

электроснабжения промышленного предприятия и решением задачи многокритериальной оптимизации позволит определить наиболее оптимальные способы компенсации реактивной мощности в промышленных электрических сетях.

Таким образом, выбор оптимальных мест установки компенсирующих устройств и оптимизация процесса компенсации реактивной мощности в промышленных электрических сетях в целом является на сегодняшний день актуальной практикой.

тической задачей. Оптимизация процесса компенсации реактивной мощности позволит максимально снизить потери электроэнергии в электрических сетях, обусловленные перетоками реактивной мощности, сократить расходы промышленных предприятий на электроэнергию, увеличить пропускную способность электрических сетей и будет способствовать реализации на промышленных предприятиях потенциала энергосбережения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ефременко, В. М. О влиянии перетоков реактивной мощности на параметры систем электроснабжения промышленных предприятий / В. М. Ефременко, Р. В. Беляевский // Вестник КузГТУ, 2011. – № 3. – С. 60–63.*
- Константинов, Б. А. Компенсация реактивной мощности / Б. А. Константинов, Г. З. Зайцев. – Л. : Энергия, 1976. – 104 с.*
- Методические указания по расчету повышающих (понижающих) коэффициентов к тарифам на услуги по передаче электрической энергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон по договорам об оказании услуг по передаче электрической энергии по единой национальной (общероссийской) электрической сети (договорам энергоснабжения) : утв. Приказом Федеральной службы по тарифам РФ № 219-э/6 от 31.08.2010 : ввод в действие с 31.08.2010.*
- Инструкция по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям : утв. Приказом М-ва энергетики РФ № 326 от 30.12.2008 : ввод в действие с 30.12.2008.*

□ Авторы статьи:

Ефременко
Владимир Михайлович,
канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
зав. каф. электроснабжения горных и
промышленных предприятий КузГТУ.
Тел. 8-904-999-0817
E-mail: evm.kegpp@kuzstu.ru

Беляевский
Роман Владимирович,
– ст. преподаватель каф. электро-
снабжения горных и промышленных
предприятий КузГТУ.
Тел. 8-950-584-7672
E-mail: belaevsky@mail.ru

Пономарев
Никита Викторович,
студент КузГТУ (гр. ЭП-061),
тел. 8-923-520-7741
E-mail: nickitaponomarev
@yandex.ru

УДК 622:621.31.-213.34:622.86

В.М. Друй, Г.И. Разгильдеев

О СВОЙСТВАХ ПРУЖИННЫХ ШАЙБ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В соответствии с действующей нормативной документацией [1,2] все болты, винты, гайки и другие крепежные детали, применяемые в частях оболочек взрывозащищенного электрооборудования, должны быть предохранены от самопроизвольного ослабления способом, оговориваемым в технической документации. Таким способом в отечественном и зарубежном взрывозащищенном электрооборудовании признано применение разрезных пружинных шайб (прежнее название – шайбы Гровера).

Отсутствие или поломка разрезных пружинных шайб (далее РПШ) приводит в ряде случаев к невозможности обеспечить плотное прилегание взрывозащитных поверхностей взрывонепроницаемых соединений. В соответствии с "Инструк-

цией по осмотру и ревизии рудничного взрывобезопасного электрооборудования" [3] его эксплуатация при неполной затяжке хотя бы одного болта или другого крепежного элемента запрещена. Таким образом, отсутствие или поломку РПШ хотя бы у одной крепежной детали взрывонепроницаемого соединения можно считать повреждением средств взрывозащиты (СВЗ) этого электрооборудования.

Анализ состояния средств взрывозащиты рудничного взрывозащищенного электрооборудования (далее РВЗЭО) на шахтах Кузбасса показал [4], что на повреждения РПШ приходится 28 % всех зарегистрированных повреждений СВЗ РВЗЭО. Было выявлено два вида повреждений РПШ: поломка и сплющивание, в результате чего

терялась их способность противостоять самопроизвольному ослаблению крепежных деталей. Большое число повреждений СВЗ РВЗЭО привело к необходимости внимательно рассмотреть изменение свойств РПШ в конкретных условиях применения.

Особенности эксплуатации РВЗЭО в подземных горных разработках состоят в том, что определенная его часть не подвержена непосредственному воздействию передвижного характера горных работ, другая же его часть периодически переносится на новое место установки по мере подвигания забоев - подготовительных и очистных. Ту часть РВЗЭО, которая не подвержена непосредственному воздействию подвижного характера горных работ, можно условно отнести к стационарно установленному. Оно в течение длительного времени может находиться на одном месте установки и не переносится вслед за уходом забоев, пока не будут отработаны запасы полезного ископаемого в горизонте или этаже (подэтаже). При доставке его на место установки производится первоначальный монтаж, а последующие вскрытия отдельных частей взрывонепроницаемых оболочек (кабельных коробок, вводов и др.) производится во время регулярно проводимых ревизий и при ремонтах в порядке текущей эксплуатации. Следовательно, и РПШ крепежных деталей стационарного РВЗЭО относительно редко разжимаются и затем сжимаются вновь. Практика подтвердила такой вывод. На крепежных деталях трансформаторных подстанций (ТСВП, ТСШВП и др.) и высоковольтных распределительных устройств КРУВ -6, части которых вскрываются редко, практически не было обнаружено поврежденных РПШ.

При эксплуатации РВЗЭО, которое находится под непосредственным воздействием подвижного характера горных работ и переносится на новое место установки вслед за подвиганием забоев (передвижное электрооборудование - ПЭО), при каждой такой переноске производятся демонтажно-монтажные работы (ДМР). При этом откручиваются болты крышек вводных кабельных коробок и кабельных устройств (разжимаются РПШ крепежных деталей), отключаются кабели и оборудование переносится на новое место установки, а операции ДМР повторяются в обратном порядке (РПШ сжимаются). Очевидно, что РПШ крепежных деталей ПЭО при каждом переносе на новое место установки регулярно разжимаются и сжимаются вновь, т.е. в процессе эксплуатации подвергаются многократным однообразным циклам «сжатие – разжимание». Кроме ДМР части взрывонепроницаемых оболочек ПЭО вскрывают во время регулярно проводимых ревизий и при ремонтах в порядке текущей эксплуатации. Таким образом, ПЭО за время проведения подготовительной выработки или отработки очистного забоя вскрывается многократно и в таком же режи-

ме работают РПШ.

Число вскрытий n_{BO} взрывонепроницаемой оболочки одной единицы ПЭО определяется из соотношения:

$$n_{BO} = n_{PM} + n_{DMR} + n_P + n_{T\Theta}$$

где n_{PM} - число вскрытий оболочки при первоначальном монтаже ПЭО; n_{DMR} - число вскрытий при переноске ПЭО на новое место установки (в результате ДМР); n_P - число вскрытий ПЭО при проведении регулярных ревизий; $n_{T\Theta}$ - число вскрытий при ремонтах в порядке текущей эксплуатации.

Расчеты применительно к ПЭО одного из очистных забоев ОАО "Шахта "Березовская" за время его эксплуатации $T_9 = 7270$ ч показали следующие значения:

$$n_{PM} = 1, n_{DMR} = 48, n_P = 3, n_{T\Theta} = 8 \text{ и } n_{BO} = 57.$$

Следовательно, РПШ крепежных деталей одной единицы ПЭО разжимаются и сжимаются вновь в среднем 57 раз.

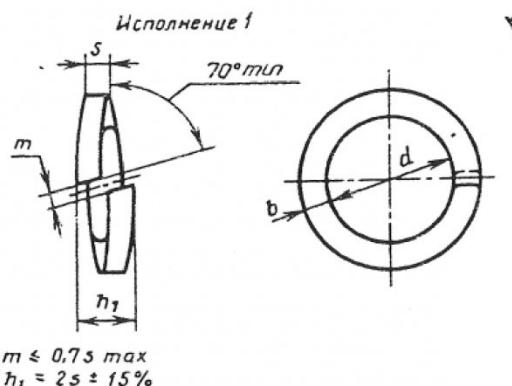


Рис.1. Пружинная шайба

Выпускаемые промышленностью РПШ не рассчитаны на такой режим работы, что видно из порядка испытания их пружинящих свойств. ГОСТ 6402 - 70 "Шайбы пружинные. Технические условия" определяет следующий порядок испытания: "... шайба трехкратно сжимается до плоского состояния и в сжатом состоянии выдерживается 24 ч, после чего она разжимается и измеряется высота развода зубьев h_2 (рис. 1).

Индексы 1 и 2 говорят о высоте развода зубьев до и после испытания. Она должна быть не менее 1,65 толщины шайбы ($h_2 = 1,65S$. Для РПШ М10 толщина её $S=2,5$ мм и минимальный размер после испытания $h_2 = 1,65 \cdot 2,5 = 4,13$ мм).

В этом стандарте не указано допустимое число циклов "сжатие - разжимание" и допустимая длительность нахождения РПШ в состоянии сжатия без потери своих пружинящих свойств, способных предотвратить самопроизвольное ослабление крепежной детали.

Результаты эксперимента

Число циклов "сжатие -разжимание"	0	5	10	20	40	70
Число выбракованных РПШ($h_2 < 4$, 13 мм)	0	8	20	26	39	60
Повреждаемость РПШ %	0	13,3	33,3	43,3	65	100

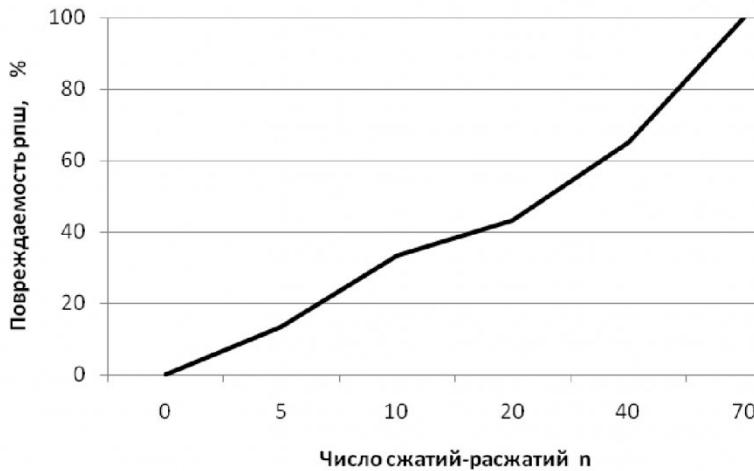


Рис. 2. Зависимость числа поврежденных РПШ от числа сжатий

В целях выявления причин повреждений РПШ и их возможного ресурса в условиях регулярных циклов "сжатие - разжимание" были проведены испытания шайб, предназначенных для болтов М10. Из большой партии РПШ были случайным образом выбрано 60 штук. Объём выборки определён исходя из предположения нормального закона распределения высоты развода. Измерения до проведения эксперимента показали, что первоначальная высота развода концов РПШ колеблется от 4,42 до 5,40 мм и с вероятностью $p = 0,6$ по критерию Пирсона соответствует нормальному закону распределения со средним значением, $h_{ICP} = 4,84$ мм. Стандартное отклонение $\sigma = 0,16$ мм.

Эксперимент проводили в следующем порядке. Каждая из 60 РПШ сжималась и разжималась с частотой, указанной в таблице, после чего измеряли высоту развода концов всех шайб и отбраковывали те, размеры которых были $h_2 < 4$, 13 мм. Результаты эксперимента представлены в таблице.

На рис.2 приведено изменение высоты развода концов h_2 РПШ, т. е. снижение пружинящих свойств РПШ в зависимости от числа циклов «сжатие – разжатие».

Как видно из графика, резкое изменение пружинящих свойств шайбы наступает в диапазоне 5 – 10 сжатий (вскрытий ВНО). После 10 вскрытий ВНО 33% РПШ не соответствуют требованиям, а после 70 сжатий – все 100%. При трехмесячном цикле проведения ревизий [2] ($3 \cdot 24 \cdot 30 = 2160$ часов) число ревизий составит 3 раза ($7270 / 2160 = 3$). Т.е. между ревизиями пускателем вскрывается примерно до 20 раз ($57 / 3 = 20$) и число поврежденных РПШ при этом может составить 28 штук (47%). Поэтому рекомендуется в обязательном порядке полностью менять РПШ на крышки вводных отделений низковольтных коммутационных аппаратов, двигателей и быстрооткрываемых крышках передвижных подстанций при плановых ревизиях передвижного ЭО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 22782.0 -81. Электрооборудование взрывозащищенное. Общие технические требования и методы испытаний.
- ГОСТ Р 51330.0 - 99. Электрооборудование взрывозащищённое. Часть 0. Общие требования.
- Правила безопасности в угольных шахтах. Инструкции.Кн. 2 / Постановление Госгортехнадзора России от 30.12.94 г. № 67.-М.: Недра, 1996.-254 с.
- Разгильдеев Г.И., Друй В.М. О состоянии средств взрывозащиты рудничного взрывозащищенного электрооборудования. – Ж. Горное оборудование и электромеханика. № 9, 2008. с. 13 - 14.

Авторы статьи:

Друй
Владислав Михайлович,
ст. преп. каф. электроснабжения
горных и промышленных
предприятий КузГТУ.
тел.: 8(3842)25-45-69

Разгильдеев
Геннадий Иннокентьевич,
докт. техн. наук, проф. каф. электроснабжения горных и промышленных предприятий КузГТУ