А. М. Плахтиев, д. т. н., профессор
Ташкентский государственный аграрный университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан
tuag_info@edu.uz

УДК 621.317.714.182.6 (088.8)

DOI 10.31676/2073-4948-2018-53-197-201

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

Резюме. В статье показаны необходимость применения для нужд мелиорации, ирригации, фермерских хозяйств и в целом сельского хозяйства бесконтактного преобразования и измерения больших переменных токов с помощью информационных эффективных измерительных индукционных бесконтактных ферромагнитных преобразователей и приводятся результаты по разработке таких преобразователей.

Ключевые слова: индукционный преобразователь, технологическая установка, ферромагнитный преобразователь, бесконтактный преобразователь, разъемный магнитопровод, интегрирующий контур.

Summary. The article shows the necessity of application for the needs of melioration, irrigation, farms and agriculture in general contactless transformation and measurement of large alternating currents using information effective measuring induction contactless ferromagnetic transducers and the results of the elaboration of such converters were presented.

Keywords: induction transducer, process unit, ferromagnetic converter, contactless converter, separable magnetic circuit, integrating circuit.

Развитие автоматизированных систем контроля и управления различными технологическими и физическими процессами в агропромышленной сфере характеризуется широким использованием первичных средств сбора и обработки информации [1]. При этом первичный преобразователь является звеном любой информационно-измерительной или управляющей системы и практически полностью определяет ее метрологические характеристики. Потери в точности и надежности конечного результата, связанные с неудачным применением первичного преобразователя, не способна восстановить даже самая совершенная система преобразования информации. Задача существенно усложняется в случае воздействия нестабильных факторов, таких как изменение температуры, влажности, окружающей среды, влияние агрессивных сред, электрических и магнитных полей, вибраций, излучений и т. п. [2].

В настоящее время электроэнергетические системы и электротехнологические установки в электроэнергетике, в том числе и в сельском хозяйстве,

можно условно рассматривать как органическое единство мощного сильно-точного и высоковольтного энергетического оборудования, объединенного понятием «первичная система». В современных условиях возможности дальнейшего развития первичных систем экстенсивным путем – увеличением массы и габаритов оборудования, а так же созданием запасов в нем – практически исчерпаны [1, 8]. В обеспечении экономической, надежной и качественной работы первичных систем все большее значение приобретают так называемые вторичные системы электроэнергетики – измерения, контроль, управления, регулирования и релейной защиты в электроэнергетике, в мелиорации, ирригации, в зонах орошаемого земледелия [3, 7].

Здесь следует сказать, что, будучи сравнительно недорогими, они позволяют не только избежать значительных затрат, необходимых для создания запасов в основном дорогостоящем оборудовании первичных систем, но и решить многие качественно новые задачи эффективного использования энергетических ресурсов и электротехнических устройств [3].

При этом, первичная и вторичная системы взаимосвязаны трактами получения, обработки и передачи информации, построенными на основе измерительных преобразователей электрических величин, в частности, больших переменных токов (БПТ) [2]. Необходимость преобразования больших токов в различных отраслях народного хозяйства, в частности, в мелиорации, ирригации и в целом в сельском хозяйстве возникает при контроле и управлении режимами работы мощных электродвигателей, подстанций и разных потребителей, где используются информационные эффективные бесконтактные измерительные индукционные преобразователи БПТ (ИПТ) [6].

Необходимость разрыва токовой цепи для временного включения электроизмерительных приборов, наличие больших потерь мощности в измерительных трансформаторах тока, нежелательность или невозможность по условиям технологического процесса разрыва цепи, а также и требования техники безопасности обусловили бесконтактное преобразование и измерение переменного тока в цепях без их разрыва, т. е. без разрушения целостности токопроводящей шины [5].

Рассмотрение вопросов преобразования больших переменных токов в электроэнергетических системах и электротехнологических установках показало, что одной из причин их низкой эффективности являются неудовлетворительные технические характеристики их вторичных систем – систем управления и контроля режимами работы электроэнергетических и электротехнологических установок, в частности, применяемых в них ИПТ [4, 8].

Выявлено, что ИИБФП, применяемые во вторичных системах электроэнергетических систем и электротехнологических установок, должны иметь регулируемый диапазон преобразования, лучшие динамические свойства в переходных режимах работы электроэнергетических систем и электротех-

нологических установок, а также и стабильность характеристик при экстремальных условиях эксплуатации.

При рассмотрении мест неразрушающего бесконтактного контроля БПТ выявлены основные требования к ИПТ. К ним относятся: высокая точность, надежность, чувствительность, малые вес, габариты, материалоемкость и стоимость, технологичность конструкции, отсутствие погрешностей от влияния внешних магнитных полей, обратной шины с током из центра интегрирующего контура, ферромагнитных масс, отсутствие гальванической связи между измеряемым переменным током и измерительной цепью и наличие в некоторых случаях возможности как фиксированного регулирования чувствительности ИПТ в широком диапазоне преобразуемых больших переменных токов и гибкости интегрирующего контура, так и исполнение ИПТ как переносными, так и стационарными [5].

В этой связи весьма важным являются разработка и исследование таких ИИБФП, которые имели бы повышенную эффективность (расширенный диапазон преобразуемых БПТ при малых габаритах и массе и повышенной точности), упрощенную и технологичную конструкцию при низких ее материалоемкости и стоимости.

Решению указанной проблемы может содействовать разработка эффективных информационных измерительных индукционных бесконтактных ферромагнитных преобразователей (ИПТ) для систем контроля и управления в электроэнергетике.

Здесь нужно заметить, что основные задачи, которые необходимо решать при проектировании пассивных ИИИБФП в соответствии с современными тенденциями развития средств измерений и преобразований переменных токов, – это в основном расширение амплитудного диапазона измеряемых и преобразуемых величин переменного тока, расширение их частотного диапазона, уменьшение габаритных размеров ИПТ [2]. Чаще всего названные задачи необходимо решать в совокупности для одного ИПТ, выбирая схемы и конструкции, позволяющие удовлетворять одновременно требованиям широкого диапазона линейности, низкого порога чувствительности и широкого частотного диапазона при небольшом объеме ИПТ. В связи с этим заслуживает особого внимания рассмотрение путей и методов, с помощью которых удастся решать перечисленные задачи и обеспечивать заданные метрологические и эксплуатационные характеристики ИПТ.

Показано, что одной из действенных возможностей расширения диапазона линейности ИПТ и уменьшения порога чувствительности путем повышения отношения сигнал – шум во входной цепи ИПТ – это увеличение длины разъемного магнитопровода ИПТ и площади его сечения до предельно допустимых размеров [5].

Нами разработан целый ряд ИПТ, в которых поставленные задачи решены применением в индукционных преобразователях специальных конструкций разъемных замкнутых магнитопроводов с поперечно и продольно распределенными магнитными параметрами и увеличенной длиной пути рабочего магнитного потока по стали [5].

Обобщенный вариант из разработанных ИПТ содержит разъемный О-образный магнитопровод, выполненный из отдельных шихтованных ферромагнитных элементов в виде меандра, состоящего из сочлененных поперечных и продольных стержней с зазорами. Такой разъемный магнитопровод можно изготовить при его штамповке из ферромагнитного материала или путем распила сечения цельного замкнутого магнитопровода в поперечном направлении. Магнитопровод такой конструкции позволяет увеличить общее магнитное сопротивление на пути рабочего магнитного потока и тем самым расширить токовый диапазон. На разъемном магнитопроводе поверх его намотана измерительная обмотка. Магнитопровод вместе с измерительной обмоткой размещен в корпусе, выполненном из теплоустойчивого изоляционного материала. ИПТ с целью свободного обхвата шины с контролируемым током выполнен разъемным. Принцип действия ИПТ состоит в следующем. После обхвата разъемным магнитопроводом проводника с преобразуемым переменным током последним создается переменный магнитный поток, который, проходя по магнитопроводу, пронизывает витки измерительной обмотки и наводит в ней ЭДС, пропорциональную преобразуемому переменному току.

В разработанном ИПТ уменьшена погрешность от смещения проводника с током из центра разъемного О-образного магнитопровода и от влияния внешних магнитных полей из-за непрерывного наличия ферроматериала внутри измерительной обмотки и ее равномерной намотки по периметру разъемного магнитопровода.

Ниже приведена техническая характеристика одного из разработанных ИПТ.

Диапазон преобразуемых переменных токов – 0-8000 А; чувствительность – 2 мВ/А; основная приведенная погрешность – 1%; напряжение изоляции – 2 кВ; диаметр внутреннего окна разъемного магнитопровода – 220 мм; масса – 0,9 кг.

Разработанные информационные эффективные бесконтактные измерительные индукционные преобразователи переменных токов внедрены на ряде предприятий в Республике Узбекистан и Казахстане.

Список использованной литературы

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М.: Высшая школа, 1991. – 496 с.

2. Казаков М. К. Методы и средства измерений высоких напряжений и больших токов в электроэнергетике: автореф. дисс. ... д. т. наук. – Ульяновск, 1998. – 32 с.
3. Кузнецов Ф. Д. Техническое обслуживание измерительных трансформаторов тока и напряжения / Под ред. Алексеева Б. А. – М.: НЦ ЭНАС, 2004. – 73 с.
4. Плахтиев А. М. Измерительные преобразователи с распределенными параметрами. – Ташкент: Фан, 1987. – 104 с.
5. Plakhtiyev A. M., Akhmedov S. U. Condition of application and development of contactless ferromagnetic converters in electrochemistry and metallurgy // Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. WCIS. – Tashkent, 2014. – P. 326-329.
6. Семенко Н. Г., Гамазов Ю. А. Измерительные преобразователи больших электрических токов и их метрологическое обеспечение. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 132 с.
7. Токарева Н. Д., Токарев Н. А., Шахмедова Ю. И. Влияние способов полива на скороспелость хлопчатника // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса, 2017. – № 3 (32). – С. 12-16.
8. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. Серия: Мир электроники. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.

A. M. Plakhtiyev

Tashkent State Agrarian University, Tashkent city, Uzbekistan

**INFORMATIONAL EFFECTIVE CONTACTLESS MEASURING CONVERTERS
FOR MODERN CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS
IN THE AGRO-INDUSTRIAL FIELD**