



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ



Анализ влияния периодически меняющейся нагрузки на возникновение низкочастотных колебаний

Авторы:

Климова Т.Г. (НИУ МЭИ)

Савватин М.В. (Филиал ОАО «СО ЕЭС» Московское РДУ, аспирант НИУ МЭИ)

Источники периодически меняющейся нагрузки в разных отраслях производства



Нефтегазовая отрасль

- Станок-Качалка (Мощность двигателя от 2 до 100 кВт)



Машиностроение

- Прессы механические (Мощность двигателя до 800 кВт)
- Станки для гибки арматуры
- Правильно-отрезные станки

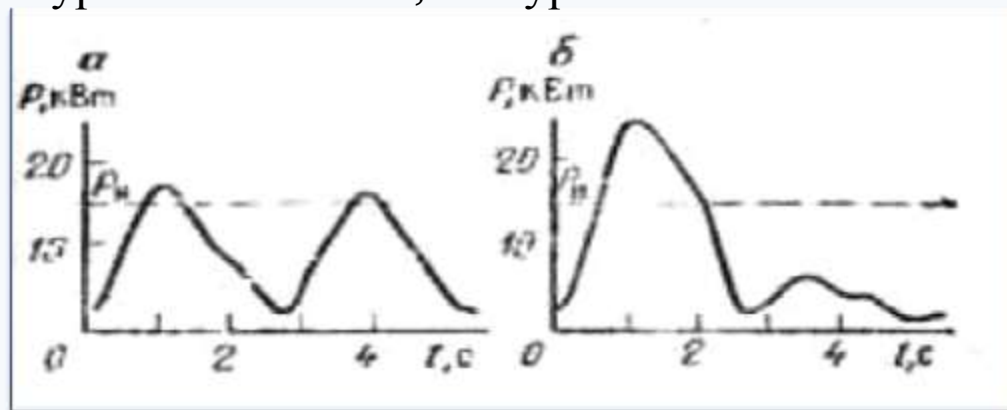


Металлургия

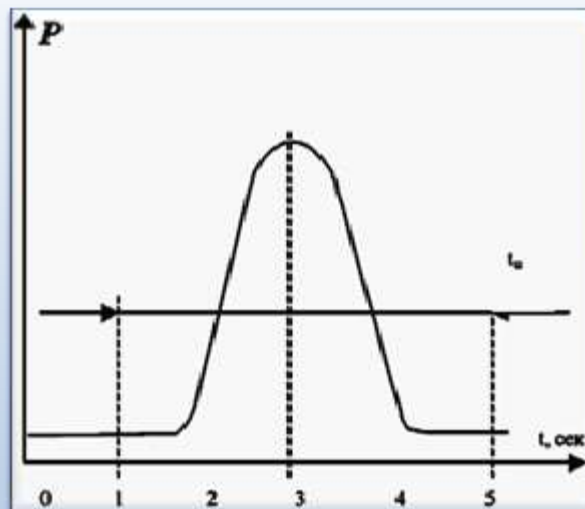
- Листоправильные машины
- Ножницы (Мощность двигателя до 900 кВт)
- Молоты

Станок-качалка

Графики нагрузки электродвигателя станка-качалки.
а-уравновешенного; б-неуравновешенного



Кривошипный пресс

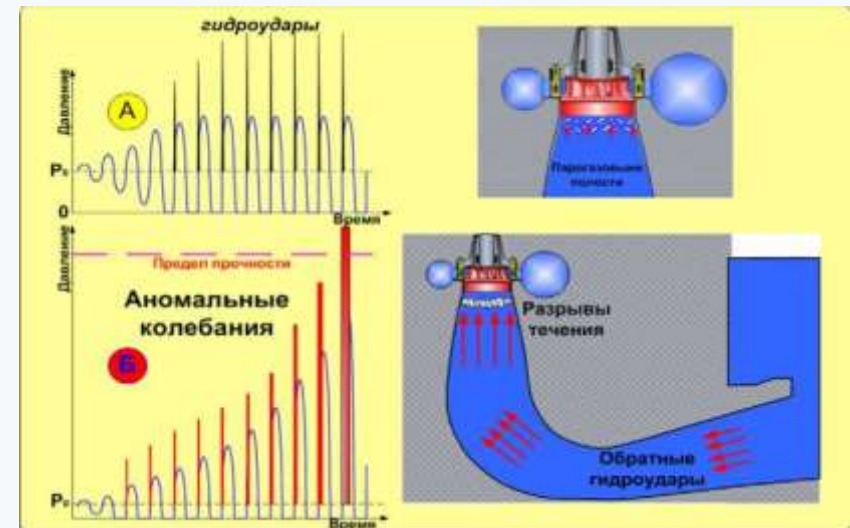


Изменение мощности привода по ходу процесса деформирования: 0-1 - пуск машины; 1-2 - движение ползуна вниз; 2-3 - часть рабочего хода, когда происходит предварительная деформация металла; 3-4 - время окончательной деформации металла; 4-5 - движение ползуна вверх.

Пульсация потока в гидроагрегатах

-Гидроупругие автоколебания

На лопасти гидротурбины создаётся перепад давления, на который воздействует весь столб воды в водоводе и отсасывающей трубе. Поэтому, в колебания вовлекается вся масса воды в гидравлическом тракте. Благодаря этому в системе гидравлический тракт - гидроагрегат возникают совершенно новые формы колебаний - *гидроупругие колебания*. Причём, при увеличении длины водовода, собственные частоты этих форм колебаний снижаются.



-Кавитационный жгут

В отсасывающей трубе образуется вихревой, или кавитационный жгут. Его появление связано с большой остаточной циркуляцией после РК. Поскольку, в свободном потоке циркуляция сохраняется $V_T * r = \text{Const}$, при приближении к центру жгута тангенциальная скорость потока увеличивается, а давление падает. В самом центре жгута градиент скорости увеличивается настолько, что начинает сказываться трение. Поэтому центр или ядро вихря движется как твёрдое тело. В ядро вихря засасывается воздух и парогазовые пузырьки, образующиеся при работе турбины и жгут становится видимым.

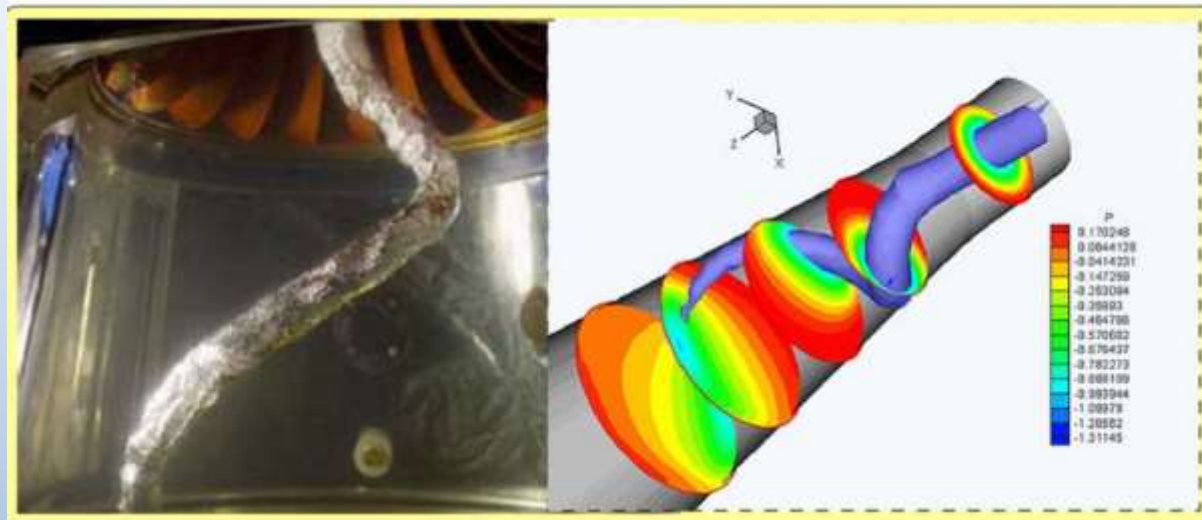
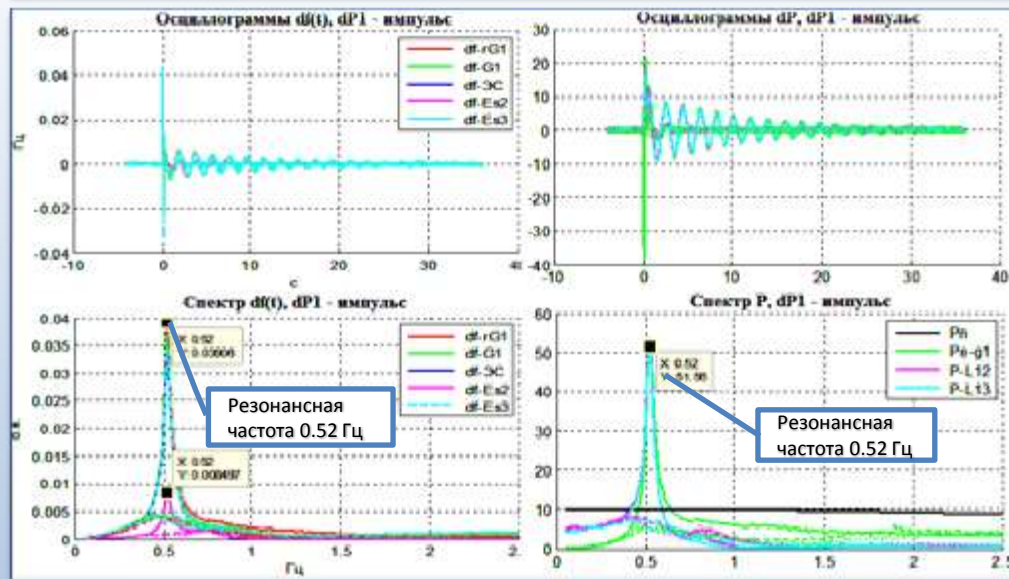
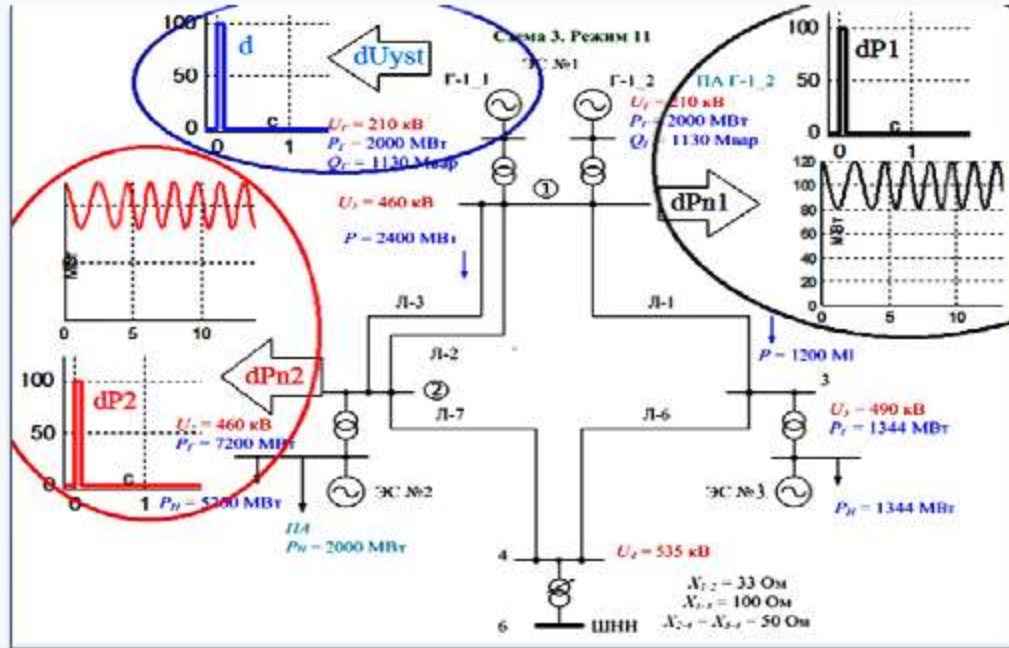
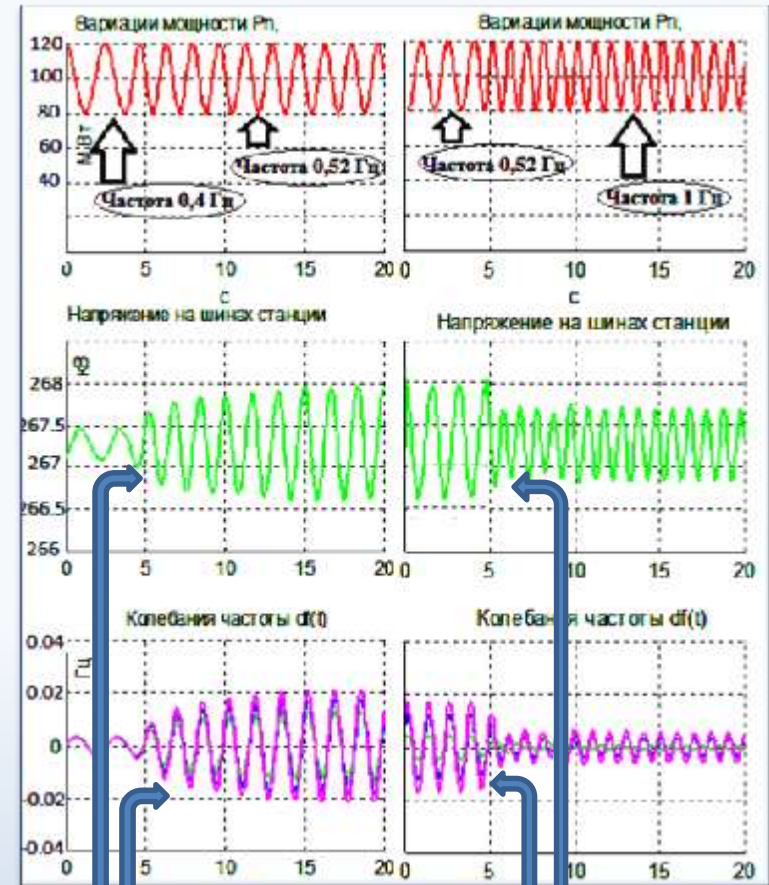


Схема исследуемой сети



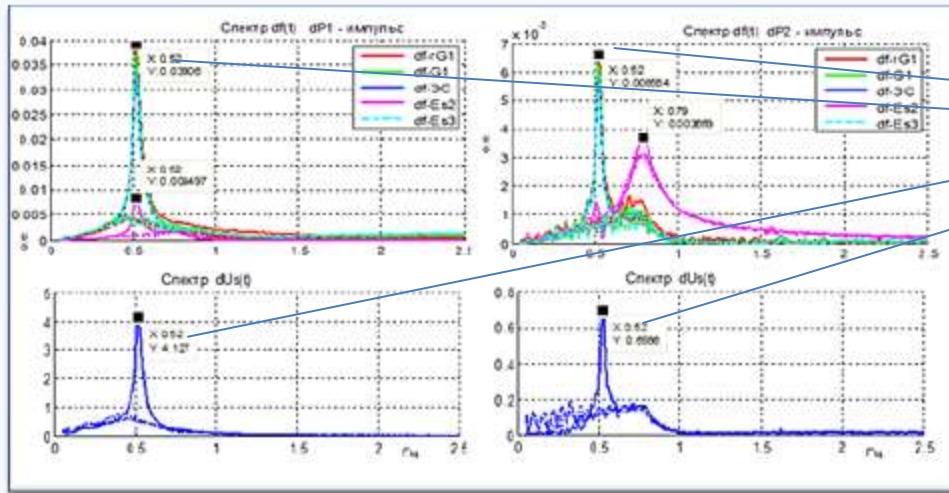
Резонансные явления при изменении частоты модуляции нагрузки



При приближении частоты колебаний нагрузки к резонансному значению 0,52 Гц наблюдается возрастание колебаний режимных параметров.

Обратный эффект при изменении частоты колебаний нагрузки к резонансному значению 0,52 Гц.

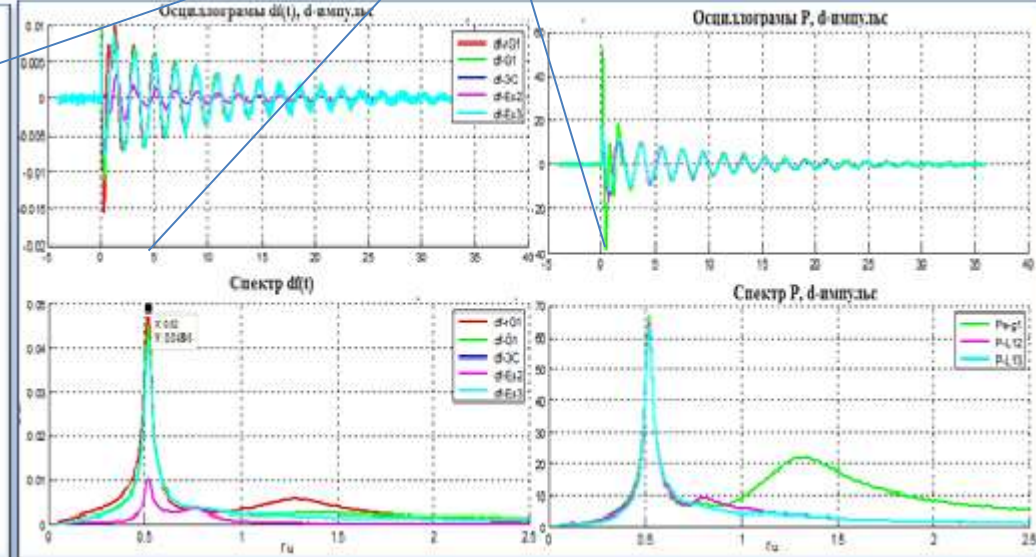
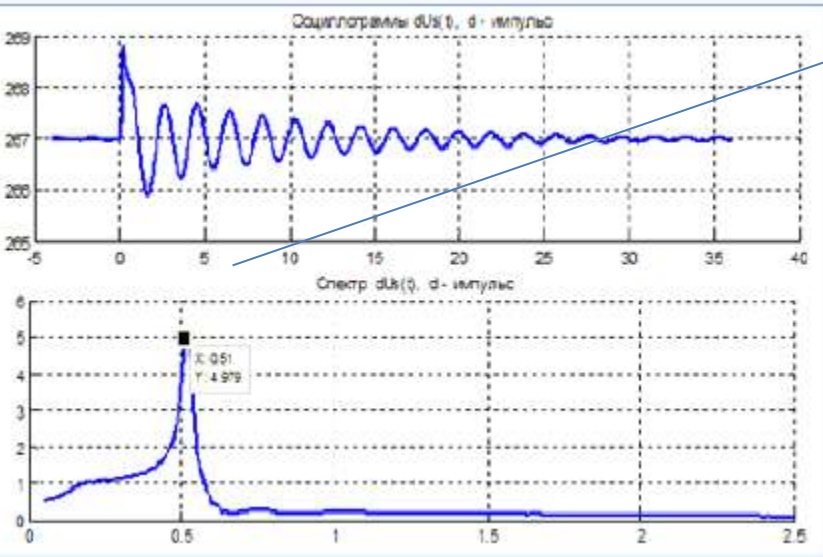
Зависимость резонансной частоты от точки приложения и вида возмущений.



Спектральный анализ колебаний режимных параметров в системе показывает наличие ярко выраженной резонансной частоты 0,52 Гц на шинах генератора Г-1 не зависящей от точки приложения воздействия

Спектральный анализ колебаний режимных параметров в системе показывает, что резонансная (опасная) частота является одинаковой для всех режимных параметров и для всех видов воздействий

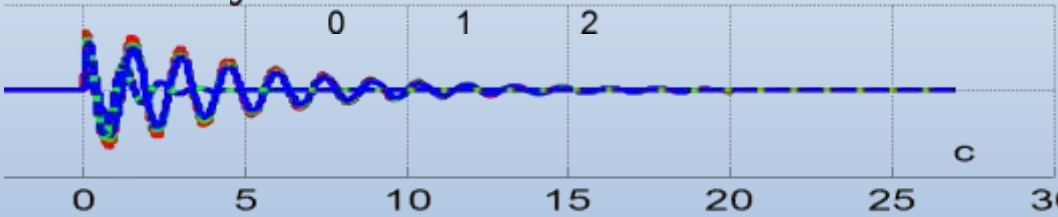
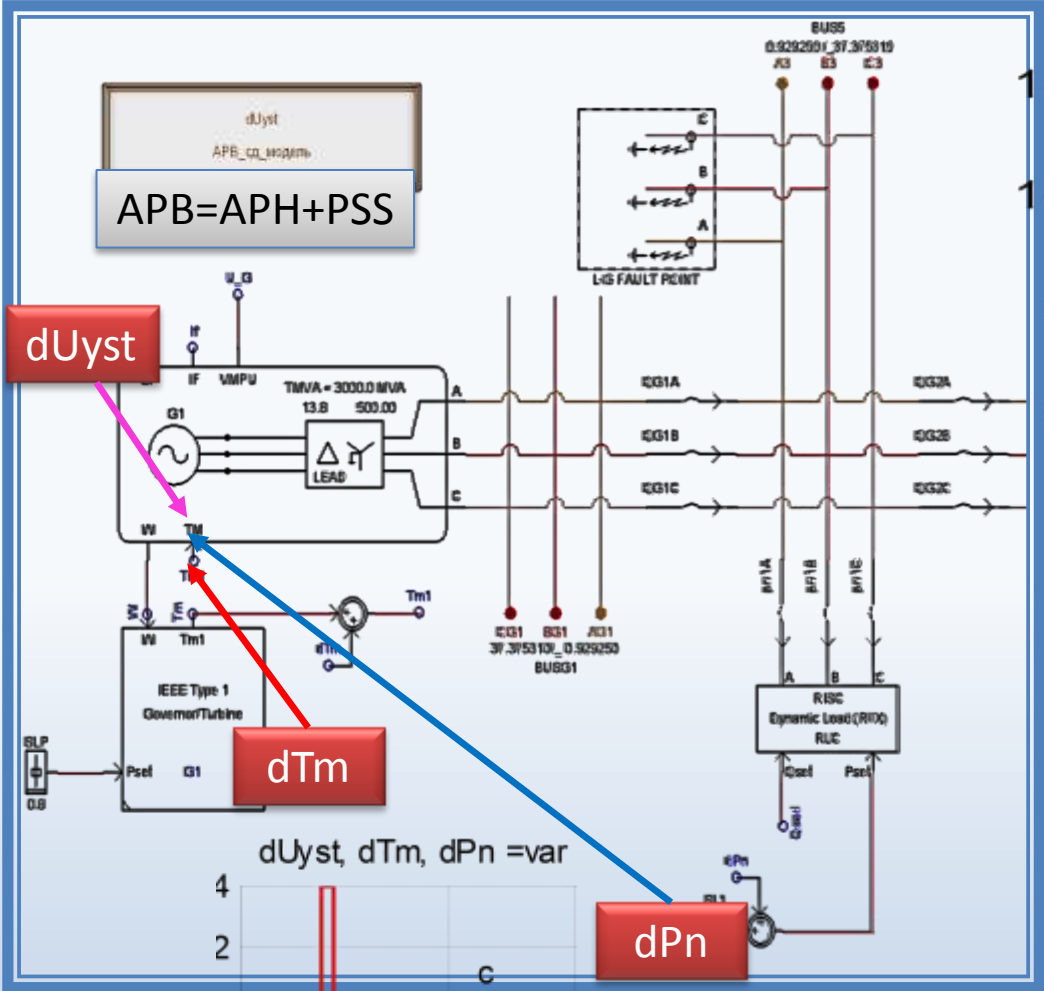
Спектральное представление колебаний частот $df(t)$ в разных точках и напряжения на шинах (1) $dUs(t)$ при возмущении: $\Delta P1$ в точке 1; $\Delta P2$ в точке 2.



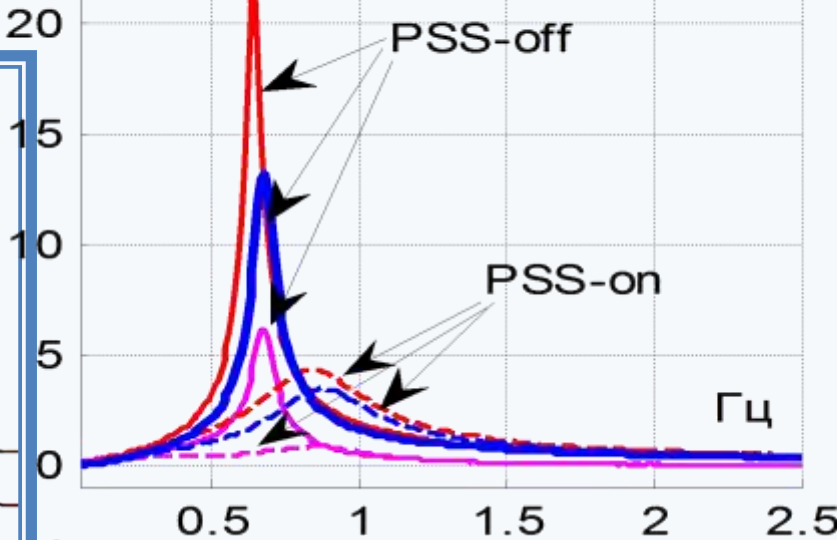
Переходной процесс на шинах и его спектральное представление при возмущении d-импульс напряжения на шинах $dUs(t)$.

Переходной процесс на шинах и его спектральное представление при возмущении d-импульс: частоты $df(t)$; мощности P .

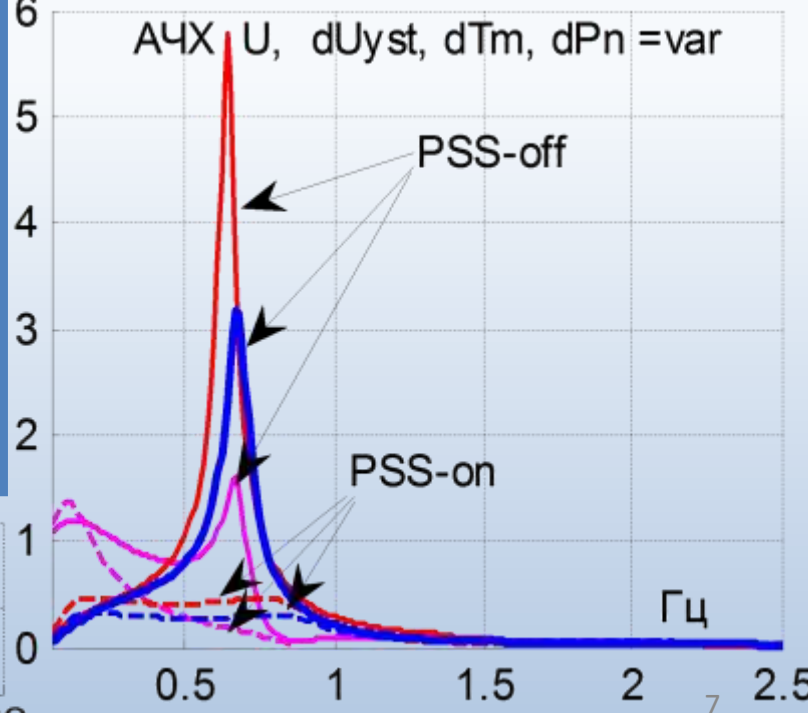
Преобразование возмущений dUyst, dTm, dPn в режимные параметры



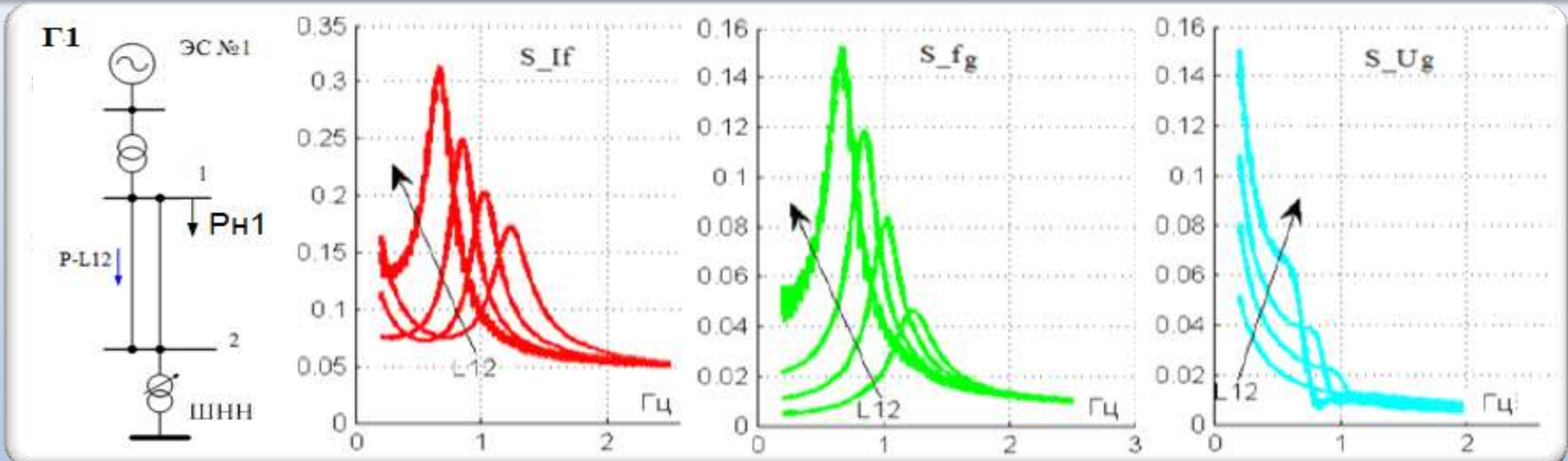
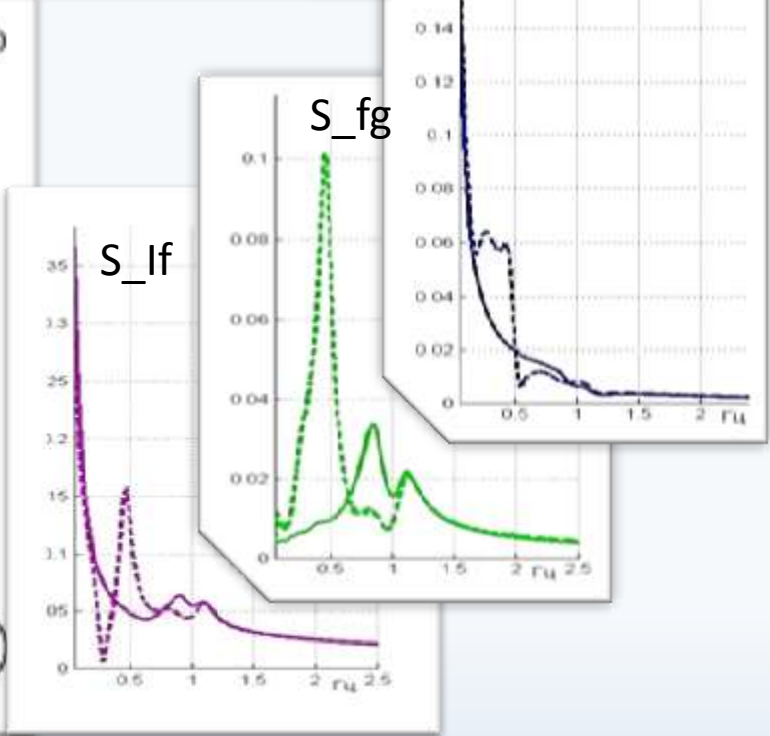
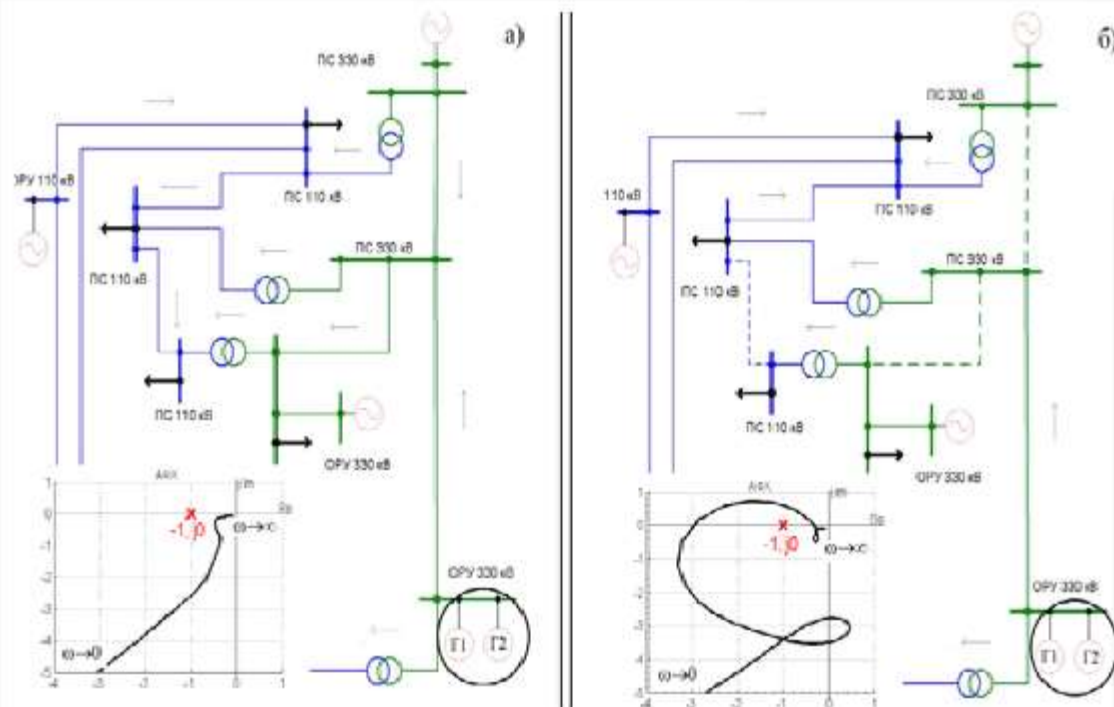
A4X fr, dUyst, dTm, dPn=var



A4X U, dUyst, dTm, dPn =var



Влияние схемно-режимных ситуаций на резонансные частоты



Влияние коэффициентов AVR 3MT на спектр колебаний частоты на шинах Г1

Значения коэффициентов
каналов стабилизации
AVR 3MT

Г1

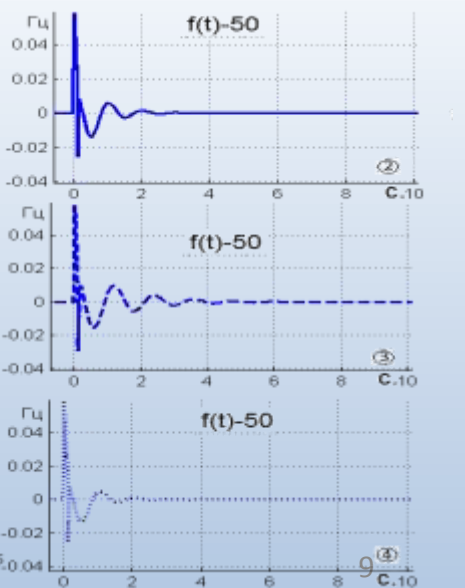
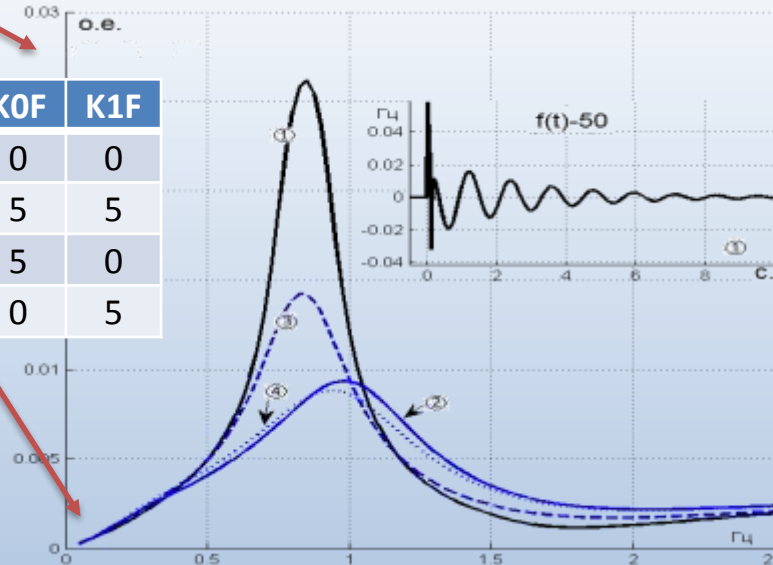
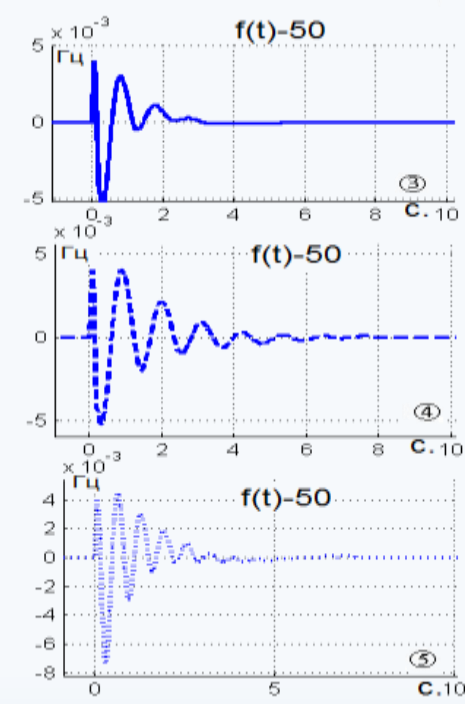
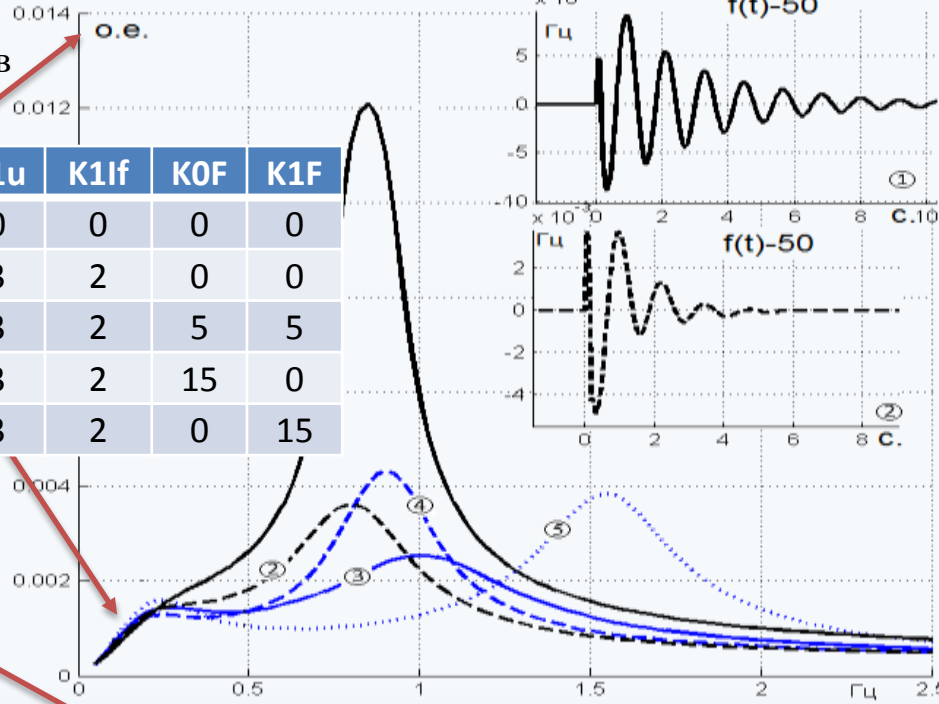
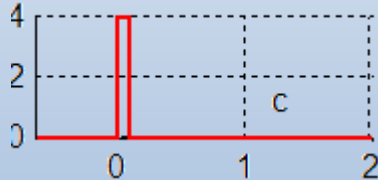
dUyst

	K1u	K1lf	K0F	K1F
①	0	0	0	0
②	3	2	0	0
③	3	2	5	5
④	3	2	15	0
⑤	3	2	0	15

dPn

	K1u	K1lf	K0F	K1F
①	0	0	0	0
②	3	2	5	5
③	3	5	5	0
④	3	2	0	5

dUyst, dPn = var



ВЫВОДЫ

- Рассмотрены примеры различных нагрузок (внешние возмущения), имеющих периодическое потребление активной мощности и вызывающих резонансные явления в сети.
- Рассмотрены внутренние возмущения, вызывающие резонансные изменения параметров режима.
- Показано влияние периодических возмущений на различные виды режимных параметров. Определены и сопоставлены резонансные частоты режимных параметров.
- Показано влияние настроек АРВ с каналами стабилизации, имеющих различные алгоритмы функционирования. Определено, что каналы стабилизации изменяют значения резонансных частот и мощность соответствующих колебательных составляющих переходных процессов.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Михаил Савватин

savvatin_89@mail.ru