

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА КРАНОВ С АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

А.М. Борисов, Г.И. Драчев, Н.Е. Лях, А.Н. Нестеров, А.Н. Шишков
г. Челябинск, ЮУрГУ

При использовании дроссельного регулируемого асинхронного электропривода для крановых подъемных механизмов возникают сложности при спуске легких грузов. Разработана система автоматического выбора и реализации силового или тормозного режимов спуска грузов с учетом изменения момента трения при трогании механизма и при изменении его скорости.

К электроприводам механизмов подъема кранов предъявляются требования по регулированию скорости. Как минимум необходимо иметь низкую скорость подъема (для выбора слабины канатов) и спуска (для создания посадочных скоростей) и высокую скорость для выполнения основной работы по подъему и спуску грузов. Такую задачу решает регулятор скорости тиристорный (РСТ) для дроссельного асинхронного электропривода, разработанный совместно специалистами Южно-Уральского государственного университета и ООО «Горнозаводское объединение» (г. Челябинск).

При использовании РСТ подъем груза с малой и высокой скоростями не вызывает никаких затруднений. Возникают сложности при спуске «легких» грузов или порожнего крюка. Под «легким» грузом понимается груз, который развивает активный момент на спуск меньше момента трения механизма подъема. Для спуска такого груза двигатель должен работать в двигательном режиме (силовой спуск). Для спуска груза, развивающего момент, превышающий момент трения, электродвигатель включается на подъем, но под действием груза двигатель вращается в направлении спуска. Происходит тормозной спуск груза с заданной скоростью, которая поддерживается РСТ. При этом электродвигатель работает в режиме торможения противовключением.

Решается задача автоматического выбора силового или тормозного режима спуска в зависимости от массы спускаемого груза. Машинист крана не должен задумываться об этих режимах. Он должен поставить командоаппарат в соответствующее положение спуска, а переключения силовой / тормозной режим должна обеспечивать автоматика.

Дроссельный асинхронный электропривод (рис. 1), реализующий регулирование скорости и автоматический выбор режима спуска, включает в себя реверсор РТ, переключающий статорные цепи асинхронного электродвигателя М1, дроссель (индуктивный реостат) L1...L3, регулятор скорости РСТ, датчик напряжения на кольцах ротора ДН, программируемый контроллер (микрокон-

троллер) ПК, командоаппарат КА и блок питания БП.

Обеспечение пуско-тормозных режимов осуществляется дросселем [1], создание пониженных скоростей – РСТ, реверс двигателя – реверсором тиристорным РТ, а управление реверсором и регулятором скорости осуществляется программируемым контроллером.

Командоаппарат в простейшем случае имеет пять положений: два положения П1 и П2 – на подъем, два положения С1 и С2 – на спуск и нулевое положение ОП. При необходимости нескольких пониженных скоростей на подъем и на спуск требуется введение дополнительных положений командоаппарата.

При включении электродвигателя на спуск груз начинает ускоряться (практически падать) под действием собственного груза и момента электродвигателя. Двигательный момент электродвигателя потребуется лишь при спуске легких грузов, не преодолевающих момент трения механизма. Для остальных грузов от электродвигателя требуется тормозной момент. Поэтому для уменьшения ударов в электроприводе при переключениях силовой/тормозной спуск и обратно двигательный момент электродвигателя при спуске легких грузов уменьшается отключением двух тириستоров регулятора с помощью реле К1 (рис. 1). Тогда по ротору в этом режиме протекает выпрямленный ток, а механические характеристики имеют вид V (рис. 2).

Программируемый контроллер ПК получает информацию о положении командоаппарата КА, о значении напряжения U_p на кольцах ротора электродвигателя М1. Анализируя полученную информацию, контроллер выдает управляющие команды вверх (В) или вниз (Н) на реверсор. Реверсор подключает статорную обмотку двигателя М соответственно для вращения электродвигателя на подъем или на спуск. На программируемый контроллер возлагаются также функции выдачи, в зависимости от сложившейся ситуации, уставок задания скорости электропривода на РСТ. Реле К1

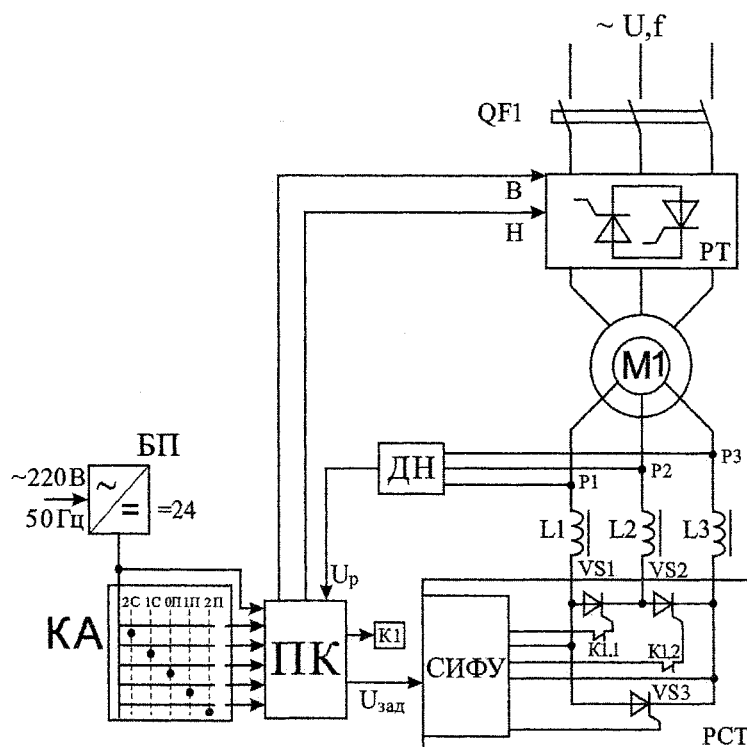


Рис. 1. Функциональная схема электропривода

обеспечивает упомянутое выше отключение двух фаз ротора при силовом спуске.

Для обеспечения низких посадочных скоростей грузов и выборки слабину канатов при подъеме грузов в крановых механизмах подъема в простейшем случае реализуются механические характеристики, представленные на рис. 2. Своеобразный вид механических характеристик, известный как вид экскаваторных характеристик, обусловлен особенностями включенных в роторную цепь дросселей. Сопротивление этих дросселей зависит от частоты и величины тока по их обмоткам и поэтому автоматически изменяется при изменении частоты вращения ротора электродвигателя.

Характеристика I – естественная дроссельная механическая характеристика при включении статора двигателя на подъем. Характеристика II – искусственная дроссельная характеристика для медленного подъема груза (выборка слабины канатов при подъеме). Характеристика III – искусственная для медленного тормозного спуска груза. Характеристика IV – естественная дроссельная при включении статора двигателя на спуск. Характеристика V – для силового спуска на малой скорости. Зависимость VI – изменение момента трения Мтр механизма при работе на подъем и на спуск.

На электропривод действует момент, создаваемый грузом $M_{ГР1}$, момент, создаваемый порожним крюком $M_{ГР2}$, и момент трения в механизме подъема крана $M_{ТР}$. Момент $M_{ТР}$ имеет реактивный характер, и, поэтому, его знак изменяется с изменением направления вращения электропривода.

При подъеме груза с ω_1 и малой ω_2 скоростями электродвигатель преодолевает суммарный момент $M_{ГР1} + M_{ГР} + M_{ГР2}$. При спуске груза с посадочной скоростью ω_3 электродвигатель включен на подъем, но под действием разности моментов $M_{ГР2} + M_{ГР1} - M_{ГР}$ работает в режиме торможения (противовключением тормозной спуск).

Порожный крюк, развивающий активный статический момент $M_{ГР2}$, зачастую не в состоянии преодолеть момент трения $M_{ГР0}$, развиваемый механизмом подъема, и спуск крюка на характеристике III с низкой посадочной скоростью проблематичен. Спуск порожнего крюка или с малым грузом приходится осуществлять в режиме силового спуска при работе электродвигателя в двигательном режиме в направлении спуска (со скоростью ω_4).

Однако, как показала практика, при работе с крановыми механизмами подъема, стоит только начать движение порожнего крюка вниз, как уменьшается момент трения $M_{тр}$, и становится возможным переход на тормозной спуск на характеристике III. Здесь «вмешивается» непостоянство момента трения кранового механизма, а, вернее, момент трогания механизма. Обзор литературы показал, что этот вопрос не простой, количественные данные практически отсутствуют, и приводятся лишь качественные зависимости [2]. При пуске $M_{тр}$ большой, а с ростом скорости он падает. На рис. 2 зависимость VI отражает качественное изменение момента трения при работе на подъем и на спуск.

Принцип автоматизации состоит в следую-

шем. Независимо от массы груза электродвигатель включается на силовой спуск. Если груз преодолевает момент трения, то система автоматизации осуществляет переключение электродвигателя в режим тормозного спуска (со скоростью ω_5).

В силовом спуске опускание груза происходит под действием двух моментов: момента, создаваемого двигателем, и момента, развиваемого грузом. Под действием этих моментов значительно увеличивается частота вращения двигателя в направлении спуска, система автоматизации контролирует эту ситуацию, и, если груз преодолевает момент трения, производит переключение реверсоров статорной цепи со спуска на подъем и работа двигателя осуществляется в режиме торможения противовключением. В режиме торможения

возможно уменьшение скорости спуска груза и стремление от скорости ω_5 к остановке электродвигателя. Для исключения остановки электродвигателя система переключит двигатель с режима противовключения вновь на силовой спуск. Поэтому груз с небольшой массой будет опускаться попеременно то в силовом, то в тормозном режимах. При этом спуск легкого груза происходит с колеблющейся скоростью.

На рис. 3 представлены осциллограммы момента и скорости привода при лабораторных испытаниях системы автоматизации с электродвигателем 3,5 кВт. Лабораторная установка позволяет реализовать необходимые режимы работы.

Участок 1 – пуск двигателя (подъем) и затем снятие напряжения задания скорости и торможение

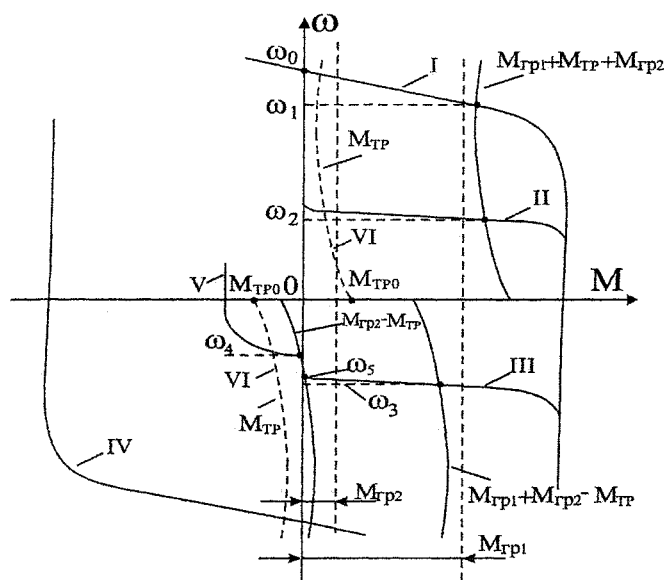


Рис. 2. Механические характеристики кранового механизма подъема

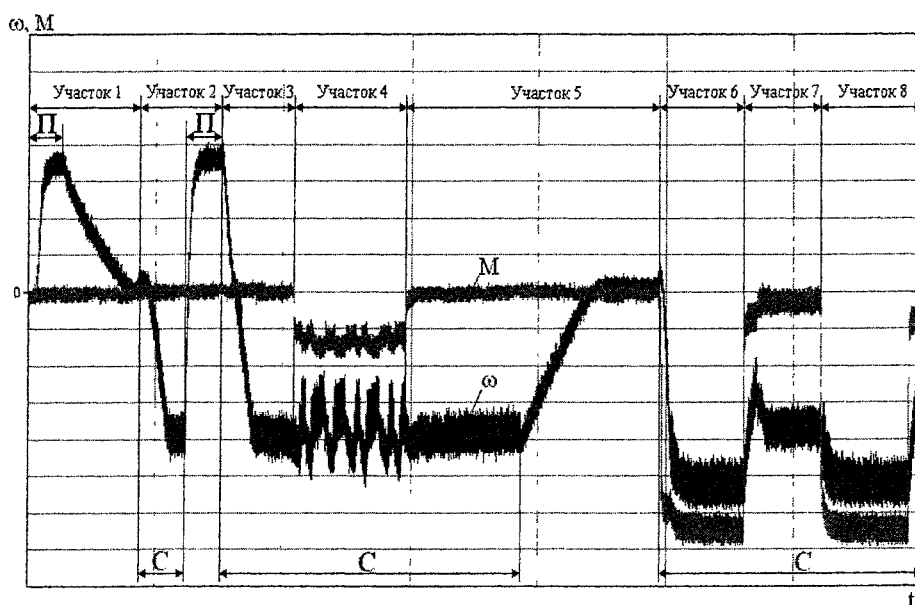


Рис. 3. Осциллограммы момента и скорости привода

на выбеге. На участке 2 пуск двигателя в обратном направлении (спуск), после чего осуществляется реверс. После второго реверса и работы привода в установившемся режиме (участок 3) прикладывается незначительная нагрузка, имитирующая момент, создаваемый «легким» грузом (участок 4). Как видно из осциллограмм, при этом происходят переключения реверсоров статорной цепи, что вызывает незначительное изменение скорости, но при неизменном спуске груза. После снятия момента происходит переключение режима спуска на силовой и затем торможение на выбеге (участок 5). На участке 6 одновременно с включением двигателя на спуск прикладывается значительный момент («тяжелый» груз), и осуществляется спуск груза в тормозном режиме. После снятия момента (участок 7) происходит переключение на силовой спуск и работа в этом режиме. Повторный бросок момента вызывает переключение реверсоров, обеспечивающих реверс, и спуск груза вновь осуществляется в тормозном режиме (участок 8).

Буквами П и С обозначены моменты времени,

когда командоаппарат стоит соответственно в положениях ИП и 1С.

Способ автоматизации успешно испытан в лаборатории. В качестве ПК использовался программируемый микроконтроллер ATmega 8535.

Таким образом, предложенный способ автоматизации позволяет решить проблему спуска «легкого» груза.

Литература

1. Пусковые характеристики дроссельного асинхронного электропривода / Борисов А.М, Драчев Г.И., Лях Н.Е., Ильинов В.И. // Вестник ЮУрГУ Серия «Энергетика». – 2001. – Вып. 1. – №4. – С. 89–93.
2. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1977
3. Фомин, С.А. Автоматизация дроссельного асинхронного электропривода кранового механизма подъёма / С.А. Фомин // Электротехнические системы и комплексы: сб. науч. тр. – Вып. 9 – Магнитогорск: МГТУ, 2004.

Борисов Александр Михайлович, профессор кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ЮУрГУ, канд. техн. наук, доцент.

Драчев Геннадий Иванович, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ЮУрГУ, канд. техн. наук, доцент.

Лях Николай Ефимович, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ЮУрГУ, канд. техн. наук, доцент.

Нестеров Александр Сергеевич, аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ЮУрГУ.

Шишков Александр Николаевич, аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ЮУрГУ