

УДК 621.313.17.001.2

Хай М.В.,[©] к.т.н., доцент, mxai@yandex.ru
Харчишин Б.М., к.т.н., с.н.с., xbx@polynet.lviv.ua
Національний університет "Львівська політехніка", Львів

МОМЕНТНИЙ ДВИГУН ЕЛЕКТРОМ'ЯСОРУБКИ ПРЯМОГО ПРИВОДУ

Запропоновано використовувати моментний двигун магнітоелектричного збудження з зубцевим ротором кільцевого типу в електром'ясорубці прямого приводу. Наведено основні електромагнітні співвідношення, схему обмотки та досліджено зубцеві пульсації моменту.

Ключові слова: електром'ясорубка, моментний двигун, схема обмотки, пульсації моменту.

Постановка проблеми.

Зусилля розробників електропобутової техніки в напрямку вдосконалення приводу м'ясорубки спрямовані на вилучення із застосування швидкохідних двигунів, поєднаних з редукторами, які відзначаються низькою надійністю, підвищеним шумом та складною технологією виготовлення. Низькі показники надійності зумовлені як технологічними особливостями виготовлення швидкохідних колекторних двигунів змінного струму, ввімкнених безпосередньо в мережу, так і експлуатаційними режимами роботи, що характеризуються аварійними перевантаженнями, часто аж до повної зупинки м'ясорубки (режими короткого замикання двигуна). Іноді захист двигунів від таких режимів здійснюють виконанням найдешевшої ланки редуктора такою, що виходить з ладу при перевантаженні.

Формулювання цілей статті та аналіз досліджень і публікацій.

Сказане вище настановує на необхідність створення безредукторної електром'ясорубки з двигуном прямого ввімкнення у мережу, здатним витримувати короткочасні режими короткого замикання.

Таким вимогам задовольняє моментний двигун постійного струму магнітоелектричного збудження із застосуванням з'єднання секцій, характерного для неперехресних обмоток [1,2] (див. рис.1), що забезпечує тиххідність електром'ясорубки прямого приводу. Зважаючи на застосування дешевих феритових постійних магнітів, доцільно для підвищення сумарного магнітного потоку електричної машини відмовитися від гладкого якоря [3] і виконати його із зубцями, на яких намотані секції у вигляді звичайних котушок. Завдяки низькій частоті перемагнічування магнітопровід якоря можна виконувати з нешихтованого магнітом'якого заліза.

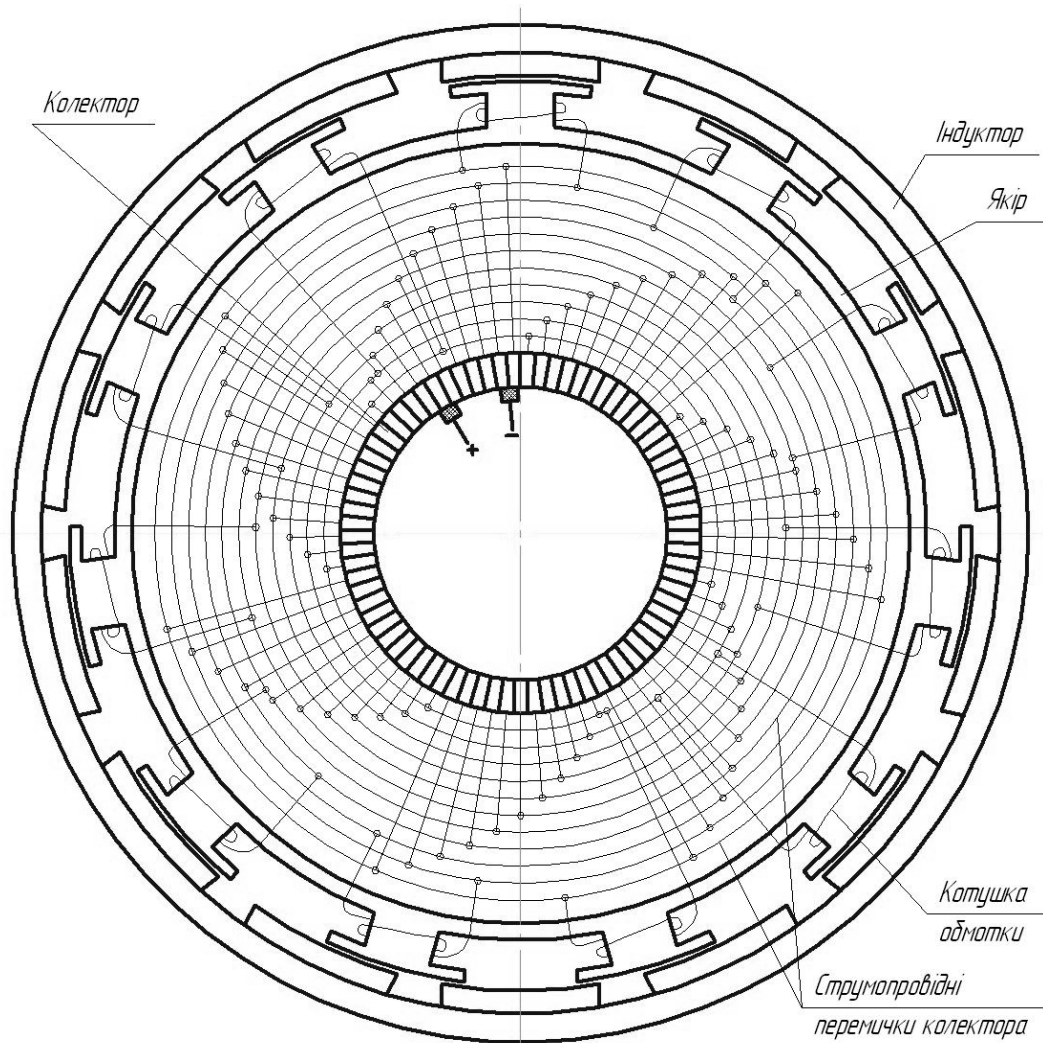


Рис. 1. Принципова схема побудови моментного двигуна

Основні електромагнітні співвідношення

Електрорушійна сила обмотки такого якоря, як сума е.р.с. всіх витків, за кутової швидкості обертання ω

$$E = \omega \frac{2p}{\pi^2} \Phi_{\delta} w K_{об} \cdot s,$$

де Φ_{δ} – середній робочий потік, що протікає через кожен пар полюсів;

p – кількість пар полюсів;

s – кількість секцій з w витками;

$K_{об}$ – обмотковий коефіцієнт.

Стала електричної машини для середнього на полюсній поділці значення магнітної індукції повітряного проміжку B_{δ}

$$C_M = \frac{E}{\omega} = \frac{1}{\pi} B_\delta l D w K_{об} s,$$

де l – активна довжина (робоча довжина магніту);
 D – розрахунковий діаметр розточки якоря.
 Електромагнітний момент двигуна [4]

$$M = \frac{1}{\pi} B_\delta j S_n l D K_{об} s K_3,$$

де j – густина струму в провідниках обмотки;
 S_n – корисна площа паза;
 K_3 – коефіцієнт заповнення корисної площі паза міддю.

Дослідження зубцевих пульсацій моменту

Магнітна провідність повітряного проміжку між кожним полюсом та зубцевим якорем при обертанні постійно змінюється, в результаті чого виникають пульсації величини магнітного потоку, що призводить до пульсацій моменту.

Дослідження зубцевих пульсацій моменту виконано за допомогою створеної математичної моделі за наступних допущень: магнітний опір магнітопроводів дорівнює нулю, провідність між набіжним і збіжним краєм зубця та полюсом змінюється лінійно, пропорційно до кута повороту, магніторушійна сила постійного магніту, що припадає на повітряний проміжок, не залежить від кутového положення ротора.

Значення зубцевого моменту у функції кута повороту якоря α визначається за формулою [3, 5]

$$M_z = F_n^2 \cdot \lambda_0 \cdot \left(\frac{\partial \lambda_x}{\partial \alpha} - \frac{\partial \lambda_y}{\partial \alpha} \right),$$

де F_n – магніторушійна сила постійного магніту, що припадає на повітряний проміжок;

$\frac{\partial \lambda_x}{\partial \alpha}$ та $\frac{\partial \lambda_y}{\partial \alpha}$ – похідна за кутом повороту α відносної сумарної провідності

між зубцями якоря та полюсами відповідно для N та S полярності.

Зважаючи, що на величину $\left(\frac{\partial \lambda_x}{\partial \alpha} - \frac{\partial \lambda_y}{\partial \alpha} \right)$ впливає не сама величина

магнітної провідності між якорем та полюсами, а тільки її зміна, можна знехтувати малою за величиною провідністю пазового простору і розглянути тільки зубцеву – $\lambda(\alpha)$, амплітудне значення якої дорівнює λ_0 , коли весь зубець проектується на полюс, а характер зміни її від кута повороту α близький до

рівнобедреної трапеції (рис.2) з основою $\beta_m + \beta_z$, де β_m і β_z – кутова ширина магніту і зубця відповідно. Позначення на рисунку 2 у дужках відповідають випадку, коли $\beta_m < \beta_z$. Бічні сторони трапеції відповідають наростанню та спаданню магнітної провідності під час набігання та збігання зубця якоря під полюс і описуються рівняннями

$$\lambda'_x = \lambda_0 \cdot \frac{\alpha}{\beta_z} \quad i \quad \lambda'_y = \lambda_0 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_z}\right), \quad \text{якщо } \beta_m > \beta_z;$$

$$\lambda'_x = \lambda_0 \cdot \frac{\alpha}{\beta_m} \quad i \quad \lambda'_y = \lambda_0 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_m}\right), \quad \text{якщо } \beta_m < \beta_z.$$

Окремо просумувавши магнітні провідності під однополярними полюсами, отримуємо дві залежності $\lambda_x(\alpha)$ та $\lambda_y(\alpha)$, близькі до синусоїд, що лежать у протифазі і мають спільну постійну складову (криві 1 і 2 на рис.3). Різниця похідних цих величин за кутом повороту α (крива 3) характеризує відносне значення зубцевого моменту.

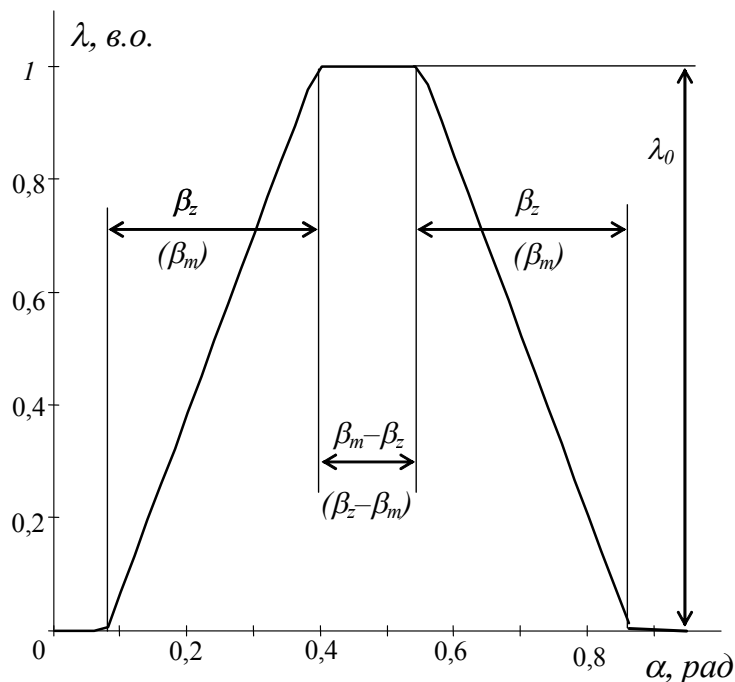


Рис. 2. Залежність магнітної провідності між зубцем та полюсом у функції куткового переміщення

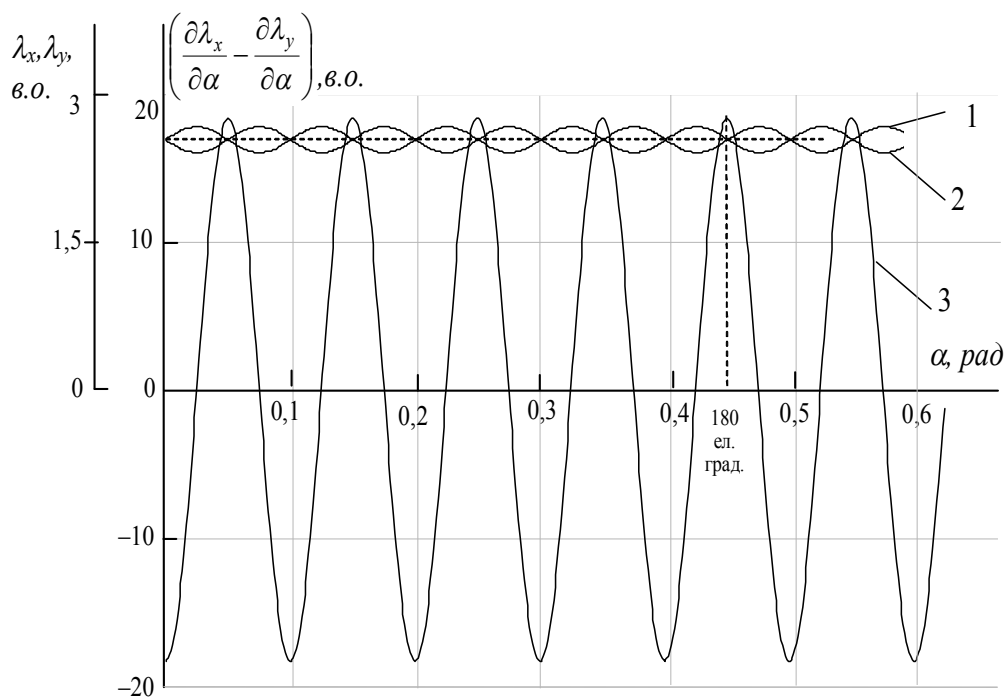


Рис. 3. До визначення величини зубцевих пульсацій моменту двигуна з кількістю полюсів $2p = 14$ і секцій $s = 11$

Амплітудне значення зубцевого моменту при відомій м.р.с. F_n можна визначити за амплітудою $\left(\frac{\partial \lambda_x}{\partial \alpha} - \frac{\partial \lambda_y}{\partial \alpha} \right)$. Частота зубцевих пульсацій моменту дорівнює добутку кількості пар полюсів та зубців.

На рисунку 4 наведено встановлені за допомогою математичної моделі залежності значень зубцевого моменту двигуна (кількість пар полюсів $2p=14$, секцій $s=11$, діаметр розточки $D=0,2$ м, активна довжина $l=0,04$ м) від відносної ширини зубця (відношення ширини зубця до величини зубцевої поділки) для різних значень відносної ширини магніту β_m^* (відношення ширини полюса до величини полюсної поділки). З графіків видно, що мінімальних значень зубцевий момент набуває при відносній ширині зубця $\beta_z^*=0,65\dots 0,85$.

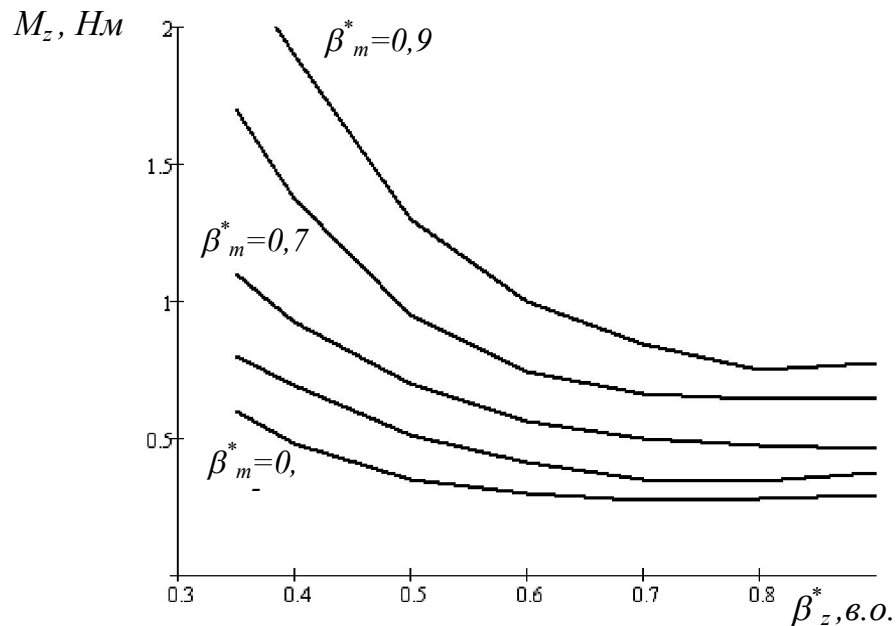


Рис. 4. Залежність зубцевого моменту від відносної ширини зубця β_z^* для значень відносної ширини полюса β_m^*

Висновки.

Моментний двигун постійного струму магнітоелектричного збудження, який запропоновано використати в електром'ясорубці прямого приводу, цілком задовольняє режимам її роботи. Математична модель для дослідження зубцевих пульсацій моменту дозволяє з достатньою точністю визначати їх характер, амплітуду та частоту залежно від кількості полюсів, зубців, величини відносної ширини полюса та зубця і може бути використана у проектних розрахунках.

Література

1. Завгородний В.Д., Черепаняк М.В., Чучман Ю.И. А.с. СССР №1175004, Б.И., 1985, №31.
2. Завгородний В.Д., Чучман Ю.И. А.с. СССР № 1690106, Б.И., 1991, №41.
3. Харчишин Б.М., Хай М.В., Басараб О.В. Моментний двигун кільцевого типу безредукторної електром'ясорубки. // Електроенергетичні та електромеханічні системи. Вісник Національного університету „Львівська політехніка”. Вип. 544. 2005. – С. 145–148.
4. Завгородний В.Д., Харчишин Б.М., Черников В.И. Особенности проектирования дисковых моментных двигателей по критерию минимума потерь. Электроэнергетические и электромеханические системы. Вестник Львовского политехнического института –Вып. N244. –1990. –С.46–48.
5. Харчишин Б.М. Розроблення та дослідження нових конструкцій електромеханічних перетворювачів для пневмо-гідропідсилювачів: дис... канд. техн. наук: 05.09.01 / Харчишин Богдан Михайлович. – Львів, 2003. –154 с.

Стаття надійшла до редакції 8.04.2010