

М.К. Бочаров, В.А. Гвоздев

УСТАНОВКИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ТИПА УКВ-6,3

Разработка и внедрение современных конденсаторных установок среднего напряжения типа УКВ-6,3 для компенсации реактивной мощности. Схемные решения, особенности конструкции и примененные комплектующие, обеспечивающие эффективное функционирование конденсаторных установок.

К л ю ч е в ы е с л о в а: реактивная мощность, компенсация, среднее напряжение, конденсаторная установка, схемные решения.

Розробка і впровадження сучасних конденсаторних установок середньої напруги типу УКВ-6,3 для компенсації реактивної потужності. Схемні вирішення, особливості конструкції і застосовані комплектуючі, які забезпечують ефективне функціонування конденсаторних установок.

К л ю ч о в і с л о в а: реактивна потужність, компенсація, середня напруга, конденсаторна установка, схемні рішення.

Постановка проблемы. В условиях роста стоимости электроэнергии актуальна проблема энергосберегающих технологий транспортировки и потребления электроэнергии. Экономия электроэнергии на предприятиях зависит, прежде всего, от ее эффективного использования при работе отдельных промышленных систем и технологических установок. Большинство электрических установок для обеспечения нормального режима работы наряду с активной энергией потребляет и реактивную. В отличие от активной энергии, которая преобразуется в полезную – механическую, тепловую и прочие, реактивная энергия не связана с выполнением полезной работы, а расходуется на создание электромагнитных полей.

Реактивная энергия является фактором, снижающим качество электроэнергии, приводящим к таким отрицательным явлениям, как увеличение платы ее поставщику, дополнительные потери в проводниках вследствие увеличения силы тока, увеличения мощности трансформаторов и сечения кабелей, отклонения напряжения сети от номинала. Передача и потребление реактивной мощности сопровождается потерями активной мощности.

Компенсация реактивной мощности (КРМ) на предприятиях промышленных и сельского хозяйства с помощью конденсаторных установок явля-

ется задачей необходимой и экономически оправданной. Срок их окупаемости в зависимости от мощности и режима эксплуатации составляет от 5 до 18 месяцев.

Анализ исследований и публикаций. Существуют следующие аспекты КРМ как фактора:

- 1) энергосбережения;
- 2) повышения качества электроэнергии;
- 3) экономии денежных средств.

Как известно, электроэнергия – это товар, качество которого должно соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97. Сегодня потребителя интересуют три вопроса:

а) какого качества электроэнергию он купил и стоит ли она этих затрат (в том смысле, какой убыток ему приносит каждое нарушение качества электроэнергии);

б) на какие цели и в каком количестве, рационально или нет, потребитель расходует электроэнергию, которую он покупает;

в) как грамотно управлять энергопотреблением, чтобы свести к минимуму расход электроэнергии, в какой момент и какие токоприемники следует отключить, чтобы не превысить лимит потребления в часы договорного максимума.

Электрической сети в целом требуется равенство генерации и потребления как активной, так и реактивной мощности. Основным нормативным показателем поддержания баланса активной мощности в каждый момент времени является частота переменного тока, которая служит общесистемным критерием, а реактивной мощности – уровень напряжения, т.е. местный критерий, который для каждого узла нагрузки и каждой ступени номинального напряжения разный. Поэтому в отличие от баланса активной мощности необходимо обеспечить баланс реактивной не только в целом в энергосистеме, но и в узлах нагрузки.

Сегодня, когда строительство новых генерирующих мощностей в Украине очень дорого и в короткий срок невозможно, актуальной становится задача повышения пропускной способности сети за счет применения различных устройств КРМ. На промышленных предприятиях КРМ производится путем подключения конденсаторных установок и конденсаторов, т.е. уменьшения потребления реактивной мощности через силовые трансформаторы у энергоснабжающей организации и улучшения коэффициента мощности ($\cos \varphi$). Необходимо поддерживать значение $\cos \varphi = 0,9 \dots 0,95$ для того, чтобы избежать платежей за потребление реактивной мощности, снизить нагрузку на кабели и трансформаторы, и в то же время застраховаться от перекомпенсации (работы с избыточным количеством конденсаторов), возможной при $\cos \varphi = 0,97$ и выше, т.к. при повышении $\cos \varphi$ от 0,9 до 0,99 сила полного тока уменьшается всего на 3 %, но мощность кон-

денсаторной установки, необходимая для этого, увеличивается в 2 раза, а ее стоимость – в 1,5 раза, что экономически нецелесообразно.

Цель статьи. Обоснование целесообразности внедрения устройств КРМ мощностью 180...600 квар как на рудниках, так и неопасных по газу шахтах при размещении компенсаторов в центральной подземной подстанции (ЦПП), так и на общепромышленных предприятиях.

Результаты исследований. Установка типа УКВ-6,3 предназначена для КРМ нагрузки потребителя в электрических сетях трехфазного переменного тока напряжением 6 кВ и частотой 50 Гц с изолированной нейтралью и является аналогом установки типа УКЛ(П)57-6,3-450-У3.

Установка изготавливается в напольном исполнении и предназначена для размещения в закрытых распределительных устройствах. Возможно применение установки в подземных выработках шахт и рудников, в которых допускается применение электрооборудования вида РН2.

Условия эксплуатации установки:

а) окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию;

б) рабочее положение в пространстве – вертикальное, допускается отклонение от вертикальной оси до 5°;

в) температура окружающего воздуха от 1 до 35 °С;

г) относительная влажность окружающей среды до 80 % при температуре 20 °С.

Эксплуатация установки должна производиться при соблюдении норм показателей качества напряжения согласно ГОСТ 13109-97. Допускается длительная работа при повышении действующего значения напряжения до 1,1 номинального и повышении действующего значения силы тока до 1,3 от силы тока, получаемой при номинальном напряжении и частоте как за счет повышения напряжения, так и за счет высших гармоник или того и другого вместе.

Конструктивно установка по уровню обеспечения безопасности выполнена с соблюдением рекомендаций ГОСТ 24754-81 (электроизоляционные материалы, расстояния утечки и электрические зазоры) и ГОСТ 24719-81 (наличие наружных заземляющих зажимов на корпусе и внутренних у кабельных вводов, предупредительных надписей и блокировок) для электрооборудования вида РН2. Степень защиты шкафа установки от внешних воздействий – IP54 по ГОСТ 14254-96. По способу защиты человека от поражения электрическим током установка соответствует классу I согласно ГОСТ 12.2.007.0-75. Конструкция обеспечивает пожарную безопасность по ГОСТ 12.1.004-91 за счет применения негорючих и

трудногорючих веществ и материалов. Основные технические данные установки приведены в таблице 1.

Общий вид и габаритные размеры установки приведены на рисунке 1, а принципиальная электрическая схема – на рисунке 2. Возможно изготовление установок с другими параметрами (схемами) или в металлоконструкциях с другими размерами.

Таблица 1

Параметр	Значение показателей
Номинальное напряжение, В	6300
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная мощность, квар	180...600
Переменное напряжение питания цепей управления, В	127 при установке в ЦПП; 220 при установке на поверхности шахты
Режим работы	длительный
Степень защиты оболочки, не менее	IP54
Масса, не более, кг	300

Конструктивно УКВ-6,3 состоит из металлического шкафа, в котором размещены предохранители, силовые косинусные конденсаторы, их дополнительные внешние разрядные устройства, трансформаторы тока, аппаратура управления и защиты. Конструкция шкафов предусматривает возможность двухстороннего обслуживания. В установке применены комплектующие ряда европейских производителей [1].

От УКЛ(П)57-6,3 установка УКВ-6,3 отличается наличием дополнительных внешних разрядных устройств силовых косинусных конденсаторов и защиты (автоматического отключения) установки от сети при расширении стенок банок силовых косинусных конденсаторов свыше допустимых пределов [2].

Дополнительные внешние разрядные устройства силовых косинусных конденсаторов применены для обеспечения требований ГОСТ 1282-79 и Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (редакция 2012 г.) в отношении скорости разряда конденсаторов, в соответствии с которыми для конденсаторов на напряжение свыше 0,66 кВ амплитудное значение номинального напряжения должно снижаться до значения не более 0,05 кВ за время до 5 мин.

Схема внешних соединений установки приведена на рисунке 3.

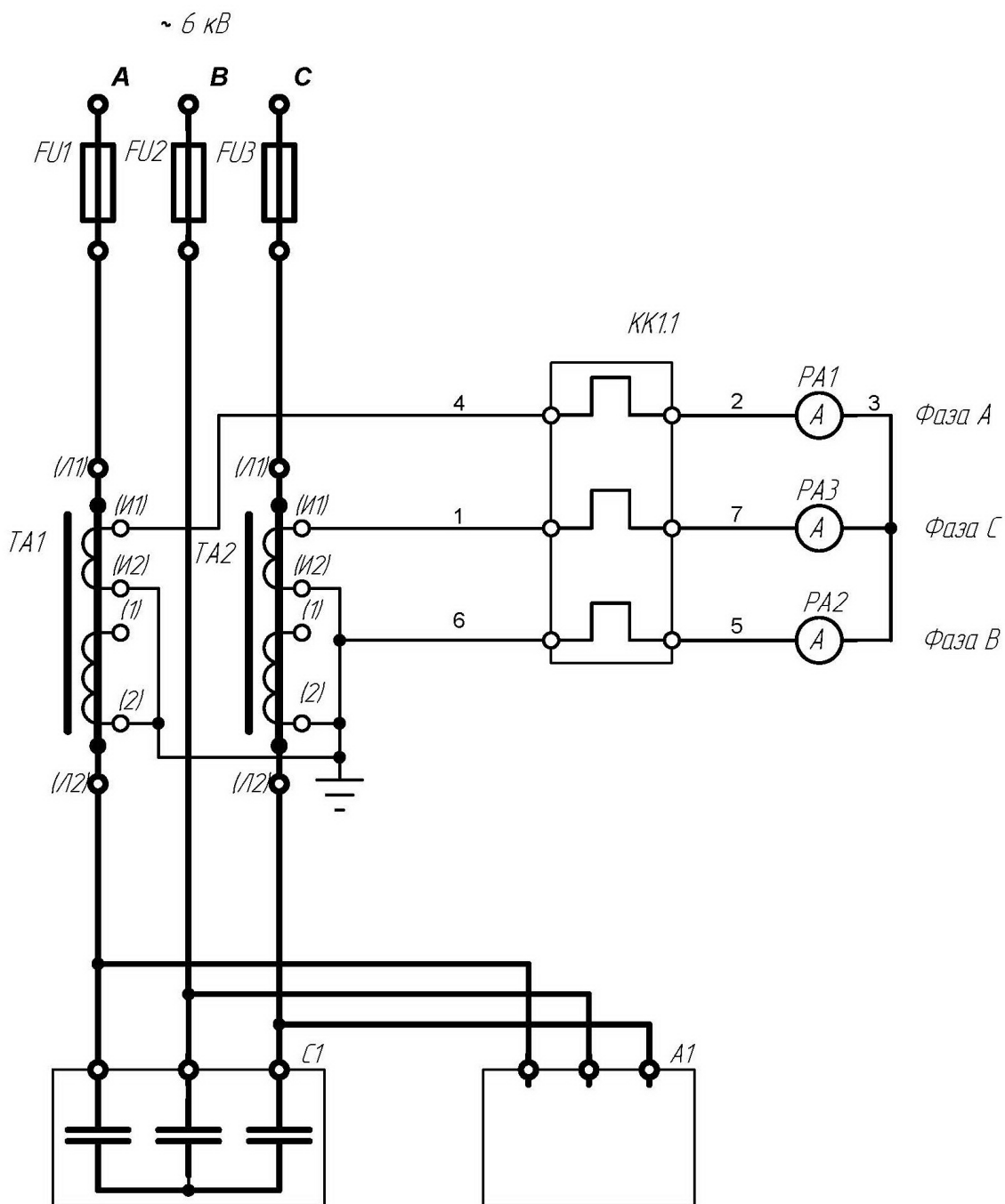
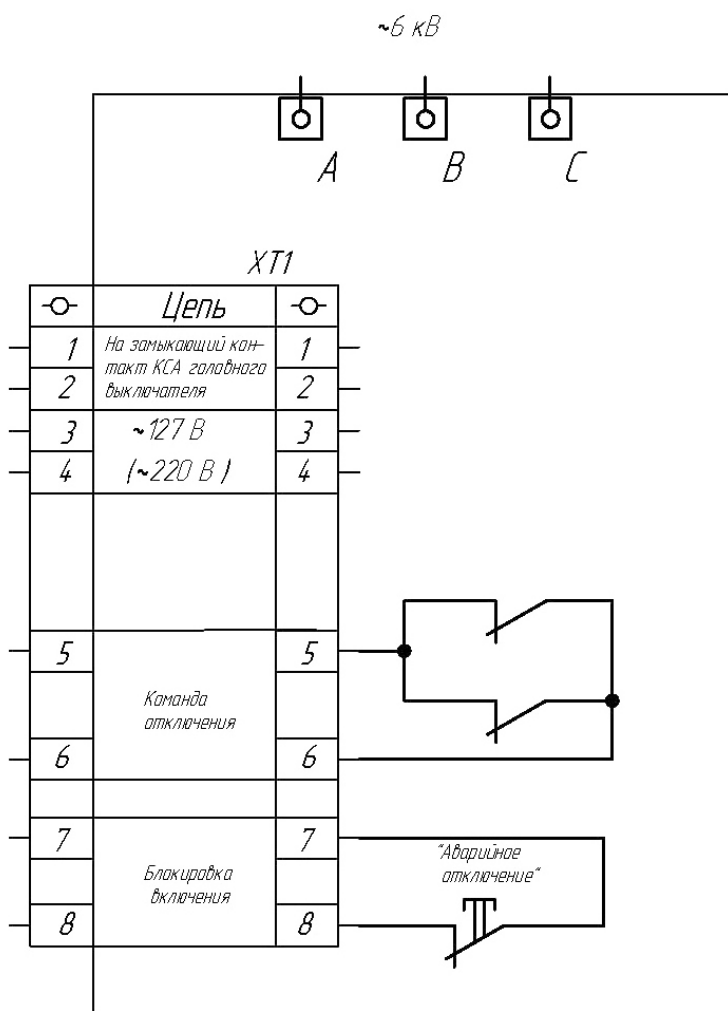


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема установки УКВ-6,3

Электрическая схема установки обеспечивает следующие виды защит, блокировок, сигнализаций и проверок:

- а) оперативное местное электрическое отключение;
- б) защиту конденсаторов от перегрузки при повышении силы тока через конденсаторы свыше 130 % номинальной;
- в) отключение установки от сети при расширении стенок банок силовых косинусных конденсаторов;
- г) измерение силы тока в трех фазах;



д) отключение вышестоящего коммутационного аппарата при открывании передней или задней дверей шкафа установки;

е) отдельная сигнализация о подаче в цепи управления напряжения 127 (220) В и 6 кВ (установка включена), о снятии напряжения 6 кВ (установка отключена) и о срабатывании защиты от перегрузки и защиты для предотвращения взрыва силовых косинусных конденсаторов при недопустимом расширении стенок их корпусов.

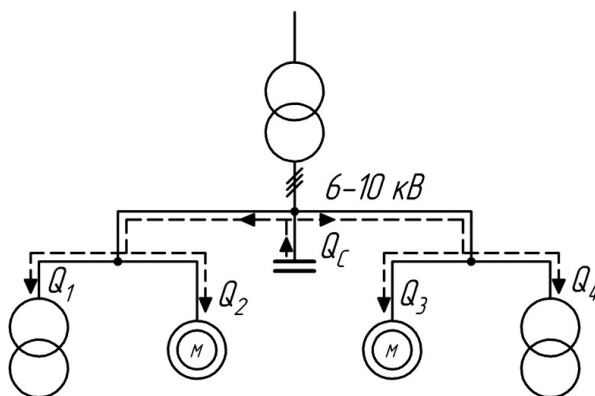
Рисунок 3 – Схема внешних соединений установки типа УКВ-6,3

Установка УКВ-6,3 имеет на видных местах всех дверей и снимаемых панелей корпуса следующие таблички:

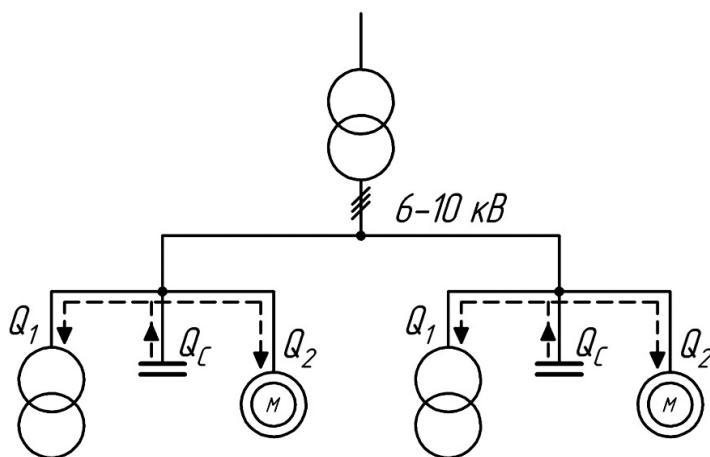
- «ОТКРЫВАТЬ, ОТКЛЮЧИВ ОТ СЕТИ через 5 минут»;
- «6 кВ»;
- «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ».

Существуют следующие способы КРМ в электрических сетях: централизованная (рисунок 4а), групповая (рисунок 4б) и индивидуальная (рисунок 4в). Область их применения, достоинства и недостатки приведены в таблице 2. Анализ способов КРМ показывает [3], что в системах подземного электроснабжения шахт и рудников наиболее целесообразна групповая КРМ в сетях напряжением 6 или 10 кВ на шинах ЦПП или распределителей высокого напряжения (РПВ). Индивидуальная КРМ может найти применение в основном для КРМ холостого хода (ХХ) мощных высоковольтных электродвигателей с продолжительным режимом работы (вентиляторов главного проветривания, компрессорных установок, насосов водоотлива) и нагрузки одиночных передвижных трансфор-

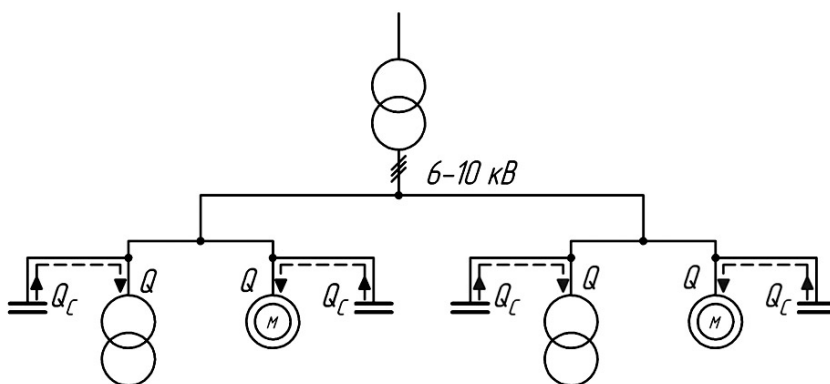
моторных подстанций мощностью 1000 кВ·А и более. При этом необходимо учитывать, что при индивидуальной КРМ асинхронных двигателей во избежание недопущения режима их самовозбуждения мощность нерегулируемой части конденсаторной установки должна быть не более 90 % реактивной мощности XX двигателя.



а) централизованная



б) групповая



в) индивидуальная

Рисунок 4 – Способы компенсации реактивной мощности в сетях напряжением 6...10 кВ

Таблица 2

Способ компенсации реактивной мощности (схемы включения)	Номер рисунка	Область применения	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4	5
Индивидуальный	4в	В сетях напряжением до 1000 В, 6 и 10 кВ. Обычно подключается к одному общему выключателю с токоприемником (электродвигателем)	От реактивной мощности разгружаются все элементы системы электроснабжения, питающей данный токоприемник	Малое число часов использования конденсаторной мощности, определяемое временем работы токоприемника. Более высокая стоимость КРМ. Мощность нерегулируемой части конденсаторной установки не должна превышать 90 % реактивной мощности XX асинхронного двигателя.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Групповой	4б	В сетях напряжением до 1000 В, 6 и 10 кВ. Подключается к шинам трансформаторных подстанций, распределительных пунктов, в месте установки группы токоприемников	Более полное использование конденсаторной мощности. От реактивной мощности разгружается большая часть распределительной сети, головные участки участковых сетей, цеховые (участковые) трансформаторные подстанции.	От реактивной мощности не разгружаются некоторые участки участковой и распределительной сети.
Централизованный	4а	Подключение к шинам напряжением 6 и 10 кВ главных поверхностных подстанций (ГПП) промышленных предприятий	Наиболее полное использование конденсаторной мощности	От реактивной мощности разгружаются только элементы сети энергосистемы и трансформаторы ГПП предприятий.

Установки типа УКВ-6,3 мощностью 225 и 450 квар с 2008 г. успешно эксплуатируются на ЦПП ряда угольных шахт, неопасных по газу, и в системе электроснабжения обогатительных фабрик Донбасса.

Экономический эффект от внедрения конденсаторных установок складывается из следующих составляющих:

- а) экономия на оплате реактивной энергии;
- б) для действующих систем электроснабжения – уменьшение потерь активной электроэнергии в кабельных линиях и трансформаторах за счет уменьшения силы тока фаз;
- в) для проектируемых систем электроснабжения – экономия стоимости кабельных линий за счет уменьшения их сечения.

Достоинством рассмотренной установки является возможность двухстороннего обслуживания, простота конструкции, наличие защиты от перегрузки, дополнительного внешнего разрядного устройства силовых косинусных конденсаторов и защиты от предотвращения взрыва силовых косинусных конденсаторов при недопустимом расширении стенок их корпусов. К недостаткам можно отнести отсутствие возможности автоматического подключения и отключения в зависимости от передаваемой по системе электроснабжения реактивной мощности, а также подключения установки к информационной сети и передачи данных о ее работе в диспетчерский пункт.

Выводы:

1. Внедрение конденсаторных установок УКВ-6,3 на ЦПП неопасных по газу угольных шахт позволяет уменьшить потребление реактивной мощности и минимизировать оплату за нее, сократить потери активной электроэнергии в системе электроснабжения шахты на участке ГПП – ЦПП и уменьшить плату за ее потребление, увеличить пропускную способность системы электроснабжения на участке ГПП – ЦПП и улучшить уровень и стабильность напряжения в сети.

2. Предложенные схемные решения и комплектующие изделия предопределили многолетнее надежное и эффективное функционирование УКВ-6,3 на шахтах Украины.

Список литературы

1. Бочаров М.К. Особенности современных конденсаторных установок среднего напряжения / М.К.Бочаров, Ю.П.Зубюк// Взрывозащищенное электрооборудование: сб.науч.тр.УкрНИИВЭ.-Донецк: ООО «АИР», 2011.- С. 181-192.

2. Бочаров М.К. Защитное отключение рудничной конденсаторной установки УКРВ-6,3 при вздутии конденсаторов /М.К.Бочаров // Взрывозащищенное электрооборудование: сб.науч.тр. УкрНИИВЭ.-Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2002.-С.138-143.

3. Груба В.И. Рудничные конденсаторные установки для систем подземного электроснабжения калийных рудников / В.И.Груба, М.К.Бочаров // Взрывозащищенные электрические машины: сб. науч. тр. ВНИИВЭ.- Донецк, 1992.- С.137-145.