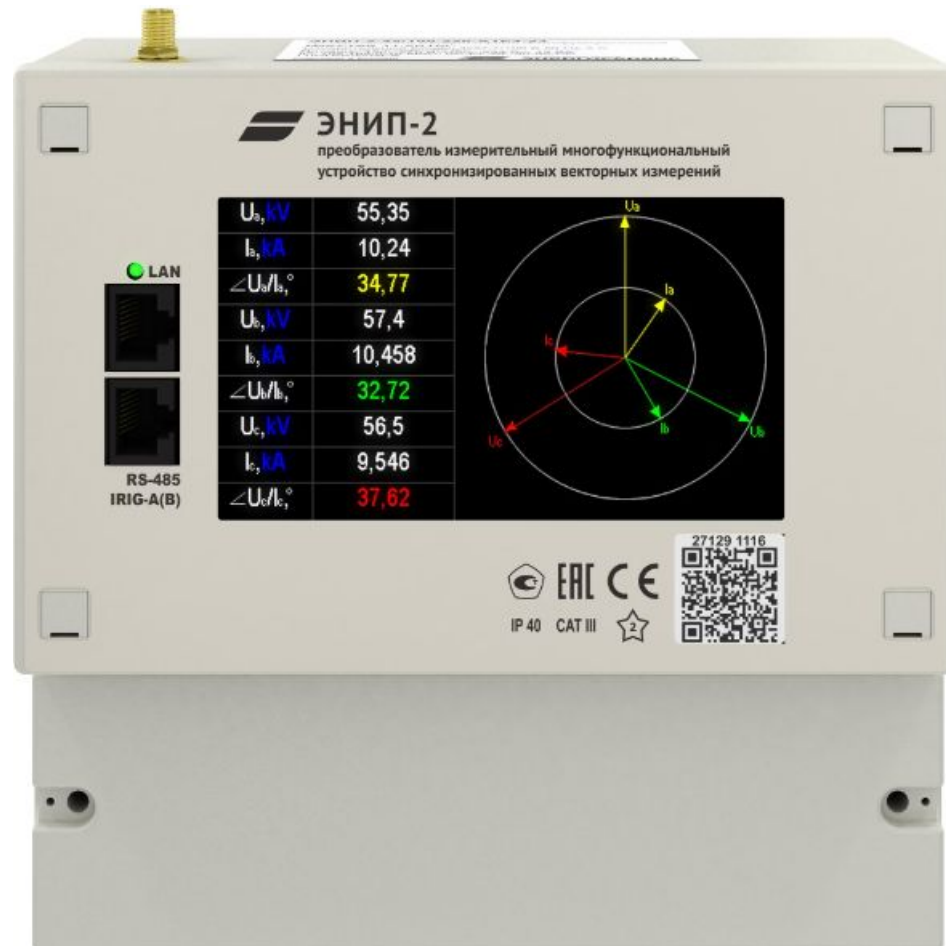


Тестирование устойчивости ПО онлайн обработки данных СВИ

Буторин Руслан Михайлович, 1 курс магистратуры САФУ ,
программист отдела аналитики и обработки данных
ООО «Инженерный центр «Энергосервис».

Научный руководитель: Попов Александр Игоревич, к.т.н.
ведущий инженер-программист отдела аналитики и обработки данных
ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

Синхронизированные векторные измерения



Устройства СВИ (УСВИ) обеспечивают высокоточное измерение векторов тока и напряжения, а также других параметров электрического режима в едином дискретном времени.

Распространение устройств с поддержкой технологии СВИ (УСВИ) привело к повышению наблюдаемости процессов, происходящих в энергосистемах

$$x(t) = X_m(t) \cos(2\pi \int (f_0 + g) dt + \phi)$$

$$X(t) = \frac{X_m(t)}{\sqrt{2}} e^{j(2\pi \int g dt + \Phi)}$$

ПО для обработки данных СВИ

- Инструменты для тестирования соединений с УСВИ и состава передаваемых данных.
- Приложения для отображения сигналов СВИ (таблицы, графики), записи принимаемых данных, выполнения общих процедур анализа сигналов (визуализация, спектральный анализ).
- Программное обеспечение концентраторов векторных данных, агрегирующих потоки нескольких УСВИ.
- Модули прикладного анализа данных СВИ в составе специализированных устройств и информационных систем.

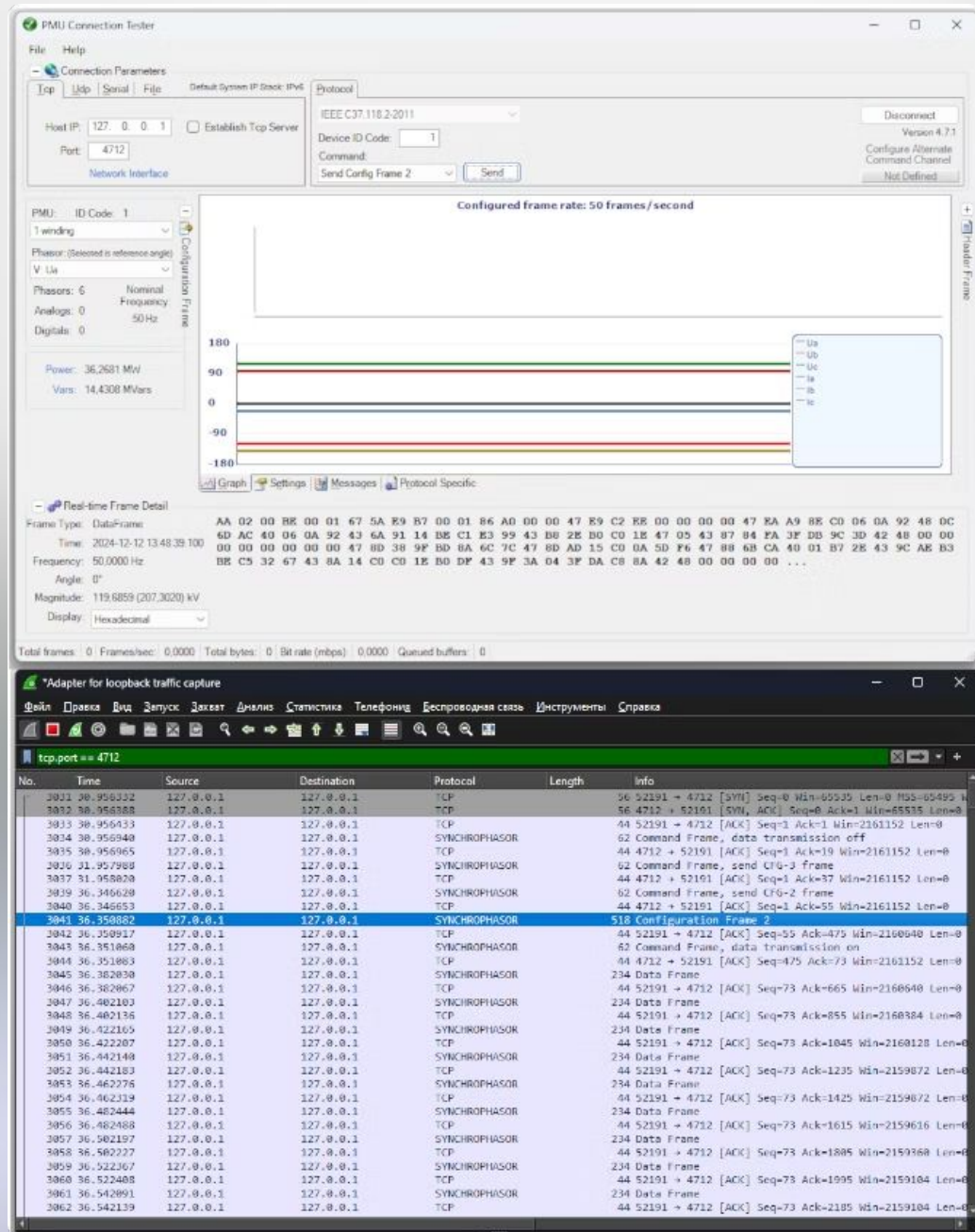
Тестирование

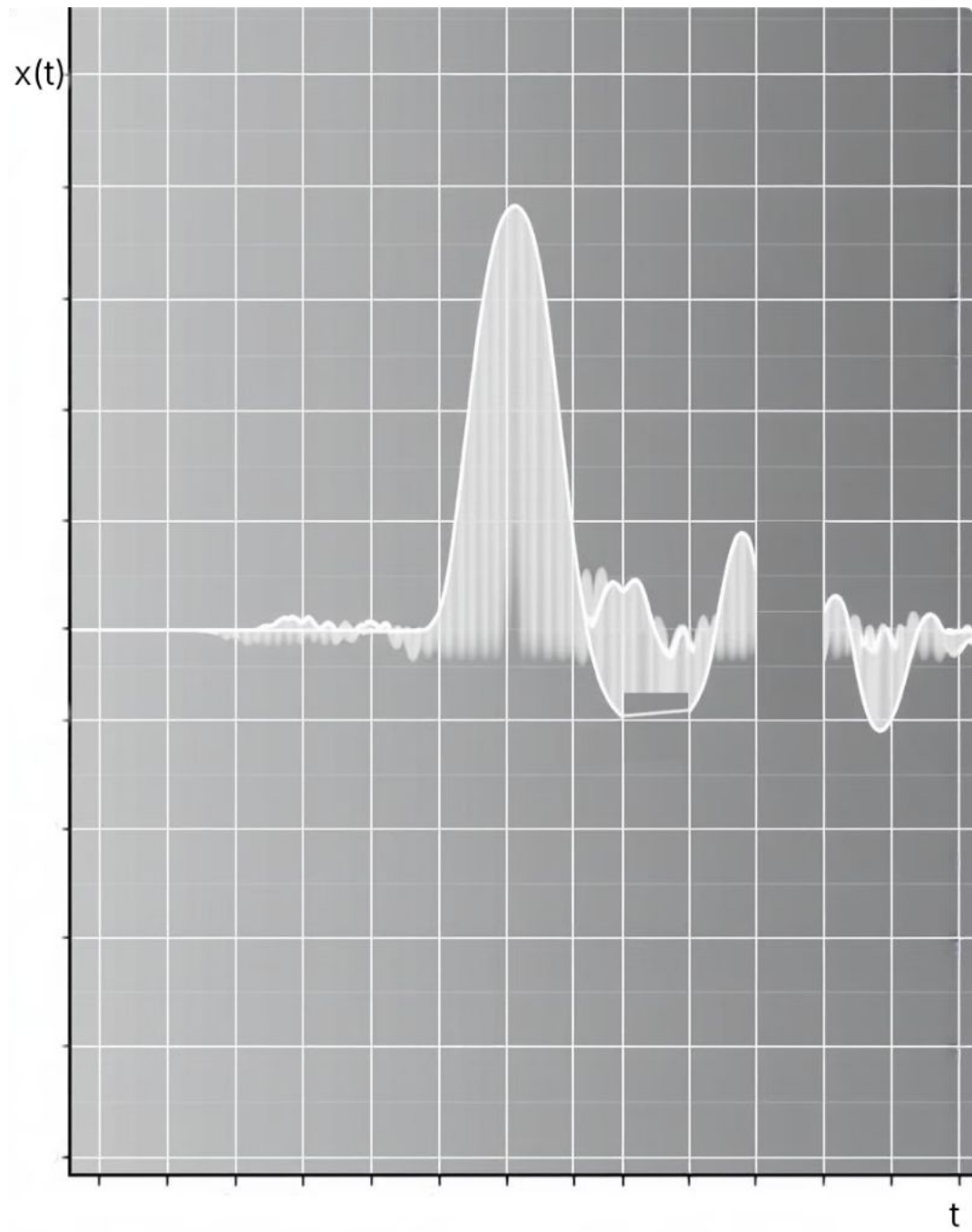
Устойчивость – способность программы стабильно функционировать в условиях воздействия различных факторов неустойчивости.

Анализ потоков команд и данных для выявления узких мест.

Сравнительный анализ с аналогичными программами для оценки эффективности.

Тестирование в условиях длительной работы в различных режимах для выявления ошибок и сбоев.





Имитация "плохих" данных

1

Аномальные значения и динамика измеряемых величин

Включает внезапные скачки, замедления и другие нетипичные изменения в данных, имитируя сбои в измерительном оборудовании или внешних воздействиях.

2

Сдвиги и дребезг меток времени

Имитация задержек передачи данных, случайных смещений и колебаний временных меток для проверки реакции системы на несинхронные данные.

3

Нарушения целостности кадров

Моделирование потери пакетов данных, искажения информации внутри пакетов, что позволяет проверить устойчивость к ошибкам передачи и восстановление данных.

4

Потери связи с источником

Имитация полного разрыва соединения с источником данных для оценки реакции системы на временное отсутствие информации и последующее восстановление связи.

ПО VirtPMU

1

Принципы формирования данных

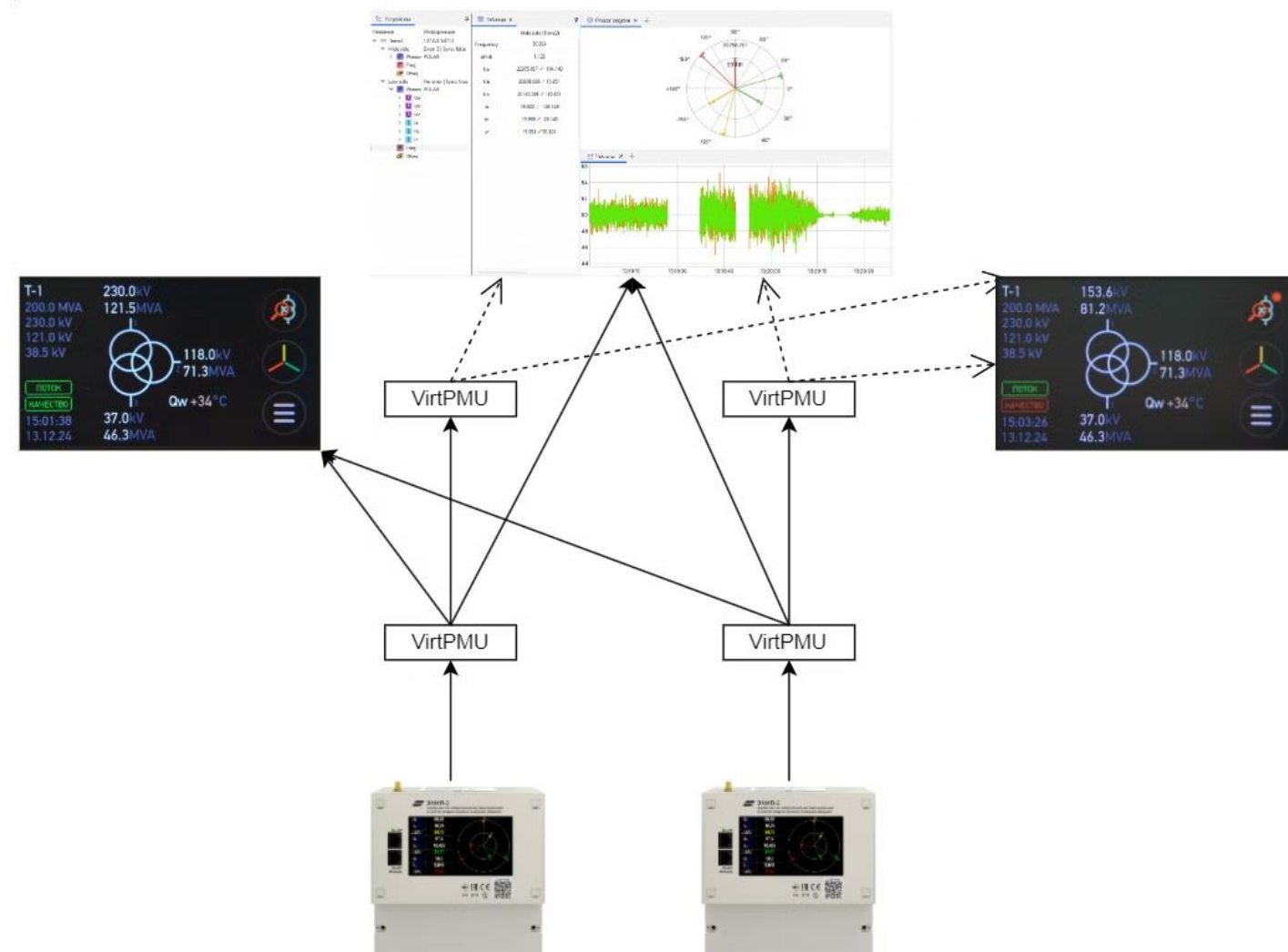
Синтез на основе моделирования, воспроизведение записей, ретрансляция входящих потоков.

Подмена байтов во фреймах, сдвиги и дребезг меток времени, задержка в передаче данных и др.

2

Недостатки

Отсутствие возможности произвольного изменения значений параметров в каналах, меток времени, флагов статуса после установления соединения.



ESPG

- 1 Сохранение конфигурации**
Для последующего повторного использования.
- 2 Добавление шума**
Устанавливается среднеквадратическое отклонение для нормально распределенного шума (среднее значение равно единице). Полученная случайная величина используется как коэффициент для частоты и амплитуды синхровекторов.
- 3 Вставка пропущенных значений**
Используются значения NaN (Not a Number).
- 4 Искажение меток времени**
Вносится постоянное или случайное (дребезг) смещение метки времени – как в прошлое, так и в будущее.
- 5 Несоответствие конфигурации**
Отправка данных, не соответствующих заданной конфигурации.
- 6 Искажение данных**
Имитация искажения отдельных байтов в кадрах данных.

Конфигурация

The screenshot shows the ESPG software interface. On the left is a navigation menu with options: Configuration, Status, Data, Tampering, Connection, Save File, Open file, and Information. The main area is divided into two panes. The left pane is titled 'Connection' and shows 'Settings' with 'Port: 4812' and 'Client' with IP '172.17.1.103'. The right pane is titled 'Трёхобмоточный трансформатор' and contains an 'Idcode:' dropdown set to '1'. Below this is a table with columns 'Name', 'Phasors', 'Analog', and 'Digital'. The table lists three windings, each with 6 phasors and 0 analogs. At the bottom of the right pane, it says 'Configuration size: 474' and has a 'Stop' button.

Name	Phasors	Analog	Digital
1 winding	6	0	0(0)
2 winding	6	0	0(0)
3 winding	6	0	0(0)

*Формат передачи данных СВИ регламентируется стандартом IEEE C37.118.1-2011

Данные

ESPG

- Configuration
- Status
- Data
- Tampering
- Connection
- Save File
- Open file
- Information

Connection

Delta time:

Jitter:

Noise:

Send nan data:

Stop send frames:

Broken:

Fake frame:

Трёхобмоточный трансформатор

	1 winding		2 winding		3 winding
Freq	50,453	Freq	50	Freq	50
Ua.Am(V)	132791	Ua.Am(V)	68101,1	Ua.Am(V)	21380
Ua.Ph(V)	0	Ua.Ph(V)	-3,87	Ua.Ph(V)	-36,46
Ub.Am(V)	132791	Ub.Am(V)	68101,1	Ub.Am(V)	21380
Ub.Ph(V)	-120	Ub.Ph(V)	-123,87	Ub.Ph(V)	-156,46
Uc.Am(V)	132791	Uc.Am(V)	68101,1	Uc.Am(V)	21380
Uc.Ph(V)	120	Uc.Ph(V)	116,13	Uc.Ph(V)	83,54
Ia.Am(C)	304,938	Ia.Am(C)	348,855	Ia.Am(C)	721,2
Ia.Ph(C)	-21,7	Ia.Ph(C)	-22,07	Ia.Ph(C)	-50,53
Ib.Am(C)	304,938	Ib.Am(C)	348,855	Ib.Am(C)	721,2
Ib.Ph(C)	-141,7	Ib.Ph(C)	-142,07	Ib.Ph(C)	-170,53
Ic.Am(C)	304,938	Ic.Am(C)	348,855	Ic.Am(C)	721,2
Ic.Ph(C)	98,3	Ic.Ph(C)	97,93	Ic.Ph(C)	69,47

Data frame size: 190 bytes

Frame send rate: 50

Current time: 13-12-2024 10:28:08.760

Флаги статуса

The screenshot displays the ESPG software interface. On the left is a navigation sidebar with options: Configuration, Status, Data, Tampering, Connection, Save File, Open file, and Information. The main area is divided into three sections:

- Connection:** Shows 'Settings' with 'Port: 4812' and 'Client' with IP '172.17.1.103'.
- Трёхобмоточный трансформатор (Three-winding transformer):** A configuration window with two columns for '1 winding' and '2 winding'. It contains various status flags and dropdown menus for parameters like 'Trigger reason', 'Unlocked time', 'Pmu time quality', 'Data modified', 'Configuration change', 'Pmu trigger detected', 'Data sorting', 'PMU sync', and 'DataError'. A 'Stop' button is located at the bottom.

Parameter	1 winding	2 winding
Trigger reason	Manual	Manual
Unlocked time	Best quality	Best quality
Pmu time quality	Maximum time error 1mc	Maximum time error 1mc
Data modified	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Configuration change	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pmu trigger detected	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Data sorting	time stamp	time stamp
PMU sync	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
DataError	Good measurement data, no errors	Good measurement data, no errors

МИСТ - модуль индикации состояния трансформатора



- Принимает потоки данных СВИ.
- Выполняет вычисления параметров модели трансформатора.
- Оценивает отклонения параметров от допустимых значений.
- Выявляет предупредительные и аварийные режимы, выдаёт сигналы о событиях.
- Формирует отчёты за различные периоды.

МИСТ устанавливается на объекте и должен работать непрерывно в течение длительного времени.

Тестирование МИСТ

ESPG

- Configuration
- Status
- Data

Connection

Delta time:

Jitter:

Noise:

Send nan data:

Stop send frames:

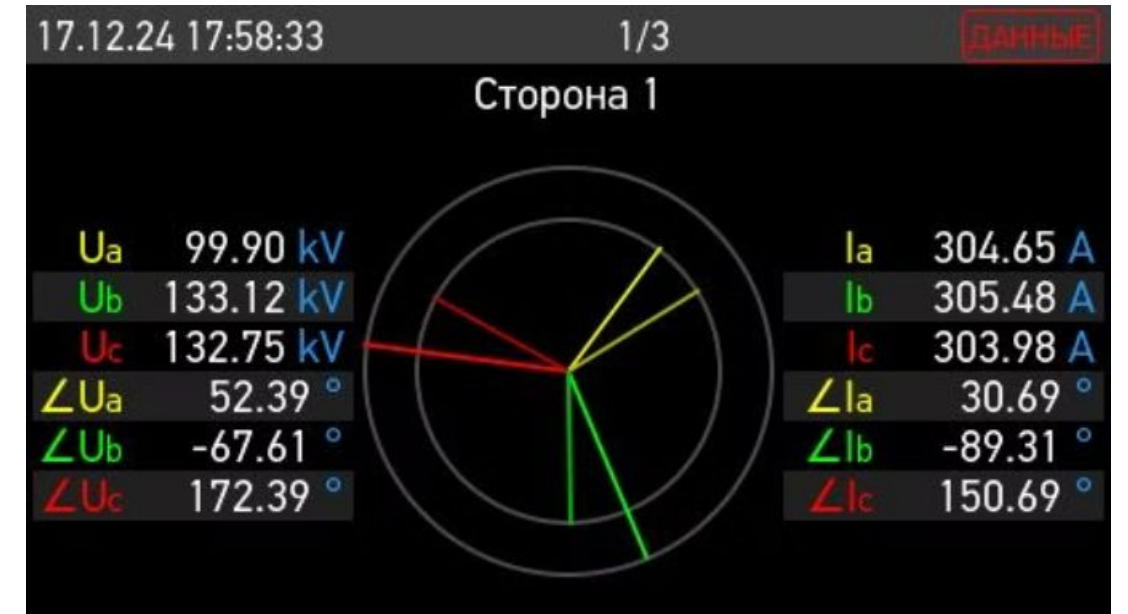
Broken:

Fake frame:

Трёхобмоточный трансформатор

	1 winding		2 winding		3 winding
Freq	50,1	Freq	50,1	Freq	50,1
U _{a.Am} (V)	101687	U _{a.Am} (V)	68101,1	U _{a.Am} (V)	21380
U _{a.Ph} (V)	0	U _{a.Ph} (V)	-3,87	U _{a.Ph} (V)	-36,46
U _{b.Am} (V)	132791	U _{b.Am} (V)	68101,1	U _{b.Am} (V)	21380
U _{b.Ph} (V)	-120	U _{b.Ph} (V)	-123,87	U _{b.Ph} (V)	-156,46
U _{c.Am} (V)	132791	U _{c.Am} (V)	68101,1	U _{c.Am} (V)	21380
U _{c.Ph} (V)	120	U _{c.Ph} (V)	116,13	U _{c.Ph} (V)	83,54
I _{a.Am} (C)	304,938	I _{a.Am} (C)	348,855	I _{a.Am} (C)	721,2
I _{a.Ph} (C)	-21,7	I _{a.Ph} (C)	-22,07	I _{a.Ph} (C)	-50,53
I _{b.Am} (C)	304,938	I _{b.Am} (C)	348,855	I _{b.Am} (C)	721,2
I _{b.Ph} (C)	-141,7	I _{b.Ph} (C)	-142,07	I _{b.Ph} (C)	-170,53
I _{c.Am} (C)	304,938	I _{c.Am} (C)	348,855	I _{c.Am} (C)	721,2
I _{c.Ph} (C)	98,3	I _{c.Ph} (C)	97,93	I _{c.Ph} (C)	69,47

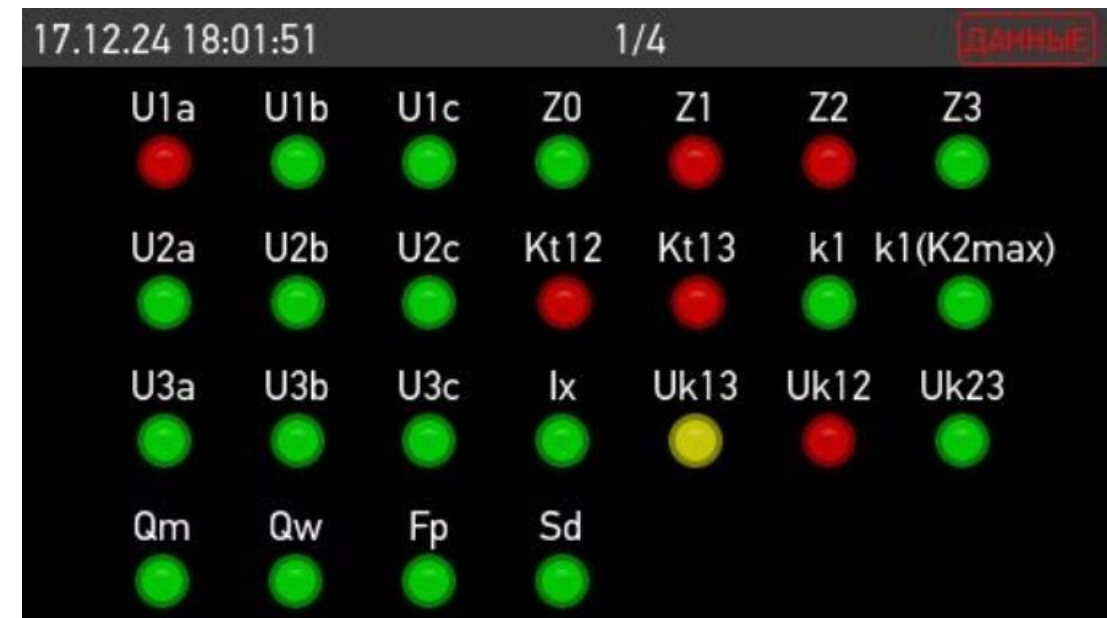
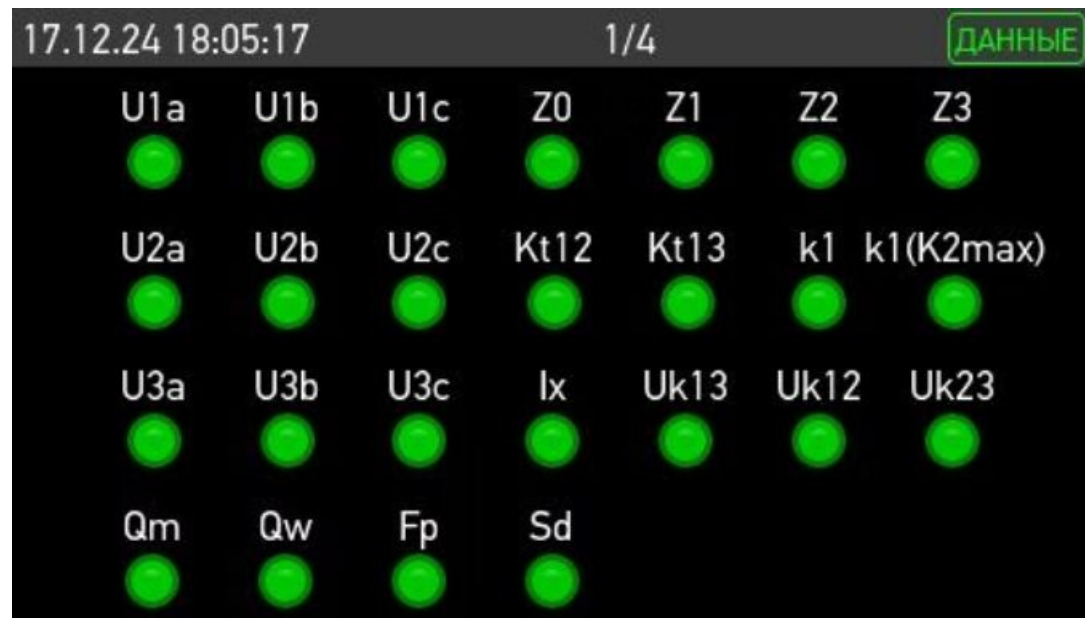
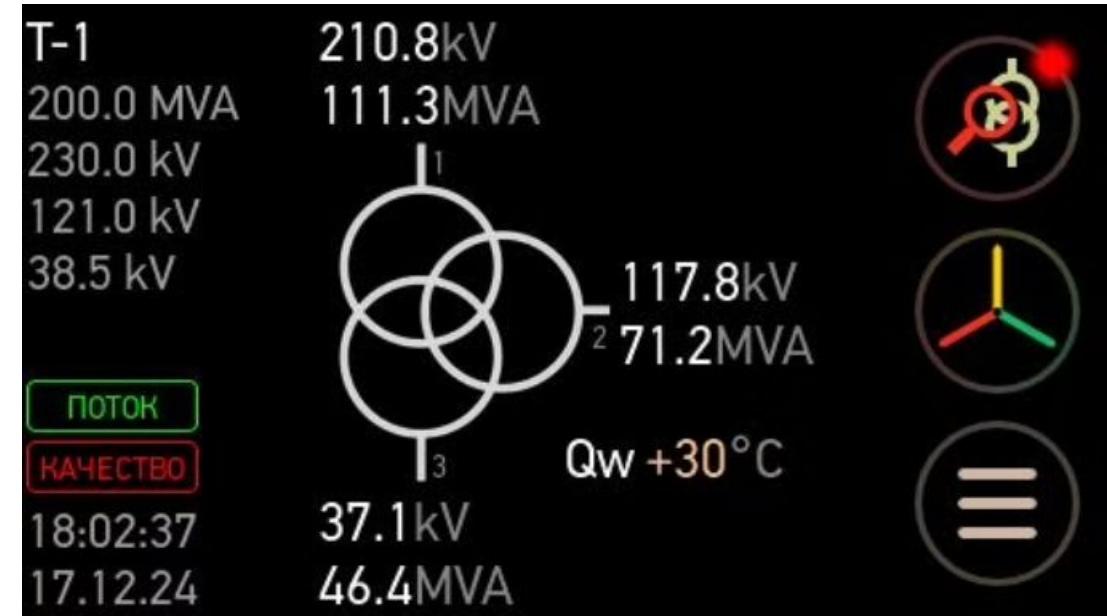
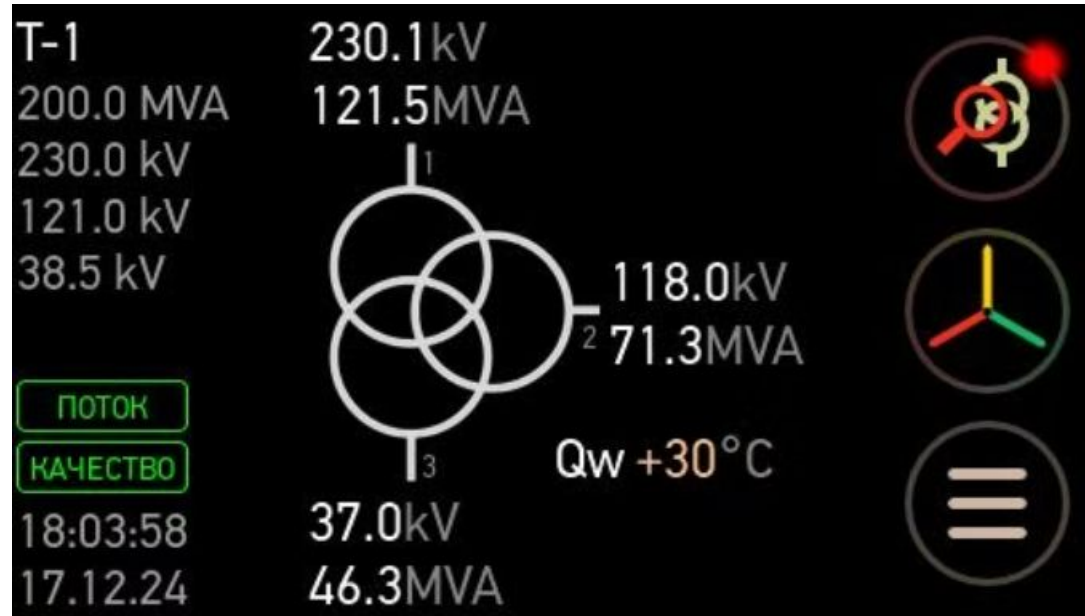
Data frame size: 190 bytes
 Frame send rate: 50
 Current time: 16-12-2024 13:56:40.120



17.12.24 18:00:32 2/2 [ДААННЫЕ]

Валидация: Ток, Напряжение, Частота, Симметрия.

Тестирование МИСТ



Выводы

- При тестировании устойчивости программного обеспечения, обрабатывающего поток измерительных данных, сами входные данные следует рассматривать в качестве одного из факторов нестабильности.
- Разработанный программный инструмент ESPG позволяет динамически формировать произвольные наборы тестовых данных СВИ, что существенно повышает разнообразие тестирования.
- ESPG показал свою эффективность при тестировании ряда приложений и систем, разрабатываемых в ООО «Инженерный центр «Энергосервис».

Спасибо за внимание!

Буду рад ответить на ваши вопросы.

Обратная связь: r.butorin@ens.ru