

ВВЕДЕНИЕ

Электротехника – область технических наук, изучающая электрические и магнитные явления и законы, а также результаты исследований в этой области для решения прикладных проблем электроэнергетики и электромеханики.

Электротехника включает в себя такие области техники, как электроэнергетика, электроника, системы управления, обработка сигналов, связь и телекоммуникации. Основное отличие от электроники заключается в том, что электротехника изучает проблемы, связанные с силовыми крупногабаритными электронными компонентами: линии электропередачи, электрические приводы, в то время как в электронике основными компонентами являются компьютеры и интегральные схемы.

Преимущество электрической энергии перед другими видами энергии объясняет широкую распространенность электротехники как науки. К таким преимуществам относятся: простота преобразования в другой вид энергии, передачи на любые расстояния, «разделения» энергии, а также управления электрическими приборами.

Единственный недостаток электроэнергии – невозможность сохранять ее запасы в течение долгого времени. Аккумуляторы и гальванические элементы способны содержать в себе энергию, которая годна лишь для работы маломощных устройств. В связи с этим электроэнергия производится в том количестве и тогда, когда она необходима потребителю.

Цель учебного пособия – формирование у будущих инженеров-строителей определенного круга знаний, умений и профессиональной компетенции на основе научно-теоретических и практических знаний в электротехнической области, чтобы они знали принципы действия, конструкцию, свойства, области применения и потенциальные возможности основных электротехнических и электронных устройств, применяемых в строительстве; могли определять параметры и характеристики типовых электротехнических устройств; знали технологию управления электротехническими аппаратами и машинами, могли контролировать их эффективную и безопасную работу.

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Наука о практическом использовании электрического тока – электротехника – базируется на трех основных положениях:

1 Протекание электрического тока связано с различными явлениями (нагрев, свечение, механическая работа и т.п.). Но в электротехнике рассматриваются только электромагнитные процессы.

2 Электромагнитные процессы в общем случае описываются уравнениями Максвелла в интегральной или дифференциальной форме. И решение этих уравнений достаточно сложное. Но так как в электротехнике рассматриваются синусоидальные колебания частотой до 50 кГц, то в пределах электрической цепи набега фазы (изменения фазы) практически не происходит. В этом случае электромагнитные процессы в электрической цепи можно описывать алгебраическими уравнениями, составленными по законам Ома и Кирхгофа.

3 Все электротехнические устройства могут быть представлены эквивалентными схемами замещения в виде графического изображения электрической цепи идеализированными элементами, которые учитывают явления, происходящие в реальной цепи.

1.1 Основные понятия

Электрическая энергия – это способность электромагнитного поля производить работу, преобразовываясь в другие виды энергии. Электроэнергия – наиболее совершенный и универсальный вид, сравнительно легко преобразующийся в другие виды энергии: механическую, тепловую, световую, химическую и др.

Совершение работы связано с перемещением зарядов через элементы, обладающие сопротивлением. Единица измерения электроэнергии (работы) – джоуль (Дж). Она соответствует работе по перемещению заряда в один кулон между точками цепи с напряжением в один вольт: $1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ Кл}$.

Основной электрической единицей тока в Международной системе единиц (СИ) является ампер (А). Определение эталонного значения величины ампера установлено на основании измерения

силы электродинамического взаимодействия двух проводников с током.

Электрическим током I называется направленное движение электрических зарядов (ионов – в электролитах, электронов проводимости в металлах).

Необходимым условием для протекания электрического тока является замкнутость электрической цепи.

Электрический ток измеряется в амперах (А).

Производные единицы измерения тока:

1 килоампер (кА) = 1000 А;

1 миллиампер (мА) = 0,001 А;

1 микроампер (мкА) = 0,000001 А.

Человек начинает ощущать проходящий через его тело ток в 0,005 А. Ток больше 0,05 А опасен для жизни человека.

(Приведем несколько примеров действия тока, дающих представление о том, что такое ампер. Рабочий ток наиболее распространенных обычных ламп накаливания 0,1–1 А, бытовой люминесцентной лампы – 0,02–0,15 А. Электрические плитки в зависимости от мощности потребляют ток примерно 1,5–5 А. Ток электродвигателей средней мощности равен 5–25 А, а в электрометаллургических установках он достигает 50 кА и более.)

При преобразовании других видов энергии в электрическую в преобразователях энергии возникает *электродвижущая сила* (ЭДС), потенциально способная совершать работу по перемещению в электрической цепи электрических зарядов. ЭДС измеряется в вольтах (В) и обозначается латинской буквой ϵ .

Если источник ЭДС подключить к замкнутой цепи, то она окажется под воздействием электромагнитного поля, а на ее участках установятся разности электрических потенциалов или напряжения.

Электрическим напряжением U называется разность потенциалов между двумя точками электрического поля.

Физическая скалярная величина, характеризующая энергетическое состояние поля, называется *потенциалом* данной точки поля. В поле помещается заряд q , он обладает потенциальной энергией W . Потенциал – это характеристика электростатического поля.

Единицей разности электрических потенциалов является вольт (В). $1 \text{ В} = 1 \text{ Вт} : 1 \text{ А}$.

Производные единицы измерения напряжения:

1 киловольт (кВ) = 1000 В;

1 милливольт (мВ) = 0,001 В;

1 микровольт (мкВ) = 0,00000 1 В.

Сопротивлением участка электрической цепи называется величина, зависящая от материала проводника, его длины и поперечного сечения.

Электрическое сопротивление измеряется в омах (Ом).

1 Ом = 1 В : 1 А.

Производные единицы измерения сопротивления:

1 килоОм (кОм) = 1000 Ом;

1 мегаОм (МОм) = 1 000 000 Ом;

1 миллиОм (мОм) = 0,001 Ом;

1 микроОм (мкОм) = 0,00000 1 Ом.

Электрическое сопротивление тела человека в зависимости от ряда условий колеблется от 100 до 1000 Ом.

Удельным электрическим сопротивлением ρ называется сопротивление проволоки длиной 1 м и сечением 1 мм² при температуре 20 °С.

Величина, обратная удельному сопротивлению, называется удельной электрической проводимостью γ .

Электропроводность – способность тела проводить электрический ток, а также физическая величина, характеризующая эту способность. В Международной системе единиц (СИ) единицей измерения электрической проводимости является сименс (См). 1 См = 1/Ом.

Мощностью P называется величина, характеризующая скорость, с которой происходит преобразование энергии, или скорость, с которой совершается работа.

Мощностью генератора называется величина, характеризующая скорость, с которой механическая или другая энергия преобразуется генератором в электрическую.

Мощностью потребителя называется величина, характеризующая скорость, с которой происходит преобразование электрической энергии в отдельных участках цепи в другие полезные виды энергии.

Системной единицей мощности в СИ является ватт (Вт). Он равен мощности, при которой за 1 секунду выполняется работа в 1 джоуль: 1 Вт = 1 Дж/1 с.

Производными единицами измерения электрической мощности:

1 киловатт (кВт) = 1000 Вт;

1 мегаватт (МВт) = 1000 кВт = 1 000 000 Вт;

1 милливатт (мВт) = 0,001 Вт;

1 лошадиная сила (л. с.) = 736 Вт = 0,736 кВт.

Единицы измерения электрической энергии:

1 ватт-секунда (Вт·с) = 1 Дж = (1 Н) (1 м);

1 киловатт-час (кВт·ч) = $3,6 \cdot 10^6$ Вт·с.

Так как основная единица работы и энергии в системе СИ – джоуль (Дж) – сама по себе мала, то в электроэнергетических цепях практической единицей для измерения работы, совершаемой электрическим током, обычно служит более крупная единица – киловатт-час (кВт·ч). 1 кВт·ч – работа, совершаемая током при непрерывном протекании его в течение одного часа с выделением на протяжении этого времени мощности 1 кВт. Следовательно, 1 кВт·ч = 3 600 000 Дж.

Пример. Ток, потребляемый электродвигателем, присоединенным к сети 220 В, составлял 10 А в течение 15 минут. Определим энергию, потребленную двигателем $W = Pt = UIt = 220 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 60 = 1980000$ (Вт·с). Разделив эту величину на 1000 и 3600, получим энергию в киловатт-часах: $W = 1980000 / (1000 \cdot 3600) = 0,55$ кВт·ч).

1.2 Основные законы электротехники

Основными законами электротехники являются законы Ома, Джоуля–Ленца, Ампера, Фарадея.

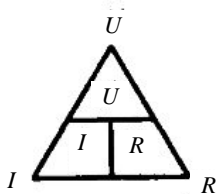
Закон Ома (по имени немецкого физика Г. Ома (1787–1854)): сила тока I в однородном участке цепи прямо пропорциональна напряжению U , приложенному к участку, и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению этого участка R :

$$I = U / R, \quad (1)$$

где I – сила тока, А;

U – напряжение, В;

R – сопротивление, Ом.



Закон Ома является главным законом электротехники. Взаимосвязь между падением напряжения на проводнике, его сопротивлением и силой тока легко запоминается в виде треугольника, в вершинах которого расположены символы U, I, R .

Закон Джоуля–Ленца – физический закон, дающий количественную оценку теплового действия электрического

тока. Открыт в 1840 году независимо Джеймсом Джоулем и Эмилием Ленцом. Позволяет определить количество тепловой энергии, которая выделяется в проводнике при протекании по нему электрического тока. В случае постоянной силы тока и сопротивления мощность тепла W , выделяемого в единице объёма среды при протекании электрического тока, пропорциональна произведению квадрата электрического тока на величину электрического сопротивления и на время протекания тока:

$$W = I^2 R t, \quad (2)$$

где t – время протекания тока.

Магнитное поле – это особый вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися электрически заряженными частицами. Оно характеризуется тем, что создается движущимися заряженными частицами и телами, проводниками с током, постоянными магнитами; действует на движущиеся заряженные частицы и тела, на проводники с током, на постоянные магниты, на рамку с током; является вихревым, так как не имеет источника.

Магнитные силы – это силы, с которыми проводники с током действуют друг на друга.

Закон магнитной индукции Ампера устанавливает взаимосвязь между током I в проводнике и силой F_m , действующей на этот проводник, если он находится в равномерном магнитном поле с индукцией B :

$$F_m = I B l \sin \alpha, \quad (3)$$

где l – длина проводника;

α – угол между током и магнитной индукцией (рисунок 1).

Сила Ампера направлена перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы dl и B .

Магнитная индукция – это силовая характеристика магнитного поля. Для определения направления силы, действующей на проводник с током, помещенный в магнитное поле, применяется правило левой руки (см.

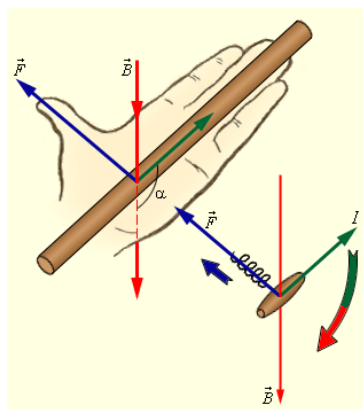


Рисунок 1 – Правило левой руки и правило буравчика

(<http://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraf16/theory.html>)

рисунок 1).

Магнитная индукция – векторная физическая **величина**, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля.

Электромагнитная индукция – это **явление** возникновения электрического тока в проводящем контуре при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.

Закон электромагнитной индукции Фарадея является основным законом электродинамики, касающимся принципов работы трансформаторов, дросселей, многих видов электродвигателей и генераторов, и устанавливает связь между индуктированием ЭДС e в электрических цепях и изменением магнитного потока Φ :

$$e = -d\Phi/dt. \quad (4)$$

Или другими словами: генерируемая ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока. Знак « \leftarrow » показывает, что ЭДС направлена таким образом, чтобы препятствовать изменению магнитного потока.

1.3 Генерирование электрической энергии

Прежде чем перейти к изучению теоретических и практических основ электротехники, определимся, как генерируется электрический ток. С этой целью используются **генераторы** – устройства, преобразующие энергию того или иного вида в электрическую энергию.

К генераторам относятся гальванические элементы, электростатические машины, термобатареи (в термобатареях используется свойство двух контактов разнородных материалов создавать ЭДС за счет разности температур контактов), солнечные батареи и т. п. Исследуются возможности создания принципиально новых типов генераторов.

Область применения каждого из перечисленных типов генераторов электроэнергии определяется их характеристиками. Так, электростатические машины создают высокую разность потенциалов, но неспособны создать в цепи сколько-нибудь значительную силу тока. Гальванические элементы могут дать большой ток, но продолжительность их действия невелика.

Преобладающую роль в наше время играют электромеханические

индукционные генераторы переменного тока. В этих генераторах механическая энергия превращается в электрическую. Их действие основано на явлении электромагнитной индукции. Такие генераторы имеют сравнительно простое устройство и позволяют генерировать большие токи при достаточно высоком напряжении.

В дальнейшем, говоря о генераторах, мы будем иметь в виду именно индукционные электромеханические генераторы.

1.4 Виды тока

Среди видов электрического тока различают:

– постоянный ток: обозначение (–) или DC (Direct Current = = постоянный ток).

– переменный ток: обозначение (~) или AC (Alternating Current = = переменный ток).

<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-153-stroitel'naya-tehnika/76.htm>

При постоянном токе (–) ток течет в одном направлении.

Постоянный ток поставляют, например, сухие батарейки, солнечные батареи и аккумуляторы для приборов с небольшим потреблением электричества. Для электролиза алюминия, при дуговой электросварке и при работе электрифицированных железных дорог требуется постоянный ток большой силы. Он создается с помощью выпрямления переменного тока или с помощью генераторов постоянного тока.

В качестве технического направления тока принято, что он течет от контакта со знаком «+» к контакту со знаком «–».

В случае переменного тока (~) различают однофазный переменный, трехфазный переменный и высокочастотный токи.

При переменном токе ток постоянно изменяет свою величину и свое направление. В нашей энергосети ток за секунду меняет свое направление 50 раз. Частота изменения колебаний в секунду называется частотой тока. Единица частоты – герц (Гц). Однофазный переменный ток требует наличия проводника, проводящего напряжение, и обратного проводника.

Переменный ток применяется на стройплощадке и в промышленности для работы электрических машин, например ручных шлифовальных устройств, электродрелей и круговых пил, а также для освещения стройплощадок и оборудования стройплощадок.

Генераторы трехфазного переменного тока вырабатывают на каждой из своих трех намоток переменное напряжение частотой 50 Гц. Этим напряжением можно снабжать три отдельные сети и при этом использовать для прямых и обратных проводников всего шесть проводов. Если объединить обратные проводники, то можно ограничиться только четырьмя проводами.

Общим обратным проводом будет нейтральный проводник (N). Как правило, он заземляется. Три других проводника (внешние проводники) имеют краткое обозначение $L1$, $L2$, $L3$. В единой энергосистеме, нашей страны напряжение между внешним проводником и нейтральным проводником, или землей, составляет 220 В, напряжение между двумя внешними проводниками, например между $L1$ и $L2$, – 380 В.

О высокочастотном токе говорят, когда частота колебаний значительно превышает 50 Гц (от 15 кГц до 250 МГц). С помощью высокочастотного тока можно нагревать токопроводящие материалы и даже плавить их, например металлы и некоторые синтетические материалы.

1.5 Классификация электротехнических материалов

Материал – это объект, обладающий определенным составом, структурой и свойствами, предназначенный для выполнения определенных функций. Это может быть обеспечение протекания тока – в проводниковых материалах, сохранение определенной формы при механических нагрузках – в конструкционных материалах, обеспечение непротекания тока, изоляция – в диэлектрических материалах, превращение электрической энергии в тепловую – в резистивных материалах. Обычно материал выполняет несколько функций, например, диэлектрик обязательно испытывает какие-то механические нагрузки, а значит, является конструкционным материалом.

Основные материалы, применяемые в энергетике и электротехнике, можно разделить на несколько классов: *проводниковые, магнитные, диэлектрические*. Общим для них является то, что они эксплуатируются в условиях действия напряжения, а значит, и электрического поля. В них протекают

электрические токи, выделяется тепловая энергия, происходят потери электрической энергии, нагревание материалов. Более специфичны магнитные материалы, в них запасается магнитная энергия, происходят ее потери, выделяется тепло при работе в переменном электрическом поле.

От правильного выбора электротехнических материалов, а также их качества и применения зависит экономичность работы электрических приборов, электроустановок, машин, аппаратов их надежность и долговечность.

По способности проводить электрический ток электротехнические материалы классифицируют на *проводниковые, полупроводниковые и электроизоляционные материалы* (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация электротехнических материалов

Группа	Вид материала	Вид электропроводности
Проводники	Металлы и сплавы. Электролиты. Ионизированные газы	Электронная, ионная
Полупроводники	Германий, кремний, селен и др.	Электронная
Диэлектрики	Стекло, слюда, фарфор, каучук, пластмассы, газы и др.	Электронная и ионная

1.5.1 Проводники

Способность материала проводить ток, как известно, характеризуется удельным электрическим сопротивлением.

Небольшим удельным сопротивлением (порядка 10^{-6} – 10^{-8} Ом·м) обладают **проводниковые материалы** (таблица 2). Они используются в электроустановках как токоведущие части.

Для характеристики степени противодействия проводников протеканию зарядов используют понятие сопротивления. Его значение зависит от материала, из которого изготовлен проводник, а также от его геометрических формы и размеров.

Таблица 2 – Проводниковые материалы

Материал	Назначение	Удельное сопротивление
Медь. Алюминий. Серебро. Железо. Натрий. Бронза. Латунь	Провода, кабели, токопроводящие детали, контактные элементы и др.	Низкое
Нихром. Фехраль. Константан. Манганин.	Нагревательные элементы, реостаты, резисторы и др.	Высокое
Свинец, олово. Никель, вольфрам. Электротехнический уголь.	Аккумуляторы, припои, электрошкетки и др.	Определяется назначением

О качестве проводников судят по их свойствам. Электрические свойства проводников определяются в основном удельной проводимостью и удельным сопротивлением (таблица 3).

Таблица 3 – Электротехнические характеристики металлов и сплавов (при температуре 21 °С)

Материал	Удельное сопротивление ρ , Ом·м	Удельная электропроводимость γ , См/м
Серебро Ag	$0,016 \cdot 10^{-6}$	$62,5 \cdot 10^6$
Медь Cu	$0,018 \cdot 10^{-6}$	$55,0 \cdot 10^6$
Алюминий Al	$0,027 \cdot 10^{-6}$	$35,0 \cdot 10^6$
Бронза	$(0,021-0,052) \cdot 10^{-6}$	$(47,6-19,2) \cdot 10^6$
Сталь	$(0,103-0,107) \cdot 10^{-6}$	$(9,7-7,29) \cdot 10^6$
Чугун	$0,501 \cdot 10^{-6}$	$1,90 \cdot 10^6$

Изделия из проводников многочисленны и имеют самую различную конструкцию, но по некоторым характерным признакам их можно подразделить на две основные группы:

– *проводники* – провода и кабели, шнуры и шинопроводы, для них характерна значительная длина по сравнению с поперечным сечением. Области применения – весьма разнообразны;

– *токопроводящие детали* – элементы в электрических аппаратах, машинах и других устройствах: зажимы, контакты, связывающие элементы и др.

В зависимости от предназначения и места монтажа токопроводящие детали могут быть *изолированными* и *неизолированными* и иметь различную конструкцию. Их изготавливают из меди или алюминия, а при необходимости большей механической

прочности и износоустойчивости – из латуни, бронзы, металлокерамики и др.

Соединения между токопроводящими деталями должны быть выполнены так, чтобы обеспечивалась хорошая электропроводимость.

Неразборные соединения изготовляют *прессованием, сваркой или пайкой*.

Сварка используется, главным образом, при создании крупных изделий. В зависимости от материала проводника и его размеров сварка может быть электродуговой, контактной или газопламенной.

Пайку используют для создания изделий с небольшими размерами. Нагревая изделия, подлежащие пайке, и используя соответствующие флюсы и припои, получают механически крепкие с малым переходным сопротивлением соединения.

С возрастанием температуры сопротивление металлических проводников растет.

1.5.2 Диэлектрики

Диэлектриками называют **электроизоляционные материалы**, которые практически не проводят электричество. Они располагают большим удельным сопротивлением (порядка 10^6 – 10^{17} Ом·м). Используются в электроустановках как изолирующие части для токоведущих частей. Удельное сопротивление некоторых диэлектриков при температуре воздуха 21 °С представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Удельное сопротивление некоторых диэлектриков (21 °С)

Вещество	Удельное сопротивление ρ , Ом·м
Бакелит	10^{11} – 10^{12}
Каучук	10^{14}
Полистирол	10^{15} – 10^{17}
Полиэтилен	10^{14} – 10^{15}
Резины для отвода статических зарядов	10 – 10^5
Полихлорвинил	10^{14}
Стекло	10^6 – 10^{15}
Эбонит	10^{13} – 10^{15}
Бензин	10^{10}
Вода	10^3 – 10^4
Воздух (сухой)	10^{14} – 10^{15}

Однако при увеличении напряжения свыше некоторого определенного для данного изоляционного материала значение его сопротивления резко понижается и материал полностью теряет изоляционные свойства. Причина этого явления состоит в том, что в материале образуется канал большой проводимости. Появление канала в газообразных и жидких диэлектриках называют *разрядом*, а в твердых – *пробоем*. После снятия напряжения газообразные и жидкие диэлектрики восстанавливают свои электроизоляционные свойства. Пробой в твердых диэлектриках – необратимый процесс.

Способность изоляционных материалов выдерживать напряжение до определенного значения без пробоя (разряда) называют **электрической** или **пробивной прочностью**.

Пробой может быть чисто *электрическим* или *электротепловым*. Причина электрического пробоя – ионизационные процессы в диэлектрике. Тепловой пробой происходит тогда, когда теплота, образующаяся в диэлектрике вследствие диэлектрических потерь, не успевает рассеяться в окружающей среде. В этом случае температура диэлектрика резко увеличивается и наступает пробой.

Изоляционные материалы по теплоустойчивости подразделяют на семь классов. Самый низкий класс соответствует максимально допустимой температуре 90 °С, самый высокий – температуре свыше 180 °С.

Свойства изоляционных материалов в большой степени зависят от воздействия окружающей среды: влажности, загрязнения, низких и высоких температур, химической активности, механических воздействий и др. Все это тем или иным способом ухудшает изоляционные качества материалов и приводит к их быстрому старению.

Электроизоляционные материалы используют:

- для изоляции токопроводящих частей оборудования между собой, по отношению к земле и другим нетокопроводящим элементам;

- в качестве диэлектрика в конденсаторах;

- для гашения электрической дуги в коммутационных устройствах.

При неправильном выборе изоляционного материала, например по электрической прочности, может произойти электрический пробой и оборудование выйдет из строя. Если ошибка произошла в выборе назначения материала, это может привести к серьезным нарушениям в электроснабжении и тяжелым авариям. Излишнее количество

изоляции приводит к удорожанию электротехнического оборудования, поэтому требуется хорошо знать основные свойства наиболее часто применяемых диэлектриков и области их применения в электроизоляционных конструкциях.

При конструировании и создании электрического оборудования очень важно правильно выбрать вид и характеристики изоляционного материала (рисунок 2).

Диэлектрики делятся по химическому составу на два типа: *органические и неорганические*.

К *органическим диэлектрическим материалам* относятся пластмассы (термопластичные и термореактивные), электроизоляционные компаунды, клеи, волокнистые материалы.



Рисунок 2 – Классификация диэлектрических материалов

Неорганические диэлектрики представлены двумя классами материалов: электроизоляционные стекла и керамические материалы.

Активные диэлектрики представляют собой материалы с нелинейной кривой поляризации. К ним относятся сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, жидкие кристаллы.

Электроизоляционные материалы отличаются также по фазовому состоянию: *твердые и жидкие*.

Электроизоляционные компаунды имеют высокие электроизоляционные свойства. Сам состав во время применения бывает жидкий, а после отвердевает и становится более устойчивым. Пропиточные компаунды используют в пропитке обмоток трансформаторов, электрических аппаратов и машин. Заливочные применяют для заливки полостей с целью герметизации в электромашинах и т.п.

Электроизоляционные лаки и эмали. Лак, по своей сути, это раствор для образования плёночно-защитного вещества. Его задача заключается в создании защитной лаковой плёнки, способствует этому его физико-химический процесс. Разделяются электроизоляционные лаки на три типа: клеящие, пропиточные и покровные.

Непротитанные, волокнистые электроизоляционные материалы – это рулонные и листовые материалы, изготовленные из волокон неорганического и органического происхождения.

Также к композиционным материалам относятся: пластические массы, слоистые электроизоляционные пластмассы, намотанные электроизоляционные изделия, минеральные электроизоляционные материалы, слюдяные электроизоляционные материалы, слюдопластовые электроизоляционные материалы, электрокерамические материалы и стекла, магнитные материалы и т.д.

1.5.3 Полупроводники

По сравнению с диэлектриками и проводниками у полупроводниковых материалов удельное электрическое сопротивление изменяется в значительном интервале – 10^5 – 10^8 Ом·м, отчего полупроводники имеют особые свойства в электричестве.

Протекание тока в полупроводнике обусловлено не только перемещением электронов, но и перемещением дырок (положительно заряженных вакансий). Это отличает механизм электропроводности полупроводников от проводников. В полупроводниках под действием электрического тока в одном направлении перемещаются свободные электроны, а в другом – дырки.

Проводимость полупроводниковых материалов лежит между проводимостью изоляторов и проводников. Чистыми полупроводниковыми элементами являются углерод (C), германий (Ge) и кремний (Si). Германий и кремний — атомарные полупроводники и наиболее подходят для применения в электронике.

Германий – хрупкий серовато-белый элемент, открытый в 1886 году. Порошкообразную двуокись германия получают из золы

некоторых сортов угля. Из этого порошка получают твердый чистый германий.

Кремний был открыт в 1823 году. Он широко распространен в земной коре в виде двуоксида кремния, которым богат песок, кварц, агат и кремень. Из SiO_2 химическим путем получают чистый кремний, который является наиболее широко используемым полупроводниковым материалом.

Полупроводниковый материал после получения должен быть модифицирован, чтобы он приобрел качества, необходимые для полупроводниковых устройств.

Полупроводниковые устройства используются в радиоэлектронных устройствах, усилителях электрических сигналов, выпрямителях переменного тока, а также в различных других областях.

1.5.4 Магнитные и другие материалы

Применяемые в электронной технике магнитные материалы подразделяют на две основные группы: магнитотвердые и магнитомягкие. В отдельную группу выделяют материалы специального назначения.

К магнитотвердым относят материалы с большой коэрцитивной силой ($H_s > 4000$ А/м). Они перемагничиваются лишь в очень сильных магнитных полях и служат для изготовления постоянных магнитов.

К магнитомягким относят материалы с малой коэрцитивной силой ($H_s < 4000$ А/м) и высокой магнитной проницаемостью. Они обладают способностью намагничиваться до насыщения в слабых магнитных полях, характеризуются узкой петлей гистерезиса и малыми потерями на перемагничивание. Магнитомягкие материалы используются в основном в качестве различных магнитопроводов: сердечников дросселей, трансформаторов, электромагнитов, магнитных систем электроизмерительных приборов и т. п.

Из электротехнических материалов конструкционного типа изготавливают конструктивные элементы электроустановок. К ним непосредственно имеют отношения различные электроизоляционные и проводниковые материалы. Например, из керамики изготавливают основания электронагревательных приборов и реостатов; из стали – конструкции, на которые крепят токоведущие части, также корпуса электрических машин, электрощиты; из пластмассы – рукоятки рубильников, щитки, различного типа корпуса электроизмерительных приборов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Электроизмерительные приборы
(<http://www.sibopt.ru/jelektroizmeritelnye-pribory-phaza.html>)