Министерство образования и науки Российской Федерации
Омский государственный педагогический университет
(ФГБОУ ВПО «ОмГПУ»)

**Коришев В. И.**

# ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

*1-е издание допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов физических факультетов высших педагогических учебных заведений*

*Издание 3-е исправленное, дополненное*

Омск
Издательство ОмГПУ
2013

ББК 31.2Я73
К667

Печатается по решению редакционно-издательского совета Омского государственного педагогического университета

Научный редактор – В. С. Ямпольский, профессор, проректор по НИР ОГПИ

Рецензент – П. П. Бобров, профессор, доктор физ.мат. наук

**Коришев. В. И.**

К667 **Электротехника** : учебное пособие для студентов физических факультетов высших педагогических учебных заведений. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2013. – 140 с.

ISBN 978-5-8268-0958-2

Электрическая энергия необходимый атрибут жизни современного человека. Её практическое использование освобождает людей от рутинной работы, появляется время для творчества, научной деятельности, делает труд интеллектуальным.

В предлагаемом учебном пособии на инвариантной основе, рассмотрены основные электротехнические устройства и машины, позволяющие наиболее эффективно использовать электроэнергию. Приведен цикл лабораторных работ, при выполнении которых студенты на практике могут проверить теоретические положения.

Пособие написано в идеологии модульной педагогической технологии. Оно может быть рекомендовано для студентов не электротехнических специальностей, учителей физики и технологии.

ББК 31.2я73

ISBN 978-5-8268-0958-2

© Коришев В. И., 2013
© Омский государственный педагогический университет, 2013

# ВВЕДЕНИЕ

*Электротехника* – это наука о практическом использовании электромагнитных явлений. Под термином «электротехника» понимают также соответствующую отрасль техники.

Электротехника решает задачи:

– Преобразование и передача электрической энергии.

– Преобразование и передача сигналов или информации.

Решение этих задач обусловило развитие электротехники и её широкое проникновение во все области жизни современного общества. Электротехника, наряду с электроникой, информатикой, лазерной техникой, биотехнологией, относится к тем наукоёмким отраслям промышленности, которые сегодня определяют приоритетные направления развития мирового научно-технического прогресса.

Количество производимой энергии определяет жизненный уровень населения. Потребление энергии увеличилось вдвое в начале прошлого века примерно за 50 лет, в середине – примерно за 30 лет, в настоящее время – примерно за 15-20 лет. В общем объёме потребляемой энергии на долю электроэнергии приходится примерно 20%. Электрическая энергия вырабатывается на электрических станциях, которые, как правило, располагаются рядом с источником энергетического сырья. В основном энергию вырабатывают синхронными 3-х фазными электромагнитными генераторами в виде энергии переменного синусоидального тока частотой 50 Гц и напряжением 6,6 кВ, 11 кВ. Энергия от источника по линиям электропередачи передаётся потребителям. Наиболее экономично, с меньшими потерями передавать электроэнергию по высоковольтным линиям электропередач.

Потребители электроэнергии работают на низких напряжениях 220В, 380В, 6.6кВ. По этим причинам необходимо, по крайней мере, двойное преобразование электрического тока (рис.1).

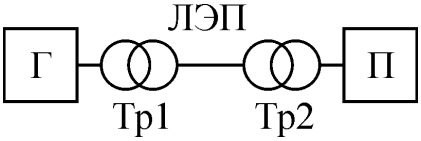


рис.1

Перспективы развития электроэнергетики определяются:

– разработкой новых материалов для ЛЭП (новые изоляционные материалы на сверхвысокие напряжения, устройства для преобразования переменного тока в постоянный и обратно);

– разработкой и практическим использованием высокотемпературных сверхпроводящих материалов;

- разработкой электротехнических устройств, работающих с высоким КПД (применение магнитогидродинамических генераторов (МГД) в качестве приставок к тепловым электрическим станциям);
- разработкой электрогенераторов и двигателей, работающих с охлаждением сжиженным газом;
- разработкой и использованием новых нетрадиционных источников энергии.

# ГЛАВА 1 ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

## Обоснование выбора гармонической формы переменного тока

В электротехнике используются периодические токи, т.е. такие токи, среднее значение которых за период равно нулю. Простейший пример такого тока – синусоидальный.

$$i=I_m sin(\omega t+\varphi) \qquad (1)$$

здесь $i$ – мгновенное значение тока, $I_m$ – амплитудное значение тока, ω - циклическая частота, $\omega t+\varphi$ - фаза колебаний, $\varphi$ - начальная фаза.

Синусоидальная форма тока была выбрана по нескольким причинам:

– электротехнические устройства, работающие на переменном синусоидальном токе, имеют более высокий коэффициент полезного действия (КПД) по сравнению с машинами постоянного тока, они проще в эксплуатации, устройстве и т.д.:

– простейшим и самым экономичным преобразователем переменного тока является трансформатор. Коэффициент полезного действия мощных трансформаторов приближается к 99,9%;

– математический аппарат, применяемый для расчёта синусоидальных колебаний, может быть применён для анализа цепей переменного тока;

– разработан метод анализа электрических цепей переменного тока с помощью функции комплексного переменного (Ч.Л.Штейнмец, 1883г.), позволяющий заменять сложные интегрально-дифференциальные уравнения, описывающие электрические цепи на линейные алгебраические.

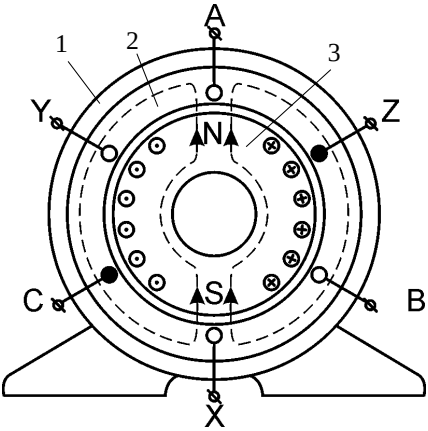

рис.1

### Простейший способ генерирования синусоидальной ЭДС.

Токи промышленной частоты получают на электрических станциях при помощи синхронных генераторов переменного тока. В зависимости от типа станции – тепловая, гидростанция, ветровая, атомная и др. варьируются конструкции генераторов. Однако принцип действия их одинаков. Синхронный генератор в основном состоит из двух частей (рис. 1):

– неподвижной – статора (2)

– подвижной - ротора (3)

Статор представляет собой полый ферромагнитный цилиндр, набранный из листов электротехнической стали. На внутренней поверхности цилиндра имеются пазы, в которые укладываются фазные обмотки А, В, С. Статор крепится в станине (1).

Ротор – подвижная часть, представляет собой либо постоянный магнит, либо электромагнит (на рисунке изображён двухполюсный электромагнит). Одному обороту ротора двухполюсного генератора соответствует один период переменной ЭДС в обмотке статора.

Для того, чтобы форма ЭДС была синусоидальной, необходимо, чтобы магнитный поток в воздушном зазоре между ротором и статором изменялся по закону косинуса $\Phi=\Phi_m \cos \alpha$, если $\alpha = \omega t$ (ротор вращается с угловой скоростью $\omega$), то с течением времени поток в воздушном зазоре между ротором и статором будет меняться по гармоническому закону $\Phi=\Phi_m \cos \omega t$.

Если ротор имеет число пар полюсов равное р, то $f = p\,n$, $f$ – частота тока Гц, $n$ – скорость вращения ротора в $с^{-1}$.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
# ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАЗВЕТВЛЕННЫХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*Ключевые слова*: неразветвленная цепь переменного тока, методы расчета - аналитический, геометрический (векторных диаграмм), коэффициент мощности, резонанс напряжений.

*Цель работы*:

Ознакомиться с неразветвленными цепями переменного тока, содержащими ***R***, ***L***, ***C*** и явлениями, протекающими в таких цепях.

*Оборудование*:

1. Щит школьный.
2. Вольтметр 300 В – 2 шт.
3. Ваттметр.
4. Амперметр до 5А – 1 шт.
5. Катушка с выдвижным ферромагнитным сердечником (1200 вит.).
6. Батарея конденсаторов.
7. Соединительные провода.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

В общем случае любая электрическая сеть состоит из резисторов (***R***), катушек индуктивностей (***L***), конденсаторов (***C***).

Электрическая цепь служит для направления электрической энергии от источника к потребителю.

*Электрической цепью называется совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий об ЭДС, токе и напряжении.* (Гост 19880-74, Электротехника).

Из общего курса физики известно, что мгновенное значение мощности

$$\boldsymbol{p = u \cdot i}$$

Чтобы найти ***p***, необходимо знать, как изменяется ***u*** и ***i***. Процесс нахождения ***u*** и ***i*** называется анализом электрической цепи.

В основу анализа электрических цепей положены правила Кирхгофа I и II-ое и уравнения связи (уравнения, связывающие ток и напряжение с параметрами элементов цепи).

Для простоты начнем рассмотрение электрических цепей переменного тока, содержащих линейные элементы, характеризуемые сопротивлением - ***R*** , индуктивностью - ***L*** и емкостью – ***C***.

В электротехнике применяются различные методы анализа электрических цепей. Коротко остановимся на некоторых из них.

## 1. Аналитический метод расчета

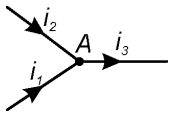

рис.1.1

Суть метода заключается в том, что расчет электрической цепи осуществляют, пользуясь аналитическими выражениями для токов и напряжений, производя соответствующие преобразования.

Так, чтобы посчитать ток в узле А (рис.1.1), применяем 1-ое правило Кирхгофа

$$i_3 = i_1 + i_2, \qquad (1)$$

если

$$i_1 = I_{m1} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1), \qquad (2)$$

$$i_2 = I_{m2} \cdot \sin(\omega t + \varphi_2); \qquad (2')$$

то

$$i_3 = I_{m1} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1) + I_{m2} \cdot \sin(\omega t + \varphi_2) = \\ = I_{m3} \cdot \sin(\omega t + \varphi_3) \qquad (3)$$

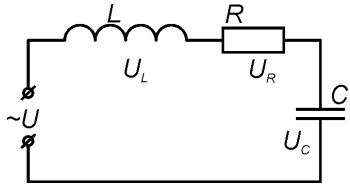

рис.1.2

Задача сводится к отысканию амплитуды $I_{m3}$ и фазы $\varphi_3$, гармонической функции $i_3$ - по известным тригонометрическим формулам.

*Пример*: Рассчитать напряжение на входе цепи, состоящей из последовательно включенных ***L***, ***R*** и ***C***, ток в цепи синусоидальный (рис.1.2). По второму правилу Кирхгофа сумма мгновенных значений напряжения на элементах цепи равна напряжению источника

$$u = u_L + u_C + u_R \qquad (4)$$

Если $i = I_m \cdot \sin \omega t$, то

$$U = -L\frac{di}{dt} + i \cdot R + \frac{1}{C}\int i dt \qquad (5)$$

Будем иметь интегрально-дифференциальное уравнение, решение которого довольно сложно.

## 2. Геометрический метод расчета (метод векторных диаграмм)

Суть метода. Всякой периодической синусоидальной функции частоты $\omega$ ставится в соответствие вектор, вращающийся против часовой стрелки с угловой скоростью $\omega$, модуль вектора равен амплитуде