

СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ИНЕРЦИОННЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОЛЕСНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

Введение. В настоящее время развития и становления экономики Украины, наиболее важными задачами перед промышленностью является энергоресурсосбережение. Поэтому все больше внимания уделяется внедрению мер, способных обеспечить выполнение основных технологических процессов со значительным, по сравнению с существующими традиционными подходами, экономией энергоресурсов. Сказанное в полной мере относится и для многочисленного класса промышленных колесных транспортных средств [1, 2].

Актуальность направления исследования. В отличие от известных монофункциональных по применению транспортных средств, таких как электровозы, гировозы, различные виды погрузчиков, тележек, штабелеров, автомобилей и т.п. в последние годы увеличивается необходимость в специальных их видах [3]. Вызвано это прежде всего увеличивающимся комплексом опасностей, в силу специфики технологии ведения работ, когда применение обычных транспортных средств или нежелательно или недопустимо вообще [3].

Цель исследований. Повышение энергетической эффективности существующих гибридных систем электропитания с инерционным накопителем для специализированных колесных транспортных средств путем модернизации их структуры и обеспечения оптимальных режимов работы тягового электротехнического комплекса.

Материалы исследований. Современные промышленные транспортные средства, как правило, оборудуются монотяговым приводом – либо электромеханическим – либо двигателем внутреннего сгорания.

В силу специфических условий как-то взрывоопасная атмосфера шахт, рудников, предприятий химической промышленности применение транспортных средств с ДВН вообще невозможно, как невозможно и применение тяговых электротехнических систем в общепромышленном исполнении [3]. Для таких условий в соответствии с требованиями техники безопасности необходимо создание тягового оборудования в специальном исполнении.

При этом, более эффективным, чем создание новых образцов транспортных средств, представляется модернизация существующих видов (гировозов, электромобилей и т.д.), при которой потребуются затраты в 5 – 6 раз меньше, чем для первого случая.

Авторами разработан вариант синергетической структуры тягового комплекса транспортного средства (рис. 1).

Новизна в схеме заключена в замене редуктора электрическим приводным двигателем М1 и IGB-транзисторным инвертором ИГ. В качестве тягового двигателя М1 рекомендуется асинхронный с короткозамкнутым ротором, который позволяет осуществить плавную начальную раскрутку маховика, плавную подкрутку в тормозном режиме привода, поддержание стабильного уровня напряжения в общей цепи постоянного тока в тяговом режиме в широком диапазоне изменения скорости вращения маховика.

Работа схемы по рис.1 протекает следующим образом. На зарядной станции электровоз подключается к источнику Е через контактор КЕ. При этом регуляторы РТ, РБ и РМ отключены. При необходимости через РБ можно осуществить подзарядку аккумуляторной батареи. Инвертор Ут преобразует постоянное напряжение U_d из общей цепи постоянного тока в переменное, питающее двигатель М1. Изменяя частоту и величину напряжения, подводимого к двигателю М1, от нуля до номинального осуществляют плавный разгон маховика до номинальных оборотов. После чего электровоз отключается от станции и отправляется в автономное движение. На подъеме маховик вращает ротор двигателя М1, работающему в режиме генератора. Электроэнергия через диоды инвертора Ут поступает в общую цепь постоянного тока с напряжением U_d . Регулятор РМ, являющийся по сути импульсным преобразователем постоянного тока, преобразует напряжение U_d в напряжение питания двигателя М2 нужной величины. Регулируя, таким образом, напряжение двигателя М2 изменяют скорость вращения и тяговое усилие ведущей колесной пары К.

На спуске в режиме торможения колесная пара вращает якорь тягового двигателя М2, который посредством изменения возбуждения переводится в генераторный режим и напряжение, снимаемое с его щеток, через обратный диод ДО регулятора РМ подается в общую цепь постоянного тока. Инвертор ИГ преобразует это напряжение в переменное, питающее двигатель М1, изменяя его частоту и величину таким образом, что скорость вращения ротора двигателя М1 и, соответственно, маховика плавно увеличивается. Маховик накапливает энергию. В тормозном режиме гирозлектровоза возможна также подзарядка аккумуляторной батареи и сброс избытка энергии на тормозной резистор РТ.

В итоге предлагаемая схема тягового электропривода переменного-постоянного тока [4] (рис.1) реализует требуемые тяговую и тормозную характеристики, приведенные на рис. 2, 3 соответственно. На графиках приведены предельные характеристики на максимальной позиции N_{max} контроллера, на промежуточных позициях N_i контроллера характеристики расположены соответственно ниже. В тяговом режиме набором позиций контроллера от $N_i=1$ до N_{max} система регулирования увеличивает ток двигателя М2 (линия ОА) до I_{Mmax} , при котором

происходит трогание гирозвоза, после чего осуществляется разгон локомотива (линия АВ).

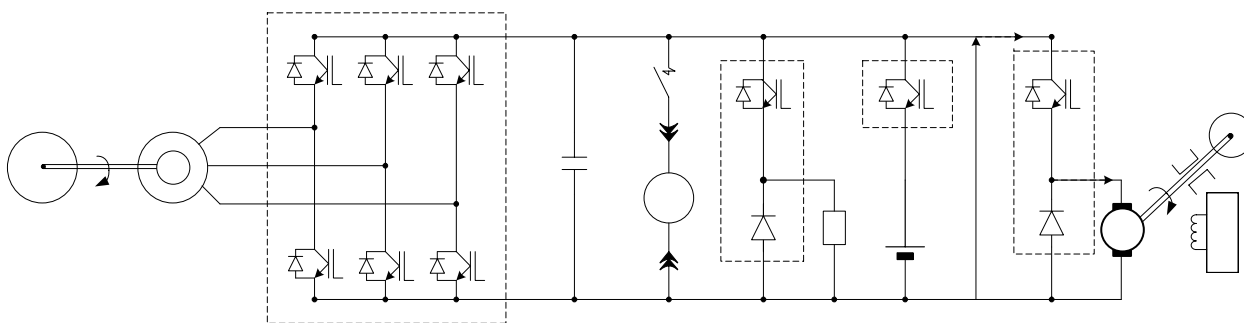


Рис.1. Силловая принципиальная схема гирозэлектромотоцикла с электроприводом переменного-постоянного тока:

- Г – маховик; М1 – приводной асинхронный короткозамкнутый двигатель; Uг – инвертор;
- Сd – накопительный конденсатор; Е – источник начального заряда; КЕ – зарядный контактор;
- Rт – тормозной резистор; РТ – тормозной регулятор; АБ – аккумуляторная батарея;
- РБ – регулятор аккумуляторной батареи; РМ – регулятор тягового двигателя; М2 – тяговый двигатель;
- ОВ – обмотка возбуждения двигателя М2; В – возбудитель; МТ – механический тормоз;
- К – ведущая колесная пара.

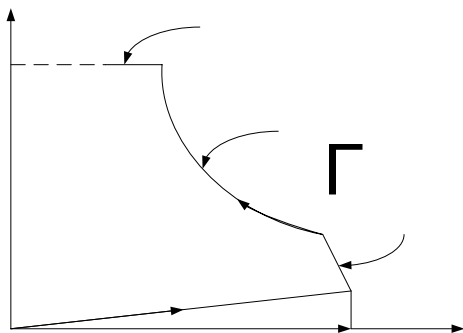


Рис. 2. Тяговая характеристика электропривода гирозэлектромотоцикла на максимальной позиции контроллера N max: U_М, I_М – напряжение и ток М2

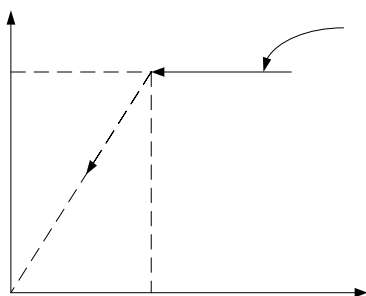


Рис. 3. Тормозная характеристика электропривода гирозэлектромотоцикла на максимальной позиции контроллера N max: U_М – напряжение, генерируемое двигателем М2; F_М – частота вращения М2; F_{М0} – ограничение по возбуждению (I_{ов} – max); F_{М min} – включение механического тормоза МТ.

Во избежание перегрузки электрооборудования далее (на участке ВС) работа протекает при постоянстве потребленной мощности

$$P_M = U_M \cdot I_M = const$$

до момента достижения максимального напряжения U_{Мmax} допустимого в системе.

В режиме торможения напряжение U_М, генерируемое машиной М2 и регулируемое возбуждением, поддерживается постоянным в диапазоне частот вращения ротора М2(скорости) [f_{Мmax}...f_{М0}], что обеспечивает постоянство тормозного тока и, следовательно, постоянство тормозного усилия.

Предлагаемое паллиативное решение – электропривод переменного-постоянного тока – для модернизации существующих приводов проще и дешевле электропередачи переменного тока, использует максимум электрооборудования, установленного на приводе, требует минимум затрат на демонтаж старого и установку нового электрооборудования.

При этом предлагаемая система обеспечивает плавность движения, отсутствие сверх токов заряда-разряда, а также более высокий к.п.д. за счет исключения редуктора.

В схеме отсутствуют контакты, разрывающие цепь под током, что гарантирует требуемый уровень безопасности эксплуатации во взрывоопасных условиях.

Предлагаемая схема электромеханической системы транспортного средства с гибридным источником питания показана на рис. 4.

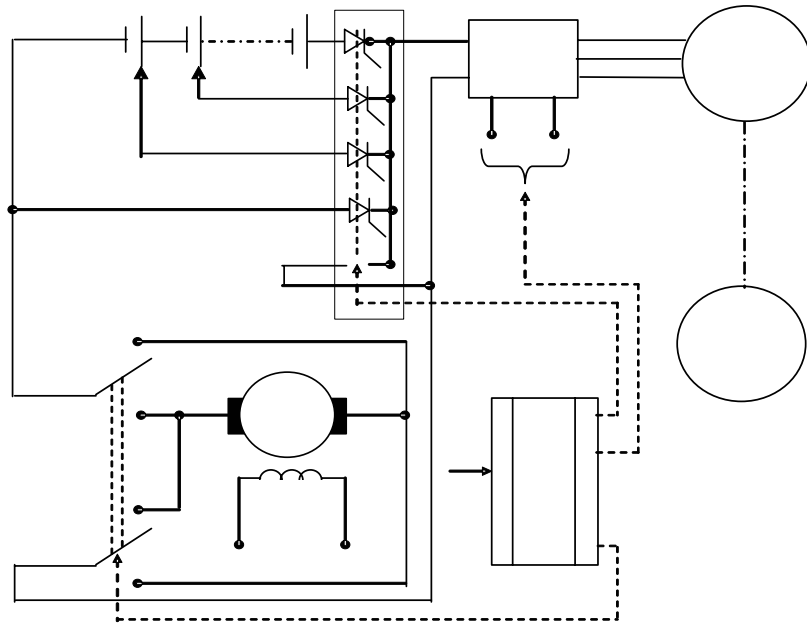


Рис.4. Электромеханическая система тягового средства с гибридным источником питания:

- АБ – секционированная аккумуляторная батарея;
 М – тяговый двигатель постоянного тока с независимым возбуждением;
 ОВ – обмотка возбуждения двигателя;
 R – реверс, служащий для изменения движения “вперед” – “назад”. Реверс может быть установлен и в цепи обмотки возбуждения;
 GS – электрическая обратимая машина (в данном случае синхронная);
 P – контроллер;
 ИН – инерционный накопитель (маховик);
 УИП – управляемый источник питания тяговых электрических двигателей (IGBT-преобразователь).

Если система оборудована синхронной машиной GS, то для управления напряжением можно использовать тиристорные или транзисторные преобразователи. Максимальное напряжение УИП несколько больше напряжения одной секции аккумуляторной батареи,

$K_1 - K_n$ – ключи, предназначенные для включения соответствующих секций АБ в работу,

K_p – ключ, служащий для закорачивания УИП при работе только от АБ с целью уменьшения потерь в цепи источника питания.

Выводы. Предлагаемая синергетическая структура тягового комплекса колесного транспортного средства позволяет реализовать требуемую энергетически оптимальную тяговую характеристику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетичні ресурси та потоки // Під загальною редакцією А.К. Шидловського. – Київ: Українські енциклопедичні знання. 2003. – 472 с.
2. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України // Під загальною редакцією А.К. Шидловського. – Київ: Українські енциклопедичні знання. 2005. – 512 с.
3. Архипов В. Специализированные транспортные средства. Авт. тр. / В. Ахипов, 1989.– N9.– 43 с.
4. Завьялов М.П. Электромобили: состояние и тенденции развития (зарубежный опыт) / М.П. Завьялов.– М.: Информэлектро, 1988.– 23 с. (Электротехническая промышленность).

R