Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. XXXV, вып. 1, 1957 г.

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ШАХТНОГО ГРУЗОВОГО ПОДЪЕМА С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ

А. Е. Максимов

При автоматизации шахтного грузового подъема с асинхронным приводом основные затруднения возникают обычно в конце подъема, когда переменные по величине, а иногда и по знаку статические сопротивления сочетаются с низкими скоростями.

Для получения относительно жестких механических характеристик привода, необходимых для обеспечения устойчивой низкой скорости при движении подъемных сосудов в разгрузочных кривых, в последние годы было предложено и частично испытано несколько способов.

1. Использование в период замедления метода наложения в обмотке статора приводного асинхронного двигателя постоянного тока на переменный.

2. Применение специального асинхронного двигателя с двумя обмотками статора, из которых одна рассчитана на питание двигателя трехфазным током, вторая — постоянным.

3. Совмещение работы приводного асинхронного двигателя со специальным электродинамическим тормозом.

4. Обеспечение необходимой жесткости характеристики путем автоматического регулирования величины сопротивления дросселей в цепи ротора асинхронного двигателя.

5. Применение микропривода, рассчитанного на скорость движения сосудов в разгрузочных кривых.

6. Использование подъемного асинхронного двигателя в режиме электродинамического торможения с последующим переходом на импульсный метод включения.

7. Применение свободного выбега в сочетании с импульсным методом включения.

При наложении в обмотке статора приводного асинхронного двигателя постоянного тока на переменный и применении асинхронного двигателя с двумя обмотками статора приходится выбирать какую-либо одну ступень роторного реостата, обеспечивающую приемлемую работу двигателя при совмещении двигательного и тормозного режимов, и дальнейшее регулирование осуществлять путем изменения тока возбуждения. При этом получается относительно мягкая характеристика (рис. 1, прямая *1*), не обеспечивающая устойчивой низкой скорости при движении сосудов в разгрузочных кривых.

Использование специальных электродинамических тормозов позволяет регулировать величину сопротивлений в цепях трехфазного и постоянного тока, при совмещении тормозного и двигательного режимов, независимо друг от друга. Это дает возможность получить жесткие характеристики *2*, обеспечивающие достаточно устойчивую низкую скорость при разгрузке сосудов.

Жесткость характеристик *3* может быть также достигнута путем автоматического регулирования величины сопротивления дросселей в цепи ротора асинхронного двигателя, но при этом нарушается непрерывность управления при переходе с двигательного режима на тормозной.

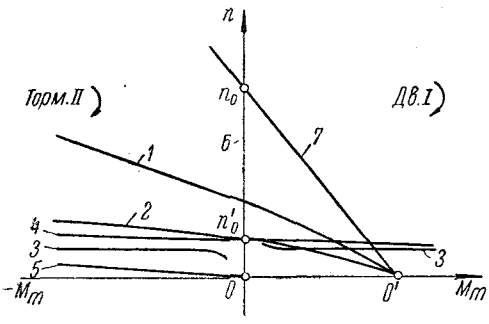


Рис. 1. Механические характеристики при различных способах управления приводным двигателем

Применение микропривода, рассчитанного на скорость движения сосудов в разгрузочных кривых, дает весьма благоприятную в отношении жесткости характеристику *4*.

Характеристика *5* при использовании асинхронного двигателя в режиме электродинамического торможения проходит через нуль и поэтому может обеспечить управление только при тормозном режиме.

При свободном выбеге, т. е. при работе с выключенным двигателем, развиваемый приводом момент равен нулю, и характеристика *6* совпадает с осью ординат.

Импульсный метод включения позволяет получить низкую скорость, необходимую при движении сосудов в разгрузочных кривых путем поочередного включения и выключения приводного двигателя, работающего с сопротивлением в цепи ротора на характеристике *7*.

При скипах с донной разгрузкой величина статических сопротивлений в течение периода разгрузки меняется, но остается положительной. Непрерывность характеристики привода при переходе с двигательного режима на тормозной при этом не является необходимой. Достаточно, чтобы она была жесткой.

При опрокидных сосудах в период разгрузки меняется величина и знак статических сопротивлений. В этом случае обязательными требованиями, предъявляемыми к характеристике привода, является не только ее жесткость, но и непрерывность при переходе с двигательного режима на тормозной.

В свете этих требований не трудно прийти к выводу, что при скипах с донной разгрузкой могут быть использованы все перечисленные выше способы, кроме способа наложения в обмотке статора приводного асинхронного двигателя постоянного тока на переменный, при котором не обеспечивается необходимая жесткость характеристики.

При опрокидных сосудах наложение токов в обмотке статора так же, как и при скипах с донной разгрузкой, не может дать положительных результатов из-за мягкости получаемой характеристики привода. Импульсный метод и дроссельное регулирование в этом случае также мало подходят, так как при этих способах не обеспечивается непрерывность управления при изменении знака статических сопротивлений.

Приемлемые результаты при опрокидных скипах могут дать комбинированный привод со специальным электродинамическим тормозом и

микропривод. Комбинированный привод может обеспечить управление машиной в периоды разгрузки и замедления. При микроприводе в период замедления, как правило, должен применяться какой-либо другой вид управления — динамическое торможение, свободный выбег или подгон. Исключение в этом отношении может быть при соединении микропривода с редуктором подъемной машины посредством регулируемой электромагнитной или гидравлической муфты, а также при использовании в качестве микродвигателя асинхронной машины с фазовым ротором. В последнем случае в период замедления может быть применено генераторное торможение с введением реостата в цепь ротора микродвигателя (рис. 2).

Известные ограничения в применении последнего способа торможения вносит предельно допустимое отношение максимальной скорости подъема к скорости движения сосудов в разгрузочных кривых, т. е. соотношение отрезков AC и BC (рис. 2).

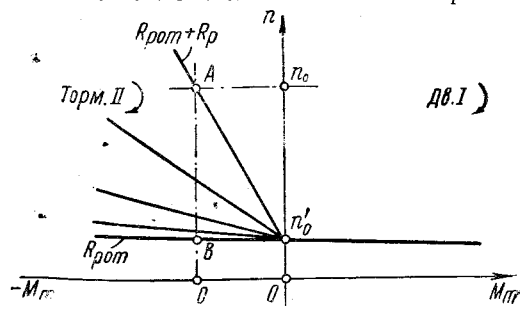


Рис. 2. Механические характеристики микропривода с асинхронным двигателем с фазовым ротором

Более универсальным в этом отношении является способ питания приводного асинхронного двигателя в периоды замедления и разгрузки пониженной частотой. При частотном управлении нет никаких ограничений в соотношении максимальной скорости подъема и скорости движения сосудов в разгрузочных кривых, так как скорость вращения приводного двигателя в этом случае не повышается относительно номинальной, а понижается. Этот способ, не нашедший пока применения в Советском Союзе при решении вопросов автоматизации шахтного подъема с асинхронным приводом, заслуживает серьезного внимания.

При одноступенчатом частотном управлении преобразователь частоты получается несложным, так как он рассчитывается на вполне определенную частоту, соответствующую скорости движения сосудов в разгрузочных кривых. Регулирование скорости подъемного двигателя в период замедления при этом осуществляется роторным реостатом.

В качестве преобразователя частоты может быть использован двигатель-генератор, состоящий, например, из двух синхронных машин или синхронного генератора с асинхронным короткозамкнутым двигателем. Мощность преобразовательного агрегата зависит от отношения скорости движения сосудов в разгрузочных кривых к номинальной скорости подъема и приближенно определяется зависимостью

$$P_1 \cong \frac{P_{ном} f_1 k_1}{\eta_{ном} f_{ном} k_2},$$

где $P_{ном}$ — номинальная мощность подъемного двигателя;
$\eta_{ном}$ — к. п. д. подъемного двигателя;
$f_{ном}$ и f_1 — номинальная частота и частота в период разгрузки сосудов;
k_1 — коэффициент форсировки возбуждения подъемного двигателя при работе его с пониженной частотой;

k_2 — допустимый коэффициент перегрузки преобразовательного агрегата.

$$k_1 = \frac{U_1 f_{ном}}{U_{ном} f_1},$$

где $U_{ном}$ — номинальное напряжение на зажимах статора подъемного двигателя;

U_1 — напряжение на зажимах статора при работе с пониженной частотой.

При сохранении постоянства отношения

$$\frac{U_1'}{f_1} = \frac{U_{ном}}{f_{ном}} = \text{const},$$

т. е. при коэффициенте форсировки $k_1 = 1$ мощность преобразователя частоты

$$P_1 \approx \frac{P_{ном} f_1}{\eta_{ном} f_{ном} k_2}.$$

Так, например, при $\frac{f_1}{f_{ном}} = 0{,}2$; $k_2 = 1{,}5$ и $\eta_{ном} = 0{,}9$ $P_1 \approx 0{,}15\, P_{ном}$, т. е. составляет приблизительно 15% от номинальной мощности подъемного двигателя.

При уменьшении величины отношения $\frac{f_1}{f_{ном}}$ мощность преобразователя частоты соответственно уменьшается. Однако при значительном понижении частоты опрокидывающий момент асинхронной машины при двигательном режиме, вследствие падения напряжения в активном сопротивлении статора, значительно понижается. Для компенсации падения напряжения в статоре и поддержания требуемой перегрузочной способности машины в двигательном режиме необходимо, чтобы при малых частотах напряжение уменьшалось в меньшей степени, чем частота, т. е. необходимо иметь коэффициент форсировки $k_1 > 1$.

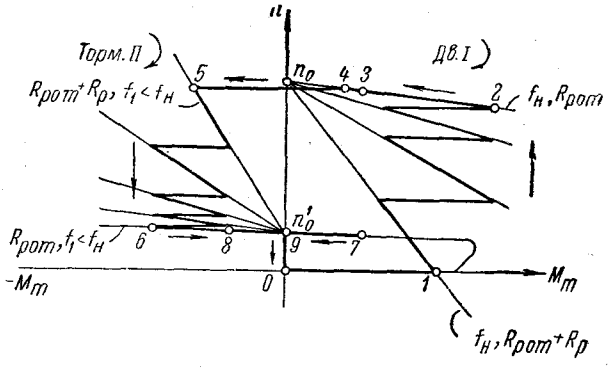


Рис. 3. Диаграмма частотного управления подъемным двигателем (при опрокидных скипах)

На рис. 3 участок *0—1—2—3—4* соответствует пуску асинхронного двигателя при постепенном выключении ступеней роторного реостата и работе двигателя на естественной характеристике в период полного хода. Участок *4—5* соответствует переходу привода с двигательного режима на тормозной. Для этого в цепь ротора подъемного двигателя вводится сопротивление реостата и одновременно статор присоединяется к преобразовательному агрегату пониженной частоты.

На участке *5—6* происходит замедление системы при постепенном выключении ступеней роторного реостата. В течение этого времени подъемный двигатель работает генератором. Часть мощности, пропорциональная пониженной частоте f_1, отдается через преобразователь частоты в сеть, остальная мощность теряется в виде тепла в реостате. На

участке *6—7—8*, соответствующем движению сосуда в разгрузочных кривых, приводной двигатель работает на естественной характеристике при пониженной частоте. Застопоривание машины механическим тормозом происходит на участке *8—9—0*.

Выводы. Задача выбора рациональной системы автоматизации шахтного подъема с асинхронным приводом может иметь различные решения и зависит от характера работы подъемной установки.

Наряду с другими методами заслуживает внимания частотное управление, обеспечивающее благоприятные механические характеристики привода как в период замедления, так и в период разгрузки подъемных сосудов.

Преимуществами частотного управления, по сравнению с управлением при использовании асинхронного привода в электродинамическом и импульсном режимах, являются большая перегрузочная способность привода в тормозном режиме и возможность бесступенчатого перехода с тормозного режима на двигательный и обратно, при разгрузке подъемных сосудов.

Использованная литература

1. Максимов А. Е. Автоматизация шахтного грузового подъема с асинхронным приводом. Записки Ленинградского горного института. 1954. т. XXXII, вып. 1.

2. Максимов А. Е. Итоги дискуссии об автоматизации шахтного грузового подъема с асинхронным приводом. Горный журнал, 1955, № 12.

3. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. Изд. АН СССР, 1955.

4. Каталог Министерства электропромышленности, № 1635, 1956.