

ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА



Учредитель: Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

Главный редактор
КАНТОВИЧ Л.И.

Зам. гл. редактора
ИВАНОВ С.Л.
ЛАГУНОВА Ю.А.

Редакционный совет:

КОЗОВОЙ Г.И.
(сопредседатель)
ТРУБЕЦКОЙ К.Н.
(сопредседатель)
АНТОНОВ Б.И.
ГАЛКИН В.А.
КОЗЯРУК А.Е.
КОСАРЕВ Н.П.
МЕРЗЛЯКОВ В.Г.
НЕСТЕРОВ В.И.
ЧЕРВЯКОВ С.А.

Редакционная коллегия:

АНДРЕЕВА Л.И.
ГАЛКИН В.И.
ГЛЕБОВ А.В.
ЕГОРОВ А.Н.
ЕДЫГЕНОВ Е.К.
ЖАБИН А.Б.
ЗЫРЯНОВ И.В.
КАРТАВЫЙ Н.Г.
КРАСНИКОВ Ю.Д.
КУЛАГИН В.П.
МАХОВИКОВ Б.С.
МИКИТЧЕНКО А.Я.
МЫШЛЯЕВ Б.К.
ПЕВЗНЕР Л.Д.
ПЛЮТОВ Ю.А.
ПОДЭРНИ Р.Ю.
САВЧЕНКО А.Я.
САМОЛАЗОВ А.В.
СЕМЕНОВ В.В.
СТАДНИК Н.И.
СТРАБЫКИН Н.Н.
ХАЗАНОВИЧ Г.Ш.
ХОРЕШОК А.А.
ЮНГМЕЙСТЕР Д.А.

Редакция:

БЕЛЯНИНА О.В.
ДАНИЛИНА И.С.

Телефоны редакции:

(499) 269-53-97, 269-55-10

Факс (499) 269-55-10

E-mail: gma@novtex.ru

<http://novtex.ru/gormash>

СОДЕРЖАНИЕ

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Сысоев Н.И., Раков И.Я., Дерменжи Б.В. Обоснование структуры и основных параметров машины с внезапным приводом для выемки тонких угольных пластов 2

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. АВТОМАТИЗАЦИЯ

Кузьмин С.В., Меньшиков В.А., Гаврилова Е.В., Коровина М.В., Кузьмин И.С. Влияние типа и мощности электродвигателей и типа выключателей на величину коммутационных перенапряжений, возникающих в сетях 6–10 кВ горно-добывающих предприятий 6

Эм Г.А., Мехтиев А.Д. Влияние величины суммарной индуктивности якорной цепи тиристорного электропривода в рекуперативном режиме 9

Лисицын Д.В., Дайч Л.И. Исследование электромеханических процессов в многодвигательном электроприводе механизма поворота одноковшовых экскаваторов 13

Каверин В.В. Характеристики регулируемого асинхронного электропривода горных машин в режиме динамического торможения 19

Брейдо И.В., Эм Г.А. Исследование генераторных режимов тиристорного электропривода горных машин 25

Свириденко А.О. Структура двухдвигательного синхронного частотно-регулируемого электропривода мельницы полусамозмельчения 32

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Дорошенко В.С. Современная технология производства металлических отливок для спецтехники 37

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Секретов М.В. Оптимальные геометрические формы рабочего инструмента для разрушения горных пород ударом 40

Калентьев Е.А., Тарасов В.В. Численное определение и анализ обобщенных коэффициентов жесткости спирального каната 47

ИНФОРМАЦИЯ

Обзор материалов выставки "Горное дело: Технологии. Оборудование. Спецтехника" 53

Исполнилось 60 лет Виктору Георгиевичу Мерзлякову 56

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, и входит в систему Российского индекса научного цитирования.

УДК 621.316.027.622.012

С.В. Кузьмин, канд. техн. наук, **В.А. Меньшиков**, канд. техн. наук, **Е.В. Гаврилова**, **М.В. Коровина**, **И.С. Кузьмин**, СФУ, г. Красноярск

E-mail: rutas2004@list.ru

Влияние типа и мощности электродвигателей и типа выключателей на величину коммутационных перенапряжений, возникающих в сетях 6–10 кВ горно-добывающих предприятий

На основе статистической обработки данных получены зависимости, отражающие влияние типа и мощности электродвигателей, а также типа высоковольтных выключателей на величину коммутационных перенапряжений, возникающих на зажимах электродвигателей.

Показано, что данные зависимости можно использовать для оценки коммутационных перенапряжений в высоковольтном электрическом звене экскаватора "выключатель—кабельная линия—электродвигатель", как на стадии проектирования при выборе выключателей и электродвигателей, так и во время эксплуатации в случае замены масляных выключателей на вакуумные.

Ключевые слова: горно-добывающее предприятие, статистические данные, кратность коммутационных перенапряжений, асинхронный и синхронный электродвигатели, вакуумный, элегазовый, масляный и электромагнитный выключатели.

S.V. Kuzmin, V.A. Menshikov, E.V. Gavrilova, M.V. Korovina, I.S. Kuzmin

The Influence of the Type and Capacity of Electric Motors and the Type of Switches on the Value of Commutation Overvoltage Appearing in Circuits of 6–10 kV at Mining Enterprises

On the basis of the statistic processing of the data, there are obtained the dependences, reflecting the influence of the type and capacity of electric motors, as well as the type of high voltage switches, on the value of commutation overvoltage, appearing on electric motors clamps.

It is show that the dependence data may be used to estimate the commutation overvoltage in a high voltage electric link of the excavating machine "switch—cable—electric motor". It may be used both at the stage of designing and choosing switches and electric motors and during using them in case of replacing oil switches with vacuum ones.

Keywords: mining enterprise, statistic data, multiplicity of commutation overvoltage values, induction electric motor, synchronous motor, vacuum, SF₆ gas, oil and electromagnetic switches.

За последние 5–7 лет горно-добывающий комплекс России претерпевает существенные изменения. Происходят структурно-организационные преобразования предприятий, внедряются новые технологии и техника.

Особое внимание уделяется модернизации и совершенствованию внутренних систем электроснабжения предприятий. В частности на смену масляным и электромагнитным выключателям приходят вакуумные и элегазовые выключатели.

Опыт эксплуатации вакуумных и элегазовых выключателей в нашей стране и за рубежом показывает, что данные типы выключателей при коммутации высоковольтных электродвигателей способны вызвать значительные кратности перенапряжений, представляющие опасность для изоляции статорных обмоток электродвигателей [1].

Например, увеличение доли вакуумных выключателей в системах электроснабжения 6...10 кВ угольного разреза "Бородинский", железорудного карьера "Малый Куйбас" и "Ачин-

ского глиноземного комбината" соответственно до 63, 56 и 37 % привело к тому, что аварийность высоковольтных электродвигателей возросла в 2,8, 2,5 и 1,9 раза соответственно.

Использование специальных средств защиты от коммутационных перенапряжений (КП), таких как разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН), не привело к снижению аварийности электродвигателей. Это в первую очередь связано с тем, что отсутствуют конкретные закономерности, отражающие связь между кратностью КП и типом, мощностью высоковольтных электродвигателей в зависимости от типа высоковольтного выключателя. Наличие подобных зависимостей позволит оценить максимальную кратность КП при коммутации высоковольтных электродвигателей как на стадии проектирования при выборе определенного типа выключателя, так и во время эксплуатации при замене одного типа выключателя на другой и, как следствие, обоснованно подойти к выбору необходимых устройств защиты электродвигателей от КП.

На кафедре "Электрификация горно-металлургического производства" Сибирского федерального университета (г. Красноярск) совместно с сотрудниками ООО "Рутас" в период с 1998 по 2008 г. были проведены многочисленные экспериментальные исследования КП на асинхронных и синхронных электродвигателях мощностью от 200 до 4000 кВт для различных режимов работы, которые коммутировались масляными, электромагнитными, вакуумными и элегазовыми выключателями разных типов и марок. В результате исследований было получено свыше 12 000 измерений КП.

Исследования проводились в системах электроснабжения 6...10 кВ угольных разрезов Красноярского края, Кемеровской и Иркутской областей, на рудниках и обогатительных фабриках ОАО "Уралкалий", на металлургических заводах, расположенных в Красноярске, Братске, Саяногорске и Норильске.

Использование разнопрофильных производств позволяет учесть влияние технологического процесса на величину и характер КП.

Основная цель экспериментальных исследований — получение статистических данных о кратностях КП для различных типов электродвигателей и выключателей и, как следствие, выявление закономерного влияния типа и мощности электродвигателей и типа коммутационного аппарата на величину КП.

Обработка данных по каждому эксперименту проводилась на основе средних значений, дис-

персий, среднеквадратичных отклонений и коэффициента вариации, что позволило проверить выборки статистических данных на однородность и тем самым оценить влияние мощности и типов высоковольтных двигателей, типов и марок высоковольтных выключателей и технологического процесса на величину КП.

Проверка выборок на однородность проводилась по трем критериям: по сравнению средних значений (t_x), по сравнению дисперсий (t_s) и по критерию χ^2 Пирсона ($P\{\chi^2\}$) [2].

Вероятность Пирсона $P\{\chi^2\}$ указывает на то, с какой достоверностью данные выборки можно объединять.

Выборки объединяются в том случае, если $t_s \leq 3$, $t_x \leq 3$, а $P\{\chi^2\} > 0,05$, в противном случае выборки объединять нельзя. Объединение выборок указывает на то, что данный фактор не оказывает существенного влияния на КП. Если выборки не объединяются, то данный фактор, по которому происходило объединение выборок, влияет на величину и характер КП.

Проверка выборок на экстремальность позволила выявить, принадлежит или не принадлежит максимальное значение исследуемой величины к генеральной совокупности исходных данных, т.е. является ли максимальное значение КП для определенных условий закономерной величиной или является неточностью, допущенной при измерении данной величины.

В результате статистической обработки данных и проверки выборок на однородность и экстремальность установлено, что производственные условия и технологические процессы, разные серии и марки выключателей одного типа не оказывают существенного влияния на величину КП.

Установлено, что при длине кабельной линии не более 50 м, связывающей выключатель с электродвигателем, основными факторами, влияющими на величину КП, являются тип выключателя, мощность и тип электродвигателя, его режим работы и вид коммутации.

Наибольшие значения КП были зафиксированы при отключении электродвигателей в режиме холостого хода или при нагрузке не более 10 % от номинальной мощности электродвигателей.

Зависимости максимальных кратностей КП k_{\max} от мощности P асинхронных и синхронных электродвигателей приведены на рис. 1 и 2 соответственно. Эти зависимости получены при длине кабельной линии между выключателем и электродвигателем до 50 м.

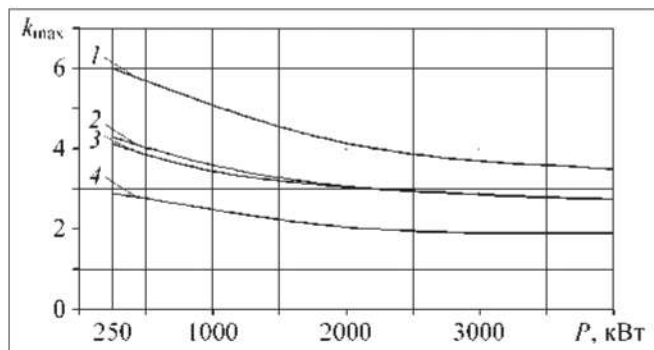


Рис. 1. Изменения максимальных значений кратностей КП для асинхронных электродвигателей в зависимости от мощности электродвигателя и типа высоковольтного выключателя:

1 – вакуумный выключатель; 2 – элегазовый выключатель; 3 – масляный выключатель; 4 – электромагнитный выключатель

Анализ зависимостей, представленных на рис. 1 и 2, показывает, что при указанной длине кабеля (не более 50 м) существует две устойчивые закономерности:

- с увеличением мощности электродвигателя происходит снижение кратности КП независимо от типа электродвигателя;

- при коммутации одного и того же электродвигателя выключателями разных типов наибольшие КП создают вакуумные выключатели, а наименьшие – электромагнитные выключатели. Масляные и элегазовые выключатели создают практически одинаковые по величине КП и занимают промежуточное место между вакуумными и электромагнитными выключателями.

Наибольшее распространение в системах электроснабжения 6...10 кВ горно-добывающих предприятий получили масляные и вакуумные выключатели. Рассмотрим более детально зависимости, представленные на рис. 1 и 2, применительно к масляным и вакуумным выключателям.

На рис. 3 показаны совмещенные зависимости кратностей КП для асинхронных и синхронных электродвигателей, которые коммутируются масляными и вакуумными выключателями.

Анализ зависимостей, представленных на рис. 3, показывает, что при коммутации электродвигателей мощностью до 1250 кВт наиболее высокие кратности возникают на зажимах синхронных электродвигателей. Если мощность электродвигателя равна 1250 кВт, кратности КП практически не зависят от типа электродвигателя, а при коммутации электродвигателей мощностью более 1250 кВт наиболее высокие КП возникают на зажимах асинхронных электродвигателей.

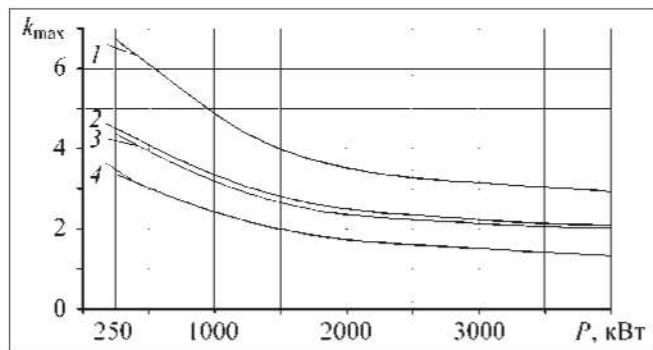


Рис. 2. Изменения максимальных значений кратностей КП для синхронных электродвигателей в зависимости от мощности электродвигателя и типа высоковольтного выключателя:

1 – вакуумный выключатель; 2 – элегазовый выключатель; 3 – масляный выключатель; 4 – электромагнитный выключатель

Вышеуказанные закономерности характерны как для вакуумных, так и для масляных выключателей. Поэтому с позиции снижения величины КП наиболее рационально использовать асинхронные электродвигатели в тех установках и технологических машинах, где мощность электродвигателей не превышает 1250 кВт, а синхронные электродвигатели использовать в том случае, если мощность электродвигателя, используемого в технологической машине или комплексе, должна быть более 1250 кВт.

В работах проф. А.Ф. Гончарова доказано, что для высоковольтных электродвигателей, которые эксплуатируются на горно-добывающих предприятиях более 5 лет, допустимая кратность КП не должна превышать 1,8. В противном случае КП будет негативно воздействовать на изоляцию статорных обмоток электродвигателей, что со временем приведет к электрическому пробою изоляции электродвигателя [3, 4].

Согласно данным, представленным на рис. 3, при замене масляных выключателей на вакуум-

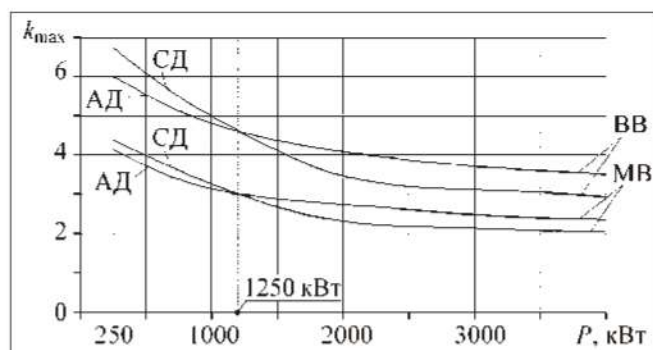


Рис. 3. Зависимости максимальных кратностей КП от мощности электродвигателя для асинхронных (АД) и синхронных (СД) электродвигателей, которые коммутируются масляными (МВ) или вакуумными (ВВ) выключателями

ные в действующих технологических машинах и электроустановках кратность КП возрастает в среднем в 1,6 раза.

В этом случае для электродвигателей мощностью 250 и 4000 кВт допустимая кратность КП будет превышена соответственно в 3,3–3,8 и 1,7–2 раза в зависимости от типа электродвигателя, т.е. электродвигатели мощностью до 4000 кВт включительно необходимо эксплуатировать со средствами защиты от КП независимо от типа электродвигателя.

Это в первую очередь относится к сетевым высоковольтным электродвигателям, установленным на экскаваторах, которые эксплуатируются на карьерах и разрезах, так как расстояние между выключателем и электродвигателем не превышает 50 м, следовательно, полученные выше результаты соответствуют условиям эксплуатации электродвигателей и могут быть использо-

ваны для оценки КП как на стадии проектирования, так и во время эксплуатации электрического звена экскаватора "выключатель—кабельная линия—электродвигатель".

Список литературы

1. **Евдокунин Г.А.** Современная вакуумная коммутационная техника для сетей среднего напряжения (технические преимущества и эксплуатационные характеристики) / Г.А. Евдокунин, Г. Тиллер. СПб.: Изд-во Сизова М.П., 2002. 148 с.
2. **Методика** сбора и обработки статистической информации о надежности шахтного электрооборудования. М.: ИГД им. Скочинского, 1975. 75 с.
3. **Воздвиженский В.А.** Вакуумные выключатели в схемах управления электродвигателями / В.А. Воздвиженский, А.Ф. Гончаров, Б.Б. Козлов, С.В. Нагарев, И.Я. Эпштейн. М.: Энергоатомиздат, 1986. 98 с.
4. **Гончаров А.Ф.** Уровни коммутационных перенапряжений в обмотках синхронных двигателей экскаваторов / А.Ф. Гончаров, И.Я. Эпштейн, С.В. Нагарев / *Электробезопасность на горно-рудных предприятиях черной металлургии СССР* // Тр. Всесоюз. науч.-техн. конф.: Днепропетровск, 1983. С. 163–165.