



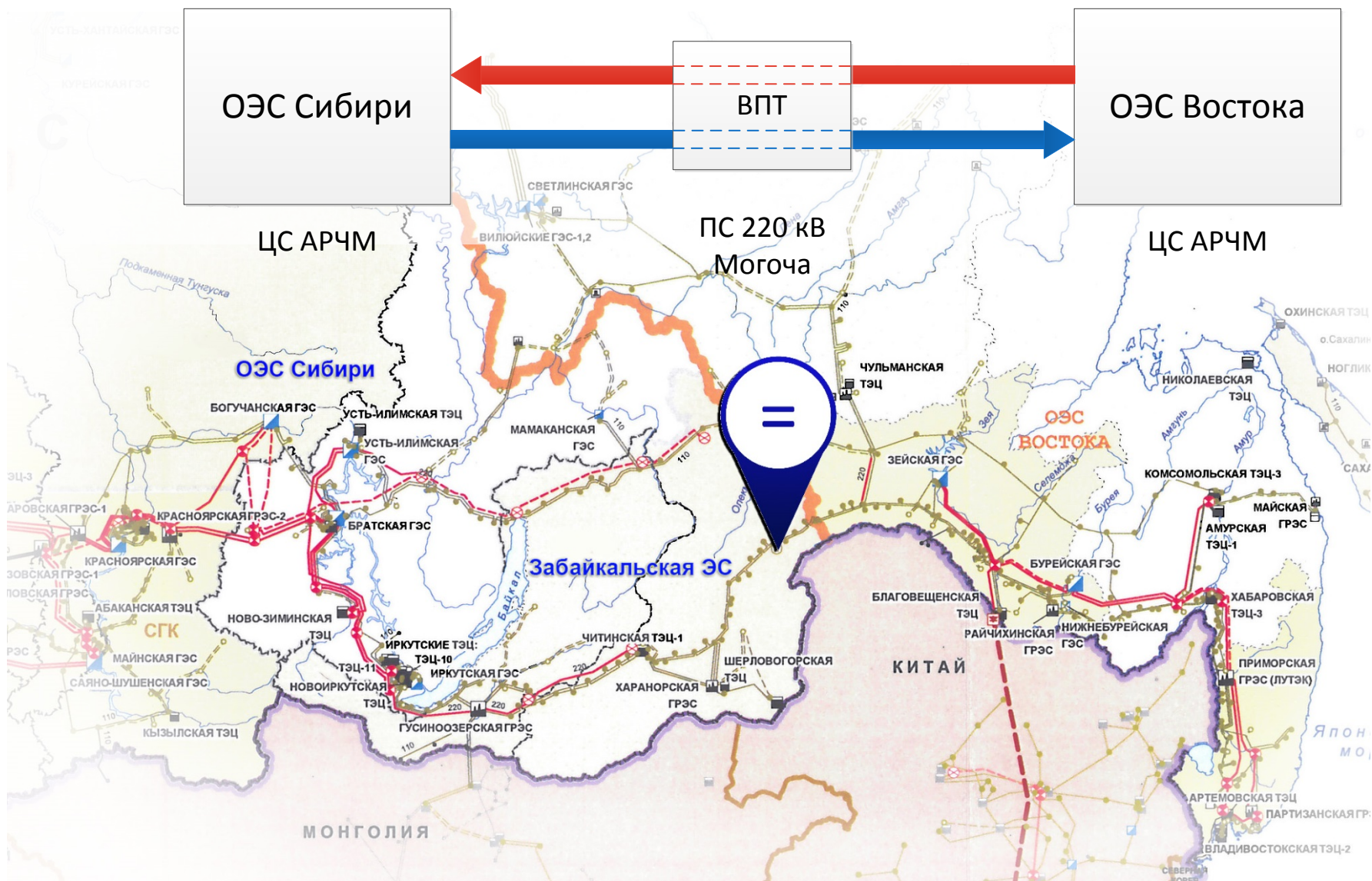
Исследование управления ВПТ на ПС 220 кВ Могоча от ЦС АРЧМ при объединении энергосистем Сибири и Востока

Докладчик: Демидов А.А.





Схема объединения ОЭС Сибири и Востока через ВПТ на ПС 220 кВ Могоча





Требования к качеству регулирования

- частоты
- перетоков мощности

Функции ЦС АРЧМ Востока

- АРЧ
- АОП/АОТП
- РКМ

Текущие объекты управления

- Зейская ГЭС
- Бурейская ГЭС



Характеристики ВПТ как объекта управления

- малая инерционность
- территориальное расположение
- возможность изменения перетока мощности
- отсутствие сезонных ограничений

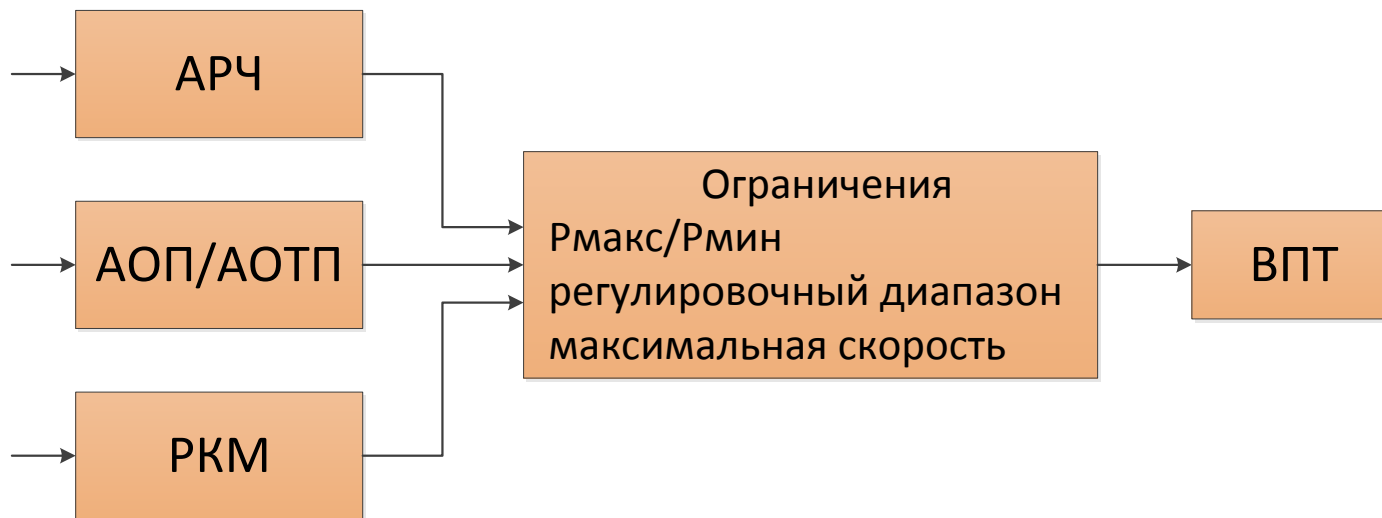
Особенности управления ВПТ

- необходимость учета ограничений в транзитных сетях
- необходимость учета резервов смежной ОЭС
- транспортное запаздывание при управлении и передаче ограничений от смежной ЦС АРЧМ



Описание алгоритмов управления ВПТ

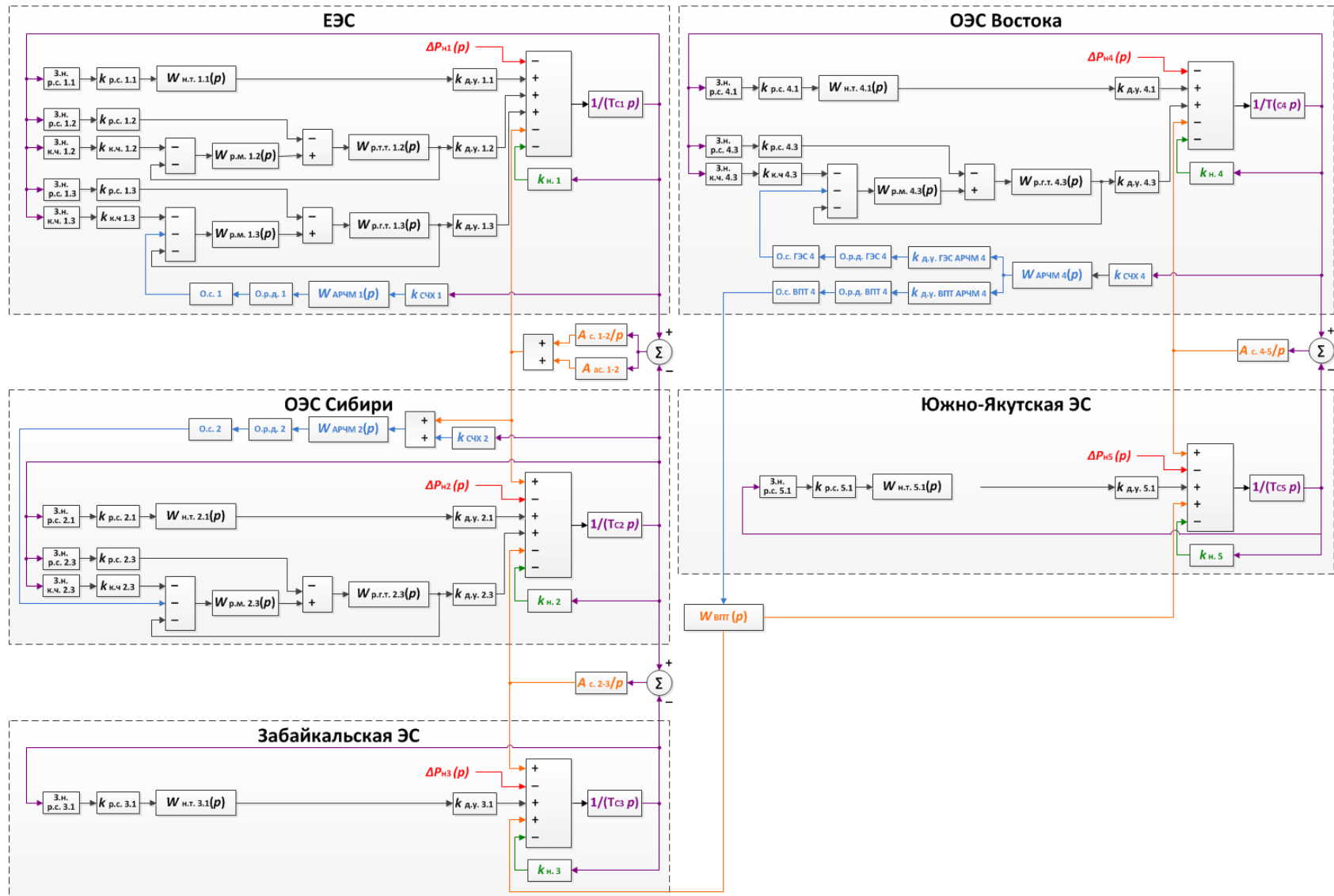
5



- Управляющее воздействие на ВПТ может вырабатываться от АРПЧ, АОТП и изменяться РКМ вручную
- Учет ограничений в транзитных сетях учитывается при формировании регулируемого диапазона ВПТ
- Учет резерва вторичного регулируемого диапазона смежной ОЭС учитывается при формировании максимального минимального ограничения задания
- Транспортное запаздывание учитывается при расчете максимальной скорости вторичного задания на ВПТ



Тестирование алгоритмов на математической модели

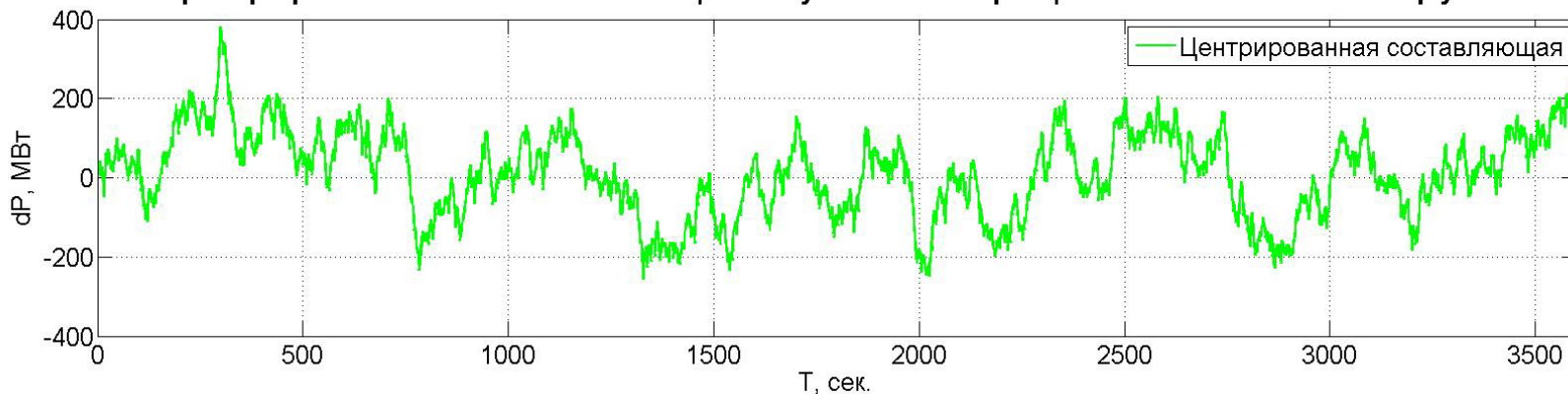




Моделирование процесса случайного изменения нагрузки

$$K_{\Delta P_{staz}}(t) = D_{\Delta P_{staz}} e^{-\frac{|\tau|}{T}}$$

Центрированная составляющая случайного процесса изменения нагрузки



Случайный процесс изменения нагрузки



$$\Delta P_n(t) = \Delta P_{staz}(t) + m_{\Delta P_n}(t)$$



Моделирование регулирования частоты в ОЭС Востока с привлечением ВПТ

8

Условия проведения моделирования:

- случайное изменение нагрузки во всех ЭС;
- отсутствуют ограничения по резервам.

Сценарии моделирования:

Опыт 1. ВПТ не введена, случайные изменения нагрузки в ОЭС Востока компенсируются за счёт резервов ГЭС (синяя кривая);

Опыт 2. ВПТ введена, случайные изменения нагрузки в ОЭС Востока компенсируются за счёт резервов ГЭС и ВПТ с $k_{КДУ}^{ГЭС} = 3/4$, а $k_{КДУ}^{ВПТ} = 1/4$ (светло-фиолетовая кривая);

Опыт 3. ВПТ введена, случайные изменения нагрузки в ОЭС Востока компенсируются за счёт резервов ГЭС и ВПТ с $k_{КДУ}^{ГЭС} = 1/4$, а $k_{КДУ}^{ВПТ} = 3/4$ (зеленая кривая);

Опыт 4. ВПТ введена, случайные изменения нагрузки в ОЭС Востока компенсируются только за счёт ВПТ, резервы ГЭС не используются (красная кривая).



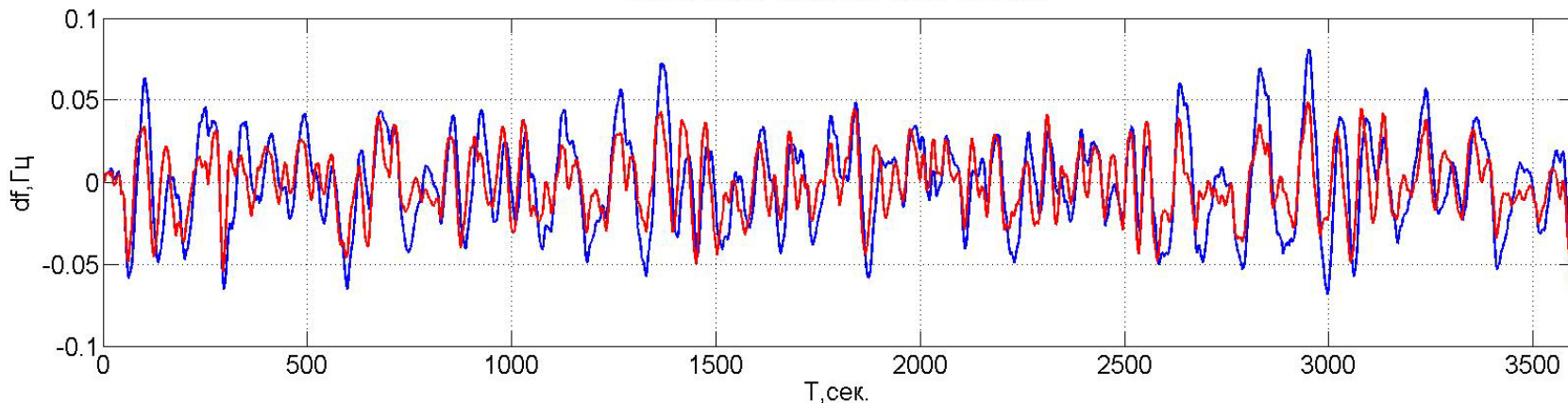
Моделирование АРЧ: опыт 1, опыт 4

9

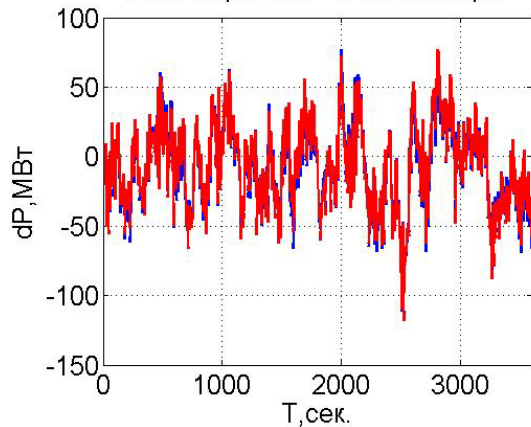
— Регулирование только с ГЭС (опыт 1)

— Регулирование только с ВПТ (опыт 4)

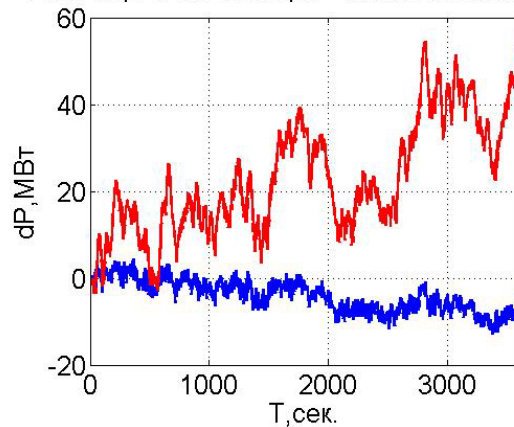
Изменение частоты в ОЭС Востока



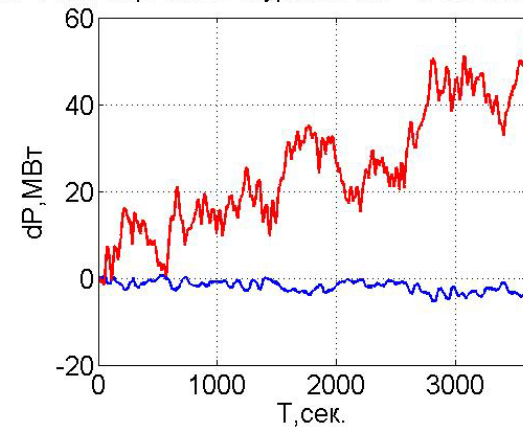
Изм. пер. ЕЭС - ОЭС Сибири



Изм. пер. ОЭС Сибири - Забайкальская ЭС



Изм. пер. Зап. Амурская ЭС - ОЭС Востока



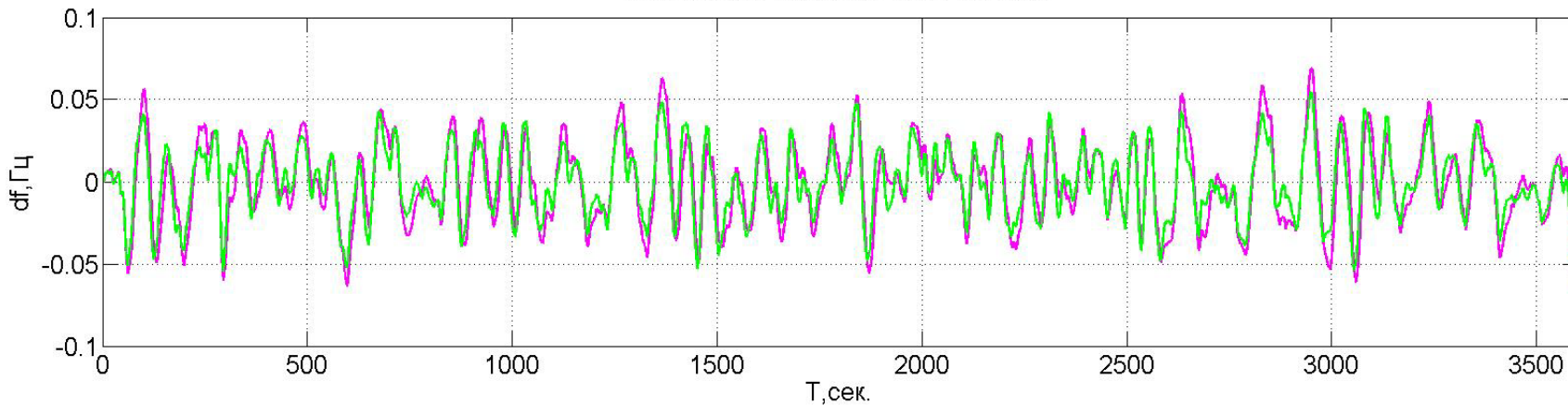


Моделирование АРЧ: опыт 2, опыт 3

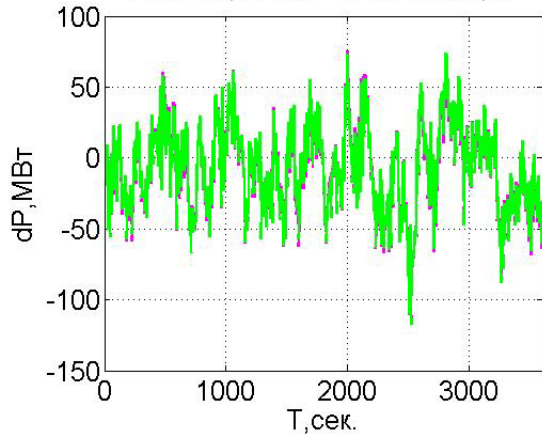
10

— ГЭС(КДУ=3/4), ВПТ(КДУ=1/4) (опыт 2) — ГЭС(КДУ=1/4), ВПТ(КДУ=3/4) (опыт 3)

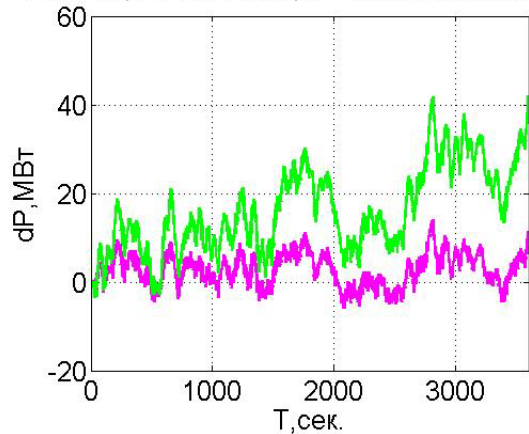
Изменение частоты в ОЭС Востока



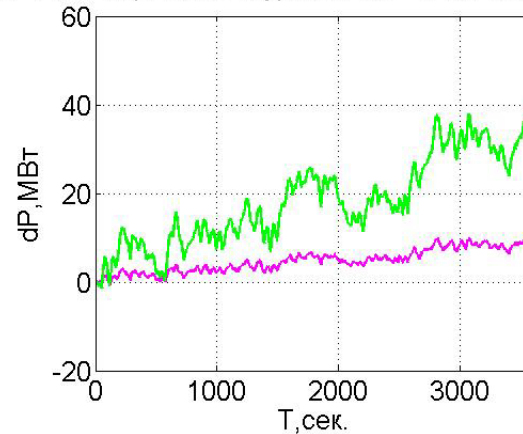
Изм. пер. ЕЭС - ОЭС Сибири



Изм. пер. ОЭС Сибири - Забайкальская ЭС



Изм. пер. Зап. Амурская ЭС - ОЭС Востока

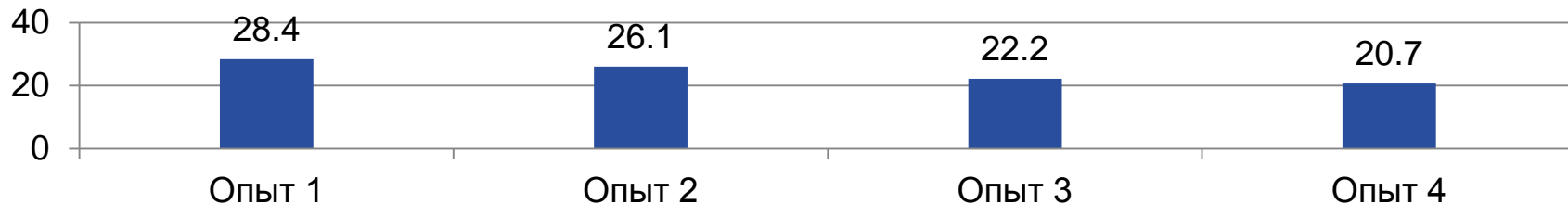




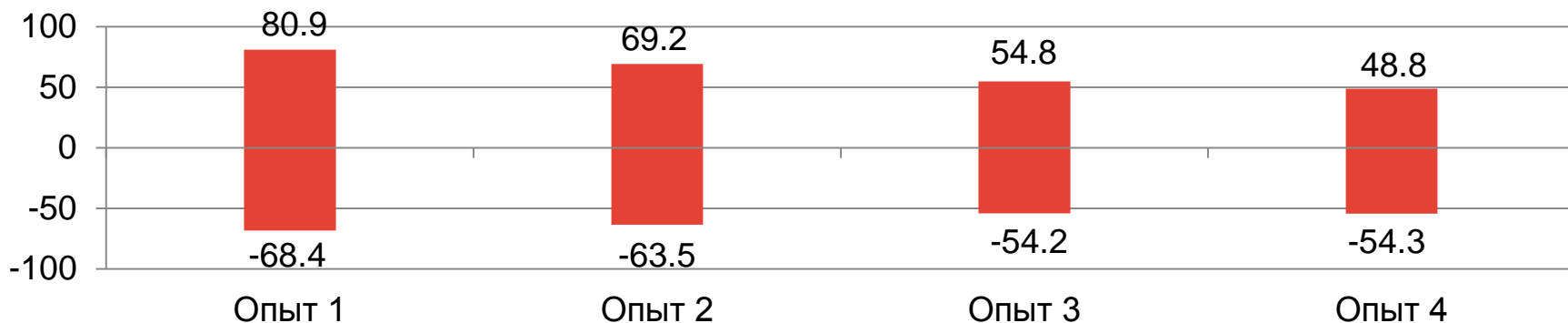
Показатели качества регулирования частоты

11

Среднеквадратичное отклонение частоты в ОЭС Востока, мГц



Макс./мин. отклонение частоты в ОЭС Востока, мГц



Время выхода частоты за пределы $50 \pm 0,05$ мГц, %





Моделирование ограничений в сети при управлении ВПТ

12

Условия проведения моделирования:

- небаланс мощности в Южно-Якутской ЭС;
- резервов ОЭС Востока для покрытия небаланса недостаточно;
- в процессе управления ВПТ в ОЭС Сибири (по сечению ОЭС Сибири — Забайкальская ЭС) возникает перегрузка.

Сценарии моделирования:

Опыт 5. ЦС АРЧМ Востока управляет ВПТ без учета ограничений в смежной ОЭС (синяя кривая);

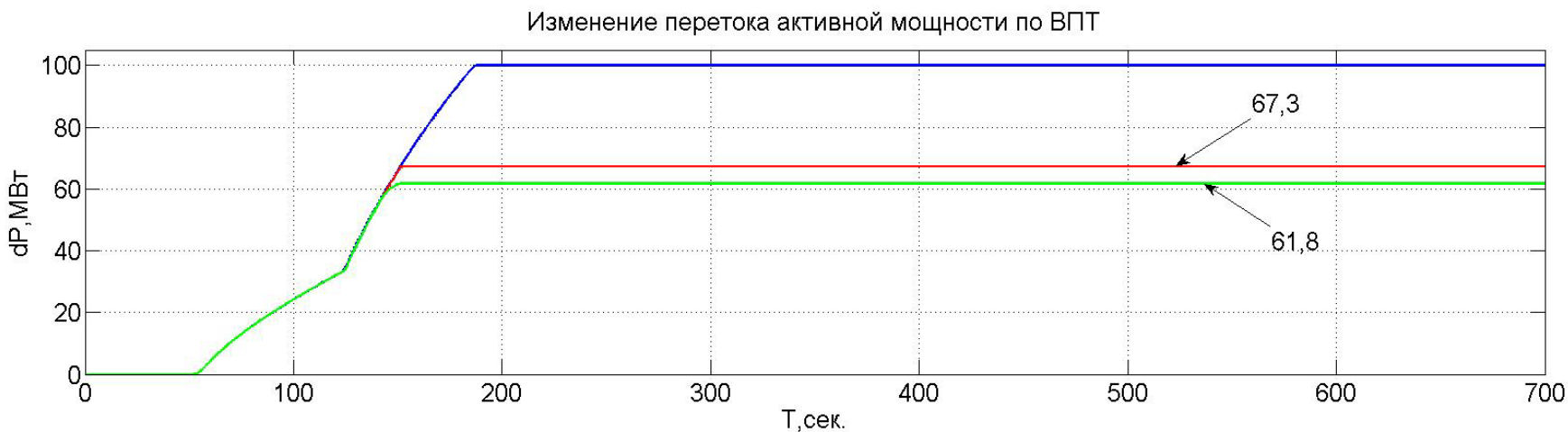
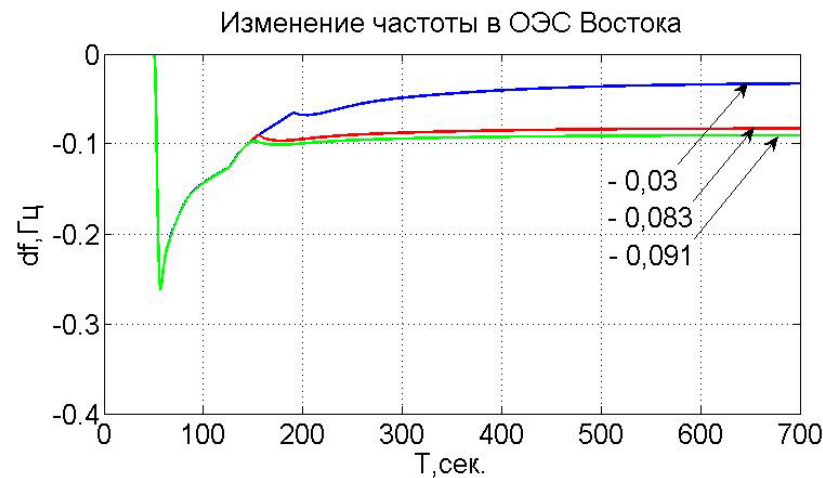
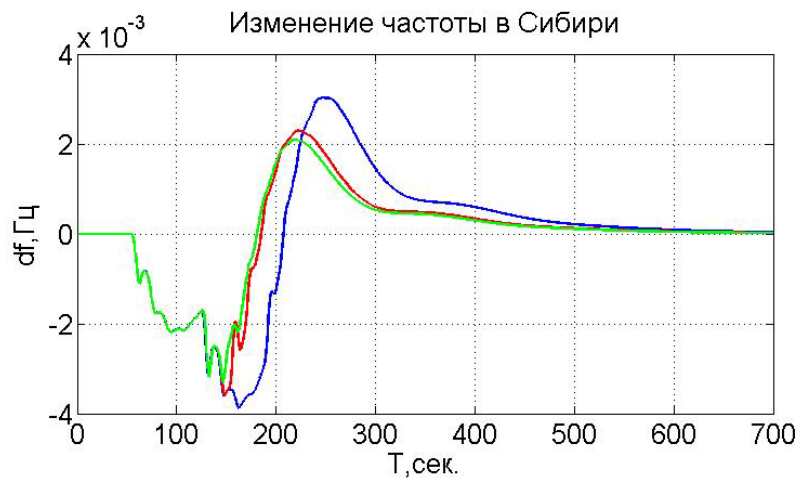
Опыт 6. ЦС АРЧМ Востока управляет ВПТ с учетом ограничений в смежной ОЭС. При наличии перегрузки по сечению приходит сигнал о запрете управления ВПТ в соответствующую сторону, с учетом транспортного запаздывания (зеленая кривая);

Опыт 7. ЦС АРЧМ Востока управляет ВПТ с учетом ограничений в смежной ОЭС. При наличии перегрузки по сечению приходит сигнал о запрете управления ВПТ в соответствующую сторону, с учетом транспортного запаздывания и с коррекцией скорости изменения мощности ВПТ (красная кривая).



Моделирование управления ВПТ с учетом ограничений в сети

- без ограничений от внешней ОЭС (опыт 5)
- с ограничениями и с запаздыванием (опыт 6)
- с алгоритмом коррекции скорости (опыт 7)





Моделирование управления ВПТ с использованием мертвых полос по регулируемому параметру

14

Условия проведения моделирования:

- случайное изменение нагрузки во всех ЭС;
- отсутствуют ограничения по резервам;
- для ВПТ вводится индивидуальная мертвая полоса по регулируемому параметру (ИМПРП) — частоте;
- КДУ ГЭС — 75%, КДУ ВПТ — 25%.

Сценарии моделирования:

Опыт 8. Управление ВПТ осуществляется без учета мертвой зоны ИМПРП = 0 мГц (синяя кривая)

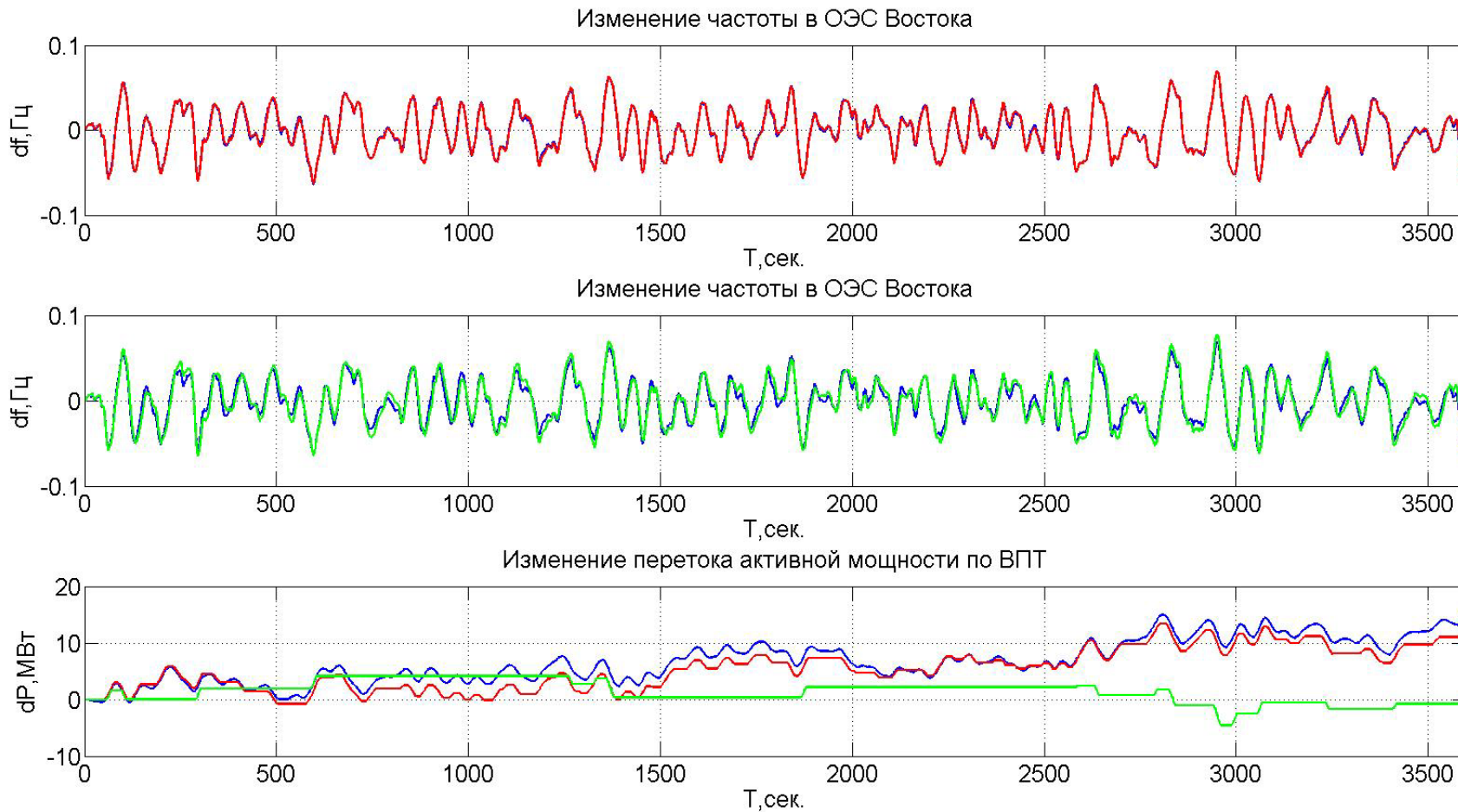
Опыт 9. Управление ВПТ осуществляется с учетом мертвой зоны ИМПРП = 20 мГц (красная кривая)

Опыт 10. Управление ВПТ осуществляется с учетом мертвой зоны ИМПРП = 50 мГц (зеленая кривая)



Переходные процессы управления ВПТ при использовании ИМПРП

- без мертвой зоны (опыт 8)
- с мертвой зоной 20 мГц (опыт 9)
- с мертвой зоной 50 мГц (опыт 10)

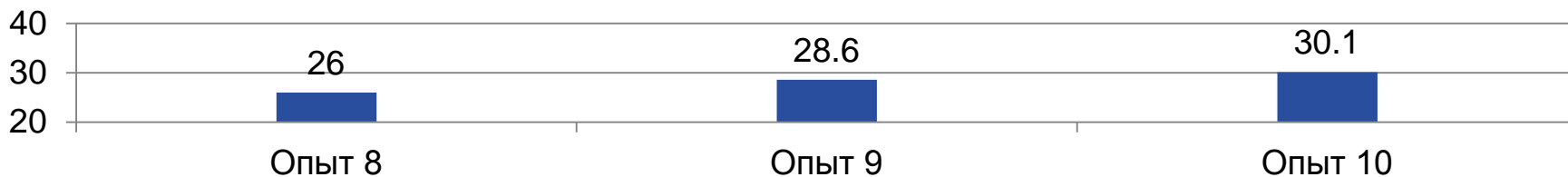




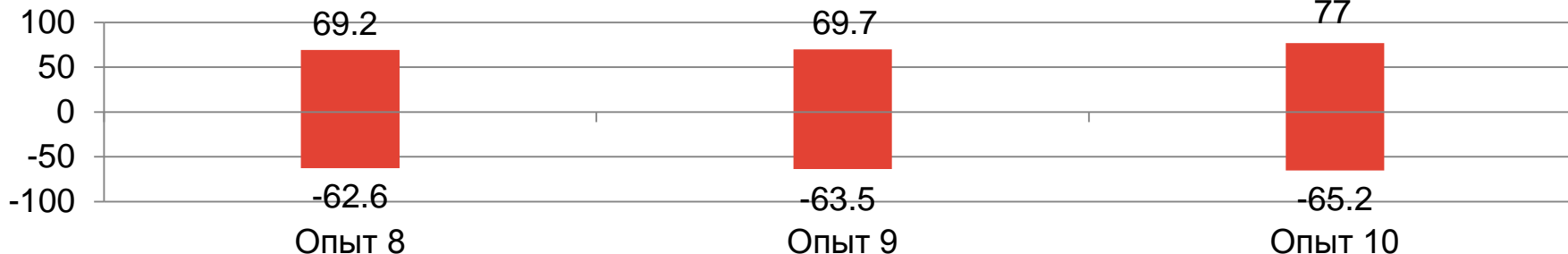
Показатели частоты и перетока при управлении ВПТ с использованием ИМПРП

16

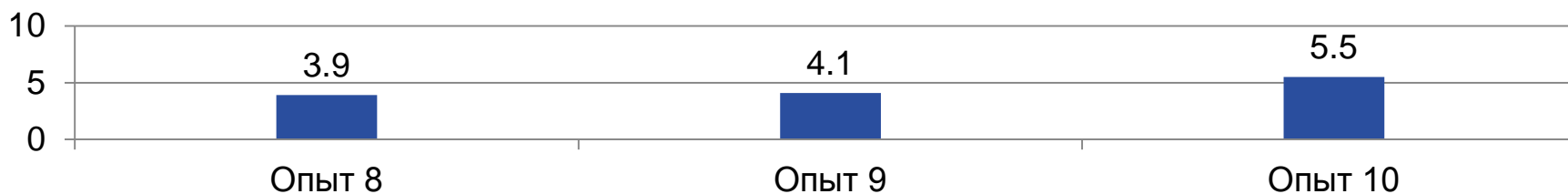
Среднеквадратичное отклонение частоты в ОЭС Востока, мГц



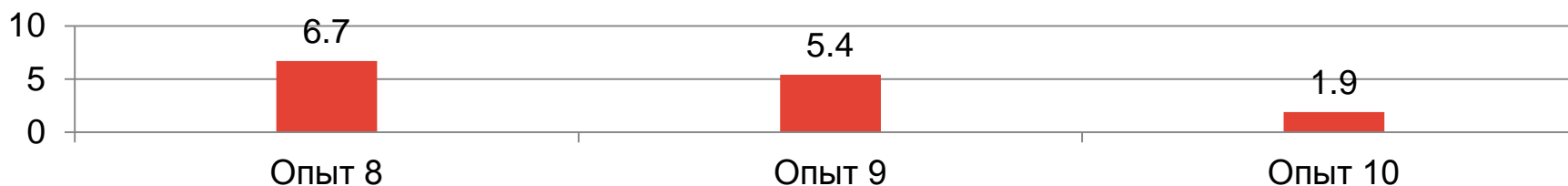
Макс./мин. отклонение частоты в ОЭС Востока, мГц



Время выхода частоты в ОЭС Востока за пределы $50 \pm 0,05$ мГц, %



Интегральное отклонение перетока по ВПТ, МВт·ч





Выводы

- ВПТ эффективна как объект управления системы АРЧМ
- Наибольшую целесообразность представляет использование ВПТ для ограничения перетоков, компенсации значительных небалансов мощности и восстановления резервов на ГЭС.
- Использование ВПТ наравне с ГЭС незначительно улучшает качество регулирования частоты.
- Индивидуальная мертвая полоса регулятора частоты для ВПТ позволяет определить уровень колебаний нагрузки предназначенный для компенсации с использованием ВПТ
- Разработанные алгоритмы управления ВПТ позволяют учесть ограничения при управление ВПТ



Спасибо за внимание





Допущения, принятые при моделировании

19

- вся система рассматривается в линейной идеализации с добавлением характерных нелинейностей;
- энергообъединение представляется в виде 5 эквивалентных энергосистем: ЕЭС, ОЭС Сибири, Забайкальской ЭС, Южно-Якутской ЭС и ОЭС Востока, а также ВПТ на ПС 220 кВ Могоча;
- каждая эквивалентная ЭС, характеризуется единой частотой, и всё множество генераторов в ней представляется в виде одного эквивалентного генератора с несколькими группами эквивалентных турбин, отражающих различную реакцию турбин на изменение частоты;
- в эквивалентной ЭС не учитывается сдвиг фаз между векторами напряжения в отдельных её узлах;
- напряжение на шине эквивалентного генератора постоянно;
- не учитываются потери в сети, условно отнесённые к нагрузке;
- небаланс мощности эквивалентной ЭС приводится к нагрузке, которая считается приложенной к валу эквивалентного генератора;
- каждая из ЭС принимается концентрированной, жесткость внутренних связей принимается намного большей жесткости связи между ЭС;
- межсистемные связи замещаются индуктивными сопротивлениями.