

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ШАХТНЫХ БЕСКОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

*М.В. Рогоза, Ю.А. Папаика, А.Г. Лысенко, В.А. Бородай,
Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Украина*

Рассмотрены возможные направления совершенствования регулирования тягового привода шахтных бесконтактных электровозов. Одно из направлений предполагает применение новой схемы преобразовательной части тягового привода в виде управляемого однополупериодного выпрямителя с удвоением напряжения. Второе направление – создание автоматизированной системы управления по току и автоматизированной системы управления на пределе по сцеплению.

Перспективным видом развития подземного транспорта для шахт, опасных по газу и пыли, является создание системы электрооборудования рельсового транспорта с индуктивной передачей энергии [1, 2].

Схемы управления тяговым приводом шахтных бесконтактных электровозов на базе тиристорных преобразователей переменного напряжения содержат встречно-параллельно включенные тиристоры, шунтирующие реактивных элемент преобразовательной части схемы [1, 3]. При этом регулируется напряжение на входе двухполупериодного выпрямителя. Использование в чистом виде управляемого выпрямителя такого рода, что наиболее часто практикуется в системах управления промышленными приводами, не представляется возможным ввиду специфических особенностей силовой цепи бесконтактного электровоза [4]. Главной причиной тому является необходимость режима непрерывного тока в силовой цепи. Однако применение управляемых выпрямителей для схем управления бесконтактных электровозов весьма целесообразно, поскольку это позволит сократить число ступеней преобразования электрической энергии в энергетической схеме бесконтактного электрического транспорта.

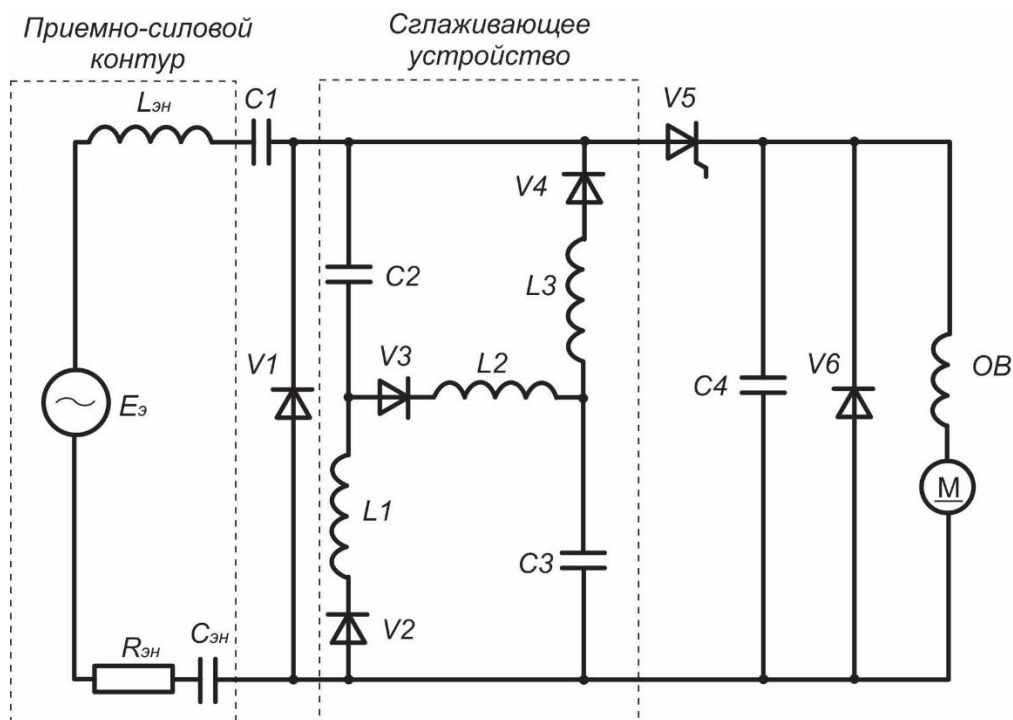


Рис. 1. Схема управления тяговым приводом бесконтактного электровоза на базе управляемого выпрямителя с удвоением напряжения и сглаживающим устройством

С целью сокращения числа ступеней преобразования параметров электрической энергии в системе бесконтактного электрического транспорта, повышения его технико-экономических показателей разработана схема управления тяговым приводом электровоза [5], где тиристорный преобразователь выполнен как управляемый однополупериодный выпрямитель с удвоением напряжения. В силовой цепи предусмотрено специальное сглаживающее устройство для обеспечения режима непрерывного тока в цепи приемно-силового контура. Данная схема управления позволит также снизить установленную мощность реактивных элементов энергоприемника за счет сокращения числа его витков, поскольку в в схеме предусмотрено удвоение напряжения (рис.1).

Здесь элементы $C_1 - V_1 - V_5 - C_4$ представляют однополупериодный управляемый выпрямитель с удвоением напряжения. Элементы $C_2 - L_1 - V_2 - V_3 - L_2 - L_3 - V_4$ образуют сглаживающее устройство в виде моста, в диагональ которого последовательно включены диод V_3 и реактор L_2 .

Описать работу такой схемы управления в силовой цепи бесконтактного электровоза можно следующим образом. Под воздействием синусоидальной ЭДС приемно-силового контура $E_э$ конденсатор C_1 в течение одного полупериода заряжается через диод V_1 . При этом на правой обкладке конденсатора C_1 будет плюс. При отсутствии управляющих импульсов на тиристоре V_5 , т.е. когда он закрыт, конденсаторы C_2 и C_3 в следующий полупериод заряжаются через диод V_3 и реактор L_2 . При этом к тяговому двигателю напряжение не подводится. Это соответствует нерабочему режиму электровоза. В процессе пуска и регулирования силы тяги тиристор V_5 открывается управляющими импульсами. При открытом состоянии тиристора в следующий после заряда емкости C_1 полупериод (при прямой полярности для V_5) через тиристор V_5 под действием суммы ЭДС энергоприемника $E_э$ и напряжения на конденсаторе C_1 , совпадающих по направлению, заряжается конденсатор C_4 . В результате этого напряжение на конденсаторе C_4 (в режиме холостого хода) будет в два раза выше, чем на конденсаторе C_1 . В тот полупериод, когда через диод V_1 заряжается конденсатор C_1 , конденсаторы C_2 и C_3 через диоды V_2 и V_4 и реакторы L_1 и L_3 разряжаются через тиристор V_5 на конденсатор C_4 и тяговый двигатель.

Управление тиристором V_5 может осуществляться импульсным способом («пачками импульсов» с регулируемым коэффициентом заполнения импульсного цикла). Изменением коэффициента заполнения импульсного цикла «пачек» управляющих импульсов на тиристоре V_5 осуществляется регулирование напряжения, подводимого к тяговому двигателю. При значении коэффициента заполнения импульсного цикла «пачек» управляющих импульсов равным единице (режим непрерывной подачи управляющих импульсов на тиристор V_5 в момент перехода тока последнего через нуль) тиристор V_5 постоянно открыт и к тяговому двигателю подводится полное напряжение. Возможно также применение фазового способа регулирования тиристора V_5 .

Диод V_6 служит для разряда энергии тягового двигателя в момент бестоковой паузы. Кроме того, диод позволяет существенно повысить жесткость внешних характеристик такого рода схемы управления [6].

Применение управляемого выпрямителя с удвоением напряжения позволяет существенно уменьшить установленную мощность реактивных элементов приемно-силового контура за счет сокращения числа витков энергоприемника и, естественно, уменьшения количества компенсирующих конденсаторов при передаче прежней мощности тяговому двигателю. Сокращение числа витков энергоприемника и компенсирующих конденсаторов уменьшает вносимое в тяговую сеть реактивное сопротивление, что позволит сократить установленную мощность тягового преобразователя частоты, упростить его конструкцию, повысить надежность его работы.

Применение сглаживающего устройства в виде моста, в диагональ которого включены диод и реактор, а плечи выполнены как показано на рис.1, позволяет сократить установленную мощность его реактивных элементов, поскольку эти элементы выбираются на половинное напряжение за счет того, что при заряде конденсаторы C_2 и C_3 соединяются

последовательно (заряд идет по цепи $C_2 - V_3 - L_2 - C_3$), а при разряде на нагрузку – параллельно.

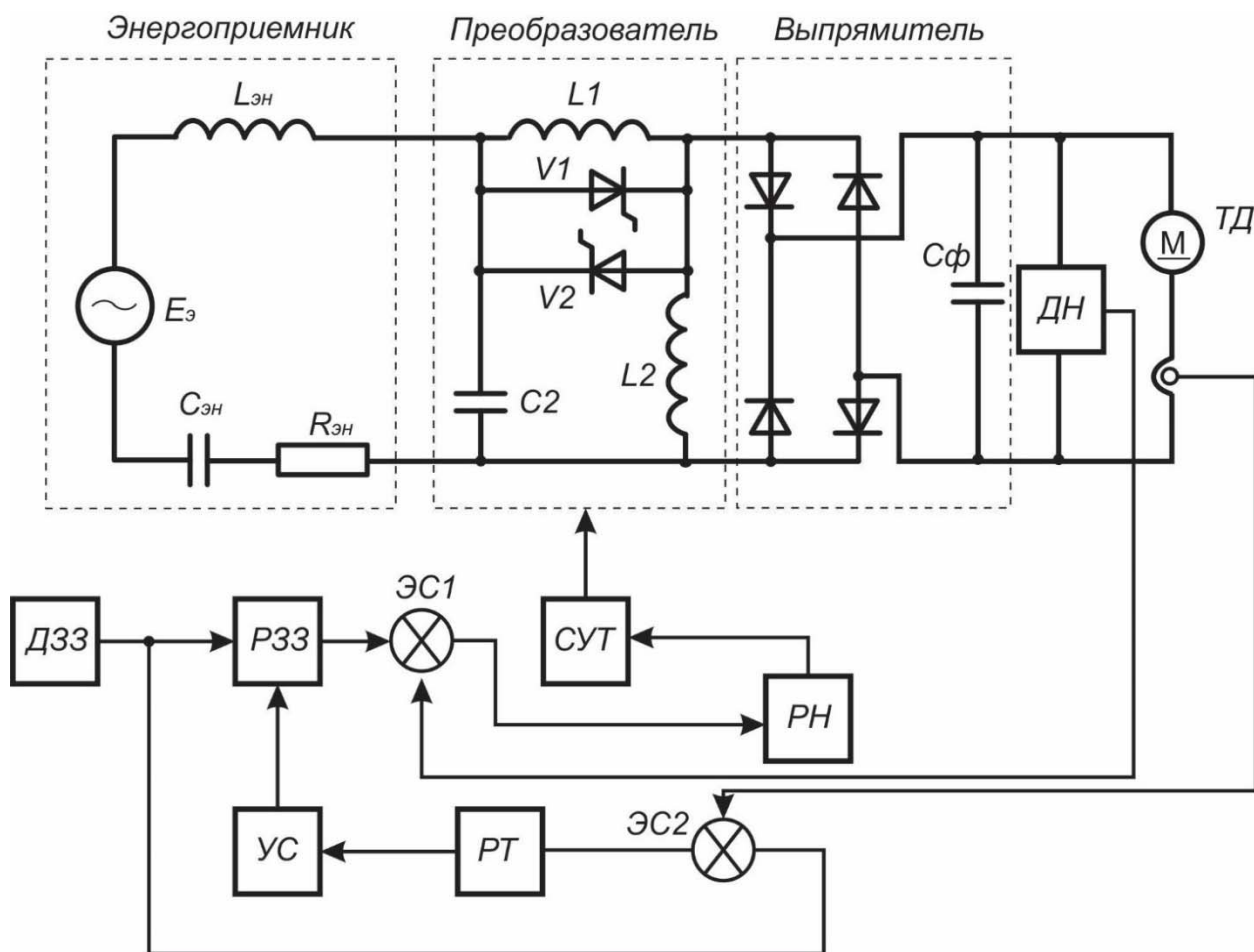


Рис. 2. Автоматизированная схема управления тяговым приводом бесконтактного электровоза

Одним из наиболее важных показателей качества схем управления тяговым приводом электровоза является автоматизация процессов пуска и регулирования силы тяги. Автоматизация процесса управления тяговым приводом возможна при использовании схем управления тяговым приводом на базе тиристорных преобразователей. На основании сравнительного анализа нескольких схемных решений сделан вывод, что наиболее рациональным вариантом является схема на базе преобразователя переменного напряжения с П-образным соединением элементов [1, 3,4]. Данная схема позволяет получить внешние характеристики приемно-силового контура с достаточно высокой степенью жесткости. Наиболее рациональное использование технических возможностей машины может быть реализовано при использовании автоматизированной схемы, позволяющей осуществлять пуск и регулирование скорости на пределе по сцеплению [1, 2]. Данная автоматизированная схема управления тяговым приводом бесконтактного электровоза (рис.2) состоит из тиристорного преобразователя с П-образным соединением элементов, системы управления тиристорами преобразователя СУТ, датчика тока ДТ, датчика напряжения ДН, регулятора тока РТ, регулятора напряжения РН, элементов сравнения ЭС1 и ЭС2, устройства связи УС, регулятора заданного значения РЗЗ, датчика заданного значения ДЗЗ. Данная автоматизированная схема управления тяговым приводом бесконтактного электровоза прекращает процесс боксования электровоза в самом начале его возникновения, что позволит существенно повысить эксплуатационные характеристики рудничного бесконтактного электрического транспорта.

Список литературы

1. Транспорт с индуктивной передачей энергии для угольных шахт/ Г.Г. Пивняк, И.П. Ремизов, С.А. Саратикянц, М.В. Рогоза и др.; под ред. Г.Г. Пивняка. – М.: Недра, 1990. – 245 с.: ил. (монография).
2. Шахтный электровозный транспорт. Теория, конструкции, электрооборудование: учебник / О.Н. Синчук, Э.С. Гузов, В.Л. Дебелый, Л.Л. Дебелый; под ред. Доктора технических наук, профессора О.Н. Синчука. - Кривой Рог – Донецк: ЧП Щербатых А.В., 2015 – 428 с.
3. G. Pivnyak, M. Rogoza, Yu. Papaika & A. Lysenko. Traction and energy characteristics of no-contact electric mining locomotives with AC current thyristor converters. - CRC Press/Balcema – Taylor & Francis Group: Power Engineering, Control and Information Technologies in Geotechnical Systems. - Leiden, The Netherlands, 2015 annual publication. – p. 1-6.
4. Исследование работы управляемого выпрямителя бесконтактного электровоза / В.А. Бунько, Г.Г. Пивняк, К.Х. Вейсс и др. – Электротехника, 1975, №11, с. 30-32.
5. А.с. 644644 (СССР). Устройство для управления рудничным бесконтактным электровозом / Г.Г. Пивняк, И.И. Прессман, М.В. Рогоза и др. – Оpubл. в Б.И., 1979, №4.
6. Берзникс Л.В. Импульсные преобразователи постоянного тока. – М.: Энергия, 1974. – 255 с.