

ШЕСТИВІСНИЙ МАГІСТРАЛЬНИЙ ВАНТАЖНИЙ ЕЛЕКТРОВАЗ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРАНСФОРМАТОРА З ВИСОКОЧАСТОТНОЮ РОЗВ'ЯЗКОЮ ТА АСИНХРОННИМИ ТЯГОВИМИ ДВИГУНАМИ

В роботі запропонована нова перспективна силова схема шестивісного вантажного електроваза подвійного живлення з асинхронними тяговими двигунами із застосуванням проміжного трансформатора з високочастотною розв'язкою. Це дозволить зменшити масу тягового трансформатора в 2,3 рази, усунути проходження імпульсів струму в рейкових колах, а отже вплив на роботу СЦБ і АЛСН. Безпека руху поїздів значно підвищується.

Ключові слова: електроваз подвійного живлення, трансформатор з високочастотною розв'язкою, асинхронний тяговий двигун

В работе предложена новая перспективная силовая схема шестисосного грузового электроваза двойного питания с асинхронными тяговыми двигателями с применением промежуточного трансформатора с высокочастотной развязкой. Это позволит уменьшить массу тягового трансформатора в 2,3 раза, устранить прохождение импульсов тока в рельсовой цепи, а следовательно влияние на работу СЦБ и АЛСН. Безопасность движения поездов значительно повысится.

Ключевые слова: электроваз двойного питания, трансформатор с высокочастотной развязкой, асинхронный тяговый двигатель

Our research offers a new perspective loading pattern of the 12-wheel double-feed freight electric locomotive with the asynchronous tractive motor using an adapter transformer with the high-frequency uncoupler. This will make it possible to decrease the traction-feeding transformer mass 2.3 times, to remove the current pulse advancing on the track circuit and therefore the influence on the work of the ALSE and CBS. So the railway traffic safety will be increased considerably.

Keywords: double-feed freight electric locomotive, transformer with high-frequency uncoupler, asynchronous tractive motor

Останнім часом зафіксовано зростання вантажо- і пасажиропотоку, що вимагає вдосконалення рухомого складу залізниць. З метою підвищення конкурентоспроможності залізниць, у порівнянні з іншими видами транспорту, потрібно підвищувати прискорення і швидкість поїздів, для чого необхідно підвищувати потужність електроваза з одночасним зменшенням його маси, для зменшення впливу на колію.

Особливо гостро стоїть вирішення цієї суперечної задачі для електровазів подвійного живлення, які доцільно будувати на залізницях України з метою ліквідації витрат часу при зміні електровазів у місцях стикування контактних мереж постійного струму напругою 3 кВ з мережею змінного струму на 25 кВ, також зменшення експлуатаційних витрат.

В кінці 80-х років спеціальна комісія Міжнародного союзу залізниць (МЗС) дослідила економічну ефективність використання багатосистемного ЕРС Європи і дійшла наступних висновків [1]:

- Економічна ефективність застосування багатосистемного рухомого складу досягається в першу чергу, за рахунок скорочення числа локомотивів в порівнянні з односистемними на 15...20 %;
- Досягається економія за рахунок відмови від зупинок для зміни локомотивів не менше 30 хв;
- Зменшується кількість локомотивних бригад.

Останнім часом НВО «Електровазобудування» випускає чотирьохвісні електровази змінного струму з асинхронними тяговими двигунами (АТД) ДСЗ (рис. 1) [2].

В силових схемах цих електровазів застосовується чотирьох квадрантний випрямляч який являє собою з'єднувальне коло тягового перетворювача з контактною мережею через головний трансформатор.

Напруга проміжного контура вища, ніж напруга вторинної обмотки трансформатора. Це досягається почерговим замиканням вторинної обмотки трансформатора силовими IGBT-

транзисторами і підключенням проміжного контуру до конденсаторів. При цьому виникають пульсації струму з піковими значеннями, які передаються через головний трансформатор в рейкове коло і можуть вплинути на роботу СЦБ і зв'язку.

За рахунок високої індуктивності розсіювання трансформатора і частоти пульсація струму згладжується і тим самим, зменшуються пікові значення струму.

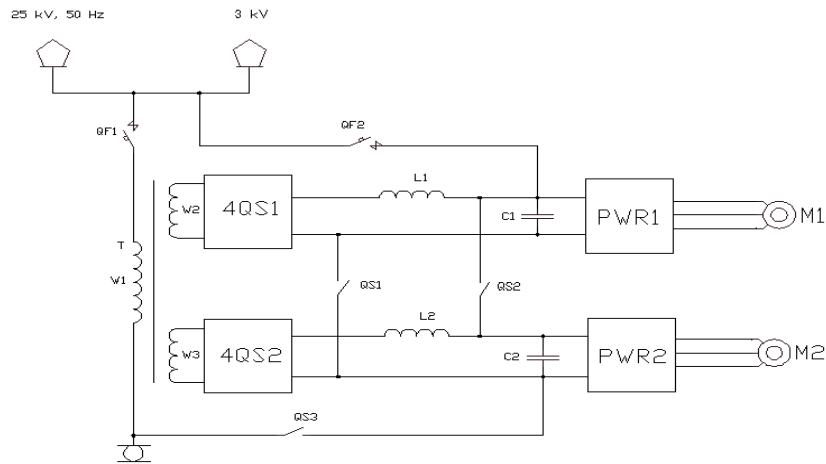


Рис. 1. Силова схема на базі електровоза ДСЗ

Тяговий перетворювач 4QS зменшує паразитні струми додатково тим, що усі 4QS тактуються зі зміщенням. Проте повністю ліквідувати шкідливі пульсації струму на діючому рухомому складі не вдається.

В сучасних силових схемах ЕРС до проміжного кола постійної напруги вмикаються два або три 4QS працюючих зі зміщенням, що ускладнює і збільшує вартість електровозу.

Крім того, вхідний трансформатор працює з промисловою частотою 50 Гц, тому маса трансформатора велика і на електровозі ДСЗ складає 8370 кг.

Відомо, що рейкові кола одночасно використовуються в системах автоматики і автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС), а також для пропуску зворотного тягового струму на електрифікованих ділянках залізниць. Тому дія завод, які генерує рухомий склад, не повинна впливати на роботу автоматики і АЛС.

Для того, щоб більш детально розглянути вплив перешкод, що генеруються електрорухомим складом, на роботу СЦБ необхідно розглянути схему проходження зворотного струму до тягової підстанції (рис. 2).

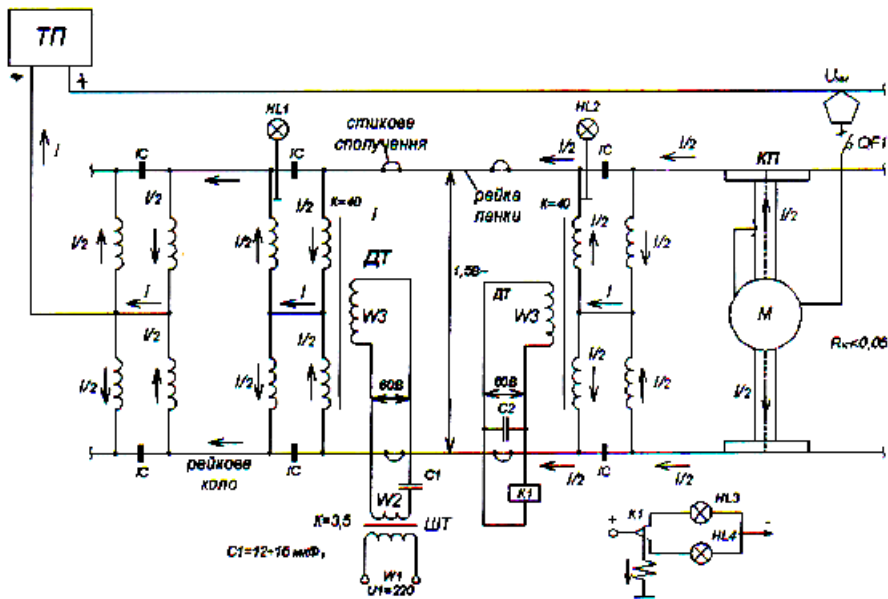


Рис. 2. Схема проходження зворотного струму до тягової підстанції

У рейковому колі можуть бути виділені три складові частини: кінець, на якому знаходиться вся апаратура, що живить рейковий ланцюг і виконує деякі інші функції; рейкова лінія, обмежена по кінцях рейкового кола ізолюючими стиками і використовується для передачі електричного струму від джерела до приймача, тобто рейкова лінія є об'єктом контролю рейкового кола; релейний кінець, де розташовані шляхове реле і інша апаратура, необхідна для роботи шляхового реле.

Напряга з вторинної обмотки трансформатора ШТ подається на додаткову обмотку дросель-трансформатора ДТ. На основній обмотці ДТ індукуються напруга, яка у К раз менше, ніж на додатковій обмотці (відповідно до коефіцієнта трансформації дросель-трансформатора). У контурі, який складається з основних обмоток ДТ живлячого і релейного кінців, а також рейкових ниток, протікає струм. На додатковій обмотці ДТ релейного кінця індукуються напруга, рівна 50-60 В. Шляхове реле притягає сектор у верхнє положення і замикає фронтіві контакти.

Замикання фронтіві контактів шляхового реле є ознакою вільності шляхової ділянки в межах рейкового кола.

При вступі потягу на ізолювану ділянку, рейкове коло шпунтується. Струм в рейковому колі починає замикатися в основному через колісні пари. В шляховому реле струм різко падає. В результаті рухомий контакт реле, під дією пружини, опускається в нижнє положення, розмикаючи фронтіві контакти і замикаючи тилові. Розмикання фронтіві контактів шляхового реле є ознакою наявності на рейковому колі перешкоди для руху.

Рейкову лінію використовують для каналізації зворотного тягового струму. Для живлення електродвигунів рухомого складу М електричний струм проходить через струмоприймачі Т. Зворотний тяговий струм протікає з колісних пар в обидві рейкові нитки і проходить по ним до межі рейкового ланцюга - до ізолюючих стиків. На кінці рейкового ланцюга струм з кожної рейкової нитки потрапляє у відповідну напівобмотку дросель-трансформатора ДТ і через середню точку переходить в наступне рейкове коло. У дросель-трансформаторі наступного рейкового кола струм розгалужується в напівобмотці рівними частками і протікає в кожну рейкову нитку. Відведення зворотного тягового струму на тягову підстанцію здійснюється по кабелю, який підключається до шини, що сполучає середні точки дросель-трансформаторів суміжних рейкових кіл.

Струм протікаючи в електричних колах електровоза не являється ідеально синусоїдальним. Струм має пульсації, а отже і має вищі гармоніки.

За дослідними даними було встановлено вплив зворотного тягового струму на електрифікованих ділянках залізниці на роботу автоматики і автоматичної локомотивної сигналізації, а саме вплив різних частот гармонік, що генеруються електрорухомим складом. В результаті було встановлено, які саме частоти є заважаючими, а які небезпечними для роботи СЦБ, а також було визначено допустимий рівень перешкод тягового струму електровоза. Дослідні дані наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Дослідні дані

Частота сигнального струму, Гц	Гранична частота полоси пропускання, Гц	Допустимий рівень перешкод тягового струму електровоза еф, А	Вид заважаючого впливу на рейкові кола
25	19...21	4	заважаючі
	21...29	1	небезпечні
	29...31	4	заважаючі
50	42...46	5	заважаючі
	46...54	1,3	небезпечні
	54...58	3	заважаючі
75	69...71	4	заважаючі
	71...79	1	небезпечні
	79...81	4	заважаючі
175	167...432	0,4	заважаючі

Тобто, найбільш небезпечні перешкоди частотою 50, 75, 100 Гц для колійного реле перегінного рельсового кола 50 Гц, які можуть призвести до його помилкового спрацювання [5].

В результаті проведення дослідів виявлено, що несинусоїдальність струму в рельсових колах в значній мірі викликано роботою нелінійних перетворювачів ЕРС та несинусоїдальністю напруги в контактній мережі. Наявність тих або

інших вищих гармонік в складі зворотного тягового струму обумовлена алгоритмом керування інвертором та швидкістю руху локомотива.

Для усунення зазначених недоліків (вплив шкідливих імпульсів ЕРС, що генеруються, на роботу СЦБ) запропонована нова перспективна схема силового кола з АТД (рис. 3).

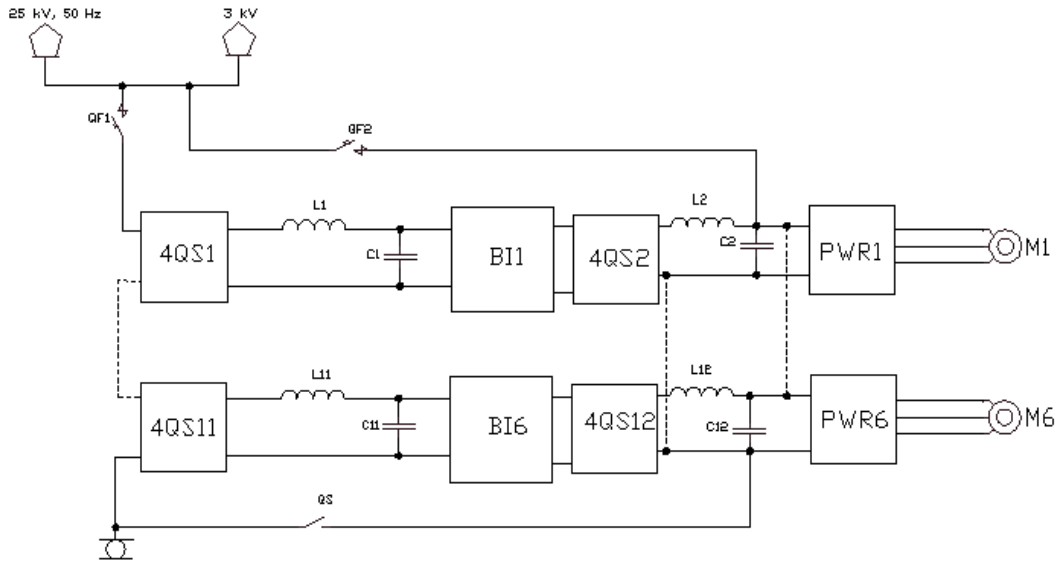


Рис. 3. Силова схема електровоза подвійного живлення з високочастотною розв'язкою трансформатора

Напруга яка поступає від контактної мережі спочатку випрямляється перетворювачем 4QS1 за допомогою LC згладжується і поступає в блок інвертора, де вона перетворюється знову в змінну напругу, але більш високої частоти (1000 Гц). Блок інвертора складається з перетворювача високої частоти і трансформатора. Для того щоб знизити напругу на елементах блока інвертора (БІ), необхідно послідовно включити шість вхідних перетворювачів, кожен

з яких буде жити своє плече тягового перетворювача (ТП). Таке включення дає надійність роботи схеми (при виході з ладу одного плеча тягового перетворювача, п'ять працюючих дадуть змогу локомотиву залишатися в працездатному стані).

Раніше вже була запропонована структурна схема електровоза подвійного живлення з високочастотною трансформаторною розв'язкою (рис. 4) [4].

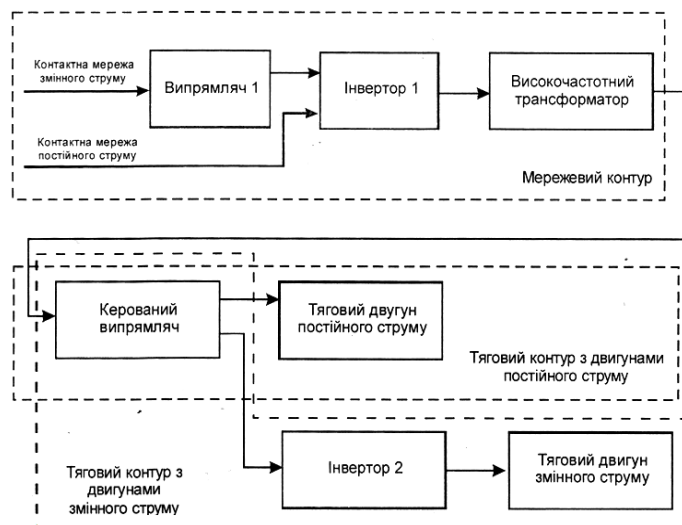


Рис. 4. Структурна схема перспективного електровоза

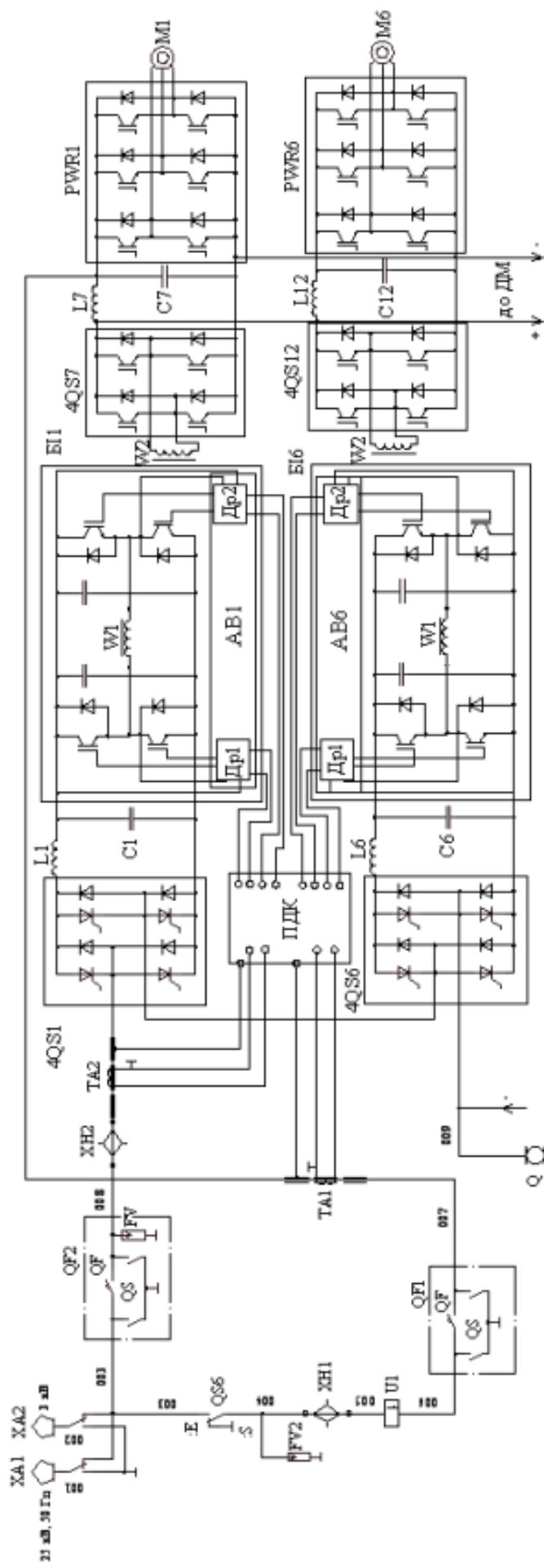


Рис. 5. Силовая схема

Проте пропонована нами принципова схема (див. рис. 3) відрізняється від структурної схеми зображеної на рис. 4 наступними змінами:

- для здійснення рекуперативного гальмування (інвертування) замість вхідного випрямляча В1 встановлюється чотирих квадрантний перетворювач 4QS;

- замість керованого випрямляча КВ встановлюється чотирих квадрантний перетворювач 4QS для підтримання постійності напруги на проміжній ланці постійного струму, а також для здійснення рекуперативного гальмування на електровозі.

Необхідно відмітити, що керований випрямляч (див. рис. 4) необхідний для плавного регулювання випрямленої напруги на колекторних тягових двигунах пульсуючого струму, а не для регулювання напруги на інверторі 2. В теперішній час інвертор 2 автоматично регулює напругу і частоту для живлення асинхронних тягових двигунів в залежності від швидкості руху електровоза.

Крім того, недоцільно подавати напругу 3 кВ на інвертор 1 (див. рис. 4). При застосуванні асинхронних тягових двигунів необхідно відразу подавати 3 кВ на інвертор 2, як це передбачено в запропонованій схемі (див. рис. 3)

Із порівняння вищевказаних схем слідує, що пропонована схема (див. рис. 3) має значні переваги над схемою, зображеною на рис. 4, тому взята за основну як найбільш раціональна.

Як приклад, силова схема шестивісного магістрального вантажного електровоза подвійного живлення із застосуванням проміжного трансформатора з високочастотною розв'язкою

і з асинхронними тяговими двигунами показана на рис. 5.

В порівнянні з діючими силовими схемами електровозів пропонована нова схема (див. рис. 3) має наступні переваги:

1. Відсутні протікання в колі зворотного струму імпульсів струму (перешкод), і завдяки цьому не впливає на роботу СЦБ і АЛСН, що значно підвищує безпеку руху поїздів.

2. Завдяки високій частоті подачі вхідної напруги (1000 Гц замість 50 Гц) масу тягового трансформатора можна знизити в 2,3 разу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Литовченко, В. В. Современные магистральные электровозы [Текст] / В. В. Литовченко // Локомотив. – 1999. – № 1. – С. 6-12.
2. Чистяк, В. Г. Магістральний вантажо-пасажирський електровоз змінного струму ДС-3 [Текст] / В. Г. Чистяк // Киев. Локомотивинформ. – 2006. – № 1. – С. 14-15.
3. Махмутов, К. М. Устройства интервального регулирования движения поездов на железнодорожном транспорте [Текст] / К. М. Махмутов. – М.: Транспорт, 1986. – 350 с.
4. Дубінець, Л. В. Структурна схема перспективного електровозу подвійного живлення [Текст] / Л. В. Дубінець, Г. М. Чілікін, А. М. Муха. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – 3 с.
5. Миргородская, А. И. Электромагнитная совместимость подвижного состава с рельсовыми цепями [Текст] / А. И. Миргородская, В. И. Гаврилюк // Тезисы 1-й Межд. науч.-практ. конф. – Днепропетровск, 2007.

Надійшла до редколегії 11.10.2010.

Прийнята до друку 14.10.2010.