

Обчисливши показники (24), застосувавши рекурентні формули (25) і розв'язавши числовим способом лінійні системи алгебраїчних рівнянь (26), (27), запишемо розв'язок (22) з числовими коефіцієнтами.

Висновки. Опис перехідних процесів у лінійних стаціонарних електричних колах у вигляді систем інтегральних рівнянь є простішим порівняно з їх описом у вигляді задачі Коші, оскільки всі необхідні й достатні початкові значення змінних стану кола фігурують безпосередньо в інтегральних рівняннях і, отже, поняття початкових умов як окремої словесної конструкції стає зайвим.

Розрахунок перехідних процесів у лінійних стаціонарних електричних колах на підставі їх опису системами інтегральних рівнянь при вимушеннях, які є многочленами, гармонічними функціями, показниковими функціями, їх сумами та (або) добутками, зводиться до розв'язування лінійних систем алгебраїчних рівнянь, які отримуються безпосередньо з вихідних інтегральних рівнянь.

Опрацьований метод розрахунку перехідних процесів є концепційно простішим порівняно з операторним методом Гевісайда і з обчислювального погляду конкурентоспроможним з ним.

1. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров. – М., 1965. 2. Блажкевич Б.І. Основи теорії лінійних електричних кіл. – К., 1964.

УДК 621.313.17.001.2

Б.М. Харчишин, М.В. Хай, О.В. Басараб*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕМА,

*СКБ електромеханічних систем

МОМЕНТНИЙ ДВИГУН КІЛЬЦЕВОГО ТИПУ БЕЗРЕДУКТОРНОЇ ЕЛЕКТРОМ'ЯСОРУБКИ

© Харчишин Б.М., Хай М.В., Басараб О.В., 2005

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

Torque motor with excitation and ring type toothed armature is offered for application in gearless meat-grinder. The main electromagnetic relations are indicated and cogging pulsation of torque is investigated.

Вступ. 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). Інколи захист двигунів від таких режимів здійснюють виконанням найдешевшої ланки редуктора такою, що виходить з ладу під час перевантаження.

Обґрунтування основних конструктивних рішень. Вищесказане настановує на необхідність створення безредукторної електром'ясорубки з двигуном прямого увімкнення у мережу, здатним витримувати короточасні режими короткого замикання.

Таким вимогам задовольняє моментний двигун постійного струму магнітоелектричного збудження із конструктивною схемою якоря кільцевого типу [1]. Підвищений активний опір якоря

такого двигуна забезпечує обмежений струм короткого замикання, що в нашому випадку є корисною властивістю. Застосування у такому двигуні з'єднання секцій, характерного для неперехресних обмоток моментних двигунів [2] (див. рис. 1), забезпечує тиххідність безредукторної електро-м'ясорубки. Зважаючи на застосування недорогих феритових постійних магнітів, доцільно для підвищення сумарного магнітного потоку електричної машини відмовитися від гладкого якоря і виконати його із зубцевими виступами, між якими намотані секції у вигляді звичайних котушок. Завдяки низькій частоті перемагнічування магнітопровід якоря з технологічних міркувань необхідно виконувати з нешихтованого магніто-якого заліза.

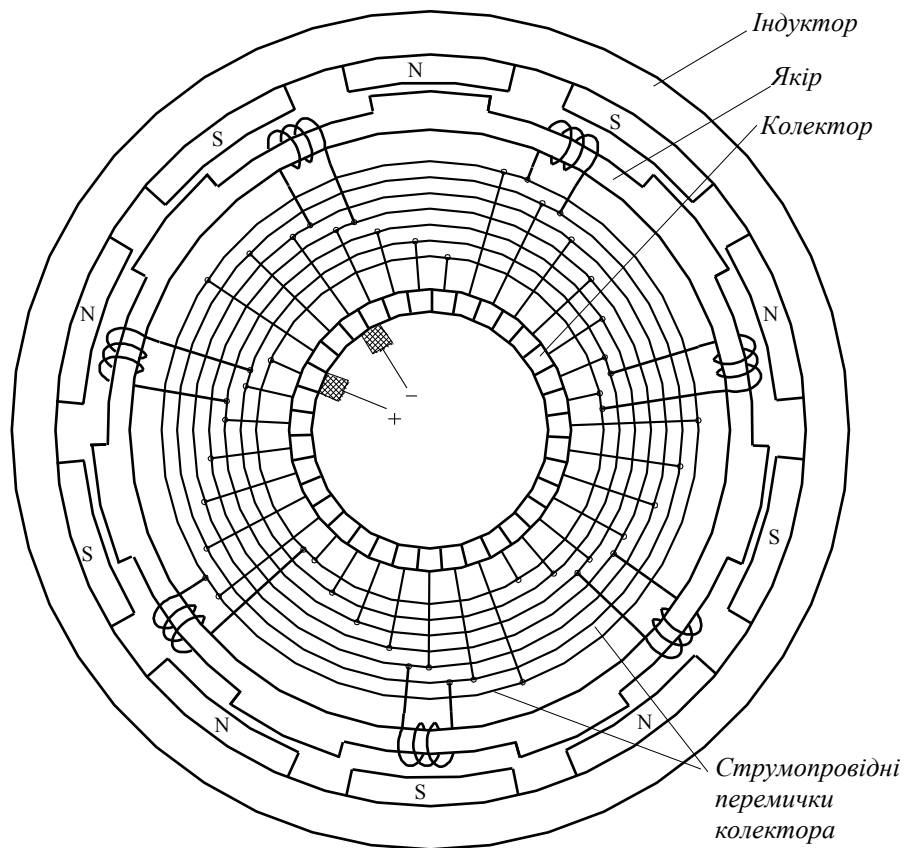


Рис. 1. Принципова схема побудови моментного двигуна

Основні електромагнітні співвідношення. Електрорушійна сила обмотки якоря як сума ЕРС всіх провідників при кутовій швидкості обертання ω :

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

де Φ_{δ} – середній робочий потік, що протікає через кожну пару полюсів; p – кількість пар полюсів; s – кількість секцій з w витками; K_{ob} – обмотковий коефіцієнт, який може визначатися тільки коефіцієнтом розподілу провідників.

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

$$C_M = \frac{E}{\omega} = \frac{1}{2\pi} B_{\delta} l D w K_{ob} s,$$

де l – довжина активної частини обмотки (робоча довжина магніту); D – розрахунковий діаметр розточка якоря.

Електромагнітний момент двигуна

$$M = \frac{1}{\pi} B_s j b_s h_s l D K_{об} s K_s,$$

де j – густина струму в провідниках обмотки; b_s – ширина секції; h_s – товщина активного шару секції; K_s – коефіцієнт заповнення обмоткового простору міддю.

Дослідження зубцевих пульсацій моменту. Магнітна провідність повітряного проміжку між кожним полюсом та зубцевим якорем під час обертання 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 таких допущень: магнітний опір магнітопроводів дорівнює нулю, провідність між набігаючим і збігаючим краєм зубця та полюсом змінюється лінійно, пропорційно до кута повороту, магніторушійна сила постійного магніту, що припадає на повітряний проміжок, не залежить від кутового положення ротора.

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

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

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

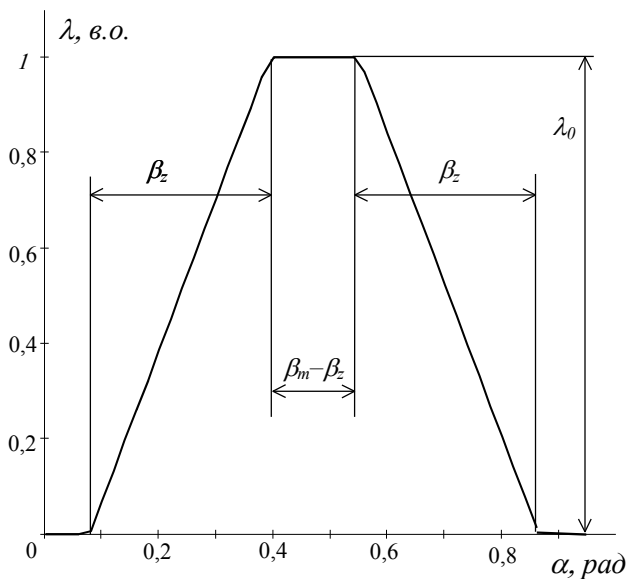


Рис. 2. Залежність магнітної провідності між зубцем та полюсом у функції кутового переміщення

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. Бічні сторони трапеції відповідають наростанню та спаданню магнітної провідності під час набігання та збігання зубця якоря під полюс і описуються рівняннями

$$\lambda'_x = \lambda_0 \cdot \frac{\alpha}{\beta_z}; \quad \lambda'_y = \lambda_0 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_z} \right).$$

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.

Амплітудне значення зубцевого моменту за відомої 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.

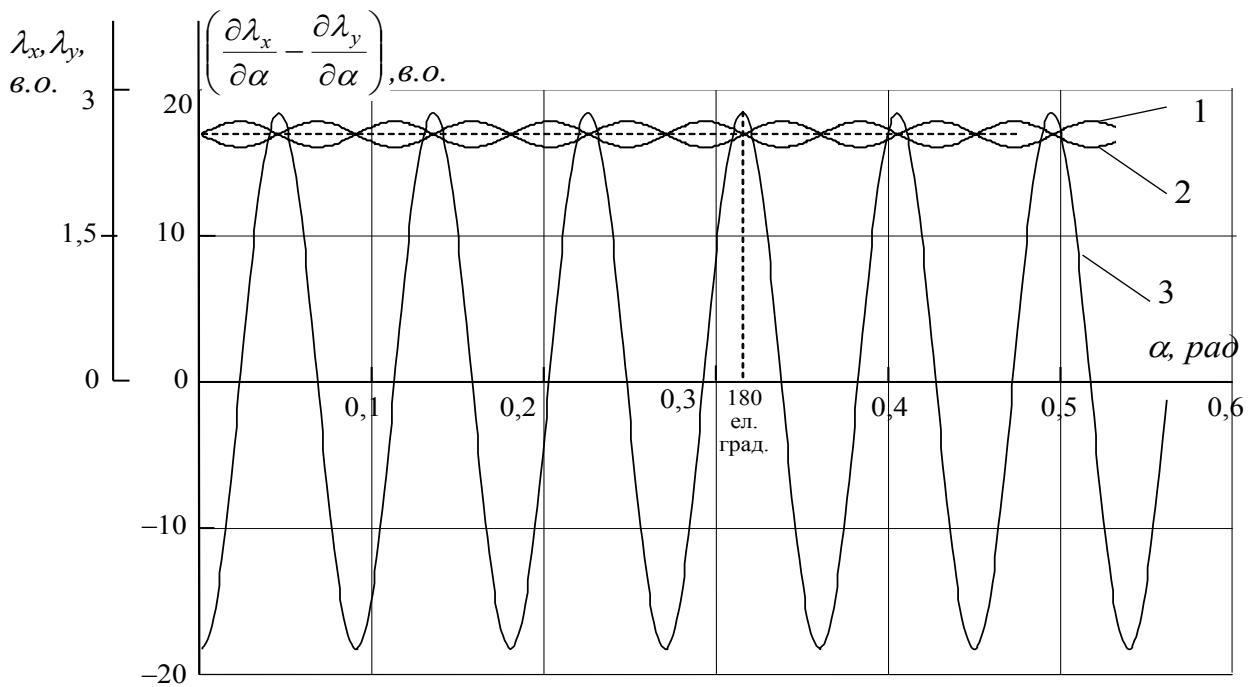


Рис. 3. До визначення величини зубцевих пульсацій моменту
двигуна з кількістю полюсів $2p = 10$ і секцій $s = 7$

Встановлення практичних рекомендацій щодо вибору кількості пар полюсів, зубців, а також їх співвідношень із величинами полюсної та зубцевої поділки з погляду зменшення зубцевих пульсацій моменту може стати предметом подальших досліджень.

Висновок. Моментний двигун постійного струму магнітоелектричного збудження кільцевого типу, який запропоновано використати у безредукторній електром'ясорубці, цілком задовольняє режимам її роботи. Математична модель для дослідження зубцевих пульсацій моменту уможливило з достатньою точністю визначати їх характер, амплітуду та частоту залежно від кількості полюсів, зубців, величини коефіцієнта полюсності (відношення ширини полюса до величини полюсної поділки) і коефіцієнта зубчастості (відношення ширини зубця до величини зубцевої поділки).

1. Пиотровский Л.М. Электрические машины. – Л.–М.: Гос. энерг. изд-во, 1947. – 552 с.
2. А. с. 1690106 СССР / В.Д. Завгородний, Ю.И. Чучман. – 1991. – № 41.
3. Харчишин Б.М. Розроблення та дослідження нових конструкцій електромеханічних перетворювачів для пневмогідропідсилювачів: Дис. ...канд. техн. наук: 05.09.01. – Львів, 2003. – 154 с.