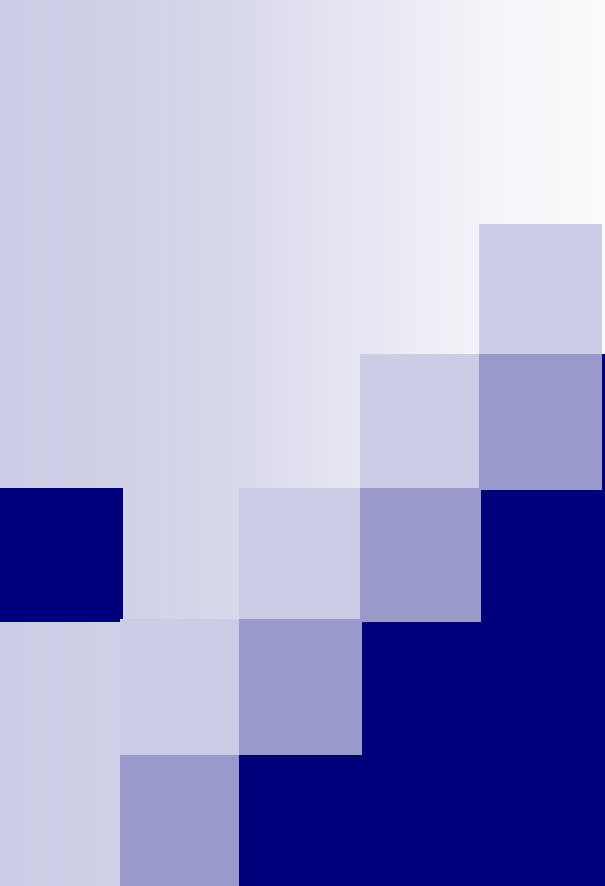




Локация замыканий на землю с помощью БПЛА

Качесов В.Е., Петров Г.А.
каф. Техники и электрофизики высоких
напряжений, НГТУ, Новосибирск

Способы выделения фидера с неустойчивым ОЗЗ (далеко неполный список)

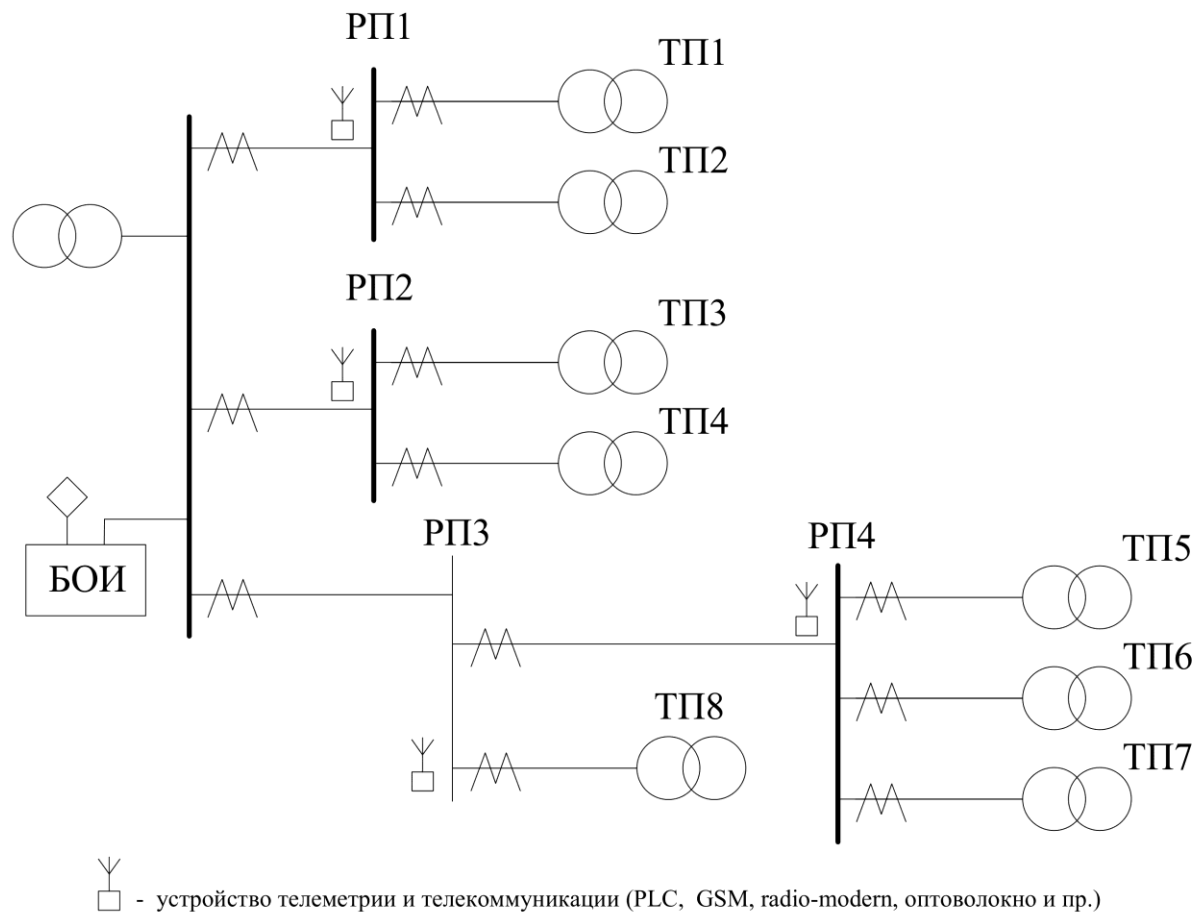
- По **ВЧ составляющим** в токах НП фидеров, а также в фазных токах;
- **Сопоставление полярностей** первых полуволн переходных напряжений и токов НП;
- **Сопоставление полярностей** первых полуволн переходных токов НП;
- **Применение наложенных токов** не промышленной частоты;
- **Сопоставление полярностей предпробивного напряжения** на поврежденной фазе с полярностью первой полуволны тока НП;
- Применение **искусственных нейронных сетей (ИНС)**;
- **Wavelet-анализ**;
- **Комбинированные способы** обработки как стационарных, так и переходных измерительных величин;
- По **ВЧ составляющим** (100-500кГц) переходного процесса.

Методы локации замыканий на землю

- 1.Частотно-параметрический (ЧПМ)
- 2.Универсальный (ДПМ).
- 3.Искусственные нейросети (ИНС).
- 4.Волновой метод (ВМ).
- 5. Высокочастотный метод.
- 6.Топографический.

- 1-5. Стационарные устройства.
- 6. Перемещаемые.

Методы локализации замыканий на землю

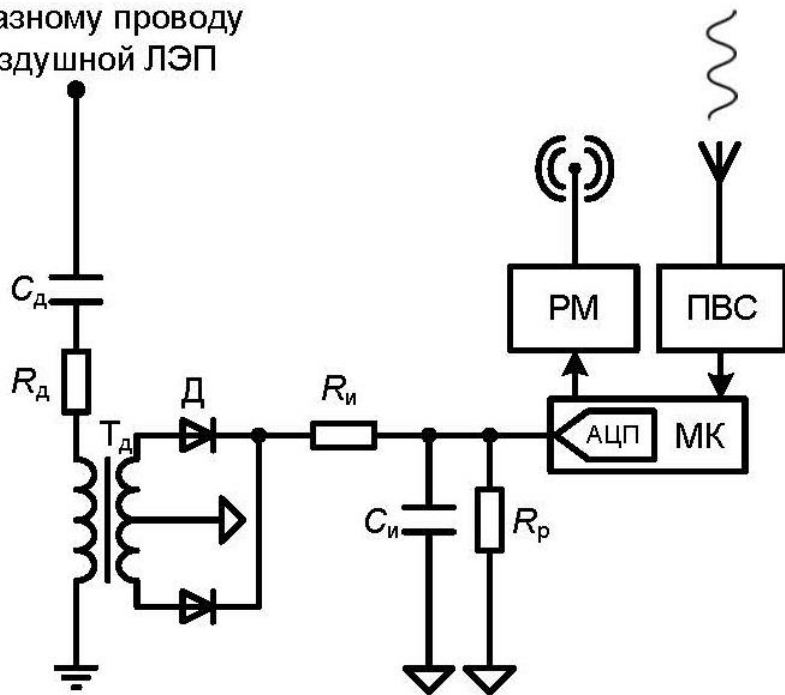


  - устройство телеметрии и телекоммуникации (PLC, GSM, radio-modern, оптоволокно и пр.)

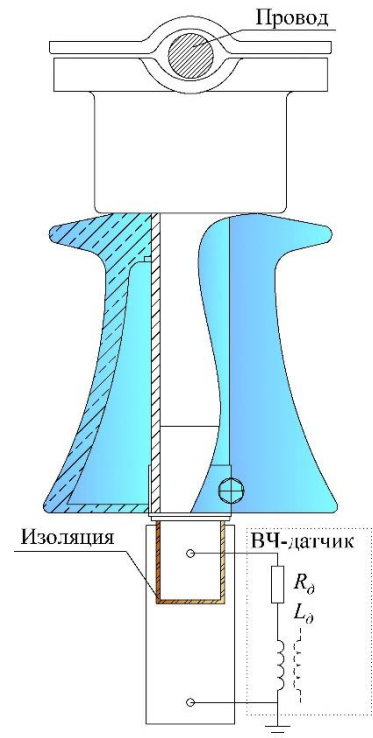
БОИ - блок обработки информации

Выделение фидера с ОЗЗ по ВЧ колебаниями

К фазному проводу
воздушной ЛЭП



а

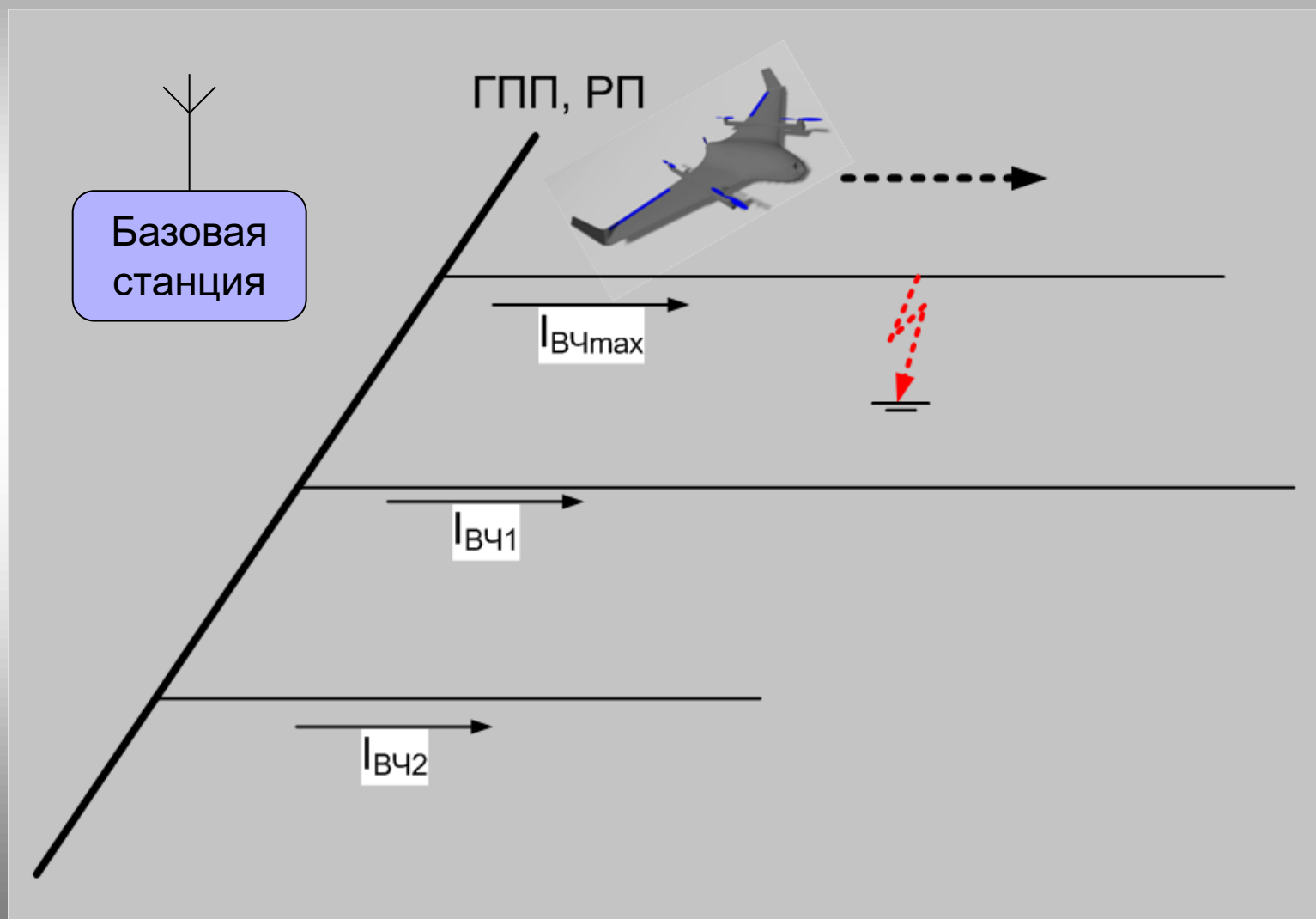


б

Линейное устройство измерения

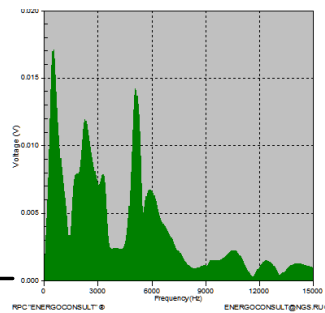
а – упрощенная схема ВЧ-датчика; б – подключение датчика
к фазному проводу

Селекция фидера с ОЗЗ



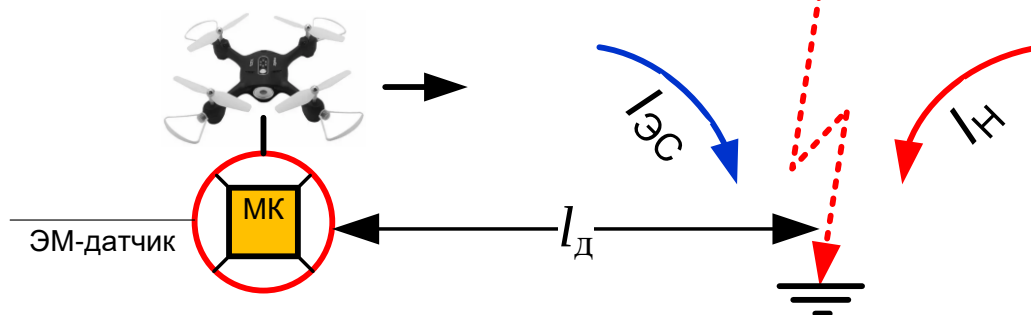
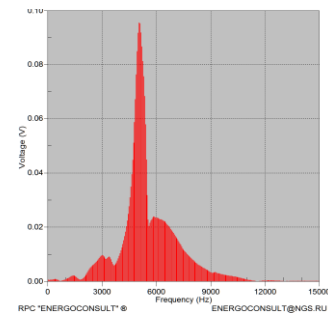
Дрон-локация ОЗЗ

ГПП
(РП)

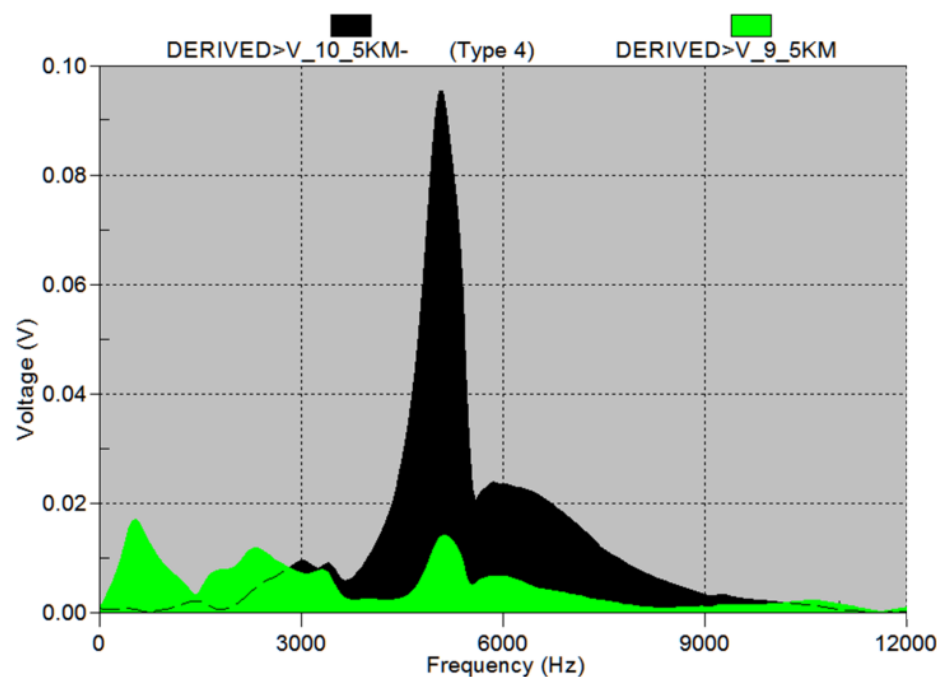
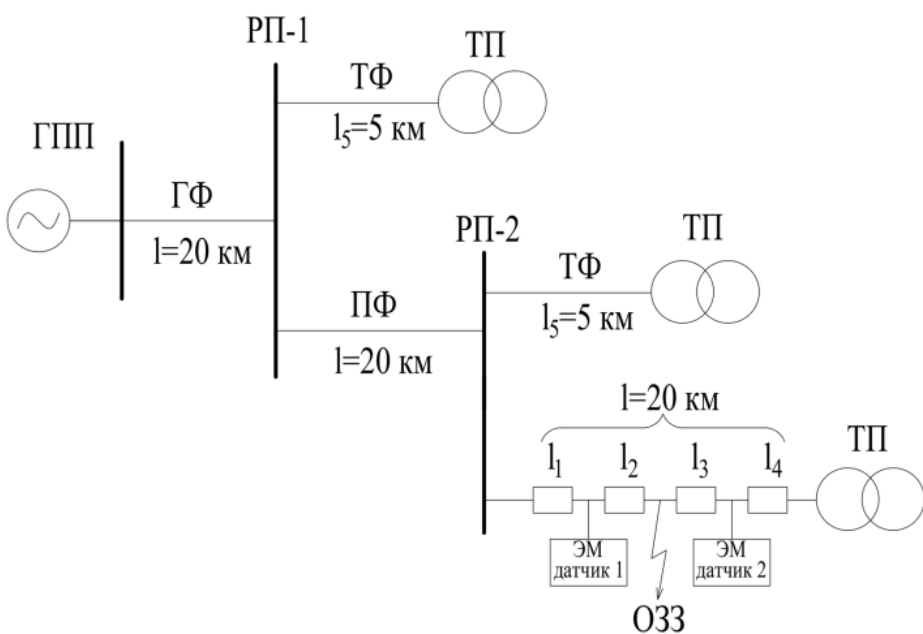


I_{O33}

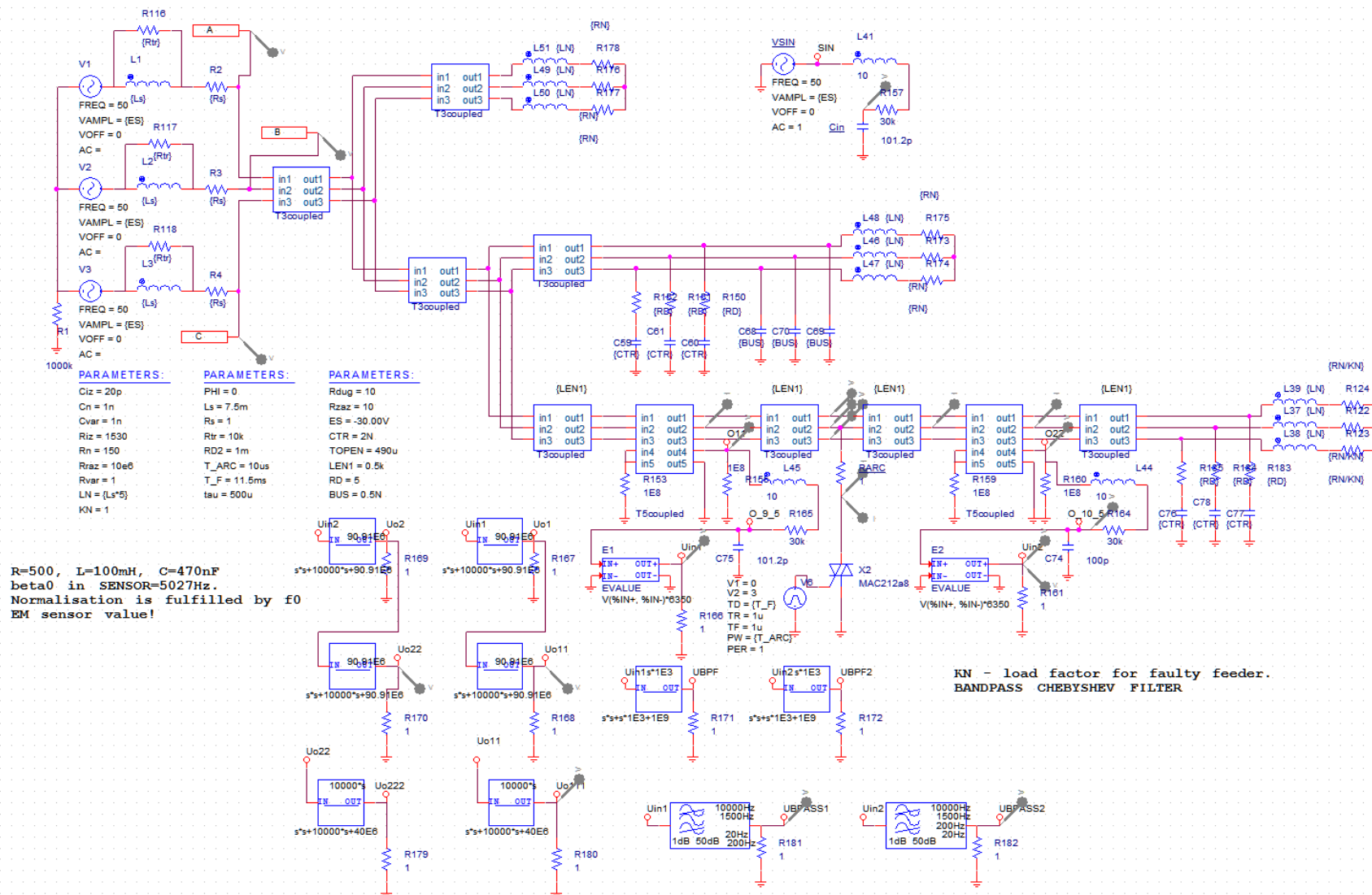
ВЛ



Индикаторы пересечения места с ОЗЗ: изменение амплитуды, полярности первых колебаний и АЧХ



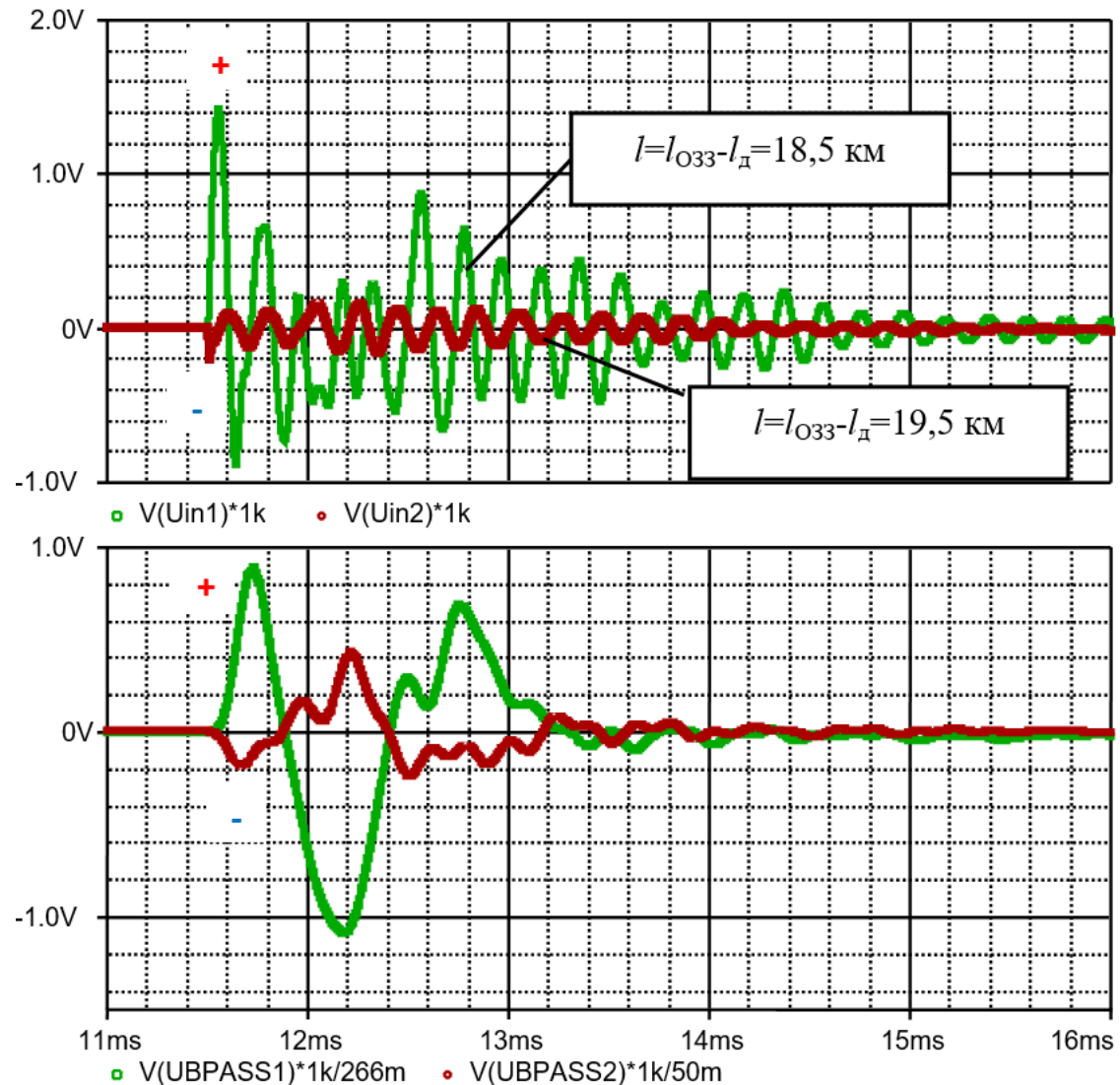
Черновая модель электрической сети



Сигнал ЭМ датчика перед ОЗЗ и после ($L_{O33}=19\text{ км}$, модель дуги П и С)

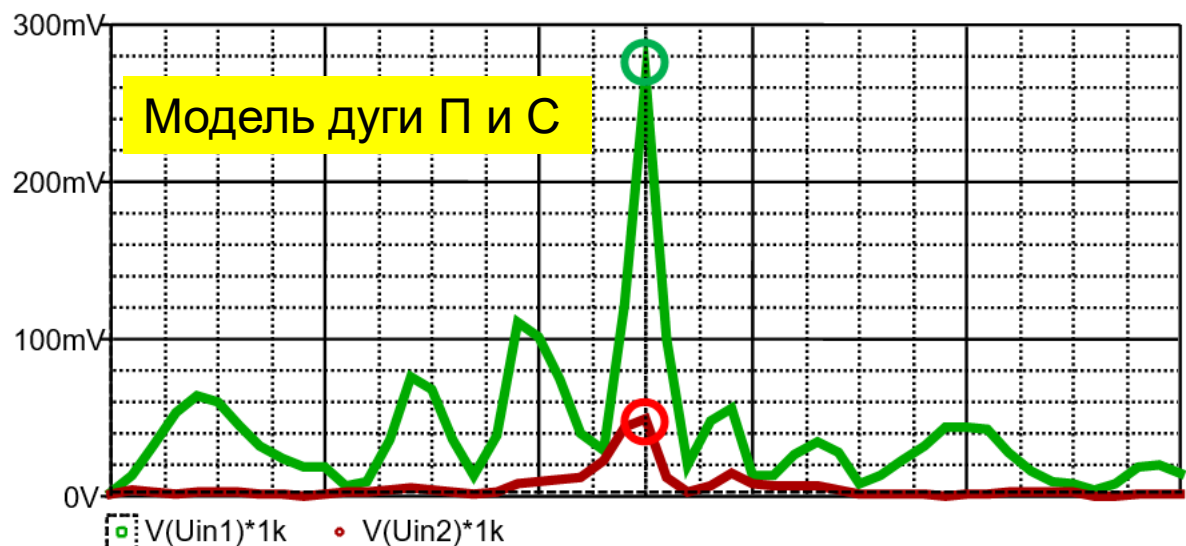
Оригинальные
сигналы

После
фильтрации
и нормировки

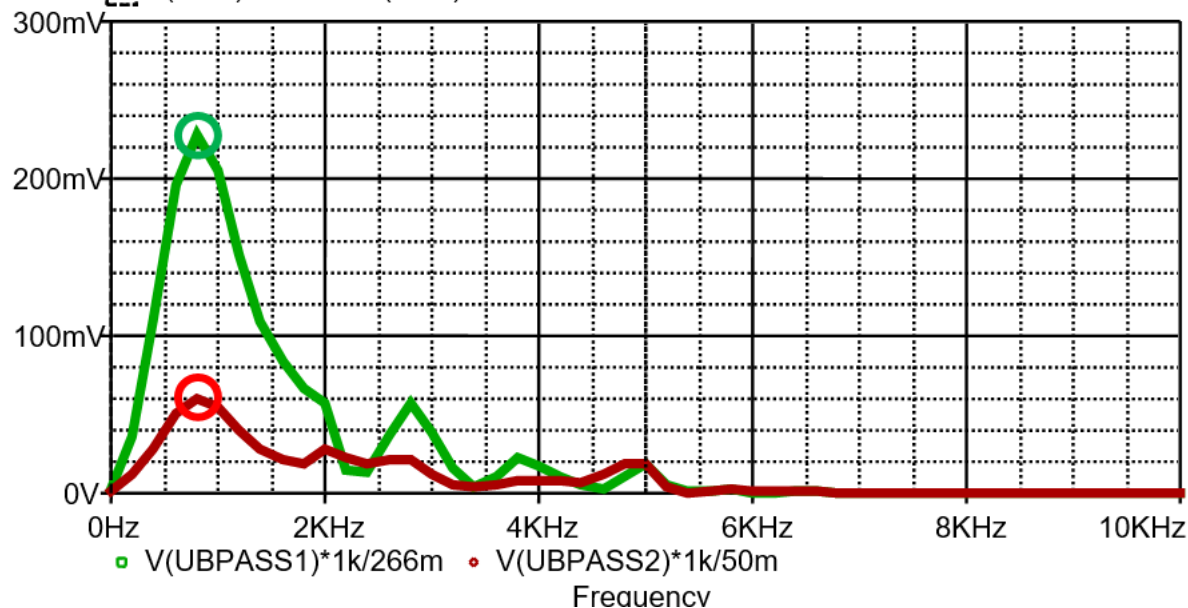


Спектральный состав сигналов ЭМ датчика

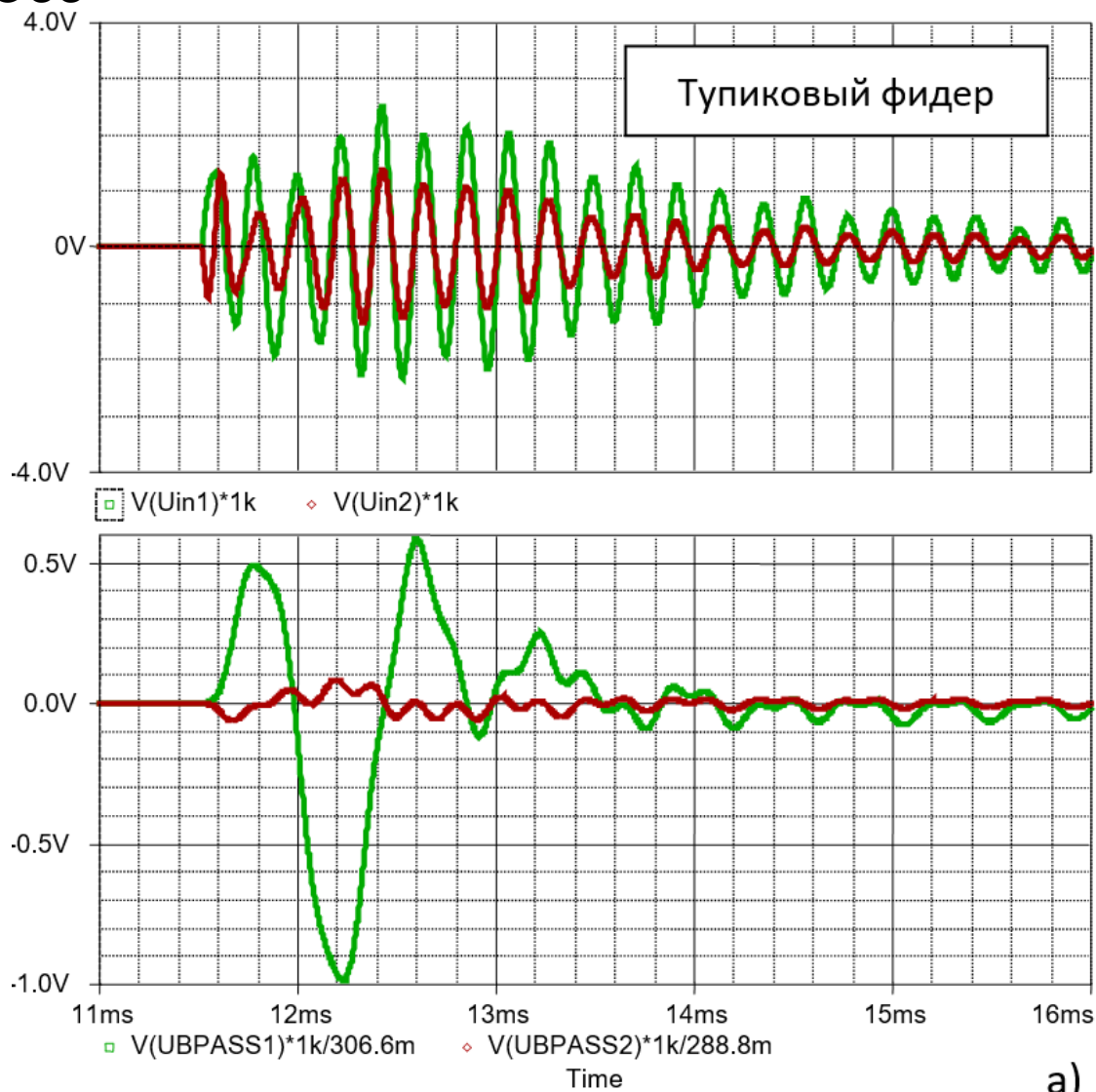
Оригинальный
спектр



После
фильтрации
и нормировки

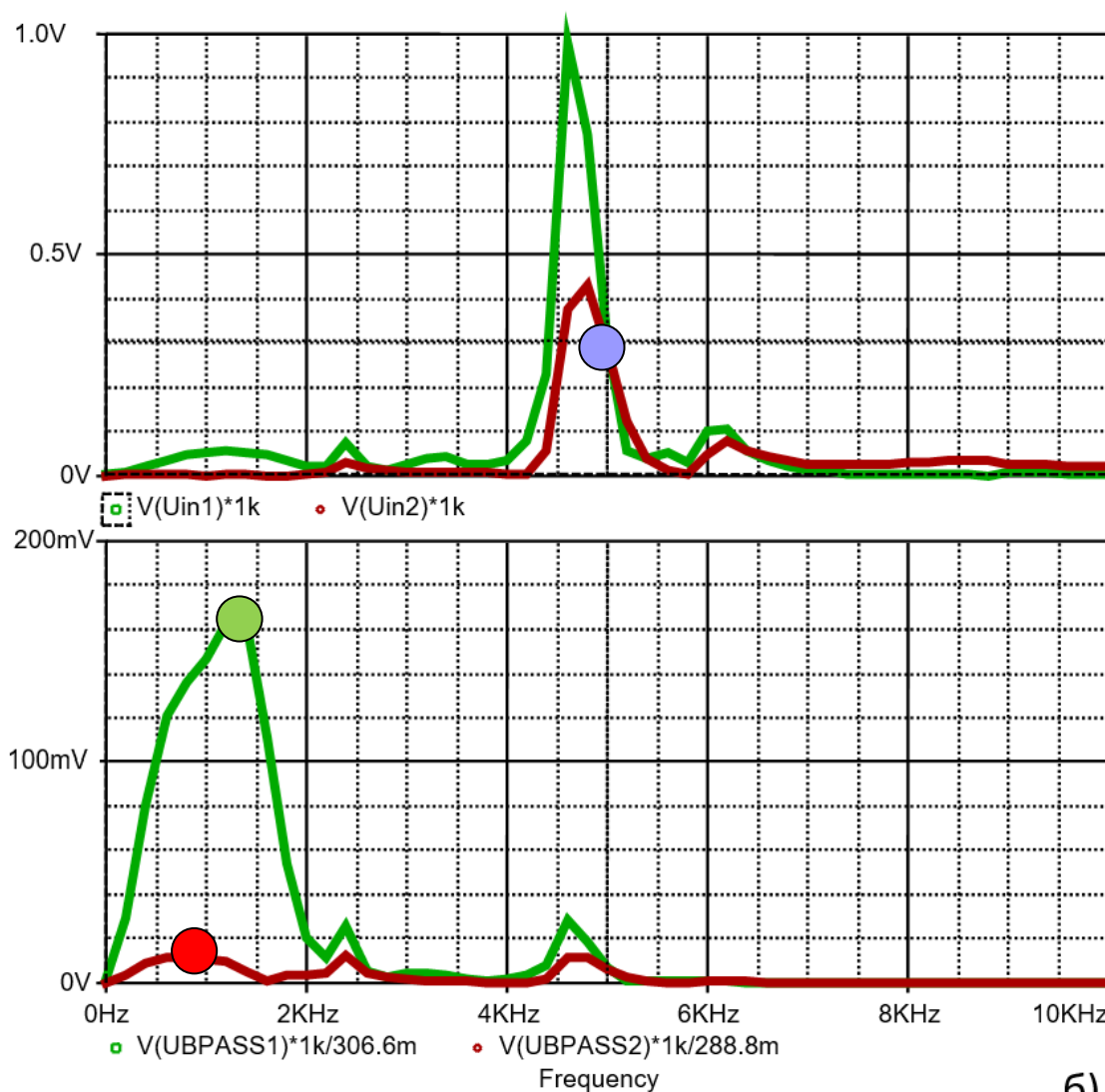


Сигнал ЭМ датчика перед ОЗЗ и после ($L_{O33}=19\text{км}$, модель дуги по Петерсену)



a)

Спектральный состав сигналов ЭМ датчика (модель дуги по Петерсену)



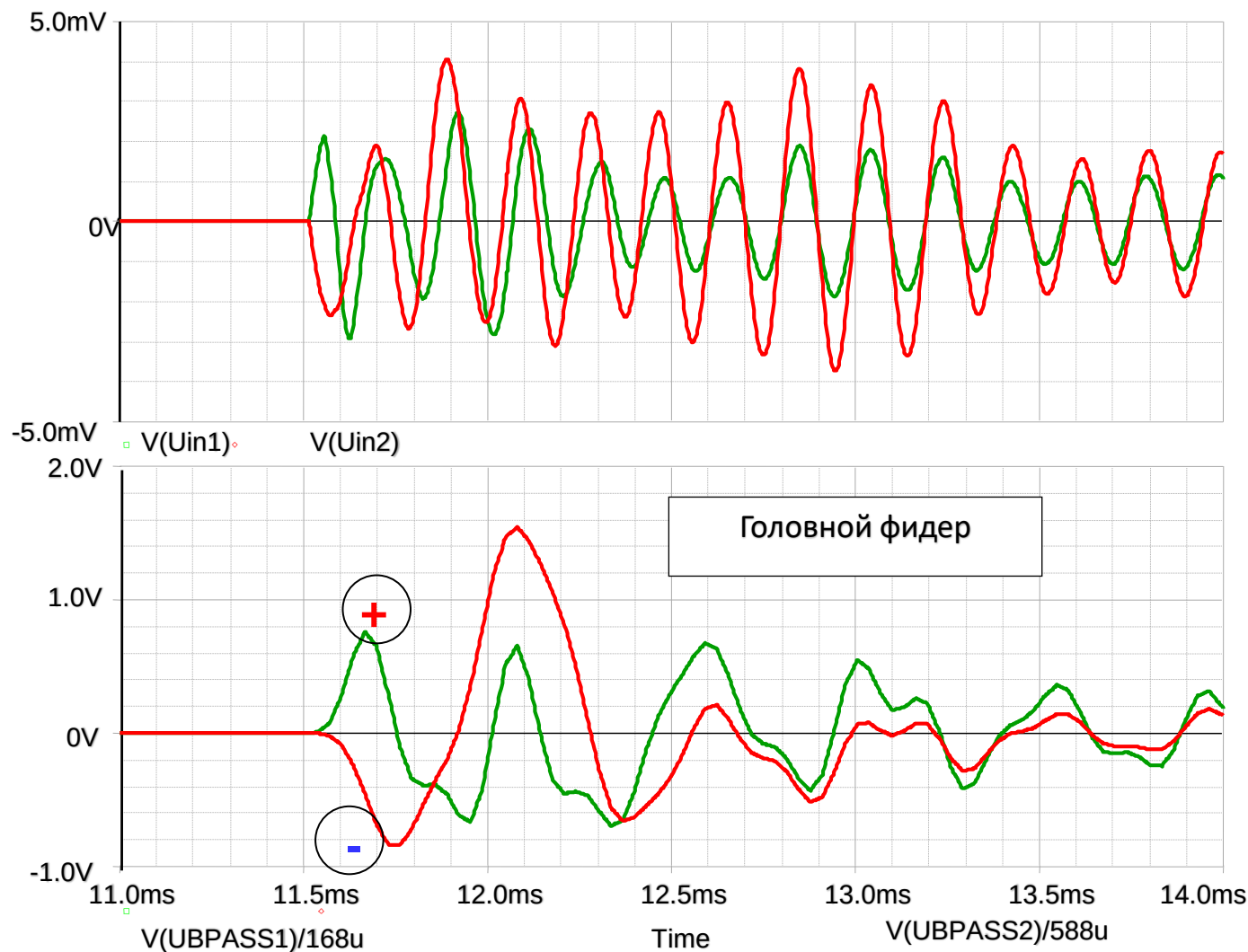
Относительное содержание НЧ компонент в сигнале ЭМ датчика (длительное горение дуги по теории Петерса и Слепяна, тупиковый фидер)

Расстояние от ЭМ датчика до места ОЗЗ l_d , км	$I_H=130$ А	$I_H=0$
$I_{O33}=10\text{км}$		
-4	0.413	0.377
-1	0.638	0.480
-0.5	0.670	0.510
0.5	0.020	0.021
1	0.020	0.020
4	0.020	0.019
$I_{O33}=19\text{км}$		
-0.5	0.690	1.82
0.5	0.175	0.052

Относительное содержание НЧ компонент в сигнале
ЭМ датчика (единственный головной фидер, $I_{O33}=10\text{км}$)

Расстояние от ЭМ датчика до места ОЗЗ I_d , км	$I_H=130 \text{ А}$
теория Петерса и Слепяна	
-4	0.138
-1	0.118
-0.5	0.117
0.5	0.235
1	0.235
4	0.245
теория Петерсена	
-4	0.061
-1	0.058
-0.5	0.048
0.5	0.124
1	0.125
4	0.130

Сигналы ЭМ датчика перед ОЗЗ и после (ОЗЗ в центре головного фидера, $I_d = \pm 4$ км)



Способы управления БПЛА при диагностировании ВЛ

- 1) - **ручное управление** (FPV-дроны);
- 2) – применение **глобальных навигационных систем** (GPS, ГЛОНАСС, Galileo и т.п.);
- 3) - **управление электрическим и/или магнитным переменным полем** промышленной частоты ВЛ;
- 4) - **техническое зрение** на основе ИНС;
- 5) – техническое зрение на основе **распознавания фазных проводов** и грозозащитных тросов.

Вариант применения комплекта измерительной аппаратуры (БПЛА самолетного типа)



БПЛА вертолетного типа



Подготовка и запуск БПЛА



Выводы

1. Применение БПЛА открывает возможности для **поиска фидеров с неустойчивым** (дуговым) замыканием на землю.
2. Надежным критерием определения места ОЗЗ является **смена полярности первого колебания** напряжения ЭМ датчика.
3. Для облегчения определения полярности первого колебания переходного напряжения ЭМ датчика **целесообразно выполнять БПФ, НЧ фильтрацию и нормировку сигнала.**
4. **Дополнительным критерием** определения места ОЗЗ может выступать **относительное содержание НЧ составляющих** в сигнале ЭМ датчика.



Спасибо за внимание!

Дроны разработаны на каф. ЭАПУ НГТУ,
модернизированы с участием каф. ТЭВН