



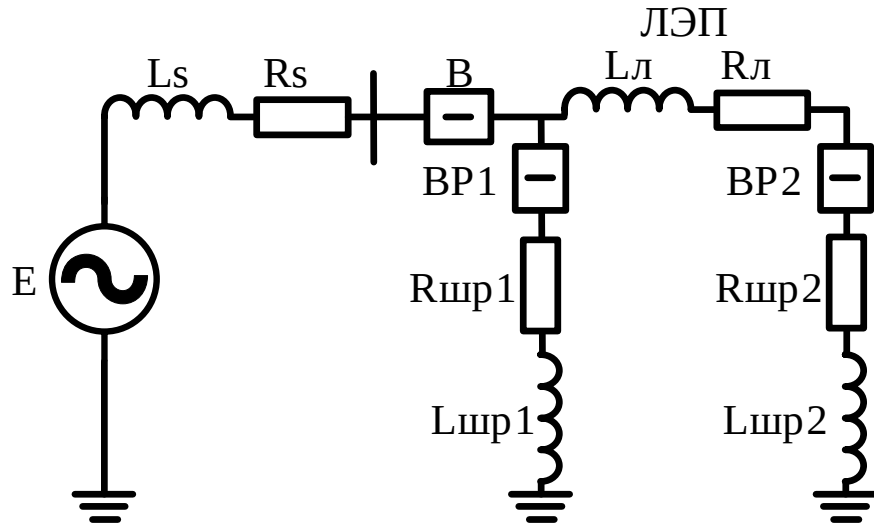
СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

АНАЛИЗ АПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА НЕНАГРУЖЕННЫХ ЛЭП 500 КВ В ОЭС ВОСТОКА

Крикун А.А., начальник отдела оптимизации режимов и общесистемных задач
Службы электрических режимов Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока



КОММУТАЦИИ ЛЭП С ШУНТИРУЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ



Однолинейная схема замещения энергосистемы и ЛЭП

Наличие ШР значительно усложняет процессы коммутации линий электропередач, поскольку приводит к возникновению резонансных явлений из-за наличия емкости ЛЭП и индуктивности ШР

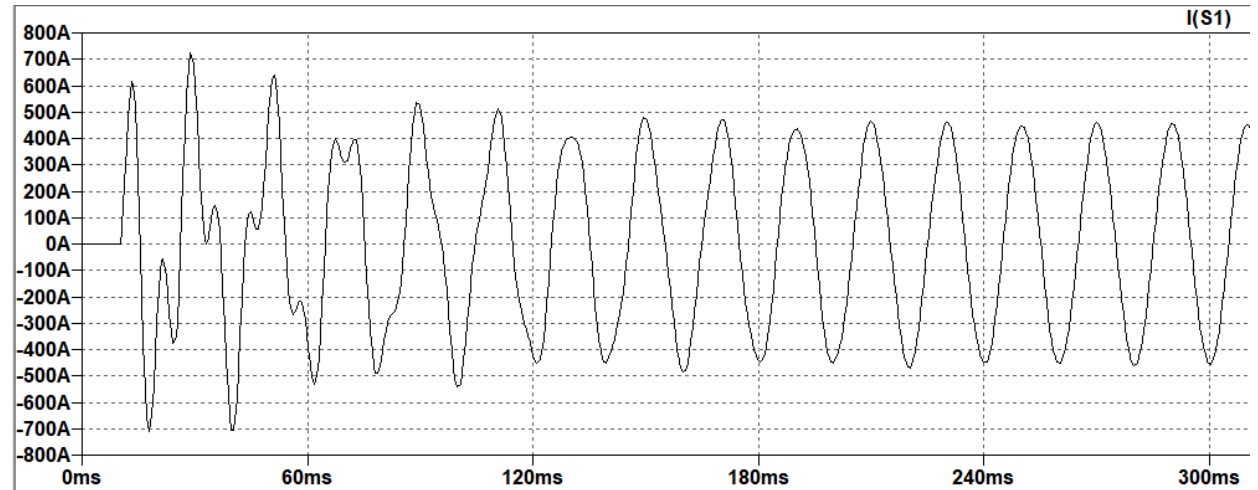


График изменения тока в выключателе В при постановке под напряжение ЛЭП и **отключенных** линейных ШР



График изменения тока в выключателе В при постановке под напряжение ЛЭП и **включенных** линейных ШР



ВОЗДЕЙСТВИЕ АПЕРИОДИЧЕСКОГО ТОКА НА ОБОРУДОВАНИЕ

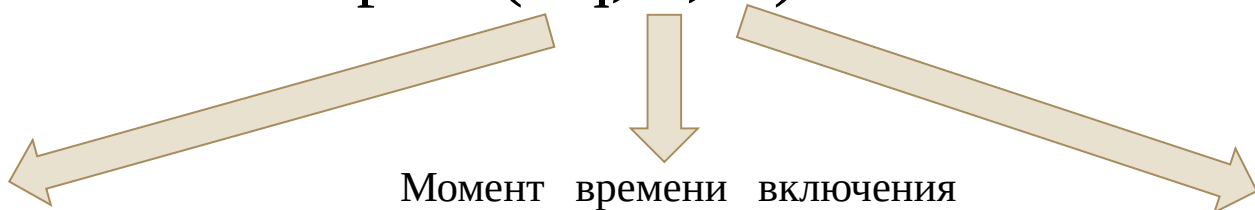
26.02.2007 на ПС 1150 кВ Алтай действием РЗ при КЗ отключилась ВЛ 500 кВ Алтай – Итатская. При ТАПВ ЛЭП с включенным линейным ШР на ПС 1150 кВ Алтай на неустранившееся КЗ произошло разрушение фазы элегазового выключателя.





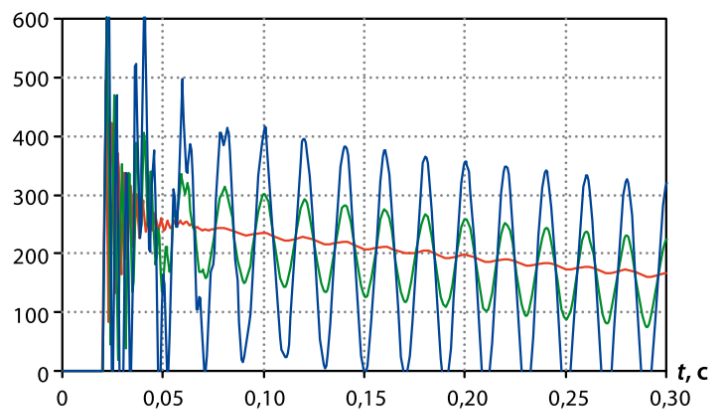
ВЛИЯЮЩИЕ НА АПЕРИОДИЧЕСКИЙ ТОК ФАКТОРЫ

$$I_{\text{апер}} = f(K_{\text{с}}, T, R)$$



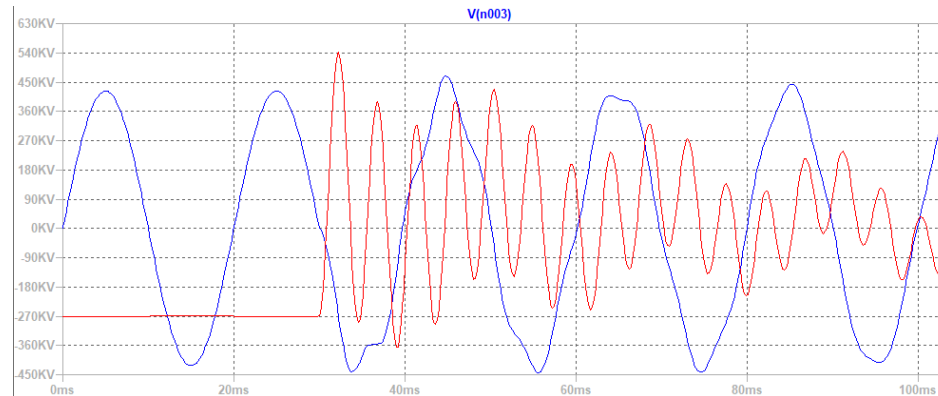
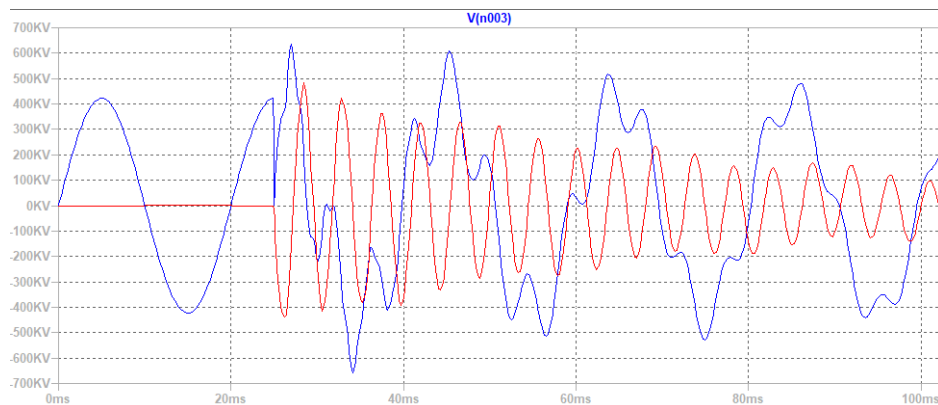
Коэффициент компенсации зарядной мощности ЛЭП

зарядной



175 км – красная кривая ($K \approx 1$);
220 км – зеленая кривая ($K = 0,8$);
290 км – синяя кривая ($K = 0,6$).

Момент времени включения ЛЭП под напряжение



Величина активного сопротивления в цепи протекания аperiodического тока

$$T_3 = \frac{1}{\delta} = \frac{L_S + L_L + L_{\text{шр}}}{R_S + R_L + R_{\text{шр}}}$$



Время затухания $I_{\text{апер}}$



Декремент затухания

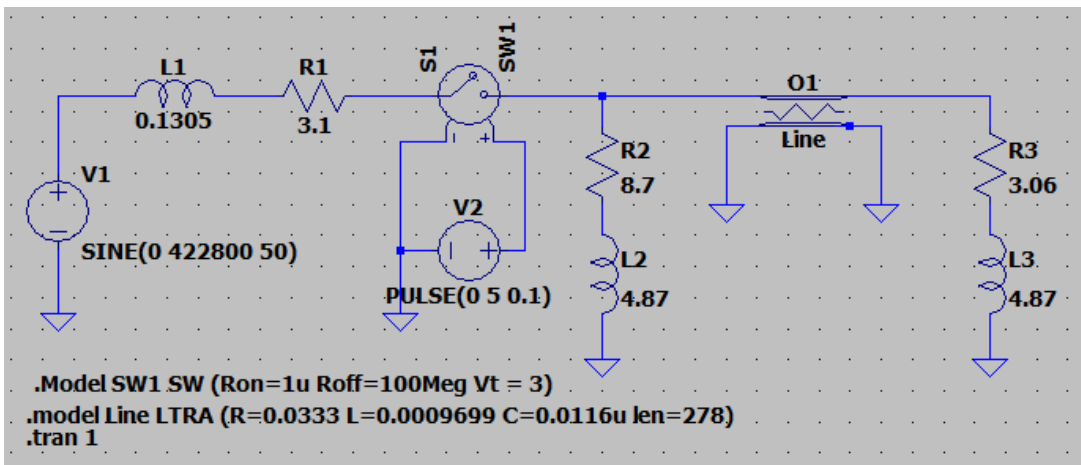


Соотношение активных сопротивлений и индуктивностей элементов цепи



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ АПЕРИОДИЧЕСКОГО ТОКА

1. Выполнение расчетов тока линейного выключателя ЛЭП в специализированном ПО для расчета электромагнитных переходных процессов (приведен пример расчета в программе LTSpice)



Однолинейная схема замещения ЛЭП и ШР

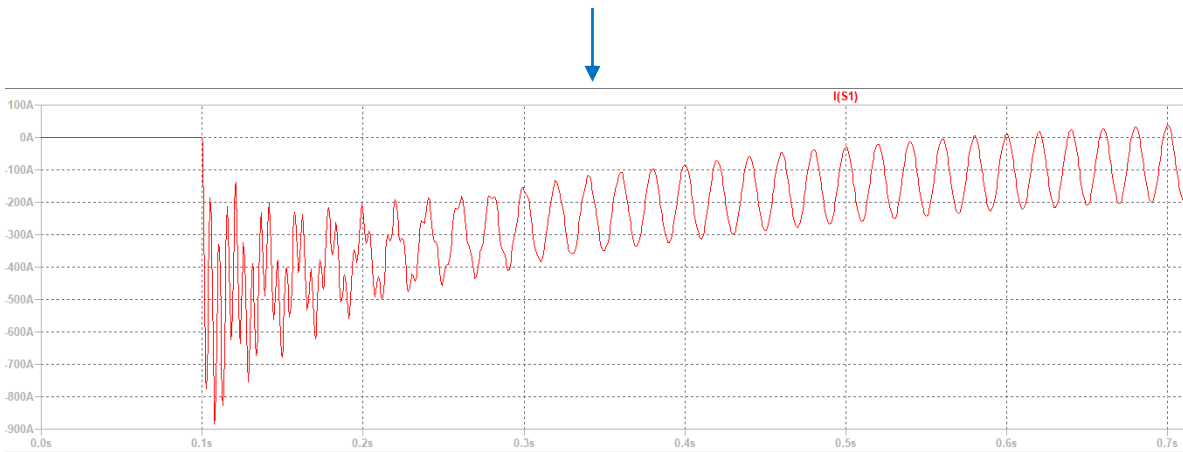
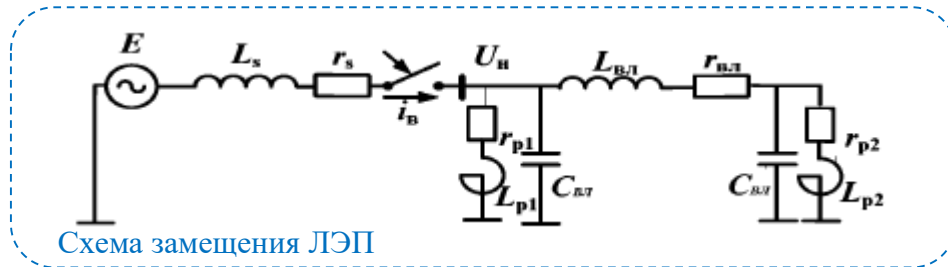


График изменения тока в линейном выключателе во времени

2. Выполнение расчетов коммутируемого тока линейного выключателя ЛЭП по аналитической методике



$$r_{вЛ} = r_1 \cdot I_{вЛ}, \quad L_{вЛ} = \frac{z_w \cdot \sin \lambda}{\omega}, \quad C_{вЛ} = \frac{1}{\omega \cdot z_w \cdot \operatorname{ctg} \frac{\lambda}{2}}$$

$$z_w = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}, \quad \lambda = \omega \cdot l_{вЛ} \sqrt{L_1 \cdot C_1}, \text{ (рад.)}$$

Параметры схемы замещения ЛЭП

$$I_{выкл} = \frac{E}{Z_{\Sigma}}$$

$$U_{выкл.н} = \frac{E_s \cdot \cos \alpha_{сз} \cdot \sin(\lambda + \alpha_{p2})}{\sin(\lambda + \alpha_s + \alpha_{p2})}$$

$$U_{выкл.к} = \frac{E_s \cdot \cos \alpha_{сз} \cdot \sin \alpha_{p2}}{\sin(\lambda + \alpha_s + \alpha_{p2})}$$

Расчет тока линейного выключателя

$$i_{\text{апериод.в.}}(t) = I_{\text{апериод.п1}} \cdot e^{-\delta_{п1} t} + I_{\text{апериод.п2}} \cdot e^{-\delta_{п2} t}$$

Расчет аperiodического тока

$$t_{0н} = \frac{\ln I_{\text{апериод.в.}} - \ln |I_{\text{выкл.к}}|}{\delta_{п1}}$$

Расчет времени затухания аperiodического тока



ПРОГРАММА «АПЕРИОДИКА»

Программа для расчета аperiodической составляющей тока ЛЭП

Исходные данные по ЛЭП для расчета

300 Длина ЛЭП, км
 AC-300/39 Марка провода ЛЭП
 3 Количество проводов в расщепл. фазе, шт
 0.5 Расстояние между проводами в расщепл. фазе, м
 13 Расстояние между проводом ЛЭП №1 и №2, м
 25 Расстояние между проводом ЛЭП №1 и №3, м
 13 Расстояние между проводом ЛЭП №2 и №3, м

Исходные данные по ШР для расчета

ШР1 ШР2
 Номинальная мощность фазы, Мвар 60 60
 Номинальное фазное напряжение, кВ 303 303
 Потери активной мощности, кВт 120 120

Результаты расчета

Время затухания аperiodического тока, сек 0.26
 Коэффициент компенсации зарядного тока ЛЭП 0.58

Крикун А.А., ОДУ Востока, г. Хабаровск, mail - artkrikun@yandex.ru

Окно программы «Апериодика»

Результаты расчета аperiodического тока для ЛЭП 500 кВ ОЭС Востока

Наименование ЛЭП	Схема включения	Состояние ШР	Время затухания аperiodической составляющей тока (сек.), по данным		
			«Апериодика»	LTSpice	Проектная документация
ВЛ 500 кВ Агорта - Даурия	Со стороны ПС 500 кВ Даурия Со стороны ПП 500 кВ Агорта	Включены ШР на ПП 500 кВ Агорта, ПС 500 кВ Даурия	0,38	0,30	0,31
			0,76	0,76	0,85
ВЛ 500 кВ Хабаровская - Нерген	Со стороны ПС 500 кВ Хабаровская	Включены ШР на ПС 500 кВ Хабаровская, ПП 500 кВ Нерген	0,70	0,66	0,68
		Отключен ШР на ПС 500 кВ Хабаровская, включен ШР на ПП 500 кВ Нерген	0,16	0,17	0,19
ВЛ 500 кВ Приморская ГРЭС - Варяг	Со стороны Приморской ГРЭС Со стороны ПС 500 кВ Варяг	Включены ШР на Приморской ГРЭС, ПС 500 кВ Варяг	0,63	0,59	0,60
			0,55	0,45	0,31



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ