

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Гаврилов М.П., магистрант гр. ЭПм-191, II курс
Научный руководитель: Беляевский Р.В., к.т.н., доцент, чл.-корр. РЭА
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Важнейшими вопросами модернизации экономики России являются проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности. В связи с высокими показателями уровня энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП), превышающие аналогичные показатели иных развитых стран мира в 3,5–5 раз, данные вопросы являются приоритетными для дальнейшего научно-технического прогресса в России. В этой связи, Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года и Указом Президента Российской Федерации от 04.06.2008 № 889 предполагается снижение энергоемкости ВВП к показателям 2007 года не менее чем на 40%. Сокращение данных показателей, в первую очередь, должно достигаться за счет реализации имеющегося в электросетевом комплексе потенциала энергосбережения.

При этом, согласно данным Министерства экономического развития Российской Федерации за последние четыре года энергоемкость валового внутреннего продукта России практически не снижается, при этом за прошедшие десять лет энергоемкость ВВП снизилась всего на 9%. Исходя из данных показателей, снижение энергоемкости ВВП России может быть достигнуто только к 2043 году [1].

Важно подчеркнуть, что большая часть электрических сетей характеризуется невысокой энергоэффективностью, что выражается в больших потерях электрической энергии в электросетях, а также связано со значительным износом электросетевого оборудования. Значительная доля потерь электрической энергии в распределительных сетях 6–10 кВ также связана с передающейся по ним реактивной мощностью и в отдельных случаях достигают 40%. Поэтому задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности в электрических сетях являются наиболее актуальными, решение которых лежит в плоскости выявления и устранения разнообразных проблем технического и экономического характера [2].

Показатели затраты на электрическую энергию в ходе добычи, транспортировки и переработки каменного угля достигают 25% от общего уровня затрат, что диктует необходимость в разработке и проведении мероприятий по снижению потерь электроэнергии.

Вопросы по реализации данных мероприятий также предусмотрены в «Долгосрочной программе развития угольной промышленности на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства России от 21.06.2014 № 1099-р. Исполнение данной программы позволит снизить электроэнергетическую составляющую в себестоимости угольной продукции и повысить конкурентное преимущество угля на энергетическом рынке.

Одним из наиболее приемлемых и эффективных методов по снижению уровня потерь электрической энергии в системах электроснабжения горных предприятий является способ оптимального регулирования напряжения. Критерием повышения эффективности регулирования напряжения является минимизация потерь электроэнергии при условии соблюдения на зажимах электроприемников нормативных отклонений напряжения [3].

Проблемам регулирования напряжения уделяется особое внимание. Процессы регулирования напряжения позволяют в значительной мере сократить потери электрической энергии, повысить ее качество, что в свою очередь влияет на увеличение производительности работы механизмов и на общий рост производительности труда, а также в целом позволяет оптимизировать все производственные процессы при добыче угля.

В настоящий момент в России проблемы регулирования напряжения принято решать с помощью применения различных видов регулирующих и компенсирующих устройств.

Процедура регулирования напряжения представляет собой процесс изменения уровней напряжений с помощью специальных технических средств в характерных точках электрической системы. Применение различных способов и методов по регулированию напряжения и реактивной мощности различных уровней энергетических систем производилось по иерархическому признаку – от низовых уровней управления к высшим уровням.

Прежде регулирование напряжения осуществлялось в центрах питания распределительных сетей на районных подстанциях. При изменении режимов работы потребителей напряжение поддерживалось с помощью регулирования изменений коэффициентов трансформации. Аналогично осуществлялось регулирование напряжения на энергетических объектах (электростанциях, подстанциях) у потребителей.

В последнее десятилетие большое внимание уделяется процессу по пересмотру нормативных требований к качеству электрической энергии, учитывающие интегральные подходы к показателям качества электроэнергии, а также дополнения нормативных требований новыми показателями качества. В этой связи, вопросы повышения оптимальности управления приобретают особую актуальность.

Применяемая в настоящее время концепция регулирования напряжения в системах электроснабжения угольных предприятий Кузбасса основывается на регулировании напряжений на шинах главных понизительных подстанций, а также на управлении потоками реактивной мощности. Вместе с тем, из-за отсутствия взаимосвязанного использования средств регулирования напря-

жений данная концепция не обеспечивает оптимальность уровня напряжений во всех точках сети и минимизации потерь электроэнергии. В этой связи, использование алгоритмов оптимального регулирования напряжения с учетом статических характеристик шахтного электрического оборудования представляет собой важную научно-техническую задачу, от решения которой зависит снижение уровня потерь электроэнергии и повышение энергоэффективности системы электроснабжения угольных предприятий Кузбасса.

Системы регулирования напряжения в настоящее время не приспособлены для применения в системах электроснабжения угольных предприятий Кузбасса и не позволяют согласованно задействовать все имеющиеся средства регулирования напряжения в целях снижения потерь электроэнергии (батареи статических конденсаторов, трансформаторы с устройствами регулирования под нагрузкой (УРПН, синхронные машины и др.).

Причинами отсутствия подобных систем регулирования в системе электроснабжения угольных предприятий Кузбасса является отсутствие уточненных регулирующих эффектов нагрузки и статических характеристик по напряжению для электрических двигателей, установленных на горно-шахтном оборудовании.

В рудничных электроприводах шахтные электрические двигатели имеют более тяжелые условия пуска и работы в сравнении с электрическими двигателями общепромышленного исполнения. Таким образом, для описания электрических двигателей шахтного исполнения не могут использоваться статические характеристики нагрузок по напряжению и частоте, используемые для двигателей общепромышленного исполнения.

При использовании наиболее оптимальных методов регулирования напряжения в системах электроснабжения горных предприятий Кузбасса, применяя устройства регулирования напряжения с учетом статических характеристик нагрузки электроприемников по напряжению можно добиться значительного повышения энергоэффективности подземной добычи угля за счет снижения уровня потерь активной энергии [3].

Для действенного решения задач по регулированию напряжения на угольных предприятиях необходимо установить наиболее полные данные, как о самом потребителе (нагрузке), так и о питающей сети. Кроме того, необходимо определить фактические значения величины напряжения в заданной точке, трансформаторном пункте или на шинах питающей подстанции, а также их изменения в течение суток. Получать информацию о потребителях сети возможно исходя данных суточного графика изменений реактивных и активных составляющих мощности или тока сети.

Питание электричеством угольных предприятий Кузбасса осуществляется от электроэнергетических систем, по распределительным кабельным или воздушным сетям среднего напряжения 6, 10 или 35 кВ. Необходимо отметить, что общепринятые приведенные значения величин потерь напряжения для электрических сетей отсутствуют, но при этом, исходя из опыта эксплуатации электрических сетей, для кабельных и воздушных сетей в нормальном

режиме допускаются потери напряжения в пределах 6-8% и 10-12% в аварийном режиме. Необходимо принять во внимание, что каждое изменение нагрузки в сетях низшего напряжения порождает изменение тока в сетях высшего напряжения, поэтому при регулировании напряжения в низковольтной сети (например, 380 В) результаты регулирования напряжения в значительной мере также зависят от параметров электрических сетей более высоких напряжений (6-35 кВ).

Возможности регулирования напряжения на горных предприятиях при помощи воздействия на параметры электрических сетей весьма ограничены. В системах электроснабжения угольных шахт Кузбасса применяются следующие способы регулирования напряжения:

1. Выключение одного из параллельно работающих трансформаторов в режимах их работы с минимальной нагрузкой. За счет увеличения сопротивления звена трансформаторов в два раза уровень напряжения у потребителей также снижается. В свою очередь, при отключении загруженных трансформаторов также происходит изменение параметров электрических сетей. Производить данное отключение возможно только при наличии параллельно работающих трансформаторов и приводит к снижению требования по бесперебойности электроснабжения, в связи с тем, что в случае возникновения аварийной ситуации с оставшимся трансформатором возникает простой в производстве угольной продукции на время, необходимое для проведения оперативных переключений. Кроме того, в сетях высокого напряжения, к которым применяются особые меры безопасности, повышение количества случаев оперативных переключений также нежелательно.

2. Выключение параллельных малозагруженных и незагруженных линий электропередач. Данный способ используется чрезвычайно редко, так как при его применении возрастает угроза бесперебойности электроснабжения угольных шахт.

3. Использование продольной компенсации реактивной мощности. Данный способ известен воздействием на параметры сети и является методом «продольной компенсации» реактивного сопротивления путем последовательного включения в сеть батареи конденсаторов.

Основной причиной неприемлемого уровня напряжения у потребителей из числа горных предприятий является недопустимый уровень электрических нагрузок, который отмечается повышением напряжения в периоды минимальной нагрузки (в вечернее и ночное время), либо снижением напряжения в периоды максимальной нагрузки.

Важно отметить, что в вопросах регулирования напряжения в наибольшей степени играют организационные мероприятия. Вопросы регулирования напряжения требуют комплексного решения. Для уменьшения уровня отклонения напряжения необходимо обеспечивать координацию нагрузок, как предприятий, так и отдельных цехов одного предприятия для наиболее равномерной загрузки вечерних и ночных смен.

При больших значениях суточных колебаний нагрузки в ночное и дневное время в первую очередь необходимо обеспечить выравнивание графиков суточной нагрузки. Необходимо также рассмотреть вопрос о целесообразности перевода части цехов и энергоемких потребителей в ночную смену, а в случае питания смежных предприятий от шин центральной распределительной подстанции возможно рассмотрение взаимоприемлемых графиков нагрузки обоих предприятий.

Для обеспечения высоких уровней напряжения на шинах питающих подстанций широко используются средства централизованного регулирования напряжения. В некоторых вариантах на шинах питающих подстанций практикуется встречное регулирование напряжения (в часы максимума нагрузки поддерживается повышенное напряжение, а в часы минимума нагрузки - пониженное напряжение) [4].

Список литературы:

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.economy.gov.ru/material/file/d81b29821e3d3f5a8929c84d808de81d/energyefficiency2019.pdf><https://www.economy.gov.ru/material/file/d81b29821e3d3f5a8929c84d808de81d/energyefficiency2019.pdf>.

2. Беляевский, Р.В. Повышение энергоэффективности территориальных сетевых организаций при оптимизации потребления реактивной мощности: дис... канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 25.11.2015 / Р.В. Беляевский. – Кемерово, 2015. – 132 с.

3. Непша, Ф.С. Повышение энергоэффективности систем электрообеспечения угольных шахт при оптимальном регулировании напряжения: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 08.11.2018 / Ф.С. Непша. – Кемерово, 2018. – 21 с.

4. Непша, Ф.С. Оценка эффективности оптимизации положений устройств встречного регулирования напряжения на примере электрических сетей филиала ОАО «МРСК Сибири» – «Кузбассэнерго – РЭС» / Ф.С. Непша, А.А. Шевченко, В.В. Дабаров // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та, 2013. – №2. – С. 112-115.