УДК 621.314

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Кузнецов Н.М., Семёнов А.С.

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Мирный, e-mail: kafesem@rambler.ru

Данная статья посвящена вопросам разработки и применения системы мониторинга показателей качества электроэнергии на горных предприятиях. Рассмотрены вопросы обеспечения норм качества электроэнергии. Определено оборудование горных предприятий, создающее электромагнитные помехи и оказывающее негативное влияние на качество электроэнергии. Поставлены задачи мониторинга показателей качества электроэнергии. Рассмотрены различные средства измерения для контроля качества электроэнергии. Указаны новые стандарты, регламентирующие методы измерения показателей качества электроэнергии. В качестве объекта для создания и применения системы мониторинга показателей качества электроэнергии выбран подземный рудник по добыче алмазосодержащей руды. Определен перечень измеряемых характеристик в соответствии с требованием ГОСТ 13109-97. Рассмотрены различные схемы подключения анализатора к трехфазной сети. Описаны некоторые технические свойства современных цифровых анализаторов с возможностью сбора полученных данных в единой базе горного предприятия и доступа к ней по локальной или беспроводной сети.

Ключевые слова: качество электроэнергии, горное предприятие, система мониторинга, показатели качества электроэнергии, электромагнитная совместимость, база данных, передача информации

DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEM FOR MEASURING THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY ON THE MINING INDUSTRY

Kuznetsov N.M., Semenov A.S.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, e-mail: kafesem@rambler.ru

This article is dedicated to the development and application of power quality monitoring system in the mining industry. The problems of providing power quality standards. Specified equipment of mining industry, creating electromagnetic interference, and have a negative impact on the quality of electrical energy. The tasks of monitoring power quality.The different means of measurement for power quality.Specify new standards governing the methods for measuring power quality. The object for the creation and application of power quality monitoring selected underground mine mining diamond ore. Defines the list the measured characteristics in accordance with GOST 13109–97.Various schemes of connection to the three-phase network analyzer.Describes some of the technical features of modern digital analyzer with the ability to collect the data in a single database mining industry and access to a local or wireless network.

Keywords: quality of electric energy, mining industry, monitoring system, power quality, electromagnetic compatibility, database, information transmission

В основу системы обеспечения качества электроэнергии (КЭ) должна быть положена система мониторинга. Мониторинг позволяет сформировать статистическую базу данных предыдущих измерений, что позволит прогнозировать процессы в электрической системе, определить ожидаемые уровни надежности электроснабжения и КЭ в будущем, снизив, таким образом, риск возникновения ущерба поставщика и/или потребителя за счёт вовремя разработанных, обоснованных и примененных мероприятий по обеспечению надежности электроснабжения и КЭ.

Известно, что КЭ влияет на работу электрооборудования, и в условиях, когда КЭ не соответствует установленным нормам, электрооборудование, подвергаясь воздействию электромагнитных помех, не может нормально функционировать, снижая срок службы и производительность, влияя тем самым на технологический процесс. Качество электроэнергии характеризуется одиннадцатью видами показателей качества электроэнергии (ПКЭ) (электромагнитных помех), восемь из которых нормируются. Проблема обостряется в тех случаях, когда в системе электроснабжения установлено электрооборудование, способное в силу принципа действия создавать эти помехи. Таким оборудованием на горных предприятиях являются частотно-регулируемые электроприводы и двигатели постоянного тока. Создаваемые ими помехи оказывают отрицательное воздействие и на другое оборудование, которое нельзя отнести к столь типичному источнику помех, как электропривод.

В настоящее время утверждены новые стандарты ГОСТ Р 51317.4.7–2008 и ГОСТ Р 51317.4.30–2008, регламентирующие методы измерения ПКЭ. Эти стандарты базируются на международных стандартах МЭК 61000, разработанных для пересмотра европейского стандарта на КЭ EN 50160. Также в 2013 году планируется введение

в действие нового ГОСТ Р 54149–2010 [1], устанавливающего требования к допустимому уровню помех в электрических сетях общего назначения.

В настоящее время контроль качества электрической энергии на предприятиях носит краткосрочный, периодический характер. В основном он осуществляется при проведении сертификационных, периодических и некоторых других видов испытаний в целях подтверждения соответствия обязательным требованиям. Результаты краткосрочных испытаний недостаточно полно и достоверно отражают положение в области качества электроэнергии.

Для непрерывного мониторинга контроля качества электрической энергии по некоторым ПКЭ требуется проведение длительных испытаний. Это относится прежде всего к параметрам провалов напряжения и параметрам временных перенапряжений. Накопление измерительной информации, характеризующей эти динамические процессы, и ее статистическая обработка должны проводиться в течение одного года. Только при соблюдении этого требования к продолжительности испытаний полученные статистические характеристики могут использоваться для совершенствования договорных отношений между поставщиками и потребителями электроэнергии.

Краткосрочный и периодический характер испытаний и отсутствие при их проведении результатов измерений параметров, необходимых для анализа качества электроэнергии, существенно осложняют разработку организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение качества электроэнергии и повышение показателей надежности электроснабжения, и не позволяют в полной мере достичь поставленной цели предприятия в области качества электроэнергии.

Для повышения достоверности и полноты результатов контроля качества электрической энергии, а также для повышения оперативности управления качеством электрической энергии контроль качества электрической энергии должен проводиться непрерывно. При этом необходимо осуществлять постоянный мониторинг качества электрической энергии с помощью соответствующей автоматизированной информационно-измерительной системы контроля качества электроэнергии. Результатом работы такой системы должно быть получение измерительной информации, необходимой не только для определения соответствия электрической энергии обязательным требованиям (контроля качества электроэнергии), но и для выявления источников и причин ухудшения качества.

К основным задачам мониторинга ПКЭ относится: обнаружение помех и их оценка; регистрация измеренных числовых характеристик в целях обработки и отображения результатов; оценка измеренных значений показателей качества электроэнергии на соответствие установленным требованиям; определение источника помех; проведение коммерческих расчетов между поставщиком и потребителем электроэнергии. Для организации измерений необходимо определить вид контроля, точку осуществления измерений и виды контролируемых ПКЭ. В зависимости от длительности наблюдения можно выделить два вида организации контроля КЭ: периодический и постоянный. Отличие постоянного контроля от периодического заключается в непрерывности времени измерений и обработки результатов. Общие требования, предъявляемые к системе мониторинга ПКЭ, являются обязательными по причине того, что определяют те условия, при которых эти системы должны нормально функционировать в рамках основной погрешности при обеспечении должного уровня безопасности от поражения электрическим током. Системы мониторинга ПКЭ должны в реальном масштабе времени обеспечивать непрерывное измерение ПКЭ и вспомогательных параметров электроэнергии, должны быть цифровыми программируемыми приборами, использующими высокоразрядные аналого-цифровые преобразователи и быстродействующие процессоры.

Точки контроля качества электрической энергии на высоковольтных трансформаторных подстанциях, подключенных к энергосистеме, должны располагаться на входных и выходных фидерах. Измерительная информация в точках контроля, расположенных на входных фидерах подстанций, предназначена для контроля качества поступающей электроэнергии (входного контроля) и используется для организации взаимодействия с электросетевыми компаниями при управлении качеством электроэнергии.

Измерения ПКЭ проводились в системе электроснабжения горного предприятия [6], а именно на объектах подземного рудника по добыче алмазоносной руды [5]. В качестве средств измерения были использованы анализаторы качества электроэнергии G4400 Black Box, являющиеся инновационными приборами производства компании Elspec (Израиль). Анализаторы предназначены для измерения параметров трехфазной трехпроводной или четырехпроводной, симметричной или несимметричной электрической сети с одновременным отобра-

жением, сохранением, ведением архива текущих значений и их цифровой передачей данных. Анализаторы G4400 обеспечивают измерение следующих характеристик в соответствии с требованиями ГОСТ 13109–97: установившихся значений отклонения частоты переменного тока; установившихся значений отклонения напряжения основной частоты; коэффициента *n*-й гармонической составляющей напряжения; коэффициента искажения несинусоидальности напряжения; глубину и длительность провала напряжения; коэффициент и длительность временного перенапряжения. Возможные схемы подключения анализаторов к трехфазной трехпроводной или четырехпроводной электрической сети приведены на рис. 1.

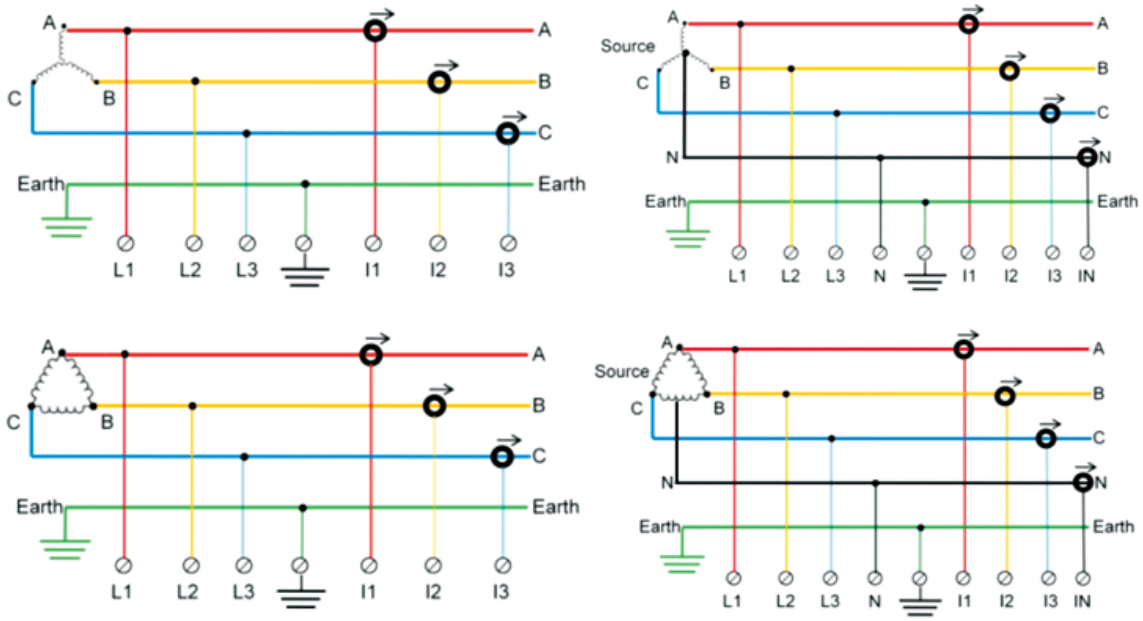

Рис. 1. Схемы подключения анализатора к трехфазной сети

В состав особо мощных нелинейных электроприемников подземного рудника входят: регулируемый электропривод постоянного тока подъемной машины скипового подъема скипового ствола; регулируемый электропривод постоянного тока подъемной машины клетьевого ствола; частотно-регулируемый электропривод вентилятора главного проветривания. На рис. 2 приведена схема системы мониторинга ПКЭ на скиповом подъеме рудника. В состав системы контроля качества электроэнергии входят следующие компоненты:

– измерительные компоненты (измерительные трансформаторы напряжения – ИТН, измерительные трансформаторы тока – ИТТ);

– комплексные компоненты, измерительно-вычислительные комплексы (измерители показателей качества электроэнергии – ИПКЭ, программно-технические комплексы контроля качества электроэнергии – ПТК);

– связующие компоненты (линии связи между измерительными трансформаторами и измерителями ПКЭ, GSM модемы, аппаратура и сети Ethernet, концентраторы – HUB);

– вычислительные компоненты (серверы данных, станции сбора данных и рабочие станции с установленным системным и прикладным программным обеспечением).

За период измерений был осуществлен контроль напряжения на четырех секциях шин и измерены дополнительные характеристики качества электроэнергии по току и мощности на восьми присоединениях. В результате проделанных измерений было выявлено несоответствие требованиям ГОСТ некоторых измеренных показателей качества электроэнергии. Также в ходе проведения измерений все полученные данные были сохраненыв базу данных, реализуемую программным обеспечением PQSCADA. Это мощная программа анализа данных, позволяющая просматривать дета-

лизированные данные для широкого спектра параметров. Сервер PQSCADA формирует связь с устройствами серии BlackBox, число которых может быть неограниченно. На основании данных, измеренных анализаторами G4400, программное обеспечение Elspec Investigator осуществляет оценку соответствия ПКЭ установленным нормам с формированием протокола соответствия качества измеренной электроэнергии.

В данной работе были рассмотрены мероприятия по разработке и использованию системы мониторинга показателей качества электроэнергии на горных предприятиях. Для создания такой системы был использован анализатор ПКЭG4400 Black Box и специализированные программы PQSCADA и Elspec Investigator для создания и обработки базы данных измеренных показателей. При установке такой системы мониторинга на горное предприятие можно вести непосредственный контроль показателей качества электроэнергии энергослужбами горного предприятия с любого рабочего места, имеющего персональный компьютер.

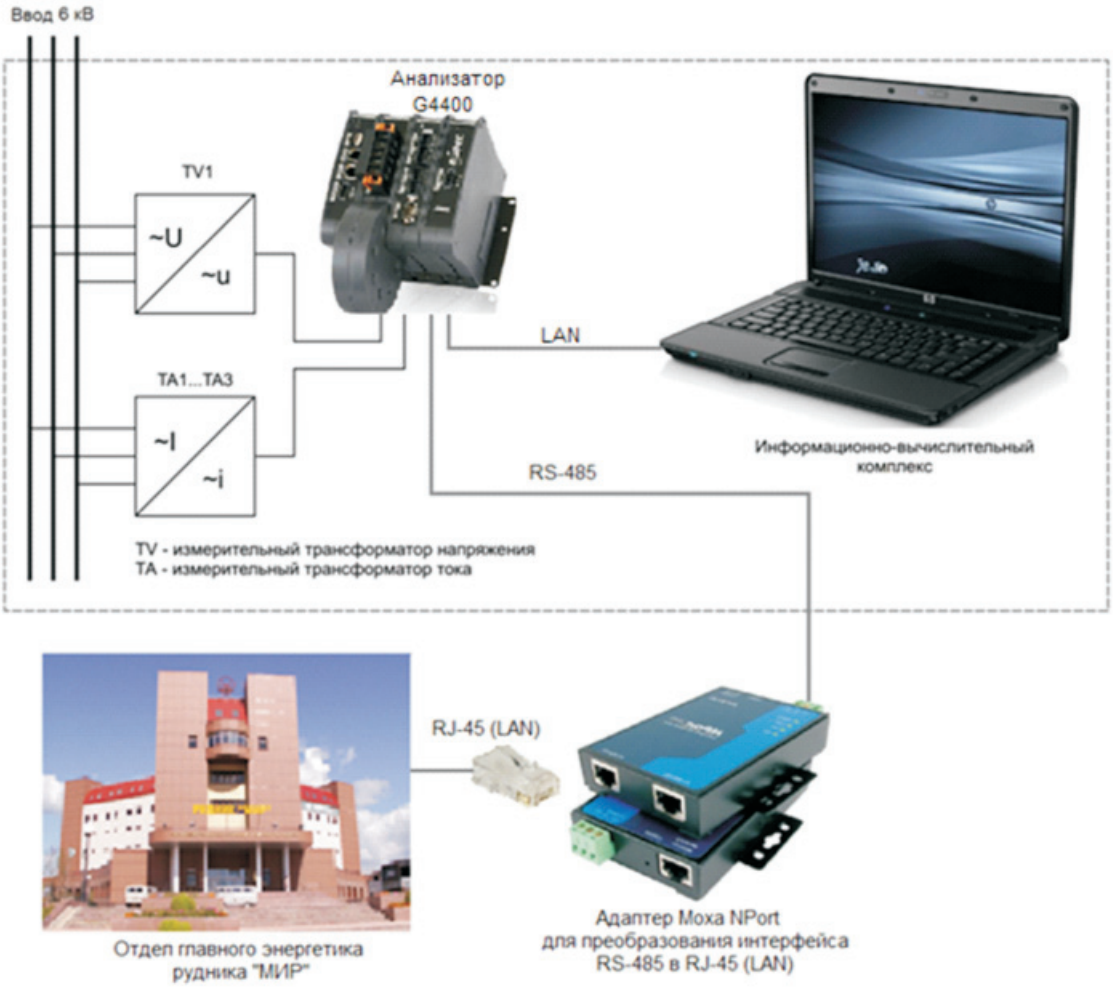

Рис. 2. Пример организации системы мониторинга ПКЭ на скиповом подъеме рудника

Список литературы

1. ГОСТ Р 54149–2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.

2. Оценка работы фильтров в системе электроснабжения горнодобывающего предприятия по результатам контроля качества электроэнергии / А.Е. Карташев, В.Н. Тульский, Н.М. Кузнецов, М.Г. Симуткин, Р.Р. Насыров // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 7. – С. 16–19.

3. Искажение формы питающего напряжения в сетях электроснабжения при наличии полупроводниковых преоб-

разователей / А.Е. Козярук, Н.М. Кузнецов, О.В. Федоров, А.О. Свириденко // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 6. – С. 30–35.

4. Кузнецов Н.М. Ученые России // Российская Академия Естествознания. – URL: http://www.famous-scientists.ru/12500 (дата обращения: 27.11.2012).

5. Качество электрической энергии горных предприятий: монография / Н.М. Кузнецов, Ю.В. Бебихов, А.В. Самсонов, А.Н. Егоров, А.С. Семенов. – М.: Издательский дом Российской Академии Естествознания, 2012. – 68 с.

6. Кузнецов Н.М., Семенов А.С. Система мониторинга показателей качества электроэнергии на горных предприятиях // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. – С. 35–37.

References

1. GOST R 54149-2010. Elektricheskaya energiya. Sovmestimost tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obschego naznacheniya / Federalnoe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. M.: Standartinform, 2012. 16 p.

2. Kartashev A.E., Tulskiy V.N., Kuznetsov N.M., Simutkin M.G., Nasyrov R.R. Otsenka raboty filtrov v sisteme elektrosnabzheniya gornodobyvayuschego predpriyatiya po rezultatam kontrolya kachestva elektroenergii // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2012. no. 7. pp. 16–19.

3. Kozyaruk A.E., Kuznetsov N.M., Fedorov O.V., Sviridenko A.O. Iskazhenie formy pitayuschego napryazheniya v setyakh elektrosnabzheniya pri nalichii poluprovodnikovykh preobrazovateley // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2011. no. 6. pp. 30–35.

4. Kuznetsov N.M. Uchenye Rossii // Rossiyskaya Akademiya Estestvoznaniya. URL: http://www.famous-scientists.ru/12500 (data obrascheniya: 27.11.2012).

5. Kuznetsov N.M., Bebikhov Yu.V., Samsonov A.V., Egorov A.N., Semenov A.S. Kachestvo elektricheskoy energii gornykh predpriyatiy: monografiya. M.: Izdatelskiydom Rossiyskoy Akademii Estestvoznaniya, 2012. 68 p.

6. Kuznetsov N.M., Semenov A.S. Sistema monitoringa pokazateley kachestva elektroenergii na gornykh predpriyatiyakh // Energosberezhenie, elektromagnitnaya sovmestimost i kachestvo v elektricheskikh sistemakh: sbornikstatey III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii. Penza: Privolzhskiy Dom znaniy, 2012. pp. 35–37.

Рецензенты:

Ефимов Б.В., д.т.н., профессор, директор Центра физико-технических проблем энергетики Севера, заместитель Председателя Кольского научного центра РАН, г. Апатиты Мурманской области;

Петров В.Л., д.т.н., профессор, проректор по учебной работе МГГУ, зам. председателя Совета УМО вузов РФ по образованию в области горного дела, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 05.12.2012.