

---

## ТЯГОВИЙ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ З КЕРУВАННЯМ ПО СИСТЕМІ БАГАТЬОХ ОДИНИЦЬ

---

### ВСТУП

Проблеми електроенергозбереження для гірничо-металургійного комплексу України є стратегічно важливою проблемою, котру необхідно вирішувати в найближчі часи і в усіх напрямках цього багатовекторного напрямку [1].

### АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

На підприємствах гірничо-металургійного комплексу України експлуатується понад 3 тисячі двоосних електровозів зійною масою 7-14 кН.

Електровози оснащені неенергоєфективними системами тягових електротехнічних комплексів (ТЕТК) – контактно-резисторними [2]. Існуючі системи підлягають заміні на сучасні з імпульсними системами керування напругою живлення тягових електричних двигунів (ТЕД) [2]. При цьому існує дві альтернативи:

випуск нових електровозів з новими (імпульсними) енергоєфективними системами керування ТЕД;

модернізація існуючого парку електровозів шляхом заміни в умовах гірничих підприємств старих систем ТЕТК на нові, енергоєфективні.

Як показав аналіз вищезгаданих процесів, проведений авторами для умов шахт (рудників) Криворізького залізничного комбінату, модернізація існуючого парку буде коштувати в 5-6 разів дешевше ніж закупівля нових зразків електровозів з новими системами ТЕТК, тим паче що таких, поки що, не існує.

### ЦІЛЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розробка енергоєфективної структури тягового електротехнічного комплексу постійного струму для модернізації існуючого парку промислових двохосьових електровозів.

### МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відомі силові схеми, тягових електротехнічних комплексів постійного струму, в яких регулювання струму двигуна послідовного збудження здійснюється імпульсним перетворювачем, що складається з послідовно-зустрічно з'єднаних головного тиристорного ключа та нульового діода, до якого приєднаний двигун, причому його обмотка збудження підключена через контактори реверсора. Для послаблення, збудження до реверсора з обмоткою збудження використовується індуктивний шунт через контактор послаблення збудження. В режимі гальмування до тягового двигуна, який працює генератором, підключають гальмовий резистор за допомогою гальмового контактора [2]. В багатодвигунному тяговому електроприводі, яким і є привід різних електровозів, ланцюг гальмових резистор-контактор підключають між двома блоками «перетворювач - двигун» [3].

Недоліком таких електроприводів є наявність контакторів, комутуючих ланцюги під струмом, що призводять до зниження надійності та необхідності ретельного догляду за апаратами, що, в свою чергу, призводить до значних експлуатаційних витрат. Пряма заміна контактних елементів безконтактними напівпровідниковими приладами типу IGB-транзисторів вимагає великої кількості останніх, що робить дорожчим пристрій.

Оптимально виглядає пристрій [2]. В ньому прийнято компромісне рішення, - контактори гальмовий та послаблення збудження, які комутують ланцюги під струмом, змінені IGB-транзисторами, а реверсор, що переключає ланцюги без струму, але рідко, залишений контакторним.

Недоліком такої схеми тягового електроприводу є наявність великої кількості контакторів реверсора, що знижує надійність системи.

Технічний результат досягається тим, що імпульсний перетворювач, складений з головних IGB-транзисторів та нульових діодів, які утворюють міст, плечі якого з головними IGB-транзисторами приєднані до одного полюсу моста, а плечі з нульовими діодами приєднані до другого полюсу моста, в свою чергу полюси моста приєднані до виводів розриву тягового ланцюга електроприводу, а між точками з'єднання головних IGB-транзисторів з нульовими діодами включена послідовна обмотка збудження двигуна, утворюючи діагональ моста. Паралельно нульовим діодам приєднані виконавчі елементи реверсора, які закорочують той чи інший нульовий діод в залежності від заданого напрямку струму збудження. В якості виконавчих елементів можуть бути IGB-транзистори або контакти реверсора, що простіше. Крім того, схема має гальмовий ланцюг, що складається з гальмового резистора та гальмового IGB-транзистора.



низьких, швидкостях руху транспортного засобу, оскільки при цьому знижується е.р.с. двигуна, внаслідок чого знижується струм збудження та гальмовий струм.

В основу поставлена задача підвищення ефективності резисторного гальмування транспортного засобу на низьких швидкостях руху, що притаманна рудниковим потягам [2].

Технічний результат досягається тим, що в здвоєному тяговому електроприводі, утвореному двома паралельними тяговими ланцюгами, кожен з яких містить тяговий двигун та імпульсний перетворювач, та гальмовий ланцюг, включений між тяговими ланцюгами, що містить послідовно з'єднані гальмовий резистор та гальмовий IGB-транзистор, паралельно гальмовому резистору підключений додатково введений в схему другий гальмовий IGB-транзистор.

Суть пристрою пояснює принципова схема на рис.3.

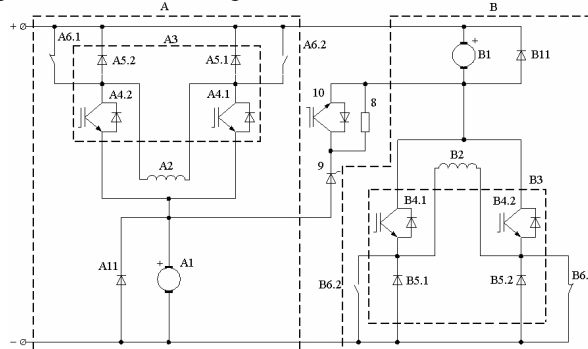


Рис.3. Тяговий електротехнічний комплекс постійного струму двохосьових електровозів з керуванням по системі багатьох одиниць

Схема складається з двох аналогічних блоків А та В, кожен з яких містить тяговий ланцюг з послідовно з'єднаних двигуна та імпульсного перетворювача. Так, блок А містить обмотку якоря А1 двигуна та обмотку послідовного збудження А2, остання включена в діагональ моста імпульсного перетворювача А3, який містить в одній парі плеч головні IGB-транзистори А4.1 та А4.2, а в другій парі - нульові діоди А5.1 та А5.2, які в свою чергу шунтовані контактами А6.1 та А6.2 реверсора. Нульовий діод А7 шунтує обмотку якоря А1. В блоці В ті ж елементи з'єднані по аналогічній схемі тільки у зворотній послідовності. Між середніми точками тягових ланцюгів «а» та «в» включений гальмовий ланцюг з послідовно з'єднаних гальмового резистора 8 та гальмового тиристора 9, в якому паралельно резистору 8 підключений другий гальмовий IGB-транзистор 10.

Робота схеми на рис.3 протікає наступним чином.

В тяговому режимі при русі транспортного засобу «Вперед» замкнутий контакт 6.1 і розімкнутий контакт 6.2 в блоках А та В. При русі «Назад» стан контактів 6.1 та 6.2 змінюється на протилежний. Головні IGB-транзистори 4.1 діють в режимі широтно імпульсної модуляції. Для послаблення збудження двигунів в роботу включаються головні IGB-транзистори 4.2 в режимі широтно-імпульсної модуляції, які періодично шунтують обмотки збудження 2, тим самим задаючи струми збудження менше тягових в обмотках якорей двигунів. В гальмовому режимі включаються перший гальмовий IGB-транзистор 9 та головні IGB транзистори 4.1 постійно та тривало. В процесі гальмування транспортного засобу його швидкість зменшується, отже знижується е.р.с. двигуна та відповідно гальмовий струм. Для підтримання заданого рівня гальмового струму вводять в дію другий гальмовий IGB-транзистор 10 в режимі широтно-імпульсної модуляції з поступовим збільшенням тривалості імпульсу його провідності по мірі зниження швидкості транспортного засобу.

Таким чином, схема здвоєного тягового електропривода дозволяє підтримувати гальмовий струм на заданому рівні на низьких швидкостях транспортного засобу, що підвищує ефективність електричного гальмування. При цьому введення в дію механічного гальмування відбувається на меншій швидкості, ніж в найближчому аналізі, менше зношуються гальмові колодки, що додатково дає відповідну економію.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / А.А. Азарян, Ю.Г. Вілкун, Ю.П. Карленко, Ф.І. Караманиць, В.О. Колосов, В.С. Моркун, П.І. Пілов, В.Д. Сидоренко, А.Г. Темченко, П.Й. Федоренко – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.

[2] Синчук О.Н., Юрченко Н.Н., Чернышев А.А., Синчук И.О., Удовенко О.А., Пасько О.В., Гузов Э.С. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов // Под редакцией доктора технических наук О.Н. Синчука. Научное издание НАН Украины. Институт электродинамики. – К.: 2006. – 250с.

[3] Патент України на корисну модель №37623, МПК В61С 9/00. Тяговий електропривід постійного струму. - № у 200805288; Заявл. 23.04.2008; Опубл. 10.12.2008. – 4 с.

[4] Патент України на корисну модель №39240, МПК В61С 9/00, Н02Р 3/00. Здвоєний тяговий електропривід постійного струму. - № у 200813285; Заявл. 17.11.2008; Опубл. 10.02.2009. – 4 с.