

Преподаватель

Двораковская

Светлана Анатольевна

ПМ

**Организация
электроснабжения
электрооборудования по
отраслям**

МДК

**Устройство и техническое
обслуживание электрических
подстанций**

10.09.2020г.

Тема урока

**Расчет сопротивлений
элементов цепи при к.з. в
относительных и
именованных единицах,
расчет токов и мощности к.з.**

Для упрощения вычислений при расчетах параметров в системах передачи электроэнергии, применяют систему относительных единиц. Этот способ подразумевает выражение текущего значения системной величины через принятую за единицу базовую (базисную) величину.

Вычисление параметров в относительных единицах, т.е. в долях или процентах от некоторого наперед заданного параметра, называемого базисным параметром, широко используется в практических расчетах.

За основу (базу) расчета может быть принят любой режим, например, номинальный, тогда параметры любого другого режима можно выразить в долях соответствующих номинальных величин:

$$U_{\text{НОМ}}^* = \frac{U}{U_{\text{НОМ}}}; \quad I_{\text{НОМ}}^* = \frac{I}{I_{\text{НОМ}}};$$

$$S_{\text{НОМ}}^* = \frac{S}{S_{\text{НОМ}}}; \quad X_{\text{НОМ}}^* = \frac{X}{X_{\text{НОМ}}}.$$

Полученные таким образом параметры являются относительными номинальными (индекс * указывает, что параметр выражен в относительных единицах, а индекс ном — что он отнесен к номинальному параметру данного элемента). При расчете токов к.з. в относительных единицах выражают сопротивления элементов цепи короткого замыкания.

Приведенное выше выражение $X_{\text{НОМ}}^* = \frac{X}{X_{\text{НОМ}}}$ можно преобразовать,

заменяя в нем $X_{\text{НОМ}}^* = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}I_{\text{НОМ}}}$, тогда получим

$$X_{\text{НОМ}}^* = \frac{\sqrt{3}I_{\text{НОМ}}X}{U_{\text{НОМ}}}, \quad 1.1$$

где $I_{\text{НОМ}}X$ — падение напряжения в сопротивлении X ;

$\frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}}$ — номинальное напряжение фазы электрической цепи.

Отсюда следует, что относительное номинальное сопротивление равно отношению падения напряжения в сопротивлении данного элемента цепи при протекании через него номинального тока к номинальному напряжению фазы.

Домножив в выражении (1.1) на $U_{\text{ном}}$ числитель и знаменатель, получим

$$X_{\text{НОМ}}^* = X \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}^2}. \quad 1.2$$

Относительные параметры можно вычислить по отношению к любой другой системе величин, положенной в основу расчета и также называемой базисной.

Например, за базисную мощность можно принять любое число, если мощность питающей энергосистемы неизвестна и ее можно считать неограниченной. Но практически наиболее удобно принять для расчетов $S_b = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ или $S_b = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Для каждой ступени электрической сети в качестве базисного напряжения принимают ее среднее линейное напряжение $U_b = U_{\text{ср}}$, превышающее номинальное напряжение линий и приемников электроэнергии на 5 %.

Шкала средних напряжений $U_{\text{ср}}$, кВ

0,23; 0,4; 0,69; 3,15; 6,3; 10,5; 21; 37; 115; 230; 347; 525; 787; 1200

По базисным величинам $S_{\text{б}}$ и $U_{\text{б}}$ определяется базисный ток:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}U_{\text{б}}}. \quad 1.3$$

Относительное базисное сопротивление определяют по формулам, аналогичным (1.1) и (1.2):

$$X_{\text{б}}^* = \frac{\sqrt{3}I_{\text{б}}X}{U_{\text{б}}}; \quad 1.4$$

$$X_{\text{б}}^* = X \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{б}}^2}. \quad 1.5$$

В справочниках, каталогах и заводских информационных материалах всегда приводятся только относительные номинальные параметры, величины которых однозначны.

Относительное базисное сопротивление можно определить по известному относительному номинальному сопротивлению, которое можно отыскать в справочнике в том или ином виде. Для этого преобразуем выражение (1.2) и получим

$$X = X_{\text{НОМ}}^* \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}}. \quad 1.6$$

Подставив в выражение (1.5) полученные значения X , будем иметь

$$X_{\text{б}}^* = X_{\text{НОМ}}^* \frac{U_{\text{НОМ}}^2 S_{\text{б}}}{S_{\text{НОМ}} U_{\text{б}}^2}. \quad 1.7$$

Расчет относительных базисных сопротивлений элементов цепи к.з. легко производится на основе формул (1.5) и (1.7).

Расчетные формулы для определения относительных базисных сопротивлений отдельных элементов цепи к.з. приведены в таблице 1.1.

Таблица

Расчетные формулы относительных базисных сопротивлений элементов

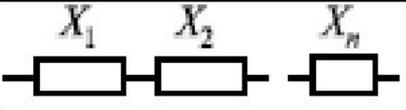
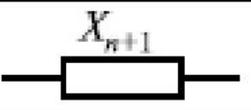
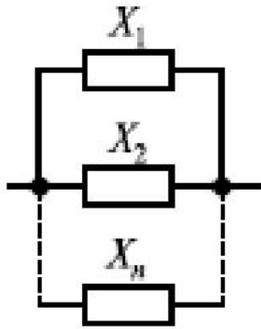
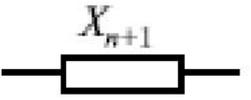
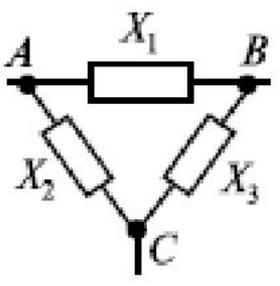
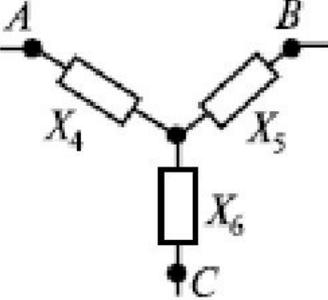
Элементы схемы	Исходные параметры	Расчетные формулы
Генератор	X_d'' , $S_{\text{НОМ.Г}}$	$X_{\text{бГ}}^* = X_d'' \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{НОМ.Г}}}$
Энергосистема	$S_{\text{КС}}$ ИЛИ $S_{\text{НОМ.ОТКЛ}}$	$X_{\text{бС}}^* = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{КС}}}$ $X_{\text{бС}}^* = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{НОМ.ОТКЛ}}}$
Трансформатор	$U_{\text{к}} \%$; $S_{\text{НОМ.Т}}$	$X_{\text{бТ}}^* = \frac{U_{\text{к}}}{100} \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{НОМ.Т}}}$
Линия электропередачи	X_0 ; l ; $U_{\text{ср}}$	$X_{\text{бЛ}}^* = X_0 l \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2}$
Реактор	$X_{\text{НОМ.Т}} \%$; $U_{\text{НОМ.Т}}$; $I_{\text{НОМ.Т}}$	$X_{\text{б}}^* = \frac{X_{\text{НОМ.Р}} \%}{100} \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ.Р}} I_{\text{НОМ.Р}}}$

Расчет относительного сопротивления до точки к.з. выполняется в следующей последовательности:

- составляют расчетную схему цепи к.з.;**
- составляют по расчетной схеме эквивалентную схему замещения цепи к.з.;**
- рассчитывают относительные сопротивления элементов цепи к.з., указанных на схеме замещения;**
- упрощают схему замещения до результирующего относительного сопротивления цепи к.з. $X_{бк}$, преобразуя ее в соответствии с правилами, приведенными в табл. 1.2.**

Таблица

Схемы и формулы для преобразования схемы замещения

Вид соединения	Схема до преобразования	Схема после преобразования	Расчетные формулы
Последовательное			$X_{n+1} = X_1 + X_2 + \dots + X_n$
Параллельное			$X_{n+1} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}}$ <p>при $X_1 = X_2 = \dots = X_n$</p> $X_{n+1} = \frac{X_1}{n}$
Треугольник (звезда после преобразования)			$X_4 = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2 + X_3};$ $X_5 = \frac{X_1 X_3}{X_1 + X_2 + X_3};$ $X_6 = \frac{X_2 X_3}{X_1 + X_2 + X_3}$

Составленная расчетная схема (рис. 1.1) представляет собой упрощенную электрическую схему, на которой указываются только те элементы, сопротивления которых учитываются в расчете (см. табл. 1.1).

Рядом с каждым элементом проставляются исходные параметры, необходимые для расчета его сопротивления. На схеме указываются все точки к.з., в которых необходимо произвести расчет токов к.з.

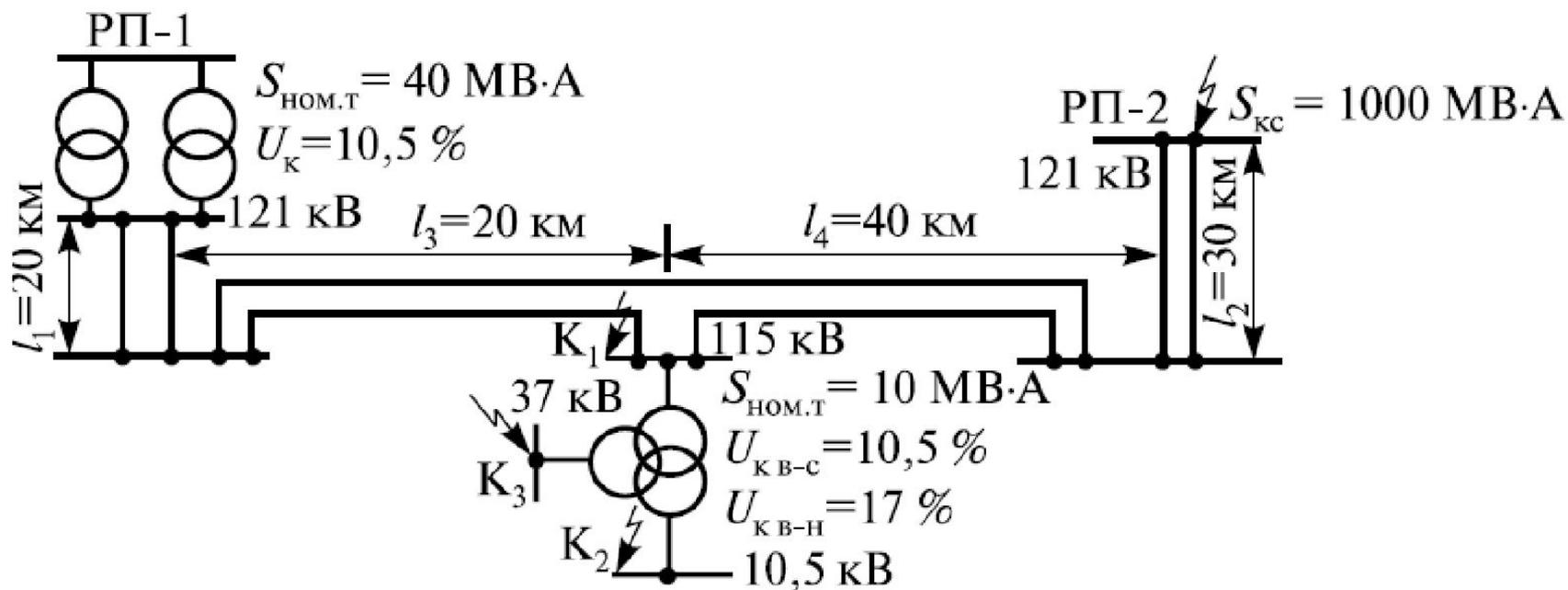


Рис. 1.1. Расчетная схема к примеру 2.1

По расчетной схеме составляется схема замещения (рис. 1.2). Все элементы расчетной схемы заменяются их сопротивлениями. Каждое сопротивление обозначается дробью, в числителе которой указывается порядковый номер элемента цепи, в знаменателе — его относительное сопротивление, рассчитанное по формулам табл. 1.1.

В процессе преобразования схемы замещения появляются новые, эквивалентные отдельным участкам схемы сопротивления, нумерацию которых удобнее продолжить, как это сделано в табл. 1.2. Если сопротивление элемента переходит без изменения из одной схемы преобразования в другую, то его номер должен сохраняться.

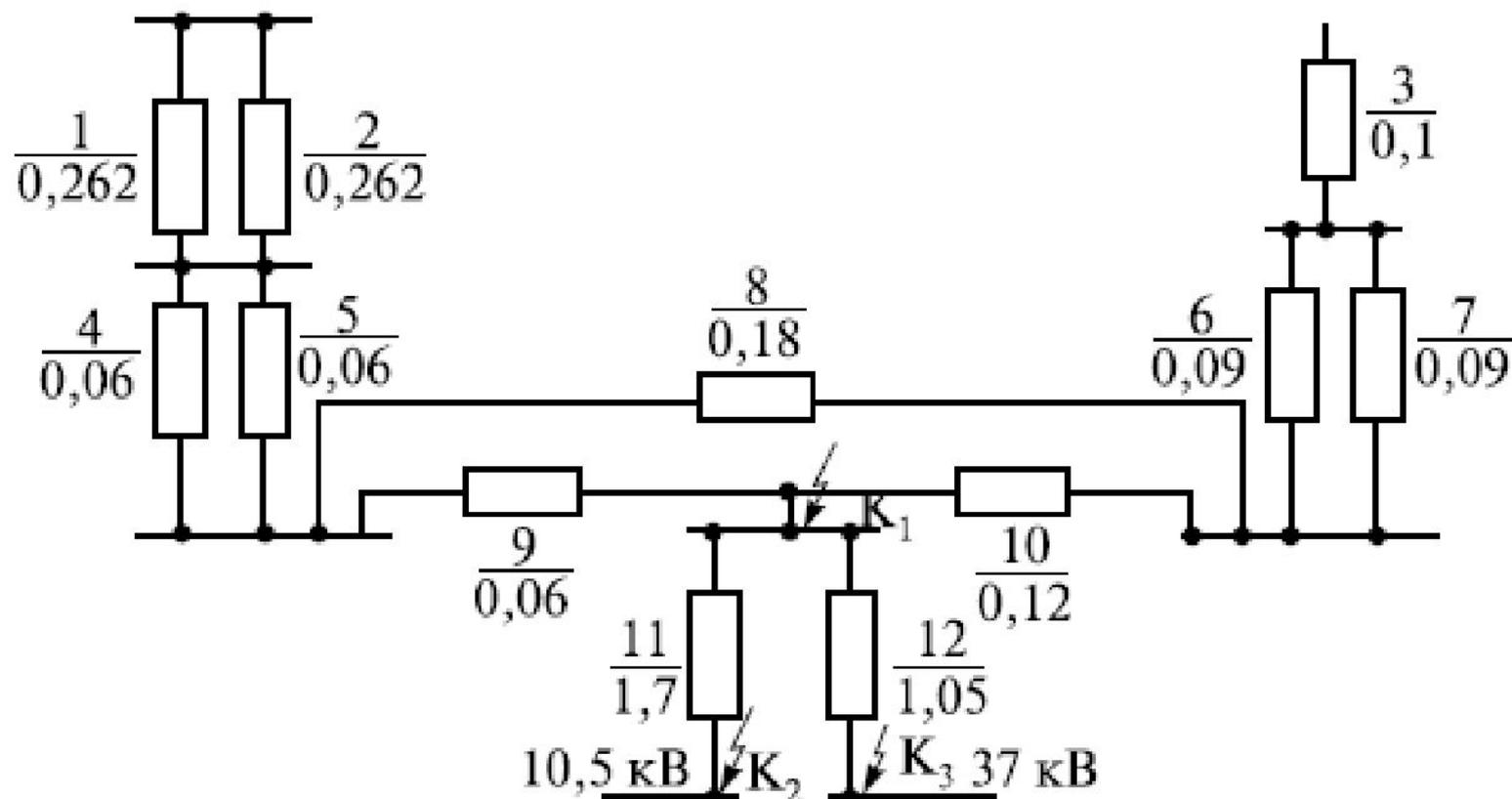


Рис. 1.2. Схема замещения к примеру 2.1

Задание на дом:

- 1. Составить конспект лекций.**
- 2. Почаевец В.С., стр.33-46.**

