УДК 622.323:621.31

Б.Н.АБРАМОВИЧ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРНЫХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены проблемы повышения эффективности электроснабжения горных предприятий: снижение капитальных вложений в систему электроснабжения, обоснование и внедрение энергосберегающих технологий, позволяющих ограничить на рациональном уровне энергетическую составляющую затрат на добычу, транспортировку и переработку полезных ископаемых, а также обеспечение качества электроэнергии на уровне, соответствующем требованиям ГОСТа.

Problems of increase of efficiency of electrosupply of the mining enterprises are considered. For increasing of efficiency of electrosupply the decision of the following scientific and technical problems is necessary: reduction of capital investments on the system of electrosupply, a justification and introduction energy-saving the technologies, allowing to limit at a rational level a power component of expenses for extraction, transportation and processing of minerals, and also maintenance of quality of the electric power at a level corresponding to requirements of GOST.

Развитие прогрессивных технологий добычи, транспортировки и переработки твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых характеризуется непрерывным ростом мощности энергетических установок и увеличением потребления энергии. Электроснабжение указанных предприятий имеет ряд особенностей, обусловленных наличием протяженных электрических сетей, территориальной рассредоточенностью энергоустановок, непрерывным продвижением фронта горных работ и перемещением потребителей электроэнергии. Так, например, электроустановки нефтегазодобывающих объединений рассредоточены на территории в сотни тысяч квадратных километров, потребление электроэнергии достигает нескольких миллиардов киловатт-часов. Установленная мощность электроприемников добычных участков угольных шахт может превышать 3000 кВт, продвижение лавы – 30 м в сутки. Энергетическая составляющая в общей себестоимости продукции составляет 20-40 %, а ущерб от перерывов электроснабжения значительно превышает стоимость неполученной электроэнергии. Например, на предприятиях нефтепереработки ущерб от перерывов электроснабжения достигает 800 руб. за 1 кВт·ч недополученной энергии.

В этих условиях необходимо решение следующих научно-технических проблем:

- снижение капитальных вложений на систему электроснабжения (СЭС) при обес-

печении заданного уровня надежности и бесперебойности электроснабжения энергетических объектов;

• обоснование и внедрение энергосберегающих технологий, позволяющих ограничить на рациональном уровне энергетическую составляющую затрат на добычу, транспортировку и переработку полезных ископаемых;

• обеспечение качества электроэнергии на уровне, соответствующем требованиям ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Минимизация капитальных вложений в СЭС в значительной мере обеспечивается оптимальным размещением электроподстанций всех уровней напряжения, параметрами и характеристиками линий электропередачи.

Для решения названных проблем разработана математическая модель системы передачи и распределения электроэнергии, позволяющая с использованием потенциальных характеристик пространственного рассредоточения электроустановок и их динамики в условиях эксплуатации определить оптимальные координаты центра электрических нагрузок и параметры линий внутреннего электроснабжения в зависимости от режимов напряжения, реактивной мощности и технологических параметров электротехнических комплексов.

Установлена зависимость изменения объема проводникового материала, необходимого для построения СЭС при вариации параметров нагрузки и источников питания, режимов напряжения и реактивной мощности, числа, конфигурации и конструкции линий электропередачи, потерь напряжения в них, координат потребителей электроэнергии и геотехнических факторов. Учет всех указанных факторов позволяет более точно определить координаты ЦЭН по сравнению с известными методами, что приводит к значительному (на 19-44 %) снижению объема требуемого проводникового материала. Установлено, что наиболее влияющим фактором на координаты ЦЭН в реальном диапазоне варьирования независимых переменных является режим реактивной мощности.

Опыт передовых стран мира показал, что промышленно развитая страна может наращивать производство, не увеличивая расхода топливно-энергетических ресурсов. Япония за 7-10 лет удвоила валовой национальный продукт при практически прежнем расходе энергоресурсов. В 1989 г. США потребляли энергии меньше, чем в 1973 г., а валовой национальный продукт за это время возрос в 1,35 раза. Расход энергии на одного человека в США в два с лишним раза больше, чем в России, что отражает прямую связь жизненного уровня с энерговооружением. Развивающиеся страны, включая Китай, Индию, Бразилию, потребляют на одного человека в десятки раз меньше энергии, чем в США, и прилагают усилия по повышению жизненного уровня и, как следствие, энерговооруженности населения. Поэтому, вероятно, сохранится тенденция роста расхода энергии, прогрессирование парникового эффекта и загрязнения атмосферы.

Энергосбережение является эффективным средством предотвращения локальных и глобальной экологических катастроф. Особенно актуально энергосбережение для России, так как в нашей стране потребляется энергии на единицу соизмеримой продукции в два с лишним раза больше, чем в развитых странах мира.

Последние достижения науки и техники в области электротехнологий, силовой энергоэлектроники и микропроцессорной техники позволяют рационально управлять потоками мощности, достигающими нескольких мегаватт, и оптимизировать процессы производства, транспортировки и потребления электрической энергии. Основными видами энергосберегающего оборудования и оборудования, повышающего надежность электроснабжения и электробезопасность, являются:

• регулируемый привод переменного тока, использующий преобразователи час-

тоты на базе IGBT-транзисторов и технологии прямого регулирования момента;

• системы промышленного нагрева на базе саморегулирующихся греющих кабелей;

• воздушные линии электропередачи с самонесущими изолированными проводами;

• вакуумная и электрогазовая коммутационная аппаратура и полупроводниковые ограничители перенапряжений;

• микропроцессорные системы защиты и электросетевой автоматики;

• автоматизированные системы контроля и учета электропотребления на базе электронных микропроцессорных счетчиков;

• автоматизированные системы управления энергоресурсами промышленных предприятий на базе программируемых контроллеров, промышленных компьютеров и локальных компьютерных сетей;

• АСУТП, позволяющие оптимизировать технологический процесс по критерию минимизации энергопотребления.

Как показали примеры промышленного использования данного оборудования, его применение позволяет на 10-40 % снизить электропотребление при добыче, транспортировке и переработке полезных ископаемых, в несколько раз повысить надежность электроснабжения и свести к минимуму ущербы от его перерывов. Срок окупаемости таких проектов, как правило, не превышает двух лет.

Одними из основных способов повышения надежности и экономичности воздушных линий (ВЛ) напряжением 0,4-6(10) кВ являются комплексная автоматизация режима нейтрали, замена в них неизолированных проводов на покрытые изоляцией провода (ПИП) и установка соответствующих устройств защиты от перенапряжений и перегрузок по току.

Оптимальными способами заземления нейтрали в условиях горных предприятий являются следующие:

• заземление нейтрали через «высокоомный» резистор для электроподстанций (ПС) 35/6 кВ с естественным током утечки до 1 А и высоковольтными электродвигателями мощностью до 1600 кВт, что позволяет применять токовые защиты от ОЗЗ с действием на сигнал и ограничить уровень дуговых перенапряжений на уровне 2,5 $U_ф$ и требует минимальной реконструкции ЗРУ подстанций;

• полная компенсация емкостных токов замыкания на землю для ПС 110/35/6 и 35/6 кВ с естественным током утечки свыше 1 А и высоковольтными электродвигателями мощностью более 1600 кВА. Применение полной компенсации позволяет длительно противодействовать развитию аварии и поддерживать минимальное напряжение на дуговом промежутке, что обеспечивает высокую степень самоликвидации дуговых замыканий. Уровень дуговых перенапряжений в режиме полной компенсации не превышает 2,0 $U_ф$.

Основными причинами нарушения надежности и бесперебойности электроснабжения в системах передачи и распределения электроэнергии на поверхности горных и нефтегазовых предприятий по климатическим и эксплуатационным причинам являются междуфазные замыкания из-за схлестывания проводов, их обрыв и однофазные замыкания на землю, пробой и перекрытие изоляторов. Количество таких отказов достигает 50 % и более от общего числа отказов. Снижение отказов воздушных линий напряжением 0,4-6(10) кВ достигается путем замены неизолированных проводов на покрытые изоляцией провода. Срок службы ПИП составляет не менее 30 лет.

Установлено, что частота отказов в системах передачи и распределения электрической энергии при использовании ПИП для стационарных и полустационарных линий уменьшается в 2,4-2,5 раза, для передвижных ВЛ – в 1,95 раза. С учетом отечественных достижений в области защитных аппаратов для ограничения перенапряжений на ВЛ 6(10) кВ целесообразно применять нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН), рассчитанные на ток грозового перенапряжения до 10 кА и устанавливаемые

параллельно изоляторам в грозоопасных зонах и зонах, предусмотренных правилами электроустановок. ОПН обеспечивают наиболее высокую точность среза перенапряжений по сравнению с другими известными техническими средствами.

Одной из важнейших задач по реализации снижения энергетической составляющей производственных затрат при добыче, транспортировке и переработке полезных ископаемых является обеспечение рациональных режимов напряжения на шинах главных понизительных подстанций (ГПП) и у отдельных электроустановок и управление потребителями-регуляторами в соответствии с дифференцированием тарифов по суточным интервалам.

Для реализации рационального режима напряжения на шинах ГПП разработаны структура, алгоритмическое обеспечение и аппаратная реализация микропроцессорного устройства (блока) автоматического регулирования коэффициента трансформации силового трансформатора. Сформулирована концепция рационального управления режимом напряжения, основанная на приближении режима к рациональному уровню всей совокупности электроприемников с учетом категорийности энергообъектов по надежности и бесперебойности, разнородности и разновременности нагрузки и конфигурации системы электроснабжения при минимально возможных потерях электрической энергии в электротехническом комплексе. Разработана методика выбора определяющего режим напряжения присоединения с применением методов нечеткой логики, основанная на оценке параметров, влияющих на величину целевой функции и позволяющих описать режим напряжения в питающей линии.

Одним из направлений энергосбережения является обеспечение в узлах нагрузки предприятий компенсации реактивной мощности на оптимальном уровне за счет использования установок поперечной компенсации (УПК) и синхронных двигателей (СД), которые являются плавно регулируемыми источниками реактивной мощности без генерации мощности искажения. Разработаны методики оптимального распределения подлежащей компенсации реактивной мощности между УПК и СД и оптимального размещения УПК в радиальных электрических сетях.

Анализ схем и параметров электротехнического комплекса горных предприятий, предприятий нефтепереработки и цветной металлургии показал, что в условиях массового внедрения регулируемого электропривода переменного тока на отдельных ПС мощность подключенных преобразователей частоты (ПЧ) приближается к предельно допустимой с точки зрения обеспечения электромагнитной совместимости электроустановок. На ряде электроподстанций имеет место совместная работа регулируемого электропривода переменного тока и установок поперечной компенсации, что приводит к возникновению опасных резонансных явлений, сопровождающихся перегрузками конденсаторов УПК.

Высшие гармоники при проникновении на сторону 6 кВ ослабляются в несколько раз, что благоприятствует размещению УПК на стороне 6 кВ. Наиболее чувствительными видами силового электрооборудования к искажению формы напряжения являются УПК и силовые трансформаторы. При этом срок службы УПК может снизиться в семь раз и более. Данная оценка является оптимистичной. В действительности при полной загрузке электропривода с ПЧ срок службы УПК может уменьшиться в большее число раз, так как коэффициент перегрузки конденсаторов по току значительно превысит 1,3. Электромагнитная совместимость электрооборудования электроподстанций может быть достигнута путем повышения пульсности силовых преобразователей, разгрузки трансформаторов подстанций, установкой фильтрокомпенсирующих устройств, применением устройств коррекции кривых тока и напряжения, разделением линейной и преобразовательной нагрузок.

Для контроля качества электрической энергии разработана компьютерная измерительная система (КИС) с открытой архитектурой, обеспечивающая контроль несинусоидальности напряжения при вариации параметров СЭС и технологического процесса с учетом их вероятностного характера. Алгоритмическое, математическое и программное обеспечение КИС позволяет интегрировать ее в состав АСУЭ и реализовывать бесконфликтный способ минимизации искажения формы кривой напряжения в электротехнических комплексах предприятий горной промышленности.

Представленные научные положения и результаты внедрены на предприятиях горной, нефтегазовой промышленности и цветной металлургии, в том числе в ОАО «Татнефть», ООО «Юганскнефтегаз», ООО «Киришинефтеоргсинтез», ООО «Кандалакшский алюминиевый завод», ОАО «Норильская горная компания» и др.