

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КИСЕЛЕВСКИЙ ГОРНЫЙ ТЕХНИКУМ»

КУРС ЛЕКЦИЙ
по учебному предмету
ДП.02 ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ

для специальности:

13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Авторы:
Савицкая О.И., преподаватель
Юнусова С.В., преподаватель

Россия
Киселевск, 2021

Аннотация:

Конспект лекций учебного предмета ДП.02 Физико-математические основы профессиональных знаний разработан в соответствии с рекомендациями по организации получения среднего общего образования в пределах освоения образовательных программ среднего профессионального образования на базе основного общего образования с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов и получаемой профессии или специальности среднего профессионального образования и Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Пояснительная записка	3
Введение.	4
<i>Лекция 1.</i> Введение в специальность	4
Раздел 1. Проценты и пропорции	6
<i>Лекция 2.</i> Процентные вычисления в жизненных ситуациях	9
<i>Лекция 3.</i> Срок эксплуатации электрического и электромеханического оборудования. Вычисление КПД электрического и электромеханического оборудования с помощью процентов	13
Раздел 2. Прямая и обратная пропорциональная зависимость	20
<i>Лекция 4.</i> Прямая и обратная пропорциональные зависимости. Зависимость физических величин	20
Раздел 3. Применение математических расчётов и методов в профессии	24
<i>Лекция 5.</i> Расчёт и выбор проводов и кабелей. Расчёт осветительной сети участка	24
<i>Лекция 6.</i> Расчёт токов методом длин	33
<i>Лекция 7.</i> Измерение потребляемой мощности	37
Раздел 4. Задачи по статистике	44
<i>Лекция 8.</i> Статистический анализ количества неисправностей электрооборудования. Сроки службы электроприборов в вероятностном аспекте	44
Список источников	49

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа общеобразовательной учебного предмета ДП.02 «Физико-математические основы профессиональных знаний» предназначена для изучения в профессиональных образовательных организациях, реализующих образовательную программу среднего общего образования в пределах освоения основной профессиональной образовательной программы СПО (ОПОП СПО) на базе основного общего образования при подготовке специалистов среднего звена по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)».

Учебный предмет ДП.02 «Физико-математические основы профессиональных знаний» изучается на втором курсе в объеме 36ч. (лекции – 20ч., практические занятия – 16ч.)

- обязательной нагрузки – 36 ч.

Содержание программы направлено на решение следующих **задач**:

- формирование мыслительных операций и познавательных процессов, развитие эмоциональной и волевой сфер личности, общих и специальных способов, обеспечивающих решение профессиональных и познавательных задач;

- овладение навыками применения знаний математических формул при решении профессиональных задач;

- формирование умения разрабатывать математические модели при решении профессиональных задач;

- дать обучающимся необходимые знания для их дальнейшей деятельности в области их будущей специальности, ясные представления об особенностях профессии и о значимости межпредметных связей;

- формирование личности студентов, развитие их интеллекта и способностей к логическому и алгоритмическому мышлению;

- обучение основным математическим методам, необходимым для анализа и моделирования процессов и явлений при поиске оптимальных решений;

- выработка у студентов умений применять полученные знания при решении профессиональных задач и анализировать полученные результаты.

Освоение образовательных результатов по учебному предмету ДП.02 «Физико-математические основы профессиональных знаний» завершается подведением итогов в форме *дифференцированного зачета* в рамках промежуточной аттестации.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Содержание предмета направлено на развитие универсальных учебных действий, формирование личностных, метапредметных и предметных результатов в соответствии с требованиями ФГОС среднего общего образования, а также общих компетенций в соответствии с требованиями ФГОС среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

Планируемые результаты освоения учебного предмета в соответствии с ФГОС СОО	Формируемые УУД	Общие компетенции ФГОС СПО
Предметные по математике: - сформированность представлений о математике как части мировой культуры и месте математики в современной цивилизации, о способах описания на математическом языке явлений реального мира; - сформированность представлений о математических понятиях как о важнейших математических моделях, позволяющих описывать и изучать разные процессы и явления; понимание возможности аксиоматического построения математических теорий; - владение методами доказательств и алгоритмов решения, умение их применять, проводить доказательные рассуждения в ходе решения задач; - владение стандартными приемами решения рациональных и иррациональных, показательных, степенных, тригонометрических уравнений и неравенств, их систем; использование готовых компьютерных программ, в том числе для поиска пути решения и иллюстрации решения уравнений и неравенств; - сформированность представлений об основных понятиях, идеях и методах математического анализа;	Познавательные	ОК01, ОК03
	Познавательные	ОК01
	Познавательные Коммуникативные	ОК01
	Познавательные	ОК1, ОК09
	Познавательные	ОК01

<p>- владение основными понятиями о плоских и пространственных геометрических фигурах, их основных свойствах; сформированность умения распознавать на чертежах, моделях и в реальном мире геометрические фигуры; применение изученных свойств геометрических фигур и формул для решения геометрических задач и задач с практическим содержанием;</p> <p>- сформированность представлений о процессах и явлениях, имеющих вероятностный характер, о статистических закономерностях в реальном мире, об основных понятиях элементарной теории вероятностей; умений находить и оценивать вероятности наступления событий в простейших практических ситуациях и основные характеристики случайных величин.</p> <p>Предметные по физике:</p> <p>- сформированность представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира; понимание физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений; понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;</p> <p>- владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное пользование физической терминологией и символикой;</p> <p>- владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;</p> <p>- сформированность умения решать физические задачи;</p> <p>- сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни;</p> <p>- сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из разных источников.</p>	Познавательные	ОК01
	Познавательные	ОК01
	Познавательные	ОК01, ОК03
	Познавательные	ОК01
	Познавательные Коммуникативные	ОК01
	Познавательные Познавательные	ОК1, ОК09 ОК01
Познавательные	ОК01	

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Вид учебной работы	Количество
Аудиторные занятия. Содержание обучения	часов
Введение	2
Раздел 1. Проценты и пропорции	6
Раздел 2. Прямая и обратная пропорциональная зависимость	2
Раздел 3. Применение математических расчётов и методов в профессии	8
Раздел 4. Задачи по статистике	2
Итого	20

ВВЕДЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1. ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ (2ч)

Профессионально-ориентированные задания являются ядром практической компоненты дидактической системы, а специфика модели проявляется в особом способе включения профессионально-ориентированных заданий в процесс обучения. Систематическое выполнение такого рода заданий на всех этапах обучения математике, использование разнообразных форм организации учебного процесса, позволяющих включать профессионально-ориентированные задания в процесс обучения, делают возможным при поддержке высокого уровня мотивации обучающихся добиваться одновременно освоения математических, физических знаний и умений и расширения представления обучающихся о прикладном и профессиональном значении математики и физики.

Профессия электрика является относительно молодой. Она появилась в конце XIX века в связи с началом массового применения электричества в быту и на производстве благодаря бурному развитию электротехники.

В наши дни качественный уровень жизни немислим без электричества. Достаточно вспомнить о том, что происходит в обесточенных мегаполисах при масштабном отключении электричества. Гаснут компьютеры, останавливаются промышленные предприятия, транспорт, размораживаются холодильники с продуктами, замирают стиральные машины, электрообогреватели, электроинструменты, осветительные приборы. Настоящий коллапс. При свечах современный человек много не наработает.

И если перегоревшую электрическую лампочку в квартире может заменить почти каждый, то для более ответственных работ с электрическими сетями и электрооборудованием лучше обратиться к квалифицированному специалисту. Электрик точно знает, как избежать опасностей замыкания и возгорания. Благодаря его труду можно пользоваться электроэнергией безопасно и надежно.

Электрик - это квалифицированный рабочий, который обеспечивает доступ электроэнергии в жилые и производственные здания, выполняет все виды электромонтажных работ: прокладку кабеля и укладку проводов, установку розеток, монтаж и ремонт электрических систем и оборудования. Электрик участвует в монтаже оборудования и датчиков при внедрении систем управления, технических средств безопасности жилых и промышленных объектов: охранной и пожарной сигнализации, систем охранного видеонаблюдения, цифровой видеорегистрации, автоматики шлагбаумов, турникетов. Профессия электрика связана с изготовлением и обслуживанием мощных агрегатов для выработки электроэнергии, строительством и эксплуатацией электросетей для передачи выработанного электричества, с производством и обслуживанием электроустановок,

освещением улиц и квартир. Электрику требуется качественный инструмент и регулярная переподготовка. Профессия электрика стабильно востребована на рынке труда.

Миллионы людей в повседневной жизни – на работе и в быту – имеют дело с электротехническими устройствами, с электрическим оборудованием. Жизнь современного человека немыслима без использования электрической энергии.

Данная специальность готовит горных техников-электромехаников к работе в различных производственно-технологических отраслях, особенно в горнодобывающей отрасли. Также они могут заниматься сервисным обслуживанием электрических машин, оборудованием, наладкой и регулировкой бытовых машин. Техник-электрик с помощью внешнего осмотра и показаний измерительных приборов должен быстро определить узел, где произошла неисправность, выключить его из сети, разобрать, устранить неполадки, включить, добиться нормального режима работы.

Такая работа требует способности к логическому мышлению, основательных теоретических знаний в области электротехники, электроники. Сейчас хороший техник-электрик – это и специалист по электронике. От такого специалиста требуются тонкая наблюдательность, хладнокровие, ясность мысли. Техник-электрик должен многое уметь делать своими руками, владеть самыми различными инструментами и приборами. Получив квалификацию горного техника-электромеханика, можно работать и электромонтером по обслуживанию, ремонту аппаратуры релейной защиты и автоматики.

Сфера деятельности выпускников – это эксплуатация электрических подстанций, электрических сетей, линий электропередач, ремонт электрических машин, электрооборудования транспортных устройств (краны, лифты), обслуживание аппаратуры релейной защиты и систем автоматики.

Требования к индивидуальным особенностям специалиста

Эта профессия требует организованности, исполнительности, умения заниматься конкретными проблемами. Необходимы хорошие двигательные навыки, склонности к ручной и технической работе, интерес к работе с информацией, развитое внимание, высокий уровень развития образного, пространственного мышления, логические и математические способности. Особенно необходимы коммуникативные навыки и чувство ответственности за результат общего труда.

После окончания обучения присваивается квалификация: техник.

Область профессиональной деятельности выпускников: организация и проведение работ по техническому обслуживанию, ремонту и испытанию электрического и электромеханического оборудования отрасли.

Объектами профессиональной деятельности выпускников являются:

- материалы и комплектующие изделия;
- технологическое оборудование и технологические процессы;
- технологическая оснастка;
- электрическое и электромеханическое оборудование;
- средства измерения;
- техническая документация;
- профессиональные знания и умения персонала производственного подразделения;

- первичные трудовые коллективы.

Техник готовится к следующим видам деятельности:

- Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования.
 - Выполнение сервисного обслуживания бытовых машин и приборов.
 - Организация деятельности производственного подразделения.
 - Выполнение работ по рабочей профессии рабочих - слесарь-электрик по ремонту электрооборудования.

Техник должен обладать общими компетенциями, включающими в себя способность:

1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.
8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

При освоении курса учебного предмета вы овладеете профессиональными компетенциями, соответствующие основным видам профессиональной деятельности:

1. Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.

2. Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.

3. Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

4. Составлять отчетную документацию по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования

РАЗДЕЛ 1. ПРОЦЕНТЫ И ПРОПОРЦИИ

ЛЕКЦИЯ 2. ПРОЦЕНТНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЖИЗНЕННЫХ СИТУАЦИЯХ (2ч)

Процентом некоторой величины называется сотая доля этой величины. Такой величиной может быть месячный доход семьи, годовая прибыль фирмы, сумма государственного бюджета. Чтобы указать, что величина выражена в процентах, используется специальное обозначение: %. Термин "процент" произошёл от латинского *pro centum* - на сотню, или за сто. Выражать доли величин в процентах принято в финансовых и статистических расчётах, а также во многих других областях.

В дореволюционной России процент, получаемый за сумму, данную в долг или инвестируемую в некоторое предприятие, в купеческой среде называли *интересом*.

Гораздо реже используется специальное обозначение для тысячной доли целого (или десятой доли процента) - *промилле*. Термин "промилле" произошёл от латинского *pro mille* - на тысячу, или за тысячу. Для промилле также имеется специальное обозначение: ‰. В страховом деле плату за страхование (страховую премию) удобно, порой, выражать не в процентах, а в промиллях. Например, если имущество застраховано на 100 000 руб. с 3%, то страховая премия составляет

$$\frac{100\,000}{1\,000} \times 3 = 300 \text{ руб.}$$

Необходимо различать два понимания термина процент. Во-первых, процент выступает как *процентное число*, указывая на часть целой величины или долю. Именно такое понятие процента чаще всего используется в социально-экономической статистике и

законодательной практике регулирования предпринимательской деятельности. Например, в 2013 г. доходы от налога на прибыль предприятий составили 3.46% в общей сумме доходов Федерального бюджета Российской Федерации (12 865.9 млрд рублей). Примером законодательных формулировок, в которых используются процентные числа, являются нормы, определяющие налог на добавленную стоимость (НДС) в размере 18% или налог на прибыль корпораций в размере 20%. Во-вторых, и это основное понимание процента в этом курсе, процент связан с начислением сумм (процентных платежей) за определённые промежутки времени. При этом здесь следует различать *ставку процента* (interest rate) как некоторое число, выраженное в процентах или долях (единицы) данной величины и *проценты* (interest) как соответствующее абсолютное количество данной величины. Например, при годовой ставке 10% по вкладу в банке, что есть указание на годовую процентную ставку по вкладу, и начальной величине вклада 100 000 руб. наращенная за год сумма 10 000 руб. называется процентами по вкладу.

Проценты - одно из математических понятий, которое часто встречается в повседневной жизни. Можно прочитать или услышать, например, что, в выборах приняли участие 57% избирателей, рейтинг победителя хит-парада равен 75%, успеваемость в классе 85%, банк начисляет 17% годовых, молоко содержит 1,5% жира, материал содержит 100% хлопка и т.д.

Ясно, что без понимания такого рода информации в современном обществе просто трудно было бы существовать.

Правило 1. Чтобы найти данное число процентов от числа, нужно проценты записать десятичной дробью, а затем число умножить на эту десятичную дробь.

Пример. По плану необходимо в день прокладывать по 40 метров кабеля в день. Применяв новые технологии, бригада стала прокладывать на 10 метров в день больше. На сколько процентов повысилась производительность труда?

Решение:

Чтобы решить эту задачу, надо узнать, сколько процентов составляют 10 метров от 40. Для этого найдем сначала, какую часть составляет число 10 от числа 40. Мы знаем, что нужно разделить 10 на 40. Получится 0,25. А теперь запишем в процентах – 25%.

Ответ: производительность труда повысилась на 25%.

Правило 2. Чтобы найти, сколько процентов одно число составляет от другого, нужно разделить первое число на второе и полученную дробь записать в виде процентов.

Пример. При плановом задании замена 60 ламп в день бригада заменила 66 ламп. На сколько процентов был выполнен план?

Решение:

$66 : 60 = 1,1$ - такую часть составляют заменённые лампы от количества ламп по плану.

Запишем в процентах $=110\%$.

Ответ: 110% .

Пример. Бронза является сплавом олова и меди. Сколько процентов сплава составляет медь в куске бронзы, состоящем из 6 кг олова и 34 кг меди?

Решение:

1. $6 + 34 = 40$ (кг) – масса всего сплава.
2. $34 : 40 = 0,85 = 85$ (%) – сплава составляет медь.

Ответ: 85% .

Пример. Люминесцентные лампы за весну подешевели на 20% , потом подорожали за лето на 30% , за осень опять подешевели на 20% и за зиму подорожали на 10% . Осталась ли за этот год цена прежней? Если изменился, то на сколько процентов и в какую сторону?

Решение:

1. $100 - 20 = 80$ (%) – после весны.
2. $80 + 80 \cdot 0,3 = 104$ (%) – после лета.
3. $104 - 104 \cdot 0,2 = 83,2$ (%) – после осени.
4. $83,2 + 83,2 \cdot 0,1 = 91,52$ (%) – после зимы.

Ответ: подешевели на $8,48\%$.

Правило 3. Чтобы найти процентное отношение двух чисел А и В, надо отношение этих чисел умножить на 100% , то есть вычислить $(A : B) \cdot 100\%$.

Пример. Найти число, если 15% его равны 30.

Решение:

1. $15\% = 0,15$;
2. $30 : 0,15 = 200$.

Или x - данное число; $0,15 \cdot x = 300$; $x = 200$.

Ответ: 200.

Пример. Товар на распродаже уценили на 15% , при этом он стал стоить 680 рублей. Сколько рублей стоил товар до распродажи?

Решение:

До понижения цены товар стоил 100% . Цена на товар после распродажи уменьшилась на 15% , т.е. стала $100 - 15 = 85$ (%), в рублях эта величина равна 680 рублей.

1 способ.

$680 : 85 = 8$ (руб.) – в 1% . $8 \cdot 100 = 800$ (руб.) – стоил товар до распродажи.

2 способ.

Это задача на нахождение числа по его проценту, решается делением числа на соответствующий ему процент и путем обращения полученной дроби в проценты, умножением на 100, или действием деления на дробь, полученную при переводе из процентов.
 $680 : 85 \cdot 100 = 800$ (руб.) или $680 : 0,85 = 800$ (руб.)

3 способ.

С помощью пропорции: 680 руб. – 85 %

$$x \text{ руб.} - 100 \%, \text{ получим } x = 680 \cdot 100 / 85 = 800 \text{ (руб.)}$$

Ответ: 800 рублей стоил товар до распродажи.

Правило 4. Чтобы найти число по данным его процентам, надо выразить проценты в виде дроби, а затем значение процентов разделить на эту дробь.

В задачах на банковские расчёты обычно встречаются простые и сложные проценты. В чём же состоит разница простого и сложного процентного роста? При простом росте процент каждый раз исчисляется, исходя из начального значения, а при сложном росте он исчисляется из предыдущего значения. При простом росте 100% – начальная сумма, а при сложном 100% каждый раз новые и равны предыдущему значению.

Пример. Банк платит доход в размере 4% в месяц от величины вклада. На счет положили 300 тысяч рублей, доход начисляют каждый месяц. Вычислите величину вклада через 3 месяца.

Решение:

1. $100 + 4 = 104$ (%) = 1,04 – доля увеличения вклада по сравнению с предыдущим месяцем.
2. $300 \cdot 1,04 = 312$ (тыс. р) – величина вклада через 1 месяц.
3. $312 \cdot 1,04 = 324,48$ (тыс. р) – величина вклада через 2 месяца.
4. $324,48 \cdot 1,04 = 337,4592$ (тыс. р) = 337 459,2 (р)-величина вклада через 3 месяца.

Или можно пункты 2-4 заменить одним, повторив с детьми понятие степени: $300 \cdot 1,04^3 = 337,4592$ (тыс. р) = 337 459,2 (р) – величина вклада через 3 месяца.

Ответ: 337 459,2 рубля

Пример. После уценки телевизора его новая цена составила 0,52 старой. На сколько процентов уменьшилась цена в результате уценки?

Решение:

1 способ.

Найдем сначала долю уменьшения цены. Если исходную цену принять за 1, то $1 - 0,52 = 0,48$ составляет доля уменьшения цены. Тогда получаем, $0,48 \cdot 100 \% = 48 \%$. Т.е. на 48 % уменьшилась цена в результате уценки.

2 способ.

Если исходную стоимость принять за A , то после уценки новая цена телевизора будет равняться $0,52A$, т.е. она уменьшится на $A - 0,52A = 0,48A$.

Составим пропорцию:

$$A - 100\%$$

$$0,48A - x \%, \text{ получим } x = 0,48A \cdot 100 / A = 48 (\%).$$

Ответ: на 48 % уменьшилась цена в результате уценки.

Чтобы увеличить положительное число A на p процентов, следует умножить число A на коэффициент увеличения $K = (1 + 0,01p)$.

Чтобы уменьшить положительное число A на p процентов, следует умножить число A на коэффициент уменьшения $K = (1 - 0,01p)$.

Примеры выполнения задач

№1. Вкладчик открыл счет в банке, внося 2000 р. на вклад, годовой доход по которому составляет 12%. Какая сумма будет лежать на его счете через год; через два года; через 6 лет?

$$\text{Решение: } 2000 \cdot (1 + 0,12) = 2000 \cdot 1,12 = 2240 \text{ (руб.) через год}$$

$$2240 \cdot (1 + 0,12) = 2240 \cdot 1,12 = 2508,8 \text{ (руб.) через 2 года}$$

$$2000 \cdot (1 + 0,12)^6 = 2000 \cdot 1,12^6 = 2000 \cdot 1,9738225 = 3947,65 \text{ (руб.) через 6 лет}$$

Ответ: 2240 руб., 2508,8 руб., 3947,65 руб.

№2. Зарплата составляла 10 000 рублей в месяц, после двух последовательных повышений на одно и то же число процентов, она стала составлять 12 100 рублей. На сколько процентов каждый раз эта зарплата повышалась?

$$\text{Решение: } C(1 + 0,01x)^n, \text{ где } C=10\,000, n=2$$

$$10000(1 + 0,01x)^2 = 12100$$

$$(1 + 0,01x)^2 = \frac{2100}{10000}, 1 + 0,01x = \frac{11}{10}; \implies 1 + 0,01x = \frac{11}{10}, \text{ корень уравнения не удовлетворяет}$$

$$\text{условию задачи, поэтому } 1 + 0,01x = \frac{11}{10}; 0,01x=0,1; x=10$$

Ответ: Каждый раз цена повышалась на 10 %.

ЛЕКЦИЯ 3. СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ. ВЫЧИСЛЕНИЕ КПД ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕНТАХ (4ч)

Под технической эксплуатацией электрооборудования понимают процесс его использования по назначению и поддержания в технически исправном состоянии. Четкая организация этого процесса, планирование и управление решаются на основе теории эксплуатации, широко применяющей современные методы моделирования, использования операций и др.

Техническая эксплуатация электрооборудования включает выполнение следующих мероприятий: подготовку, включение и выключение электрооборудования, обнаружение неисправностей и прогнозирование технического состояния; профилактические работы; настройку и регулирование отдельных узлов, связей и электрооборудования в целом; обеспечение сохранности отдельных блоков и электрооборудования в целом; обеспечение комплектом запасных частей (ЗИП); техническую подготовку обслуживающего персонала; правильное ведение технической документации.

Эффективная организация системы технической эксплуатации электрооборудования возможна при условии, если еще в период проектирования были учтены особенности построения, использования и эксплуатации электрооборудования, разработаны технические средства его обслуживания, методы обработки информации и контроля состояния. Важной частью технической эксплуатации электрооборудования является техническое обслуживание. Плохо организованное техническое обслуживание может привести к простоям электрооборудования или аварии при неправильных действиях обслуживающего персонала.

Для оценки эффективности технического обслуживания систем электрооборудования следует применять следующие показатели: трудоемкость одноразового технического обслуживания или за определенный период эксплуатации; стоимость технического обслуживания; надежность электрооборудования, определяемую одним или несколькими показателями надежности; среднее время простоя и потери в процессе технического обслуживания; вероятность выполнения технического обслуживания в заданное время.

Обслуживающий персонал выполняет следующий объем работ по эксплуатации электрооборудования: наблюдение за состоянием и работой электрооборудования, а также за механической частью электроприводов с проведением профилактических мероприятий (смазывание, чистка, подтяжка креплений); периодическую ревизию основного и резервного электрооборудования с текущим ремонтом, проводимую по графику; капитальный ремонт электрооборудования при его износе и замену его при проведении модернизации; исследование характеристик оборудования для проведения модернизационных мероприятий; наладку нового оборудования или оборудования, подвергнутого ревизии или ремонту.

В процессе эксплуатации электрооборудования электротехнический персонал ведет журналы: дефектов, сбоев и неисправностей, где регистрируют неполадки в работе любого элемента оборудования; оперативных переключений на подстанции; технического осмотра и ремонта электрического оборудования; проведения работ в электроустановках низкого напряжения (до 1000 В).

В своей деятельности по обеспечению надежной и производительной работы электрооборудования электротехнический персонал использует техническую документацию,

в том числе: комплект электротехнических схем (принципиальных и соединений) по электроснабжению, электроприводу, освещению и сигнализации; паспорта и технические описания электрооборудования с паспортом и актами испытаний к ним, должностные и производственные инструкции по обслуживанию, ремонту и наладке электрических аппаратов, машин и средств автоматизации; руководящие и нормативные материалы.

Все инструкции подлежат пересмотру не реже одного раза в 5 лет, а существенные изменения и дополнения вносят немедленно и доводят до сведения ответственных должностных лиц. Весь комплект проектных электрических схем, описаний, инструкций должен храниться в техническом архиве.

Широкое применение сложной электронной и микроэлектронной техники предъявляет повышенные требования к практике технической эксплуатации электрооборудования. В связи с этим получают распространение новые принципы технического обслуживания и ремонта электроустановок. Рассмотрим некоторые из них.

Эксплуатация по твердому ресурсу. Электрооборудование, эксплуатируемое по этому принципу, имеет установленный по наработке предел, после которого его заменяют новым. Межремонтный ресурс назначается до начала эксплуатации и корректируется через определенное время. Периодичность ремонта определяется исходя из надежности слабых элементов. Этот метод технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) имеет серьезные недостатки: недоиспользуются индивидуальные ресурсы по большинству элементов и узлов; трудоемкость ТО и Р увеличивается; снижается надежность работы электрооборудования в послеремонтный период. Указанный метод может быть применен для особо ответственных механизмов по отдельным узлам и блокам, в том числе неремонтопригодным.

Эксплуатация по техническому состоянию. В этом случае ресурс для элементов электрооборудования не устанавливается, но проводится периодический или непрерывный контроль и измерение параметров, которые характеризуют техническое состояние электропривода электрооборудования, блока или узла. По результатам контроля принимают решение о дальнейшей эксплуатации объекта, которое основывается на определении и прогнозировании технического состояния объекта и на данных о затратах на ТО и Р, включая потери на простой.

Основой метода является диагностика как средство достоверной информации о техническом состоянии электропривода. Следовательно, его можно применять для тех элементов электрооборудования, техническое состояние которых контролируется. Метод ТО и Р по состоянию имеет отрицательные моменты, связанные с непостоянством объема работ при обслуживании из-за вероятностного характера требований на ремонт.

Эксплуатация по уровню надежности. В этом случае эксплуатацию

электрооборудования осуществляют до безопасного отказа. При этом должны быть установлены допустимые уровни надежности элементов электропривода, обеспечивающие его исправную работу и приемлемые показатели экономичности эксплуатации. Допустимые уровни надежности могут быть назначены из опыта эксплуатации электрооборудования. В практике эксплуатации систем электрооборудования необходимо рационально использовать все три принципа ТО и Р или два последних, которые иногда объединяют под общим названием «обслуживание по техническому состоянию».

Неисправности электрооборудования, методы их поиска и устранения. Наиболее сложным при ремонте электрооборудования является процесс поиска неисправностей, так как современные электрические схемы представляют собой сложную взаимосвязанную сеть электрических и электронных цепей. Поэтому достаточно трудно обнаружить неисправную деталь или цепь среди множества других деталей и цепей, влияющих одна на другую. Задача осложняется еще тем, что большинство неисправностей носят скрытый характер и не могут быть обнаружены внешним осмотром. Процесс поиска неисправности представляет собой последовательность тестовых экспериментов над электроприводом и принятия диагностического промежуточного или конечного решения.

Одним из путей уменьшения времени поиска неисправностей и требований к квалификации обслуживающего персонала является применение автоматического поиска неисправностей, основанного на алгоритмизации процедур поиска. Для поиска неисправностей в системе электрооборудования, как показывает опыт эксплуатации, возможно применение следующих методов.

Внешний осмотр. Наибольший эффект дает внешний осмотр включенного электрооборудования при отсутствии аварийных признаков отказа и соблюдения правил безопасности труда. Признаками неисправности в этом случае (кроме тех, которые можно обнаружить при включенном электрооборудовании) являются: появление искрений, дыма, нагрев отдельных деталей, появление треска и т.п. Однако внешний осмотр не позволяет обнаружить скрытые неисправности.

Метод замены. Если после замены исчезают неисправности, то был заменен действительно поврежденный элемент.

Метод вносимой неисправности. В этом случае в проверяемый блок вносятся искусственные повреждения, вызывающие определенные логические взаимодействия элементов. Контроль за параметрами схемы и анализ их изменений позволяют определить или локализовать неисправность.

Метод половинного разбиения. Этот метод успешно может быть применен в том случае, если показатели надежности отдельных узлов и блоков схем электрооборудования

одинаковы. Для поиска неисправности можно проверить один узел, например, по напряжению, а затем по току. Деление может быть выполнено и внутри блока или узла, что позволяет оперативно локализовать, а затем и обнаружить неисправность.

Метод контрольного сигнала. Использование подобного метода обусловлено широким распространением логических элементов и микросхем в системах регулирования и управления. Для обнаружения неисправности с помощью контрольного сигнала целесообразно представить контрольную цепь диаграммой прохождения сигнала через исправную систему. Контрольному сигналу заданной формы будет соответствовать определенная реакция, анализируя которую, можно выявить работоспособность проверяемого узла или электрической цепи.

Метод промежуточных измерений. Метод предусматривает осциллографирование характерных процессов, измерение напряжений на контрольных точках, контроль сопротивления отдельных элементов и электрических цепей и другие контрольно-диагностические действия, позволяющие определить место неисправности в электрооборудовании или обнаружить неисправный элемент.

Метод сравнения с неисправным объектом. Метод сравнения заключается в том, что сигналы неисправности узла или блока схемы сравнивают с сигналами другого исправного или неисправного узла или блока.

Располагая перечисленными методами поиска дефектов, следует учесть, что оптимальная методика должна представлять собой логическую последовательность действий, сужающих границы области неисправности до полной локализации ее. При этом для выбора метода поиска неисправности и в процессе поиска необходимо пользоваться следующими практическими принципами:

- прежде всего необходимо убедиться, что в системе электрооборудования нет ошибочно установленных позиций, положений рукояток переключателей и задающих устройств;
- следует выбирать такой метод и такую последовательность поиска неисправности, чтобы исключалась случайность полученных результатов, поиск должен приводить хотя бы к одному из многих возможных результатов;
- в начале поиска неисправности нужно выбрать такую проверку, которая позволяет получить наибольшую информацию, устраняющую максимум неопределенностей;
- если имеется отказ, следует вначале предположить природу отказа исходя из внешних признаков его, а затем предусмотреть методику по предполагаемой причине отказа;
- метод поиска отказа необходимо выбирать с учетом наименьших затрат времени, если неизвестна действительная причина отказа.

Неисправности электрооборудования можно классифицировать по трем признакам. К первой группе следует отнести неисправности, обусловленные проектными недостатками.

Вторая, наиболее многочисленная группа неисправностей проявляется в начале периода эксплуатации электрооборудования и связана обычно с несовершенством конструкции эксплуатируемого оборудования, некачественными монтажом и наладкой. К характерным неисправностям этой группы относятся: многочисленные ложные срабатывания блокировок из-за некачественной наладки; завышение уставки максимальной токовой защиты, так как ток срабатывания (уставка) реле рассчитан не по действительному (рабочему), а по номинальному току двигателей.

В этот период весьма многочисленные случаи выхода из строя силовых и контрольных кабелей вследствие некачественного монтажа соединительных муфт и концевых заделок.

Эти неисправности обуславливают большой объем ремонтных работ, удорожают первоначальный период эксплуатации. Однако поиск неисправности облегчается, так как известны причины неисправности, полученные на основании опыта эксплуатации подобного оборудования на других объектах.

Третья группа неисправностей появляется в процессе эксплуатации и связана с неблагоприятными внешними условиями, процессами старения изоляционных материалов и некачественной эксплуатацией. Наиболее частые неисправности этой группы — обрыв электрической цепи в контактных реле, пускателей, контакторов. Следует отметить три основные причины этих неисправностей: попадание посторонних предметов между контактами; разрегулирование механической части электрического аппарата, тяг, пружин; окисление и эрозия контактов из-за воздействия электрической дуги.

При отыскании неисправности можно воспользоваться любым методом поиска. Применяемый на практике метод поиска разрыва в электрической цепи основан на включении этой цепи под напряжение и проверке контрольных точек этой цепи с помощью индикатора или контрольной лампочки.

При наличии разрыва между контрольными точками возникает разность потенциалов, что визуально проявится в загорании контрольной лампы.

Большую помощь в отыскании и устранении неисправности оказывает производственная сигнализация. Если неисправность произошла вне сферы действия производственной сигнализации, необходимо воспользоваться схемами электрооборудования.

Заземление и зануление электроустановок

Защитные мероприятия от прикосновения к частям электроустановок, нормально находящихся без напряжения, но оказавшихся под напряжением вследствие нарушения

изоляции токоведущих частей электроустановки, следующие: заземление и зануление корпусов электрооборудования и конструктивных металлических частей электроустановок; устройство защитного отключения, обеспечивающего автоматическое отключение установки, в которой произошло замыкание фазы на корпус; устройство изоляционных площадок для обслуживания электрооборудования, если выполнение первых двух пунктов затруднено.

Защитное отключение обеспечивает обесточение электроустановки в пределах времени не более 2 с, если на данной электроустановке произошло короткое замыкание на корпус. В качестве примера рассмотрим схему пуска и останова асинхронного двигателя, где предусмотрено защитное отключение с помощью реле.

Основным мероприятием защиты человека от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, в которых по какой-либо причине нарушена изоляция, является защитное заземление и зануление. Зануление от заземления отличается соединением корпуса электроустановки с нейтралью, например, трансформатора через нейтральный провод. Так как защитное зануление имеет меньшее сопротивление для токов короткого замыкания I_k , то создаются условия для более надежного и более быстрого отключения повреждений электроустановки.

Степень поражения человека электрическим током определяется силой тока, путем и длительностью его протекания через тело человека. Сила тока зависит от напряжения прикосновения $U_{пр}$ и сопротивления всей электрической цепи, в которую последовательно «включен» человек. При сопротивлении тела человека $R_ч$ ток, проходящий через его тело, равен $I_ч = U_{пр}/R_ч$. Если электроустановка заземлена и сопротивление заземлителя $R_3 \ll R_ч$, то по телу человека будет протекать ток, близкий к нулю: $I_ч = I_3 R_3 / R_ч$, где I_3 — ток короткого замыкания, проходящий через заземлитель. Следовательно, чем меньше сопротивление заземления, тем меньше ток, проходящий через тело человека.

Коэффициент полезного действия (КПД) — характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии. При производстве электрической энергии только часть (кинетической, тепловой и т.д.) преобразуется в электрическую энергию, остальное выделяется в виде тепла. Определяется отношением полезно использованной энергии к суммарному количеству энергии, полученному системой; обозначается обычно η («эта»). $\eta = W_{пол}/W_{сум}$.

КПД является безразмерной величиной и часто измеряется в процентах. Математически определение КПД может быть записано в виде:

$\eta = A/Q * 100\%$, где A — полезная работа, а Q — затраченная энергия.

В силу закона сохранения энергии КПД всегда меньше единицы, то есть невозможно получить полезной работы больше, чем затрачено энергии.

Рассчитаем КПД э/д при спуске и подъеме груза, проанализируем полученные результаты

а) при подъёме груза

Дано:	СИ
m = 100 г	0,1 кг
h = 51 см	0,51 м
l = 1,1 А	
U = 2,5 В	
t = 7 с	
Найти: η - ?	

Решение:

$$\eta = (mgh/IUt) \cdot 100\% = (0,1 \cdot 9,8 \cdot 0,51 / 1,1 \cdot 2,5 \cdot 7) \cdot 100\% = 3\%$$

б) при спуске груза

Дано:	СИ
m = 100 г	0,1 кг
h = 51 см	0,51 м
l = 0,35 А	
U = 2,6 В	
t = 2 с	
Найти: η - ?	

Решение:

$$\eta = (mgh/IUt) \cdot 100\% = (0,1 \cdot 9,8 \cdot 0,51 / 0,35 \cdot 2,6 \cdot 2) \cdot 100\% = 27\%$$

Вопросы для закрепления теоретического материала к практическому занятию

1. Почему отличаются значения КПД в каждом варианте?
2. Оцените степень этого отличия:
3. Как отличаются значения КПД при подъеме и спуске груза?
4. В чем причина этого отличия?
5. Как отличается КПД, полученное экспериментально, от результатов аналогичных теоретических задач?

РАЗДЕЛ 2. ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

ЛЕКЦИЯ 4. ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ. ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН (2ч)

Прямая и обратная пропорциональность – это одна из основ математики. Причем, это та основа, знания которой пригодятся не только при решении задач, но и в реальной жизни: пропорциональны друг другу бывают физические величины, заработные платы и конфеты, купленные в магазине. **Пропорция** – это взаимосвязь двух величин. То есть, если меняется одна величина, меняется и другая. Если одна величина пропорциональна другой, а другая пропорциональна третьей, то все эти величины связаны между собой. Разделяют прямую и обратную пропорцию.

Две величины называют **прямо пропорциональными**, если при увеличении (уменьшении) одной из них в несколько раз другая увеличивается (уменьшается) во столько же раз. Прямая пропорция - это взаимоотношение величин при котором, увеличивая одну величину, мы автоматически увеличим другую. Самый простой пример это булочки в

магазине и цена на них. Булочка в любом случае стоит 30 руб. Покупая одну штуку мы платим 30 руб.

Если увеличим размер покупки, то соразмерно возрастет и цена. Она не может не возрасти, ведь булочник не будет отдавать свой товар просто так. За 2 булочки мы заплатим 60 рублей, за 3 – 90 и так далее.

Если устанавливать зависимость между количеством булочек и ценой на них, то получится следующее отношение:

Цена булочек/количество=30/1=60/2 и так далее. Заметим, что всегда это отношение равно одному и тому же числу. В данном примере это число 30. Оно будет постоянным для любого варианта данной пропорции. Конкретно в данном примере это число является одновременно и ценой одной булочки.

Иными словами, для приведенного примера пропорциональность можно объяснить так: сколько бы булочек мы ни купили, все равно цена одной будет 30 рублей. Вот и все. В рамках математики говорят, что если коэффициент пропорциональности не меняется, то числа пропорциональны.

Для того, чтобы понять, изменяется коэффициент или нет, нужно просто поделить друг на друга числа этой пропорции и сравнить результат. То есть, взять сначала отношение цены одной булочки к ее количеству, а затем цены 30 булочек к их количеству. Коэффициент сохранит свое значение, значит эти числа прямопропорциональны.

Проще всего понять прямо пропорциональную зависимость на примере станка, изготавливающего детали с постоянной скоростью. Если за два часа он делает 25 деталей, то за 4 часа он изготовит деталей вдвое больше — 50. Во сколько раз дольше времени он будет работать, во столько же раз больше деталей он изготовит.

Математически это выглядит так:

$$4 : 2 = 50 : 25 \quad \text{или так:} \quad 2 : 4 = 25 : 50$$

Прямо пропорциональными величинами тут являются время работы станка и число изготовленных деталей.

Если две величины прямо пропорциональны, то отношения соответствующих величин равны. (В нашем примере — это отношение времени 1 к времени 2 = отношению количества деталей за время 1 к количеству деталей за время 2)

Обратная пропорциональность

Две величины называют **обратно пропорциональными**, если при увеличении (уменьшении) одной из них в несколько раз другая уменьшается (увеличивается) во столько же раз.

Обратно пропорциональная зависимость часто встречается в задачах на скорость. Скорость и время являются обратно пропорциональными величинами. Действительно, чем быстрее движется объект, тем меньше времени у него уйдет на путь.

Например: Поезд преодолевает расстояние 80 км со скоростью 40 км/час за 2 часа. $t = S:v$.

$80:40=2$. Если он будет двигаться со скоростью 20 км/час, то есть в 2 раза меньшей, он будет 4 часа в пути. Отношение скорости и времени будет $\frac{40}{20} = \frac{4}{2}$.

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{t_2}{t_1}$, то есть обратными.

Если величины обратно пропорциональны, то отношение значений одной величины (скорости в нашем примере) равно обратному отношению другой величины (времени в нашем примере). (В нашем примере — отношение первой скорости к второй скорости равно отношению второго времени к первому времени.

Существует также понятие обратной пропорции. Часто бывает так, что одна величина зависит от другой, но не прямо пропорционально. Сравним две взаимосвязанные между собой величины. Например, мотоциклист залил в бак бензин. Чем меньше бензина остается в баке мотоциклиста, тем больше проехал водитель. Здесь на лицо обратная зависимость количества бензина и пройденного расстояния.

Есть 4 простые схемы запоминания темы, по две для каждого вида пропорциональности. Для прямой пропорции всегда работает схема: «больше-больше» или «меньше-меньше». То есть при увеличении одной величины, увеличится и другая, или при уменьшении одной величины уменьшится другая.

Соответственно, для обратной пропорциональности наоборот: «больше-меньше» или «меньше-больше». То есть, чем больше одна величина, тем меньше другая и наоборот.

Что мы узнали?

Мы привели объяснение прямой и обратной пропорциональности. Вывели простые схемы для запоминания темы и обговорили понятные пример.

Задача 1. Для перевозки груза потребовалось 24 машины грузоподъемностью 7,5 тонн. Сколько нужно машин грузоподъемностью 4,5 т, чтобы перевезти тот же груз?

Решение:

↓ 24 машины – 7,5 тонн ↑
X - 4,5 тонны | обратная зависимость.

Чем меньше грузоподъемность, тем больше понадобится машин.

$$24:x = 4,5 : 7,5$$

$$X = 180 : 4,5$$

$$X = 40 \text{ (машин)}$$

Ответ: 40 машин

Формула силы тяжести показывает, что эта сила прямо пропорциональна массе тела, с коэффициентом пропорциональности $g=9,8$.

Аналогичная зависимость у силы упругости и деформации, но в физике формулы, прямой и обратной пропорциональности имеют различные формы записи. Закон гидравлического пресса – показывает, что чем больше площадь поршня, тем больше сила (прямая пропорциональность).

Закон равновесия рычага, напротив говорит, что чем длиннее плечо, тем меньше сила (обратная пропорциональность).

Большинство формул показывает одновременно и прямую и обратную зависимость: скорость - прямо пропорциональна пути и обратно пропорциональна времени.

Плотность - прямо пропорциональна массе и обратно пропорциональна объему, мощность - прямо пропорциональна работе и обратно пропорциональна времени.

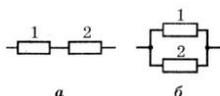
Формулы, по теме «Мощность электрического тока»

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Формула
Сила тока	I	А	$I = U / R$
Напряжение	U	В	$U = IR$
Время	T	с	$t = A / IU$
Работа тока	A	Дж	$A = IUt$
Мощность тока	P	Вт	$P = IU$
Мощность источника тока в замкнутой цепи	P	Вт	$P_{\text{полн}} = I^2(R + r)$ $P_{\text{полн}} = \frac{\mathcal{E}^2}{R + r}$

1 мин = 60 с; 1 ч = 60 мин; 1 ч = 3600 с.

Пример выполнения задач

В каком из двух резисторов мощность тока больше при последовательном (см. рис. а) и параллельном (см. рис. б) соединении? Во сколько раз больше, если сопротивления резисторов $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 100 \text{ Ом}$?



а) Во втором в 10 раз, б) В первом в 10 раз.

Решение. При последовательном соединении сила тока в обоих резисторах одинаковая. Из формулы $P=I^2R$ следует, что при последовательном соединении мощность тока в резисторе прямо пропорциональна его сопротивлению. При параллельном соединении сила тока в резисторах не одинакова, поэтому использовать данную формулу нецелесообразно. В этом случае на всех резисторах одно и то же напряжение. Воспользуемся формулой $P=U^2/R$. Из неё следует, что при параллельном соединении мощность тока в резисторе обратно пропорциональна его сопротивлению.

Пример выполнения задач

Ученики правильно рассчитали, что для освещения елки нужно взять 12 имеющихся у них электрических лампочек. Соединив их последовательно, можно будет включить их в городскую сеть. Почему меньшее число лампочек включать нельзя? Как изменится расход электроэнергии, если число лампочек увеличить до 14?

Дано:

$$n_1=12$$

$$n_2=14$$

$$R_1 = R_2 = \dots = R_n$$

Решение:

При последовательном соединении $R = n \cdot R_1$

Электрическая мощность $P = U^2/R = U^2/(nR_1)$

Если количество ламп уменьшить, то мощность, приходящая на каждую лампу, увеличится и лампы могут перегореть. Если увеличить количество ламп, то мощность, приходящая на каждую лампу, уменьшится и лампы будут гореть тусклее.

РАЗДЕЛ 3. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ И МЕТОДОВ В ПРОФЕССИИ

ЛЕКЦИЯ 5. РАСЧЁТ И ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ. РАСЧЁТ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ УЧАСТКА (2ч)

Сечение жилы подбирается исходя из подключенной к нему нагрузки. Для начала рассмотрим таблицу допустимых длительных токов через токопроводящие жилы:

Открытая проводка						Сечение кабеля мм ²	Закрытая проводка					
Медь			Алюминий				Медь			Алюминий		
Ток А	Мощность кВт		Ток А	Мощность кВт			Ток А	Мощность кВт		Ток А	Мощность кВт	
	220 в	380 в		220 в	380 в			220 в	380 в		220 в	380 в
11	2,4	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	
15	3,3	-	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-	
17	3,7	6,4	-	-	-	1,0	14	3,0	5,3	-	-	
23	5,0	8,7	-	-	-	1,5	15	3,3	5,7	-	-	
26	5,7	9,8	21	4,6	7,9	2,0	19	4,1	7,2	14	3,0	5,3
30	6,6	11	24	5,2	9,1	2,5	21	4,6	7,9	16	3,5	6,0
41	9,0	15	32	7,0	12	4,0	27	5,9	10	21	4,6	7,9
50	11	19	39	8,5	14	6,0	34	7,4	12	26	5,7	9,8
80	17	30	60	13	22	10	50	11	19	38	8,3	14
100	22	38	75	16	28	16	80	17	30	55	12	20
140	30	53	105	23	39	25	100	22	38	65	14	24
170	37	64	130	28	49	35	135	29	51	75	16	28

Обычно электрики пользуются упрощенным правилом: для розеток использовать кабель сечением 2,5 кв. мм. и больше, для осветительных цепей 1,5 кв. мм.

Почему нецелесообразно применять жилы толстого сечения для всех потребителей? Дело в том, что разница в стоимости между 1,5 и 2,5 кв. мм. примерно в 1,3 раза, в отдельных случаях и больше. Соответственно стоимость электропроводки будет необоснованной и избыточной.

Но это справедливо для прокладки линии от вводного автоматического выключателя до распределительной коробки. Дальнейшая разводка может проводиться более тонким проводом. Например:

1. Вы собираетесь подключать люстру с пятью рожками и установить в них лампы накаливания на 100 Вт. Тогда ток будет равен $5 \cdot 100 / 220 = 2,2$ А.

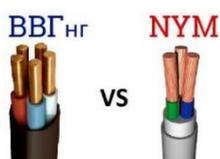
2. Нужно подключить настенный светильник, например, бра с одной лампочкой. Он будет использоваться для создания рассеянного приглушенного освещения, и вы установите светодиодную лампу на 7 Вт. Ток в этом случае будет крайне слабым 0,03 А.

В обоих случаях провод с сечением жил в 1,5 кв. мм является избыточным, исходя из таблицы допустимых токов. Слишком тонкий провод выбирать тоже нежелательно, так как в этом случае сложно получить надежный контакт в винтовых и зажимных клеммниках. Поэтому в большинстве случаев для подключения освещения достаточно провода 0,75 кв. мм. Он выдержит ток до 14 А (больше 3 кВт), а стоит дешевле, чем 1,5 кв. мм.

Условия эксплуатации

В квартире и частном доме

Выбирая кабель для электропроводки, чаще всего одну и ту же марку используют для розеток, освещения и отдельных мощных потребителей. Поэтому на свет вы можете использовать тот же вариант, что и для розеточной группы. Наиболее популярный кабель для освещения в квартире и доме — это ВВГ. При скрытом монтаже проводки он является одним из лучших вариантов. В деревянном доме следует использовать кабель, который не распространяет горение — ВВГнг, ВВГнг-LS или NYM.



На улице или в гараже

Для начала нужно определиться, как будет проложена проводка. Дело в том, что при открытой проводке кабель прокладывают в трубах или в гофре. В случае подземной прокладки можно использовать бронированные кабели или обычные, но проложенные в ПВХ-трубе. Для освещения в гараже рекомендации аналогичны – прокладка наружной проводки в защитной гофре, она защитит провод от механических повреждений и грызунов.

На балконе или на крыльце дома

В случае установки уличного светильника на крыльце провод для освещения вполне может быть проложен как внутренним способом, так и наружным. А в случае прокладки в стене прекрасно подойдет кабель ВВГ 2х0,75. Для наружной прокладки можно использовать

его же, но обязательно прокладывать в защитной гофре или трубе. Также подойдет в данном случае провод круглый марки ПВС или плоский ШВВП – они гибкие и их будет легче завести в гофру.



Важно! При использовании провода с многопроволочной жилой концы, которые будут подключаться к светильнику, в случае если вы будете использовать винтовой клеммник, нужно обязательно залудить или же оконцевать наконечниками типа НШВИ. Если вы будете использовать клеммы WAGO – делать этого не обязательно.

В саду

Провод для подключения освещения в саду необходимо прокладывать воздушным либо подземным способом. Воздушная прокладка в этом случае не всегда возможна, т.к. для неё нужно столбики, также возможна прокладка провода по забору. В таком случае рекомендации следующие:

- Если предполагается несколько групп мощных светильников для освещения всего участка, то подойдет ВВГ 3х1,5 или гибкие вышеперечисленные марки провода.
- Кабель должен быть обязательно защищен гофрой.



Для прокладки кабеля в траншее подойдет вариант марки ВББШв – это бронированный медный кабель. Он подходит для закапывания в землю без дополнительной защиты, если нет сильных нагрузок на почву. То есть, если вы будете прокладывать кабель в земле под площадкой для заезда автомобилей, лучше на этом участке защитить его, проложив в трубе ПНД или канализационной ПВХ-трубе. В трубе под землей можно использовать и марку ВВГ и другие «незащищенные» марки проводов.

В бане или санузле

Особенностью подключения света в бане или сауне является высокая влажность и температура. Поэтому рекомендуется использовать для освещения термостойкий провод РКГМ, проложенный в пластиковой гофре. Так вы получите защиту от повреждения жил, а также от оплавления изоляции при работе в высоком температурном режиме. Расчет сечения жил проводов в данном случае ничем не отличается от предыдущих вариантов.



Чтобы подключить свет в ванной можно использовать как РКГМ, так и вышеперечисленные марки кабельной продукции, но рекомендуется использовать внутреннюю прокладку или использовать кабель-каналы для наружной проводки. Виды лампочек освещения для дома. Сравнение и характеристики.

Современные технологии в освещении значительно расширили, но в тоже время и усложнили выбор лампочек для домашнего применения. Если раньше в 90% квартир кроме обычных лампочек накаливания от 40 до 100Вт мало что встречалось, то сегодня разновидностей и типов ламп освещения великое множество.

Купить в магазине нужный вид лампы для светильника не такая уж и простая задача. Чего хочется от качественного освещения в первую очередь:

- комфорта для глаз
- экономии электроэнергии
- безвредного использования

Вид цоколя

Перед покупкой лампочки в первую очередь важно определить необходимый тип цоколя. В большинстве бытовых осветительных приборах используется резьбовой цоколь двух видов:

- цоколь E-14 или миньон
- цоколь E-27

Отличаются он соответственно диаметром. Цифры в обозначении и указывают его размер в миллиметрах. То есть E-14=14мм, E-27=27мм. Есть и переходники для светильников с одних ламп на другие.

Если плафоны у люстры маленькие, либо у светильника есть какая-то специфика, то используется штырьковый цоколь. Он обозначается буквой G и цифрой, которая указывает на расстояние в миллиметрах между штырьками.

Самые распространенные это:

- G5.3 – которые просто вставляются в разъем светильника
- GU10 – сначала вставляются и затем проворачиваются на четверть оборота



Мощность лампы подбирается исходя из ограничения осветительного прибора, в который он будет устанавливаться. Информация о виде цоколя и ограничении мощности применяемой лампы можно увидеть:

- на коробке купленного светильника
- на плафоне уже установленного
- или на самой лампочке

Форма колбы

Следующее на что нужно обратить внимание – это форма и размер колбы.



Колба с резьбовым цоколем может иметь:

- форму груши
- шарика разных диаметров
- либо форму свечи для узких люстровых плафонов и бра

Грушевидные обозначаются номенклатурой – А55, А60; шариковые – буквой G.

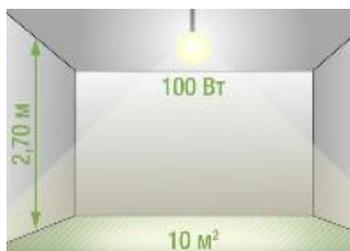
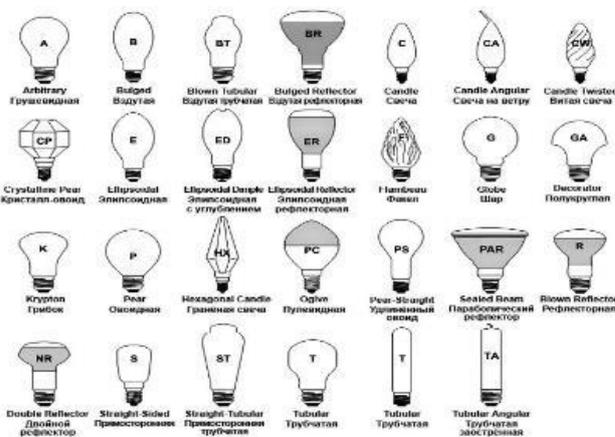
Цифры соответствуют диаметру.

Свечи маркируются латинской буквой – С.

Колба со штырьковым цоколем имеет форму:

- маленькой капсулы
- или плоского рефлектора

Нормы освещения



Яркость освещения – индивидуальное

понятие. Однако принято считать, что на каждые 10 м^2 при высоте потолков 2,7м, необходима минимум освещенность в эквиваленте 100Вт.



Измеряется освещенность в люксах. Что это за единица? Простыми словами – когда 1 люмен освещает 1м² площади помещения, то это и есть 1 люкс.

Для разных помещения нормы отличаются.

Типы офисных помещений	Норма освещенности согласно СНиП, Лк	Типы жилых помещений	Норма освещенности согласно СНиП, Лк
Офис общего назначения с использованием компьютеров	300	Жилая комната, кухня	150
Офис, в котором осуществляются чертежные работы	500	Детская комната	200
Зап для конференций, переговорная комната	200	Ванная комната, санузел, душевая, квартирные коридоры и холлы	50
Эскалатор, лестница	50-100	Гардеробная	75
Холл, коридор	50-75	Кабинет, библиотека	300
Архив	75	Лестница	20
Подсобные помещения, кладовая	50	Сауна, бассейн	100

Зависит освещенность от многих параметров:

- от расстояния до источника света
- цвета окружающих стен
- отражения светового потока от посторонних предметов

Лампы накаливания и галогеновая лампочка

Классическим и самым недорогим по цене решением для освещения квартиры, является всем привычная лампа накаливания, либо ее галогенный вариант. В зависимости от вида цоколя – это самая доступная покупка. Лампы накаливания и галогенные лампочки дают комфортный теплый свет без мерцания и при этом не выделяют никаких вредных веществ.

Однако галогенные лампы не рекомендуется трогать руками за колбу. Поэтому они должны идти упакованными в отдельный пакетик.



Когда горит галогенка, она разогревается до очень высокой температуры. И если вы будете жирными руками касаться ее колбы, то на ней образуется остаточное напряжение. В результате этого, спираль в ней перегорит значительно быстрее, уменьшив тем самым срок ее службы. Кроме того, они очень чувствительны к скачкам напряжения и часто из-за этого перегорают. Поэтому их ставят вместе с приспособлениями плавного запуска или подключают через диммеры.

Галогенные лампы в большинстве своем производятся для работы от однофазной сети с напряжением 220-230 Вольт. Но существуют и низковольтные на 12 Вольт, которые требуют подключения через трансформатор для соответствующего типа ламп.

Галогенка светит ярче чем обычная, примерно на 30%, а мощность потребляет ту же самую. Это достигается за счет того, что внутри нее содержится смесь инертных газов.

Кроме того, в процессе работы частички элементов вольфрама возвращаются обратно на нить накаливания. В обычной лампе происходит постепенное испарение с течением времени и оседание этих частиц на колбе. Лампочка тускнеет и работает вдвое меньше, чем галогенная.

Цветопередача и световой поток

Достоинством обычных ламп накаливания является хороший индекс цветопередачи. Что это такое? Грубо говоря это показатель того, сколько в рассеиваемом потоке содержится света близкого к солнечному.

Например когда натриевые и ртутные лампы освещают ночные улицы, не совсем понятно каким цветом машины и одежда у людей. Так как у этих источников плохой индекс цветопередачи – в районе 30 или 40%. Если брать лампу накаливания, то здесь индекс уже более 90%.

Характеристика цветопередачи	Коэффициент цветопередачи	Примеры ламп
Очень хорошая	Более 90	Лампы накаливания, Галогенные лампы, Люминесцентные лампы с пятикомпонентным люминофором
Очень хорошая	80-89	Люминесцентные лампы с трехкомпонентным люминофором, светодиодные лампы
Хорошая	70-79	Люминесцентные лампы ЛБЦ, ЛДЦ, светодиодные лампы
Хорошая	60-69	Люминесцентные лампы ЛД, ЛБ, светодиодные лампы
Достаточная	40-59	Лампы ДРЛ (ртутные), НЛВД с улучшенной цветопередачей
Низкая	Менее 39	Лампы ДНат (натриевые)

Сейчас продажа и производство ламп накаливания мощностью свыше 100Вт не разрешены в розничных магазинах. Это делается из соображений сохранности природных ресурсов и экономии электроэнергии.

Некоторые до сих пор ошибочно выбирают лампы ориентируясь по надписям мощности на упаковке. Запомните, что эта цифра говорит не о том, как ярко она светит, а только о том, сколько электроэнергии потребляет из сети.

Основной показатель здесь – световой поток, который измеряется в люменах. Именно на него и нужно обращать внимание при выборе.

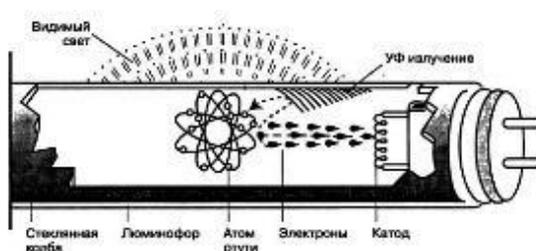
Сколько люмен Вам нужно

Яркость	220+	400+	700+	900+	1300+
Стандарт	25 W	40 W	60 W	75 W	100 W
Галоген	18 W	28 W	42 W	53 W	70 W
CFL	6 W	9 W	12 W	15 W	20 W
LED	4 W	6 W	10 W	13 W	18 W

Так как многие из нас ранее ориентировались на популярные мощности 40-60-100Вт, производители для современных экономных ламп всегда на упаковке или в каталогах указывают соответствие их мощности к мощности простой лампочки накаливания. Делается это исключительно для удобства вашего выбора.

Люминесцентные – энергосберегающие

Хорошим уровнем экономии энергии обладают люминесцентные лампы. Внутри них находится трубка из которой сделана колба, покрытая порошком люминофором. Это обеспечивает свечение в 5 раз ярче, чем лампы накаливания при той же самой мощности.



Люминесцентные не очень экологичны из-за напыления ртути и люминофора внутри. Поэтому требуют бережной утилизации через определенные организации и контейнеры приема использованных лампочек и батареек.

Также они подвержены эффекту мерцания. Проверить это легко, достаточно посмотреть их свечение на дисплее через камеру смартфона. Именно из-за этой причины не желательно размещать такие лампочки в жилых помещениях где вы постоянно находитесь.

Светодиодные

Светодиодные лампы и светильники разных форм и конструкций широко применяются в различных сферах жизни.

Их преимущества:

- устойчивость к температурным перегрузкам
- незначительное влияние на перепады напряжения

- простота сборки и использования
- высокая надежность при механических нагрузках. Минимальный риск, что она разобьется при падении.

Светодиодные лампы в процессе работы очень слабо нагреваются и поэтому имеют пластиковый легкий корпус. Благодаря этому они могут применяться там, где другие устанавливать нельзя. Например, в натяжных потолках.

Экономия электроэнергии у светодиодов более значительная чем у люминисцентных и энергосберегающих. Они потребляют примерно в 8-10 раз меньше, чем лампы накаливания.

Если грубо взять усредненные параметры по мощности и световому потоку, то можно получить такие данные:

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ	СВЕТОДИОДНЫЕ
+ 75% экономии энергии	+ 90% экономии энергии
+ Невысокая цена	+ Вандаустойчивые
+ Класс А, В	+ Класс А ++
+ Один тип комфортен для глаз	+ Длительный срок эксплуатации (от 10 тыс. часов)
- Содержат ртуть	+ Не создают электромагнитное поле
- Вандаустойчивые	+ Не содержат ртуть
- В Украине не решен вопрос утилизации для физлиц	- Высокая цена
- Создают электромагнитное поле	

	LED лампа светодиодная	лампа люминесцентная	лампа накаливания
за 50 000 часов работы	1 шт.	5 шт.	50 шт.
потребление электроэнергии	12W	20W	100W
количество света	1200Lm	1200Lm	1100Lm
энерго-эффективность	100Lm/W	60Lm/W	11Lm/W

Эти результаты примерные и в реалии всегда будут отличаться, так как многое напрямую зависит от уровня напряжения, марки производителя и множества других параметров.

Световой поток

Светодиодные и энергосберегающие лампы обладают возможностью давать разный цвет светового потока.

- теплый желтый

В этом случае на ней будет указано значение 2700-3500 Кельвинов. Это так называемая цветовая температура. Этот свет аналогичен простым лампочкам накаливания. Желтый – является наиболее комфортным для глаз и уютным для жизни.

- белый дневной

На лампе указывается 3500-4500 Кельвинов. Такой свет хорош там, где необходима правильная цветопередача – рабочий стол, наложение макияжа, художественные работы

- голубовато-холодный 6400 Кельвин и выше

Такой свет будет уместен в санузле, либо в подсобном помещении



Чтобы не искать непонятные цифры и быстро отличить величину светового потока, производители зачастую на упаковке наносят наглядные цветовые обозначения

- голубая рамка – холодный свет
- желтая рамка - теплый

ЛЕКЦИЯ 6. РАСЧЁТ ТОКОВ МЕТОДОМ ДЛИН (2ч)

Расчет токов короткого замыкания в низковольтной сети методом приведенных длин

Согласно Правил безопасности в угольных шахтах в подземных сетях при напряжении до 1200 В должна осуществляться защита:

а) трансформаторов и каждого отходящего от них присоединения от токов короткого замыкания - автоматическими выключателями с максимальной токовой защитой - мгновенная, в пределах до 0,2 с;

б) электродвигателей и питающих их кабелей:

- от токов короткого замыкания: мгновенная или селективная, в пределах 0,2 с;
- от перегрузки, перегрева, опрокидывания и несостоявшегося пуска электродвигателей, работающих в режиме экстремальных перегрузок;
- нулевая;
- от включения напряжения при сниженном сопротивлении изоляции относительно земли;

в) искроопасных цепей, отходящих от вторичных обмоток понижающего трансформатора, встроенного в аппарат, от токов короткого замыкания;

г) электрической сети от опасных утечек тока на землю - автоматическими выключателями или одним отключающим аппаратом в комплексе с одним аппаратом защиты от утечек тока на всю электрически связанную сеть, подключенную к одному или группе параллельно работающих трансформаторов; при срабатывании аппарата защиты от утечек тока должна отключаться вся сеть, подключенная к указанному трансформатору, за исключением отрезка кабеля длиной не более 10 м, соединяющего трансформатор с общесетевым автоматическим выключателем.

Общая длина кабелей, присоединенных к одному или параллельно работающим трансформаторам, должна ограничиваться емкостью относительно земли величиной не более 1 мкФ на фазу.

При питании подземных электроприемников с поверхности через скважины допускается установка автоматического выключателя с аппаратом защиты от утечек тока под скважиной на расстоянии не более 10 м от нее. В этом случае при срабатывании аппарата защиты от утечек тока электроприемники на поверхности и кабель в скважине могут не отключаться, если на поверхности имеется устройство контроля изоляции сети, не влияющее на работу аппарата защиты, а электроприемники имеют непосредственное отношение к работе шахты (вентиляторы, лебедки и др.) и присоединяются посредством кабелей.

Защита от утечек тока может не применяться для цепей напряжением не более 42 В, цепей дистанционного управления и блокировки КРУ, а также цепей местного освещения передвижных подстанций, питающихся от встроенных осветительных трансформаторов, при условии металлического жесткого или гибкого наружного соединения их с корпусом подстанции, наличия выключателя в цепи освещения и надписи на светильниках «Вскрывать, отключив от сети».

Требование защиты от утечек тока не распространяется на искробезопасные системы.

Во всех случаях защитного отключения допускается однократное АПВ при условии наличия в КРУ максимальной токовой защиты и защиты от утечек (замыканий) на землю, имеющих блокировки против подачи напряжения на линии или электроустановки после их срабатывания.

Сроки оснащения защитой от токов перегрузки устанавливаются руководством отрасли по согласованию с Ростехнадзором России.

Величина уставки тока срабатывания реле максимального тока автоматических выключателей, магнитных пускателей и станций управления, а также номинальный ток плавкой вставки предохранителей должны выбираться согласно требованиям к определению токов короткого замыкания, выбору и проверке уставок максимальной токовой защиты в сетях напряжением до 1200 В.

Таким образом, расчет эффективных значений токов короткого замыкания (к.з.) осуществляется с целью определения минимального значения тока двухфазного к.з., необходимого для выбора уставок средств защиты, а также максимального значения тока трехфазного к.з., необходимого для проверки коммутационной аппаратуры на отключающую способность.

Расчетный минимальный ток двухфазного металлического к.з. ($I_2 \text{ к.з. min}$) в наиболее электрически удаленной от трансформатора точке сети определяется с учетом параметров

высоковольтной распределительной сети, трансформатора передвижной подстанции и нагрева жил кабелей до 65°C, а также с учетом переходных сопротивлений контактов и элементов коммутационных аппаратов, в том числе и сопротивления в месте к.з.

Расчетный ток ($I_{к.з. \min}$) в зависимости от приведенной длины кабелей и параметров сети может определяться по таблицам 1-5 Приложения [7, с.236-244].

Для промежуточных значений мощности к.з. и длин кабельных линий, не приведенных в таблицах, токи к.з. определяются методом линейной интерполяции.

Токи двухфазного к.з. могут быть определены по формуле:

$$I_{к.з. \min}^{(2)} = \frac{0,95U_n 10^3}{2\sqrt{(r_{pc} + r_l + r_k \cdot L_{пр})^2 + (x_{pc} + x_l + x_k \cdot L_{пр})^2}}$$

где U - среднее номинальное напряжение ступени, принимается равным 0,133; 0,23; 0,4; 0,69 или 1,2 кВ;

r_{pc} , r_l , x_{pc} , x_l - соответственно активные и индуктивные сопротивления высоковольтной распределительной сети и трансформатора, приведенные ко вторичной обмотке, Ом;

r_k , x_k - соответственно активное и индуктивное сопротивления 1 км кабеля сечением 50 мм², Ом/км;

$L_{пр}$ - приведенная к сечению 50 мм² или 4 мм² длина кабельных линий, включенных в цепь к.з., км.

При определении расчетного тока ($I_{к.з. \min}$) допускается:

- не учитывать сопротивления распределительной сети при мощности участковых подстанций до 400 кВ×А включительно, т.е. принимать $x_{pc} = 0$, $r_{pc} = 0$;

- при мощности к.з. $S_{кз} > 50 \text{ МВ} \times \text{А}$ принимать активное сопротивление распределительной сети равным нулю, т.е. $r_{pc} = 0$.

Полное, активное и индуктивное сопротивление высоковольтной распределительной сети при $S_{кз} < 50 \text{ МВ} \times \text{А}$ определяются по формулам:

$$Z_{pc} = \frac{U_n^2}{S_{кз}}, \quad r_{pc} = \left(\frac{1,1}{S_{кз}} - 0,02 \right), \\ X_{pc} = \sqrt{Z_{pc}^2 - r_{pc}^2}$$

где $S_{кз}$ - мощность к.з. на вводе участковой подстанции или на шинах ближайшего питающего РПП-6, МВ×А.

Индуктивное и активное сопротивления трансформаторов определяются по формулам:

$$X_l = \frac{10U_k U_n^2}{S_l}, \quad r_l = \frac{P_k U_n^2}{S_l^2}$$

где U_k - напряжение короткого замыкания, %;

S_l - номинальная мощность трансформатора, кВ×А;

R_k - потери короткого замыкания трансформатора, Вт.

Активное и индуктивное сопротивления жил кабеля принимаются по каталожным данным и пересчитываются для температуры нагрева 65°C . Для указанной температуры нагрева и сечения медных жил 50 мм^2 активное сопротивление равно $0,423 \text{ Ом/км}$, а индуктивное - $0,075 \text{ Ом/км}$.

Суммарное переходное сопротивление контактов и элементов аппаратов, а также переходное сопротивление в месте к.з. принимаются равным $0,005 \text{ Ом}$ на один коммутационный аппарат, включая точку к.з.

Расчетный минимальный ток к.з. в наиболее электрически удаленной точке отходящего от аппарата искробезопасного присоединения напряжением до 42 В достаточно точно определяется по формуле:

$$I_{\text{к.з. min}} = \frac{U_n}{r_T + 2r_k}$$

где U_n - номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора, В;

r_T - сопротивление трансформатора, приведенное ко вторичной обмотке, Ом (указывается в инструкциях по эксплуатации аппаратов);

r_k - сопротивление одной жилы кабеля, Ом (принимается равным $0,008$; $0,005$; $0,0033$ и $0,002 \text{ Ом/м}$ для кабелей сечением жил $2,5$; 4 ; 6 и 10 мм^2 соответственно).

Приведенная длина кабельных линий $L_{\text{пр}}$ с учетом сопротивления контактов и элементов аппаратов и переходного сопротивления в месте к.з. определяется по формуле:

$$L_{\text{пр}} = L_1 k_{\text{пр}1} + L_2 k_{\text{пр}2} + \dots + L_n k_{\text{пр}n} + (k + 1) l_{\text{э}}$$

где $L_1 \dots L_n$ - фактические длины кабелей с различными сечениями жил, м;

$k_{\text{пр}1} \dots k_{\text{пр}n}$ - коэффициенты приведения;

k - число коммутационных аппаратов, последовательно включенных в цепь к.з., включая автоматический выключатель ПУПП;

$l_{\text{э}} = 10 \text{ м}$ - приведенная длина кабельной линии, эквивалентная переходным сопротивлениям в точке к.з. и элементов коммутационных аппаратов.

При проверке уставки тока срабатывания защиты аппарата, защищающего питающий кабель и электрооборудование горных машин с многодвигательным приводом, необходимо к L , определенной по последней формуле, прибавлять приведенную длину кабеля с сечением жилы 50 мм^2 , токоограничивающее влияние которого эквивалентно включению в защищаемую сеть элементов внутреннего монтажа. Эта величина указывается в заводских инструкциях по эксплуатации машин.

При определении ($I_2 \text{ к.з. min}$) в осветительных сетях необходимо указывать сопротивление контактов. Для этого к значению $L_{пр}$ необходимо прибавлять величину $2n$, где n - число светильников и тройниковых муфт в цепи к.з. в сети освещения.

Коэффициенты приведения $k_{пр}$ сечений кабелей для определения расчетных минимальных токов к.з. ($I_2 \text{ к.з. min}$) приведены в таблице 1:

Сечение основной жилы кабеля, мм ²	Коэффициент приведения сечения кабеля $k_{пр}$	Сечение основной жилы кабеля, мм ²	Коэффициент приведения сечения кабеля $k_{пр}$
<i>Для сетей напряжением 380—660 В (сечения приведены к 50 мм²)</i>			
4	12,30	35	1,41
6	8,22	50	1,00
10	4,92	70	0,72
16	3,06	95	0,54
25	1,97	120	0,43
<i>Для сетей напряжением 127 В (сечения приведены к 4 мм²)</i>			
2,5	1,6	6	0,67
4,0	1,0	10	0,40

Максимальный ток трехфазного к.з. на вводе аппарата может быть вычислен исходя из значения минимального тока двухфазного к.з., определенного для той же точки с учетом температурного коэффициента и повышенного напряжения вторичной обмотки трансформатора, по формуле:

$$I_3 \text{ к.з. min} = 1,6 \times I_2 \text{ к.з. min}$$

ЛЕКЦИЯ 7. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ (4ч)

Любой бытовой прибор работает при помощи электроэнергии. Электричество может поступать из электросети через розетку, от батарейки или аккумулятора. При этом важной характеристикой техники становится его мощность. Как определить потребляемую мощность электроприбора и рассчитать ее?

Мощность — это физическая величина, которая равна скорости передачи или потребления энергии системой. Второе значение — отношение работы к промежутку времени, за который она была выполнена.

Большая часть бытовых приборов работает от электросети

Потребляемая бытовым прибором мощность — это количество электроэнергии, которая необходимо прибору для функционирования. Если устройство статично (неподвижно, например, телефон, лампа, плита), энергия преобразуется в тепло или свет, если устройство движется (например, двигатель), ток преобразуется в механическую энергию.

Правильное определение мощности необходимо при планировании электросети, количества разветвлений и розеток (нужны ли дополнительные розетки, можно ли запитать

несколько приборов от одной), при выборе защитных автоматов, при определении затрат на электричество (сколько тока будут потреблять все приборы).

Излишек приборов, подключенных к одной розетке, может привести к пожару.

Количество потраченного тока измеряется в Ваттах (Вт) или Вольт-Амперах (ВА). Измерение в Вольт-Амперах часто встречается у зарубежных производителей, в Ваттах — у российских.

Важно! Часто указывают не Ватты (Вт) или Вольт-Амперы (ВА), а килоВатты (кВт) и килоВольт-Амперы (кВА) — тысяча Ватт и тысяча Вольт-Ампер.

Многие считают, что Вт и ВА — это равные величины, но это не так. В Ваттах измеряется активная мощность (количество потребляемой энергии, обозначается буквой «P»), в Вольт-Амперах — полная (сумма активной и пассивной мощностей, обозначается «S»). То есть эти величины не равны, приравнивать Ватты к Вольт-Амперам нельзя.



Необходимы значения могут быть указаны прямо на технике

Для перевода необходимо воспользоваться формулой:

$$P = S * \text{коэффициент мощности.}$$

Если коэффициент неизвестен, его принимают за 0,8 (0,8-0,95 — хорошее значение, 0,65-0,8 — удовлетворительное).

При подсчете также можно воспользоваться онлайн-калькуляторами. Если использовать формулу не получится, можно приблизительно приравнять: 1 кВА = 0,7 кВт.

Особенности определения мощности сети

Вообще электрическая сеть сконструирована так, чтобы для ее эксплуатации не требовались специальные знания. Достаточно соблюдать некоторые правила, главной из которых — не допустить перегрузки.

Важно! Несоблюдение правил пользования электросетью может привести к отказу в работе и даже к пожару.

Важно отметить, что технические характеристики розетки и бытового прибора различаются между собой:

- В розетках максимально допустимый переменный ток измеряется в Амперах: в старом жилом фонде России он равен 6 А, в Европе — 10 или 16 А;
- Мощность подключаемых приборов измеряется в Ваттах.



Информация на электроприборе может быть обозначена по-разному

Как высчитать мощность электричества? Для вычисления потребуется формула:

$$P = U \cdot I, \text{ где:}$$

P — мощность,

U — напряжение в Вольтах,

I — сила тока в Амперах.

Напряжение исправной розетки составляет 220-230 Вольт, силу тока можно измерить мультиметром.



Для определения силы тока в розетке стоит использовать мультиметр

Как узнать мощность прибора. Сделать это можно несколькими способами:

- Посмотреть в техническом паспорте или на специальной наклейке (шильдике) на устройстве. Последний обычно располагается на задней стенке или основании.
- Посмотреть по модели прибора характеристики в интернете.
- При помощи счетчика электроэнергии. Необходимо выключить все прочие потребители тока, замерить показатель, затем включить нужное устройство и подождать 15 минут. Затем вновь замерить показатель и полученную разницу умножить на 4. В итоге получится потребление тока за час.



При помощи счетчика можно измерять примерную мощность

- При помощи закона Ома: $P = U^2 / R$, где U — напряжение в 230 В, а R — сопротивление, которое необходимо измерить тестером.
- Ваттметром: это измеритель, который представляет собой «переходник» между розеткой и прибором. При включении на индикаторе появится точное значение.

Производитель обычно указывает максимальную мощность — больше этого значения оборудование потреблять не будет. В обычном состоянии устройству требуется меньше энергии, при расчете стоит брать максимальное значение.

При самостоятельном определении получится среднее число — столько в среднем потребляет техника. Это число стоит немного увеличить, чтобы остался небольшой запас.

При определении при помощи ваттметра цифра получается крайне точной — столько тока в конкретный момент потребляет прибор. Значение также стоит немного увеличить.



Ваттметр позволяет точно определить количество электричества

Потребляемая мощность техники — это важная величина, которая показывает, сколько электроэнергии потребляется. Эта величина необходима для правильной и безопасной эксплуатации электросети: при несовпадении мощности прибора и розетки возможно короткое замыкание или пожар.

На оптовом рынке электрической энергии и мощности торгуются два товара — электрическая энергия и мощность.

Что такое активная и реактивная мощность переменного электрического тока?

Все мы ежедневно сталкиваемся с электроприборами, кажется, без них наша жизнь останавливается. И у каждого из них в технической инструкции указана мощность. Сегодня мы разберемся что же это такое, узнаем виды и способы расчета.

Электроприборы, подключаемые к электросети работают в цепи переменного тока, поэтому мы будем рассматривать мощность именно в этих условиях. Однако, сначала, дадим общее определение понятию.

Мощность - физическая величина, отражающая скорость преобразования или передачи электрической энергии. В более узком смысле, говорят, что электрическая мощность – это отношение работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени. Если перефразировать данное определение менее научно, то получается, что мощность – это некое количество энергии, которое расходуется потребителем за определенный промежуток времени. Самый простой пример – это обычная лампа накаливания. Скорость, с которой лампочка превращает потребляемую электроэнергию в тепло и свет, и будет ее мощностью. Соответственно, чем выше изначально этот показатель у лампочки, тем больше она будет потреблять энергии, и тем больше отдаст света.

Поскольку в данном случае происходит не только процесс преобразования электроэнергии в некоторую другую (световую, тепловую и т.д.), но и процесс колебания электрического и магнитного поля, появляется сдвиг фазы между силой тока и напряжением, и это следует учитывать при дальнейших расчетах. P Стойки передние Возрастной вес сходит за неделю! Знакомства с незамужними При расчете мощности в цепи переменного тока принято выделять активную, реактивную и полную составляющие.

Понятие активной мощности

Активная “полезная” мощность -- это та часть мощности, которая характеризует непосредственно процесс преобразования электрической энергии в некую другую энергию. Обозначается латинской буквой P и измеряется в ваттах (Вт).

Рассчитывается по формуле: $P = U \cdot I \cdot \cos\phi$, где U и I – среднеквадратичное значение напряжения и силы тока цепи соответственно, $\cos\phi$ – косинус угла сдвига фазы между напряжением и током. ВАЖНО! Описанная ранее формула подходит для расчета цепей с напряжением 220В, однако, мощные агрегаты обычно используют сеть с напряжением 380В. В таком случае выражение следует умножить на корень из трех или 1.73

Понятие реактивной мощности

Реактивная “вредная” мощность -- это мощность, которая образуется в процессе работы электроприборов с индуктивной или емкостной нагрузкой, и отражает происходящие электромагнитные колебания. Проще говоря, это энергия, которая переходит от источника питания к потребителю, а потом возвращается обратно в сеть. Использовать в дело данную составляющую естественно нельзя, мало того, она во многом вредит сети питания, потому обычно его пытаются компенсировать. Обозначается эта величина латинской буквой Q .

ЗАПОМНИТЕ! Реактивная мощность измеряется не в привычных ваттах (Вт), а в вольтамперах реактивных (Var). Рассчитывается по формуле

$Q = U \cdot I \cdot \sin\phi$, где U и I – среднеквадратичное значение напряжения и силы тока цепи соответственно, $\sin\phi$ – синус угла сдвига фазы между напряжением и током.

ВАЖНО! При расчете данная величина может быть, как положительной, так и отрицательной – в зависимости от движения фазы.

Емкостные и индуктивные нагрузки

Главным отличием реактивной (емкостной и индуктивной) нагрузки – наличие, собственно, емкости и индуктивности, которые имеют свойство запасать энергию и позже отдавать ее в сеть. Индуктивная нагрузка преобразует энергию электрического тока сначала в магнитное поле (в течение половины полупериода), а далее преобразует энергию магнитного поля в электрический ток и передает в сеть. Примером могут служить асинхронные двигатели, выпрямители, трансформаторы, электромагниты

ВАЖНО! При работе индуктивной нагрузки кривая тока всегда отстает от кривой напряжения на половину полупериода.

Емкостная нагрузка преобразует энергию электрического тока в электрическое поле, а затем преобразует энергию полученного поля обратно в электрический ток. Оба процесса опять же протекают в течение половины полупериода каждый. Примерами являются конденсаторы, батареи, синхронные двигатели.

ВАЖНО! Во время работы емкостной нагрузки кривая тока опережает кривую напряжения на половину полупериода.

Коэффициент мощности $\cos\phi$

Коэффициент мощности $\cos\phi$ (читается косинус фи) – это скалярная физическая величина, отражающая эффективность потребления электрической энергии. Проще говоря, коэффициент $\cos\phi$ показывает наличие реактивной части и величину получаемой активной части относительно всей мощности.

Коэффициент $\cos\phi$ находится через отношение активной электрической мощности к полной электрической мощности.

При более точном расчете следует учитывать нелинейные искажения синусоиды, однако, в обычных расчетах ими пренебрегают. Значение данного коэффициента может изменяться от 0 до 1 (если расчет ведется в процентах, то от 0% до 100%). Из расчетной формулы не сложно понять, что, чем больше его значение, тем больше активная составляющая, а значит лучше показатели прибора.

Понятие полной мощности. Треугольник мощностей

Полная мощность – это геометрически вычисляемая величина, равная корню из суммы квадратов активной и реактивной мощностей соответственно. Обозначается латинской буквой S.

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$, Также рассчитать полную мощность можно путем перемножения напряжения и силы тока соответственно. $S = U \cdot I$

Полная мощность измеряется в вольт-амперах (ВА). Треугольник мощностей – это удобное представление всех ранее описанных вычислений и соотношений между активной, реактивной и полной мощностями.

Катеты отражают реактивную и активную составляющие, гипотенуза – полную мощность. Согласно законам геометрии, косинус угла φ равен отношению активной и полной составляющих, то есть он является коэффициентом мощности.

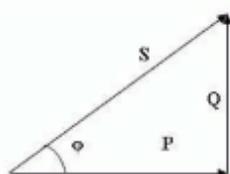
$$\cos\varphi = P/S.$$

P – активная мощность;

S – полная мощность;

Q – реактивная мощность.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



Как найти активную, реактивную и полную мощности. Пример расчета Все расчеты строятся на указанных ранее формулах и треугольнике мощностей. Давайте рассмотрим задачу, наиболее часто встречающуюся на практике. Обычно на электроприборах указана активная мощность и значение коэффициента $\cos\varphi$. Имея эти данные несложно рассчитать реактивную и полную составляющие. Для этого разделим активную мощность на коэффициент $\cos\varphi$ и получим произведение тока и напряжения. Это и будет полной мощностью. Далее, исходя из треугольника мощностей, найдем реактивную мощность равную квадрату из разности квадратов полной и активной мощностей.

Как измеряют $\cos\varphi$ на практике

Значение коэффициента $\cos\varphi$ обычно указано на бирках электроприборов, однако, если необходимо измерить его на практике пользуются специализированным прибором – фазометром. Также с этой задачей легко справится цифровой ваттметр.

Если полученный коэффициент $\cos\varphi$ достаточно низок, то его можно компенсировать практически. Осуществляется это в основном путем включения в цепь дополнительных приборов.

1) Если необходимо скорректировать реактивную составляющую, то следует включить в цепь реактивный элемент, действующий противоположно уже функционирующему прибору. Для компенсации работы асинхронного двигателя, для примера индуктивной нагрузки, в параллель включается конденсатор. Для компенсации синхронного двигателя подключается электромагнит.

2) Если необходимо скорректировать проблемы нелинейности в схему вводят пассивный корректор коэффициента $\cos\varphi$, к примеру, это может быть дроссель с высокой индуктивностью, подключаемый последовательно с нагрузкой.

Мощность – это один из важнейших показателей электроприборов, поэтому знать какой она бывает и как рассчитывается, полезно не только школьникам и людям, специализирующимся в области техники, но и каждому из нас.

РАЗДЕЛ 4. ЗАДАЧИ ПО СТАТИСТИКЕ

ЛЕКЦИЯ 8. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ. СРОКИ СЛУЖБЫ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ В ВЕРОЯТНОСТНОМ АСПЕКТЕ (2ч)

Аварии на подстанциях-события сравнительно редкие, но чрезвычайно значительные по своим последствиям. Они устраняются в основном действием специальных автоматических устройств, в иных же случаях ликвидируются действиями ОВБ.

Ликвидация аварий ОВБ заключается:

- в выполнении переключений, необходимых для отделения повреждённого оборудования и предупреждения развития аварии;
- в устранении опасности для персонала;
- в локализации и ликвидации очагов возгорания в случае их возникновения;
- в восстановлении в кратчайший срок электроснабжения потребителей;
- в выяснении состояния отключившегося от сети оборудования и принятие мер по включению его в работу или выводу в ремонт.

Причинами неожиданных повреждений оборудования, как правило являются некачественный монтаж и ремонт оборудования (например, отказы выключателей из-за плохой регулировки передаточных механизмов и приводов), неудовлетворительная эксплуатация оборудования, неудовлетворительный уход, например за контактными соединениями, что приводит к их перегреву с последующим разрывом цепи рабочего тока и возникновению К.З., дефекты конструкций и технологий изготовления оборудования (заводские дефекты), естественное старение и форсированные износы изоляции.

Причинами нарушений в работе электроустановок могут быть грозовые и коммутационные перенапряжения, при этом повреждается изоляция трансформаторов, выключателей, разъединителей и другого оборудования. Чрезмерное загрязнение и увлажнение изоляции способствуют её перекрытию и пробое.

Однофазные замыкания на землю в сетях 10-35кВ, сопровождающиеся горением заземляющих дуг (вследствие недостаточной компенсации ёмкостных токов), приводят к

перенапряжениям, пробоям изоляции электрических машин и аппаратов, а непосредственное воздействие заземляющих дуг - разрушению изоляторов, расплавлению шин, выгоранию цепей вторичной коммутации в ячейках КРУ и др.

Причины отказов в работе устройств релейной защиты, автоматики и аппаратуры вторичной коммутации следующие:

- неисправности электрических и механических частей реле, нарушение контактных соединений, обрывы жил контрольных кабелей, цепей управления и т.д.;
- неправильный выбор или несвоевременное изменение уставок и характеристик реле;
- ошибка монтажа и дефекты в схемах защиты и автоматики;
- неправильные действия персонала при обслуживании устройств релейной защиты и автоматики.

Дефекты трансформаторов и неисправности электрооборудования

Характерные неисправности электрооборудования, приводящие к отказу или выходу его из строя, могут наблюдаться при проведении работ по их техническому обслуживанию. Проявление неисправностей и их влияния на рабочие свойства электрооборудования и электрических машин, одни и те же физические эффекты могут быть вызваны различными причинами. Это часто не позволяет однозначно определить их неисправность. Истинная причина может быть определена в процессе дефектации с целью ее устранения. Если говорить о неисправностях конкретных видов электрооборудования, то, как правило, эксплуатационный персонал при работе ориентируется на перечень типовых неисправностей и способов их устранения, который содержится в каждом паспорте, поставляемых заводами-изготовителями вместе с самим электрооборудованием.

Анализ отказов и технических нарушений трансформаторов показал, что наиболее частыми повреждениями силовых трансформаторов являлись в обмотках:

- выгорание витков вследствие длительного неотключения сквозного тока КЗ на стороне низкого напряжения (ЕН);
- деформации обмотки из-за недостаточной динамической стойкости к токам КЗ;
- увлажнение и загрязнение обмоток вследствие негерметичности трансформатора;
- износ и снижение механической прочности изоляции обмоток;

в магнитопроводе:

- перегрев магнитопровода при образовании короткозамкнутого контура в магнитопроводе;
- в системе охлаждения:

-нарушение охлаждения трансформатора;

в устройстве регулировки под напряжением (РПН):

- нарушение контактов, приводящее к искрению, выгоранию контактов;

- механические неисправности РПН из-за износа узлов кинематической схемы;
- в прочих узлах:
- нарушение герметичности бака из-за дефектов сальников задвижек;
- перегревы контактных соединений из-за дефектов монтажа;
- течи масла при дефектах прокладок из-за некачественного монтажа, в том числе на вводах;
- увлажнение и загрязнение изоляции негерметичных вводов;
- отложения осадка на внутренней поверхности фарфора и на поверхности внутренней изоляции;
- старение масла в результате окислительных процессов;
- течи масла из-за дефектов монтажа, ремонта и эксплуатации.

Увлажнение и старение изоляции во многом определяет срок службы этого ответственного вида оборудования. Особенно большое влияние на электрическую прочность изоляции и срок ее службы оказывает содержание в ней влаги. Попадая из окружающего воздуха в масло, влага затем диффундирует в твердую изоляцию. При изменении температуры обмоток и масла происходит процесс взаимообмена влагой между маслом и бумажной изоляцией.

Кроме непосредственного снижения электрической прочности твердой изоляции при увлажнении существует опасность выделения влаги в масло при переходных тепловых процессах с образованием пузырьков. Это может также стать причиной снижения электрической прочности конструкции изоляции в целом.

Перегревы винтовой изоляции могут встречаться из-за местных перегревов массивных стальных деталей при перевозбуждении магнитной системы. Перевозбуждение вызывает вытеснение магнитного потока из-за трансформаторной стали в конструкционные стальные детали с наведением в них вихревых токов. Продолжительный повышенный нагрев конструкций опасен для соприкасающейся с ними изоляции.

На повреждаемость и характер дефектов отечественных трансформаторов в последнее время влияют такие особенности эксплуатации, как частные повышения напряжения, вызывающие перевозбуждение, низкие уровни нагрузки, маскирующие возможные местные перегревы, снижение качества профилактического обслуживания трансформаторов.

Основными признаками дефектов, требующими вывода силовых трансформаторов из работы, являются:

- сильный неравномерный шум и потрескивание внутри трансформатора;
- повышенный и постоянно нарастающий нагрев трансформатора при номинальной нагрузке и охлаждении;
- выброс масла из расширителя или разрыв диафрагмы выхлопной трубы;

- течь масла с понижением уровня ниже уровня масломерного стекла;
- резкое изменение цвета масла;
- наличие сколов и трещин на изоляторах;
- сильный нагрев контактов проходных шпилек.

В промежутке между двумя последовательными плановыми ремонтами возможны три состояния оборудования:

- исправное (работоспособное) - отсутствуют какие-либо дефекты оборудования;
- промежуточное - имеются «скрытые» дефекты, не приведшие за этот промежуток к аварийному отказу,
- неработоспособное - выявлен дефект, который исключает возможность дальнейшей эксплуатации.

При отсутствии контроля в этом промежутке проявляются только два состояния: исправное и неработоспособное. В первом случае ремонты выполняются согласно графику ППР, а во втором проводится аварийный ремонт (АР). При использовании диагностики выявляются все три состояния в зависимости от надежности диагностирования возможных дефектов.

По времени развития все дефекты подразделяются на две группы:

- мгновенно развивающиеся дефекты, которые должны устраняться средствами релейной защиты и автоматики (короткое замыкание между обмотками, пробой изоляции под воздействием перенапряжений и др.);
- развивающиеся дефекты, которые должны выявляться средствами непрерывного или периодического контроля (местные повышенные нагревы, повышенный уровень частичных разрядов, подгорание контактов переключающихся устройств и др.).

Логико-вероятностный метод оценки надежности систем

Метод, в котором структурная модель системы описывается средством математической логики, а количественная оценка надежности производится с помощью теории вероятностей называется ***логико-вероятностным*** (ЛВМ).

Число характерных задач, решаемых ЛВМ, включает в себя: определение пропускной способности переключателей, обоснование установки коммутационных аппаратов, выбор рационального варианта схемы системы. Множество возможных состояний системы можно описать с помощью алгебры логики. Логическая связь между элементами системы выражается знаками конъюнкции \wedge (И, \times (умножить)) и дизъюнкции \vee (ИЛИ, $+$ (сложить)). Каждый элемент может находиться в двух состояниях: работоспособном (1) и неработоспособном (0). Логико-вероятностный метод иногда называют методом деревьев событий. Он заключается в

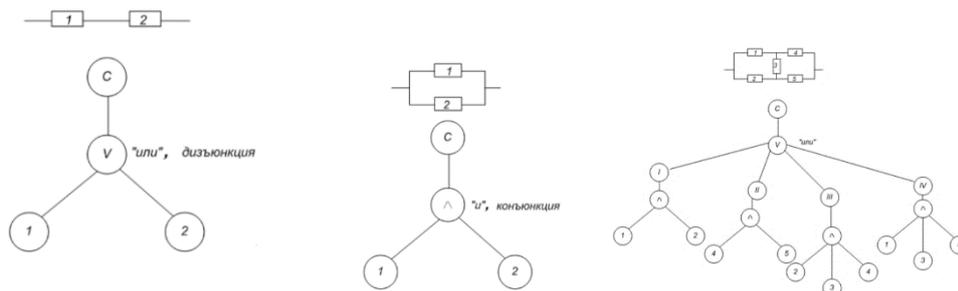
описании схемы функцией алгебры логики, выражающей функцию отказа системы или работоспособности.

Алгоритм метода

1) Составляется эквивалентная структурная схема системы.

2) Строится граф дерева событий на основе алгебры логики, начиная с нижнего яруса.

При этом изображаются в кружках элементы, отказ которых приводит к отказу части системы. Затем элементы соединяются логическими связями \wedge или \vee , в зависимости от структуры надежности и обозначается вершинное действие, т.е. отказ (можно работа системы). На рисунке показано как составлять графы деревьев событий на примере последовательного, параллельного соединений элементов системы и для системы с поперечной связью.



3) Дается логическое описание

отказов в системе на основе графа дерева событий (ДС). При этом работоспособность обозначается X , а отказ \bar{X} . Например, для последнего графа

$$\bar{X}_1 = \bar{X}_1 \wedge \bar{X}_2; \quad \bar{X}_II = \bar{X}_I \wedge \bar{X}_3; \quad \bar{X}_{III} = \bar{X}_2 \wedge \bar{X}_4 \wedge \bar{X}_5; \quad \bar{X}_{IV} = \bar{X}_1 \wedge \bar{X}_3 \wedge \bar{X}_5;$$

$$\bar{X}_C = \bar{X}_1 \vee \bar{X}_{II} \vee \bar{X}_{III} \vee \bar{X}_{IV} = (\bar{X}_1 \wedge \bar{X}_2) \vee (\bar{X}_I \wedge \bar{X}_3) \vee (\bar{X}_2 \wedge \bar{X}_4 \wedge \bar{X}_5) \vee (\bar{X}_1 \wedge \bar{X}_3 \wedge \bar{X}_5)$$

4) Осуществляется переход от логических переменных к вероятностным совместно с подстановкой соответствующих алгебраических знаков операции.

5) Рассчитывается численное значение вероятности отказов с учетом автоматического ввода резерва, если он предусмотрен в анализируемой схеме.

Преимущества логико-вероятностного метода:

1) можно применять при любой логической структуре системы, а не только при последовательно-параллельных логических схемах;

2) можно применять при любых распределениях наработки до отказа.

Недостатки:

1) не всегда удастся составить логическую функцию работоспособности или отказа, соответствующую рассматриваемой системе;

2) громоздкость метода для сложных систем преобразования.

У каждого электроприбора есть свой срок службы при правильном его использовании.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Печатные издания

1. Башмаков, М. И. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М. И. Башмаков. – Москва : Академия, 2019. – 256с.
2. Фирсов, А. В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей : учебник для учреждений сред. проф. образования / А. В. Фирсов ; под ред. Т.И. Трофимовой. – 8-е изд., стер. – Москва : Академия, 2019. – 352 с.

Сайты в сети Интернет

1. В.С. Дзюбан, А.С. Ришан, А.К. Маслий Справочник энергетика угольной шахты : [сайт]. – URL : <https://booksee.org/book/652457>
2. Википедия – свободная энциклопедия : [сайт]. – URL : <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Банк интерактивных профессиограмм : [сайт]. – URL : <http://prof.eduprof.ru/>
4. А.А. Губко Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий : [сайт]. – URL : <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektrooborudovanie-i-elektrosnabzhenie-gornyh-predpriyatiy.html>
5. И.В. Савельев Курс общей физики, том 2. Электричество_: [сайт]. – URL : <http://ind.pskgu.ru/ebooks/sav2.html>
6. ЕГЭ-2020, математика: задания, ответы, решения. Обучающая система «РЕШУ ЕГЭ» Дмитрия Гущина <https://math-ege.sdangia.ru/>