



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



Предмет:

**Электрические части
станций и подстанций**

Занятие

1

Расчёт токов короткого замыкания



BABAYEV AZIZ GALIBOVICH



**Electr ta'minot va qayta tiklanuvchan energiya manabalari
kafedrasi dotsenti**



Электрическое короткое замыкание



Короткое замыкание (КЗ) — электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу. Короткое замыкание может возникать в результате нарушения изоляции токоведущих элементов или механического соприкосновения неизолированных элементов. Также коротким замыканием называют состояние, когда сопротивление нагрузки меньше внутреннего сопротивления источника питания.

Режимы работы электроэнергетической системы



Для электроэнергетической системы характерны следующие режимы работы: нормальный, аварийный, послеаварийный и ремонтный, причем аварийный режим является кратковременным, а остальные — продолжительными. Основной причиной перехода энергосистемы из нормального (ремонтного) состояния к аварийному является короткое замыкание (КЗ).

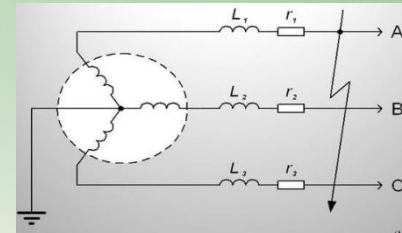
Виды короткого замыкания



В электроэнергетических системах, работающих с заземленной нейтралью, различают четыре вида КЗ:

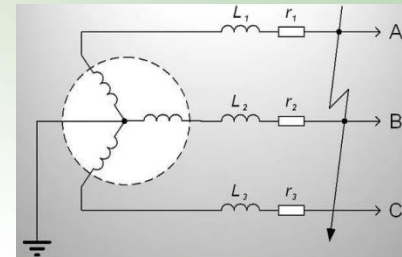
однофазное,

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) — это такое повреждение на линиях электропередачи, при котором одна из фаз трехфазной системы замыкается на землю или на элемент электрически связанный с землей. ОЗЗ являются очень распространенным видом повреждения, на однофазные замыкания на землю приходится 70- 90 % электрических повреждений.



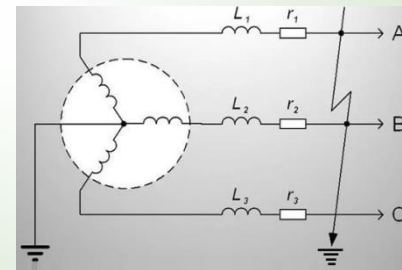
двухфазное,

Двухфазное короткое замыкание - КЗ между двумя фазами в трёхфазной электроэнергетической системе.



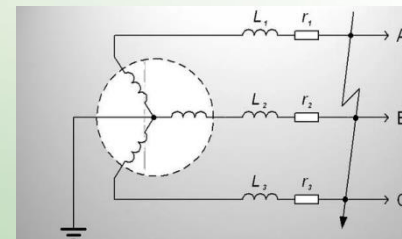
двухфазное на землю,

Двухфазное короткое замыкание на землю – КЗ на землю в трёхфазной электроэнергетической системе с глухо или эффективно заземлёнными нейтральями силовых элементов, при котором с землёй соединяются две фазы.



трёхфазное,

Трёхфазное короткое замыкание — короткое замыкание между тремя фазами в трёхфазной электроэнергетической системе.





Из них наиболее часто возникает однофазное КЗ, вероятность которого возрастает с увеличением напряжения сети. Данный факт связан с ростом расстояния между фазами. Вероятность возникновения КЗ определяется его видом, а также классом напряжения сети, в которой оно происходит.

Основные причины возникновения КЗ



- ✓ нарушение изоляции электрооборудования, вызываемое ее старением, загрязнением поверхности изоляторов, механическими повреждениями;
- ✓ механические повреждения элементов электрической сети (обрыв провода линии электропередачи и т.п.);
- ✓ преднамеренные КЗ, вызываемые действием короткозамыкателей;
- ✓ перекрытие токоведущих частей животными, птицами;
- ✓ падение деревьев на участки ЛЭП;
- ✓ ошибки персонала при выполнении переключений.

Классификация причин КЗ для ПС 500, 220 кВ



Причина короткого замыкания	Количество, ед.
Грозовое перекрытие	48
Несанкционированная вырубка леса	28
Перекрытие на проводе фазы	26
Перекрытие гирлянды изоляторов	22
Разрушение изолятора	10
Гололедообразование	5
Перекрытие провода на траверсу	5
Обрыв гирлянды изоляторов	3
Излом шлейфа провода в месте сварки	3
Обрыв грозотроса	2
Разрушение конденсатора связи	2
Упавшая опора	1
Итого:	155

Основные последствия КЗ



- системная авария, вызванная нарушением устойчивости системы, приводящая к значительному технико-экономическому ущербу;
- термическое повреждение электрооборудования, связанное с его недопустимым нагревом токами КЗ;
- механическое повреждение электрооборудования, вызываемое воздействием больших электромагнитных сил между токоведущими частями;
- ухудшение условий работы потребителей, вызывающее нарушения технологического процесса, приводящее к ущербу;
- наведение при несимметричных КЗ в соседних линиях связи и сигнализации ЭДС, опасных для обслуживающего персонала.

Расчет токов КЗ производится для следующих целей



- расчет шунтов короткого замыкания для использования в расчетах электромеханических переходных процессов;
- проектирование и настройка устройств релейной защиты и автоматики;
- выбор коммутационных аппаратов и проводников и их проверки по условиям электродинамической и термической стойкости, коммутационной способности и износостойкости;
- разработка мер по ограничению токов КЗ;
- определение числа заземленных нейтралей и их размещение в энергосистеме;
- сопоставление, оценка и выбор схемы электрических соединений;
- определение влияния линий электропередачи на линии связи.

Необходимые данные для расчета токов КЗ



Элемент схемы замещения	Параметр	
ЛЭП, КЛЭП	l	Длина, км
	r	Удельное активное сопротивление, Ом/км
	x_1	Удельное индуктивное сопротивление прямой последовательности, Ом/км
	x_0	Удельное индуктивное сопротивление нулевой последовательности, Ом/км
	b	Удельная емкостная проводимость, См/км
	x_{m0}	Удельное индуктивное сопротивление взаимоддукции нулевой последовательности от других линий, Ом/км
Трансформаторы, автотрансформаторы	$S_{ном}$	Номинальная мощность, МВА
	$u_{кВ-Н},$ $u_{кВ-С},$ $u_{кС-Н}$	Напряжения КЗ между обмотками, кВ
	$\Delta P_{кВ-Н},$ $\Delta P_{кВ-С},$ $\Delta P_{кС-Н}$	Потери КЗ, МВт
	K_t	Коэффициент трансформации
	X_p	Номинальное индуктивное сопротивление, Ом
Токоограничивающие реакторы	$I_{ном}$	Номинальный ток, кА
	ΔP	Потери мощности (на фазу) при номинальном токе, кВт
	$K_{св}$	Номинальный коэффициент связи
	$P_{ном}$	Номинальная активная мощность, МВт
Синхронные машины	$\cos \varphi_{ном}$	Номинальный коэффициент мощности
	$U_{ном}$	Номинальное напряжение, кВ
	$I_{ном}$	Номинальный ток статора, кА
	X_d''	Сверхпереходное индуктивное сопротивление прямой последовательности по продольной оси, Ом
	X_2	Сверхпереходное индуктивное сопротивление обратной последовательности по продольной оси, Ом
	X_0	Сверхпереходное индуктивное сопротивление нулевой последовательности по продольной оси, Ом
Асинхронные электродвигатели	$P_{ном}$	Номинальная активная мощность, МВт
	$U_{ном}$	Номинальное напряжение, кВ
	$\cos \varphi_{ном}$	Номинальный коэффициент мощности
	$I_{ном}$	Номинальный ток, кА
	$X''_{ад}$	Сверхпереходное индуктивное сопротивление электродвигателя, Ом
	$I_{п}$	Кратность пускового тока по отношению к номинальному току



Пример 3.1. Определение токов короткого замыкания в схемах электроснабжения при питании от системы. Для схемы электроснабжения, показанной на рисунке 1, а, вычислить токи при коротких замыканиях в точках К1, К2, и К3. Исходные данные для расчета:

воздушная линия Л1 длиной $l = 50$ км выполнена проводом АС95/15 ($x_{уд} = 0,4$ Ом/км, $r_{уд} = 0,34$ Ом/км);

воздушная линия Л2 длиной $l = 30$ км выполнена проводом АС70/11 ($x_{уд} = 0,4$ Ом/км, $r_{уд} = 0,46$ Ом/км);

воздушная линия Л3 состоит из двух участков, выполненных проводом АС50 ($l=2$ км, $x_{уд} = 0,4$ Ом/км, $r_{уд} = 0,64$ Ом/км) и проводом АС35 ($l = 8$ км, $x_{уд} = 0,4$ Ом/км, $r_{уд} = 0,92$ Ом/км); трансформаторы Т1 и Т2 ($S_{п} = 6,3$ МВ·А, 110/11 кВ, $u_{н,,} = 10,5$ %);

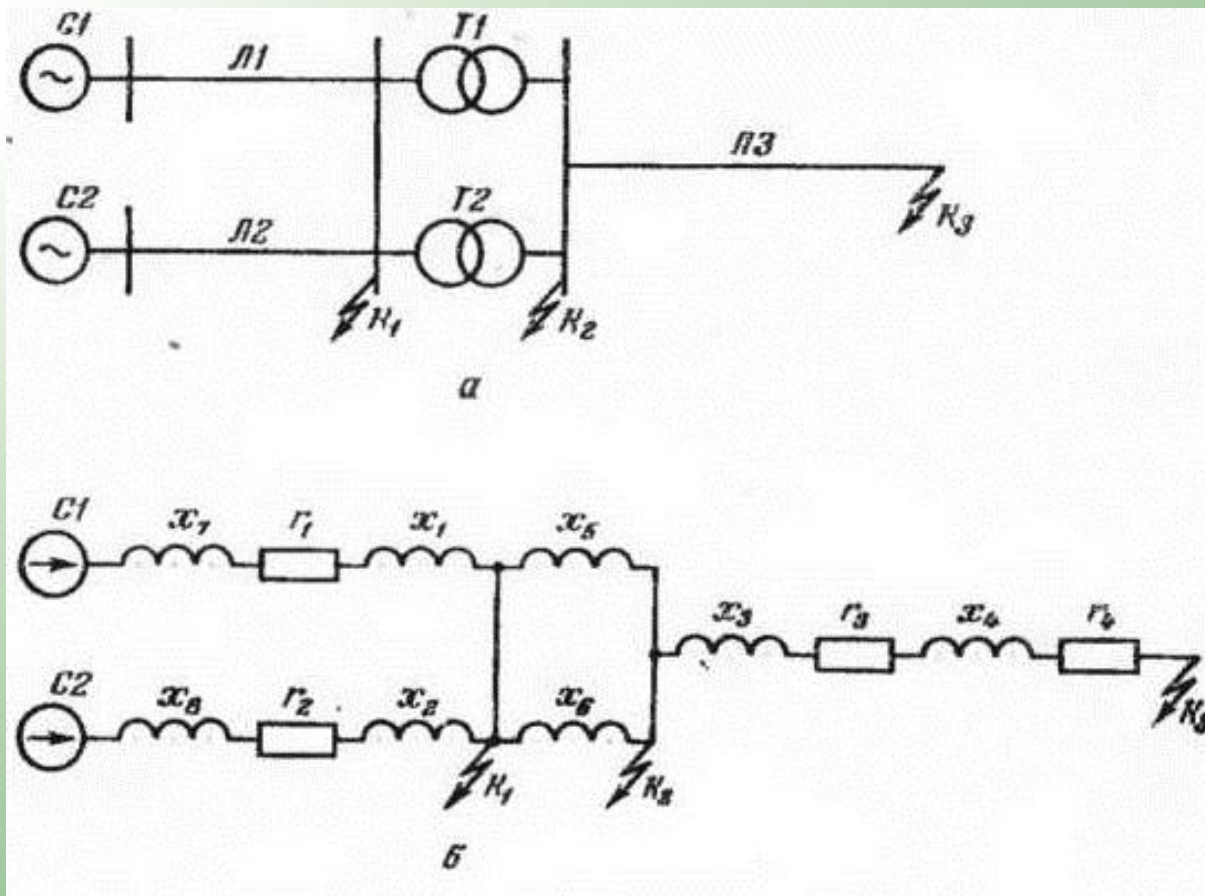
система С1 с неизменным напряжением на шинах 115 кВ, $S_c = 800$ мВ·А;

система С2. Ток к.з. на шинах системы $I''_к = 3,5$ кА.

Схема замещения показана на рисунке 1, б.

Решение в именованных единицах. Примем за основную ступень с напряжением $U_{осн} = U_б = 10,5$ кВ.

1. Определяем сопротивления отдельных элементов схемы, приведенные к базисному напряжению:



Расчётная схема: Рисунок 1а – расчётная схема; 1б – схема замещения.



Спасибо за внимание!