



Искра Технологии

новый бренд объединенной компании

Расчет параметров схемы замещения ВЛ по данным СВИ

ИСКРАУРАЛТЕЛ

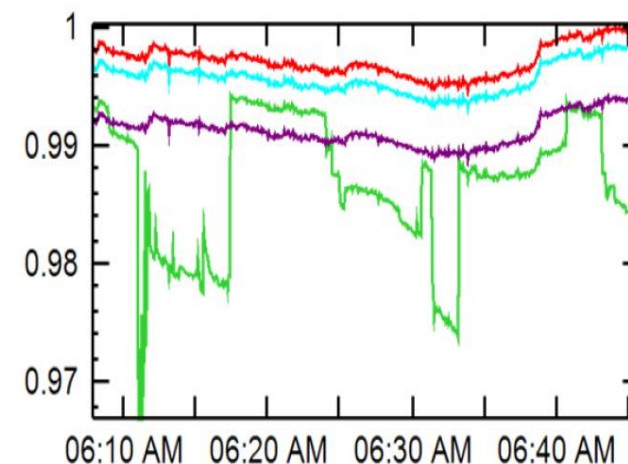
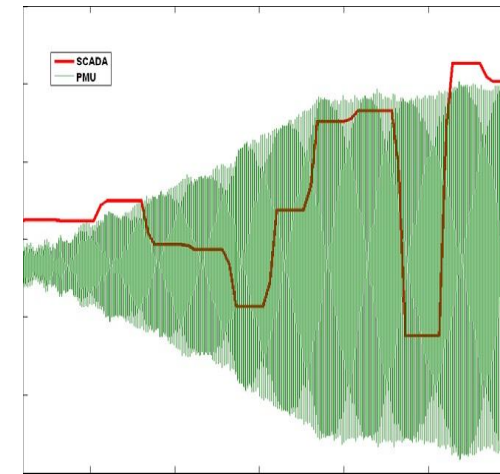
 **RTSoft**

Докладчик: Сизов А.С.
Сентябрь, 2023

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





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
- 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 СМСР (МИП-02А-40.05М)
- Дополнительные мгновенные измерения 200 Гц для идентификации подсинхронных колебаний (WMU – WaveForm Measurement Unit)



Функции и особенности ПТК СМПР (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

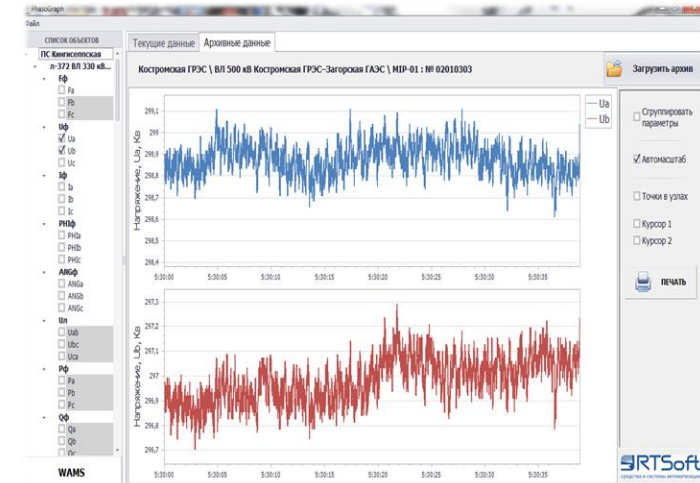


ПО визуализации данных



Функции АРМ инженера:

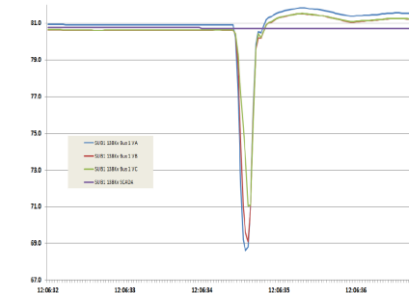
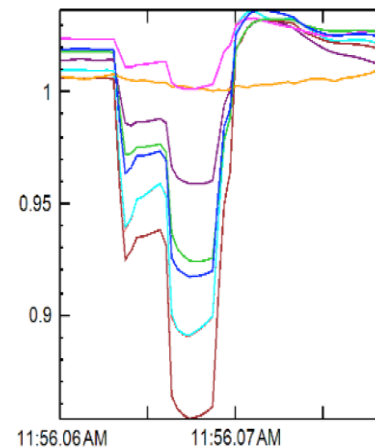
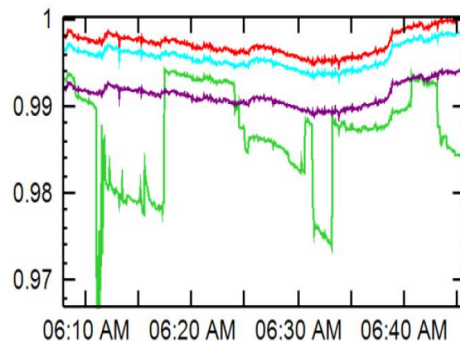
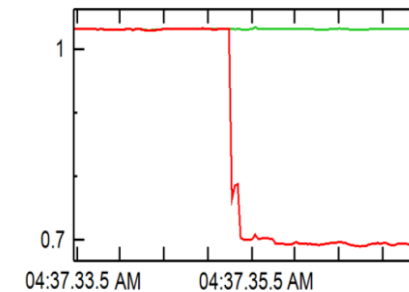
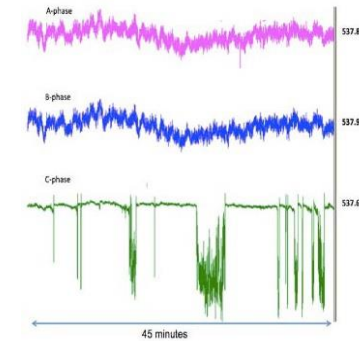
- ✓ Построение графиков поведения параметров:
 - В реальном времени
 - Из архивов
- ✓ Диагностика работоспособности измерителей при работе в режиме реального времени
- ✓ Одновременное отображение графиков поведения различных параметров в одном масштабе
- ✓ Масштабирование, установка курсоров для идентификации точных значений





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
- И другие





ИСКРАУРАЛТЕЛ

Метод расчета параметров схемы замещения ВЛ



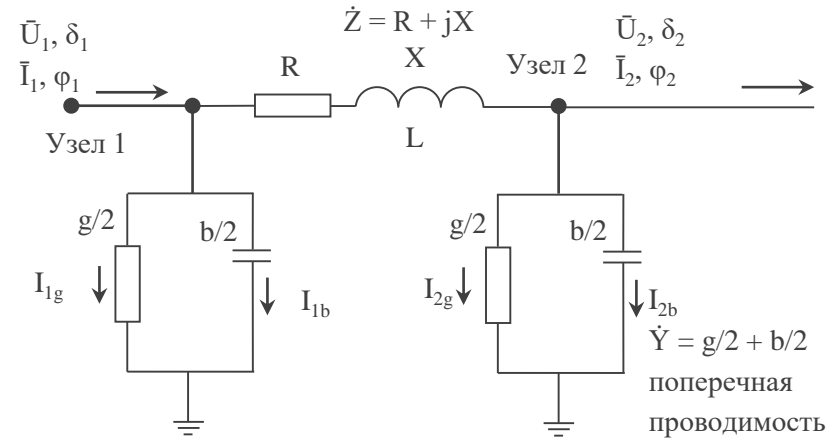
Актуальность задачи расчета

- Отсутствие альтернативных методов расчёта с сопоставимой точностью и оперативностью.
- Разница между паспортными и фактическими значениями параметров схемы замещения ВЛ может достигать 30%, что приводит к ошибкам при выборе уставок РЗА.
- Оперативный мониторинг изменения характеристик ВЛ, позволит предугадать аварийные ситуации.
- Заблаговременный вывод в ремонт износившегося оборудования.

Новый метод не требует отключения ВЛ или применения специальной аппаратуры кроме устройств синхронизированных векторных измерений (УСВИ).



П-образная схема замещения линии



$$(\bar{I}_1 - \bar{U}_1 * \dot{Y}) * \dot{Z} = \bar{U}_1 - \bar{U}_2$$

Закон Ома

$$\bar{I}_1 - \bar{U}_1 * \dot{Y} = \bar{I}_2 + \bar{U}_2 * \dot{Y}$$

Первое правило Кирхгофа

$$\bar{U}_1 * \bar{I}_1 = \bar{U}_2 * \bar{I}_2 + (\bar{U}_1 - \bar{U}_2)^2 / \dot{Z} + \bar{U}_1^2 * \dot{Y} + \bar{U}_2^2 * \dot{Y}$$

Закон сохранения энергии

Прямой расчет параметров

$$\dot{Y} = (\bar{I}_1 - \bar{I}_2) / (\bar{U}_1 + \bar{U}_2)$$

$$\dot{Z} = (\bar{U}_1 - \bar{U}_2) / (\bar{I}_1 - \bar{U}_1 * \dot{Y})$$



Измерение напряжения на концах линии

- поправочные коэффициенты имеют небольшую величину (0,5%)

- характеристики ВЛ при разных режимах работы меняются незначительно



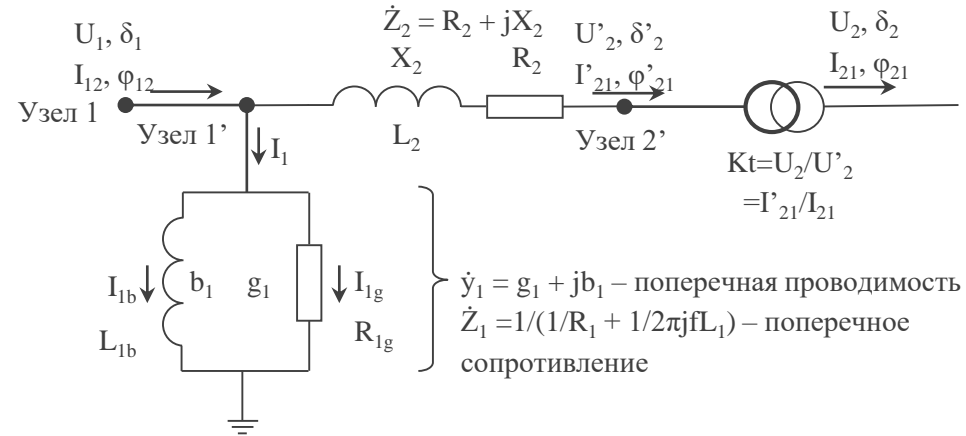
- при измерениях отсутствуют быстрые изменения режима (переходные процессы);

- абсолютные значения рассчитываемых параметров достаточно велики

- разница в режимах работы ВЛ достаточно велика



Г-образная схема замещения трансформатора



$$(\bar{I}_{12} - \bar{U}_1 * \dot{y}_1) * \dot{Z}_2 = \bar{U}_1 - \bar{U}_2 / Kt \quad \text{Закон Ома}$$

$$\bar{I}_{12} = \bar{I}_1 + \bar{I}'_{21} = \bar{U}_1 * \dot{y}_1 + \bar{I}_{21} * Kt \quad \text{Первое правило Кирхгофа}$$

$$\dot{S}_1 = \dot{S}_2 + I'_{21}{}^2 * \dot{Z}_2 + \bar{U}_1{}^2 * \dot{y}_1 \quad \text{Закон сохранения энергии}$$

Прямой расчет параметров

$$\dot{y}_1 = (\bar{I}_{12} - \bar{I}_{21} * Kt) / \bar{U}_1$$

$$\dot{Z}_2 = (\bar{U}_1 - \bar{U}_2 / Kt) / (\bar{I}_{12} - \bar{U}_1 * \dot{y}_1)$$



Расчет параметров линии

Сургутская ГРЭС 2 – ПС Святогор по данным СВИ

Вычисленные параметры ЛЭП	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Активное сопротивление (Ом)	4,085	1,279	3,783
Индуктивное сопротивление (Ом)	43,466	42,766	43,040
Активная проводимость на землю (мкСм)	-0,311	15,840	14,670
Емкостная проводимость на землю (мкСм)	170,500	134,000	116,700
Ток минимального режима (А)	463,109	476,979	484,882
Ток максимального режима (А)	700,237	714,848	736,969

Паспортные параметры ЛЭП

Активное сопротивление линии R	4,06 Ом
Индуктивное сопротивление линии X	43,04 Ом
Емкостная проводимость на землю b	-504,5 microSim



Расчет параметров линии

ПС Восход – ПС Барабинская (290 км) по данным СВИ

Вычисленные параметры ЛЭП	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Активное сопротивление (Ом)	10,121	10,070	10,993
Индуктивное сопротивление (Ом)	94,325	95,590	95,797
Активная проводимость на землю (мкСм)	460,44	376,41	364,35
Емкостная проводимость на землю (мкСм)	-42,294	-104,100	-47,228
Ток минимального режима (А)	91,969	100,485	98,686
Ток максимального режима (А)	134,725	144,397	147,309

Паспортные параметры ЛЭП

Активное сопротивление линии R	8,632 Ом
Индуктивное сопротивление линии X	87,104 Ом
Емкостная проводимость на землю b	1077,405 мкСм

Особенности метода расчета параметров схем замещения ВЛ



- Требуются синхронизированные измерения фазоров напряжения и тока с двух концов ВЛ в двух различных стационарных режимах работы
- Метод учитывает неизвестные векторные ошибки измерительных каналов
- Точность расчета повышается:
 - при увеличении разницы в режимах (при большой разнице передаваемой мощности)
 - при больших абсолютных значениях активного и реактивного сопротивлений линии

Преимущества метода расчета параметров схем замещения ВЛ



- Минимальное количество дополнительных затрат
- Нет необходимости использовать специализированную аппаратуру
- При анализе ВЛ остаётся в работе и не выводится из эксплуатации
- Определение параметров ВЛ без какой-либо информации о геометрии линии и характеристиках используемых проводов
- Оперативное отслеживание изменений характеристик ВЛ, связанных с ремонтами или предаварийными ситуациями
- Точные значения параметров линии позволяют уточнить и скорректировать параметры работы РЗА и ПА



Спасибо за внимание

Контакты:

Сизов Александр Сергеевич
sizov_as@iskratechno.ru

Казаков Павел Николаевич
kazakov_pn@iskratechno.ru

ИСКРАУРАЛТЕЛ

 **RTSoft**