

# МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭПОХУ IoT

ШРИ ПОТЛУРИ (SREE POTLURI)  
ПЕРЕВОД: ВЛАДИМИР РЕНТЮК

Измерение электрической мощности с большим числом контролируемых параметров широко используется в технике управления и позволяет не только экономить электроэнергию, но и классифицировать поведение электрических машин и оборудования. В сочетании со средствами интеллектуального прогнозного обслуживания и «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT) такой подход снижает затраты и повышает эффективность функционирования всей системы энергообеспечения.

Измерение электрической мощности с большим числом контролируемых параметров все чаще используется в технических средствах управления для выполнения важнейших производственных задач, таких как поиск способов экономии энергии, снижение пиковых нагрузок, анализ и классификация поведения электрических машин и оборудования, а также обнаружение излишнего, нетипичного энергопотребления и решение этой проблемы. Как правило, такой расширенный контроль применяется для определения и отслеживания ключевых показателей использования энергии путем привязки их к программному обеспечению (ПО), предназначенному для прогнозного технического обслуживания и анализа данных. При этом обычно используются современные средства «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT). Данный подход направлен на снижение затрат и повышение эффективности эксплуатации оборудования.

За последние два года на промышленном рынке повысилась доступность технологий простого и компактного мониторинга электрической мощности. При этом многие из таких продуктов не являются одноцелевыми автономными устройствами и интегрированы в стандартную платформу ввода/вывода (I/O). Одним из способов обеспечить контроль электрических сетей и управление ими является интеграция электроники контроля мощности в распределенный формат ввода/вывода, который выполнен либо в терминалах, уста-

новленных на DIN-рейку, либо в виде модулей ввода/вывода, размещенных на конкретном оборудовании или электрической машине. Такой подход дает быструю отдачу от вложенных в подобную систему инвестиций, в том числе из-за сокращения общего объема контрольно-измерительного оборудования. При этом оптимизированные сегменты ввода/вывода содержат более короткие соединительные цепи для их подключения и кабельные трассы, отличаются более быстрым вводом в эксплуатацию и имеют ряд других преимуществ. В контексте технологии управления на базе персонального компьютера (ПК) эти решения мониторинга потребляемой от электросети мощности могут быть запрограммированы в той же программной среде, которая уже знакома пользователю и используется для программируемых логических контроллеров (ПЛК), управления движением, безопасности, робототехники и т. д. Таким образом, данный подход обеспечивает значительную экономию труда еще и для инженеров, занятых в этой сфере.

## **ВОЗМОЖНОСТИ EtherCAT ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ**

Множество преимуществ для измерения мощности и прогнозного обслуживания предлагают продукты ввода/вывода, основанные на промышленном Ethernet-протоколе EtherCAT (этот стандарт промышленной сети относится к семейству Industrial Ethernet и технологиям, используемым для рас-

пределенного управления в режиме реального времени). Однако при этом крайне важно правильно определить, какая информация, связанная с энергетикой, необходима конкретному приложению. Например, это могут быть такие показатели, как напряжение, качество электропитания и уровни гармоник напряжения.

Что касается возможностей, которые нам дает «Интернет вещей», то, поскольку многие инженеры сейчас ищут способы получить дополнительную информацию для внедрения интеллектуального прогнозного обслуживания, для таких применений могут оказаться полезными измерительные терминалы начального уровня с встроенными в них основными функциями измерения. Каждая электрическая машина для измерения напряжения, тока и мощности может содержать всего один такой недорогой терминал и отправлять данные по сети EtherCAT в локальную или облачную базу данных. Если персонал управления электрической станцией видит критические изменения в измеренном значении, он точно знает, какое оборудование или конкретная электрическая машина нуждается в том или ином техническом обслуживании. Их решения основаны на измерениях и диагностических характеристиках, полученных посредством EtherCAT, возможности которого обеспечивают высококачественную идентификацию событий в хронологическом порядке для машин и оборудования.

Для приложений, где измерение мощности требуется для снижения

общей стоимости производства продукции, лучше подойдет измерительный терминал с большим количеством встроенных функций. Существуют трехфазные терминалы для измерения мощности, которые предлагают широкий спектр дополнительных функций для анализа сети и управления энергопотреблением (рис.). В частности, они могут использоваться для измерения гармоник, суммарного коэффициента нелинейных искажений (total harmonic distortion, THD), частоты и коэффициента мощности.

Все измеренные токи и напряжения доступны в виде среднеквадратичных значений (root-mean-square, RMS), что позволяет легко рассчитать общее эффективное потребление энергии и, аналогично, потребление для каждой фазы. Пользователю доступны: среднеквадратичные значения напряжения  $U$  и тока  $I$ , активная мощность  $P$ , кажущаяся мощность  $S$ , реактивная мощность  $Q$ , частота  $f$ , угол фазового сдвига  $\cos\phi$  и уровни гармоник. Измерительные терминалы с расширенными функциональными возможностями также могут обеспечить очень высокий диапазон измерений, вплоть до 690 В напряжения переменного тока при силе тока до 5 А.

## ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Если использовать принцип передискретизации, заложенный в EtherCAT, можно контролировать очень большое число каналов с временным разрешением до 100 мкс. При этом на самом высоком уровне производительности для мониторинга электрической мощности (на основе доступных компактных терминальных устройств ввода/вывода) максимальная погрешность, скорее всего, составит 0,2% при 20 тыс. выборок в секунду или 0,5% при частоте выборок 10 тыс. Стандартная система управления на базе ПК имеет достаточную вычислительную мощность для определения истинного среднеквадратичного значения и других показателей производительности, а также для сложных пользовательских алгоритмов на основе измеренных напряжений и токов.

В соответствии с упомянутым принципом, используя дискретизацию с запасом по частоте выборки,

терминал ввода/вывода может проводить измерения с более короткими интервалами, чем время цикла системы управления. Как известно, при применении EtherCAT для синхронизации предусмотрен механизм распределенных часов, поэтому можно, используя эту функциональность, синхронно с помощью других устройств EtherCAT в сети измерять мощность для большего числа потребителей.

Также повышают производительность системных платформ расширенные функциональные возможности в части ПО, которые предназначены для мониторинга мощности в системах управления на базе ПК. В этом случае для оценки необработанных данных о токе и напряжении библиотеки ПЛК могут подаваться напрямую с помощью терминалов ввода/вывода для контроля мощности. Такие функциональные блоки доступны для расчета среднеквадратических значений тока, напряжения и мощности.

Результаты могут выводиться как мгновенные или средние значения, но в функциональных блоках также доступны максимальные и минимальные значения. Через частоты и частотные спектры могут быть определены, например, гармоники в сетях и их нагрузках, которые представляются, как уже было сказано

ранее, в виде суммарного коэффициента нелинейных искажений THD. Все функциональные блоки доступны для однофазных и трехфазных систем. Не так давно этот уровень функциональности и синхронизации был зарезервирован и для сложных, дорогостоящих и громоздких устройств типа «черного ящика», которые требовали собственного ПО и существовали внутри довольно замкнутой экосистемы. Это означает, что для эффективного анализа данных несколько выделенных электрических машин могут быть обеспечены более высоким уровнем технологии мониторинга электрической мощности.

Из всего сказанного следует вывод, что уже сегодня можно извлекать данные о дорогостоящем энергопотреблении из всех областей производственной среды и из системы управления, снабженной терминалами ввода/вывода, которые соответствуют требованиям конкретного оборудования и электрических машин. При добавлении компактных терминалов ввода/вывода со встроенной измерительной технологией у инженеров, контролирующей функционирование электрической сети, появляется больше возможностей для управления и энергоконтроля. ●

**РИС. ▼**  
Компактные трехфазные терминалы ввода/вывода от Beckhoff Automation могут использоваться для измерения мощности, гармоник, суммарного коэффициента нелинейных искажений (THD), частоты и коэффициента мощности

