Автономная некоммерческая профессиональная образовательная организация

**«УРАЛЬСКИЙ ПРОМЫШЛЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»**

**МДК.03.01.01 Организация работы по энергосбережению структурного подразделения**

Учебно-методическое пособие по выполнению практических и лабораторных работ для студентов по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования»

2017 г.

|  |  |
| --- | --- |
| ОДОБРЕНО  цикловой комиссией  электроэнергетики  Председатель комиссии  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Р.С. Хусаинова  25 августа 2017г. | *УТВЕРЖДАЮ*  Заместитель директора по  учебной работе АН ПОО «Уральский промышленно-экономический техникум»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.Б. Чмель  «28» августа 2017 г. |

Организация-разработчик: АН ПОО «Уральский промышленно-экономический техникум»

Составитель: Лебенкова А.М.., преподаватель АН ПОО “Уральский промышленно-экономический техникум»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Практическая работа студентов проводится с целью:

- закрепления полученных теоретических знаний и умений студентов,

- углубления и расширения теоретических знаний,

- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу,

Практические работы направлены на закрепление, углубление и расширение полученных теоретических знаний и практических умений и выполняется в виде составления сравнительных таблиц и решения задач.

При выполнении практической работы необходимо соблюдать следующие требования:

- работа должна быть выполнена в отдельной тетради для практических работ, аккуратно и разборчивым почерком или на компьютере.

Критерии оценки за практическую работу:

оценка «отлично» (5) - если работа рассчитана без ошибок, аккуратно оформлена и сдана в конце практического занятия.

оценка «хорошо» (4) – если работа рассчитана с ошибками, аккуратно оформлена и сдана в конце практического занятия.

оценка «удовлетворительно» (3) - если работа рассчитана с ошибками, не аккуратно оформлена и сдана на следующем занятии.

оценка «неудовлетворительно» (2) -если работа отсутствует.

**Практическая работа №1**

**Тема: Составление энергетического паспорта предприятия**

Техническое задание на выполнение работы “Проведение энергетического обследования объектов ДВФУ ”

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Объект для проведения энергетического обследования \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выполнения задания \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Цель проведения работы:

Целью работы является проведение энергетического обследования предприятия, разработка энергетического паспорта предприятия в соответствии с Приказом Минэнерго РФ от 04.2010 г. №182 "Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования", разработка для предприятия программы реализации энергосберегающих мероприятий.

2. Основание для работы

Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р «Об энергетической стратегии России на период до 2030 года», прочие документы по энергосбережению, договор на проведение энергетического обследования.

3. Область применения.

Результаты работы должны быть использованы при внедрении энергосберегающих мероприятий и развитии систем энергоснабжения предприятия, внедрении систем учёта и управления энергетическими затратами, постановке перспективных оптимизационных задач, что в итоге позволит повысить эффективность использования энергетических ресурсов.

4. Объекты энергетического обследования.

Объектом энергетического обследования является:

- ………………………..;

- ……………………………;

- ………………………………;

- ………………………………………..

5. Содержание выполняемых работ:

1 этап: Подготовка работы на объектах Заказчика и сбор необходимой информации.

1. Сбор, уточнение и анализ исходной информации о параметрах системы электроснабжения, теплоснабжения и ГВС, водоснабжения и водоотведения, топливоснабжения предприятия.

2. Анализ предоставленной Исполнителю информации.

II этап: Обследование систем потребления энергоресурсов и оборудования

1. Сбор недостающих данных и материалов по опросным листам для выполнения работ по договору.

2. Обследование систем электроснабжения объекта

Анализ договорных условий на электроснабжение.

Анализ потребления электроэнергии за последние пять лет, и динамики изменения, по данным предприятия.

Анализ схемы электроснабжения, технического состояния электрооборудования и внутренних электрических сетей, освещения.

Оценка эффективности использования электрической энергии на освещение.

Анализ суточных и месячных графиков нагрузки и потребления электроэнергии.

Анализ состояния коммерческого и технического учета.

Выборочные контрольные измерения, в том числе тепловизионный контроль электрооборудования ТП и магистральных щитов в соответствии с требованиями [РД 34.45-51.300-97](http://www.mosexp.ru/docs/rd344551/) и оформлением технического отчета по результатам измерений.

Построение расчетно-нормативного баланса потребления электроэнергии.

Расчет потенциала энергосбережения и оценка возможной экономии энергетических ресурсов.

III этап: Оформление результатов энергетического обследования. Разработка энергетического паспорта объекта. Согласование результатов работы.

1. Оформление отчета по энергетическому обследованию объекта содержащего анализ эффективности использования энергоносителей и мероприятия по энергосбережению.

2. Оформление отчета по энергетическому обследованию системы электроснабжения содержащего анализ эффективности использования электроэнергии и мероприятия по энергосбережению.

3. Формирование энергетического паспорт в соответствии с Приказом Минэнерго РФ от 19.04.2010 г. №182.

5. Согласование отчетных документов с Заказчиком.

6. Согласование отчетных документов с СРО.

6. Требования к порядку и результатам выполнения работ

Проведение инструментального обследования и визуальный осмотр объектов энергетического обследования необходимо выполнять на основе следующих нормативных документов:

- Инструментальный контроль количества и качества электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

- Тепловизионный контроль распределительных устройств (электрощитовых) в соответствии с требованиями РД 34.45-51.300-97 «Объем и Нормы испытаний электрооборудования».

- Инструментальный контроль уровня освещенности мест общего пользования в соответствии с требованиями ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».

- Инструментальный мониторинг температурно-влажностных режимов мест общего пользования (выборочно) в соответствии с требованиями ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

- Инструментальный контроль температурно-влажностных режимов и расхода воздуха системами приточно-вытяжной вентиляции (при их наличии, выборочно) в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

- Визуальный контроль технического состояния оборудования центральных и индивидуальных тепловых пунктов в соответствии с требованиями РД 34.10.130-96 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю». Результаты контроля должны быть оформлены актом в соответствии с РД 34.10.130-96.

- Выборочный инструментальный контроль радиаторов и стояков отопления в соответствии с требованиями раздела 36 Инструкции по инструментальному контролю при приемке в эксплуатацию законченных строительством и капитально отремонтированных зданий (утверждена Минжилкомхоз РСФСР 29.12.1984).

- Тепловизионное обследование и оценка состояния наружных ограждающих конструкций проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 26629-85 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций» и РД-13-04-2006 Ростехнадзора от 13 декабря 2006г. «Методические рекомендации о порядке проведения тепловизионного контроля технических устройств и сооружений применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах» (касается также зданий и сооружений), зарегистрированным в Минюсте РФ 15 декабря 2006г, регистрационный номер 397.

Каждый вид визуального и инструментального обследования оформляется в виде протокола замеров. Протоколы всех проведенных замеров должны быть приложены к Отчету об обязательном энергетическом обследовании.

6. Перечень исходной информации, необходимой при проведении работ

Для проведения энергетического обследования организация-заказчик обязана обеспечить наличие на обследуемом объекте следующей документации:

1. Технический паспорт на здания и сооружения (БТИ, Ростехинвентаризация), соответствующий их фактическому расположению. В случае если в зданиях и сооружениях, указанных в паспорте, были произведены изменения, заказчик должен отразить корректировки на плане.
2. Структура энергослужбы организации.

* электроэнергия,
* и другие при наличии.

1. Копии договоров на поставку по всем видам покупных энергоносителей и отведения стоков.
2. Смету затрат на выработку (производство) собственных энергоносителей.
3. Сведения о субабонентах предприятия с указанием присоединенной мощности по всем видам передаваемых энергоносителей (в виде таблиц) с приложением копий договоров на энергоснабжение.
4. Выкопировка из генерального плана застройки данной территории с указанием трасс прокладки инженерных сетей.
5. Копии принципиальных исполнительных схем энергоснабжения по всем видам энергоносителей и отведения стоков, содержащих в себе характеристики инженерных сетей.
6. Копии актов разграничения балансовой принадлежности энергосетей по всем видам энергоносителей и отведения стоков.
7. Сведения о существующих системах учёта по всем видам энергоносителей и отведения стоков (копии проекта, сертификата соответствия системы учета электроэнергии метрологическим требованиям, свидетельства о поверке системы, методики выполнения измерений системы учета).
8. Классификация узлов учёта (коммерческий/технический учёт).
9. Сведения об установленном оборудовании, входящем в коммерческий и технический учёт (с указанием типа, класса точности) по всем видам энергоносителей и отведения стоков.
10. Сведения об организации приёма-передачи данных систем учёта их обработки и хранения.
11. Тип, класс точности и копии свидетельств о поверке счетчиков, установленных на присоединениях, указанных в Актах разграничения балансовой принадлежности.
12. Общая информация об энергооборудовании.
13. Информация о потреблении энергоресурсов в летний и зимний период.
14. Перечень объектов организации необходимых для включения в общую систему учёта энергоресурсов.
15. Система электроснабжения:

* источник(и) и напряжение питания;
* количество и характеристики главных понизительных подстанций, распределительных пунктов и трансформаторных подстанций;
* графики нагрузки организации за характерные сутки;
* перечень и основные характеристики электропотребляющего оборудования;
* характеристика существующей системы учета электроэнергии;
* протяженность электрических сетей (отдельно воздушных и кабельных);
* объем потребления электроэнергии и затраты за 2000……..200 гг. с разбивкой по месяцам за 2000 год (суммарное и отдельно - для субабонентов и сторонних потребителей);
* тарифы на электроэнергию для предприятия, а также для субабонентов и сторонних потребителей.
* договора на электроснабжение.

В процессе выполнения работы возможно уточнение и дополнение объема исходной информации.

Исходная информация подготавливается Заказчиком и предоставляется Исполнителю. Заказчик несет ответственность за достоверность предоставляемой информации.

7. Составление энергетического паспорта.

Энергетический паспорт предприятия является итоговым документом обследования. В энергетическом паспорте должны получить отражение:

- общие сведения об организации;

- сведения об оснащенности приборами учета:

- сведения об объеме используемых энергетических ресурсов;

- сведения о показателях энергетической эффективности;

- потенциал энергосбережения и оценка возможной экономии энергетических ресурсов;

- перечень типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;

- сведения о кадровом обеспечении мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

8. Сроки выполнения работы:

Срок начала выполнения работ – с момента предоставления исходной информации и перечисления авансового платежа.

Срок окончания работ - в соответствии с Календарным планом.

9. Перечень и комплектность технической документации, предъявляемой по окончании работ.

После завершения работы заказчику передаются:

1. Энергетический паспорт, оформленный в соответствии с Приказом от 19 апреля 2010г. N 182 Министерства энергетики РФ.

2. Отчет по энергетическому обследованию.

3. Программа реализации энергосберегающих мероприятий на предприятии.

10. Требования к оформлению документов, являющихся результатом исполнения работ по настоящему техническому заданию

Оформление текстовой части и табличных форм документов должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105—95 «Общие требования к оформлению текстовых документов».

Оформление графической части документов должно соответствовать требованиям:

- ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам»;

- ГОСТ 3.1128-93 «Общие правила выполнения графических технологических документов».

**Практическая работа №2**

**Тема: Учет и измерение тепловой энергии**

Учет тепловой энергии – область, в которой тесно переплетены интересы множества специалистов: экономистов, метрологов, юристов. Взаимодействие и взаимопонимание между ними необходимо для решения множества проблем, имеющихся в этой области. Только при балансе интересов возможно процветание. Любое отклонение в сторону какой-либо заинтересованной стороны вызывает еще большие трудности, приводит к ожесточенным дискуссиям, а иногда и к противостоянию. Последние несколько лет наблюдается тенденция, возможно, опасная тенденция, к рассмотрению задачи учета тепла как задачи чисто измерительной. Соответственно и выстраивается система требований к приборам – теплосчетчикам - только как к средствам измерений. Это приводит к тому, что часть чисто учетных функций теплосчетчиков рассматривается с точки зрения метрологии.

Здесь необходимо небольшое пояснение понятий «измерение» и «учет», ко-

торые используются в данной статье. Измерение – получение данных о значении параметра при взаимодействии измеряемой среды со средством измерений (прямые измерения), либо с использованием данных о значениях нескольких параметров (косвенные измерения), связанных математически (уравнение измерения). При измерениях могут использоваться некие постоянные величины, значения ко-

торых нам известны заранее. Но введение постоянной величины вносит дополни-

тельную погрешность в результат измерений. Пример: значение ускорения свободного падения на разных высотах. Измерение количества тепловой энергии – пример косвенных измерений. Учет – получение представления о количестве полученного или поставленного товара с помощью измерений и дополнительных математических операций, с использованием постоянных величин, значения которых устанавливаются в соответствии с нормативами или оговариваются заранее. Такой постоянной величиной, например, является значение нормативной утечки.

Таким образом, гигакалория, полученная в результате измерений количества теп-

ловой энергии - это еще не та гигакалория, которая подлежит оплате за поставку тепловой энергии.

Вышесказанное попробуем проиллюстрировать на примере яростных дискус-

сий по поводу измерений энтальпии холодной воды. Как известно, измерение эн-тальпии холодной воды необходимо в тех системах теплопотребления, где есть отбор теплоносителя из системы отопления на различные нужды. В большинстве развитых стран Запада системы теплоснабжения закрытые. В таких системах нет

отбора теплоносителя, поэтому учет организовать проще . В таких системах теп-лоноситель при прохождении через объект теряет часть своего энергетического

потенциала (энтальпии). Разность энтальпий на входе и на выходе однозначно определяет потребление на объекте. Говорить о предпочтительности таких систем не станем: во-первых, и так много сказано, а во вторых, большинство систем

теплоснабжения в России открытые.

Начиная с 1995 года, когда вышли в свет действующие Правила учета [1],

возникло много путаницы с тем, для чего собственно нужны узлы учета. Указанный документ озаглавлен «Правила УЧЕТА тепловой энергии …», а не «Правила

ИЗМЕРЕНИЙ тепловой энергии». Именно учета, а не измерений ! Поэтому относиться к этому документу нужно соответственно. Пусть имеется некий потреби-ель тепловой энергии. В конце каждого месяца, например, ему выставляется счет за потребление тепловой энергии:

|  |  |
| --- | --- |
| Д = QПОТР ∗T | (1) |

где Д - сумма в рублях к оплате;

QПОТР - потребленная тепловая энергия в единицах энергии;

* - тариф за единицу энергии.

Потребленная тепловая энергия QПОТР - это не результат измерений. Это то

количество энергии, которое рассчитывает продавец на основании совокупности

величины нормативных потерь на участке от границы балансовой принадлежности до узла учета, собственно измеренной энергии, и приведенного к потреблению

энергии количества отобранного из системы теплоснабжения теплоносителя. Вот выражение для определения количества тепловой энергии и массы (объема) теп-лоносителя, полученных потребителем, указанное в [1].

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | QПОТР = QИ + QП + G ГВ ∗ ( h2 − hХВ )∗10−3 | (2) |  |
| где QИ | - тепловая энергия, израсходованная потребителем, по показаниям те- | |  |
| QП | плосчетчика; |  |  |
| - тепловые потери на участке от границы балансовой принадлежности | |  |
| GГВ | до узла учета; |  |  |
| - количество теплоносителя, израсходованное на водоразбор; |  |  |

h2 , hХВ - энтальпия сетевой воды на выходе обратного трубопровода и эн-

тальпия холодной воды на источнике теплоты (средние значения за рассматриваемый период).

Физический смысл данного выражения в следующем: теплоснабжающая организация (ТСО) поставляет нагретый теплоноситель на объект в соответствии с

договором. При прохождении теплоносителя через объект часть теплоносителя теряет свой энергетический потенциал и возвращается в систему (потребленная на объекте энергия – слагаемое QИ , аналогично для закрытой и герметичной системы теплоснабжения), а другая часть безвозвратно забирается из системы (множитель GГВ ). ТСО должна восполнить потери теплоносителя за счет подпитки холодной водой и, соответственно, разогреть ее до температуры теплоносителя, пришедшего по обратному трубопроводу, причем температура теплоносителя в обратном трубопроводе измеряется на источнике тепла – принципиальный момент, о котором речь пойдет ниже. А после этого уже полное количество теплоносителя нагревается до температуры подающего трубопровода и возвращается обратно на объект.

Анализируя указанное выражение, можно выделить два очень важных момента:

1. Собственно измеряется на объекте только две составляющих выражения: потребленная энергия, так как это делается в закрытых системах,

и количество утраченного теплоносителя. Остальные составляющие либо расчетные, либо измеряются на источнике тепла и учитываются при проведении окончательных расчетов.

1. Оплачивать утраченный теплоноситель потребитель должен соответственно затратам на источнике тепла для восполнения теплоносителя

– величина этих затрат рассчитывается исходя из температуры уже

пришедшего на источник теплоносителя и не зависит от той температуры, которая была у теплоносителя на выходе с объекта и по которой рассчитывается потребление тепловой энергии QИ .

Тариф за единицу энергии будет напрямую зависеть от затрат, которые требуются для обеспечения потребностей потребителей. Не являясь специалистом в области экономики и финансов, могу с уверенностью сказать, что разность энтальпий теплоносителя в обратном трубопроводе на источнике тепла и воды в

трубопроводе подпитки (энтальпия холодной воды) будет во многом определять стоимость энергии. Уже один раз приводился мысленный эксперимент [2], когда

температура подпиточной воды равнялась температуре воды в подающем трубопроводе (горячий источник, либо вода забирается из других источников, например

промышленных) . Т.е. затраты на нагрев воды отсутствуют, а затраты на водоподготовку, очистку и подачу в систему будут учтены в стоимости энергии.

Указанная разность энтальпий - величина расчетная и во многом условная.

Возможен такой вариант, когда температура источника равна температуре обратного трубопровода, т.е. разность нулевая, но ТСО при расчетах с потребителем

использует условное значение этой разности как эквивалент затрат на водоподготовку.

Приведенный алгоритм на первый взгляд выглядит логичным и понятным.

Узел учета должен дать данные о потреблении энергии для закрытой системы и количество утраченного теплоносителя. ТСО на основании этих данных выписывает счет. Разность энтальпий h2 и hХВ используется при обосновании тарифов, и

ее можно контролировать при проверке правильности выписки счетов. Если эта разность реально меньше, чем та, которую использует ТСО, то появляется дополнительная прибыль. Но это вопрос к фискальным органам, а не к специалистам в области теплоучета.

Критики существующего порядка учета энтальпии холодной воды утверждают , что нарушается несколько Федеральных законов, в том числе Закон о единстве измерений. Статья 1 этого закона гласит: «Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах вели-

чин, и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной

вероятностью». При измерениях потребления тепла при установленном по договору значении энтальпии холодной воды результат будет с неизвестной погрешностью, более того, он может превышать установленный в Правилах предел в 4 – 5 %. Налицо нарушение статьи 544 Гражданского кодекса РФ: «Оплата энергии производится за фактическое принятое абонентом количество энергии в соответствии с данными учета энергии, если иное не предусмотрено законом или соглашением сторон».

Что можно сделать для восстановления «справедливости»? Есть способ прямой : каким-то образом организовать передачу данных об энтальпии холодной воды с источника на объекты. Способ этот дает наибольшую достоверность, хотя строгие метрологи тут же вспомнят о колебаниях температуры, и, кроме передачи данных, необходимо будет синхронизировать процессы измерения, чтобы учитываемая температура холодной воды соответствовала тому теплоносителю, который в данный момент пришел на объект. Этот способ крайне дорогостоящий, главное неизвестно, за чей счет. Есть способы, предусматривающие двухэтапный

расчет за потребление, и много других «решений».

* + одном можно быть уверенным: от методической погрешности не уйти. При

наличии нескольких источников тепла в системе неизбежно какое-то усреднение,

* как следствие - методическая погрешность. Если реализовать какой-нибудь из выше перечисленных способов, методическая погрешность измерения энтальпии

холодной воды будет значительно ниже, чем при вводе этого значения по догово-ру. И метрологи, скорее всего, на время успокоятся. А что будет с потребителем?

Он будет рад этой «справедливости»?

* + этой связи стоит процитировать одну из последних публикаций по данной

тематике [3]: «Можно очень точно (но дорого!) измерить количество отпускаемой и потребляемой энергии и теплоносителей, затратив при этом денег больше, чем их будет сэкономлено за счет повышения точности измерений.» Можно добавить только одно соображение: зачем измерять то, что не нужно измерять?

Стоит еще раз вспомнить, для чего нужен учет потребления тепла. Узел учета не измеряет потребление тепла для лабораторных нужд, это только промежуточный этап, в конце – выставленный счет в рублях, а не в калориях. Если какой-либо из способов «справедливого» измерения энтальпии холодной воды и измерения тепловой энергии в целом будет принят , то это неизбежно приведет к уве-личению штата сотрудников ТСО, повышению накладных расходов, и в результа-те, к повышению тарифа. И не факт, что экономия за счет снижения фактического

потребления тепловой энергии не будет перекрыта повышением тарифа на тепловую энергию. Стоит ли давать ТСО такой роскошный повод поднять тариф?

Нужно ли вообще измерять hХВ на объекте? Ответ, на мой взгляд, однозначный: нет. Этот параметр необходимо измерять на источнике тепла, более того, строго контролировать методику измерения этого параметра. Корректное и точное измерение энтальпии холодной воды даст представление об обоснованности тарифов за тепловую энергию, об эффективности работы источника тепла. А на объекте необходимо измерять только те параметры, которые определяют потребление поставляемой тепловой энергии и которые четко указаны в документе [1]. Если необходимо, чтобы узел учета предоставлял данные о полном потреблении

тепловой энергии, то, например, в него необходимо вводить константу (h2 −hХВ ),

рассчитанную по многолетним данным и на основании которой рассчитан тариф. Есть и другие способы и математические модели, по которым узел учета может

рассчитывать потребление тепловой энергии. Но в любом случае, организация

учетных функций у потребителя должна быть отделена от измерительных, а так-же строго и четко регламентирована нормативными документами на уровне законов, как это сделано в части измерений (Закон о единстве измерений).

В заключении можно сказать, что стремление только к достоверности измерений может привести к тому, что измерение тепла будет проводиться в соответствии со всеми метрологическим канонами, результат будет выражен в абсолютных единицах с известной точностью и т.д., но это будет никому не нужно, т.к. не определен порядок собственно учета.

Количество потребляемой тепловой энергии определяют по формуле (Гкал):



**(1.1)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - количество тепловой энергии, потребляемое i-м абонентом, Гкал; |
|  | - количество абонентов, Гкал. |

где

Потребность в тепловой энергии абонента складывается из количества тепловой энергии, необходимой на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения (Гкал):

**(1.2)**



|  |  |
| --- | --- |
|  | - количество тепловой энергии на отопление, Гкал; |
|  | - количество тепловой энергии на вентиляцию, Гкал; |
|  | - количество тепловой энергии на горячее водоснабжение, Гкал. |

где

* 1. 1.1. Определение количества тепловой энергии на отопление
     1. Расчетную тепловую нагрузку для отопления зданий Qо принимают в соответствии с типовым или индивидуальным проектом здания или системы отопления. В случае проведения энергетических обследований и оформления энергетических паспортов,  принимают по данным паспорта (постановление Губернатора автономного округа от 24 июня 2002 года № 215 «О проведении энергетических обследований и введения энергетических паспортов для организаций, финансируемых за счет средств окружного бюджета»).

Пересчет расхода тепловой энергии для конкретного здания при наличии типового проекта, производят по формуле (Гкал/ч):



**(1.3)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - проектная тепловая нагрузка на отопление здания, Гкал/ч; |
| , | - расчетные температуры внутри отапливаемых помещений соответственно по  типовому проекту и для конкретного здания, °С, [Приложение 1, [табл.1.6](#tab1i6)]; |
| , | - расчетные температуры наружного воздуха для отопления соответственно проектная и для конкретного здания,°С, [Приложение 1, [табл.1.4](#tab1i4)]. |

где

Формула 1.3 справедлива при отклонении расчетных температур от принятых в типовом проекте в пределах 5°С, при больших отклонениях расчетное значение отопительной нагрузки следует согласовать с разработчиками типового проекта.

* + 1. Потребное количество тепловой энергии на отопление за рассматриваемый период (месяц, квартал, отопительный период, год), определяют по формуле (Гкал):



**(1.4)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - средняя температура наружного воздуха за рассматриваемый период для данной местности,°С, [Приложение 1, [табл.1.4,](#tab1i4) [1.5](#tab1i5)]; |
|  | - продолжительность работы систем отопления за рассматриваемый период, сут. |

где

* + 1. При наличии в зданиях и сооружениях приборного учета тепловой энергии – подключенную нагрузку можно определить по показаниям счетчика, при условии его непрерывной работы не менее 3-х лет.
    2. При отсутствии проектных данных расчетную нагрузку здания на отопление вычисляют по формуле укрупненных расчетов (Гкал/ч):



**(1.5)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - наружный строительный объем здания, м3; |
|  | - удельная отопительная характеристика здания при = −30°С, ккал/(м3⋅ч⋅°С), принимаемая по [Приложение 1, [табл.1.2](#tab1i2), [1.3](#tab1i3)]; |
|  | - поправочный коэффициент, принимаемый по таб. [Приложение 1, [табл.1.1](#tab1i1)] |

где

Соответственно, потребное количество тепловой энергии на отопление за рассматриваемый период (месяц, квартал, отопительный период, год), определяют по формуле (Гкал):



**(1.6)**

Удельная отопительная характеристика здания любого назначения может быть определена по формуле (ккал/ч⋅м3⋅°С):



**(1.7)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - периметр здания, м; |
|  | - площадь застройки, м2; |
|  | - высота здания, м; |
|  | - коэффициент остекления, т.е. отношение площади остекления к площади стен; |
|  | - коэффициент теплопередачи соответственно стен, окон, потолка, пола согласно СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника». |

где

Наружный строительный объем здания принимают по данным типовых и индивидуальных проектов здания или по данным бюро технической инвентаризации.

Для зданий с чердачным перекрытием наружный строительный объем определяется умножением площади горизонтального сечения, взятого по внешнему (наружному) обводу здания на уровне первого этажа выше цоколя на полную высоту здания, измеренную от уровня чистого пола первого этажа до верхней плоскости теплоизоляционного слоя чердачного покрытия; при плоских, совмещенных крышах – до средней отметки верха крыши.

Строительный объем подземной части здания определяется умножением горизонтального сечения по внешнему обводу здания на уровне первого этажа выше цоколя на высоту, измеренную от уровня чистого пола первого этажа до уровня пола подвала и цокольного этажа.

При измерении наружного строительного объема не учитываются выступающие архитектурные детали и конструктивные элементы, портики, террасы, балконы, объемы проездов и пространства под зданием на опорах (в чистоте), а также проветриваемые подполья под зданиями, проектируемые для строительства на вечномерзлых грунтах.

* + 1. Величина удельной отопительной характеристики при укрупненных расчетах может быть увеличена:
* для зданий облегченного (барачного) типа и сборно-щитовых домов – до 15%;
* для каменных зданий в первый сезон отопления, законченных строительством в мае-июне – до 12%, в июне-августе – до 20%, в сентябре – до 25%, в течение отопительного сезона – до 30%;
* для зданий, расположенных на возвышенностях, у рек, озер, на берегу моря, на открытой местности, не защищенной от сильных ветров, при их средней скорости за три наиболее холодных месяца от 3 до 5 м/сек – до10%, от 5 до 10 м/сек – до 20%, более 10 м/сек – до 30%; средняя скорость ветра за отопительный период принимается по СНиП 23-01-99 или по данным местной метеостанции.

Ограждение помещения считается защищенным от ветра, если расстояние между ним и ближайшим ограждением защищающего строения превышает разность между уровнем кровли защищающего его строения и уровнем перекрытия помещения не более чем в пять раз.

* + 1. Для помещений, расположенных на первом этаже, отличающихся по высоте от остальных помещений здания, расход тепловой энергии определяют пропорционально объемам помещений здания. При наличии в жилом здании ряда частных организаций (квартир, предприятий) расход тепловой энергии для каждого определяют пропорционально занимаемой общей площади здания или объема.
    2. Климатические параметры холодного периода года, а также среднюю месячную и годовую температуру воздуха, для населенных пунктов, принимают по данным СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», ТСН 23-334-2002 Ямало-Ненецкого автономного округа «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по энергосберегающей теплозащите» или по показателям местной метеостанции [Приложение 1, [табл.1.4](#tab1i4);[1.5](#tab1i5)]. Среднюю температуру наружного воздуха за неполный месяц принимают по средним показателям метеостанции для данной местности.
    3. Расчетные значения усредненных температур внутреннего воздуха при укрупненных расчетах для учреждений обслуживания населения и общественных зданий принимают по типовому проекту, при отсутствии проекта - [Приложение 1, [табл.1.6](#tab1i6)].
    4. В районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления -31°С и ниже - температуру внутреннего воздуха для жилых зданий следует принимать равной 20°С (СНиП 2.08.01-89\* «Жилые здания»).
    5. Расход тепловой энергии на отопление для промышленных, общественных, сельскохозяйственных объектов (гаражи, сушилки, теплицы, подземные отапливаемые переходы, плавательные бассейны, остекленные встроенные или пристроенные к зданию магазины, аптеки, киоски и т.п.) при отсутствии проектных тепловых нагрузок определяют по установленной поверхности нагревательных приборов. Все исходные данные для расчета определяются представителями теплоэнергетического предприятия в присутствии потребителя с составлением акта.
    6. Если часть жилого здания занята общественными учреждениями (магазины, аптеки, конторы и т.п.), то расчетная годовая нагрузка на отопление для каждой части здания определяется по проекту. При наличии проектной нагрузки на отопление только в целом на здание или при определении ее по укрупненным показателям расчетная часовая нагрузка помещений, занятых общественными учреждениями, определяется по установленной поверхности нагревательных приборов. При схеме подключения полотенцесушителей в зданиях к системе отопления, расход тепла в них определяют так же по установленной поверхности нагрева.

К приборам отопления конвективно-излучающего действия относятся:

1. радиаторы чугунные секционные;
2. радиаторы стальные штампованные панельные и листотрубные;
3. трубы чугунные ребристые;
4. трубы стальные гладкие и регистры их гладких труб;
5. конвекторы напольные, настенные, плинтусные и т.д.

Расчетная тепловая нагрузка отопительного прибора конвективно-излучающего действия в общем случае определяется по формуле (Гкал/ч):

**(1.8)**



|  |  |
| --- | --- |
|  | - коэффициент теплопередачи прибора, ккал/(м2⋅ч⋅°С), [Приложение 1, [табл.1.7](#tab1i7)]; |
|  | - площадь поверхности нагрева прибора, экм; |
|  | - температурный напор, °С. |

где



**(1.9)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - расчетные температуры греющей воды соответственно на входе в прибор и выходе из него, °С; |
|  | - расчетная температура воздуха в помещении, °С [Приложение 1, [таб.1.6](#tab1i6)]. |

где

Коэффициент теплопередачи отопительных приборов конвективно-излучающего действия зависит от температурного напора. Значения коэффициентов теплопередачи различных видов отопительных приборов приведены в [Приложение 1, [табл.1.7](#tab1i7)].

По действующим стандартам площадь поверхности нагрева отопительных приборов конвективно-излучающего действия исчисляется в эквивалентных квадратных метрах (экм): 1 экм для чугунных радиаторов представляет собой площадь поверхности нагрева, теплоотдача которой при температурном напоре 64,5°С и расходе воды 17,4 л/ч равна 435 ккал/ч.

Данные об отопительных приборах конвективно-излучающего действия для их расчета приведены в [[Приложение 7](#Прил7), табл.7.1-7.18].

* + 1. Потребность в тепловой энергии сельскохозяйственных объектов на технологические нужды, обслуживаемых теплоэнергетическим предприятием, определяется в соответствии с утвержденными нормами расхода тепловой энергии в сельскохозяйственном производстве, представляемых потребителем.

Количество тепловой энергии, расходуемое на технологические нужды теплиц и оранжерей, определяется по формуле (Гкал):



**(1.10)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - количество тепловой энергии на i-е технологические операции, Гкал; |
| n | - количество технологических операций. |

где



**(1.11)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - соответственно потери тепловой энергии через ограждения, потери тепловой энергии при воздухообмене, количество тепловой энергии для подогрева поливочной воды и для пропарки почвы, Гкал;  1,05 – коэффициент, учитывающий расход тепловой энергии на обогрев бытовых помещений. |

где

Потери тепловой энергии через ограждения (Гкал):



**(1.12)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | - площадь поверхности ограждения, м2; |
|  | - коэффициент теплопередачи, принимается для одинарного остекления равным 5,5ккал/м2⋅ч⋅°С, для одинарного пленочного ограждения 7,0 ккал/м2⋅ч⋅°С; |
|  | - соответственно технологическая температура в оранжерее, средняя температура наружного воздуха за отопительный период,°С; |
|  | - продолжительность отопительного периода, суток. |

где

Потери тепловой энергии за счет воздухообмена в отопительный период (Гкал):

- для оранжерей со стеклянным покрытием:

**(1.13)**



- для оранжерей с пленочным покрытием:

**(1.14)**



|  |  |
| --- | --- |
|  | - инвентарная площадь оранжереи, м2; |
|  | - коэффициент объема, равный , характеризует высоту сооружения и лежит в пределах 0,24 – 0,5 малогабаритных сооружений и достигает 3 м и более для ангарных теплиц, м. |

где

Количества тепловой энергии на подогрев поливочной воды определяется по соотношению (Гкал):

**(1.15)**



|  |  |
| --- | --- |
|  | - полезная площадь оранжереи, м2. |

где

Количество тепловой энергии на пропарку почвы (Гкал):

**(1.16)**



Пример 1. Определить годовое количество тепловой энергии на отопление жилого 5-этажного дома объемом 22000 м3 (в том числе подвала 1900 м3) постройки 1995 г. Здание расположено в г. Салехарде. Основные исходные данные: расчетная температура наружного воздуха для отопления равна –42 оС; средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон равная –11,4 оС; продолжительность отопительного сезона 292 дня.

Пример 2. Определить годовой расход тепловой энергии для встроенного магазина, расположенного на первом этаже жилого здания в г. Лабытнанги. Климатические данные: tр.о. = -42 °С; tср.= -11,4 °С; Zот=292сут.

Встроенные помещения первого этажа обслуживаются самостоятельной системой отопления, которая подключена непосредственно к узлу управления параллельно системе отопления жилой части здания. Параметры теплоносителя при tср.= -11,4 °С в подающем трубопроводе 61°С, в обратном 48°С. В магазине установлены конвекторы ''Комфорт'' (Ду=20 мм) длиной 1300 мм – 4 шт., 1200 мм – 1шт., 1000 мм – 2шт., 8500 мм – 2шт., с общей поверхностью 29,9 экм.

Пример 3. Определить расход тепловой энергии на отопление за октябрь месяц административного здания объемом 5100 м3, расположенного в п. Новый Порт.

Исходные данные: средняя температура наружного воздуха за октябрь месяц равна –4,9°С; внутренняя температура воздуха отапливаемого помещения равна 18°С.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Правила учета тепловой энергии и количества теплоносителя». Москва, 1995 г.
2. В.М. Кузовков. Температура холодной воды и Теплосчетчики. «Энергосбережение». № 4. 2001 г.
3. Малафеев В.А. Что продается в системах теплоснабжения и как правильно

это измерить? Коммерческий учет энергоносителей: Труды 17-й Междуна-

родной научно-практической конференции. СПб., Борей-Арт, 2003 г.

**Практическая работа №3**

**Тема: Технико-экономическое сравнение вариантов схем питания объектов**

**Задание**

1. Выполнить технико-экономическое сравнение вариантов питания цеховых подстанций по магистральной и радиальной схемам. Подстанции двухтрансформаторные, мощность каждого трансформатора составляет 1000 *кВА*. Распределительная сеть выполнена кабелем марки АСБ-10, проложенным в траншее. Расчетные электрические схемы приведены на рис. 4 и рис. 5. Необходимые значения для технико-экономического сравнения схем приведены в табл. 1.

***Таблица 1. Данные расчета двухтрансформаторных подстанций***

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Значения параметров, согласно варианта |
| Длина участков кабеля, :  РП – ТП-1  ТП-1 – ТП-2  РП – ТП-2 | 125  75  175 |
| Загрузка трансформаторов в нормальном режиме (в% от номинальной) | 65 |
| Стоимость потерь электроэнергии, | 1,6 |
| Годовое число максимума нагрузки, 10 | 485 |
| Установившийся ток КЗ,  Приведенное время КЗ, | 13  0,22 |

2. По данным для каждого варианта следует определить потери мощности и напряжения в трехфазном симметричном токопроводе. Рассматривается два вида токопроводов: токопровод с круглым сечением и токопровод, состоящий из двух швеллеров. Сечение токопровода из швеллеров показано на рис. 3. Необходимые параметры для решения задачи приведены в табл. 2.   
Таблица 2. Расчетные параметры к выбору схем питания подстанций

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Значения параметров, согласно варианта |
| Сечение токопровода, состоящего из двух швеллеров, |  |
| Среднее геометрическое расстояние между площадями сечений двух фаз | 1000 |
| Отклонение напряжения от номинального в начале токопровода | 7 |
| Окружающая температура | 27 |
| Длина токопровода | 3500 |
| Коэффициент добавочных потерь | 1,09 |
| Коэффициент мощности | 0,85 |
| Напряжение, | 10 |
| Ток нагрузки, | 2000 |

**Практическая работа №4**

## Тема: Технические мероприятия по снижению энергозатрат при производстве

## 1. Компенсация реактивной мощности

Режим реактивной мощности существенным образом сказывается на потерях в распределительных электросетях предприятия, поскольку нагрузочные потери определяются квадратом полного тока, включающего реактивную составляющую.  
Установленные приказом Минпромэнерго РФ № 49 от 22.02.2007 нормативные величины коэффициента мощности составляют – 0,928 (для напряжения 6-20 кВ) с 7 до 23 ч и 1,0 — в остальное время суток.  
В отсутствие [финансовых](http://kursovaya.sokolbank.ru/finansy) и юридических санкций за отклонение от нормативных величин в настоящее время (а эта ситуация может измениться), основным стимулом для приведения сos к нормативному уровню должно явиться снижение технологических потерь при передаче электроэнергии по электросетям предприятия и возможность уменьшения присоединённой полной мощности электрооборудования.  
Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить 10-30% от технических потерь.

## 2. Снижение потерь электроэнергии за счёт внедрения электропроводящей смазки для контактов

В условиях реальной эксплуатации через 1,0–1,5 года после сборки у большинства алюминиевых контактов, в результате окисления и «выдавливания», наблюдается 3–5 кратный рост значения переходного электрического сопротивления (ПЭС), что приводит к повышенному нагреву и увеличению потерь электроэнергии.  
Рекомендуется для [уменьшения потерь](http://kursovaya.sokolbank.ru/effektivnost) в сети произвести обработку алюминиевых контактов соединений подстанций и контактных соединений внутриплощадочных сетей, например смазкой «Суперконт».  
Смазка «Суперконт» применяемая в странах СНГ с 1992 года позволяет увеличить эффективную площадь контакта в 5–10 раз. Она содержит медный порошок и активное антикоррозионное связующее, которое является нетоксичным, взрыво,- и пожаробезопасным, обеспечивает многоступенчатую антикоррозионную защиту при различных рабочих температурах.  
При сборке контактов медный порошок смазки заполняет все микро- и макронеровности контактной поверхности и спрессовывается в сплошную губчатую токопроводящую прокладку. Избыток смазки вытесняется на периферию, создавая дополнительную гидро- и кислотоупорную защиту рабочей зоны контакта.  
Из опыта применения смазки «Суперконт» в «Иркутскэнерго», «Красноярскэнерго», «Краснодарэнерго» снижение потерь электроэнергии составило 5–10% от общих технических потерь электроэнергии.

## 3. Замена электрических тепловых завес на водяные

Зачастую на предприятиях установлены энергоёмкие электрические калориферы в приточных камерах, для воздушного отопления производственных корпусов.  
Тепловые завесы водяные, нагреваются от общей системы отопления. Такой вид оборудования считается более выгодным и надежным. Достаточно сложный монтаж, с лихвой компенсируется значительной мощностью при невысоких эксплуатационных расходах. Подобные тепловые завесы хороши для применения в производственных условиях.  
Замена электрических калориферов на водяные вполне оправдана при наличии собственной котельной, несмотря на высокую стоимость Гкал тепла. При переводе калориферов на воду, часовая нагрузка на котельную незначительно повлияет на режим работы котельной, так как в котельной имеется запас установленной мощности.  
Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить до 90%.

## 4. Снижение затрат на электроэнергию за счет внедрение современных сварочных аппаратов взамен морально устаревших и энергетически затратных

Значительное количество потерь энергии происходит в энергосистемах и в промышленности по причине износа оборудования. Использование оборудования выработавшего свой ресурс снижает надежность системы электроснабжения, требует дополнительных средств на ремонт и эксплуатацию. Энергетические характеристики оборудования, выпущенного более 10 лет назад часто на 20%-30% ниже, чем у современного оборудования. Поэтому, проводя модернизацию, необходимо стремиться устанавливать наиболее современное оборудование для снижения эксплуатационных затрат.  
Предлагается заменить морально устаревшие и энергозатратные сварочные аппараты на современные сварочные инверторы с микропроцессорными схемами управления. Тем самым снизятся потери в питающих линиях и силовых трансформаторах за счет уменьшения потерь от протекания реактивных токов. Это объясняется более высоким коэффициентом мощности сварочных инверторов.  
Сварочный инвертор выполняет основные функции:  
— Две сварочные функции TIG и MMA в одном аппарате;  
— Бесконтактное высокочастотное возбуждение дуги делает процесс сварки очень  
легким;  
— Цифровой дисплей;  
— Функция форсирования дуги;  
— Используется для сварки изделий из стали, меди, титана и их сплавов;  
— Регулируемая функция продувка газом после сварки от 0–10 секунд;  
— Регулируемая функция спад тока от 0–5 секунд;  
— Автоматическая защита от перегрузок по току и напряжению;  
— Высокая надежность в работе, удобство в эксплуатации и сервисном обслуживании.  
Дополнительный эффект от мероприятия, не поддающийся прямому расчету, состоит в повышении качества сварного шва и, соответственно, изделия в целом. Данный эффект достигается за счет высокой стабильности горения дуги. Также, в случае изменения режима сварки, функция предустановки величины сварочного тока с индикацией на цифровом дисплее позволяет сократить время настройки аппарата. Это ведёт к увеличению производительности труда электросварщика, а также дополнительной экономии электроэнергии из-за отсутствия необходимости выполнения пробных сварочных швов при перенастройке (достаточно составить однократно таблицу сварочных токов для различных режимов сварки и в последствии пользоваться этими значениями).  
Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить до 25%.

## 5. Повышение эффективности процесса плавки алюминия за счет замены устаревшей печи сопротивления на более современную

Значительное количество потерь энергии происходит в промышленности по причине износа оборудования. Использование оборудования выработавшего свой ресурс снижает надежность системы электроснабжения, требует дополнительных средств на ремонт и эксплуатацию. Энергетические и технологические характеристики оборудования, выпущенного более 10 лет назад часто на 20%-30% ниже, чем у современного оборудования. Поэтому, проводя модернизацию, необходимо стремиться устанавливать наиболее современное оборудование для снижения эксплуатационных затрат.  
В настоящее время для плавки алюминия используется печь сопротивления, срок эксплуатации которой превышает десятки лет, а значит можно ожидать ухудшения паспортных характеристик, связанных с процессом плавки, на 20% — 30%. Продолжительность плавки алюминия из холодного состояния печи значительно превышает время плавки из горячего состояния (по данным технологического персонала), что также связано с изношенностью печи. Для того, чтобы печь не остывала, эксплуатирующий персонал оставляет ее в работе на холостом ходу (в том числе и в ночные часы). В процессе эксплуатации данной печи происходит частый выход из строя нихромовых нагревательных элементов. Замена нагревательных элементов при существующей конструкции печи представляет собой затруднительную задачу, занимающую значительное количество времени, что приводит к простою технологического оборудования.  
Для повышения эффективности процесса плавки алюминия рекомендуется заменить устаревшую печь на современную более эффективную и удобную в эксплуатации печь  
Основу печи составляет сварной каркас из металлического профиля футерованный легковесными огнеупорными и волокнистыми теплоизоляционными материалами. Нагреватели печи спиральные – расположены вдоль стен печи и обеспечивают равномерный нагрев тигля. Расположение спиралей на керамических трубках позволяет максимально увеличить ресурс нагревателей по сравнению с другими типами размещения и обеспечить беспрепятственное излучение тепла в рабочую камеру печи.  
Процесс замены нагревателей и тигля максимально упрощен, для этого вся верхняя рама печи выполнена съемной. Зaмeнa на гревателей выполняется без тигля в печи пpи cнятoй вepxнeй paмe, а вывoды элeктpoнaгpeвaтeлeй pacпoлoжeны пoд лeгкo cъeмным кoжуxoм. В поворотных печах для обеспечения наклона тигля вместо механического применен компактный безотказный гидравлический привод, производства Италия, который позволяет оператору производить точное регулирование угла наклона тигля при разливке. Поворотные печи стандартно оснащаются отечественными тиглями Лужского абразивного завода. По желанию возможна установка тиглей зарубежных производителей. Система контроля и управления печью выполнена на основе современных температурных микроконтроллеров и тиристорных преобразователей. Это значительно повышает удобство работы оператора, снижает расходы на обслуживание оборудования и обеспечивает более точное регулирование температурного режима.  
Преимущества:  
— Низкая стоимость приобретения, отсутствие необходимости в составлении и согласовании проекта установки печи.  
— Большая стойкость тигля в печах сопротивления и отсутствие дополнительных потерь тепла.  
— Простота конструкции и управления максимально облегчает установку и обслуживание данных печей персоналом заказчика.  
— Наличие разрешения на применение в металлургических цехах.  
Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить до 30%.

## 6. Снижение затрат на электроэнергию за счет оптимизации процесса термообработки изделий по загрузке печного оборудования

Одним из важнейших направлений повышения эффективности использования энергетических ресурсов в условиях производства является оптимизация технологического процесса, под которой понимается такое управление режимами производства, при котором некоторый критерий качества управления на заданном интервале времени достигает в условиях заданных ограничений своего экстремального (максимального или минимального) значения. Недостаточная загрузка печей для термообработки изделий приводит к возрастанию удельного электропотребления на единицу продукции. Оптимальная загрузка позволяет снизить данный показатель и одновременно увеличить производительность участка термообработки.  
Энерготехнологические характеристики оборудования, срок эксплуатации которого превышает оговоренный производителем, в большинстве случаев ниже паспортных на 10% — 30%.  
Для возможности оптимизации процесса термической обработки по загрузке печей необходимо разнообразить состав установленного оборудования по размерам рабочего пространства. Предлагается установить электрическую печь с выдвижным подом. Установка данной печи позволит вывести из работы печи, выработавшие срок эксплуатации, заданный производителем. Также это позволит более полно загружать печи в зависимости от размеров обрабатываемых изделий, что в конечном итоге приведет к снижению удельных затрат энергии на единицу продукции. Печь с выдвижным подом гораздо удобнее в эксплуатации.  
Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить 5-15%.

## 7. Экономия электроэнергии за счет устранения дефектов контактных соединений в электроустановках

Контактные соединения шин, электрических аппаратов, кабелей являются их неотъемлемыми и весьма ответственными частями. В месте плохого контакта выделяется большое количество теплоты, которое приводит к нагреву и даже расплавлению металла соприкасающихся поверхностей.  
Электрический ток в цепи нагревает проводники и контакты. Количество теплоты, выделяющееся в контактном соединении, пропорционально квадрату тока и значению переходного сопротивления. Чем больше выделяется теплоты, тем выше температура контакта, тем больше энергии теряется при ее передаче. Поэтому все контакты, в том числе и хорошо выполненные, требуют постоянного наблюдения и ухода.  
Для устранения дополнительных потерь электроэнергии на переходных сопротивлениях контактных соединений рекомендуется провести ревизию контактных соединений путём проведения тепловизионного обследования во всех электроустановках и устранить недостатки, приводящие к дополнительному нагреву токоведущих и нетоковедущих частей.  
Необходимо дифференцировать состояние контактных соединений по степени дефекта и на основании этого определить срок его устранения.  
Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить до 3% от технических потерь.

## 8. Замена выпрямительных агрегатов гальванического участка

Гальванические установки имеют установленную мощность десятки кВт и работают в длительном режиме. Зачастую на предприятиях на участке гальваники для питания электродов ванн эксплуатируются выпрямительные агрегаты выпуска 80-х гг., которые содержат преобразовательные трансформаторы, тиристорные блоки с водяным проточным охлаждением и систему управления.  
Режим эксплуатации выпрямителей с недогрузкой преобразовательных трансформаторов и силовых вентилей приводит к тому, что установки находятся в зоне пониженных КПД и коэффициента мощности. Водяное охлаждение тиристоров может быть заменено беззатратным воздушным. Наконец, при малых нагрузках вентили выпрямителя работают в нелинейном режиме прерывистых токов с ухудшением формы выпрямленного напряжения и сверхнормативным искажением гармонического состава питающего напряжения и тока сети. В свою очередь, генерируемые выпрямителями в сеть высшие гармоники приводят к дополнительным потерям у смежных электропотребителей, могут вызывать помехи в работе электронных устройств.  
С учётом изложенного рекомендуется осуществить замену основного парка выпрямительных агрегатов на менее мощные с воздушным охлаждением вентилей. При этом для обеспечения длительной и надёжной работы выпрямителей необходимо осуществить уплотнение дверей в электропомещение для исключения проникновения агрессивных газов из соседнего помещения с ваннами, а также обеспечить эффективную вытяжную вентиляцию. Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить 5-10%.

## 9. Внедрение мониторинга работы вентсистем и осуществление технического осмотра электропривода

Рекомендуется наладить на предприятии мониторинг работы вентсистем и осуществлять технический осмотр электропривода на регулярной основе. Данное мероприятие позиционируется, как беззатратное, поскольку не требует капитальных вложений и может быть реализовано собственными силами Предприятия.  
При регулярном осмотре и техническом обслуживании вентиляторов улучшится эффективность теплообмена и возрастёт коэффициент нагрузки электродвигателей, что приведёт к снижению непроизводительно расходуемой электроэнергии в первом приближении – на 3%:

## 10. Внедрение установок высокотемпературного нагрева шихты

Улучшить удельные показатели расхода электроэнергии на выплавку тонны металла можно посредством использования специализированного оборудования для подготовки шихты к плавке, к которому относятся установки для предварительного нагрева шихты перед загрузкой в плавильные печи.  
В плавильных, в том числе и индукционных, печах процесс плавки разделяют на несколько основных этапов, это – нагрев, расплавление, доводка и восстановление. На нагрев металлозавалки в плавильной печи расходуется ориентировочно сстановление  
Среди различных способов сокращения удельных энергозатрат особый интерес для действующего производства представляет нагрев металлической шихты до температуры 500-6000С перед подачей в печь. Этот способ не требует значительных капиталовложений, производственных площадей или изменения технологии и может быть освоен силами Предприятия.  
Для нагрева кускового материала наиболее эффективным способом является продувка высокотемпературными газами (фильтрация) при конвективном теплообмене. Такой режим, существующий, например, в шахтных печах, обеспечивает при МВт/м3.  
Наиболее надёжным и наименее дорогостоящим способом предварительного нагрева шихты при электроплавке является подогрев вне печи на автономной установке, использующей природный газ или жидкое топливо. Экономический эффект при этом обуславливается двумя факторами: во-первых, стоимость единицы тепловой энергии, полученной от сжигания природного газа, меньше, чем стоимость электроэнергии, преобразованной в тепло; во-вторых – в установках предварительного нагрева шихты металла в самих электропечах.  
Дополнительно при нагреве шихты пропродувки нагреваемого слоя металла. Более чистая шихта и сокращение времени пребывания в печи способствуют повышению качества жидкого металла за счет уменьшения количества неметаллических включений и газонасыщенности.  
В качестве примера, рекомендуется одноступенчатая установка предварительного нагрева шихты, разработанная и внедрённая в промышленную эксплуатацию УП «Технолит» БНТУ совместно с кафедрой «МиТЛП» ГГТУ им. П. О. Сухого. Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить до 30%.

## 11. Внедрение пакетировочных и брикетировочных прессовых станков

Пакетировочные и брикетировочные прессы для различных видов шихтового материала (профильный, листовой металл, стружка и т. п.) используются для уменьшения габаритных размеров и увеличения удельного веса металла, благодаря чему сокращается количество подвалок при плавлении, а следовательно – количество пусков/остановов печей, сопровождаемых потерей энергии. Уменьшение количества подвалок позволяет сократить полное время плавки металла и тем самым снизить удельный расход электроэнергии на выплавку 1 т годного литья (в зависимости от качества поставляемой шихты).

## 12. Замена вентиляторов на более экономичные с энергоэффективными двигателями

Замена старых вентиляторов, исчерпавших назначенный срок службы, на новые, имеющие лучшие значения КПД, позволит сократить расход электроэнергии, а замена вентиляторов с избыточной номинальной производительностью на вентиляторы меньшей производительности – снизить установленную мощность вентсистемы и улучшить энергетические показатели двигателей вентиляторов (КПД, коэффициент мощности).  
Сопоставление аэродинамических характеристик новых вентиляторов, например серии ВР со старыми серии Ц указывает на то, что КПД в рабочей зоне характеристик для современного вентилятора изменяется в диапазоне от 74% до 82%, а для старого – от 55% до 64%. Разница КПД, определяющая удельный показатель потребления электроэнергии вентилятором, обусловлена улучшением конструкции, в т. ч. формы лопастей, и использованием более лёгких конструкционных материалов. По соотношению КПД потребление электроэнергии устаревшими вентиляторами завышено на 18%.  
Наряду с современными вентиляторами рекомендуется использовать энергоэффективные двигатели, имеющие более высокий коэффициент полезного действия, по сравнению с традиционными. Большинство устаревших моделей асинхронных двигателей серий А, АО и др. номинальной мощностью от 5,5 до 75 кВт имеют КПД приблизительно равный 80-85%, в то время как энероэффективные двигатели того же диапазона мощностей имеют КПД на уровне 90%: энергосберегающий эффект достигается за счёт снижения сопротивления обмоток, путём увеличения сечения проводника, как следствие – повышенная, ориентировочно в 1,2 раза, цена современных двигателей. Таким образом, потенциал энергосбережения при использовании энергоэффективных двигателей оценивается в 5-10%.

## 13. Внедрение установки осушки сжатого воздуха на компрессорной станции

Компрессорная станция работает без влагоотделения и осушки воздуха, а трубопроводы наружной прокладки не теплоизолированы, в результате чего в зимнее время вынужденно практикуются продувки участков труб для удаления конденсата, что приводит к непроизводительному расходованию воздуха и, соответственно, электроэнергии. Во избежание замерзания  
Методическое пособие по расчету показателей эффективности  
энергосберегающих мероприятий конденсата в трубах в зимний период в ночное время и нерабочие дни 1 компрессор постоянно работает на заполнение и продувку системы, потребляя непроизводительно электроэнергию. Внедрение системы осушки сжатого воздуха позволит снизить эксплуатационные затраты на препятствие образования замершего конденсата.Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить 15-45%.

## 14. Экономия электроэнергии за счет регулирования температуры печей сопротивления (АСУ ТП)

Электротермические процессы характеризуются тепловым воздействием на материалы. Нагрев происходит в специальных печах и агрегатах за счет преобразования электроэнергии. Нагрев сопротивлением происходит с выделением теплоты в материалах включенных непосредственно в электрическую цепь, при протекании по ним электрического тока. Если печь не загружена, то не обязательно поддерживать постоянную температуру в ней. Однако, при отключении печи нагревательные элементы охлаждаются и их повторный нагрев может занимать значительный промежуток времени. Поэтому более целесообразным является снижение температуры на время холостого хода печи. Это позволяет уменьшить время разогрева печи до требуемой температуры и более эффективно использовать электроэнергию на термические нужды. Также необходимо поддерживать оптимальную температуру для правильного протекания технологического процесса.  
Для плавного регулирования температуры печей рекомендуется внедрение автоматизированной системы управления (АСУ). Проектное решение по применению АСУ ТП позволяет повысить качество продукции, уменьшить количество брака, снизить расход сырья, увеличить объем выпуска продукции, сократить поломки и простои оборудования, а также улучшить условия труда обслуживающего персонала. Общая цель проекта заключается в том, чтобы с помощью системы автоматического управления электропечи исключить погрешность регулирования температуры, снизить затраты на ремонт и обслуживание оборудования, получить экономический эффект от рационального использования энергоресурсов вследствие оптимального управления технологическим процессом. Экономия электроэнергии по сравнению с базовым вариантом может составить 5-15%.

**Практическая работа №5**

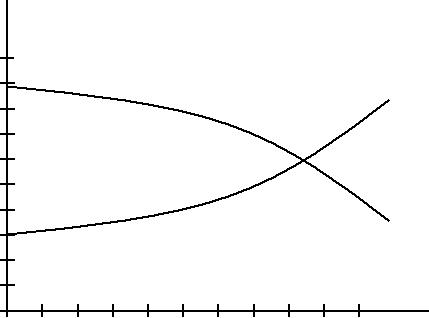
**Тема: Частотно-регулируемый электропривод насосной станции**

Определить мощность, потребляемую насосом при дроссельном регули-ровании и сравнить с частотным регулированием. КПД приводного электродвигателя принять равным 95%. Варианты исходных данных представлены в табл. 2.7.

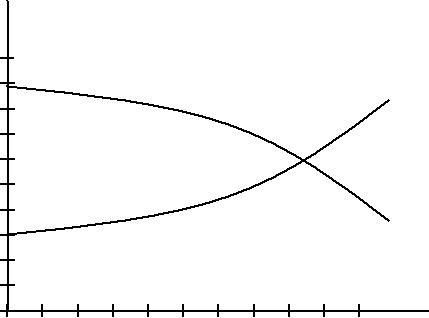
*Таблица 2.7.* **Варианты исходных данных к контрольной работе №****7**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Тип насоса | Расход воды | Характеристика |  |
| в сети, м3/ч | насоса и трубопровода |  |
|  |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 |  |
| 1 | К 90/55 | 60 | рис.2.3, *а* |  |
| 2 | К 90/55 | 55 | рис.2.3, *а* |  |
| 3 | К 90/55 | 50 | рис.2.3, *а* |  |
| 4 | К 90/55 | 45 | рис.2.3, *а* |  |
| 5 | К 45/55 | 35 | рис. 2.3, *б* |  |
| 6 | К 45/55 | 30 | рис. 2.3, *б* |  |
| 7 | К 45/55 | 25 | рис. 2.3, *б* |  |
| 8 | К 45/55 | 20 | рис. 2.3, *б* |  |
| 9 | К 90/35 | 70 | рис. 2.3, *в* |  |
| 10 | К 90/35 | 65 | рис. 2.3, *в* |  |
| 11 | К 90/35 | 60 | рис. 2.3, *в* |  |
| 12 | К 90/35 | 55 | рис. 2.3, *в* |  |
| 13 | К 45/30 | 35 | рис. 2.3, *г* |  |
| 14 | К 45/30 | 30 | рис. 2.3, *г* |  |
| 15 | К 45/30 | 25 | рис. 2.3, *г* |  |

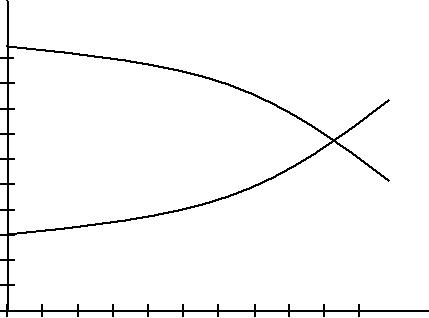
Н, м



Н, м

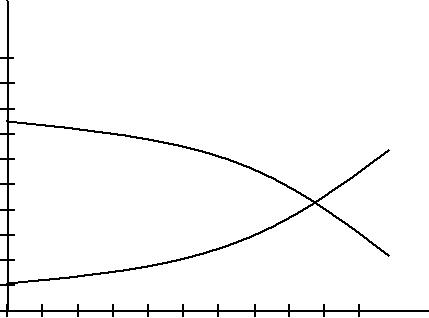


|  |  |
| --- | --- |
| 0 | 50 |
|  | Н, м |
| 50 |  |
| 25 |  |



|  |  |
| --- | --- |
| 0 | 50 |

Н, м

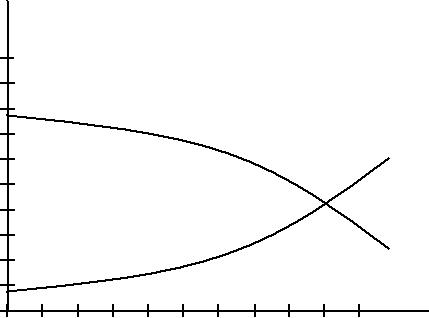


50

25

0 50

Н, м

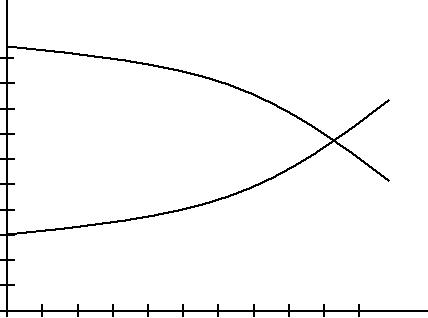


200

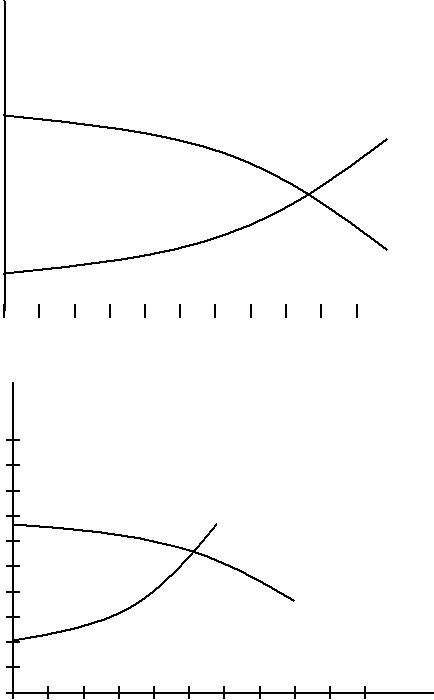
100

0 50

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Q, м |  |  |
|  | Н, м |  |  |  |  |
| 50 |  |  |  |  |  |
|  |  |  | трубопровод | |  |
| 25 |  |  | насос |  |  |



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 |  | 25 | | 50 | 3 | |  |
|  | Q, м /ч | |  |
|  |  | Н, м | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 |  | 25 | | 50 | Q, м3/ч | |  |
|  |  |  | Н, м |  |  |  |  |



25

насос

0 25 50 Q, м3/ч

50

трубопровод

**2.3. Характеристика насоса и трубопровода**

Выбор основных насосных агрегатов осуществляется на основании тре-буемых подачи *Q* и напора *H*, устанавливаемых гидравлическим расчетом си-стемы перекачки жидкости. На основании графика водопотребления устанав-ливается режим работы и подача насосной станции. Насосная станция должна подавать за сутки полный расчетный суточный расход при обеспечении требу-емой высоты подъема жидкости. Расчетная подача насосной станции определя-ется по суткам максимального водопотребления в час максимального водопо-требления.

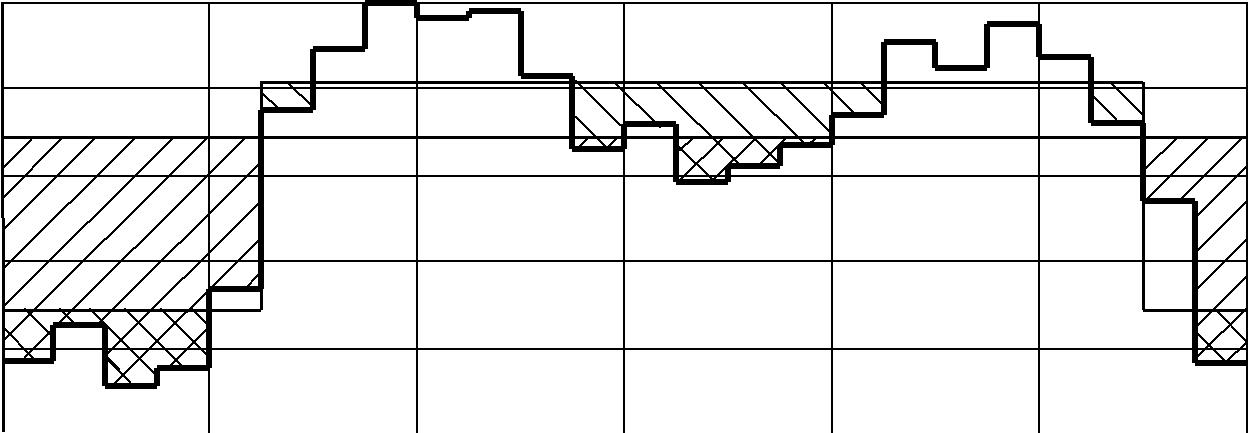
Объем и режим водопотребления, как правило, меняются непрерывно в зависимости от случайных событий и характеризуются значительной неравно-мерностью. При определении режима работы насосной станции выделяют станции, работающие на аккумулирующую емкость (накопительный резервуар, водонапорная башня) и станции, работающие без аккумулирующей емкости.

При работе станции на аккумулирующую емкость режим ее работы мо-жет отличаться от режима разбора воды из емкости. Как правило, различают два режима работы насосных станций на аккумулирующую емкость: равномер-ный и ступенчатый.

При равномерном режиме работы насосы работают постоянно в течение суток с неизменной подачей, равной среднесуточному расходу. В часы мини-мального водопотребления, когда подача насосов больше разбора воды, проис-ходит накопление запаса воды в аккумулирующей емкости, который расходует-ся в часы максимального водопотребления (рис. 3.1).

*Q*, %

100



80

60

40

20

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  | *t*,ч |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | |  |

**Рис. 3.1. Совмещенный график работы насосной станции и сети при равномерной и ступенчатой подаче насосной станции, работающей на аккумулирующую емкость**

Часовая подача воды насосной станцией в этом случае определяется вы-ражением (м3/ч)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Q* |  | α*Q* |  |
| max су т |  |
|  |  |  |
| ч |  | *T* |  |
|  |  |  |



,

(3.15)

где *Q*max сут - максимальный суточный расход, м3;  - коэффициент запаса, при-нимаемый равным 1,04-1,1 при работе станции на очистные сооружения, и 1,01-1,02 при отсутствии очистных сооружений перед аккумулирующей емко-стью; *T* - продолжительность работы насосной станции в течении суток, ч (при равномерном режиме работы T=24ч).

Требуемый напор насосов (полная высота подъема), м, определяется по формуле

*H*

* *H*г



*h*

* 1

,

(3.16)

где *H*г - геометрическая высота подъема воды, м; *h* - потери напора в системе перекачки жидкости (от насоса до аккумулирующей емкости), м. Определяется по характеристике *Q-H* трубопровода для расхода *Q*ч; 1 - запас напора, м.

Требуемый объем аккумулирующей емкости определяется наибольшей из отдельных площадей, образуемых линией работы насосов и линией водопо-требления. При равномерном режиме работы насосов этот объем обычно со-ставляет 5-15 % суточного водопотребления.

* целью уменьшения аккумулирующей емкости при больших суточных расходах воды применяется ступенчатый режим работы. В данном случае насосная станция уменьшает подачу в часы минимального водопотребления, и увеличивает в часы максимального за счет изменения числа одновременно работающих насосов (рис. 3.1). Из рис. 5.1 видно, что в данном случае удается значительно снизить требуемый объем аккумулирующей емкости. Как правило, при ступенчатом режиме работы насосной станции этот объем составляет 2-6 % суточного водопотребления.

Подача воды насосной станцией в часы минимального и максимального водопотребления при ступенчатом режиме работы определяются по выражениям

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q* |  | α *Q* | *Q* |  | α *Q* |  |
| min , | max |  |
| ч min |  | *T* | ч.max |  | *T* |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | min |  |  | max |  |

(3.17)где *Q*ч min, *Q*ч max - часовая подача насосной станции соответственно в режиме минимального и максимального водопотребления, м3/ч;  - коэффициент запаса, принимаемый равным 1,04-1,1 при работе станции на очистные сооружения,

* 1,01-1,02 при отсутствии очистных сооружений перед аккумулирующей емкостью; *T*min, *T*mах - продолжительность работы насосной станции соответственно в режиме минимального и максимального водопотребления, ч; *Q*min, *Q*max - объем водопотребления соответственно за время *T*min и *T*mах, м3.

Требуемый напор насосов (полная высота подъема) в часы минимального

* максимального водопотребления при ступенчатом режиме работы определяются по выражениям

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *H* | min |  *H* | г |  *h* | 1, | *H* | max |  *H* | г |  *h* |  |
|  |  | min |  |  |  | max |  |



1

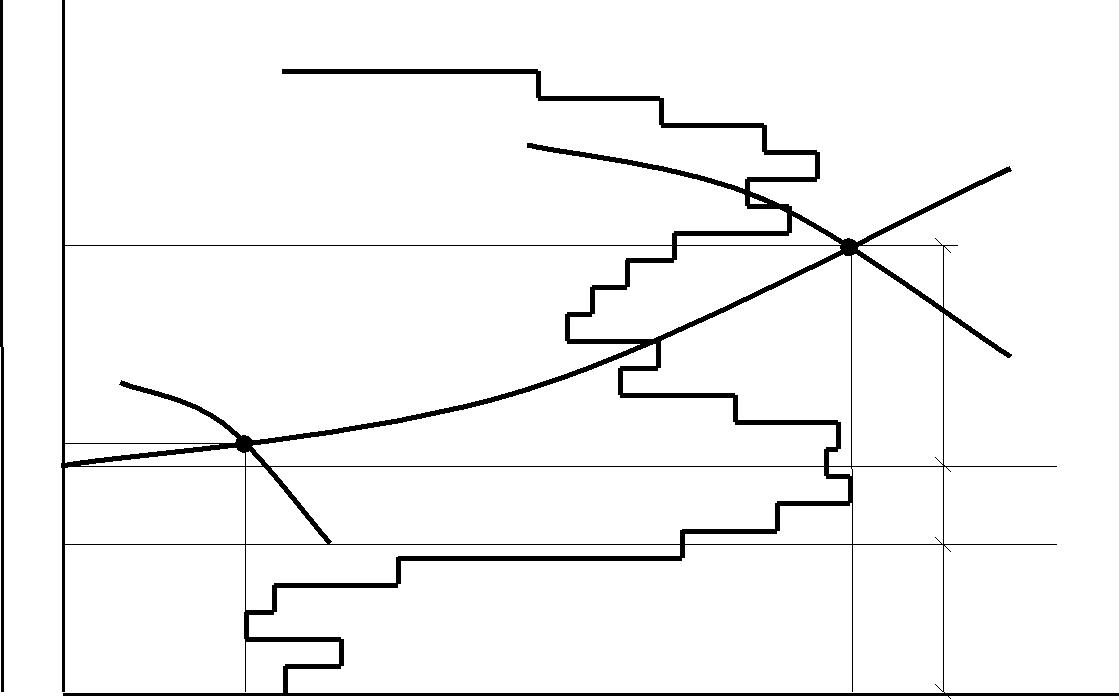
,

(3.18)

где *H*min, *H*mах - требуемый напор насосов в часы минимального и максимального водопотребления, м; *h*min, *h*max - потери напора в системе перекачки жидкости соответственно при расходе *Q*ч min и *Q*ч max, м (по характеристике *Q-H* трубопровода); *H*г - геометрическая высота подъема воды, м; 1 - запас напора, м;

При работе станции без аккумулирующей емкости вода подается непосредственно в сеть, поэтому режим ее работы полностью соответствует режиму водопотребления. Насосы в данном случае подбираются из расчета на час наибольшего водопотребления в сутки максимального водопотребления. Для этого строится совмещенный график работы насосной станции и сети (рис. 3.2) и анализируется обеспеченность подачи в различные часы суток.

1. t



24

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *H* |  |  |  |
| max |  |  |  |
|  |  | *h*max |  |
| *H* |  |  |  |
| min |  |  |  |
|  |  | *H*св |  |
|  |  | *H*г |  |
| *Q* | *Q* | *Q* |  |
| min | max |  |

**Рис. 3.2. Совмещенный график работы насосной станции и сети**

**при работе станции без аккумулирующей емкости**

Как правило, в системе без аккумулирующей емкости требуется установка большего числа насосов, оснащенных устройствами регулирования, но отпадает необходимость в строительстве аккумулирующей емкости или водонапорной башни.

Максимальные значения напора и подачи насосной станции при работе без аккумулирующей емкости определяются по выражениям

|  |  |
| --- | --- |
| *Q*чmaxα*Q*max, *H*max *H*г *h*max *H*св, | (3.19) |

где *Q*ч max, *H*max - соответственно максимальная часовая подача (м3/ч) и напор (м) насосной станции;  - коэффициент запаса, принимаемый равным 1,01-1,02; *Q*max-максимальное водопотребление за сутки,м3/ч; *h*max-потери напора в системе перекачки жидкости при расходе *Q*ч.max, м (по характеристике *Q-H* трубопровода); *H*г - геометрическая высота подъема воды, м; *H*св - требуемый свободный напор в водопроводной сети в точке, принятой за расчетную (т.е. для которой определен *H*г), м.

***Выбор типа и числа устанавливаемых насосов***

При выборе типа насосов и определении числа рабочих агрегатов необходимо учитывать совместную работу насосов, водоводов и сети и руководствоваться следующими положениями:

1. Подача рабочих насосов должна быть достаточной для обеспечения требуемого расхода при необходимом напоре.
2. Необходимо устанавливать как можно меньше рабочих насосов, так как один крупный насос имеет более высокий КПД, чем несколько менее мощных насосов, работающих параллельно.
3. Насосы должны работать в области наивысших КПД при длительной подаче. Кратковременные расходы могут подаваться с более низким КПД.
4. Целесообразно на насосных станциях устанавливать насосы одного типоразмера, что обеспечивает взаимозаменяемость насосов, значительно упрощает эксплуатацию и создает удобства для обслуживания. Однако при этом следует уделять внимание требованиям экономичности, которые в некоторых случаях заставляют отказаться от применения однотипных насосов. Низкие КПД насосов обусловливаются их работой вне зоны рекомендуемых подач, а также несоответствием развиваемых напоров требуемым условиям. Необходимость выбора насосов на разные расходы с учетом требуемых напоров часто приводит к необходимости установки разнотипных насосов (рис. 3.2).
5. Необходимо предусматривать резервные насосы. Число резервных насосов принимается в соответствии с категорией надежности насосной станции.

Требования к надежности работы насосной станции устанавливаются в зависимости от назначения водопровода. В соответствии с требованиями надежности бесперебойного водоснабжения, насосные станции подразделяют на три категории, для которых устанавливаются допустимая длительность снижения подачи воды в размере не более 30% расчетного расхода и допустимая длительность перерыва в работе на время включения резервных агрегатов и проведения ремонтных работ. Первая категория допускает снижение подачи воды не более трех суток и перерыв в подаче воды не более десяти мин. Вторая категория допускает снижение подачи воды не более 15-ти суток и перерыв в подаче воды не более шести часов. Третья категория допускает снижение подачи воды не более 15-ти суток и перерыв в подаче воды не более 24-х часов.

Число резервных агрегатов принимается в зависимости от категории надежности станции и числа рабочих агрегатов (табл. 3.1).

*Таблица 3.1.* **Число резервных агрегатов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Число рабочих | Число резервных агрегатов на станциях категорий | | |
| агрегатов | I | II | III |
| до 6 | 2 | 1 | 1 |
| 7-9 | 2 | 1 | - |
| 10 и более | 2 | 2 | - |

Резервные насосы принимаются с характеристикой, соответствующей наиболее крупному насосу, установленному на насосной станции.

***Определение электропотребления насосных агрегатов***

Мощность, потребляемая насосом, определяется по формуле

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *N*  | ρ *g Q H* | | |  |  |
| 3600 η |  | η |  |  |
|  | н | дв |  |
|  |  |  |  |

(Вт )где  - плотность перекачиваемой жидкости, кг/м3 (плотность воды в = 1000 кг/м3); *g* - ускорение свободного падения, *g* = 9,81 м/с2; *Q* - подача насоса, м3/ч;

1. - напор насоса, м; н - КПД насоса, о.е.; дв - КПД приводного электродвига-еля, о.е.

Мощность, потребляемая насосом, определяется по формуле (3.20). Регулированием насоса называют преднамеренное изменение подачи и напора в соответствии с новым режимом работы системы.

Для регулирования центробежных насосов наиболее широкое распространение получили два способа: дросселирование и изменение частоты вращения рабочего колеса насоса.

Дроссельное регулирование осуществляется введением дополнительного переменного гидравлического сопротивления в напорную линию трубопровода.

* этой целью обычно в непосредственной близости от насоса устанавливают дроссель (задвижку). Тогда выражение для характеристики сети будет иметь следующий вид:

|  |  |
| --- | --- |
| *H*c *H*г *S Q*с2 *S*д *Q*c2, | (3.21) |

где *S*д - гидравлическое сопротивление дросселя.

Величина *S*д будет переменной, зависящей от степени открытия дросселя,

* меняющей крутизну характеристики *Q-H* трубопровода. Таким образом, получим бесконечно большое число возможных рабочих режимов.

Принцип дроссельного регулирования насоса показан на рис. 3.3.

*Н*

*А*

*H* 2

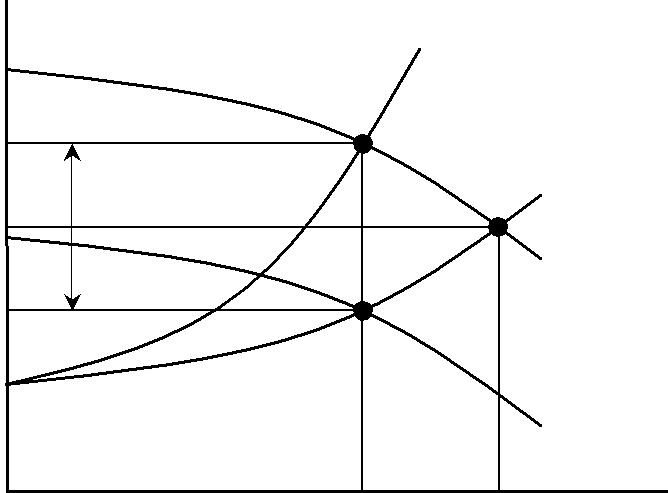
2

*H* 1 *H* *А*1

*А* '

*H* ' 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 2 | |  |  |  |  |



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q* | 2 | *Q* | 1 | *Q* |  |
|  |  |  |  |

**Рис. 5.3. Регулирование режима работы центробежного насоса**

Прикрывая дроссель, увеличивают крутизну характеристики, при этом рабочая точка насоса *А*1 перемещается в положение *А*2. При этом подача уменьшается до *Q*2, напор, развиваемый насосом, возрастает до значения *H*2, а напор в трубопроводе за дросселем снижается до значения *H*2' за счет потерь напора *H* в дросселе. Увеличивая степень открытия дросселя, уменьшают крутизну характеристики трубопровода. Вследствие этого подача увеличивается, напор, развиваемый насосом, уменьшается, а напор в трубопроводе за дросселем возрастает. Этот способ регулирования получил широкое распространение вследствие его простоты и дешевизны, однако он является малоэкономичным, так как на преодоление дополнительного гидравлического сопротивления в затворе (создания дополнительного напора *H*) требуются дополнительные затраты энергии, что значительно снижает КПД установки.

При *изменении частоты вращения рабочего колеса насоса* изменяется положение характеристики *Q-H* насоса. При уменьшении частоты вращения характеристика перемещается вниз параллельно самой себе (рис. 3.3). При этом рабочая точка, перемещаясь по характеристике трубопровода, занимает положение *А*2', подача и напор в сети уменьшаются до значений *Q*2, *H*2', напор, создаваемый насосом, также уменьшается до значения *H*2'. Увеличение частоты вращения вызывает обратные явления. Таким образом, при данном способе регулирования давление и подача насоса строго соответствуют требуемому режиму водопотребления, отсутствуют потери электроэнергии на создание избыточных напоров, поэтому этот способ более экономичен, чем дроссельное регулирование. Однако этот способ требует применения специального регулируемого электропривода, что усложняет и удорожает насосную установку.

**Практическая работа № 6**

Тема: А**нализ режимов работы систем электроосвещения**

В настоящее время 90 % информации человек получает с помощью органов зрения.  Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы, производительность, качество труда и безопасность в производственных условиях в значительной мере зависят от условий освещения. Нерациональное освещение на рабочем месте в цехе, в лаборатории, помещении ВЦ, офисе, дома при чтении приводит к повышенной утомляемости, снижению работоспособности, перенапряжению органов зрения и снижению его остроты.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем: *общее* – осуществляемое расположением светильников на потолке помещения; *комбинированное* – совокупность общего освещения и местных светильников, расположенных непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

В  качестве источников света в настоящее время применяются электрические лампы накаливания и газоразрядные лампы.

*Лампы накаливания*(рис. 2) относятся к источникам света теплового излучения. Они удобны в эксплуатации, легко монтируются, дешевы, работают в широком диапазоне температур окружающей среды, но обладают низкой световой отдачей  *10*-*20* *лм*/*Вт* (при идеальных условиях *1Вт* соответствует *683* *лм*), сравнительно небольшим сроком службы до *2500* *ч*; их спектральный состав сильно отличается от естественного света, нарушается правильная светопередача.

*Газоразрядные лампы*(рис. 2)*–*это приборы, в которых излучение света возникает в результате электрического разряда в атмосфере паров металлов (ртуть, натрий), галогенов (йод, фтор) и инертных газов, а также явления люминесценции. Наиболее широкое применение  для целей освещения помещений и открытых площадок получили люминесцентные; ксеноновые лампы в форме светящихся трубок, а также лампы ДРЛ (дуговые, ртутные, люминесцентные) и натриевые, по форме напоминающие вытянутые лампы накаливания.

Основные преимущества газоразрядных ламп: высокая светоотдача (ДРЛ – до *65* *лм*/*Вт*, люминесцентные – до*90* *лм*/*Вт*, ксеноновые и натриевые – до *110* - *200* *лм*/*Вт*); большой срок службы *5000* - *20* *000* *ч*, близкий к естественному, солнечному спектру вид  излучения. К недостаткам газоразрядных ламп следует отнести наличие вредных для биосферы и человека паров ртути и натрия при их разгерметизации, радиопомехи; сложную и дорогостоящую пускорегулирующую аппаратуру, включающую в некоторых случаях стартер, дроссели, конденсаторы; длительный период выхода отдельных типов ламп на номинальный режим (для ламп ЛРЛ 3 – 5 минут), невозможность быстрого вторичного включения лампы при кратковременном отключении  питающего напряжения.

Основным  существенным недостатком всех газоразрядных ламп является пульсация  светового потока, т.е. непостоянство во времени, излучение света, вызванное переменным током в питающей сети и малой инерционностью процессов, сопровождающих работу этих ламп.

Электропромышленность изготавливает ЛЛ, отличающиеся цветностью излучения светового потока: белого света (ЛБ), холодно-белого света (ЛХБ), тепло-белого света (ЛТБ), дневного света (ЛД). Для высококачественной цветопередачи выпускают лампы с маркировкой Ц: ЛДЦ, ЛТБЦ, ЛХБЦ или ЛЕЦ. Их  применяют тогда, когда при искусственном освещении требуется точное различение цветов и оттенков.

Для зажигания ЛЛ  и нормальной работы требуется стартер (зажигатель), дроссель, конденсаторы:

* стартер служит для автоматического  включения и выключения  предварительного накала электродов и представляет собой тепловое реле;
* дроссель облегчает зажигание лампы, ограничивает ток и обеспечивает ее устойчивую работу.
* для повышения коэффициента мощности  в схеме ЛЛ предусматривается конденсатор.

*Рис. 2.  Некоторые типы светильников: а — лампы накаливания; б — люминесцентные лампы*

Для оценки искусственного освещения в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) предусмотрены светотехнические параметры количественного и качественного характера.

*К количественным параметрам* относится освещенность *Е* в люксах (*лк*) на рабочем месте, которая легко рассчитывается или измеряется с помощью люксметра.

*К качественным параметрам* относится коэффициент пульсации *КП* в %, измеряемый с помощью прибора пульсометра. Эти параметры для действующих осветительных установок должны соответствовать значениям, указанным в нормах.

Принято раздельное нормирование параметров освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Величина параметров устанавливается согласно характеру зрительной работы, который зависит от размеров объектов различения, характеристики фона и контраста объекта с фоном.

*Объект различения* в *мм* – размер наименьшего элемента, который необходимо увидеть в процессе работы (точка на экране ПЭВМ, самая тонкая линия на чертеже или приборной шкале и т.п.).

*Фон* – поверхность, на которой рассматривается объект различения, характеризуется коэффициентом отражения *r.*При  *r* менее *0*,*2* фон считается темным, от *0*,*2* до *0*,*4* – средним и более *0*,*4* – светлым.

*Контраст объекта с фоном* – характеризует соотношение яркости рассматриваемого объекта и фона. При слабом различении объекта на фоне контраст считается малым, объект заметен на фоне – средним; четко различается на фоне – большим.

При выборе нормируемой освещенности размер объекта различения регламентирует выбор зрительного разряда от *1* до *7* в таблице норм (в данной лабораторной работе применяем  разряды от *1* до *3*), которая содержит минимально допустимые значения освещенности на рабочих местах при использовании газоразрядных ламп.

При проектировании осветительных установок стремятся обеспечить требования норм при минимальных затратах электроэнергии с сохранением равномерного  распределения яркостей в поле зрения, исключающих слепящее действие самих ламп. Для этого применяют светильники с рассеивающими экранами, матовыми стеклами, что приводит к частичной потере световой энергии (на *10* – *15%).*

По конструкции различают светильники прямого света, концентрирующие световой поток в нижнюю полусферу с помощью белого или зеркального отражателя; рассеянного света (при равномерном распределении света в пространстве) и отраженного  света (световой поток направлен в верхнюю полусферу).

Светлая окраска потолка, стен, мебели, оборудования способствует увеличению освещенности на рабочих местах за счет лучшего отражения и созданию более равномерного распределения яркостей в поле зрения.

Рациональное освещение  должно быть спроектировано в соответствии с нормами, приведенными в СНиП 23-05-95 [26], а также рекомендациями, изложенными в литературе.

Задачей светотехнического расчета является определение  светотехнических параметров осветительной остановки, необходимых для обеспечения нормируемых характеристик освещения. Обеспечение  нормируемой освещенности осуществляется путем выбора количества источников света (кол-во светильников), необходимых для создания требуемого уровня освещенности.

Существуют три метода расчета освещенности: метод коэффициента использования, метод расчета по удельной мощности и  точечный метод.

*Метод коэффициента использования Ки*  применяют при равномерном размещении светильников по потолку при большой плотности технологического оборудования и равномерном его расположении по площади цеха;

*Точечный метод* следует использовать при системе освещения  при малой плотности технологического оборудования, при наличии  высокого  технологического оборудования или его концентрации в центре помещения. Этот метод позволяет определить освещенность в выбранных точках помещения.

*Метод  расчета по удельной мощности* применим для  приблизительной оценки правильности произведенного светотехнического расчета.

2. Методика расчета

Учитывая заданные по варианту характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения, характеристика фона и контраст объекта различения с фоном), с помощью табл. 6.1.  определяют разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемый уровень минимальности освещённости на рабочем месте.

*Таблица 5.1. Нормы проектирования искусственного освещения*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика  зрительной работы | Наименьший размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Освещенность | |
| Комбинированное освещение | Общее освещение |
| Наивысшей точности | Менее 0,15 | I | А    Б      В        Г | Малый    «  средний    малый  средний  большой    средний  большой  « | Темный    Средний  Темный    Светлый средний  Темный      Светлый  «  средний | 5000    4000      2500        1500 | 1500    1250      750        400 |
| Очень высокой точности | 0,15 –0,3 | II | А   |  | | --- | |  | |  |  |       Б      В        Г | Малый    «  средний    малый  средний  большой    средний  большой  « | Темный    Средний  Темный    Светлый средний  Темный      Светлый  «  средний | 4000    3000      2000        1000 | 1250    750      500        300 |
| Высокой точности | 0,3 –0,5 | III | А   |  | | --- | |  | |  |  |       Б      В        Г | Малый    «  средний    малый  средний  большой    средний  большой  « | Темный    Средний  Темный    Светлый средний  Темный      Светлый  «  средний | 2000    1000        750        400 | 500    300        300        200 |

Распределяют светильники и определяют их число.

Равномерное освещение горизонтальной рабочей поверхности достигается при определённых отношениях расстояния между центрами светильников L*,* *м* (*L = 1,75·Н*) к высоте их подвеса над рабочей поверхностью Нр,*м*.

Число светильников с люминесцентными лампами (ЛЛ), которые приняты во всех вариантах в качестве источника света,

|  |  |
| --- | --- |
| *N =**S / LM,* | (5.1.) |

где *S* – площадь помещения, *м2*; М – расстояние между параллельными рядами, *м*.

В соответствии с рекомендациями

|  |  |
| --- | --- |
| *М ³ 0,6 Нр* | (5.2.) |

Оптимальное значение М = 2…3 *м.*

Для достижения равномерной горизонтальной освещённости светильники с ЛЛ рекомендуется располагать сплошными рядами, параллельными стенам с окнами или длинным сторонам помещения.

Для расчёта общего равномерного освещения горизонтальной рабочей поверхности используют метод светового потока, учитывающий световой поток, отражённый от потолка и стен.

|  |  |
| --- | --- |
| Расчётный световой поток, лм, группы светильников с ЛЛ.*Ф* *л. расч. = Ен* *·S·Z·K / N·h*, | (5.3.) |

где *Ен* – нормированная минимальная освещённость, *лк; Z* – коэффициент минимальной освещённости; *Z = Eср/ Eмин,* для ЛЛ  *Z = 1,1*; *К* – коэффициент запаса; *h* - коэффициент использования светового потока ламп.

Показатель помещения

|  |  |
| --- | --- |
| *i = A·B/ Hp· (A+B),* | (5.4.) |

где *А* и *В* – длина и ширина помещения, *м*.

Значения коэффициента запаса зависят от характеристики помещения: для помещений с большим выделением тепла *К* = *2*, со средним *К* = *1*.*8*, с малым *К* = *1*,*5*.

Значения  коэффициента  использования  светового  потока  приведены  в табл. 6.2.

*Таблица 6.2. Значения коэффициента использования светового потока*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель помещения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Коэффициент использования светового потока *h* | 0,28…0,46 | 0,34…0,57 | 0,37…0,62 | 0,39…0,65 | 0,40…0,66 |

По полученному значению светового потока с помощью табл. 5.3.   подбирают лампы, учитывая, что в светильнике с ЛЛ может быть больше одной лампы, т. е. *n* может быть равно *2* или *4*. В этом случае световой поток группы ЛЛ необходимо уменьшить в *2* или *4* раза.

*Таблица 5.3.  Характеристика люминесцентных ламп*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип лампы | Мощность, ВТ | Номинальный световой поток, лм |
| ЛБ 20 | 20 | 1200 |
| ЛХБ 20 | 20 | 935 |
| ЛТБ 20 | 20 | 975 |
| ЛД 20 | 20 | 920 |
| ЛДЦ 20 | 20 | 820 |
| ЛЕЦ 20 | 20 | 865 |
| ЛБ 30 | 30 | 2100 |
| ЛХБ 30 | 30 | 1720 |
| ЛТБ 30 | 30 | 1720 |
| ЛД 30 | 30 | 1640 |
| ЛДЦ 30 | 30 | 1450 |
| ЛЕЦ 30 | 30 | 1400 |
| ЛБ 40 | 40 | 3200 |
| ЛБ 36 | 36 | 3050 |
| ЛХБ 40 | 40 | 2600 |
| ЛТБ 40 | 40 | 2580 |
| ЛД 40 | 40 | 2340 |
| ЛДЦ 40 | 40 | 2200 |
| ЛДЦ 36 | 36 | 2200 |
| ЛЕЦ 40 | 40 | 2190 |
| ЛЕЦ 36 | 36 | 2150 |
| ЛБ 65 | 65 | 4800 |
| ЛХБ 65 | 65 | 3820 |
| ЛТБ 65 | 65 | 3980 |
| ЛД 65 | 65 | 3570 |
| ЛДЦ 65 | 65 | 3050 |
| ЛЕЦ 65 | 65 | 3400 |
| ЛБ 80 | 80 | 5220 |
| ЛХБ 80 | 80 | 440 |
| ЛТБ 80 | 80 | 4440 |
| ЛД 80 | 80 | 4070 |
| ЛДЦ 80 | 80 | 3560 |

Световой поток выбранной лампы  должен соответствовать соотношению

|  |  |
| --- | --- |
| *Ф л.расч. = (0,9…1,2)· Ф л..табл,,* | (5.5.) |

где *Ф л.расч*. – расчётный световой поток, *лм.; Ф л.табл.* – световой поток, определённый по табл. 6.3., *лм*.

Потребляемая мощность, *Вт*, осветительной установки

|  |  |
| --- | --- |
| *P = p·N·n,* | (5.6.) |

где *р* – мощность лампы, *Вт*;  *N* – число светильников, *шт*; *n*– число ламп в светильнике, для ЛЛ  *n* *= 2, 4.*

3. Порядок выполнения задания.

3.1.       Ознакомиться с методикой расчёта.

3.2. Определить разряд и подразряд зрительной работы, нормы освещённости на рабочем месте, используя данные варианта (табл. 5.4.) и нормы освещённости.

3.3. Рассчитать число светильников.

3.4. Распределить светильники общего освещения с ЛЛ по площади производственного помещения.

3.5. Определить световой поток группы ламп в системе  общего освещения, используя данные варианта и формулу (5.3.).

3.6. Подобрать лампу по данным табл. 6.3. и проверить выполнение условия соответствия

Ф л.расч. и Ф л. табл.

3.7. Определить мощность, потребляемую осветительной установкой.

1. *Таблица 5.4*.   Варианты заданий к  лабораторной  работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Производственное помещение | Габаритные размеры помещения, м:  Длина А (3)  ШиринаВ (4)  Высота Н (5) | | | Наименьший объект различения | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Характеристика помещения по условиям среды |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01 | Вычислительный центр, машинный зал | 60 | 30 | 5 | 0,4 | малый | светлый | Небольшая запылённость |
| 02 | Вычислительный центр, машинный зал | 40 | 20 | 5 | 0,45 | средний | средний | Небольшая запылённость |
| 03 | Дисплейный зал | 35 | 20 | 5 | 0,35 | малый | средний | Небольшая запылённость |
| 04 | Дисплейный зал | 20 | 15 | 5 | 0,32 | большой | тёмный | Небольшая запылённость |
| 05 | Архив хранения носителей информации | 25 | 10 | 5 | 0,5 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 06 | Лаборатория технического обслуживания ЭВМ | 25 | 12 | 5 | 0,31 | средний | средний | Небольшая запылённость |
| 07 | Аналитическая лаборатория | 20 | 10 | 5 | 0,48 | средний | средний | Небольшая запылённость |
| 08 | Оптическое производство; участок подготовки шихты | 36 | 12 | 5 | 0,49 | большой | средний | Большая запылённость |
| 09 | Участок варки стекла | 60 | 24 | 8 | 0,5 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 10 | Механизированный участок получения заготовок | 46 | 24 | 8 | 0,5 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 11 | Участок шлифовальных станков | 40 | 18 | 6 | 0,4 | большой | светлый | Небольшая запылённость, высокая влажность |
| 12 | Участок полировальных станков | 50 | 24 | 6 | 0,38 | средний | светлый | Небольшая запылённость, высокая влажность |
| 13 | Механический цех, металлорежущие станки | 90 | 24 | 6 | 0,28 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 14 | Прецизионные металлообрабатывающие станки | 36 | 18 | 5 | 0,3 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 15 | Прецизионные металлообрабатывающие станки | 54 | 12 | 5 | 0,35 | большой | средний | Небольшая запылённость |
| 16 | Станки с ЧПУ | 60 | 24 | 5 | 0,2 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 17 | Автоматические линии | 80 | 36 | 5 | 0,34 | большой | светлый | Небольшая запылённость |
| 18 | Инструментальный цех | 60 | 18 | 5 | 0,18 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 19 | Инструментальный цех | 76 | 24 | 6 | 0,23 | большой | средний | Небольшая запылённость |
| 20 | Участок сборки | 50 | 18 | 6 | 0,25 | большой | светлый | Небольшая запылённость |
| 21 | Участок сборки | 56 | 24 | 5 | 0,28 | большой | светлый | Небольшая запылённость |
| 22 | Производство печатных плат, гальванический цех: ванны (травление, мойка, металлопокрытие) | 65 | 18 | 8 | 0,45 | большой | средний | Высокая влажность, небольшая запылённость |
| 23 | Автоматические линии металлопокрытий | 60 | 24 | 8 | 0,48 | средний | средний | Высокая влажность, небольшая запылённость |
| 24 | Участок контрольно-измерительных приборов | 24 | 12 | 5 | 0,46 | средний | светлый | Небольшая запылённость |
| 25 | Рабочие места ОТК с визуальным контролем качества изделий | 30 | 12 | 5 | 0,2 | большой | светлый | Небольшая запылённость |
| 26 | Участок сварки | 40 | 12 | 7 | 0,4 | средний | светлый | Средняя запылённость |
| 27 | Участок контроля сварных соединений | 66 | 18 | 5 | 0,35 | большой | средний | Небольшая запылённость |
| 28 | Участок импульсно-дуговой сварки | 56 | 18 | 8 | 0,4 | средний | светлый | Средняя запылённость |
| 29 | Участок автоматизированных установок | 90 | 24 | 8 | 0,45 | большой | средний | Средняя запылённость |
| 30 | Лаборатория для металлографических исследований | 36 | 12 | 5 | 0,49 | средний | средний | Небольшая запылённость |

5.  Пример  выполнения лабораторной работы

1. Исходные данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Производственное помещение | Габаритные размеры помещения, м:  Длина А (3)  Ширина В (4)  Высота  Н (5) | | | Наименьший объект различения, мм | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Характеристика помещения по условиям среды |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| № - | Вычислительный центр, машинный зал | 40 | 20 | 4 | 0,28 | средний | светлый | Небольшая запылённость |

2. Цель работы: рассчитать количество светильников и  ламп в светильниках  в заданном помещении, необходимых для создания определенной освещенности на рабочих местах, определить потребляемую мощность осветительной установки.

3. Ход работы:

1.Определяем разряд и подразряд зрительной работы, нормы освещённости на рабочем месте по табл. 6.1.:

Характеристика зрительной работы – очень высокой точности

Разряд   - *2*

Подразряд – *г*

Комбинированное освещение – *1000* *лк*

Общее освещение – *En* = *300* *лк*

2. Рассчитываем число светильников N по формуле (5.1.):

N = S/ (L×M),

где *S* – площадь помещения, *а*= *90м*; *в* = *24м.*

S = а×в = 40 · 20 =  800 (*м2).*

Рассчитаем *L* – расстояние между  центрами  светильников:

L = 1,75· Н,

L = 4 ·1,75 = 7 (*м)*.

Рассчитаем расстояние между параллельными рядами - *М* по формуле (5.2.):

М ³ 0,6· Нр, где Нр =Н

М ³ 0,6× 4 = 2,4 *м*. Принимаем М=3 *м*

В данном случае:

N = 800/ (7×3) =  38,09 *,*т.е.*п*ринимаем  N = 40 (*шт)*.

3. Расчётный световой поток определим по формуле (5.3.):

|  |
| --- |
|  |
|  |  |

где *Z = 1,1*; *K = 1,5; En* *= 300*

Показатель помещения определим по формуле (5.4.):

i = (40· 20) / [4(40 + 20)]

i = 3,3

По таблице 5.2.  принимаем коэффициент использования светового потока ламп *h = 0,4*.

Формула (5.3.) принимает вид:

Фл.расч. = (300 · 800 · 1,1· 1,5) / (40 · 0.4) =  24750 (*лм)*

Для создания освещенности в300 *лк* необходимо, чтобы световой поток одного  светильника был равен   24750 *лм*.  По табл.  5.3.  выбираем лампу ЛБ-80 со  световым потоком 5220 *лм*.

Для создания потока в  *24* 750 *лм*  в одном светильнике должны быть *4* лампы ЛБ-80 (5220 *лм*).

Проверим правильность решения по соотношению (6.5.):

Ф л. расч. =(0,9 …1,2)·Фл.табл.,

где *Ф л.расч*. – расчётный световой поток, *лм*.; *Ф л.табл*. – световой поток, определённый по табл. 6.3., *лм.*

Преобразуем формулу (5.5.):

Ф л. расч/ Фл.табл =(0,9 …1,2)

В данном случае:

Ф л. расч/ Фл.табл = 24751 / (5220 · 4) = 1.18, что удовлетворяет условию.

4. Потребляемая мощность, Вт,  осветительной установки определим по формуле (5.6.):

P = p·N·n,

где *р* – мощность лампы, *Вт*;  *N*– число светильников, *шт*; *n* – число ламп в светильнике.,

 В данном  случае:

P = 80 · 40 · 4 = 12800 *Вт*

 Вывод: для данного помещения вычислительного центра  требуется *40* светильников, в каждом по *4* лампы.  Тип и мощность лампы: ЛБ-80.  Общая потребляемая мощность *P*  = *12* *800* *Вт*(*12,8  кВт*).

**Лабораторная работа № 1**

**Тема: Измерение показателей качества электроэнергии**

**Качество электроэнергии** – степень соответствия ее параметров установленным нормам.

Качество электрической энергии характеризуют *показатели качества*:

· установившееся отклонение напряжения;

· колебания напряжения (размах колебаний и доза фликера);

· несинусоидальность напряжения (коэффициент искажения синусоидальности и коэффициенты гармоник);

· несимметрия напряжения (коэффициенты обратной и нулевой последовательностей);

· провал напряжения (длительность и глубина провала);

· временные перенапряжения (коэффициент перенапряжения);

· установившееся отклонение частоты.

Измерение показателей качества – ***анализаторами качества электроэнергии*.**

Назначение анализаторов – измерение параметров трехфазной трехпроводной или четырехпроводной, симметричной и несимметричной электрической сети, с одновременным отображением, сохранением, ведением архива текущих значений, их обработкой и цифровой передачей.

*Пример.* **Стационарный анализатор качества электроэнергии G4400**

Назначение: измерение параметров электрических сетей в стационарных и переходных процессах:

– при контроле состояния электроустановок,

– при обследовании режимов работы электрических сетей энергосистем и промышленных предприятий,

– при пуске и наладке различных электрических силовых агрегатов и устройств автоматики.

Измеряемые величины:

· фазные и линейные напряжения;

· фазные токи;

· cos φ по фазам;

· спектр гармоник (до 512);

· активная, реактивная и полная мощности по фазам и по сумме фаз;

· частота;

· время отключения фазы, выхода/возврата за границы допусков напряжений и частоты;

· фликер.

Погрешность из измерений не превышает 0.1%.

**Общие сведения**

Для повышения качества электрической энергии в электрических сетях применяют специальные средства, позволяющие поддерживать рассмотренные выше показатели качества в допустимых пределах.

**1. Регулирование напряжения**

Способы регулирования напряжения в электрических сетях подробно рассмотрены в разделе 3. На рис. 11.1 приведены возможные схемы подключения устройств регулирования напряжения в сети.

На рис. 11.2 показаны два возможных варианта схем понижающих подстанций, на шинах которых производят регулирование напряжения.

|  |
| --- |
| http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/img_gl11/im17.gif |
| Рис. 11.2. Регулирование напряжения на шинах: а – с помощью регулировочного трансформатора; б – с помощью линейного регулятора (ЛР), включенного последовательно с нерегулируемым трансформатором |

Такой способ регулирования применяют при отходящих от шин линиях, имеющих подобные графики нагрузок. На практике такие случаи встречаются редко. Однако ПУЭ и руководящие указания по регулированию напряжения требуют осуществления встречного регулирования напряжения на всех сооружаемых понизительных подстанциях. Поэтому при наличии разнородных по характеру графиков нагрузок линии группируют по возможности так, чтобы к отдельным секциям шин были присоединены линии со сходными графиками нагрузок.

|  |
| --- |
| **Регулирование напряжения на отходящих линиях.**Регулирование напряжения на каждой отходящей от шин подстанции линии является более совершенным и эффективным способом по сравнению с регулированием на шинах. В этом случае используют трансформаторы с РПН, линейные регуляторы напряжения и конденсаторы для поперечной компенсации (см. раздел 3). Этот способ регулирования получается дорогим при достаточно развитых системах электроснабжения из-за необходимости установки большого количества регулирующих устройств; если возможно, применяют регулирование напряжения для группы линий. На рис. 11.3 приведены структурные схемы регулирования напряжения на отходящих линиях. Для осуществления совместного регулирования напряжения используют средства, перечисленные выше. Совместное регулирование применяют, когда невозможно создать требуемый режим напряжения в системе электроснабжения с помощью только одного способа. Принцип построения схем с использованием совместного регулирования показан на рис. 11.4.http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/img_gl11/im18.gif |
| Рис. 11.3. Регулирование напряжения на отходящих линиях: а — на каждой линии; б – на группе линий |

|  |
| --- |
| http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/img_gl11/im19.gif |
| Рис. 11.4. Совместное регулирование напряжения на шинах и отходящих линиях |

Дополнительное регулирование применяют, когда с помощью указанных способов не удается обеспечить требуемое качество напряжения у некоторой части потребителей электроэнергии. Для этого используют ЛР и конденсаторы (поперечной и продольной компенсации). Структурная схема расположения регулирующих устройств для случая применения дополнительного регулирования показана на рис. 11.5.

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/img_gl11/im1.gif | Рис. 11.5. Возможные пункты расположения регулирующих устройств в электрической сети:  1 – отдельный приемник, особо чувствительный к изменениям напряжения |

**2. Способы и средства уменьшения уровней высших гармоник.**

Наличие высших гармоник в напряжении и токах электрических сетей отрицательно сказывается на работе электрооборудования и приводит к возникновению народнохозяйственного убытка. Появление убытка от высших гармоник обусловливает необходимость снижения их уровней в системах электроснабжения. В настоящее время известно несколько способов уменьшения несинусоидальности формы кривой напряжения.

**а) Увеличение числа фаз выпрямления.**

Одним из основных источников высших гармоник являются вентильные преобразователи, которые находят широкое применение на заводах черной и цветной металлургии и предприятиях химической промышленности. Потребителями постоянного тока на предприятиях являются регулируемый электропривод, электролизные установки, гальванические ванны, электрифицированный железнодорожный транспорт, магнитные сепараторы и другие технологические установки. Суммарная номинальная мощность вентильных преобразователей на предприятиях достигает 300 МВт.

стоящее время известно большое количество схем выпрямления трехфазного тока. Однако для установок большой и средней мощности наибольшее распространение получили трехфазная мостовая схема Ларионова и шестифазная нулевая схема с уравнительным реактором.

С увеличением числа фаз выпрямления форма первичного тока преобразователя приближается к синусоидальной, а количество гармоник в токе выпрямителя и, следовательно, в напряжении сети, уменьшается. Так, например, при 6-фазной схеме выпрямления в токе вентильного агрегата содержатся 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23 и 25-я гармоники, а при 12-фазной схеме – 11, 13, 23 и 25-я. При этом несинусоидальность напряжения сети уменьшается примерно в 1,4 раза. Увеличение числа фаз выпрямления является действенной мерой снижения уровней высших гармоник. Однако трансформаторы для большого числа фаз выпрямления получаются сложными, дорогими и ненадежными. Поэтому для мощных преобразователей применяют, как правило, не более чем 12-фазный режим выпрямления.

**б) Применение фильтра высших гармоник.**

На рис. 11.6 показана схема поперечного фильтра высших гармоник. Звено фильтра представляет собой контур из последовательно соединенных индуктивности и емкости, настроенных на частоту определенной гармоники. Сопротивление звена фильтра токам высших гармоник

|  |  |
| --- | --- |
| Хф,n = Хl· n – Хс/n, | (11.14) |

где Xl, Xc – сопротивления соответственно реактора и батареи конденсаторов току промышленной частоты;

n –номер гармоники.

С увеличением частоты индуктивное сопротивление реактора увеличивается пропорционально, а батареи конденсаторов – уменьшается обратно пропорционально номеру гармоники. На частоте одной из гармоник индуктивное сопротивление реактора становится равным емкостному сопротивлению батареи конденсаторов, и в цепи звена фильтра возникает резонанс напряжений.

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/img_gl11/im2.gif | Рис. 11.6.  Принципиальная схема фильтра высших гармоник UD – выпрямитель; ZA5, ZA7 – фильтры 5-ой и 7-ой гармоник |

Идеальный фильтр полностью отфильтровывает токи гармоник, на частоты которых настроены его звенья. Однако практически наличие активных сопротивлений реакторов и батарей конденсаторов и неточная настройка звеньев фильтра приводят к неполной фильтрации гармоник. Параллельный фильтр представляет собой ряд звеньев, каждое из которых настроено на резонанс для частоты определенной гармоники. Количество звеньев в фильтре может быть любым. На практике обычно применяют фильтры, состоящие из двух или четырех звеньев, настроенных на частоты 5, 7, 11, 13, 23 и 25-й гармоник. Поперечные фильтры присоединяют как в местах возникновения высших гармоник, так и в пунктах их усиления. Поперечный фильтр является одновременно и источником реактивной мощности и служит средством компенсации реактивных нагрузок. Параметры фильтров подбирают таким образом, чтобы звенья были настроены в резонанс на частоты фильтруемых гармоник, а их емкости позволяли бы генерировать необходимую реактивную мощность на промышленной частоте. В ряде случаев для компенсации реактивной мощности параллельно фильтру включают батарею конденсаторов.

**3. Способы и средства снижения несимметрии токов и напряжений**

Для сельских потребителей задача снижения несимметрии токов и напряжений является весьма актуальной. Рассмотрим причины возникновения несимметрии. Различают кратковременные и длительные (эксплуатационные) несимметричные режимы. Кратковременная несимметрия обычно связана с аварийными процессами в электрических сетях, такими, как КЗ, обрывы проводов с замыканием на землю, отключение фазы при однофазном АПВ и т. д. Длительная несимметрия возникает при наличии несимметрии в том или ином элементе электрической сети или при подключении к системе электроснабжения несимметричных приемников электроэнергии. К числу таких приемников относятся осветительные приборы, однофазные установки электросварки, индукционные и дуговые сталеплавильные печи, установки электрошлакового переплава, электровозы переменного тока и др., мощность которых достигает 5000 кВ·А и более.

Наличие несимметрии нагрузок фаз вызывает появление токов обратной и нулевой последовательностей. Эти токи, протекая по элементам сети, вызывают в них падения напряжения соответственно обратной и нулевой последовательностей, которые, складываясь с напряжением прямой последовательности промышленной частоты, приводят к возникновению несимметрии напряжений сети. Несимметрия междуфазных напряжений определяется только наличием напряжения обратной последовательности; несимметрия фазных напряжений – напряжениями нулевой и обратной последовательностей. Следует отметить, что токи нулевой последовательности существуют, как правило, только в сетях напряжением выше 1 кВ, работающих с глухозаземленной нейтралью, и распределительных сетях напряжением до 1 кВ. В широко распространенных трехфазных сетях без нулевого провода эти токи отсутствуют.

**Влияние несимметрии токов и напряжений на работу электрооборудования**. В общем случае несимметрия нагрузок искажает систему фазных и линейных напряжений. Поэтому несимметрия влияет как на трехфазные симметричные, так и на однофазные приемники электроэнергии. При наличии несимметричных нагрузок большой мощности в статорах **синхронных генераторов** протекают токи прямой, обратной и нулевой последовательностей. Токи обратной последовательности создают магнитное поле, вращающееся с двойной синхронной скоростью в направлении, противоположном направлению вращения ротора, и приводят к созданию в статоре нечетного, а в обмотке возбуждения – четного спектра токов гармоник прямой и обратной последовательностей. Эти токи обусловливают дополнительный значительный нагрев статора и ротора синхронной машины.

B **асинхронных двигателях** несимметрия напряжения обусловливает дополнительный нагрев, а также противодействующий вращающий момент, уменьшающий полезный момент двигателя. Уменьшение полезного момента за счет противодействующего по отношению к моменту при симметричной нагрузке равно в первом приближении квадрату коэффициента несимметрии напряжений. Поскольку сопротивление обратной последовательности асинхронного двигателя в 5-7 раз меньше сопротивления прямой последовательности, то при наличии даже небольшой составляющей напряжения обратной последовательности возникает значительный ток. Этот ток накладывается на ток прямой последовательности и обусловливает дополнительный нагрев ротора и статора, в результате чего быстро стареет изоляция и уменьшается допустимая нагрузка машины. Так, например, при несимметрии напряжений в 4% срок службы полностью нагруженного двигателя сокращается в 2 раза.

Несимметрия токов в линиях электропередачи и трансформаторах приводит к тому, что одна фаза работает с перегрузкой, тогда как другие фазы недогружены. В результате этого в линиях электропередачи значительно уменьшается пропускная способность, и увеличиваются потери энергии. В силовых трансформаторах фазные обмотки, находящиеся в общем баке, охлаждаются маслом. Поэтому при несимметричной нагрузке температура масла оказывается ниже, чем при симметричной нагрузке, равной нагрузке наиболее загруженной фазы в несимметричном режиме. Это позволяет при несимметрии увеличить нагрузку на все три фазы. Что касается несимметрии напряжений, то она не оказывает существенного влияния на работу трансформаторов и линий электропередачи.

Несимметрия напряжений значительно ухудшает режим работы многофазных выпрямителей: снижается допустимая мощность вентильных агрегатов, в выпрямленном токе появляются гармоники, амплитуды которых пропорциональны коэффициенту несимметрии напряжений. Эти гармоники, резонируя в не рассчитанных на их появление сглаживающих фильтрах, перегружают конденсаторы и выводят их из строя.

Конденсаторные установки при несимметрии напряжений неравномерно загружаются по фазам. Располагаемая мощность батареи при этом становится меньше номинальной.

Однофазными приемниками электроэнергии несимметрия напряжений воспринимается как увеличение или уменьшение приложенного к ним напряжения. При этом может наблюдаться ухудшение такого важного показателя электроэнергии, как отклонение напряжения.

Несимметрия напряжений отрицательно влияет также на работу мощных инверторов, релейной защиты, ведет к ошибкам при подсчетах электроэнергии.

Область допустимых несимметричных режимов может быть оценена по максимально допустимой однофазной нагрузке, при которой показатели несимметрии не выходят за пределы нормы в нормальном режиме. При преобладающей не двигательной нагрузке максимально допустимая однофазная нагрузка составляет 10% от номинальной мощности питающего трансформатора. При преобладании электродвигательной нагрузки максимально допустимая однофазная нагрузка составляет 20% от номинальной мощности питающего трансформатора [31].

Рассмотрим способы и средства снижения несимметрии токов и напряжений [27,28].

1. Перераспределение нагрузок по фазам сети обслуживающим персоналом. По результатам замеров токов в фазах магистральных участков линий в периоды максимумов нагрузки периодически обслуживающий персонал производит переключения однофазных нагрузок. Недостаток метода: замеры должны проводиться систематически, т.к. перераспределение нагрузок по результатам однократных измерений может не уменьшить систематическую несимметрию, а наоборот увеличить ее. Этот недостаток можно исключить, если применить автоматическое переключение однофазной нагрузки к наименее загруженной фазе.

2. Одним из самых простых способов является снижение сопротивления нулевой последовательности трансформатора (ZT0), что может быть достигнуто заменой трансформаторов со схемой соединения обмоток Y/Y0, которые повсеместно используются в сельских распределительных сетях 0,38 кВ, на трансформаторы со схемой соединения обмоток – Y/Z0. Сопротивление нулевой последовательности трансформаторов со схемой Y/Z0 в 9-11 раз меньше, чем у трансформаторов Y/Y0. Однако такая замена экономически целесообразна только для реконструируемых и вновь сооружаемых сетях. Однако и этот способ не лишен недостатков. Расход цветного металла для трансформаторов со схемой Y/Z0 на 15 % выше. Кроме того, уменьшение результирующего сопротивления нулевой последовательности сети за счет снижения ZT0 не всегда дает ощутимый эффект, т.к. сопротивление нулевой последовательности линии достаточно велико. Поэтому уровень несимметрии фазных напряжений после замены трансформаторов остается высоким, особенно в конце линии.

3. Из технических средств уменьшения несимметрии напряжения рассмотрим использование симметрирующих устройств. Теоретически при любой несимметричной нагрузке можно создать симметрирующие устройства на базе емкостных и индуктивных элементов, которые полностью компенсируют напряжения обратной и нулевой последовательности на нагрузке.

Снизить сопротивление нулевой последовательности сети можно например, с помощью специальных устройств, имеющих минимальное сопротивление нулевой последовательности [27]. Такие устройства называются шунто-симметрирующими устройствами (ШСУ). Их устанавливают в конце или начале линии и подключают параллельно нагрузке. В этом случае токи нулевой последовательности замыкаются на контуре "нагрузка - ШСУ" и не протекают в линии и трансформаторе. Напряжение нулевой последовательности на нагрузке будет минимальным и определится только сопротивлением нулевой последовательности ШСУ. Устройства с минимальным сопротивлением нулевой последовательности могут быть выполнены как с электромагнитными связями (трансформаторного типа), так и с электрическими связями (на индуктивно-емкостных элементах).

На рис. 11.7,а представлено ШСУ электромагнитного типа, выполненное на трехстержневом магнитопроводе со схемой соединения обмоток "встречный зигзаг". Следует отметить, что ШСУ электромагнитного типа, являясь индуктивной нагрузкой, увеличивают реактивную составляющую тока прямой последовательности, что приводит к снижению коэффициента мощности сети.

ШСУ на индуктивно-емкостных элементах имеют более простую конструкцию. Схема такого устройства с тремя емкостными и одним индуктивным элементом, которые соединены по схеме четырехлучевой звезды, приведена на рис. 11.7,б. Емкостные элементы этого ШСУ подключаются к фазам сети, а индуктивный – к нейтральному проводу. Такое устройство, помимо эффекта симметрирования осуществляет компенсацию реактивной мощности токов прямой последовательности. Можно построить и ШСУс тремя индуктивными и одним емкостным элементом, подключив к фазам сети индуктивные элементы, а к нейтральному проводу – емкостный (рис. 11.7,в).

|  |
| --- |
| http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/img_gl11/im3.gif |
| Рис. 11.7. Схемы шунто-симметрирующих устройств а – электромагнитного; б – конденсаторного; в – индуктивного |

Таким образом, подключение таких устройств в значительной степени улучшает качество напряжения у потребителей и повышает симметрию токов в линии и трансформаторе. Достоинством ШСУ является также то, что его параметры не зависят от нагрузки, и, следовательно, они могут изготавливаться нерегулируемыми.

**Указания к выполнению работы**

1. Изучить возможные схемы включения в сеть регулирующих напряжение устройств.

2. Изучить способы и средства уменьшения высших гармоник. Нарисовать структурную схему фильтра.

3. Изучить способы и средства снижения несимметрии токов и напряжений.

4. Разобрать принцип работы шунто-симметрирующих устройств для сетей 0,38 кВ.

**Оформление отчета**

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Возможные схемы подключения регулирующих напряжение устройств в сети.
3. Схему фильтра высших гармоник.
4. Схемы шунто-симметрирующих устройств.

**Контрольные вопросы**

 1. Назовите основные показатели качества электрической энергии согласно ГОСТ 13109-97.

2. Как влияет качество электроэнергии на работу электроприемников?

3. Каковы причины значительных отклонений напряжения у сельскохозяйственных потребителей?

4. Каковы причины несимметрии напряжения у сельскохозяйственных потребителей?

5. Назовите основные причины несинусоидальности напряжения.

6. Какие существуют способы регулирования напряжения, какие из них наиболее приемлемы для сельских электрических сетей?

7. Назовите способы уменьшения несинусоидальности напряжения в сетях.

8. Возможные способы уменьшения несимметрии в сельских электрических сетях. Их достоинства и недостатки.