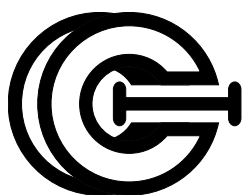


Датчики измерения тока, напряжения и активной мощности от ООО «НПО «Горизонт Плюс»



В статье представлены результаты разработок, проведенных специалистами компании ООО «НПО «Горизонт Плюс», которые позволили вывести на рынок современные отечественные малогабаритные приборы для измерения тока, напряжения и активной мощности в широком диапазоне. Приведены рекомендации по конкретному применению новых приборов. Указанные датчики измерения мощности расширили линейку давно выпускаемых компанией преобразователей измерения тока и напряжения, что весьма актуально сегодня в свете политики импортозамещения.

ООО «НПО «Горизонт Плюс», г. Истра, Московская область

Российский рынок электротехники и энергетики, так же как и зарубежный, уже давно адаптировался к новым условиям и предлагает современные средства измерения и контроля основных электрических параметров. Повсеместно наблюдается замена шунтов, трансформаторов тока, магнитных усилителей и других традиционных средств измерения на современные преобразователи для измерения любых видов тока и напряжения. Эти приборы, как правило, небольшого размера и удобны для монтажа в блок, шкаф или на печатную плату. Типовые образцы таких преобразователей от ООО «НПО «Горизонт Плюс» представлены на рис. 1. Миниатюрный датчик серии ПИТ-xxx-УА-П15 (рис. 1а) предназначен для измерения постоянного и переменного токов до 150 А. Его габаритные размеры предельно уменьшены, а диаметр отверстия под токовую шину, наоборот, увеличен с 10 до 15 мм, что весьма удобно для потребителей. Датчик напряжения до 1000 В (рис. 1б) также монтируется на печатную плату.

В ряде случаев, особенно когда электрическая цепь уже собрана или невозможна остановка производства для мониторинга токовых сигналов, потребитель может использовать разработанные в ООО «НПО «Горизонт Плюс» разъемные датчики тока (рис. 2). Такие датчики надеваются непосредственно на круглую (рис. 2а) или плоскую (рис. 2б) токовую шины.

Удобны для разработчиков и трехфазные датчики напряжения [1], из-

готовленные в стандартном корпусе с возможностью крепления на DIN-рейку. Дополнительным преимуществом всех этих приборов является обеспечение гальванической развязки входных и выходных сигналов. Более

подробно технические характеристики датчиков тока и напряжения рассмотрены в статьях [2–4]. Большая номенклатура разработанных датчиков, с которой можно ознакомиться на сайте производителя gorizont-plus.ru, позво-



Рис. 1. Преобразователи для измерения токов и напряжения:
а – миниатюрный датчик для измерения постоянного и переменного токов до 150 А с отверстием под токовую шину, увеличенным до 15 мм;
б – датчик для контроля напряжения до 1000 В



Рис. 2. Разъемные датчики тока: а – под круглую токовую шину;
б – под плоскую токовую шину

ляет относительно просто произвести замену импортных датчиков фирмы LEM на отечественные приборы.

Последнее время к описанной категории приборов добавились еще и датчики измерения мощности, активно разрабатываемые фирмой ООО «НПО «Горизонт Плюс». Основные характеристики таких преобразователей приведены ниже.

Типовые представители преобразователей активной мощности от НПО «Горизонт Плюс»

Преобразователь мощности является логическим продолжением описанных выше датчиков измерения тока и напряжения. Такой прибор аппаратно реализует вычисление мощности $P = I \cdot U \cos \varphi$ и преобразует активную мощность, потребляемую нагрузкой, в пропорциональный сигнал интерфейса 0–20 или 4–20 мА, гальванически изолированный от измерительных цепей.

Конструктивно преобразователь мощности серии ПИМ состоит из первичного датчика тока (трансформатора или шунта) и печатной платы, на которой установлены элементы электронной схемы обработки сигнала. Преобразователь ПИМ производит аналого-цифровое преобразование (АЦП) мгновенных значений тока и напряжения, поданных на соответствующие входы, перемножение соответствующих цифровых кодов и выдачу результата на цифро-аналоговый преобразователь. Гальваническая изоляция от входных цепей осуществляется путем применения оптопары или цифровых изоляторов фирмы Analog Devices при передаче данных внутри преобразователя, а также изолированного источника питания для входных

каскадов. Интегральный измеритель активной энергии ADE фирмы Analog Devices выдает частотный сигнал, пропорциональный измеряемой активной мощности. Для преобразования этого частотного сигнала в выходной сигнал токового интерфейса 4–20 мА вместо обычно применяемой дорогостоящей связи — микроконтроллер с кварцевым резонатором и ЦАП — применен прецизионный преобразователь «частота — напряжение» с термостабильным конденсатором. Это позволило повысить надежность системы в целом и, что немаловажно, снизить ее себестоимость.

НПО «Горизонт Плюс» сегодня производит линейку преобразователей в модульном исполнении, измеряющих электрическую мощность в цепях переменного тока. Примером может служить ПИМ-1-Т-Д на 1 кВт, включаемый в разрыв токовой цепи (рис. 3). Другие варианты преобразователей (например, ПИМ-xxx-Т-Б30, представленный на рис. 4) изготавливаются в корпусах с отверстием, через которое пропускается токовая шина. Номинальная измеряемая мощность таких типов преобразователей варьируется от нескольких ватт до сотен киловатт в зависимости от требований заказчика.

Для измерения активной мощности в больших диапазонах (до 1500 кВт) можно рекомендовать преобразователи ПИМ-xxx-У и ПИМ-xxx-П. Первый из них линейно преобразует величину активной мощности в цепях постоянного и переменного тока частоты 50 Гц, второй — величину активной мощности в цепях постоянного тока. Конструктивно эти преобразователи выполнены в пластмассовом корпусе с диаметром отверстия под токовую

шину 30 или 40 мм — таком, как на рис. 4. Питание приборов осуществляется от однополярного источника 10–30 В, потребляемый ток — не более 100 мА. Предел допустимой основной приведенной погрешности преобразования активной мощности — менее 2%. Выходной сигнал токового интерфейса — 0–20 или 4–20 мА.

ПИМ-Т — новый прибор в линейке выпускаемых преобразователей мощности

Рассмотренные приборы предназначены для измерения активной мощности в цепях переменного тока промышленной частоты 50 Гц. Однако в авиационной технике и в других областях промышленности часто необходимо обеспечить работу приборов при нестандартных частотах 400 Гц, а также более высоких частотах — вплоть до 7 кГц. Для этих целей специалистами компании был разработан преобразователь мощности ПИМ-Т, пополнивший линейку выпускаемых приборов для контроля мощности.

ПИМ-Т представляет собой упрощенный вариант более сложного преобразователя активной мощности на постоянный ток ПИМ-У. Действительно, ПИМ-У имеет достаточно сложную магнитную систему с датчиками Холла, применение которой сопряжено с рядом технических проблем. В частности, система в целом и конкретно датчики Холла требуют температурной компенсации. Кроме того, электрическая схема прибора должна обеспечить борьбу с помехами, неизбежно проявляющимися из-за невысокого соотношения сигнал/шум линейных арсенид-галлиевых датчиков Холла.

В связи с этим, а также с учетом указанных условий применения в конструкции преобразователя мощности ПИМ-Т в качестве первичного датчика тока используется трансформатор тока, что упрощает и удешевляет конструкцию преобразователя по сравнению с преобразователем активной мощности на постоянный ток ПИМ-У.

Структурно ПИМ-Т состоит из трансформатора тока, счетчика активной энергии, реализованного на специализированной интегральной микросхеме (ИС) производства Analog Devices, гальванической развязки и выходного интерфейса 4–20 мА. На входы счетчика активной энергии подаются сигналы, пропорциональ-



Рис. 3. Преобразователь ПИМ-1-Т-Д для измерения активной мощности в диапазоне до 1 кВт



Рис. 4. Преобразователь мощности ПИМ-30-Т-Б30 для монтажа в блок под круглую токовую шину диаметром до 30 мм



Рис. 5. Преобразователь мощности ПИМ-Т-Б14

ные входному току и напряжению, счетчик производит их обработку, то есть аналого-цифровое преобразование, перемножение мгновенных значений тока и напряжения, а также интегрирование результата по времени. Выходной сигнал счетчика представляет собой серию импульсов, каждый из которых соответствует определенной, весьма малой порции потребленной энергии. Чем больше активная мощность нагрузки, тем чаще следуют выходные импульсы. Эта зависимость линейная, что позволяет сравнительно просто произвести цифро-аналоговое преобразование, необходимое для обеспечения стандартизованного выхода 4–20 мА. Гальваническая изоляция сигнала активной мощности обеспечивается единственным оптроном. В качестве цифро-аналогового преобразователя в конструкции прибора используется прецизионный преобразователь «частота — напряжение» LM231. Нелинейность преобразования не превышает 0,02 %. Выходной сигнал подается на вход интерфейса 4–20 мА, реализованного на ИС AD694.

Преобразователи ПИМ-Т предназначены для измерения активной мощности в диапазоне от единиц ватт до сотен киловатт. Поэтому конструктивно они выпускаются в различных корпусах в зависимости от предъявляемых к ним требований. Большая мощность подразумевает большое сечение токовой шины, и такие преобразователи выполнены в блочном корпусе с диаметром отверстия под токовую шину 30 или 40 мм. Если измеряемая мощность не превышает 1 кВт, что соответствует первичному току порядка 5–10 А, преобразователь может быть выполнен в компактном корпусе типа Z-107, который монтируется на DIN-рейку. Особо следует отметить преобразователь мощности ПИМ-Т в ком-

пактном корпусе Б14 с отверстием под токовую шину 14 мм (рис. 5). ПИМ-Т в этом корпусе измеряет мощность вплоть до 75 кВт, а малые размеры делают его по-своему уникальным прибором, представленным на отечественном рынке.

Модернизация датчиков с целью снижения их стоимости

Описанные выше приборы используют один и тот же принцип бесконтактного измерения тока с помощью магниточувствительных датчиков Холла, которые находятся в зазоре специализированного сердечника и измеряют магнитное поле проходящего тока. В ряде случаев, в частности при измерении постоянных токов, можно обойтись без дорогостоящих традиционных магнитопроводов из аморфного железа: датчики Холла располагаются вокруг проводника с током, выходные сигналы датчиков суммируются, и эта сумма используется в расчете измеряемого тока.

Конечно, помехозащищенность при таком решении снижается, но в некоторых приложениях это вполне допустимо. Например, хорошо известны и широко применяются энергетиками токоизмерительные клещи с U-образной измерительной головкой с датчиками Холла, размещенной на диэлектрической штанге. С помощью телескопической штанги U-образная головка подводится под проводник с током так, что проводник попадает между датчиками Холла, размещенными в головке. Результат измерения выводится на светодиодный индикатор.

В компании «НПО «Горизонт Плюс» были разработаны токовые клещи, использующие описанный метод преобразования тока без использования дорогостоящих жидкокристаллических индикаторов и кольцевых магнитопроводов. Такие клещи подключаются к измерительному устройству кабелем или с помощью приложения Bluetooth. Для наблюдения за формой тока или для измерения импульсных токов выходной сигнал после сумматора поступает, например, по кабелю, на вход осциллографа или устройства для измерения импульсных сигналов.

Внешний вид таких клещей, позволяющих измерять токи до 10000 А, представлен на рис. 6. В их конструкции используются подвижные («плавающие») губки, в которых смонтиро-



Рис. 6. Токовые клещи без кольцевого магнитопровода для контроля токов до 10000 А

ваны четыре датчика Холла SS495A. Выходной сигнал с каждого датчика поступает на сумматор, изготовленный на операционном усилителе. С выхода сумматора сигнал поступает на неинвертирующий вход инструментального усилителя, на инвертирующий вход которого с источника опорного напряжения поступает напряжение, равное половине питания датчиков Холла SS495A. Опорный сигнал инструментального усилителя привязан к общему проводнику. Таким образом, положительное направление тока будет производить на выходе инструментального усилителя положительное напряжение, а отрицательное направление — отрицательное напряжение, пропорциональное измеряемому току. На выходе клещей стоит преобразователь, обеспечивающий преобразование напряжения в ток.

Литература

1. Болотин О.А., Портной Г.Я. и др. Применение датчиков измерения тока и напряжения для решения инженерных задач // Компоненты и технологии. 2016. № 1.
2. Портной Г.Я., Болотин О.А., Разумовский К.П. и др. Современные датчики для измерения тока и напряжения // ИСУП. 2016. № 1.
3. Портной Г.Я. Разъемные датчики измерения тока под плоскую и круглую шины // Электронные компоненты. 2015. № 9.
4. Болотин О.А., Портной Г.Я. и др. Разъемные датчики тока — актуальный сегмент на рынке датчиков // Компоненты и технологии. 2014. № 1.

О.А. Болотин, научный сотрудник,
Г.Я. Портной, к. т. н., главный конструктор,
К.П. Разумовский, ведущий инженер,
О.Е. Яценко, инженер-конструктор,
Н.Ю. Гребенщиков, ведущий инженер,
ООО «НПО «Горизонт Плюс»,
г. Истра, Московская область,
тел.: +7 (929) 924-8104,
e-mail: sensor@gorizont-plus.ru,
сайт: gorizont-plus.ru