



# НЕОБХОДИМОСТЬ ЗАЩИТЫ ОТ ВЫПАДЕНИЯ ИЗ СИНХРОНИЗМА ДЛЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»  
Селезнева Н.А.  
Москва, 2009 г.



# СОДЕРЖАНИЕ

- ◆ АСТГ – асинхронизированные турбогенераторы
- ◆ Структурная схема АСТГ
- ◆ Система возбуждения АСТГ
- ◆ Преимущества АСТГ
- ◆ Целесообразность использования АСТГ
- ◆ Режимы работы АСТГ
- ◆ Режим асинхронизированного генератора
- ◆ Режим синхронного генератора
- ◆ Режим асинхронного генератора
- ◆ Защита от потери возбуждения
- ◆ Выпадение генератора из синхронизма
- ◆ Начало асинхронного режима
- ◆ Отказ от полного состава защит
- ◆ Случай из практики
- ◆ Электрическая схема ТЭЦ-27





# ПРОДОЛЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ

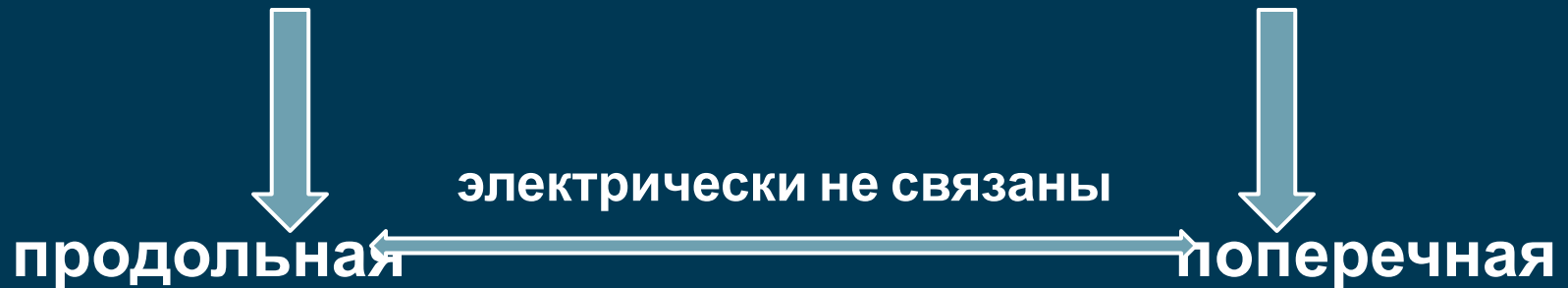
- ◆ Генераторы ТЭЦ-27
- ◆ Что было предпринято
- ◆ Виртуальная модель АСТГ
- ◆ Осциллограммы нарушения устойчивости
- ◆ Защита от асинхронного режима
- ◆ Признаки асинхронного режима
- ◆ Принципы работы устройств АЛАР
- ◆ Применимость устройств АЛАР для АСТГ
- ◆ Устройство АЛАР СТГ ТЭЦ-27
- ◆ Первые решения
- ◆ Устройства АЛАР для генераторов
- ◆ Главный вывод
- ◆ Наши координаты



# АСТГ - АСИНХРОНИЗИРОВАННЫЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ

Особенность

Две обмотки возбуждения на роторе

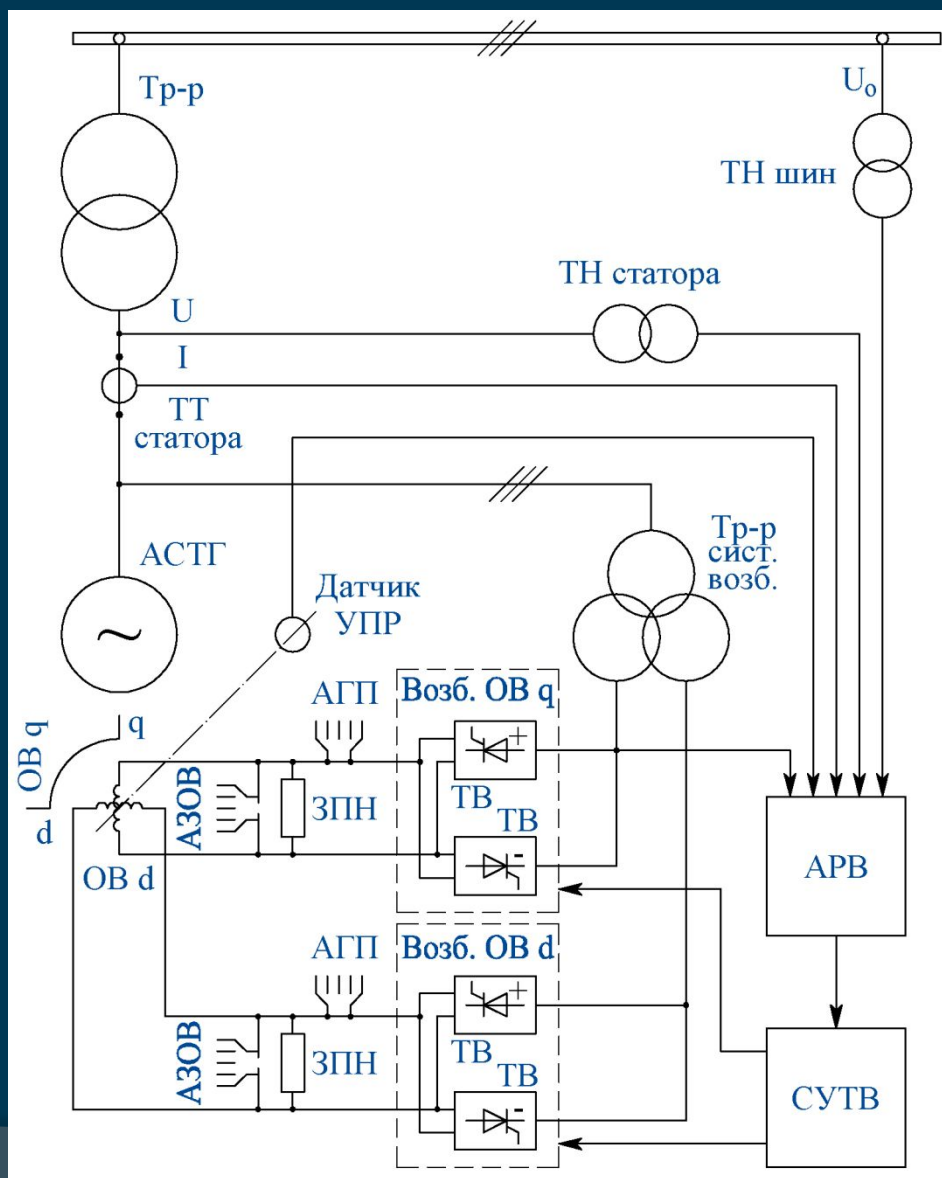


Что это даёт?

ВЕЛИЧИНУ И ПОЛОЖЕНИЕ  
РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО МАГНИТНОГО ПОТОКА  
МОЖНО РЕГУЛИРОВАТЬ



# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АСТГ



Tr-p – блочный трансформатор  
Tr-p сист. возб. – трансформатор системы возбуждения

Датчик УПР – датчик углового положения ротора

ОВ d – обмотка возбуждения по продольной оси

ОВ q – обмотка возбуждения по поперечной оси

АГП – автомат гашения поля

АЗОВ – автомат замыкания обмотки возбуждения накоротко

ЗПН – устройство защиты от пере-напряжения

Возб. ОВ d – возбудитель обмотки d

Возб. ОВ q – возбудитель обмотки q

ТВ – тиристорный выпрямитель

СУТВ – система управления тиристорного выпрямителя





# СИСТЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ АСТГ





# ПРЕИМУЩЕСТВА АСТГ

- ✓ Широкий диапазон регулирования реактивной мощности при выдаче и потреблении
- ✓ Отсутствие ограничений по статической устойчивости при потреблении реактивной мощности
- ✓ Повышенные пределы динамической устойчивости
- ✓ Высокая живучесть при нарушениях и полной потере возбуждения
- ✓ Работа в режиме асинхронного генератора с выработкой качественной электроэнергии
- ✓ Быстродействующее регулирование напряжения



# ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСТГ

- ✓ при нестабильном источнике механической энергии (нетрадиционном)
- ✓ при нестабильной электрической нагрузке
- ✓ в составе парогазовых установок (лёгкие агрегаты)

**АСТГ способны быстро восстанавливать величину и фазу напряжения и создавать синхронизирующий тормозящий момент**

**≥30% АСТГ ⇒ повышается устойчивость станции в целом**





# РЕЖИМЫ РАБОТЫ АСТГ

Режим	Особенности	Возбуждение	Скольжение	Допустимость режима
<b>АСТГ</b>	обе обмотки в работе	двухосное	ограниченное или нулевое	<b>основной</b>  <b>резервные</b>
<b>СТГ</b>	одна обмотка закорочена	одноосное	нулевое	
<b>АТГ</b>	обе обмотки закорочены	без возбуждения	повышенное	



# РЕЖИМ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО ГЕНЕРАТОРА

Система возбуждения в порядке



Обе ОВ работают



Результирующий магнитный поток управляется  
по величине и фазе

Ограничения

Величина скольжения ограничена по нагреву  
ротора вихревыми токами



# РЕЖИМ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Частичная потеря возбуждения



Гасится поле отказавшего возбудителя



Соответствующая ОВ автоматически  
отключается и закорачивается



АСТГ работает как классический СТГ

**Ограничения**

**Потребляемая реактивная мощность ограничена  
условиями устойчивости**



# РЕЖИМ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Полная потеря возбуждения



Гасится поле обоих возбудителей



Обе ОВ автоматически отключаются и  
закорачиваются



АСТГ потребляет из сети реактивную мощность  
и вырабатывает активную

Ограничения

Полная мощность АСТГ возрастает сверх номинальной,  
что накладывает ограничения по току статора  
АСТГ надо разгрузить до  $60\div 70\% P_{\text{ном}}$  за 5-10 мин



# ЗАЩИТА ОТ ПОТЕРИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

## Вывод №1

**АСТГ НЕ НУЖНА ЗАЩИТА ОТ ПОТЕРИ ВОЗБУЖДЕНИЯ,  
так как потеря возбуждения не приводит к выпадению  
из синхронизма**

## Вопрос №1

**Нужна ли АСТГ защита от выпадения из синхронизма  
без потери возбуждения?**



# ВЫПАДЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА ИЗ СИНХРОНИЗМА

## Условия синхронной работы

частоты генератора и сети  
равны

ЭДС генератора и сети  
равны и совпадают по  
фазе

Нарушение синхронной работы вследствие  
возмущения



Выпадение генератора из синхронизма



Начало асинхронного режима

для СТГ практически  
незамедлительно и  
неизбежно

для АСТГ наступает  
позднее, его можно  
избежать



# НАЧАЛО АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

## Вопрос №2

Возможен ли переход АСТГ в асинхронный режим?

## Ответ на вопрос №2

**ЗАВИСИТ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ВОЗМУЩЕНИЯ**

Малое или среднее  
возмущение



АРВ «притягивает» потоки  
ротора и статора ближе друг  
к другу



АСТГ «держится» в  
синхронизме, но с большим  
скольжением

Большое возмущение



АСТГ «держится» в  
синхронизме некоторое  
время



АСТГ выпадает из  
синхронизма



АСТГ переходит в  
асинхронный режим



# ОТКАЗ ОТ ПОЛНОГО СОСТАВА ЗАЩИТ

## Вывод №2

ДЛЯ АСТГ НАРУШЕНИЕ СИНХРОНИЗМА МЕНЕЕ  
ОПАСНО,

чем для СТГ, так как оно не всегда вызывает развитие  
асинхронного режима

## Результат

На практике не на всех АСТГ устанавливают  
устройства

АВТОМАТИЧЕСКОЙ  
ЛИКВИДАЦИИ  
АСИНХРОННОГО  
РЕЖИМА

Правильно ли это?





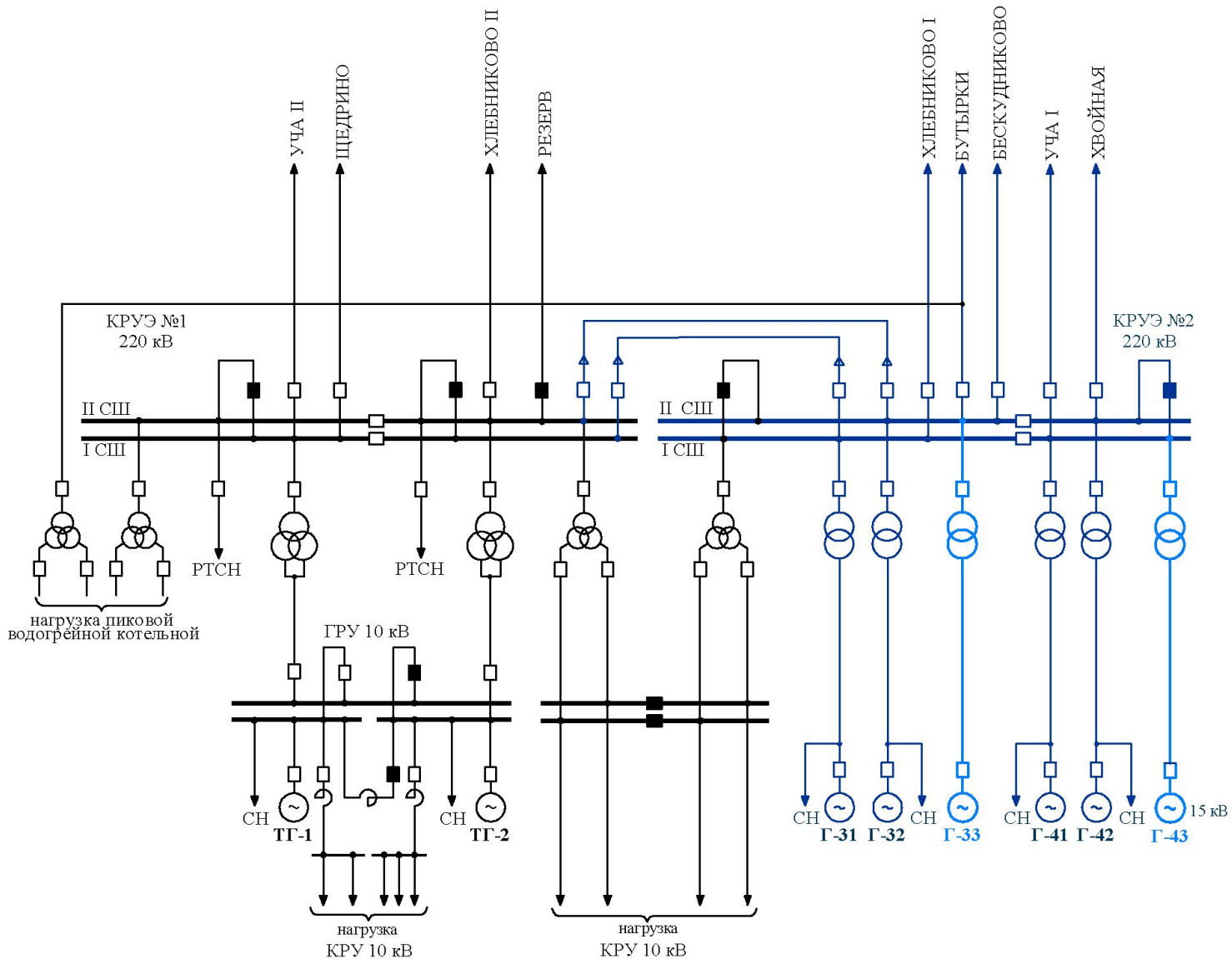
# СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ

**начало 2009 г. – Мосэнерго заказывает у ЭСП  
разработку схемы выдачи мощности  
ТЭЦ-27 на перспективу  
ввода нового блока ПГУ**

**При изучении состава защит существующих блоков  
выявлено:**

**на АСТГ устройства АЛАР не установлены**

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ТЭЦ-27





# ГЕНЕРАТОРЫ ТЭЦ-27

1-й блок	2-й блок	3-й блок			4-й блок		
-	-	ПГУ			ПГУ		
ПТУ	ПТУ	ГТУ	ГТУ	ПТУ	ГТУ	ГТУ	ПТУ
СТГ	СТГ	СТГ	СТГ	АСТГ	СТГ	СТГ	АСТГ
80 МВт	80 МВт	160 МВт	160 МВт	160 МВт	160 МВт	160 МВт	160 МВт
-	-	АЛАР	АЛАР	-	АЛАР	АЛАР	-
ТГ-1	ТГ-2	ТГ-31	ТГ-32	ТГ-33	ТГ-41	ТГ-42	ТГ-43
старая часть		новая часть					



# ЧТО БЫЛО ПРЕДПРИНЯТО

ЭСР обратился за консультацией в НТЦ  
электроэнергетики – бывший **ВСЕСОЮЗНЫЙ**  
**НАУЧНО-**  
**ИССЛЕДАТЕЛЬСКИЙ**  
**ИНСТИТУТ**  
**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

**ВНИИЭ – основной разработчик и исследователь**  
**АСТГ**



# ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АСТГ

Кафедрой асинхронизированных машин НТЦ создана виртуальная модель АСТГ с его системой регулирования



Моделирует блок ПГУ-450 на ТЭЦ-27



Позволяет получить осциллограммы, совпадающие с результатами натуральных испытаний



# ОСЦИЛЛОГРАММЫ НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ

Продемонстрировано нарушение динамической устойчивости АСТГ, выпадение его из синхронизма и переход в асинхронный режим



Расчётный случай – трёхфазное КЗ на отходящей линии вблизи шин станции с отказом выключателя и работой УРОВ (время КЗ 0,5 с)

Нарушения возможны во всех трёх режимах – АСТГ, СТГ,

АТГ!





# АНАЛИЗ ОСЦИЛЛОГРАММ

## Нарушение динамической устойчивости АСТГ

- ✓ **характеризуется** возникновением **перегрузки статора**
- ✓ **резкими бросками тока**
- ✓ **резкими изменениями вращающего момента**
- ✓ **снижением напряжения на шинах собственных нужд**
- ✓ **выходом частоты за допустимый предел за короткое время**

**Асинхронный режим опасен**

**для самого АСТГ**

**для турбины**

**АСТГ необходимо отключать**



# ЗАЩИТА ОТ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

## Вывод №3

ВЫПАДЕНИЕ АСТГ ИЗ СИНХРОНИЗМА МОЖЕТ ПРИВОДИТЬ К РАЗВИТИЮ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

Следовательно:

Ответ на вопрос  
№1

Так же как СТГ,  
АСТГ ДОЛЖНЫ ОСНАЩАТЬСЯ УСТРОЙСТВАМИ  
АЛАР

Вопрос  
№3

Подходят ли устройства АЛАР, разработанные для  
СТГ, для установки на АСТГ?





# ПРИЗНАКИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

С точки зрения использования в устройствах АЛАР условно делятся на:

## Основные

Прохождение взаимного угла между эквивалентными ЭДС через  $180^\circ$

Прохождение вектора динамического сопротивления через зону установки устройства

Глубокое периодическое снижение напряжения (вплоть до нуля) в зоне установки устройства

Глубокие периодические колебания тока (выражен минимум и максимум)

## Дополнительные

Периодическое изменение угла между напряжением и током

Периодическое изменение активной мощности со сменой знака при переходе через  $180^\circ$

Изменение скольжения с определённой скоростью и ускорением



# ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ АЛАР

Фиксация скорости снижения сопротивления со счётчиком циклов

эл. мех.

Фиксация перехода угла между векторами эквивалентных ЭДС через  $180^\circ$

АЛАР-М

Фиксация колебаний фазного тока

токовый АЛАР

Сравнение знаков относительного угла, первой и второй производных этого угла, производной активной мощности

АЛАР-Ц



# ПРИМЕНИМОСТЬ УСТРОЙСТВ АЛАР ДЛЯ АСТГ



**АСТГ может некоторое время «держаться» в синхронизме при превышении углом значения 180° благодаря системе возбуждения**

Но как долго?

# УСТРОЙСТВО АЛАР СТГ ТЭЦ-27

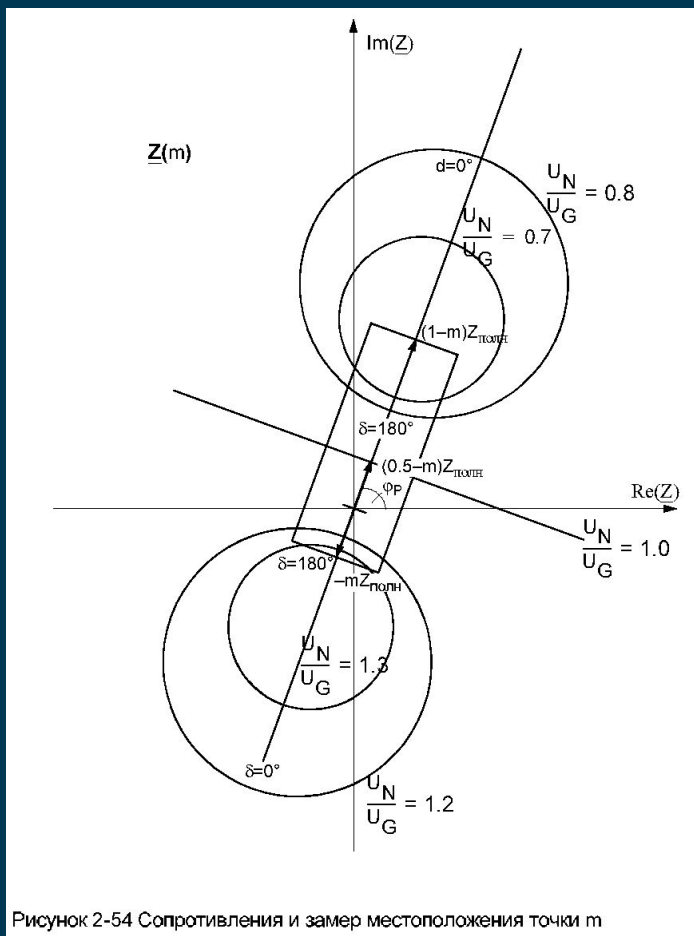


Рисунок 2-54 Сопротивления и замер местоположения точки  $m$

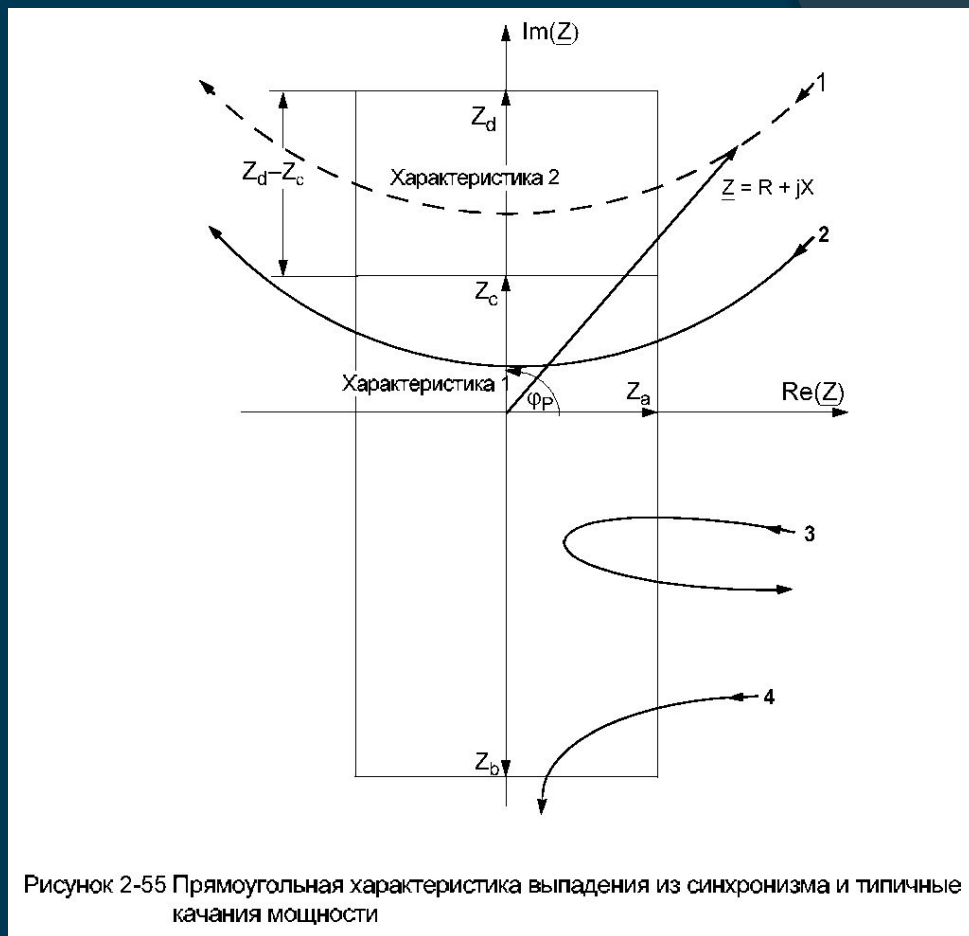


Рисунок 2-55 Прямоугольная характеристика выпадения из синхронизма и типичные качания мощности

- ◆ Терминал 7UM62 фирмы Siemens
  - ◆ Функция «Защита от выпадения из синхронизма» ANSI 78
- Подходит как основа устройства АЛАР для АСТГ ТЭЦ-27



# ПЕРВЫЕ РЕШЕНИЯ

Устройства АЛАР для АСТГ должны контролировать скольжение АСТГ в асинхронном режиме

Скольжение допустимое



АЛАР работает на сигнал

Скольжение сверх допустимого



АЛАР работает на отключение АСТГ

Отключение АСТГ сразу после выпадения из синхронизма (превышения относительным углом  $180^\circ$ ) уменьшает динамическую устойчивость станции в целом и ухудшает переходный процесс



# УСТРОЙСТВА АЛАР ДЛЯ ГЕНЕРАТОРОВ

Разработка + производство	Оборудование	Функция
НИИПТ + НПП Модус	АЛАР-Ц модифицированн ый	Готовое устройство
ЭСП + Энергоизмерите ль	АЛАР-М	Готовое устройство
ABB	Терминал защиты генератора REG 670	Защита от асинхронного хода РРАМ_78
ABB	Терминал защиты линии REL 670	Защита от асинхронного режима РРАМ_78
Все перечисленные устройства разработаны для ЭКРА	Шкаф ШЭ 111х	«Защита генератора от асинхронного режима» ФЗ



# ГЛАВНЫЙ ВЫВОД

## НЕОБХОДИМА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

- ✓ разработка специальных устройств АЛАР для АСТГ
- ✓ использование существующих устройств АЛАР на АСТГ после модификации
- ✓ методика выбора уставок
- ✓ испытания на виртуальной и физической моделях

**ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ !**



# НАШИ КООРДИНАТЫ

- ◆ сайт в интернете: [www.oaoesp.ru](http://www.oaoesp.ru)
- ◆ телефон: (495) 962-93-01, факс: (495) 963-12-64
- ◆ e-mail: [oaoesp@oaoesp.ru](mailto:oaoesp@oaoesp.ru)
- ◆ адрес: 105318, Россия, г. Москва, Ткацкая ул., д. 1
- ◆ реквизиты: ИНН/КПП 7719167509/771901001

## СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!