

МАТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЧАСТОТИ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Теряєв В.І., к.т.н., доцент, Слєба Д.А., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Для якісного здійснення процесів підйому та спуску вантажів електропривод підйомно-транспортних машин (ПТМ) повинен задовольняти наступним основним вимогам:

– регулювання кутової швидкості двигуна в порівняно широких межах (для спеціальних кранів - до 100:1 і більше) у зв'язку з тим, що важкі вантажі доцільно переміщати з меншою швидкістю, а порожній гак або ненавантажений візок – з більшою швидкістю для підвищення продуктивності крана. Знижені швидкості необхідні також для здійснення точної зупинки вантажів, що транспортуються, з метою обмеження ударів при їх посадці і полегшення роботи оператора, так як не вимагають багаторазового повторення пусків для зниження швидкості приводу перед зупинкою механізму;

– забезпечення високої жорсткості механічних характеристик приводу, особливо на низьких швидкостях, щоб точність позиціонування не залежала від величини вантажу;

– обмеження прискорень до допустимих меж при мінімальній тривалості перехідних процесів. Перша умова пов'язана з ослабленням ударів у механічних передачах при виборі зазору, із запобіганням пробуксовування ходових коліс візків та мостів, зі зменшенням розгойдування підвішеного на канатах вантажу при інтенсивному розгоні та різкому гальмуванні механізмів пересування. Друга умова необхідна для забезпечення високої продуктивності крана.

Все це накладає підвищені вимоги до електроприводу і системи керування ним, задовільнити які можливо лише при використанні високоякісних перетворювальних пристроїв. На даний час найкращі показники з точки зору регульовальних властивостей і енергетичних характеристик мають матричні перетворювачі частоти (МПЧ). Тому розглянемо можливості використання МПЧ в системах електроприводу ПТМ.

Топологія силової частини МПЧ дозволяє обходитися без вхідного громіздкого фільтра, виключити використання ланки постійного струму, регулювати вхідний коефіцієнт потужності, тому робить цей тип перетворювачів привабливим об'єктом для досліджень з метою використання в високоякісних широкорегульованих електроприводах.

Мета роботи. Полягає в обґрунтуванні доцільності використання МПЧ в електроприводах підйому ПТМ на основі аналізу роботи силового блоку і основних видів комутації ключів, а також застосуванні комбінованого алгоритму безпечної комутації вентилів.

Матеріали досліджень. Основними елементами кожного МПЧ є ключі силового блоку, задачею яких є перетворення нерегульованої змінної напруги мережі в регульовану за амплітудою і частотою змінну напругу на виході

перетворювача.

Розглянемо більш докладно варіанти схемної реалізації силових ключів. Блок-схема топології ключів комутації для МПЧ представлена на рисунку 1.

Основними елементами кожного виду силових ключів є транзистори VT та діоди VD. Різняться вони лише схемою побудови.



Рисунок 1 – Блок-схема топології ключів комутації в МПЧ

Схемна побудова ключів та необхідна кількість гальванічно ізольованих джерел живлення, необхідних для реалізації МПЧ, представлені в таблиці 1.

У випадку ключа на одному транзисторі використовуються 4 діоди VD1...VD4 та один транзистор VT1. Одним із основних недоліків подібної схеми є відсутність можливості контролю напряму протікання струму через ключ. Перевага цього ключа полягає в тому, що потрібно лише один активний елемент [1, 2, 3].

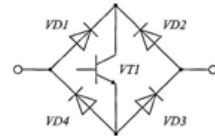
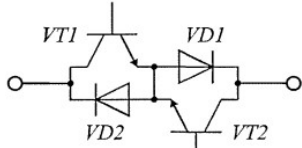
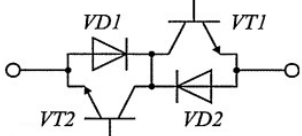
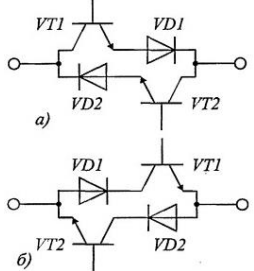
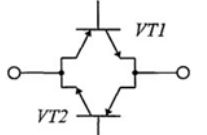
Ключі, побудовані на двох транзисторах зі спільною точкою мають перевагу у вигляді можливості контролювати напрям протікання через ключ струму. Втрати в такому ключі також зменшені, тому що, в кожному напрямку, тільки два елементи пропускають струм. Для подібного ключа зі спільною точкою на емітері потрібне незалежне ізольоване джерело живлення схеми керування, а для ключа зі спільною точкою на колекторі таке джерело є неможливим для інсталяції.

Подібні схеми можна також використовувати і без спільної точки, але в такому випадку використання незалежного ізольованого джерела живлення також є неможливим.

Ключі, побудовані на двох транзисторах зі зворотно-замкненою здібністю, є такими, де напівпровідникові елементи, що використовуються у схемі двоспрямованого ключа, мають здатність до замикання при зворотній напрузі, як у RB-IGBT транзисторах. Така топологія досить компактна і при цьому потрібно лише 6 ізольованих джерел живлення для схем керування.

Аналіз методів комутації ключів. Комутація струму в МПЧ, порівняно із звичайними інверторами напруги, здійснюється складніше, оскільки в МПЧ відсутні природні шляхи вільного перебігу струму [4]. Для зручності розгляду методів комутації ключів МПЧ використовується схема двофазно-однофазного перетворювача, показана на рисунку 2. Ця схема складається з двох фаз на вході і однієї фази на виході МПЧ.

Таблиця 1 – Схеми ключів та кількість гальванічно ізолюваних джерел живлення, потрібних для реалізації МПЧ

Топологія ключа	Кількість гальванічно ізолюваних джерел	Схеми ключів
Один транзистор	9	
Два транзистори із загальною точкою на емітері	9	
Два транзистори із загальною точкою на колекторі	6	
Два транзистори без спільної точки	6	
Два транзистори зі здатністю до зворотного замикання	6	

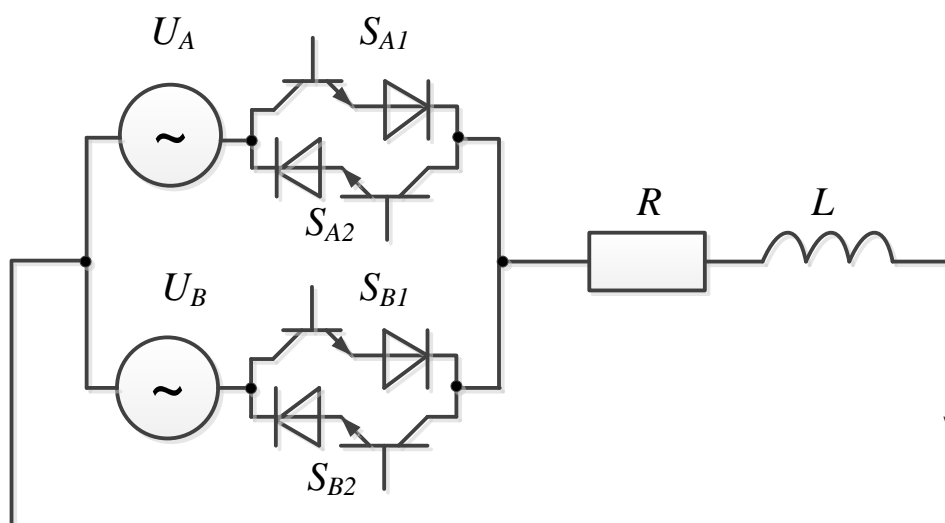


Рисунок 2 – Схема двофазно-однофазного перетворювача

Комбінований алгоритм безпечної комутації ключів. Основна ідея комбінованого алгоритму полягає у тому, щоб в роботі МПЧ було виключено критичні зони. Цей алгоритм поєднує розглянуті раніше чотирьохходові способи комутації з контролем напрямку струму на виході, а також контролем величини напруги на вході [5].

Функціонування комбінованого алгоритму безпечної комутації ключів пояснюється рисунком 3, на якому зображені графіки фазної напруги $u_i(t)$ на вході та струму $i_o(t)$ на виході МПЧ.

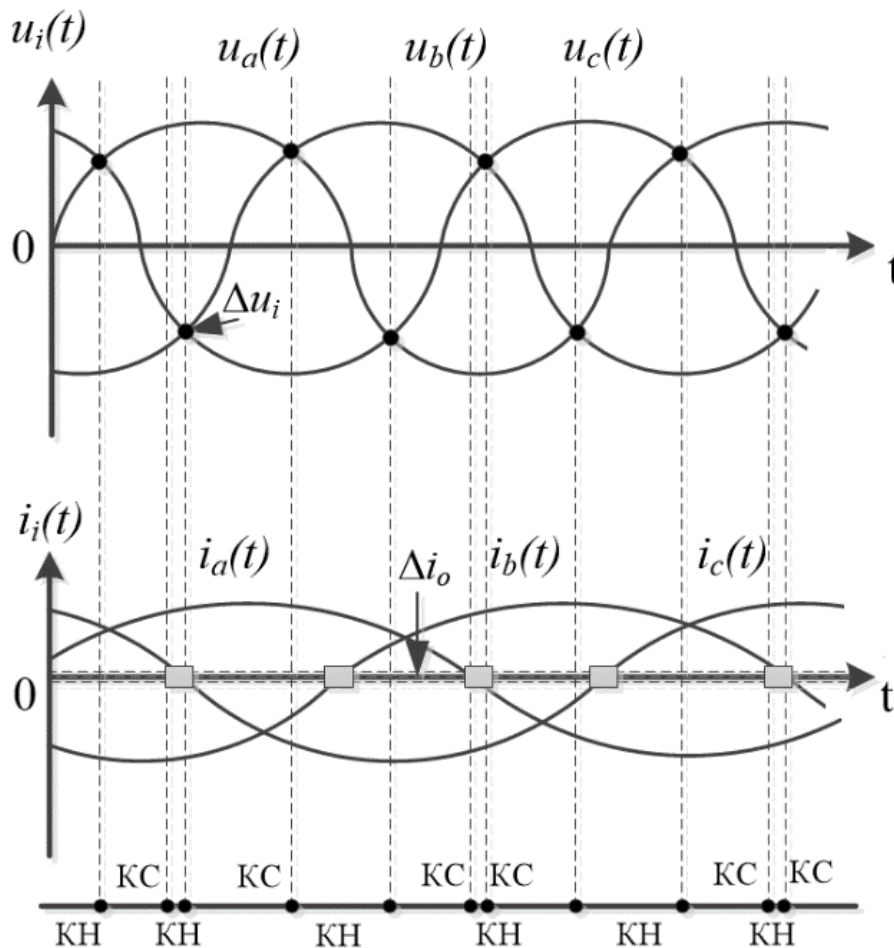


Рисунок 3 – Комбінований алгоритм комутації ключів: КН – комутація за напругою, КС – комутація за струмом.

З рисунка 3 видно, що метод комутації ключів по струму КС змінюється на метод комутації ключів за напругою КН в той момент, коли напрямок струму на виході фази може бути визначений помилково – при зниженні до деякого мінімального рівня Δi_o поблизу точки переходу через нуль.

Зворотна заміна методу КН на КС відбудеться у двох випадках: або при виході з критичної зони КС, або в момент входу в критичну зону КН, що визначається величиною Δu_i . На рисунку 3 такі зони позначені чорними кружками (критична зона напруги КН) та сірими прямокутниками (критична зона струму КС).

Таким чином, умови для динамічної зміни методу комутації задаються розміром зон малої чутливості по струму Δi_o і по напрузі Δu_i . Цей алгоритм дає можливість значно скоротити кількість помилкових комутацій ключів протягом усього діапазону зміни напруги і частоти на виході.

Висновки:

1. На основі аналізу різновидів силових двоспрямованих ключів та методів керування ними обраний комбінований алгоритм безпечної комутації силового блоку МПЧ, в якому поєднуються позитивні якості двох чотирьохходових методів комутації.

2. Обґрунтована доцільність використання МПЧ в широкорегульованих електроприводах ПТМ,

Перелік посилань

1. Повышение эффективности электропривода при использовании матричного преобразователя частоты / П.В. Жуков, Е.П. Мурузана // Сборник трудов II международной научно-технической конференции студентов, магистров, аспирантов 2012. С.31-36.

2. Силовые полупроводниковые ключи. Семейства, характеристики, применения / П.А. Воронин. М.: Изд-во Додэка XXI. 2005. 384 с.

3. Двухнаправленные ключи в матричных структурах преобразователей переменного тока /В.Н. Климов, С.В. Климова// Силовая электроника. 2008. № 4. С. 58-61.

4. Базовые принципы проектирования матричных конверторов / Е. Карташев, А. Колпаков // Силовая электроника. 2009. №8.

5. Комбинированный алгоритм безопасной коммутации ключей матричного преобразователя / А.К. Аракелян, Н.В. Кокорин // Электричество. 2009. №11. С.52-56.