



**XI Международная  
научно-техническая конференция  
«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ - 2020»**



**Выбор параметров настройки  
системного стабилизатора типа PSS-2A/B  
регуляторов возбуждения Unitrol 5000  
гидрогенераторов Светлинской ГЭС**

*Секция 3  
РЕЖИМНАЯ И ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ  
АВТОМАТИКА*

Докладчик: Прохоров Кирилл Владимирович

Организация: АО «НТЦ ЕЭС

Противоаварийное управление»

**Ставрополь, 2020**



# Содержание

- Характеристика цифровых моделей энергосистемы Востока
- Описание регулятора возбуждения типа *Unitrol 5000*
- Выбор параметров настройки PSS-2A/B гидрогенераторов Светлинской ГЭС
- Проверка выбранных параметров настройки
- Результаты

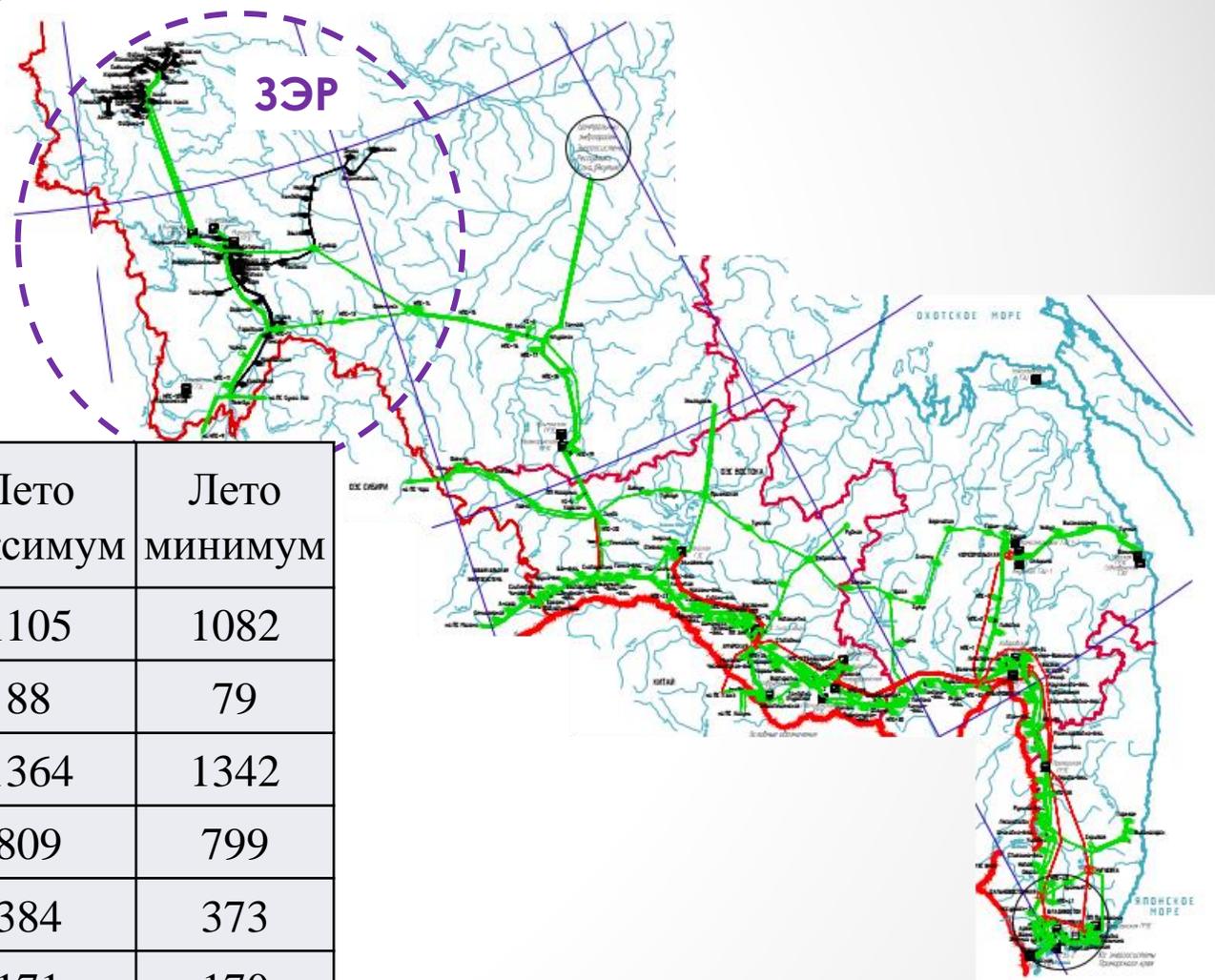


# Характеристика цифровых моделей энергосистемы



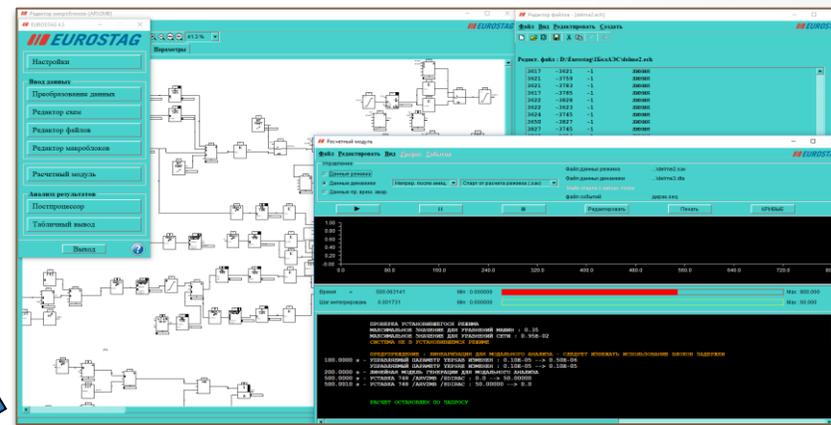
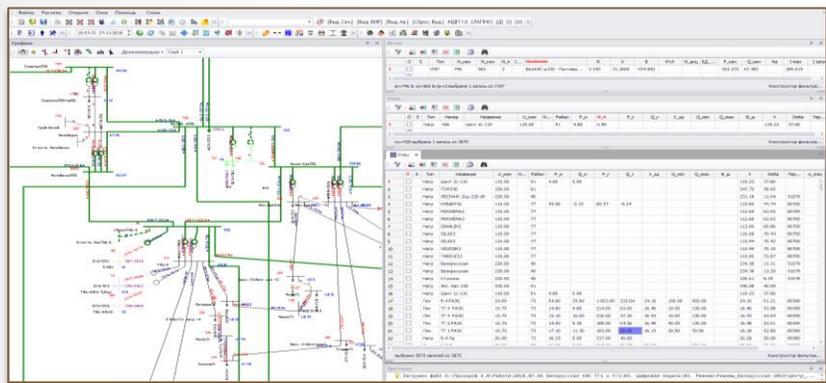
Противоаварийное управление

Объединение ЗЭР Якутии на параллельную работу с ОЭС Востока привело к изменению колебательных свойств энергосистемы, выразившемуся в появлении межсистемных (межрегиональных) колебаний.



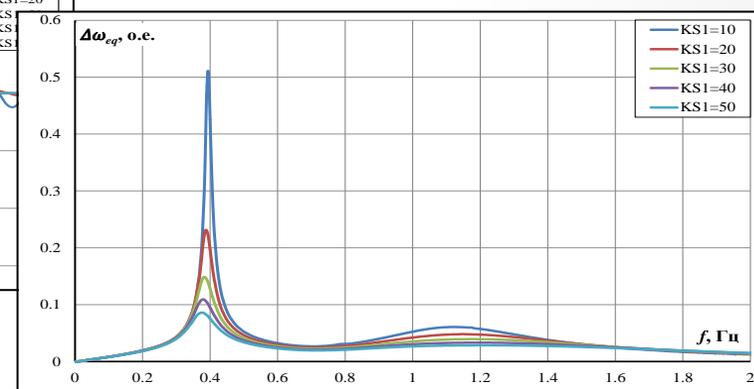
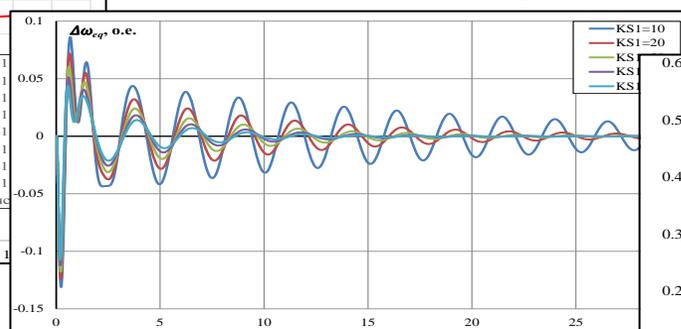
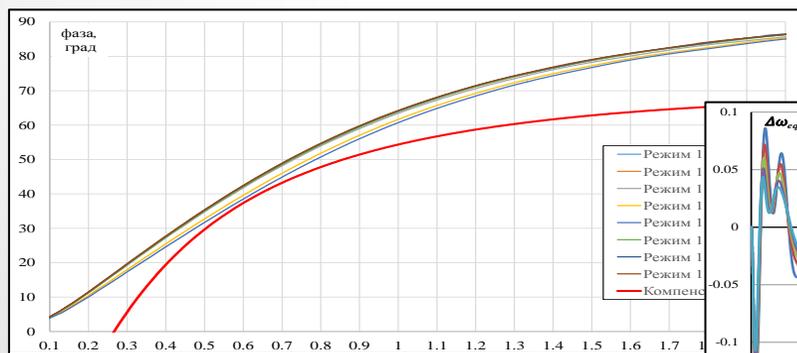
Состав моделей	Зима максимум	Зима минимум	Лето максимум	Лето минимум
Узлы, в том числе:	1114	1109	1105	1082
• генераторные узлы	100	103	88	79
Ветви, в том числе:	1368	1363	1364	1342
• линии электропередачи	807	804	809	799
• трансформаторы	389	387	384	373
• выключатели	172	172	171	170

# Разработка динамических цифровых моделей



Подготовка 4 базовых электрических режимов в ПК «RastrWin» и согласование их с Филиалом «СО ЕЭС» ОДУ Востока

Разработка подробных цифровых динамических моделей в ПК «Eurostag» для каждого режима (при моделировании учтено более 120 генераторов)



Выбор параметров настройки регуляторов возбуждения в ПК «WinOblast», разработанном в АО «НТЦ ЕЭС»



# Регулятор возбуждения Unitrol 5000



Регулятор Unitrol 5000 не проходил процедуру сертификации на соответствие Требованиям к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов (утверждены приказом Минэнерго России от 13.02.2019 № 98).

В процессе комплексных испытаний в 2005 году на ЦАФК ОАО «НИИПТ» было установлено, что в технологическом алгоритме регулятора возбуждения *Unitrol 5000* отсутствуют:

- релейная форсировка возбуждения;
- блокировка каналов стабилизации или системного стабилизатора при изменении частоты со скоростью 0.05 Гц/с и более;
- задержка на ввод ограничителя максимального (двойного) тока ротора.



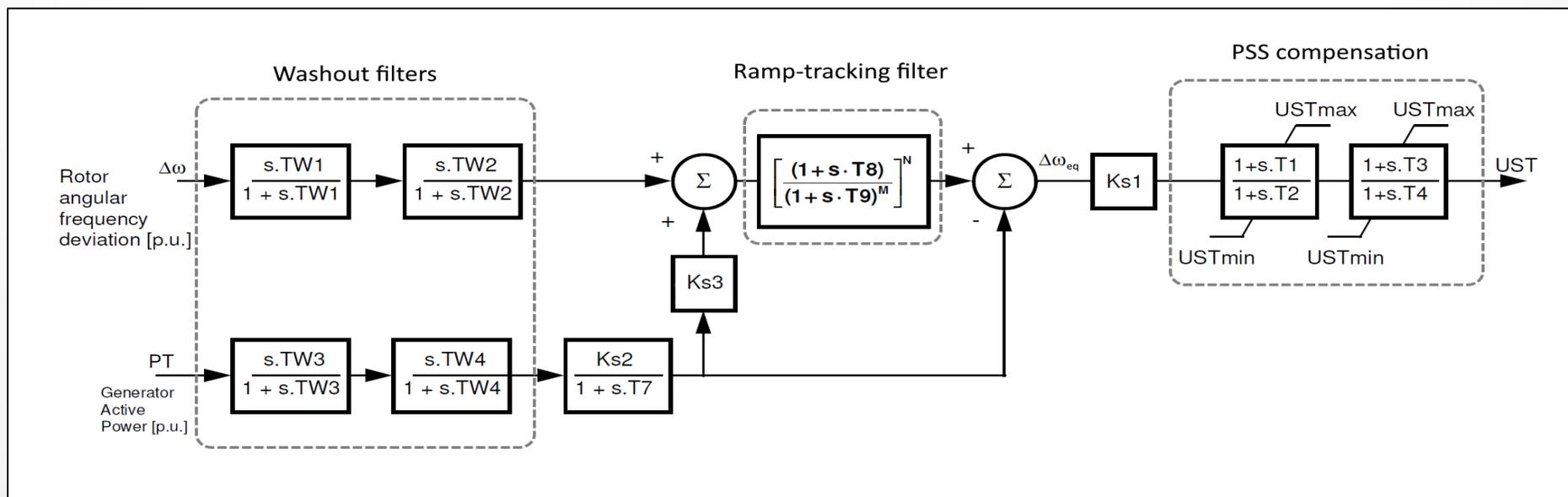
# Регулятор возбуждения Unitrol 5000



Противоаварийное  
управление

## Алгоритмические функции PSS-2A/B :

- устранение постоянных составляющих сигналов стабилизации;
- фильтрация высокочастотных торсионных и шумовых составляющих;
- уменьшение избыточных отклонений выходного сигнала PSS, возникающих при быстрых изменениях механической мощности генерирующего агрегата;
- расчет интеграла ускоряющей мощности;
- фазовая компенсация и усиление сигнала стабилизации.

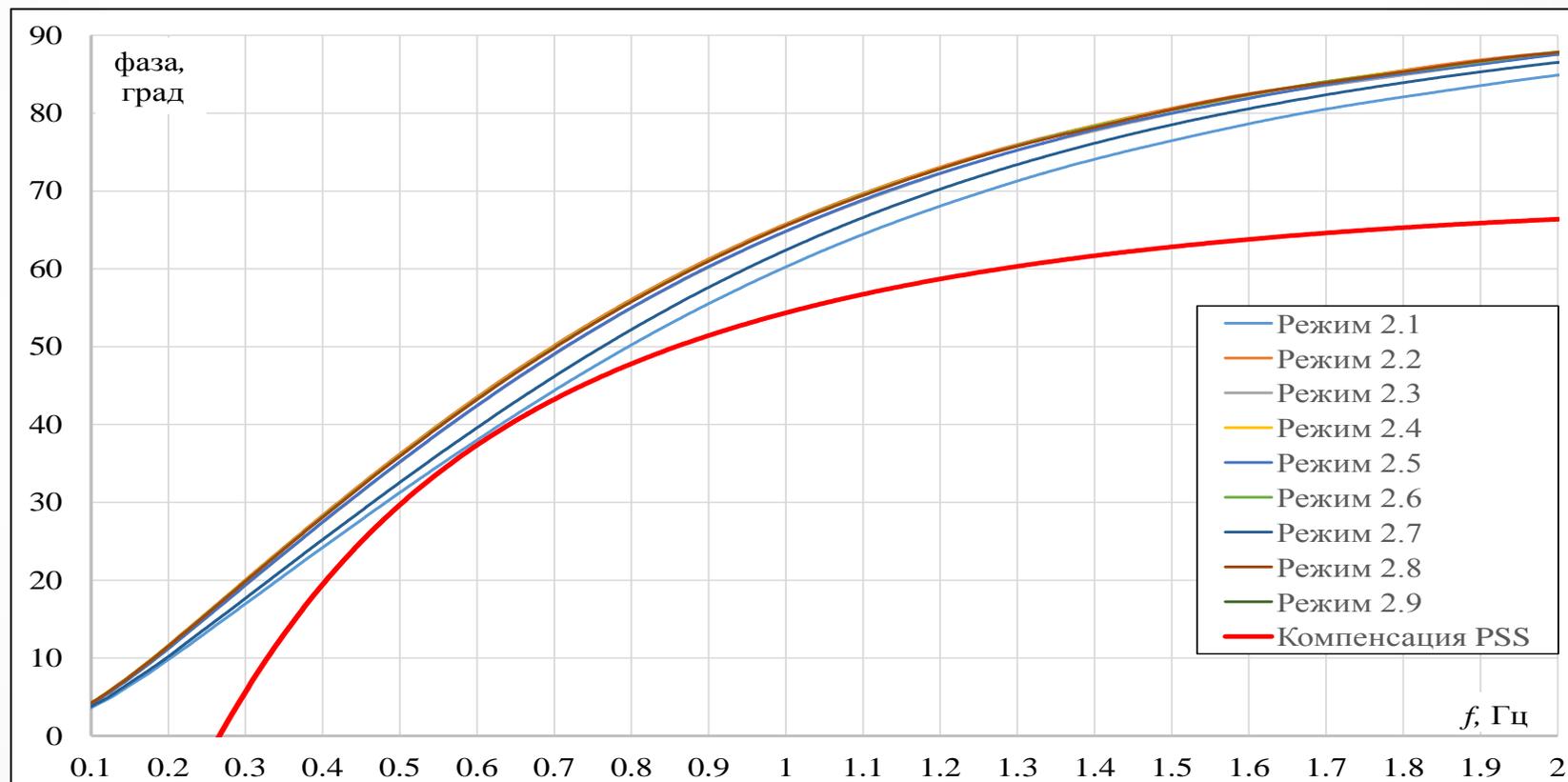




# Настройка параметров фазовой компенсации PSS



Противоаварийное управление



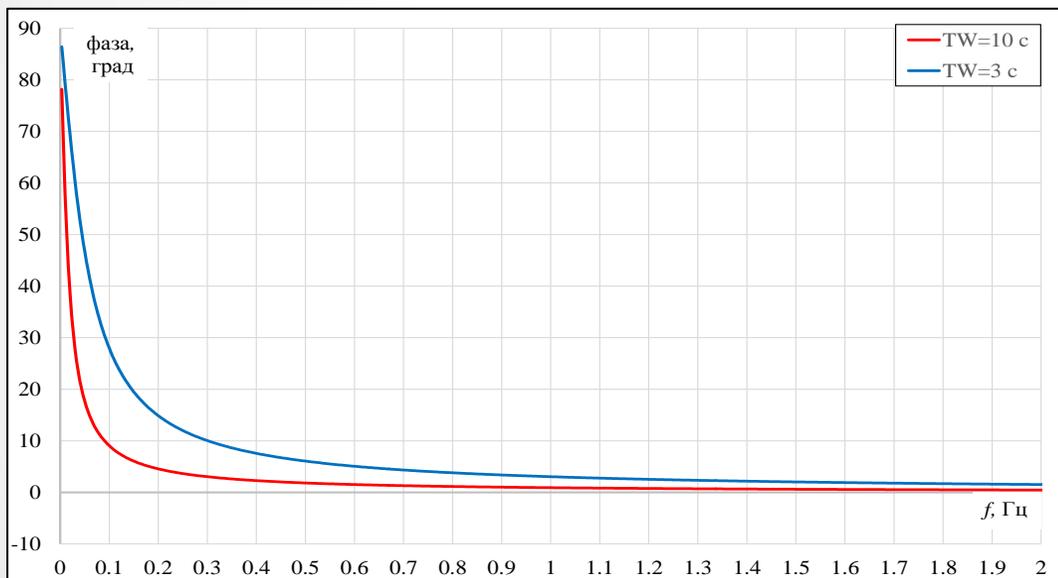
Параметры фазовой компенсации  $T1=0.43$  с,  $T2=0.01$  с,  $T3=0.64$  с и  $T4=4.1$  с обеспечивают достаточный уровень компенсации на частотах электромеханических колебаний



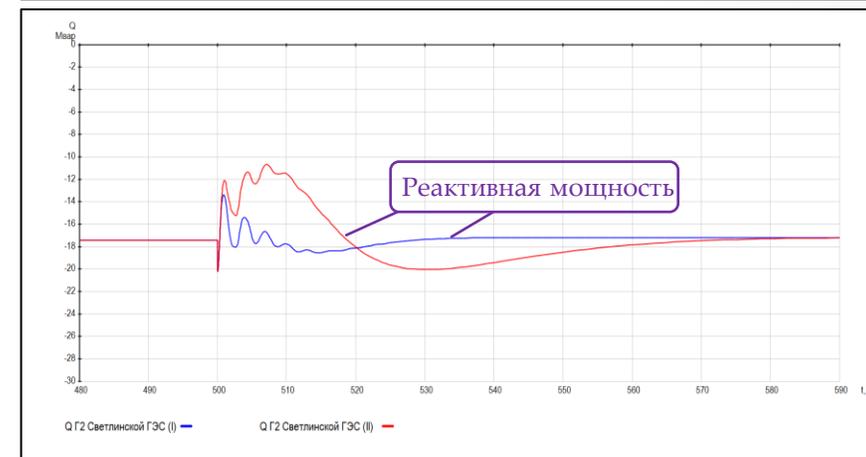
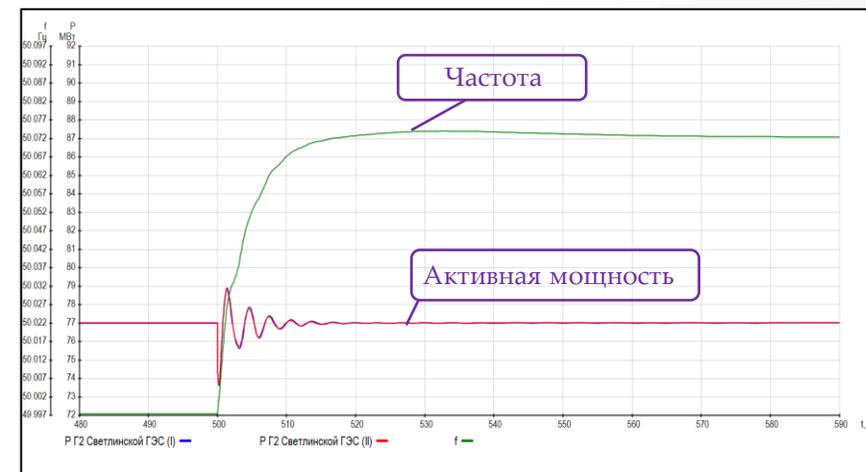
# Выбор параметров *washout*-фильтров



Противоаварийное управление



Фазовое опережение, создаваемое *washout* фильтрами

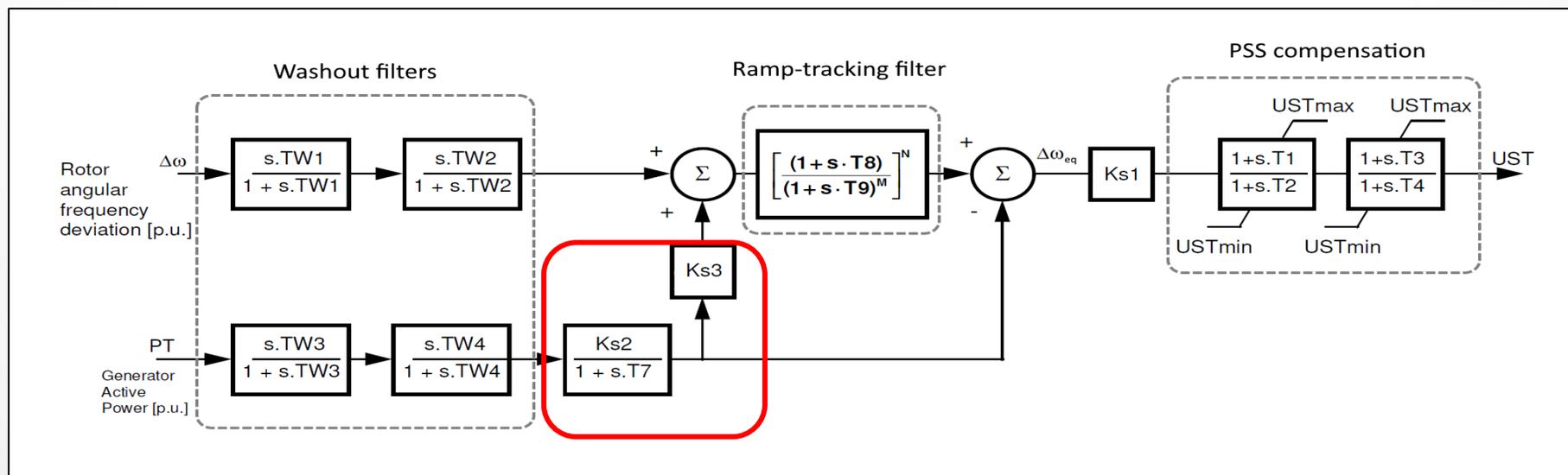


Аварийный небаланс активной мощности

- I –  $TW1 = TW2 = TW3 = 3$  с;
- II –  $TW1 = TW2 = TW3 = 10$  с.

# Выбор параметров настройки $T7$ , $Ks2$ , $Ks3$

- $T7$  рекомендуется принять равным постоянным времени  $TW1 = TW2 = TW3 = 3$  с
- коэффициент усиления  $Ks2$  должен быть равен соотношению  $T7/T_j = 3/8.043 = 0.373$
- $Ks3$  рекомендуется принять равным 1

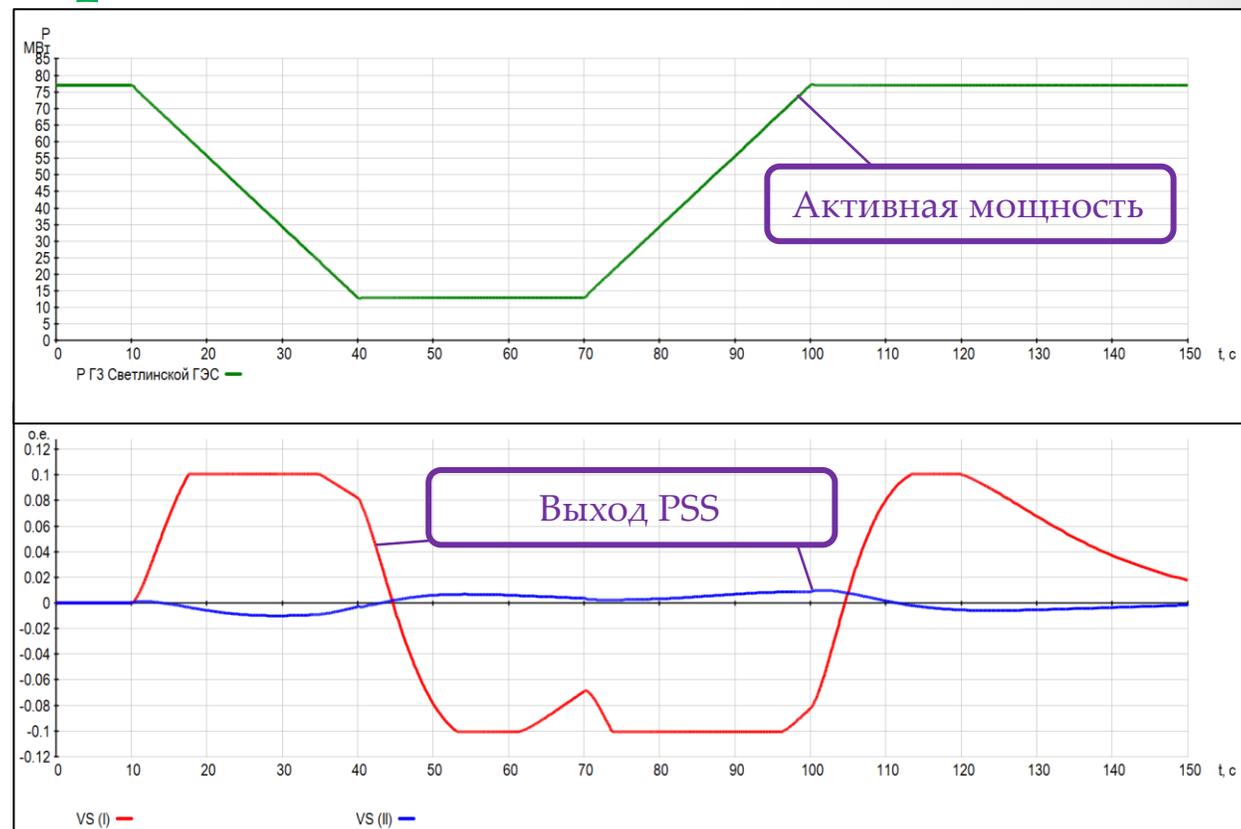


# Выбор параметров настройки *ramp-tracking* фильтра



*Ramp-tracking* фильтр в структуре стабилизатора выполняет следующие основные функции:

- Ослабление высокочастотных составляющих входных сигналов;
- Уменьшение избыточных отклонений выходного сигнала *PSS*, возникающих при быстрых изменениях механической мощности генерирующего агрегата.



Моделирование снижения и набора активной мощности гидрогенератора №3  
Светлинской ГЭС

I – фильтр нижних частот (красный);

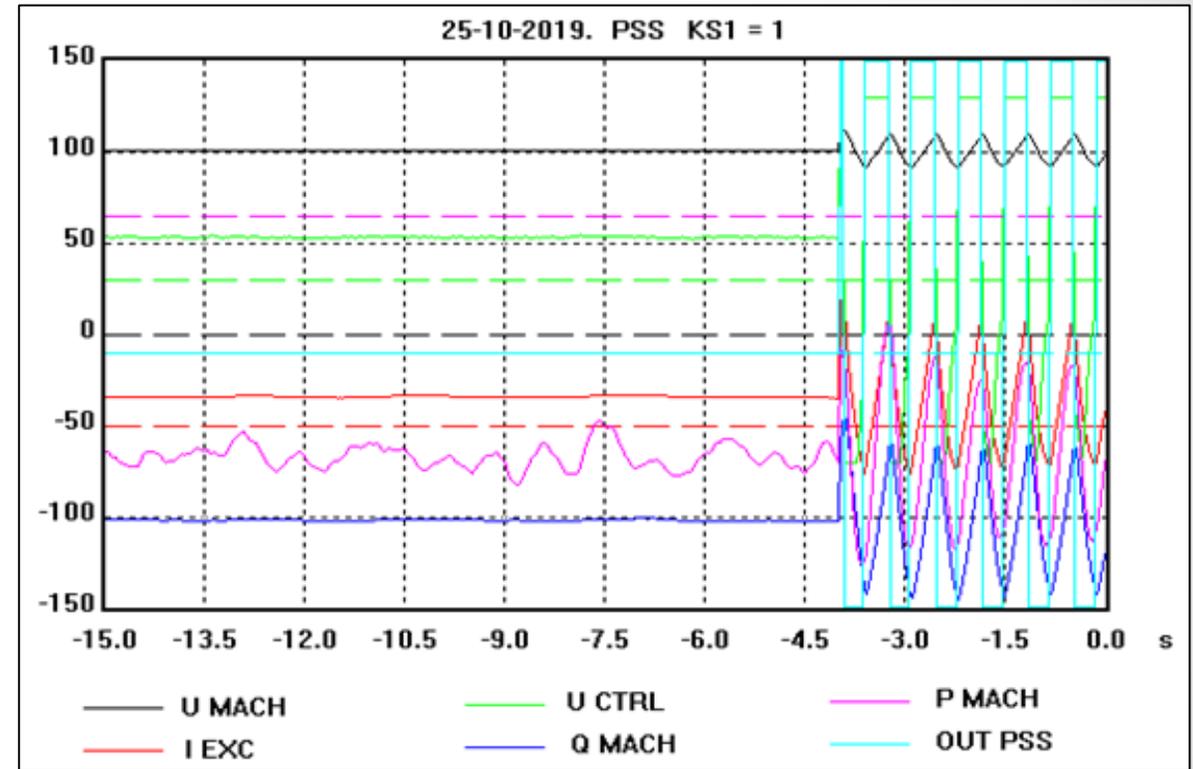
II – *ramp-tracking* фильтр с типовыми параметрами (синий).

# Выбор параметров настройки *ramp-tracking* фильтра



При задании типовых параметров настройки *ramp-tracking* фильтра в регуляторах возбуждения гидрогенераторов Светлинской ГЭС наблюдаются незатухающие высокочастотные колебания.

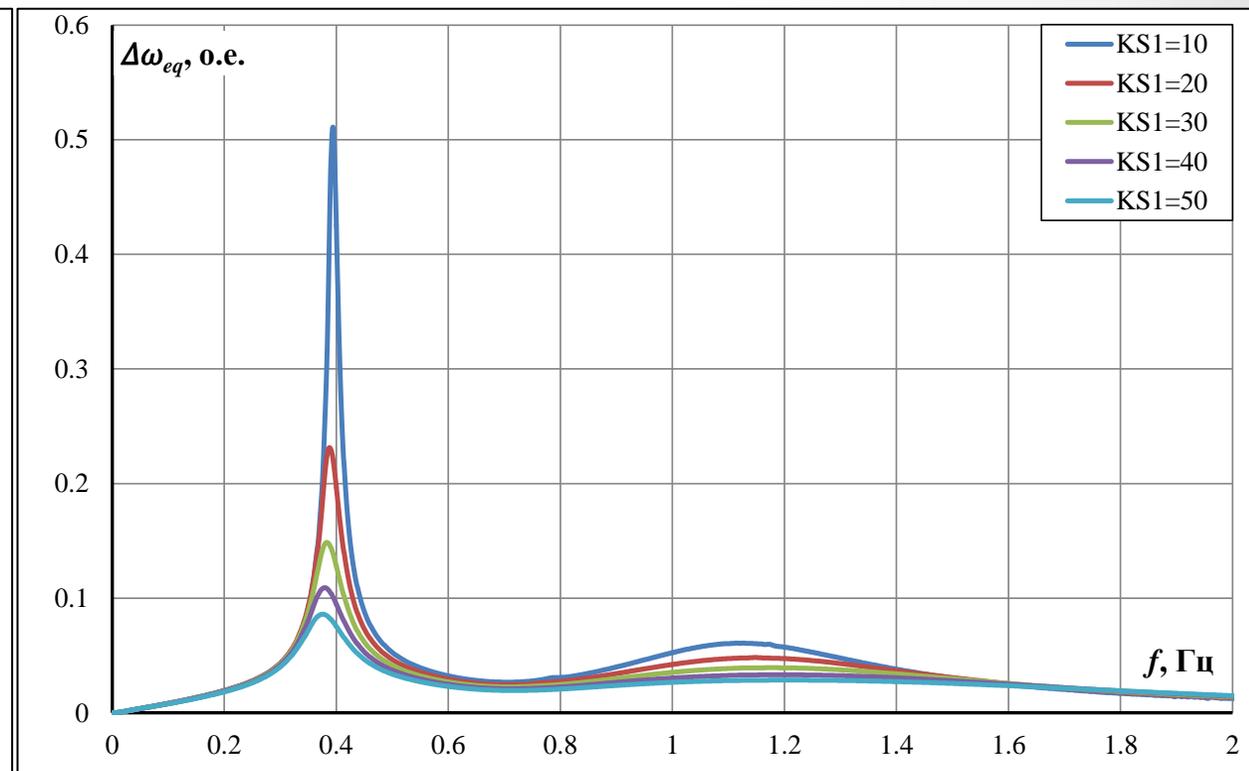
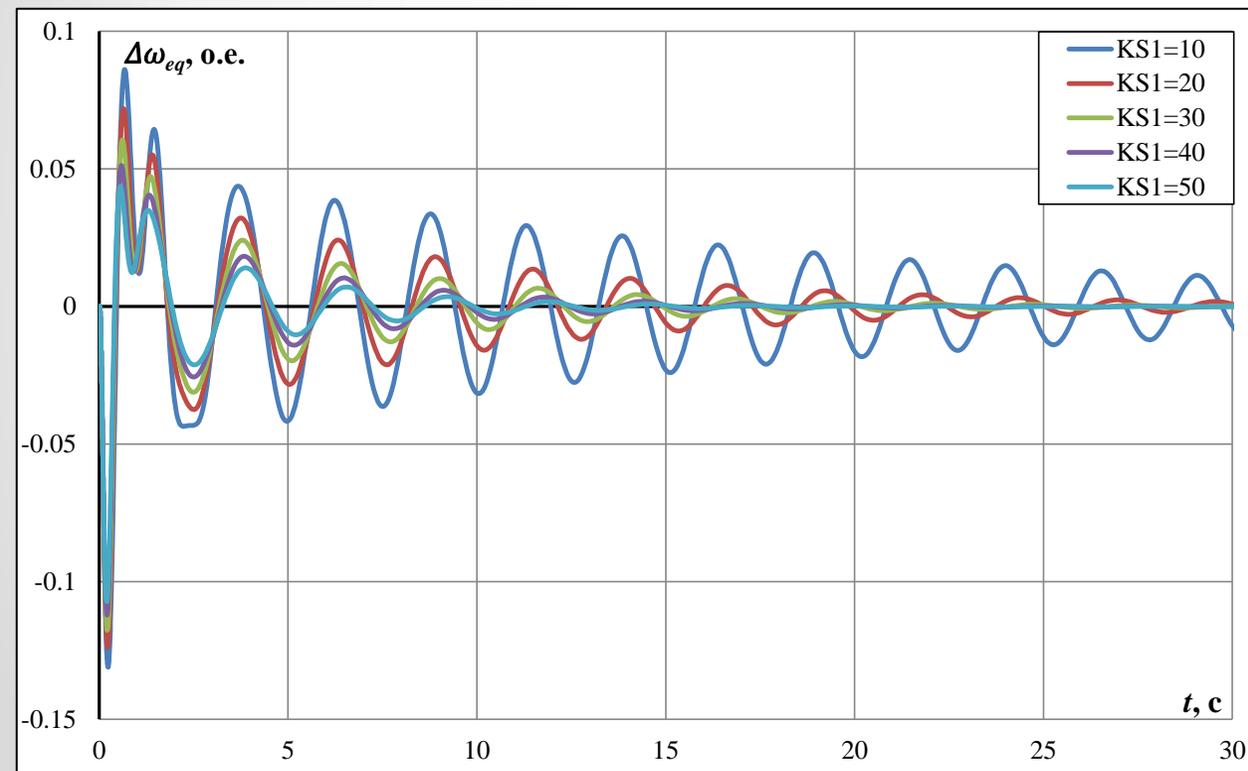
Компромиссное решение: установить параметры настройки *ramp-tracking* фильтра  $M=5$ ,  $N=1$ ,  $T8=1.9$  с,  $T9=1.9$  с и задать уменьшенные значения ограничений выходного сигнала *PSS* и коэффициента усиления  $KS1$



Ввод PSS с типовыми параметрами настройки *ramp-tracking* фильтра,  $KS1=1$



# Настройка коэффициента усиления KS1



Импульсные отклики (слева) и амплитудно-частотные характеристики (справа)  $\Delta\omega_{eq}/\Delta U_{ref}$

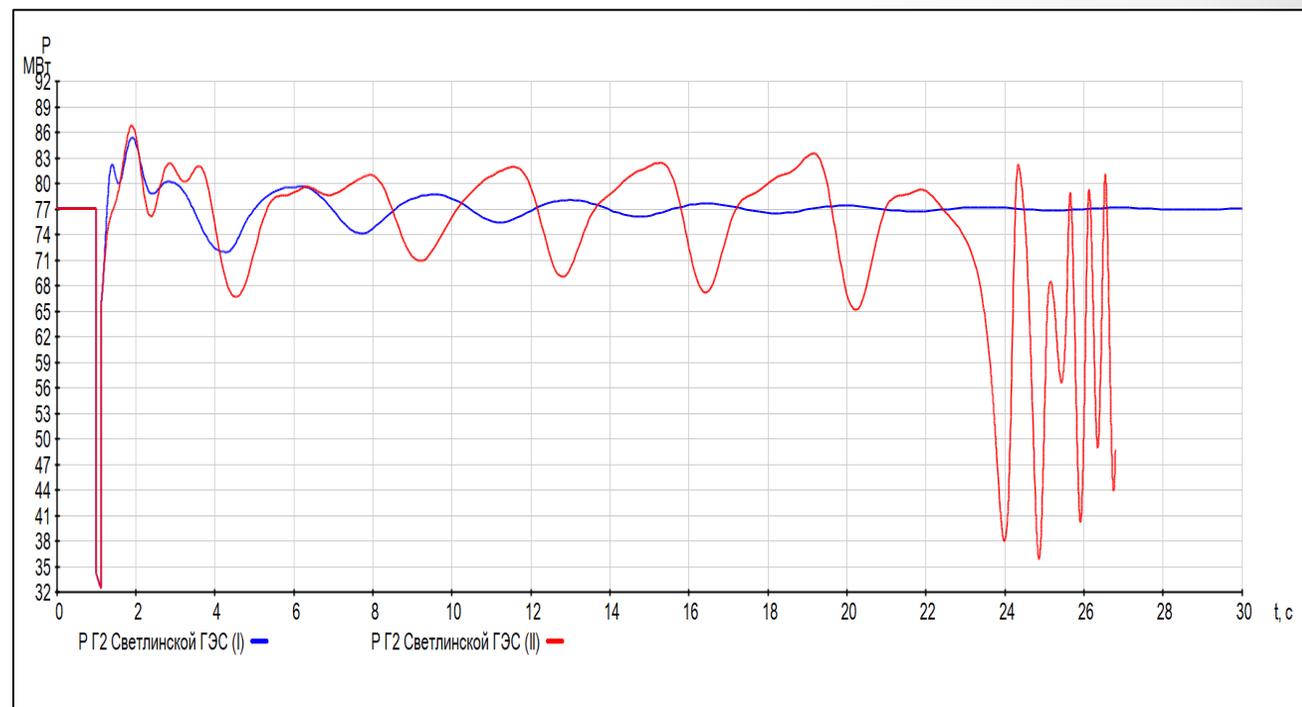


# Проверка эффективности выбранных параметров настройки



Противоаварийное  
управление

Функционирование АРВ Светлинской ГЭС с выведенными каналами стабилизации послеаварийном режиме может приводить к возникновению колебаний увеличивающейся амплитуды и нарушению устойчивости параллельной работы Светлинской ГЭС с энергосистемой Востока.



Трёхфазное КЗ вблизи Светлинской ГЭС

I – PSS введен;

II – PSS выведен



# Результаты



Системный стабилизатор типа *PSS-2A/B* регуляторов возбуждения *Unitrol 5000* гидрогенераторов Светлинской ГЭС с выбранными параметрами настройки позволяет существенно улучшить колебательные свойства энергосистемы. В процессе работы выявлены недостатки регуляторов возбуждения *Unitrol 5000*, которые следует учитывать при выборе параметров настройки системного стабилизатора. Определение причин проблем функционирования *ramp-tracking* фильтра в *Unitrol 5000* возможно выполнить путем экспериментального снятия частотных характеристик регулятора возбуждения. Данная процедура обычно предусматривается в рамках выполнения работ по сертификации на соответствие Требованиям, которую, как отмечалось ранее, регулятор возбуждения *Unitrol 5000* не проходил.



**XI Международная  
научно-техническая конференция  
«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ - 2020»**



**Выбор параметров настройки  
системного стабилизатора типа PSS-2A/B  
регуляторов возбуждения Unitrol 5000  
гидрогенераторов Светлинской ГЭС**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

Докладчик: Прохоров Кирилл Владимирович

Организация: АО «НТЦ ЕЭС  
Противоаварийное управление»

Контактная информация:  
prokhorov\_k@ntcees.ru