

Рис. 2 - Структурна схема оптимізації складу рецептури

Література

1. Доронин А.Ф., Шендеров Б.А. Функциональное питание. – М.: ГРАНТЬ, 2002.
2. Современное состояние и перспективы развития продуктов функционального питания. Н.А. Тихомирова // Молочная промышленность. – №7. – 2009. – С. 5-8.
3. Ахназарова С.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С.В. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.
4. Липатов Н.Н. Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью // Хранение и переработка сельхозсырья. 1995. – №3. – С.4-9.
5. Липатов Н.Н. Методологические подходы к проектированию рецептур многокомпонентных пищевых продуктов III поколения // Тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. «Разработка процессов получения комбинированных продуктов питания». – М., 1988. – С.10-11.
6. Focus on functional food / Kumomura Kioko // Food Manuf. 2000. – №24.
7. Николаева С.В., Головин И.М. Программа оптимизации многокомпонентной рецептурной смеси // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – №12.
8. Афанасьев И.К., Панфилов В.А., Ураков О.А. Интегральная оценка качества выпеченного бисквитного полуфабриката. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 3.
9. Золотокопова С.В. Моделирование рецептур рыбоовощных фаршевых изделий из малоценных видов рыб // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2007. – № 3.

УДК 62-83-52

БАГАТОДВИГУННИЙ АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Вершинин Д.В., інженер; Водічев В.А., д.т.н., професор; Войтенко В.А., к.т.н., доцент;
Смотров Е.А., к.т.н., доцент

ОСКБ Спеціальних Верстатів, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

Розглянуто мікропроцесорну систему керування електропривода змінного струму електротранспортного засобу. Наведено функціональну схему електроприводу, фрагменти схем управляючого і перетворюючого пристроїв, а також експериментальні механічні характеристики електроприводу. Стисло описана конструкція мотор-колеса і блоку управління.

The microprocessor control system of alternating current electric drive for electromobile is considered. The functional diagram of electric drive, fragments of charts of control and converter devices, and also experimental mechanical descriptions of electric drive, is resulted. Construction of motor-wheel and control block is briefly described.

Ключові слова: електропривод, мікропроцесор, мотор-колесо, блок управління, функціональна схема.

У зв'язку із виснаженням природних енергетичних ресурсів і глобальним забрудненням навколишнього середовища стає актуальною проблема створення екологічно безпечного електротранспорту.

Економічність електротранспорту в значній мірі залежить від можливості застосування режиму рекуперації енергії гальмування з подальшим її використанням при русі електромобіля. У відомих дослідженнях запропоновано в електроприводі транспортного засобу в якості накопичувача енергії використовувати маховик [1]. Це обумовлює наявність додаткових втрат енергії, що пов'язано з додатковим перетворенням електричної

енергії в механічну і навпаки, а також ускладнення силової частини і системи керування нею, у зв'язку з застосуванням додаткового автономного інвертору і приводного двигуна маховика.

Застосування у легких засобах електротранспорту (ЛЗЕТ) електричних мотор – коліс (МК) дозволить спростити механічну частину ЛЗЕТ, відмовитися від коробки перемикачів швидкості і від головної механічної передачі автомобіля, що значно підвищить його економічність. Застосування суперконденсаторів для накопичення електричної енергії виключає додаткове перетворення електричної енергії в механічну і підвищує ККД накопичувача енергії. Проте практичні схеми такого електроприводу у літературі не розглянуті.

Метою роботи є розробка автоматизованого електропривода для електротранспортного засобу на базі МК і батареї конденсаторів для акумулювання енергії гальмування.

Функціональну схему багатодвигунного автоматизованого електропривода електромобіля наведено на рис.1.

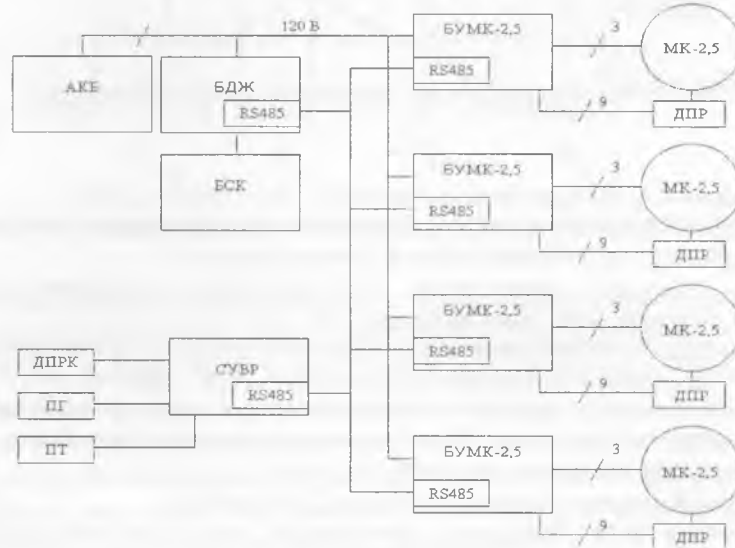


Рис. 1 – Функціональна схема багатодвигунного автоматизованого електропривода електромобіля

До основних складових частин електропривода електромобіля можна віднести: акумуляторну батарею (АКБ), батарею суперконденсаторів великої ємності (БСК), бортове джерело живлення (БДЖ), систему управління верхнього рівня (СУВР), датчик положення рульового колеса (ДПРК), педаль газу (ПГ), педаль гальмування (ПТ), чотири блоки управління мотор-колес потужністю 2,5 кВт (БУМК-2,5), чотири мотор-колеса потужністю 2,5 кВт (МК-2,5), чотири датчики положення ротора мотор-колес (ДПР).

АКБ містить запас електричної енергії, яку споживають МК. Запас енергії в АКБ частково поповнюється при гальмуванні ЛЗЕТ. БСК необхідна для накопичення електричної енергії, що генерується всіма МК під час гальмування ЛЗЕТ і потім споживається МК при русі ЛЗЕТ. Таким чином завдяки застосуванню АКБ і БСК заощаджується енергія гальмування ЛЗЕТ. БДЖ регулює подачу електричної енергії в БУМК від АКБ і БСК і в зворотному напрямі таким чином щоб використовувати і накопичувати енергію з найменшими втратами. На базі сигналів завдання, що надходять від органів керування ДПРК, ПГ, ПТ система управління верхнього рівня формує сигнали повороту передніх коліс, а також сигнали завдання швидкості і максимального моменту для всіх МК. Ці сигнали з виходу СУВР надходять на входи БУМК через інтерфейс RS485. Функціональну схему БУМК-2,5, яка є двоконтурною системою регулювання швидкості МК, наведено на рис. 2.

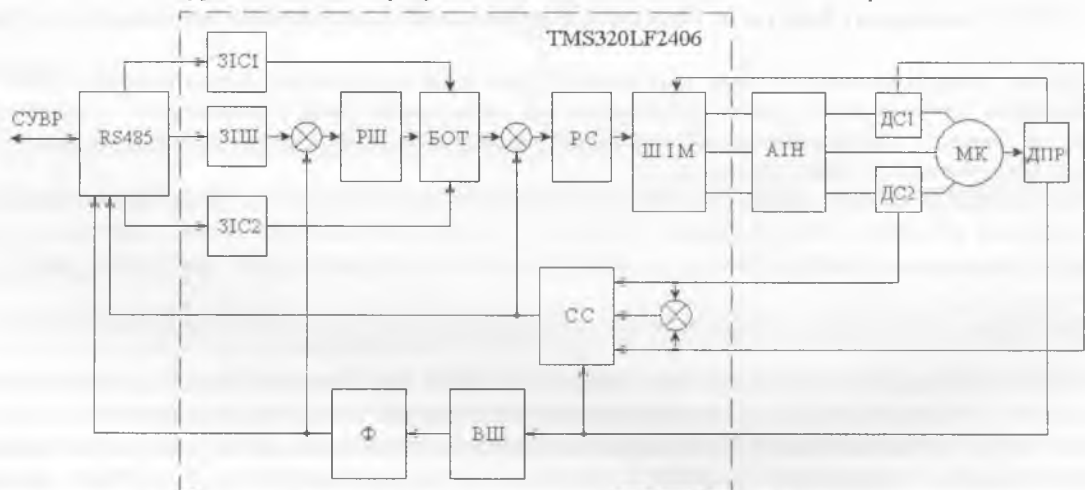


Рис. 2 – Функціональна схема БУМК-2,5

Система регулювання швидкості МК реалізується програмно, на базі спеціалізованого сигнального процесора TMS320LF2406. По інтерфейсу RS485 від СУВР в БУМК-2,5 надходять сигнали дозволу роботи, сигнал завдання швидкості і сигнали завдання обмеження струму розгону і гальмування. В свою чергу від БУМК-2,5 в СУВР і в систему індикації надходять сигнали зворотного зв'язку за швидкістю і за струмом, також інформація про стан пристроїв захисту і діагностики. Сигнали завдання швидкості і обмеження струму передаються на задавачі інтенсивності зміни швидкості (ЗІШ) і струму при розгоні і гальмуванні (ЗІС1, ЗІС2). Роздільне управління рівнями обмеження струму при розгоні і гальмуванні дозволяє керувати електричними гальмуванням ЛЗЕТ з рекуперацією енергії в АКБ і в БСК [2]. Сигнал завдання швидкості, що формує ЗІШ порівнюється з сигналом оцінки фактичної швидкості, їх різниця надходить на вхід регулятора швидкості (РШ). З виходу РШ сигнал завдання струму надходить на блок обмеження струму (БОТ), котрий, відповідно до поданих на нього сигналів із ЗІС1 і ЗІС2, обмежує значення сигналу на виході РШ «зверху» і «знизу». Далі сигнал завдання струму надходить на суматор, де від нього віднімається сигнал зворотного зв'язку за струмом. Сигнал похибки регулювання струму надходить на вхід регулятора струму (РС), а з виходу останнього – на вхід широтно-імпульсного перетворювача (ШІМ), котрий відповідно з сигналами від датчика положення ротора (ДПР) формує широтно-модульовані сигнали управління транзисторними ключами автономного інвертора напруги (АІН). АІН здійснює комутацію фаз обмотки статора синхронного двигуна, що входить до складу МК. Оцінка значення струму в двох фазах обмотки статора здійснюється за допомогою двох датчиків струму ДС1 і ДС2, а значення струму в третій фазі визначається за допомогою підсумовуючого пристрою відповідно до першого закону Кірхгофа. Вихідні сигнали датчиків струму надходять на селектор струму (СС), котрий відповідно до сигналів від ДПР визначає напрям моменту, що розвиває синхронний двигун, і формує сигнал зворотного зв'язку за струмом (ЗЗС). Останній надходить на вхід суматора, який включено на вході регулятора струму. Також сигнал ЗЗС надходить через блок RS485 в СУВР. Сигнал з виходу ДПР надходить на вхід блоку (ВШ), що розраховує значення сигналу зворотного зв'язку за швидкістю (ЗЗШ). Завдяки особливостям конструкції МК-2,5 і ДПР сигнал ЗЗШ має високий рівень перешкод, тому він надходить на вхід адаптивного фільтра (Ф), де проводиться його фільтрація. З виходу Ф сигнал надходить на вхід суматора, розташованого на вході РШ, і замикає від'ємний зворотний зв'язок за швидкістю. Окрім цього сигнал ЗЗШ надходить через блок RS485 в СУВР.

Перетворюючий пристрій блоку управління БУМК-2,5 є трифазним АІН, зібраним на польових транзисторах IRFP4668 (VT1 – VT18). На рис. 3 показана схема, що формує напругу на фазі А обмотки статора синхронного двигуна. На вході перетворюючого пристрою включено імпульсні підсилювачі, виконані на інтегральних комплементарних польових транзисторах IRF7309. Застосування імпульсних підсилювачів, як розташовані поблизу затворів транзисторів силових ключів, забезпечує мінімізацію шляху протікання струму до затвора польових транзисторів і мінімізує паразитні параметри ланцюга затвора. Це дозволяє досягти високої швидкості перемикання ключів силового каскаду і внаслідок цього зменшити втрати енергії на перемикання в польових транзисторах. Для обмеження комутаційних стрибків напруги при закритті силових транзисторних ключів використовуються пасивні фільтри, реалізовані на резисторах R14, R15, конденсаторах C7, C17 і діодах VD1, VD9. Для захисту силового ключа від перенапруження застосовуються стабілітрони VD2, VD8, типу 1,5KE180CA. Для відключення перетворюючого пристрою від бортового джерела живлення (БДЖ) при спрацьовуванні одного з аварійних пристроїв захисту використовуються реле типу RP3SL024 (на рис. 3 не показано). Для отримання інформації про значення струму у фазах МК використовуються датчики струму ДТ1, ДТ2 типу HAS50P/SP1, які побудовані на ефекті Хола.

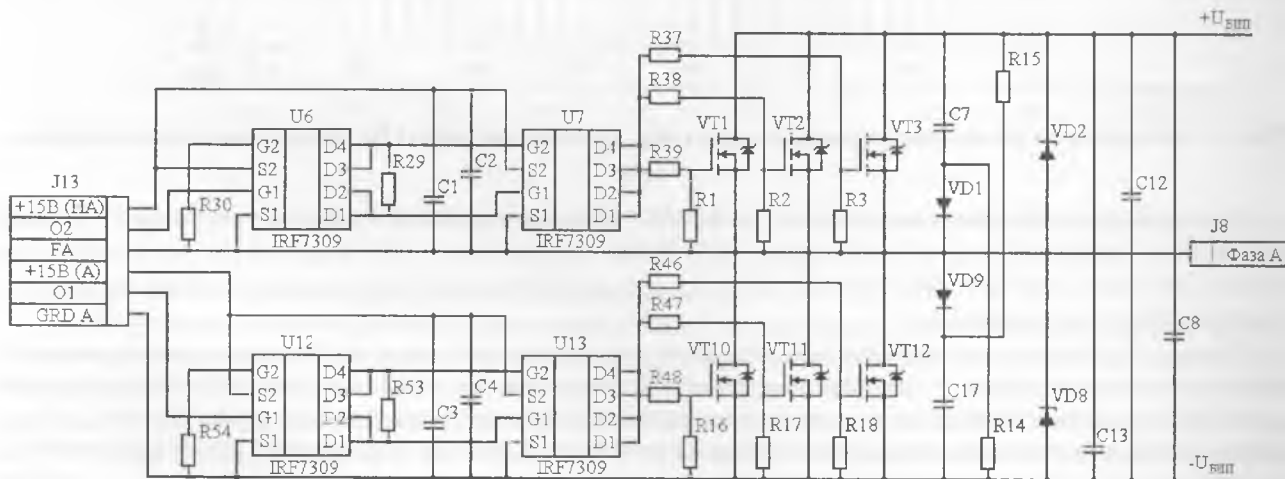


Рис. 3 – Схема АІН (фаза А)

Устрій МК, розробленого фахівцями ЗАТ НПП «Інкар», наведено в [3, 4]. На нерухомому щодо корпусу електромобіля статорі знаходиться трифазна обмотка. Диск колеса сполучено з ротором, на якому встановлено постійні магніти. Усередині ротора встановлено механічне гальмо. Таким чином, МК являє собою трифазний синхронний двигун із збудженням від постійних магнітів.

Для отримання інформації про кут повороту ротора щодо статора синхронного двигуна і про швидкість обертання МК в електроприводі використовується дев'ять дискретних датчиків магнітного поля, які встановлено в робочому зазорі на статорі. На статорі МК також розташована трифазна обмотка на 8 пар полюсів. Схема обробки сигналів, що надходять від датчиків положення, формує 72 імпульси за один оберт МК. По тривалості інтервалів часу між передніми і задніми фронтами імпульсів розраховується оцінка значення швидкості обертання МК. Зі встановлених дев'яти дискретних датчиків магнітного поля три датчики використовуються як датчики положення ротора (ДПР). Живлення датчиків магнітного поля здійснюється від електрично-ізолюваного джерела напругою 9 В, що входить до складу БУМК-2,5, чим досягається висока перешкодостійкість ДПР.

Джерело живлення схеми управління виконано з використанням імпульсного трансформатора, на виході якого формуються декілька імпульсних сигналів частотою 20 кГц і напругою 24 В – для живлення реле, 9 В – для живлення схеми управління і 12 В – для живлення датчиків магнітного поля. З вторинних обмоток імпульсного трансформатора відповідна напруга надходить на випрямлячі і далі – на стабілізатори напруги (мікросхеми LM7815, LM7809, LM7805 і LM317). На виходах стабілізаторів напруга стабілізується на рівні 15 В – для живлення драйверів і ланцюгів затворів силових транзисторних ключів, 9 В – для живлення магнітних датчиків, 5 В – для живлення схем логіки БУМК-2,5 і 3,3 В – для живлення процесора. При зниженні напруги на виході БДЖ до 70 В джерело живлення схеми управління відключається, чим виключає можливість роботи управляючого і перетворюючого пристроїв при зниженій напрузі живлення.

Для обміну інформацією з системою індикації і з пристроєм завдання основних параметрів руху (напряму, швидкості, обмеження струму) в БУМК-2,5 використовується інтерфейс RS485. Як драйвер інтерфейсу використана інтегральна мікросхема MAX1480A, яка окрім узгодження рівнів напруги сигналів забезпечує електричну ізоляцію ланцюгів процесора і інтерфейсу.

На рис. 4 показано експериментальні механічні характеристики, що відповідають роботі БУМК-2,5 в режимі обмеження струму при значеннях сигналу завдання струму 10 А (графік 1), 25 А (графік 2) і 50 А (графік 3) при заданій частоті обертання МК $n_{\phi}=125$ об/мин.

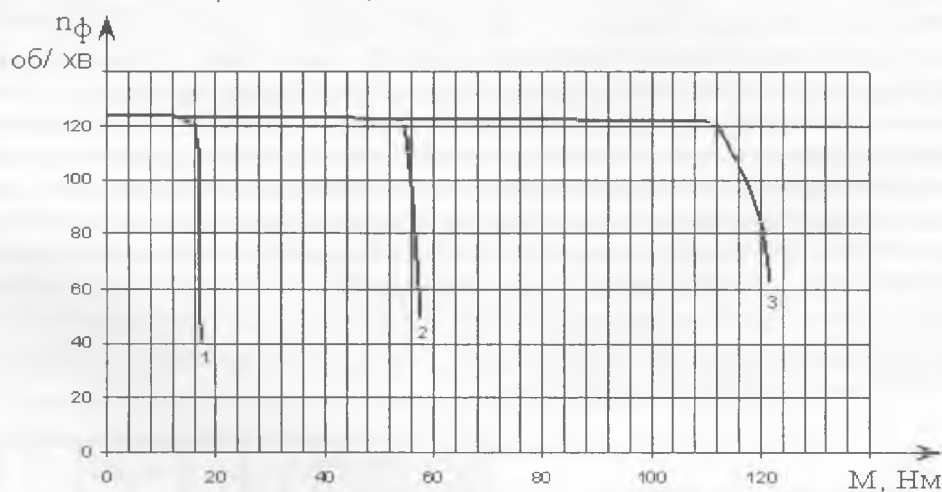


Рис. 4 – Експериментальні механічні характеристики, притаманні роботі БУМК-2,5 в режимі обмеження струму

Експериментальні дослідження показали, що БУМК-2,5 дозволяє здійснити плавне регулювання струму від 0 А до 80 А. При цьому момент, що розвиває МК, плавно регулюється від 0 Нм до 160 Нм. Це важливо для точного розподілу рушійного моменту між мотор-колесами на поворотах ЛЗЕТ та при русі коліс по ґрунту з різним коефіцієнтом зчеплення.

На рис. 5 показано експериментальні механічні характеристики замкнутої системи електропривода в режимі регулювання швидкості при значеннях сигналу завдання швидкості 30 об/хв (графік 4), 75 об/хв. (графік 3), 150 об/хв. (графік 2) і 300 об/хв. (графік 1). Експериментальні дослідження показали, що БУМК-2,5 дозволяє здійснити плавне регулювання швидкості в діапазоні 30:1. Це важливо для здійснення плавного руху ЛЗЕТ на малій швидкості.

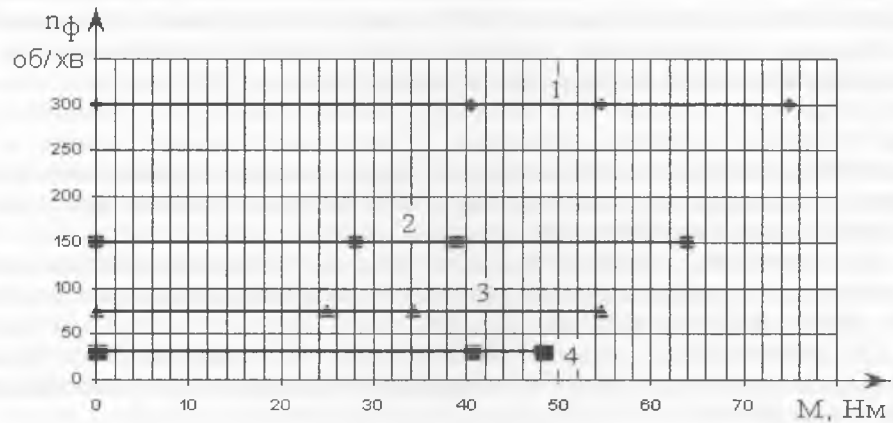


Рис. 5 – Експериментальні механічні характеристики, притаманні роботі БУМК-2,5 в режимі регулювання швидкості

На рис. 6 показано експериментальні графіки залежності ККД електропривода від моменту навантаження МК при різних значеннях напруги на виході АКБ, з яких випливає, що в зоні малого навантаження МК (менше 20 Нм) ККД знаходиться в межах від 50% до 80% і сильно залежить від значення напруги АКБ. Причому, чим менше значення напруги на виході АКБ, тим більше значення ККД. Це означає, що при розряді АКБ накопичена в ній електрична енергія використовується більш ефективно. При навантаженні МК-2,5 від 23 Нм до 83 Нм ККД електропривода перевищує 80% і майже не залежить від значення напруги АКБ.

Конструктивно блок управління БУМК-2,5 поділено на дві частини: блок перетворюючого пристрою (силовий блок) і блок управляючого пристрою (відсік управління). У силовому блоці розташовано силові транзистори, конденсатори вхідного фільтру силового джерела живлення і датчики струму. Силовий блок відокремлено від відсіку управління металевим екраном, який призначено для послаблення впливу на управляючий пристрій перешкод, що створює перетворюючий пристрій. Всі металеві частини БУМК-2,5 електрично-сполучені з корпусом ЛЗЕТ. Електричні ланцюги перетворюючого пристрою і управляючого пристрою БУМК-2,5 електрично-ізолювані від корпусу. Блок БУМК-2,5 потребує вертикальної установки (по ребрах радіатора) і закріплення на поверхні з використанням теплопровідної пасти, що забезпечує більш ефективне відведення тепла і зниження температури транзисторних ключів при однаковій потужності на виході БУМК-2,5.

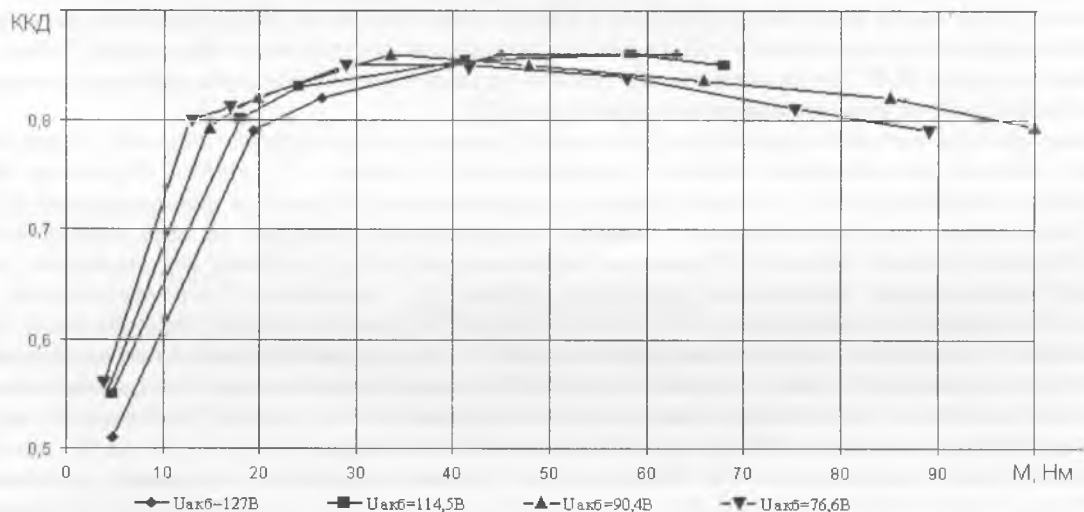


Рис. 6 – Графіки залежності ККД від моменту навантаження МК при різних значеннях напруги на виході БДЖ

На підставі викладеного можна зробити наступні висновки:

1. Розроблено автоматизований електропривод ЛЗЕТ з трифазним АІН і мікропроцесорним блоком управління синхронним двигуном, який забезпечує плавне регулювання швидкості і моменту, що розвиває МК. Управління всіма МК ЛЗЕТ здійснюється через послідовний інтерфейс RS485.

2. Завдяки можливості здійснити незалежне управління кожним з коліс значно спрощується реалізація складних алгоритмів управління, необхідних для оптимізації роботи анти-блокувальних і анти-пробуксовочних систем.

3. Застосування МК спрощує кінематику ЛЗЕТ, підвищує економічність. Електромобіль стає набагато простішим і дешевшим в експлуатації, оскільки містить менше механічних вузлів. Процес розгону електромобіля здійснюється плавно без перемикання коробки передач.

Література

1. Будніков В.М. Гібридна система електроживлення з інерційним накопичувачем енергії для спеціалізованих видів транспорту: Автореф. дис.. канд. техн. наук: 05.09.03/ Кременчуцький держ. політехніч. ун-т ім. М. Остроградського. – Кременчук, 2009. – 18 с.
2. Вершинин Д.В., Водичев В.А., Войтенко В.А., Смотров Е.А., / Особенности выбора параметров бортового источника питания электротранспортного средства, // Электромашинобудування та електрообладнання. – К.: Техніка. – 2008. – Вип. 71. – С. 5 – 11.
3. Вершинин Д.В., Войтенко В.А., Смотров Е.А., Николенко А.Н., Процсорова Н.А. / Электропривод мотор-колеса электротранспортного средства, // Электромашинобудування та електрообладнання. – К.: Техніка. – 2009. – Вип. 74. – С. 25 – 30.
4. ЗАО НПП «Инкар». Мотор-колеса для электромобилей. <http://inkar.mccinet.ru>

УДК 65.011.56:004.032.26:004.8

НЕЙРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ КОНТРОЛЛЕРОВ КОНТАР

Горпиняк Ю.П., магистр; Павлов А.И., к.т.н., доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Показывается возможность реализации регулятора, использующего искусственную нейронную сеть, на контроллере MC5 MZTA.

It shows the possibility of the constructing control, using an artificial neural network on the controller MC5 MZTA
Ключевые слова: нейрон, регулятор, контар, оптимизация, контролер.

Искусственные нейронные сети (ИНС) находят все более широкое применение в задачах автоматического регулирования. В настоящее время построение САР с классическим линейным ПИД алгоритмом регулирования обычно сопровождается использованием той или иной методики самонастройки его параметров. Точно также и в случае использования ИНС для реализации алгоритмов регулирования необходимо применять специальные методы настройки («обучения», «тренировки») параметров ИНС.

Известны два вида настройки параметров сети: самообучение и контролируемое обучение. Первый способ применяют в задачах распознавания образов и кластеризации, а второй – в задачах управления. Из двух разновидностей контролируемого обучения (прямое контролируемое обучение и стимулированное обучение) наиболее подходящим для использования в задачах регулирования является система стимулированного обучения. В ней обучаемой частью САР является нейронный регулятор, а объект регулирования, внешние воздействия (координатные возмущения, изменения сигнала от задатчика и его производная, сигнал динамической ошибки и его производная) выступают в качестве окружающей среды. Стимулируемое обучение осуществляется по результату оценки осуществляемого ИНС (регулятором) преобразования «вход-выход». Оценку результата выполняют после подачи на вход ИНС тренировочного воздействия и затем изменяют настройку параметров сети так, чтобы максимизировать скалярный индекс оценки, называемый стимулом (в психологии он известен как закон действия («проб и ошибок») Торндайка).

Для оптимизации параметров ПИД-алгоритмов регулирования широко применяют симплекс-метод Нелдера-Мида, который также можно отнести к методу стимулированного обучения. И хотя в ПИД- алгоритме количество оптимизируемых параметров равно трём, тем не менее, как показывает опыт, указанный симплекс-метод с успехом может быть использован и для расчета параметров ИНС, состоящей из небольшого числа нейронов, распределенных по нескольким слоям [1,2]. Однако следует отметить, что имеется существенная проблема, которая всегда возникает при использовании любых известных методов настройки ИНС, состоящая в том, что число локальных оптимумов, даже в вариантах ИНС с малым числом нейронов, очень велико. Это означает, что результат «обучения» ИНС в определяющей мере зависит от удачного (именно так) выбора стартового набора коэффициентов синаптических связей в ИНС, а также зависит от удачного выбора диапазонов их допустимых изменений. При неудачном выборе набора коэффициентов обучение ИНС зайдет в тупик в окрестности одного локального оптимума, даже если рядом есть глобальный оптимум. При неудачном выборе диапазонов изменений коэффициентов в ходе обучения ИНС могут возникнуть ситуации, когда значение одних коэффициентов обращаются в ноль, а других стремятся к бесконечности и при этом оптимум не достигается.