



ИСКРА
ТЕХНОЛОГИИ



Инновации. Технологии. Решения

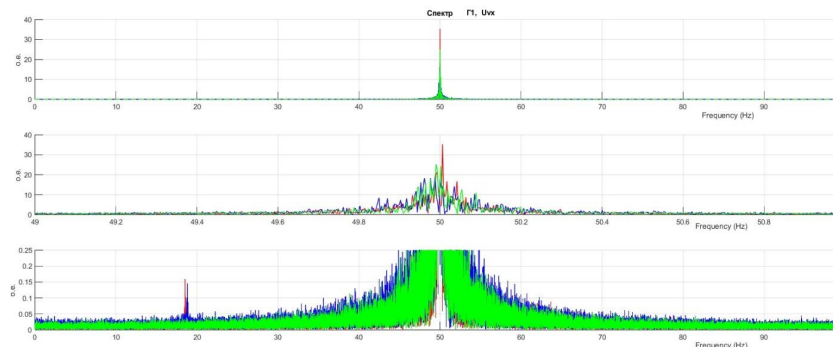
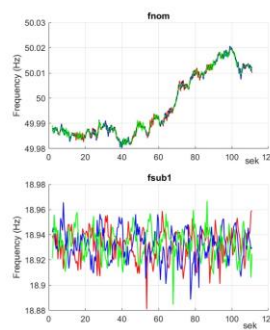
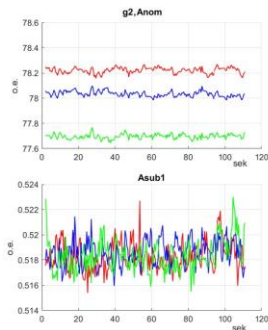
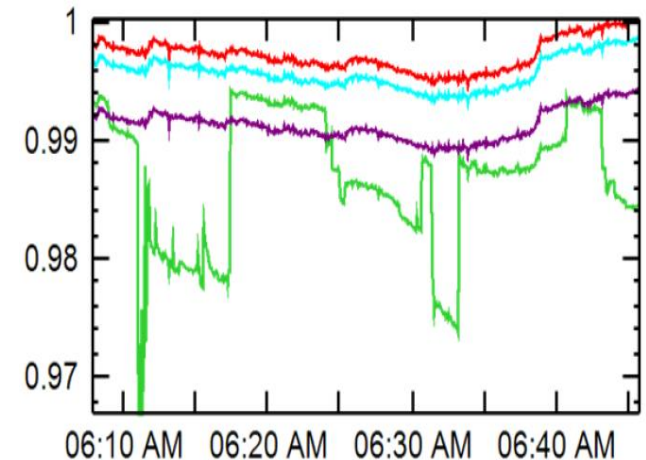
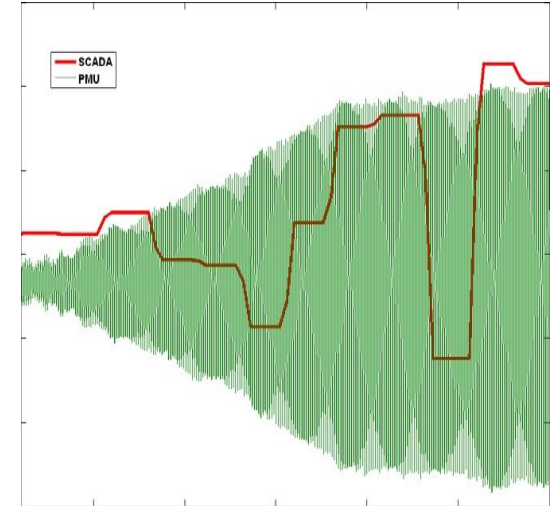
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ НА БАЗЕ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ МГНОВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМЕ СМПР

Т.Г. КЛИМОВА, П.Н. КАЗАКОВ, А.С. СИЗОВ

Москва 2024

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ СМПР

- Оценка состояния электрического режима
- Верификация модели энергосети
- Выявление и оценка уровня опасности межзональных низкочастотных колебаний
- достоверизация телесигналов об отключении/включении коммутационных аппаратов, формирование альтернативных сигналов ФОЛ, ФОВ, ФОТ для ПА
- Послеаварийный анализ динамики параметров режима и оборудования энергосистем
- Уточнение уставок защит и противоаварийной автоматики



ФУНКЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ПТК SMART-WAMS 2

- ✓ Гибкая распределенная архитектура с возможностью горячего резервирования
- ✓ Контроль до 60-и присоединений (на один сервер)
- ✓ Регистрация до 60-х параметров на интервале 20 мс на каждом присоединении
- ✓ Дорасчет параметров симметричных составляющих напряжения и тока, активной реактивной и полной мощности суммарной и пофазно
- ✓ Синхронизация архивов основного и резервного серверов в случае временной неработоспособности
- ✓ Независимая подсистема самодиагностики
- ✓ АРМ инженера для просмотра графиков поведения параметров и диагностики ПТК
- ✓ Соответствие ГОСТ Р 59366-2021



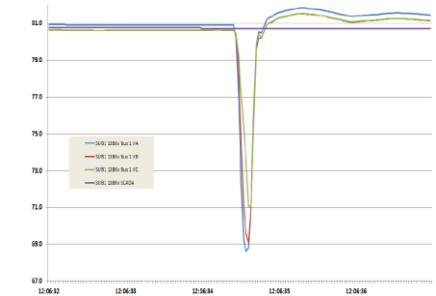
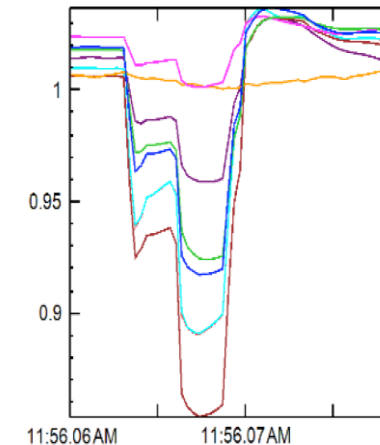
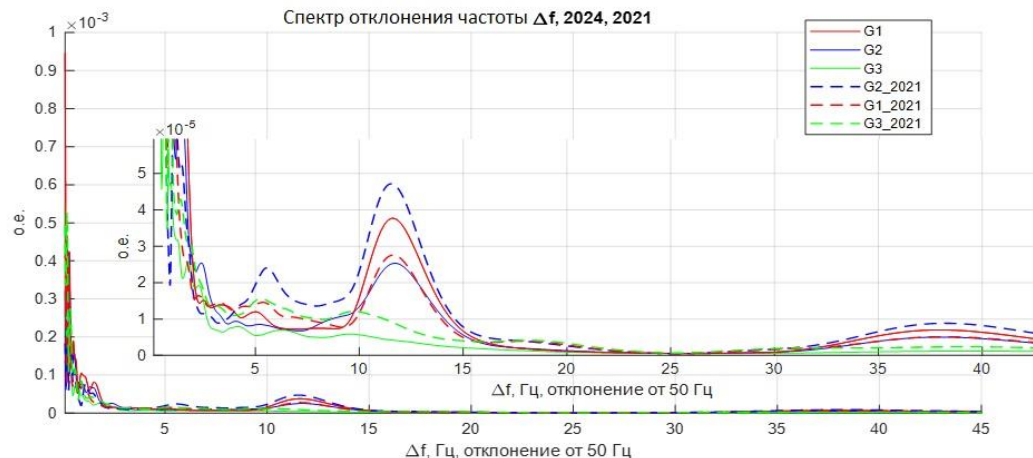
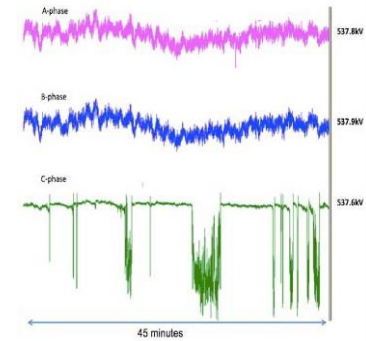
ПРИМЕР УСВИ МИП-02А-40.01М(05М)

- Два независимых ввода: 3 фазы тока, 3 фазы напряжения (модель МИП-02А-40.01М)
- Прямая синхронизация от спутниковой антенны ГЛОНАСС/GPS или по протоколу IEEE1588 PTP
- Интервал измерения – 20 мс (один период)
- Точность измерения параметров:
 - Частота – $\pm 0,001$ Гц
 - Напряжение – $\pm 0,1\%$
 - Ток – $\pm 0,2\%$
 - Активная мощность – $\pm 0,2\%$
 - Угол – $\pm 0,03^\circ$
- Передача данных по протоколу МЭК 61870-5-104
- Передача данных по протоколу С37.118
- Соответствие требованиям ГОСТ Р 59365-2021
- Прямое измерение напряжения и тока обмоток возбуждения для системы СМСП (МИП-02А-40.05М)
- **Дополнительные мгновенные измерения 200 Гц для идентификации подсинхронных колебаний (WMU – WaveForm Measurement Unit)**



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

- Диагностика развития повреждений в силовом оборудовании
- Выявление плохих контактов во вторичных цепях измерительных трансформаторов
- Выявление повреждений ограничителей напряжения
- Анализ коротких замыканий
- Анализ работы РЗА
- **Выявление механических повреждений генераторов на ранней стадии их возникновения**





ВЫЯВЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ГЕНЕРАТОРОВ

**на базе синхронизированных мгновенных измерений в
системе СМГР**

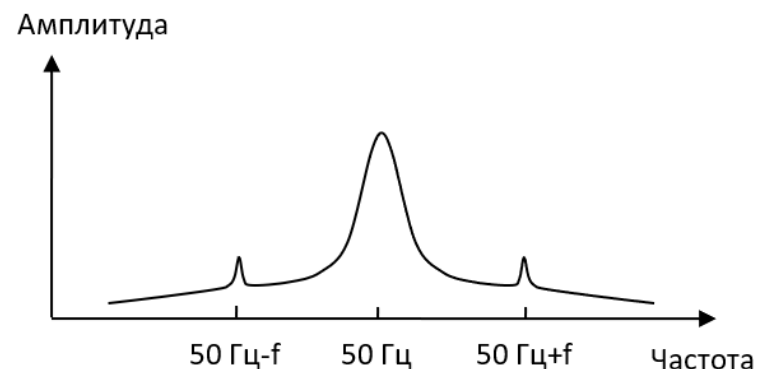
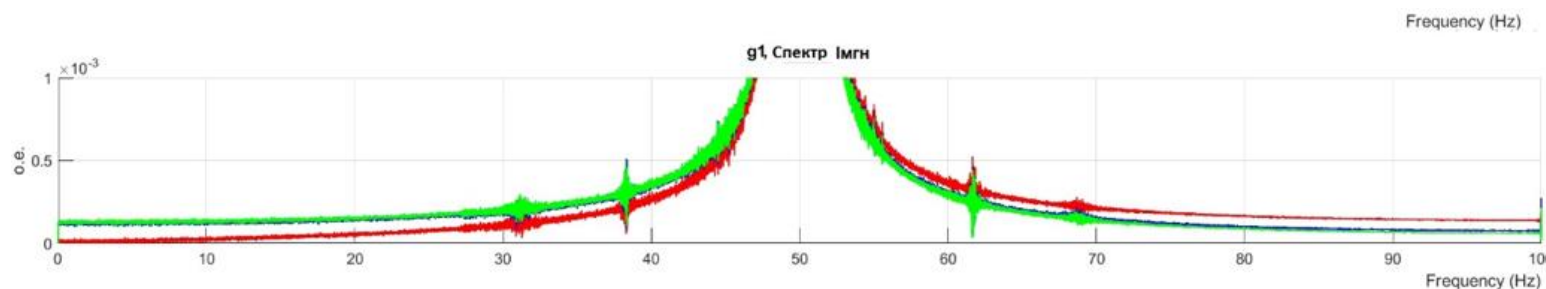
ВОЗМОЖНЫЕ НАРУШЕНИЯ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ В ВЫХОДНЫХ СИГНАЛАХ ГЕНЕРАТОРОВ

Возможные нарушения генераторов, вызывающие появление дополнительных гармоник в выходных сигналах:

- обрыв стержней ротора;
- эксцентриситет воздушного зазора;
- нарушение изоляции обмотки ротора;
- крутильные колебания вала генератора.



Появление гармоник с частотами $F-f$ и $F+f$, где F - основная частота сети*



* По мере развития дефекта изменяются мощность и расположение низкочастотных гармоник.

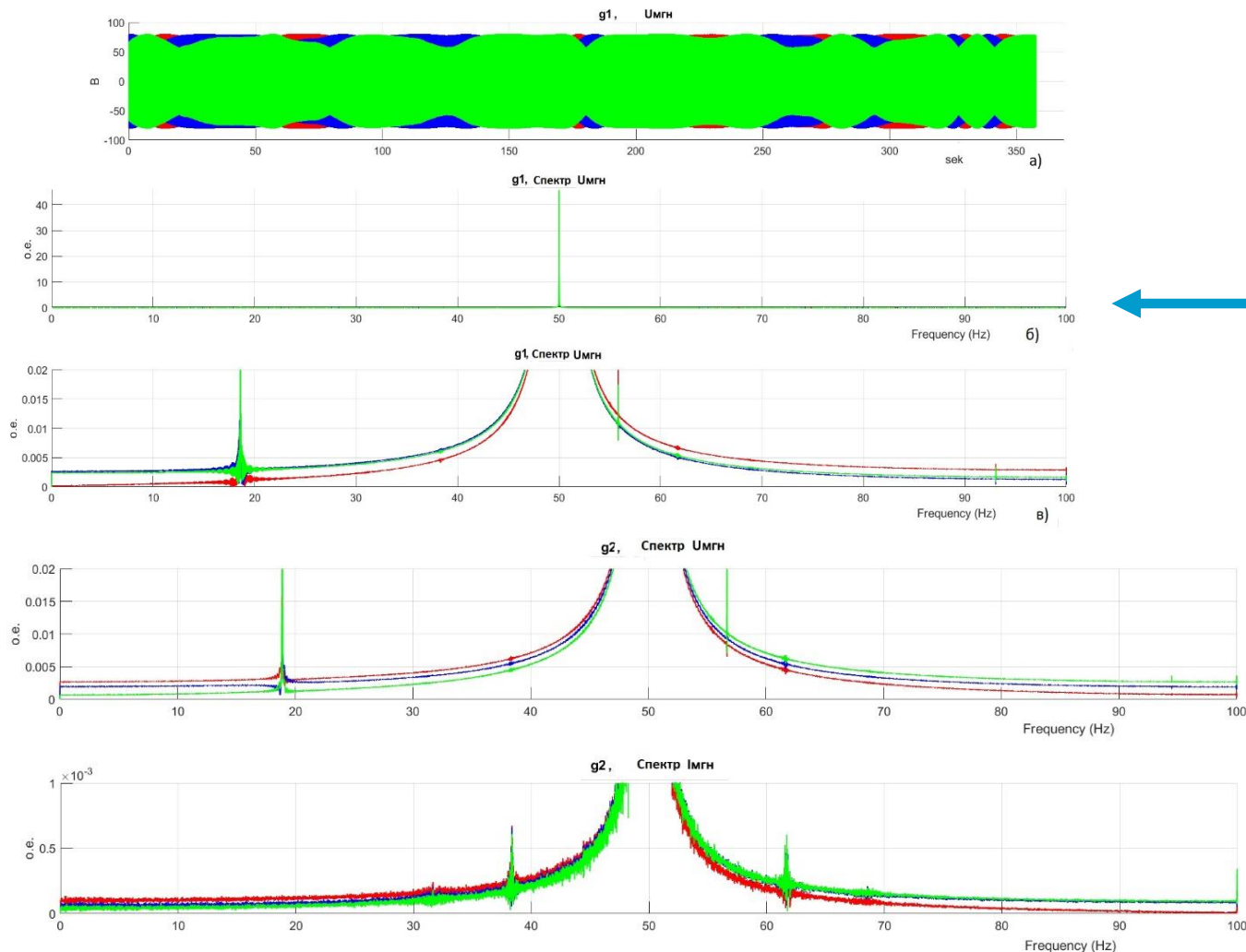


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Одной из станций, при наблюдении в течение трех лет.

АНАЛИЗ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ ГЕНЕРАТОРА Г1 (2021 ГОД)

Соотношение между промышленной частотой и подсинхронными колебаниями.



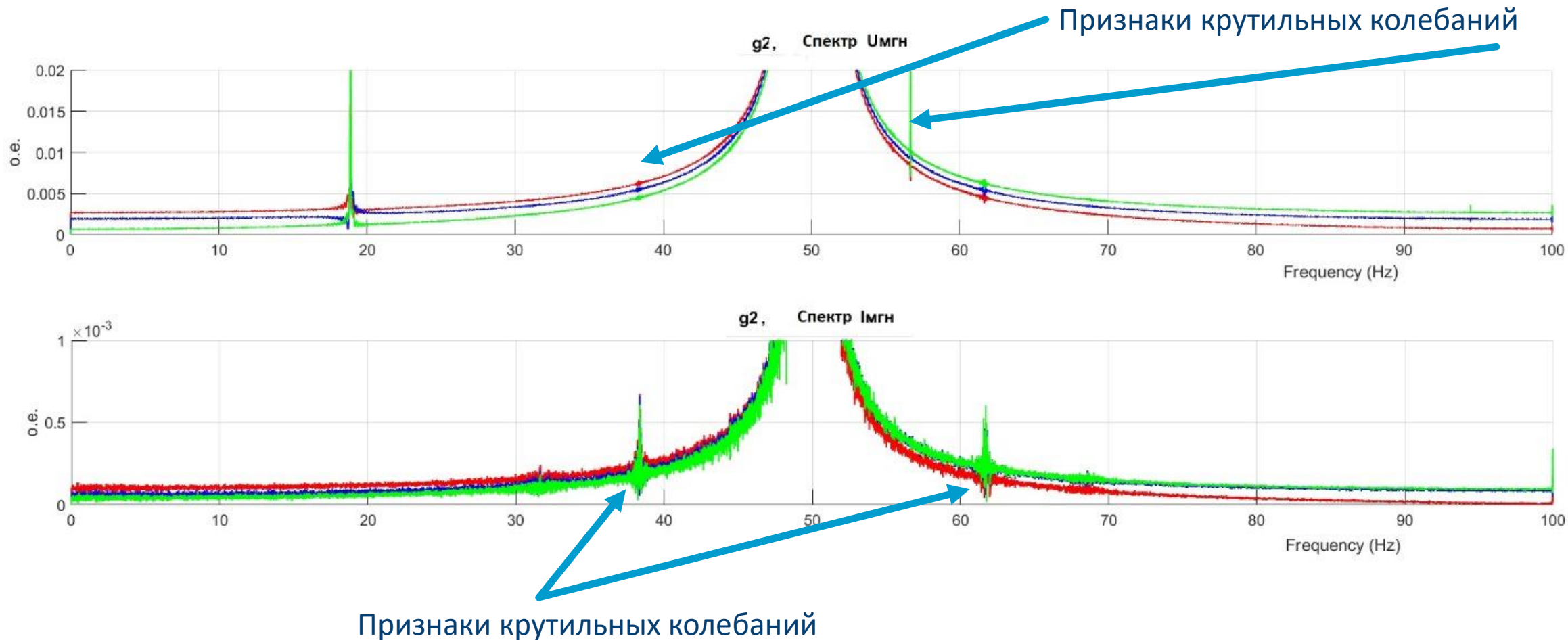
Несимметрия между характеристиками
фаз генератора

Признаки крутильных колебания

Признаки колебаний, вызванных
повреждениями ротора

АНАЛИЗ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ ГЕНЕРАТОРА Г2 (2021 ГОД)

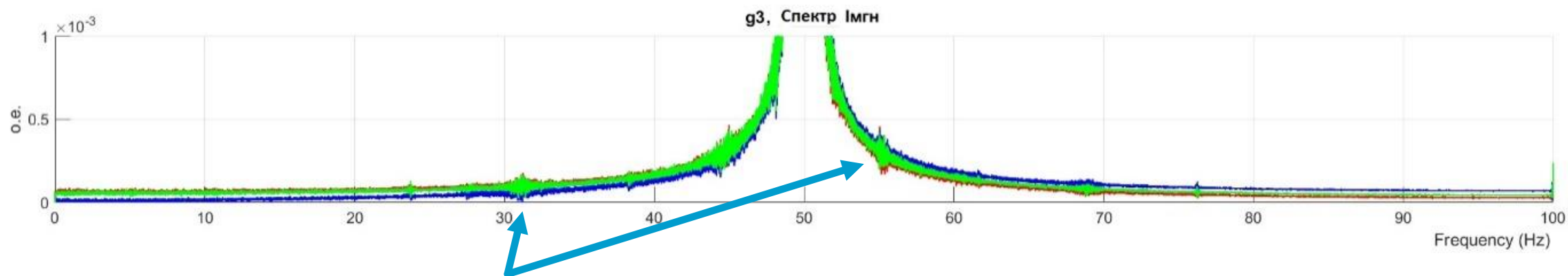
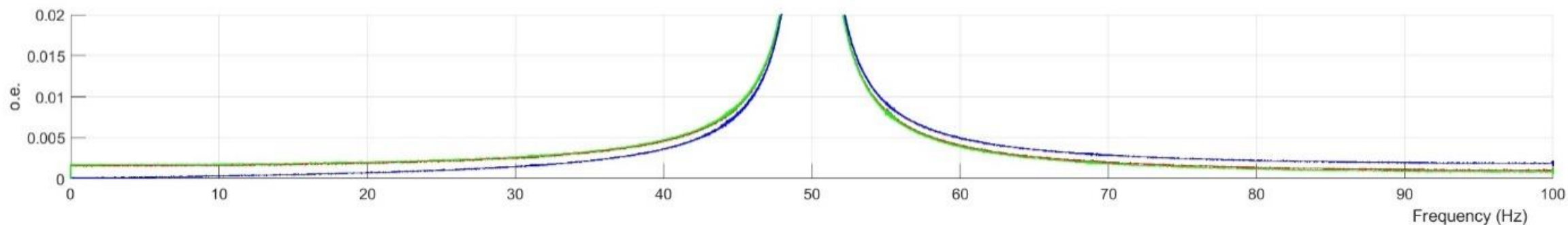
Различные виды подсинхронных колебаний в фазных напряжениях генератора Г2.



АНАЛИЗ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ ГЕНЕРАТОРА ГЗ (2021 ГОД)

Различные виды подсинхронных колебаний в фазных напряжениях генератора ГЗ.

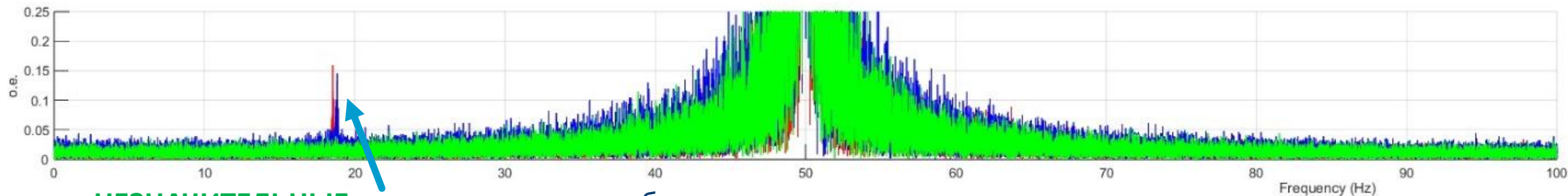
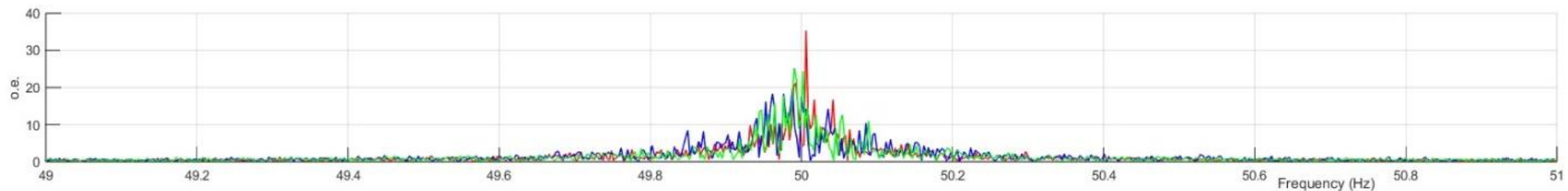
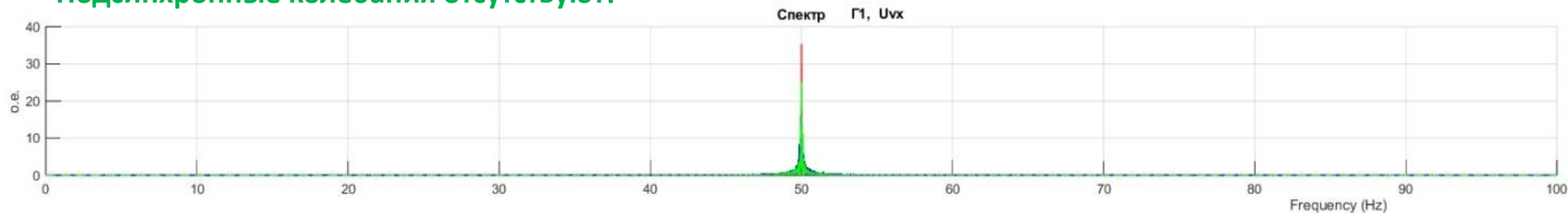
Подсинхронные колебания отсутствуют! g3, Спектр Имгн



Колебания, вызванные **НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ** повреждениями ротора

АНАЛИЗ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ГЕНЕРАТОРОВ (2024 ГОД, ПОСЛЕ РЕМОНТА ГЕНЕРАТОРОВ)

Подсинхронные колебания отсутствуют!

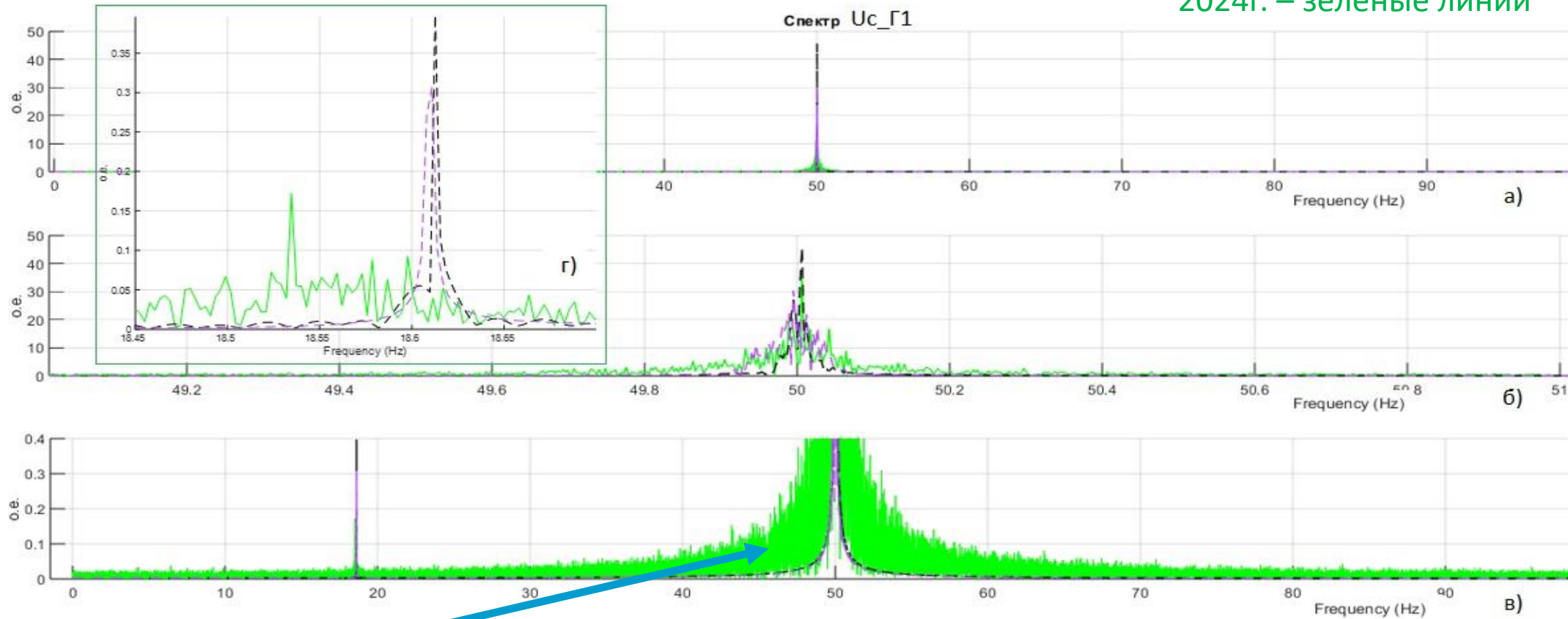


НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ подсинхронные колебания

АНАЛИЗ ГЕНЕРАТОРОВ (2024 ГОД, ПОСЛЕ РЕМОНТА ГЕНЕРАТОРОВ)

Уменьшение спектральной составляющей крутильных колебаний

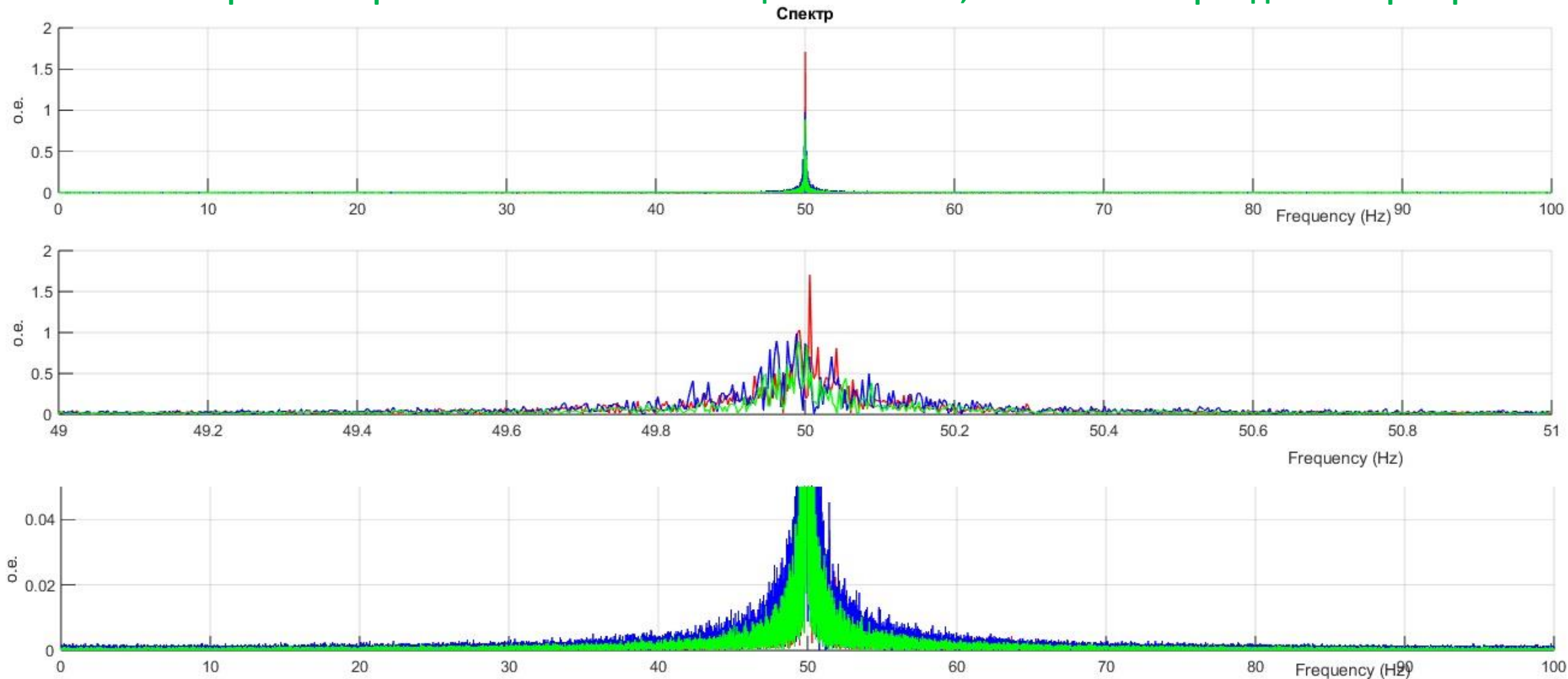
2021г. – тёмные линии
2024г. – зелёные линии



Увеличение дребезга спектра номинальной частоты

АНАЛИЗ ФАЗНЫХ ТОКОВ ГЕНЕРАТОРОВ Г1-Г3 (2024 ГОД, ПОСЛЕ РЕМОНТА ГЕНЕРАТОРОВ)

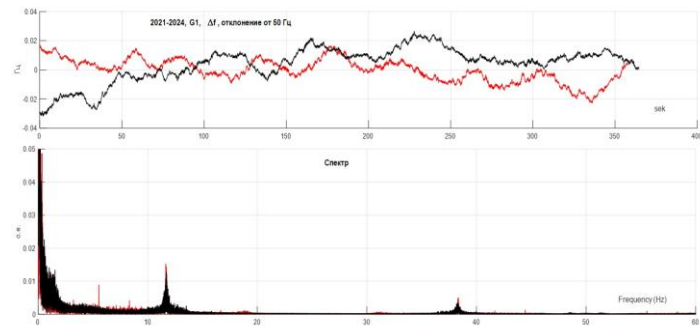
После ремонта практически нет составляющих колебаний, вызванных повреждениями ротора!



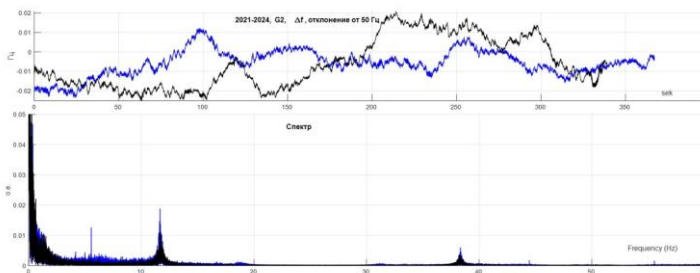
АНАЛИЗ ЧАСТОТ ОСНОВНОЙ ГАРМОНИКИ ГЕНЕРАТОРОВ Г1-Г3 (2024 ГОД, ПОСЛЕ РЕМОНТА ГЕНЕРАТОРОВ)

Отклонение частоты Г1-Г3 от
номинального значения (Чёрный- 2024г.)

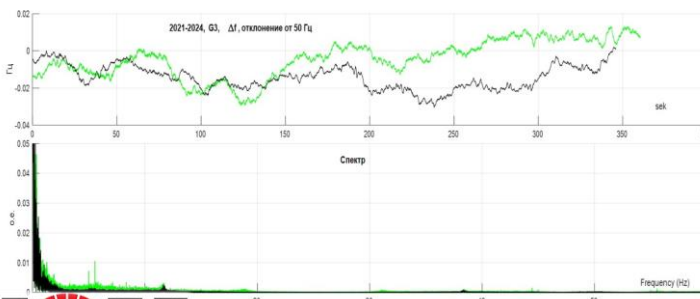
Г1



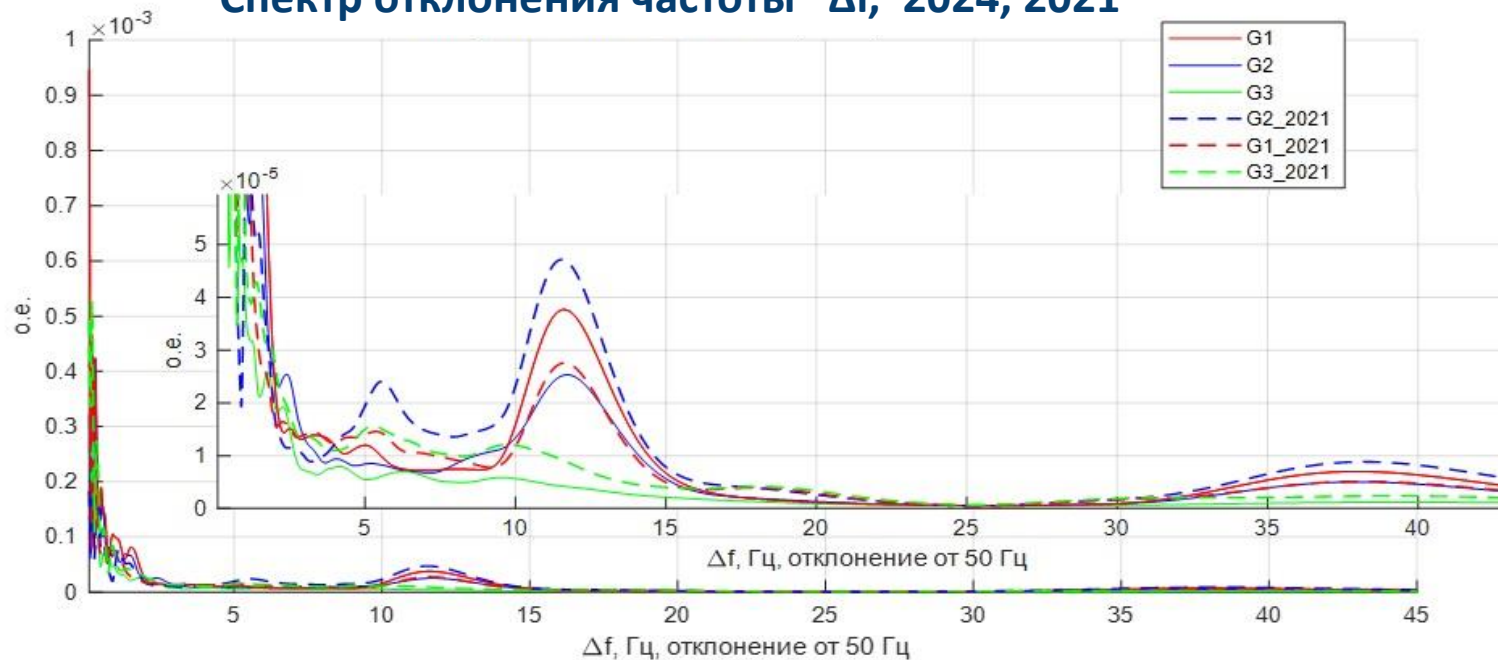
Г2



Г3



Спектр отклонения частоты Δf , 2024, 2021



Сопоставление спектров частот генераторов Г1-Г3.
После ремонта уменьшилась мощность частот ПСК.

ВЫВОДЫ

При использовании устройств синхронизированных векторных измерений (УСВИ) типа МИП-02А-40.01М и МИП-02А-40.05М, проведены:

1. Сравнения измерений, выполненных с большим интервалом времени, что позволило «увидеть» в различных сигналах происходящие изменения признаков аварии и спрогнозировать их дальнейшее развитие.
2. Дополнительно, на измерениях 2021 года выявлены признаки крутильных колебаний вала генераторов на частоте 11,4 Гц, что может представлять угрозу работе станции.

Плановый ремонт положительно сказался на характеристиках генераторов, о чем говорит уменьшение амплитуды выявленных ранее гармоник.

Комбинированные измерения (синхронизированные векторные измерения и синхронизированные мгновенные измерения), реализованные в УСВИ компанией "Искра технологии", предоставляют **простой способ выявления возможных механических повреждений генераторов на ранней стадии без применения специальных систем диагностики**. Дальнейшая разработка методов анализа позволит определять появление и проводить прогнозирование развитие различных дефектов генераторов и других электроэнергетических объектов в автоматическом режиме.



Инновации. Технологии. Решения



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

АО «Искра Технологии», НИУ «МЭИ ТУ»

620066, г. Екатеринбург,
ул. Комвузовская, дом 9, стр. А

Тел.: +7 (343) 210-69-51
Факс: +7 (343) 341-52-40
Эл. почта: info@iskratechno.ru

www.iskratechno.ru