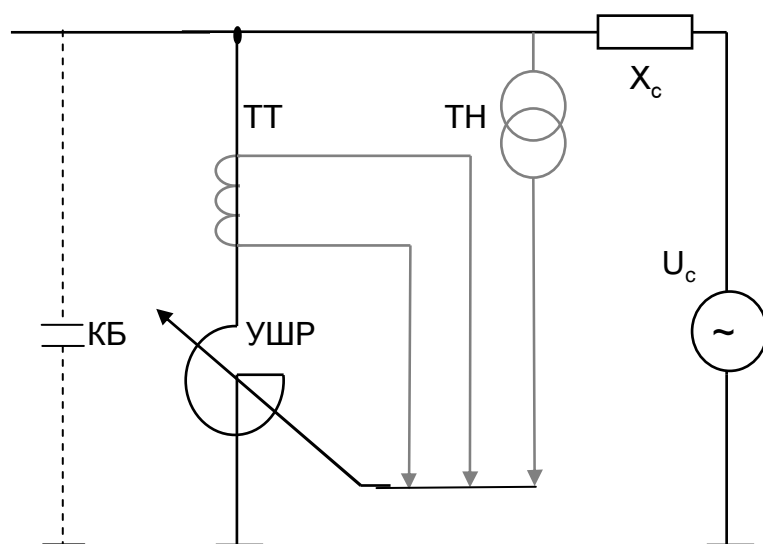
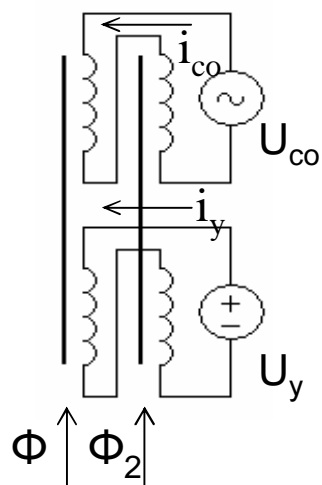


1. УШР – плавнорегулируемые индуктивные сопротивления, управляемые изменением насыщенности магнитной цепи.
2. Применение УШР целесообразно в электрической сети с переменным графиком нагрузки вместо нерегулируемых или ступенчато регулируемых реакторов.
3. Совместно с батареями конденсаторов УШР выполняют функцию синхронных или статических тиристорных компенсаторов.
4. Структурная схема:
5. Основная регулировочная характеристика:

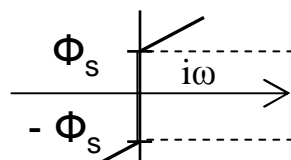


Принципиальная
схема фазы:



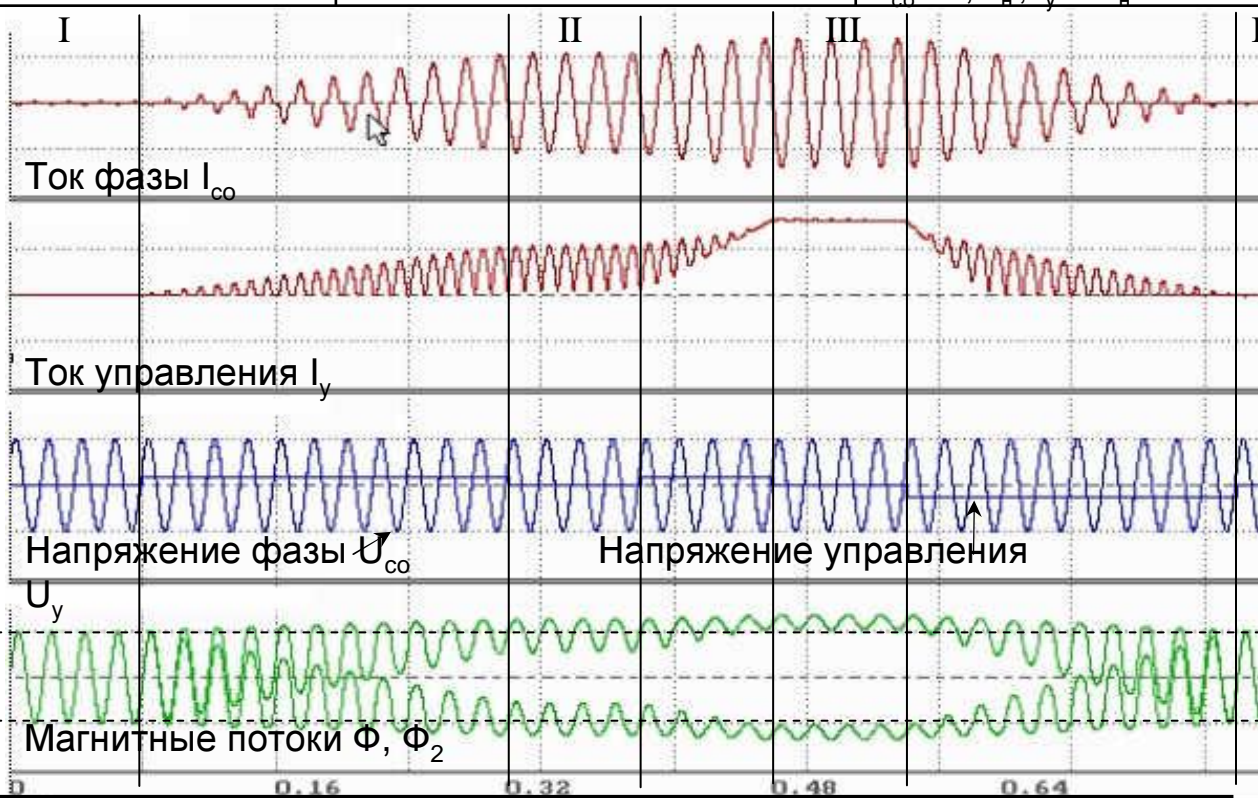
$$U_y = (0,01...0,03)U_{co}$$

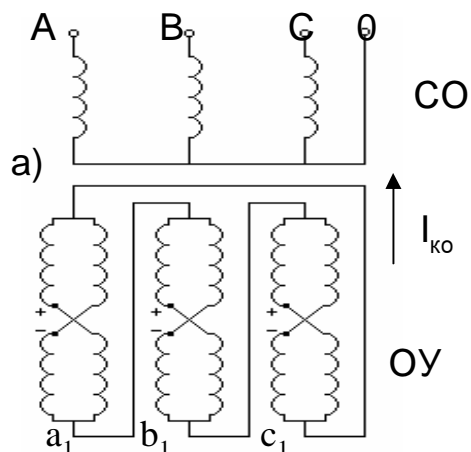
$$\tau = (0,1...1)c$$



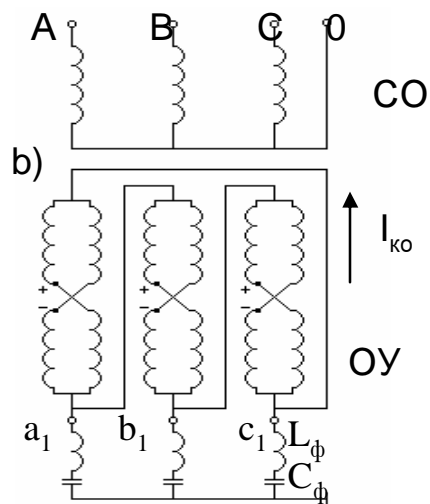
Характерные режимы:

I. Холостой ход (не насыщенный режим) $I_{co} = I_y \approx 0$	II. Номинальный режим (полупериодное насыщение) $I_{co} = I_y = I_n$	III. Максимальный режим (полнопериодное насыщение) $I_{co} = 1,3I_n; I_y \approx 2I_n$
---	---	---

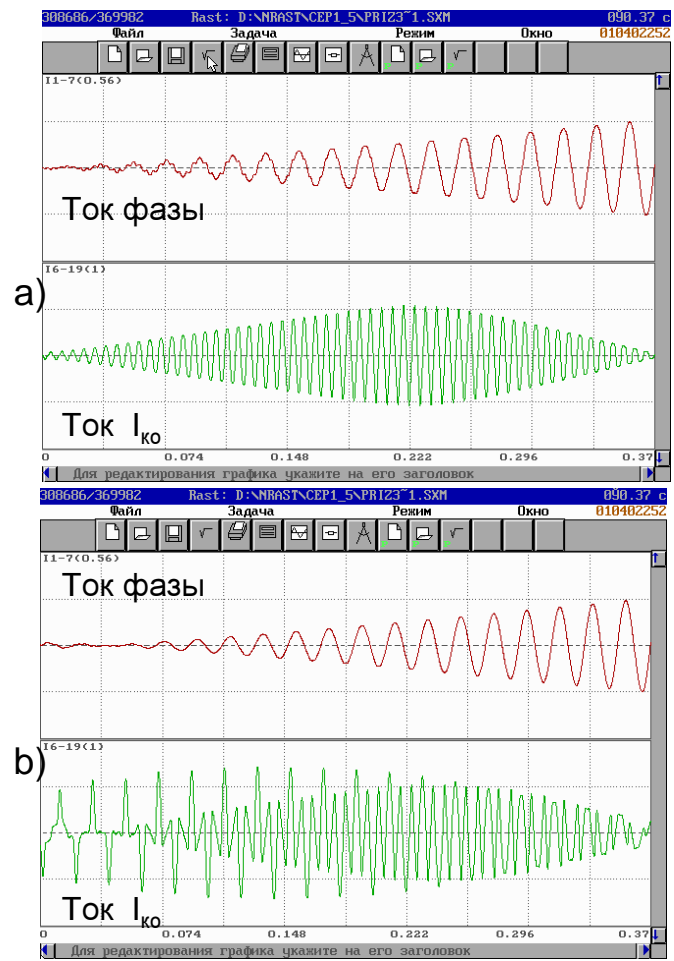




a) $I_{иск} \leq 0,04I_H$



b) $Q_\phi = (0,03 \dots 0,05)Q_H$;
 $I_{иск} \leq 0,02I_H$



Фаза управляемого реактора РОДЦУ-60/525/ $\sqrt{3}$ на п/ст «Белый Раст», РФ 1989 год.

Назначение:

Сетевые Испытания (регулируемые, динамические, вибро-шумовые, коммутационные характеристики; нелинейные искажения тока, резонансные явления)

Основные технические данные:

- | | |
|--------------------------------|--------------------|
| 1. Номинальное напряжение | 525/ $\sqrt{3}$ кВ |
| 2. Номинальная мощность | 60 МВАр |
| 3. Диапазон изменения мощности | 0,2...81 МВАр |
| 4. Время изменения мощности | 0,3 с |
| 5. Потери: | |
| - холостого хода | 90 кВт |
| - номинальные | 465 кВт |
| 6. Мощность управления | 1,8 МВА |
| 7. Полная масса | 138 т |



Заключение Заказчика («Дальние Электропередачи»):

«Опытно-промышленный образец успешно прошел испытания и может быть принят за прототип при создании головного образца».

Китай, 2005

Трехфазный управляемый реактор 25 МВАр, 110 кВ на п/ст «Кудымкар», РФ 1999 год.

Назначение:

Стабилизация напряжения в точке подключения и оптимизация перетоков реактивной мощности в прилегающей сети (подключен в параллель с ШКБ 42 МВАр).

Основные технические данные:

1. Номинальное напряжение	121 кВ
2. Номинальная мощность	25 МВАр
3. Диапазон изменения мощности МВАр	0,25÷30
4. Время изменения мощности	2,0 с
5. Потери:	
- холостого хода	200 кВт
- номинальные	25 кВт
6. Мощность управления	160 КВА
7. Высшие гармоники в токе	< 4%
8. Полная масса	69 т



Заключение Заказчика (решение выездного семинара РАО «ЕЭС России» на месте установки):

1. Колебания напряжения ограничены до $\pm 1,5\%$.
2. В часы максимума нагрузки потери энергии в прилегающей сети снижены до 2,5 МВт.
3. За счет повышения пропускной способности транзита, строительство дополнительной линии 220 кВ отнесено на 10-15 лет».

Трехфазный управляемый реактор 100 МВАр, 220 кВ на п/ст «Чита», РФ 2002 год.

Назначение:

Стабилизация напряжения в точке подключения, разгрузка генераторов по реактивной мощности

Основные технические данные:

- | | |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. Номинальное напряжение | 220 кВ |
| 2. Номинальная мощность | 100 МВАр |
| 3. Диапазон изменения мощности | -2,5...113 МВАр |
| 4. Время изменения мощности | 0,4 с |
| 5. Потери: | |
| - холостого хода | 87,7 кВт |
| - номинальные | 558 кВт |
| 6. Мощность управления | 1 МВА |
| 7. Высшие гармоники в токе | < 2% |
| 8. Полная масса | 183 т |

**Заключение Заказчика (Пункт 2 Решения НТС РАО «ЕЭС России от 29.12.2003 г.):**

«Рекомендовать ОАО «ФСК ЕЭС» применение аналогичных управляемых реакторов в сети 110÷330 кВ».

Трехфазный управляемый реактор 180 МВАр, 330 кВ на п/ст «Барановичи», Беларусь 2003 год.

Назначение:

Стабилизация напряжения, разгрузка генераторов по реактивной мощности.

Основные технические данные:

1.Номинальное напряжение	347 кВ
2.Номинальная мощность	180 МВАр
3.Диапазон изменения мощности	-5...195 МВАр
4.Время изменения мощности	0,7 с
5.Потери:	
- холостого хода	138 кВт
- номинальные	753 кВт
6.Мощность управления	1 МВА
7.Высшие гармоники в токе	< 2%
8.Полная масса	320 т



Предварительное Заключение Заказчика (технический совет «Белэнергосетьпроекта»):

«Рекомендовать концерну «Белэнерго» применять в сети 330 кВ исключительно управляемые шунтирующие реакторы».

Трехфазные управляемые реакторы 25 МВАр, 110 кВ на ПС «Катыльгинская», «Двуреченская» и «Игольская», РФ 2004 г.

Назначение:

Стабилизация напряжения в точке подключения и оптимизация перетоков реактивной мощности в прилегающей сети (подключены в параллель с ШКБ 54 МВАр).

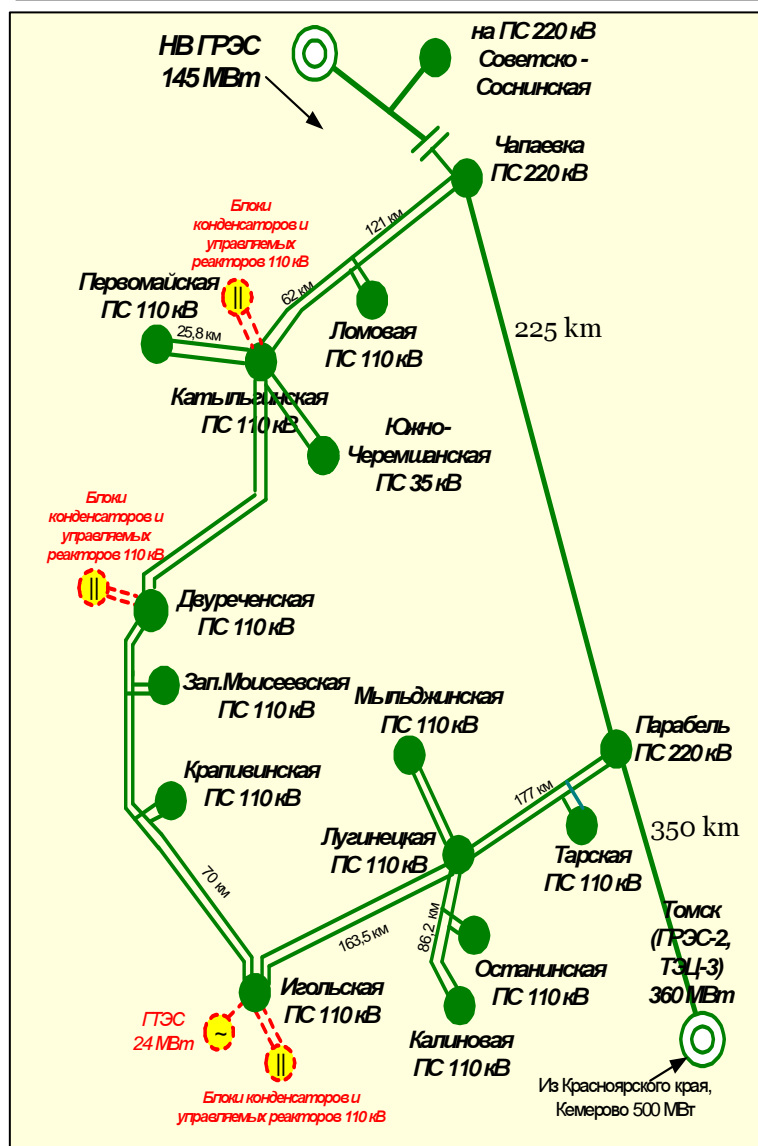
Основные технические данные:

- | | |
|--------------------------------|--------------|
| 1. Номинальное напряжение | 121 кВ |
| 2. Номинальная мощность | 25 МВАр |
| 3. Диапазон изменения мощности | 0,25÷30 МВАр |
| 4. Потери: | |
| - холостого хода | 25 кВт |
| - номинальные | 200 кВт |
| 6. Мощность управления | 160 КВА |
| 7. Высшие гармоники в токе | < 4% |
| 8. Полная масса | 69 т |



Заключение Заказчика:

1. На 50% увеличена пропускная способность сети электроснабжения нефтяных приисков.
2. На 20% снижены удельные потери электроэнергии.
3. Колебания напряжения в точках подключения реакторов и прилегающей сети ограничены до $\pm 1,5\%$ от заданной уставки.



ОПЫТ применения компенсирующих устройств на ПС-110кВ. «Игольская» и «Дзуреченская» для электроснабжения нефтяных месторождений ОАО «Томскнефть» (Октябрь 2004г.- март 2005г.)

1. К исходу 2003года на нефтяных месторождениях Южного Васюгана ОАО «Томскнефть» возникла кризисная ситуация. Пропускная способность электропередачи 110кВ «Парабель-Лугинецкая-Игольская-Крапивинская» была исчерпана, а уровни напряжения на ПС-110 «Крапивинская» не превышали 85% номинального.
2. И только в августе-октябре 2004года после ввода на ПС-110 «Игольская» батареи статических конденсаторов (БСК) 23МВАР, управляемого шунтирующего реактора (УШР) 25МВАР и ПС-110 «Дзуреченская» с БСК-23 и УШР-25 ситуация изменилась коренным образом в лучшую сторону. Пропускная способность выросла на 30-50% , уровни напряжения достигли 105-110% номинального и могут регулироваться в широком диапазоне в зависимости от режимов.
3. Даже непродолжительный период эксплуатации реакторов РТУ-25000/110-У1 позволяет отметить, что реакторы совместно с батареями статических конденсаторов:
 1. Обеспечивают оптимальные потоки реактивной мощности позволяющие довести передаваемую мощность до предельно допустимой по сечению проводов. По состоянию нагрузок на март 2005г обеспечивается 100% взаимное резервирование эл.нагрузок электропередачи «Парабель - Дзуреченская - Чапаевка»(Таблица 3). Необходимость перевода региона на напряжение 220кВ потеряло свою актуальность.
 2. Снижают потери активной мощности в проводах ВЛ-110кВ. При нагрузке 72 МВт потери составляют 7,5 МВт против 11,9 МВт, в том числе в сетях ООО «ЭнергонепфтьТомск» 1.8 МВт против 2.9 МВт.
 3. Обеспечивают плавную автоматическую стабилизацию заданных уровней напряжения в установившихся режимах, при сокращении числа коммутаций БСК и РПН в десятки раз.

Главный энергетик ЗАО «ЮКОС-ЭП»

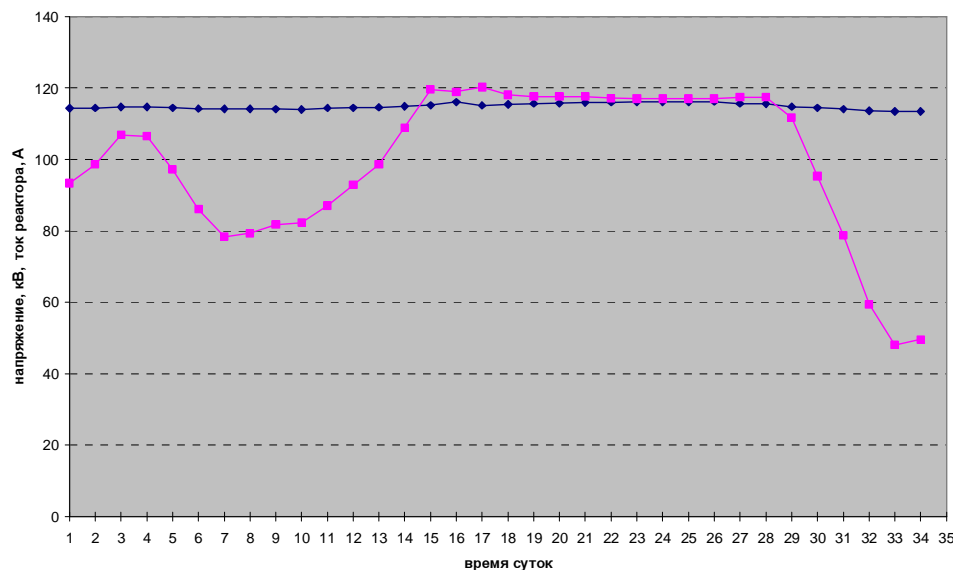
В.В.Садовой

Суточные графики работы УШР

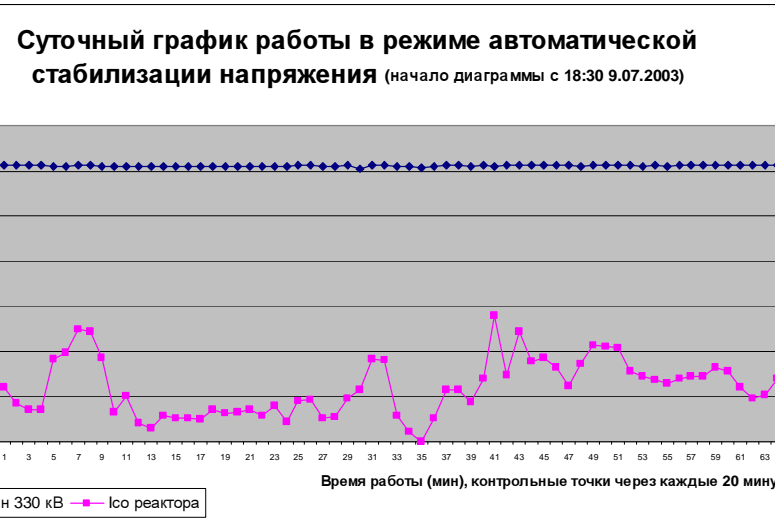
УШР 25/110 п/ст «Кудымкар»

УШР 180/330 п/ст «Барановичи»

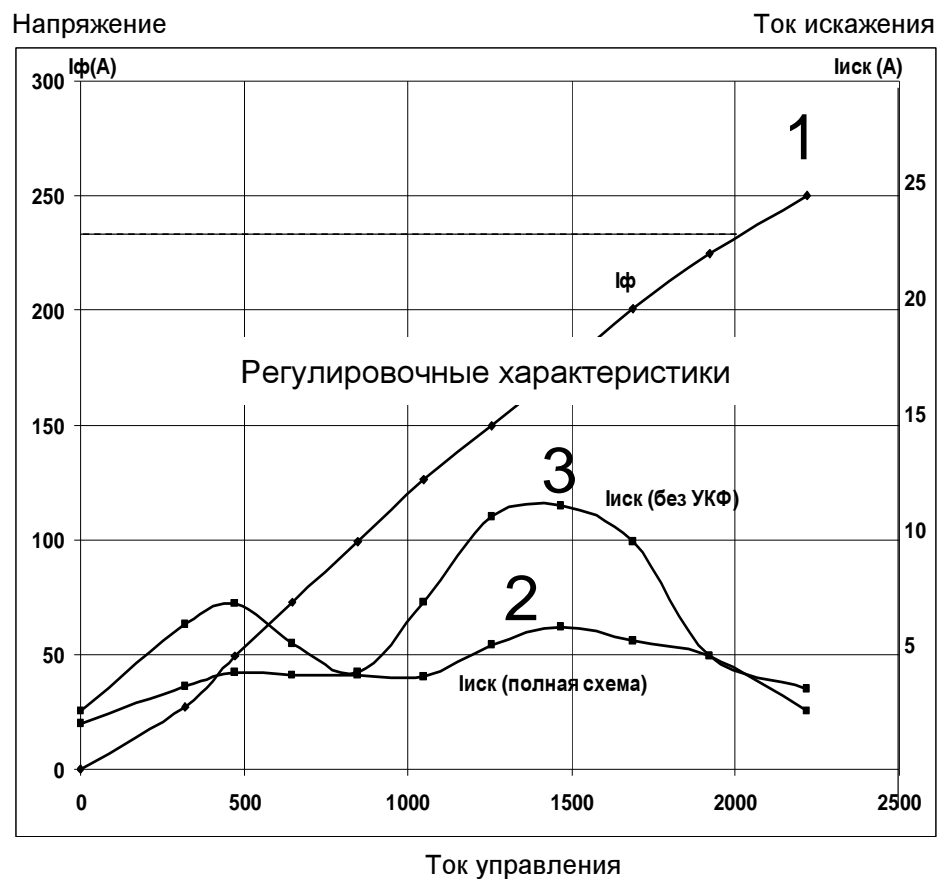
Графики напряжения шин и тока РТУ при работе реактора в автоматическом режиме



— Напряжение



— Ток



1 – действующий ток фазы

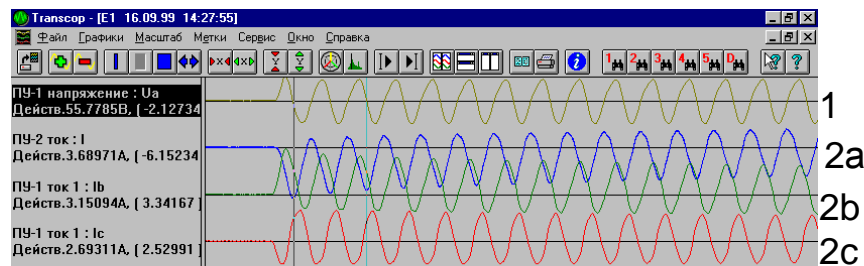
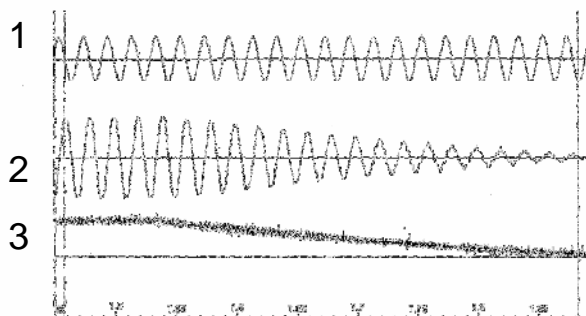
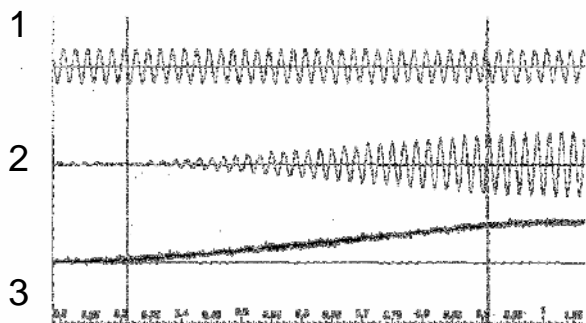
2 – ток искажения фазы

3 – ток искажения фазы, при отключенных фильтрах

УШР 110/220П/ст «Чита»

Максимальная скорость изменения токов в нормальном режиме, УШР 110/220 п/ст «Чита»

Токи фаз УШР 25/110 п/ст «Кудымкар», при подключении к сети

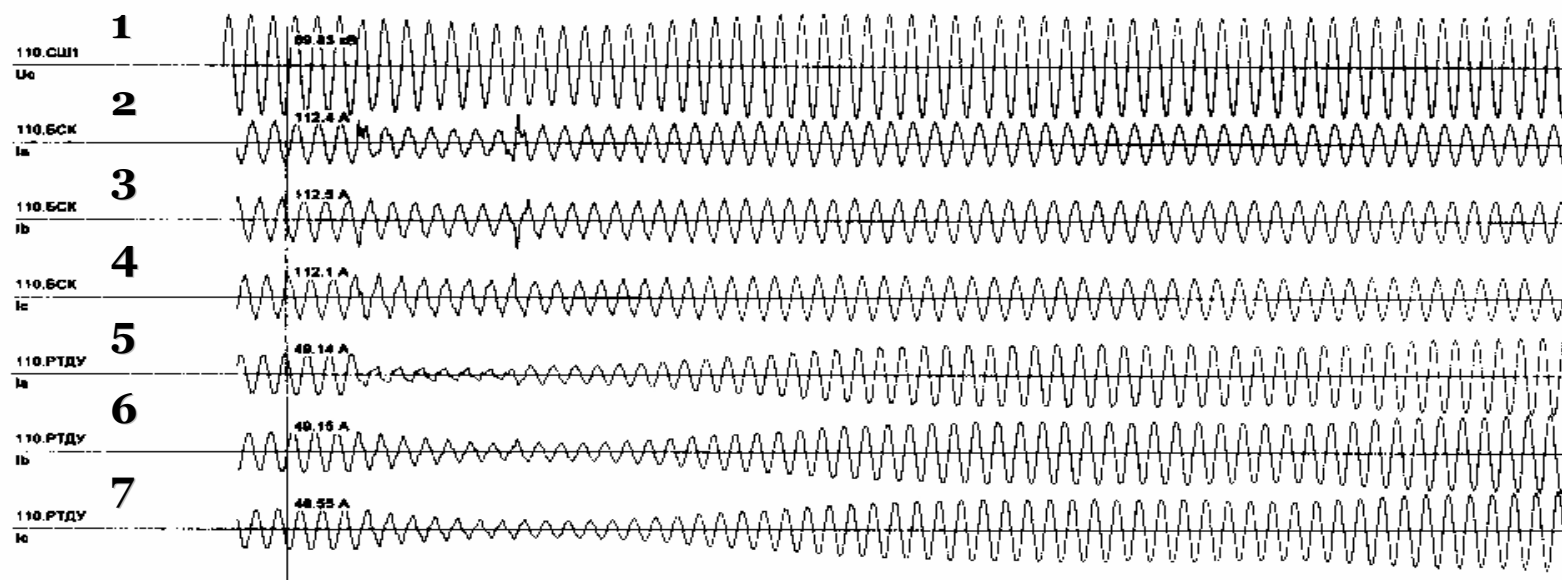


- 1 – напряжение сети
- 2 – токи фаз
- 3 – ток управления

Рис.2. Котелько Брандцев А.М. и др. "Сетевые испытания... реактора 100 МВА 220 кВ"

Переходные процессы в управляемом реакторе 25 МВА, 110 кВ и батареях конденсаторов 23 МВА, 110 кВ на ПС «Игольская» при удаленном КЗ на ПС «Парабель» (расстояние около 350 км).

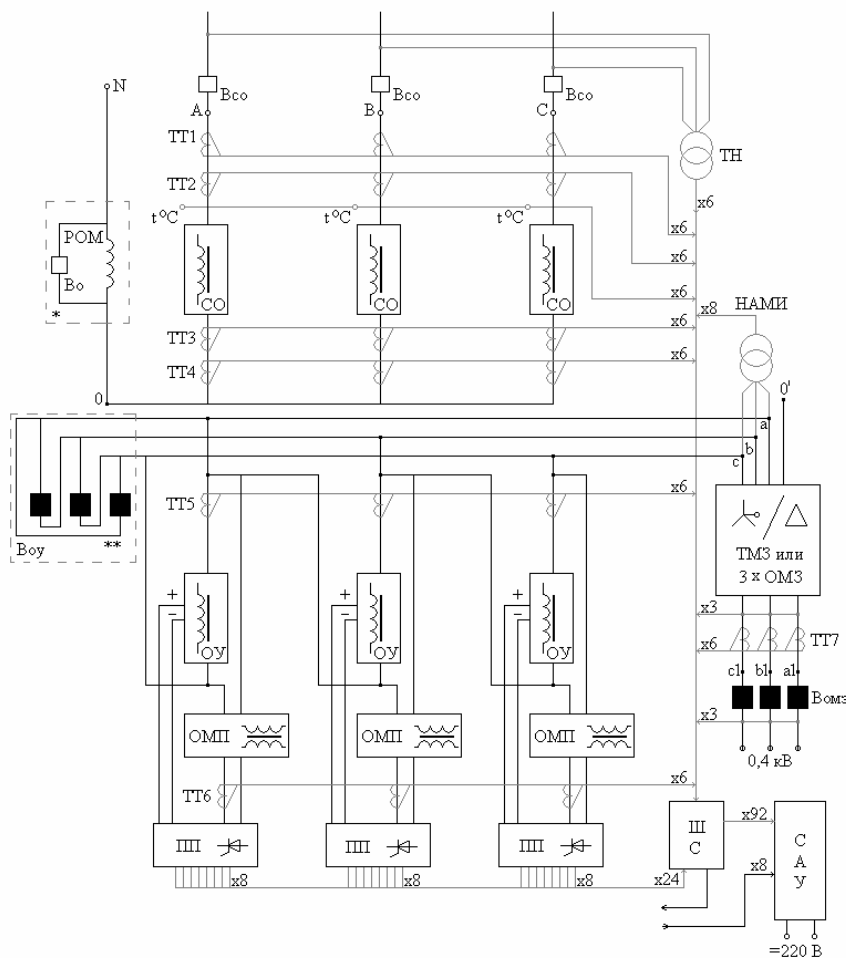
ПС Игольская 11-Апр-2005 13:11:17.171 АК: 110.СШ1.Ua



- 1 – напряжение шин 110 кВ ПС «Игольская» фаза «С».
- 2, 3, 4 – токи фаз батареи конденсаторов 23 МВА, 110 кВ.
- 5, 6, 7 – токи фаз управляемого реактора 25 МВА, 110 кВ.

Главная электрическая схема:

Состав оборудования:



Основное:

- фазы УШР со встроенным полупроводниковым преобразователем;
- система автоматического управления.

Дополнительное:

- выключатели;
- трансформаторы напряжения и тока;
- нейтральный реактор.

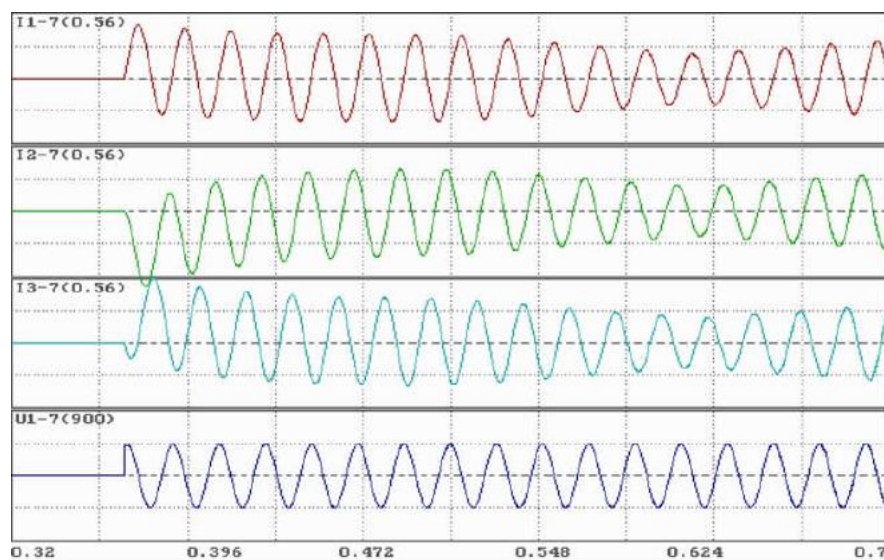
Параметры серии УШР 110-500*:

Мощность МВА: 32, 63, 100, 180

Напряжение кВ: 110, 220, 330, 500

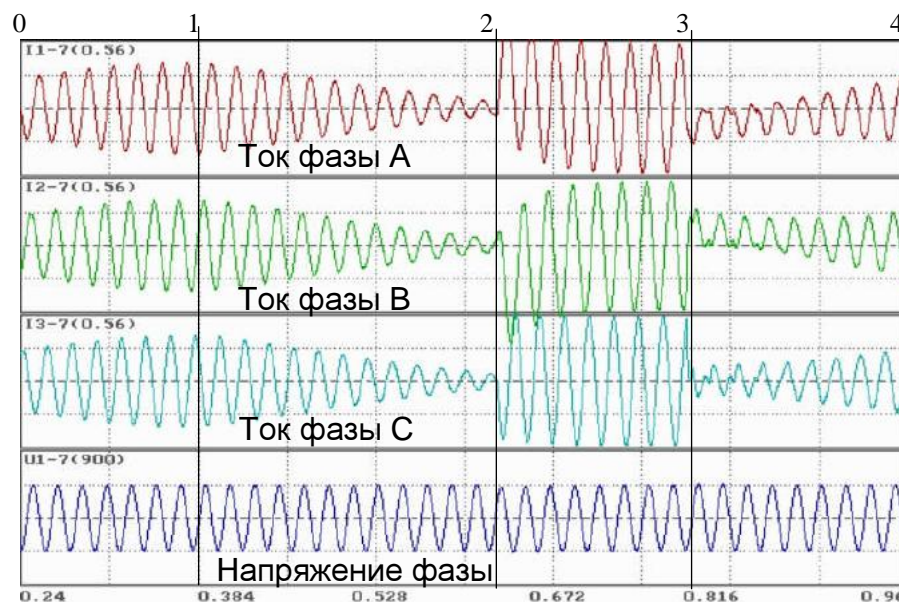
*- возможны любые комбинации мощности и напряжения.

Подключение реактора к электрической сети высокого напряжения с одновременным регулированием потребляемого им тока:



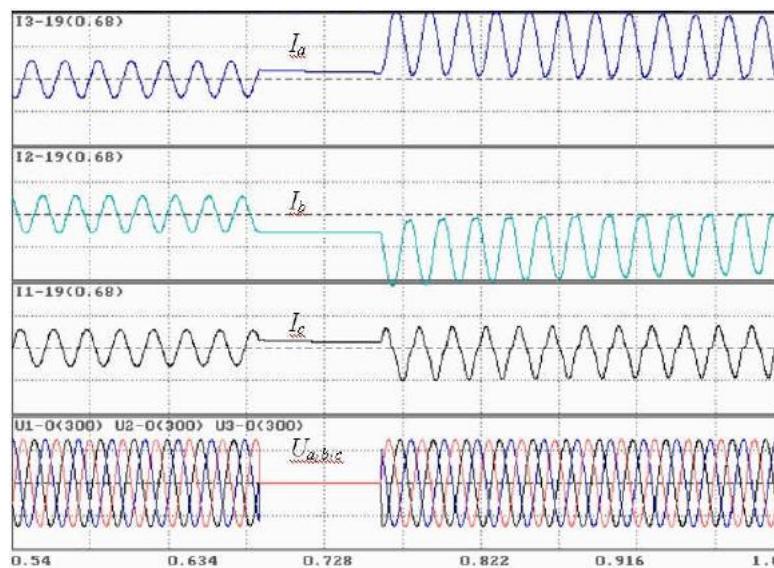
Переходные процессы в нормальных симметричных режимах:

0-1: набор мощности от номинального до максимального значения; 1-2: сброс мощности УШР; 2-3: двукратная форсировка мощности; 3-4: выход реактора на номинальный режим.

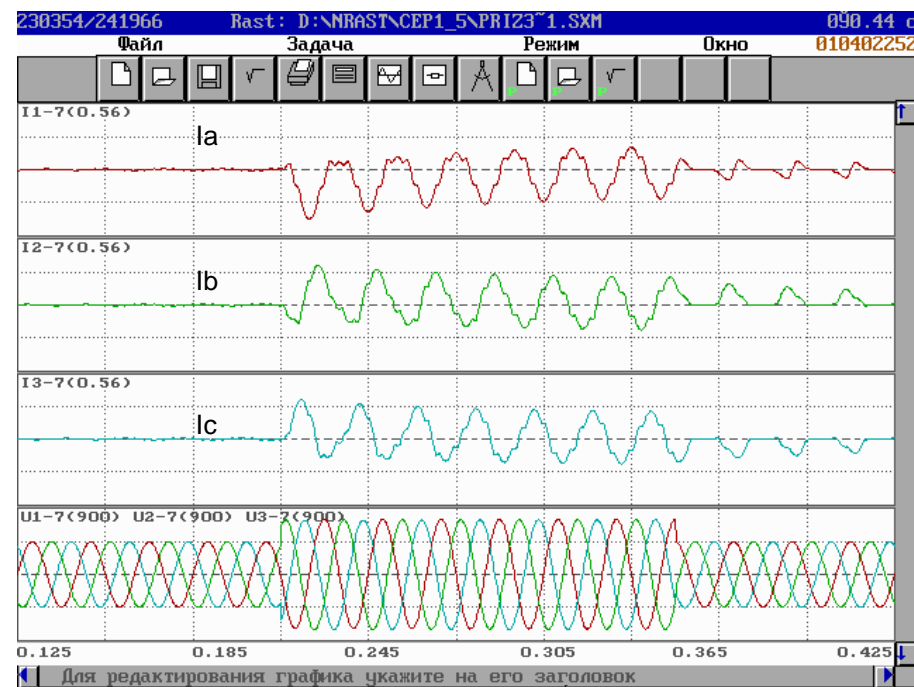


Переходные процессы в УШР при:

потере напряжения



повышении напряжения



Технические требования к УШР 110-500 кВ (РАО ЕЭС России)

ОСНОВНЫЕ:

1. Регулируется автоматически или с помощью оператора значение потребляемой мощности в диапазоне от 0,01 до 1,2 номинальной с неограниченным ресурсом возможных изменений.

2. Гарантированная скорость плавного изменения мощности от одного установившегося значения к другому 0,3÷0,5 с.

3. Действующее значение тока искажения, потребляемого из сети, во всем диапазоне регулирования не более 5% от номинального тока основной гармоники.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ:

4. Сохранение работоспособности в несимметричном и неполнофазном режимах.

5. Быстрый, не более чем за 0,02 с, переход из любого текущего значения в режим повышенного потребления мощности, с последующим возвратом в исходное состояние.

6. Корректировка формы потребляемого тока с уменьшением тока искажения до 2 % от номинального значения основной гармоники.

7. Отбор мощности на стороне низкого напряжения.

-
1. Основные технико-экономические показатели УШР серии РТУ 110 – 500 кВ:
 - удельная полная масса 1,5 – 3 кг/КВАр;
 - удельные потери:
 - холостого хода 0,5 – 1,0 Вт/КВАр;
 - номинальные 4 – 8 Вт/КВАр.
 2. Эксплуатационные показатели:
 - полностью автоматический режим эксплуатации;
 - издержки эксплуатации, надежность, текущее обслуживание аналогично обычным шунтирующим реакторам.
 3. Функциональные показатели:
 - в полном объеме выполняют функции обычных шунтирующих реакторов, ступенчато регулируемых реакторов, тиристорно-реакторных групп;
 - в сочетании с батареями конденсаторов выполняют функции синхронных или тиристорных компенсаторов.
-



Фаза реактора РОДЦУ-60/525/√3
на п/ст «Белый Раст», РФ

1. Сегодня установлены или изготавливаются:

УШР 25(32)/110 – 4 шт.;

УШР 63/110 – 1 шт.;

УШР 100/220 – 2 шт.;

УШР 180/330(500) – 2 шт.

2. Перспективы применения:

по данным РАО ЕЭС России примерно каждый третий реактор в электрической сети 110-500 кВ должен быть управляемым.