

переході через синхронну швидкість обертання автоматично змінюється чергування фаз в роторі АМФР (рис. 9).

4. Струм ротора АМФР (а відповідно і струм статора) в усталеному режимі містить високочастотні пульсації, зумовлені наявністю гістерезисних регуляторів (ширина гістерезису в цьому випадку становить 0.5А). Це спричиняє пульсацію електромагнітного моменту АМФР.

Висновки

1. Запропонований спосіб керування напругою живлення ротора асинхронної машини забезпечує регулювання швидкості асинхронної машини вище і нижче від синхронної, в режимах генератора і двигуна, з забезпеченням необхідного коефіцієнта потужності.

2. Запропонована структура системи керування забезпечує у всіх режимах коефіцієнт потужності, що дорівнює одиниці через збудження машини струмом ротора і компенсації струмами ротора реакції статора.

3. Запропонований алгоритм керування є інваріантним відносно частоти напруги живлення мережі.

1. Пересада С.М., Шаповал И.А. Управление моментом и реактивной мощностью асинхронной машины двойного питания на основе косвенной ориентации по вектору потокосцепления статора // Технічна електродинаміка. – 2002. – № 6. 2. Плахтина Е.Г. Математическое моделирование электромашино - вентильных систем. – Львов, 1986. 3. Плахтина О.Г., Мазепа С.С., Куцик А.С. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи. – Львів, 2002.

УДК 621. 311: 621. 314. 632: 621. 331

М.М. Пулін, О.І. Скрипник

Національний університет “Львівська політехніка”
кафедра електричних систем та мереж

ПРОБЛЕМИ ПЕРЕМИКАННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ З ВИПРОСТУВАЛЬНОГО РЕЖИМУ В ІНВЕРТОРНИЙ І НАВПАКИ

© Пулін М.М., Скрипник О.І., 2003

Виконано аналіз проблем перемикання тягової підстанції з випростувального режиму в інверторний і навпаки. Виявлені істотні недоліки існуючих способів такого перемикання. Запропоновано для перемикання перетворювача з випростувального в інверторний режим давачем інформації використовувати ефект зменшення практично до нуля струму фільтра вищих гармонік, а для зворотного перемикання використовувати ефект появи струму на вторинній обмотці трансреактора, який підключений послідовно в коло постійного струму перетворювача.

The analysis of such issue as switching a traction substation from rectifying mode into inverting one and vice versa has been made. Essential drawbacks of existing ways to switch were discovered. The following solution was proposed: to use the effect of

diminishing the higher harmonic filter current up to complete disappearance to switch a transformer from rectifying into inverting mode by means of information supplier and use the effect of current appearance in the secondary of transformer, that is series connected to the line of rectified current transformer, for the reverse switching.

Постановка проблеми

Характер електричних навантажень у системі живлення контактної мережі є різко нерівномірним як по кількості навантажень, їх величині, так і по місцю їх прикладання. На гірських електрифікованих ділянках залізниць для економії електроенергії, зменшення витрат на гальмівні пристрої та підвищення безпеки руху застосовують рекуперативне гальмування. У разі застосування пневматичних гальм поїзд витрачає накопичену ним енергію на нагрівання та зношення гальмівних колодок і бандажів. Таке гальмування призводить до значних витрат металу та втрат енергії. Електричні двигуни можуть працювати в генераторному режимі й накопичена енергія буде перетворюватись в електричну. Отже, появляється рухоме джерело енергії, яке розвантажує випростувальні агрегати підстанцій і підвищує напругу в тяговій мережі, тим самим покращує умови роботи електровозів, які працюють у тяговому режимі. Одночасно зменшуються втрати енергії в мережі змінної напруги [1].

Для надійного електричного гальмування необхідно в будь-який момент мати споживача, готового прийняти ту кількість енергії, яка необхідна на гальмівні зусилля.

При рекуперативному гальмуванні електрична енергія, що генерується тяговими двигунами, передається через тягову мережу споживачам (передусім електровозам, що працюють у тяговому режимі); значить при рекуперації електровоз працює паралельно з перетворювачами тягових підстанцій.

Найекономічнішим під час рекуперації є режим, коли вся генерована електровозом енергія передається електровозам, що працюють у режимі тяги.

Всі випростувально-інверторні перетворювачі, встановлені на тягових підстанціях мають можливість перемикатись з одного режиму в інший. Вентилі і трансформатори, які працюють у випростувальному режимі, у разі появи в тяговій мережі надлишкової енергії рекуперації перемикаються в інверторний режим.

Аналіз останніх досліджень

На теперішній час перемикання підстанції з випростувального режиму в інверторний і навпаки здійснюється по значенню випрямленої напруги підстанції (перемикання в інверторний режим здійснюється при напрузі контактної мережі 3.75 кВ, а у випростувальний – при напрузі нижче 3,4 кВ [2]). Перемикання підстанції за значенням напруги має такі недоліки:

1. Нестабільність уставок напруги перемикання за рахунок зміни напруги на шинах 10 кВ. Уставки напруги для перемикання перетворювальних агрегатів з випростувального режиму в інверторний і навпаки розраховані для напруги 10.5 кВ. Точне підтримання напруги за допомогою пристроїв РПН неможливе.

2. У випадку малої кількості поїздів можливий варіант довгочасного інверторного режиму на одній з підстанцій, коли сусідні підстанції працюють у випростувальному режимі. Цей процес триває доти, поки електровоз, який працює в режимі тяги не посадить напругу, щоб перевести підстанцію у випростувальний режим.

Тривалий інверторний режим підстанції є не економічним з таких причин:

- Інверторний режим під час роботи з малими струмами є не економічним, за рахунок великого споживання реактивної потужності та значних гармонійних складових струмів.
- Ускладнюється робота струмового захисту контактної мережі, за рахунок появи зони нечутливості автоматів. Коли підстанція працює в інверторному режимі, вона не живить коротке замикання. КЗ живить підстанція, яка працює у випростувальному режимі. На інверторній підстанції працюватиме потенційний захист, час спрацювання якого значно більший, ніж час відключення автоматів постійного струму. Збільшена тривалість короткого замикання може призвести до значних негативних наслідків (обрив контактного проводу, пробиття вентилів тощо).
- Через випростувач, який працює у неробочому режимі, протікає незначний струм, який визначається струмом намагнічення осердя трансформатора. Через перетворювач, що працює в інверторному режимі, близькому до неробочого ходу, протікає перервний струм, який має несинусоїдну форму. Це спричиняє додаткові втрати в осерді трансформатора. Цей режим характерний споживанням значної реактивної потужності, величина якої більша, ніж у випростувальному режимі.
- За рахунок більшого коефіцієнта гармонійних складових спотворюється форма кривої напруги на шинах 10 кВ.
- Необхідне часте налагодження вставок давачів напруги.
- Необхідне також блокування за струмом для зменшення циклів перемикання агрегатів з режиму в режим.

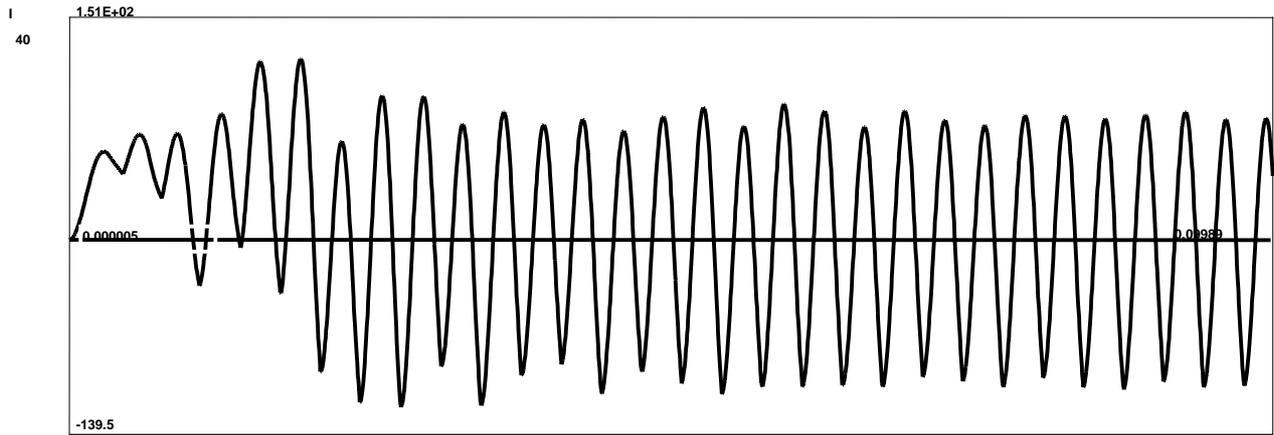
Електровоз, який працює в генераторному режимі і знаходиться на значній відстані від інверторної підстанції, не може підтримати напругу на її шинах, значення якої відповідає роботі в інверторному режимі. Значення напруги на електровозі не може бути постійним (різна швидкість руху, а струмом збудження генераторів неможливо забезпечити дотримання стабільної напруги в необхідних межах). У таких випадках можливе часте перемикання підстанції з режиму в режим, хоча необхідна неперервна робота в інверторному режимі. Кількість циклів переведення автоматів з режиму в режим досягає 30 перемикань на добу, що призводить до зношення механічних частин та блокувальних контактів, нечітка робота яких призводить до аварійного режиму. Така довга тривалість струму ввімкнення призводить до нагрівання котушки вмикання та можливого перекриття ізоляції, попадання високої напруги в кола керування.

Постановка завдання

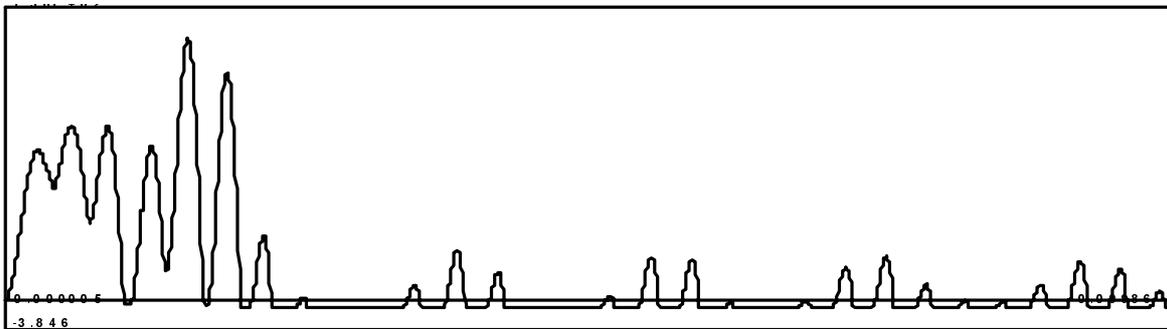
Інверторний режим підстанції є необхідним до того часу, доки електровоз працює в рекуперативному режимі. Інверторний режим підстанції за відсутності такого електровоза є не бажаним. У цьому випадку відбувається перекачування енергії з підстанції, яка працює у випростувальному режимі, на підстанцію, яка працює в інверторному режимі, через контактну мережу 3.3 кВ. Вся проблема полягає в тому, що необхідно точно відрізнити, коли відбувається живлення інверторної підстанції від електровоза чи сусідньої підстанції.

Виклад основного матеріалу дослідження

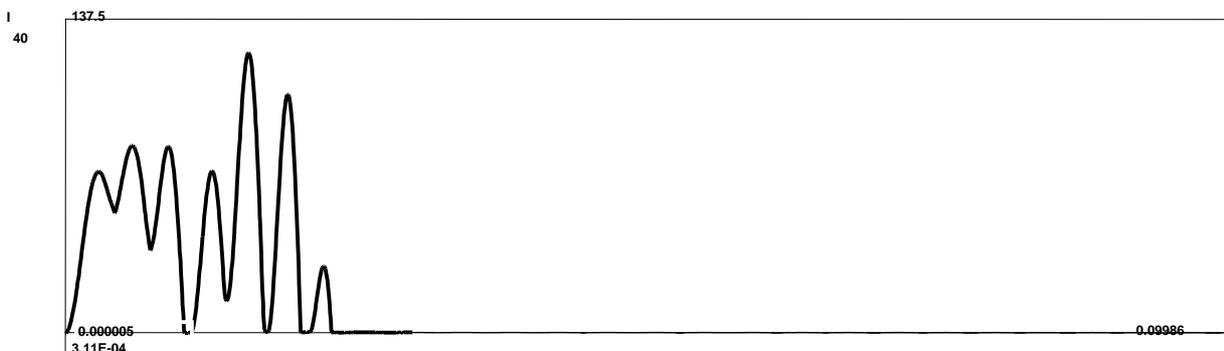
Для вирішення цієї проблеми пропонується використати давачі, встановлені в фільтрових пристроях підстанцій. На тягових підстанціях встановлені фільтрові пристрої, які являють собою послідовно з'єднані конденсатор та індуктивність, що вмикаються між додатною і від'ємною шиною випрямленої напруги. Коли підстанція працює в режимі випростувача, через фільтр протікає певне значення струму (рисунок, а). В режимі малих значень струму випростувача через фільтр протікає незначний струм (рисунок, б).



а



б



в

Струм фільтра вищих гармонік в різних режимах роботи перетворювача:

*а – номінальний режим $i=f(t)$ ($I=2000A$); б – режим, близький до неробочого $i=f(t)$;
в – режим підвищення напруги контактної мережі і закриття випростувача $i=f(t)$*

Коли значення напруги електровоза перевищує значення випрямленої напруги випростувачів підстанції, вентиля випростувача закриваються, практично зникають пульсації напруги контактної мережі, і значення струмів випростувача та фільтра починають дорівнювати нулю (рисунк, в). У цей момент доцільно перевести підстанцію з випростувального режиму в інверторний.

Звичайно в інверторному режимі значення струму вищих гармонік значно більше порівняно з випростувальним режимом.

Коли електровоз завершує рекуперацію, значення струму інвертування зменшується. При значному зменшенні значення цього струму, в інверторі почне протікати перервний струм. Наявність перервного струму можна використати для перемикання підстанції з інверторного режиму у випростувальний.

Для виявлення перервного струму, на виводах інвертора встановимо трансреактор, який трансформує лише змінну складову первинного струму. У режимі перервного струму на виводах вторинної обмотки трансреактора з'явиться напруга, яку можна використати для виявлення режиму перервного струму і здійснити перемикання підстанції з інверторного режиму у випростувальний.

Коли випростувач підстанції виконаний на тиристорах можливе перемикання підстанції з випростувального режиму в інверторний за допомогою зняття імпульсів, щоб не перемикали вимикачами.

Висновки

Враховуючи істотні недоліки існуючих методів перемикання підстанції з випростувального режиму в інверторний і навпаки на підставі моделювання режимів перемикання пропонується таке:

- Для перемикання перетворювача з випростувального в інверторний режим давачем інформації використовуємо ефект зменшення практично до нуля струму фільтра вищих гармонік, підключеного до контактної мережі.
- Для зворотного перемикання використовуємо ефект появи струму на вторинній обмотці трансреактора, який підключений послідовно в коло випростаного струму перетворювача.

1. Соколов С.Д., Бей Ю.М., Гуральник Я.Д. Полупроводниковые преобразовательные агрегаты тяговых подстанций. – М., 1979. – 262 с. 2. Давыдова И.К., Попов Б.И., Эрлих В.М. Справочник по эксплуатации тяговых подстанций и постов секционирования. – М., 1978. – 412 с.