

Дрючин О.О., Рудик А.В., Возняк О.М.

Вінницький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В МЕРЕЖАХ ВТОРИННОГО ЖИВЛЕННЯ

Потужні приводи постійного струму, які застосовуються на електротранспорті, в більшості випадків отримують енергію після перетворення змінної напруги первинної мережі в постійну за рахунок багатофазного випрямлення. Вторинна обмотка трансформатора, випрямляч і декілька споживачів утворюють вторинне коло, яке гальванічно розв'язане від первинної мережі. Таке розв'язання ускладнює зворотну передачу енергії від вторинного кола до первинного джерела, тобто рекуперацію. Таким чином, підвищення енергетичної ефективності вторинного кола без кардинальних змін вузлів перетворення можливо тільки шляхом зменшення загальної енергії споживання за рахунок взаємного перерозподілу енергії, що повертають споживачі, найбільшу частину якої складає енергія при гальмуванні двигунів постійного струму (ДПС).

Ефективне керування процесом гальмування ДПС передбачає одночасне розв'язання задач підтримки постійного струму гальмування I_1 , гарантії безпечних режимів елементів електроприводу і максимальну передачу енергії в коло вторинного живлення [1]. При імпульсному керуванні режимом гальмування струм I_1 встановлюється замиканням обмоток ДПС протягом інтервалу часу t_i , який визначається початковим струмом I_0 і еквівалентними параметрами двигуна L_E та r_E і кола ключа [1]. Передача енергії здійснюється під час паузи t_p , тривалість якої

$$t_p = T - t_i = T(1 - \gamma), \quad (1)$$

де T – період комутації; $\gamma = t_i/T$ – коефіцієнт заповнення.

При постійному струмі гальмування енергія W_H , що передається до інших споживачів, залежить від тривалості паузи t_p і їх еквівалентного опору R_E

$$W_H = I_1^2 R_E (1 - \gamma) T. \quad (2)$$

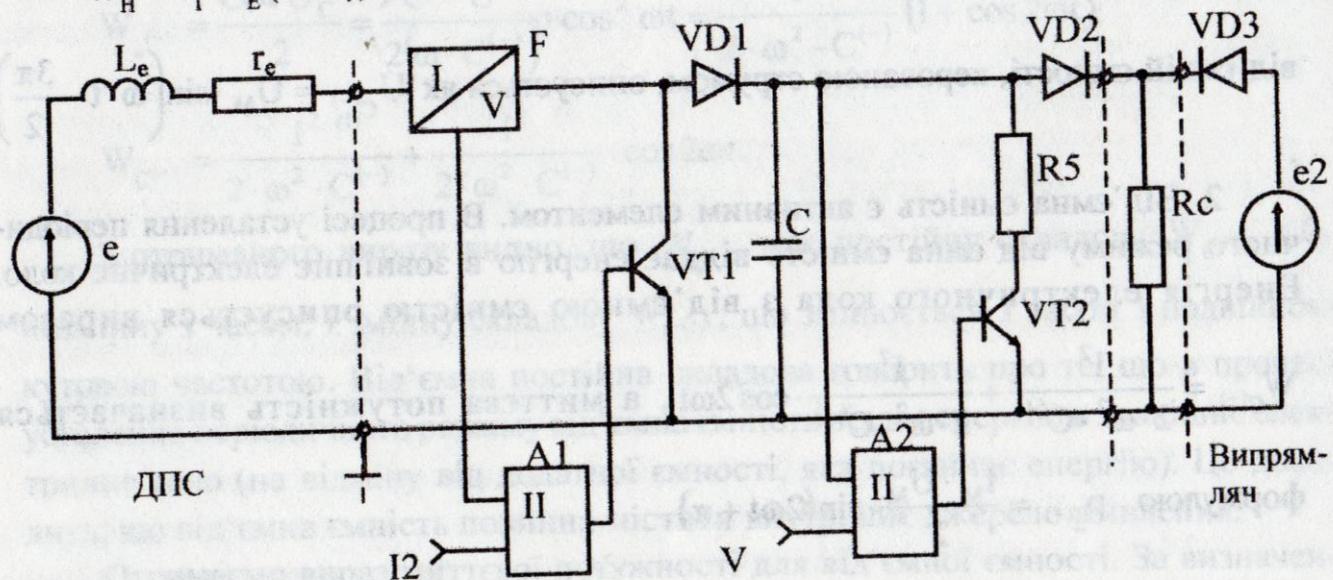


Рис. 1. Структурна схема силового перетворювача

Тривалість паузи t_{Π} можна визначити за допустимим рівнем пульсацій струму гальмування

$$\Delta I_0 \approx I_1 (1 - t_{\Pi} / \tau_E), \quad (3)$$

де $\tau_E = L_E (r_E + R_E)$ – еквівалентна стала часу кола.

При постійному навантаженні вторинного кола R_E зміною параметрів комутації t_i , t_{Π} та T відносно просто забезпечити стабільний рівень пульсації струму гальмування $\Delta I_0 / I_1$ або рівень енергії, що повертається, при стабільній частоті комутації F . Зміна рівня струму I_1 може здійснюватись за рахунок широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), а вирівнювання енергії втрат на обмотках W_0 і енергії рекуперації W_H – підбором коефіцієнта заповнення γ таким, щоб

$$r_E = R_E (1 - \gamma). \quad (4)$$

В реальних мережах постійно змінюється кількість споживачів і рівень споживання енергії, тому еквівалентний опір R_E може змінюватись майже від нуля до нескінченності. Таким чином, регулювання за рівнем пульсації (співвідношення (3)) веде до необхідності застосування частотно-імпульсної модуляції (ЧІМ) зі всіма характерними для неї недоліками. При значному опорі навантаження R_E , який набагато більше активного опору ДПС r_E , різко збільшується енергія, що передається до мережі. В свою чергу це веде до збільшення напруги вторинної мережі, яка закриває діоди випрямляча і може перевищити їх допустиму зворотну напругу. Такі стрибки напруги утворюють небезпечний режим не тільки для елементів приводу ДПС, а й для інших споживачів.

Адаптацію приводу ДПС з можливої рекуперацією до вторинної мережі можна реалізувати при введенні до структури силового перетворювача накопичувача енергії і нелінійного баласту (рис.1) [2].

Значення струму гальмування I_1 та допустимий рівень пульсації задається двопороговою схемою порівняння A1, яка порівнює сигнал датчика струму F з опорним. Вихідний сигнал A1 керує силовим ключем VT1, який разом з ДПС і VD1 утворюють перетворювач з підвищеннем напруги. Вторинна обмотка мережевого трансформатора і випрямляч (умовно VD3) забезпечують постійну напругу вторинної мережі для споживачів R_E .

Передача енергії до навантаження R_E здійснюється під час паузи одночасно із зарядом конденсатора С, що дозволяє накопичувати частину енергії і запобігає різкому зростанню напруги у вторинній мережі. Енергія, що була накопичена в конденсаторі, під час замикання VT1 також передається до навантаження, що дозволяє збільшити повернену енергію і зменшити споживання від первинної мережі. При зростанні напруги, вище допустимої U_m , сигналом з виходу схеми порівняння A2 відкривається ключ VT2 і за рахунок розряду конденсатора та зменшення е.р.с. двигуна у вторинному колі встановлюється номінальний рівень напруг, що забезпечує оптимальний режим елементів приводу і споживачів навіть у випадку відриву струмоз'ємника (пантографа).

Експериментальні дослідження, які були приведені у Вінницькому ТТУ для тягового двигуна потужністю 120 кВт, підтвердили можливість безпечної реку-

перації у вторинних мережах з одночасною стабілізацією режиму гальмування і мінімізацією втрат у ДПС.

Література:

1. Гольц М.Е., Гудзенко В.М., Остреров В.М. Быстро действующие электроприводы постоянного тока с широтно-импульсными преобразователями. – М.: Электроатомиздат, 1986. – 184 с.
2. Патент №47111А (Україна). Спосіб гальмування двигуна постійного струму та пристрій для його реалізації//Дрючин О.О./Бюл. №6, 2002.

Клименко А.А., Криницкая Е.А., Морозюк Л.И.

Одесская государственная академия холода

**ВЫБОР ТЕОРИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ФИЗИКИ ПРОЦЕССОВ
В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Одним из научных направлений кафедры холодильных машин ОГАХ является применение теории пористых структур к решению различных задач холодильной техники с целью оптимизации. Некоторые из этих задач не имели теоретического описания или имели упрощенное описание, ввиду отсутствия научного и инженерного "инструмента", а решения были результатом обобщения большого числа экспериментальных данных. К таким задачам относятся: выпадение инея на теплообменной поверхности аппаратов воздушного охлаждения (экспериментально хорошо изученный случай), выпадение водяного камня на теплообменной поверхности аппаратов водяного охлаждения (необходимость длительного эксперимента сделала этот случай мало изученным), работа фильтров в системах кондиционирования воздуха и т.д.

Все перечисленные технические задачи имеют одну основу – теорию пористых структур, на основании которой возможно описать происходящие процессы, прогнозировать изменение количественных и качественных характеристик.

До недавнего времени существовало мнение, что теория, методы и принципы физики аэрозолей являются альтернативой теории пористых структур, следовательно, давно существующий инструментарий физики аэрозолей можно адаптировать практически ко всем вышеперечисленным задачам.

Авторами проведен обзор литературных источников с целью выбора инструментария (теории, методов, принципов) для решения вышеперечисленных задач холодильной техники. Предпочтение отдано теории пористых структур.

На основании слияния двух видов анализа: первого – в терминах прикладной термодинамики (теории минимизации производства энтропии) и второго – теории пористых структур были выполнены исследования динамики формирования слоя инея на теплообменной поверхности приборов охлаждения. Выделены пять характерных режимов: режим без инея; работа при минимальной толщине инея сопровождается повышением значения коэффициента теплопередачи;