

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Часть 1

Электромагнитные ПП: к.т.н, доц. Армеев Денис Владимирович

Кафедра:

Автоматизированных электроэнергетических систем (АЭЭС II-211)

# Рейтинговая система

<input type="checkbox"/>	Суммарный балл за экзамен:	40
<input type="checkbox"/>	Суммарный балл за семестр:	60
<input type="checkbox"/>	Лабораторные работы -	12
<input type="checkbox"/>	Практические занятия:	
<input type="checkbox"/>	Посещения -	8
<input type="checkbox"/>	Работа на занятиях -	14
<input type="checkbox"/>	Контрольное задание -	10
<input type="checkbox"/>	Контрольные работы -	12

В сумме максимум 100 баллов

Отлично от 87, Хорошо от 70 до 86, Удовлетворительно от 50 до 69

Курсовой проект

# Литература

## Основная:

- Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Москва, «Энергия», 1970, 520 с.
- Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. Учебник для электроэнергетических специальностей вузов. Изд. 4-е перераб. и доп. М. -1985 г.
- Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учебное пособие. - Новосибирск: Изд – во НГТУ, 2003.- 283с.
- Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: сб.задач / Гусев Е.П., Чебан В.М., Долгов А.П., Пушкарева Л.И., Коновалов А.В., Чекмазов Э.М.; Под ред. В.М.Чебана.- Новосибирск: Из-тво НГТУ, 2007.-123 с.
- Электронный учебник по Электромагнитным переходным процессам:  
<http://www.aees.power.nstu.ru>

## Дополнительная:

- Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.1.- «Энергия», 1967. – 522 с.
- Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов./Под общ. ред. К.М. Поливанова. Т.1. – М.: «Энергия», 1972. – 240 с.; ил.
- Левинштейн М.Л. Операционное исчисление в задачах электротехники. – Л.: «Энергия», 1972.– 360 с. ; ил.

# Электромагнитные переходные процессы

- Переходные процессы возникают при переходе электрической системы (ЭС) от одного режима к другому.
- Под режимом системы понимают совокупность процессов, характеризующих работу электрической системы и ее состояние в любой момент времени.
- Параметры режима — это напряжения, токи, мощности и т. п. Параметры режима связаны между собой параметрами системы.
- Параметры системы — это сопротивления, проводимости, коэффициенты трансформации, постоянные времени и т. п. — определяются физическими свойствами элементов.

# Принято различать несколько видов режимов электрических систем:

- Нормальный установившийся режим
- *Нормальные переходные режимы*
- *Аварийные режимы*
- *Послеаварийные установившиеся режимы*

Под расчетом электромагнитного переходного процесса обычно понимают вычисление токов и напряжений в рассматриваемой схеме и при заданных условиях.

Задачи решаемые в результате расчета ПП:

- Сопоставление и выбор схем эс;
- Выявление условий работы потребителей при аварийных режимах;
- Выбор аппаратов и проводников;
- Проектирование и настройка РЗА;
- Анализ аварий и т.д.

# Основные допущения

- Отсутствует насыщение магнитных систем (это допущение приводит эл. схемы к линейным);
- Отсутствуют намагничивающие токи у трансформаторов;
- Отсутствует несимметрия трехфазной системы;
- Пренебрегаем емкостной проводимостью (за исключением особых случаев, например, простого замыкания на землю, и т.п.);
- Приближенный учет нагрузок. Нагрузки характеризуют постоянными сопротивлениями;
- В основных звеньях высоковольтной части ЭС пренебрегаем активными сопротивлениями;
- ***Отсутствуют качания генераторов. Рассматривается начальная стадия ПП (0.1-0.2с)***

# Основные сведения об электромагнитных переходных процессах

Наиболее распространенные причины возникновения ПП:

- Короткое замыкание (КЗ) – всякое не предусмотренное нормальными условиями работы замыкание между фазами, (а в системах с заземленными нейтралями) также замыкание одной или нескольких фаз на землю;
- Возникновение местной несимметрии в системе;
- Действие форсировки возбуждения синхронных машин, развозбуждение или гашение поля их ротора.



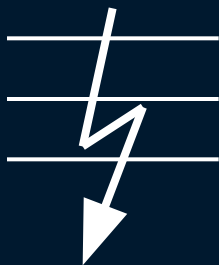
# Короткие замыкания

В системах с *НЕ* заземленными нейтралями, или заземленными через спец. компенсирующие устройства, замыкание одной из фаз на землю называется простым замыканием. При этом прохождение тока обусловлено главным образом емкостью фаз относительно земли.

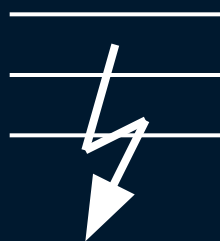
В трехфазных системах с заземленной нейтралью различают:

- Трехфазное КЗ (симметричное)      вероятность 5%
- Двухфазное КЗ                              вероятность 10%
- Однофазное                                  вероятность 65%
- Двухфазное КЗ на землю              вероятность 20%

- Обозначения различных видов КЗ



$K^{(3)}$



$K^{(2)}$



$K^{(1)}$



$K^{(1,1)}$

# Порядок расчетов ПП:

I. Составление схем замещения



II. Вычисление параметров элементов схемы замещения

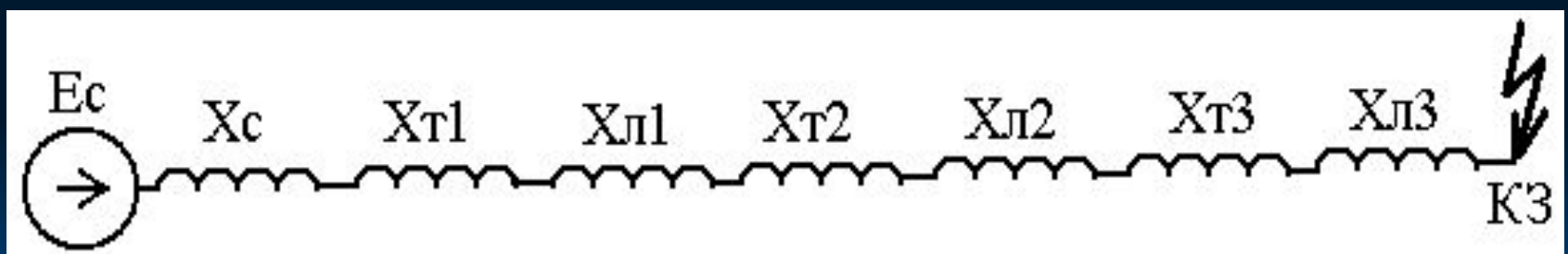
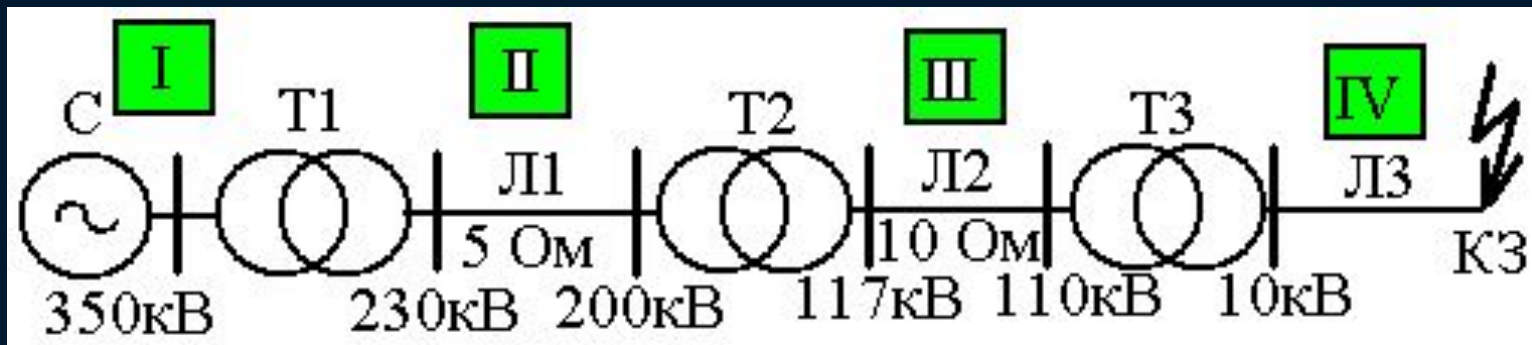


III. Эквивалентирование схемы замещения



IV. Собственно расчет ПП (токов и напряжений для заданных условий)

# I. Составление схем замещения



Параметры элементов схем замещения электрической системы могут определяться в

- *именованиях* единицах;
- *относительных* единицах.

В обоих случаях могут учитываться:

- действительные коэффициенты трансформаторов (*точное* приведение);
- определенные по среднономинальным напряжениям (*приближенное* приведение).

Среднономинальные напряжения ( $U_{ср}$ ) нормируются для каждой ступени трансформации:

- Для генераторов: 11; 13,8; 15,75; 18; 20; 24 кВ;
- Для электрических сетей: 6,3; 10,5; 37; 115; 230; 515; 750; 1150; кВ.

- При определении параметров элементов схем замещения необходимо учитывать преобразование параметров схемы трансформаторами;
- По этой причине параметры схем приводят к одному напряжению, выбранному за основное ( $U_{осн}$ ) или базисным условиям с целью заменить в трансформаторах и автотрансформаторах магнитные связи электрическими и существенно упростить дальнейшие расчеты.
- При приведении схемы замещения к одной ступени напряжения ( $U_{осн}$ ) расчет проще провести в именованных единицах.
  
- Относительные единицы дают преимущества:
  - Простая структура расчетных выражений;
  - Численное совпадений фазных и линейных величин;
  - Возможность быстро ориентироваться в порядке определяемых величин.

# Система относительных единиц

Под относительным значением физической величины понимают ее отношение к другой одноименной физической величине, выбранной за единицу измерения.

Задают две (могут быть взяты даже произвольно) из четырех физических величин. Часто это  $U_{\delta}$   $S_{\delta}$ , величины остальные определяют из выражений:

$$I_{\delta} = S_{\delta} / \sqrt{3} U_{\delta}$$

$$Z_{\delta} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} I_{\delta}} = \frac{U_{\delta}^2}{S_{\delta}}$$

Базисная мощность ( $S_б$ ) принимается одна для всей схемы любой сложности. Число базисных напряжений ( $U_б$ ) и соответственно базисных токов ( $I_б$ ) равно числу ступеней напряжения в исходной схеме, по которой составлена схема замещения.

Параметры ЭС и режима в относительных базисных единицах вычисляются так:

$$U_{*б} = U / U_{б'}$$

$$I_{*б} = I / I_{б'}$$

$$S_{*б} = S / S_{б'}$$

$$Z_{*б} = Z / Z_{б'} = Z \cdot S_{б'} / U_{б'}^2.$$

Частный случай относительных базисных единиц – относительные номинальные единицы, когда за базисные приняты номинальные единицы какого-либо элемента, например, в паспортных данных генератора или трансформатора. В этом случае преобразование величин к базисным условиям расчета можно выполнить так:

$$U_{*б} = U_{*НОМ} \cdot U_{НОМ} / U_{б'}$$

$$Z_{*б} = Z_{*НОМ} \cdot (S_{б'} \cdot U_{НОМ}^2) / (S_{НОМ} \cdot U_{б'}^2),$$



# Приведение параметров схемы

- При наличие в схеме трансформаторов, возникает необходимость приведения параметров схемы и режима к одной ступени трансформации, принятой за основную:

$$E_{осн} = (k_1 k_2 \dots k_n) E$$

$$U_{осн} = (k_1 k_2 \dots k_n) U$$

$$I_{осн} = \frac{1}{k_1 k_2 \dots k_n} I$$

$$Z_{осн} = (k_1 k_2 \dots k_n)^2 Z$$