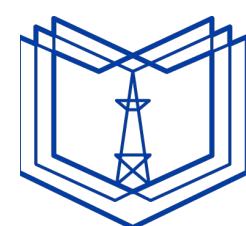




СКАТ



КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

РЕЗУЛЬТАТЫ ВОЛНОВОГО ОМП В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ




Р.Г. ХУЗЯШЕВ(1,3), С.М. ТУКАЕВ(2), И.Р. ТУХФАТУЛЛИН(3), И.А. МИНАЕВ(3)

1 – ООО «ЭЛНЕТ-К», 2 – ООО «ОЙЛ», 3 – КГЭУ



ВОЛНОВОЕ ОМП

СКАТ

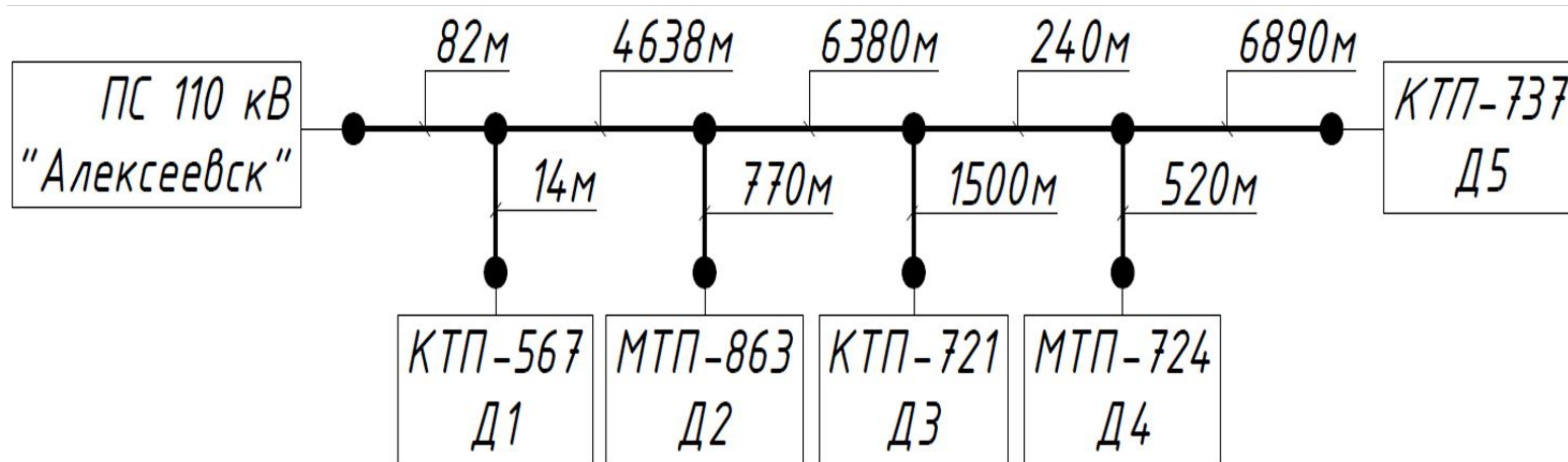
-  Комплексы волнового определения места повреждения (ВОМП) успешно внедряются и эксплуатируются на магистральных линиях электропередачи высокого класса напряжения.
-  Перспективно использование комплексов ВОМП в распределительных сетях среднего класса напряжения. Преимуществами комплексов ВОМП перед топографическими устройствами являются:
 - возможность использования меньшего количества устройств ВОМП при их монтаже в конечных ТП 6-35/0,4 кВ древовидной распределительной сети;
 - наличие постоянного гарантированного электропитания внутри ТП 6-35/0,4 кВ;
 - достаточный уровень GPRS-сигнала связи за счёт расположения ТП вблизи развитой инфраструктуры.
-  Развитие микроэлектроники и техники связи позволяет создавать достаточно бюджетные датчики комплексов ВОМП, что безусловно облегчает их внедрение и эксплуатацию.

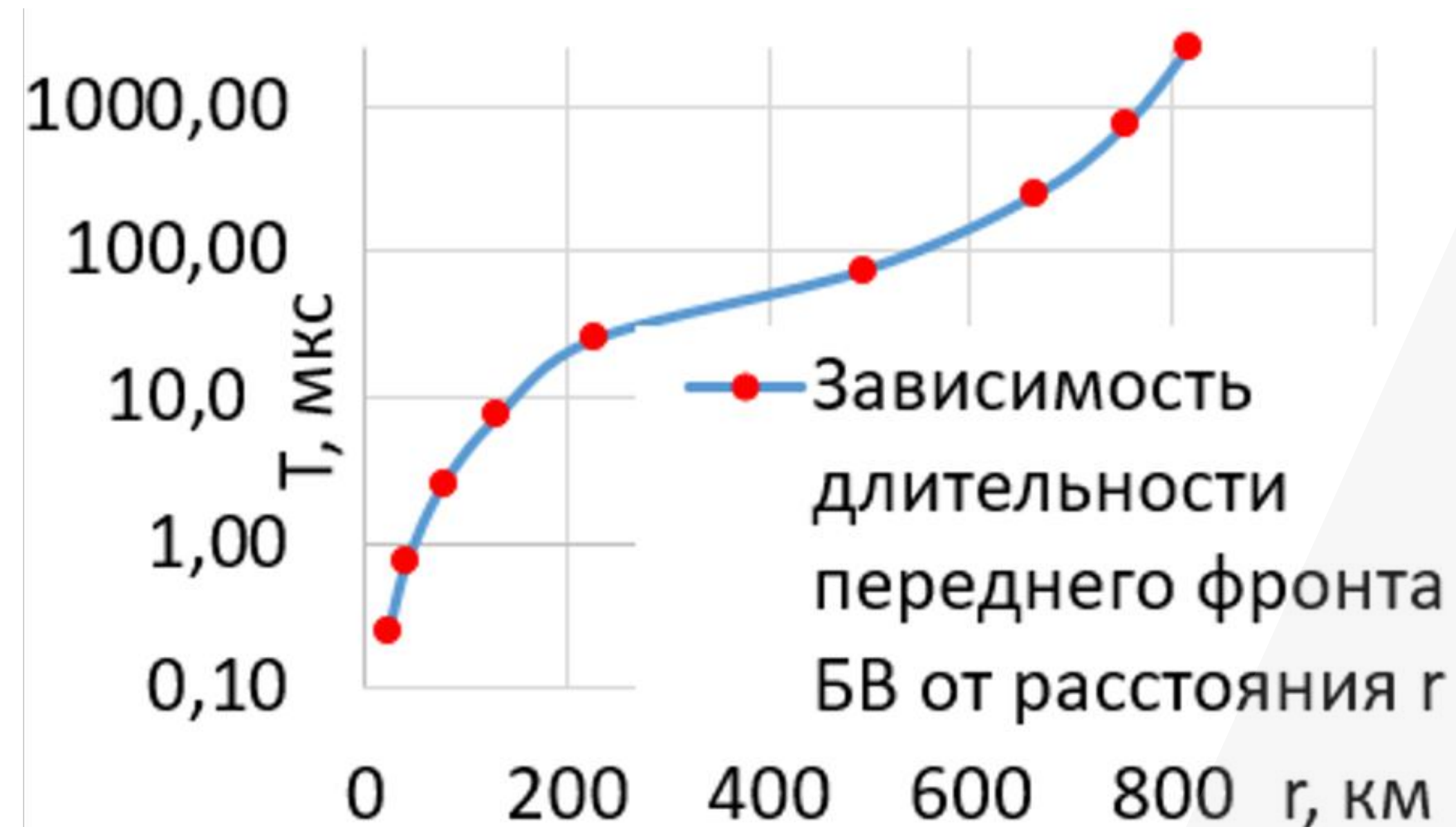
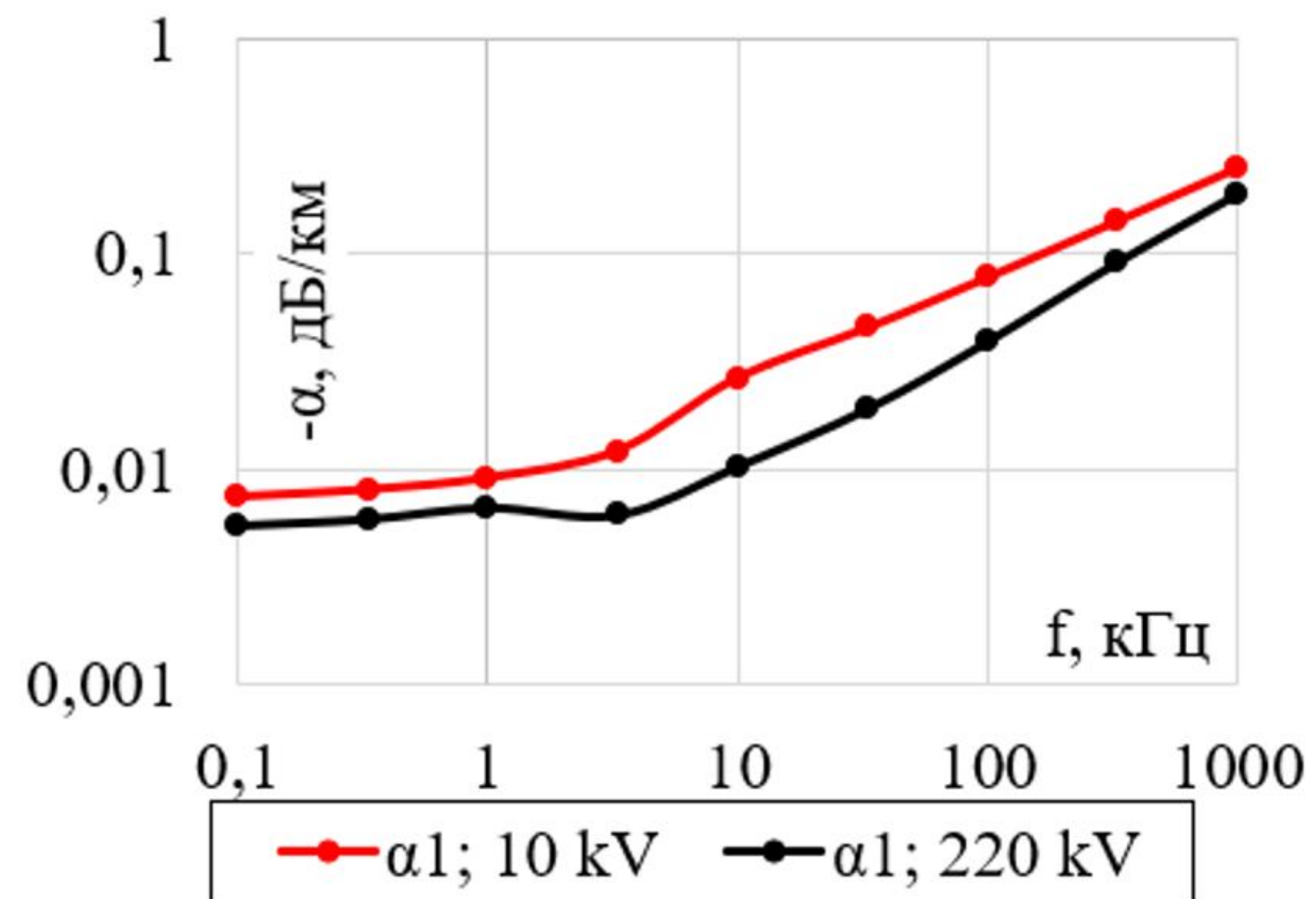
ВОЛНОВОЕ ОМП

СКАТ

Алгоритмическое определение времени прихода бегущей волны облегчается выделением ее высокочастотных компонент с помощью разнообразных цифровых алгоритмов с целью уменьшения требований к аппаратной части комплекса ВОМП, и, соответственно, к ее бюджету, а также для уменьшения погрешности функционирования комплекса в измерительных цепях устройств используется аналоговая высокочастотная фильтрация сигналов напряжения.

Разработанная система ВОМП «СКАТ» (представлен на стенде ГК «Эскаорт») установлена в разветвленной сети 10 кВ. Порядковые номера датчиков в сети располагаются в порядке нарастания от начала магистральной линии к ее концу. Суммарная длина сети составляет 21 км, каждый датчик, в среднем, приходится на 5,2 км сети.

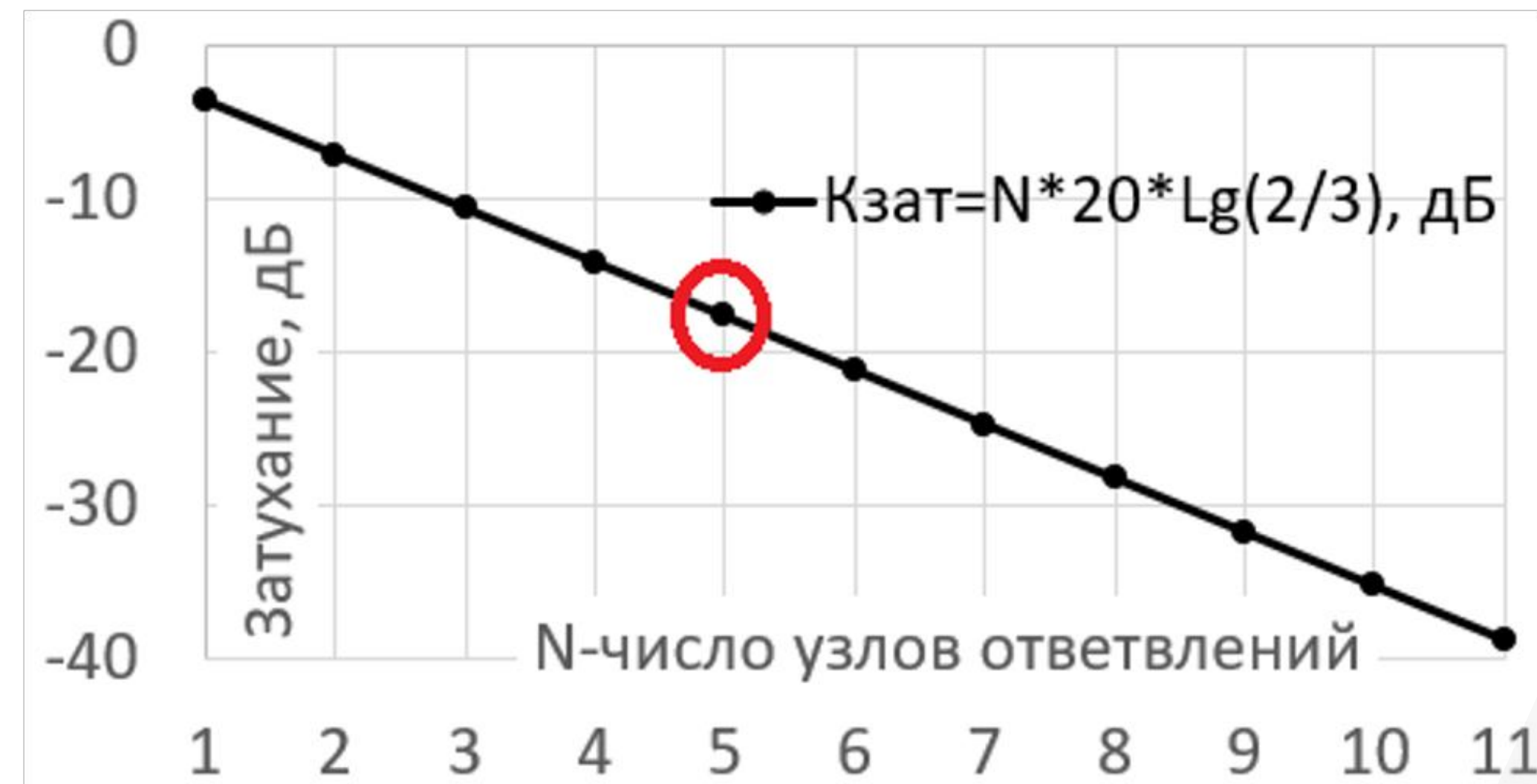
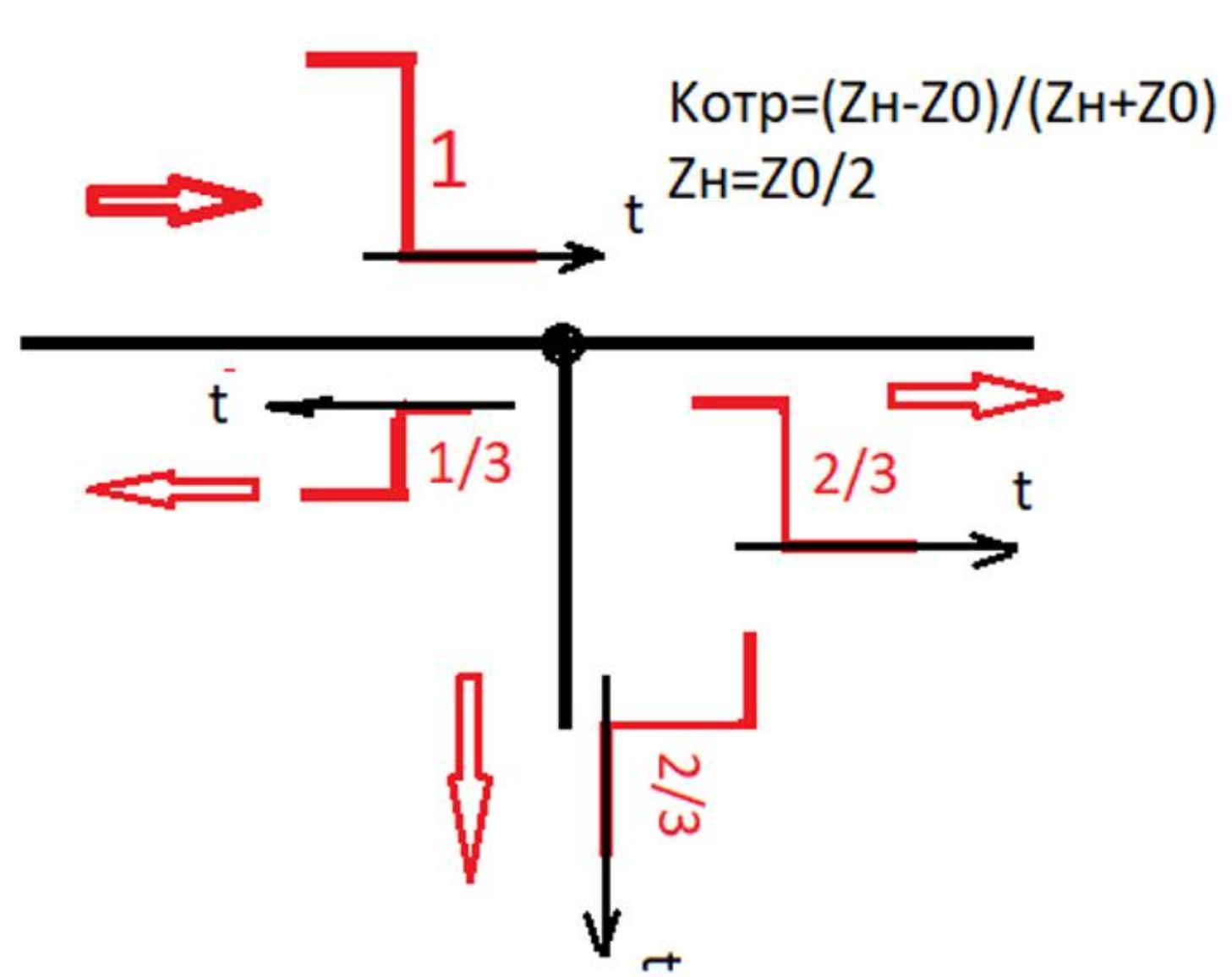




Частотная зависимость затухания гармонических составляющих спектра БВ определяет увеличение длительности переднего фронта бегущей волны при его распространении в линии.

ВОЛНОВОЕ ОМП

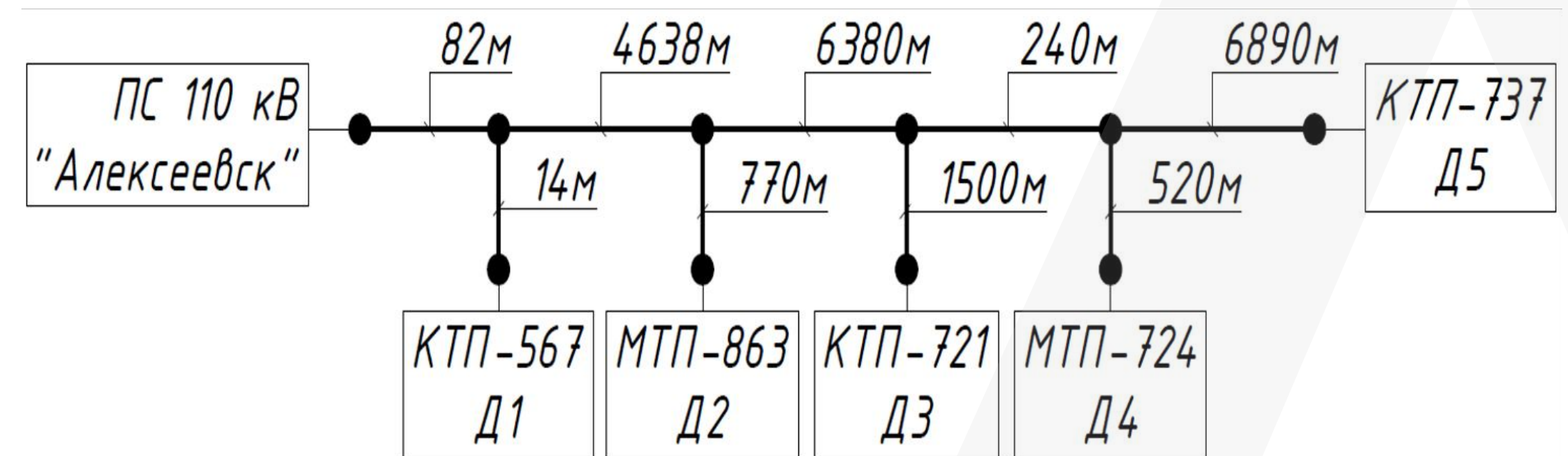
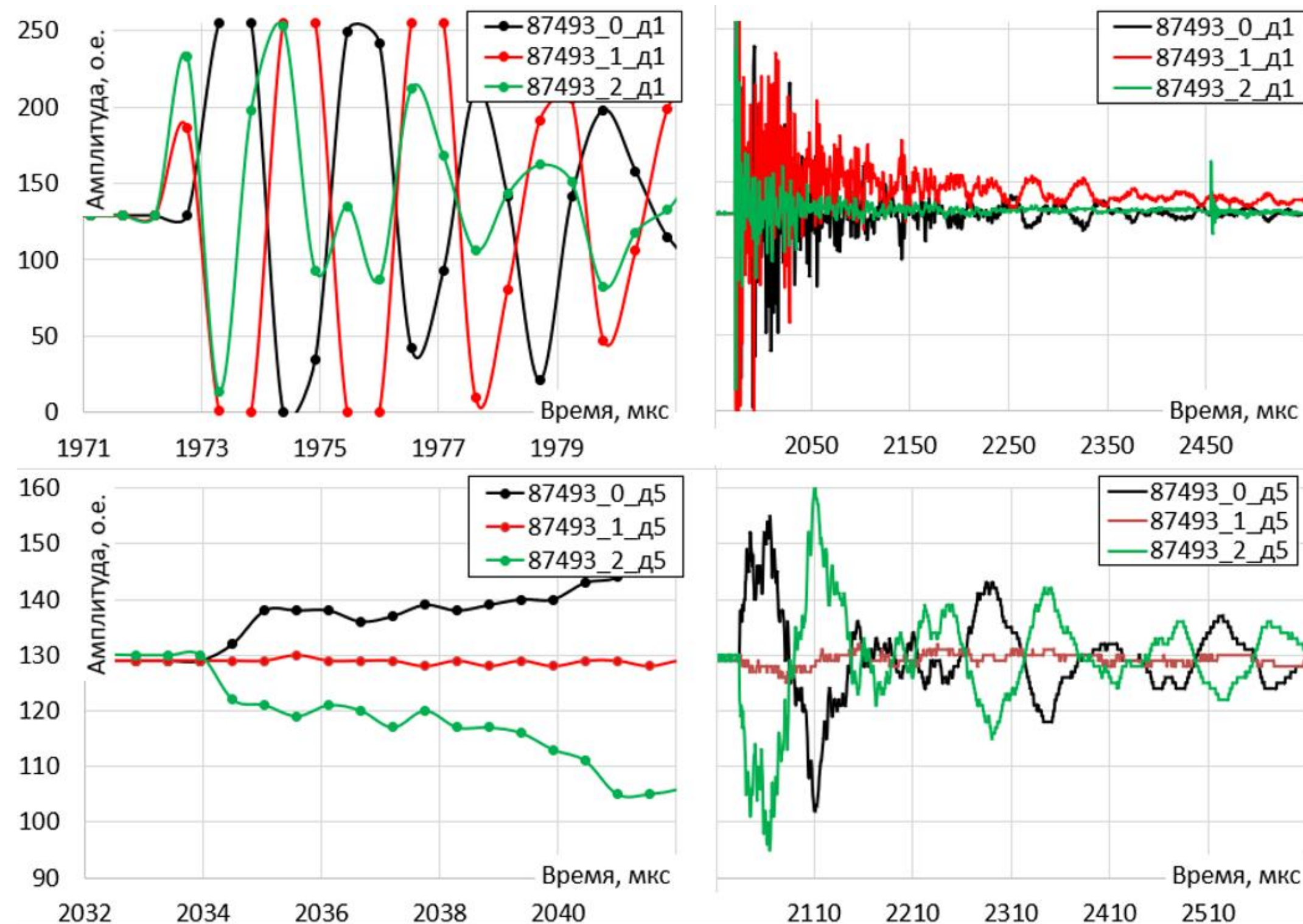
СКАТ



- ⚡ Отражение ступени напряжения БВ от узлов ответвлений распределительной сети определяет уменьшение размаха амплитуды ступени напряжения.
- ⚡ Обе причины (дисперсия и рефракция) приводят к уменьшению крутизны переднего фронта БВ, что отрицательно сказывается на точности ВОМП.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

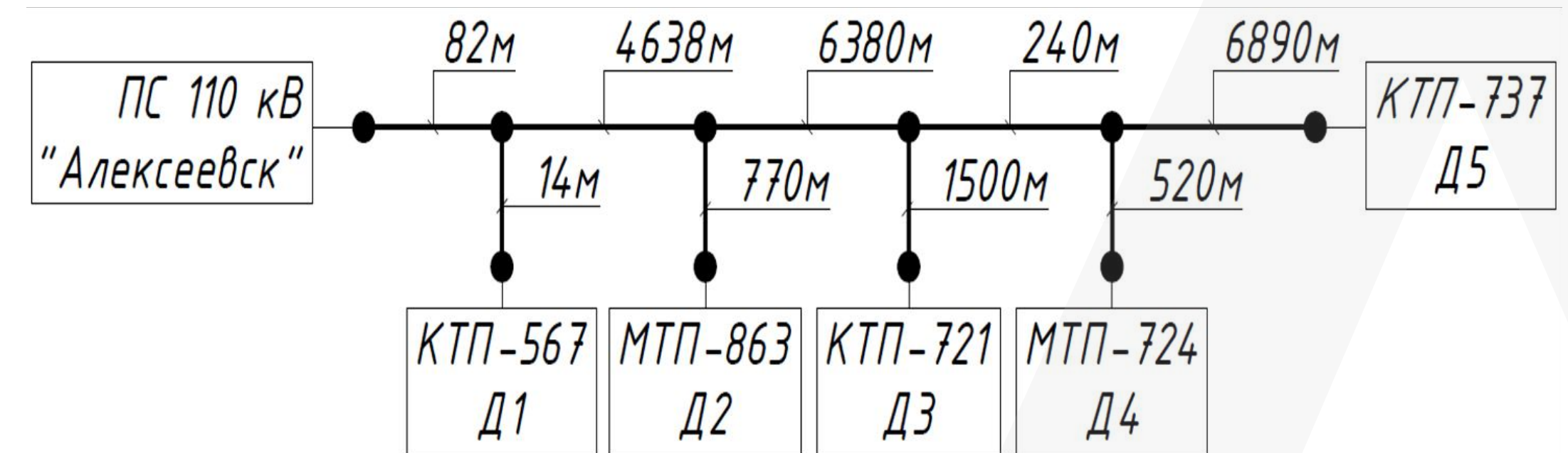
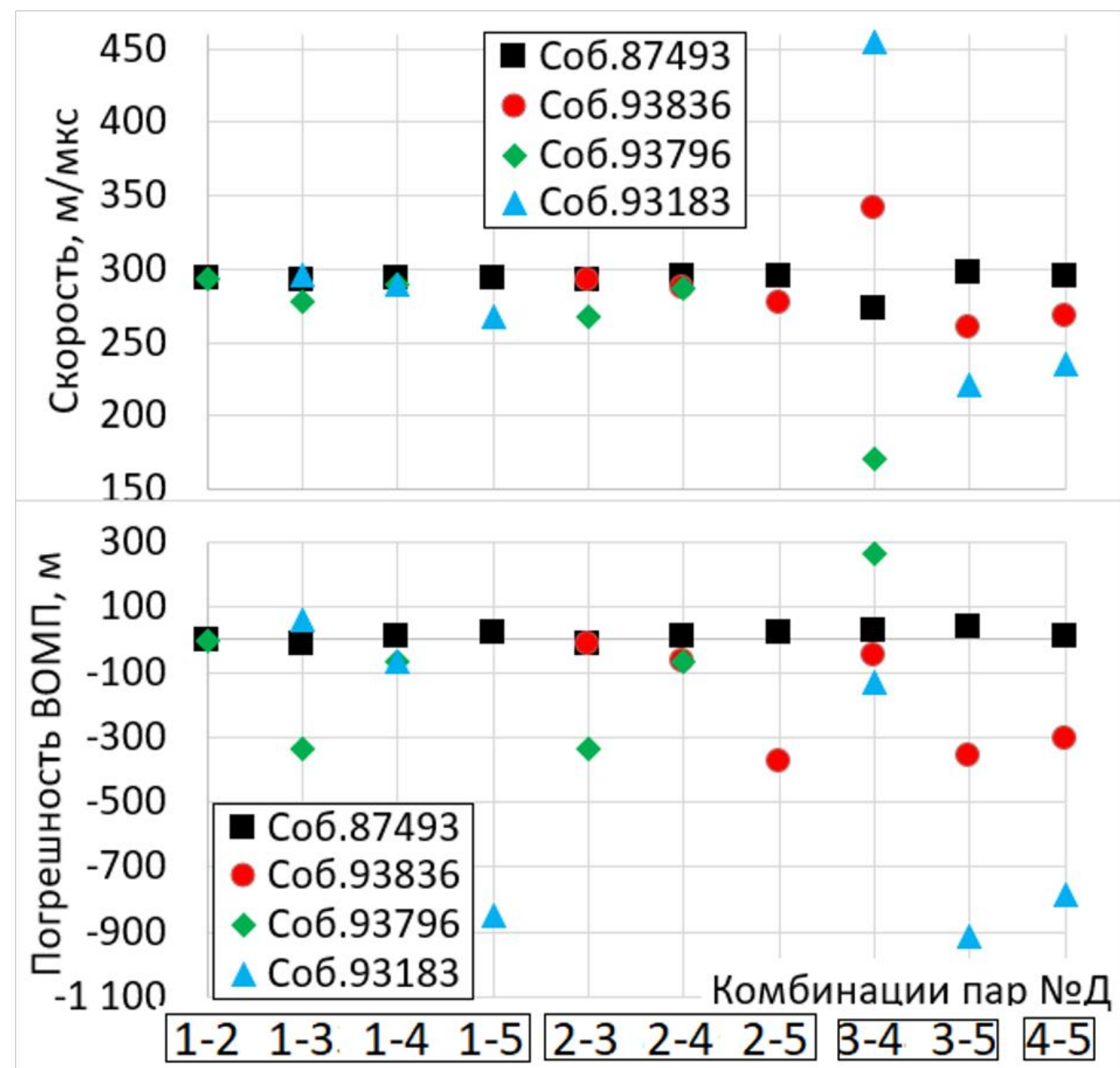
СКАТ



- ⚡ Приведен пример регистрации трех фаз/каналов сигнала напряжения переходного процесса, пришедшего с шин ПС.
- ⚡ Время начал сигналов зарегистрированных в разных точках сети позволяет определять как место повреждения, так и скорость распространения бегущих волн на разных сегментах сети.

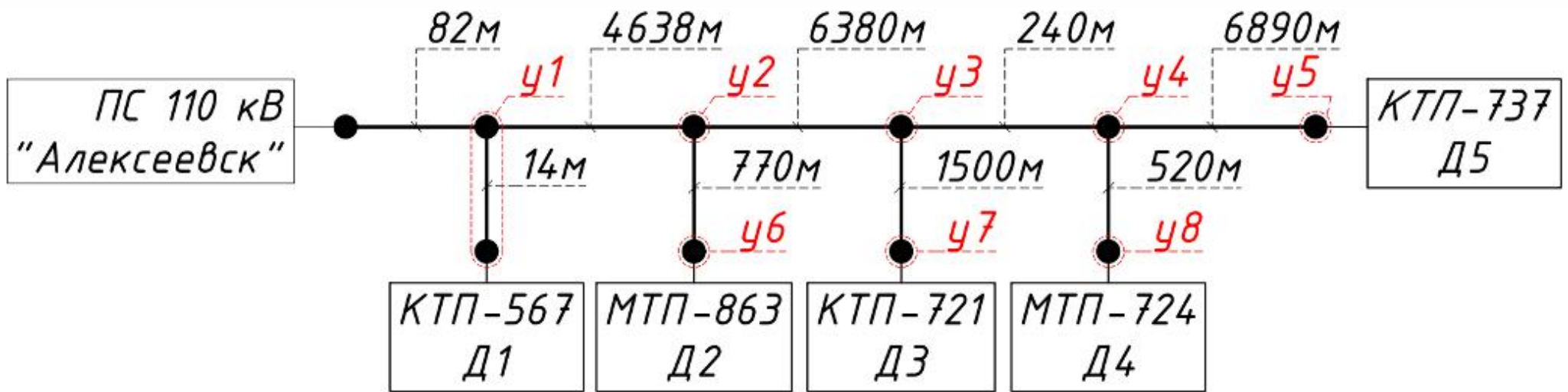
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

СКАТ



- ⚡ Приведены результаты расчета скорости распространения бегущих волн пришедших с шин ПС. Среднее значение составляет 293 м/мкс.
- ⚡ С увеличением расстояния, прошедшего бегущей волной, погрешность определения начала сигнала увеличивается. Наименьшая погрешность ВОМП соответствует использованию сигналов, зарегистрированных в ТП, наиболее близко расположенных к источнику сигнала (пара 1-2).

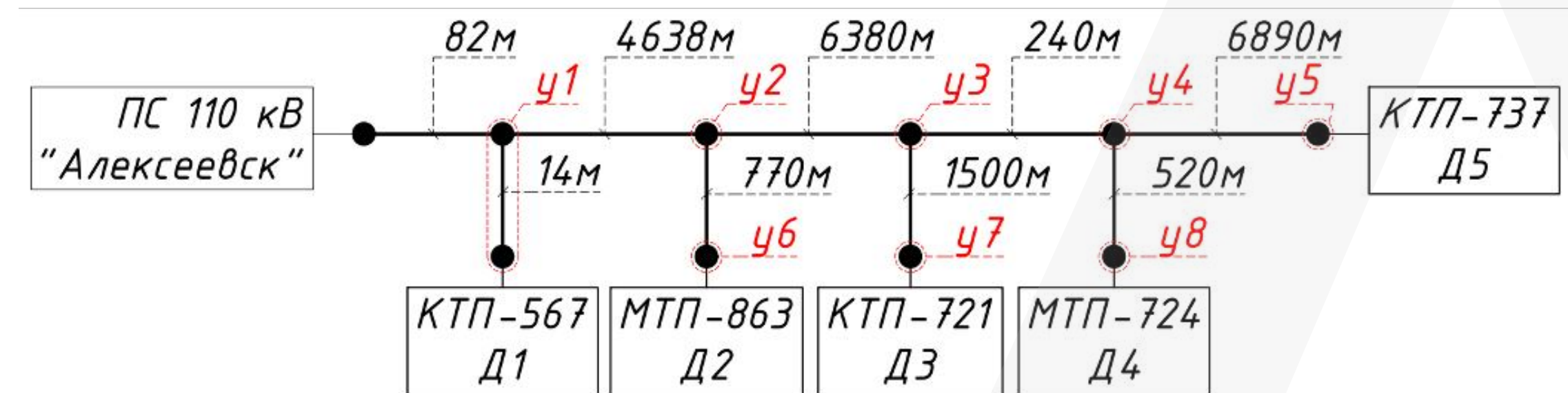
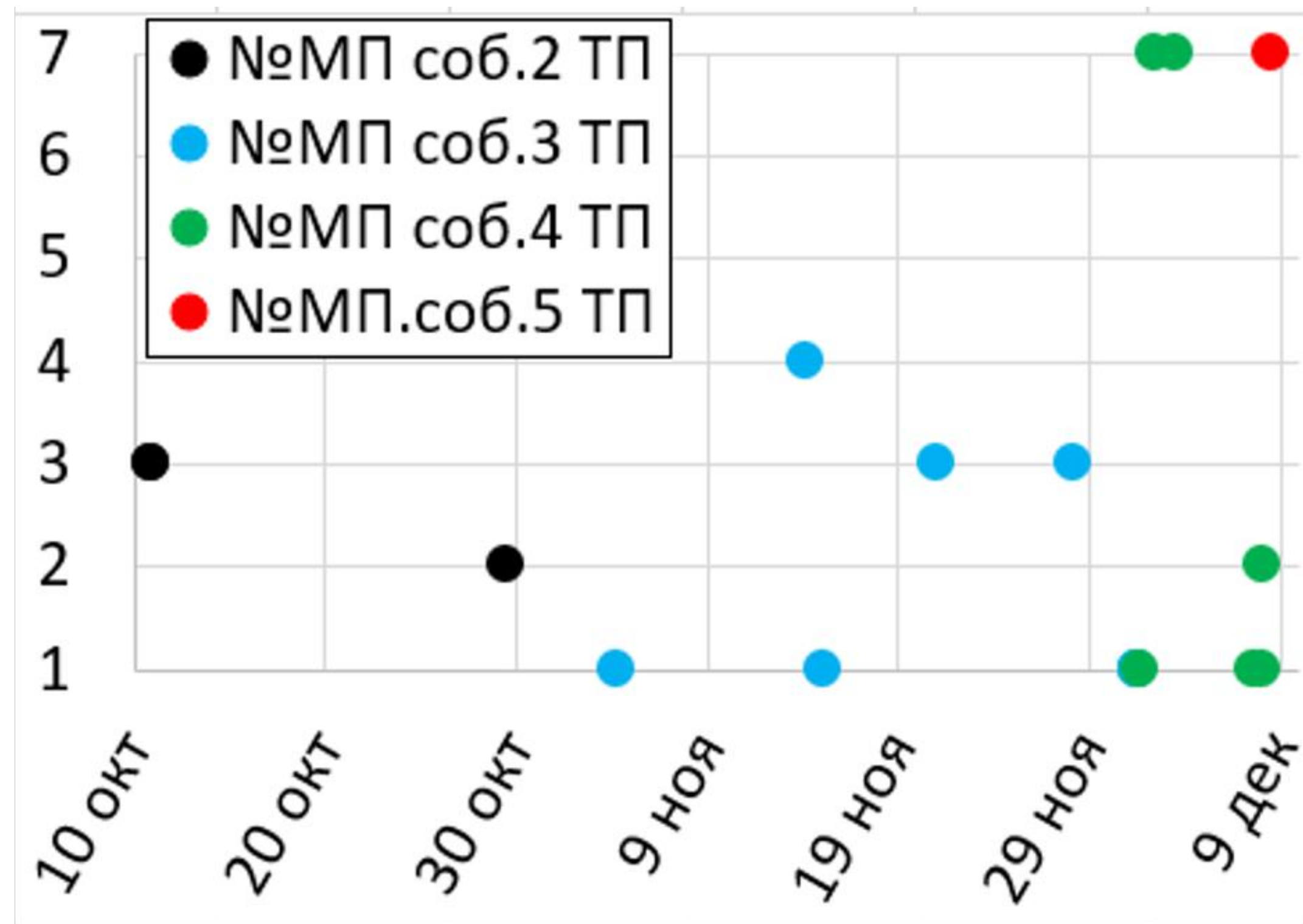
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



Дата и время регистрации	Регистрация события	Место и вид повпреждения
10.10.2023 23:26	Регистрация устройствами Д1 и Д5. Место возникновения аварийного сигнала – у3. Погрешность ОМП: 1 м (с учетом реальной скорости распространения аварийных сигналов в сети)	КТП-9(П), находится между у3 и у7. Перегорание предохранителей.
10.10.2023 23:31	Регистрация устройствами Д1 и Д5. Место возникновения аварийного сигнала – 170 м до у3. Погрешность ОМП: 20 м	КТП-6(П), находится между у2 и у3. Перегорание предохранителя.
08.12.2023 02:26	Регистрация устройствами Д1, Д2, Д3, Д4. Место возникновения аварийного сигнала – у1. Погрешность ОМП: 18 м	Шины ПС. ОЗЗ на смежном фидере.
20.02.2024 10:36	Регистрация устройствами Д2, Д4, Д5. Место возникновения аварийного сигнала – между у3 и у7. Погрешность ОМП: 48 м	Участок между узлами у3 и у7. Наброс проводов.

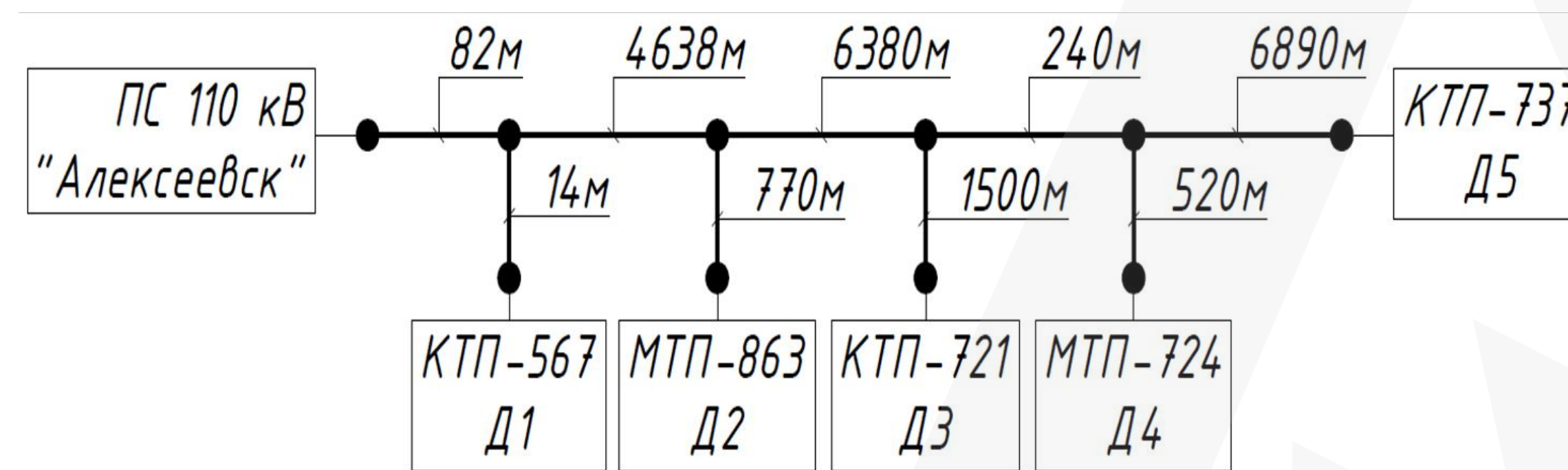
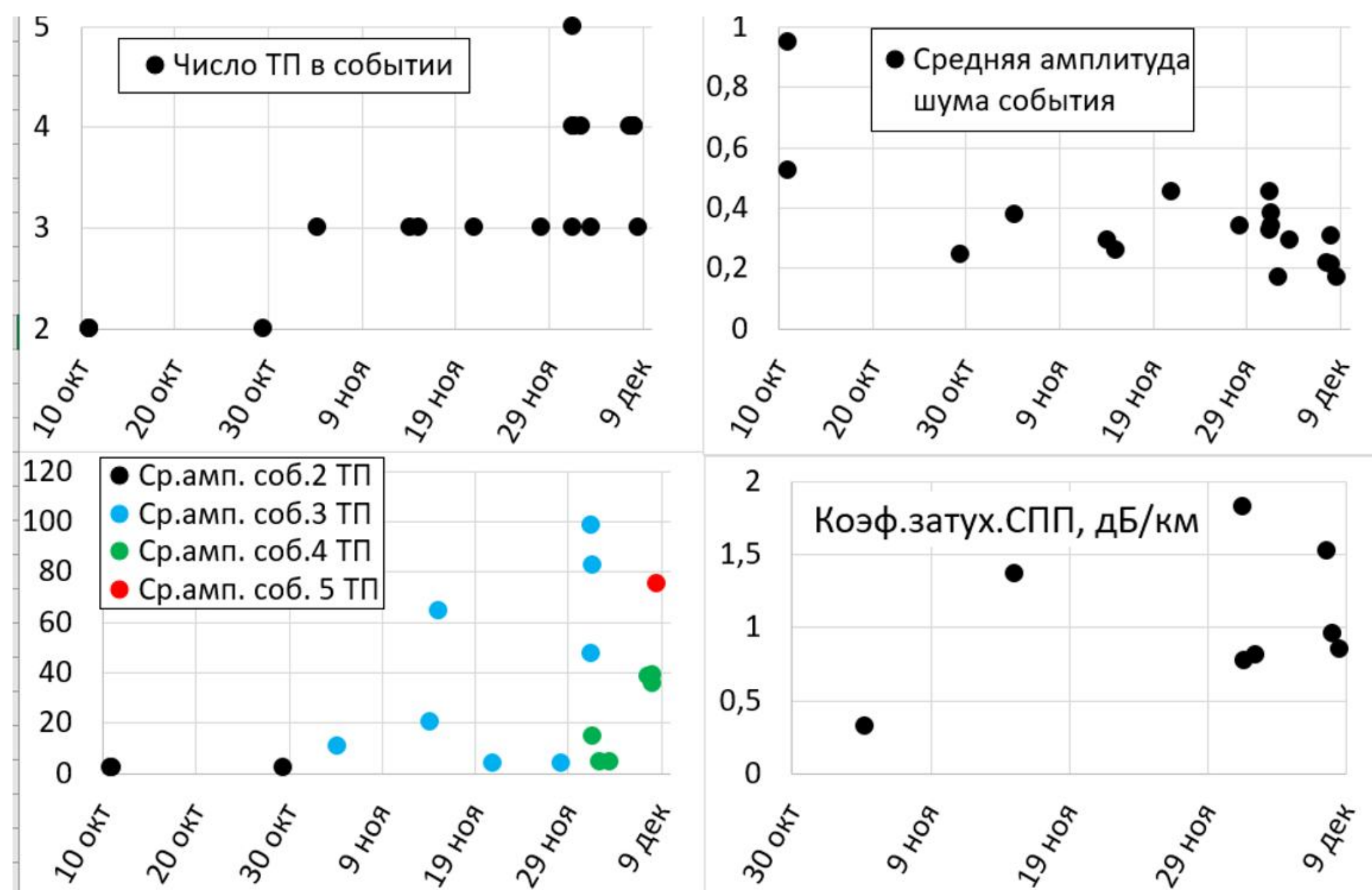
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

СКАТ



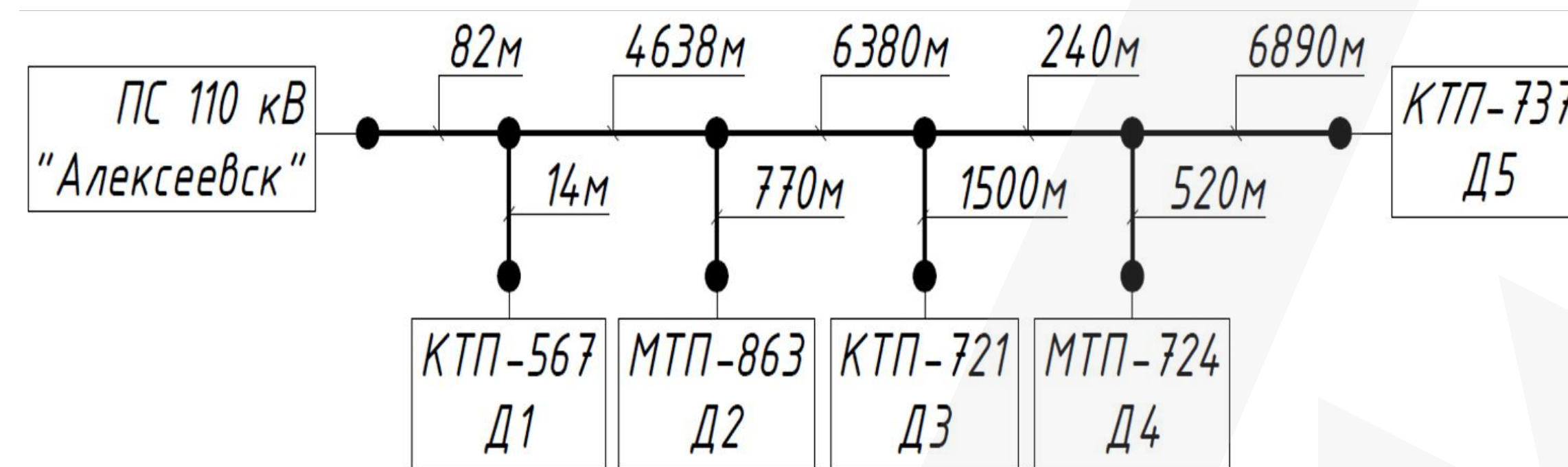
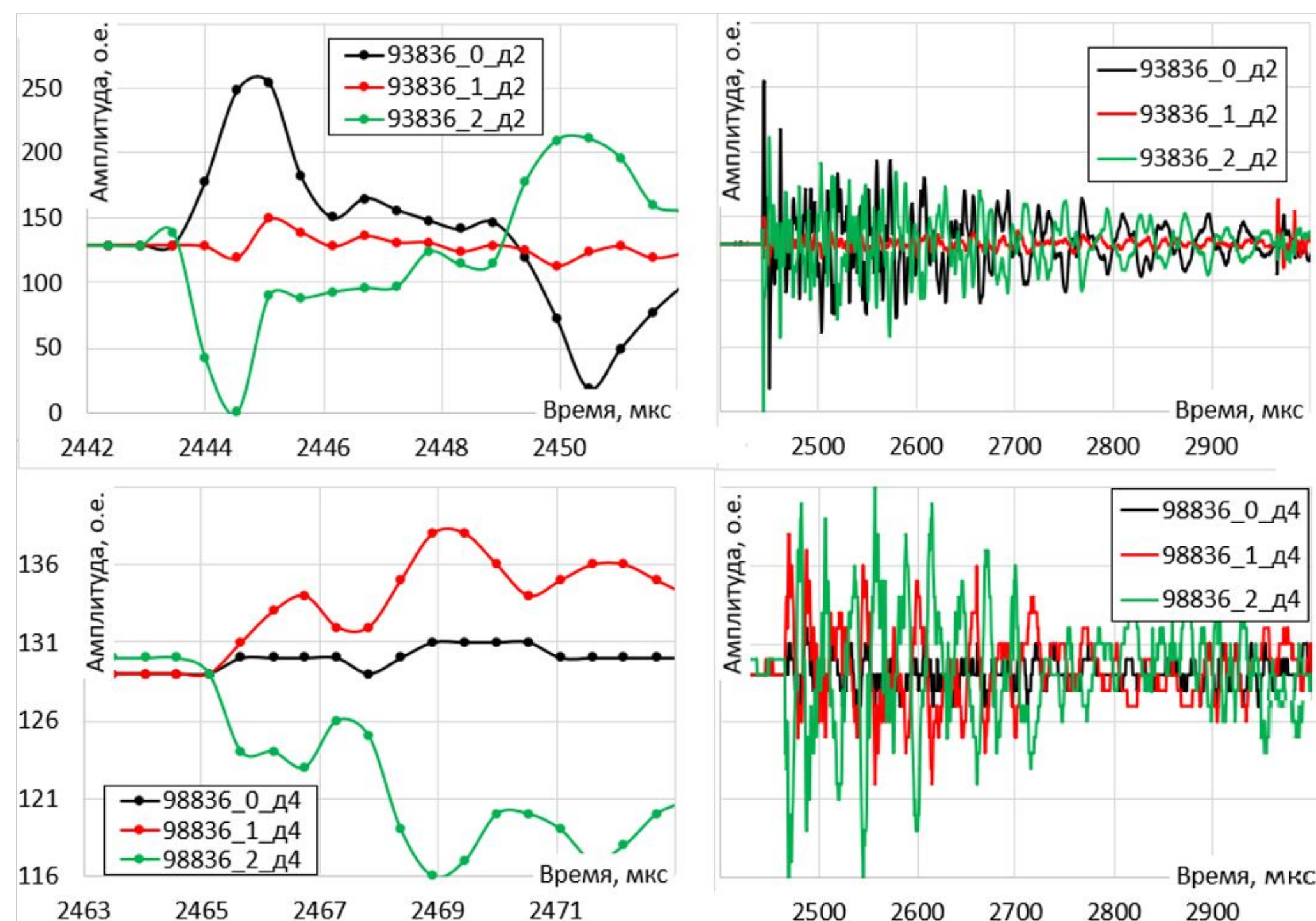
- ⚡ Разработанный комплекс надежно определяет место возникновения бегущей волны в контролируемой зоне: как на внешних границах зоны, так и внутри нее.
- ⚡ Погрешность ВОМП монотонно увеличивается с уменьшением энергии бегущей волны.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



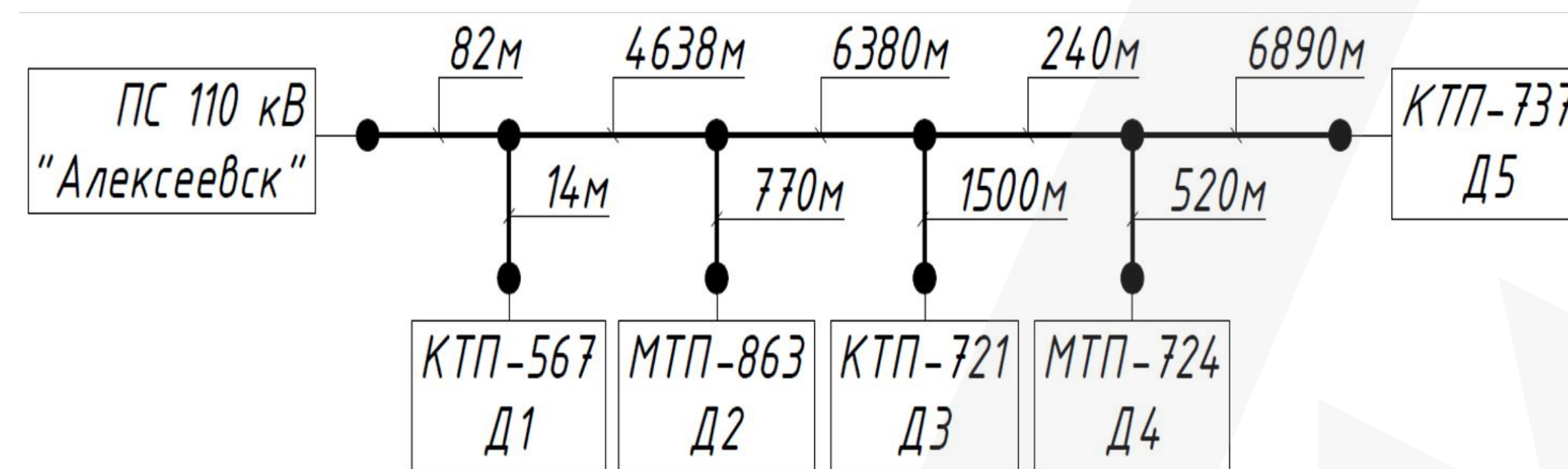
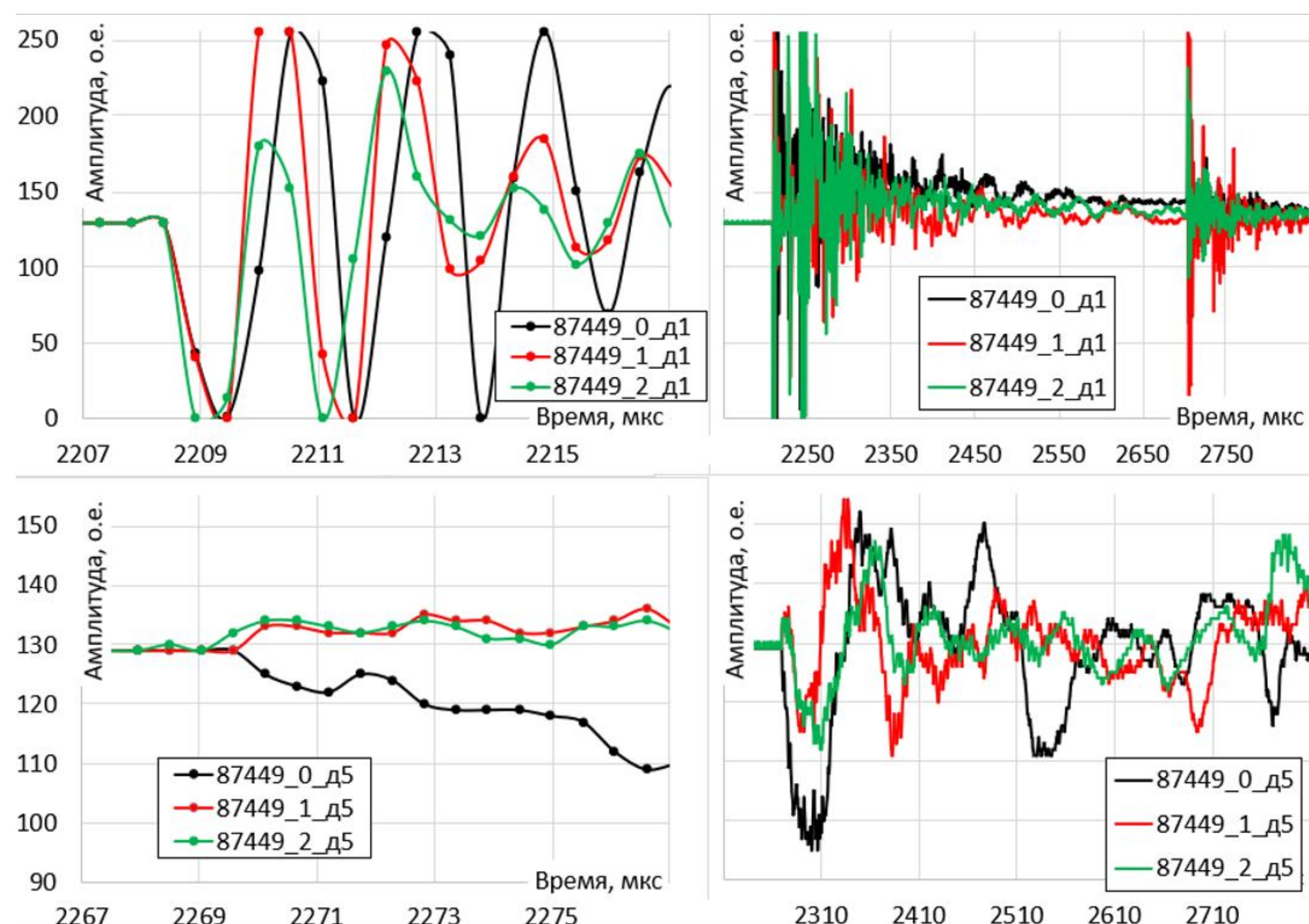
⚡ Параметры синхронных событий носят статистический характер, зависящий от многих факторов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



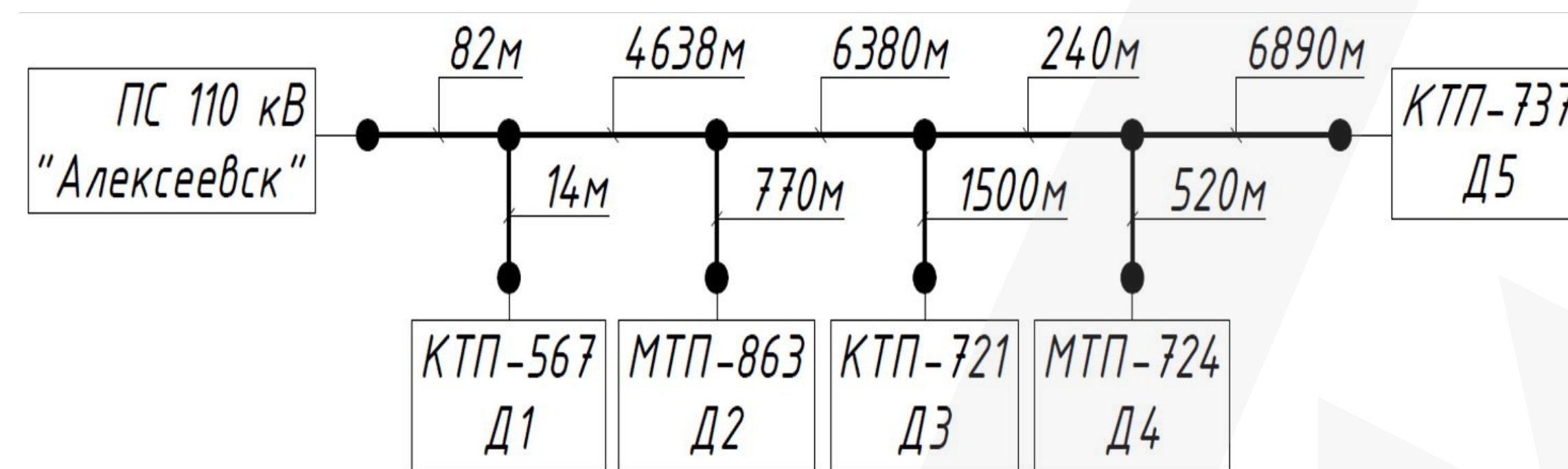
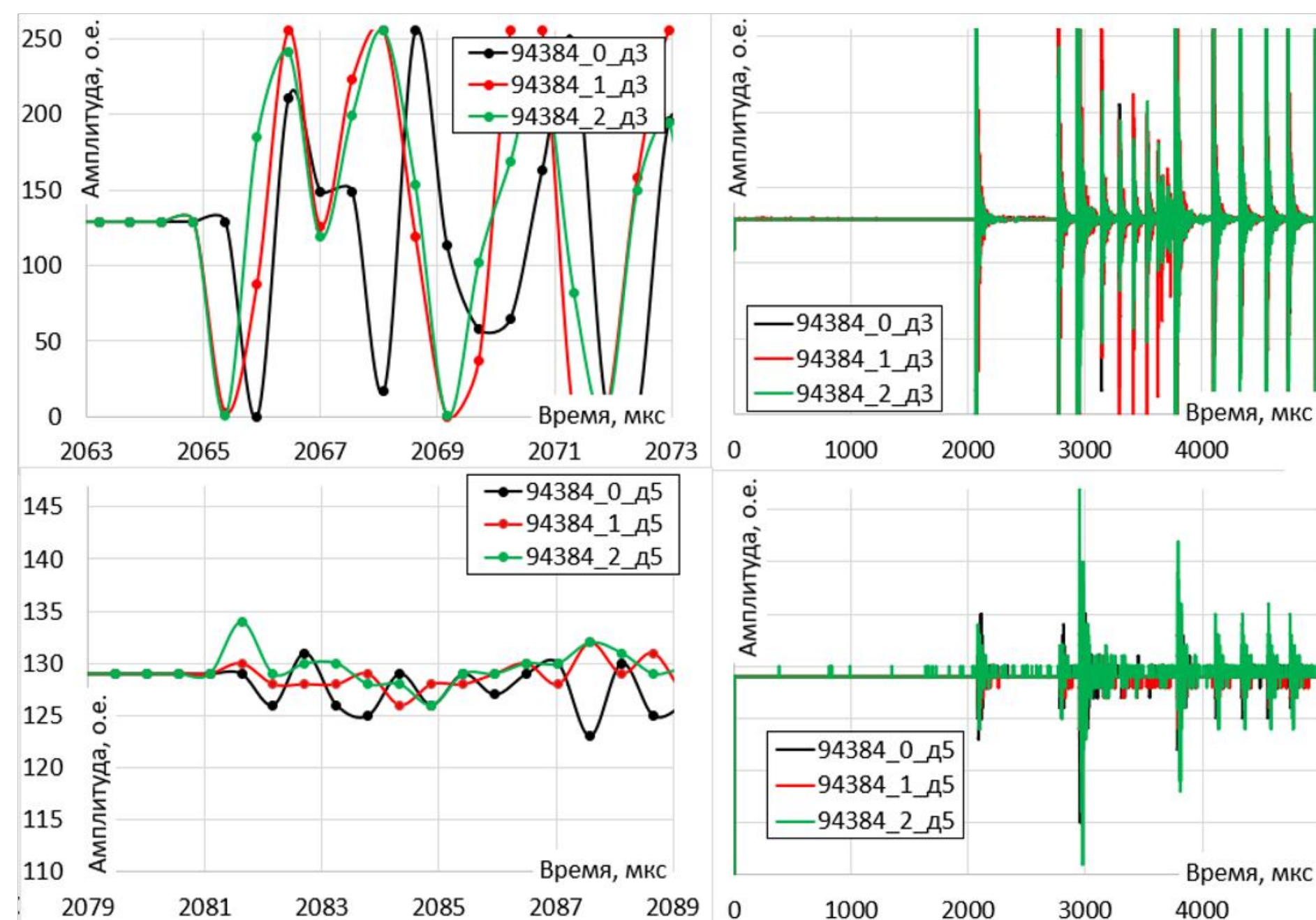
⚡ Аварийный сигнал, пришедший с шин ПС

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



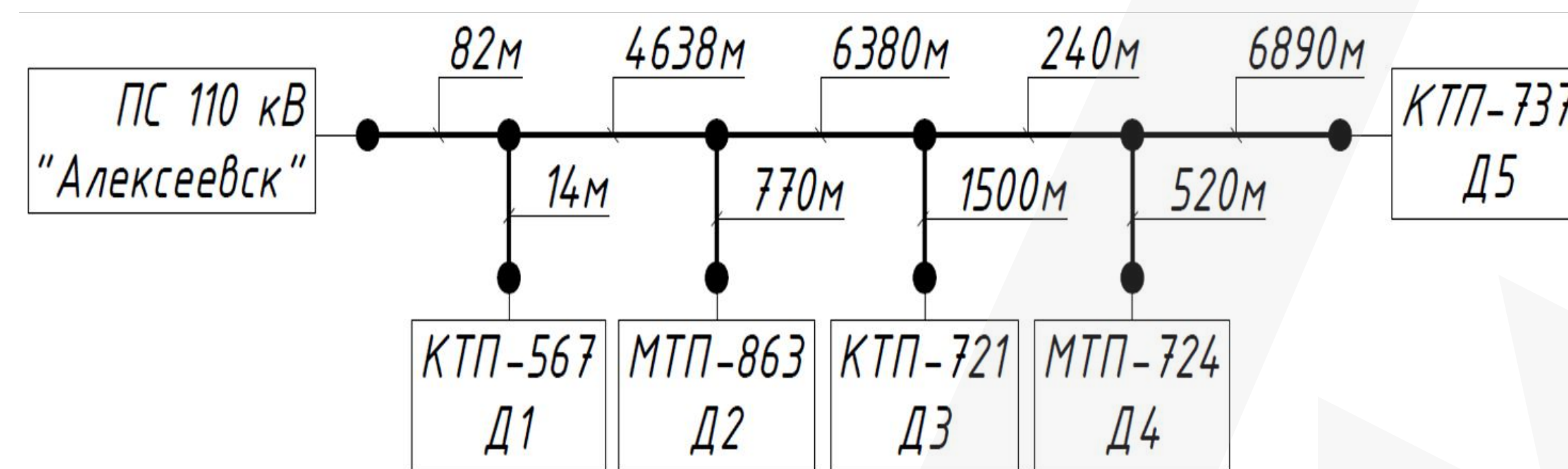
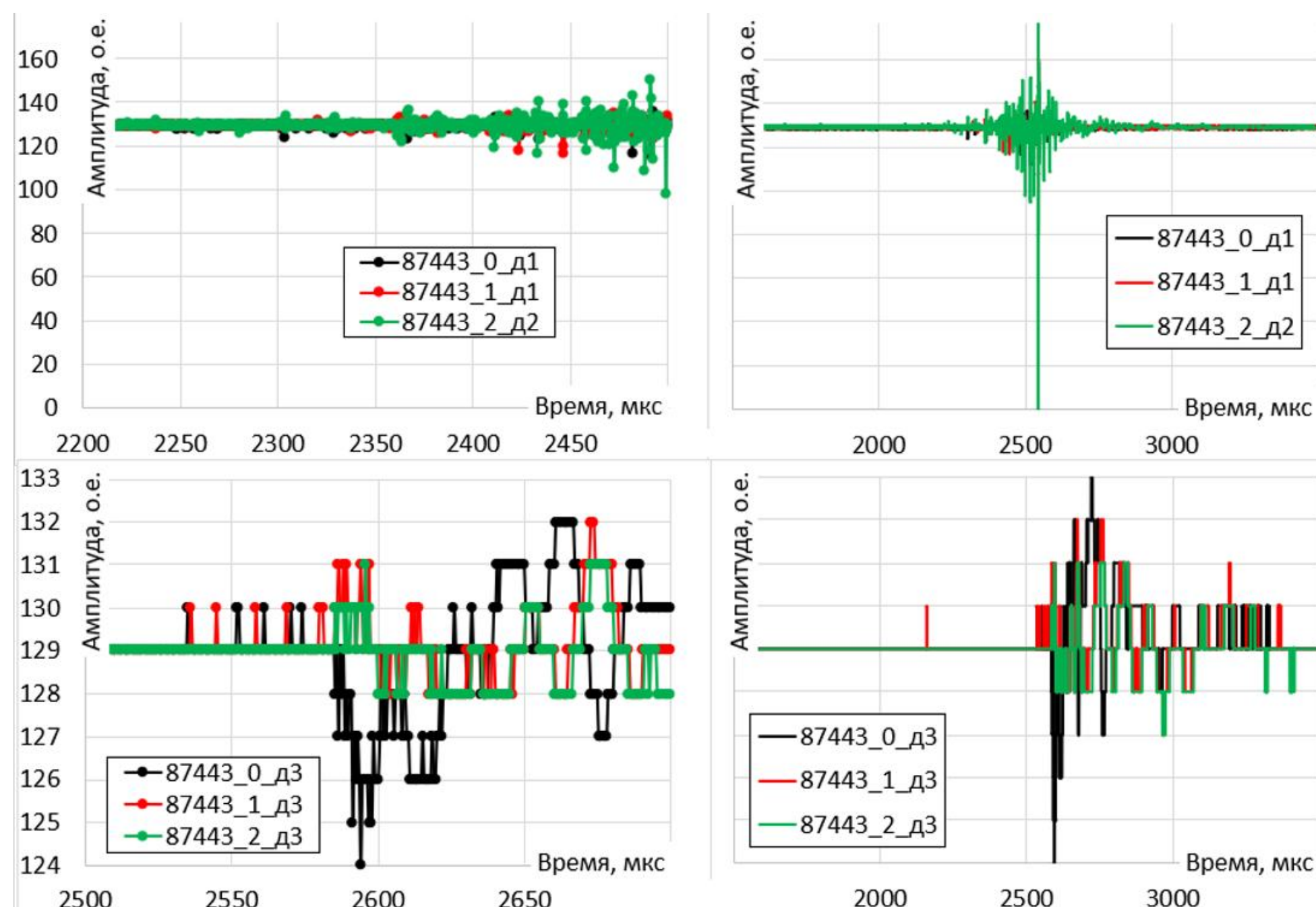
⚡ Аварийный сигнал, пришедший с шин ПС при плановой коммутации высоковольтного выключателя

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



⚡ Аварийный сигнал, пришедший с шин КТП-721 при перемежающемся однофазном замыкании на землю (ПОЗЗ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



⚡ Аварийный сигнал электроразрядной активности, пришедший с шин ПС