

В. Е. КИТАЕВ, В. К. ПЕТРОВ,
Л. С. ШЛЯПИНТОХ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ПРОФТЕХИЗДАТ ~ 1961

В. Е. КИТАЕВ, В. К. ПЕТРОВ, Л. С. I

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

*Одобрено Ученым советом
Государственного комитета Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебника для профессионально-технических учебных заведений
неэлектротехнических профессий*

ВСЕСОЮЗНОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФТЕХИЗДАТ
Москва 1961

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Книга «Электротехника» предназначена в качестве учебника для учащихся профессионально-технических училищ неэлектротехнических профессий.

Она содержит сведения по электростатике, законам постоянного тока, электромагнетизму, электромагнитной индукции, однофазному току, трехфазному току, трансформаторам, машинам переменного и постоянного тока, элементам электроники — электронным лампам, полупроводникам, фотоэлементам и электрической аппаратуре.

Введение и гл. 4, 5, 9, 10 написал В. К. Петров, гл. 2, 7, 8 — В. Е. Китаев, гл. 1, 3, 6, 11 и 12 — Л. С. Шляпинтох.

Все замечания и предложения просим направлять по адресу: Москва, Центр, Хохловский пер., 7, Профтехиздат.

Китаев Валентин Евгеньевич

Петров Вадим Константинович

Шляпинтох Лев Самойлович

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Научный редактор А. Ф. Симонов

Редактор издательства М. Л. Иоффе

Технический редактор А. М. Токер

Корректор С. Ж. Алеева и Р. И. Каплева

А 09536.

Сдано в набор 30/VI 1960.

Подп. к печ. 10/X 1960.

Формат бум. 60×92¹/₁₆—22 п. л.

В 1 п. л. 36/00 зн.

Уч.-изд. л. 20.2.

Уч. № 23/4712. Тираж 100 000. Цена 61 коп.

Набрано в тип. Профтехиздата. Москва, Хохловский пер., 7. Зак. 2262.
Отпечатано в типографии «Красный пролетарий» Госполитиздата Министерства культуры СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.

ВВЕДЕНИЕ

Производство электроэнергии — один из главных показателей экономического могущества страны.

В. И. Ленин придавал исключительное значение электрификации России. Он говорил, что «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны». Именно с электрификацией всей страны Ленин связывал постепенный перевод всех отраслей народного хозяйства на самую совершенную техническую базу.

За годы Советской власти производство электроэнергии в СССР выросло в 120 раз — с 1,94 млрд. кВт-ч в 1913 г. до 233 млрд. кВт-ч в 1958 г. Наша страна по производству электроэнергии вышла на второе место в мире. Сейчас на первый план выдвигается задача — в ближайшие годы догнать и перегнать по выработке электроэнергии Соединенные Штаты Америки.

Семилетним планом развития народного хозяйства на 1959—1965 гг. предусмотрено увеличить производство электроэнергии до 500—520 млрд. кВт-ч. Наряду с промышленными предприятиями будут электрифицированы 20 тыс. км железных дорог, все рабочие поселки, совхозы, ремонтно-технические станции, колхозы.

Капитальные вложения в строительство электростанций, электрических и тепловых сетей составят за семилетие 125—129 млрд. руб. При этом имеется в виду обеспечить преимущественное строительство тепловых станций на базе дешевых углей, природного газа и мазута, ускоренное развитие электрических сетей и создание единой энергетической системы СССР. Вступит в строй ряд атомных электростанций с различными типами реакторов.

Наука о техническом использовании электрических явлений называется электротехникой. Она устанавливает закономерности в области получения, передачи, распределения и преобразования энергии.

Развитие электротехники связано с именами многих выдающихся ученых.

Великий русский ученый М. В. Ломоносов провел большие исследования в области атмосферного электричества.

Французский физик Андре Ампер установил понятия электрического тока, электродвижущей силы и сопротивления.

Немецкий ученый Георг Ом, заметив аналогию между течением электрического тока и течением реки, сформулировал свой основной закон о соотношении между величиной тока, электродвижущей силой и сопротивлением.

Эти открытия позволили немецкому физiku Густаву Кирхгофу установить законы, которым подчиняется электрический ток в разветвленной цепи, и дать способы практического расчета электрических цепей.

Майкл Фарадей, талантливый английский рабочий, ставший крупным ученым, обнаружил связь между электрическими и магнитными явлениями.

Известный русский ученый Б. С. Якоби изобрел первый электрический двигатель; академик Э. Х. Ленц изучил связь между направлением индуктированных токов и силами их взаимодействия.

Русские изобретатели П. Н. Яблочков и А. Н. Лодыгин положили начало электрическому освещению, что явилось большим вкладом в дело развития электротехники и ее практического применения.

Выдающийся инженер-изобретатель М. О. Доливо-Добровольский сконструировал трехфазный асинхронный двигатель, трехфазный генератор и трехфазный трансформатор. Он же разработал основные вопросы передачи электрической энергии трехфазным током.

Изобретатели Н. Н. Бенардос и Н. Г. Славянов применили электрическую дугу для сварки и резания металлов.

Великому русскому ученому А. С. Попову человечество обязано открытием радио.

Большой вклад в развитие электроэнергетики внесли выдающиеся советские инженеры Р. Э. Классон, Г. О. Графтио и Б. Е. Веденеев — одни из первых строителей электрических станций и линий электропередач.

В области теории электрических машин автором многих трудов и изобретений являлся академик К. И. Шенфер.

Академик С. И. Вавилов создал теорию процессов свечения.

Большая роль электротехники в народном хозяйстве объясняется тем, что электрическую энергию легко преобразовывать и передавать на далекие расстояния, а при помощи электрической аппаратуры можно автоматизировать процессы производства.

Настоящий курс электротехники рассчитан на учащихся ремесленных, железнодорожных и профессионально-технических училищ, обучающихся неэлектротехническим профессиям.

Эта книга может служить учебным пособием и для учащихся технических училищ.

Глава 1

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

1. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Все вещества, как простые, так и сложные, состоят из молекул, а молекулы — из атомов.

Простые вещества — медь, алюминий, цинк, свинец и др. — состоят из одинаковых атомов данного вещества. Это значит, что молекулы меди содержат только атомы меди, а молекулы алюминия — только атомы алюминия. Молекулы сложных веществ образованы из атомов различных химических элементов. Например, молекулы поваренной соли (хлористого натрия) состоят из атомов хлора и атомов натрия. Молекулы воды содержат атомы водорода и атомы кислорода и т. д.

По своим размерам молекулы и атомы очень малы. Диаметр атома наиболее легкого элемента — водорода — примерно равен $\frac{1}{100\,000\,000}$ см. Если бы удалось уложить атомы водорода в один ряд, то на отрезке длиной в 1 см их поместилось бы сто миллионов.

Каждый атом имеет ядро, состоящее из протонов, нейтронов и других частиц. Вокруг ядра расположены электроны, находящиеся в непрерывном движении. Размеры электронов, протонов и других частиц атомов измеряются единицами, во много раз меньшими микрона. Эти единицы называются миллимикроном и ангстремом.

$$1 \text{ микрон (мк)} = \frac{1}{1000} \text{ мм.}$$

$$1 \text{ миллимикрон (ммк)} = \frac{1}{1000} \text{ мк.}$$

$$1 \text{ ангстрем (Å)} = \frac{1}{10} \text{ ммк.}$$

Радиус атома кремния в обычном состоянии равен $1,2 \text{ Å}$, что составляет $0,12 \text{ ммк}$.

В обычном состоянии атомы всех веществ содержат равное количество протонов и электронов. Так, атом водорода состоит

из одного протона и одного электрона, а атом свинца имеет 82 протона и 82 электрона. Электроны и протоны являются заряженными частицами материи. Электроны обладают отрицательным, а протоны — положительным электрическим зарядом.

Число электронов, содержащихся в атомах химических элементов, совпадает с номером каждого элемента в периодической системе Д. И. Менделеева. Заряды электронов и протонов по величине одинаковы, а вес электрона примерно в 1840 раз меньше веса протона. Нейтрон заряда не имеет, а вес его равен весу протона.

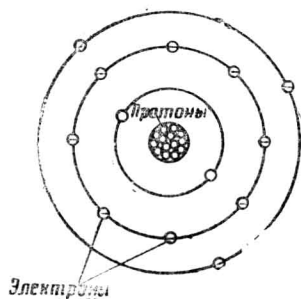


Рис. 1. Схема строения атома металла алюминия

Рассмотрим в качестве примера структуру атомов некоторых элементов. Схему строения атома металла алюминия, расположенного в таблице Менделеева под № 13 (рис. 1), можно себе представить в виде ядра, в котором имеются 13 протонов и 13 электронов, размещенных вокруг ядра в трех электронных оболочках¹. В первом слое-оболочке находятся два электрона, во втором — восемь, в третьем, наиболее удаленном от ядра, — три электрона.

Атом меди содержит 29 электронов и такое же количество протонов. Электроны атомов меди расположены вокруг ядра в четырех оболочках. В первой находятся два электрона, во второй — восемь, в третьей — восемнадцать, в четвертой, наиболее удаленной от ядра, — один электрон. Число электронов, расположенных в наиболее удаленной от ядра оболочке, совпадает с номером группы данного элемента в периодической системе Д. И. Менделеева, а общий отрицательный заряд электронов атома равен положительному заряду протонов, содержащихся в ядре.

2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАРЯДОВ. ЗАКОН КУЛОНА

Электрические заряды взаимодействуют между собой. Это взаимодействие заключается в том, что одноименные заряды взаимно отталкиваются, а разноименные притягиваются. Равные по величине положительные и отрицательные заряды электрически уравновешиваются — взаимно нейтрализуются.

По этой причине атомы и вещества в целом в обычном состоянии электрически нейтральны. Силы взаимодействия электрических зарядов определяются законом Кулона и направлены по прямой линии, соединяющей точки, в которых сосредоточены заряды.

¹ Электронная оболочка — область, внутри которой движутся электроны.

Согласно закону Кулона сила взаимодействия точечных электрических зарядов прямо пропорциональна произведению количества электричества в этих зарядах, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и зависит от среды, в которой находятся заряды:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{q_1q_2}{R^2}$$

В этой формуле сила взаимодействия зарядов обозначена буквой F (измеряется она в ньютонах¹), количество электричества каждого заряда — буквами q_1 и q_2 (измеряется в кулонах²), а расстояние между зарядами — буквой R (измеряется в метрах). Коэффициент $\frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}$ представляет собой величину,

характеризующую электрические свойства той среды, в которой находятся взаимодействующие заряды. В этом коэффициенте величина ϵ_0 называется диэлектрической проницаемостью среды (материала). В практической системе единиц она измеряется в $\frac{\text{фарадах}}{\text{метр}}$ (ф/м). Для вакуума (пустоты) $\epsilon_{0_v} = 8,854 \times 10^{-12}$ ф/м. Для всех других материалов ϵ_{0_m} больше, чем для вакуума на величину ϵ_r . Величина ϵ_r , показывающая, во сколько раз в данной среде электрические заряды взаимодействуют между собой слабее, чем в вакууме, называется относительной диэлектрической проницаемостью.

Величину ϵ_r можно выразить как отношение диэлектрической проницаемости данного материала к диэлектрической проницаемости вакуума:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_{0 \text{ материала}}}{\epsilon_{0 \text{ вакуума}}}.$$

Для вакуума $\epsilon_r = 1$.

В табл. 1 приведены данные об относительной диэлектрической проницаемости для некоторых материалов.

Таблица 1

Наименование материала	Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_r
Слюда	6—7
Фарфор	6,5
Мрамор	10
Бумага пропарафинированная	2,2

¹ 1 ньютон (н) = 102 г силы.

² 1 кулон (к) = $6,3 \times 10^{18}$ зарядов электрона.

Пример. Точечные заряды $q_1=2 \times 10^{-6}$ к и $q_2=15 \times 10^{-6}$ к расположены на расстоянии $R=0,5$ м. Относительная диэлектрическая проницаемость среды, находящейся между ними, $\epsilon_r = 10$. Определить силу взаимодействия между указанными зарядами.

Решение:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r R^2} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 15 \times 10^{-6}}{4 \times 3,14 \times 8,854 \times 10^{-12} \times 10 \times 0,5^2} \approx 0,1 \text{ н.}$$

Если в вакууме электрические заряды взаимодействуют с силой F_0 , то, поместив между этими зарядами, например, фарфор, их взаимодействие можно ослабить в ϵ_r раз, т. е. в 6,5 раза. Это значит, что сила взаимодействия между зарядами может быть определена как отношение $\frac{F_0}{\epsilon_r}$.

Пример. Вычислить, с какой силой будут взаимодействовать два заряда, пространство между которыми заполнено слюдой, если в вакууме они взаимодействуют с силой 0,306 н (31,2 г).

Решение. Из табл. 1 видно, что относительная диэлектрическая проницаемость слюды $\epsilon_r=6$. Сила взаимодействия зарядов

$$F = \frac{F_0 \text{ вакуума}}{\epsilon_r \text{ материала}} = \frac{0,306}{6} = 0,051 \text{ н,}$$

что составляет 5,2 г (в 6 раз слабее, чем в вакууме).

Из закона Кулона следует, что большие электрические заряды взаимодействуют сильнее, чем малые. С увеличением расстояния между зарядами сила их взаимодействия значительно ослабевает. Так, увеличив расстояние между зарядами в 8 раз, мы уменьшим силу их взаимодействия в 64 раза. Сократив расстояние между зарядами в 9 раз, мы увеличим силу их взаимодействия в 81 раз.

3. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ

Известно, что электроны находятся на разном расстоянии от ядра атома. В связи с этим, согласно закону Кулона, взаимодействие положительно заряженных протонов с электронами, расположенными в слое, ближайшем к ядру, значительно сильнее взаимодействия протонов с электронами, расположенными в наиболее удаленном слое.

Если от атомов данного вещества «оторвать» один или несколько таких слабо связанных с ядром электронов, обладающих отрицательным зарядом, то нарушится электрическое равновесие в атомах и вещество будет заряжено положительным электричеством.

Наоборот, если у атомов вещества количество электронов будет больше количества протонов, то тело приобретет отрицательный электрический заряд.

Изменить количество электронов в атомах различных твердых материалов — наэлектризовать тела — можно, например,

при помощи трения, воздействия световой энергии, а также нагревания.

Электризация трением. При трении стеклянной палочки о шелк (рис. 2) она заряжается положительным электричеством. Если прикоснуться такой палочкой к шарiku электроскопа, листочки последнего разойдутся на некоторый угол. Это покажет, что шарик электроскопа и листочки, прикрепленные к его стержню, зарядились однородным электричеством. По углу отклонения листочков можно судить о величине переданного шарiku заряда.

Электризация световой энергией. Профессор А. Г. Столетов в 1888 г. установил, что под действием света из ряда материалов — таких, как цинк, алюминий, цезий, натрий, свинец, калий и пр., — вылетают электроны и эти материалы заряжаются положительным электричеством. В истинности данного явления можно убедиться на опыте.

Возьмем электроскоп и вместо шарика укрепим на его стержне полированный диск из цинка. При отсутствии электрического заряда на цинке листочки электроскопа будут опущены.

Если на диск направить световой поток (рис. 3), листочки электроскопа оттолкнутся и разойдутся на некоторый угол. Следовательно, на диске появился электрический заряд.

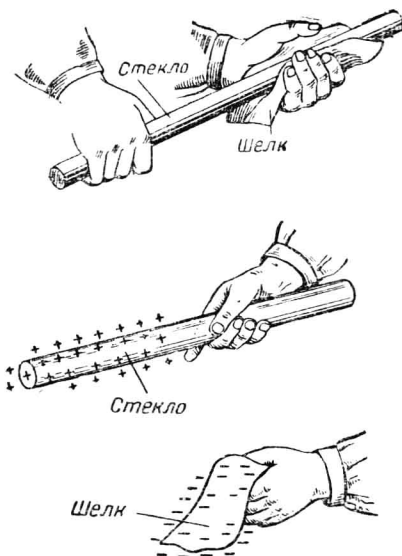


Рис. 2. Электризация трением

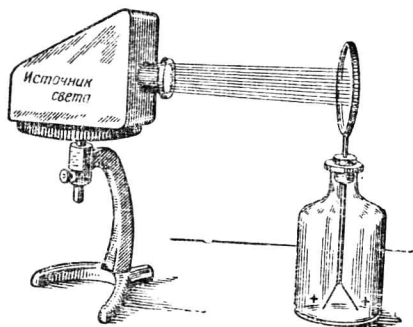


Рис. 3. Под действием светового потока цинк электризуется

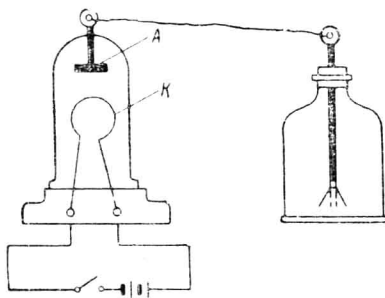


Рис. 4. При нагревании нити электроскоп заряжается

Явление, при котором под воздействием света из материалов вырываются электроны, называется фотоэффектом. На использовании его основано действие фотоэлементов (см. гл. 11).

Электризация нагреванием. При сильном нагревании металлов за их пределы вылетают электроны. В результате этого металл «теряет» электроны и заряжается положительно.

Если к металлической пластинке *A* (рис. 4) присоединить электроскоп и нагреть нить *K*, листочки электроскопа, отталкиваясь друг от друга, разойдутся на некоторый угол. Это объясняется тем, что из накаливаемой нити вылетают электроны, заряженные отрицательным электричеством. Через пластинку *A* они попадают на электроскоп и заряжают его.

Явление, при котором из сильно нагретых металлов за их пределы вылетают электроны, называется термоэлектронной эмиссией. На использовании этого явления основана работа электронных ламп (см. гл. 11).

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ. ПОТЕНЦИАЛ

Пространство, в котором ощущается действие каких-либо сил, можно назвать полем этих сил. Пространство, в котором оказывается силовое воздействие на заряженные частицы и тела, соответственно называется электрическим полем. Электрическое поле неотделимо от заряда, существует вместе с ним и окружает его. Через посредство сил электрического поля происходит рассмотренное выше взаимодействие зарядов — их взаимное притяжение и отталкивание.

Электрическое поле возникает вокруг заряда независимо от его размеров в любой среде и даже в вакууме.

Поле всякого заряженного тела составлено из полей, принадлежащих отдельным элементарным зарядам.

Если в электрическое поле поместить пробный положительный заряд, то силы этого поля окажут на него воздействие, стремясь переместить его в определенном направлении. Линия, по которой будет перемещаться пробный положительный заряд под действием сил электрического поля, называется силовой линией. Электрическое поле изображается при помощи силовых линий.

На рис. 5 показаны электрические поля положительного и отрицательного зарядов, а на рис. 6 — силовые линии электрического поля, созданного двумя одинаковыми по величине, но противоположными по знаку зарядами. Стрелки на концах силовых линий указывают направление движения положительного пробного заряда.

Основными величинами, характеризующими электрическое поле, являются потенциал и напряженность поля.

При внесении электрического заряда в электрическое поле приходится затрачивать определенную работу на преодоление

сил этого поля. Отношение работы, затрачиваемой на внесение заряда в один кулон из бесконечности в данную точку поля, называют потенциалом этой точки поля и обозначают буквой φ .

Таким образом, потенциал $\varphi = \frac{A}{Q}$.

Работа A сил электрического поля определяется произведением силы взаимодействия зарядов на путь и измеряется в

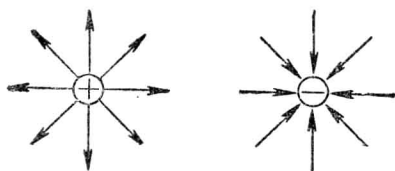


Рис. 5. Электрическое поле положительного и отрицательного зарядов

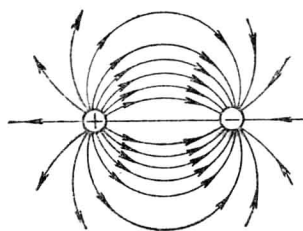


Рис. 6. Электрическое поле двух разноименных зарядов

ньютоном·метрах. Количество электричества Q измеряется в кулонах. Подставив эти величины в формулу, получим:

$\varphi = \frac{\text{ньютон} \cdot \text{метр}}{\text{кулон}}$. Поскольку 1 ньютон·метр = 1 джоулю (дж),

$\varphi = \frac{\text{джоуль}}{\text{кулон}}$ Единица $\frac{\text{джоуль}}{\text{кулон}}$ (дж/к) в электротехнике назы-

вается вольт (в). Следовательно, потенциал измеряется в вольтах.

Электрическое поле может быть положительным и отрицательным. В поле положительного заряда потенциал любой точки положителен, а в поле отрицательного заряда — отрицателен.

Потенциал различных точек электрического поля принято сравнивать с потенциалом земли, который считается равным нулю (подобно тому, как температуру тела сравнивают с температурой таяния льда). Это значит, что потенциал проводника, соединенного с землей, равен нулю. Положительный потенциал больше (выше) потенциала земли и больше отрицательного потенциала, а отрицательный потенциал меньше (ниже) потенциала земли.

При перемещении заряда в пределах электрического поля из точки A в точку B , потенциалы которых соответственно равны φ_A и φ_B , работа, совершаемая силами поля, будет равняться разности потенциальной энергии, которой этот заряд обладал в начальной и конечной точках своего пути, т. е. в точках A и B . Таким образом, работа A заряда выразится формулой:

$$A = Q(\varphi_A - \varphi_B).$$

Разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ принято называть напряжением, обозначать буквой U и измерять, так же как потенциал, в вольтах. На рис. 7 показаны три точки электрического поля, создаваемого каким-то зарядом. В точке A потенциал $\varphi_A = 15$ в (относительно земли), в точке B потенциал $\varphi_B = 10$ в, а в точке B потенциал $\varphi_B = -2$ в. Вычислим разность потенциалов — напряжение между этими точками:

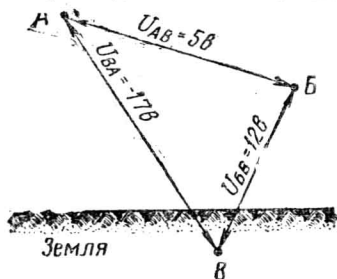


Рис. 7. Разность потенциалов между различными точками электрического поля

$$\begin{aligned} U_{AB} &= 15 - 10 = 5 \text{ в;} \\ U_{BB} &= 10 - (-2) = 12 \text{ в;} \\ U_{BA} &= -2 - (+15) = -17 \text{ в.} \end{aligned}$$

Нетрудно понять, что при перемещении заряда из одной точки поля в другие его точки будет совершена различная работа. Это связано с тем, что между разными точками поля имеются различные разности электрических потенциалов. Вычислим работу сил электрического поля, совершаемую при перемещении заряда $Q = 5$ к из точки A в точку B , из точки B в точку B и из точки B в точку A :

$$\begin{aligned} A_{AB} &= QU_{AB} = 5 \times 5 = 25 \text{ дж;} & A_{BB} &= QU_{BB} = 5 \times 12 = 60 \text{ дж;} \\ A_{BA} &= QU_{BA} = 5 \times 17 = 85 \text{ дж.} \end{aligned}$$

Из сказанного следует, что напряжение между двумя точками поля характеризует величину работы в джоулях, совершаемую единицей электрического заряда при его перемещении из одной точки в другую под действием сил электрического поля.

5. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ

Электрическое поле в каждой своей точке характеризуется напряженностью. Чем больше сила F , с которой электрическое поле действует на заряд Q , внесенный в его пределы, тем больше напряженность поля. В различных точках электрического поля напряженность может быть разной. Она определяется отношением силы F , с которой поле действует на внесенный в его пределы заряд, к величине Q этого заряда.

Следовательно, напряженность поля

$$E = \frac{F}{Q}, \quad (1)$$

где F — сила действия электрического поля на заряд в н;
 Q — величина электрического заряда в к.

Известно, что работа сил электрического поля, измеряемая в джоулях, равна произведению силы на путь:

$$\text{джоуль} = \text{ньютон} \cdot \text{метр}.$$

Из этого выражения следует, что

$$F = \text{ньютон} = \frac{\text{джоуль}}{\text{метр}} \quad (\text{дж/м}).$$

Подставив это выражение силы в формулу (1), получим:

$$E = \frac{\text{джоуль}}{\text{метр} \cdot \text{кулон}}.$$

Так как $\frac{\text{джоуль}}{\text{кулон}} = \text{вольт}$, напряженность электрического поля

$$E = \frac{F}{Q} \frac{\text{вольт}}{\text{метр}} \quad (\text{в/м}).$$

Вычислим в качестве примера напряженность двух электрических полей, действующих на пробный заряд $Q = 0,002 \text{ к}$ с силой $F_1 = 0,5 \text{ н}$ и $F_2 = 0,3 \text{ н}$.
Напряженность первого поля

$$E_1 = \frac{F_1}{Q} = \frac{0,5}{0,002} = 250 \text{ в/м};$$

напряженность второго поля

$$E_2 = \frac{F_2}{Q} = \frac{0,3}{0,002} = 150 \text{ в/м}.$$

Не следует путать понятия «напряженность электрического поля» и «напряжение».

Напряженность электрического поля характеризует поле в какой-либо одной его точке посредством силы, действующей на единичный заряд, внесенный в эту точку, а напряжение — это разность потенциалов между двумя точками электрического поля, т. е. работа, совершаемая силами поля при перемещении заряда из одной точки в другую.

При изучении электрического поля мы пользовались электрическими и неэлектрическими единицами измерения величин, в том числе такими, как вольт, кулон, метр, ньютон и т. д. В дальнейшем мы будем пользоваться и другими единицами измерения электрических величин. В СССР применяется абсолютная электромагнитная практическая система единиц. В этой системе за единицу длины принят метр, за единицу массы — килограмм, за единицу времени — секунда, за единицу тока — ампер. Указанная система называется МКСА (метр, килограмм, секунда, ампер). В приложении приведена сравнительная таблица соотношений основных электрических величин, выраженных в различных системах единиц.

6. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТОКЕ

Как указывалось выше, электроны находятся на разном расстоянии от ядра атома. В связи с этим электрическое поле ядра действует на них с различной силой.

В металлах вокруг ядра каждого атома имеются электроны, слабо связанные с ним. Часть этих электронов, оторвавшихся от своих ядер, находится в беспорядочном движении.

Такие электроны принято называть свободными электронами.

Под действием сил электрического поля можно упорядочить перемещение свободных электронов и заставить их двигаться в определенном направлении.

Движение свободных электронов в определенном направлении называется электрическим током¹.

Электрический ток в один ампер определяется перемещением $6,3 \times 10^{18}$ электронов за одну секунду.

7. ПРОВОДНИКИ И ИЗОЛЯТОРЫ

Перемещение электронов в определенном направлении и появление электрического тока возможно не во всех материалах. Так, если соединить два шара электроскопов, заряженных разноименными электрическими зарядами, палочкой из резины, фарфора или стекла, то заряды на этих шарах сохранятся и листочки электроскопов не опустятся. Это объясняется тем, что в таких материалах, как, например, фарфор, резина, мрамор, слюда, свободных электронов нет, а все имеющиеся электроны прочно связаны с ядром. Поэтому электрические поля зарядов не могут вызвать перемещения электронов в определенном направлении и по таким материалам электрический ток не проходит. Следовательно, одни материалы являются проводниками электрического тока, а другие — непроводниками (диэлектриками или изоляторами).

К диэлектрикам относятся воздух, слюда, мрамор, пластические массы, лаки и эмали, электрофарфор, лакоткани, стекловолокно и многие другие материалы.

Воздух является самым распространенным газообразным диэлектриком. Он заполняет пространство между проводами троллейбусной линии, изолирует токонесущие провода линий высокого напряжения и трамвайной сети от земли, служит изоляцией в конденсаторах, различных электрических машинах и аппаратах.

Слюда обладает рядом ценных для электроизоляционного материала свойств: влагостойкостью, теплостойкостью, гибко-

¹ Такое определение электрического тока справедливо только для твердых (металлических) проводников.

стью, высокой механической и электрической прочностью. Она получила широкое применение в электрических машинах, турбогенераторах, гидрогенераторах, электродвигателях. Кроме того, слюда используется при изготовлении электропаяльников, конденсаторов, радиоламп и др.

Для производства различных электрических машин необходима изоляция в виде больших листов или лент, а размеры пластинок слюды обычно небольшие. В связи с этим изготавливаются слюдяные миканиты, представляющие собой листовой или рулонный материал, склеенный из лепестков слюды при помощи лака или смолы. В качестве основания используется бумага или ткань.

Наряду с миканитами применяются слюдинитовая бумага, слюдинитовый картон и слюдинитовые ленты.

Пластические массы — материалы, получаемые путем прессования или литья под давлением различных аморфных веществ, способных размягчаться при повышенной температуре, — имеют высокую механическую прочность и отличаются легкостью.

В электротехнике большое распространение получили слоистые пластмассы — гетинакс и текстолит. Они выпускаются в виде листов, цилиндров и фасонных изделий. Их можно подвергать механической обработке.

Широко распространен также полихлорвинил. Благодаря хорошим электроизоляционным качествам, эластичности и влагостойкости он используется для изоляции проводов и кабелей.

Лаки и эмали обладают высокими электроизоляционными свойствами. Лаками называют растворы смол, битумов и масел в улетучивающихся растворителях. В процессе высыхания лаков, нанесенных на изделие, растворитель улетучивается, а основа (смола, битум, масло) затвердевает и образует лаковую пленку. Эта пленка плотно покрывает изделие.

Электрофарфор служит для изготовления самых разнообразных изоляционных изделий: изоляторов, роликов, деталей выключателей, патронов, втулок, воронок и др.

Проводниками являются все металлы, растворы солей, ксилот, земля.

Электрический ток подводят к приемникам электрической энергии при помощи медных, стальных или алюминиевых проводов. Провода бывают многожильные и одножильные. Они имеют различные марки: ПР, ПРГ, ПЭЛ и т. д.

Провод ПР (рис. 8) — одножильный медный провод с резиновой изоляцией, в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи. Для установок с напряжением до 380 в используется провод ПР-380 сечением от 0,5 до 150 мм², для установок с напряжением до 500 в — провод ПР-500 сечением от 0,75 до 400 мм².

Провод ПРГ-500 имеет гибкую, скрученную из тонких проволок медную жилу с резиновой изоляцией в пропитанной обмотке из хлопчатобумажной пряжи. Его выпускают тех же сечений, что и провода ПР. Благодаря своей гибкости провод ПРГ применяется для устройства проводки к электродвигателям и другим электрическим аппаратам, установленным на подвижных частях станков и машин.

Обмоточные провода служат для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов. Они покры-

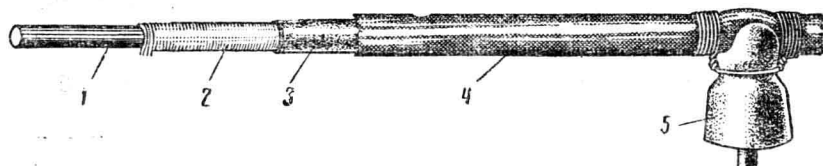


Рис. 8. Провод ПР:

1 — луженая медная жила, 2 — хлопчатобумажная жила, 3 — вулканизированная резина, 4 — асфальтированная бумажная ткань, 5 — фарфоровый изолятор

ваются эмалью или хлопчатобумажной пряжей. Эмалированные провода имеют сокращенное обозначение ПЭЛ, а провода с хлопчатобумажной изоляцией — ПБ.

Две изолированные жилы, свитые друг с другом, называются шнуром. Шнуры, как и провода, выпускаются разных марок: ШР, ШРО, ШРПС и др.



Рис. 9. Шнур ШР:

1 — луженые медные жилы, 2 — хлопчатобумажная нить, 3 — вулканизированная резина, 4 — хлопчатобумажная ткань (чулок), 5 — фарфоровый ролик

Шнур ШР (рис. 9) применяется для прокладки на роликах в сухих и отапливаемых помещениях, а также для присоединения настольных и переносных электрических ламп и бытовых электронагревательных приборов. Он имеет две многопроволочные медные жилы с резиновой изоляцией и оплеткой (чулком) из хлопчатобумажной ткани поверх каждой жилы. Этот шнур изготавливается для напряжения 220 в сечением жил 0,75; 1 и 1,5 мм².

Несколько изолированных друг от друга проводов, заключенных в общую свинцовую, алюминиевую или винилитовую