

¹Я.Ю. Марущак, д-р техн. наук, професор, ²А.П. Кушнір, канд. техн. наук, доцент
^{1,3}В.М. Оксентюк, канд. техн. наук

(¹Національний університет "Львівська політехніка",

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, ³СКБ електромеханічних систем)

ВЕНТИЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ ПЛАТФОРМИ ПОЖЕЖНОГО АВТОПІДЙОМНИКА

Обґрунтовано необхідність заміни механічної редукторної системи повороту платформи пожежного автопідйомника електромеханічною безредукторною, побудованою на базі моментного двигуна. Відсутність редуктора дасть згоду значно спростити механічну частину привода і суттєво підвищити жорсткість електромеханічної системи механізму повороту платформи. Наведено приклад системи автоматичного керування позиційним електроприводом з вентильним моментним двигуном з давачем положення ротора. Безконтактне виконання дає змогу суттєво підвищити надійність системи електропривода в цілому.

Ключові слова: пожежний автопідйомник, механізм повороту платформи, електропривод, вентильний моментний двигун.

Постановка проблеми

Сучасний розвиток суспільства і перенаселеність міст сьогодні потребують від забудовників зводити на невеликих ділянках землі висотні будівлі, як житлового, так і адміністративного характеру, висота яких може сягати понад 100 м. Специфіка висотних будівель істотно обмежує методи і засоби боротьби з пожежею і також ускладнює евакуацію людей та рятувальні роботи на значних висотах. У цих випадках використовують різноманітну пожежно-аварійну техніку: висотні автопідйомники та автодрабини з люлькою і без неї, майданчики на даху для рятувальних гелікоптерів тощо. Без таких засобів процес проведення рятувальних робіт на значних висотах та подачі вогнегасної речовини безпосередньо в осередок пожежі майже неможливі. Робота на значних висотах (50-112 м) із застосуванням підймальних механізмів супроводжується значним ризиком для життя, як рятувальників, так і потерпілих, котрі підлягають евакуації.

У підймальних механізмах стріла не є абсолютно жорсткою, а тому через різні збурювальні впливи під час підймання люльки на висоту 50-112 м виникають пружні коливання. До факторів, які викликають коливання, можна віднести недосконалість виготовлення механічних елементів та їх з'єднань, неефективну роботу системи керування та реактивну дію вогнегасних речовин, що подаються по сухотрубах. Крім того, усі підймальні механізми та автодрабини застосовуються на відкритому повітрі. Тому вони повинні розглядатися як такі, що піддаються дії вітру зі статичним тиском до 100 Н/м². Це відповідає швидкості вітру 12,5 м/с (6 балів за шкалою Бафорта) [1]. Підймальні механізми, що використовуються пожежно-рятувальними службами, повинні відповідати вимогам безпеки та стандарту [1].

Для роботи підймальних пристроїв, на рамі базового автомобіля встановлюється відповідно механічні тросові лебідки, гідронасоси або електрогенератори, що працюють від двигуна шасі або власного дизельного двигуна. Найбільш поширеним є гідропривод, який використовується на більшості автопідйомників. Електропривод (ЕП), чи комбінований електрогідролічний привод використовується на особливо потужних підймачах.

Механізми повороту [2] призначені для привода поворотної платформи автомобільних підймачів, в яких висота підйому становить 22 - 114 метрів, вантажопідйомність є в межах 250 до 500 кг, а швидкість повороту знаходиться в діапазоні 0,4 – 2,0 об/хв. Вони комплектуються тихохідними гідромоторами серії МГП або можуть комплектуватися електродвигунами, які отримують живлення від електрогенератора.

Наявність редуктора в механізмі повороту призводить до утворення люфтів і, як наслідок, до виникнення динамічних ударів під час пуску, зупинки чи дії навантаження на опорно-поворотний механізм. Це обумовлює зношення зубців редукторної системи та неможливість стабілізації положення люльки.

До механізму повороту ставлять вимоги забезпечення відповідних параметрів тахограми руху, плавності розгону і гальмування двигуна, реверсу виконавчого двигуна, відпрацювання сигналів кінцевих вимикачів та відпрацювання дій оператора. Крім цього, слід реалізувати обмеження роботи механізму при перевантаженні на валу двигуна та забезпечити високу надійність [1]. Серйозною перешкодою для отримання якісних динамічних характеристик системи повороту є обмежена жорсткість підйимально-обертального механізму.

Враховуючи вищесказане, виникла потреба заміни редукторної механічної системи обертання механізму повороту на безредукторну з використанням моментного електричного двигуна. Аналіз останніх досягнень і публікацій

На сьогодні завдяки розвитку сучасної мікропроцесорної та силової напівпровідникової техніки, а також можливості отримання сучасних потужних постійних магнітів суттєво розширюються можливості виготовлення і діапазону застосування моментних вентильних двигунів (МВД). Так, у [3] розглянуто загальні питання застосування великих МВД та особливості їх проектування.

У [4] описано застосування моментного двигуна у потужному ЕП мотор-колесі візка з джерелом автономного живлення. У [5] описано конструкцію і випробування моментного безконтактного двигуна великого діаметра для силового ЕП телескопа. Особливістю роботи такого двигуна є значний змінний активний і реактивний момент статичного навантаження на валу, вітрове навантаження, а також змінний момент інерції.

У спеціальному конструкторському бюро електромеханічних систем (СКБ ЕМС НДЛ-68) НУ “Львівська політехніка” було розроблено та виготовлено [6] позиційний електропривод на базі вентильного двигуна постійного струму із збудженням від постійних магнітів. Такий МВД має зубчастий якір з трифазною обмоткою, з’єднаною у «зірку», та вбудований давач положення ротора (ДПР) індуктивного типу. Його параметри є такими: постійна напруга живлення статорних обмоток 300 В, номінальна кутова швидкість 8 рад/с, номінальний момент 120 Нм, конструктивна стала за моментом 22 Нм/А, максимальне амплітудне значення фазного струму не більше 10 А, активний опір обмоток двох фаз 13 Ом, індуктивність $5 \cdot 10^{-2}$ Гн, кількість пар полюсів $2p=70$ забезпечує низький рівень пульсацій моменту. ДПР має обмотку збудження, яка живиться напругою 12 В з частотою 10 кГц та трифазну сигнальну обмотку.

Також там було розроблено ЕП [7], аналогічний описаному в [6] типу, який складається з трифазного безконтактного синхронного моментного двигуна, трифазного синхронного тахогенератора і давача положення ротора та призначений для використання в складі силового ЕП опорно-обертового пристрою телескопа. Основні технічні характеристики і параметри такого ЕП: напрям обертання – реверсивний в діапазоні робочих кутових швидкостей від $0,97 \cdot 10^{-3}$ до 0,35 рад/с; максимальне кутове прискорення – не більше 2,62 рад/с²; електромагнітна стала часу – не більше 10 мс; максимальне амплітудне значення фазного струму не більше 10 А; конструктивна стала моменту не менше 90 Н·м/А. Керування від трифазного напівпровідникового регульованого джерела живлення з максимальним амплітудним значенням фазної напруги 127 В. Збудження від постійних магнітів. Номінальний момент для кутової швидкості 0,35 рад/с становить 700 Н·м. Двигун забезпечує короткочасну роботу з максимальним моментом 1300 Н·м протягом часу не більше 5 с для кутової швидкості 0,35 рад/с.

У роботі [8] описано електропривод з МВД, для якого конструктивна стала моменту є не меншою 131 Нм/А; кутова швидкість при номінальному моменті може бути від -0,37 рад/с до +0,37 рад/с; напруга живлення від -400 до +400 В; максимальний струм не більший 99 А; максимальний момент рівний 13000 Нм. Вказаний МВД призначений для роботи у складі позиційно-слідкуючого прецизійного ЕП. Особливістю роботи такої електричної машини є можливість недовготривалої роботи на природній характеристиці без струмового обмеження, змінний момент інерції, значне вітрове навантаження на валу двигуна, статичне реактивне навантаження.

Наведені в [4-8] приклади ілюструють успішні рішення застосування моментних двигунів в силових безредукторних електроприводах, які можуть бути використані для модернізації механізмів повороту платформ.

Як відомо [1, 2] робота автопідійомників відбувається в умовах неможливості їх живлення від стаціонарної мережі живлення. Висотні автопідійомники мають дизель-генераторні установки потужністю від 3 до 15 кВт для забезпечення енергією електрообладнання машин та інструментів. У [4-8] наведені приклади успішного застосування МВД у системах із автономним джерелом живлення обмеженої потужності, що є актуальним для цього механізму повороту платформи. Застосування дизель-генераторної установки вирішує також питання живлення безредукторного ЕП механізму повороту. Для забезпечення якісної роботи останнього необхідно зробити вибір та розрахунок параметрів автономного джерела живлення та взаємно узгодити параметри дизель-генераторної установки і МВД безредукторного ЕП.

Мета статті

Метою даною роботи є обґрунтування заміни редукторної механічної системи повороту платформи на електромеханічну безредукторну систему та вибір типу електроприводу цього механізму.

Викладення матеріалу

Радикальним вирішенням проблеми модернізації механізму повороту пожежного автопідійомника є повна відмова від додаткових механічних зв'язків між виконавчим двигуном і робочим механізмом та створення безредукторного ЕП обертання з електричним МВД. Аналіз основних факторів, що впливають на характеристики електромеханічних систем, наводить на ідею максимального спрощення кінематичних передач, зокрема відмову від редукторної передачі.

Проаналізуємо запропоноване рішення. Використання редукторних систем ЕП дає змогу дещо демпфувати удари в механічних частинах кінематичної схеми та коригувати зусилля. Проте, використання традиційних редукторних ЕП є проблематичним через пружність валів, кінематичні неточності та люфти в механічних передачах. Їх негативну дію можна до певної міри нівелювати шляхом побудови спеціальних систем автоматичного керування (САК). В окремих випадках наявність люфтів може бути джерелом незатухаючих коливань в системі, що є недопустимим для цього механізму. Тому перспективним напрямком модернізації механічної частини ЕП платформи повороту є створення безредукторних систем [9, 10], в яких вал МВД з'єднується безпосередньо з валом об'єкта керування.

Використання безредукторного ЕП призводить до необхідності застосування виконавчого двигуна з суттєво більшим значенням номінального моменту, оскільки цей механізм повороту платформи відзначається великою масою і змінним моментом інерції. Застосування серійних електродвигунів змінного чи постійного струму не дасть змоги вирішити поставлене завдання через необхідність залишити в системі повороту редуктор через високу швидкість обертання вала двигуна та недостатні значення моменту на валу. Крім цього використання класичних двигунів постійного струму має суттєвий недолік – колекторний вузол.

Поєднання умови високоточної роботи на низьких швидкостях з необхідністю розвинути великий момент на валу можна забезпечити використовуючи МВД [4, 11] у ролі приводного двигуна ЕП. Основною перевагою МВД є відсутність щітково-колекторного вузла та забезпечення високих значень моменту на валу. Таке конструктивне рішення у поєднанні із проектуванням необхідних параметрів електродвигуна дозволяє недовготривалу роботу останнього навіть у режимі короткого замикання. Використання в безредукторному ЕП з МВД давачів кута, положення ротора і швидкості, які не потребують власних підшипників (вбудовувана конструкція), є перспективним вирішенням проблеми створення високоточних динамічних ЕП переміщення. Це пояснюється так: по-перше, вбудовані в опорно-обертовий пристрій двигуни, збільшують жорсткість кінематичної ланки опора-МВД-об'єкт регулювання і, як наслідок, значно підвищують значення резонансних частот обертових коливань і коливань на згин валів опорно-обертового пристрою; по-друге, кріплення статора і ротора вбудовуваних в опорно-обертовий пристрій двигунів здійснюється без з'єднувальних муфт, що також виключає люфти в силових і вимірювальних кінематичних ланках [12].

Зазвичай пожежні автопідйомники є унікальними специфічними об'єктами, тому МВД, який пропонується для ЕП механізму платформи повороту також буде розроблятися спеціально для конкретного типу пожежного автопідйомника. Однією з особливостей МВД є те, що вибір двигуна проводиться не за потужністю, а за моментом на валу. Тому слід перевіряти можливість автономного джерела живлення забезпечувати відповідний струм. Живлення ЕП платформи повороту відбувається від джерела обмеженої потужності, а тому її також треба враховувати під час вибору МВД. Відомо [10], що механічна потужність P визначається добутком моменту на швидкість: $P = M \cdot \omega$. Знаючи бажані значення моменту і швидкості можна визначити потужність МВД і підібрати для його живлення відповідну дизель-генераторну установку. Величину струму живлення можна оцінити на основі виразу $M = C \cdot I$ (де C – конструктивна стала моменту). Враховуючи вище сказане, оцінимо основні характеристики електропривода з МВД для механізму повороту.

Оскільки як номінальна частота обертання підйально-поворотного механізму становить приблизно 2 об/хв [1, 2], то кутова швидкість обертання

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 0,21 \text{ рад/с.}$$

Величина моменту, який потрібно розвинути двигуну залежить від: розміщення стріли з люлькою, маси підйально-поворотного механізму та можливого навантаження на люльку. Вказані параметри змінюються у широких межах навіть для конкретного типу пожежно-аварійно-рятувального автомобіля. Отже, і величина моменту, який повинен розвивати МВД, буде змінюватися у широких межах. Так, згідно з [1, 2], моменти лежать в діапазоні 2 ÷ 16 кНм. Тоді механічна потужність приводного двигуна повинна становити 420÷3360 Вт. Струм, який споживає МВД, за умови $C = 90\div 130 \text{ Нм/А}$ буде дорівнювати: $I = 22\div 123 \text{ А}$.

Серед дизель-генераторів промислового виконання можна завжди підібрати такий, що задовольняє такі вимоги.

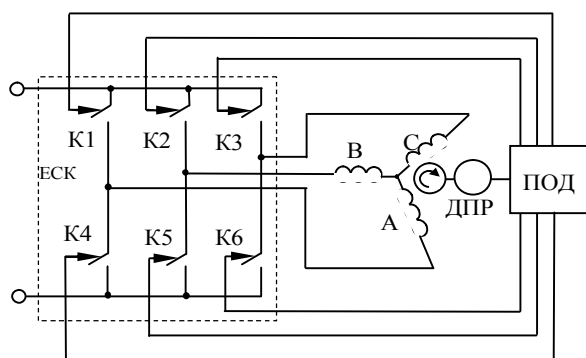


Рис. 1. *Схема вентильного трифазного моментного електродвигуна*

Загалом конструкція МВД дуже подібна до конструкції синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів [4, 11] або до так званої «оберненої» конструкції класичного двигуна постійного струму зі збудженням від постійних магнітів. Обмотки якоря розташовують на статорі, а індуктор у вигляді постійних магнітів розташовується на роторі. Обмотки МВД виготовляють аналогічно до обмоток багатозначного двигуна змінного струму, але найбільш ефективною є трифазна конструкція електродвигуна з двопівперіодним живленням обмоток статора [11, 12], схема якого показана на рис. 1.

Для живлення якорних обмоток і створення обертового магнітного поля на статорі замість колекторного вузла використовується напівпровідниковий безконтактний електронний силовий комутатор (ЕСК), який працює у функції давача положення ротора (ДПР). ЕСК зібраний за трифазною мостовою схемою, яка забезпечує двопівперіодне живлення статорних обмоток МВД. При цьому струм у кожній секції під час комутації змінює свій напрям. ДПР є елементом зворотного зв'язку за положенням ротора і призначений для отримання сигналів про відносне положення магнітних осей індуктора (на роторі) і полюсів статора (якорної обмотки). Тобто за допомогою ДПР через підсистему обробки сигналів (ПОД) від ДПР визначаються моменти перемикачів напівпровідникових силових ключів К1-К6.

Комутуючи силові ключі К1-К6 за певним законом створюється обертове магнітне поле статора, яке взаємодіє із магнітним полем індуктора ротора, в результаті чого відбувається обертання ротора МВД.

Для зміни напрямку обертання класичного двигуна постійного струму змінюють полярність напруги живлення. Для МВД з ЕСК такий спосіб не можливий через особливості напівпровідникових елементів. Тому для реверсування обертання МВД необхідно змінити послідовність комутації обмоток статора, тобто послідовність вмикання силових ключів, наприклад, шляхом інвертування зчитаної послідовності сигналів від ДПР.

Регулювати частоту обертання ротора можливо або змінюючи величину напруги живлення статорних обмоток, або змінюючи її частоту.

Наведемо один з прикладів керування МВД. В [6] було проаналізовано два закони керування комутацією обмоток МВД: за 120 ел.град. та 180 ел.град. принципами дискретної комутації з дискретністю 60 ел.град. У випадку 120 ел.град. принципу керування відкриті лише два ключі (один емітерної групи, інший – колекторної) і струм протікає тільки через дві обмотки. Тоді існує природна затримка між вмиканням ключів одного плеча тривалістю 60 ел.град. Комбінація трьох логічних сигналів з ДПР зміщена між собою на 120 ел.град. і змінює свій стан кожні 60 ел.град. Цю властивість використано для розроблення алгоритму керування перемиканням обмоток фаз МВД з дискретністю 60 ел.град.

У такому випадку спостерігаються дещо гірші енергетичні показники, ніж за 180° принципу дискретної комутації, але враховуючи більшу надійність, простоту і задовільний характер моменту, що створюється на валу МВД, для першого наближення модернізації механізму платформи повороту такий спосіб керування буде задовільним.

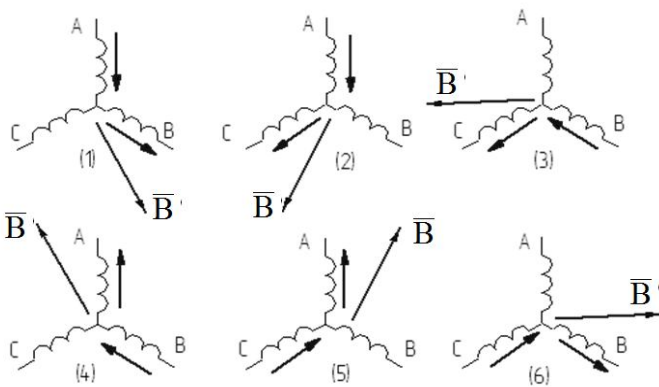


Рис. 2. Послідовність підключення обмоток

двічі (120 ел.град.) таким чином, що у ній протікає струм додатної полярності, один раз (60 ел. град.) не підмикається і двічі (120 ел.град.) підмикається таким чином, що у ній протікає струм від'ємної полярності. Обмотки фаз В і С підмикаються аналогічним чином з відповідним фазним зсувом, у результаті чого вектор індукції магнітного поля \vec{B} обертається.

Згідно з вибраним в [6] принципом керування для того, щоб вектор магнітного поля статорної обмотки зробив повний оберт в електричних градусах, необхідно перекомутувати обмотки через кожні 60 ел.град. у послідовності відповідно за схемою рис. 2. У кожен момент часу до джерела напруги підмикаються дві обмотки, струм у яких протікає у протилежних напрямках. Тривалість підмикання, яка становить 60 ел.град., а також моменти перемикання обмоток визначаються сигналами з ДПР. Як видно з рис. 2, підмикання обмотки фази А відбувається

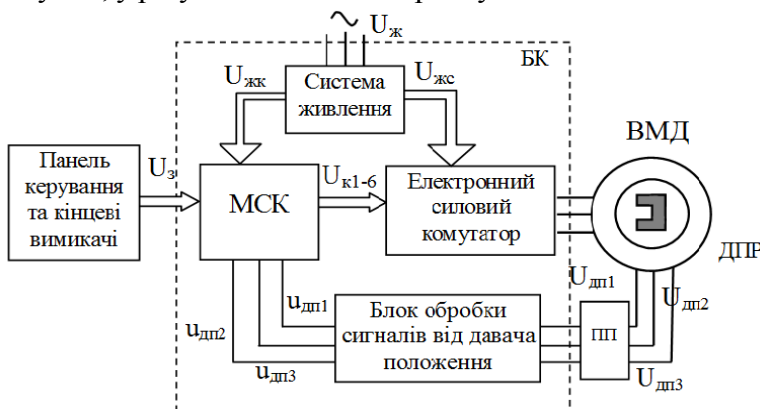


Рис. 3. Функціональна схема електропривода

Один з прикладів розробки і реалізації ЕП на базі МВД наведено в [6], функціональна схема якого показана на рис. 3. Такий ЕП складається з панелі керування, мікропроцесорної системи керування (МСК), ЕСК обмоток безконтактного МВД з датчем положення ротора ДПР, блока обробки сигналів датча положення, системи живлення. Також до складу електропривода входить проміжний перетворювач ПП, призначений для фазового зсуву вихідних сигналів ДПР на 30 ел.град. відносно ЕРС обмоток ВМД відповідних фаз [8].

Кінцеві вимикачі не входять до складу блока керування, але їхні сигнали разом із сигналами від панелі керування оператора формують вхідний вектор U_z керуючих впливів САК.

За допомогою панелі керування, оператор управляє процесом роботи механізму, відбувається сигналізація кінцевих вимикачів та режимів роботи. Система живлення призначена як для силового живлення $U_{жс}$ обмоток МВД, так і для живлення електричних кіл керування $U_{жк}$. Електронний силовий комутатор містить шість IGBT транзисторів, зібраний за трифазною мостовою схемою та забезпечує двопівперіодне живлення обмоток МВД. У процесі комутації обмоток струм у кожній секції змінює свій напрям. Вихідними сигналами мікроконтролера для керування напівпровідниковими ключами ЕСК є шість сигналів $U_{к1-6}$, які формуються за відповідним алгоритмом та у функції логічних сигналів давача положення $U_{дп1}$, $U_{дп2}$, $U_{дп3}$. Сигнали $U_{к1-3}$ використовуються для керування силовими ключами емітерної групи, а сигнали $U_{к4-6}$ – для колекторної групи.

Реалізація вказаного алгоритму комутації обмоток передбачає розроблення таблиці станів (див. табл. 1) силових ключів ЕСК аналогічно [6] для формування сигналів $U_{к1-6}$ у функції трьох сигналів від ДПР, яка запрограмована у мікроконтролері МСК. Таблиця станів складається з шести положень, що зумовлено принципом керування та показує, що у кожен момент часу увімкнено тільки два ключі: один емітерної, а другий колекторної груп. Ключі емітерної групи вмикаються і працюють протягом додатної 120-ти градусної зони сигналу з ДПР відповідної фази, а колекторної групи – протягом від'ємної 120-ти градусної зони.

Таблиця 1

Таблиця станів комутації силових ключів (пряма послідовність)

№	$U_{дп1}$	$U_{дп2}$	$U_{дп3}$	$U_{к1}$	$U_{к2}$	$U_{к3}$	$U_{к4}$	$U_{к5}$	$U_{к6}$
1	1	0	1	1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	1	0	0	0	0	1
3	0	1	1	0	1	0	0	0	1
4	0	1	0	0	1	0	1	0	0
5	1	1	0	0	0	1	1	0	0
6	1	0	0	0	0	1	0	1	0

*1 – відповідає увімкненому стану ключа;
0 – відповідає розімкненому стану ключа*

Для отримання плавних розгону і гальмування МВД використовується принцип широтно-імпульсної модуляції.

Принципи комутації силових ключів не залежать від типу та номінальних характеристик МВД. Тому для перевірки правомірності застосування відповідного алгоритму керування електронним комутатором були проведені дослідження на фізичній моделі позиційного ЕП з МВД типу ДБМ [6] з номінальними параметрами: постійна напруга живлення статорних обмоток 300 В, номінальна кутова швидкість 8 рад/с, номінальний момент 120 Нм, конструктивна стала за моментом 22 Нм/А, максимальне амплітудне значення фазного струму не більше 10 А, активний опір обмоток двох фаз 13 Ом, індуктивність $5 \cdot 10^{-2}$ Гн, кількість пар полюсів $2p=70$ забезпечує низький рівень пульсацій моменту. ДПР має обмотку збудження, яка живиться напругою 12 В з частотою 10кГц та трифазну сигнальну обмотку.

Наведена фізична модель позиційного ЕП може бути адаптована для моментного електродвигуна механізму повороту платформи, оскільки розроблений алгоритм комутації не залежить від номінальних параметрів конкретного МВД. Основною умовою адаптації для ЕП платформи є наявність МВД з ДПР. Параметри МВД платформи та статичні і динамічні показники механізму повороту будуть враховані під час синтезу і розробки САК ЕП позиціонування платформи.

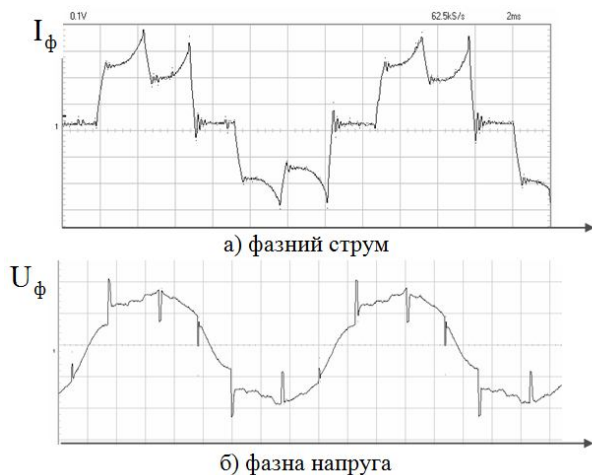


Рис. 4. Осцилограми сигналів керування силовими ключами, що формуються мікроконтролером

ним безконтактним двигуном постійного струму підтверджують можливість модернізації механізму повороту пожежного автопідйомника та окреслюють перспективи її технічної реалізації.

Висновки

Використання моментних двигунів для модернізації механізму повороту платформи пожежного автопідйомника дасть змогу створити безредукторний ЕП. Відсутність редуктора значно спрощує механічну частину ЕП і суттєво підвищить жорсткість електромеханічної системи механізму платформи повороту. У ролі приводного двигуна такої поворотної платформи доцільно використати моментний вентиляний двигун зі збудженням від постійних магнітів із вбудованим давачем положення ротора індуктивного типу кожен. Основні особливості конструкції таких двигунів полягають у збудженні від постійних магнітів, обертовому індукторі, нерухомому якорі з обмотками, підведення струму до обмоток відбувається без ковзного контакту. Викладений матеріал дає змогу констатувати, що перевагами МВД є відсутність ковзного контакту, менш жорсткі вимоги до вибору величини напруги живлення, менший вплив навколишнього середовища, відсутність редуктора. Безконтактне виконання суттєво підвищує надійність системи ЕП в цілому.

Для подальших робіт планується проведення досліджень такого ЕП механізму платформи повороту з використанням розроблених математичних моделей, зокрема з урахуванням пружних деформацій вихідного вала МВД.

Список літератури:

- 1. Автотрабини пожежні.** Загальні технічні вимоги та методи випробовування (EN 14043:2005, IDT) : ДСТУ EN 14043:2008. – [Чинний від 2008-12-26]. – К. ; Держспоживстандарт України, 2008. – 176 с. – (Національний стандарт України).
- 2. Вайнсон А.А.** Подъемно-транспортные машины : [учебник для вузов по специальности “Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование”] / Вайнсон А.А. – М. : Машиностроение, 2004. – 536с.
- 3. Следящие приводы :** Электрические следящие приводы / [Блейз Е.С., Бродовский В.Н., Введенский В.А. и др.] ; под ред. Б.К. Чемоданова. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 890 с.
- 4. Ткачук В.** Електромеханотроніка : навчальний посібник / Ткачук В. – Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2001. – 404 с.
- 5. Venturini M., Vismara A.** Design and test of very large diameter, brushless permanent magnet torque motors for the very large telescope / PHASE MOTION CONTROL via Lungobisagno Iстриa 27 a,b/R, 16141 – Genova – ITALY. Paper presented at POWERSYSTEMS WORLD '96, 1996, Las Vegas, USA.

У результаті комутації силових ключів ЕСК по обмотках МВД протікає струм, вигляд якого в одній фазі показаний на рис. 4а, а фазна напруга у цій же фазі – на рис. 4б. Як видно з рисунка, період сигналу струму має шість частин, що відповідає послідовності підключення обмоток згідно з рис. 2. Масштаб сигналу струму на рис. 4 становить 0,1 В/клітинка, таким чином максимальне значення струму досягає рівня 1,9 А. Фазна напруга (рис. 4б, масштаб сигналу напруги становить 10 В/клітинка) має синусоїдальний характер і складається з прикладеної постійної напруги $U_{жс}$ та протиЕРС і має також шість частин. Отримані осцилограми фазної напруги та струму підтверджують працездатність закладного у МСК принципу комутації обмоток МВД. Наведений перелік застосування МВД у різноманітних ЕП та приклад керування моментним безконтактним двигуном постійного струму підтверджують можливість модернізації механізму повороту пожежного автопідйомника та окреслюють перспективи її технічної реалізації.

6. **Журкіна В.М.** Електропривод відкривання і закривання засувки укриття телескопа СМ-690 на базі вентильного двигуна постійного струму / Журкіна В.М., Казанцев Є.М., Снітков К.І. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Електроенергетичні та електромеханічні системи. – Львів : НУ"ЛП", 2001. – № 421. – С. 67-72.

7. **Паспорт «Двигатель моментный ДБМ1000-700-Д43»** – ЦАИЛ.651352.004 ПС-ЛУ – ДКПП 31.10.23

8. **Журкіна В.М.** Оптиміальний позиційно-слідкуючий електропривод оптичного телескопа : автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.09.03 “Електротехнічні комплекси та системи” / В.М. Журкіна . – Львів, 2007 . – 20 с.

9. **Свечарник Д.В.** Електромашини непрямого приводу : Безредукторний електропривод. / Свечарник Д.В. – М. : Энергоатомиздат, 1988.-208 с.

10. **Ключев В.И.** Теория электропривода / Ключев В.И. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

11. **Т. Кенио.** Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами : пер. с англ. / Т. Кенио, С. Нагамори. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 184 с.

12. **Управление вентильными** электроприводами постоянного тока / Е.Д. Лебедев, В.Е. Неймарк, М.Я. Пистрак, О.В. Слежановский. – М.: Энергия, 1990 – 200 с.

Я.Ю. Марущак, А.П. Кушнир, В.М. Оксентюк

ВЕНТИЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ПЛАТФОРМЫ ПОЖАРНОГО АВТОПОДЪЕМНИКА

Обоснована необходимость замены механической редукторной системы поворота платформы пожарного автоподъемника электромеханической безредукторной, построенной на базе моментного двигателя. Отсутствие редуктора позволит значительно упростить механическую часть привода и существенно повысить жесткость электромеханической системы механизма поворота платформы. Приведен пример системы автоматического управления позиционным электроприводом с вентильным моментным двигателем с датчиком положения ротора. Бесконтактное исполнение позволяет существенно повысить надежность системы электропривода в целом.

Ключевые слова: пожарный автоподъемник, механизм поворота платформы, электропривод, вентильный моментный двигатель.

Y.Y. Marushchak, A.P. Kushnir, V.M. Oksentyuk

BRUSHLESS ELECTRIC DRIVE OF MECHANISM FOR TURNING PLATFORM FIRE LIFTS

The necessity of replacing the mechanical gear system rotation platform fire lifts with gearless electromechanical lifts, based on the torque of the engine was analyzed. It was agreed that absence of gear simplify greatly the mechanical part of a drive to significantly increase stiffness and electromechanical mechanism of rotation of the platform. An example of the automatic electric positional control with valve torque motor with rotor position sensor was provided. Non-contact implementation allows improving significantly the system reliability of the electric EMI as a whole.

Key words: fire lifts, hydraulic pivoting platform, power, torque valve engine.

