

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

Е.В. Попов, канд. техн. наук
ООО «Кранприборсервис»

Рассмотрены и проанализированы различные используемые в настоящее время схемы, обеспечивающие режим силового спуска на малых скоростях в электроприводах на основе асинхронного двигателя с фазным ротором. Разработан способ, при котором получение жесткой характеристики в режиме силового спуска производится импульсно-ключевым регулированием. Тормозной спуск в предлагаемой схеме осуществляется в режиме динамического торможения самовозбуждением. Способ может применяться при создании новых и модернизации существующих крановых электроприводов.

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

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

страненными в настоящее время являются электроприводы на основе асинхронного двигателя с фазным ротором (рис. 2). Режим динамического торможения самовозбуждением позволяет получить жесткие механические характеристики в четвертом квадранте (рис. 3) 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 третьем квадранте. В электроприводах такого типа невозможно получить малую скорость опускания легкого груза, не преодолевающего потерь в механических передачах (третий квадрант механических характеристик). 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, башен-

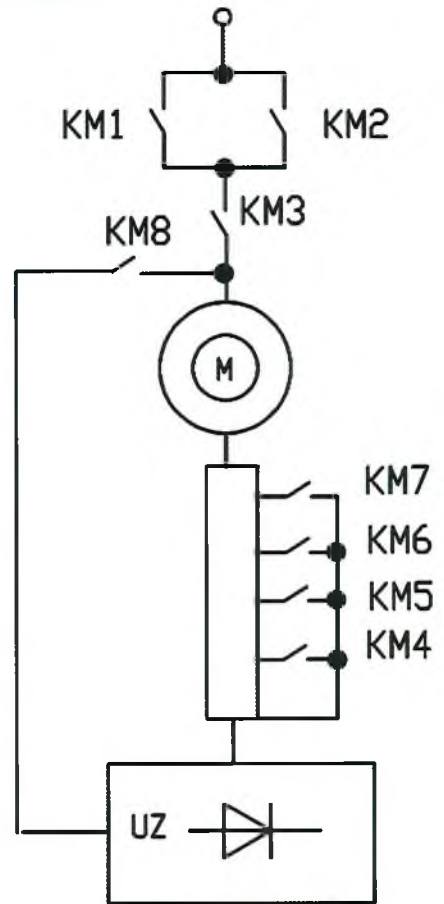


Рис. 2. Однолинейная силовая схема электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением

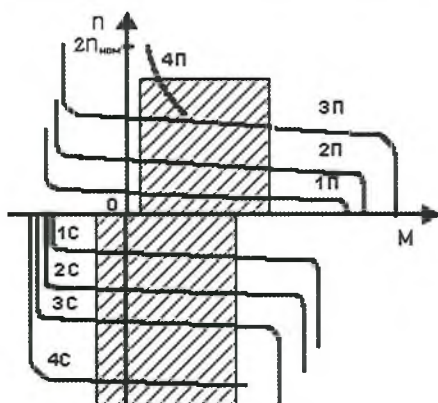


Рис. 1. Механические характеристики идеализированного электропривода механизма подъема

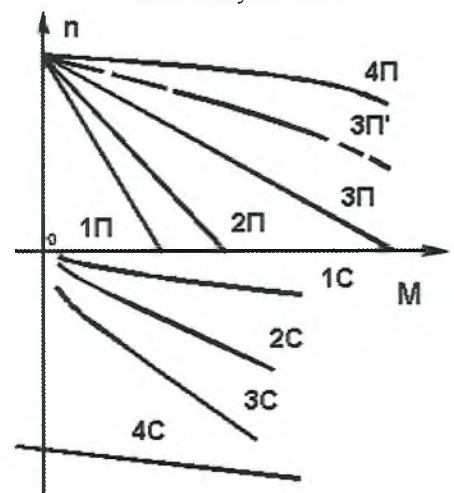


Рис. 3. Механические характеристики электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением

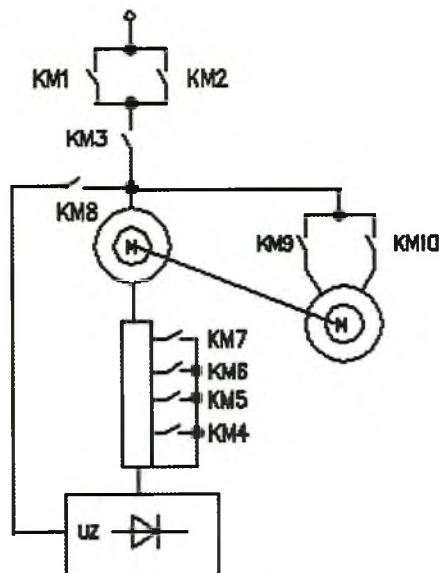


Рис. 4. Однолинейная силовая схема электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением и вспомогательным асинхронным электродвигателем

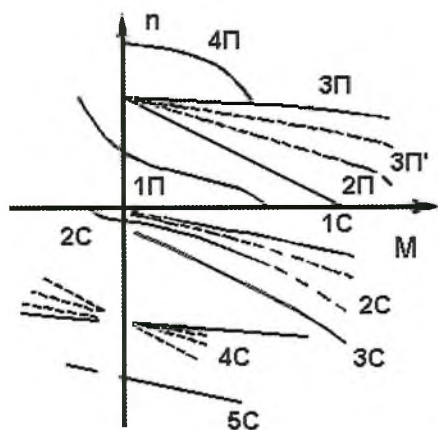


Рис. 5. Механические характеристики электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением и вспомогательным асинхронным двигателем

ных, это является существенным недостатком.

Для исключения указанного недостатка в схему электропривода механизма подъема некоторых башенных кранов (рис. 4) вводится дополнительный двигатель, имеющий большое число полюсов (как правило, 24). При работе основного электродвигателя в режиме динамического торможения самовоз-

буждением вспомогательный двигатель включается в направлении спуска. При этом путем сложения механических характеристик обоих двигателей 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, также работающего в направлении подъема – характеристика 1П.

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 увеличенные габаритные размеры, что не позволяет применять ее на мостовых и козловых кранах.

Для обеспечения 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 достигается 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-

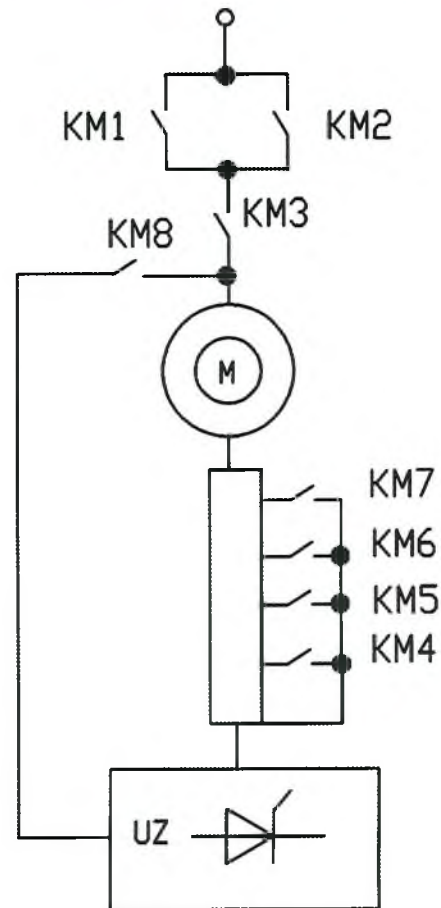


Рис. 6. Однолинейная силовая схема электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением и импульсно-ключевым регулированием

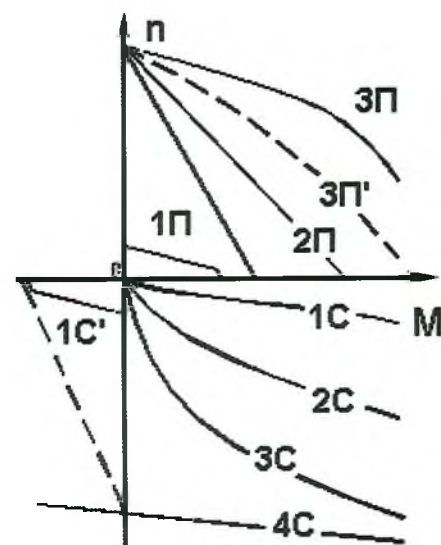


Рис. 7. Механические характеристики электропривода механизма подъема с динамическим торможением самовозбуждением и импульсно-ключевым регулированием

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.

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

Таким образом, режим силового спуска при скорости меньше номинальной должен осуществляться без применения вспомогательной электрической машины. 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 тормоза 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 тока сети, s – скольжение асинхронного двигателя 1М1 механизма подъема. Усилие поступательно движущегося поршня гидротолкателя пропорционально квадрату частоты вращения его двигателя. При высокой частоте вращения асинхронного двигателя 1М1 частота тока на кольцах ротора мала, и, следовательно, мала частота вращения двигателя 1МВ гидротолкателя. Усилие поршня снижается, и под действием пружин увеличивается давление колодок на тормозной

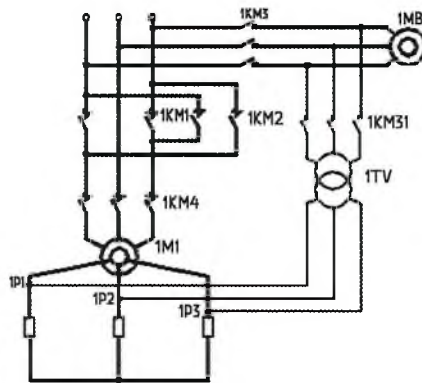


Рис. 8. Принципиальная схема силовой части электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора

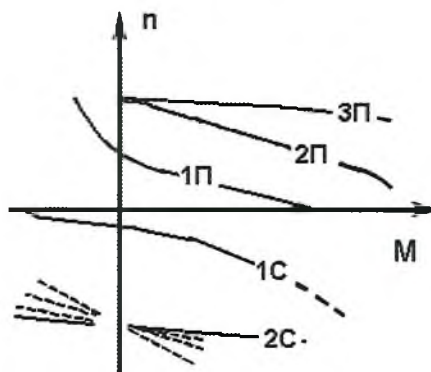


Рис. 9. Механические характеристики электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора

шків, создавая дополнительный тормозной момент на валу двигателя 1М1. Частота вращения последнего снижается, растут его скольжение и частота тока, возрастает частота вращения 1МВ, и колодки тормоза освобождают шків. Вследствие уменьшения тормозного момента увеличивается частота вращения 1М1, вновь 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 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 током стабильной частоты ниже номинальной (зависит от настройки блока ИКР). При диапазоне регулирования частоты вращения 8:1 частота тока его питания составляет примерно 45 Гц. Шток гидротолкателя практически поднят, тор-

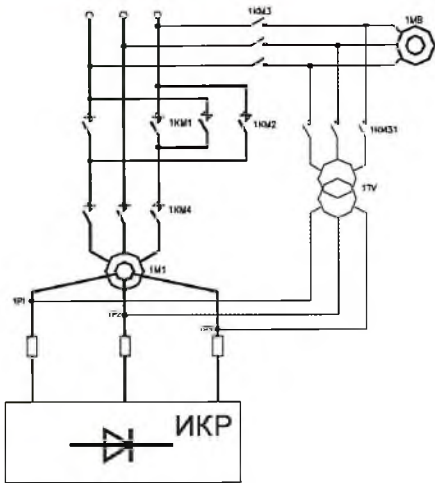


Рис.10. Принципиальная схема силовой части электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора и импульсно-ключевым регулированием

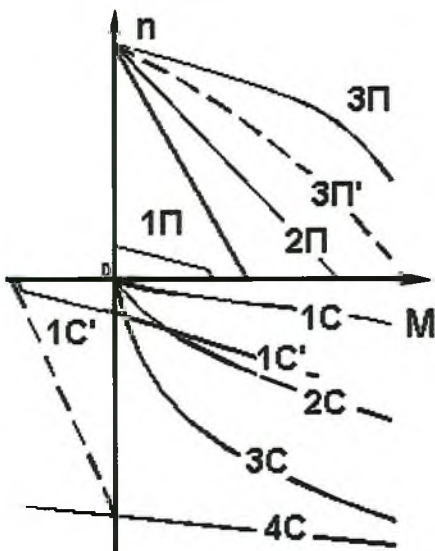


Рис. 11. Механические характеристики электропривода с подключением гидротолкателя к цепи ротора и импульсно-ключевым регулированием

моз создает весьма небольшой тормозной момент с минимальным износом колодок.

В случае изменения знака статического момента (переход из третьего в четвертый квадрант) электропривод начинает разгоняться, частота ЭДС ротора падает, запирается импульсно-ключевой коммутатор, снижается частота 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 направ-

лении подъема (характеристики 1П ... 3П, включены контакторы 1KM1, 1KM4) осуществляется на характеристиках импульсно-ключевого и остататного 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 1KM3. 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 включаются контакторы 1KM2, 1KM4, 1KM31. Электродвигатель подключается к сети в направлении спуска в режиме импульсно-ключевого регулирования, который обеспечивается тиристорным регулятором ИКР в цепи ротора. Электродвигатель гидротолкателя контактором 1KM31 подключается к кольцам ротора.

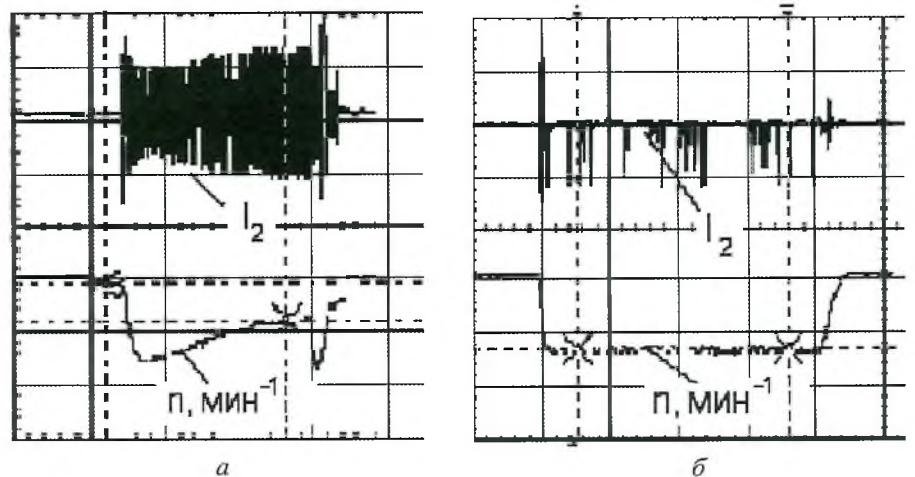


Рис. 12. Экспериментальные осциллограммы скорости и тока ротора при силовом спуске груза:

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

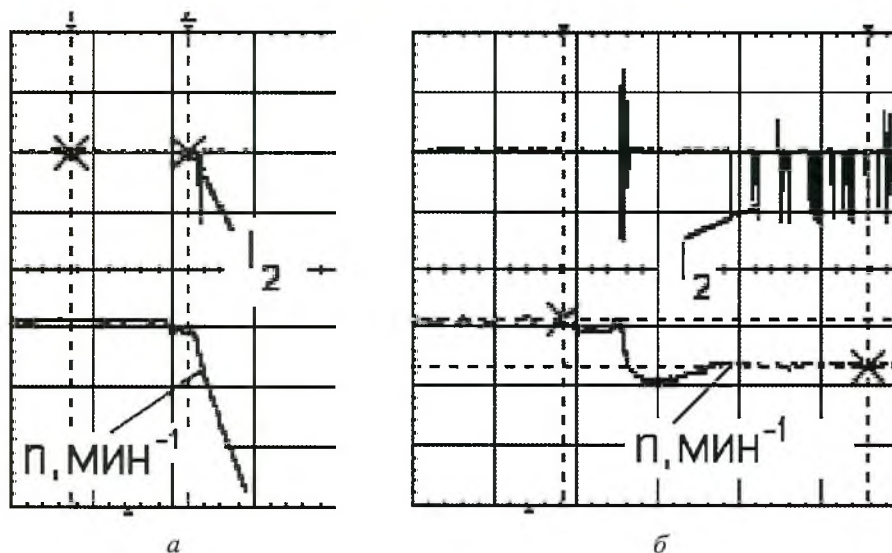


Рис. 13. Экспериментальные осциллограммы скорости и тока ротора при переходе от силового спуска груза к тормозному:

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

Полученная механическая характеристика 1С' лежит в третьем и четвертом 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 апериодический.

На рис. 13 (а и б) показаны осциллограммы частоты вращения и тока ротора при переходе из режима

силового спуска в тормозной, т.е. при опускании тяжелого груза в режиме импульсно-ключевого регулирования, являющегося штатным. 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.

Рассмотренный способ обеспечения 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.

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.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ В ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОМ ДЕЛЕ

Р.Р. Ишмуратов, инженер

В статье, предлагаемой вашему вниманию, речь идет о силовом преобразователе частоты – как элементе силовой электроники. Перечисляются и анализируются те практические преимущества, которые делают его применение в подъемно-транспортном деле наиболее перспективным.

Данная статья – первая из цикла публикаций, посвященных этой теме.

В силовом преобразователе частоты (СПЧ) на вход подается либо однофазное 220 В, либо трёхфазное 380 В напряжение с частотой 50 Гц. На выходе получа-

ется такое же по величине напряжение, но уже с изменяемой частотой от 0 до 400 Гц и более. При этом имеется возможность установить минимальное и максимальное

значение выходной частоты и установить время ее нарастания и спада в очень широких пределах.

В связи с тем, что частота вращения электродвигателей переменного тока прямо пропорциональна частоте питающего тока, применение СПЧ позволяет осуществить плавный разгон и остановку двигателей с заранее запрограммированными промежуточными частотами вращения. Основным и существенным отличием от регу-