

В.Т. Беліков², к.т.н., **О.Ф. Дяченко¹**, к.т.н., **О.І. Лещенко¹**, к.т.н.

¹Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса;

²Науковий центр бойового застосування Сухопутних військ. Військова академія, м. Одеса.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТИ ВІЙСЬКОВОЇ БРОНЬОВАНОЇ МАШИНИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО МОДУЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ

В статті розглядаються переваги впровадження безпосереднього модульного електромеханічного приводу за рахунок чого досягається підвищення загального коефіцієнту корисної дії механізму повороту башти, швидкості наведення зброї на ціль та підвищити надійності опорного вузла з'єднання башти з корпусом броньованої машини.

Ключові слова : модульний електромеханічний привод, трансверсальній електродвигун.

В.Т. Беликов², к.т.н., **А.Ф. Дяченко¹**, к.т.н., **О.И. Лещенко¹**, к.т.н.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА БАШНИ БРОНИРОВАННОЙ МАШИНЫ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО МОДУЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА

В статье рассматриваются приоритеты внедрения непосредственного модульного электромеханического привода благодаря которому достигается повышение общего коэффициента полезного действия механизма поворота башни, скорости наведения вооружения на цель и повышение надежности опорного узла соединения башни с корпусом бронированной машины.

Ключевые слова: модульний електромеханічний привод, трансверсальній електродвигун.

V. Belykov², Ph.D., **A. Dyachenko¹**, Ph.D., **O. Leshchenko¹**, Ph.D.

PERFECTION OF MECHANISM OF TURN OF TOWER OF THE ARMoured VEHICLE'S FOR ACCOUNT OF INTRODUCTION OF DIRECT MODULE ELECTRO-MECHANICAL DRIVE

In the article priorities of introduction of direct module electro-mechanical drive are examined which the increase of general koeficient of useful effect of mechanism of turn of tower is arrived at due to, speeds of aiming of armament on a purpose and increase of reliability of supporting knot of connection of tower with the corps of the armoured vehicle's machine.

Keywords: modular electro-mechanical drive, transversal engine.

У роботі подані результати прикладних досліджень у галузі удосконалення електроприводу башти військової броньованої гусеничної або колісної машини (ВКГМ).

За способом регулювання швидкості і зміни напрямку обертання башти розрізняють механізми повороту башт (МПБ) з електроприводом і гідроприводом [1]. У МПБ з електроприводом різними методами змінюють швидкість обертання ротора виконавчого електромотора, а передавальне число механізму повороту башти залишається постійним. У МПБ з гідроприводом швидкість обертання ротора приводного електромотора не регулюється, а зміна швидкості обертання башти забезпечується змінним передавальним числом гідрообъемной

передачі, що входить до складу механізму повороту башти. Це досягається зміною літражу гідронасосу, пов'язаного з приводним електромотором, тоді як літраж гідромотора, з'єданого з баштою, залишається постійним. На сучасних зарубіжних танках використовуються плунжерні гідрообъемні передачі. На сучасних вітчизняних танках використовуються МПБ з електроприводом.

Переваги системи наведення зброї з електричними методами регулювання в порівнянні з другим типом полягають: у високій надійності роботи в різних кліматичних умовах; у можливості отримання досить високих (до 40 град/с) та вельми малих швидкостей обертання башти (0,05-0,08 град/с), що використовуються

для виправлення наведення зброї у ціль; у зручності прокладки електричних комунікацій, у тому числі і передачі електроенергії з корпусу танка в башту.

МПБ з гідроприводом, вигідно відрізняються від механізмів першого типу меншою вагою і габаритними розмірами основних регулюючих машин: гидронасоса і гідромотора. Простішим виявляється механічний редуктор, від якого завдяки тихоходності гідромотора не вимагається таке велике передавальне число, як в механізмах з електроприводом.

Недоліки гідравлічної системи полягають в меншій надійності роботи через небезпеку витоків масла і особливо попадання повітря в систему, у складності прокладки гідравлічних комунікацій, у впливі температури навколишнього повітря на характеристики гідрооб'ємної передачі.

Застосування електричних двигунів для приведення в рух транспортних систем і механізмів, у яких основними джерелами енергії є двигуни внутрішнього згорання, або електрохімічні джерела, є однією з принципових тенденцій розвитку сучасної техніки.

Велика увага розробкам в області електричних приводів для забезпечення функціонування практично всього комплексу механізмів бронетанкової техніки приділяється фахівцями всіх розвинених у військово-технічному відношенні країн, що виробляють гусеничну бронетанкову техніку. Зусилля більшості розробників ВКГМ направлені на досягнення науково-технічного прориву в цій області військової техніки в принципово новому напрямі, який полягає в концепції створення повністю електричних танків АЕТ (All Electric Tank) і інших бойових броньованих машин [2].

Однак, традиційне використання у МПБ циліндричного обертового електродвигуна у сполученні з редуктором з великим передаточним числом не дозволяє позбутися основних недоліків електроприводу такого типу. Вони обумовлені наявністю системи проміжних механічних передач між ротором електродвигуна, на який впливає створюване в результаті електромеханічного перетворення енергії електромагнітне зусилля, і корпусом башти.

Наявність редуктора з високим передаточним числом збільшує вартість приводу, збільшує інерційні моменти, втрати енергії, підвищує похибки наведення зброї, знижує надійність МПБ у цілому, що особливо важно для механізмів, що розробляються для використання у військовій техніці. Саме тому найсучасніші тенденції розвитку

електромеханічних приводів у всіх без виключення областях техніки, припускають застосування прямих, безпосередніх, безпередаточних електроприводів.

Електромеханічні приводи такого типу засновані на тому, що електромеханічне перетворення енергії відбувається практично в безпосередній близькості від зон основних технологічних процесів, в даному випадку, – в зоні сполучення башти з корпусом.

Очевидно, що в прямих, безпосередніх, безпередаточних електромеханічних приводах повністю усунені проміжні передачі будь-якого вигляду, оскільки конструктивні елементи ротора, що створюють електромагнітне зусилля двигуна, безпосереднім чином, тобто механічно жорстко, об'єднуються з тими деталями механізму, які повинні бути приведені в рух. Завдяки цьому значно спрощується конструкція всього пристрою, знижується його вартість і, відповідно, підвищується надійність механізму, а саме - підвищується точність та зменшується час встановлення усього механізму на заданий кут.

Проте існує ще одна важлива принципова особливість прямих, безпосередніх приводів повороту башти ВГМ, визначувана специфікою конструкції приводного електричного двигуна. Ряд конструктивних виконань таких двигунів дає можливість використовувати вельми значні зусилля одностороннього магнітного тяжіння, що виникають між рухомим і нерухомим елементами приводного електродвигуна, для розвантаження підшипникового опорного вузла, на якому обертається башта, що приводиться двигуном.

З метою усунення недоліків МПБ на основі циліндричного обертового електродвигуна, запропоновано забезпечити ВГМ безпосереднім модульним електромеханічним приводом повороту башти [3]. Для цього пропонується використовувати електродвигуни з поперечним контуром замикання основного магнітного потоку, тобто електричні двигуни трансверсального типу (ТЕД), які розроблені в Німеччині співробітниками Військового інституту Бундесверу [4,5].

Крім простоти конструкції ТЕД в тих же габаритах, що і звичайні електричні двигуни обертового типу з постійними магнітами, розвивають потужності, збільшені на 40-45%. Це є особливо важливим чинником для приводних електричних двигунів таких механізмів, робота яких проходить в динамічно форсованих режимах, особливо характерних для МПБ.

Простота конструкції ТЕД, з одного боку, обумовлена тим, що їх якірні обмотки виконані у вигляді кільцевих обмоток, які у двигунів трансверсальної конструкції, на відміну від

секцій якірних обмоток електродвигунів звичайного виконання, позбавлені елементів, що безпосередньо не беруть участь в електромеханічному перетворенні енергії.

З іншого боку, простота конструкції ТЕД обумовлена застосуванням високоенергетичних постійних магнітів простої прямокутної форми для створення основного магнітного поля.

З метою застосування описаних вище електричних двигунів у ВГМ з безпосереднім модульним електроприводом повороту башти (ЕПБ) запропоновано жорстко закріпити на башті висококоерцитивні постійні магніти збудження основного магнітного поля приводного ТЕД, рівномірно розподіливши їх по всьому колу її корпусу.

Таким чином, корпусний елемент башти в електромагнітному плані стає ротором приводного двигуна її повороту. Статор приводного двигуна повороту башти з кільцевою якірною обмоткою може бути встановлений як у внутрішній частині корпусу ВГМ, так і ззовні нього.

У обох випадках комплект модульних блоків-модулів, що входять до складу статора приводного двигуна, повинен бути жорстко закріплений на монтажних елементах конструкції зовні або усередині корпусу танка.

Перший варіант безпосереднього модульного ЕПБ містить приводний ТЕД, статор якого виконаний у вигляді суцільної кільцевої конструкції Ш-подібного поперечного перерізу і вертикально закріплений на горизонтальній кільцевій площадці, встановлений на кронштейнах, жорстко прикріплених до внутрішньої поверхні корпусу ВГМ, причому постійні магніти вказаного приводного двигуна закріплені на вертикальному феромагнітному кільці, яке, у свою чергу, закріплене на верхньому погоні башти.

У другому конструктивному варіанті безпосереднього модульного ЕПБ магнітопровід статора приводного ТЕД так само запропоновано виконати у вигляді суцільної кільцевої конструкції з Ш-подібним поперечним перерізом, але, на відміну від першого варіанту, встановленою під кутом до горизонту на вертикальних кронштейнах, закріплених на внутрішній поверхні корпусу ВГМ. В цьому випадку постійні магніти вказаного приводного ТЕД необхідно так само закріпити під таким же кутом нахилу до горизонту на внутрішній поверхні башти.

Таке конструктивне виконання приводного ТЕД дозволяє корисно використовувати зусилля одностороннього магнітного тяжіння між рухомою і нерухою частинами приводного двигуна щодо магнітного розвантаження

опорного підшипникового вузла повороту башти.

Розрахунки зусилля тяжіння показують, що при куті нахилу, рівному 30 градусів, сила одностороннього магнітного тяжіння складе 50 кН, що розвантажить опорний вузол башти приблизно на 30%. При цьому застосування високоенергетичних постійних магнітів забезпечує постійне розвантаження опор незалежно від того, підключений приводний електродвигун до електромережі живлення чи ні.

Конструктивне виконання третього варіанту безпосереднього модульного ЕПБ відрізняється тим, що кільцевий Ш-подібний магнітопровід статора приводного ТЕД встановлений горизонтально на суцільному кільцевому Г-подібному кронштейні, закріпленому на зовнішній поверхні корпусу поза баштою ВГМ, при цьому комплект постійних магнітів двигуна так само розміщений горизонтально і жорстко встановлений на горизонтальному кільці верхнього погону башти.

Розрахунки показують, що у такому випадку розвантажувальне зусилля зменшить навантаження на опорний вузол вже на 60%.

Для реалізації можливості повороту башти при відмові системи електроживлення запропоновано доповнити безпосередній модульний ЕПБ механічним приводом з цівковим зачепленням, в якому додаткове колесо, що приводиться вручну, має механічне зачеплення з постійними магнітами приводного електродвигуна, які виконують роль зубців цівкової передачі.

Конструкція безпосереднього модульного ЕПБ може бути спрощена, якщо магнітопровід статора приводного ТЕД буде виконаний у вигляді набору дискретних дугових елементів, мінімальна кількість яких принципово може дорівнювати одному.

На рис. 1 і 2 в поперечному перерізі представлена конструктивна схема ТЕД, Ш-подібний магнітопровід 1 статора жорстко закріплений на циліндрі 2, встановленому на нерухомому валу 3.

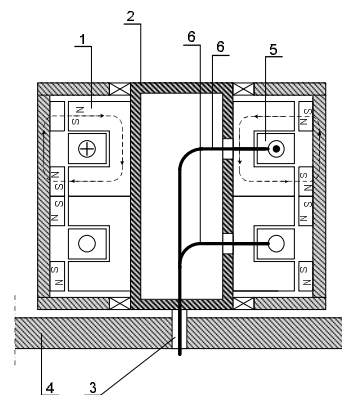


Рисунок 1 – ТЕД, поперечний розріз

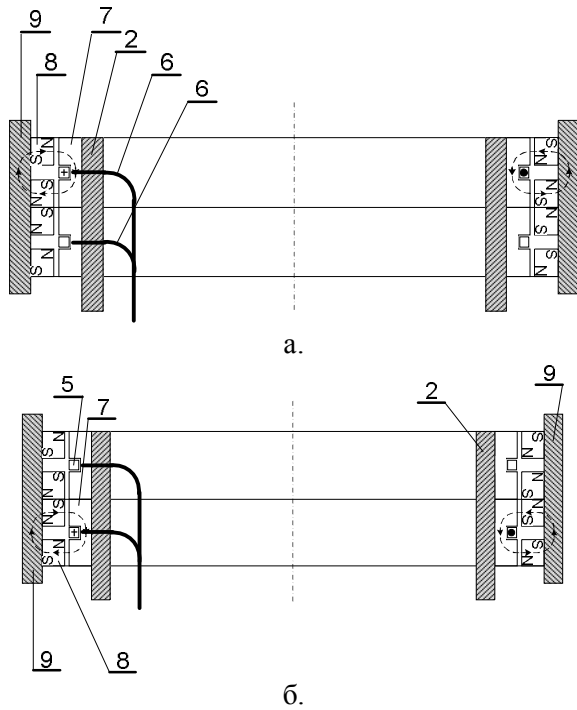


Рисунок 2 – Конструкція ТЕД, пристосована для застосування в електроприводі повороту башти при подачі живлення на верхній (а) та нижній (б) елемент якорної обмотки, поперечний розріз

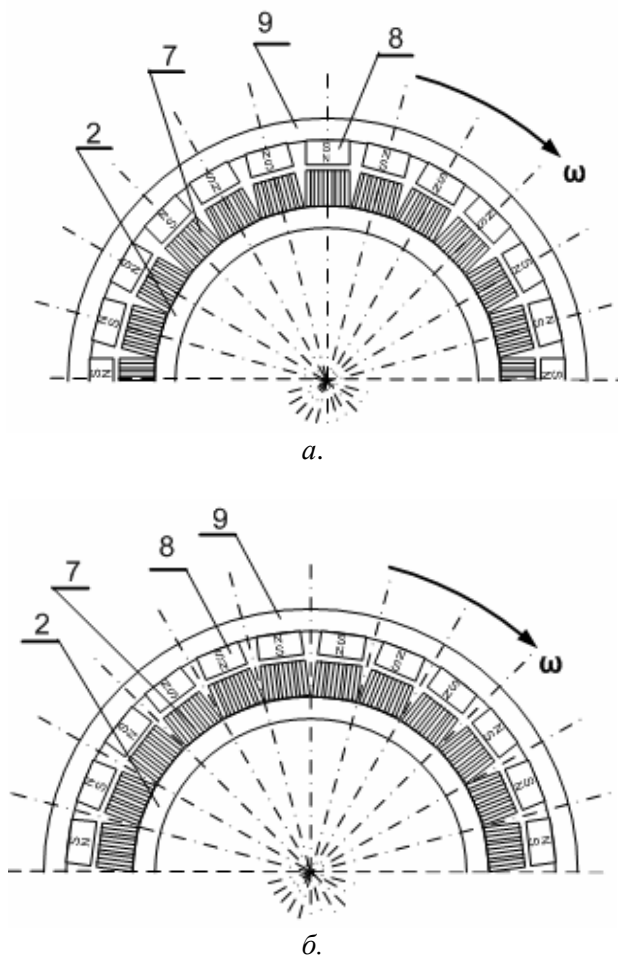


Рисунок 3 – ТЕД при подачі живлення на верхній (а) та нижній (б) елемент якорної обмотки, вигляд зверху

Нерухомий вал 3 прикріплений до корпусу 4 ВГМ. У двох пазах Ш-подібного магнітопроводу 1 розміщені кільцеві якорні обмотки 5, які підключені до бортової живлячої мережі 6.

На рис. 3, 4 представлений магнітопровід 1 виконаний у вигляді набору розміщених на зовнішній поверхні циліндра 2 статора П-подібних шихтованих феромагнітних модулів 7.

Як впливає з приведених конструктивних схем, магнітопроводи 7 нижнього ряду зрушені по колу щодо магнітопроводів 7 верхнього ряду на половину полюсної поділки.

При подачі живлення на верхню кільцеву обмотку 5 статора набір верхніх високоенергетичних постійних магнітів 8, жорстко закріплених на внутрішній поверхні феромагнітного циліндра 9 ротора займе положення, показане на рис. 3.а. При відключенні верхньої якорної обмотки 5 і подачі живлення на нижню якорну обмотку 5 нижній ряд постійних магнітів буде зафіксований в положенні, показаному на рис. 3.б. Далі, при повторенні порядку почергового підключення якорних обмоток 5 цикл зсуву магнітів 8 повторюється. Напрямок обертання ротора показаний на рис. 3.а і б стрілкою.

На рис. 4.а приведена конструктивна схема башти ВКГМ з безпосереднім модульним ЕПБ у вигляді поперечного перерізу башти 10 з елементом 11 корпусу. Шихтовані феромагнітні модульні паралелепіпеди 12 закріплені на зовнішній поверхні кругового магнітопроводу 13 статора, який має прямокутну форму поперечного перерізу і вертикально закріплений на кронштейні 14. Останній жорстко прикріплений до броньових листів 11 корпусів ВКГМ. На верхньому погоні 15 башти вертикально закріплений феромагнітний магнітопровід 16 ротора приводного електродвигуна повороту башти. На зовнішньому магнітопроводі 16 встановлений комплект постійних магнітів 8, обернених до магнітопроводів 12.

На рис. 4.б представлений варіант конструктивного виконання башти ВКГМ з безпосереднім модульним ЕПБ так само у вигляді поперечного перерізу башти з елементом 11 корпусів, що відрізняється від попереднього тим, що магнітопровід 13 статора двигуна, несе комплект якорних обмоток 5, закріплений на кронштейні 14 під гострим кутом до горизонту. Як впливає з рис. 4.а, під таким самим кутом нахилений до горизонту броньовий лист 18 башти 10. На броньовому листі 18 по колу закріплений комплект постійних магнітів 8.

Завдяки виникненню електромагнітного зусилля одностороннього тяжіння між статором 13 приводного трансверсального електродвигуна і магнітами 8 вторинного елемента цього

двигуна відбувається силове розвантаження опорного підшипникового вузла 19 башти ВКГМ, що збільшує термін його безаварійної експлуатації.

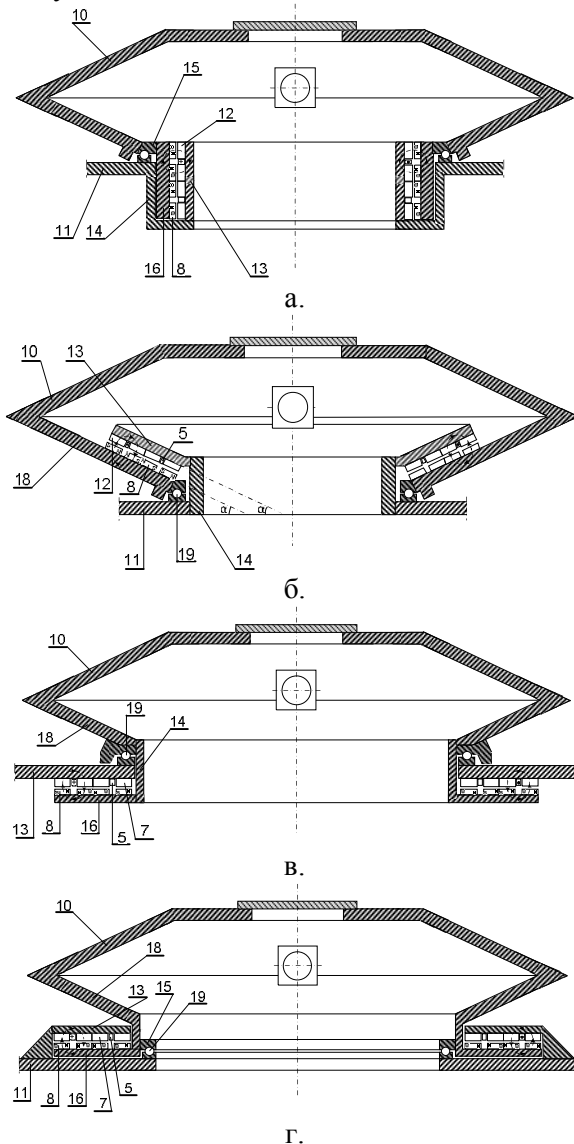


Рисунок 4 – ВГМ з безпосереднім модульним ЕПБ при вертикальному (а) похилому (б) горизонтальному (в) кріпленні кільцевого Ш-образного магнітопровода статора усередині корпусу та (г) при горизонтальному кріпленні кільцевого Ш-подібного магнітопровода статора поза корпусом ГМ, поперечний розріз башти і корпусу

На рис. 4.в і 4г представлені конструктивні варіанти ВКГМ з безпосереднім модульним ЕПБ, засновані на горизонтальному розташуванні магнітопровода 13 статора приводного двигуна при закріпленні цього магнітопровода зовні і усередині корпусу ВКГМ, відповідно. Повністю очевидно, що при такій конструктивній компоновці активних елементів приводного електродвигуна реалізується максимальний ступінь силового розвантаження опорного підшипникового вузла 19. Для здійснення повороту башти при втраті електричного живлення електропривод доповнюється цівковою механічною передачею з

використанням постійних магнітів приводного електродвигуна як зубців вказаної передачі.

Статор приводного двигуна повороту башти так само може бути виконаний у вигляді набору дискретних кільцевих конструктивних елементів, що приводить до зменшення маси, а, отже, і вартості ЕПБ.

Пропонований безпосередній модульний ЕПБ працює таким чином. Електрична енергія, що створена основною енергетичною установкою, перетвориться до вигляду, придатного для споживання приводним електричним двигуном повороту башти ВКГМ. Потім, по команді внутрішнього або зовнішнього оператора або автоматичної системи, що управляє, імпульси живлячої напруги по черзі подаються на елементи якірної обмотки 5 приводного двигуна.

Башта приводиться в обертання і позиціонується в заданому напрямі стрільби. Швидкість обертання приводного двигуна регулюється зміною частоти імпульсів живлячої напруги, що подається на елементи кільцевої якірної обмотки 5. Для зміни напрямку обертання башти змінюється порядок чергування імпульсів напруги живлення.

Таким чином розробка та впровадження запропанованого безпосереднього модульного електроприводу башти ВКГМ може забезпечити підвищення загального коефіцієнту корисної дії МПБ на 0,15% – 0,18%, швидкість наведення зброї на ціль до 45 град/с. та підвищити надійність опорного вузла з'єднання башти з корпусом ВКГМ

Список використаних джерел:

1. Буров С.С. Конструкция и расчет танков. – М: Воениздат, – 1973, – 608 с.
2. Іванов О. «Американский электрический танк АЭТ». Зарубежное военное обозрение. – М. – 1997. – № 4, – С. 25.
3. Пат. №99509 Україна, МПК F 41 Н 7/00, F 41 А 27/00. Військова гусенична машина з безпосереднім модульним електромеханічним приводом повороту башти / Беліков В.Т., Борисюк М.Д., Дяченко О.Ф., Лещенко О.І., Магерамов Л.К., Поповіченко О.В. заявл. 03.09.2010; пуб. 27.08.2012. Бюл.№15
4. Н.Веһ, Н.Мозебах: “Transversalflussmaschinen”, Wehrtechnisches Symposium “Moderne elektrische Energietechnik in der Bundeswehr”, 27 – 29.11.1989. Synchronous machines”, Proc. ICEM 1990, Cambridge, USA Н.Веһ, Н.Май, М.Шалубы: “Highly Effective Magnetic Circuits Permanent Magnet Exited

Рецензент: д.т.н. Боряк К.Ф., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса