

УДК 621.314.26

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЗМІННОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОРІВНЕВОГО ІНВЕРТОРА

О.О. Шавьолкін, д.т.н., проф.

Київський національний університет технологій та дизайну

О.В. Жила, магістрант

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: акумуляторна батарея, тяговий електропривод, багаторівневий інвертор, коефіцієнт гармонік, втрати енергії в транзисторах, частота модуляції.

Сучасні електромобілі у якості тягового двигуна використовують трифазний асинхронний короткозамкнений двигун або синхронний двигун з постійними магнітами [1]. Традиційним щодо керування двигунами є застосування дворівневого трифазного мостового автономного інвертору напруги (АІН), що здійснює перетворення енергії акумуляторної батареї (АКБ) у змінний струм.

Недоліком дворівневого АІН з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) є значний коефіцієнт гармонік вихідної напруги (у найкращому випадку за використанням векторної ШІМ значення $\text{THD}=53\%$), що обумовлює додаткові втрати енергії у двигуні. До того ж, регулювання частоти обертання двигуна здійснюється у широкому діапазоні змінювання частоти напруги статора f [2], а дворівневий АІН має низький коефіцієнт перетворення за напругою $K=0.707$. Так, для отримання частоти обертання двигуна Toyota Prius [1] $n=4372$ об/хв частота вихідної напруги АІН становить $f=291.5$ Гц, у подальшому підвищення f здійснюється за максимально можливої напруги (з послабленням поля двигуна) за прямокутної форми напруги, коли $K=0.78$. У цьому разі $\text{THD}=31\%$, проте значно зростають амплітуди гармонік низького порядку (5-а, 7-ма, ...), що погіршує ситуацію з втратами енергії.

Робота АІН на частотах 300 Гц і вище, обумовлює необхідність підвищення частоти модуляції f_M до значення 10 кГц і вище, що призводить до зростання втрат енергії в ключах АІН.

Зазвичай АКБ має відносно низьку напругу і складається з набору окремих елементів. В Nissan Leaf, Chevy Volt [4] АКБ містить 192 літієвих елементи з напругою $(3,6 \div 4)$ В, що з'єднані послідовно і утворюють дві паралельні гілки з напругою $U=365$ В (за напруги елемента 3.8 В). За цього максимальне значення вихідної лінійної напруги дворівневого мостового АІН (за векторної ШІМ) становить $U_{\text{Л}}=0.707U=258$ В.

Така побудова АКБ дозволяє перегрупувати елементи АКБ у окремі ізольовані блоки, з урахуванням чого перспективним виглядає використання багаторівневих АІН [3] для покращення гармонійного складу напруги живлення двигуна та збільшення значення K .

Так, у разі використання трирівневого АІН з фіксуєчими діодами з двома блоками елементів АКБ на напругу $U=365$ В, які з'єднані послідовно, лінійна напруга становить $U_{л}=516$ В, тобто подвоюється відносно значення $U_{л}$ для дворівневого інвертора (два блоки АКБ з'єднані паралельно), що забезпечує зменшення струму у вихідних силових колах і втрат енергії у них.

Більші можливості щодо покращення показників тягового електропривода мають каскадні схеми перетворювачів з послідовним з'єднанням n однофазних інверторів у вихідних фазах. Так, у разі використання двох інверторів на фазу $n=2$ за загальної кількості елементів у АКБ, що дорівнює 192 шт. необхідно 6 блоків по 32 елементи з напругою 121.6 В. За цього вихідна лінійна напруга перетворювача становитиме $U_{л}=340$ В. Важливим моментом є те, що за тої ж частоти модуляції еквівалентна частота модуляції загальної вихідної напруги збільшується у $2n$ разів. Проте використання даного варіанту дещо ускладнює підключення перетворювача до АКБ, що знаходиться у окремому відсіку корпусу автомобіля і потребує додаткових дротів.

Також у разі змінювання структури АКБ виникає питання реалізації і підключення зарядного пристрою для заряджання її від мережі змінного струму. Стандартний зарядний пристрій має два вихідних виводи і розрахований на вихідну напругу близько 400 В. У разі наявності декількох однакових блоків виникає питання з'єднання їх виводів під час заряджання від мережі живлення. Що стосується схеми з трирівневим АІН, використання стандартного зарядного пристрою не є проблемою, оскільки блоки АКБ мають спільний вивід.

Виходячи з цього, як компромісний варіант, обрано схему трирівневого інвертора. До того ж, такі схеми зараз випускаються у модульному виконанні на напругу 600 В.

Напрямок подальшої роботи – дослідження можливостей системи АКБ - трирівневий АІН – тяговий двигун за умови використання існуючих АКБ і двигуна.

Список використаних джерел

1. R. H. Staunton, C. W. Ayers, L. D. Marlino, T. A. Burrell, J. N. Chiasson. Evaluation of 2004 Toyota Prius Hybrid Electric Drive System. ORNL-27.- 2006.- 95 pp.
2. Войтенко В.А. Требования к параметрам асинхронного тягового двигателя электромобиля / В.А.Войтенко // «Электротехнические и компьютерные системы».- №15 (91), 2014.- С.129 – 131.
3. Шавьолкін О. О. Енергетична електроніка: навч. посібник / О. О. Шавьолкін; К.: КНУТД, 2017. – 396 с.
4. Устройство батарей Nissan Leaf, Tesla Model S и Chevy Bolt – чей аккумулятор лучше. Источник: esautoinfo.com.