



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

Требования к релейной защите и автоматике электрических станций для предотвращения нарушения их устойчивой работы в энергосистеме

С.А. Павлушко, А.В. Жуков, Е.И. Сацук, В.С. Воробьёв, А.И. Расщепляев
ОАО «СО ЕЭС»

5-я Международная научно-техническая конференция
«Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики
энергосистем»

1 – 4 июня 2015, г. Сочи



Технические решения повышающие устойчивость работы генерирующего оборудования

2

- повышение быстродействия функционирования релейной защиты распределительных устройств электрических станций;
- совершенствование архитектуры построения комплекса РЗА и согласование настройки параметров функционирования отдельных автоматик, обеспечивающие сохранение устойчивости работы генерирующего оборудования электрических станций и живучесть энергосистемы;
- реализация требований к параметрам настройки технологической автоматики генерирующего оборудования для согласования их с комплексом РЗА энергосистемы и адаптации к условиям работы в ЕЭС России.

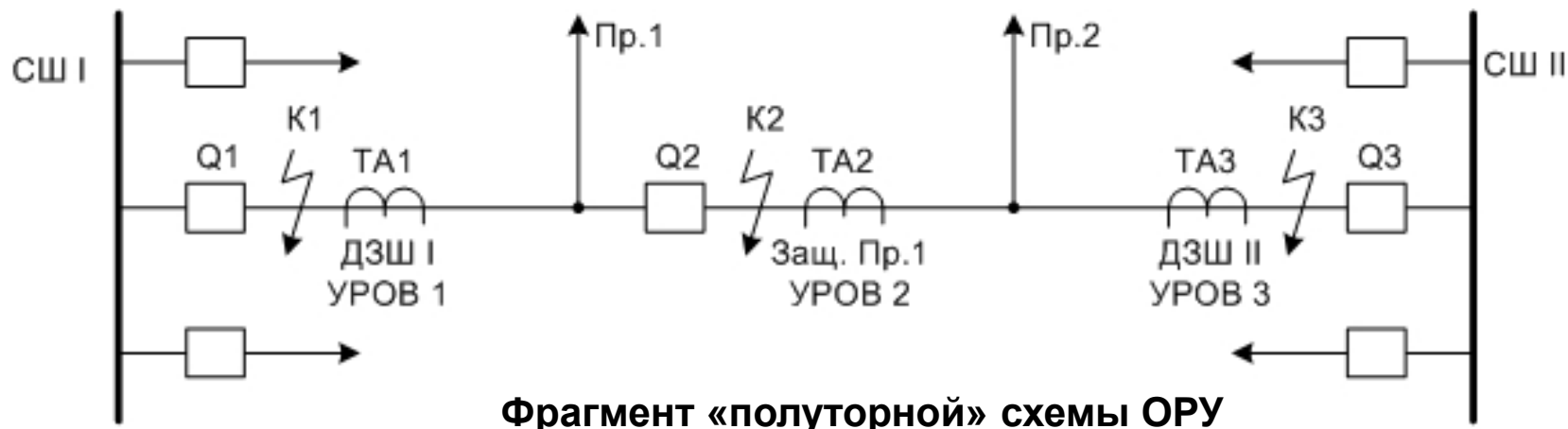


Повреждения в «мертвой» зоне ОРУ объекта электроэнергетики





Релейная защита «мертвой зоны»



Фрагмент «полупероной» схемы ОРУ

Алгоритм отключения К3 в точке К1:

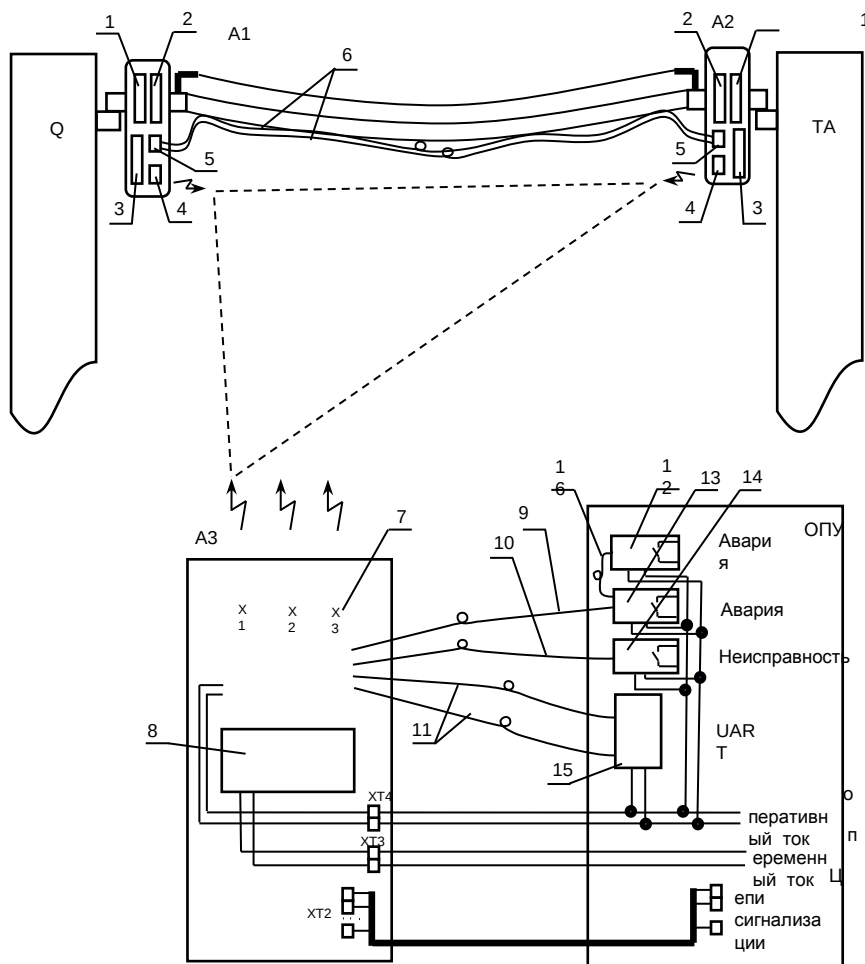
- 1. Работа ДЗШ1 СШ I (неселективное отключение неповрежденного смежного элемента.**
- 2. Так как подпитка места К3 происходит со стороны присоединения 1 (Пр.1), система РЗА воспринимает ситуацию как отказ выключателя Q1.**
- 3. Отключение Пр.1 от УРОВ выключателя Q1.**

Расчетное минимальное время отключения К3 в точке К1 (упрощенно):

$$t_{\text{откл.}} = t_{\text{ДЗШ1}} + t_{\text{откл. Q1}} + t_{\text{УРОВ Q1}} + t_{\text{откл. Q2}}$$



Структурная схема устройства РЗМЗ производства ООО НПП «ЭКРА»



Q – выключатель; ТА – трансформатор тока;
ОПУ - общеподстанционный пункт управления;
А1, А2 – релейные блоки: 1 – блок питания, 2 – измерительный блок, 3 – блок обработки и принятия решения, 4 – приемопередатчик радиосигнала, 5 – модем ВОЛС; 6 – оптический кабель (на прием и на передачу); А3 – шкаф приемопередачи информации: 7 – блок сбора информации, 8 – блок контроля температуры и влажности; 9 – оптический кабель дискретного сигнала «Авария»; 10 – оптический кабель дискретного сигнала «Неисправность»; 11 – оптический кабель обмена информацией по UART; 12 – конвертер оптического сигнала «Авария» FCS-02-220; 13 – конвертер оптического сигнала «Авария» FCS-02-220; 14 – конвертер оптического сигнала «Неисправность» FCS-02-220; 15 – блок преобразования оптического сигнала в UART; 16 – оптический кабель дублированного сигнала «Авария».



Технические решения повышающие устойчивость работы генерирующего оборудования

6

Примеры адаптации зарубежного оборудования, алгоритмов функционирования и настройки устройств РЗА к Российским требованиям:

- **изменение допустимой продолжительности работы газовых турбин в различных диапазонах частот;**
- **доработка алгоритмов работы технологической автоматики газовых турбин, обеспечивающая их устойчивую работу при нормативных возмущениях;**
- **доработка алгоритмов устройств автоматического регулирования возбуждения синхронных генераторов с целью выполнения Российских норм в части форсировки возбуждения и системного стабилизатора;**
- **доработка алгоритмов систем регулирования мобильных газотурбинных установок с целью обеспечения участия их в регулировании частоты.**



Приведение характеристик генерирующего оборудования Калининградской ТЭЦ-2 требованиям российских НТД

7



Причиной аварий в Калининградской энергосистеме 13.08.2011, 01.08.2012, 08.08.2013 явилось несоответствие алгоритмов работы технологической автоматики и системы регулирования ГТЭ-160 требованиям российских НТД:

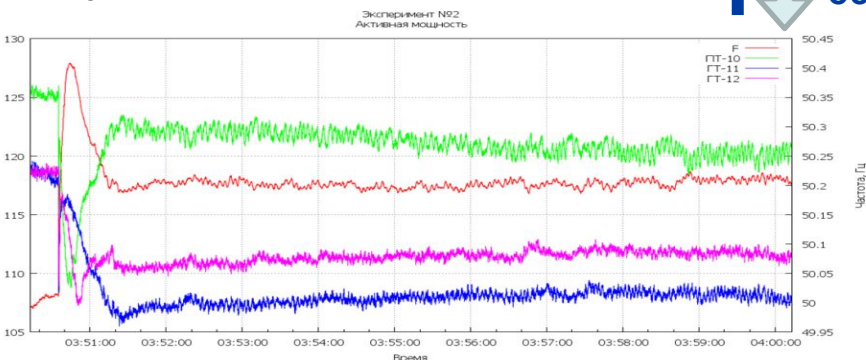
- технологическая автоматика по переводу ГТ из режима регулирования мощности в режим регулирования частоты ложно работает при синхронных качаниях, возникающих после нормативного аварийного возмущения, с разгрузкой ГТ до минимума
- неработоспособность системы регулирования при выделении ГТ на СН

Август 2013 – октябрь 2014 были выполнены следующие мероприятия:

- разработана математическая модель газовой турбины, ее системы регулирования и технологической автоматики
- выполнена настройка системы регулирования, проведены успешные испытания по переводу газовых турбин на работу на СН
- определены новая логика работы технологической автоматики газовых турбин и ее параметры настройки, исключающие ложную работу при нормативных возмущениях
- скорректированы настройки блочных регуляторов мощности Калининградской ТЭЦ-2, 28.09.2014 и 12.10.2014 проведены успешные натурные испытания по проверке работы Бл-2 и Бл-1 (соответственно) при выделении их на изолированную с Калининградской энергосистемой работу

При повторении в энергосистеме возмущений, аналогичных 13.08.2011, 01.08.2012 и 08.08.2013, будет обеспечена корректная работа всех систем регулирования Калининградской ТЭЦ-2

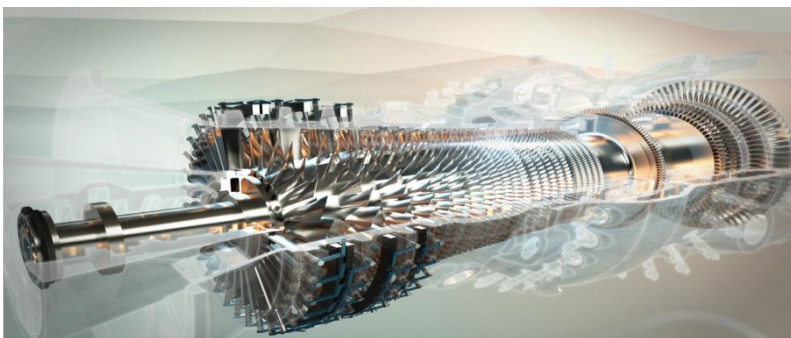
Для исключения ложной работы технологической автоматики при нормативных возмущениях на 25-ти ГТЭ – 160 на 14 электростанциях, работающих в ЕЭС России, организована работа, аналогичная проделанной на Калининградской ТЭЦ-2.





Несоответствие импортных газовых турбин требованиям российских НТД

8



Требования российских НТД к ПА

АЧР1: частота – 46,5-48,8 Гц; время – 0,15-0,3 с;

ЧДА: частота – 46-47 Гц; время – 0,3-0,5 с;

частота – 47-47,5 Гц; время – 30-40 с

Требования российских НТД к генерирующему оборудованию

частота – 46-47 Гц; время – 1 с;

частота – 47-47,5 Гц; время – 40 с.

В 2005-2014 гг. в ЕЭС России введено 2500 МВт ПГУ и ГТУ с допустимыми диапазонами работы по частоте, не соответствующими параметрам настройки ПА.

Несо согласованное действие технологических защит ПГУ, ГТУ и ПА в аварийных ситуациях приводит:

- к отключению ГТ и ПГУ до срабатывания ПА и увеличению дефицита активной мощности;
- снижению эффективности работы ПА;
- увеличению объема отключаемой нагрузки;
- снижению живучести энергосистемы.



несогласовано

Уставки защит импортных ГТ

частота – 47-47,5 Гц; время – 0-1 с;

частота – 47,5-48 Гц; время – 15-20 с.

Работа ОАО «СО ЕЭС» с производителями ГТ по приведению их характеристик в соответствие требованиям российских НТД

ГТ, которые приведены в соответствие требованиям

LM6000 PF Sprint, PG6111FA, LMS100PB, PG9171, MS9001FA (PG9351 FA), MS9001FB (General Electric);
SGT-800 (Siemens);
GT13E2, GT26 (Alstom)

ГТ, которые приводятся в соответствие требованиям

V64.3A (AE64.3A) (Ansaldo Energia);
SGT5-4000F (Siemens);
ГТЭ-160 (Силовые Машины-Siemens)

ГТ, которые не соответствуют требованиям

V94.2 (Siemens);
M701F4 (Mitsubishi)



Мобильные газотурбинные станции

9



В целях обеспечения высокого уровня надежности электроснабжения зимних олимпийских и паралимпийских игр в сочи в 2014 году были развернуты девять мобильных газотурбинных электрических станций суммарной мощностью 202,5 МВт.

СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МГТС БЫЛИ РАССЧИТАНЫ НА РЕЖИМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ С ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ. ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МГТС В РЕЖИМЕ РАЗВОРОТА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С «НУЛЯ» И ПИТАНИЯ ИЗОЛИРОВАННОГО РАЙОНА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ФИРМОЙ PW POWER SYSTEMS-CIS БЫЛИ ВНЕСЕНЫ ИЗМЕНЕНИЯ В ЛОГИКУ РАБОТЫ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ.

В июле 2014 года проводились испытания Мобильных ГТС по возможности набора нагрузки и регулированию частоты в изолированной энергосистеме. **Испытания были неуспешны.**

ОАО «Мобильные ГТС» с ОАО «СО ЕЭС» выполнено:

- корректировка логики работы системы регулирования газовых турбин;
- определены параметры системы регулирования (статизм регулирования, мертвая полоса и т.д.), обеспечивающие устойчивую работу

В ноябре 2014 года проведены повторные испытания Мобильных ГТС по возможности набора нагрузки и регулированию частоты в изолированной энергосистеме. **Испытания признаны успешными.**

