УДК 622.67

Д.Н.МАРТЫНЕНКО
Московский государственный горный университет

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЗА ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Рассмотрены вопросы повышения надежности работы предохранительного тормоза шахтных подъемных установок (ШПУ) путем его дублирования. Поскольку его дублирование механическим способом невозможно, предложено использовать подъемный двигатель, переводя его в режим электродинамического торможения. Показано, что при исправном механическом тормозе возникает специфический режим одновременного действия (РОД) двух тормозов. С этой целью исследованы переходные процессы в электромеханической системе ШПУ подъема и спуска груза при аварийной ее остановке. Это позволило определить области возможного применения РОД двух тормозов в зависимости от коэффициента массивности ШПУ.

Для реализации РОД электродинамического и механического тормозов при аварийной остановке ШПУ рассмотрен режим электродинамического торможения асинхронного двигателя с электролитическим конденсатором в цепи выпрямленного тока ротора, позволяющий создать тормозной режим без внешнего источника постоянного тока.

The article is devoted to the problems of performance reliability increase of safety break of mining lift by doubling it. As it is impossible to double it in a mechanical way we offer to double safety break by using the lifting engine which is available and transferring it into the mode of operation of electrodynamic breaking. It is pointed out that a mechanical brake in a working order leads to the specific regime of mode of operation the simultaneous operation of two brakes that can cause inadmissible slowing down. We have researched transitional processes in electromechanical system of mining lift for load raising and lowering by emergency stop. It has enabled us to identify the areas of possible application of simultaneous operation mode of two brakes depending on a type of mining lift.

In order to fulfill the simultaneous operation mode of electrodinamical and mechanical brakes by emergency stop of lift we consider the of electrodinamical braking mode of non-synchronous motor with electrolytic condenser in the circuit of wound rotor, which enables to produce braking conditions without external source of direct current.

При эксплуатации шахтных подъемных машин (ШПМ) возможна аварийная их остановка, вызванная нарушением нормального режима работы и срабатыванием аппаратуры защиты. Аварийная остановка ШПМ производится наложением предохранительного тормоза. Однако имелись случаи выхода из строя предохранительного тормоза, что приводило к тяжелым последствиям с человеческими жертвами [2], поэтому необходимо дублирование (резервирование) предохранительного тормоза. Из-за невозможности установки на подъемной установке двух механических тормозов предлагается использовать электрический способ торможения.

На ШПМ, оборудованных электроприводом переменного тока на базе асинхронного двигателя с фазным ротором, возможно использование режима электродинамического торможения. При выходе из строя механического предохранительного тормоза в работу вступает электродинамический тормоз и наоборот, что обеспечивает надежную остановку подъемной машины.

Однако при исправном механическом тормозе наступает специфический режим одновременного действия двух видов тормозов. При этом возможна перегрузка подъемного каната и превышение допустимого замедления 5 м/с^2. При торможении систе-

мы в случае обрыва каната должно выполняться условие: $F_т \geq (7 \div 9)F_с$ (где $F_с$ – статическое усилие).

Следовательно, тормозное усилие должно определяться прочностью элементов подъемной установки. При наладке предохранительного тормоза тормозное усилие принимается равным $3F_с$. Максимальное значение усилия динамического тормоза принимается равным $2{,}7F_с$. Поэтому при РОД максимальное значение результирующего усилия

$$F_\Sigma = \mp F_с + 3F_с + 2{,}7F_с = \mp F_с + 5{,}7F_с$$

будет находиться в пределах прочности установки.

Наиболее существенным ограничивающим фактором является положение о недопустимости аварийного замедления, превышающего 5 м/с^2 [2]. Как показали дальнейшие исследования, режим одновременного действия двух тормозов возможен на подъемных установках с коэффициентом массивности $\mu > 0{,}8$ (где $\mu = m / F_с$; m – масса всех движущихся частей подъемной установки, приведенная к органу навивки).

Анализ промышленных испытаний предохранительного тормоза ряда шахт ПО «Ростовуголь» и НПО «Прокопьевскуголь» показал, что ни на одной из подъемных установок не получена величина предельно допустимого значения 5 м/с^2.

Проведенные исследования переходных процессов при подъеме и спуске груза при экстренной остановке показали, что максимальное замедление может быть получено лишь при неучете времени холостого хода и нелинейного характера нарастания усилия предохранительного тормоза. Учет перечисленных условий позволил скорректировать область возможного применения РОД на подъемных установках с различными коэффициентами массивности. Было установлено, что РОД двух видов тормозов возникает на вертикальных ШПУ при одноступенчатом торможении с коэффициентом массивности $\mu > 0{,}44$; при электродинамическом торможении с последующей второй ступенью механическим тормозом на ШПУ с коэффициентом массивности $0{,}44 > \mu > 0{,}34$; при двухступенчатом торможении на ШПУ с коэффициентом массивности $0{,}24 < \mu < 0{,}34$ и при трехступенчатом торможении на ШПУ с $0{,}2 < \mu < 0{,}24$.

Таким образом, было показано, что режим электродинамического торможения может быть применен не только совместно с механическим на ШПУ с $\mu > 0{,}44$, но и раздельно при многоступенчатом торможении на ШПУ с $0{,}2 < \mu < 0{,}44$.

Реализация системы электродинамического торможения в режиме одновременного действия с механическим тормозом затруднена из-за наличия контакторной системы управления, поскольку она не обеспечивает высокого быстродействия. Затягивание включения контактора динамического торможения приводит к значительному снижению скорости движения подъемных сосудов и эффективности динамического усилия, значение которого пропорционально скорости.

Для создания режима электродинамического торможения асинхронного двигателя необходим источник постоянного тока, который реализуется с помощью генератора постоянного тока (система ГДТ-АД), неуправляемого или управляемого полупроводникового выпрямителя. Все они требуют дополнительного оборудования, ухода и контроля. Существенным недостатком всех вышеперечисленных систем является также невозможность создания тормозного режима при исчезновении напряжения питающей сети.

Для этих целей в МГГУ разработана схема динамического торможения асинхронного двигателя с электролитическими конденсаторами в цепи выпрямленного тока ротора [1]. Схема позволяет, во-первых, отказаться от внешнего источника постоянного тока, а во-вторых, обеспечивает перевод двигателя в тормозной режим одновременно с его отключением от питающей сети. Тормозной режим создается за счет конденсаторов, которые заряжаются в период пуска двигателя. При получении команды на аварийную остановку подъемной машины дви-

гатель отключается от сети; первый из конденсаторов, разряжаясь на управляющий электрод тиристора, соединяет выход неуправляемого выпрямителя с обмотками статора. Второй конденсатор, разряжаясь на обмотки статора подъемного двигателя, создает начальный магнитный поток, который переводит двигатель в режим динамического торможения с самовозбуждением.

Исследования РОД электродинамического и механического тормозов при аварийной остановке ШПУ показали возможность не только решения проблемы дублирования предохранительного тормоза, но и облегчения работы тормозных колодок. Быстродействующая система управления режимом динамического торможения позволяет использовать режим холостого хода механического тормоза и тем самым снизить скорость к моменту соприкосновения тормозных колодок с барабаном. Следовательно, снижается кинетическая энергия электромеханической системы подъемной установки, которую должен погасить механический тормоз. Как показали расчеты, кинетическая энергия снижается до 30 % и более в зависимости от электромагнитной постоянной времени обмоток статора асинхронного двигателя. Следовательно, снижается износ колодок, увеличиваются межремонтные сроки и производительность ШПУ и шахты в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1746505 СССР, МКИ Н 02 Р2/24. Электропривод / А.К.Малиновский. Опубл. 1992. Бюл. № 3.

2. *Демьяненко Г.С.* Неразрушающий контроль элементов тормозных и подвесных устройств // Безопасная эксплуатация электромеханического оборудования на шахтах: Сб. науч. трудов / МакНИИ. Макеевка – Донбасс, 1987.

3. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1973.

Научный руководитель д.т.н. проф. *А.К.Малиновский*