

а в мережах живлення часто виникають провали напруги живлення, необхідно відповідно і контролювати стійкість технічних засобів при вищевказаних динамічних змінах напруги живлення.

Не зрозумілим є вимога стандарту ДСТУ EN 50121-4:2019 для українських залізниць щодо стійкості до магнітного поля частотою 16,7 Гц з жорсткими умовами (100 А/м), яку дійсно необхідно використовувати для деяких європейських країн, де є система електрифікації залізниць змінного струму 15 кВ 16 $\frac{2}{3}$ Гц.

У доповіді надаються особливості використання нових стандартів з електромагнітної сумісності, практичний досвід використання для доказу функційної безпечності, сертифікації пристроїв та систем, зокрема на прикладі мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів типу МПЦ-С.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 50121-4:2019 Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 4. Емісія завад і несприйнятливість сигнальної та телекомунікаційної апаратури (EN 50121-4:2016, IDT). Чинний з 01.01.2021.

2. ДСТУ EN 50121-3-2:2019 Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 3-2. Рухомий склад. Апаратура (EN 50121-3-2:2016, IDT). Чинний з 01.01.2021 р.

3. ДСТУ EN 50121-5:2019 Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 5. Емісія завад і несприйнятливість стаціонарних установок електроживлення та апаратури (EN 50121-5:2017, IDT). Чинний з 01.01.2021 р.

*Кривуля Г.Ф., Токарєв В.В. Гарбузов Д.С.
(ХНУРЕ)*

ДІАГНОСТУВАННЯ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Для збирання діагностичних даних широко використовуються великомасштабні бездротові сенсорні мережі (БСМ). Застосування БСМ для моніторингу складних та великих об'єктів пов'язане з розташуванням великої кількості сенсорів (сотні, тисячі) вимірювальних сенсорів. Оскільки кожен

поточний вимір пов'язаний з розташуванням вузла датчика у просторі, процес локалізації (визначення координат) по відношенню до локальної (глобальної) системи координат для кожного вузла має бути виконаний з необхідною точністю. Також при цьому для зменшення розмірності задачі доцільно використовувати фрагментацію БСМ після процесу локалізації вузлів. Сенсорні вузли зазвичай випадково розгортаються мобільним роботом або літаком, тому вони не мають попередньої інформації про своє місцезнаходження. Для великорозмірного розгортання оснастити кожен сенсорний вузол пристроєм глобальної системи позиціонування (GPS) через високу вартість та енергоспоживання неможливо. Тому визначення положення сенсорних вузлів, яке називається локалізацією, є однією з ключових технологій БСМ. Таким чином, мета локалізації - знайти фізичні координати для всіх вузлів датчиків. Розглянемо множину датчиків, розподілених по площі. Нехай невелика частина з них - якірні пристрої, які знають своє положення. Вони можуть бути оснащені GPS або розміщені точно в певних місцях із запрограмованою в них інформацією про місцезнаходження. Завдання полягає в тому, щоб локалізувати інші датчики за допомогою цих якорів. При випадковому розгортанні локалізація вузлів без вихідних координат ускладнюється, але для вирішення завдання використовують спеціальні вузли, які можуть визначати розташування інших вузлів автоматично. Ці конкретні вузли називають маяковими чи якірними, вони оснащені системою GPS й використовуються практично всіма методами локалізації у глобальних координатах. Число якірних вузлів повинно бути таким, щоб забезпечити двійкову адресацію для всіх вузлів БСМ. Кількість таких якірних вузлів дорівнює числу Хеммінга в залежності від загального числа вузлів мережі. Наприклад, для тисячі сенсорів достатньо десяти якірних вузлів.

У роботі пропонується для зменшення обчислювальної складності задачі реалізувати фрагментацію БСМ на основі *діаграм Вороного* — це особливий вид розбиття метричного простору, що визначається відстанями до заданої дискретної множини ізольованих точок цього простору.

Використання процедури фрагментації БСМ дозволяє збільшити ефективність алгоритмів подальшого контролю роботи БСМ.

Список використаних джерел

1. L. Cheng, C. Wu, Y. Zhang et al., "A survey of localization in wireless sensor network," International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 8, no. 12, Article ID962523, 2012..

2. Y. Qu, W. Han, L. Fu et al., "LAINet - A wireless sensor network for coniferous forest leaf area index measurement: Design, algorithm and validation," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 108, pp. 200–208, 2014.

3. G. Krivoulya, V. Shcherbak Intellectual Functional Diagnosis of Large Objects Using Sensor Network. IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS) Proceeding of international conf. Varna, Bulgaria, September 4 – 7, 2020, pp.507-511.

Нерубацький В. П., к.т.н.,

доцент, Гордієнко Д. А., аспірант (УкрДУЗТ)

УДК 621.314

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТОПОЛОГІЯ ТРИРІВНЕВОГО АКТИВНОГО ВИПРЯМЛЯЧА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Вхідними перетворювачами електричного рухомого складу (ЕРС) змінного струму найчастіше є діодні та тиристорні випрямлячі [1]. Ці перетворювачі обумовлюють споживання реактивної потужності з мережі живлення, а також обумовлюють значну емісію вищих гармонік споживаних струмів, що, в свою чергу, призводить до збільшення додаткових втрат в системах електропостачання, а також погіршення електромагнітної сумісності мереж тягового електропостачання та систем залізничної автоматики.

Останнім часом на ЕРС змінного струму все частіше почали застосовуватися дворівневі активні чотириквadrантні випрямлячі, відомі як 4QS-випрямлячі [2]. Їх перевагою порівняно з класичними діодними та тиристорними випрямлячами є можливість реалізації синусоїдальної форми споживаного струму, забезпечення значення коефіцієнта потужності близького до одиниці і реалізації рекуперації енергії

в мережу живлення. Крім цього, можливість плавного регулювання пуску ЕРС дає змогу знизити динамічні навантаження на його механічну складову. Однак дана топологія не позбавлена недоліків, серед яких необхідно звернути увагу на застосування високовольтних IGBT. При цьому необхідність формування високої частоти комутації силових ключів веде до досить великих динамічних втрат в силових ключах з більш низьким ККД порівняно з діодними та тиристорними випрямлячами. У зв'язку з цим актуальним завданням є пошук рішень для підвищення ККД активних чотириквadrантних випрямлячів. Значення реалізованих енергетичних характеристик активних випрямлячів в значній мірі залежить від обраного алгоритму модуляції та обраної силової схеми [3].

Застосування трирівневої топології активного випрямляча дає змогу застосовувати ключі меншого класу для реалізації тієї ж напруги в колі постійного струму. При цьому характерною особливістю ключів меншого класу є менше падіння напруги між колектором та емітером, а також менша енергія перемикавання.

В однофазних трирівневих активних випрямлячах зазвичай використовується одноканальна рівне-зсунута широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Значення запропонованої двоканальної ШІМ полягає в додаванні в алгоритм модуляції додаткового інверсного синусоїдального сигналу завдання. Цим досягається те, що при тій же частоті комутації силових ключів частота комутації фазного струму подвоюється, що призводить до підвищення синусоїдальності струму, який споживається з мережі живлення. Підвищення ж синусоїдальності струму призводить до зниження емісії вищих гармонік струму.

Порівняно з дворівневим активним випрямлячем, схема трирівневого містить удвічі більше IGBT та чотири додаткові силові діоди (рис. 1). Отримані енергетичні показники роботи дворівневого та трирівневого активного випрямляча при частоті комутації IGBT 1 кГц наведено в табл. 1.