

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА СИЛОВОГО СПУСКА В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА С ДИНАМИЧЕСКИМ ТОРМОЖЕНИЕМ САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ

Е.В. Попов, канд. техн. наук,
 Генеральный директор
 ООО «Кранэлектропривод»
 Г. Москва
 (495) 686-31-60
 kranpribor@mail.ru

Идеальный электропривод механизма подъема должен формировать механические характеристики лежащие в 4 квадрантах. Такие механические характеристики, представленные на рис. 1 можно получить лишь в электроприводе с управляемым преобразователем – тиристорным выпрямителем, преобразователем частоты или в системе генератор – двигатель.

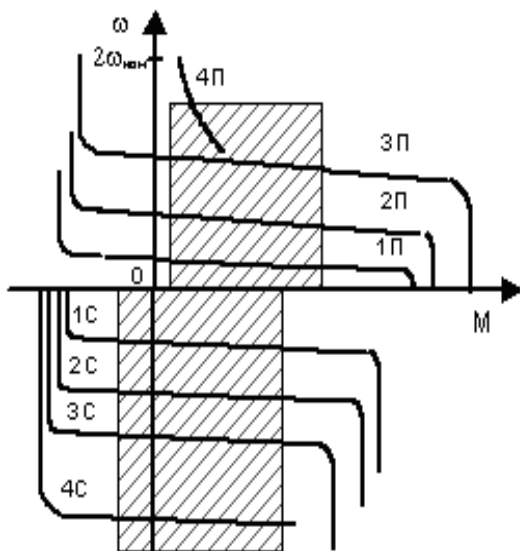


Рис.1. Механические характеристики идеализированного электропривода механизма подъема

Такие электроприводы традиционно применяются в основном на высотных башенных кранах и интенсивно работающих кранах металлургического производства. Несмотря на массовое внедрение преобразователей частоты наиболее распространенными в

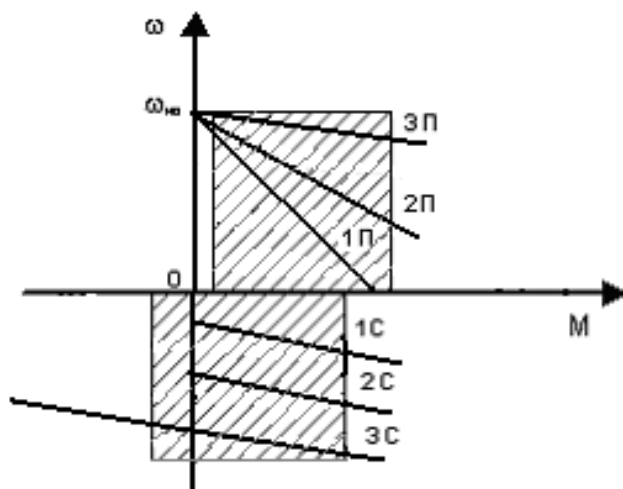


Рис.3. Механические характеристики электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением

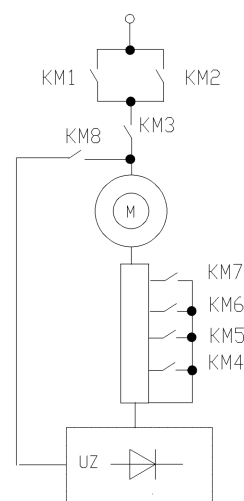


Рис. 2. Однолинейная силовая схема электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением

настоящее время являются электроприводы на

основе асинхронного двигателя с фазным ротором (рис.2). Режим динамического торможения самовозбуждением позволяет получить жесткие механические характеристики (рис. 3) в 4 квадранте при достаточном для большинства кранов диапазоне регулирования скорости.

Однако, представленные на рис. 3 механические характеристики имеют существенный недостаток – отсутствие режима силового спуска на малых скоростях, поскольку характеристики 1С и 2С не имеют продолжения в 3 квадранте. В электроприводах такого типа невозможно получить малую скорость опускания легкого (не преодолевающего потерь в механических передачах– 3 квадрант механических характеристик) груза. Причем масса такого груза в зависимости от значения КПД механизмов крана может достигать 20% от номинальной грузоподъемности. Кроме того, отсутствует также устойчивая пониженная скорость подъема (характеристика 1П) применяющаяся для обтяжки строп. Для кранов осуществляющих монтажные операции, например, башенных это является существенным недостатком.

Для исключения указанного

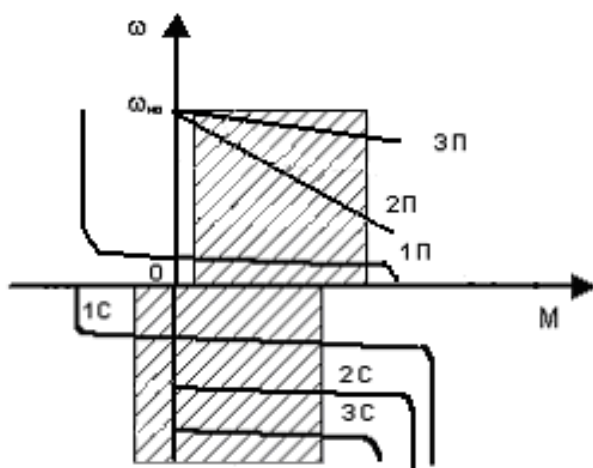


Рис.5. Механические характеристики электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением

и вспомогательным асинхронным двигателем

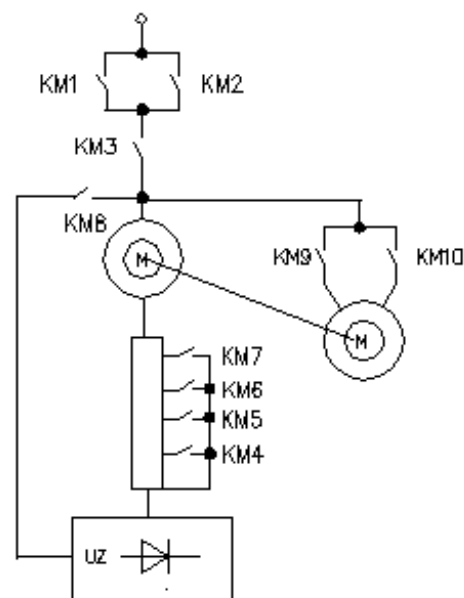


Рис. 4. Однолинейная силовая схема электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением

недостатка в схему электропривода механизма подъема некоторых башенных кранов (рис.4) вводится дополнительный двигатель, имеющий большое число полюсов (как правило, 24). При работе электродвигателя в режиме динамического торможения самовозбуждением вспомогательный двигатель включается в направлении спуска. При этом путем сложением механических характеристик динамического торможения самовозбуждением и механической характеристики вспомогательного двигателя получается суммарная характеристика (рис. 5) лежащая во втором и третьем квадрантах. Кроме того, при работе в направлении подъема производится сложение механических характеристик основного двигателя работающего в направлении подъема с включенным в цепь ротора сопротивлением и вспомогательного двигателя, так же работающего направлении подъема – характеристика 1П.

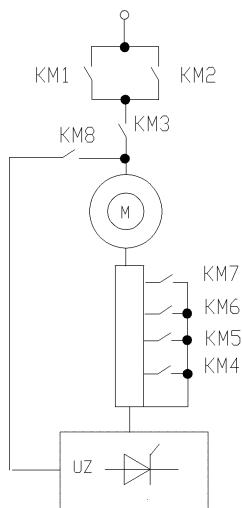


Рис. 6. Однолинейная силовая схема электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением и импульсно-ключевым регулированием

и козловых кранах.

Для получения режима силового спуска используется также режим импульсно-ключевого регулирования. В такой схеме, (рис. 6) если груз не опускается в режиме динамического торможения (характеристика 1С на рис. 7), оператор нажимает специальную кнопку. При этом отключается режим динамического торможения, и электродвигатель включается в режим силового спуска, а малая скорость получается в режиме импульсно-ключевого регулирования (характеристика 1С'). Режим импульсно ключевого регулирования используется также для формирования характеристики 1П. Такая схема применяется на некоторых модификациях кранов КБ-309, КБ-408, КБМ-401П.

Схема имеет ряд недостатков. Первый из них заключается в том, что в случае неправильных действий оператора (нажатие кнопки при опускании тяжелого груза) может произойти падение груза и разрушение механизма, поскольку опускание будет производиться на мягкой механической характеристике при скорости намного превышающей синхронную. Для исключения указанного явления режим импульсно-ключевого управления включается под контролем ограничителя массы груза – специального прибора, измеряющего массу поднимаемого груза и при превышении грузом определенного порога размыкающем выходной контакт. Такие приборы используются на башенных кранах.

Данная схема на протяжении 20 лет широко применяется в электроприводе грузовых лебедок башенных кранов КБ-100, КБ-309, КБ-403, КБ-404, КБ-405, КБ-406, КБ-408, КБМ-401П, КБ-415, КБ-515.05, КБ-572, КБ-578.

Однако реализация указанного способа требует применения двухдвигательной лебедки специальной конструкции, что удорожает стоимость крана. Кроме того, такая лебедка имеет повышенные габариты, что не позволяет применять ее на мостовых

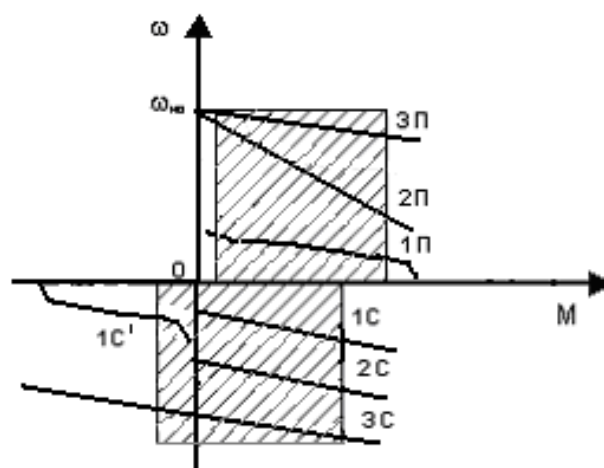


Рис.7. Механические характеристики электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением

и при превышении грузом определенного порога размыкающем выходной контакт. Такие приборы используются на башенных кранах.

Вторым недостатком является то, что даже при опускании легкого груза КПД механизма не является постоянной величиной и при опускании некоторых грузов происходит неконтролируемый разгон электропривода из-за изменения знака статического момента.

Таким образом, режим силового спуска при скорости меньше номинальной должен:

1. Осуществляться без применения вспомогательной электрической машины.
2. Схема должна исключать неконтролируемый разгон электропривода без применения ограничителя массы груза при изменении КПД, неправильных действиях оператора или неисправности ограничителя массы груза.

Из технической литературы [1,2] известна схема для получения устойчивых малых скоростей в направлении подъема и спуска грузов, когда гидротолкатель

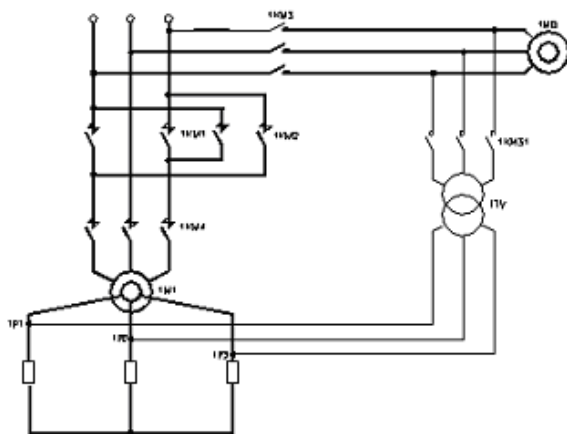


Рис.8. Принципиальная схема силовой части электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора.

переключается на кольца ротора (рис. 8). Для согласования ЭДС ротора с номинальным напряжением питания гидротолкателя применяется трансформатор (не является обязательным элементом схемы).

В цепь ротора в этом режиме включено сопротивление, как правило, соответствующее характеристике 1П. Контакторы ускорения на схеме не показаны. При подключении гидротолкателя 1МВ к кольцам ротора на зажимы его двигателя подается напряжение с частотой $f_2 = f_1 s$, где f_1

– частота сети, s –скольжение асинхронного двигателя 1М1 механизма подъема. Усилие поступательно движущегося поршня гидротолкателя пропорционально квадрату скорости его двигателя. При высокой скорости асинхронного двигателя 1М1 частота на кольцах ротора мала, и, следовательно, мала скорость двигателя 1МВ гидротолкателя. Усилие поршня снижается, и под действием пружин увеличивается давление колодок на тормозной шкив, создавая дополнительный тормозной момент на валу двигателя 1М1. Скорость последнего снижается растут его скольжение и частота, возрастает скорость 1МВ и колодки тормоза освобождают шкив. Вследствие уменьшения тормозного момента увеличивается скорость 1М1, вновь

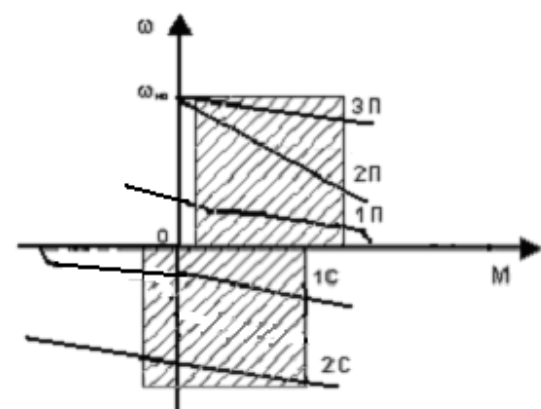


Рис.9. Механические характеристики электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора

накладываются колодки и т.д. Механические характеристики такого электропривода представлены на рис. 9.

Таким образом, в данной системе имеет место вибрационное регулирование скорости. Такая схема до сих пор применяется в частности в электроприводе механизма подъема гусеничных кранов типа ДЭК. Достоинством схемы является простота ее реализации, возможность получения малых скоростей как в режиме тормозного, так и силового спуска. Недостатками являются повышенный износ колодок тормоза, (т.к. регулирование скорости, особенно в направлении спуска осуществляется механическим подтормаживанием) и трудноустраняемый автоколебательный режим работы тормоза.

Для осуществления режима силового спуска в электроприводах с динамическим торможением самовозбуждением в ООО “Кранэлектропривод” разработан способ, при котором предлагается переключать электропривод в режим импульсно-ключевого регулирования. При этом гидротолкатель переключается на кольца ротора. Однако, в отличие от способа описанного в [1] получение жесткой характеристики в режиме силового спуска производится импульсно-ключевым регулированием (ИКР). Гидротолкатель при этом питается стабильной частотой ниже номинальной (зависит от настройки блока ИКР), при диапазоне регулирования скорости 8:1 частота его питания составляет примерно 45 Гц. Шток гидротолкателя практически поднят, тормоз создает весьма небольшой тормозной момент с минимальным износом колодок.

В случае изменения знака статического момента (переход из 3 в 4 квадрант) электропривод начинает разгоняться, частота ЭДС ротора падает, запирается импульсно-ключевой коммутатор, снижается скорость вращения насоса гидротолкателя, его шток начинает опускаться, при этом возрастает тормозной момент. Электропривод начинает затормаживаться, снова включается импульсно-ключевой коммутатор и устанавливается стабильная скорость.

В предельном случае, при опускании номинального груза в режиме динамического торможения самовозбуждением и случайном переходе груза в режим ИКР в результате неправильных действий оператора или неисправности ограничителя массы груза, падения груза не происходит и производится его опускание с устойчивой малой скоростью, примерно в 3 раза меньше номинальной.

Таким образом, в предлагаемой схеме, в отличие от описанной в [1,2] гидротолкатель используется не для регулирования скорости, а в качестве устройства предохранения от неконтролируемого разгона груза при изменении КПД или от неправильных действий оператора. Тормозной спуск в предлагаемой схеме осуществляется в режиме динамического торможения самовозбуждением.

Силовая часть схемы, реализующей предлагаемый способ представлена на рис. 10., механические характеристики, на рис. 11.

Работа электропривода в направлении подъема (характеристики 1П...3П, включены контакторы 1КМ1, 1КМ4) осуществляется на характеристиках импульсно-ключевого и реостатного регулирования. Спуск тяжелых грузов

производится на характеристиках динамического торможения самовозбуждением (характеристики 1С...3С, схема динамического торможения не показана и контакторы ускорения не показаны) и торможения при сверхсинхронной скорости. При этом электродвигатель гидротолкателя получает питание от сети через замкнутые контакты контактора 1КМ3. Эти режимы являются широкоизвестными и не содержат новизны.

Для получения малых скоростей в режиме силового спуска оператор переводит электропривод из режима динамического торможения самовозбуждением в режим силового спуска с импульсно-ключевым регулированием. При этом включается контактор 1КМ2, 1КМ4, 1КМ31. Электродвигатель подключается к сети в направлении спуска в режиме

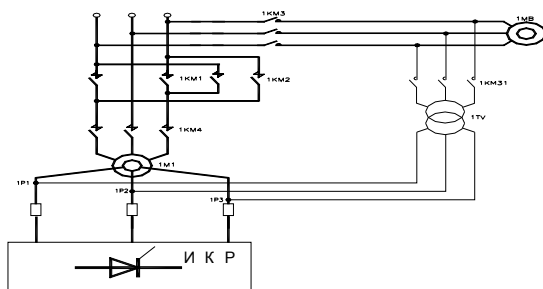


Рис.10. Принципиальная схема силовой части электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора и импульсно-ключевым регулированием

импульсно-ключевого регулирования, который обеспечивается тиристорным регулятором ИКР в цепи ротора. Электродвигатель гидротолкателя контактором 1КМ31 подключается к кольцам ротора.

Полученная механическая характеристика 1С' лежит в 3 и 4

квадрантах механических характеристик. На рис. 12 а и б показаны осциллограммы скорости и тока ротора при пуске электропривода в режим силового спуска с грузом, не преодолевающим момента потерь в механизме. На рис. 12 а электродвигатель гидротолкателя подключен к цепи ротора, импульсно-ключевой регулятор закорочен. На рис. 12 б электродвигатель гидротолкателя подключен к цепи ротора, импульсно-ключевой регулятор работает. Переходный процесс на рис. 12 а носит колебательный характер, тогда как на рис. 12 б он аperiodический.

На рис. 13 а и б показаны осциллограммы скорости и тока ротора при переходе из силового спуска в тормозной, т.е. при опускании тяжелого груза в режиме импульсно-ключевого регулирования, что является штатным режимом работы. На рис. 13, а видно, что при питании электродвигателя гидротолкателя от сети происходит увеличение скорости (падение груза). При питании гидротолкателя от цепи ротора, груз опускается с установившейся скоростью.

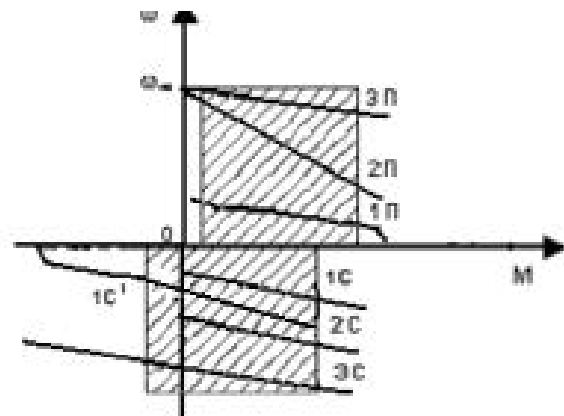
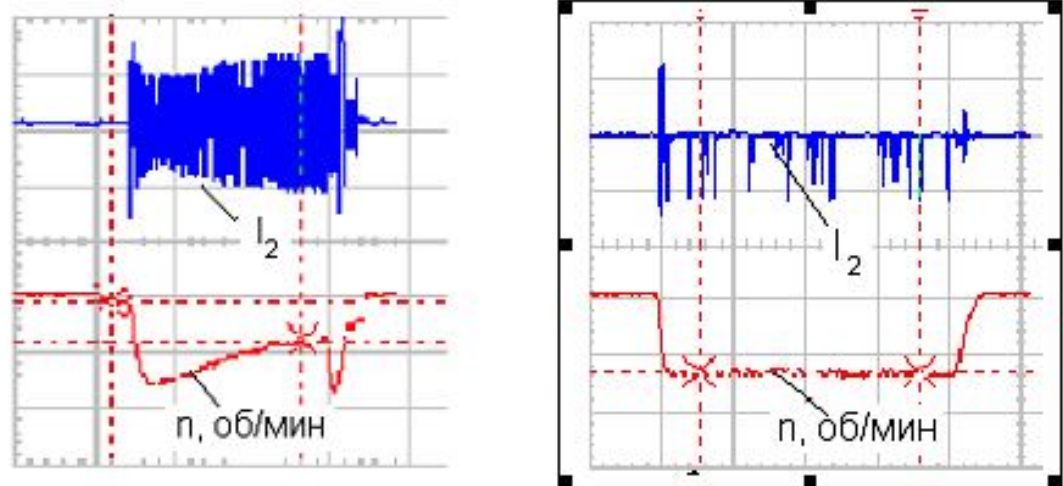


Рис.11. Механические характеристики электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора и импульсно-ключевым регулированием.

Рассмотренный способ получения режима силового спуска использован при создании электропривода механизма подъема башенного крана КБ-416. Кроме того, он может применяться при модернизации крановых электроприводов с панелями управления типа ТСД и ТСДИ.

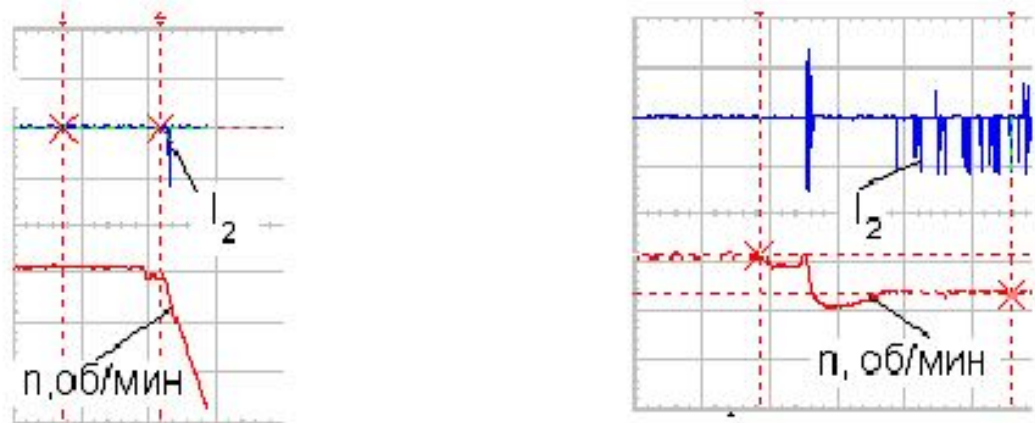


а

б

Рис.12. Экспериментальные осциллограммы скорости и тока ротора при силовом спуске груза.

а – гидротолкатель питается от цепи ротора; б – гидротолкатель питается от цепи ротора с импульсно-ключевым регулированием



а

б

Рис.13. Экспериментальные осциллограммы скорости и тока ротора при переходе от силового спуска груза к тормозному.

а – гидротолкатель питается от сети; б – гидротолкатель питается от цепи ротора

Литература

1. Аракелян А.К., Соколов М.М. Асинхронный регулируемый электропривод с электрогидравлическим толкателем. М., Энергия, 1972. 240 с.
2. Соколов М.М., Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. М.: Энергия. 1976. – 484 с.