

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

В.П. Андрейченко,

В.Н. Фатеев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине

«ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА»

(для студентов 3,4 курсов всех форм обучения направления подготовки

(0922) 6.050702 «Электромеханика» по специальности

«Электромеханические системы автоматизации и электропривод»)

Харьков ХНАГХ 2009

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Элементы автоматизированного электропривода» (для студентов 3, 4 курсов всех форм обучения направления подготовки (0922) 6.050702 «Электромеханика» по специальности «Электромеханические системы автоматизации и электропривод»). Состав.: Андрейченко В.П., Фатеев В.Н., Харьк. нац. акад. город. хоз-ва – Х.: ХНАГХ, 2009. – 44 с.

Составители: В.П. Андрейченко, В.Н. Фатеев

Рецензент: доц., к.т.н. Н.И. Шпика

Рекомендовано кафедрой электрического транспорта,
протокол № 2 от 09.09.2009 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы	1
Общие методические указания	1
Лабораторная работа № 1	
Крановый электропривод с силовыми контроллерами	3
Лабораторная работа № 2	
Крановый электропривод с магнитными контроллерами	11
Лабораторная работа № 3	
Крановые электроприводы с магнитными контроллерами постоянного тока	25
Список литературы	42

1. Цель работы

Изучение принципов построения, электрического оборудования, устройств электроснабжения, защиты и автоматики систем электропривода технологических установок циклического действия.

2. Общие методические указания

Для технологических установок циклического действия общим является характер технологического процесса, состоящего из ряда повторяющихся однотипных циклов [1]. Каждый из циклов включает операцию загрузки рабочего органа, перемещения его из исходной точки в пункт назначения и разгрузки. Несмотря на существенные конструктивные особенности различных установок циклического действия, выполнение названных операций обеспечивается однотипными по основному назначению, принципу действия и выполняемым функциям механизмами: подъемными и тяговыми лебедками, механизмами передвижения и поворота. В свою очередь эти механизмы при любом конструктивном исполнении предъявляют к системе электропривода ряд общих требований. Наиболее распространенным примером такой установки является мостовой кран. На рис. 1 приведена его конструктивная схема. Стальная конструкция моста крана 1 опирается на ходовые тележки и с помощью механизма передвижения 3 может перемещаться по подкрановым путям 2, укрепленным над обслуживаемой площадью на стационарных опорах. Вдоль моста крана проложены рельсы, по которым перемещается тележка 4 с установленными на ней механизмом передвижения и подъемной лебедкой, осуществляющей подъем и спуск грузов. Таким образом, основными механизмами мостового крана являются: механизм передвижения моста, механизм передвижения лебедки и подъемная лебедка. Каждый из основных механизмов оснащен индивидуальным электроприводом.

Аналогичные основные механизмы и электроприводы имеют козловые краны, перегрузочные мосты, строительные башенные краны и др.

Подъемные краны, как и другие технологические установки циклического действия, имеют автоматизированный рабочий цикл, то есть все составляющие цикла выполняются по командам оператора. В этом случае основным технологическим требованием, влияющим на выбор системы электропривода, является требование к диапазону регулирования скорости D , определяемому отношением рабочей скорости к минимально необходимой по условиям технологии. Для механизмов подъема крана минимальная скорость определяется условиями мягкой установки груза в назначенное место, а для механизмов передвижения и поворота – необходимостью точной остановки. На низкой скорости требуемая точность остановки достигается при меньшем числе повторных включений привода. Кроме этого, с учетом массовости применения и тяжелых условий работы, системы электропривода технологических установок циклического действия должны быть просты и надежны в эксплуатации. Для большинства из них удовлетворительная управляемость механизмов обеспечивается при диапазоне $D=2\div 3$. Поэтому наибольшее распространение в системах таких электроприводов получил асинхронный двигатель с фазным ротором, скорость которого регулируется переключением сопротивлений в цепи ротора.

При более высоких требованиях к диапазону регулирования скорости и плавности переходных процессов, применяются электроприводы с двигателями постоянного тока. Регулирование скорости двигателей осуществляется как переключением дополнительных сопротивлений в якорной цепи, так и в системе «управляемый преобразователь - двигатель».

Электроснабжение приводов технологических установок циклического действия осуществляется напряжением 380В переменного тока, 220В постоянного тока. Наряду с этим, электрооборудование может изготавливаться и на другие напряжения, но не выше 440 и 500В, соответственно, постоянного и переменного тока. Питание электрооборудования поступательно

перемещающихся рабочих органов производится с помощью скользящих токосъемников от жестких контактных проводов – троллеев, проложенных на изоляторах вдоль путей перемещения установок. Для маломощных установок (кранбалки, электротали и т.п.), а также в случаях, когда наличие контактного токопровода недопустимо, например, во взрывоопасных помещениях, применяется токопровод гибким шланговым кабелем. Аналогично осуществляется питание установок, работающих на открытом воздухе. Для передачи электроэнергии с опорной части на подвижную платформу используют кольцевые токоприемники.

Лабораторная работа № 1

Крановый электропривод с силовыми контроллерами

1. Описание устройства и принципа действия лабораторной установки.

Принципиальная схема лабораторной установки приведена на рис.2 установка состоит из двух стендов, на одном из которых исследуются механические характеристики и схема управления электропривода механизма подъема, а на другом – механические характеристики и схема управления электропривода перемещения крана.

Питание электроприводов осуществляется через защитную крановую панель переменного тока ПЗКБ-250. Панель содержит общий для всех электроприводов крана рубильник В1 и линейный контактор КЛ, пакетный выключатель ПП1, два основания для установки на каждом по четыре магнитных реле максимального тока. Это позволяет реализовать различные варианты схем включения защиты. На рис. 2 приведен вариант, при котором катушки реле 1РМ÷6РМ включены в две фазы каждого двигателя, а реле РМО является общим. Якоря всех реле могут воздействовать на две общие скобы, размыкающих вспомогательные контакты РМ1 и РМ2, которые в свою очередь, отключают цепь питания катушки КЛ. Устройство панелей ПЗКБ других типов, а также возможные схемы включения катушек реле максимального тока приведены в [2, 3].

Пуск панели производится в следующей последовательности: рукоятки контроллеров электроприводов подъема и перемещения установлены в нулевое положение; ключом с одним отверстием включается рубильник В1; ключ с двумя отверстиями вставляется в переключатель ПП1 и поворачивается против часовой стрелки до положения «включено», после чего ключ самовозвратом становится в положение «работа». В положении «включено» замыкающие контакты ПП1 образуют цепь питания катушки КЛ, и контактор КЛ, срабатывая, через свои замыкающие контакты становится на самопитание. К напряжению сети подключаются силовые цепи электроприводов подъема и передвижения, а также цепи управления механизма передвижения. При этом автоматические выключатели QF1 и QF2 обеспечивают возможность исследовать схемы электропривода независимо друг от друга.

Управление крановым асинхронным двигателем М1 механизма подъема типа МПФ 012 осуществляется с помощью силового контроллера ККТ61А. Контакты контроллера рассчитаны на переключение силовых цепей двигателя и замыкаются или размыкаются в последовательности, определяемой диаграммой замыкания в зависимости от положения рукоятки контроллера. Кроме ККТ61А промышленностью выпускаются крановые контроллеры постоянного тока типа КВ100 и переменного тока типа ККТ60А [2, 3]. Мощность управляемых силовыми контроллерами двигателей не превышает 30кВт.

Контроллер ККТ61А имеет пять фиксированных рабочих положений рукоятки для каждого направления движения и фиксированное нулевое положение. Диаграмма замыкания контактов – симметричная. Контроллер обеспечивает ступенчатый пуск, ступенчатое регулирование скорости, реверс и торможение. В состав электропривода также входят стандартный блок проволочных резисторов БР типа БК-12.

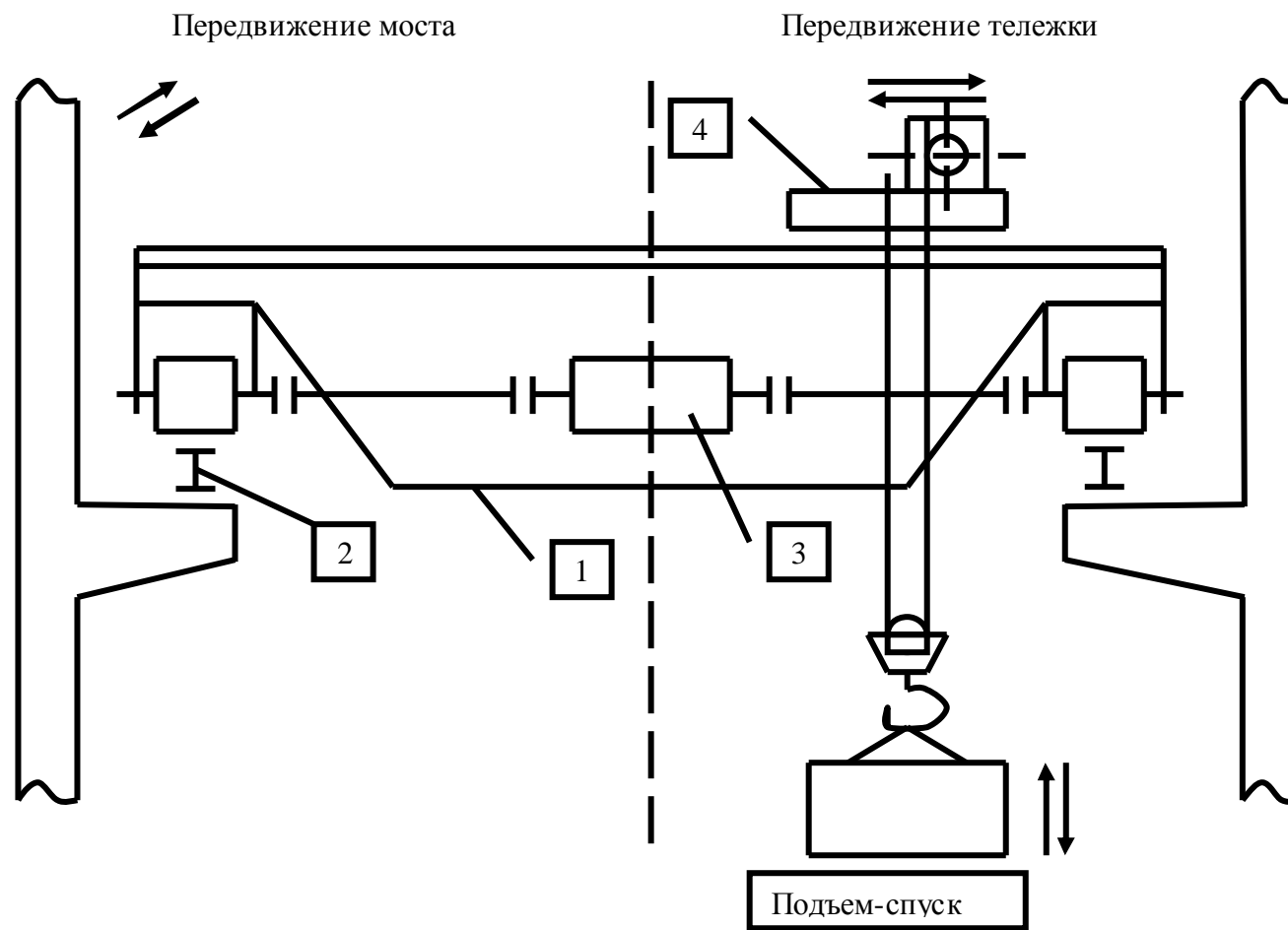


Рис. 1 - Конструктивная схема мостового крана

Включение, отключение и изменение направления вращения двигателя осуществляется с помощью контактов К2, К4, К6 и К8 контроллера. При подаче напряжения на выводы С1, С2, С3 статорной обмотки двигателя одновременно получает питание катушка тормоза ЭтМ и тормозные колодки освобождают тормозной шкив. Переключение сопротивлений в роторной цепи, необходимое для пуска двигателя и регулирования скорости, производится контактами К7, К9÷К12. Контакты К1, К3, К5 используются для обеспечения нулевой и конечной защиты.

Переключения сопротивлений в роторной цепи производятся поочередно в разных фазах ротора, т.к. для одновременного переключения требуются дополнительные силовые контакты и, соответственно, увеличенные габариты контроллера. Возникающая при несимметричном переключении сопротивлений асимметрия тока в роторе невелика и не оказывает существенного влияния на форму реостатных механических характеристик электропривода. Типовые механические характеристики электропривода подъема с контроллером КТ61А приведены на рис.3.

Рассмотрим работу схемы. В нулевом положении рукоятки контроллера разомкнуты контакты К2, К4, К6, К8 и К7-К12. Не получают питания статорные обмотки М1 и катушка электромагнитного тормоза ЭтМ. Поэтому тормозные колодки механического тормоза удерживают тормозной шкив.

При переводе рукоятки контроллера в первое положение в направлении «Подъем» замыкаются и остаются замкнутыми в остальных положениях рукоятки контакты К4, К8 контроллера. Получают питание статорные обмотки М1 и катушка тормоза ТМ. Тормозные колодки освобождают тормозной шкив. Поскольку контакты К7, К9÷К12 контроллера остаются разомкнутыми, к роторной обмотке М1 подключено полное сопротивление и двигатель начинает разгон по характеристике 1 в первом квадранте.

При переводе рукоятки во второе положение замыкается контакт К10 контроллера и шунтирует резистор Р5-Р6, включенный в фазе Р1 обмотки ротора. Двигатель переходит на характеристику 2.

При переводе рукоятки в третье положение замыкается контакт К12 контроллера и шунтирует резистор Р6-Р4, включенный в фазе Р2 обмотки ротора. Двигатель переходит на характеристику 3.

При переводе рукоятки в четвертое положение замыкается контакт К11 контроллера и шунтирует резистор Р6-Р3, включенный в фазе Р3 обмотки ротора. Двигатель переходит на характеристику 4.

При переводе рукоятки в пятое положение замыкаются контакты К7, К9 контроллера и шунтируют резисторы Р5-Р1 и Р4-Р2, включенные в фазы Р1, Р2 обмотки ротора. Двигатель переходит на естественную характеристику 5.

При переводе рукоятки контроллера из любого положения в направлении подъема в первое положение в направлении спуска размыкаются контакты К4, К8 и замыкаются К6, К2. Изменяется порядок чередования фаз напряжения, прикладываемого к выводам С1, С2, С3 статорной обмотки М1. Поскольку контакты К7, К9÷К12 разомкнуты, двигатель переходит в режим торможения противовключением на характеристику 1, начинающуюся в третьем квадранте.

При работе на подъем в первом квадранте пониженная скорость вращения двигателя может быть получена на искусственных характеристиках только при достаточно больших моментах сопротивления. Поэтому пониженные скорости при малых нагрузках получаются в результате переключения рукоятки контроллера с одной из позиций подъема в нулевое положение, т.е. периодическим накладыванием механического тормоза.

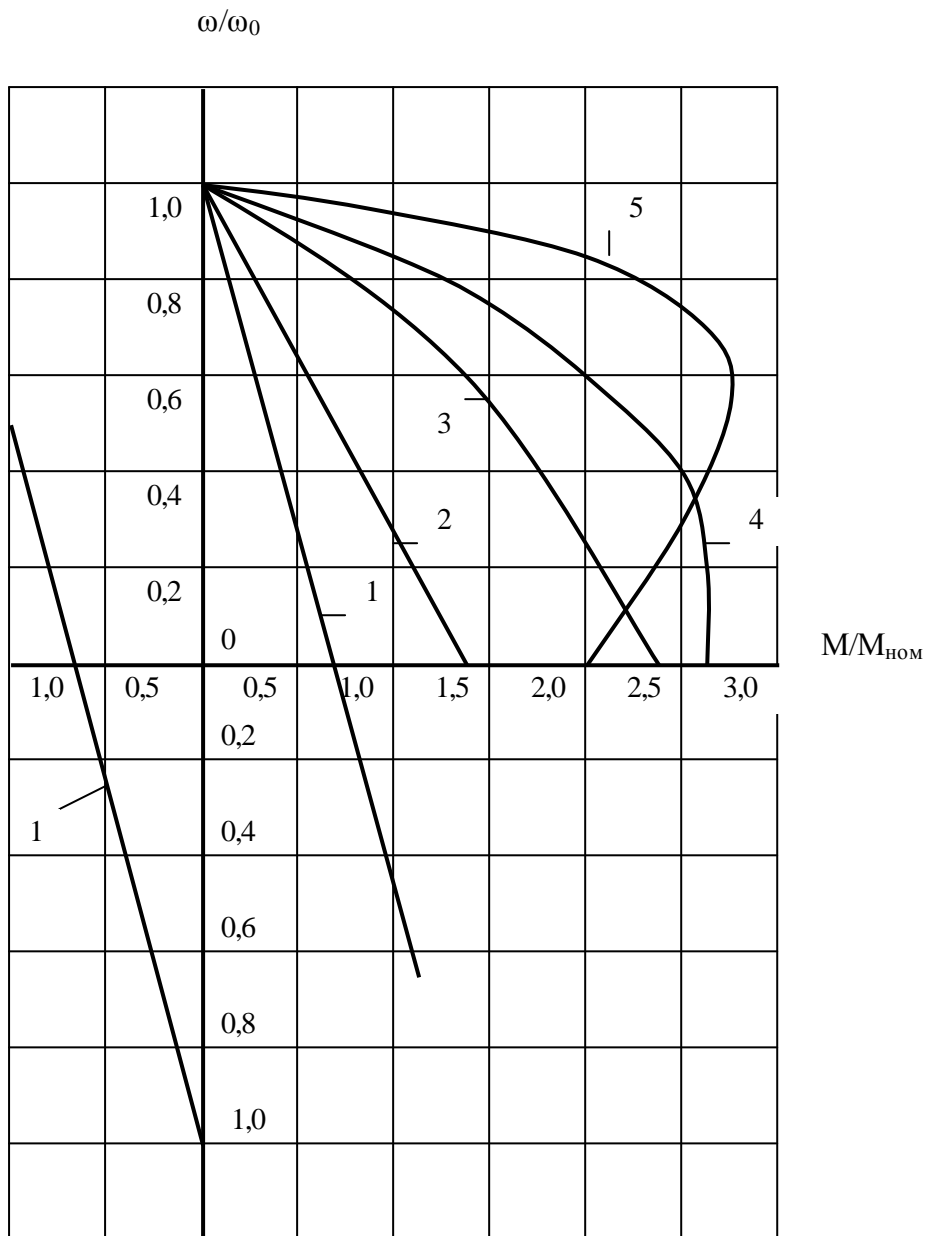


Рис. 3 - Типовые механические характеристики двигателя, управляемого силовым контроллером ККТ 61А

При работе электропривода на спуск возможны два режима работы двигателя. В первом случае при опускании пустого крюка или небольшого груза создаваемый активный момент сопротивления не превышает величины реактивного момента сопротивления, создаваемого силами трения в механической части электропривода. Двигатель работает в третьем квадранте в двигательном режиме. Переход двигателя на искусственные характеристики не дает снижения скорости. Во втором случае, когда груз достаточно велик и активный момент сопротивления способен преодолеть статическое сопротивление механической части, двигатель переходит в режим рекуперативного торможения (четвертый квадрант) и увеличение сопротивления в цепи ротора ведет к увеличению скорости спуска. Пониженная скорость при спуске, как и при подъеме, обеспечивается путем переключения рукоятки контроллера с одной из позиций спуска в нулевое положение, т.е. периодическим накладыванием механического тормоза. Увеличение требований к точности остановки и плавности посадки груза приводит к существенному возрастанию частоты переключений, повышает износ аппаратуры и тормозов, понижает надежность управления.

Правила безопасности предъявляют к схемам электропривода всех механизмов крана ряд обязательных требований: автоматическое отключение напряжения при открывании люка кабины оператора; возможность быстрой аварийной остановки механизма; автоматическое ограничение пути перемещения механизмов (конечная защита); обеспечение максимально-токовой и нулевой защиты.

В рассматриваемой схеме два первых требования выполняются в результате включения в цепь питания катушки КЛ блокировочного контакта люка кабины ЛК и контакта кнопки аварийной остановки КА. При размыкании названных контактов катушка КЛ теряет питание и КЛ отключается. Статорные обмотки М1 отключаются от сети. Теряет питание катушка ЭтМ, и тормозные колодки фиксируют тормозной шкив.

Максимально-токовая защита обеспечивается защитной панелью ПЗБК-250.

Для нулевой защиты используется контакт К1 контроллера, который замкнут только в нулевом положении рукоятки. Через этот контакт и замкнутые контакты ПП1, РМ1, РМ2, ЛК, КА получает питание катушка КЛ. При срабатывании КЛ его замыкающий контакт шунтирует К1, и КЛ становится на самопитание. Если во время работы механизма на любой из характеристик напряжение сети исчезнет или чрезмерно снизится, то КЛ отключается, и механизм автоматически затормаживается механическим тормозом. При восстановлении напряжения катушка КЛ может получить питание только при нулевом положении рукоятки контроллера. Это дает возможность оператору оценить возникшую ситуацию, а затем продолжить выполнение прерванной операции. Автоматическое ограничение пути перемещения груза (конечная защита) обеспечивается с помощью конечных выключателей подъема ВКП и спуска ВКС и контактов К3, К5 контроллера. Допустим, что М1 работает в направлении подъема. После срабатывания КЛ его катушка получает питание через замкнувшийся контакт КЛ, контакт ВКП и контакт К5 контроллера. При выходе груза из зоны безопасного подъема размыкается контакт ВКП, теряет питание катушка и отключается контактор КЛ. Теряет питание катушка ЭТМ, и тормозные колодки фиксируют тормозной шкив. После установки рукоятки контроллера в нулевое положение ключ с двумя отверстиями вновь переводится в положение «включено». Срабатывает КЛ и становится на самопитание. Так как контакт конечного выключателя ВКС замкнут, то при переводе рукоятки из нулевого в первое положение на спуск катушка КЛ будет получать питание через контакт К3, двигатель М1 включится и груз будет выведен из опасной зоны.

При срабатывании ВКС схема работает аналогично.

Исследование механических характеристик двигателя М1 осуществляется с помощью нагрузочного агрегата, в состав которого входят генератор постоянного тока независимого возбуждения G1 и реостат R5. Генератор G1 приводится во вращение двигателем М1. При уменьшении сопротивления R5 увеличивается ток в якорной цепи G1 и, следовательно, увеличивается нагрузка

М1. Величина напряжения генератора регулируется с помощью ползункового реостата R4 и контролируется вольтметром PA1. Скорость вращения М1 измеряется вольтметром PV2, подключенным к якорю тахогенератора BR. Резистором R3 устанавливается номинальное значение тока в обмотке возбуждения BR.

При интенсивных режимах работы и значительной мощности двигателей от управления с помощью силовых контроллеров, несмотря на его простоту, приходится отказываться. На начальных этапах развития электроприводов силовые контакты контроллера заменялись силовыми контактами контакторов, включение и отключение которых в требуемой последовательности производилось с помощью контактов командоконтроллера. Механические характеристики двигателя и схемы управления в этом случае принципиально не изменялись. Поэтому такие устройства получили название магнитных контроллеров. В дальнейшем введение в схему управления дополнительных электрических аппаратов позволило реализовать различные автоматические блокировки, автоматизировать процессы пуска и торможения, получать различные искусственные характеристики. В настоящее время для крановых электроприводов магнитные контроллеры выпускаются в виде типовых панелей. Их устройство и характеристики описаны в [2,3].

Лабораторная работа № 2

Крановый электропривод с магнитными контроллерами

1. Описание устройства и принципа действия лабораторной установки.

Для управления крановым асинхронным двигателем М1 механизма передвижения типа МТF012 используется магнитный контроллер ТА63. Он имеет симметричную схему, т.е. обеспечивает одинаковые механические характеристики М1, автоматический пуск и торможение, реостатное регулирование скорости при движении крана в обоих направлениях. Схема контроллера построена на основании типовых схем управления двигателями

переменного тока, изучаемых в предмете «Автоматизированный электропривод» и описанных в [4,5].

Управление магнитным контроллером осуществляется с помощью командоконтроллера КК типа КП-1226, который имеет по четыре фиксированных положения в каждом направлении движения и нулевое положение. В каждом из рабочих положений КК к обмотке ротора подключены дополнительные резисторы. Для этого используются стандартные блоки проволочных резисторов БР типа БК-12. Типовые механические характеристики электропривода механизма передвижения с магнитным контроллером ТА-63 приведены на рис.4.

Для механического затормаживания вала М1 применяется электромеханический тормоз ЭтМ типа ТЭ-16.

Рассмотрим работу схемы (см. рис.2). Допустим, что рукоятка командоконтроллера КК находится в нулевом положении. Включен линейный контактор КЛ, расположенный в защитной крановой панели. При замыкании автоматических выключателей QF1 и QF2 к напряжению сети подсоединяются главные цепи и цепи управления электропривода механизма передвижения.

При подаче напряжения на цепи управления срабатывают реле ускорения РУ1 и РУ2. Их катушки включены на выпрямленное напряжение выпрямителя Вп2, а контакты контакторов противовключения КП и ускорения КУ1 в цепи катушек замкнуты. Размыкающие контакты РУ1 и РУ2 разрывают цепи питания катушек контакторов КУ1 и КУ2. В нулевом положении рукоятки замкнут контакт К1 командоконтроллера. Через кнопку аварийного отключения электропривода механизма

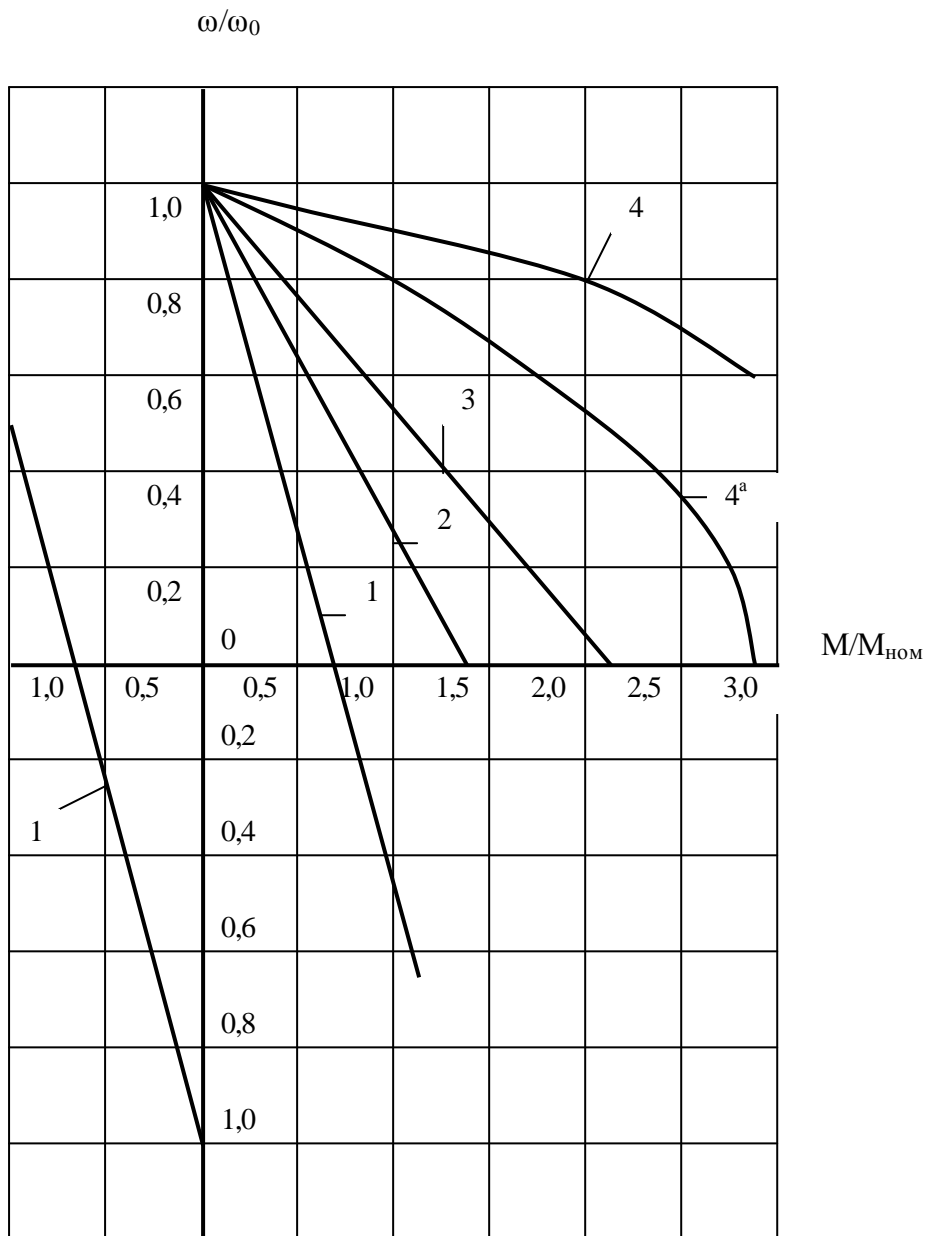


Рис. 4 - Типовые механические характеристики двигателя, управляемого магнитным контроллером ТА 63

передвижения КА и замкнутые контакты конечных выключателей, ограничивающих безопасную зону передвижения крана в направлении «вперед» ВКВ и «назад» ВКН, получит питание катушка реле нулевой защиты РН. Реле РН срабатывает и своим замыкающим контактом, шунтирующим К1, становится на самопитание. Второй замыкающий контакт РН подготавливает цепь включения тормозного контактора КТ. При переводе рукоятки командоконтроллера в первое положение «вперед» замыкается и остается включенным в остальных положениях рукоятки контакт К5. Через замкнутый контакт реле противовключения РП и контакт контактора «назад» КН получает питание катушка контактора «вперед» КВ. Контактор КВ срабатывает и своими главными контактами подключает выводы С1, С2, С3 статорных обмоток двигателя М1 к сети. Размыкающий контакт КВ разрывает цепь питания катушки КН, исключая тем самым возможность одновременного включения контакторов КВ и КН. Один из замыкающих контактов КВ включает блокировочное реле РБ, а другой шунтирует контакт ВКН. Реле РБ своим замыкающим контактом создает цепь питания катушки контактора КТ. Контактор КТ включается и своими главными контактами подает питание на катушку электромагнитного тормоза ЭтМ. Последний срабатывает, и тормозные колодки освобождают тормозной шкив. Замыкающий контакт КТ ставит катушку КТ на самопитание через замыкающий контакт РН.

Включение КТ через промежуточное реле РБ обеспечивает снятие механического тормоза по истечении некоторого промежутка времени после включения КВ. Его длительность равна сумме времен срабатывания РБ, КТ и ЭтМ. За это время М1 успевает развить момент, достаточный для эффективного электрического торможения. Второй замыкающий контакт РБ создает цепь питания катушки РП. Катушка реле противовключения РП включена на разность выпрямленных напряжений: постоянного по величине со стороны выпрямителя Вп2 и переменного по величине – со стороны Вп1. Последний осуществляет выпрямление переменного напряжения, которое наводится в обмотке ротора и зависит от величины скольжения ротора. При скольжении

ротора от 1 до номинального при пуске и от 1,3 до 1 в режиме противовключения разность этих напряжений превышает величину напряжения срабатывания реле РП. Поэтому реле РП в рассматриваемом случае срабатывает. Его размыкающий контакт в цепи катушки КВ размыкается, однако катушка КВ продолжает получать питание, т.к. названный контакт РП шунтирован замкнувшимся контактом РБ.

Замыкающий контакт РП подготавливает цепь включения контакторов КП, КУ1, КУ2. Поскольку на первом положении рукоятки командоконтроллера они не включены, то в цепь ротора М1 введено полное сопротивление. Двигатель М1 работает при этом на характеристике 1, которая является характеристикой противовключения. Из рис. 3 следует, что если момент сопротивления не превышает $0,5M_n$ двигателя, то кран начнет перемещаться в направлении «вперед».

При переводе рукоятки командоконтроллера во второе положение замыкается и остается замкнутым в остальных положениях рукоятки контакт КЗ. Получает питание катушка контактора КП. Контакт КЗ срабатывает и своими главными контактами шунтирует в цепи ротора резистор противовключения $R_{д.пр}$. Двигатель М1 переходит на характеристику 2, скорость его увеличивается. Размыкающий контакт КП разрывает цепь питания катушки РУ1 и оно начинает отсчет выдержки времени. По окончании отсчета времени контакт РУ1 в цепи катушки контактора КУ1 замыкается.

Если необходимо повысить скорость движения крана, то рукоятка командоконтроллера переводится в третье положение, срабатывает контактор КУ1 и своими главными контактами шунтирует первую ступень пускового реостата $R_{дп1}$. Двигатель переходит на характеристику 3. Скорость его вращения увеличивается. Размыкающий контакт КУ1 разрывает цепь питания катушки РУ2 и оно, в свою очередь, начинает отсчет выдержки времени. По окончании отсчета времени контакт РУ2 в цепи катушки контактора КУ2 замыкается.

Перевод рукоятки командоконтроллера в четвертое положение замкнет контакт К11 и контактор КУ2 сработает. Своими главными контактами он зашунтирует вторую ступень пускового реостата $R_{дп2}$, и двигатель М1 перейдет на характеристику 4^а. В цепи ротора остается невыключенная ступень резисторов. Это обеспечивает увеличенный по отношению к естественной характеристике наклон характеристики 4 и поэтому более плавный процесс пуска.

При переводе рукоятки командоконтроллера из нулевого в четвертое положение одновременно замыкаются контакты К5, К3, К9, К11 командоконтроллера и рассмотренные операции осуществляются автоматически в функции времени. При этом время работы М1 на характеристике 1 определяется суммой времен срабатывания РБ, РП и КП, а дальнейший разгон осуществляется под контролем реле ускорения РУ1 и РУ2.

Рассматриваемая схема обеспечивает свободный выбег крана, т.к. в нулевом положении рукоятки КК катушка тормозного контактора КТ получает питание, электромагнит тормоза находится во включенном состоянии и тормозные колодки не удерживают тормозной шкив. Механический тормоз вступает в действие только при срабатывании нулевой или конечной защиты, а также при нажатии на кнопку аварийной остановки КА. Для остановки крана в схеме со свободным выбегом необходимо перевести рукоятку командоконтроллера в положение, соответствующее противоположному направлению движения. В рассматриваемом случае из положения «вперед» в положение «назад». При переходе рукоятки через нулевое положение теряют питание катушки и отключаются контакторы КВ, КП, КУ1, КУ2, реле РП и РБ. В роторные цепи М1 вводится полное сопротивление.

В любом из положений «назад» через замкнутый контакт РП получает питание катушка контактора КН. Контактор КН включается и своими главными контактами подключает статорные обмотки к напряжению сети с обратным чередованием фаз. Двигатель М1 переходит в режим торможения противовключением на характеристике 1, начинающейся в третьем квадранте.

Замыкающий контакт КН обеспечивает питание катушки РБ и реле РБ срабатывает. Своим контактом РБ замыкает цепь питания катушки РП. Однако РП не срабатывает, т.к. напряжение на его катушке равно нулю. Это объясняется тем, что скольжение ротора в начальный момент торможения равно 2, в обмотке ротора наводится большая ЭДС и поэтому напряжение со стороны $V_{п1}$ компенсирует напряжение со стороны $V_{п2}$. Контакт РП разомкнут, не получают питание катушки КП, КУ1, КУ2, и независимо от положения рукоятки командоконтроллера в роторную цепь М1 введено полное сопротивление, т.е. собрана схема для первого положения командоконтроллера.

В процессе торможения скольжение ротора снижается, уменьшается ЭДС, наводимая в его обмотках, и увеличивается напряжение на катушке РП. При величине скольжения 1,3 реле РП срабатывает и замыкает свой контакт, обеспечивающий питание катушек КП, КУ1, КУ2. Если рукоятка командоконтроллера находится в первом положении «назад», то двигатель после полной остановки начнет разгоняться в направлении «назад» по характеристике 1. В любом другом случае при срабатывании РП получит питание катушка КП. Контактор КП сработает со своими главными контактами шунтирует $R_{д.пр}$. Двигатель М1 перейдет на характеристику 2, скорость его снизится до нуля, а затем начнется автоматический пуск М1 в направлении «назад». Характеристика, на которой М1 будет работать в установившемся режиме, определяется положением рукоятки контроллера.

Включение в цепь питания катушки РП контакта промежуточного реле РБ повышает стабильность работы РП. Это обеспечивается созданием временного интервала, равного времени срабатывания РБ, между моментом перехода М1 в режим торможения противовключением (срабатывает КН) и тем моментом, когда реле РП начинает контролировать режим торможения (замыкается контакт РБ в цепи катушки РП). За это время ЭДС ротора возрастает до максимальной величины и реле РП не включается.

Как уже отмечалось, в схеме магнитного контроллера ТА-63 предусмотрена нулевая и конечные защиты.

Нулевая защита обеспечивает отключение М1 при исчезновении или чрезмерном снижении напряжения сети и исключает самопроизвольный запуск двигателя после восстановления напряжения. Она осуществляется с помощью реле напряжения РН, катушка которого получает питание только в нулевом положении командоконтроллера (замкнут контакт К1). Реле РН включается и через свой замыкающий контакт, шунтирующий контакт К1, становится на самопитание. Если во время движения крана исчезает или чрезмерно снижается напряжение сети, реле РН отключается. Его контакты размыкаются и поэтому теряют питание катушки всех контакторов. Контактors отключаются. Срабатывает механический тормоз. После восстановления напряжения реле РН включается только после установки командоконтроллера в нулевое положение.

Конечная защита обеспечивается включением в цепь питания катушки РН размыкающих контактов конечных выключателей ВКВ и ВКН. При входе крана в зону действия конечной защиты размыкается контакт конечного выключателя, теряет питание катушка и отключается реле РН. Отключаются все контакторы схемы и электропривод затормаживается механическим тормозом. Для выхода из зоны действия конечной защиты предусмотрена возможность движения в противоположном направлении. Она обеспечивается тем, что контакты ВКВ и ВКН шунтируются контактами контакторов КН и КВ соответственно. Допустим, что при движении в направлении «вперед» был разомкнут контакт ВКВ и сработал механический тормоз. При переводе рукоятки командоконтроллера в нулевое положение через замкнутый контакт КТ получает питание катушка и срабатывает реле РН. При переводе рукоятки командоконтроллера в первое положение «назад» получает питание катушка и срабатывает контактор КН. Своим замыкающим контактом КН шунтирует ВКВ. Поэтому после срабатывания КТ и снятия механического тормоза катушка РН продолжает получать питание. Кран перемещается в направлении «назад» и выходит из зоны действия ВКВ.

2. Описание устройства и принципа действия нагрузочного агрегата.

Исследование механических характеристик двигателя М1 осуществляется с помощью нагрузочного агрегата, в состав которого входят: генераторы постоянного тока независимого возбуждения G1, G2 и асинхронный короткозамкнутый двигатель М2. Генератор G1 приводится во вращение двигателем М1, а генератор G2 – двигателем М2. Величина тока в обмотках возбуждения LG1 и LG2 генераторов, а следовательно, и величина их ЭДС регулируется, соответственно, с помощью ползунковых реостатов R5 и R4. Кроме того, с помощью переключателя S1 можно изменять полярность напряжения, прикладываемого к LG2, и таким образом изменять направление ЭДС генератора. При вращающихся М1, М2, разомкнутом автоматическом выключателе QF5, в положении «1» переключателя S2 показания вольтметра PV1 определяются алгебраической суммой электродвижущих сил генераторов G1 и G2. С помощью переключателя S1 и резистора R4 можно установить величину ЭДС G2 равной ЭДС G1, но включенной по отношению к ней встречно. Алгебраическая сумма ЭДС G1 и G2 в этом случае окажется равной нулю, и вольтметр PV1 будет давать нулевые показания. При замыкании QF5 якоря G1 и G2 образуют общую цепь, величина тока в которой равна нулю. Если теперь с помощью R4 уменьшать ток в обмотке возбуждения G2, то его ЭДС становится меньше ЭДС G1, и G2 по отношению к G1 начинает работать в двигательном режиме. Генератор G1 по отношению к G2 работает в генераторном режиме и тем самым создает нагрузку для М1. Величина нагрузки будет тем больше, чем больше будет разность между величинами ЭДС G1 и G2. Ток в якорной цепи генераторов контролируется амперметром PA1, напряжение на якоре G1 – вольтметром PV1 в положении «II» переключателя S2, и скорость вращения М1 – вольтметром PV2, подключенным к якору тахогенератора BR. Резистором R6 устанавливается номинальное значение тока в обмотке возбуждения BR.

3. Порядок выполнения экспериментальной части работы.

3.1. В процессе подготовки к проведению лабораторной работы изучить принципиальную электрическую схему установки. С ее помощью разобрать все режимы работы М1 (двигательные и тормозные) и получаемые при этом механические характеристики, принципы действия применяемой в схеме защиты, а также состав и принцип действия нагрузочного агрегата (см. раздел 3).

3.2. В начале лабораторной работы выяснить расположение основных элементов системы электропривода.

3.3. Электропривод механизма подъема.

3.4. Собрать измерительную часть схемы, включающую в себя автоматический выключатель QF1, вольтметры PV1 и PV2, амперметр PA1, ползунковый реостат R4 и клеммную доску, на которой установлены кнопка аварийной остановки КА механизма, блокировочный контакт люка кабины ЛК и конечные выключатели ВКП, ВКС. Рукоятка QF1 должна находиться в положении «0».

3.5. Запустить исследуемый двигатель М1. Для чего рукоятку контроллера поставить в нулевое положение. Ключом с одним отверстием замкнуть рубильник В1 защитной панели, а затем ключом с двумя отверстиями включить линейный контактор КЛ. Перевести рукоятку контроллера в первое положение заданного направления. Вести в якорную цепь G1 сопротивление R5. Включить QF1 и с помощью R4 по показаниям PV1 установить максимально возможное напряжение G1.

3.6. Снять механическую характеристику М1 на первом положении рукоятки контроллера. Для этого с помощью R5 увеличивать нагрузку М1, фиксируя через каждые 2-3А показания PA1, PV1 и PV2. Ток в якорной цепи G1 увеличивать до 25А. По окончании опыта снять нагрузку с М1, вернув рукоятку R5 в исходное положение.

3.7. Снять механические характеристики М1 на остальных положениях рукоятки контроллера. По окончании каждого опыта рукоятку R5 возвращать в исходное положение. После снятия последней характеристики разомкнуть QF1.

3.8. Проверить работу нулевой и конечной защиты схемы. Для проверки нулевой защиты при работе М1 на первом положении контроллера ключом с одним отверстием разомкнуть, а затем замкнуть рубильник В1 защитной панели.

Для проверки конечной защиты при работе М1 на первом положении контроллера в направлении «подъем» разомкнуть контакт ВКП. Убедиться в том, что схема обеспечивает возможность выведения груза из опасной зоны подъема. Действие конечной зоны защиты при работе М1 в направлении спуска проверяется аналогично.

Электропривод механизма передвижения.

3.9. Собрать измерительную часть схемы, включающую в себя автоматические выключатели QF1÷QF5, вольтметры PV1 и PV2, амперметр PA1, ползунковые реостаты R4, R5 и клеммную доску, на которой установлены кнопка аварийной остановки КА механизма, конечные выключатели ВКВ, ВКН и переключатель S1. Рукоятки автоматических выключателей должны находиться в положении «0».

3.10. Запустить исследуемый двигатель М1. Для чего рукоятку командоконтроллера поставить в нулевое положение. Ключом с одним отверстием замкнуть рубильник В1 защитной панели, а затем ключом с двумя отверстиями включить линейный контактор КЛ. Рукоятки QF1 и QF2 перевести в положение «I». Перевести рукоятку КК в первое положение заданного направления.

3.11. Запустить нагрузочный агрегат. Для чего необходимо убедиться в том, что РУКОЯТКА QF5 НАХОДИТСЯ В ПОЛОЖЕНИИ «0». Затем включить QF3 и QF4. После того, как М2 достигнет установившейся скорости вращения, с помощью R4 в положении «I» переключателя S2 добиться нулевых показаний PV1. Если это не удастся, перевести S1 в другое положение. ТОЛЬКО ПРИ НУЛЕВЫХ ПОКАЗАНИЯХ PV1 ВКЛЮЧИТЬ QF5.

3.12. Снять механическую характеристику М1 на первом положении рукоятки КК. Для этого с помощью R4 увеличивать нагрузку М1, фиксируя через каждые

2-3А показания PA1, PV2 и показания PV1 в положении «II» переключателя S2. Ток в якорной цепи M1 увеличивать до 25А. Если ползунок R4 окажется в крайнем положении при меньших показаниях PA1, необходимо перевести S1 в другое положение. По окончании опыта перевести S1 и ползунок R4 в начальное состояние и снять нагрузку с M1. РАЗОМКНУТЬ QF5.

3.13. Снять механические характеристики M1 на остальных положениях рукоятки КК. Опыты проводятся аналогично описанному в п. 3.12. В конце каждого опыта РАЗМЫКАТЬ QF5. В начале следующего опыта ЗАМЫКАТЬ QF5 ТОЛЬКО ПРИ НУЛЕВЫХ ПОКАЗАНИЯХ PV1.

3.14. Убедиться, что магнитный контроллер обеспечивает плавное нарастание скорости M1 при автоматическом пуске. Для этого рукоятку КК из нулевого положения перевести в четвертое и с помощью электронного осциллографа снять зависимость, характеризующую изменение во времени скорости M1. На вход осциллографа подавать напряжение с выхода BR.

3.15. Проверить работу нулевой и конечной защиты схемы. Для проверки нулевой защиты при работе M1 на первом положении КК ключом с двумя отверстиями отключить, а затем включить КЛ.

Для проверки действия конечной защиты при работе M1 на первом положении КК в направлении «вперед» разомкнуть ВКВ. Убедиться в том, что после размыкания ВКВ схема обеспечивает возможность выведения крана из зоны действия конечной защиты.

Аналогично проверяется действие конечной защиты при работе M1 в направлении «назад».

4. Указания по оформлению отчета.

4.1. Для механизмов подъема и передвижения. На основании полученных экспериментальных данных рассчитать значение момента M_{M1i} , развиваемого M1 в каждой 1-ой опытной точке. Если пренебречь потерями на вращение генератора G1, то величина M_{M1i} может быть принята равной величине электромагнитного момента M_{G1i} генератора G1.

Электромагнитный момент M_{G1i} определяется из соотношения:

$$M_{G1i} = \frac{P_i}{\omega_i} \text{ Нм,}$$

где P_i – электрическая мощность, вырабатываемая G1 в i -ой точке, кВт; ω_i – угловая скорость G1 в i -ой точке, об/мин.

В свою очередь электрическая мощность P_i определяется как

$$P_i = \frac{U_i \cdot I_i + I_i^2 R_{я}}{1000}, \text{ кВт,}$$

где U_i - напряжение на якоре G1 в i -ой точке, В; I_i – ток якоря в i -ой точке, А; $R_{я}$ – активное сопротивление обмотки якоря С1, Ом; $R_{я}=0,9\dots\text{Ом}$.

По результатам расчета построить механические характеристики M1 в четырех квадрантах.

4.2. Для механизма подъема нарисовать схему включения резисторов в обмотке ротора на каждом из положений рукоятки контроллера.

4.3. Для механизма передвижения по осциллограмме скорости M1 определить выдержки времени, на которые настроены реле ускорения РУ1 и РУ2.

Вопросы для самопроверки.

1. Объясните устройство и принцип действия асинхронного двигателя с фазным ротором.

Для механизма подъема.

2. Объясните работу схемы при различных положениях рукоятки контроллера.

3. Какое влияние на механическую характеристику оказывает несимметричное включение дополнительных резисторов в цепи ротора M1?

4. Какие тормозные режимы могут использоваться в электроприводе при подъеме и опускании груза?

5. Объясните работу схемы при торможении M1.

6. Объясните принципы действия защит, применяемых в электроприводе механизма подъема.
7. В чем преимущество и недостатки крановых электроприводов с силовыми контроллерами?
8. Объясните устройство, принцип действия и графическое обозначение на электрических принципиальных схемах силового контроллера.
9. Объясните принцип действия нагрузочного агрегата лабораторной установки.
10. Для механизма передвижения.
11. Объясните работу схемы при различных положениях рукоятки командоконтроллера.
12. Объясните работу схемы при автоматическом пуске М1.
13. Объясните работу схемы в режиме электрического торможения.
14. Объясните работу схемы при механическом торможении.
15. Объясните принцип действия защит, применяемых в электроприводе механизма передвижения.
15. Чем обеспечивается плавность пуска М1?
17. Объясните устройство, принцип действия и графическое обозначение на электрических принципиальных схемах электромагнитного реле времени.
18. Объясните устройство, принцип действия и графическое обозначение на электрических принципиальных схемах электромагнитного контактора переменного тока и магнитного пускателя.
19. Объясните устройство и принцип действия механического тормоза.

Лабораторная работа № 3

Крановые электроприводы с магнитными контроллерами постоянного тока

1. Описание устройства и принципа действия лабораторной установки.

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки приведена на рис.5. Установка предназначена для исследования электромеханических

характеристик и схемы автоматического управления электропривода механизма передвижения крана. В электроприводе используется двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением. Из всех двигателей постоянного тока двигатель этого типа применяется в механизмах подъема и передвижения кранов наиболее часто, так как он, во-первых, обладает большой перегрузочной способностью (кратность максимального момента по отношению к номинальному достигает значения 4-5), а, во-вторых, механическая характеристика двигателя обеспечивает автоматическое повышение производительности крана за счет повышения скорости подъема или передвижения при уменьшении момента сопротивления (максимально допустимая скорость вращения двигателя в 2,5 раза превышает номинальную скорость).

Управление крановым двигателем М1 типа Д-12 осуществляется с помощью магнитного контроллера П-160. Контроллер имеет симметричную схему, т.е. обеспечивает одинаковые механические характеристики М1, автоматический пуск и торможение, реостатное регулирование скорости при движении крана в обоих направлениях. Схема состоит из типовых узлов управления двигателями постоянного тока, изучаемые в предмете «Автоматизированный электропривод» и описанных в [2,3].

Управление магнитным контроллером осуществляется с помощью командоконтроллера КК типа КП-1214, который имеет фиксированное нулевое положение и по четыре рабочих положения в направлении движения «вперед» и «назад». В первом, втором и третьем рабочих положениях КК в якорную цепь М1 вводятся дополнительные резисторы. В четвертом положении КК двигатель работает на естественной характеристике. В качестве дополнительных используются стандартные блоки проволочных резисторов типа БК-12. Конкретная модификация используемых блоков и разбивка их на ступени определяются мощностью двигателя и возможностями схемы управления [4].

Типовые механические характеристики электропривода механизма передвижения с магнитным контроллером П-160 приведены на рис. 6. Они обеспечивают плавное нарастание момента, развиваемого двигателем при пуске. Во время работы двигателя на характеристиках $\Gamma^п$, $\Gamma^а$ и 2 момент двигателя ограничен. Дальнейший разгон на характеристиках 3, 4^а и 4 осуществляется при предельном моменте, равном 220-250% $M_{ном}$. Тем самым обеспечивается минимизация времени пуска.

Для механического затормаживания вала М1 применяется колодочный пружинный тормоз типа ТК с электромагнитом постоянного тока серии МП.

Питание главных цепей и цепей управления электропривода осуществляется напряжением 220В от сети постоянного тока.

При включении автоматического выключателя QF1 получают питание катушки электромагнитных реле времени РТ, РУ1, РУ2, РУ3 и реле срабатывают. Замыкающие контакты реле торможения РТ шунтируют конечные выключатели, ограничивающие безопасную зону перемещения крана «вперед» ВКВ и «назад» ВКН, подготавливают цепь включения катушек контакторов торможения КТ1 и КТ. Размыкающие контакты реле РУ1, РУ2, РУ3 в цепях питания катушек контакторов ускорения КУ1, КУ2 и КУ3 подготавливают контакторы ускорения к включению в определенной временной последовательности.

В нулевом положении командоконтроллера КК замкнут контакт К1. Через замкнутый контакт кнопки аварийного отключения электропривода механизма передвижения КА, замкнутые контакты конечных выключателей ВКВ, ВКН и замкнутый контакт реле максимальной токовой защиты РМ получает питание катушка реле нулевой защиты РН. Реле РН срабатывает и своим замыкающим контактом, шунтирующим контакт К1 командоконтроллера, становится на самопитание. Второй замыкающий контакт РН подготавливает цепь включения катушек контакторов, присоединяя их общую точку к шине 220В.

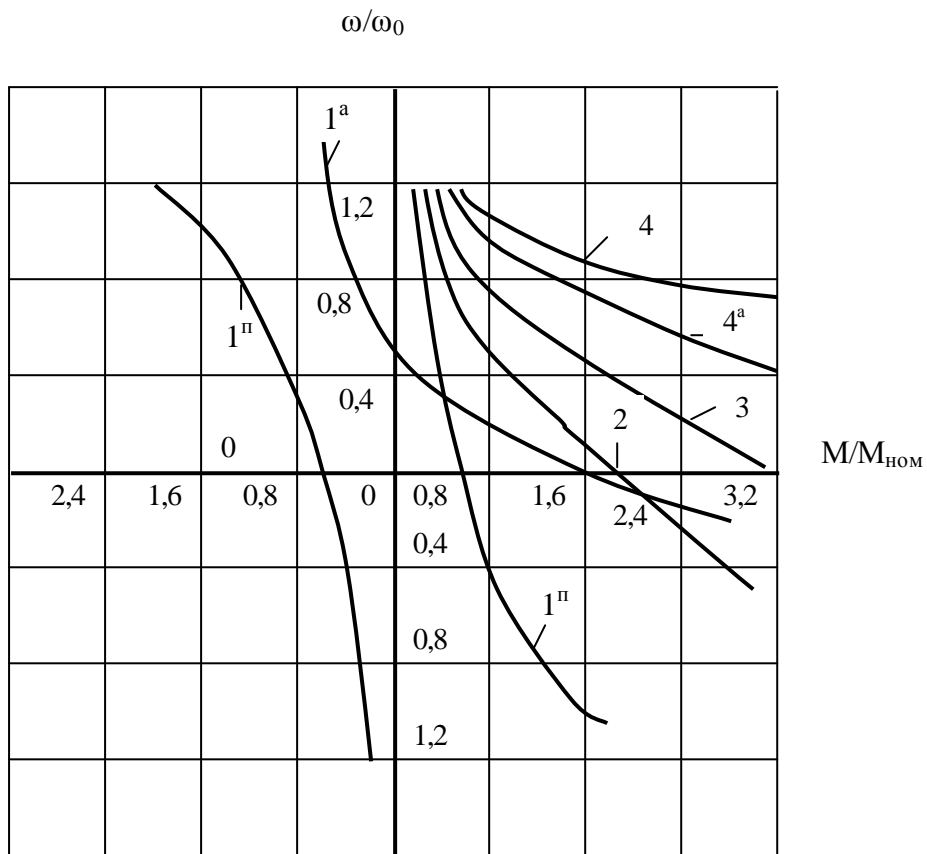


Рис. 6 - Типовые механические характеристики двигателя, управляемого магнитным контроллером П-160

При переводе рукоятки командоконтроллера в первое положение «вперед» замыкаются и остаются замкнутыми в остальных положениях КК контакты К2 и К5, а также контакт К12. Получает питание катушка линейного контактора КЛ и контактор срабатывает. Своим главным контактом он подсоединяет якорную цепь двигателя к напряжению сети. Замыкающий контакт КЛ обеспечивает питание катушек контакторов торможения КТ и КТ1. Контакторы торможения срабатывают. При этом КТ становится на самопитание и его главные контакты подключают к напряжению сети катушку механического тормоза ТМ, а главный контакт КТ1 шунтирует сопротивление R3, обеспечивая тем самым форсировку тормоза при включении. Вал двигателя растормаживается. Одновременно с катушкой КЛ получает питание катушка контактора «вперед» КВ, и контактор срабатывает. Своими главными контактами КВ подсоединяет к напряжению обмотку якоря М1. Поскольку контактор противовключения КП, контакторы ускорения КУ1, КУ2, КУ3 и контактор торможения КТ2 отключены, то добавочное сопротивление в якорной цепи двигателя введено полностью, и двигатель будет разгоняться по характеристике 1^н. Замыкающий контакт КВ обеспечивает питание катушки реле противовключения РПВ. Реле РПВ срабатывает и своим замыкающим контактом подготавливает цепь питания катушки КП. Размыкающий контакт КЛ разрывает цепь питания катушки реле РТ и после отсчета заданной выдержки времени, контакт РТ в цепи питания катушки КТ1 размыкается и КТ1 отключается. Последовательно с катушкой ТМ вводится дополнительное сопротивление R3, обеспечивающее длительное включение катушки по условиям нагрева.

При переводе рукоятки КК во второе положение замыкается контакт К7 и получает питание катушка КП. Контактор противовключения КП срабатывает и своим главным контактом шунтирует ступень противовключения R_{д.пр.}. Двигатель М1 переходит на характеристику 2. Размыкающий контакт КП разрывает цепь питания катушки РУ1 и реле начинает отсчет выдержки времени. По ее окончании РУ1 замыкает свой контакт в цепи питания катушки

КУ1. Включенный в эту же цепь контакт КТ2 находится в замкнутом состоянии, т.к. реле РТ отключено и катушка КТ2 во втором положении КК питания не получает.

При переводе рукоятки КК в третье положение замыкается контакт К8 и получает питание катушка КУ1. Контактор ускорения первый срабатывает и своим главным контактом шунтирует первую ступень пускового реостата $R_{дп1}$. Двигатель М1 переходит на характеристику 3. Размыкающий контакт КУ1 разрывает цепь питания катушки РУ2 и реле начинает отсчет выдержки времени. По ее окончании РУ2 замыкает свой контакт в цепи питания катушки КУ2.

При переводе рукоятки КК в четвертое положение замыкается контакт К9 и получает питание катушка КУ2. Контактор ускорения второй срабатывает и своим главным контактом шунтирует вторую ступень пускового реостата $R_{дп2}$. Двигатель М1 переходит на характеристику 4^а. Размыкающий контакт КУ2 разрывает цепь питания катушки РУ3 и реле начинает отсчет выдержки времени. По ее окончании РУ3 замыкает свой контакт в цепи питания катушки КУ3. Контактор ускорения третий срабатывает и своим главным контактом шунтирует третью ступень пускового реостата $R_{дп3}$. Двигатель М1 переходит на характеристику 4 и скорость вращения якоря возрастает до установившегося значения.

При последовательном переводе рукоятки КК из нулевого положения в четвертое положение «назад» очередность срабатывания реле и контакторов аналогична.

При переводе рукоятки КК из нулевого положения непосредственно в четвертое положение в направлении «вперед» или «назад» пуск двигателя М1 будет осуществляться автоматически в функции времени. Допустим, что КК переведен из нулевого положения в четвертое положение «вперед». Замыкаются контакты К2, К5, К7 и К9 командоконтроллера. Очередность срабатывания КЛ и КВ и осуществляемые их главными и блокировочными контактами переключения аналогичны рассмотренным выше. Однако, сразу же

после замыкания контакта РПВ получает питание катушка КП, контактор противовключения срабатывает и шунтирует $R_{д.пр.}$. Таким образом, время работы М1 на характеристике 1^п определяется суммой времен срабатывания РПВ и КП и поэтому мало. Двигатель М1 не успевает за это время достичь значительной скорости, поэтому при срабатывании КП и переходе двигателя на характеристику 2 возможно существенное увеличение пускового момента и ускорения двигателя, что будет вызывать резкое трогание крана с места и опасное раскачивание груза. Для устранения этого одновременно с катушкой КП через замкнутый контакт РТ получает питание катушка КТ2. Контактор тормозной второй своим главным контактом подключает параллельно якорю М1 сопротивление динамического торможения $R_{дт}$ и двигатель М1 перейдет не на характеристику 2, а на 1^а и будет разгоняться по этой характеристике в течение времени, равном времени выдержки РТ. По окончании выдержки времени контакт РТ, питающий катушку КТ2, размыкается, и двигатель переходит на характеристику 2. Схема работает аналогично, если при ручном пуске рукоятку КК из нулевого перевести сразу во второе положение.

Размыкающий контакт КП разрывает цепь питания катушки РУ1, и реле ускорения начинает отсчет выдержки времени. По ее окончании замыкается контакт РУ1 в цепи питания катушки КУ1. Так как выдержка времени реле РТ меньше выдержки времени реле РУ1, то к моменту замыкания контакта РУ1 контакт КТ2 в цепи питания катушки КУ1 уже замкнут. Поэтому КУ1 срабатывает и своим главным контактом шунтирует $R_{дп1}$. Двигатель М1 переходит на характеристику 3.

Размыкающий контакт КУ1 разрывает цепь питания катушки РУ2, и реле ускорения начинает отсчет выдержки времени. По ее окончании замыкается контакт РУ2 в цепи питания катушки КУ2, контактор срабатывает и своим главным контактом шунтирует $R_{дп2}$. Двигатель М1 переходит на характеристику 4^а.

Размыкающий контакт КУ2 разрывает цепь питания катушки РУ3, и реле ускорения начинает отсчет выдержки времени. По ее окончании замыкается

контакт РУЗ в цепи питания катушки КУЗ, контактор срабатывает и своим главным контактом шунтирует $R_{дпз}$. Двигатель М1 переходит на характеристику 4 и скорость вращения якоря возрастает до установившегося значения.

Схема автоматического управления должна обеспечивать плавное замедление крана при остановках. Для выполнения этого требования в ней предусмотрены два вида электрического торможения: динамическое торможение и торможение противовключением.

Допустим, что кран перемещался в направлении «вперед». При переводе рукоятки КК из промежуточных или крайнего положений в первое замыкается контакт К12, и через замкнутый контакт КП получает питание катушка КТ2. Контактор торможения второй срабатывает и своим главным контактом подключает параллельно якорю М1 сопротивление $R_{дт}$. При этом контакторы КУ1, КУ2, КУЗ отключаются, а контактор КП остается включенным, т.к. его катушка стоит на самопитании. Двигатель М1 переходит в режим динамического торможения на характеристику 1^a , расположенную во втором квадранте. Из вида характеристики 1^a следует, что в момент переключения М1 будет развивать сравнительно небольшой тормозной момент. Поэтому скорость передвижения крана будет плавно уменьшаться. Однако тормозной момент в этом случае действует только до определенного значения скорости.

Повышение эффективности дальнейшего торможения достигается за счет перевода М1 в режим торможения противовключением. Для этого рукоятку КК необходимо перевести в любое из положений в направлении «назад». Допустим, в первое.

При переходе рукоятки КК через нулевое положение теряют питание катушки контакторов КЛ, КВ, КП, КТ2, КУ1, КУ2 и КУЗ. Контакторы отключаются и в якорную цепь М1 вводятся пусковые сопротивления и сопротивление противовключения. Контактор КТ остается во включенном состоянии, поэтому механический тормоз не срабатывает.

В первом положении КК «назад» замыкаются контакты К2, К6 и К12. Получает питание катушка и срабатывает контактор КЛ, его главный контакт подсоединяет якорную цепь М1 к напряжению сети. Одновременно получает питание катушка и срабатывает контактор КН. Своими главными контактами он подключает якорь М1 к напряжению противоположной полярности и М1 переходит в режим торможения противовключением на характеристику 1^н во втором квадранте. Из вида характеристики следует, что поскольку скорость вращения М1 снизилась в режиме динамического торможения, то величина тормозного момента в данном случае не будет превышать аналогичную величину в режиме динамического торможения и поэтому плавность торможения не нарушится.

Управление процессом торможения противовключением в схеме производится в функции ЭДС и в данном случае осуществляется с помощью реле противовключения «назад» РПН. При срабатывании КН его контакт в цепи питания катушки РПН замыкается. Однако РПН не срабатывает и контакторы КП, КТ2, КУ1, КУ2 и КУ3 остаются не включенными. Двигатель М1 продолжает тормозиться по характеристике 1^н. Для того, чтобы РПН не сработало в начале торможения, напряжение на его катушке должно быть близким к нулю. Это достигается соответствующим подсоединением нижнего по схеме вывода катушки РПН через добавочные сопротивления R1 и R2.

По мере снижения скорости вращения М1 напряжение на катушке РПН будет возрастать и при скорости, близкой к нулю, РПН срабатывает. Если процесс торможения осуществлялся для остановки крана, то необходимо перевести рукоятку КК в нулевое положение. В противном случае при замыкании контакта РПН двигатель после остановки начнет разгоняться по характеристике 1^н в третьем квадранте в направлении «назад» и будет работать на ней в установившемся режиме. В дальнейшем, в зависимости от положения рукоятки КК, он может работать на любой из характеристик в третьем квадранте, аналогичных характеристикам в первом квадранте. При этом кран будет с различными скоростями перемещаться в направлении «назад».

Если рукоятку КК из первого положения «вперед» перевести в четвертое положение «назад», то после окончания процесса торможения противовключением и включения РПН двигатель М1 автоматически в функции времени запускается в направлении «назад» и будет работать в установившемся режиме на характеристике 4 в третьем квадранте.

Процесс электрического торможения при движении крана в направлении «назад» осуществляется аналогично.

Механическое торможение крана осуществляется лишь при аварийных режимах. Автоматически это происходит в том случае, если эффективность электрического торможения в зоне действия конечной защиты оказалась недостаточной и скорость крана не снизилась до минимального значения. В рассматриваемом случае (торможение при движении «вперед») это означает, что контакт РПН, шунтирующий ВКВ, не будет замкнут и при размыкании ВКВ потеряет питание катушка и отключится КТ. Главные контакты КТ разомкнут цепь питания катушки ТМ и механический тормоз сработает. Поскольку скорость крана, при которой срабатывает механический тормоз, достаточно велика, то это может вызвать опасное раскачивание груза. Если же в результате электрического торможения скорость снизилась до минимального значения и контакт РПН, шунтирующий ВКВ, замкнут, то при переводе рукоятки КК в нулевое положение кран в зоне действия конечной защиты тормозится в режиме свободного выбега и при размыкании ВКВ механический тормоз, срабатывая при не высокой скорости, не вызывает раскачивание груза.

Аварийное механическое торможение при любом положении рукоятки КК обеспечивается нажатием на кнопку аварийного отключения КА.

Краны с большой скоростью передвижения за время электрического торможения успевают пройти путь в несколько метров. Поэтому в целях безопасности (не сработал конечный выключатель и механический тормоз) между конечным выключателем и краем подкранового пути образуется «мертвая зона», которую кран не обслуживает. Для этого случая в схеме предусмотрено шунтирование конечных выключателей ВКВ, ВКН,

замыкающим контактом реле РТ. Допустим, что в режиме свободного выбега кран вышел из зоны действия конечной защиты и разомкнул ВКВ. Теряет питание катушка и отключается реле РН. Механический тормоз затормаживает механизм передвижения крана. Получает питание катушка и срабатывает реле РТ. Замыкающий контакт РТ шунтирует ВКВ и ВКН. Получает питание катушка и срабатывает реле РН. При переводе рукоятки КК в направлении «вперед» срабатывают контакторы КЛ, КТ и КВ и кран начинает движение в «мертвой зоне» от места расположения ВКВ к краю подкранового пути. При срабатывании КЛ его размыкающий контакт разрывает цепь питания катушки РТ. По окончании времени выдержки РТ его контакт размыкается и механический тормоз вновь срабатывает. Если за время выдержки РТ кран не достигнет требуемого положения в «мертвой зоне», то рукоятку КК переводят в нулевое положение, а затем вновь в направлении «вперед». Возврат из «мертвой зоны» в рабочую осуществляется аналогично.

Наряду с конечной в схеме предусмотрены нулевая и максимально-токовая защита. Нулевая защита обеспечивает отключение М1 при исчезновении или чрезмерном снижении напряжения сети и исключает самопроизвольный запуск двигателя после восстановления напряжения. Она осуществляется с помощью реле напряжения РН, катушка которого получает питание только в нулевом положении КК (замкнут контакт К1). Реле РН включается и своим замыкающим контактом шунтирует контакт К1. Если во время движения крана исчезнет или чрезмерно понизится напряжение сети, реле РН отключается. Его контакты размыкаются и поэтому теряют питание катушки всех контакторов схемы. Контактors отключаются. Срабатывает механический тормоз. После восстановления напряжения реле РН включается только после установки рукоятки КК в нулевое положение. Это дает возможность оператору оценить возникшую ситуацию, а затем продолжить выполнение, прерванной операции.

Максимально-токовая защита осуществляется с помощью двух токовых реле РМ1, РМ2. Когда ток в якорной цепи М1 превышает допустимое значение

($I_{я\ доп} \leq 2,5I_{я\ н}$), якоря РМ1, РМ2 воздействуют на общую скобу и размыкают вспомогательный контакт РМ. Этот контакт включен в цепи питания катушки реле РН. Поэтому реле РН отключается и, размыкая свои контакты, разрывает цепи питания катушек всех контакторов схемы. Двигатель отключается и затормаживается механическим тормозом.

2. Описание устройства и принципа действия нагрузочного агрегата.

Исследование электромеханических характеристик двигателя М1 осуществляется с помощью нагрузочного агрегата, в состав которого входят: генераторы постоянного тока независимого возбуждения G1, G2 и асинхронный короткозамкнутый двигатель М2. Генератор G1 приводится во вращение двигателем М1, а генератор G2 – двигателем М2. Величина тока в обмотках возбуждения LG1 и LG2 генераторов, а следовательно, и величина их ЭДС регулируется, соответственно, с помощью ползунковых реостатов R5 и R4. Кроме того, с помощью переключателя S1 можно изменять полярность напряжения, прикладываемого к LG2, и таким образом изменять направление ЭДС генератора. При вращающихся М1, М2 и разомкнутом автоматическом выключателе QF3 показания вольтметра определяются алгебраической суммой электродвижущих сил генераторов G1 и G2. С помощью переключателя S1 и резистора R4 можно величину ЭДС G2 установить равной ЭДС G1, но включенной по отношению к ней встречно. Алгебраическая сумма ЭДС G1 и G2 в этом случае окажется равной нулю и поэтому вольтметр PV1 будет давать нулевые показания. При замыкании QF3 якоря G1 и G2 образуют общую цепь, величина тока в которой равна нулю. Если теперь с помощью R4 уменьшать ток в обмотке возбуждения G2, то его ЭДС становится меньше ЭДС G1 и G2 по отношению к G1 начинает работать в двигательном режиме. Генератор G1 по отношению к G2 работает в генераторном режиме и тем самым создает нагрузку для двигателя М1. Величина нагрузки будет тем больше, чем больше будет разность между величинами ЭДС G1 и G2. Ток нагрузки М1 регистрируется амперметром PA1, а скорость вращения – вольтметром PV2, подключенным к якорю тахогенератора BR.

Для исключения возможности работы М1 в режиме холостого хода параллельно якорю G1 постоянно подсоединен резистор R7. Ток холостого хода и якорной цепи М1 не должен быть меньше 5А.

3. Порядок выполнения экспериментальной части работы.

3.1. В процессе подготовки к проведению лабораторной работы изучить принципиальную электрическую схему установки так, чтобы с ее помощью пояснить все возможные режимы работы М1 (двигательный и тормозные) и получаемые при этом механические характеристики; принцип действия применяемой в схеме защиты, а также состав и принцип действия нагрузочного агрегата (см. раздел 7).

3.2. В начале лабораторной работы выяснить расположение основных элементов электропривода механизма передвижения и нагрузочного агрегата.

3.3. Собрать измерительную часть схемы, включающую в себя автоматические выключатели QF1, QF2, QF3, вольтметры PV1, P2, амперметр PA1, ползунковые реостаты R4, R5 и клеммную доску, на которой установлены переключатель S1, кнопки KA и конечные выключатели ВКВ, ВКН. Рукоятки автоматических выключателей должны находиться в положении «0».

3.4. Запустить исследуемый двигатель М1. Для этого необходимо рукоятку КК поставить в нулевое положение. С помощью R5 установить в обмотке возбуждения G1 номинальный ток. Включить QF1. Перевести рукоятку КК в первое положение заданного направления. После того, как М1 достигнет установившейся скорости вращения, с помощью R5 установить ток в якорной цепи М1, контролируемый PA1, равным 5А.

3.5. Запустить нагрузочный агрегат. Для чего необходимо убедиться в том, что РУКОЯТКА QF3 НАХОДИТСЯ В ПОЛОЖЕНИИ «0». Затем включить QF2. После того, как М2 достигнет установившейся скорости вращения, с помощью R4 добиться нулевых показаний PV1. Если это не удастся, перевести S1 в другое положение. ТОЛЬКО ПРИ НУЛЕВЫХ ПОКАЗАНИЯХ PV1 ВКЛЮЧИТЬ QF3.

3.6. Снять электромеханическую характеристику на первом положении рукоятки КК. Для этого с помощью R4 увеличивают нагрузку M1 и фиксируют через каждые 2-3А показания PA1 и PV2. Особо тщательно зафиксировать показания PA1, при которых скорость M1 будет равна нулю. Ток в якорной цепи M1 увеличить до 25А. Если R4 окажется в крайнем положении при меньших показаниях PA1, необходимо перевести S1 в другое положение. По окончании опыта перевести S1 и ползунок R4 в начальное состояние и снять нагрузку с M1. РАЗОМКНУТЬ QF3.

3.7. Снять электромеханическую характеристику на втором положении рукоятки КК. Для этого перевести рукоятку КК во второе положение. С помощью R5 установить ток в якорной цепи M1 равным 5А. С помощью R4 и S1 добиться нулевых показаний PV1. Включить QF3. С помощью R4 увеличить нагрузку M1, фиксируя через каждые 2-3А показания PA1 и PV2. Ток в якорной цепи M1 увеличить до 25А. Если ползунок R4 окажется в крайнем положении при меньших показаниях PA1, необходимо перевести в другое положение S1. По окончании опыта перевести R4 в начальное состояние и снять нагрузку с M1. РАЗОМКНУТЬ QF3.

3.8. Снять электромеханические характеристики M1 на третьем и четвертом положениях КК. Опыты проводятся аналогично описанному в п.8.7. В конце каждого опыта РАЗМЫКАТЬ QF3.

3.9. Снять электромеханическую характеристику M1 на первом положении КК при шунтировании якоря M1 сопротивлением динамического торможения. Для этого перевести рукоятку КК из четвертого положения в первое. Опыт проводить аналогично описанному в п.8.7. В конце опыта РАЗОМКНУТЬ QF3 и QF2. ОТКЛЮЧИТЬ R4 ОТ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ.

3.10. Убедиться, что магнитный контроллер обеспечивает плавное нарастание скорости M1 при автоматическом пуске. Для этого рукоятку КК перевести в первое положение и с помощью R5 установить ток в якорной цепи M1, равный 5А. Перевести рукоятку КК в нулевое положение. А затем, после остановки M1, рукоятку КК перевести из нулевого положения в четвертое положение, и с

помощью электронного осциллографа снять зависимости, характеризующие изменение во времени тока и скорости М1 при пуске. При снятии осциллограммы тока на вход осциллографа подавать напряжение с шунта РА1, а при снятии осциллограммы скорости – напряжение с выхода ВВ.

3.11. Проверить работу нулевой и конечной защиты схемы. Для проверки нулевой защиты при работе М1 на первом положении КК отключить, а затем включить QF1.

Для проверки действия конечной защиты при работе М1 на первом положении КК в направлении «вперед» разомкнуть контакт ВКВ. Убедиться в том, что после размыкания ВКВ схема обеспечивает возможность обслуживания краном «мертвой зоны». Аналогично проверяется действие конечной защиты при работе М1 в направлении «назад».

4. Указания по оформлению отчета.

4.1. На основании полученных экспериментальных данных построить электромеханические характеристики электропривода в четырех квадрантах.

4.2. По осциллограмме тока якоря М1 определить выдержки времени, на которые настроены реле ускорения РУ1, РУ2, РУ3, а также значения пускового тока и токов переключения М1.

Вопросы для самопроверки.

1. Объясните устройство и принцип действия двигателя постоянного тока.
2. Объясните работу схемы при различных положениях командоконтроллера в двигательном режиме работы М1.

Объясните работу схемы при аварийном торможении М1.

3. Объясните работу схемы при обслуживании краном «мертвой зоны».
4. Почему в механизмах подъема и передвижения кранов используются двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением?
5. Объясните принципы действия защит, применяемых в электроприводе механизма передвижения крана.

6. Объясните принцип действия и порядок запуска нагрузочного агрегата лабораторной установки.
7. Объясните устройство, принцип действия и графическое обозначение на электрических принципиальных схемах электромагнитного реле времени.
8. Объясните устройство, принцип действия и графическое обозначение на электрических принципиальных схемах электромагнитного контактора постоянного тока, командоконтроллера.
9. Чем обеспечивается плавность пуска и торможения М1?
10. Объясните устройство и принцип действия механического тормоза.
11. Какие требования предъявляются крановым электроприводам?
12. В результате чего обеспечивается уменьшение времени пуска М1?

Список литературы

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1980.
2. Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление электроприводами. – М.: Высшая школа, 1979.
3. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Яуре А.Г., Певзнер Е.М. Крановое электрооборудование. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

Навчальне видання

Андрійченко Володимир Павлович,

Фатєєв Віктор Миколайович

«ЕЛЕМЕНТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт (для студентів 3, 4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 (0922) «Електромеханіка» спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»).

(Рос. мовою)

Редактор *З.І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання *І.В. Волосожарова*

План 2009, поз. 207 М

Підп. до друку 25.03.2010г.	Формат 60x84/16.	Папір офісний
Друк на ризографі	Ум. друк. арк. 1,9	Зам. №
Тираж 50 пр.		

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,

вул. Революції, 12, Харків 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 731 від 19.12.2001