
УДК 621.316

А. А. КУЛИКОВ, студент гр. ЭПм-191 (КузГТУ)

Научный руководитель В.А. ВОРОНИН, старший преподаватель (КузГТУ)
г. Кемерово

УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Повышение надежности и энергоэффективности в системах электроснабжения (СЭС) – являются одними из самых актуальных задач в электроэнергетике.

В настоящее время современные энергосистемы предприятий разрабатываются с использованием инновационных и актуальных технологий, обеспечивающих надёжное и экономичное электроснабжение потребителей электроэнергии. Развивается промышленность, растут производственные мощности, а производственные процессы всё более автоматизированы.

С обновлением оборудования предприятий меняются и условия электроснабжения, перед энергетиками встают новые проблемы и задачи.

Угольные шахты характеризуются значительной установленной мощностью потребителей, сложной и разветвленной структурой электрических сетей, резкопеременным характером нагрузки. В связи с этим, затраты на электроэнергию на угольных шахтах могут достигать до 25% от себестоимости добычи угля, что обуславливает необходимость разработки мероприятий по снижению потерь электроэнергии.

Перетоки реактивной мощности оказывают значительное влияние на формирование величины потерь электроэнергии в системах электроснабжения (СЭС) угольных шахт. С целью уменьшения и снижения потерь электроэнергии необходимо проводить мероприятия по компенсации реактивной мощности, состоящие в установке батарей статических конденсаторов (БСК) [1].

В шахтах и рудниках основная масса применяемых в технологических установках двигателей асинхронные с короткозамкнутым ротором, некоторые из них управляются широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Условия эксплуатации двигателей достаточно жесткие, что обусловлено особенностями производственного процесса, их эксплуатация характеризуется нестабильностью нагрузки, значительными колебаниями напряжения в участковой электрической сети при пуске мощных комбайновых двигателей, а также разнообразием режимов работы.

Потребление нагрузки двигателями резко переменное и зависит от геолого-технологических характеристик, наблюдаются сильные колебания потребления реактивной мощности. В связи с этим динамические процессы в элементах рассматриваются не только с точки зрения обеспечения и устойчивости, но и с точки зрения обеспечения надежности работы СЭС [1].

Суточный график потребления активной и реактивной мощности, согласно [1], представлен на рис. 1.

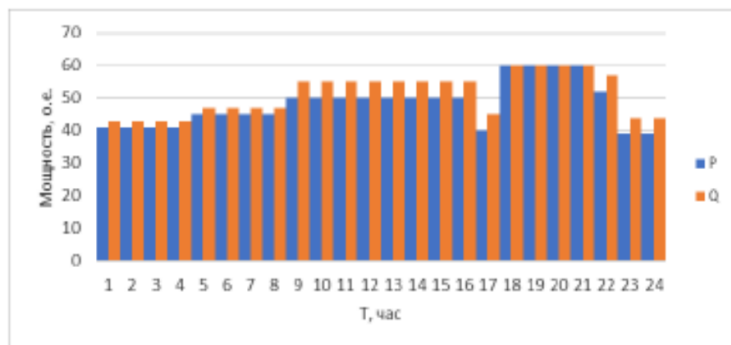


Рис. 1. Суточный график потребления активной и реактивной мощности угледобывающего предприятия

Анализируя график среднесуточного потребления реактивной мощности можно сделать вывод, что потребление электроэнергии имеет высокую долю условно-переменной нагрузки.

В монографии [2] Дабаров В.В. отмечал, что при эксплуатации двигателей в жестких условиях, характеризующихся нестабильностью нагрузки, значительными колебаниями напряжения, а также разнообразием режимов работы, необходимо брать во внимание переходные процессы, влияющие на потребление активной и реактивной мощности.

До недавнего времени компенсация реактивной мощности в угольных шахтах осуществлялась только на ГПП, в связи с тем, что компенсационные устройства не выпускались во взрывозащищенном исполнении, как того требуют условия эксплуатации в лавах. Такая компенсация не имела большого смысла непосредственно для потребителя электроэнергии, так как такая компенсация разгружает только высоковольтные линии и силовые трансформаторы подстанции, отходящие от ГПП.

Однако в настоящее время выпускаются установки конденсаторные рудничные взрывобезопасного типа (УКРВ), которые могут размещаться непосредственно на подземных распределительных пунктах (РПП) и передвижных участковых подстанциях (ПУПП). Их применение особенно актуально в условиях роста энерговооруженности оборудования угольных шахт [3].

Установка конденсаторная рудничная высоковольтная типа УКРВ предназначена для компенсации реактивной мощности (увеличения $\cos\varphi$) в электрических сетях шахт и рудников в тяжёлых условиях работы.

УКРВ - это самостоятельный продукт, который входит в разрез кабельной линии или линии, питающей РП или группу трансформаторных подстанций. Взрывозащищенный корпус УКРВ (степень взрывозащиты РВ Exd [ia] I Mb X), разделен на несколько отсеков и установлен на специальной раме, также есть возможность установки пар колес для перемещения установки по рельсам [3]. Внешний вид УКРВ показан на рис. 2.

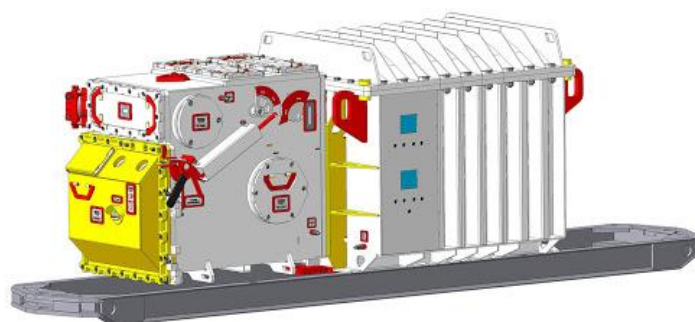


Рис. 2. Внешний вид УКРВ производства Energy X Components

Конструктивно УКРВ состоит из двух основных частей: секции вакуумного выключателя (СВВ) и секции конденсаторов (СК). В СВВ размещается система управления СК и коммутационное оборудование. Линейная схема УКРВ представлена на рис. 3.

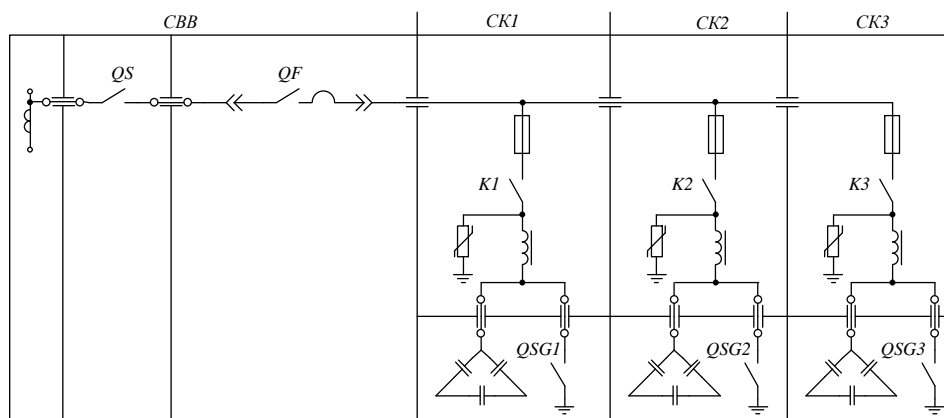


Рис. 3. Однолинейная схема УКРВ с 3 ступенями (QS – разъединитель, QF – выключатель, K1-K3 – контакторы, QSG1-QSG3 – заземляющие ножи)

Секция конденсаторов содержит: компенсирующие конденсаторы; токоограничивающий реактор, вентиляторы охлаждения, контролирующие термодатчики; индикаторы напряжения фаз. Также, отсек конденсаторов

включает в себя силовые косинусные конденсаторы и устройство защиты конденсаторов от вздутия корпусов.

Регулирование УКРВ производится путём включения и отключения секций конденсаторов, ступенчатым регулированием.

По количеству и способу управления ступенями регулирования, УКРВ бывает:

- нерегулируемая – содержит одну ступень, постоянно включенную в сеть;

- регулируемая – с автоматическим регулированием реактивной мощности компенсации, содержит несколько ступеней регулирования, автоматически включаемых и отключаемых в зависимости от величины реактивной мощности нагрузки;

Регулируемые УКРВ 6,10 кВ изготавливают номинальной мощностью от 50 до 2500 кВАр с количеством ступеней компенсации от 1 до 5 и диапазоном регулирования реактивной мощности от 5 до 75 кВАр.

УКРВ в стандартном исполнении изготавливаются с количеством ступеней = 3 (одна ступень - 50 кВАр и две ступени - 25 кВАр) или ступенями равной мощности и одинакового количества (25 кВАр).

Скорость разряда конденсатора составляет около 10 минут. Каждая ступень перед повторным включением должна пройти полную разрядку конденсатора, что занимает некоторое время.

Время между появлением команды и вводом новой ступени характеризует быстродействие для установок с напряжением 6/10 кВ. Согласно техническим характеристикам время такого процесса для установок с контакторным управлением составляет от 1 до 10 минут.

Важно отметить, что так как характер потребления реактивной мощности горного оборудования резкопеременный, в связи с этим быстродействия ступенчатых УКРВ может не хватить для эффективной компенсации пиков реактивной мощности при пусках электропривода, поэтому следует обратить внимание также и на быстродействующие FACTS устройства [4].

Анализ технической документации УКРВ позволил нам установить следующее:

- УКРВ могут быть выполнены на любой уровень напряжения шахтовой сети (0,66 кВ, 1,14 кВ, 3,3 кВ, 6 кВ);

- УКРВ размещается непосредственно в составе энергопоезда;

- УКРВ управляются по заданному алгоритму (при изменении $\text{tg } \varphi$, напряжения, в составе системы регулирования напряжения в СЭС угольной шахты);

- УКРВ разработаны исключительно на базе батарей конденсаторов, устройства компенсации других видов, таких как СТК, ДКИН,

СТАТКОМ не разработаны во взрывозащищенном исполнении и не могут использоваться в шахтах.

Список литературы:

1. Непша, Ф.С. Повышение энергоэффективности систем электро-снабжения угольных шахт при оптимизации регулирования напряжения [Текст]: дис. канд. техн. наук. КузГТУ, Кемерово, 2018
2. Дабаров, В. В. Компенсация реактивной мощности в динамических режимах работы электродвигательной нагрузки: монография / КузГТУ. — Кемерово, 2015. — 107 с.
3. Кузьмин, С.О. Повышение энергоэффективности СЭС угольных шахт при использовании взрывозащищенных устройств компенсации реактивной мощности (УКРВ) [Текст]: диплом. КузГТУ, Кемерово, 2019
4. Nepsha F.S., Voronin V.A., Application of FACTS Devices in Power Supply Systems of Coal Mines// Innovations in Mining Machinery – 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/34/e3sconf_iims2020_03026/e3sconf_iims2020_03026.html (дата обращения 20.10.2020).

Информация об авторах:

Куликов Андрей Александрович, студент гр. ЭПм-191, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, kul240775@mail.ru

Воронин Вячеслав Андреевич, старший преподаватель, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28.