

експертного оцінювання // Программные продукты и системы. - 2001. - №2. - С. 38 – 42.

8. Кравченко В.И., Зоненко В.В., Багрянова Л.В. и др. Автоматизация поддержки принятия решений по модернизации оборудования // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – № 1Е (6). – 2006. – С. 330–335.

9. Нечволода Л.В. Информационная технология обработки экспертных оценок при техническом переоснащении машиностроительного предприятия // Research and technology – step into the future. Scientific & Research Journal of Transport and Telecommunication Institute (Riga). – 2009. – Vol. 4. – No 4. – P. 35-37.

10. Давнис В.В., Тинякова В.И. Прогнозные модели экспертных предпочтений. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. – 248 с.

11. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике. – СПб.: Наука, 2001. – 328 с.

12. Нечволода Л.В. Совершенствование информационной технологии обработки экспертных оценок при выработке стратегии технического переоснащения машиностроительного предприятия // Сучасна інформаційна Україна: матеріали доповідей. Донецьк: ДІШІ, 2010. – Т.1. – С. 120-123.

Надійшла до редакції
19.7.2010 р.

УДК 621.322

О.І. ПОЛІКАРОВСЬКИХ, В.Є. ГАВРОНСЬКИЙ

Хмельницький національний університет

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ СИЛОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Розглянуто сучасні методи побудови силових перетворювачів для електротранспорту.. Проведено порівняльний аналіз існуючих методів. Запропоновано напрямок розвитку силових перетворювачів для електротранспорту.

Modern methods of construction of power converters for electrictransport. A comparative analysis of existing methods. A direction of development of power converters for electric.

Ключові слова: силових перетворювачі, електротранспорт, схема керування.

Постановка задачі

Перспективними методами побудови силових перетворювачів для електротранспорту на сьогодні є багатофазні методи керування вентилями з використанням IGBT модулів (Insulated Gate Bipolar Transistor — біполярний транзистор з ізолюваним затвором)[1]. Розвитку силового електроприводу присвячена велика кількість як вітчизняних [1] так і зарубіжних [3,4] наукових робіт. Але у цих роботах недостатньо висвітлено історичний розвиток силового електроприводу для електро-автотранспорту та перспективні напрямки розвитку силових перетворювачів. Слабке висвітлення цієї проблеми, спонукали авторів до пошуку нових підходів до побудови сучасних силових перетворювачів для електротранспорту.

Формулювання цілей

Зробити порівняльний аналіз сучасних методів побудови силових перетворювачів для електротранспорту.

Сучасний електротранспорт розвивається швидкими темпами. Велика кількість електромобілів провідних фірм світу з'являються на вулицях міст. На сьогодні ми спостерігаємо боротьбу між декількома напрямками побудови силового електроприводу.

Добре розвинутим напрямком електроприводу є використання електроприводу послідовного збудження, що виконаний по схемі на рис.1. Електропривод забезпечує зміну швидкості електромобіля, електричне та рекуперативне гальмування або динамічне гальмування. Проте ККД такого електроприводу лишається відносно низьким. Для підвищення ККД рядом зарубіжних компаній був запропонований електропривод з двигуном постійного струму незалежного збудження, тиристорним силовим перетворювачем у колі якоря двигуна і транзисторним регулятором струму збудження. Симетрична схема силового перетворювача забезпечує практично плавний перехід з зони розгону до зони гальмування (рис. 2).

Проте слід відмітити, що необхідність у доволі складному вузлі комутації, що містять додаткові

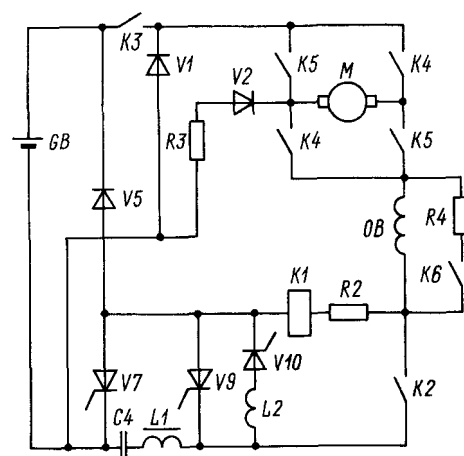


Рис.1. Схема тягового електроприводу з двигуном послідовного збудження [1]

тиристори, батарея конденсаторів та індуктивність помітно впливає на техніко економічні показники силового електроприводу, відбувається подорожчання електроприводу орієнтовно на 30 відсотків. А також недосконалі масо-габаритні показники спонукали подальші пошуки варіантів електроприводу.

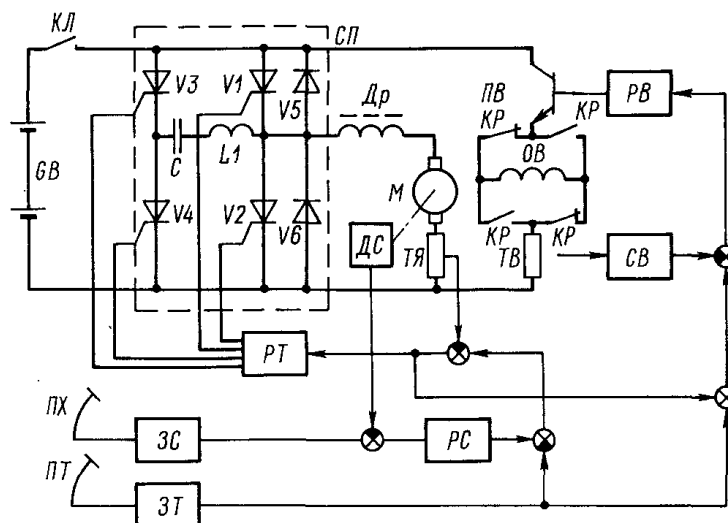


Рис.2. Схема електроприводу з тиристорним перетворювачем в колі якоря і двозонним регулюванням [1]

Транзисторний перетворювач збудження, що працює в широтно-імпульсному режимі роботи з відносно високою частотою комутації, забезпечує швидке регулювання тока збудження двигуна, що необхідне для стійкої роботи двигуна незалежного збудження за великих струмів якоря, коли виникає сильнопідюча реакція якоря. У цих режимах струм збудження повинен регулюватись таким чином, щоб скомпенсувати реакцію якоря.

Поява силових транзисторів на струми порядку сотень ампер сприяло розвитку ряду варіантів тягових електроприводів з транзисторними силовими перетворювачами у колі якоря двигуна постійного струму з незалежним збудженням (рис.3).

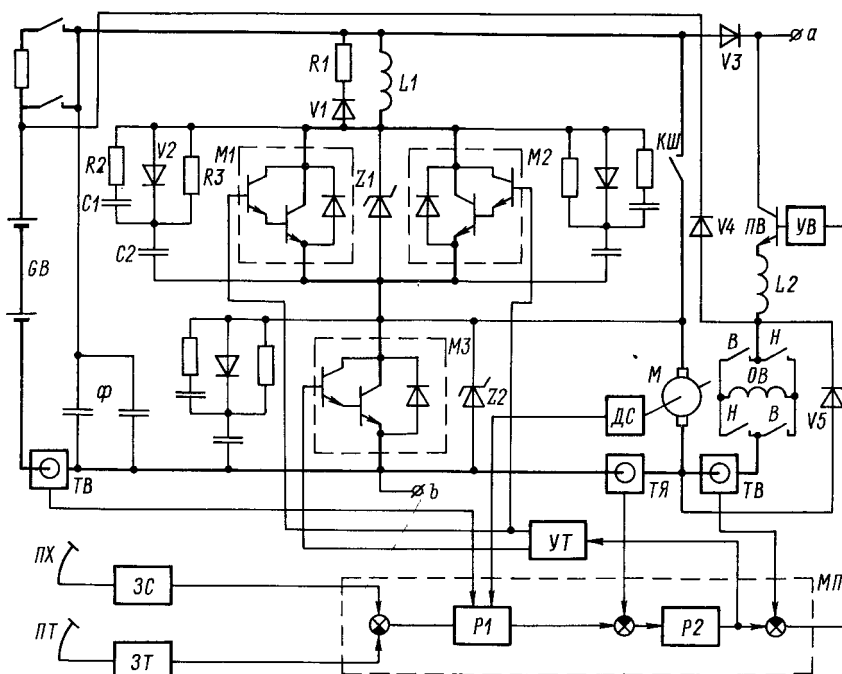


Рис.3. Схема електроприводу електромобіля ETV-1 з транзисторним перетворювачем фірми „Дженерал Електрик” [1]

Транзисторний силовий перетворювач працює на відносно високій частоті переключень, яка не є постійною, а змінюється в залежності від сквапності. Для компенсації індуктивного опору акумуляторної батареї і проводів монтажу використовується батарея конденсаторів (Ф).

Проте вищенаведені схеми, хоча і забезпечували функціонування електромобілів, не забезпечували масо-габаритних вимог та вимог з надійності електроприводу. Колекторні вузли двигунів постійного струму та їх висока вага стали основними причинами відмови від електроприводу подібного типу.

На зміну їм прийшли вентильні двигуни постійного струму, з набагато кращими масо-габаритними показниками та на порядок вищими показниками надійності.

Для керування вентильними двигунами були використані зовсім інші підходи. Першим варіантом силового електроприводу з вентильним двигуном були схеми на основі тиристорних інверторів Мак-Мурри (рис. 4).

Та схеми електроприводу з інвертором що комутується навантаженням, рис 5.

Тиристорні перетворювачі мають низькі показники надійності та масогабаритні параметри. Пошук шляхів розв'язання вищевказаної проблеми привів до заміни тиристорних перетворювачів спочатку на потужні польові транзистори типу MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor), а пізніше до складних інтегрованих IGBT модулів, які відповідають сучасним вимогам до надійності, масогабаритних показників Тому на сьогоднішній день основним напрямком розвитку силового електроприводу є електропривод 3-х фазних вентильних двигунів постійного струму з керуванням їх IGBT модулями.

На рисунку 5 представлено структурну схему сучасного електромобіля з використанням вентильних двигунів. Основним блоком такого електромобіля є контролер вентильного двигуна. Такий контролер може бути побудований на основі таких елементів як тиристори, біполярні транзистори та польові транзистори. Оптимальним вважається на сьогоднішній день використання інтелектуальних силових модулів. Яскравим прикладом такого контролера може бути контролер фірми SEMIKRON, яка є безсумнівним лідером передових розробок у галузі виробництва електроприводу для транспортних засобів. Розглянемо її розробку – модуль SKAI/SKADS (SEMIKRON Advanced Integration/ SEMIKRON Advanced Drive System). (рис. 6).

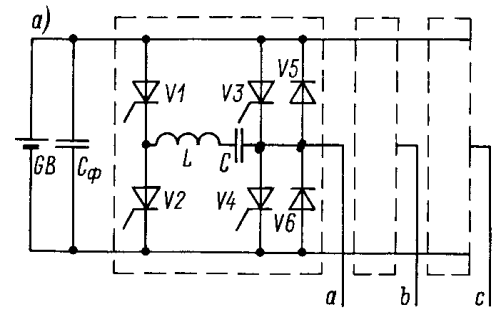


Рис.4. Схема Інвертор „Мак-Мурри”

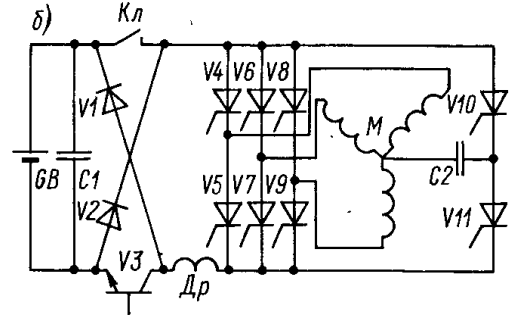


Рис.4. Електропривод з інвертором що комутується навантаженням

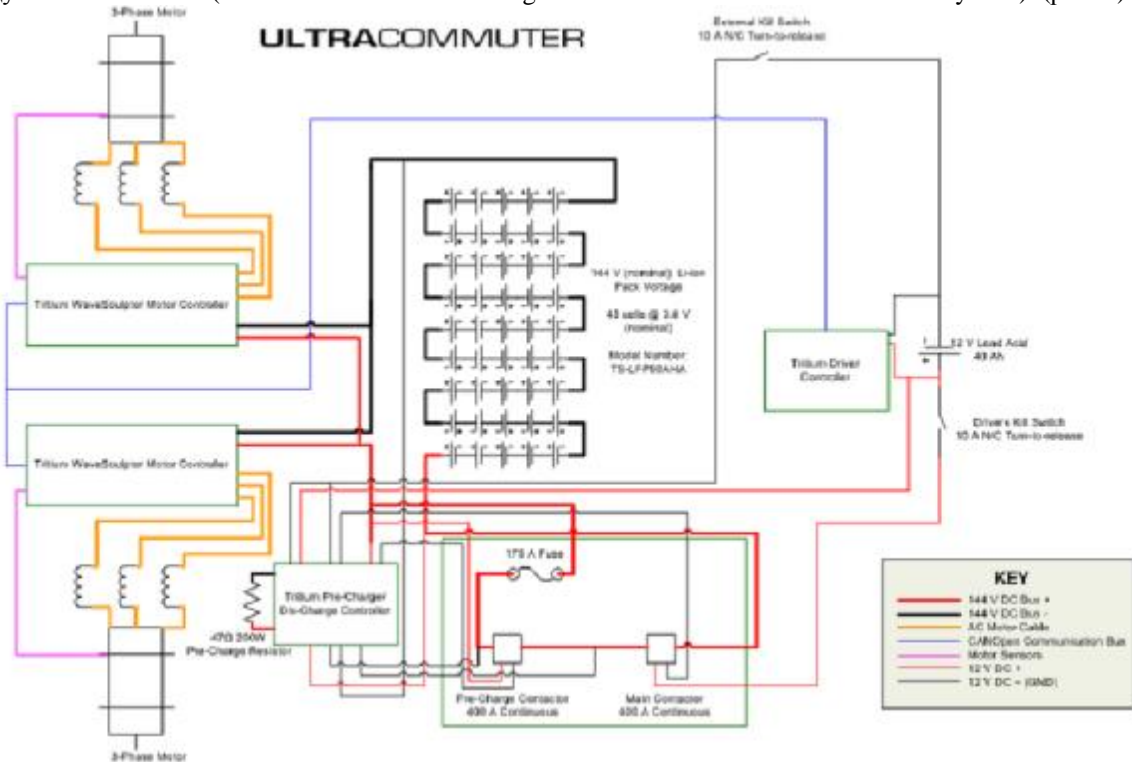


Рис. 5. Структурна схема сучасного електромобіля [5]

Модуль містить силовий 3-фазний інвертор MOSFET або IGBT, ланку постійного струму (DC шина з накопичувальними конденсаторами), датчики струму, температури і напруги шини, драйвери затворів, керуючий контролер, CAN інтерфейс, DC/DC конвертор для живлення плати управління і систему охолодження. Алгоритми функцій, виконуваних електронними блоками модуля, оптимізовані для керування 3-фазними електродвигунами постійного струму (вентильними двигунами). Вилучення надлишкових функцій, необхідних для роботи приводів широкого застосування, дозволило спростити і здешевити електронну схему. Для управління використаний DSP процесор, зв'язок з якими здійснюється за допомогою CAN/IEE485 інтерфейсу. Головний процесор зв'язаний з спеціалізованим SKAI контролером, який одержує

інформацію від датчиків напруги, струму, температури і положення, формує 3-фазний ШІМ сигнал і здійснює через драйвер управління 3-фазним силовим каскадом. Всі малопотужні каскади модуля, включаючи схему управління, захисту, моніторингу і зв'язку з зовнішніми пристроями, розташовані на одній друкованій платі (драйвер/контролер на рис. 3). Плата містить контролер (TMS320LF2406/2407), ізолюваний драйвер затворів MOSFET/IGBT, ізолюваний джерело живлення і ряд допоміжних елементів. Використовувані в SKAI / SKADS драйвери здійснюють всі види захистів, необхідні для даного застосування: від перевантаження по струму (over-current protection), перегріву (over-temperature protection), перенапруги на шині (Over-temperature protection), перенапруги на шині живлення (over-voltage protection) і падіння сигнальної напруги живлення (under-voltage protection). Друкована плата закріплюється в кришці модуля, її підключення до силового каскаду здійснюється за допомогою пружинних контактів. Пружинні контакти розташовуються в отворах в притискувальній платі. Спеціальна форма пружин і срібне покриття забезпечують високу стабільність контактного опору при різних механічних і електричних навантаженнях, включаючи роботу з мікротокама. Щоб перехідний опір контактів залишалося низьким і постійним при зміні умов експлуатації, плата контролера / драйвера має свою притискувальну рамку, закріплюється на підставі модуля, як показано на малюнку 3. Надійність стосовно автомобільному електроприводу увазі, що він повинен безвідмовно працювати протягом 15 років, що відповідає приблизно 150000 км пробігу.

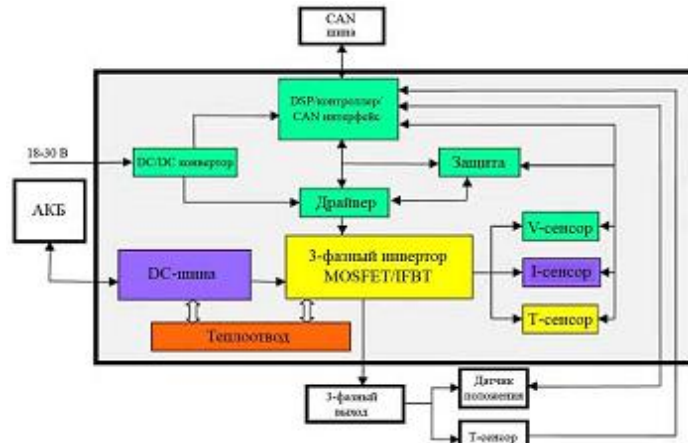


Рис. 6. Схема модулів SKAI/SKADS

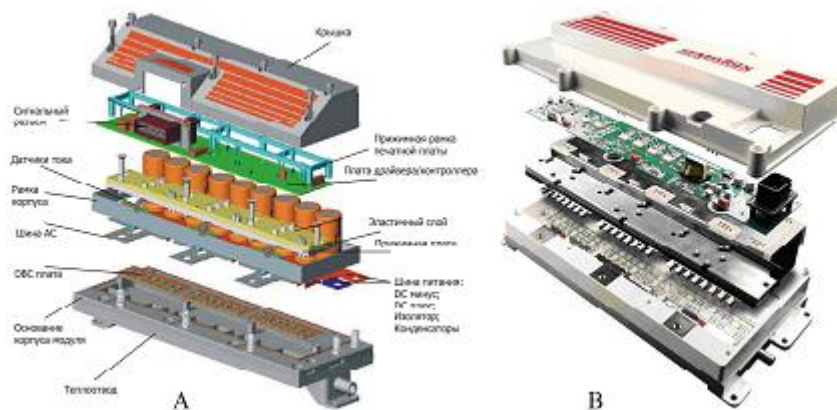


Рис.7 Конструкція та зовнішній вигляд складових частин модулів SKAI/SKADS

Висновки

1. У результаті аналізу сучасних методів побудови силового електроприводу встановлено, що оптимальними є приводи з використанням інтелектуальних IGBT модулів для керування вентильними двигунами.

2. Для систем на основі IGBT модулів необхідно застосовувати модулі з прижимними контактами які забезпечують необхідну надійність силового агрегату в умовах автомобільного транспорту.

Література

1. Щетина В.А.. Электромобиль: Техника и экономика. – Ленинград.: ПП "Машиностроение" 1987. – 250 с.
2. Design of Lightweight Electric Vehicles./ Thesis PhD Travis de Fluiter – Hamilton, New Zealan.: 2008.
3. Werner Tursky and Peter Beckedahl. SKAI/SKADS – Advanced Integration of Electric Drive Systems. SEMIKRON Inc.
4. Michael Toland, Peter Beckedahl. SKAI/SKADS – SEMIKRON Automotive Inverter. SEMIKRON Inc., USA.

Надійшла до редакції
5.8.2010 р.