Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXII, вып. 1, 1972 г.

УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН В ПЕРИОДЫ ЗАМЕДЛЕНИЯ И ДОТЯГИВАНИЯ

И. Л. Дубровский

Автоматизация шахтных подъемных установок с асинхронным приводом обычно осложняется в период замедления и дотягивания, когда подъемный сосуд должен пройти строго определенный путь, подойти к разгрузочным кривым с определенной минимальной скоростью и двигаться с этой скоростью до завершения цикла подъема независимо от величины и знака концевой нагрузки.

В конце цикла подъема привод должен обеспечивать низкую устойчивую скорость (5—10% от номинальной) и, следовательно, иметь жесткую механическую характеристику. По технологическим условиям допустимая ошибка при остановке для скиповых подъемов не должна превышать ± 200 *мм*.

При скипах с донной разгрузкой усилия в период дотягивания остаются положительными и несколько уменьшаются к концу периода. Для опрокидных скипов характерно не только изменение величины, но и знака усилий в период дотягивания, что предопределяет вид механических характеристик привода. Если для скипов с донной разгрузкой достаточна только жесткость механических характеристик, то для опрокидных скипов необходима и непрерывность их при переходе с двигательного режима в тормозной.

Механические характеристики асинхронного привода шахтных подъемных машин без специальных мер исправления не отвечают предъявляемым требованиям. В подъемных установках с асинхронным приводом, регулируемым роторным реостатом, по мере уменьшения скорости подъема неизбежно снижается точность управления. Созданные системы автоматизации подъема в периоды замедления и дотягивания* более или менее удачно устраняют указанные недостатки.

Наиболее полно предъявляемым требованиям отвечают системы автоматизации подъема с микроприводом и частотным регулированием.

---

* Василевский М. Н. Асинхронный привод шахтных подъемных машин. Недра, 1964.

Максимов А. Е. К вопросу автоматизации шахтного грузового подъема с асинхронным приводом. Зап. ЛГИ, т. XXXV, вып. 1, 1957.

Существующие системы с микроприводом используются, как правило, только в период дотягивания подъемных сосудов. В остальные периоды двигатель микропривода отключается от сети и вращается вхолостую. При неотключаемом микроприводе область его применения ограничивается малыми подъемными машинами при соотношении номинальной скорости подъема к скорости дотягивания порядка 4.

Более универсальным способом, не ограничивающим соотношение скорости подъема к скорости дотягивания, является частотное регулирование с использованием МПЧ-150 в качестве преобразователя.

В существующих системах с микроприводом и частотным регулированием замедление осуществляется при работе главного двигателя в режиме электродинамического торможения.

Таким образом, в периоды равномерного хода, замедления и дотягивания привод подъема работает в различных режимах (двигательный режим, электродинамическое торможение, микропривод или частотное регулирование), что усложняет систему управления и увеличивает время переходных процессов. Смягчить эти негативные факторы в системе с неотключаемым микроприводом можно заменой механических муфт сцепления электромагнитными; в системе с частотным регулированием — заменой генератора динамического торможения с механическим преобразователем частоты электромашинным преобразователем.

При предлагаемой системе микропривода с электромагнитной муфтой скольжения регулирование скорости в период замедления должно осуществляться изменением тока возбуждения электромагнитной муфты. Период дотягивания выполняется при работе двигателя микропривода на естественной механической характеристике. В предлагаемой системе с частотным управлением в период замедления регулирование скорости осуществляется роторным реостатом главного подъемного двигателя при питании его током низкой частоты и током возбуждения электромашинного преобразователя частоты. Применение микропривода с электромагнитными муфтами так же, как и систем неотключаемого микропривода с механическими муфтами, ограничено малыми подъемными машинами с отношением номинальной скорости подъема к скорости дотягивания порядка 4.

Вторая предлагаемая система в этом отношении ограничений не ставит. Согласно диаграмме управления, для неуравновешенной системы подъема (рис. 1, *а*) в существующих системах скорость в период замедления регулируется выключением ступеней реостата и изменением тока возбуждения генератора динамического торможения (рис. 1, *а*, участок *4—5*). В периоды пуска и полного хода подъемный двигатель работает, как и в существующих системах (рис. 1, *б* участки *0—1—2—3* и *3—3'*).

При микроприводе с электромагнитной муфтой в период замедления и дотягивания главный подъемный двигатель выключается и все операции управления осуществляются регулированием тока возбуждения электромагнитной муфты. При частотном же регулировании в периоды замедления и дотягивания главный подъемный двигатель выключается из сети переменного тока нормальной частоты и получает питание от источника низкой частоты. В период замедления при этом скорость регулируется роторным реостатом подъемного двигателя или током возбуждения генератора низкой частоты (рис. 1, *б*, участок *4—5*).

Дотягивание в системе микропривода с электромагнитной муфтой выполняется при работе двигателя микропривода на естественной характеристике; в системе с частотным управлением — при работе главного подъемного двигателя на пониженной частоте (участки *6—7, 6—8*).

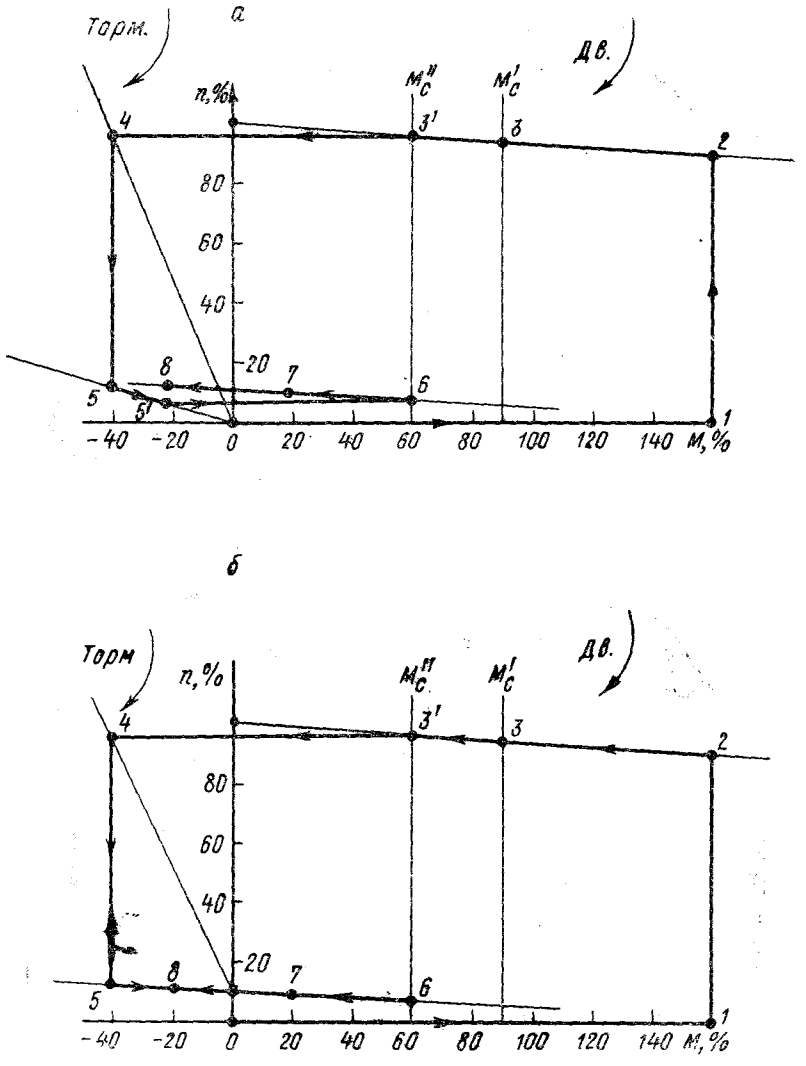


Рис. 1. Диаграммы управления подъемным двигателем при способах управления: *а* — существующих (*4—5—5'* — электродинамическое торможение, источник постоянного тока — генератор динамического торможения); *б* — предлагаемых (*4—5* — торможение изменением тока возбуждения электромагнитной муфты или роторным реостатом главного двигателя и током возбуждения электромашинного преобразователя):

M — статический момент; *n* — скорость двигателя; *M* — момент двигателя; *0—1—2* — пуск подъемного двигателя при постепенном выключении роторного реостата; *2—3* — разгон по естественной характеристике; *3—3'* — период полного хода; *3'—4* — переход с двигательного режима на тормозной; *5—6* и *5'—6* — переход с режима электродинамического торможения главного двигателя на работу микропривода или на частотное регулирование главного двигателя; *6—7* и *6—8* — работа микропривода или главного двигателя при пониженной частоте в период дотягивания и опорожнения скипов соответственно с донной разгрузкой и опрокидных.

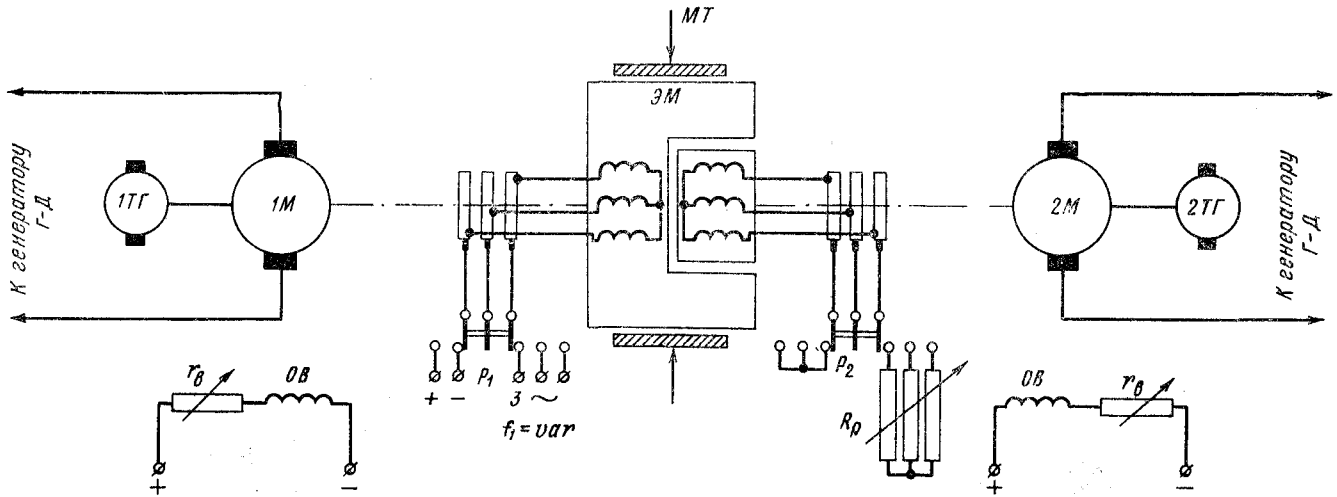


Рис. 2. Принципиальная схема лабораторной установки:

ЭМ — электромагнитная муфта; *1М, 2М* — двигатель ведущего вала *ЭМ* и нагрузочная машина; *1ТГ* и *2ТГ* — тахогенераторы; P_1, P_2 — рубильники; *ОВ* — обмотка возбуждения машин *1М* и *2М*; $r_в$ — сопротивления в цепях обмоток возбуждения машин *1М* и *2М*

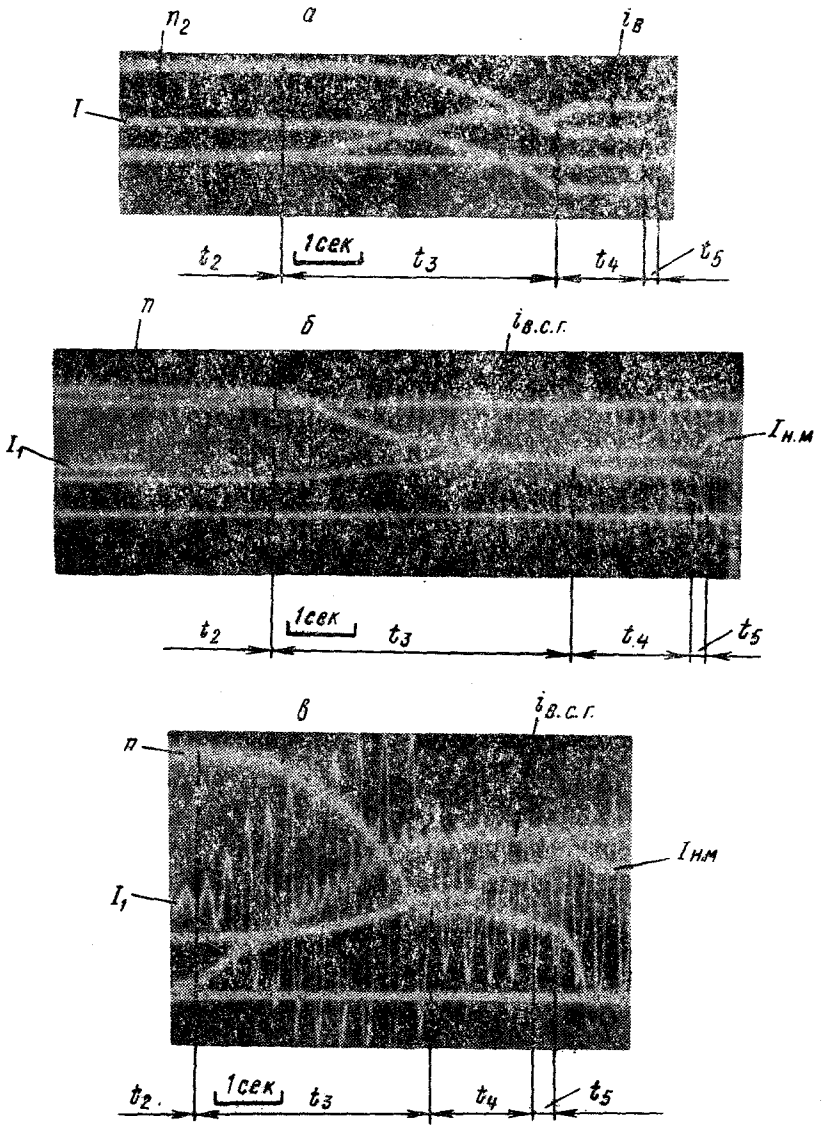


Рис. 3. Осциллограммы переходных режимов при предлагаемых способах регулирования скорости в периоды замедления и дотягивания:

а — в системе микропривода с электромагнитной муфтой, $n_1 = \text{const}$, $n_2 = f_1(t)$; $i_в = f_2(t)$, $I = f_3(t)$;

б — при частотном управлении, $n = f_1(t)$, $I_1 = f_2(t)$, $I_{н.м} = f_3(t)$;

в — то же, $n = f_1(t)$, $I_1 = f_2(t)$, $i_{в.с.г} = f_3(t)$, $I_{н.м} = f_4(t)$;

I_1 — ток статора асинхронного двигателя

Для проверки характера переходных процессов при предлагаемых способах управления в Ленинградском горном институте была создана экспериментальная установка (рис. 2). Электромагнитная муфта *ЭМ* выполнена на базе асинхронного двигателя с фазовым ротором. Концы обмоток статора и ротора выведены на контактные кольца, что позволяет использовать *ЭМ* и как муфту, и как асинхронный двигатель при застопоривании ведущего вала *ЭМ* механическим тормозом *МТ*. В качестве машин *1М* и *2М* использованы машины постоянного тока с независимым возбуждением, управляемые по системе Г—Д. Источником напряжения низкой частоты являлся синхронный генератор, вращаемый со скоростью 210 *об/мин*, что соответствовало частоте напряжения 7 *гц*. Индикаторами скорости служили тахогенераторы *1ТГ* и *2ТГ*.

Как видно из приведенной осциллограммы переходных процессов (рис. 3, *а*), в период замедления t_3 ток возбуждения электромагнитной муфты $i_в$ увеличивается, скорость n_2 уменьшается, машина *1М* вначале работает в двигательном режиме (ток I), а затем переходит в генераторный. В период дотягивания t_4 обеспечивается устойчивая низкая скорость на естественной механической характеристике электромагнитной муфты. Стопорение осуществляется механическим тормозом (период t_5).

При одноступенчатом частотном регулировании (рис. 3, *б, в*) осциллограммы снимались при застопоренном первичном вале электромагнитной муфты и питании ее первичной обмотки напряжением пониженной частоты, что имитировало работу асинхронного двигателя при пониженной частоте (7 *гц*). В период замедления t_3 в одном случае (рис. 3, *б*) регулирование осуществлялось при постоянном токе возбуждения синхронного генератора $i_{в.с.г}=\text{const}$ и $R_2=\text{var}$, в другом (рис. 3, *в*) — при $R_2=\text{const}$ и $i_{в.с.г}=\text{var}$. Период дотягивания в обоих случаях выполняется при работе главного подъемного двигателя на естественной механической характеристике при питании его напряжением низкой частоты, что также обеспечивает низкую устойчивую скорость.

Как видно из осциллограмм, в предлагаемых системах обеспечивается удовлетворительное протекание переходных процессов, отсутствие явно выраженных колебаний скорости и получение низкой устойчивой скорости при изменении величины и знака усилий (ток $I_{в.м}$) в период дотягивания и разгрузки подъемных сосудов.

Выводы

Введение в систему микропривода электромагнитной муфты скольжения и замена генератора постоянного тока динамического торможения генератором переменного тока низкой частоты упрощают систему управления асинхронным приводом подъема и сокращают время переходных процессов, что повышает производительность подъема.

Использование в качестве приводного двигателя в системе микропривода с электромагнитной муфтой, а также в качестве привода электромеханического преобразователя частоты двухскоростных асинхронных короткозамкнутых двигателей позволит иметь две устойчивые низкие скорости, необходимые для дотягивания и разгрузки подъемных сосудов, ревизии ствола и осмотра канатов.