

УДК 621.317.385

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЗА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ ШАХТНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Родыгин А.А., аспирант гр. ЭГП-21а, II курс
Научный руководитель: Тельманова Е.Д., к.п.н., доцент
Уральский государственный горный университет
г. Екатеринбург

Аннотация. Предложенные в статье идеи, направленные на решение задачи совершенствования системы контроля электропотребления шахтной самоходной буровой установкой, являются основой для разработки эффективной системы прогнозирования и для моделирования ее рабочего цикла. Предлагаемая система является интеллектуальной сетью, в основе которой лежит применение интеллектуальных счётчиков, осуществляющих коммуникацию и контроль электропотребления шахтной буровой установкой. Рассмотрены основные функции и архитектура инфраструктуры учета электроэнергии ИУЭ. Описанная в статье интеллектуальная сеть на основе интеллектуальных счетчиков может быть применена для сетей подземного электроснабжения, в частности для самоходной буровой установки.

Ключевые слова: интеллектуальная сеть, инфраструктура учета электроэнергии, интеллектуальный счетчик.

Стандартные сети электроснабжения шахтных силовых установок в настоящее время не соответствуют высоким требованиям к качеству и конкурентоспособности буровых установок, в основе которых глубоко регулируемые электроприводы. Поэтому меры по поддержанию эффективной добычи полезных ископаемых в России, в долгосрочной перспективе, направлены на создание интеллектуальных сетей. Важнейшие задачи данных сетей: сбор и безопасная передача большого массива данных от всех работающих устройств; обеспечение надежной связи; надежное хранение всей полученной информации.

Шпуровую отбойку руды на шахте рудника «Заполярный» руды выполняют с помощью самоходной буровой установки от шведского производителя «Sandvik», характерной особенностью которой является неритмичность электропотребления. И это существенно отражается как на самой самоходной буровой установке, так и на подземной участковой понизительной подстанции.

Для решений данной проблемы необходимо сначала рассмотреть и проанализировать систематизацию электрических измерений. К таковой систематизации возможно отнести систематизацию замеров с методологической точки зрения,

то есть зависимо от всеобщих способов извлечения результатов замеров (виды или классы измерений), систематизацию замеров зависимо от использования принципов и средств замеров (способы измерений) и систематизацию замеров в зависимости от динамики измеряемых величин.

По способу получения результата, измерения делятся на следующие виды: прямые, непрямые и совместные.

К *прямым* измерениям относятся те, результат которых получают непосредственно из опытных данных. Прямое измерение условно можно сформулировать в виде формулы:

$$A = B,$$

где A – разыскиваемый результат измеряемой величины; B – значение, непосредственно полученное из опытных данных.

К этому виду замеров относятся измерения различных физических величин при помощи устройств, градуированных в определенных единицах. Например, измерения электрического напряжения – вольтметром, сопротивления – омметром и так далее. Также к этому виду замеров причисляются и измерения, при которых разыскиваемое значение величины находится точным сравнением ее с мерой.

Непрямым называется такое измерение, при котором искомое значение находят на основании известной связи между данной величиной и величинами, которые непосредственно измеряются. При не прямых замерах числовое значение искомой величины находится способом вычисления по формуле:

$$A = f(B_1, B_2 \dots B_n),$$

где A – разыскиваемое значение измеряемой величины; B_1, B_2, B_n – значения измеренных величин.

Например, замеры мощности в цепях постоянного тока – амперметром и вольтметром.

Совместными измерениями называются такие, при которых разыскиваемые значения разноименных величин находятся способом решения системы уравнений, объединяющих значения разыскиваемых величин с непосредственно замеренными.

На выбор способа измерения большое влияние оказывает окружающая среда. Шахта рудника «Заполярный» является опасной по газу и пыли. В составе природных газов преобладает метан (до 64,0-99,3 %), тяжелые углеводороды (этан, пропан, бутан), окись углерода, двуокись углерода, водород присутствуют в незначительном количестве. Поэтому для наглядного и безопасного представления электропотребления самоходной буровой установки от шведского производителя «Sandvik» будем использовать прямые измерения электрического напряжения вольтметром на шинах питающей сети. Именно такой замер покажет неритмичный график электропотребления данной установкой.

В ходе исследования нами были сделаны замеры напряжения во время бурения самоходной буровой установкой шпуров двумя стрелами. Было произведено восемь замеров в течение технологической смены (6,5 часа), которые показали: 405 В, 403 В, 400 В, 397 В, 410 В, 389 В, 399 В, 410 В (рис.1).

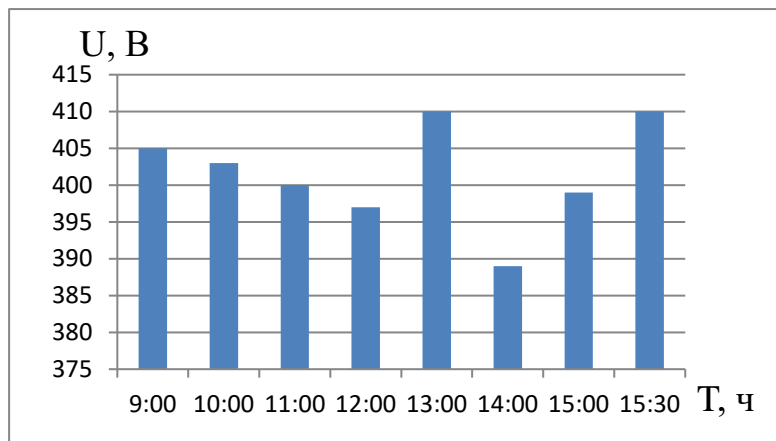


Рис. 1. Изменения напряжения на шинах при бурении

Далее, необходимо выполнить оценку полученных замеров. Для оценки измерений существует два метода: метод непосредственной оценки и метод сопоставления.

Сущность метода непосредственной оценки состоит в том, что значение измеряемой величины оценивают по показанию 1-го (прямые измерения) либо многих (непрямые измерения) устройств, предварительно проградуированных в единицах измеряемой величины или в единицах прочих величин, от которых зависит меримая величина. Несложным образцом метода непосредственной оценки может быть замер какой-либо величины одним прибором, шкала которого проградуирована в соответствующих единицах.

Вторая группа методов электрических замеров объединена под всеобщим заголовком методов сопоставления. К ним причисляются все те способы электрических измерений, при которых меримая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой. Отсюда следует, характерной особенностью методов сопоставления является определенная значимость мер в процессе измерения.

Используем метод непосредственной оценки измеренной величины электрического напряжения. В результате, на основании восьми замеров был сделан вывод о неритмичности электропотребления самоходной буровой установки «Sandvik».

Для сглаживания колебаний напряжения в сети из-за неравномерности нагрузки необходимо разработать эффективную систему прогнозирования электропотребления с последующим моделированием рабочего цикла самоходной буровой установки «Sandvik». Это позволит производить ограничения нагрузок, реагировать на все изменения и аварийные ситуации в системе электроснабжения в режиме реального времени.

Для решения данной задачи целесообразно использовать «умную сеть электроснабжения» (англ. *Smart Grid – SG*).

SG – это наиболее популярный термин, который используется для описания средства связи и управления, интегрированных в обычную сеть электроснабжения в 21 веке. Хотя также используются несколько других наименований, такие как интеллектуальные сети или межсетевые сети. *SG* включает в себя проводную и беспроводную коммуникационную инфраструктуру. Основной вклад *SG* по сравнению с традиционными электрическими сетями – это возможность обеспечить двунаправленный поток энергии и сигналов связи. Повсеместный контроль и коммуникационная подструктура позволяет *SG* реагировать на изменения, происходящие на любом участке генерации, передачи и распределение электроэнергии. *SG* позволяет наблюдать за всей сетью, где встроенные контроллеры мгновенно связываются с каждой подстанцией и блоками преобразования энергии, такими как трансформаторы, преобразователи, инверторы и генераторы [1]. Более того, данный вид наблюдения обеспечивает обнаружение источника с неравномерностью и неопределенностью режима электропотребления, таких как самоходная буровая установка.

Двунаправленный поток энергии (связь), используемый в качестве основы *SG*, осуществляется на основе инфраструктуры интеллектуальных счётчиков (англ. *Advanced Metering Infrastructure – AMI*). В отличие от автоматического считывания счетчиков (англ. *Automated Meter Reading – AMR*) она включает в себя несколько усовершенствованные технологии, такие как интеллектуальные счётчики (англ. *Smart Meter – SM*) [2].

AMI – это не отдельная технология; скорее, это настроенная инфраструктура, которая объединяет ряд технологий для достижения определенных целей. Инфраструктура включает в себя интеллектуальные счетчики, коммуникационные сети на разных уровнях иерархии инфраструктуры, системы управления данными счетчиков и средства для интеграции собранных данных в платформы и интерфейсы программных приложений [3]. В частности работа инфраструктуры (*AMI*) состоит в том, что установленный интеллектуальный электронный счетчик в нашем случае на самоходной буровой установке собирает данные в течении времени. Эти счетчики передают собранные данные через общедоступные фиксированные сети, такие как широкополосная связь по линии электропередач, связь по линиям электропередач, фиксированная радиочастота, а также общедоступные сети, такие как стационарные, сотовые и пейджинговые в центральную систему *AMI*. Далее данные отправляются в систему сбора и обработки данных, которая управляет хранением и анализом данных и предоставляет информацию в необходимой форме поставщику коммунальных услуг. Также система *AMI* позволяет потребителю получать все данные о стоимости и количестве потребленной электроэнергии через прикладные программы, используя ежедневные, ежемесячные или ежегодные отчеты [4].

Интеллектуальные счетчики – приборы конечного пользователя состоящие из передового электрического оборудования и программного обеспечения, способного накапливать сведения, а к полученным сведениям присваивать временные значения. Интеллектуальные счетчики обладают взаимосвязью с удаленным центром обработки информации и способны отправлять данные в необходимые кратковременные интервалы (рабочие циклы) [5]. Конечный пользователь может сам настроить значение временных циклов в зависимости от количества интеллектуальных счётчиков.

Интеллектуальные счетчики обладают следующими функциями:

– Количественное измерение – точно измеряет количество чего-либо. Например, датчики температуры, датчики потока, шунтирующие резисторы, разделительные трансформаторы, трансформаторы тока и системы учета рабочего времени;

– Контроль и калибровка – возможность компенсации небольших отклонений в системе измерений, а также защита от взлома и прерывание обслуживания;

– Коммуникация – используется для настройки параметров в измерителе и передачи сохраненных данных в хост через проводное или беспроводное соединение, а также для обновления прошивки или других оперативных характеристик счетчика;

– Бесперебойное электропитание – имеется дополнительный источник энергии, в случае отключения первичного источника;

– Дисплей – имеют интерфейс с недорогими и маломощными ЖК-дисплеями или светодиодные дисплеи с семисегментными, буквенно-цифровым или матричным форматом, так как потребитель должен иметь возможность просматривать информацию, связанную с потреблением, согласно которой он будет оплачивать количество потребляемой энергии.

– Синхронизация – временная синхронизация имеет решающее значение для надежной передачи данных в центральную систему или другие системы сбора данных для поддержки таких функций, как анализ данных и точное выставление счетов. Это особенно необходимо в беспроводной сети с непредсказуемой или асинхронной связью [6].

Главная понизительная подстанция является поставщиком электроэнергии в шахту, где и будет располагаться центр обработки данных АМІ. Центр обработки данных АМІ будет рассчитывать счета потребителю, производить ограничения нагрузок и реагировать на все изменения, аварийный ситуации в системе в настоящем времени.

Из-за ключевой роли обмена информацией в интеллектуальных сетях, управление данными является одной из важнейших задач в интеллектуальной сети электроснабжения. В АМІ есть ключевые компоненты, которыми обладает центр обработки данных:

– Система управления – это база данных, которая выполняет долгосрочное хранение данных и управление ими;

- Системы управления отключениями;
- Географическая информационная система;
- Потребительская информационная система, которая занимается выставлением счетов и предоставляет информацию о клиентах;
- Система управления распределением, которая в свою очередь обеспечивает управление качеством электроэнергии и прогнозирование нагрузки на основе данных счетчиков [7].

Информация поступает в центр обработки данных АМІ по следующему маршруту: интеллектуальные счетчики собирают информацию у потребителя (самоходная буровая установка), далее по транспортным сетям информация попадает в пункты агрегирования (ПУПП – подземная участковая понизительная подстанция), а оттуда через основную шину информация поступает в ГПП (АМІ).

Интеллектуальные счетчики отправляют собранную информацию на анализирующий компьютер и получают оперативные команды из операционного центра. Поэтому коммуникация является важной частью АМІ. Учитывая количество пользователей и интеллектуальных счетчиков в каждом центре, для передачи большого объема данных требуется высоконадежная сеть связи, с универсальными языками и протоколами. На сегодняшний день основными протоколами для автоматического считывания показаний интеллектуальных счетчиков применяются:

- 1) ZigBee;
- 2) Modbus;
- 3) M-Bus (Meter-Bus);
- 4) IEC61107;
- 5) ANSI C.12.18;
- 6) DLMS/COSEM [3].

Предложенные в статье идеи, направленные на решение задачи совершенствования системы контроля за электропотреблением шахтной самоходной буровой установкой, являются основой для разработки эффективной системы прогнозирования и для моделирования ее рабочего цикла. А рассмотренные основные функции и архитектура инфраструктуры интеллектуальной сети с применением интеллектуальных счетчиков являются наиболее близким текущим решением для повышения эффективности электропотребления в условиях нормальной эксплуатации самоходной буровой установки.

Список литературы:

1. Yasin Kabalci. A Survey on Smart Metering and Smart Grid Communication. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, vol. 57, pp. 302–318.
2. Siano P. Demand Response and Smart Grids – a Survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, vol. 30, pp. 461–478.

3. Mohassel R.R., Fung A., Mohammadi F., Raahemifar K. A survey on Advanced Metering Infrastructure. *Electrical Power and Energy Systems*, 2014, vol. 63, pp. 473–484.

4. Faruqui A., Arritt K., Sergici S. The Impact of Advanced Metering Infrastructure on Energy Conservation: A Case study of Two Utilities. *The Electricity Journal*, 2017, vol. 30, pp. 56–63.

5. Hansen A., Staggs J., Sheno S. Security Analysis of an Advanced Metering Infrastructure. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 2017, vol. 18, pp. 3–19.

6. Smart Metering Brings Intelligence and Connectivity to Utilities, Green Energy and Natural Resource Management. Silicon Laboratories. Available at: <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/Designing-Low-Power-Metering-Applications.pdf> (accessed: 20.02).

7. Zhou J., Hu R.Q., Qian Yi. Scalable Distributed Communication Architectures to Support Advanced Metering Infrastructure. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2012, vol. 23, pp. 1632–1642.