассмотрены разработанные Гидроэнергопроектом «Соображения о перспективах жилищно-гражданского строительства при гидроэлектростанциях».

При сооружении гидроэлектростанций серьезной задачей является размещение в короткие сроки строительных, рабочих, количество которых в отдельных случаях достигает 20—25 тыс. чел.

Поселки для строителей гидростанций обычно не имеют перспектив использования после ухода строителей.

Срок существования этих поселков ограничен, а с переходом на сооружение гидростанций скоростными методами сократился до трех — пяти лет.

Отличительной особенностью таких поселков должны явиться: разборность и облегченность конструкции зданий, преобладание жилищ типа общежитий и сравнительная простота жилища.

Вместе с тем должны быть обеспечены достаточно высокий уровень культурно-бытовых условий и широко развитая сеть обслуживания населения школьными, лечебными, торговыми, коммунальными и культурными учреждениями.

До настоящего времени отсутствуют типовые проекты сборно-разборных домов, наиболее рациональных для сооружения временных поселков при строительствах гидроэлектростанций.

В результате этого поселки строятся практически как постоянные, что удлиняет сроки строительства гидростанции и удорожает его.

Техническое управление утвердило типы и поручило Гидроэнергопроекту разработать рабочие чертежи сборно-разборных домов: одноэтажного общежития на 50 чел., одноэтажного двухквартирного дома и серию сборно-разборных домов, приспособленных для размещения учреждений бытового назначения (столовая, амбулатория, школа, детский сад, детские ясли).

Одновременно Гидроэнергопроекту поручено разработать типовые проекты застройки жилых кварталов домами:

а) сборно-разборными типа общежития;

б) сборно-разборными одноэтажными, двухквартирными;

в) сборными двухэтажными квартирного типа ТБ-100;

г) сборными финскими домами.

На основе проектов квартальных застроек поручено также разработать типовые проекты организации работ по строительству кварталов поточно-скоростными методами и инструкцию по проектированию жилых поселков.

Совещание по экономичному сжиганию топлива на электростанциях Донбасса

В 1949 г. Донецким отделением НИТОЭ совместно с Донбассэнерго было проведено научно-техническое совещание по вопросам экономичного сжигания топлива на электростанциях Донбасса.

После заслушания докладов и их обсуждения совещание отметило, что энергетики Донбасса добились некоторых успехов, снизив удельные расходы по системе Донбассэнерго до 0,536 *кг/квтч* в первом полугодии 1949 г. против 0,552 *кг/квтч* в 1940 г.

Снижение удельных расходов топлива достигнуто, в частности, в результате освоения оборудования высокого давления на одной грэс и сжигания на ней промпродукта с переводом части котлов на жидкое шлакоудаление, реконструкции котлов первой очереди другой грэс, устройством двухступенчатого испарения на котлах третьей очереди той же грэс, а также за счет систематического улучшения эксплоатации котельных агрегатов путем внедрения режимных мероприятий и рекомендаций научно-исследовательских и наладочных организаций.

Вместе с тем при успешном сжигании топлива с содержанием летучих выше 12% сжигание АШ еще находится на недостаточно высоком уровне.

Совещание отметило, что пока еще не разработаны методы сжигания АШ с жидким шлакоудалением и не найдено решение по непрерывному автоматическому контролю за содержанием горючих в уносе.

Совещание вынесло ряд рекомендаций по хранению и транспортировке топлива внутри станции.

В области пылеприготовления совещание признало основной задачей повышение производительности мельниц путем увеличения вентиляции, уменьшения подсосов холодного воздуха, повышения температуры воздуха перед мельницами, улучшения шарового режима.

Признана необходимой разработка новых конструкций дистанционного управления створками сепаратора с рабочего места кочегара.

Совещание рекомендовало, как одно из решений вопроса, автоматизацию загрузки топлива в мельницы, установку стабилизаторов загрузки, предварительно проверив их в работе.

По воздушному и температурному режимам топок совещание рекомендует:

а) Для котлов малой и средней мощности избытки воздуха для АШ поддерживать повышенными ($1{,}25 \div 1{,}3$), при которых достигается хороший выжиг и ослабленное шлакование.

б) Температуру подогрева воздуха, поступающего в топку, для АШ иметь порядка $350 \div 400°$ С, для чего применить двухступенчатый подогрев воздуха.

в) Для обеспечения удовлетворительных условий воспламенения и горения АШ создать высокую температуру в топке путем частичного закрытия экранных труб шамотными поясами.

Совещание признало правильным проводимую в системе Донбассэнерго замену изношенных пластинчатых кубов воздухоподогревателей трубчатыми, что ослабляет занос воздухоподогревателей золой и уменьшает потери горячего воздуха.

Одновременно с этим признано необходимым, чтобы при замене пластинчатых кубов воздухоподогревателя трубчатыми не допускалось повышение их сопротивления по воздушной стороне. Отмечена ненадежность соединения труб с доской трубчатого воздухоподогревателя в изготовлении ТКЗ при помощи сварки, что приводит к большим неплотностям в соединениях. Применяемый на одной из станций метод соединения наваркой стаканов и их развальцовкой дал положительные результаты.

Совещание рекомендовало проектным организациям при реконструкции существующих тягодутьевых установок применять достаточные запасы по напору этих агрегатов с учетом повышения сопротивлений хвостовых поверхностей в процессе эксплоатации.

Совещание считает необходимым проведение реконструкции тягодутьевых устройств с целью повышения их к. п. д.

Совещание приняло также решение по вопросам защиты от износа дымососов, по методике определения содержания горючих в уносе и по автоматизации горения.

В решении совещания высказан ряд пожеланий в отношении дальнейшей работы научно-исследовательских и наладочных организаций по тематике, обсуждавшейся на совещании.

Л. и Ш.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

О применении заглушек в барабанах и коллекторах паровых котлов

В течение последних лет имели место аварии котлов в результате повреждений временных заглушек, установленных вместо поврежденных труб.

Повреждения (пережог) заглушек вызываются интенсивным нагревом при отсутствии предохранительного торкрета и наличии отложений шлама внутри заглушек.

Для предотвращения пережогов заглушек необходимо установить следующий порядок их применения[1].

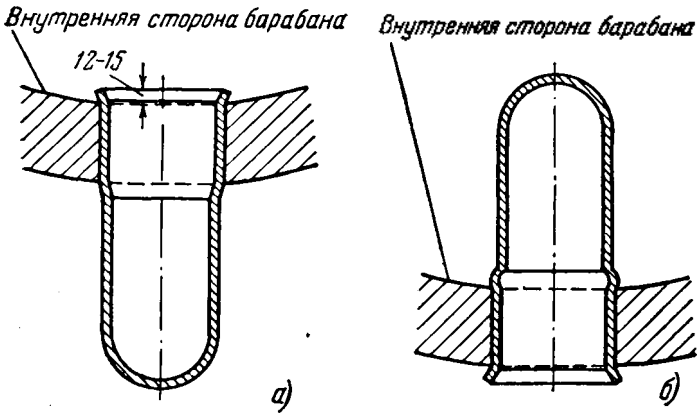


Рис. 1. Заглушки.
а — наружная; *б* — внутренняя.

Разрешается установка только колпачковых заглушек, изготовленных из кусков труб (рис. 1). Такие заглушки могут быть изготовлены одним из следующих способов:

1. Кусок цельнотянутой кипятильной трубы длиной около 250 *мм* нагревается до светлокрасного цвета и один конец трубы обжимается на оправке под шаровую форму. После обжима остающееся отверстие заваривается автогеном.

2. Один из концов заготовки вырезается клиньями (рис. 2), которые затем подгибаются в нагретом виде под шаровую форму и завариваются автогеном.

Плотность заварки донышка должна быть проверена керосином, после чего колпачок подвергается гидравлическому испытанию по правилам Госинспекции по котлонадзору. Воспрещается применение в качестве заглушек конических пробок, укрепляемых в очке сваркой (рис. 3).

Воспрещается также применение наружных колпачковых заглушек с донышком, обжатым вместо шара на конус, поскольку из такого конического донышка невозможно тщательное удаление шлама.

Колпачек перед установкой должен быть очищен до металлического блеска по месту соприкосновения с очком. Таким же образом должно быть очищено и очко. Соединение заглушки с барабаном разрешается производить только развальцовкой. Приварка заглушек к телу барабана воспрещается. В случаях соединения труб с барабаном и коллекторами с помощью специальных штуцеров заглушки привариваются к штуцерам.

Установка заглушек может производиться донышком наружу барабана или внутрь барабана. Второй способ (рис. 1,*б*) имеет то преимущество, что при нем внутри заглушек не накапливается шлам и не образуются паровые мешки, что может иметь место при первом способе (рис. 1,*а*). Однако, внутренние заглушки неприменимы при тесном расположении труб в пучке вследствие затруднений, возникающих при вальцовке. Этот тип заглушек может применяться только в таких местах, где соседние трубы не препятствуют вальцовке.

Чтобы заглушку можно было устанавливать донышком внутрь барабана и избежать затруднений, возникающих при ее вальцовке, разрешается применение заглушек, состоящих из двух частей (рис. 4): цилиндрического патрубка, вырезанного из трубы, и сферического донышка. В этом случае патрубок завальцовывается в очко из барабана, а после завальцовки к нему приваривается донышко.

[1] Здесь приведены указания по применению заглушек, разработанные Оргрэс и включенные в утвержденный Техническим отделом МЭС противоаварийный циркуляр.

При приварке донышка не допускается прогрев вальцовочного соединения патрубка из-за возможности нарушения плотности соединения.

В коллекторах экранов во избежание лишнего сопротивления циркуляции разрешается ставить колпачковые заглушки только донышком наружу.

Во всех случаях заглушки, находящиеся в зонах высоких температур, должны быть покрыты защитным торкретом.

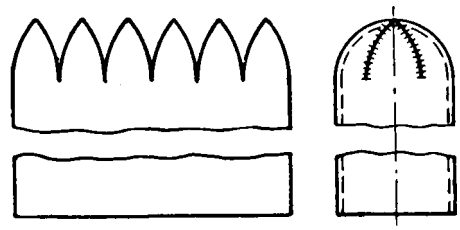


Рис. 2. Заготовка заглушки клиньями.

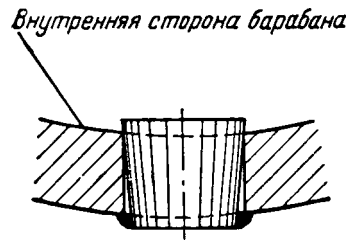


Рис. 3. Коническая пробка.

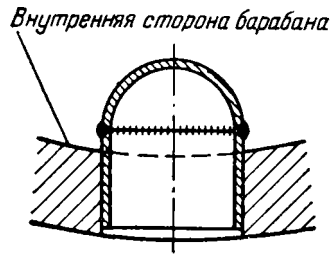


Рис. 4. Заглушка, состоящая из двух частей.

Если заглушка установлена донышком внутрь барабана, то торкрет должен быть набит внутрь заглушки, а снаружи место установки заглушки должно быть заторкретировано слоем толщиной, одинаковой с основным торкретом барабана.

Для лучшего закрепления торкрета на наружных заглушках следует применять каркас из проволоки толщиной 3—4 *мм*, которая должна быть плотно намотана на тело заглушки с выпуском загнутых концов длиной 30—40 *мм*.

Торкрет для заглушки должен иметь следующий состав: жидкое стекло 5%; портландцемент 7%; огнеупорная глина (пластичная, низкоспекающаяся) 15%; шамотный порошок 73%.

Торкретная масса указанного состава приготовляется на воде до тестообразного состояния и накладывается на заглушку небольшими порциями.

На наружных заглушках толщина обмазки с боков определяется свободным пространством вокруг заглушки, а на донышке она должна составлять 60—70 *мм*.

Установка каждой заглушки (постоянной или временной) должна регистрироваться в ремонтном журнале котла и отмечаться в формуляре по ремонту поверхностей нагрева котла с указанием даты установки.

Установленные и заторкретированные вышеописанным способом заглушки должны в дальнейшем подвергаться регулярным осмотрам при каждой остановке котла и в случае надобности покрываться торкретом.

При вскрытии барабана или коллектора, в которых находятся заглушки, необходимо осматривать последние изнутри и очищать их от шлама и накипи.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

Электростанция Sewaren

Строительству электростанции Sewaren (США) предшествовало сооружение и некоторый период эксплоатации другой электростанции той же компании — Essex, на которой были осуществлены основные идеи, нашедшие свое завершение в оборудовании и компоновке станции Sewaren.

К проектированию электростанции Essex было приступлено в марте 1945 г. и тогда впервые было решено осуществить принцип полной блочности котел — турбина, без каких-либо соединений по пару с соседними агрегатами.

Номинальная мощность главного генератора была 95 тыс. *квт*. До этого рекордная мощность двухполюсного турбогенератора, изготовленного в США, была 65 тыс. *квт*. Кроме того, это был первый генератор с водородным охлаждением, где давление водорода было принято 1,76 *ата*.

Дутьевые вентиляторы, дымососы, воздухоподогреватели и золоуловители были расположены над котлом вне здания. Подшипники вентиляторов и масло гидромуфт охлаждались воздухом. Охлаждение водой было полностью исключено.

В целях уменьшения добавки химически очищенной воды расход пара на собственные нужды станции был полностью исключен. Все механизмы, включая и резервные питательные насосы, имели электроприводы. Для обдувки котлов применялся сжатый воздух.

Электростанция Essex вошла в эксплоатацию в декабре 1947 г.

К проектированию электростанции Sewaren было приступлено в начале 1946 г. Два агрегата мощностью по 100 тыс. *квт* на давление пара 106 *ати* были пущены в эксплоатацию в конце 1948 г. Третий аналогичный агрегат должен был быть введен в эксплоатацию в конце 1949 г. В 1951 г. предполагается установка четвертого агрегата, мощность которого предварительно установлена в 125 тыс. *квт*. Таким образом, общая мощность станции будет 425 тыс. *квт*.

Основная идея, заложенная в компоновку электростанции Sewaren, заключается в абсолютно независимых и несвязанных друг с другом блоках котел — турбина. Однако, если на электростанции Essex проектировщики должны были вписать блок в ограниченную территорию существующей станции и ставить вспомогательное оборудование котла по вертикали, то в условиях станции Sewaren, где площадь не была ограничивающим фактором, компоновка блока выполнена горизонтально, и максимально возможное количество оборудования расположено как можно ближе к нулевой отметке.

Котлы имеют максимально-длительную паропроизводительность — 390 *т/час* и пиковую четырехчасовую паропроизводительность — 430 *т/час*. Каждый котел оборудован тремя углеразмольными мельницами при чисто индивидуальной схеме пылеприготовления без промежуточного бункера.

Особенностью котельной электростанции Sewaren является то, что она полуоткрытого типа и в здании находится только фронт котла и одна стена топки.

Мощность главных генераторов составляет 111 765 *ква* ($\cos \varphi = 0{,}85$) при давлении водорода 1,05 *ата*. При повышении давления водорода до 1,76 *ата* нагрузочная способность генератора возрастает до 117 647 *ква*.

На одном валу с главным генератором каждого агрегата расположен генератор собственного расхода 7 500 *квт*, 2 400 *в*, $\cos \varphi = 0{,}8$. Нормально каждый генератор собственного расхода питает механизмы только своего блока. В качестве резерва шины 2 400 *в* каждого блока могут получить питание от трансформатора, подключенного к постороннему источнику. Трансформатор никогда не работает параллельно с генератором, а включается автоматически при аварии с генератором. Возбуждение генераторов обеспечивается от низкооборотных двигатель-генераторов.

Электродвигатели мощностью от 200 до 2 000 *л. с.* питаются непосредственно от генератора собственного расхода на напряжении 2 400 *в*, электродвигатели мощностью от 25 до 200 *л. с.* питаются от сети напряжением 440 *в* и для двигателей мощностью ниже 25 *л. с.* имеется сеть напряжением 220 *в*. Все электродвигатели закрытого исполнения.

Все отключения производятся на стороне генераторного напряжения. На напряжении 132 *кв* имеется лишь один секционный выключатель. Выводы генераторов, длина которых равна около 160 *м*, выполнены кабелями, помещенными в наполненных маслом трубах. Трубы смонтированы на стенах кабельных туннелей, которые искусственно вентилируются.

Все токоведущие части открытой подстанции выполнены из алюминия. Здесь впервые применена сварка алюминия под защитой инертных газов и тем исключены все болтовые соединения.

Система несвязанных блоков позволила осуществить исключительную централизацию контроля и управления. Все оборудование двух блоков — два котла и две турбины управляются из одного пункта, расположенного в центре четырехугольника, образуемого этими котлами и турбинами. Здесь сосредоточено управление и контроль всеми механизмами этих блоков, а также щит управления двух генераторов.

Контрольный пункт представляет собой закрытое звуконепроницаемое помещение с видом через окна на контролируемые котлы и турбины. Здесь находятся три оператора, которые и управляют работой обоих блоков. Обычно один оператор обслуживает щит управления электрической части, а двое других ведут режим тепломеханического оборудования блоков. Однако, все трое могут работать на любом участке контрольного пункта и периодически меняются местами. (Power Gen. VII, 1949; El. World, 13/VIII, 1949).

Обраб. Н. П. Г.

□ □ □

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

БИБЛИОГРАФИЯ

Новые книги по энергетике

Алексеев А. Е., Конструкция электрических машин, Л. — М., Госэнергоиздат, 1949, 390 стр., 22 р. 50 к.

Описываются общие устройства и главнейшие конструктивные узлы современных электрических машин; методы расчета деталей машин. Излагаются основы вентиляционного и теплового расчетов машин, а также даются методические указания по разработке конструкции машин постоянного и переменного тока.

Арутюнов В. О. и Валицкий В. П., Электроизмерительные приборы, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, 199 стр., 7 р. 50 к.

Рассматриваются основные свойства электроизмерительных приборов, монтаж и обслуживание их. Приводятся краткие указания по мелкому ремонту электроизмерительных приборов.

Барков Н. К., Попов Н. А., Фитерман Я. Ф., Эксплоатация гидроагрегатов, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, 260 стр., 9 р. 40 к.

В книге изложены основные принципы работы и даны описания конструкций гидротурбинного оборудования и механической части генераторов, устанавливаемых на гидростанциях. Турбины типа: Френсиса, Каплана, Пельтона и пропеллерные; авторегуляторы скорости гидротурбин; затворы и вспомогательные механизмы; гидрогенераторы. Приемка гидротурбин в эксплоатацию. Экономика эксплоатации гидроагрегатов. Ненормальности в работе гидротурбин, их предупреждение и устранение. Примеры аварий и ликвидация их последствий. Ремонт гидротурбинного оборудования. Книга предназначена в качестве пособия для повышения квалификации персонала крупных гидростанций.

Бобровский Г. С. и Зимаков А. М., Паровые котлы промышленных предприятий, М. — Л., Госэнергоиздат, 1949, 331 стр., 11 р. 40 к.

Топливо, сжигание топлива, топки, паровые котлы, пароперегреватели, экономайзеры, арматура, воздухоподогреватели, тяго-дутьевые устройства, приборы теплового контроля. Вода и водоподготовка. Уход за паровыми котлами, тепловой баланс котельного агрегата. Планирование работы котельной и первичная документация. Кочегар-стахановец. Книга предназначена в качестве пособия по техническому минимуму для кочегаров паровых котлов.

Грудинский П. Г., Техническая эксплоатация электрических станций и подстанций, М.—Л., 1949, 388 стр., 19 руб.

Изложены вопросы организации технической эксплоатации, оперативной службы и ремонтов оборудования электрической части станций и подстанций; рассмотрены условия нагревания машин и оборудования, контроль состояния изоляции и профилактика ее; вибрация машин, правила переключений; режимы работы станций и ликвидация аварий.

Губин Ф. Ф., Гидроэлектрические станции, М. — Л., Госэнергоиздат, 1949, 752 стр. 44 р. 50 к.

Систематизированное руководство по вопросам рационального использования водной энергии. Гидравлическая энергия и ее значение; основные конструктивные и гидравлические характеристики схем использования гидроэнергии, регулирование стока и мощности, выбор мощности гидростанции; подпорные, водосбросные и водоприемные сооружения гидростанций; деривационные водоводы гидростанций; напорные бассейны гидростанций. Машинные здания гидростанций, основное оборудование машинного здания. Проектирование гидростанций.

Далин А. М., Сбор и возврат конденсата, М. — Л., Госэнергоиздат, 1949, 239 стр., 11 руб.

Систематическое изложение вопросов сбора и возврата конденсата от потребителей к источникам тепла и по дренажу паропроводов; борьба с потерями тепла и конденсата, отвод конденсата из паропримемников; устройство для сбора конденсата у абонентов; транспорт конденсата от абонента на станцию; дренаж паропровода на электростанциях; качество конденсата и его очистка; монтаж и эксплоатация конденсатных систем. В книге использованы материалы треста Теплоэлектропроект, Оргрэс, ВТИ, МЭИ и других организаций, а также учтен опыт передовых электростанций и заводов.

Иоффе Е. Ф., Оперативная работа в высоковольтных распределительных устройствах, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 55 стр. 2 р. 40 к.

Брошюра составлена на основе опыта безаварийной оперативной работы в распределительных устройствах одной энергосистемы. Значительная часть брошюры посвящена организации оперативной работы, способам выполнения переключений и разъяснению «Правил технической эксплоатации». Приведен ряд примеров, изложены рекомендации по работе дежурного персонала электроцехов станций и подстанций.

Казарновский Е. М., Регулирование температуры перегретого пара, Л. — М., Госэнергоиздат, 1949, 111 стр., 6 руб.

Описание и анализ методов регулирования температуры перегретого пара; температурные характеристики пароперегревателей; диапазоны регулирования температуры; оценка различных типов пароохладителей. Монография составлена, главным образом, на основании материалов ЛМЗ, Невского и Подольского заводов, ЦКТИ и ВТИ и охватывает данные, накопившиеся до 1947 г. Книга рассчитана на эксплоатационный персонал электростанций, конструкторов и студентов втузов.

Калитвянский В. И., Изоляция электрических машин, М. — Л., Госэнергоиздат, 343 стр. 18 руб.

В книге содержатся важнейшие сведения о классификации и конструкции изоляции, технологии изолировки, сушки и пропитки обмоток, контроле и испытании изоляции при изготовлении и ремонте электрических машин разных типов. Электроизоляционные материалы и обмоточные провода, основные конструкции изоляции электрических машин. Технология и изолировка обмоток и токоведущих частей электрических машин; сушка, пропитка и лакировка обмоток; изоляция электрических машин в эксплоатации. Изложенный материал базируется на опыте советских электромашиностроительных заводов и на опыте эксплоатации электрических машин.

Керцелли Л. И. и Рыжкин В. Я., Тепловые электрические станции, М. — Л., Госэнергоиздат, 1949, 556 стр., 85 руб.

Изложены вопросы рационального построения теплового хозяйства современной электростанции в условиях планового социалистического хозяйства СССР. Основное внимание уделено вопросам теории и проектирования тепловой электростанции. Типы электростанций и их тепловая экономичность; элементы принципиальной тепловой схемы электростанции; принципиальная тепловая схема; установки и сооружения теплового хозяйства электростанции и их компоновка; управление работой электростанции и ее технико-экономические показатели.

Коварский Е. М., Ремонт электрических машин, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 174 стр., 8 руб.

Рассматриваются способы обнаружения неисправности электрических машин постоянного и переменного тока,

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

освещаются вопросы технологии ремонта машин во всех его стадиях. Разборка и сборка электрических машин, сушка и пропитка обмоток; ремонт: статорных обмоток машин переменного тока, якорных и роторных обмоток, коллекторов и щеткодержателей.

Костенко М. П., Электрические машины, Л. — М., Госэнергоиздат, 1949, 712 стр., 35 р. 25 к.

Рассматриваются сложные процессы и режимы работы, сущность которых является общей для целого ряда типов электрических машин. Специальные типы и системы электрических машин и трансформаторов. Специальные типы обмоток электрических машин; вопросы коммутации коллекторных машин; теория геометрических мест и эквивалентных схем машин переменного тока. Переходные режимы в электрических машинах, добавочные потери в электрических машинах и трансформаторах; выпрямители.

Куликов В. В., Связь и сигнализация на электростанциях и подстанциях, М. — Л., Госэнергоиздат, 1949, 272 стр., 10 руб.

В книге приведены основные положения по организации связи и сигнализации на электрических станциях и подстанциях; сведения об источниках электропитания и о линейных сооружениях установок связи и сигнализации. Освещены вопросы монтажа и эксплоатационного обслуживания оборудования.

Кузнецов П. В. и Кондахчан В. С. Справочник по монтажу распределительных устройств, М. — Л., Госэнергоиздат, 1949, 588 стр., 40 руб.

Книга содержит справочные сведения по монтажу электрооборудования распределительных устройств электростанций, районных подстанций, а также крупных фабрично-заводских подстанций. Справочник рассчитан на технический персонал, работающий в области монтажа электрооборудования распредустройств. В основу справочника положены руководящие указания и инструкции МЭС, производственные инструкции монтажных организаций, заводские инструкции, ГОСТ, а также обобщенный опыт работы монтажных предприятий.

Мансуров Н. Н. и Попов В. С., Теоретическая электротехника, М. — Л., Госэнергоиздат, 1949, 485 стр., 10 р. 60 к.

Рассматриваются физические процессы, происходящие в электрическом и магнитном полях и в электрических линейных и нелинейных цепях при прохождении постоянного и переменного тока. Излагаются основные методы расчета. Изложение поясняется большим количеством примеров с объяснением решений. В конце каждого раздела приведены задачи для упражнений.

Мероприятия по устранению обмерзания градирен, Л. — М., Госэнергоиздат, 1949, 20 стр., 1 р. 25 к.

Характеристика обмерзания градирен; практические методы борьбы с их обмерзанием. Паровая завеса, обмыв градирен теплой водой, дождевая завеса, подвод воздуха по отдельным каналам, метод переключения градирен на центральную часть оросителя и др. Охлаждающий эффект градирен в зимних условиях. Брошюра составлена ЮжОргрэс.

Михеев М. А., Основы теплопередачи, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 396 стр. 15 р. 50 к.

Изложены физические основы теплообмена и их приложения к анализу работы тепловых устройств. Теплопроводность при стационарном режиме, конвективный теплообмен, теплоотдача при свободном движении жидкости и при изменении агрегатного состояния жидкости. Тепловое излучение, теплопередача, теплопроводность при нестационарном режиме; расчет теплообменных аппаратов, моделирование тепловых устройств. Отдельные задачи теплопередачи. Книга рекомендована в качестве учебника для втузов.

Пошерстник М. Ю. и Туркин Н. Г., Производство кабелей связи, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, 135 стр., 4 р. 15 к.

Рассматриваются основные кабельные материалы, даются электрические характеристики кабелей связи и описываются их конструкции. Типы кабелей связи и области их применения; основные электрические характеристики кабелей связи. Основные материалы; испытания кабелей; типы кабелей связи для высоких частот. Книга представляет интерес для работников эксплоатации кабельных линий связи.

Правила устройства электротехнических установок, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 319 стр., 18 руб.

Указания по проектированию электрических систем; электроснабжение промышленных предприятий; распредустройства и подстанции напряжением выше 1 000 *в*; промышленные преобразовательные подстанции с ртутными выпрямителями, распредустройства напряжением до 1 000 *в*. Электродвигатели и относящиеся к ним аппараты; осветительные установки; кабельные линии напряжением 35 *кв* и ниже; воздушные линии до и выше 1 000 *в*, учет электроэнергии.

Радовский М. И., Борис Семенович Якоби, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, 136 стр., 4 р. 55 к.

Молодые годы Якоби; начало работы над «магнитным двигателем», изобретение гальванопластики, электрический телеграф; работы Якоби в области метрологии; библиография трудов Якоби.

Темников Ф. Е., Автоматический контроль, М., 1949, ВНИТО полиграфии и издательств, 117 стр., бесплатно.

В книге формулируются основные принципы, обобщается накопленный опыт и указываются некоторые направления дальнейшего развития в технике автоматического контроля. Амплитудные и импульсные системы автоматического контроля, сигнализаторы, указывающие, регистрирующие и сортирующие устройства. Наиболее важные технические принципы и разновидности устройств иллюстрируются примерами.

□ □ □

Сдано в набор 28/I 1950 г. Подписано к печати 3/III 1950 г. Объем 8 печ. листов Уч.-авт. 10,9 листа
Т-02009 Формат бумаги 60×92 1/8 54 500 тип. знаков в 1 печ. листе Тираж 7 500 экз. Заказ 31

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

При подготовке статей для журнала «Электрические станции» авторам необходимо выполнять следующие требования:

1. Объем статей не должен превышать 10—15 страниц текста, **напечатанного на машинке на одной стороне листа через два интервала**. В виде исключения статьи могут быть представлены четко написанными от руки на одной стороне листа.

2. Формулы и иностранный текст должны быть написаны разборчиво. В формулах обязательно выделять прописные и строчные буквы, индексы писать ниже строки, показатели степени — выше строки; на полях рукописи делать отметки, каким алфавитом в формулах обозначены буквы, и другие пояснения к формулам.

3. Статьи иллюстрировать фотографиями и чертежами, однако число их должно быть минимально необходимым. Чертежи выполнять тушью или карандашом, надписи и обозначения писать четко. Снимки направлять четкие и контрастные, размером не менее 9×12 *см*. Фото направлять в двух экземплярах.

В тексте статьи обязательно делать ссылки на рисунки, причем обозначения в тексте должны строго соответствовать обозначениям на рисунках.

Каждый чертеж или фотография должны иметь порядковый номер, соответствующий его номеру в тексте, и подпись.

Чертежи и фото в текст не вклеивать, а прилагать их отдельно, составив на них опись.

4. В табличном материале точно обозначать единицы измерения. Наименования давать полностью, не сокращая слов. Не давать слишком громоздких таблиц.

5. Иностранные единицы измерения обязательно переводить в принятые у нас в Союзе меры длины, веса и др.

6. Официальные материалы должны быть заверены соответствующими организациями. Материал научно-исследовательских организаций и заводов должен иметь визу руководства.

7. В конце рукописи указывать полностью имя, отчество и фамилию автора, домашний адрес, занимаемую должность, год рождения, номер и место выдачи паспорта.

8. Материал для журнала направлять по адресу: Москва, Ветошный пер., здание ГУМ, III корпус, I этаж, помещ. 164, редакции журнала «Электрические станции».

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ЦЕНА 8 руб.

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Москва, Шлюзовая набережная, 10

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

АРУТЮНОВ В. О., Расчет и конструкции электроизмерительных приборов. Допущено Управлением учебными заведениями МЭП СССР в качестве учебника для электромеханических техникумов. Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, стр. 524, тир. 7 000, ц. 19 р. 25 к.

БЕРМАН Л. Д., Испарительное охлаждение циркуляционной воды, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 440, тир. 2 500, ц. 22 р.

БОРИСОГЛЕБСКИЙ Н. Л., Физические основы и методы профилактики промышленной изоляции, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 194, тир. 3 000, ц. 10 р. 50 к.

БРЮХЕ и РЕКНАГЕЛЬ, Электронные приборы. Перевод с немецкого под редакцией проф. Н. А. Никитина, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 584, тир. 5 000, ц. 29 р.

ВАСИЛЬЕВ Д. В., Индукционные системы синхронной связи. Основы теории и расчета, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, стр. 225, тир. 4 000, ц. 15 р.

ГЕРАСИМОВ С. Г., Теоретические основы автоматического регулирования тепловых процессов, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 328, тир. 4 300, ц. 18 р. 50 к.

ГИНЗБУРГ З. Б. и ТАРАСОВ Ф. И., Практические работы радиолюбителя (Массовая радиобиблиотека), М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 88, тир. 50 000, ц. 2 р. 75 к.

ЕЛИСЕЕВ А. А., Василий Владимирович Петров, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 180, тир. 10 000, ц. 5 р. 50 к.

ЕНЮТИН В. В., Как производить настройку и испытание приемника при помощи сигнал-генератора (Массовая радиобиблиотека), М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 56, тир. 3 500, ц. 1 р. 75 к.

ЕНЮТИН В. В., Шестнадцать радиолюбительских схем, Массовая радиобиблиотека, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 80, тир. 50 000, цена 2 р. 75 к.

ГОРШКОВ А. С., Технико-экономические показатели тепловых электрических станций, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 287, тир. 3 000 ц. 27 р.

ДРОЗДОВ Н. Г., Статическое электричество в промышленности, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 176, тир. 3 500, ц. 7 р.

КОСТЕНКО М. В., Атмосферные перенапряжения и грозозащита высоко-вольтных установок, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, стр. 330, тир. 3 500, ц. 19 р. 50 к.

КРЫЛОВ К. И., Физические основы электровакуумной техники, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, стр. 336, тир. 6 000, ц. 14 р.

ЛЕВИТИН Е. А., Параметры и характеристики радиоприемников. Массовая радиобиблиотека, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 88, тир. 50 000, ц. 2 р. 50 к.

МАРТЬЯНОВ Б. К., Конструирование телефонной аппаратуры. Допущено Отделом учебных заведений МПСС СССР в качестве учебного пособия для техникумов, Л.—М., Госэнергоиздат, стр. 212, тир. 3 000, ц. 7 р. 75 коп.

ОДИНГ Н. А., Основы прочности металлов паровых котлов, турбин и турбогенераторов. Допущено МВО в качестве учебного пособия для энергетических вузов, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 560, тир. 5 000, ц. 20 р.

ОРКИН Б. Г., Переделка фазных двигателей в короткозамкнутые, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 52, тир. 3 000, ц. 1 р. 85 к.

ПАНКОВ Г. В., Основы частотной модуляции. Массовая радиобиблиотека, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 56, тир. 25 000, ц. 1 р. 75 к.

ПИОТРОВСКИЙ Л. М., Электрические машины. Допущено МВО СССР в качестве учебника для энергетических и электротехнических вузов и факультетов, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949 г., стр. 528, тир. 15 000, ц. 33 р. 50 к.

ПИОТРОВСКИЙ Л. М. и ПАЛЬ Е. А., Испытание электрических машин. Часть первая. Общая часть и испытание машин постоянного тока. Допущено МВО СССР в качестве учебного пособия для энергетических и электротехнических вузов, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 380, тир. 7 000, ц. 14 р.

СИТНИКОВ Г. Г., Справочник радиослушателя в вопросах и ответах (Массовая радиобиблиотека), М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 136, тир. 100 000, ц. 6 р.

СЛАВНИН М. И., Электрические нагрузки и первичное распределение электрической энергии в промышленных предприятиях, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 240, тир. 4 000, ц. 13 р.

УЛЬМИШЕК Л. Г., Производство электрических ламп накаливания. Издание третье, заново переработанное, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 444, тир. 2 200, ц. 16 р.

ХЕЙФЕЦ С. Х., Паровые и электрические краны на железном ходу и их эксплоатация на электрических станциях, Л.—М., Госэнергоиздат, 1949, стр. 104, тир. 2 000, ц. 5 р. 50 к.

ЧИКОЛЕВ В. Н., Избранные труды по электротехнике, светотехнике и прожекторной технике с биографическим очерком и комментариями. Составил проф. Новиков В. В. под редакцией проф. Белькинда, М.—Л., Госэнергоиздат, 1949, стр. 388, тир. 4 000, ц. 16 р.

ПРОДАЮТСЯ ВО ВСЕХ КНИЖНЫХ МАГАЗИНАХ КОГИЗА И ДРУГИХ КНИГОТОРГУЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru