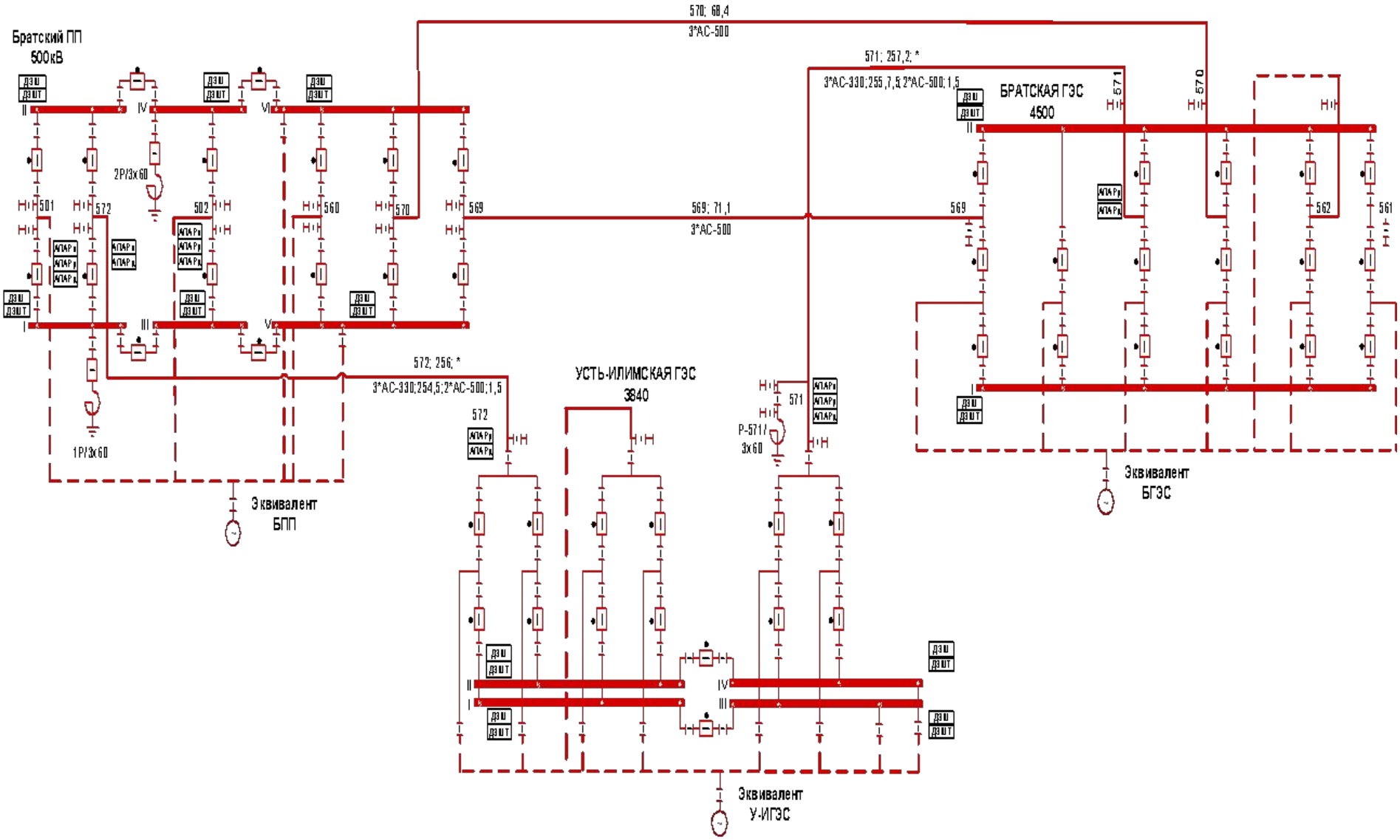
Линейная Автоматика

Автоматическое повторное включение (АПВ)

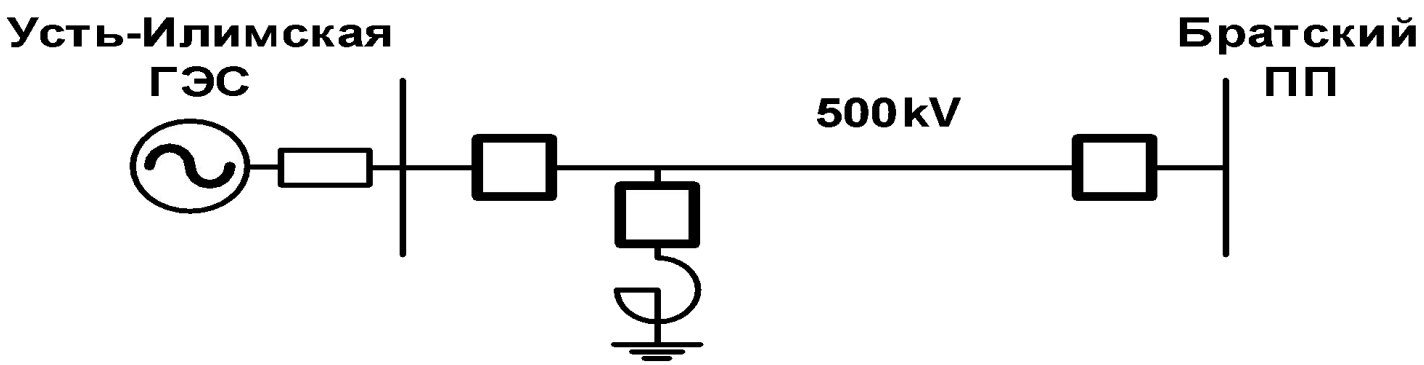
- ТАПВ – Трехфазное АПВ
- ОАПВ – Однофазное АПВ
- БАПВ – Быстродействующее АПВ
- АПВНН – с проверкой наличия напряжения
- АПВОС – с ожиданием синхронизма
- АПВУС – с улавливанием синхронизма
- и т.д. …

Схема


Братский ПП
500кВ
570; 68,4
3*АС-500
571; 257,2; *
3*АС-330;255,7,5 2*АС-500;1,5
БРАТСКАЯ ГЭС
4500
569; 71,1
3*АС-500
572; 256; *
3*АС-330;254,5;2*АС-500;1,5
УСТЬ-ИЛИМСКАЯ ГЭС
3840
2Р/3х60
1Р/3х60
Р-571/
3х60
Эквивалент
БПП
Эквивалент
БГЭС
Эквивалент
У-ИГЭС

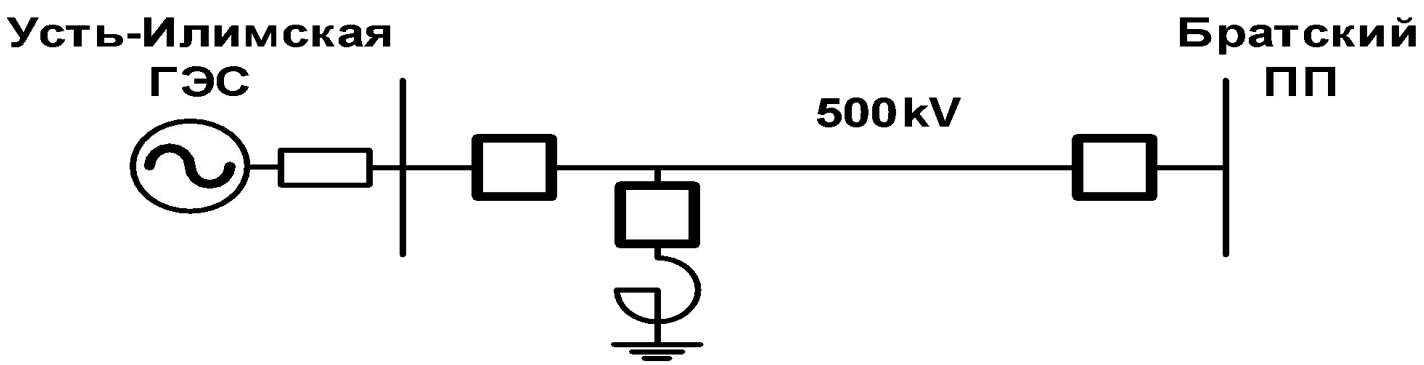
Алгоритм ОАПВ

- ОАПВ на ВЛ-500 кВ Усть-Илимская ГЭС – Братский ПП (№572):
  - **Момент времени t=0.1 сек**. Момент возникновения КЗ. Одновременно по сигналу избирателя фаз подается команда на отключение линейных выключателей поврежденной фазы ВЛ-572 с двух сторон (со стороны Усть-Илимской ГЭС и со стороны Братского ПП).
  - **Момент времени t+0.12 сек.** Отключение выключателей поврежденной фазы ВЛ с двух сторон (со стороны Усть-Илимской ГЭС и со стороны Братского ПП), где 0,12 сек. – гарантированное время отключения выключателей с обеих сторон.
  - **Момент времени t+0.12+0.8=t+0.92 сек.** По истечении бестоковой паузы ОАПВ включается линейный выключатель поврежденной фазы со стороны ПП Братского ПП.
  - **Момент времени t+0.12+0.9=t+1.2 сек.** С задержкой порядка 100 мс. включается линейный выключатель поврежденной фазы со стороны Усть-Илимской ГЭС.

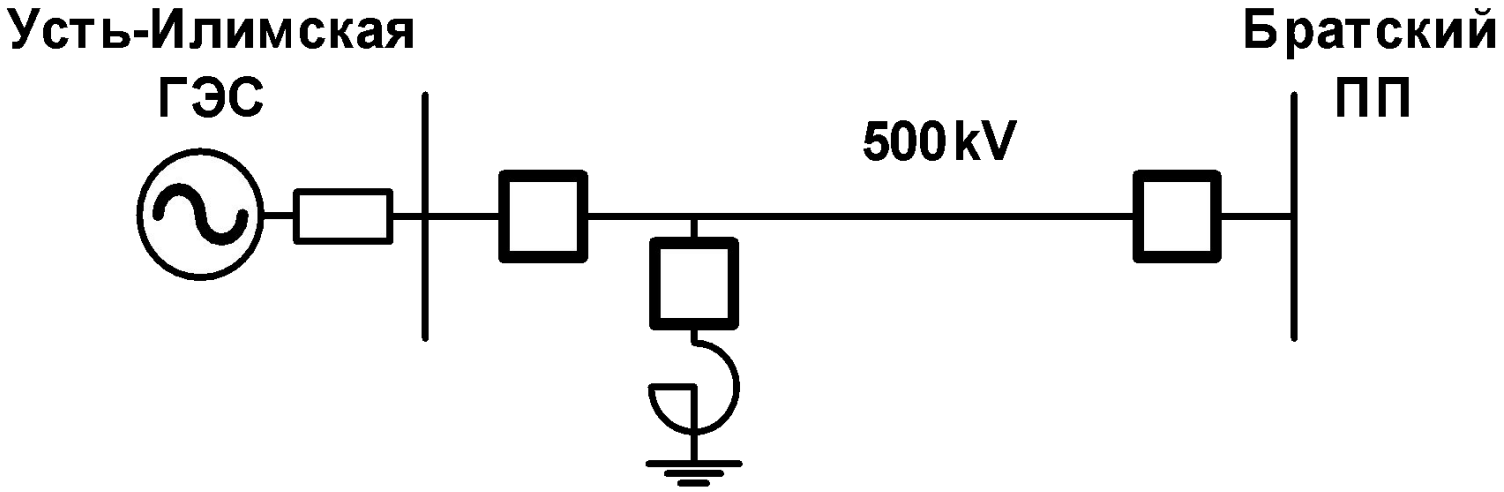


Алгоритм ТАПВ

- ТАПВ на ВЛ-500 кВ Усть-Илимская ГЭС – Братский ПП (№572):
  - **Момент времени t=0.1 сек**.. По факту возникновения КЗ, подается команда на отключение линейных выключателей ВЛ-572 с двух сторон (со стороны Усть-Илимской ГЭС и со стороны Братского ПП).
  - **Момент времени t+0.12 сек.** Отключение выключателей ВЛ с двух сторон (со стороны Усть-Илимской ГЭС и со стороны Братского ПП), где 0,12 сек. – гарантированное время отключения выключателей с обеих сторон.
  - **Момент времени t+0.12+0.5= t+0.62 сек.** По истечении бестоковой паузы ТАПВ включается линейный выключатель со стороны Братского ПП.
  - **Момент времени t+0.12+0.6=t+0.72 сек.** С задержкой порядка 100 мс. включается линейный выключатель со стороны Усть-Илимской ГЭС.



С какой стороны выполнять опробование ВЛ?

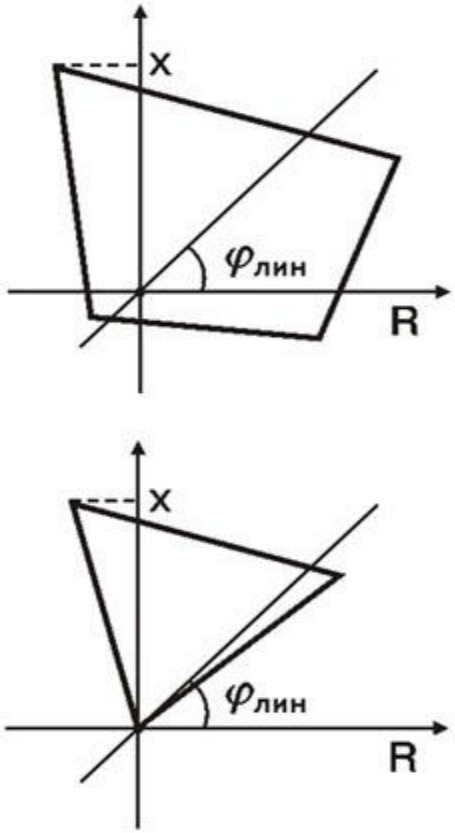


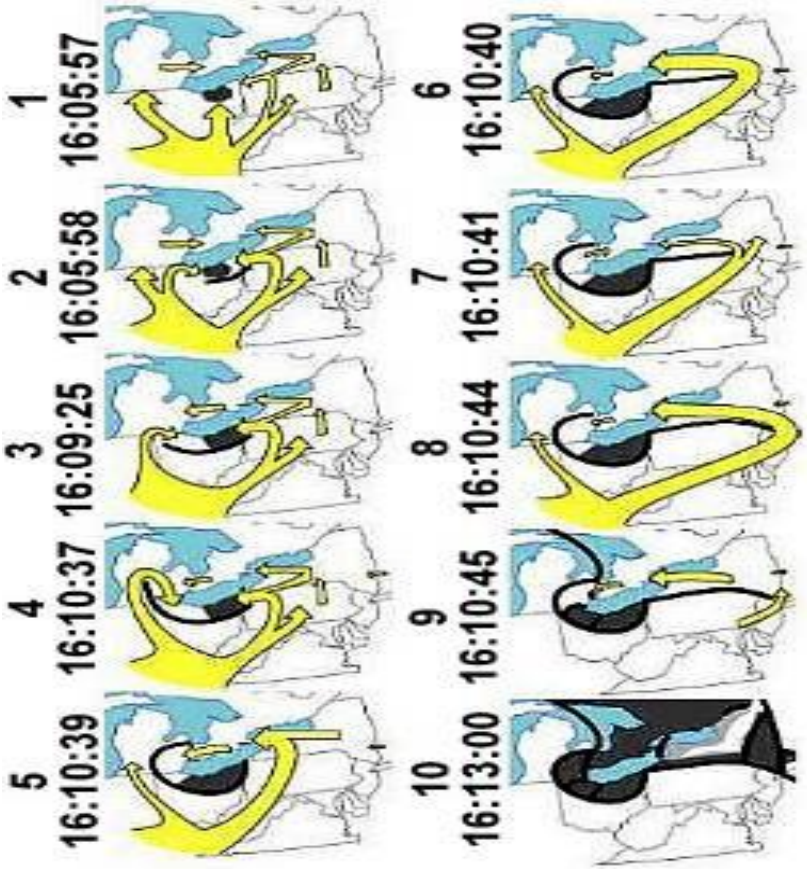
Чем определяется выдержка времени АПВ?

- Больше времени готовности привода
- Больше времени деионизации (погасания дуги) и времени срабатывания РЗ
  - Необходима отстройка от действия РЗ (вплоть до третьей ступени токовой направленной защиты).
- Необходимо учитывать требования обеспечения устойчивости параллельной работы генераторов.
- **Выбор времени бестоковой паузы – это всегда конфликт интересов релейщиков и противоаварийщиков.**

Крупные системные аварии и АПВ

- Причины возникновения каскадного отключения линий?
- Почему не действовало АПВ на линиях?

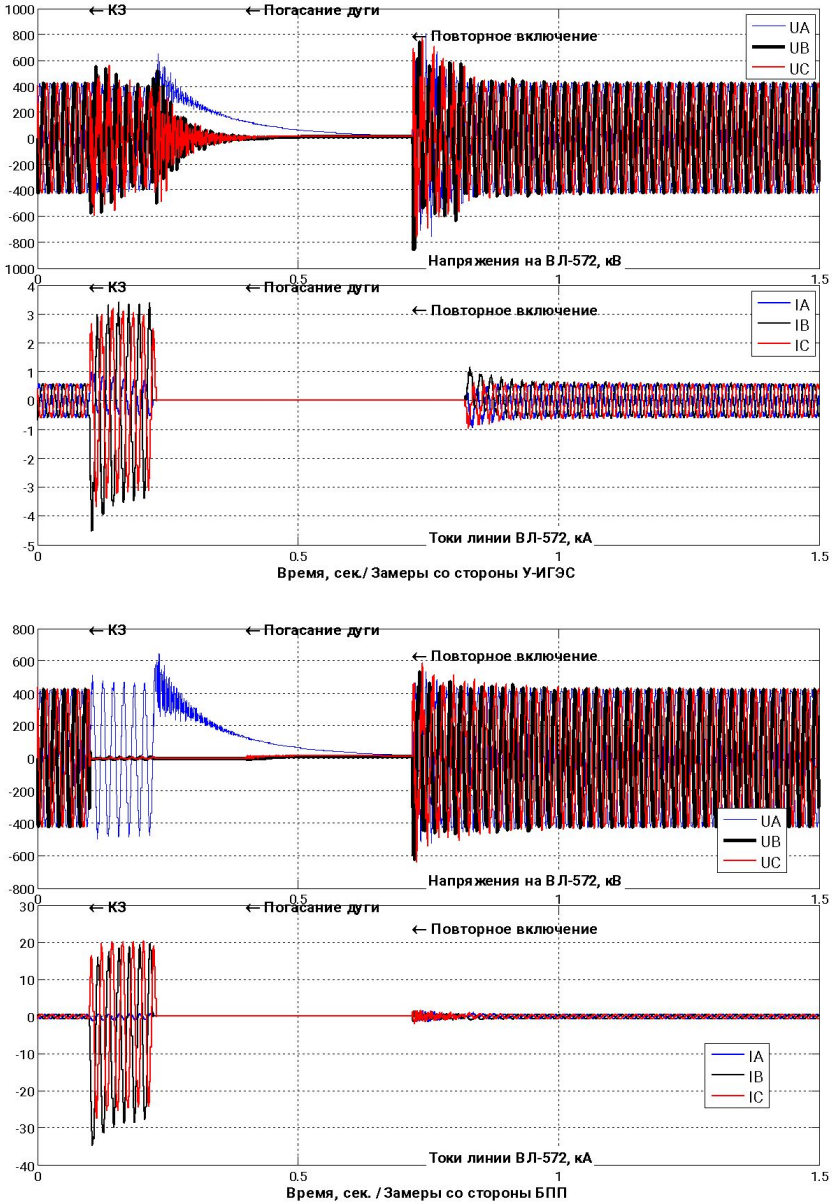




Время погасания дуги для ТАПВ

- Опытным путем было установлено, что минимальное время деионизации электрической дуги в цикле бестоковой паузы ТАПВ для ВЛ 500кВ составляет 0.35 – 0.5 сек. Поэтому повторное включение линии под напряжение должно производиться не ранее указанного времени.

Цикл ТАПВ на ВЛ У-ИГЭС - БПП

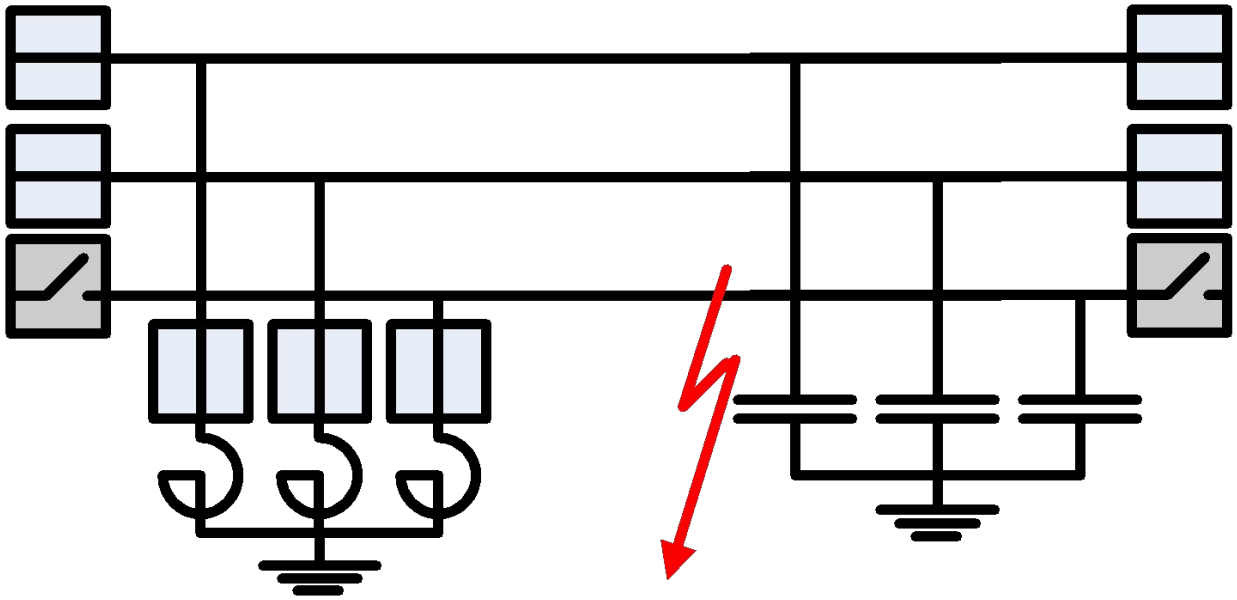


- **Реализация вышеприведенного алгоритма ТАПВ на ВЛ-572. Двухфазное КЗ на землю на ВЛ-572 вблизи Братского ПП. Включение выключателей трех фаз по истечению бестоковой паузы ТАПВ со стороны Братского ПП.**

Погасание дуги в цикле ОАПВ

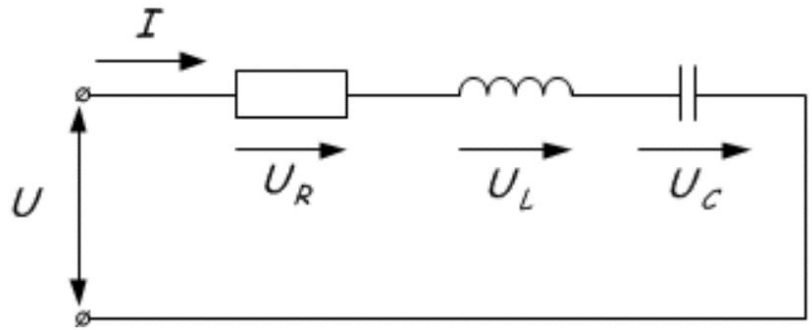
ЦЕЛЫЙ НОВЫЙ МИР!!!

В цикле бестоковой паузы поврежденная фаза взаимодействует с двумя неповрежденными, получая от них энергию через емкостные и индуктивные связи.



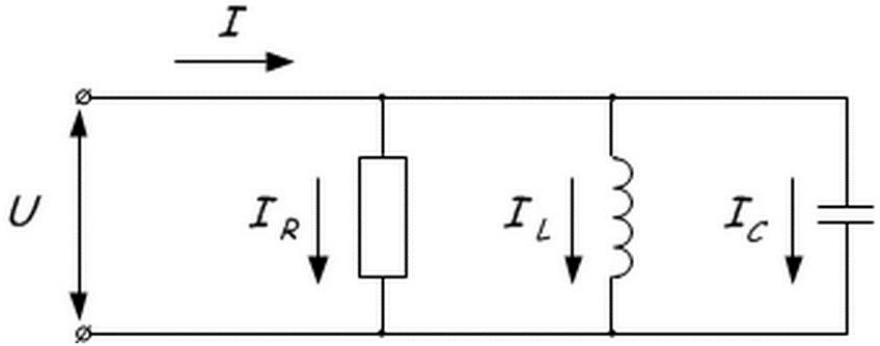
Резонанс токов и напряжений

- Резонанс напряжений возникает в последовательной RLC цепи



- Максимальный ток + перенапряжения!!!

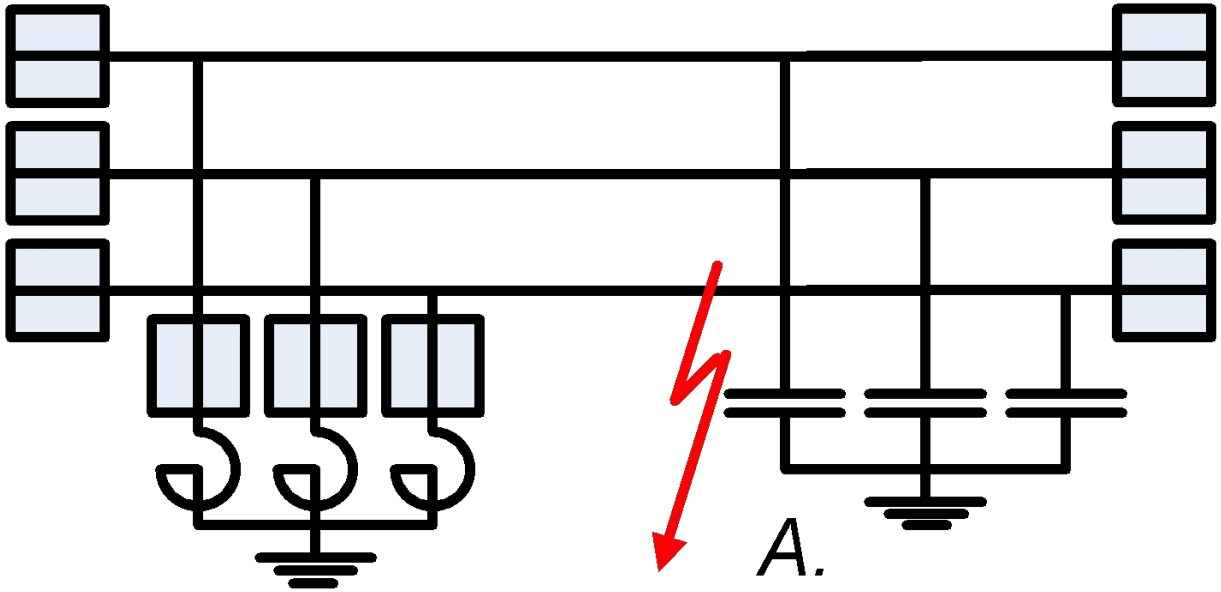
- Резонанс токов возникает в параллельно соединенными катушкой, резистором и конденсатором



- Теоретически бесконечное индуктивное сопротивление!!!

Компенсация реактивной мощности линии

- Компенсация реактивной мощности, генерируемой емкостью линии. Сколько?
- Хотелось бы скомпенсировать полностью, чтобы не гонять лишнюю реактивную мощность по системе. Но!!! это приводит к резонансной настройке.



Погасание дуги в цикле ОАПВ

- В настоящее время возможность осуществления ОАПВ рассматривают **исходя из установившегося тока подпитки и возвращающегося напряжения (установившееся значение напряжения на дуговом промежутке после погасания дуги)**
- При этом ориентируются на данные уникальных экспериментов, проводимых на реальных электропередачах (в СССР)

Токи подпитки ВЛ-572 У-ИГЭС - БПП

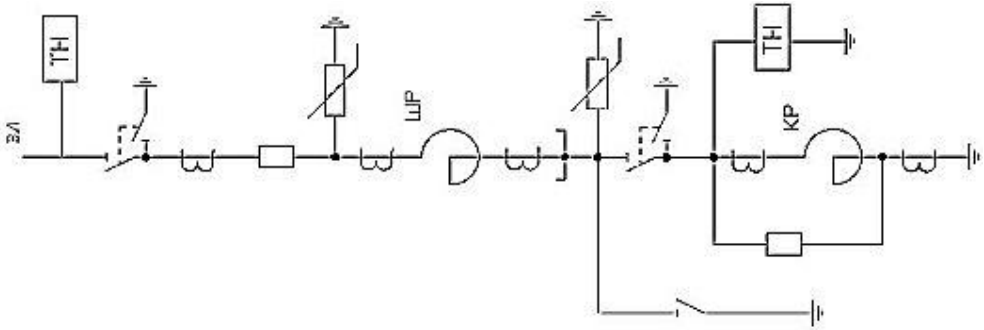
Результаты расчета тока подпитки бестоковой паузы ОАПВ. Исследование однофазных КЗ на ВЛ-500 кВ Усть-Илимская ГЭС – Братский ПП (№572)	
Расчетные условия	Действующее значение величины тока подпитки дуги, А
Однофазное КЗ на ВЛ 572 вблизи шин Усть-Илимской ГЭС. Нагрузочный режим. Угол по передаче $\delta=75^0$.	42
Однофазное КЗ на ВЛ 572 вблизи шин 500 кВ Братский ПП. Нагрузочный режим. Угол по передаче $\delta=75^0$.	40
Однофазное КЗ в середине ВЛ 572. Режим холостого хода (ХХ) ВЛ 500 кВ	35

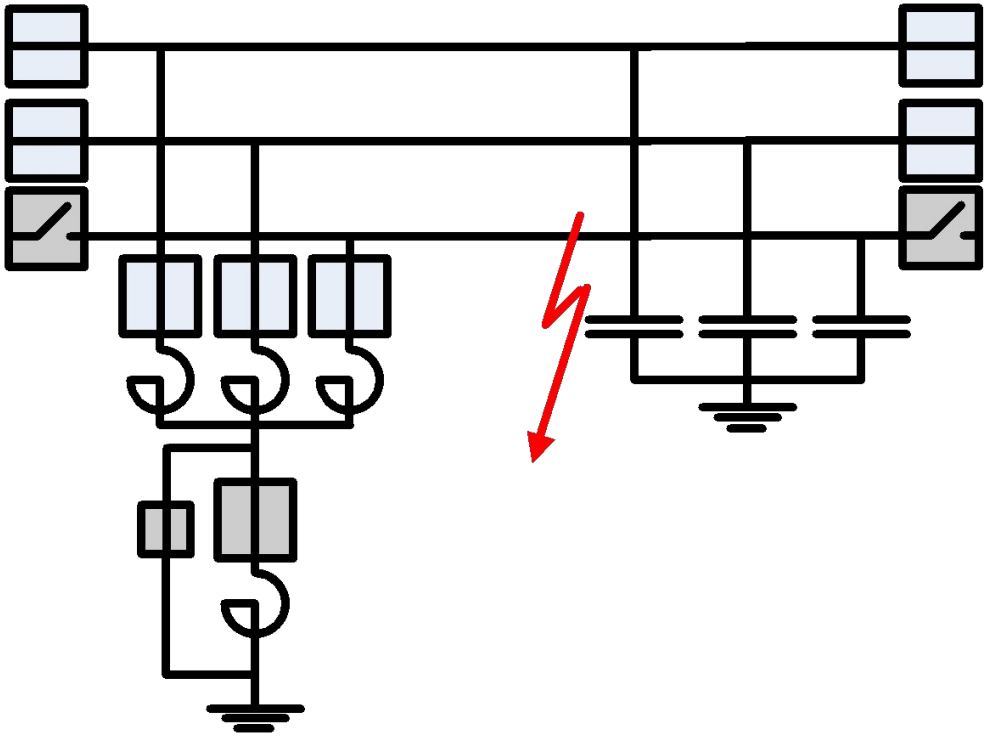
Токи подпитки ВЛ-572 У-ИГЭС - БПП

- Для величины тока 40-50А длительность бестоковой паузы принимается равной порядка 0.8-0.9 сек.
- Если ток подпитки слишком велик, то приходится увеличивать длительность бестоковой паузы.
- Что делать, если ее нельзя увеличивать по условию обеспечения устойчивости параллельной работы?

Снижение тока подпитки

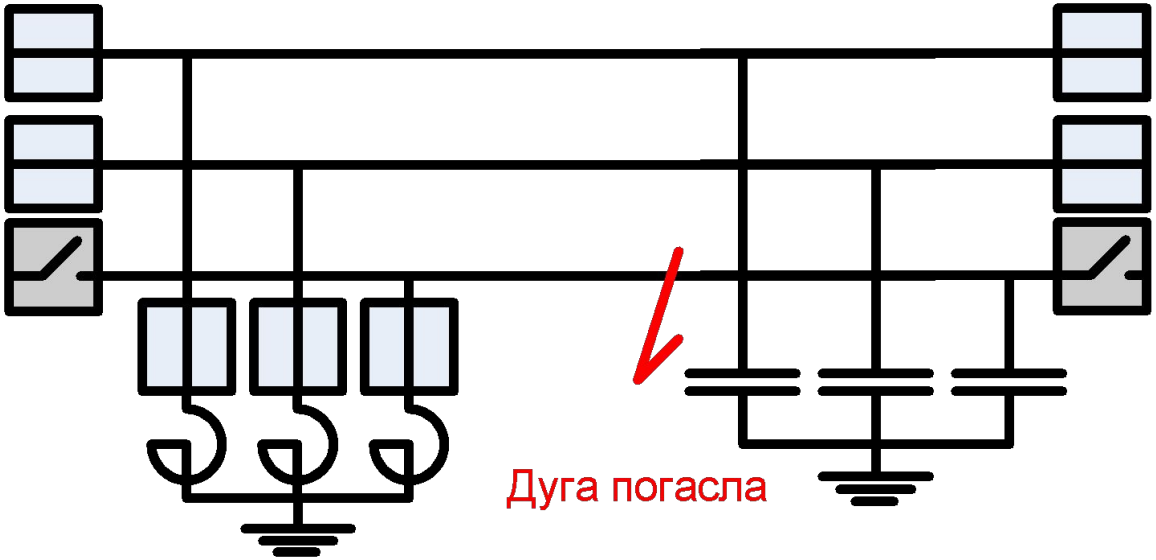
- Используем компенсационный реактор.



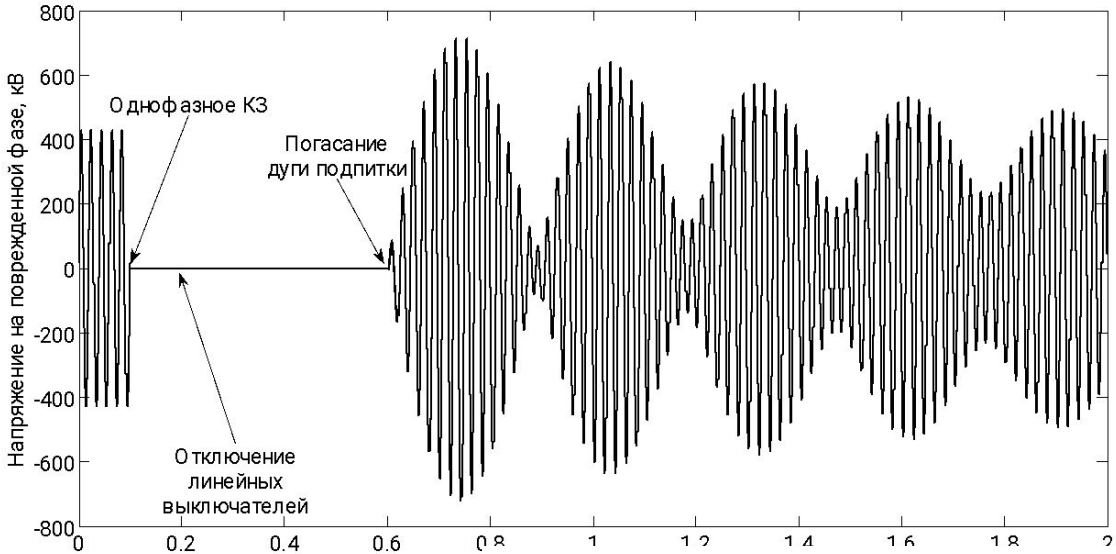


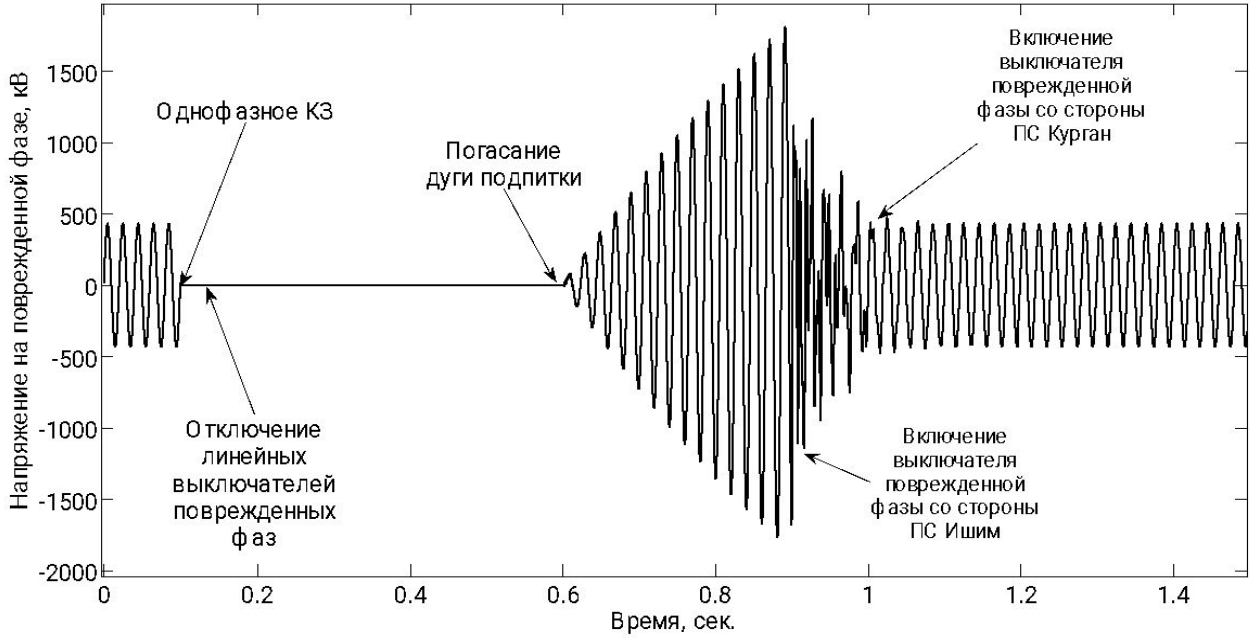
После погасания дуги

- При компенсации реактивной мощности близкой к резонансу, после погасания дуги поврежденная фаза будет находиться в состоянии близком к резонансу напряжений.
- Накачка мощностью будет происходить с соседних фаз через емкостные и индуктивные связи.



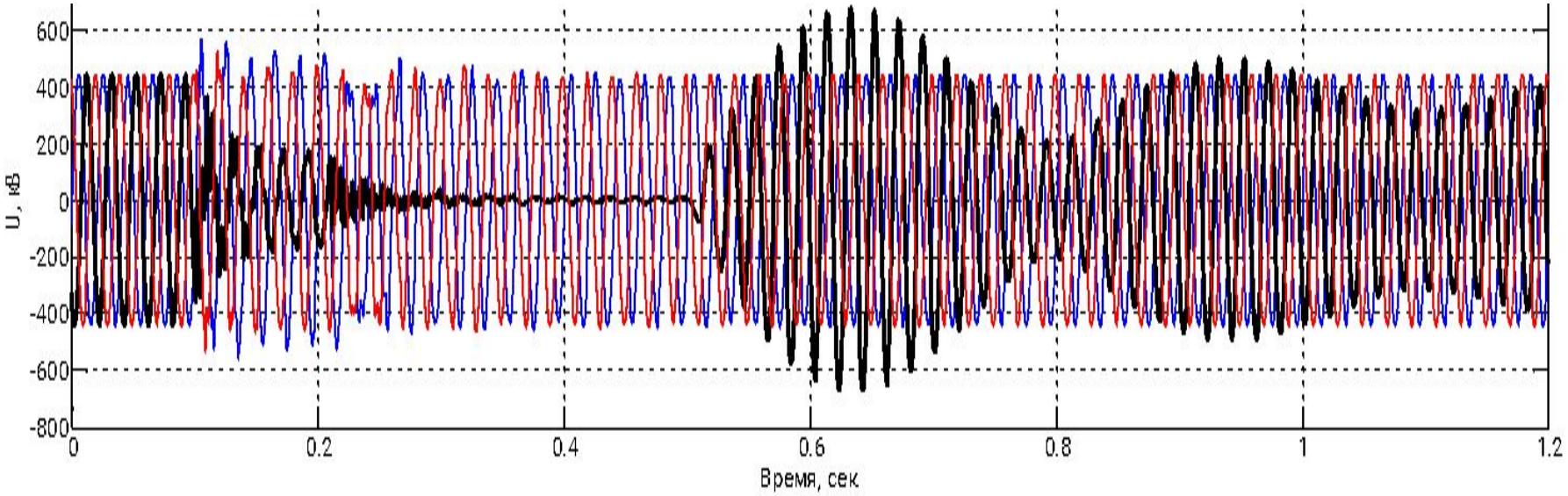
После погасания дуги





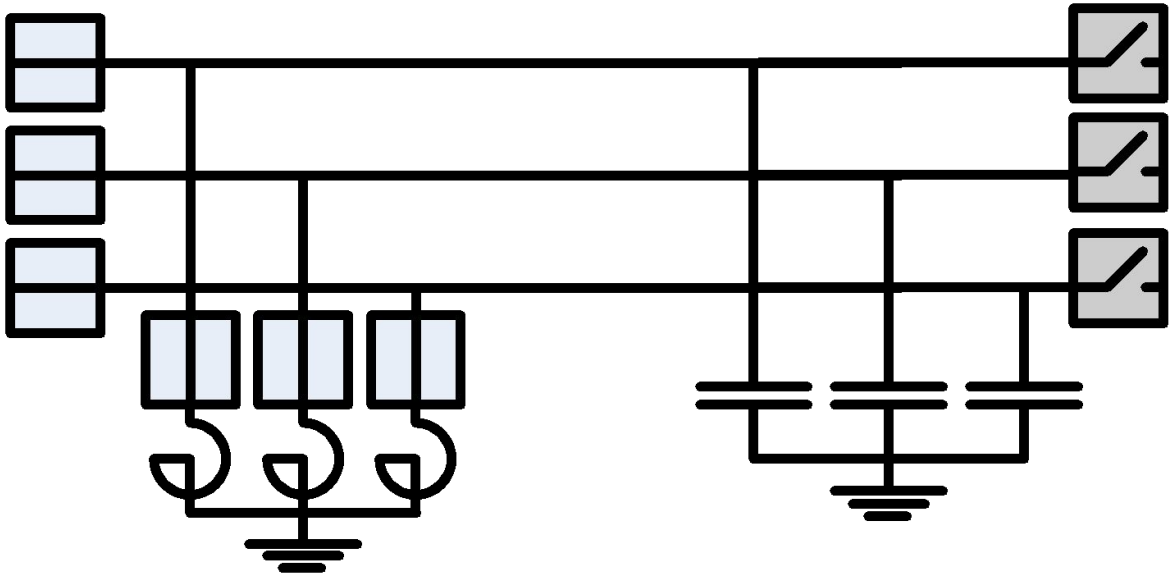
Резонансные перенапряжения после погасания дуги. Что делать?

- Отключать реактор в цикле ОАПВ. Если этого не делать, перенапряжения приведут к повторному зажиганию дуги.
- То есть при наличии резонансной настройки ВЛ в цикле бестоковой паузы, мы просто не сможем реализовать цикл ОАПВ.

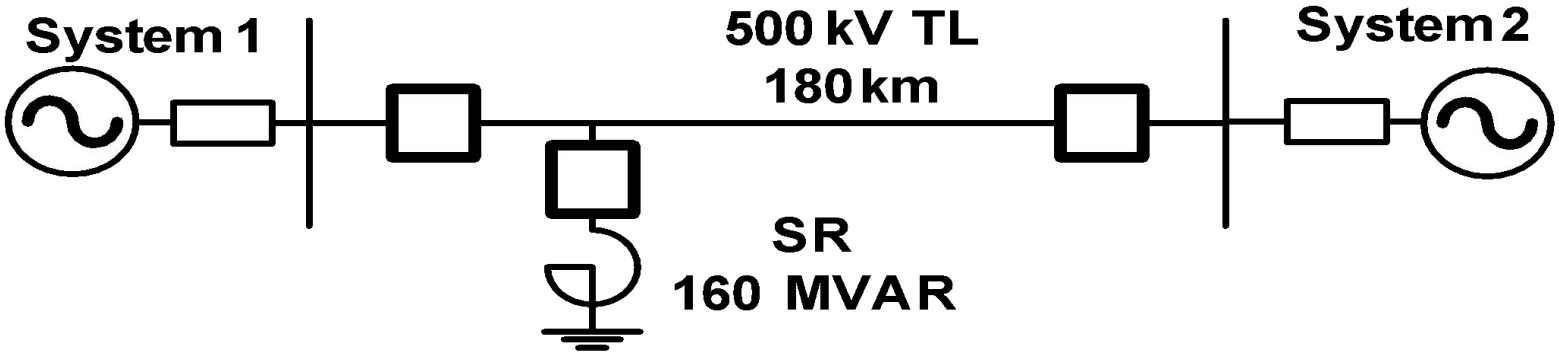


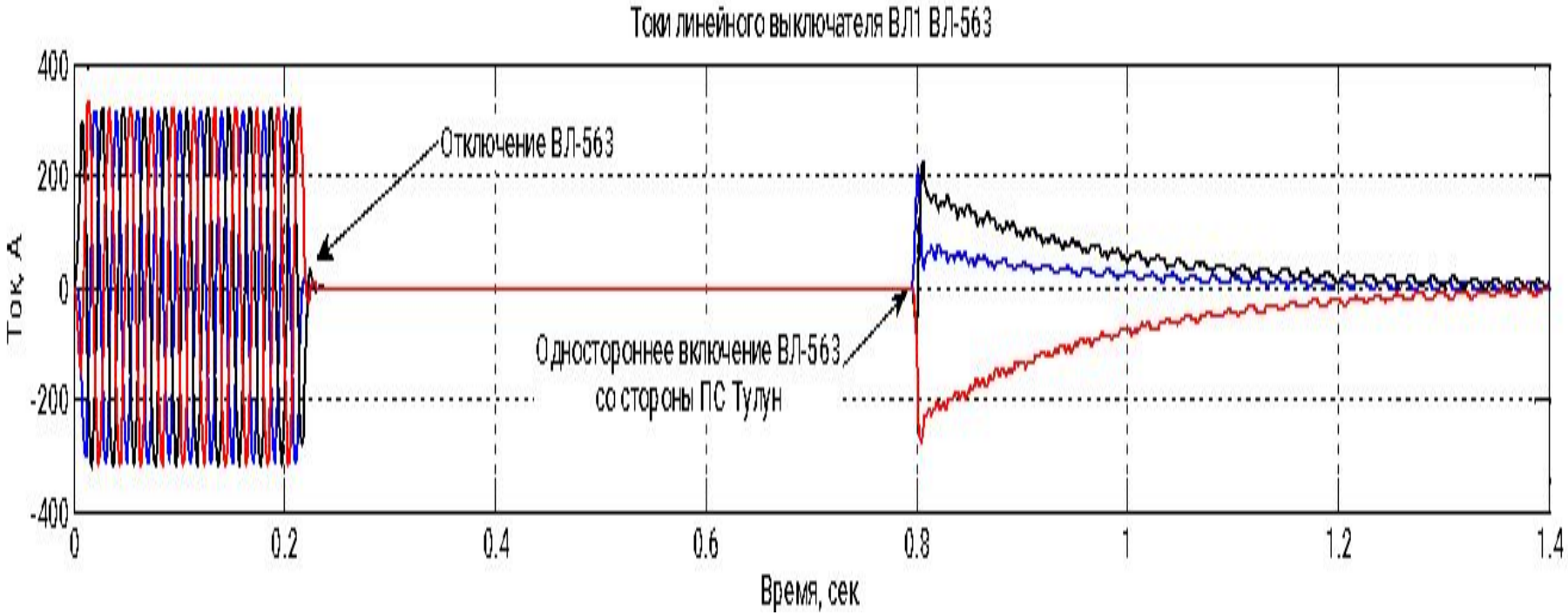
Повторное включение резонансно настроенной ВЛ в цикле ТАПВ/ОАПВ. Опробование ВЛ.

- Скомпенсированная линия, включаемая с одного конца, попадает в ситуацию резонанса напряжений.
- Резонанс напряжений сопряжен с наличием теоретически бесконечного индуктивного сопротивления для резонансной частоты (50Гц), однако для других частот сопротивление линии не будет равно бесконечности.



Повторное включение резонансно настроенной ВЛ в цикле ТАПВ/ОАПВ. Опробование ВЛ.



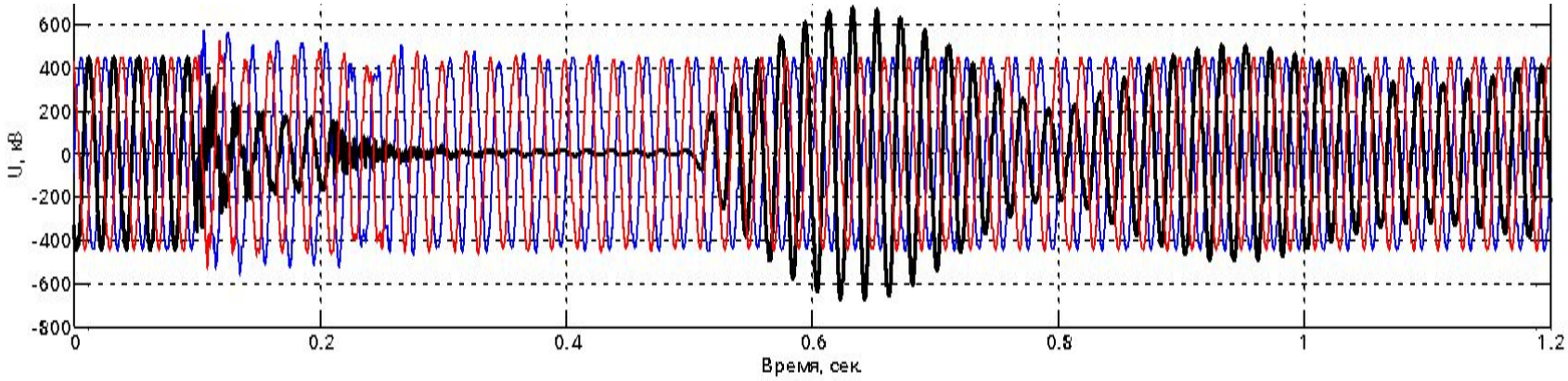


Что делать?

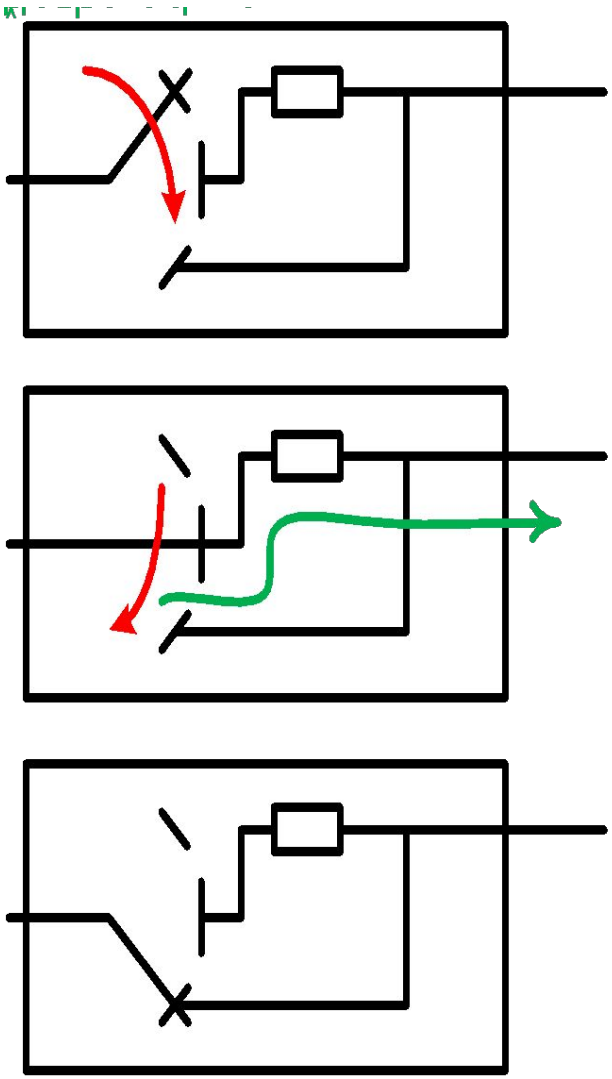
- Синхронизатор. Не всегда удается, так как настройка в резонанс сопровождается перенапряжениями. При степени компенсации порядка 0.7, использование синхронизатора затруднительно.
- Предвключаемые резисторы. Вводятся в работу кратковременно до включения линии. Рассеивают энергию апериодической составляющей тока.
- Отключать реактор до коммутации линии.

Синхронизатор

- Синхронизатор призван обеспечивать длительную и надежную работу высоковольтных выключателей путем облегчения коммутации.
- Синхронизаторы используются при коммутации реакторов, емкостей и линий (наш случай).
- При степени компенсации линии порядка 0,7 (1.3) синхронизатор не может осуществлять коммутацию, так как на линии наблюдаются биения напряжения, которые блокируют работу синхронизатора.



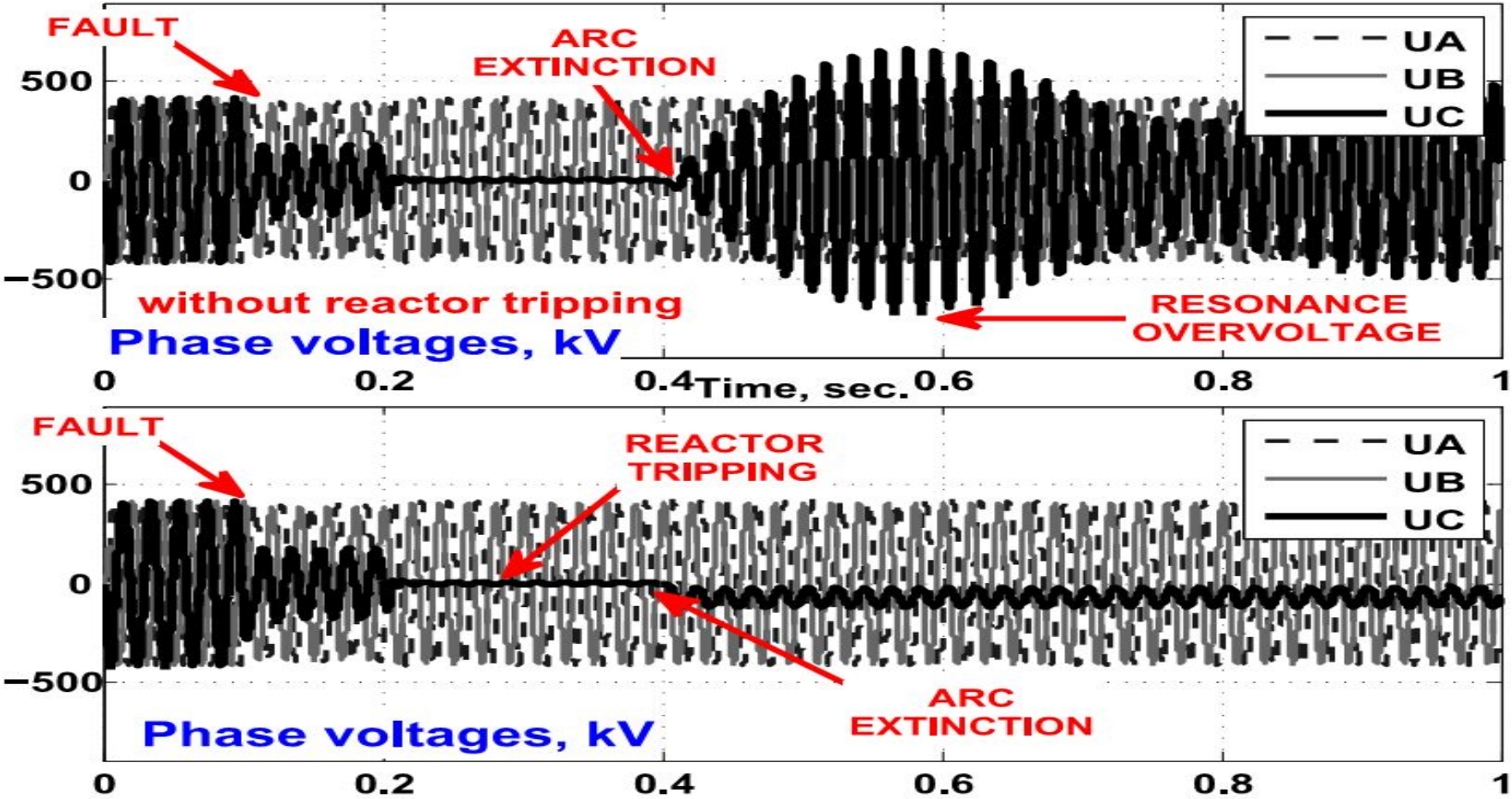
Предвключаемые резисторы



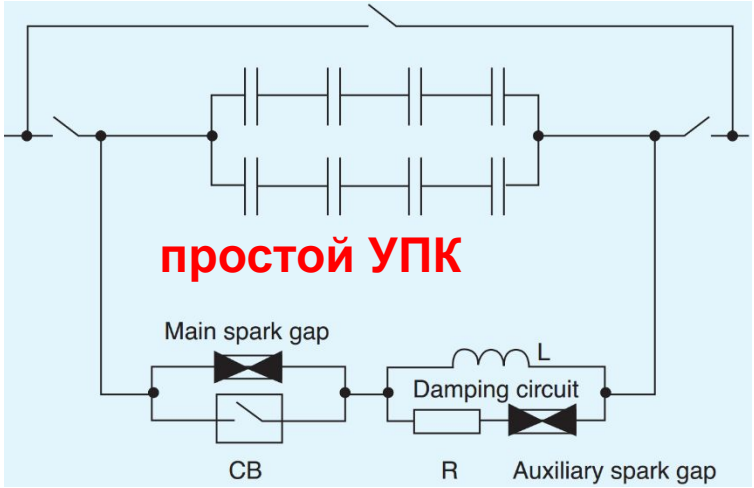
- Предвключаемые резисторы. Вводятся в работу кратковременно до включения линии. Рассеивают энергию апериодической составляющей тока.
- Дорогое удовольствие, примерно 25% стоимости выключателя. Резисторы не должны разрушаться при включении на близкое КЗ. *W=Iкз_max^2*R*t*

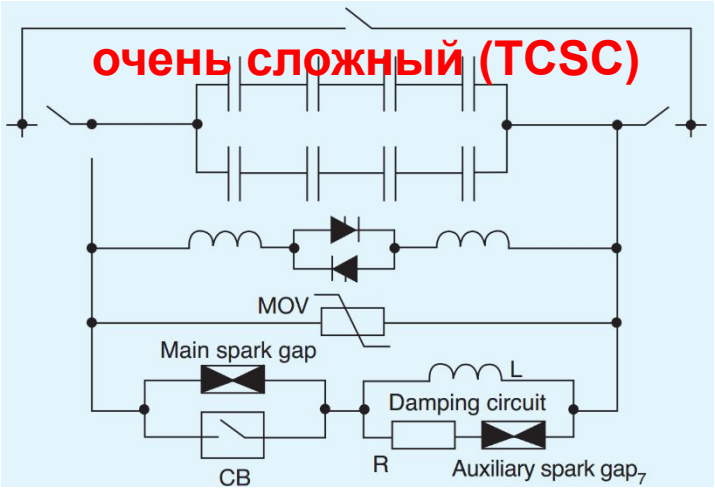
Отключение реактора для расстройки резонанса линии

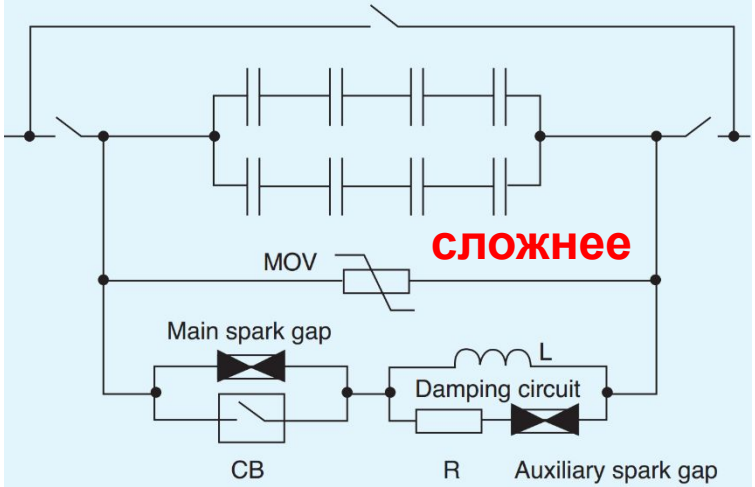
- Перенапряжения в цикле ОАПВ с включенным и отключенным реактором, ВЛ-563.



Устройство продольной компенсации (УПК)



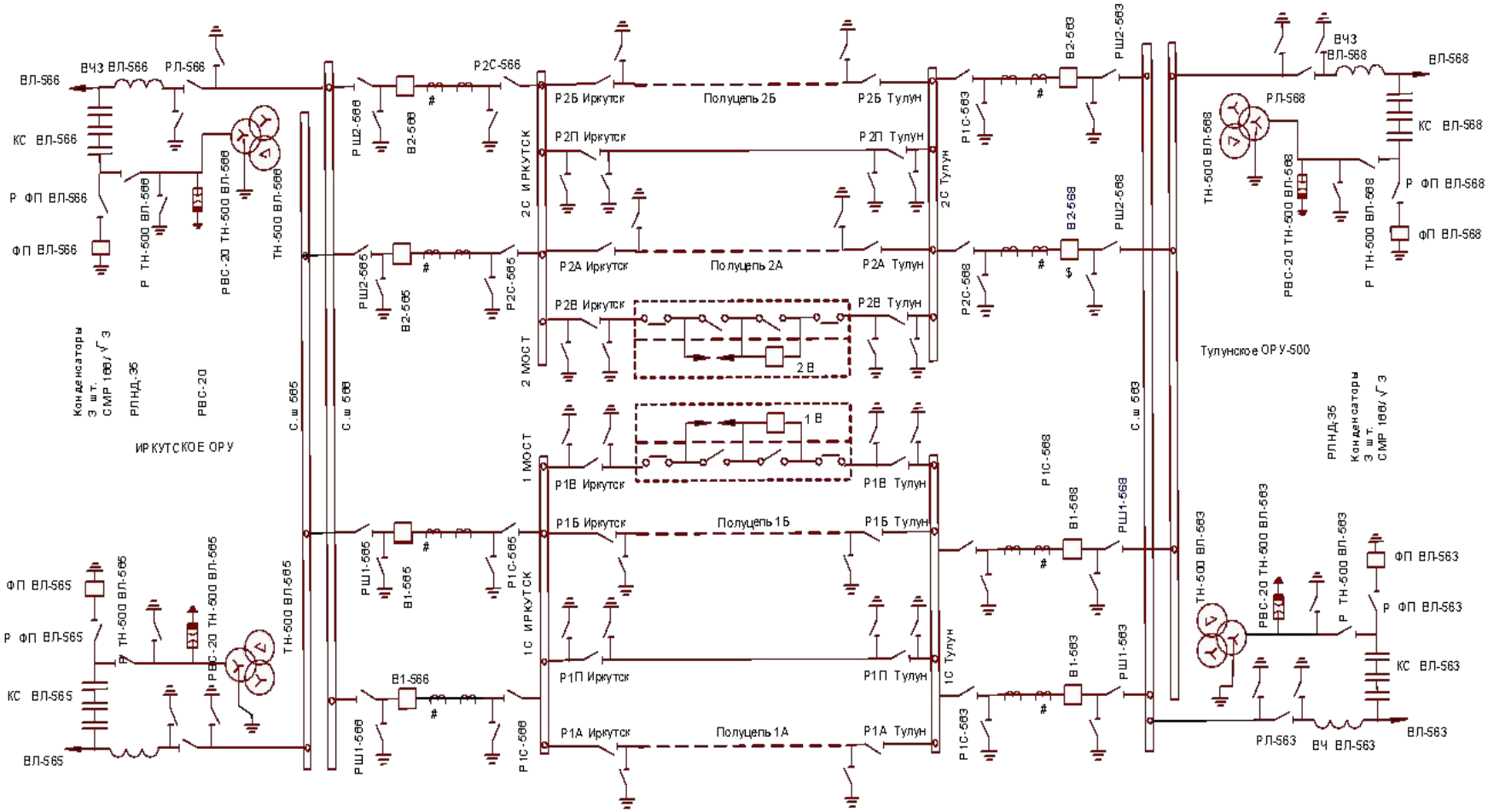




УПК Тыреть

- УПК Тыреть представляет собой батарею конденсаторов, которая включена между системами сборных шин ОРУ 500 кВ и изолирована от земли на напряжении линии передачи.
- Из соображений надежности эксплуатации установки батарея разделена на две равные части (мосты), которые в свою очередь также разделены на две равные части (полуцепи).
- Каждый мост конденсаторов подключен к сборным шинам через два выключателя 500 кВ с каждой стороны
- В одной фазе одной полуцепи 7 параллельных и 80 последовательных рядов конденсаторов. Параметры одного конденсатора: емкость C_1= 348 мкФ; номинальное напряжение $U_{1,ном}$=1,05 кВ.

УПК Тыреть. Оперативная схема.

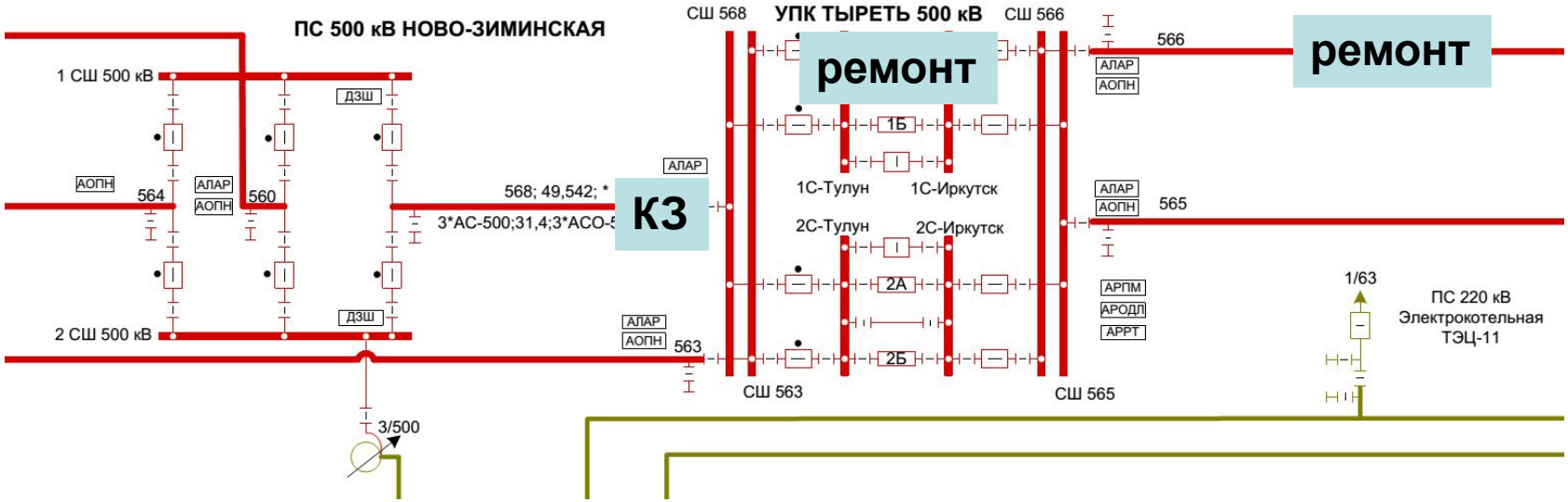


УПК Тыреть

- При протекании токов КЗ в установившемся и, особенно, в переходном режиме на конденсаторах УПК возникают значительные перенапряжения, которые могут представлять опасность для их изоляции. Для защиты от таких перенапряжений параллельно УПК установлен защитный разрядник, который при подъеме напряжения на УПК выше уставки разрядника пробивается и шунтирует батарею.
- Среднее пробивное напряжение разрядника составляет 235 кВ ($2{,}8U_{ном}$). С учётом разброса ±20% верхний предел пробивных напряжений разрядника равен 3,4 $U_{ном}$ (285,6 кВ), а нижний 2,2 $U_{ном}$ (184,8 кВ).
- Причиной, приводящей к возникновению перенапряжений на УПК Тыреть, является резонанс напряжений при КЗ. Явление резонанса напряжений связано с возникновением следующего резонансного контура: ЭДС системы – эквивалентная индуктивность системы – индуктивное сопротивление ВЛ – емкость УПК.

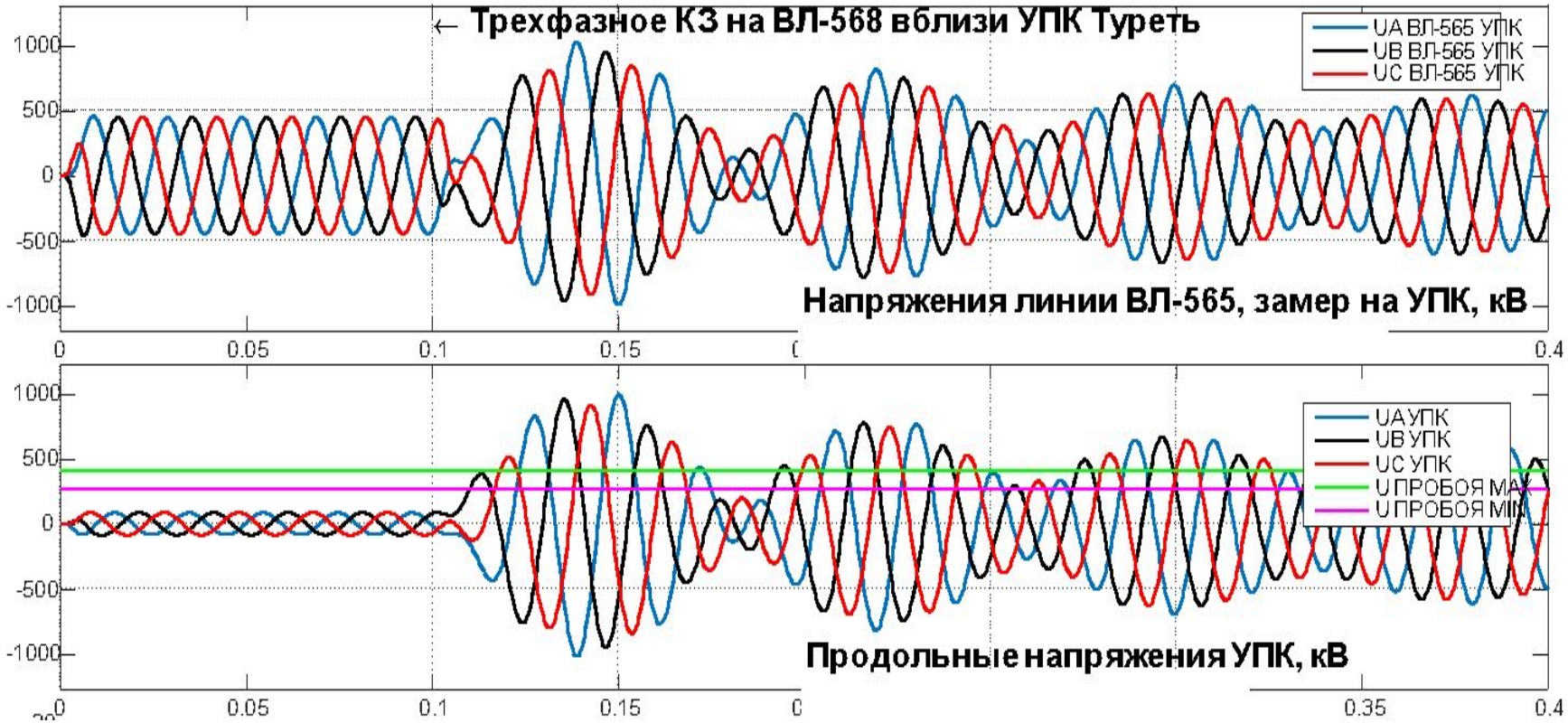
УПК Тыреть

- Рассмотрим следующую ремонтную схему:
  - ремонт ВЛ-566,
  - ремонт одного моста УПК, в этом случае результирующая емкость УПК составит 60.9 мкФ, результирующее сопротивление 52.6 Ом.
- В описанной ремонтной схеме рассмотрим трехфазное КЗ (маловероятное событие) на ВЛ 500кВ УПК Тыреть – ПС Ново-Зиминская (ВЛ-568) вблизи УПК Тыреть.



УПК Тыреть

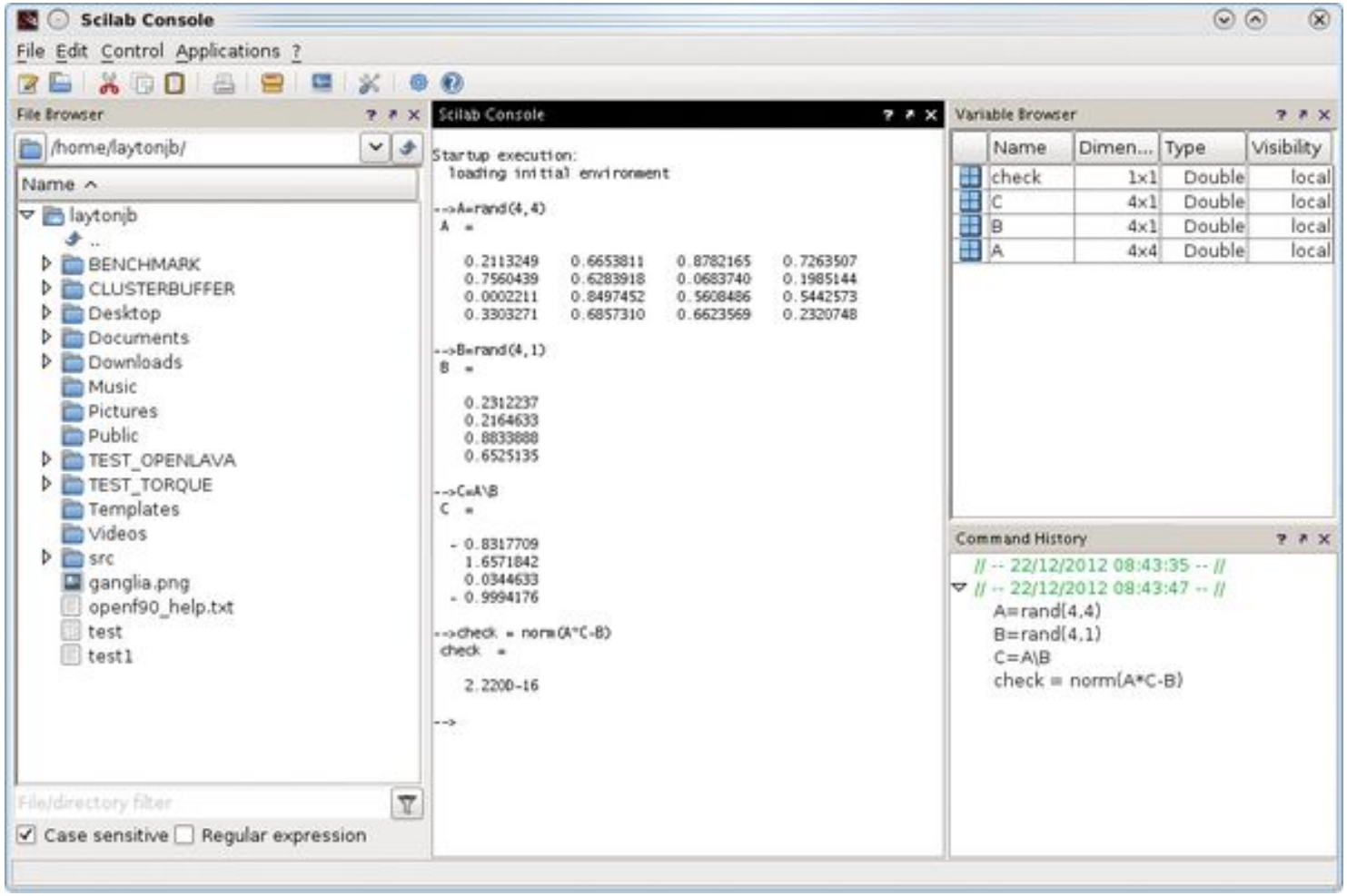
- Рассматриваемое возмущение приведет к околорезонансной настройке схемы (о чем свидетельствуют биения напряжений), что будет сопровождаться существенным повышением продольного напряжения на УПК Тыреть и аналогичным повышением напряжения на выводах выключателя ВЛ-565. Схожие резонансные явления будут наблюдаться и при возникновении других видов КЗ.



УПК Тыреть

- В настоящее время ликвидация резонанса на УПК Тыреть осуществляется следующим образом.
- Рассматриваемое аварийное перенапряжение приводит к быстрому гарантированному пробою разрядников. Пробой разрядников зашунтирует УПК и расстроит резонанс.
- После снятия возмущения УПК вновь может быть введено в работу.

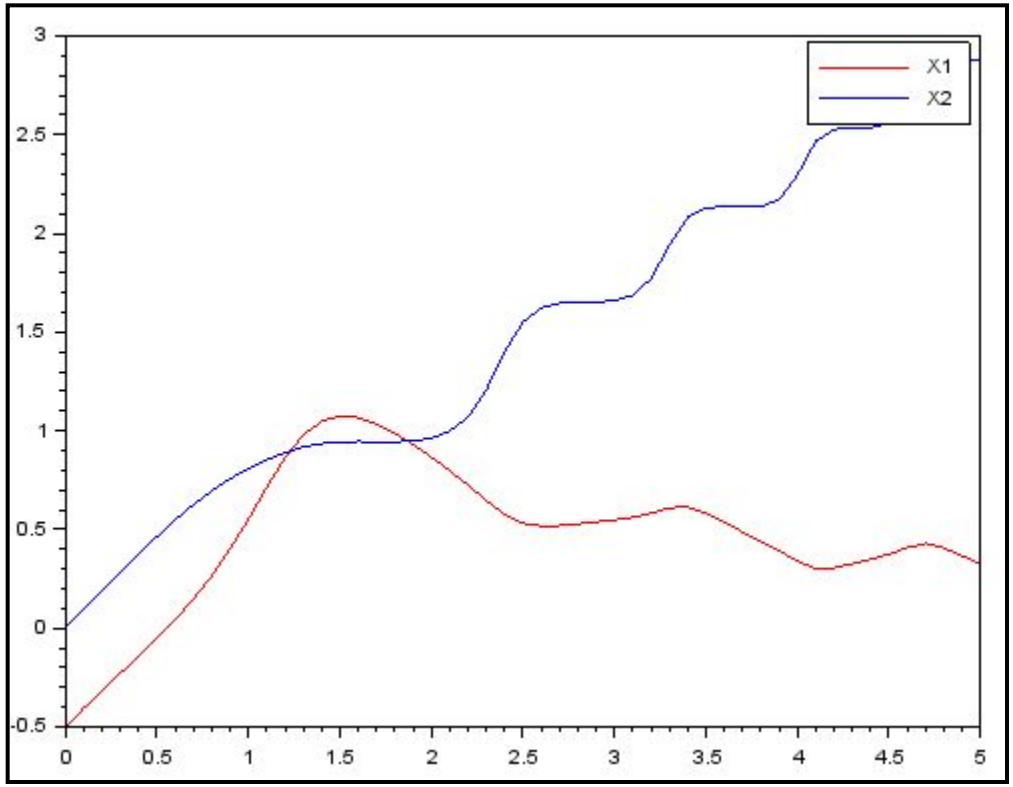
Scilab 5.5.2


Scilab Console
File Edit Control Applications ?
File Browser
/home/laytonjb/
Name
laytonjb
..
BENCHMARK
CLUSTERBUFFER
Desktop
Documents
Downloads
Music
Pictures
Public
TEST_OPENLAVA
TEST_TORQUE
Templates
Videos
src
ganglia.png
openf90_help.txt
test
test1
File/directory filter
Case sensitive
Regular expression
Scilab Console
Startup execution:
loading initial environment
-->A=rand(4,4)
A =
0.2113249 0.6653811 0.8782165 0.7263507
0.7560439 0.6283918 0.0683740 0.1985144
0.0002211 0.8497452 0.5608486 0.5442573
0.3303271 0.6857310 0.6623569 0.2320748
-->B=rand(4,1)
B =
0.2312237
0.2164633
0.8833888
0.6525135
-->C=A\B
C =
- 0.8317709
1.6571842
0.0344633
- 0.9994176
-->check = norm(A*C-B)
check =
2.220D-16
-->
Variable Browser
Name Dimen... Type Visibility
check 1x1 Double local
C 4x1 Double local
B 4x1 Double local
A 4x4 Double local
Command History
// -- 22/12/2012 08:43:35 -- //
// -- 22/12/2012 08:43:47 -- //
A=rand(4,4)
B=rand(4,1)
C=A\B
check = norm(A*C-B)

Scilab 5.5.2. Пример интегрирования уравнений пространства состояний.

Файл Правка Формат Настройки Окно Выполнить Справка

odetest.sce (F:\ProjectsLenovo\Политех\Тестирование Scilab\odetest.sce) - SciNotes

odetest.sce | ars.sce

```
function dx=f(t,x)
    dx(1)=sin(2*t*x(1))+cos(t*x(2));
    dx(2)=cos(2*t*x(2))+sin(t*x(1));
endfunction
t0=0;
x0=[-0.5;0];
t=0:0.1:5;
x=ode(x0,t0,t,f);
plot(t,x(1,:),'r');
plot(t,x(2,:));
legend("X1" , "X2");
```