

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

---

кафедра электротехники, электроснабжения,  
автоматики и информационных технологий

## ЛЕКЦИЯ № 1

по дисциплине ***“ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И  
ЭЛЕКТРОНИКА “***

**ТЕМА № 1: ЭЛЕКТРОСТАТИКА.**

**ЗАНЯТИЕ № \_\_\_\_: Линейные электрические цепи  
постоянного тока .**

# Учебные вопросы:

## Линейные электрические цепи постоянного тока

1. Закон Кулона.
2. Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля.
3. Работа при перемещении заряда в электростатическом поле.
4. Проводники в электростатическом поле.
5. Электрический ток, сила и плотность тока.
6. Закон Ома. Сопротивление проводников.
7. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца.

---

## *Литература:*

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. — М.: Гардарики, 2002. — 638 с. — ISBN 5-8297-0026-3
2. Л. А. Бессонов. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Москва, «Высшая школа», 1996

- **Электротехника** — область техники, связанная с получением, распределением, преобразованием и использованием электрической энергии. А также — с разработкой, эксплуатацией и оптимизацией электронных компонентов, электронных схем и устройств, оборудования и технических систем[1].
- Под электротехникой также понимают техническую науку, которая изучает применение электрических и магнитных явлений для практического использования[2][3]. Электротехника выделилась в самостоятельную науку из физики в конце XIX века.
- В настоящее время электротехника как наука включает в себя следующие научные специальности (отрасли науки): электромеханика В настоящее время электротехника как наука включает в себя следующие научные специальности (отрасли науки): электромеханика, ТООЭ В настоящее время электротехника как наука включает в себя следующие научные специальности (отрасли науки): электромеханика, ТООЭ, светотехника В настоящее время электротехника как наука включает в себя следующие научные специальности (отрасли науки): электромеханика, ТООЭ, светотехника, силовая электроника. Кроме того, к отраслям электротехники часто относят энергетику<sup>[2]</sup>, хотя легитимная классификация<sup>[4]</sup> рассматривает энергетику как отдельную техническую науку. Основное отличие электротехники от слаботочной 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 другие устройства на базе интегральных схем, а также сами интегральные схемы<sup>[5]</sup>. В другом смысле, в электротехнике основной задачей является передача электрической энергии с помощью электрических

- Основы для развития электротехники заложили обширные экспериментальные исследования и создание теорий электричества и магнетизма. Широкое практическое применение электричества стало возможно только в XIX веке с появлением вольтова столба, что позволило как найти приложение открытым законам, так и углубить исследования. В этот период вся электротехника базировалась на постоянном токе.
- В конце XIX века, с преодолением проблемы передачи электроэнергии на большие расстояния за счёт использования переменного тока и созданием трёхфазного электродвигателя, электричество повсеместно внедряется в промышленность, а электротехника приобретает современный вид, включающий множество разделов, и оказывает влияние на смежные отрасли науки и техники.



Возникновению электроники предшествовало изобретение радио. Поскольку радиопередатчики сразу же нашли применение (в первую очередь на кораблях и в военном деле), для них потребовалась элементная база, созданием и изучением которой и занялась электроника. Элементная база первого поколения была основана на электронных лампах. Соответственно получила развитие вакуумная электроника. Её развитию способствовало также изобретение телевидения и радаров, которые нашли широкое применение во время Второй мировой войны.

Но электронные лампы обладали существенными недостатками. Это прежде всего большие размеры и высокая потребляемая мощность (что было критичным для переносных устройств). Поэтому начала развиваться твердотельная электроника, а в качестве элементной базы стали применять диоды и транзисторы.

Дальнейшее развитие электроники связано с появлением компьютеров. Компьютеры, основанные на транзисторах, отличались большими размерами и потребляемой мощностью, а также низкой надежностью (из-за большого количества деталей). Для решения этих проблем начали применяться микросборки, а затем и микросхемы. Число элементов микросхем постепенно увеличивалось, стали появляться микропроцессоры. В настоящее время развитию электроники способствует появление сотовой связи, а также различных беспроводных устройств, навигаторов, коммуникаторов, планшетов и т. п.

Основными вехами в развитии электроники можно считать:

- изобретения А. С. Поповым радио (7 мая 1895 года), и начало использования радиоприёмников,
- изобретение Ли де Форестом лампового триода, первого усилительного элемента,
- использование Лосевым полупроводникового элемента для усиления и генерации электрических сигналов,
- развитие твердотельной электроники,
- использование проводниковых и полупроводниковых элементов (работы Иоффе, Шотки),
- изобретение в 1947 году транзистора (Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн),
- создание интегральной микросхемы и последующее развитие микроэлектроники, основной области современной электроники.

# ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Существуют только два типа электрических зарядов: положительные и отрицательные:

- одноименные заряды друг от друга отталкиваются;
- разноименные - притягиваются.

Опытным путем было показано, что электрический заряд дискретен, т. е. заряд любого тела составляет целое кратное от элементарного электрического заряда ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл).

Соответственно электрон ( $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг) и протон ( $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг) являются носителями элементарных отрицательного и положительного зарядов.

Единица **электрического заряда** - **кулон (Кл)** - электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А за время 1 с.

# Вопрос 1. Закон Кулона

Закон взаимодействия неподвижных точечных электрических зарядов установлен Кулоном.

**Точечным** называется заряд, сосредоточенный на теле, линейные размеры которого пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием до других заряженных тел, с которыми он взаимодействует.

**Закон Кулона:** сила взаимодействия  $F$  между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, пропорциональна зарядам  $Q_1$  и  $Q_2$  и обратно пропорциональна квадрату расстояния  $r$  между ними:

$$F = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2},$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от выбора системы единиц.

Сила  $F$  направлена по прямой, соединяющей взаимодействующие заряды.

В СИ коэффициент пропорциональности равен:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.$$

Величина  $\varepsilon_0$  - называется электрической постоянной; она относится к числу фундаментальных физических постоянных и равна:

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/(\text{Н} \cdot \text{м}^2), \text{ или } \varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м},$$

где фарад ( $\Phi$ ) - единица электрической емкости.

Константа  $k$  в системе СИ равна:

$$k = 1/(4\pi \varepsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}.$$

## Вопрос 2. Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля

Для обнаружения и опытного исследования электростатического поля используется пробный *точечный положительный заряд*, который не искажает исследуемое поле. Если в поле, создаваемое зарядом  $Q$ , поместить пробный заряд  $Q_0$ , то на него согласно закону Кулона действует сила  $F$ , пропорциональная пробному заряду  $Q_0$ . Поэтому отношение  $F/Q_0$  не зависит от  $Q_0$  и характеризует электростатическое поле в той точке, где пробный заряд находится.

Величина  $E = F/Q_0$  называется **напряженностью** и является силовой характеристикой электростатического поля.

Напряженность поля точечного заряда в вакууме

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}.$$

(2.37)

Таким образом, **потенциал**  $\phi$  - физическая величина, определяемая работой по перемещению единичного положительного заряда при удалении его из данной точки поля в бесконечность. Эта работа численно равна работе, совершаемой внешними силами (против сил электростатического поля) по перемещению единичного положительного заряда из бесконечности в данную точку поля.

$$\varphi = \frac{U}{Q_0}.$$

**Единица потенциала - вольт (В):** 1 В есть потенциал такой точки поля, в которой заряд в 1 Кл обладает потенциальной энергией 1 Дж (1 В = 1 Дж/Кл).

Если поле создается несколькими зарядами, то потенциал поля системы зарядов равен алгебраической сумме потенциалов полей всех этих зарядов:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i}. \quad (2.47)$$

## Вопрос 4. Проводники в электростатическом поле

### Электрическая емкость уединенного проводника

**Уединенный проводник** - проводник, который удален от других проводников, тел и зарядов. Его потенциал прямо пропорционален заряду проводника.

**Емкость** (или просто **емкость**) для уединенного проводника :

$$C = Q/\phi, \quad [Ф]$$

Емкость проводника зависит от его размеров и формы, но не зависит от материала, агрегатного состояния, формы и размеров полостей внутри проводника. Это связано с тем, что избыточные заряды распределяются на внешней поверхности проводника. Емкость не зависит также ни от заряда проводника, ни от его потенциала.

**Единица емкости - фарад (Ф):** 1 Ф - емкость такого уединенного проводника, потенциал которого изменяется на 1 В при сообщении ему заряда 1 Кл.

Емкостью 1 Ф обладал бы уединенный шар, находящийся в вакууме и имеющий радиус  $R = C/(4\pi\epsilon_0) \approx 9 \cdot 10^6$  км, что примерно в 1400 раз больше радиуса Земли (электроемкость Земли  $C \approx 0,7$  мФ).

Следовательно, фарад - очень большая величина, поэтому на практике используются дольные единицы –

миллифарад (мФ)- $10^{-3}$ ,

микрофарад (мкФ )- $10^{-6}$ ,

нанофарад (нФ )- $10^{-9}$ ,

пикофарад (пФ)  $10^{-12}$ .

## Вопрос 5. Электрический ток, сила и плотность тока

**Электрическим током** называется любое упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.

В проводнике под действием приложенного электрического поля свободные электрические заряды перемещаются: положительные - по полю, отрицательные - против поля, т. е. в проводнике возникает электрический ток, называемый **током проводимости**.

Для возникновения и существования электрического тока необходимо:

- 1) наличие свободных носителей тока - заряженных частиц, способных перемещаться упорядоченно;
- 2) наличие электрического поля, энергия которого, каким-то образом восполняясь, расходовалась бы на их упорядоченное движение.

За направление тока условно принимают направление движения положительных зарядов.

Количественной мерой электрического тока служит **сила тока  $I$**  - физическая величина, определяемая электрическим зарядом, проходящим через поперечное сечение проводника в единицу времени:

$$I = dQ/dt. \quad (2.56)$$

Если сила тока и его направление не изменяются со временем, то такой ток **называется постоянным**. Для постоянного тока

$$I = Q/t, \quad [A], \quad (2.57)$$

где  $Q$  - электрический заряд, проходящий за время  $t$  через поперечное сечение проводника.

Физическая величина, определяемая силой тока, проходящего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока, называется **плотностью тока  $j$** :

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}} \quad [A/m^2] \quad (2.58)$$

## Вопрос 6. Закон Ома. Сопротивление проводников

Г. Ом экспериментально установил, что сила тока  $I$ , текущего по однородному металлическому проводнику, пропорциональна напряжению  $U$  на концах проводника:

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.61)$$

где  $R$  - электрическое сопротивление проводника.

Уравнение выражает **закон Ома для участка цепи** (не содержащего источника тока): сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника. Формула позволяет установить единицу **сопротивления  $R$  (Ом)**: 1 Ом - сопротивление такого проводника, в котором при напряжении 1 В течет постоянный ток 1 А.

Величина

$$G = \frac{1}{R} \quad (2.62)$$

называется **электрической проводимостью проводника**. Единица проводимости — симменс (См): 1 См - проводимость участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом.

**Сопротивление проводников** зависит от его размеров и формы, а также от материала, из которого проводник изготовлен. Для **однородного линейного проводника** сопротивление  $R$  прямо пропорционально его длине  $l$  и обратно пропорционально площади его поперечного сечения  $S$ :

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2.63)$$

где  $\rho$  - коэффициент пропорциональности, характеризующий материал проводника и называемый **удельным электрическим сопротивлением**.

**Единица удельного электрического сопротивления – ом·метр (Ом·м).**

Наименьшим удельным сопротивлением обладают серебро ( $1,6 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) и медь ( $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м). На практике наряду с медными применяются алюминиевые провода. Хотя алюминий и имеет большее, чем медь, удельное сопротивление ( $2,6 \cdot 10^{-8}$  Ом·м), но зато обладает меньшей плотностью по сравнению с медью.

## Вопрос 7. Мощность тока.

Мощность тока определяется выражением:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}.$$

### Единицы измерения:

- сила тока выражается в **амперах**,
- напряжение - в **вольтах**,
- сопротивление - в **омах**,
- мощность - в **ваттах**.

На практике применяются также внесистемные единицы работы тока: **ватт·час (Вт·ч)** и **киловатт·час (кВт·ч)**.

**Пример:** 1 Вт·ч - работа тока мощностью 1 Вт в течение 1 ч;  
1 Вт·ч = 3600 Вт·с =  $3,6 \cdot 10^3$  Дж; 1 кВт·ч =  $10^3$  Вт·ч =  $3,6 \cdot 10^6$  Дж.