

САУ РАЗГОНОМ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ

Павловская К.А., студент; Неежмаков С.В., доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина)

В настоящее время 90% парка шахтных подъемных машин Украины оснащены асинхронными двигателями с фазным ротором и пусковым реостатом. Замена его на более современные системы привода требует длительного времени и значительных материальных затрат. Менее затратным способом, не требующим остановки подъемов, является их модернизация. Это не решает коренным образом проблему, но все же улучшает технические показатели подъемных установок, повышает их производительность и надежность работы.

В рабочем цикле подъемных установок важными являются периоды разгона и замедления машин. От них напрямую зависит производительность подъема и безопасность его работы.

Практически все подъемные установки Украины с асинхронным приводом предусматривают регулирование скорости на стадии пуска путем переключения ступеней роторного сопротивления. Обычно количество таких ступеней не превышает восьми.

На рис.1 приведены диаграмма пуска асинхронного двигателя и диаграмма скорости подъемной машины в период ее разгона.

В ней приняты следующие условные обозначения:

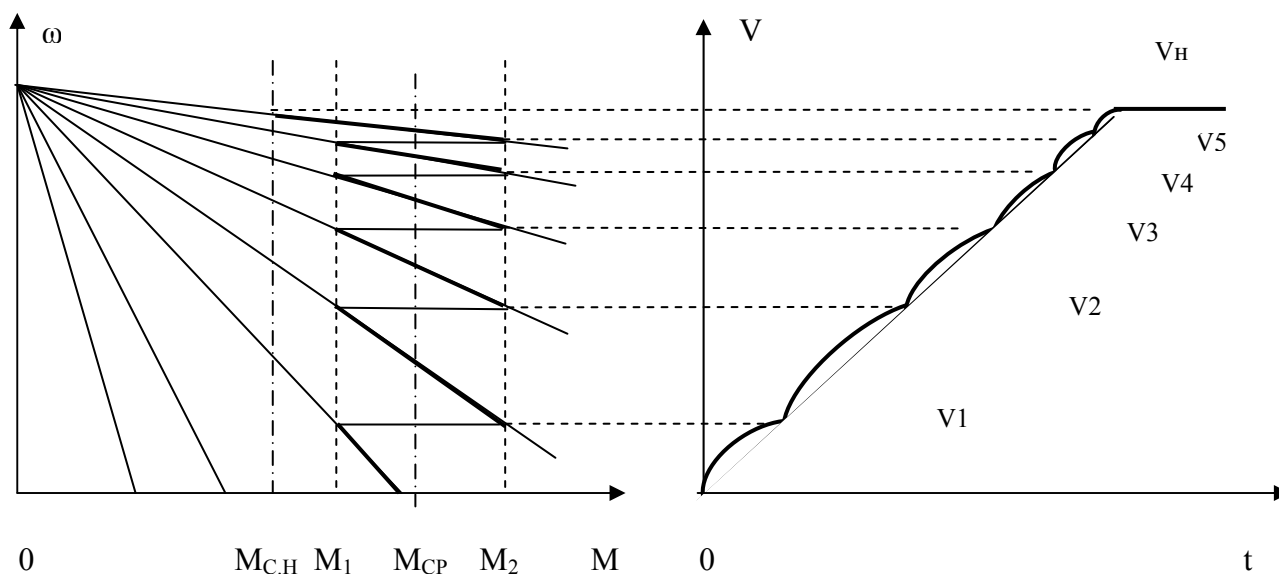


Рисунок 1 - Диаграмма пуска и скорости подъемной машины

- $M_{сн}$ – номинальный статический момент, создаваемой нагрузкой подъемной машины;
- M_1 и M_2 – соответственно нижний и верхний моменты переключения двигателя;
- $M_{ср}$ – средний момент переключения двигателя;
- ω – угловая скорость вращения двигателя;
- $V, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_H$ – соответственно линейная текущая скорость, скорости переключения и номинальная скорость.

Идея такого пуска состоит в последовательном, ступенчатом уменьшении величины роторного сопротивления за счет шунтирования его ступеней силовыми контактами контакторов ускорения. В этом случае разгон двигателя осуществляется путем ступенчатого

перехода с одной искусственной механической характеристики на другую. После полного шунтирования роторного сопротивления двигатель переходит на самую жесткую, естественную механическую характеристику и этим завершается период разгона подъемной установки.

Нижний момент переключения ступеней роторного сопротивления M_1 обычно принимается равным $1.2M_{CH}$, верхний предел $M_2 = 1.6M_{CH}$. Отсюда средний момент создаваемый двигателем в период разгона составит $1.4M_{CH}$.

Уравнение движения подъемной машины, приведенное к валу подъемного двигателя имеет вид:

$$M_d - M_c = J \frac{d\omega}{dt} .$$

Здесь M_d – момент, развиваемый на валу двигателя, нм; M_c – момент, создаваемый статической нагрузкой, нм; J – суммарная масса всех вращающихся и поступательно движущихся частей подъемной установки (ротор двигателя, зубчатые колеса редуктора, барабаны подъемной машины, направляющие шкивы, подъемные сосуды, канаты и др.), приведенная к валу двигателя, нмс²; $\frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение, вращающихся элементов подъемной установки, с⁻².

Так как пусковой момент двигателя изменяется от максимального M_2 до минимального M_1 , то и ускорение на этих участках носит переменный характер. Следовательно, скорость на диаграмме скорости (Рис.1) выглядит как совокупность криволинейных участков. В таких случаях уместно говорить о среднем значении ускорения, которое определяется как

$$a_{CP} = \frac{V_H}{t_P} ,$$

где V_H – номинальная скорость движения подъемных сосудов, м/с;

t_P – время разгона, с.

Совершенно очевидно, что при неизменном среднем двигателем моменте M_{CP} , что определяется параметрами настройки системы автоматического пуска асинхронного привода подъемной машины, и изменении нагрузки M_c , средняя величина ускорения при разгоне будет изменяться. Возникновение чрезмерных значений ускорения может привести к проскальзыванию канатов многоканатной подъемной установки со всеми вытекающими нежелательными последствиями, созданию недопустимых динамических нагрузок на элементы подъемной установки (канаты, зубья редуктора, шпонки коренного вала и др.).

Распространенная в настоящее время система автоматического разгона подъемной установки с асинхронным приводом и роторным сопротивлением основывается на установке определенных временных интервалов работы двигателя на каждой ступени роторного сопротивления, рассчитанных на подъем номинального груза. В реальных условиях значения транспортируемого груза может изменяться в пределах от нуля до $1.5M_{CH}$ на скиповых и от $1.2M_{CH}$ до $+1.2M_{CH}$ и того больше на клетевых подъемных установках. Это не позволяет контролировать среднюю величину ускорения при таком принципе управления разгоном. Контроль ускорения на участке разгона, впрочем как и на участке замедления, весьма важен, особенно на многоканатных подъемных установках. Поэтому более эффективной следует считать автоматизацию разгона в функции ускорения и тока.

Общий вид предлагаемой структурной схемы системы автоматизации разгона в функции ускорения и тока приведен на рис.2.

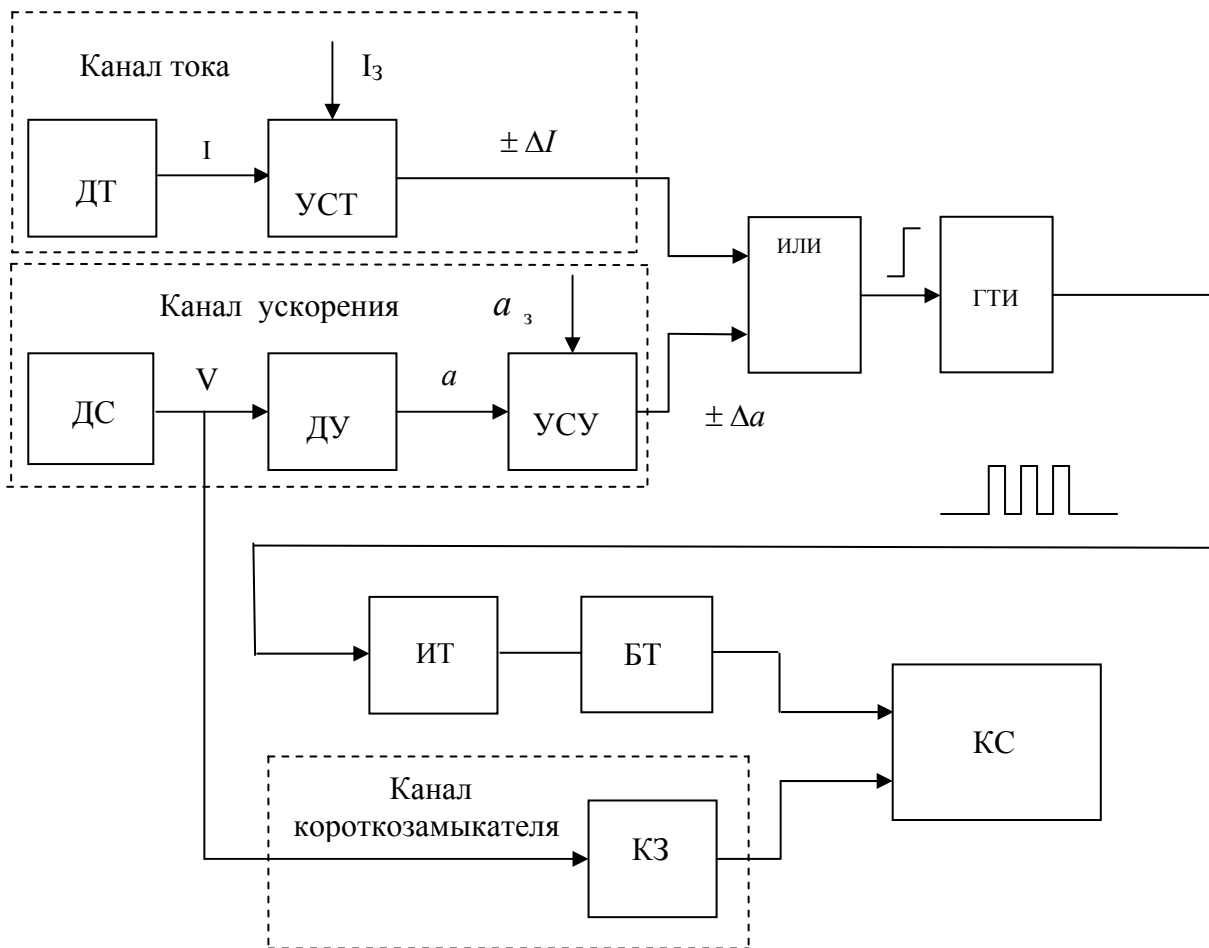


Рисунок 2 – Структурная схема системы управления разгоном

В схеме приняты следующие обозначения:

ДТ – датчик тока статора двигателя, ДС – датчик скорости подъемной машины, ДУ – датчик ускорения, УСТ – узел сравнения токов, УСУ – узел сравнения ускорений, ГТИ – генератор тактовых импульсов, ИТ – импульсный трансформатор, БТ – блок тиристоров, КЗ – короткозамыкатель, КС – контакторная станция, ИЛИ – логический элемент, I , I_3 – соответственно текущий и заданный ток, a и a_3 – текущее и заданное ускорение.

Структурная схема предусматривает использование контакторной станции, состоящей из двух групп контакторов. В одной группе собраны нечетные контакторы (1У, 3У, 5У, 7У), а в другой группе собраны четные контакторы (2У, 4У, 6У, 8У). Каждая из этих групп управляется одним тиристором.

В схеме представлены два независимых канала управления: по *току* и *ускорению*. Эти каналы позволяют контролировать соответственно тепловое состояние электродвигателя и среднее значение ускорения в процессе разгона подъемной установки.

Канал тока состоит из датчика тока статора приводного двигателя ДТ, узла сравнения токов УСТ. Результатом этого сравнения является сигнал $\pm \Delta I$. Этот сигнал поступает на вход логического элемента ИЛИ, который реагирует только на превышение текущего тока статора над заданным значением. То есть на сигнал $+\Delta I$.

Аналогичным образом работает канал ускорения. Аналоговый сигнал от датчика скорости ДС поступает на датчик ускорения ДУ, где он преобразуется в аналоговый сигнал реального ускорения. В узле сравнения ускорений УСУ он сравнивается с заданным ускорением a_3 . Результат сравнения $\pm \Delta a$ подается на второй вход логического элемента ИЛИ, который реагирует только на сигнал $+\Delta a$.

Если текущее значение тока и текущее значение ускорения не превышают свои заданные значения, то на выходе логического элемента присутствует сигнал уровня «0». Наличие превышения текущего значения над заданным хотя бы одного из этих двух параметров приводит к появлению на выходе логического элемента ИЛИ сигнала «1». Выходной сигнал логического элемента воздействует на генератор тактовых импульсов ГТИ. Этот генератор воспроизводит последовательность прямоугольных импульсов. Если на вход генератора тактовых импульсов поступает сигнал уровня «1», то генератор блокируется и генерация импульсов прекращается. При появлении на входе генератора сигнала уровня «0» генерация импульсов возобновляется. Эти импульсы поступают на вход импульсного трансформатора ИТ, который формирует остроугольные управляющие импульсы для блока тиристорных БТ и одновременно представляет собой гальваническую развязку. С помощью тиристорных этого блока включаются контакторы ускорения, расположенные на контакторной станции КС.

Блок короткозамыкателя КЗ обеспечивает открывание отдельного тиристора–короткозамыкателя. Он обеспечивает включение последнего контактора в случае достижения скорости близкой к синхронной и работе двигателя на искусственной (мягкой) механической характеристике. Это позволяет сразу, не дожидаясь включения всей последовательности предыдущих контакторов, перевести двигатель на работу по самой жесткой, естественной механической характеристике. Такие меры позволяют исключить чрезмерное увеличение скорости, что опасно для подъемной установки.

Реализация логической части этой системы управления производится на базе микропроцессора (контроллера) в соответствии с разработанным алгоритмом, реализующим описанный процесс управления. Гальваническая развязка выходных цепей контроллера и исполнительных коммутирующих элементов (реле, индикаторов) осуществляется с помощью оптронов.

Перечень ссылок

1. Киричок Ю.Г., Чермалых В.М. Привод шахтных подъемных установок большой мощности. М., «Недра», 1972, с. 336.
2. Белый В.Д., Найдено И.С. Шахтные многоканатные подъемные установки. М., «Недра», 1966.
3. Иванов А.А. Автоматизация шахтных подъемных машин с асинхронным приводом. М., Углетехиздат, 1957.
4. Правицкий Н.К. Рудничные подъемные установки. М., Госгортехиздат, 1963.
5. Бежок В.Р., Калинин В.Г., Коноплянов В.Д., Курченко Е.М. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок. 3–е изд. перераб. и доп. – Донецк: Донеччина, 2009. 672с.