

**МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО  
ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В РАМКАХ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ****Лебедев Владимир Дмитриевич**

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматического управления электроэнергетическими системами Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина (ИГЭУ)

**Яблоков Андрей Анатольевич**

Кандидат технических наук, доцент кафедры автоматического управления электроэнергетическими системами Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина (ИГЭУ)

**Филатова Галина Андреевна**

Кандидат технических наук, доцент кафедры автоматического управления электроэнергетическими системами Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина (ИГЭУ)

**Панащатенко Антон Витальевич**

инженер проектов ООО НПО «Цифровые измерительные трансформаторы» (можно просто ООО НПО «ЦИТ»)

**Петров Алексей Евгеньевич**

студент первого курса магистратуры по направлению электроэнергетика и электротехника с направленностью (профилем) – Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем кафедры автоматического управления электроэнергетическими системами Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. В.И. Ленина, Иваново, Россия

**Аннотация:** Статья посвящена разработке и исследованию мультифункциональной системы на основе цифровых измерительных трансформаторов. Мультифункциональная система включает в себя функции измерения, коммерческого учёта, диагностики релейной защиты и в полной мере позволяет реализовать преимущества цифровых трансформаторов тока и напряжения. Предложена концепция обмена данных в рамках цифровой подстанции при наличии мультифункциональной системы.

**Ключевые слова:** Цифровая подстанция, МЭК 61850, цифровые измерительные трансформаторы тока и напряжения, мультифункциональная система

**Abstract:** The article is devoted to the development and research of a multifunctional system based on digital measuring transformers. The multi-functional system includes the functions of measurement,

*commercial accounting, relay protection diagnostics and allows you to fully realize the advantages of digital current and voltage transformers. The concept of data exchange within a digital substation in the presence of a multifunctional system is proposed.*

**Keywords:** Digital substation, IEC 61850, digital current and voltage measuring transformers, multifunctional system

**Актуальность.** В связи с развитием электрических систем, характеризующимся в основном ростом единичных мощностей агрегатов и блоков, повышением напряжения и пропускной способности линий электропередачи, а также интенсификацией использования оборудования необходимо решить ряд проблем, обусловленных требованием к высокой степени автоматизации процессов генерации, распределения и потребления электроэнергии, а также повышением и усложнением требований к техническому совершенству и надежности функционирования устройств диагностики, релейной защиты, автоматики и коммерческого учета.

Общий вектор развития современной электроэнергетики – это создание цифровой подстанции (ЦПС), однако на практике с самим определением концепции ЦПС и принципами организации и обеспечения надежного функционирования традиционных для подстанции систем (РЗ, ПА, АСУ ТП и др.) пока остается не мало вопросов. Недостаточно проработан вопрос по обеспечению информационной безопасности в случае массового применения цифровых защит и ЦПС, уязвимости программного обеспечения на действующем оборудовании. Не обозначены возможности совместной работы цифровых систем РЗА с традиционными системами, установленных на смежных ПС. В первую очередь это относится к обеспечению совместной работы дифференциально-фазных и продольных дифференциальных защит ЛЭП, выполненных на разных элементных базах.

С выходом в 2017 году измененных Норм технологического проектирования (НТП) [1] ПС 35-750 кВ ФСК (от 25.08.2017) ЦПС определяется как подстанция (ПС) с высоким уровнем автоматизации, в которой практически все процессы информационного обмена между элементами ПС, а также управление работой ПС осуществляется в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850. Кроме того, НТП предполагает обязательным использование цифровых ТТ и ТН с поддержкой протокола МЭК-61850-9-2.

Переход к передаче сигналов в цифровом виде на всех уровнях управления ПС позволит получить целый ряд преимуществ, в том числе:

- существенно сократить затраты на кабельные вторичные цепи и каналы их прокладки;
- повысить помехоустойчивость вторичных цепей благодаря переходу на цифровую связь с использованием для передачи медных кабелей, а при больших расстояниях, больших скоростях и неблагоприятной электромагнитной обстановке – оптоволоконной среды;
- упростить и удешевить конструкцию микропроцессорных устройств за счет исключения трак-

тов ввода аналоговых сигналов;

- унифицировать интерфейсы устройств, существенно упростить взаимозаменяемость этих устройств, в том числе разных производителей;
- унифицировать процессы проектирования, внедрения и эксплуатации подстанции.

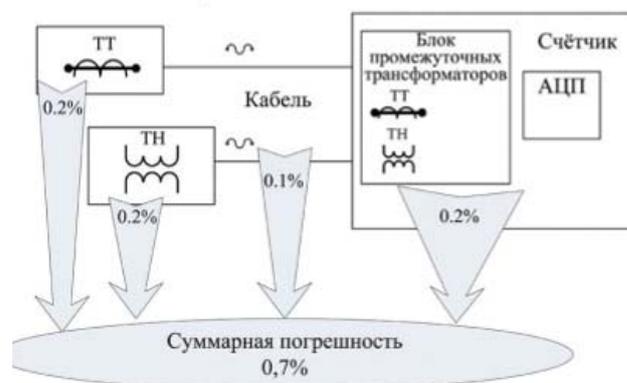
В связи с сформированными требованиями целью работы явилось создание multifunctionальной системы (МФС) для ЦПС на основе цифровых трансформаторов тока и напряжения (ЦТТН) [2, 3], выпускаемых ООО НПО «Цифровые измерительные трансформаторы» совместно с Ивановским государственным энергетическим университетом. Входящие в состав системы функции (измерения, диагностика, РЗА и др.) будут удовлетворять следующим требованиям: высокая точность измерений; быстроедействие; селективность; интеграция в общую концепцию Smart Grid; надежность; автономность и другие.

Преимущества использования МФС на основе ЦТТН: АИИСКУЭ

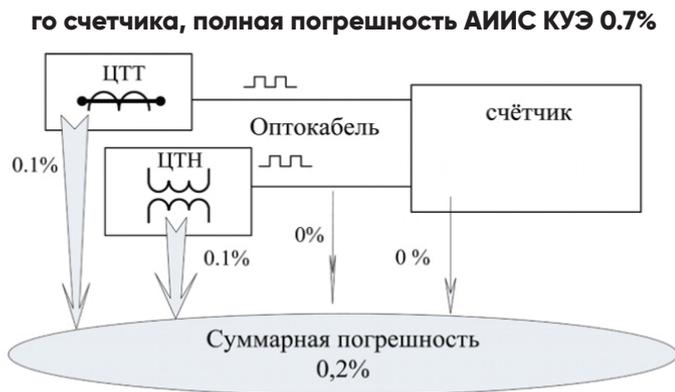
ЦТТН имеют несколько датчиков (преобразователей) тока и напряжения. Несколько датчиков (цифровых каналов) на различных принципах позволяют:

- Повысить точность измерения мгновенных значений в переходных режимах;
- Осуществить резервирование;
- Снизить погрешность расчета и повысить быстроедействие получения векторных величин тока.

При этом выходным сигналом трансформатора является цифровой сигнал по протоколу МЭК-61850. Данный подход позволяет существенно снизить погрешности измерений (например, для АИИС КУЭ) по сравнению с традиционным подходом (при использовании электромагнитного трансформатора)



**Рисунок 1 – Традиционная измерительная система: погрешность обусловлена стандартными высоковольтными трансформаторами тока и напряжения (0.2s, 0.2), аналоговыми вторичными цепями (0.1), промежуточными трансформаторами тока, напряжения (0.2) на входе АЦП в составе микропроцессорно-**

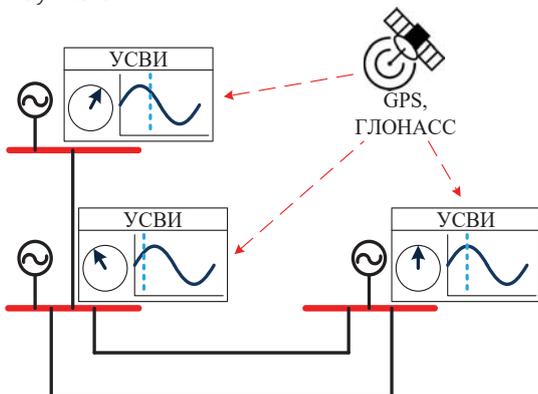


**Рисунок 2 – Измерительная система с ЦТН: погрешность обусловлена цифровыми высоковольтными трансформаторами тока и напряжения (0.1s, 0.1), цифровые данные подаются по оптоволокну непосредственно на микропроцессор счетчика и погрешностей не вносят, полная погрешность АИИС КУЭ составляет 0.2%**

за счет отсутствия потерь (погрешностей) соединительных кабелей и промежуточных трансформаторов тока и напряжения непосредственно в счетчиках или других подключаемых устройствах (рисунок 1 и 2) [4].

Преимущества использования МФС на основе ЦТН: векторные измерения

В настоящее время все более широко применяются устройства синхронизированных векторных измерений (УСВИ). Эти устройства рассчитывают значения векторов тока и напряжения в строгой «привязке» к временным меткам систем ГЛОНАСС/GPS, а также определяют значение и скорость изменения частоты. Принцип расчета СВИ представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Рисунок, поясняющий принцип расчета СВИ**

На основе рассчитываемых УСВИ данных диспетчер, например, может оценить такой важный параметр как угол  $\delta$  между двумя различными узлами энергосистемы. Однако применение векторных измерений на этом не ограничивается, с их помощью потенциально можно решать многие важные задачи [5, 6], благодаря чему все большее количество производителей передового энергетического оборудования уделяют внимание реализации алгоритмов СВИ. Создаваемые сегодня цифровые измерительные трансформаторы не являются исключением.

В отличие от традиционных измерительных систем в состав цифровых измерительных трансформаторов входят электронные блоки, на базе которых могут выстраиваться multifunctional systems (МФС). Одной из функций МФС может стать расчет и представление на верхний уровень параметров, регламентируемых стандартом IEEE C37.118 (синхронизированные вектора тока и напряжения, частота, скорость изменения частоты, параметры, определяющие достоверность расчета [7]). Реализация указанного выше протокола, позволит МФС стать полноценным источником информации на вновь возводимых и реконструируемых до уровня цифровых подстанциях.

Стоит отметить что, инновационные первичные датчики, применяемые в составе цифровых измерительных трансформаторах, имеют ряд преимуществ для реализации алгоритмов СВИ. Метрологические характеристики датчиков тока позволяют рассчитывать более точные значения СВИ, как в нормальных, так и в аварийных режимах. Этого удастся достичь за счет применения малогабаритных трансформаторов тока, имеющих высокие показатели точности (в ходе испытаний показали класс точности 0,05). Также в состав цифровых трансформаторов входят пояса Роговского, не подверженные явлениям насыщения и остаточной намагниченности, расчет СВИ по данным этого датчика может стать важным преимуществом при построении систем релейной защиты и автоматики, в том числе межсистемной.

Применяемые в составе цифровых трансформаторов резистивные делители напряжения не зависят от колебаний температуры, что с учетом специфики СВИ может оказаться крайне важно. УСВИ располагаются в различных точках энергосистемы и могут находиться в различных климатических условиях, даже находясь по разным концам одной линии, в этом случае зависимость показаний устройств от температуры может пагубно сказаться на точности расчетов относительных параметров. Дополнительно стоит отметить, что цифровые трансформаторы имеют возможность измерения постоянного тока и напряжения, это может стать плюсом при организации СВИ в системах, использующих постоянный ток.

Благодаря использованию оптических каналов связи, а также при реализации алгоритмов СВИ непосредственно в электронных блоках цифровых трансформаторов, удастся снизить влияние электромагнитных наводок. Реализация алгоритмов СВИ в электронных блоках цифровых трансформаторов позволит получить информацию нового качества без применения дополнительных устройств, информация напрямую будет передаваться в концентраторы синхронизированных векторных данных.

Цифровой трансформатор можно будет рассматривать, как самостоятельную единицу при построении динамично развивающихся систем WAMS (Wide Area Measurement System), в России WAMS имеют название - СМГР (системы мониторинга переходных режимов) [8], а также систем WAMPACS (Wide Area

Monitoring, Protection, and Control Systems). Внедрение этих систем позволит значительно увеличить качество мониторинга и управления энергосистемами.

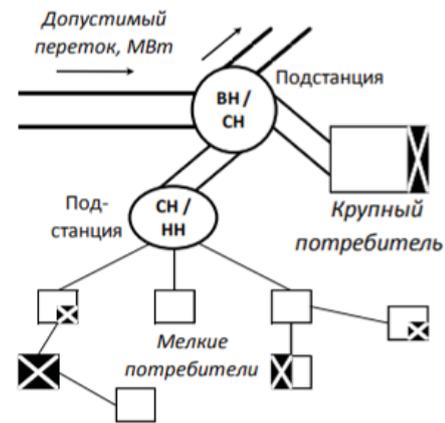
Преимущества использования МФС на основе ЦТТН: РЗиА

Не менее очевидны преимущества использования ЦТТН и для целей релейной защиты и автоматики, например, специальной автоматики и ОМП. Использование нетрадиционных датчиков тока позволяет исключить насыщение апериодической составляющей тока КЗ и существенно повысить точность измерения в широком диапазоне изменения первичных величин, в том числе, частотном.

Инновационная конструкция ЦТТН и их компактные размеры позволяет установить ЦТТН с измерительной системой, например, на границах балансовой принадлежности, там, где раньше это не представлялось возможным, например, непосредственно на опоре ЛЭП. Это дает дополнительные возможности для реализации систем релейной защиты и автоматики, например, систем распределенного ОМП или специальной автоматики отключения нагрузки [9] (рисунок 4).

Потребность в отключении нагрузки (ОН) существует не только в магистральных, но и в распределительных сетях, зачастую недостаточно оснащенных системами измерения. При ОН существует дискриминация крупных потребителей, которые в основном и заводятся под отключение (рисунок 4, а). Конфигурация и разветвленность сети может усложнить выбор состава управляющих воздействий на ОН. Не учитываются задачи ОН (для разных классов напряжения, для магистральных и распределительных сетей, для задач динамической, статической устойчивости, токовой перегрузки), которые влияют на выбор управляющих воздействий.

При наличии систем распределённого интеллектуального контроля (рисунок 4, б) возможно отслеживание режимов и перетоков мощности в сетях любой конфигурации и любого класса напряжений практически с любой частотой опроса. При этом первичный анализ информации происходит непосредственно в системе учета, установленной на ЦТТН.

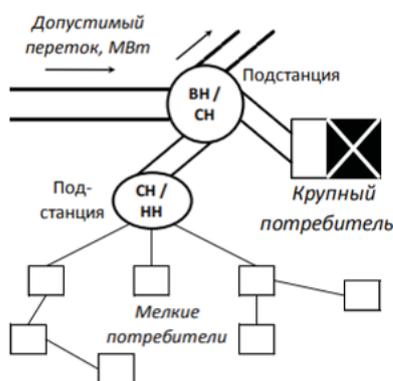


**Рисунок 4.а – Отключение нагрузки при перегрузках связей (распределённое отключение нагрузки)**

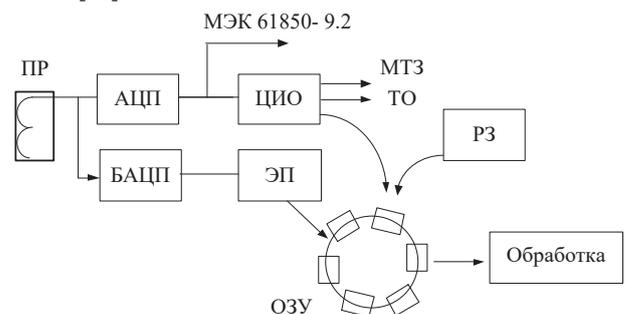
Циклически анализируется текущая нагрузка связей контролируемой подсистемы: полученные значения перетоков сравниваются с величиной максимально допустимых перетоков и, в случае превышения, фиксируется перегрузка одной или более связей. Далее при перегрузке хотя бы одной связи запускается алгоритм расчета оптимального состава и объема ОН и рассчитывается управляющее воздействие, содержащее оптимальные объемы отключений для узлов нагрузки контролируемой подсистемы.

При этом возможно выборочное отключение отдельных электроприемников (вместо полного отключения потребителя), обеспечение живучести энергорайонов энергосистемы в случае тяжелой системной аварии при неблагоприятном стечении обстоятельств. обеспечение надежного электроснабжения ответственных инфраструктурных потребителей в случае тяжелой аварии и увеличение объемов подключаемых потребителей.

Возможности точной передачи сигнала с практически любой частотой выборки предполагает внедрение систем волнового ОМП на основе ЦТТН (рисунок 5). Волновые методы обладают наибольшей точностью среди дистанционных средств ОМП, однако их реализация на основе традиционных трансформаторов за счет их частотных и амплитудных характеристик ведет на практике к погрешностям волнового ОМП, сопоставимым с погрешностями методов на основе замера параметров аварийного режима [10].



**Рисунок 4.а – Отключение нагрузки при перегрузках связей (традиционное решение, частичное отключение крупной нагрузки)**



**Рисунок 5 – Вариант выполнения алгоритма ОМП на основе ЦТТН**

Не представляет затруднений организации дополнительных блоков в составе МФС, например, быстросействующего АЦП (БАЦП) с частотой выборок порядка 10 МГц. При этом нет необходимости обмениваться таким количеством данных с внешними устройствами в online-режиме (например, при двухстороннем волновом ОМП). Запись потока данных может вестись в циклическом буфере обмера (или ОЗУ), а считывание аварийной осциллограммы будет происходить по «запросу» от РЗ или от цифрового измерительного органа (ЦИО) непосредственно в составе МФС.

**Общие вопросы организации ЦПС при наличии ЦТТН**

Последнее время широкое распространение получила идея создания цифровой подстанции, когда измерения передаются к терминалам РЗА и контроллерам присоединений в цифровом виде по протоколу МЭК 61850-9-2LE, а сигналы телеуправления/телесигнализации передаются GOOSE-сообщениями (рисунок 6).

В данном варианте мы получаем коммуникационную шину (т.н. шину процесса) между первичным оборудованием и терминалами РЗА, которая может влиять на корректность и скорость работы цифровых терминалов РЗА. Уже проводился ряд исследований, которые, путем моделирования различных топологий шины процесса и вариантов ее загрузки, показали неизбежность возникновения задержек при передаче данных и даже возможных потерь пакетов данных.

При этом возможны следующие проблемы и ограничения [11, 12]:

- обеспечение надежности доставки информации к терминалу РЗА, т.е. вопросы, касающиеся резервирования и физической сегментации шины процесса;
- ограниченная пропускная способность шины

процесса, что ведет к необходимости применения логической сегментации;

- обеспечение синхронизации времени, причем к этому вопросу можно отнести как саму точность синхронизации в 1 микросекунду, так и ее бесперебойность;
- искажение сигнала или потеря пакетов данных – бороться можно только путем изменения физической топологии сети.
- определение рамок надежной работы алгоритма защиты при искажении входного сигнала или потере пакетов данных, что в свою очередь выразилось в появлении новых уставок в терминалах РЗА и ряде рекомендаций от разработчиков;
- адаптация существующего алгоритма терминала под ЦПС.

Возможные временные задержки сигнала [11] при реализации РЗ для ЦПС представлены на рисунке 7.

Схематически обмен данными между устройствами при этом можно изобразить следующим образом (рисунок 8).

Перенос части функций РЗА (например, защит относительной селективности и одностороннего ОМП) непосредственно в блок ЦТТН позволяет сократить связь «ИЭУ – выключатель» и возможные перегрузки шины процесса потоками данных от различных присоединений (рисунок 9).

При этом общая структурная схема ЦПС может быть представлена согласно рисунку 10.

**К вопросу кибербезопасности**

Важность отрасли электроэнергетики для существования, жизнеобеспечения и развития государства и общества, а также специфика процессов, происходящих в электроэнергетических системах, связанных с непрерывностью производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии, приводит к повышенной значимости задач по обеспечению

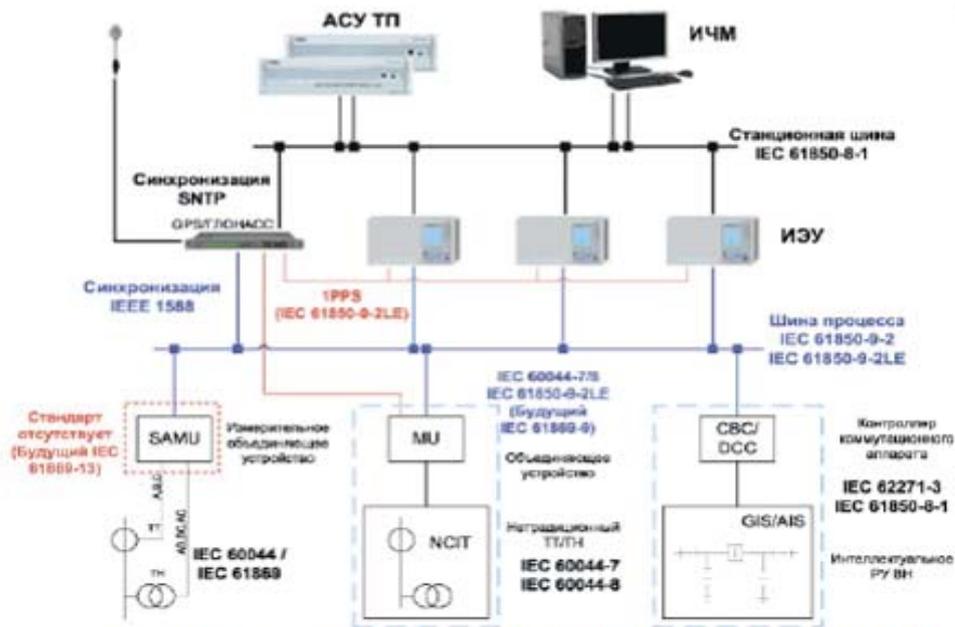
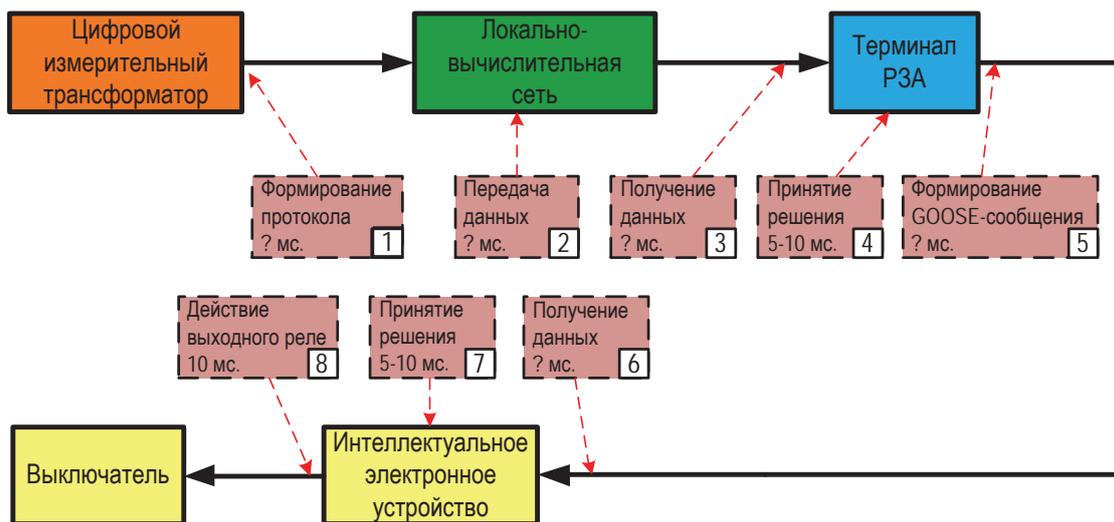


Рисунок 4.1 – Международные стандарты МЭК в рамках ЦПС

Рисунок 6 – Международные стандарты МЭК в рамках ЦПС



**Рисунок 7—Схема передачи сигналов на ЦПС**

безопасности электроз безопасности электроэнергетических систем и электроэнергетических объектов.

Вопросы кибербезопасности современных электроэнергетических объектов, оснащенных цифровыми системами мониторинга, управления, релейной защиты и противоаварийной автоматики становятся все более актуальными ввиду новизны проблемы [13, 14].

С точки зрения кибербезопасности можно выделить 3 особенности цифровой подстанции (по сравнению с аналоговой), реализующие преимущества ЦПС и, в то же время, являющиеся потенциально уязвимыми пунктами в структуре ЦПС:

– замена большинства физических аналоговых и дискретных связей (токовые цепи, цепи напряжения, оперативные цепи) цифровыми. При использовании цифрового кабеля по паре оптических волокон можно передавать тысячи и даже десятки тысяч различных сигналов.

– повсеместное использование микропроцессорных устройств, обладающих вычислительным ресурсом. В традиционных подстанциях, функционал шкафа РЗА или ПА был ограничен количеством вмещаемых внутри него устройств вторичных коммутаций (клемм, реле, ключей, испытательных блоков и т.п.). В цифровой подстанции, имеется возможность одновременного выполнения на мощном современном микропроцессорном устройстве большого количества функций, чем было ранее.

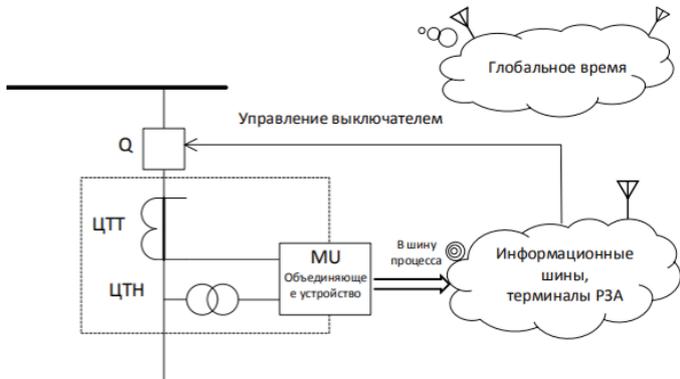
– применение цифровых трансформаторов тока и напряжения, преобразующих аналоговые параметры в цифровую форму непосредственно в комплексе технических средств, относящихся к цифровому трансформатору тока или напряжения.

Перечислим особенности при реализации большого числа функций (РЗА, АИИСКУЭ, СВИ) в одной МФС на основе ЦТТН:

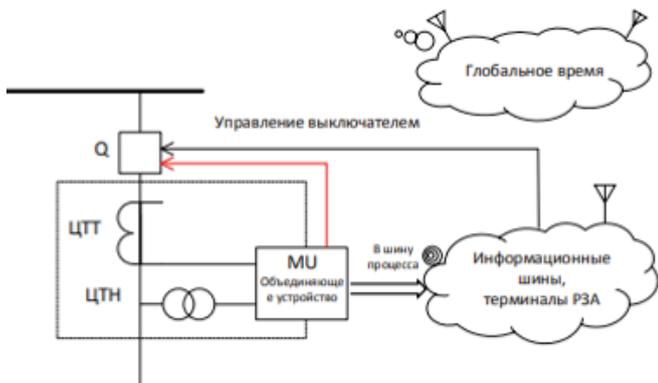
– наличие критически-важных функций (в первую очередь, РЗА) непосредственно в составе МФС. При этом МФС и ЦТТН являются отдельным комплексным устройством, передача сигнала (например, на отключение выключателя) передается непосредственно на высоковольтный объект, находящийся на ОРУ, по отдельному каналу, минуя информационные шины.

– Дублирование части функций (например, РЗА) в составе МФС, при наличие дополнительных интеллектуальных устройств (например, отдельных устройств защиты абсолютной селективности, связанных каналами связи).

Если все устройства РЗА, ПА, системы управления первичным оборудованием будут выполнены на цифровой базе и будут объединены в единую информационно-управляющую систему, то результатом кибератаки может быть полная потеря управляемости энергообъектом или заведомо ложное управление.



**Рисунок 8 – Обмен данными в рамках ЦПС при наличие управления выключателем от терминала РЗА**



**Рисунок 9 – Обмен данными в рамках ЦПС при наличие функций РЗА в составе ЦТТН**

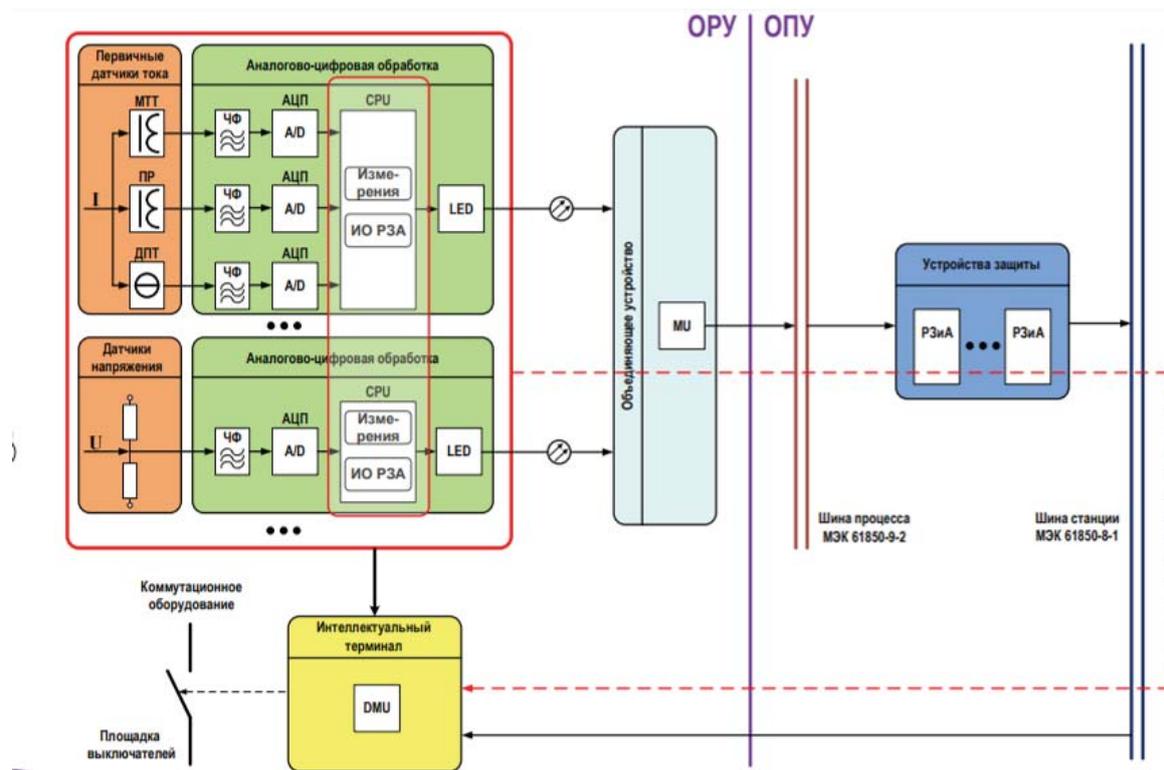


Рисунок 10 – Структурная схема ЦПС

Если несколько смежных подстанций подвергнется целенаправленной кибератаке, то вполне возможны случаи полного обесточивания значительной группы потребителей (включая ответственных). При этом классические средства дальнего резервирования на смежных цифровых подстанциях могут быть также неработоспособны по все той же причине [15]. Наличие отдельных функций, реализованных в МФС, и принимающих сигналы только от цифрового трансформатора, позволяет сохранить критически-важные функции даже при массовой направленной кибератаке и при нарушении или отсутствии каких-либо шин или каналов обмена между устройствами ЦПС.

– Возможно разделение информационных потоков различных подсистем на физически не связанные сегменты коммуникационных сетей передачи данных внутри энергообъекта.

– Для ответственных функций (передача сигнала на отключение от МФС) возможно применение упрощенных узкоспециализированных протоколов обмена информации, которые не позволяют передавать несанкционированную информацию.

– Первичная обработка данных, предназначенных для передачи в другие устройства, может происходить непосредственно в блоке МФС. Отсутствие в необходимости передачи большого числа значений величин (например, мгновенных), и преобразование в необходимую форму или результат предварительных вычислений (аналогично описанному выше алгоритму волнового ОМП) позволит разгрузить каналы передачи данных и предотвратит возможные задержки при передаче информации.

Закключение. Несомненные преимущества реализации и повсеместного внедрения ЦПС в элек-

троэнергетическое хозяйство страны, порождают, однако, многочисленные споры и вопросы в реализации и обеспечении базовых требований к объектам электроэнергетики, в первую очередь, надежности и безопасности. Дополнительного исследования требуют как вопросы реализации традиционных для подстанции систем (управления, РЗА и др.), так и вопросы внедрения нового первичного и вторичного оборудования, ориентированного исключительно для ЦПС, в том числе, ЦТТН.

В статье приведен анализ преимуществ и возможностей ЦТТН для реализации основных систем функционирования и управления на ЦПС, в том числе РЗА, АИИСКУЭ, СВИ и других. Предложена концепция МФС на основе ЦТТН, реализуемой непосредственно с устройством самого цифрового трансформатора, и передающей сигналы на высоковольтное оборудование, минуя шины и каналы связи. Рассмотрены вопросы кибербезопасности ЦПС, с точки зрения применения предложенной МФС.

### Список литературы

1. СТО 56947007-29.240.10.248-2017. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС). Стандарт организации. Дата введения: 25.08.2017
2. V.D. Lebedev, A.A. Yablokov, "Studies in electromagnetic compatibility of optical and digital current and voltage transformers," IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (MSE), 2017, Vol. 177, pp. 1-9, DOI: 10.1088/1757-899X/177/1/012099.
3. Yablokov, G. Filatova, A. Timofeev, "Using of non-traditional current and voltage sensors for the fault location," MATEC Web of Conferences 141, 01058 (2017).

DOI: 10.1051/mateconf/201714101058.

4. Лебедев В.Д., Гречухин М.А. Стратегия и технические решения по обеспечению цифровыми ТТ и ТН метрологии и надёжности систем РЗА и учёта электроэнергии на подстанциях 110–220 кВ, Релейная защита и автоматизация, 2012, №3, С. 58–62.

5. Небера А.А. Прикладные вопросы применения векторных измерений параметров электрического режима. Сборник докладов 3-й МНТК «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем», Санкт-Петербург, 2011.

6. J. Sykes, K. Koellner, W. Premerlani, B. Kasztenny, M. Adamiak, "Synchrophasors: a primer and practical applications," in Proc. Power System Conf. : Advanced Metering, Protection, Control, Communication, and Distributed Resources, Chemson, SC, USA, 2007.

7. IEEE Standart for Synchrophasor Measuments for Power Systems, IEEE Standart C37.118.1–2011.

8. Жуков А.В., Сацук Е.И., Дубинин Д.М., Опалев О.Л., Уткин Д.Н. Опыт разработки, внедрения и эксплуатации систем мониторинга переходных режимов в ЕЭС России. Сборник докладов 5-й Международной научно-технической конференции «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем», Сочи.

9. Д.Н. Ефимов. Адаптивные алгоритмы автоматики распределенного отключения нагрузки в энергосистеме. Доклад на совместном заседании НП «НТС ЕЭС» и Научно-технического совета ПАО «Россети» [http://www.nts-ees.ru/sites/default/files/2017.11.28\\_sacon\\_cps\\_dzr.pdf](http://www.nts-ees.ru/sites/default/files/2017.11.28_sacon_cps_dzr.pdf)

10. Ю.В. Бычков, В.Н. Козлов, К.И. Ермаков, "О точности современных устройств ОМП. Релейная защита и автоматизация," 2016. № 1. С. 42–46.

11. <http://digitalsubstation.com/blog/2016/12/14/est-li-vygoda-relejsnhiku-ot-tsp/>

12. <http://digitalsubstation.com/blog/2013/05/30/osobennosti-realizacii-sistemy-rzia-cifrovojj-podstancii-na-primere-ispolzovaniya-cifrovojj-dzsh/>

13. Горелик Т.Г., Кириенко О.В., Дони Н.А. Цифровая подстанция. Подходы к реализации // Сборник докладов XXI конференции «Релейная защита и автоматика энергосистем», Москва, 29–31 мая 2012, с. 10–17.

14. Осак А.Б., Панасецкий Д.А., Бузина Е.Я. Аспекты надежности и безопасности при проектировании цифровых подстанций // Сборник докладов международной конференции «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем», Екатеринбург, 3 – 7 июня 2013 г.

15. Влияние кибербезопасности объектов электроэнергетики на надежность функционирования. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Сборник научных статей. Вып. 67. Проблемы надежности систем энергетики / отв. ред. Н.И.Воропай, Ю.Я. Чукреев. – Сыктывкар

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» в рамках федеральной целевой программы по теме «Мультифункциональная система на основе цифровых трансформаторов тока и напряжения для цифровой подстанции» (Соглашение №14.577.21.0276 от 26 сентября 2017 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57717X0276).

### УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Приглашаем Вас принять участие во

II Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и молодых ученых  
**«Цифровые технологии: наука, образование, инновации»**

### НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ СЕКЦИЙ:



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
**НЕФТИ И ГАЗА**  
 (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
 имени И.М. ГУБКИНА

**Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина** 13.11.2019 года (в форме секций)  
 (Россия, г. Москва, Ленинский проспект 65, корп.1 ауд.124 начало заседания в 12 до 16 часов).

Секции:

- «Инновационные технологии в сфере нефтегазового дела»;
- «Управление инновационной деятельностью».