УДК
622:621.3

К.Н. Копылов, С.С. Кубрин, С.Н. Решетняк

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОДЗЕМНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ШАХТ И РУДНИКОВ

Современный мировой рынок углеводородов в значительной степени предъявляет особые требования по снижению себестоимости добычи полезного ископаемого подземным способом. Основными мероприятиями по снижению себестоимости добычи предприятий по добычи полезного ископаемого подземным способом является модернизация основного оборудования, внедрения новых современных технологий по добыче полезного ископаемого, минимизация потерь энергоресурсов, однако все представленные мероприятия невозможны без достаточно точного и современного учета основного энергоресурса, которым является электрическая энергия. В статье представлена возможность построения автоматизированной информационно-измерительной системы технического учета электроэнергии для подземных горных работ.
Ключевые слова: учет электроэнергии, угольная шахта, проходческий участок, эффективные режимы работы, автоматизированная информационно измерительная система, себестоимость добычи.

В минерально-сырьевом кластере России значительную роль играет процесс добычи твердого полезного ископаемого подземным способом. Этот способ достаточно энергозатратен, так как на таких предприятиях потребляется ряд энергетических ресурсов, таких как электрическая и тепловая энергия, природный газ, уголь (основные энергоресурсы), а также моторное топливо и т.д. (неосновные энергоресурсы). Однако, до 70–80% в энергетическом балансе предприятия по добыче полезного ископаемого подземным способом, достигает потребление электрической энергии, поэтому необходимо достаточно большое внимание уделить учету потребления электрической энергии по предприятию в целом, как к основному энергетическому ресурсу, в частности, по учету потребления электроэнергии подземными потребителями шахт и рудников [1].

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 3. С. 97–105.
© 2017. К.Н. Копылов, С.С. Кубрин, С.Н. Решетняк.

Предприятия, по добыче твердых полезных ископаемых подземным способом, проводят мероприятия по извлечению из недр таких полезных ископаемых как уголь, руды черных и цветных металлов, алмазы. Уголь, достаточно широко используется в России и мире в качестве энергоресурса разведанные запасы угля позволяет занимать 2 место в мире по подтвержденным запасам. По разведанным запасам железной руды Россия занимает 3 место в мире. По разведанным запасам алмазов, Россия занимает 2 место в мире. Добыча руд цветных металлов также достаточно широко представлена в России. Данные аспекты позволяют сделать предпосылки к дальнейшему привлечению инвестиций в горнодобывающую отрасль России путем снижения энергоемкости производства предприятий минерально-сырьевого кластера по добычи полезного ископаемого подземным способом [1, 8, 10].

Под понятием энергоемкости горнодобывающего предприятия следует понимать отношение потребленного энергетического ресурса на основные и вспомогательные технологические процессы по добыче полезного ископаемого, на единицу произведенной (добытой) продукции [12].

Основными мероприятиями по снижению энергоемкости предприятий по добычи полезного ископаемого подземным способом является модернизация основного оборудования, внедрения новых современных технологий по добыче полезного ископаемого, минимизация потерь энергоресурсов, однако все представленные мероприятия невозможны без достаточно точного и современного учета основного энергоресурса, которым является электрическая энергия.

На рис. 1 представлен типовой баланс потребления основного энергоресурса (электрической энергии) предприятия по

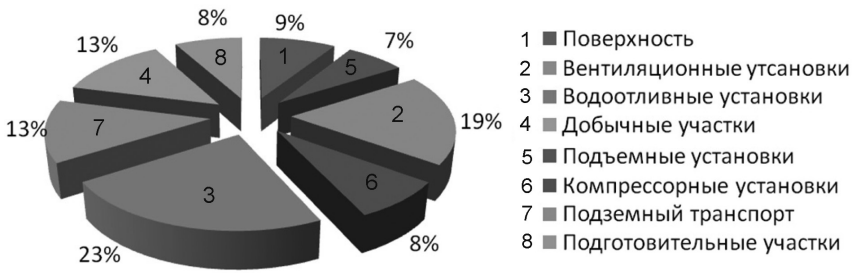

Рис. 1. Баланс (типовой) потребления основного энергоресурса (электрической энергии) предприятия по добыче полезного ископаемого подземным способом

добыче полезного ископаемого подземным способом. Анализ представленного баланса показал, что порядка 57% потребителей электрической энергии расположены в подземных горных условиях.

В большинстве случаев на горнодобывающем предприятии учет потребленной электрической энергии подземными потребителями, производится (в лучшем случае) на фидерных ячейках Центральной подземной понизительной подстанции. Однако этого недостаточно для определения энергоэффективных режимов работы конкретного оборудования расположенного на различных участках предприятия, и запитанного от одной ячейки. В качестве счетчиков на фидерных ячейках Центральной подземной понизительной подстанции обычно применяется аналоговый индукционный счетчик электрической энергии, у которого отсутствует возможность для передачи информации всему персоналу горного предприятия участвующем в системе Энергоменеджмента. Архивирование данных по потреблению осуществляется путем записи потребленной электрической энергии в соответствующий журнал дежурным персоналом понизительной подстанции, что также является недостаточным для анализа режимов работы основного оборудования.

В качестве решение задачи повышения уровня учета и контроля потребления электроэнергии подземными потребителями предлагается разработка системы АИИСТУЭ (Автоматизированной информационно-измерительной системы технического учета электроэнергии), для подземных горных работ. Данная система позволит на поверхности предприятия обеспечить мониторинг потребления электрической энергии оборудования расположенного в условиях подземных выработок, в режиме реального времени, всему ключевому персоналу. Также появляется возможность для архивирования полученные данные для дальнейшего анализа режимов работы основного оборудования.

Помимо экономического эффекта от внедрения системы АИИСТУЭ позволит стимулировать научно-технический прогресс и техническое перевооружение производства, а также значительно повышается культура производства. В соответствии с вышесказанным, вопрос разработки автоматизированной информационно-измерительной системы технического учета электроэнергии для подземных потребителей является актуальной и требующей решения задачей [2, 3, 9].

Важным фактором на любом горном предприятии является обеспечение высокого уровня надежности и безопасности

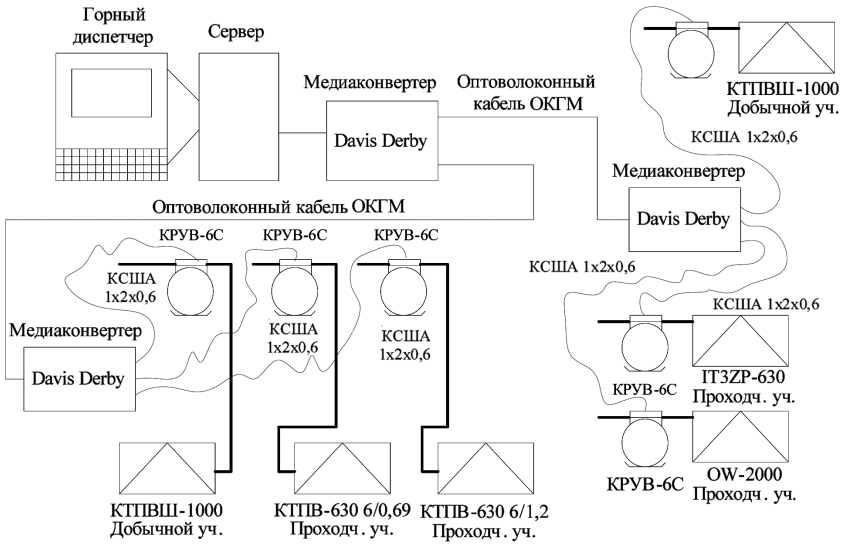

Рис. 2. Предлагаемая структурная схема АИИСТУЭ для подземных горных работ на основе КРУВ-6С

эксплуатации горного оборудования, система АИИСТУЭ позволяет обеспечить выполнения требований и нормативов по безопасной эксплуатации [11].

Предлагается разработать автоматизированную информационно-измерительную систему технического учета электроэнергии на основе высоковольтного комплектного распределительного устройства во взрывозащищенном исполнении КРУВ-6С-УХЛ5 (рис. 2) [3].

Используя КРУВ-6С-УХЛ5, во взрывозащищенном исполнении, в качестве основного элемента позволяет создать автоматизированную информационно-измерительную систему технического учета электроэнергии для шахт опасных по внезапному выбросу газа.

КРУВ-6С-УХЛ5 – оборудовано разъемом RS 485, что позволяет получить цифровой сигнал в режиме реального времени об основных параметрах электропотребления и дальнейшая транспортировка его на поверхность.

Однако КРУВ-6С-УХЛ5 включается перед трансформаторной подстанцией или ряда трансформаторных подстанций запитанных шлейфом, от которых питается, как правило, ряд потребителей. В частности от участковой понизительной подстанции (проходческого участка шахты) питается проходческий

комбайн, конвейер, 2–3 маслостанции и т.д. Поэтому сведения о работе того или иного оборудования по участковой понизительной подстанции анализируются на основании электрического баланса. Этот способ позволяет оценить работы проходческого участка в целом, однако анализ режимов работы конкретного оборудования будет достаточно затруднен [3].

Предлагается к установке на проходческом или добычном участке высокоинтерированную систему АИИСТУЭ. Данная система предлагает к установке измерительных трансформаторов тока и напряжения непосредственно на выходе кабельной линии питающей то или иное оборудование. Следует отметить, что все измерительные трансформаторы должны быть выполнены во взрывозащищенном исполнении или иметь взрывозащищенный корпус.

В условиях подземных горных работ имеются потребители на различные уровни напряжения: 6 кВ, 3,3 кВ, 1140 В, 660 В. В частности напряжение 6 кВ и выше, используется для транспортировки электрической энергии к ЦПП (центральная подземная подстанция), а также для дальнейшей транспортировки электрической энергии на участковые трансформаторные подстанции. Дальнейшее преобразование электрической энергии осуществляется за счет преобразования первичного напряжения с 6 кВ в вторичное напряжение 3,3 кВ, 1140 В, 660 В, которое служит для питания оборудования.

В качестве основного измерительного элемента предлагается использовать Блок измерительных трансформаторов шахт-

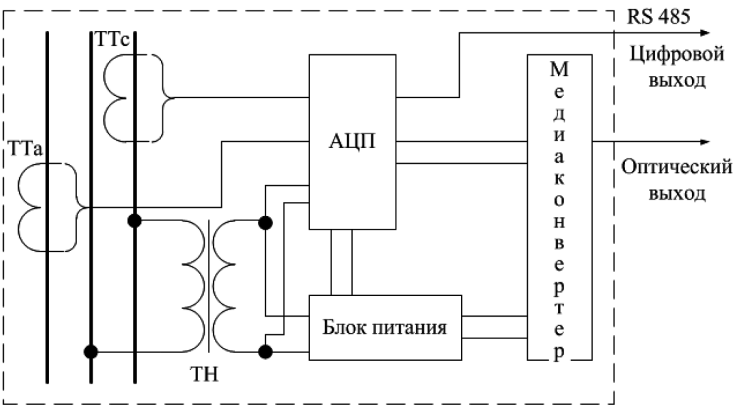

Рис. 3. Предлагаемая структура БИТШ (Блок измерительных трансформаторов шахтный)

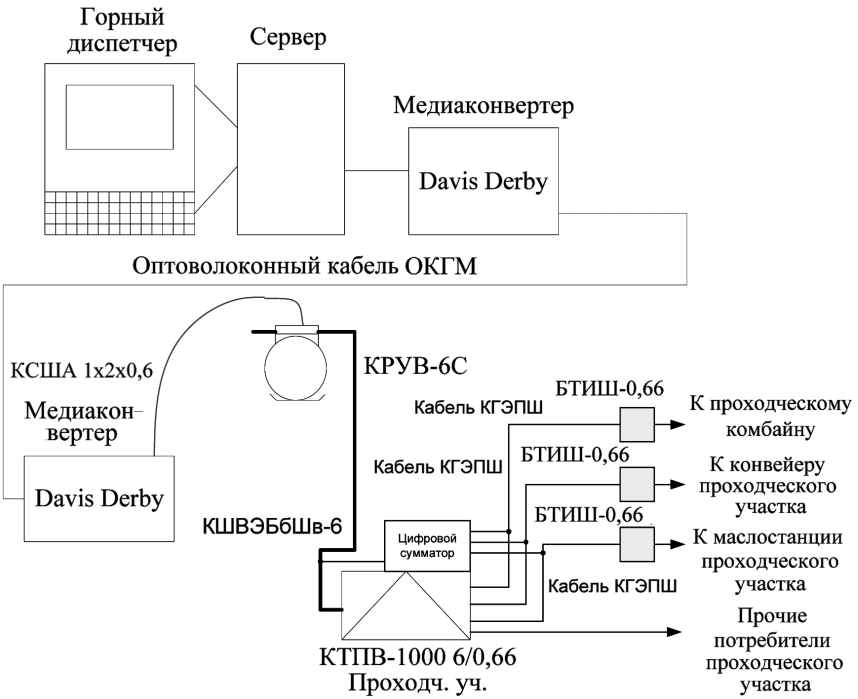

Рис. 4. Предлагаемая структурная схема АИИСТУЭ для подземных горных работ проходческого участка на основе БТИШ-0,66

ных (БТИШ). Данное устройство представляет собой измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также аналогово-цифровой преобразователь сигнала и медиаконвертер в едином взрывозащищенном корпусе. Предлагаемая структура этого устройства представлена на рис. 3.

Высокоинтегрированная АИИСТУЭ для подземных горных работ проходческого участка на основе БТИШ-0,66 представлена на рис. 4.

Принцип работы устройства БТИШ предполагает измерение токов и напряжений в трехфазной сети потребителя, после чего происходит преобразование аналогового сигнала полученного с измерительных трансформаторов в цифровой сигнал. Этот сигнал, возможно, транспортировать на поверхность в цифровом виде или преобразовать в оптический сигнал с помощью медиаконвертера и также транспортировать на поверхность.

Электроснабжение проходческого участка осуществляется по кабельной линии КШВЭБбШв-6 от ЦПП. Данные кабели предназначены для прокладки по горизонтальным и наклонным горных выработок на номинальное напряжение 6 кВ на основных жилах и до 220 В на вспомогательных жилах которые служат для транспортировки цифрового сигнала. Они не распространяют горение при одиночной прокладке, имеют электропроводящие экраны и могут эксплуатироваться в тяжелых условиях (длительное наличие воды или наличие конденсации влаги, воздействие агрессивных сред) [7].

Напряжение подводится к первичной обмотке участковой понизительной подстанции КТПВ-1000 6/0,66, от которой питается все оборудование проходческого участка с напряжение 660 В. Выводы вторичной обмотки КТПВ-1000 6/0,66, с помощью кабельных линий КГЭПШ, подсоединяются к БТИШ-0,66 и далее к основному оборудованию проходческого участка. Кабели КГЭПШ предназначены для присоединения угольных комбайнов, передвижных машин и механизмов при подземных горных работах к электрическим сетям на номинальное напряжение переменного тока до 1140 В частотой 50 Гц на основных жилах и до 220 В на вспомогательной жиле [6].

Связь между КРУВ-6С и медиаконвертером осуществляется с помощью кабеля КСША 1х2х0,6. Этот кабель предназначен для организации связи в шахтах с прокладкой по горизонтальным и наклонным выработкам, характеризующимся высокой влажностью, взрывоопасной атмосферой, воздействием вод щелочного или слабокислого характера и на поверхности [4].

Связь между медиаконвертером расположенным в подземных выработках и медиаконвертером расположенным на поверхности осуществляется с помощью кабеля ОКГМ. Оптический кабель магистральный с центральным силовым элементом из стеклопластикового стрежня, стального троса или стальной проволоки в полиэтиленовой оболочке, вокруг которого скручены оптические модули, содержащие до 24 оптических волокон каждый. Этот кабель предназначен для прокладки в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, тоннелях, на мостах и в шахтах, в воде при пересечении болот, озер и рек с максимальной глубиной не более 10 м [5].

Помимо получения сведений об эффективном использовании электрической энергии, представленная автоматизированная система позволит осуществить реализацию энергоэф-

фективных режимов работы электроприводов ряда подземных потребителей, что позволит снизить себестоимость добычи полезного ископаемого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ляхомский А. В.*, *Бабокин Г. И.* Управление энергетическими ресурсам горных предприятий: учебное пособие. – М.: Изд-во «Горная книга», 2011. – 232 с.

2. *Повышение* эффективности использования энергии в промышленности. Дания / Под ред. А. М. Мастепанова. – М., 1999. – 242 с.

3. *Кубрин С. С.*, *Решетняк С. Н.* Автоматизированная информационно-измерительная система технического учета электроэнергии для подземных горных работ // Горный журнал. – 2016. – № 1. – С. 87–90.

4. http://kombitel.ru/catalog/cabel/~saranskkabel-kabeli-shahtnoy-telefonnoy-svyazi Каталог кабельной продукции.

5. http://cable.ru/cable/marka-okgm.php Каталог кабельной продукции.

6. http://clive-group.ru/catalog/kabel-provod/kabeli-ekskavatornye-i-shakhtnye/kabel-kgesh/ Каталог кабельной продукции.

7. http://www.kamkabel.ru/production/catalog/kabeli-obshhepromyshlennye/silovye-v-PVKH-izolyatsii/silovye-v-PVKH-izolyatsii_1099.html Каталог кабельной продукции.

8. *Fashilenko V. N.*, *Reshetnyak S. N.* Improving the energy performance of industrial enterprises. Miner's week–2015. Reports of the XXIII international scientific. 2015. p. 570–573.

9. *Petrochenkov A. B.* An information of industrial electrotechnical complexes // Russian Electrical Engineering. 2015. T. 86. № 6. pp. 692–696.

10. *Lyakhomskii A. V.*, Perfil'eva E.N., *Petrochenkov A. B.* Conceptual design and engineering strategies to increase energy efficiency at enterprises // Russian Electrical Engineering. 2015. T. 86. № 6. pp. 305–308.

11. *Pichuev A. V.*, *Shevyrev Y. V.* Legal aspects of electrical safety at mining enterprises of Russia. Miner's week–2015. Reports of the XXIII international scientific. 2015. pp. 605–612.

12. *Пичуев А. В.*, *Овсянников Н. Б.* Методы прогнозирования электрической нагрузки на горнодобывающих предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 1. – С. 292–296. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Копылов Константин Николаевич – технический директор, АО «СУЭК»,
Кубрин Сергей Сергеевич – доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией, ИПКОН РАН,
Решетняк Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, НИТУ «МИСиС»;
старший научный сотрудник, ИПКОН РАН,
e-mail: reshetniak@inbox.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 3, pp. 97–105.

UDC
622:621.3

K.N. Kopylov, S.S. Kubrin, S.N. Reshetnyak

INCREASING THE LEVEL OF ACCOUNTING AND CONTROL OF ELECTRICITY CONSUMPTION BY CONSUMERS IN UNDERGROUND MINES

The modern world market of hydrocarbons largely imposes special requirements to reduce the cost of production of minerals by underground method. The main measures to reduce the cost of production of the enterprises for mining of minerals by underground method is the modernization of the basic equipment, introduction of new modern technologies for the extraction of minerals, minimization of energy losses, but all represented events is impossible without a sufficiently accurate and modern accounting primary energy source, which is electric power. The article presents the possibility of building automated information-measuring system of technical metering of energy for underground mining.

Key words: the metering of electricity, coal mine, excavating the site, effective modes of operation, automated information and measuring system, the cost of production.

AUTHORS

Kopylov K.N., Technical Director, JSC «SUEK», 115054, Moscow, Russia,
Kubrin S.S.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Laboratory,
Reshetnyak S.N.[1], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia,
Senior Researcher, e-mail: reshetniak@inbox.ru
[1] Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
of Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Lyakhomskiy A. V., Babokin G. I. *Upravlenie energeticheskimi resursam gornykh predpriyatiy*: uchebnoe posobie (Management of energy resources of mining enterprises: Educational aid), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2011, 232 p.

2. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya energii v promyshlennosti. Daniya*. Pod red. A. M. Mastepanova (Improving the efficiency of energy use in industry. Denmark. Mastepanov A. M. (Ed.)), Moscow, 1999, 242 p.

3. Kubrin S. S., Reshetnyak S. N. *Gornyy zhurnal*. 2016, no 1, pp. 87–90.

4. http://kombitel.ru/catalog/cabel/~saranskkabel-kabeli-shahtnoy-telefonnoy-svyazi Каталог кабельной продукции.

5. http://cable.ru/cable/marka-okgm.php Каталог кабельной продукции.

6. http://clive-group.ru/catalog/kabel-provod/kabeli-ekskavatornye-i-shakhtnye/kabel-kgesh/ Каталог кабельной продукции.

7. http://www.kamkabel.ru/production/catalog/kabeli-obshhepromyshlennye/silovye-v-PVKH-izolyatsii/silovye-v-PVKH-izolyatsii_1099.html Каталог кабельной продукции.

8. Fashilenko V. N., Reshetnyak S. N. Improving the energy performance of industrial enterprises. *Miner's week–2015. Reports of the XXIII international scientific*. 2015, pp. 570–573.

9. Petrochenkov A. B. An information of industrial electrotechnical complexes. *Russian Electrical Engineering*. 2015, vol. 86, no 6, pp. 692–696.

10. Lyakhomskii A. V., Perfil'eva E.N., Petrochenkov A. B. Conceptual design and engineering strategies to increase energy efficiency at enterprises. *Russian Electrical Engineering*. 2015, vol. 86, no 6, pp. 305–308.

11. Pichuev A. V., Shevyrev Y. V. Legal aspects of electrical safety at mining enterprises of Russia. *Miner's week–2015. Reports of the XXIII international scientific*. 2015, pp. 605–612.

12. Pichuev A. V., Ovsyannikov N. B. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 1, pp. 292–296.