

О ПЕРСПЕКТИВНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ДАТЧИКОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

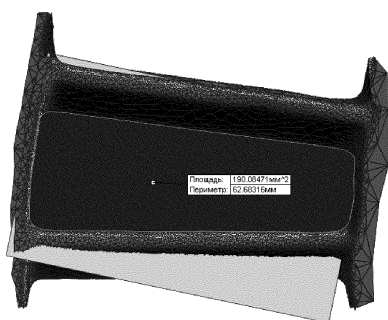


Рисунок 6- Измерение площади участка поверхности ПС

Заключение

Предложенный метод контроля позволяет минимизировать влияние квалификации пользователя на полученный результат, а также сократить погрешность, возникающую при ручном приблизительном описании контура проходного сечения.

Аспирант **Осипович Д.А.** тел. 8-342-239-15-08, dashapors@rambler.ru - каф. "Инновационные технологии машиностроения" Пермского национального исследовательского политехнического университета

УДК: 621.311

О ПЕРСПЕКТИВНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ДАТЧИКОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В.М. Геворкян, С.Н. Михалин, И.А. Яшин

В статье представлено описание перспективного технического решения в части размещения датчиков контроля режимов электрической сети, а также датчиков вспомогательных систем в составе электрических сетей высокого напряжения – автономной модульной платформе, расположенной на стороне высокого потенциала линий электропередачи

Ключевые слова: датчик, электрическая сеть, высокое напряжение, модульная платформа

Введение

Современная электроэнергетика развивается в направлении повышения качества и надежности электроснабжения предприятий, частных лиц, стратегических и муниципальных объектов. Согласно положению о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» [1], главными стратегическими целями по эффективному управлению, модернизации и инновационному развитию Единой национальной электрической сети (ЕНЭС) являются:

- повышение готовности линий электропередач (ЛЭП) и оборудования ЕНЭС к передаче электрической энергии для обеспечения устойчивого снабжения электрической энергией потребителей, функционирования оптового и розничного рынков электрической энергии, параллельной работы ЕНЭС России и электроэнергетических систем иностранных государств;
- повышение надежности и эффективности ЕНЭС за счет существенного повышения управляемости всех элементов сети;
- повышение эффективности и развитие системы диагностики объектов ЕНЭС;
- автоматизация подстанций (ПС) ЕНЭС, внедрение и развитие современных систем контроля технического состояния, автоматической диагностики и монито-

ринга технологического оборудования, систем релейной защиты и противоаварийной автоматики, систем связи, инженерных систем, коммерческого и технического учета электроэнергии; переход к созданию цифровых ПС без постоянного оперативного персонала.

Обобщая представленные цели, можно утверждать, что в современной электроэнергетике прослеживается тенденция в повышении прозрачности и контролируемости сетей передачи электрической энергии.

Для решения поставленных задач в электрических сетях необходимо размещать большое количество датчиков различного назначения. Причем, учитывая, что речь идет о ЕНЭС, эти датчики должны быть расположены в пределах целой сети, а также функционировать в едином во времени информационном пространстве.

О датчиках

Традиционно в электрических сетях высокого напряжения применяются датчики тока и напряжения, на основании показаний которых вычисляются режимы работы сети и ведется коммерческий учет электрической энергии. Это могут быть как традиционные электромагнитные трансформаторы тока и напряжения, так и современные оптоэлек-

РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

тронные трансформаторы [2] различных классов точности.

Современные требования надежности электроснабжения приводят к появлению в составе электроэнергетических контрольно-измерительных и информационных систем датчиков, не измеряющих прямо или косвенно режим работы ЛЭП, но показания которых учитываются для обеспечения устойчивого снабжения потребителей электрической энергией.

В качестве примера можно привести системы антиобледенения фазных проводов, сочетающие в себе датчики массы, температуры и влажности, на основании показаний которых вырабатывается сигнал о возможном обледенении фазного провода для принятия контрмер. Интерес к подобным системам проявляется со стороны северных стран и России, особенно после «ледяных ливней» в декабре 2010 и январе 2013 года. Следует заметить, что, в отличие от систем релейной защиты и автоматики (РЗА), работа системы антиобледенения направлена не на борьбу с последствиями обрыва фазного провода (короткое замыкание), а на предотвращение самого факта обрыва.

О размещении

Помимо основных проблем во время разработки сложных контрольно-измерительных интеллектуальных систем, разработчик сталкивается с проблемой их размещения, а следовательно, и обеспечения электронных компонентов системы электропитанием.

При традиционном размещении датчиков на выходных порталах ПС или входных порталах потребителя задача обеспечения электронных компонентов питания легко решается традиционными методами, однако, современные тенденции развития электроэнергетического комплекса требуют установки датчиков в границах всей ЕНЭС, а не только на порталах ПС и потребителя.

Так, при необходимости учета долевого вклада субъектов электросетевого хозяйства в искажение показателей качества электрической энергии [3] в силу применяемого алгоритма датчики необходимо устанавливать в каждой точке ответвления.

При решении задачи обнаружения импульсных помех в сетях высокого напряжения [4] целесообразно устанавливать датчики во многих точках сети перед важным и дорогостоящим оборудованием с целью детектирования и определения параметров импульс-

ных помех, способных вывести оборудование из строя.

От количества датчиков системы антиобледенения на единицу длины ЛЭП напрямую зависит надежность энергоснабжения потребителей. Датчики, установленные только на порталах ПС и потребителей, не в состоянии контролировать обледенение ЛЭП на всей ее протяженности.

Заметим также, что традиционный способ размещения контрольно-измерительного и информационного оборудования на стороне земли не позволяет решить еще одну приоритетную задачу ОАО «ФСК ЕЭС» – повышение эффективности эксплуатации ЕНЭС за счет (в том числе) сокращения занимаемых территорий [1]. Решением данной проблемы может послужить перенос датчиков и целых систем на сторону высокого потенциала.

Системы, расположенные на стороне высокого потенциала, известны и широко описаны в [5,6]. В целом, перенос информационных и контрольно-измерительных систем на сторону высокого потенциала ЛЭП позволяет создавать более компактные и точные системы. Такие системы обладают лучшими показателями массы и занимаемых габаритов, электро-, пожаро- и взрывобезопасности, а также вандалозащищенности. Себестоимость, а также стоимость обслуживания и поверки таких систем существенно ниже известных аналогов

Об электропитании

Показанные достоинства расположения датчиков на стороне высокого потенциала выглядят привлекательно, однако, как указывалось, для его реализации требуется решить задачу обеспечения стабилизированным напряжением питания электронных компонентов датчика и вспомогательных систем. Проведенные исследования [7] показали, что единственным фактически реализуемым способом обеспечения напряжением питания электронных компонентов является отбор мощности от тока фазного провода с последующим преобразованием в напряжение необходимых номиналов.

Первоначальная версия блока бесперебойного питания с отбором мощности от тока фазного провода была построена на базе первичного преобразователя, состоящего из каскадного соединения трансформатора тока (ТТ) и трансформатора напряжения (ТН), функционирующего в нелинейном режиме [8]. Конструкция блока питания позволяла питать нагрузку напряжением 12 В в диапазоне фазных токов от 300 до 3000 А. К недостаткам

О ПЕРСПЕКТИВНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ДАТЧИКОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВЫСОКОГО НАПЯЖЕНИЯ

такого технического решения можно отнести неудовлетворительные массогабаритные характеристики – масса блока без учета веса ТТ составляет 16 кг, что для компактных систем, расположенных на стороне высокого потенциала, является критическим. Кроме того, первичный преобразователь такого блока питания является источником тока, а значит для обеспечения бесперебойного функционирования стабилизирующего *DC-DC* конвертера необходимо включение в структурную схему блока бесперебойного питания шунтирующих ветвей, замыкающих на себя часть тока мимо конвертера [7], что приводит к рассеиванию относительно большой тепловой мощности на балластных резисторах.

Консультации с заинтересованными в блоке питания компаниями выявили необходимость в создании первичных преобразователей, способных отдавать мощность порядка 6 Вт (12 В x 500 мА) при существенно меньших фазных токах (до 300 А), поскольку именно ЛЭП, нагрузка которых существенно ниже номинальной, в первую очередь страдают от обледенения проводов.

В результате проведенных исследований был создан модифицированный первичный преобразователь на одиночном разъемном трансформаторе напряжения (рис. 1).

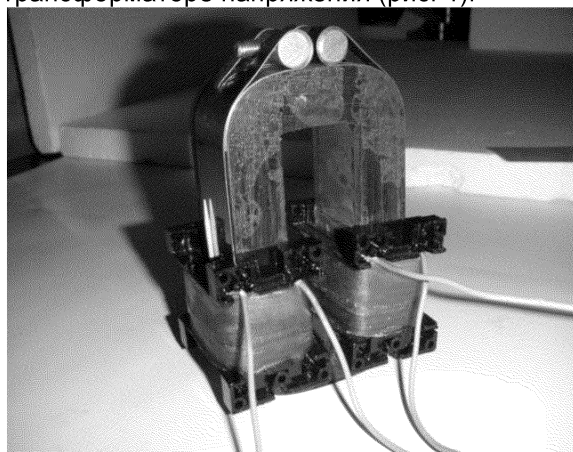


Рисунок 1 – Модернизированный первичный преобразователь

Согласно расчетным данным, выполненным на основе закона Фарадея и справочных данных [9] серийного магнитопровода ПЛ 20x40-80, выполненного из анизотропной стали 3406, для получения необходимого напряжения на выходных зажимах было необходимо 30 витков. Однако, в силу большого отличия свойств практически реализуемых сталей от декларируемых, добиться требуемого напряжения удалось только при увеличении числа витков до 400 при фазном токе около 100 А.

Увеличившееся количество витков внесло большое индуктивное сопротивление, для компенсации которого было решено перевести систему в состояние последовательного резонанса. Номинал соответствующей емкости (36 мкФ) был подобран экспериментально, поскольку в выходной цепи ТН наблюдается нелинейный режим.

Для обеспечения возможности прокладки фазного провода в окне ТН, катушка была разделена на две последовательно соединенные катушки по 200 витков, расположенные в нижней части ТН.

Макетный образец обладает следующими характеристиками:

- ТН основан на доступной серийной элементной базе (тиражируем)
- ТН обеспечивает питание нагрузки напряжением 12 В, мощностью 6 Вт в диапазоне фазного тока 100 – 300 А;
- ТН выполнен на разъемном магнитопроводе с возможностью прокладки в его окне фазного провода ЛЭП с наружным диаметром до 25мм (линия 110 кВ) без нарушения кондуктивных связей;
- система масштабируема. При установке нескольких ТН параллельно можно получить пропорциональное снижение рабочего фазного тока или увеличение мощности блока питания.

В результате проведенных работ был собран действующий макет блока бесперебойного питания с отбором мощности от тока фазного провода, включающий первичный преобразователь нового типа с компенсирующим конденсатором, стабилизирующий *DC-DC* преобразователь, аккумуляторную батарею (АКБ) с контроллером, ТТ для контроля силы тока и нагрузку в виде 3G модема (12 В, 500 мА) (рис. 2). Вес макета (с учетом АКБ на 6 Ач) не превышает 2 кг (по сравнению с 16 кг известного аналога [7,8]).

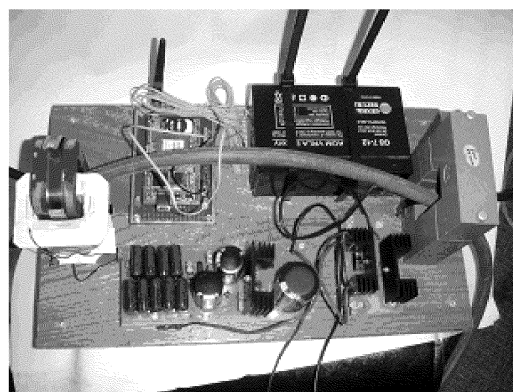


Рисунок 2 – Действующий макет блока питания.

РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

О передаче данных и синхронизации измерений

Расположение систем на стороне высокого потенциала лишает разработчика возможности применения традиционных технологий, применяемых в электроэнергетике, например PLC (PowerLineCommunication) [10].

Фактически, единственным безопасным, обеспечивающим гальваническую развязку, способом является беспроводная передача данных в стандартах 802.11 (Wi-Fi) или сетях мобильных операторов связи (GPRS, EDGE, 3G, LTE) и других.

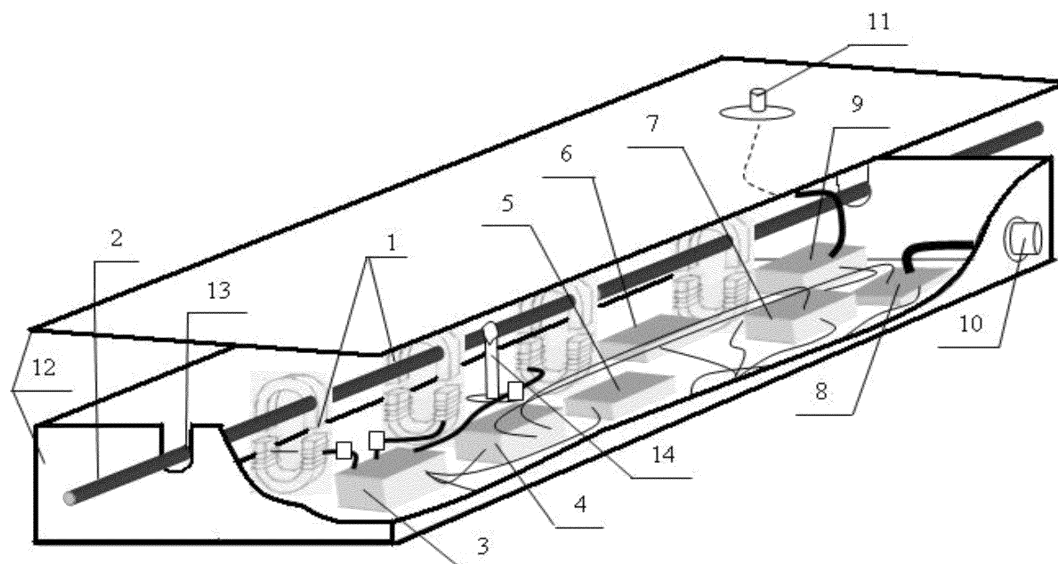


Рисунок 3 – Схема макета модульной платформы для систем антиобледенения

Наличие беспроводной связи между датчиками вызывает случайные (в общем случае) задержки распространения управляющих сигналов (латентность). В силу этого необходима привязка данных измерений каждого датчика к шкале единого времени. Согласно проведенным исследованиям [11], в указанных условиях оптимальным способом, гарантирующим необходимую точность синхронизации и территорию охвата, является синхронизация посредством сигналов точного времени спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS.

Естественно, расположение стандартной штыревой антенны вблизи фазного провода (в зоне действия сильных электрических и магнитных полей) невозможно, в силу появления плазмы и полного экранирования антенны. Расположение активных антенн навигационных приемников в подобных условиях не регламентируются техническим заданием на такие антенны, и не рекомендуется производителями.

Решение может быть найдено в создании специальных антенн на базе диэлектрических резонаторов (ДР). Технические решения создания таких антенн отработаны на конструкциях модулей передачи данных в стандарте 802.11b (Wi-Fi) [12] и приемника

навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS [11] и позволяют строить малогабаритные не выступающие за пределы корпусов антенны, способные функционировать в условиях сильных электрических и магнитных полей свойственных рабочей среде вблизи фазного провода ЛЭП. К достоинствам таких антенн можно отнести частотную избирательность, поскольку они фактически являются фильтрами, один из выходов которого нагружен не на коаксиальный кабель, а на свободное пространство, а также малые габариты, на интересующих частотах (~2,4 ГГц – Wi-Fi, ~1,6 ГГц – Навигационные сигналы, ~1,8 ГГц – сети мобильной связи).

О модульной платформе

Обобщая приведенные выше результаты исследований, можно предложить новый способ расположения датчиков в составе электрических сетей – модульная платформа. На рисунке 3 представлено схематическое изображение платформы для систем антиобледенения. Цифрами показаны: 1 – разъемные ТТ блока питания, 2 – фазный провод ЛЭП, 3 – стабилизатор напряжения, 4 – многоканальный аналого-цифровой преобразователь, 5 – датчик влажности, 6 – датчик температуры, 7 – датчик давления, 8 – модуль приема-передачи данных измерения и команд с ан-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2013

О ПЕРСПЕКТИВНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ДАТЧИКОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

тенной 10, 9 – приемник навигационных сигналов с антенной 11, все оборудование помещается в металлический корпус 12, с отверстиями под фазный провод 13. Крепление на фазный провод производится посредством кронштейна 14, расположенного в точке симметрии системы. Датчик веса провода располагается вне корпуса платформы.

Подобная платформа может применяться для решения различных задач в электроэнергетике. На ней могут быть расположены различные модули токовых датчиков (электромагнитные ТТ, оптические ТТ и др.), модули беспроводной передачи данных в различных стандартах, а также вычислительные модули различной производительности для цифровой обработки сигналов, поступающих с датчиков. Платформа снабжена масштабируемым блоком бесперебойного питания, позволяющим обеспечить полностью автономное функционирование платформы в течение межповерочного интервала. Монтаж платформы не представляет сложности для опытного специалиста и производится без нарушения кондуктивных связей фазного провода ЛЭП.

Заключение

В результате проведенных работ разработано техническое решение для размещения датчиков различного назначения в составе электрических сетей высокого напряжения, полностью удовлетворяющее требованиям Положения о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС».

Все технические аспекты модулей платформы исследованы и реализованы в виде макетных образцов.

Представленные платформы могут применяться в системах антиобледенения, а также проектах «Единая национальная электрическая сеть» и «Цифровая подстанция» разрабатываемых ОАО «ФСК ЕЭС».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Соглашение № 14.В37.21.1505.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС».
2. Гуртовцев, А.Л. Оптические трансформаторы и преобразователи тока. Принципы работы, устройство, характеристики / А.Л. Гуртовцев // Новости электротехники – 2008 – №5(59). – С. 28 – 30.
3. Геворкян, В.М. Проблема учета фактического вклада субъектов электрических сетей в искажение показателей качества электроэнергии // В.М. Геворкян, С.Н. Михалин. – Технология ЭМС – 2008 – апрель. – С. 60 – 64.
4. Борляков, А.В. Схемотехническая реализация алгоритмов обнаружения и измерения импульсных помех на базе ПЛИС / А.В. Борляков, В.М. Геворкян // Ползуновский вестник – 2012 - №2/1. – С. 134 – 137
5. Gevorkyan, V. Electric Power Monitors. Present-day construction way / V.M. Gevorkyan, Y.A. Kazantsev, S.N. Mikhailin and others // Advances and Challenges in Embedded Computing. Proceedings. 2012 Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) – 2012 – June. P. 246 – 249.
6. Бунин, А.В. Трехфазное автономное автоматическое комплексное измерительное устройство контроля и учета электроэнергии в сетях высокого напряжения / А.В. Бунин, В.М. Геворкян, Ю.А. Казанцев и др. // Патент РФ на полезную модель №113587 от 20.02.2012 БИ-05.
7. Геворкян, В.М. Блок питания для измерительного устройства высокого напряжения. Принцип построения / В.М. Геворкян, И.А. Яшин // Новости электротехники – 2009 - №1(55). – С. 36 – 39.
8. Геворкян, В.М. Вторичный источник бесперебойного питания / В.М. Геворкян, И.А. Яшин // Патент РФ на изобретение №2379742 от 20.01.2010 БИ-02.
9. ГОСТ 21427.1-83 Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия.
10. Николенко, К.В. Перспективы развития PLC в передаче данных АСКУЭ применительно к системе распределенного электроснабжения / К.В. Николенко, А.В. Юрченко // Ползуновский вестник – 2012 - № 3/2. – С. 134 – 139.
11. Геворкян, В.М. Реализация системы точного времени в условиях сильных электромагнитных полей электроустановок высокого напряжения / В.М. Геворкян, И.А. Яшин // Измерительная техника – 2011 - №1. – С. 42 – 46.
12. Бунин, А.В. Система приема-передачи данных автономного комплексного измерительного устройства автоматической системы контроля ПКЭ в сетях высокого напряжения / А.В. Бунин, В.М. Геворкян, Ю.А. Казанцев и др. // Сб. докл. 9-й Рос. науч.-техн. конф. по электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности. ЭМС-2006. – СПб.: – 2006. С. 443 – 448

к.т.н., проф. Геворкян В.М.
gvt@emc.mpei.ac.ru; к.т.н., доцент
Михалин С.Н. msn@emc.mpei.ac.ru; к.т.н.,
ст. преп. Яшин И.А. yashinia@gmail.com –
Каф. электрофизики информационных систем
Национального исследовательского университета «МЭИ», тел. +7 (495) 362-71-76.