

*Нерубацький В. П., к.т.н., доцент,
Плахтій О. А., к.т.н.,
Цибульник В. Р., аспірант,
Хоружевський Г. А., аспірант (УкрДУЗТ)*

УДК 621.314

ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СТРУКТУРИ

В останні роки спостерігається тенденція розвитку електрообладнання високої потужності. Виробництво фотоелектричної енергії забезпечує постійно зростаючу частку в постачанні електроенергії. У світі існує попит на силові перетворювачі високої потужності з низькою вагою і втратами. Для відновлювальних джерел енергії, таких як вітрогенератори, фотоелементи, паливні елементи з високим коефіцієнтом потужності, ефективність перетворення енергії має суттєве значення. Для вирішення даного завдання слід детально оцінити обсяг втрат між активними (силові напівпровідники) та пасивними (магнітними та ємнісними) компонентами. Оскільки, сучасні трифазні дворівневі перетворювачі мають великі динамічні і статичні втрати в силовому ключі, гіршу нелінійність вихідного струму та напруги, оптимальним варіантом являється використання багаторівневих інверторів з плаваючими конденсаторами [1].

Свою назву вони отримали через те, що пропускають зворотну напругу. Дана властивість дозволяє схемі використовувати надлишкове число комбінацій перемикачів силових ключів. У багаторівневому інверторі з плаваючими конденсаторами одним з найважливіших питань є регулювання балансування напруги на конденсаторах. Величина пульсації напруги пропорційно збільшується з величиною струму навантаження і обернено пропорційна частоті комутації. Але, разом з тим, це є великою проблемою, так як велике число конденсаторів на шині постійного струму, яке росте зі збільшенням числа рівнів напруги, породжує проблему балансу напруги, і подальше збільшення рівнів вихідної напруги в даній топології стає досить проблематичним. Крім цього, кількість «плаваючих конденсаторів» зростає квадратично в залежності від кількості рівнів напруги.

Для того, щоб підтримувати пульсацію напруги в допустимих межах, потрібні або великі розміри конденсаторів, або більша частота комутації. Більший розмір конденсаторів значно збільшує вартість і розмір перетворювача. Також робота перетворювача на більш високій частоті комутації збільшує втрати комутації і впливає на ефективність перетворювача. Ці

особливості обмежують застосування конденсаторних перетворювачів лише для застосувань середньої частоти комутації.

Однією з найважливіших проблем керування багаторівневим інвертором є отримання змінної амплітуди та частоти синусоїдального виходу з використанням методів керування. В перетворювачах непарні гармоніки струму викликають втрати електроенергії, електромагнітні перешкоди та пульсуючі моменти в електроприводах. Зменшення гармонічного складу пов'язане з роботою інвертора з будь-якою системою керування. Розробка багаторівневих топологій інверторів привела до необхідності розробки способів керування [2]. Для керування, з точки зору форми модулюючих сигналів, використовуються ті ж способи широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), що і для дворівневих: синусоїдальна та векторна ШІМ. Однак ці способи зазнали деяких змін, що враховують специфіку багаторівневого АІН. Велике значення при роботі інвертора на навантаження має величина швидкості зміни напруги. ШІМ викликає різкі пульсації напруги, при цьому величина швидкості зміни напруги значна. Даний фактор може призвести до пробією ізоляції обмоток двигуна.

До особливостей багаторівневого інвертора з плаваючими конденсаторами можна віднести:

- кожна фаза може бути розглянута незалежно від інших;

- в АІН можна контролювати напругу на конденсаторах завдяки однаковим станам, які формують однакову вихідну напругу. Але, в перетворювачах з числом рівнів більше трьох це збільшує частоту перемикачів, так як для кращого контролю напруг на конденсаторах необхідно використовувати всі комбінації, які формують однакову напругу на виході;

- перетворювач має великі втрати перемикачів в порівнянні з дворівневим інвертором напруги;

- велика кількість конденсаторів, що збільшує вартість перетворювача.

Таким чином стоїть задача забезпечення енергоефективності автономного інвертора напруги за рахунок вдосконаленого алгоритму модуляції, який забезпечить балансування напруги на конденсаторах [3].

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- розробити імітаційну модель перетворювача з плаваючими конденсаторами;

- синтезувати алгоритм модуляції для балансування напруги на конденсаторах, і, таким чином, покращити синусоїдальність вихідного струму та напруги;

- визначити залежності коефіцієнта гармонічних спотворень вихідного струму та напруги від частоти комутації силових ключів;

– оцінити можливості зменшення втрат потужності в автономному інверторі напруги.

Список використаних джерел

1. Leon J. I., Franquelo L. G., Kouro S. Simple Modulator with Voltage Balancing Control for the Hybrid Five-level Flying capacitor based ANPC Converter. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. 2011. P. 1887–1892.
2. Нерубацький В. П., Плахтій О. А., Карпенко Н. П., Гордієнко Д. А., Цибульник В. Р. Аналіз енергетичних процесів у семирівневому автономному інверторі напруги при різних алгоритмах модуляції. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2019. № 5. С. 8–18. DOI: 10.18664/iksz.v24i5.181286.
3. Плахтій А. А., Нерубацький В. П., Цибульник В. Р. Стабилизация напряжений на конденсаторах ячеек в модульных многоуровневых инверторах путём применения улучшенной пространственно-векторной ШИМ. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії*. 2019. № 20 (1345). С. 42–52. DOI: 10.20998/2409-9295.2019.20.06.

Прилипко А. А., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

УДК 519.876.5:681.586

ВИБІР ОСЕРДЯ ДЛЯ ТОЧКОВОГО КОЛІЙНОГО ДАТЧИКА

Для підвищення швидкодії та точності визначення позиції осі колісної пари на залізничній колії в існуючих ТКД потрібно використовувати високочастотні модулятори з осердям [1].

Осердя колійного датчика має розмір, форму та зроблене з певного матеріалу [2]. Усі ці параметри залежать від зв'язуючої енергії яка застосовується для виявлення колісної пари в зоні спрацювання ТКД, конструкції та частоти струму який протікає в котушці датчика.

Найбільш перспективними для ТКД є листована електротехнічна сталь. Ця сталь є сплавом заліза з кремнієм, зміст якого в ній 0,8 - 4,8%.

Незважаючи на те що індукція насичення B_s заліза із збільшенням кремнію в ньому значно підвищується та досягає при 6,4% кремнію великої величини ($B_s = 2800$ Гс), все ж кремнію вводять не більше 4,8%. Збільшення змісту кремнію більше 4,8% призводить до того, що сталі набувають підвищену крихкість, тобто механічні властивості їх погіршуються.

Листи текстурованої сталі виготовляються холодним прокатом. Магнітна проникність їх вище, а втрати на гістерезис менше, ніж у гарячекатаних листів.

Список використаних джерел

1. Бойнік, А. Б. Вибір типу чутливого елемента для точкового колійного датчика [Текст] / А. Б. Бойнік, А. А. Прилипко, О. Ю. Каменєв, О. В. Лазарєв, О. В. Щєбликіна // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – 2017. - №2. – С. 31-39.
2. Бабаєв М. М. Оптимізація параметрів точкового колійного датчика [Текст] / М. М. Бабаєв, А. А. Прилипко // *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 113. – С. 62-67.
3. Бойнік, А. Б. Розширення функціональних можливостей систем повної діагностики пристроїв залізничної автоматики [Текст] / А. Б. Бойнік, А. А. Прилипко // *Гірнична електромеханіка та автоматика. Збірник наукових праць № 94 Дніпропетровськ*, 2015 С. 42-48.

Долгополов П. В., к.т.н., доцент,

Головка Т. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

УДК 656.254.5

ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ «ВХІДНІ ДІЛЬНИЦІ – СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ» НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Сортувальні станції – це важливий елемент залізничної мережі. Однак, дослідження свідчать, що на сьогоднішній день на них має місце значний простій вагонів, що обумовлено застосуванням недосконалих технологій обробки поїздів та поїзної інформації на станціях, а також на підходах до них [1].

Для оптимізації роботи сортувальної станції розроблено математичну модель прогнозного графіку обробки поїздів у парку прибуття на основі прогнозних графіків руху поїздів прилеглих дільниць. Модель дозволяє в оперативному режимі визначати прогнозні моменти прибуття кожного поїзда, а також, виходячи з інформації про склад поїздів, формувати управлінські команди з черговості технологічних операцій на гірковому комплексі [2].

У базовому варіанті команди, що видає математична модель, запропоновано виводити на автоматизовані робочі місця маневрового диспетчера та машиніста гіркового локомотива.

При обладнанні локомотива маневровою автоматичною локомотивною сигналізацією (МАЛС) існує можливість дані управлінські рішення виводити на бортові пристрої гіркового локомотива [3]. У цьому