**Фалалєєв Микола Іванович. Підвищення ефективності електропоїздів змінного струму використанням електропередачі зі змінною структурою : Дис... канд. наук: 05.22.09 – 2009**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Фалалєєв М.І. Підвищення ефективності електропередачі електротранспорту з використанням схем із змінною структурою у головному колі. - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 - електротранспорт. - Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2009.  Дисертація присвячена питанням, направленим на подальший розвиток теорії вентильних електроприводів для електропередачі електротранспорту з двигунами постійного і змінного струму.  В результаті досліджень науково обґрунтовано можливість підвищення ефективності використання устаткування електропередачі приміського електротранспорту з використанням вентильних електроприводів із змінною структурою силової схеми за рахунок зменшення встановленої потужності і підвищення коефіцієнту корисної дії електропередачі.  Вперше одержано аналітичні залежності для визначення встановленої потужності устаткування джерела живлення від параметрів силового кола електропоїздів з двигуном постійного струму і змінною структурою вентильної частини схеми. Також вперше розроблено імітаційні моделі електропередачі з 4q-S перетворювачами і одержано раніше невідомі залежності струму рекуперації від параметрів схеми електропередачі. | |
| |  | | --- | | На основі проведених експериментальних та теоретичних досліджень у дисертаційній роботі вирішена важлива науково-технічна задача підвищення ефективності електропоїздів змінного струму із змінною структурою електроприводів, яка полягає у встановленні взаємозв'язку параметрів устаткування з необхідними технічними характеристиками електропередачі електропоїздів змінного струму і дозволяє підвищити ефективність використання устаткування електропередачі із змінною структурою силової схеми за рахунок зменшення встановленої потужності устаткування і підвищення ККД електропередачі. Основні наукові результати та висновки дисертації полягають у наступному:  1. За два останні десятиліття локомотиви, що експлуатуються на Україні, не одержали серйозних технічних удосконалень і характеризуються показниками, які застаріли по багатьох технологічних і експлуатаційних параметрах. Тому актуальною стає задача підвищення експлуатаційних характеристик при модернізації і створенні нових локомотивів.  2. Не зважаючи на численні дослідження впливу вентильних приводів і перетворювачів на живлячу мережу (коефіцієнт зрушення, коефіцієнт спотворення, які характеризують коефіцієнт потужності, комутаційні провали в напрузі живлячої мережі), кожна нова схема електроприводу, з урахуванням різноманіття конфігурацій перетворювачів і параметрів живлячої мережі, вимагає детального дослідження з метою виявлення специфічних режимів і підвищення ефективності як електроприводу в цілому, так і використання його електроустаткування.  3. Найменш дослідженими є електропередачі, що використовують силові схеми із змінною структурою вентильних перетворювачів. Аналіз схем вентильних перетворювачів для електроприводів із змінною структурою силового кола показав перспективність їх застосування. Використання перемикання з паралельного з'єднання випрямних мостів на послідовне дозволяє для електроприводів з серієсним двигуном істотно понизити встановлену потужність трансформатора.  4. За допомогою методів комп'ютерного моделювання і розроблених імітаційних моделей з'явилася можливість проводити дослідження досить складних схем з повнішим обліком параметрів схеми електроприводу (перетворювача).  5. Показано, що:  - у разі використання серієсного тягового двигуна з відносним падінням напруги в колі постійного струму (0,05-0,1)Uном встановлена потужність вентильних обмоток трансформатора можливо зменшити в 1,2-1,4 рази;  - у діапазоні швидкостей від 0 до 0,5 Vном за рахунок зниження напруги відбувається зниження додаткових втрат в двигуні в 2 рази, в R-C-колі імпульсних перетворювачів в 4 рази;  6. Поліпшити ефективність потужних електроприводів можливо створенням систем вентильного електроприводу із змінною структурою, не тільки зміною вентильної частини, але і зміною алгоритмів управління перетворювача.  7. Розроблено розрахункову схему імітаційної моделі 4q-S перетворювача і виконано комп'ютерні дослідження електромагнітних процесів у випрямному і рекуперативному режимах роботи стосовно електропередачі електропоїзда змінного струму. З її допомогою отримано наступні результати:  - проведено дослідження впливу на ЕДС інвертора (напруга в ланці постійного струму) і індуктивності вхідного реактора на величину струму рекуперації і амплітуд струму в обмотках трансформатора;  - отримано раніше невідомі залежності струмів і напруги для двох алгоритмів управління (синусоїдальною ШІМ і суцільним імпульсом обмеженої тривалості), визначено прийнятні зони зміни кутів управління керованих ключів;  - проведено аналіз сумісності 4q-S перетворювача з мережею для різних режимів (випрямлення і рекуперація) з вхідними фільтрами вищих гармонік і без них;  - проведено порівняльний аналіз алгоритмів і режимів роботи 4q-S перетворювача, в результаті якого показано перевагу режиму «прозорого» перетворювача, що забезпечує підвищення ефективності використання устаткування електропередачі за рахунок використання режиму роботи із змінною структурою силової схеми і використання вхідних фільтрів третьої гармоніки.  8. Зроблена порівняльна оцінка схем безконтактного перемикання мостів з паралельного з'єднання на послідовне з рядом існуючих схем електропередач електропоїздів змінного струму показала їх істотні техніко-економічні переваги.  9. Одержані аналітичні залежності встановленої потужності трансформатора і вентильної частини схеми від параметрів якірного кола для електропередачі з серієсними двигунами постійного струму показали, що для електропередачі з серієсним двигуном при падінні напруги в якірному колі до (0,05-0,1)Uном встановлена потужність трансформатора зменшується в 1,2-1,4 рази, а відносна встановлена потужність напівпровідникових приладів в 1,33 рази.  10. Аналітичні дослідження роботи 4q-S перетворювачів в режимах випрямляння і рекуперації дозволили виявити особливості роботи фільтрів вищих гармонік і одержати наближені аналітичні вирази для визначення:  - пульсації напруги на конденсаторі фільтру другої гармоніки у функції допустимих пульсацій на фільтрі ланки постійного струму, частоти модуляції і параметрів вхідних фільтрів вищих гармонік;  - амплітуди пульсацій вхідного струму 4q-S перетворювачів залежно від амплітуди допустимих пульсацій на конденсаторі фільтру і параметрів вторинного кола трансформатора (L) і фільтру (С).  Встановлено, що відносна величина пульсацій напруги на конденсаторі (струму в індуктивності) фільтру другої гармоніки пропорційна відношенню частоти модуляції до частоти фільтру другої гармоніки. Показано, що величина цих пульсацій в реальних схемах перетворювачів може в 4-5,5 рази перевищувати амплітуду пульсацій напруги на фільтрі ланки постійного струму.  Порівняльний аналіз алгоритмів управління 4q-S перетворювачем (синусоїдальною модуляцією ШІМ і режим «прозорого» перетворювача) показав, що використання алгоритму «прозорого» перетворювача забезпечує на 14 % більший струм рекуперації при однакових параметрах схеми і зменшення встановленої потужності реакторного устаткування в 1,14 рази, а конденсаторного устаткування в 1,3 рази при однаковому струмі рекуперації.  11. Аналіз електромагнітної сумісності 4q-S перетворювача з мережею для різних режимів роботи, алгоритмів управління і наявності вхідних фільтрів вищих гармонік показав, що у разі застосування одиночного 4q-S перетворювача найбільш прийнятним режимом є робота перетворювача із змінною структурою (роздільно працюють випрямляч в двигунному режимі, а інвертор (4q-S) в режимі «прозорого» перетворювача) при рекуперації з установкою вхідного фільтру третьої гармоніки.  12. Проведено дослідження впливу напруги в зоні постійного струму (ЕРС інвертора) і індуктивності вхідного реактора на величину струму рекуперації. Встановлено, що збільшення індуктивності вхідного реактора зменшує струм рекуперації.  13. Необхідність компенсації вищих гармонічних зв'язана, перш за все, з особливістю роботи 4q-S перетворювача при навантаженнях нижче 0,5 Iном, коли коефіцієнт спотворення струму або напруги різко знижується, а коефіцієнт потужності змінюється в межах від 0,1 до 0,8. Цей режим роботи випрямляча характерний при розгоні електропоїзда і його роботі при швидкостях нижче 0,5 . Оскільки електропоїзди працюють в режимі частих пусків і зупинок, то вплив цих режимів стає істотним і вимагає свого рішення. Тобто необхідність використання фильтро-компенсуючего пристрою викликана вимогою забезпечення коефіцієнта потужності і коефіцієнта спотворення в живлячій мережі з метою зниження перешкод в лініях зв'язку і сигналізації, а також втрат в живлячій мережі.  14. Науково обґрунтовано можливість підвищення ефективності використання устаткування електропередачі приміського електротранспорту з використанням електроприводів із змінною структурою силової схеми за рахунок зменшення встановленої потужності устаткування і підвищення ККД електропередачі. | |