

К АВТОМАТИЗАЦИИ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО АСИНХРОННОГО ПРИВОДА МНОГОКАНАТНОГО РУДНИЧНОГО ПОДЪЕМА

В. И. Гашичев

В отечественной горной промышленности началось внедрение многоканатных подъемных машин. На шахтах Сталинской области монтируются восемь таких установок [1]. Проектными организациями проектируется ряд многоканатных подъемных установок различной мощности и различного назначения.

Ввиду специфических особенностей конструкции и расположения многоканатных подъемных машин приводу предъявляются особые требования. Обязательное наличие хвостового каната делает систему подъема уравновешенной. Небольшой диаметр барабана машины значительно снижает крутящие моменты на главном валу, облегчает конструирование редуктора и позволяет применить относительно быстроходные приводные двигатели. Расчеты проектных организаций показывают, что для многоканатных машин при подъеме нормального труда в период замедления, как правило, требуется работа привода в двигательном режиме.

Характерные диаграммы скорости и моментов для многоканатных подъемов, оборудованных скипами с разгрузкой через дно, приведены на рис. 1, *а*, а для подъемов, оборудованных опрокидными сосудами, — на рис. 1, *б*. При подъеме нормального груза необходимый двигательный момент в период t_3 составляет примерно 20—25% от номинального момента привода. При легком грузе и перегоне порожних сосудов в период t_3 может потребоваться работа привода в тормозном режиме или режиме свободного выбега. При дотягивании сосудов в период t_4 статические усилия при скипах с разгрузкой через дно изменяются только по величине. При подъемах же, оборудованных опрокидными сосудами, они изменяются и по знаку. Выполнение этих условий при асинхронном приводе обычного исполнения затруднительно.

Надежная автоматизация многоканатных подъемных установок может быть относительно просто осуществлена только при таком приводе, который обладает непрерывными механическими характеристиками, переходящими из двигательного режима в тормозной на всем диапазоне скоростей: от максимальной до ползучей.

Этому требованию в полной мере удовлетворяет привод постоянного тока системы Г-Д. Однако, учитывая, что при многоканатных установках привод, как правило, должен монтироваться на копре, применение системы Г-Д в целом ряде случаев неэкономично.

В последние годы было предложено несколько способов автоматизации асинхронного привода шахтных подъемных машин, основанных на искусственном исправлении его механических характеристик с целью получения устойчивой низкой скорости при движении сосудов в разгрузочных кривых. Рассмотрим некоторые из этих способов применительно к условиям работы многоканатных подъемных установок, имеющих диаграммы движения, приведенные на рис. 1.

Использование подъемного асинхронного двигателя в режиме электродинамического торможения в период замедления с последующим переходом на импульсный метод включения при дотягивании может решить задачу автоматизации асинхронного привода только для тех

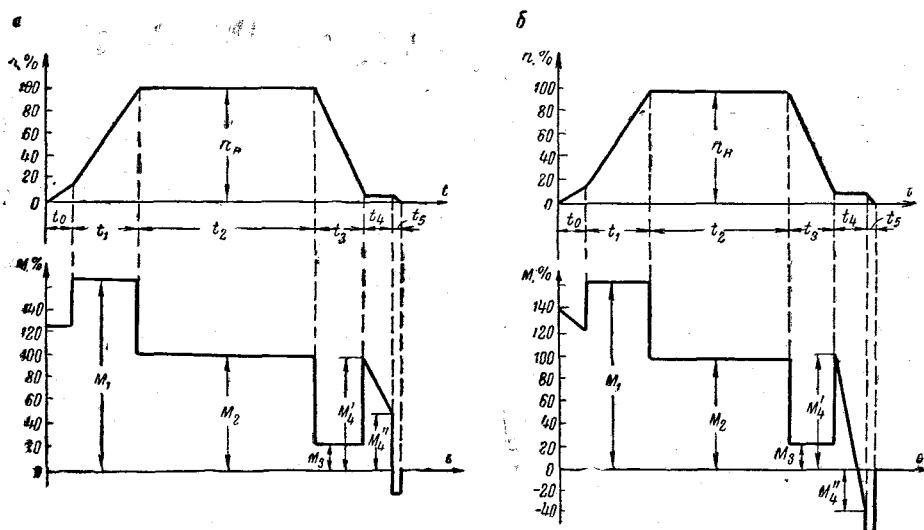


Рис. 1. Диаграммы движения многоканатной подъемной машины:
а — скипы с разгрузкой через дно; б — опрокидные сосуды

подъемных установок, которые требуют в период замедления тормозного режима, а в период дотягивания — двигательного режима.

Применение микропривода, рассчитанного на скорость движения сосудов в разгрузочных кривых, в сочетании с динамическим торможением или свободным выбегом удовлетворительно разрешает вопрос автоматизации подъемных установок, не требующих двигательного замедления при любых типах подъемных сосудов.

При одноступенчатом частотном управлении может быть обеспечено тормозное замедление и работа привода на жесткой характеристике в период дотягивания, но так же, как и в первых двух случаях, не может быть обеспечен режим двигательного замедления и управляемого свободного выбега.

Необходимая жесткость механических характеристик асинхронного двигателя как в двигательном, так и тормозном режимах может быть получена при автоматическом дроссельном регулировании. Однако асинхронный привод с дроссельным регулированием не дает возможности получать непрерывные механические характеристики, переходящие из двигательного режима в тормозной.

Применение вентильного асинхронного каскада позволяет получить двигательное замедление подъемной машины с плавным регулированием скорости. Однако, если необходимо (подъем легкого груза, перегон порожних сосудов, дотягивание при опрокидных сосудах) получить тормоз-

ной режим привода, то надо применить другие средства управления (динамическое торможение, противовключение и т. п.). Основная трудность получения тормозного режима вентильного каскада заключается в сложности схемы управления сетками вентилей роторной группы каскада, обеспечивающей работу, синхронную с частотой скольжения.

Вполне приемлемые результаты для автоматизации многоканатных подъемных установок при любых режимах замедления и разгрузки может дать асинхронный двигатель в сочетании со специальным динамическим тормозом [2]. Известным недостатком такой системы являются увеличенный вес привода и повышенные капитальные затраты, связанные с установкой дополнительной электрической машины постоянного тока мощностью до 50 % от мощности асинхронного двигателя.

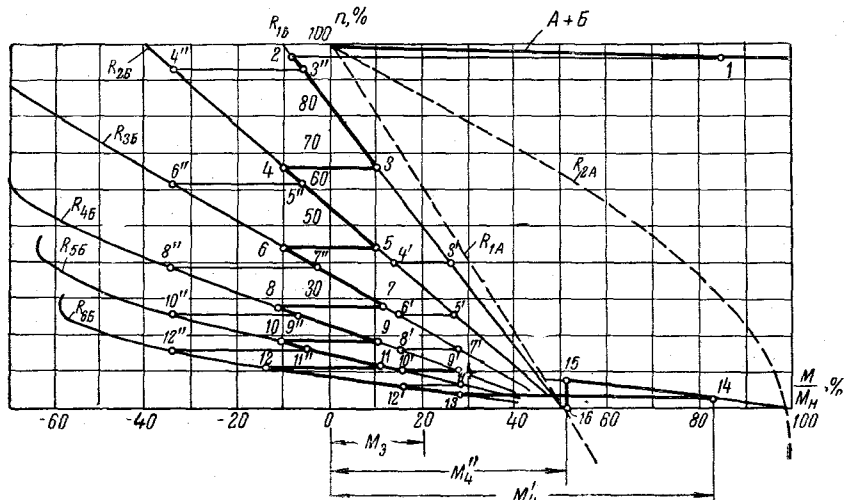


Рис. 2. Диаграммы автоматического управления двухдвигательным скиповым многоканатным подъемом в период замедления и разгрузки применительно к диаграмме движения (рис. 1, а)

Более экономичное решение может быть получено при двухдвигательном приводе. При таком приводе роль динамического тормоза может выполнить один из двигателей. Двигатели выбираются равной мощности, причем мощность каждого из них может быть равна половине необходимой мощности привода. Вес двухдвигательного привода составит примерно 115—125 % от веса однодвигательного привода той же мощности. Отметим, что маховой момент двухдвигательного привода, как правило, меньше махового момента однодвигательного привода той же мощности, что сокращает потери энергии при механических переходных процессах.

Анализ известных способов автоматизации управления асинхронным приводом шахтного подъема приводит к выводу, что непрерывными механическими характеристиками, которые допускают бесступенчатый переход из двигательного режима в тормозной, обладают лишь схемы совмещения двигательного и тормозного режимов. Только на этой основе может быть построена простая и работоспособная схема автоматического управления многоканатными подъемными установками, требующими в период замедления в зависимости от веса груза двигательный, тормозной режим или свободный выбег.

На рис. 2 изображена диаграмма автоматического управления скиповым многоканатным подъемом в период замедления при использова-

нии одной из машин двухдвигательного асинхронного привода в двигательном режиме, а второй — в качестве динамического тормоза. Диаграмма управления построена применительно к диаграмме движения рис. 1, а. Автоматизация в период замедления принята по пути. За 100 % принят номинальный момент привода, а $A+B$ — естественная механическая характеристика обеих асинхронных машин при параллельной работе на один вал.

При подходе груженого скипа к точке, где должно начинаться замедление, машина A (рис. 3) включается на двигательный режим при сопротивлении роторной цепи R_{1A} , а машина B переводится на работу в режим динамического тормоза. В период замедления ступени сопротивления

роторной цепи машины B выключаются в функции пути.

При подъеме нормального груза диаграмма управления соответствует ломаной линии 1—2—3'—4'—5'—6'—7'—8'—9'—10'—11'—12'—13—14—15—16, при грузе 80% от номинального — линии 1—2—3—4—5—6—7—8—9—10—11—12—13—14—15—16, при грузе 60% от номинального — линии 1—2—3''—4''—5''—6''—7''—8''—9''—10''—11''—12''—13—14—15—16 (рис. 2).

Чтобы излишне не перегружать привод, период замедления рационально осуществлять при работе двигателя A на характеристике

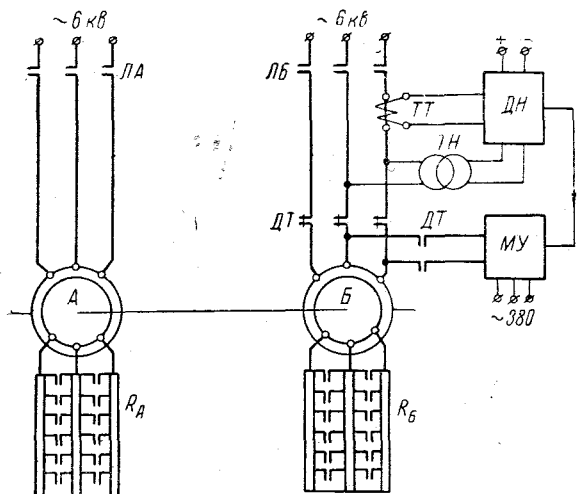


Рис. 3. Принципиальная схема двухдвигательного привода автоматической многоканатной подъемной установки

R_{1A} , а период дотягивания — на характеристике R_{2A} . (см. рис. 2).

Величина тока возбуждения динамического торможения в этом случае должна быть значительной, рассчитанной на подъем легкого груза или перегона порожних скипов. Указанный недостаток можно легко устранить, увязав величину тока возбуждения динамического торможения с нагрузкой подъемной машины, измеренной в период полного хода. Разомкнутая схема регулирования по нагрузке в этом случае в начале периода замедления устанавливает величину тока возбуждения, обратно пропорциональную величине нагрузки.

В качестве датчика активной мощности с сигналом на выходе, обратно пропорциональным статическому усилию подъема, может быть использован датчик Конотопского завода «Красный металлист» [3].

Принципиальную схему привода многоканатной подъемной установки, автоматизированную по предлагаемому способу, см. на рис. 3. Датчик нагрузки $ДН$ включен как ваттметр активной мощности, с выхода которого снимается сигнал, обратно пропорциональный статическому усилию, подаваемый на обмотку управления силового магнитного усилителя $МУ$, $ДТ$ — контакты контактора динамического торможения.

По предлагаемой схеме в лаборатории автоматики и телемеханики в горном деле при Ленинградском горном институте была собрана модель привода подъемной установки. Роль маховых масс выполнял маховик, а статическая нагрузка создавалась машиной постоянного тока.

Осциллограммы скорости нагрузки и токов, снятые в лаборатории АТМ при легком, нормальном и тяжелом грузах, представлены на рис. 4. Они показывают, что независимо от нагрузки тахограммы незначительно отличаются друг от друга. Колебание статического усилия (кривая 2) в период движения с ползучей скоростью почти не вызывает изменения скорости дотягивания.

На рис. 5 представлены диаграммы движения и мощностей автоматической многоканатной подъемной установки с двухдвигательным асинхронным приводом, построенные для периода замедления. Управление машиной осуществляется по схеме рис. 3 в соответствии с диаграммой управления 1—2—3'—4'—5'—6'—7'—8'—9'—10'—11'—12'—13—14—15—16 (см. рис. 2). Статические усилия соответствуют ординатам кривой $ad''e''$, движущие усилия — кривой $abcde$. Движущие усилия в период замедления и дотягивания, когда привод работает на комбинированных характеристиках, получены вычитанием из усилий машины — двигателя А (кривые $b'c'$ и $d'e'$), усилий машины — тормоза Б (кривые $b''c''c'''u'$). Причем ступенчатое изменение движущего усилия в период замедления заменено средним его значением.

Ординаты кривой 3—4—5—6 представляют собой мощность, потребляемую приводом из сети в период замедления и разгрузки, 8—14—17—12 — механическую мощность на валу двигателя А, 19—18—15—14—13 соответствуют мощности на валу подъемной машины, включая потери в зубчатой передаче. Разность ординат кривых 8—14—17—12 и 19—18—15—16 соответствует мощности, превращающейся в тепло в цепи ротора машины — тормоза Б.

Площадь 3—4—5—6—7—20—3 представляет собой полную энергию, потребляемую приводом из сети за период $t_3 + t_4$. Эта энергия распределяется следующим образом: площади 3—4—9—8—3 и 5—6—11—10—5 — потери в двигателе А; площадь 8—9—10—11—12—17—14—8 — потери в роторном реостате двигателя А; площади 8—14—15—18—20—8 и 16—17—12—13—16 — потери в роторной цепи машины — тормоза Б; площадь 18—15—16—13—7—18 — энергия, подводимая к валу подъемной машины, включая потери в зубчатой передаче.

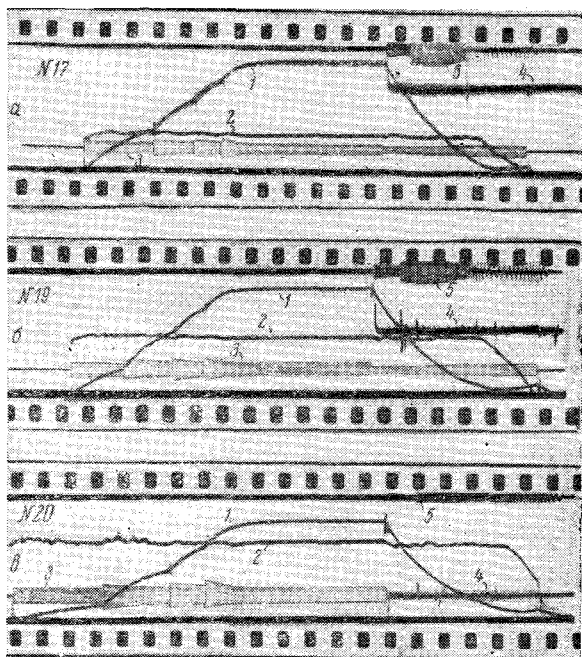


Рис. 4. Осциллограммы двухдвигательной автоматизированной установки в функции пути по схеме рис. 3:

a — легкий груз; b — нормальный груз; $в$ — тяжелый груз; 1 — скорость; 2 — статическое усилие ($\pm 30\%$ от номинального); 3 — ток статора машины А; 4 — ток возбуждения машины Б; 5 — ток ротора машины Б.
Масштаб времени 1 сек — 2 мм

Как видно из диаграммы мощности, значительная часть энергии, потребляемой из сети в период $t_3 + t_4$, рассеивается в роторном реостате двигателя А, который работает в этот период с большим скольжением. Коэффициент полезного действия двухдвигательного привода при работе двигателей в комбинированном режиме довольно низок и составляет при двигателем замедлении в среднем около 20 %, а при дотягивании 5—7 %. Однако, учитывая непродолжительность периода замедления и особенно периода дотягивания, существенного влияния расход энергии в эти периоды на общий расход энергии подъемной установки оказать не может. Повышенный расход энергии при комбинированном режиме работы машин двухдвигательного привода в период замедления и дотягивания вполне окупается надежностью, простотой и точностью управления при автоматизации многоканатных подъемных машин.

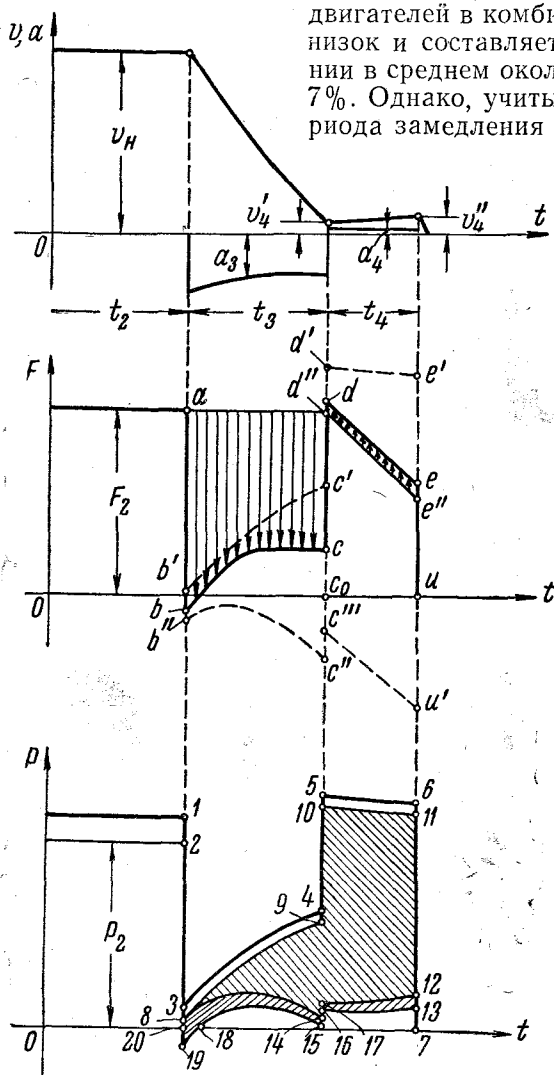


Рис. 5. Диаграммы скорости v , ускорений a , усилий F и мощностей P для периодов замедления и разгрузки при совмещенном режиме двухдвигательного асинхронного привода многоканатной подъемной установки, оборудованной скипами, разгружающимися через дно

сального решения вопросов управления подъемной машиной в периоды замедления и дотягивания.

При выборе привода многоканатной подъемной машины с автоматизированным управлением, особенно для установок, требующих различных режимов замедления в зависимости от нагрузок, универсальное решение может быть получено при использовании двухдвигательного асинхронного привода, допускающего, как и системы с отдельными дина-

Если в период замедления требуется лишь тормозной момент, то замедление с целью экономии энергии следует осуществлять при работе одного из двигателей в режиме динамического торможения и только дотягивание осуществлять в комбинированном режиме.

Выводы

Для большинства многоканатных подъемных установок, как правило, требуется двигательное замедление. Известные способы автоматизации управления асинхронным приводом, кроме схем с отдельными динамическими тормозами, допускающими совмещение двигательного и тормозного режимов, не дают универ-

мическими тормозами, совмещение двигательного и тормозного режимов. Достаточно жесткие комбинированные механические характеристики такого привода позволяют надежно и просто автоматизировать подъемную установку.

При совмещении двигательного и тормозного режимов не обязательно применять в период замедления замкнутую систему регулирования, при которой непрерывно сравниваются фактическая и заданная скорости. Во многих случаях достаточно иметь разомкнутую схему регулирования с обратной связью по нагрузке (см. рис. 3).

Некоторое увеличение расхода энергии при работе двухдвигательного привода на комбинированных характеристиках в периоды замедления и дотягивания не имеют решающего значения при выборе привода. Повышенный расход энергии окупается надежной работой автоматизированной подъемной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстрее строить многоканатные подъемные установки. «Уголь Украины», 1959, № 12.
 2. Максимов А. Е. Автоматизация шахтного грузового подъема с асинхронным приводом. «Горный журнал», 1954, № 11.
 3. Автоматизация в угольной промышленности. Углетехиздат, 1959.
 4. Максимов А. Е. К вопросу автоматизации шахтного грузового подъема с асинхронным приводом. Зап. ЛГИ, 1957, т. XXXV, вып. 1.
-