

ПРЕДИСЛОВИЕ

Жизнь современного человека немыслима без использования устройств, машин и оборудования, использующих электрическую энергию — самую удобную, самую универсальную форму энергии, незаменимую во многих случаях. С каждым годом происходит рост электрических установок в промышленности и сельском хозяйстве, в транспорте, а также в быту, медицинских и образовательных учреждениях. Широкое распространение и доступность электрических устройств формирует у людей неверные представления о степени опасности поражения электрическим током и стереотипы ошибочных действий в случае реализации этой опасности.

Характерная особенность электрических травм — высокая смертность. Многолетние статистические данные показывают, что число травм, вызванных электрическим током, составляет 0,5–1,0% общего количества несчастных случаев на производстве. Однако если рассматривать только случаи со смертельным исходом, то их доля составляет более 15%, а в энергетике — 40%.

В этих условиях существенную значимость приобретают вопросы защиты людей, в особенности работников, обслуживающих и эксплуатирующих электроустановки, от невидимой опасности — поражения электрическим током.

Цель настоящего курса — формирование знаний безопасной эксплуатации электроустановок, компетенций для решения практических задач, связанных с управлением и безопасностью труда на предприятии, а также развитие у студентов навыков научно-исследовательской деятельности в области электрической безопасности производственного оборудования.

Задачей курса является ознакомление студентов с явлениями, происходящими при воздействии электрического тока на организм человека, с методами решения задач производственной безопасности, снижения уровня электротравматизма, с мероприятиями по защите от поражения электрическим током в условиях прямого и косвенного прикосновения.

Учебная дисциплина направлена на повышение технической, гуманистической и правовой подготовки выпускников в области безопасности труда, на формирование у будущих специалистов чувства ответственности за личную и коллективную безопасность в процессе трудовой деятельности.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении естественно-научных (физика, химия, высшая математика), общепрофессиональных (материаловедение, безопасность жизнедеятельности, экология, научная организация труда, инженерная психология) и специальных дисциплин.

Настоящее учебное пособие учитывает опыт преподавания дисциплины «Электробезопасность» в Крымском инженерно-педагогическом университете и предназначено для студентов инженерных специальностей, в первую очередь направлений подготовки «Техносферная безопасность» профиля «Безопасность технологических процессов и производств», отвечает требованиям образовательно-профессиональной программы подготовки бакалавра данного направления. В связи с этим более расширено изложены теоретические основы электробезопасности, приведены сведения о методике расчетов и измерений (испытаний), обеспечивающих электрическую безопасность персонала, приведены ссылки на действующие в РФ нормативные правовые акты и оригинальные библиографические источники.

Основной материал пособия соответствует основной программе бакалавров указанных направлений подготовки и, по мнению авторов, является обязательным для изучения. Дополнительный (сверхпрограммный) материал набран меньшим кеглем. В приложении вынесены некоторые факультативные вопросы, которые имеют информационный и вычислительный характер.

В результате изучения данного курса студент должен:

знать:

— механизм действия электрического тока на организм человека, критерии его безопасности;

— существующие мероприятия и средства защиты от воздействия электрического тока и сопутствующих ему явлений;

— нормативные требования безопасности и охраны труда в электроустановках;

— причины электротравматизма в отрасли;

уметь:

— обосновать предложения по совершенствованию мероприятий и средств защиты от поражения электрическим током в сфере профессиональной деятельности;

— формулировать основные требования к электробезопасности используемого электрооборудования;

— оказывать первую помощь пострадавшим от воздействия электрического тока, владеть навыками использования средств защиты, используемых в электроустановках.

В пособии делается акцент на физической природе рассматриваемых явлений, на обосновании нормативных требований электробезопасности, приводятся подробные выводы основных формул и соотношений, используемых в практических расчетах, а также рассматриваются современные защитные устройства, не отраженные в существующей учебно-методической литературе. Впрочем, автор в некоторой мере разделяет точку зрения Д. Гиббонса: «Обучение редко приносит плоды кому-либо, кроме тех, кто предрасположен к нему, но им оно почти не нужно».

ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

1. Электрический ток, напряжение, электродвижущая сила

Электрический ток — это направленное движение заряженных микрочастиц — носителей электрического тока — в проводящей среде под воздействием электрического поля. В металлах этими частицами являются свободные электроны, в жидкостях (электролитах) — положительно и отрицательно заряженные ионы, в полупроводниках — электроны и дырки. О наличии тока в проводниках можно судить по сопутствующим явлениям (признакам) — тепловому, химическому и магнитному. Ток, проходя через металлический проводник, вызывает его нагрев, жидкость — разложение на составные химические части (электролиз), газ — свечение.

Электрический ток в проводнике — *ток проводимости* — количественно характеризуется величиной заряда q , переносимого частицами через его поперечное сечение в единицу времени:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

В системе СИ единицей тока является *ампер* (обозначается прописной буквой A). Исходя из определения электрического тока при величине тока 1 А через поперечное сечение проводника за 1 с проходит 1 Кл электричества ($6,25 \cdot 10^{18}$ электронов). На практике используются также десятичные (дольные) единицы тока: *миллиампер* — 1 мА (1 mA — международное обозначение) = 10^{-3} А, *микроампер* — 1 мкА (1 μA) = 10^{-6} А, *наноампер* — 1 нА (1 nA) = 10^{-9} А.

Для переменного тока (тока, изменяющегося во времени) вводится понятие *мгновенного значения тока* — тока в рассматриваемый момент времени (обозначается строчной буквой — i):

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}.$$

В зависимости от характера изменения тока во времени различают: постоянный переменный синусоидальный (промышленный), П-образный, пилообразный, пульсирующий и другие виды токов. Международное обозначение постоянного тока — символ *DC* (*от англ. direct current* — прямой ток, поток), переменного тока — *AC* (*от англ. alternating current*).

В настоящее время электростанции производят и передают электроэнергию исключительно в виде переменного синусоидального тока. Это связано со следующими его *преимуществами* перед постоянным током и током другой формы:

— сравнительная простота получения. Генераторы переменного тока просты, надежны и обладают высокой эффективностью (работают с КПД до 99%);

— малые потери при передаче на далекие расстояния (из-за возможности трансформирования, повышения или понижения напряжения посредством совершенного аппарата — трансформатора);

— удобство при использовании — электродвигатели переменного тока обладают наивысшими технико-эксплуатационными качествами;

— возможность выпрямления (преобразования в постоянный ток) сравнительно простыми электронными устройствами.

Недостатками переменного тока являются: повышенная опасность, риски поражения при прочих равных условиях в 3–5 раз выше относительно постоянного тока, а также принципиальная невозможность аккумулирования (отсутствия «склада готовой продукции»). Запасать и сохранять энергию переменного тока человечество еще не научилось.

Прибор для измерения величины электрического тока — *амперметр* — включается последовательно в цепь измеряемого тока с разрывом цепи (через обмотку амперметра проходит измеряемый ток). Амперметры можно включать в любое сечение неразветвленной цепи или ветви, так как ток одинаков на каждом его участке. Данное свойство есть следствие *принципа непрерывности тока* и закона сохранения электрического заряда.

Некоторые характерные значения токов, встречающихся на практике

50 мА — ток, протекающий через тело человека при пребывании под воздушными линиями электропередачи (при напряжении 110 кВ).

1 мА — ток, вызывающий начало физиологических ощущений у человека (пороговый ощутимый ток).

100 мА — величина тока, являющаяся смертельно опасной для человека при длительности его прохождения более 1с.

20 000 А — ток грозового разряда (молнии).

75 000 А — величина тока при электролитическом (промышленном) способе получения алюминия.

100 000 А — величина импульсного тока электромагнита, используемого для получения сверхвысоких магнитных полей (до 60 Тл).

Положительным направлением тока называется условно принятное направление, в котором движутся положительно заряженные частицы.

Напряжение (электрическое напряжение, *Voltage*) — это разность электрических потенциалов между двумя точками (*1* и *2*) рассматриваемого участка цепи. Оценивается работой, которую совершают электрическое поле напряженностью *E* (созданное источником), перемещая единичный электрический заряд на данном участке цепи:

$$U = \phi_1 - \phi_2 = \frac{A}{q} = \int_1^2 Edl.$$

Направление напряжения (условно-положительное направление напряжения) совпадает с направлением *уменьшения электрического потенциала*, т. е. с положительным направлением тока. В отличие от тока, напряжение всегда «привязано» к определенным элементам, участкам цепи, имеет начало и конец. Это точки, в которых заряды имеют различные значения энергии; вольтметр (прибор для измерения напряжения) измеряет, по существу, разность этих энергий.

Единица напряжения — *вольт* (В) (V — международное обозначение). В электротехнике употребляют также кратные единицы напряжения: *киловольт* 1 кВ (kV) = 1000 В и *мегавольт* 1 МВ (MV) = = 10^6 В.

Прибор для измерения напряжения — вольтметр — подключается параллельно исследуемому участку цепи (к точкам *1* и *2*, без разрыва цепи).

Некоторые характерные значения напряжений, встречающиеся на практике

50 В — минимальное значение безопасного для жизни человека напряжения (частотой 50 Гц);

220 В — стандартное сетевое напряжение в РФ (230 В — в ЕС, 110 В — в США, Северной и, частично, Южной Америке; 240 В — Австралии, Новой Зеландии);

600 В — напряжение контактной сети троллейбусных (трамвайных) линий;

10 кВ — напряжение питающей сети трансформаторных подстанций потребителей;

1150 кВ — напряжение (проектное) линии электропередачи «Экибастуз-Кокчетау»;

40 МВ — напряжение между облаками, облаком и землей при грозовом разряде в атмосфере.

Электродвижущая сила (ЭДС) — величина, характеризующая способность источников электрической энергии вызывать электрический ток (за счет сил неэлектрической природы — *сторонних сил*). Определяется работой, которую совершает источник, за счет сторонних сил, перемещая единичный положительный заряд внутри источника от одного полюса до другого:

$$E = \frac{A_{cm}}{q}.$$

За направление ЭДС принято направление действия сторонних сил в источнике питания, то есть от полюса «минус» к полюсу «плюс». Величину E измеряют вольтметром, присоединяя его к полюсам при разомкнутой внешней цепи.

Ток в цепи поддерживается электрическим полем, создаваемым источником электрической энергии, распространяющимся по проводникам со скоростью света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — это скорость распространения тока вдоль проводника. При этом сами заряженные частицы — носители электрического тока (электроны) — движутся со сравнительно невысокими скоростями ≈ 1 мм/с.

Гидродинамической аналогией электрического тока в цепи может служить поток воды, в замкнутом трубопроводе обусловленный действием роторного насоса H (рис. 1а).

Между точками a и b при работе насоса создается разность гидростатических давлений, благодаря которой вода течет в трубопроводе по пути $b \rightarrow c \rightarrow a$. Поток воды поддерживается исключительно за счет разности давлений в точках a и b , создаваемой насосом. Тогда как внутри насоса движение воды (в противоположном направлении от a к b) обусловлено другой причиной — упругими силами, действующими со стороны лопастей насоса на воду. При этом скорость потока жидкости — скорость распространения в ней давления — равна скорости звука.

Механическую аналогию можно проследить на примере ременной передачи (рис. 1б). При вращении ведущего шкива 1 все части (частицы) ремня одновременно приходят в движение, обусловливая его перемещение по всей длине.

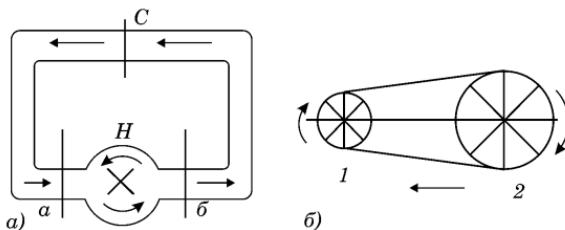


Рис. 1

Гидродинамическая и механическая аналогия электрического тока

2. Электрическое сопротивление

Электрическое сопротивление — это тормозящее действие (противодействие, своеобразное «трение») проводников направленному движению заряженных частиц — электрическому току. Данное

явление обусловлено столкновением движущихся зарядов с атомами (ионами), образующими кристаллическую решетку твердого тела.

Мерой указанного противодействия проводника протеканию в нем тока является *электрическое сопротивление* R , или просто *сопротивление*. Величина сопротивления зависит от рода вещества проводника, его геометрических размеров и формы, а также от внешних факторов (например температуры).

Для цилиндрических и призматических проводников (проводок, проводов, шин, лент) при постоянном токе, указанная зависимость имеет вид:

$$R = \rho \frac{l}{s},$$

где ρ — *удельное электрическое сопротивление* материала, из которого изготовлен проводник (единица измерения — Ом·м) и температуры, l — длина проводника (м); s — площадь его поперечного сечения (м^2).

Основной единицей сопротивления является *Ом* (Ω — международное обозначение), производными — *килоом* (кОм), 1 кОм (к Ω) = = 1000 Ом, *мегаом* (МОм), 1 МОм (М Ω) = $1 \cdot 10^6$ Ом.

Наибольшей проводимостью (наименьшим удельным сопротивлением) обладают чистые беспримесные металлы: *серебро* — имеющий рекордно низкое значение сопротивления $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8}$ Ом·м при 20°C, *меди* ($1,8 \cdot 10^{-8}$), *золото* ($2,2 \cdot 10^{-8}$), т. е. элементы первой группы периодической системы, а также *алюминий* ($2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м). Невысокую проводимость имеют *платина* ($10 \cdot 10^{-8}$ Ом·м), *олово* ($11,3 \cdot 10^{-8}$), *сталь* ($13 \cdot 10^{-8}$), *свинец* ($21 \cdot 10^{-8}$), *чугун* ($140 \cdot 10^{-8}$). Наименьшей проводимостью (высоким удельным сопротивлением) характеризуются специальные сплавы: *манганин* (85% Cu, 12% Mn, 3% Ni) — $47 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; *константан* (58,8 Cu, 40 Ni, 1,2 Mn) — $50 \cdot 10^{-8}$; *нихром* (60Ni, 30Cr, 4Mn, 6Fe) — $105 \cdot 10^{-8}$; *фехраль* (80 Fe, 16Cr, 4Al) — $120 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

При очень низких температурах (приблизительно -260 – -270 °C) у большинства металлов, в том числе и обладающих сравнительно низкой проводимостью при комнатных температурах (свинца, олова, цинка, алюминия и др.), наблюдается *сверхпроводимость* — резкое падение сопротивления до чрезвычайно низкого, практически неизмеримого уровня ($\rho \sim 10^{-25}$ Ом·м, что в 10^{17} раз меньше, чем у меди при комнатных температурах). Однако этот эффект отсутствует в серебре, меди, золоте и других металлах, обладающих высокой проводимостью при нормальных условиях.

Величина обратная сопротивлению называется *проводимостью* G , единица которого называется *сименс* (1 См = 1 Ом⁻¹) в честь немецкого физика, электротехника и предпринимателя *Вернера Сименса* (1816–1892):

$$G = \frac{1}{R}.$$

На практике в качестве проводниковых материалов используются преимущественно медь и алюминий.

Медь обладает более высокой проводимостью, достаточно большой прочностью, однако имеет высокую стоимость. Медь — один из семи металлов (наряду с золотом, серебром, оловом, свинцом, железом и ртутью), известный человеку с глубокой древности. Добывают медь из сульфидных и оксидных руд, она встречается также в самородном состоянии. Более 40% всей добываемой меди идет на изготовление проводов и кабелей.

Медь один из четырех металлов, которые нечем заменить в технике (остальные — хром, марганец и свинец). Это сравнительно редкий элемент (26 место по распространённости в земной коре). С середины 1990-х гг. среднее содержание меди в разрабатываемых рудах — около одного процента и продолжает падать. По прогнозам экспертов, примерно в 2045 г. медь станет дефицитным материалом. Уже сейчас около половины меди в новых изделиях поступает из металломола.

Алюминий уступает меди по проводимости (на 40%) и прочности (приблизительно в три раза), однако характеризуется низкой плотностью (в 3,2 раза меньшей, чем медь), высокой стойкостью к атмосферной коррозии и распространённостью в природе — алюминий *третий элемент* (после кислорода и кремния) по объему его содержания в земной коре.

Небезынтересно отметить, что алюминий до конца XIX в. принадлежал к числу редких и дорогих металлов (превосходил стоимость серебра), вследствие трудности его получения традиционными (химико-термическими) методами. Оксид алюминия (исходный материал для получения алюминия входящий в состав алюминиевых руд — *бокситов*) является весьма неактивным химическим соединением, не проводит электрический ток и имеет очень высокую температуру плавления (около 2050°C). Производство алюминия в промышленных масштабах стало возможным после открытия (в 1886 г.) П. Эру и Ч. Холлом (США) технологии получения алюминия *электролизом криолитно-глиноземного расплава* при 950–970°C.

Алюминий в настоящее время получают исключительно указанным выше электрохимическим способом. Современные электролизеры работают при токах до 120–130 кА, потребляя 18 тыс. кВт·ч электроэнергии на тонну алюминия (что составляет более 40% его себестоимости). Первый завод по производству алюминия на территории России (в г. Волхов) вступил в строй в 1932 г.

Зависимость сопротивления металлических проводников от температуры, обусловленная зависимостью $\rho(t)$, выражается формулой (справедливой до температур $\approx 200^\circ\text{C}$):

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

где R , R_0 — сопротивление проводника соответственно при t и 0°C , α — температурный коэффициент сопротивления (ТКС), зависящий от рода вещества, из которого сделан проводник. Величина ТКС

определяет относительное приращение сопротивления при увеличении температуры на один градус (кельвин).

У металлов ТКС величина положительная (сопротивление возрастает с увеличением температуры), у электролитов, графита и беспримесных полупроводников — отрицательная. Большие значения ТКС имеют никель $\alpha = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$, медь и вольфрам ($4,1 \cdot 10^{-3}$), платина $3,9 \cdot 10^{-3}$, а также *полупроводники* (кремний, германий, окислы переходных металлов, сульфиды и другие соединения), величина ТКС которых достигает $\sim 8 \cdot 10^{-2} \text{ К}^{-1}$. Низкими значениями ТКС характеризуются специальные сплавы: *константан* (медно-никелевый сплав) — $5 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$, *манганин* (медно-марганцевый сплав) — $3,5 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$.

Зависимость сопротивления металлов и полупроводников от температуры позволяет создавать на их основе *преобразователи температуры* (терморезисторы), представляющие собой медные (ТСМ-датчики для интервала температур $-50 \dots +180^\circ\text{C}$) или платиновые (ТСП-датчики — $-186 \dots +750^\circ\text{C}$) проволоки диаметром 0,15 мм, намотанные на каркас и заключенные в оболочку. Терморезисторы на основе полупроводниковых материалов — *термисторы* — изготавливаются в виде миниатюрных стержней, дисков, бусинок и предназначены для работы в области температур от -60 до $+120^\circ\text{C}$.

Физические свойства основных проводниковых материалов, используемых в электротехнике, приведены в таблице 1.

Приборы для измерения сопротивления проводников называются *омметрами*. Омметр является комбинацией двух приборов: амперметра и вольтметра, а также включает в себя источник электрической энергии.

Приводим сведения о величинах сопротивлений некоторых объектов, встречающихся на практике:

- 0,018 Ом — сопротивление медного провода длиной 1 м (сечением 1мм^2);
- 6,7 кОм — сопротивление тела человека (расчетное значение). Фактическое значение этой величины составляет: 10–14 кОм — у мужчин, 6–8 кОм — женщин;
- 0,5 МОм — минимально необходимое сопротивление изоляции электропроводок и электрических машин в нормальных условиях.

Резисторы — элементы электрической цепи (устройства), использующие свойство проводников оказывать препятствие прохождению электрического тока. Основным параметром резисторов является его *сопротивление* — R . Величина сопротивления резисторов, как указано выше, зависит от его геометрических размеров и рода материала, из которого он изготовлен, а также — факторов внешней среды.

Таблица 1

Физические свойства основных проводниковых материалов

| Материал | Плотность, кг/м ³ | Предел прочности при растяжении, МПа | Температура плавления, °C | Удельное электрическое сопротивление при 20°C, мкОм м | Температурный коэффициент сопротивления при 20°C, 10 ⁻⁴ °C ⁻¹ | Область применения в электротехнике |
|----------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|---|--|
| Алюминий | 2690–2703 | 75–180 | 657–666 | 0,0262–0,0295 | 40–43,2 | Для изготовления проводов, кабелей и шин |
| Медь | 8890–8940 | 256–409 | 1083 | 0,01724–0,0180 | 41,1–43 | Для изготовления проводов, шин, кабелей, контактов, плат |
| Сталь | 7870 | 700–1750 | 1400–1530 | 0,103–0,137 | 57–62 | Для изготовления шин, заземляющих проводников, электродов заземления |
| Серебро | 10 500 | 150–300 | 960,5 | 0,015–0,0162 | 34–38 | Для контактов, фольги и проводов |
| Латунь | 8500–8600 | 230–850 | 880–1070 | 0,43–0,108 | 10–27 | Для изготовления контактов, зажимов |
| Бронза | 8230–8900 | 520–1350 | 955–1050 | 0,095–0,1 | 4,9–18 | Для изготовления проводов, пружин, контактов |

Свойство резисторов изменять электрическое сопротивление под влиянием внешних факторов используется для измерения величин неэлектрической природы. Например, для измерения температуры используют специальные устройства — *терморезисторы*; освещения (светового потока) — *фоторезисторы*; деформации — *тензорезисторы*; относительной влажности воздуха — *гигрорезисторы*; индукции магнитного поля — *магниторезисторы* (магнетосопротивления) и др.

Тензорезистор (от лат. *tend* — напрягать, растягивать) — устройство для измерения механических усилий, напряжений и упругих деформаций, возникающих в деталях и узлах различных конструкций. Представляет собой тонкую проволоку (фольгу или пленку) на изолирующей основе, которая приклеивается к испытуемой детали. При деформации последней изменяются линейные размеры проволок и, как следствие, величина сопротивления R .

Проволочные тензорезисторы (тензодатчики, тензометры) разработаны в 1938 г., полупроводниковые (характеризующиеся высокой чувствительностью вследствие изменения физических свойств полупроводников при деформации) — американцем Ч. Смитом (в 1954 г.).

3. Работа и мощность электрического тока

Работа, которую совершает электрическое поле (созданное источником), перемещая электрический заряд на участке проводника, определяется напряжением на этом отрезке. Используя ранее приведенную формулу для электрического напряжения, можно записать:

$$A = q \cdot U,$$

при постоянном токе переносимый за время t заряд $q = I \cdot t$, работа тока определяется выражением

$$A = Uit.$$

Используя закон Ома, получаем ряд выражений для указанной работы — *работы электрического тока*, или, иначе, *электрической энергии*, поступающей в цепь (или электроприемник):

$$A = UIt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t.$$

Здесь необходимо подчеркнуть, что работу совершает *электрическое поле*, перемещая («проталкивая» через кристаллическую решетку) электроны из одной точки проводника в другую. Полученную от поля энергию электроны *полностью* расходуют, превращая ее в другие формы (тепловую, механическую, химическую), поскольку, как показывает опыт, дрейфовая скорость электронов в проводнике остается постоянной (в присутствии постоянно действующей силы со стороны поля).

Движущиеся электрические заряды, непрерывно сталкиваясь со структурными частицами проводника (атомами, ионами кристаллической решетки), передают им свою энергию, полученную от поля, вызывая тем самым увеличение интенсивности их колебаний, т. е. нагрев проводника — выделение тепла. В случае, когда ток является причиной движения проводника (в магнитном поле), часть этой работы превращается в механическую энергию. Данное преобразование энергии в значительной мере реализуется в **электродвигателях** — устройствах, в которых до 87% работы тока, иначе, энергии поля, превращается в механическое макроскопическое движение проводников (вращательное движение ротора электродвигателя).

Единицей работы (или энергии) электрического тока в системе СИ является **джоуль** (Дж, J), 1 Дж = 1 В·А·с. Вследствие малости указанной единицы для оценки параметров энергетических устройств на практике используют **внесистемную единицу киловатт-час** (кВт·ч, kW·h), имея в виду, что 1 кВт·ч = 3 600 000 Дж.

Работу электрического тока или энергию, получаемую потребителями от сети, измеряют **счетчиками электрической энергии** (энергомерами).

Мощность электрического тока P — это работа, совершаемая током в единицу времени (секунду), характеризует интенсивность совершаемой работы или скорость поступления электрической энергии в цепь.

$$P = \frac{A}{t}; P = U \cdot I = I^2 R = U^2 / R.$$

Единицей мощности в системе СИ является **ватт** (Вт, W), 1 Вт = 1 Дж/с = 1 В·А. Кратные единицы мощности: киловатт (кВт, kW), 1 кВт = 1000 Вт; мегаватт (МВт, MW), 1 МВт = $1 \cdot 10^6$ Вт; гигаватт (ГВт, GW), 1 ГВт = $1 \cdot 10^9$ Вт.

Обратите внимание: одну и ту же мощность (энергию) электрического тока можно получить и передать при низком напряжении и большом токе или при высоком напряжении и малом токе. Это важное свойство электрической энергии используют для его экономичной передачи на дальние расстояния и увеличения пропускной способности магистральных линий электропередачи путем повышения их напряжения (тем самым снижения в них величины тока, ответственного за основные потери в проводниках).

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Основные нормативные правовые акты, регламентирующие требования электробезопасности

Государственные нормативные требования электрической безопасности (электробезопасности) содержатся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, обеспечивающих реализацию государственной политики, направленной на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Нормативная база в этой области включает в себя следующие *основные документы*:

- Федеральный закон от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «*Об электроэнергетике*»;
- *Правила устройства электроустановок*, утвержденные приказом Минэнерго России от 20.05.2003 г. № 187 (седьмое издание);
- *Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок*, утвержденные приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 г. № 903н. Зарегистрированы Минюстом России 30 декабря 2020 г., регистрационный № 61957 (действуют до 31 декабря 2025 г.);
- *Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей*, утвержденные приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 13.01.2003 г. № 6.

Кроме того, вопросы электробезопасности на предприятиях регулируют ряд *подзаконных нормативных правовых актов*: постановления правительства РФ; приказы, постановления министерств и других центральных органов исполнительной власти (стандарты, нормы, регламенты, инструкции и другие документы, обязательные для исполнения).

Федеральный закон «*Об электроэнергетике*», принятый Государственной Думой 21 февраля 2003 г., устанавливает правовые основы экономических отношений в сфере электроэнергетики, определяет полномочия органов государственной власти на регулирование этих отношений, основные права и обязанности субъектов электроэнергетики при осуществлении деятельности в указанной сфере.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru