

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ

Ковина А.С., студент II курса
Воронин В.А., старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Введение и постановка проблемы. Согласно Программе развития угольной промышленности России [4] на период до 2035 г. прогнозируется рост добычи угля, модернизация, техническое перевооружение и внедрение угольными компаниями высокоэффективных технологий угледобычи. Вместе с тем компенсация реактивной мощности (КРМ) является одним из наиболее распространенных и эффективных мероприятий для повышения энергетической эффективности систем электроснабжения (СЭС). Протяженность высоковольтной кабельной сети угольной шахты может достигать нескольких километров, поэтому размещение устройств КРМ (УКРМ) в непосредственной близости от горных машин может позволить разгрузить распределительную сеть от реактивной мощности, тем самым существенно снизить потери электроэнергии в сети и соответственно уменьшить величину платы угольной шахты за электроэнергию и мощность.

При разработке мероприятий по КРМ необходимо рационально выбрать мощности и количество УКРМ, а также места их размещения. Расчет мощности УКРМ может быть выполнен на основе среднегодовой активной нагрузки предприятия, фактического и требуемого коэффициента реактивной мощности $\operatorname{tg}\phi$, как предложено в работе [3]. Однако большинство авторов [1, 2] выбор УКРМ предлагают производить путём технико-экономического сравнения вариантов. Экономически целесообразным считается тот, при котором обеспечивается минимум годовых затрат.

Использование современных программно-вычислительных комплексов (ПВК) для электротехнических расчетов и методов имитационного моделирования может значительно облегчить задачу разработки мероприятий по КРМ и повысить эффективность КРМ в электрических сетях. В данной работе рассмотрено применение ПВК DigSilent PowerFactory для оценки эффективности различных вариантов КРМ в СЭС угольной шахты.

Методология. В качестве объекта исследования выбран выемочный участок одной из угольных шахт Кемеровской области. В состав механизированного комплекса выемочного участка входит: очистной комбайн

**IV Всероссийская молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
18-20 ноября 2021 года**

214-2

MG750\1920-WD (1820 кВт); дробилка PLM750 (250 кВт); скребковый конвейер SGZ1000\2×855 (1710 кВт); перегружатель SZZ1200/400 (400 кВт).

Расчет установившегося режима (УР) выполнен в ПВК DigSilent Power-Factory. Схема моделируемой СЭС выемочного участка приведена на рис. 1.

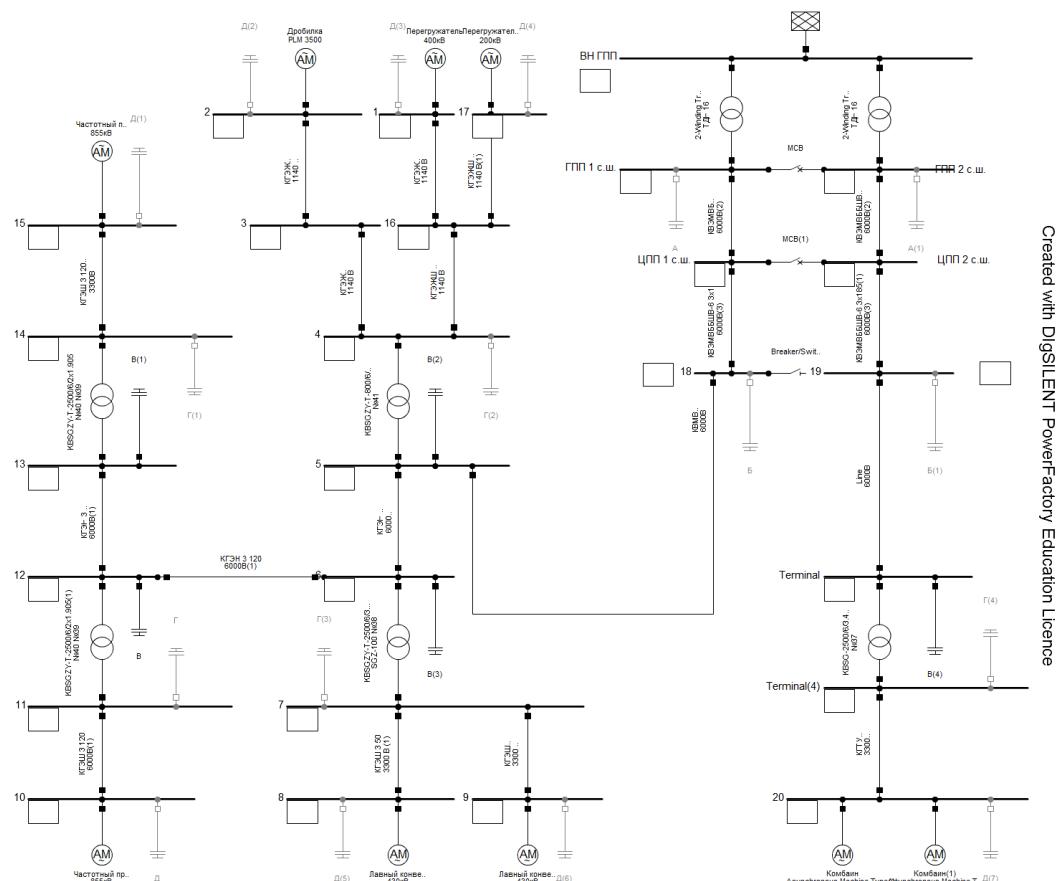


Рис. 1. Схема моделируемой СЭС выемочного участка

Оценка эффекта от КРМ выполнена по расчету УР при среднем коэффициенте загрузки электроприводов горных машин. Оценка среднего коэффициента загрузки выполнена следующим образом:

- 1) Определяем суточный план по добыче угля. Для рассматриваемой шахты годовой план составляет 2,5 млн. т., следовательно, суточный 6849 т.
 - 2) По техническим паспортам определяем номинальную производительность горного оборудования в т/ч.
 - 3) По коэффициенту машинного времени очистного комбайна определяем среднюю продолжительность работы горных машин выемочного участка (при $K_m = 0,55$ среднее время работы в сутки составляет 13,2 ч).
 - 4) Фактическая средняя производительность для выполнения плана рассчитывается как отношение суточного плана ко времени работы оборудования и равна 519 т/ч.

5) Средний коэффициент загрузки рассчитывается для каждого электропривода индивидуально как отношение фактической средней к номинальной производительности.

Выбор номинальной мощности УКРМ выполнен по результатам расчета УР исходя из условий полной компенсации. Рассмотрены следующие варианты размещения УКРМ: а) централизованная КРМ на поверхности (шины ГПП); б) централизованная КРМ на шинах РПП-6; в) групповая КРМ на выводах ВН ПУПП; г) групповая КРМ на выводах НН ПУПП; д) индивидуальная КРМ на выводах электродвигателей горных машин.

Величина годовых затрат на оплату электрической энергии определена упрощенно исходя из допущения о работе горных машин в течение 13,2 ч в сутки (в соответствии с принятой величиной K_m и суточной производительностью лавы в 6849 т). Расчет выполнен для 4-й ценовой категории. Средняя ставка на электроэнергию 2953,04 руб/МВт·ч, средняя ставка на мощность 729144,75 руб/МВт в мес. При оценке капитальных затрат учтено различие в стоимостях взрывозащищенных и обычных конденсаторных установок.

Результаты и обсуждение. По результатам расчета УР были определены мощности УКРМ для различных вариантов КРМ. Мощности УКРМ показаны на рис. 2.

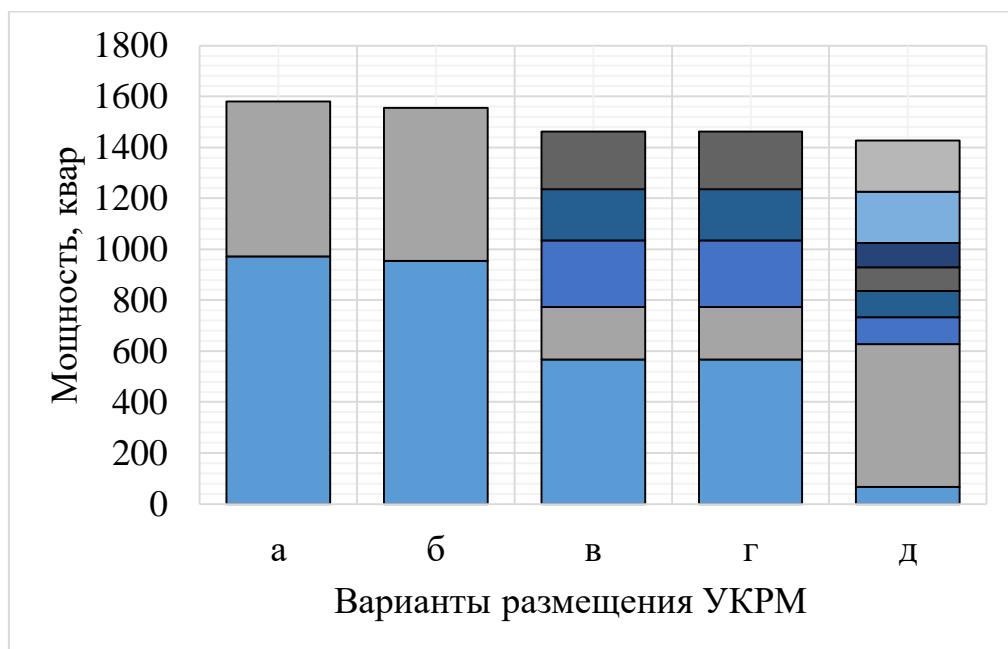


Рис. 2. Мощности БСК

Результаты расчета УР при различных вариантах КРМ приведены в таблице 1. Как следует из результатов моделирования, КРМ позволяет сократить потери мощности в распределительной сети шахты до 29,4%, отклонения напряжения в нормальном режиме до 31,9% и в пусковом режиме до 4%. Наибольший технический эффект КРМ достигается при использовании инди-

**IV Всероссийская молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
18-20 ноября 2021 года**

214-4

видуальной КРМ (вариант д). Также необходимо отметить, что КРМ позволяет разгрузить кабельную сеть шахты до 22,3%, а размещение УКРМ на стороне НН ПУПП (варианты г и д) позволяет снизить среднюю загрузку трансформаторов ПУПП до 19,7%, что может позволить использовать трансформаторы меньшей номинальной мощности при разработке мероприятий по КРМ на этапе проектирования выемочного участка.

По результатам расчётов отчетливо видно, что, несмотря на очень большую цену взрывозащищенных УКРМ (примерно в 26 раз дороже обычных), их использование все равно экономически оправдано. Увеличение их числа при приближении к двигателям горных машин не значительно влияет на срок окупаемости всего проекта за счет значительного повышения денежного потока от снижения потерь.

Таблица 1

Параметр	Варианты КРМ					
	без КРМ	а)	б)	в)	г)	д)
ΔР, кВт	209,31	208,17	183,11	157,06	156,69	147,81
δUнорм, %	5,93	5,38	5,77	4,39	4,05	4,04
δUпуск, %	36,80	36,30	36,80	35,30	35,20	35,30
Кзг.max, % (кабели)	27,88	27,83	27,32	24,08	24,09	21,66
Кзг.max, % (трансф.)	21,89	21,33	21,67	21,20	17,57	17,57
З, тыс. руб	-	418,36	4957,92	9559,80	9487,57	14086,04
СО, лет	-	16	8,2	8	7,8	10

Заключение. В работе выполнена оценка эффективности различных вариантов КРМ в СЭС выемочного участка угольной шахты. Было представлено 5 вариантов размещения УКРМ, из которых лучшим стоит признать групповую КРМ на выводах НН ПУПП (вариант г). Этот вариант является экономически выгодным в сравнении с остальным и имеет самый короткий срок окупаемости – 7,8 лет.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых №МК-236.2020.8.

Список литературы:

1. Плащанский Л. Основы электроснабжения горных предприятий / Л. Плащанский, Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. 499 с.

**IV Всероссийская молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
18-20 ноября 2021 года**

214-5

2. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: [учеб.-справ. пособие] / Б. И. Кудрин, Теплотехник, 2009. 698 с.
3. Озерной М. И. Электрооборудование и электроснабжение подземных разработок угольных шахт / М. И. Озерной, Москва: Недра, 1975. 448 с.
4. Об утверждении Программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года от 13 июня 2020 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565123539> (дата обращения: 31.10.2021).

Информация об авторах:

Ковина Анна Сергеевна, студент гр. АЭб-201, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, anya.ko9@yandex.ru

Воронин Вячеслав Андреевич, старший преподаватель кафедры ЭГПП, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, voroninva@kuzstu.ru