



# **Программный комплекс для локализации места повреждения на воздушной линии электропередачи по данным синхронизированных векторных измерений посредством адаптивного гибридного метода**

Выполнил: Куликов Ф.А.,  
каф. «Электрические системы»

Иваново 2022

## Проблема

Недостаточно точные методы локализации места повреждения на воздушных линиях электропередачи и, как следствие, более высокие финансовые и временные затраты на устранение последствий.

УСВИ на ЛЭП напряжением 330 – 750 кВ.

Департамент РЗ, М и АСУ ТП ПАО «Россети ФСК ЕЭС» заинтересован в развитии методов ОМП ЛЭП и готов оказать содействие и поддержку по разработке ОМП ЛЭП с использованием УСВИ.

**Экономический ущерб от аварий на ВЛЭП СВН за 2021 год составил 427 миллионов рублей!**



от 21.10.2022 № 8/И

ДЕПАРТАМЕНТ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ, МЕТРОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
Публичного акционерного общества  
«Федеральная сетевая компания  
Единой энергетической системы»  
Россия, 121353, Москва, ул. Беловенская, д. 4  
тел.: +7 (495) 710-91-66, факс: +7 (495) 710-96-55  
e-mail: info@fsk-ees.ru, www.fsk-ees.ru

О разработке ПК для  
ОМП с помощью УСВИ

Уважаемый Андрей Юрьевич!

В электроэнергетике одним из ключевых критериев надежности является время восстановления электроснабжения при возникновении технологических нарушений, связанных с повреждением на линиях электропередачи. Данное время складывается из времени отыскания места повреждения и времени затраченного на ремонт линии электропередачи (ЛЭП). Сокращение времени по отысканию места повреждения путем применения специальных программных комплексов является основной задачей определения места повреждения (ОМП) на ЛЭП.

Для решения задачи ОМП в ПАО «Россети ФСК ЕЭС» используется группа методов, основанная на фиксации параметров аварийного режима (токов и напряжений) по концам ЛЭП и расчете места повреждения с использованием математической модели ЛЭП.

Погрешность при ОМП на ЛЭП с использованием указанных методов в т.ч. обусловлена: несинхронной фиксацией параметров аварийного режима по концам ЛЭП, погрешностью фиксации величин и аргументов параметров аварийного режима, неточностью задания параметров математической модели ЛЭП.

В настоящее время на ЛЭП 330 – 750 кВ находят широкое применение устройства синхронизированных векторных измерений (УСВИ), в которых реализована синхронная фиксация параметров нормального и аварийного режимов с высокой дискретностью.

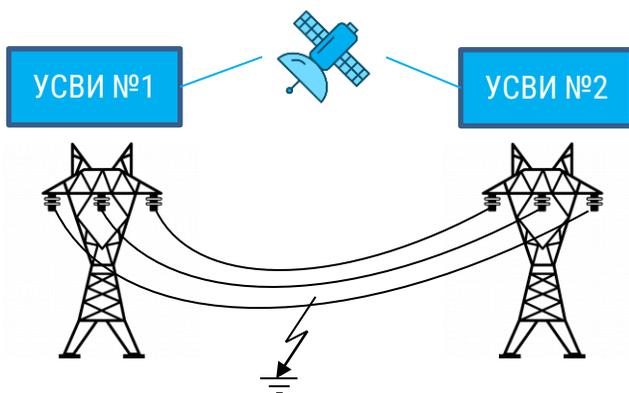
Применение УСВИ для решения задач по ОМП на ЛЭП и верификации параметров математической модели ЛЭП является новым и перспективным направлением научных исследований и инженерных разработок. На сегодняшний день востребованы программные комплексы для ОМП с использованием данных УСВИ на ЛЭП напряжением 330 – 750 кВ.

Департамент РЗ, М и АСУ ТП ПАО «Россети ФСК ЕЭС» заинтересован в развитии методов ОМП ЛЭП и готов оказать содействие и поддержку по разработке ОМП ЛЭП с использованием УСВИ.

Начальник Департамента релейной защиты,  
метрологии и автоматизированных систем  
управления технологическими процессами

А.В. Салёнов

**Решением проблемы** недостаточно точного ОМП является применение гибких, адаптивных алгоритмов на базе синхронизированных векторных измерений в составе специализированных программных комплексов!



## Преимущества технологии СВИ для целей ОМП

- 1) Нормированная точность измерений;
- 2) Точность синхронизации времени не хуже 1 мкс;
- 3) Высокая частота дискретизации;
- 4) УСВИ обязательны к установке на ВЛЭП 330 кВ и выше.**  
(СТО 59012820.29.020.001-2019)

Предлагаемое ПО позволит **экономить 143 млн.руб ежегодно** и сократит время восстановления, в среднем, на 4 - 5 часов.

## Вэб-приложение

Клиентская часть



HTTP

Серверная часть



### Научная новизна

Заключается в разработке нового адаптивного оптимизационного алгоритма, способного актуализировать погонные параметры линии.

**Имеется рабочий прототип основного и вспомогательных алгоритмов, написанный на языке MATLAB.**

$$\underline{U}_{кз1} - (\underline{U}_{н1} \cdot \text{ch}(\gamma_1 \cdot l_1) - \underline{I}_{н1} \cdot \underline{Z}_{в1} \cdot \text{sh}(\gamma_1 \cdot l_1)) = 0;$$

$$\underline{I}_{л,кз1} - \left( -\underline{U}_{н1} \cdot \frac{\text{sh}(\gamma_1 \cdot l_1)}{\underline{Z}_{в1}} + \underline{I}_{н1} \cdot \text{ch}(\gamma_1 \cdot l_1) \right) = 0;$$

$$\underline{U}_{к1} - (\underline{U}_{кз1} \cdot \text{ch}(\gamma_1 \cdot l_2) - \underline{I}_{л,кз1} \cdot \underline{Z}_{в1} \cdot \text{sh}(\gamma_1 \cdot l_2)) = 0;$$

$$\underline{I}_{к1} - \left( -\underline{U}_{кз1} \cdot \frac{\text{sh}(\gamma_1 \cdot l_2)}{\underline{Z}_{в1}} + \underline{I}_{л,кз1} \cdot \text{ch}(\gamma_1 \cdot l_2) \right) = 0;$$

.....

То же самое по обратной и нулевой последовательностям

$$(\underline{I}_{л,кз1} - \underline{I}_{л,кз1}) - (\underline{I}_{л,кз0} - \underline{I}_{л,кз0}) = 0;$$

$$(\underline{I}_{л,кз1} - \underline{I}_{л,кз1}) - (\underline{I}_{л,кз2} - \underline{I}_{л,кз2}) = 0.$$

$$\underline{U}_{к1\_норм} - (\underline{U}_{н1\_норм} \cdot \cosh(\gamma_1 \cdot l) - \underline{I}_{н1\_норм} \cdot \underline{Z}_{в1} \cdot \sinh(\gamma_1 \cdot l)) = 0;$$

$$\underline{I}_{к1\_норм} - \left( -\underline{U}_{н1\_норм} \cdot \frac{\sinh(\gamma_1 \cdot l)}{\underline{Z}_{в1}} + \underline{I}_{н1\_норм} \cdot \cosh(\gamma_1 \cdot l) \right) = 0;$$

.....

То же самое по обратной и нулевой последовательностям

+

вспомогательные алгоритмы загрузки, обработки и преобразования данных, сохранения результатов в БД, и др.

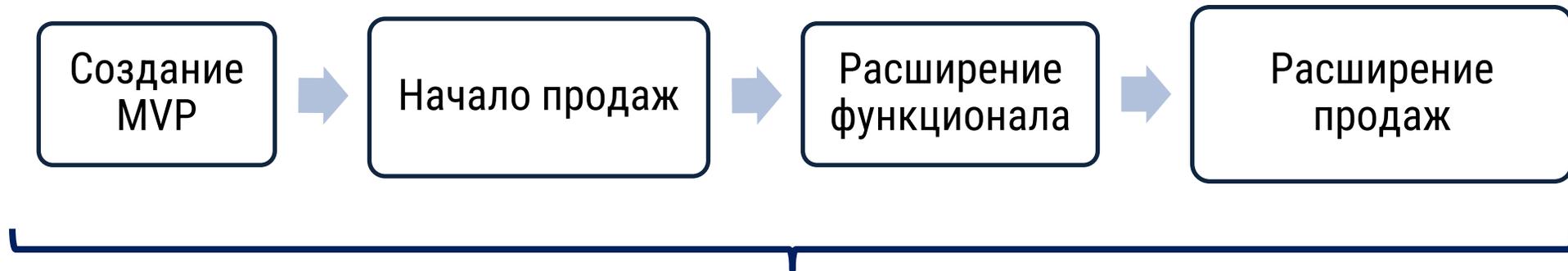
# Техническая значимость (преимущества перед существующими аналогами)

Параметр	Предлагаемое решение	WinBres (НПП Бреслер)	АРМ СРЗА (ПК Бриз)
Расчет параметров ВЛЭП	ДА	НЕТ	ДА
Адаптивный режим функционирования	ДА	НЕТ	НЕТ
Поддержка кадра данных по стандарту С37.118	ДА	НЕТ	НЕТ
Необходимость формирования математической модели ВЛЭП	ДА	НЕТ	ДА
Необходимость использования специализированных терминалов	НЕТ	ДА	ДА
Возможность гибкой настройки под конкретную ВЛЭП	ДА	НЕТ	НЕТ
Цена	250 т.р.	≈300 т.р.	≈ 0,9 – 1 млн. р

**Клиенты:** предприятия, осуществляющие эксплуатацию воздушных линий электропередачи.



**Методы поиска клиентов:** участие в торгах, продвижение ПО на выставках и конференциях, рассылка коммерческих предложений.



Для коммерциализации потребуется 1 – 2 года и порядка 3,5 млн. рублей.

Для выполнения проекта имеется сформированная команда:

**Куликов Филипп Александрович, аспирант каф. ЭС**

- Руководство проектом
- Выполнение научных исследований (более 20 научных статей, призер и победитель многочисленных конкурсов)
- Написание кода для серверной части приложения



**Панащатенко Антон Витальевич, аспирант каф. АУЭС**

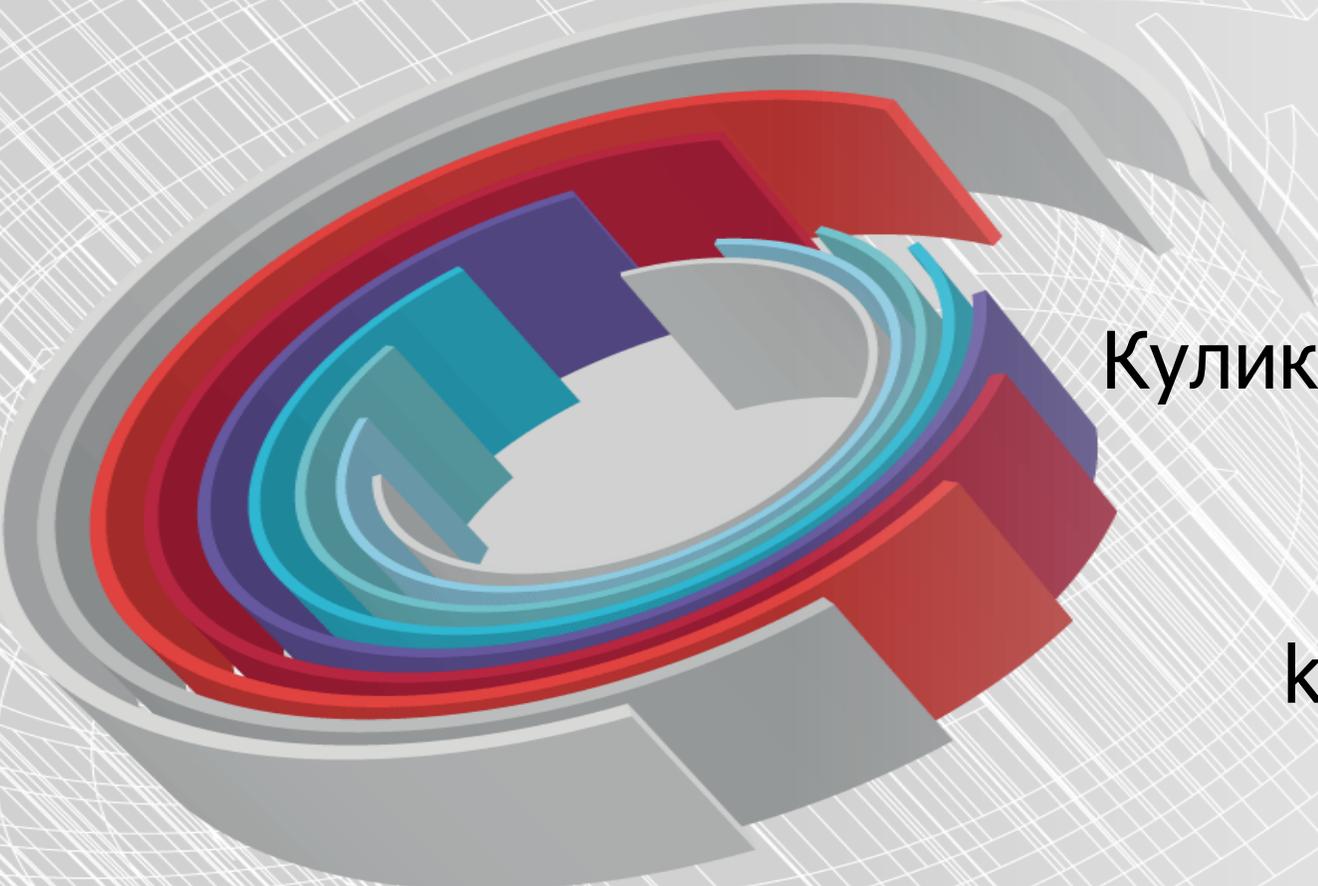
- Выполнение научных исследований и экспериментов (более 30 научных статей, 2 патента, более 20 медалей дипломов и наград)



**Тычкин Андрей Романович, магистрант каф. АУЭС**

- Выполнение научных исследований и экспериментов (более 15 научных статей, победитель и призер многочисленных олимпиад)
- Написание кода клиентской части приложения





# ProEcology

Акселерационная  
программа ИГЭУ

Куликов Филипп Александрович

Контакты:

8-996-516-52-40

[kulikov96@outlook.com](mailto:kulikov96@outlook.com)

Спасибо за внимание!