

УДК 621.313.13.014

**Н. М. Істоміна, А. В. Федотьев**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук

### **ОТРИМАННЯ АНАЛІТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНДУКТИВНОСТІ ВЕНТИЛЬНО-ІНДУКТОРНОГО ДВИГУНА**

У роботі проаналізовані параметри необхідні для обчислення індуктивності вентильно-індукторного двигуна. Виділені дві групи показників: кутові та рівневі. В результаті огляду літературних джерел вибрані формули необхідні для обчислення цих показників. Сформований універсальний алгоритм обчислення параметрів індуктивності для будь-якого типу двигуна. Створений алгоритм забезпечується необхідними розрахунковими формулами. Як відомо конфігурація зубцевих зон статора та ротора визначає основні електромагнітні параметри вентильно-індукторного двигуна. В свою чергу конфігурація зубцевих зон залежить від кількості полюсів на фазу та кількості фаз. Використовуючи ці дані в якості базових, були отримані аналітичні залежності для обчислення всіх параметрів індуктивності згідно зі складеним алгоритмом. Побудовані тривимірні графіки та проаналізована інформативність отриманих аналітичних залежностей.

**Ключові слова:** вентильно-індукторний двигун, фазна індуктивність, аналітичні залежності.

**Н. Н. Истомина, А. В. Федотьев**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, Кременчуг

### **ПОЛУЧЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

В работе проанализированы параметры необходимые для вычисления индуктивности вентильно-индукторного двигателя. Выделены две группы показателей: угловые и уровневые. В результате обзора литературных источников выбраны формулы необходимые для вычисления этих показателей. Сформирован универсальный алгоритм вычисления параметров индуктивности для любого типа двигателя. Созданный алгоритм обеспечивается необходимыми расчетными формулами. Как известно конфигурация зубцовых зон статора и ротора определяет основные электромагнитные параметры вентильно-индукторного двигателя. В свою очередь конфигурация зубцовых зон зависит от количества полюсов на фазу и количества фаз. Используя эти данные в качестве базовых, были получены аналитические зависимости для вычисления всех параметров индуктивности согласно составленному алгоритму. Построены трехмерные графики и проанализирована информативность полученных аналитических зависимостей.

**Ключевые слова:** вентильно-индукторный двигатель, фазная индуктивность, аналитические зависимости.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Електропривод є суттєвою складовою в єдиному енергетичному процесі виробництва, розподілу й використання електричної енергії. У розвинених країнах до 65 % усієї електроенергії споживається електроприводом [1].

Наслідком розвитку мікропроцесорної техніки є спрямований перехід від нерегульованого до регульованого електроприводу в усіх сферах промисловості. При цьому найбільшою популярністю користується частотно-регульований електропривод [2]. Останнім часом основним конкурентом частотно-регульованому є вентильно-індукторний електропривод (ВІЕП).

Не дивлячись на свою більш ніж столітню історію, вентильно-індукторний двигун (ВІД) представляє собою відносно новий тип електромеханічного перетворювача енергії, в теорії і практиці якого, ще багато білих плям. Наприклад, практично немає вітчизняної методичної літератури з цих електромеханічних машин [3].

Аналіз відомих застосувань ВІЕП і його електромеханічних властивостей дозволяє припустити, що подальший розвиток у першу чергу знайдуть області, де звичайним двигунам важко або неможливо забезпечити необхідні режими. Насамперед, це низько оборотні, але високомоментні приводи, які дозволяють у ряді випадків виключити механічний редуктор, і спростити конструкцію механізму, а також високооборотні приводи в металообробці, лабораторному устаткуванні, побутовій техніці [2].

Характеристики ВІЕП залежать від характеру зміни індуктивності та типу комутації фаз, параметри якої в першу чергу визначаються характером індуктивності.

Тому актуальною задачею являється отримання аналітичних залежностей для обчислення параметрів фазної індуктивності для будь-якого типу вентильно-індукторного двигуна.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Фазна індуктивність ВІД має складний форму, яка може бути описана лінійною сплайн-апроксимацією, що доведено у [4]. В цьому випадку індуктивність має вигляд як наведено на рис. 1.

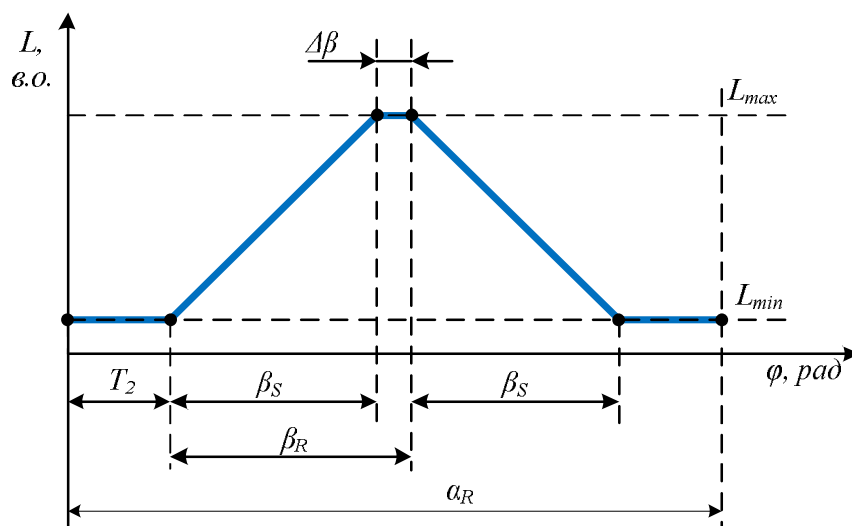


Рисунок 1 – Представлення індуктивності ВІД за допомогою лінійної сплайн-апроксимації

Для математичного опису такої залежності необхідно обчислити наступні параметри, як доведено у [5]:

1. *Кутові показники:* полюсні дуги статора  $\beta_S$ , ротора  $\beta_R$ , кут повороту ротора  $\alpha_R$ .
2. *Рівневі показники:* максимальне значення –  $L_{max}$ , мінімальне значення –  $L_{min}$ .

Згідно з [3] основні кутові показники обчислюються наступним чином:

- полюсна дуга статора,

$$\beta_S = \frac{\pi}{Z_S}; \quad (1)$$

- кут повороту ротора (кут між зубцями ротора),

$$\alpha_R = \frac{2\pi}{Z_R}; \quad (2)$$

- відповідно до літературних джерел існує декілька методик обчислення полюсної дуги ротора  $\beta_R$ ,

У [6] рекомендується вибирати полюсну дугу ротора наступним чином:

$$\beta_R = \beta_S + (2 \div 4)^0; \quad (3)$$

Згідно з принципами проектування ВІД викладеними у [7] полюсну дугу ротора обчислюють за формулою:

$$\beta_R = 0,5\alpha_S, \quad (4)$$

де  $\alpha_S$  – кут між зубцями статора,

$$\alpha_S = \frac{2\pi}{Z_S}. \quad (5)$$

У подальшому для обчислення полюсної дуги статора будемо використовувати формулу (3).

Параметри  $T_2$  і  $\Delta\beta$  являються похідними від основних кутових показників:

– півперіод, на якому індуктивність приймає мінімальне значення,

$$T_2 = \frac{\alpha_R - \beta_R - \beta_S}{2}; \quad (6)$$

– різниця полюсних дуг,

$$\Delta\beta = \beta_R - \beta_S \quad (7)$$

Наведена на рис. 1 лінійна сплайн-апроксимація описується наступною умовною функцією [5]:

$$L(\varphi) = \begin{cases} L_{\min} & \text{при } 0 \leq \varphi < T_2 \\ a_1(\varphi - T_2) + b_1 & \text{при } T_2 \leq \varphi < (T_2 + \beta_S) \\ L_{\max} & \text{при } (T_2 + \beta_S) \leq \varphi < (T_2 + \beta_R) \\ a_2(\varphi - T_2) + b_2 & \text{при } (T_2 + \beta_R) \leq \varphi < (T_2 + \beta_R + \beta_S) \\ L_{\min} & \text{при } (T_2 + \beta_R + \beta_S) \leq \varphi < \alpha_R \end{cases}. \quad (8)$$

де  $a_1, a_2, b_1, b_2$  – коефіцієнти відповідних функцій апроксимацій,

$$a_1 = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{\beta_S}, \quad b_1 = L_{\min}, \quad a_2 = \frac{L_{\min} - L_{\max}}{\beta_S}, \quad b_2 = a_1\beta_R + L_{\max}.$$

Переходимо до визначення рівневих показників індуктивності.

Згідно з методикою викладеною у [5, 8] загальна формула для обчислення рівнів індуктивності:

$$L(k) = kL_b\gamma, \quad (9)$$

де  $L_b$  – базова індуктивність,

$$L_b = \frac{M_n}{I_n^2}; \quad (10)$$

$\gamma$  – абсолютна моментна зона,

$$\gamma = \frac{\pi}{Z_R}; \quad (11)$$

$k$  – коефіцієнт, який залежить від рівня індуктивності:

$$k_{\min} = \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{2}{m}; \quad (12)$$

$$k_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}}. \quad (13)$$

Максимальний рівень індуктивності визначається за формулою:

$$L(k_{\max}) = k_{\max} L_b \gamma . \quad (14)$$

Максимальний рівень індуктивності визначається за формулою:

$$L(k_{\min}) = k_{\min} L_b \gamma . \quad (15)$$

Проведемо розрахунок на прикладі ВІД 6/4 потужністю 3 кВт, паспортні дані якого наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Паспортні дані двигуна ВІД 80-3,0 УХЛ4

Назва	Позначення	Значення
Номінальна потужність, кВт	$P_{2n}$	3
Номінальний струм, А	$I_n$	7,5
Номінальна швидкість, об/хв	$n_n$	3000
Номінальний момент, Н·м	$M_n$	9,5
Максимальний допустимий момент, Н·м	$M_{max}$	17
КПД, %	$\eta$	88
Інерція ротора, кг·м <sup>2</sup>	$J$	0,0019
Кількість зубців статора	$Z_S$	6
Кількість зубців ротора	$Z_R$	4
Кількість фаз	$m$	3
Максимальна лінійна напруга, В	$U_{max1}$	400

Результати обчислення кутових показників індуктивності для ВІД 6/4 наведені у табл. 2, рівневих показників – у табл. 3.

Таблиця 2 – Результати обчислення кутових показників індуктивності ВІД 6/4

Назва	Позначення	Значення
Кут між зубцями ротора, град	$\alpha_R$	90
Полюсна дуга статора, град	$\beta_s$	30
Полюсна дуга ротора, град	$\beta_R$	34
Півперіод, на якому індуктивність приймає мінімального значення, град	$T_2$	13
Різниця полюсних дуг, град	$\Delta\beta$	4

Таблиця 3 – Результати обчислення рівневих показників індуктивності для ВІД 6/4

Назва	Позначення	Значення
Базова індуктивність, Гн	$L_b$	0,169
Абсолютна моментна зона, рад	$\gamma$	0,785
Мінімальний коефіцієнт рівня індуктивності	$k_{\min}$	0,04
Максимальний коефіцієнт рівня індуктивності	$k_{\max}$	0,707
Мінімальне значення індуктивності, Гн	$L_{\min}$	0,012
Максимальне значення індуктивності, Гн	$L_{\max}$	0,188

Згідно з отриманими значеннями параметрів індуктивності побудуємо її лінійні сплайн-апроксимації для всіх фаз ВІД 6/4 (рис. 2).

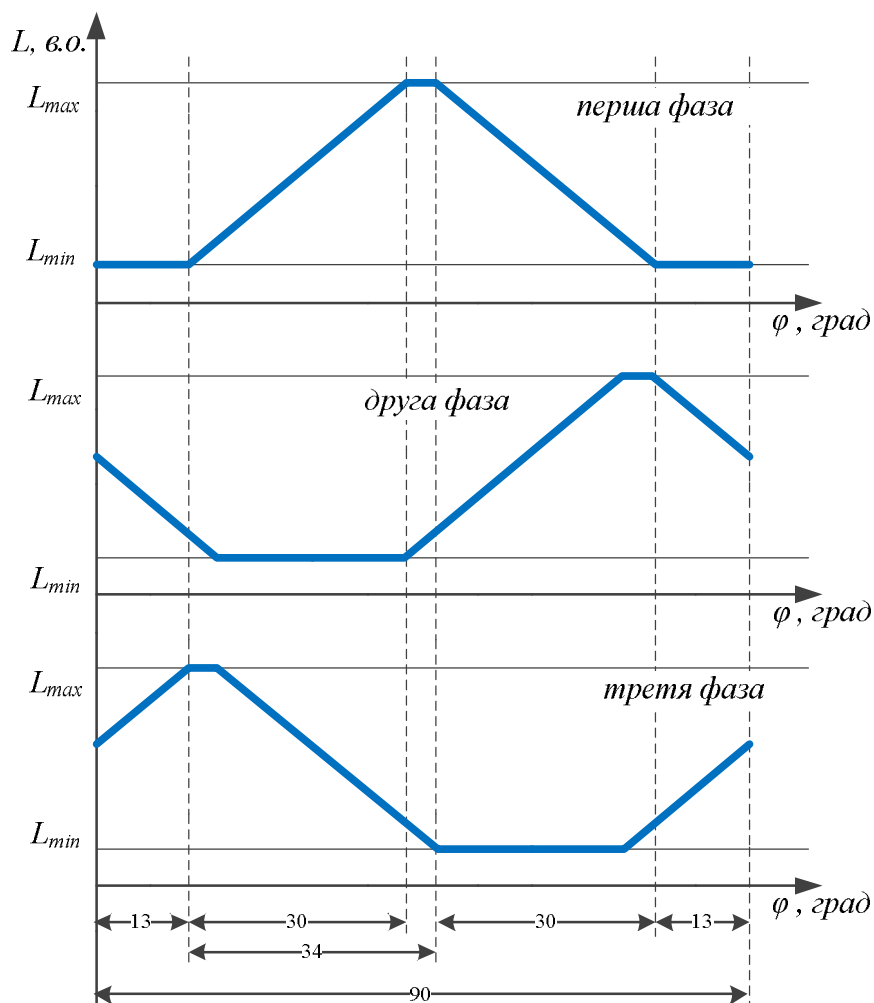


Рисунок 2 – Функції індуктивності для ВІД 6/4

Складемо алгоритм обчислення параметрів індуктивності для отримання її математичного опису (рис. 3).

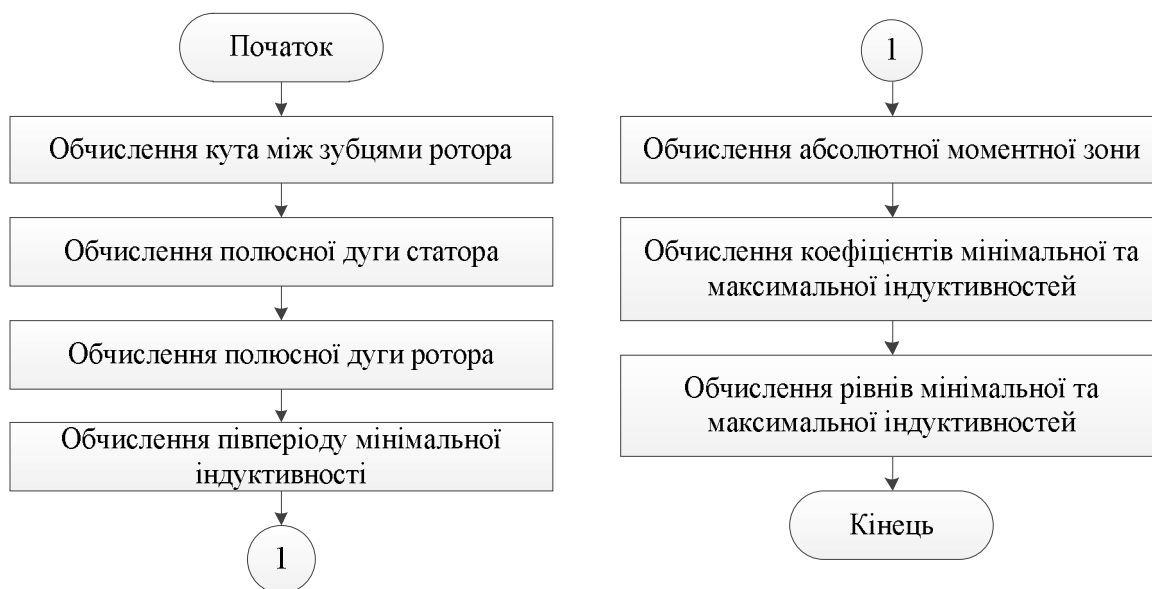


Рисунок 3 – Алгоритм обчислення параметрів індуктивності

Згідно з [9] конфігурація зубцевих зон статора та ротора визначає основні електромагнітні параметри ВІД. Вимоги до зміни магнітної провідності повітряного проміжку забезпечуються подвійною зубчастістю на статорі та роторі.

Взагалі розрізняють два конструктивних виконання статора ВІД:

- з прямими зубцями;
- з додатковими мілкими зубцями на основних полюсах.

У даній роботі розглядаються машини з прямими зубцями статора.

Найбільш часто застосовуються трифазні або чотирифазні обмотки, які суміщають хороші енергетичні характеристики ВІД та економічні показники вентильного комутатора, що виражається у наступній тотожності:

$$Z_S \left( s\alpha_R + \frac{\alpha_R}{m} \right) = 2\pi, \quad (16)$$

де  $s$  – коефіцієнт, для прямих зубців  $s=1$ .

Кількість зубців статора розраховується за формулою:

$$Z_S = 2mp_p, \quad (17)$$

де  $p_p$  – кількість полюсів на фазу.

Кількість зубців ротора розраховується за формулою:

$$Z_R = \frac{Z_S}{m} (m-1) = \frac{2mp_p}{m} (m-1) = 2p_p (m-1). \quad (18)$$

Як видно з формул (16) – (18) первинними параметрами при обчисленні ключових характеристик ВІД є кількість полюсів на фазу та кількість фаз. Отримаємо аналітичні вирази для обчислення параметрів індуктивності двигуна через  $p_p$  і  $m$ .

Кут між зубцями ротора:

$$\alpha_R = \frac{2\pi}{Z_R} = \frac{2\pi}{2p_p(m-1)},$$

$$\alpha_R(p_p, m) = \frac{\pi}{p_p(m-1)}. \quad (19)$$

Полюсна дуга статора:

$$\beta_S = \frac{\pi}{Z_S} = \frac{\pi}{2mp_p},$$

$$\beta_S(p_p, m) = \frac{\pi}{2mp_p}. \quad (20)$$

Полюсна дуга ротора:

$$\beta_R = \beta_S + (2 \div 4)^0 = \frac{\pi}{2mp_p} + 0,07;$$

$$\beta_R(p_p, m) = \frac{\pi}{2mp_p} + 0,07 \quad (21)$$

Півперіод, на якому індуктивність приймає мінімальне значення:

$$T_2 = \frac{\alpha_R - \beta_R - \beta_S}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{p_p(m-1)} - \frac{\pi}{2mp_p} + 0,07 - \frac{\pi}{2mp_p} \right),$$

$$T_2 = \frac{\pi}{2} \left( \frac{1}{p_p(m-1)} - \frac{1}{mp_p} + \frac{0,07}{\pi} \right),$$

$$T_2 = \frac{\pi}{2} \left( \frac{mp_p - p_p(m-1)}{p_p^2 m(m-1)} + \frac{0,07}{\pi} \right),$$

$$T_2(p_p, m) = \frac{\pi}{2} \left( \frac{1}{p_p m(m-1)} + \frac{0,07}{\pi} \right) \quad (22)$$

Різниця полюсних дуг:

$$\Delta\beta = \beta_R - \beta_S = \frac{\pi}{2mp_p} + 0,07 - \frac{\pi}{2mp_p} = 0,07,$$

$$\Delta\beta(p_p, m) = 0,07. \quad (23)$$

Абсолютна моментна зона:

$$\gamma = \frac{\pi}{Z_R} = \frac{\pi}{2p_p(m-1)},$$

$$\gamma(p_p, m) = \frac{\pi}{2p_p(m-1)}; \quad (24)$$

Коефіцієнти мінімальної та максимальної індуктивностей:

$$k_{\min}(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{2}{m} = \frac{m - 2\sqrt{2}}{\sqrt{2}m} \approx \frac{m - 2,828}{1,414m}; \quad (25)$$

$$k_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707. \quad (26)$$

Мінімальний і максимальний рівні індуктивності:

$$L_{\min}(p_p, m) = \frac{m - 2,828}{1,414m} L_b \frac{\pi}{2p_p(m-1)}; \quad (27)$$

$$L_{\max}(p_p, m) = 0,707 L_b \frac{\pi}{2p_p(m-1)}. \quad (28)$$

У формулах (19) – (28) кожний параметр індуктивності представляє собою тривимірний масив, вхідними даними для якого є кількість полюсів на фазу та кількість фаз.

Розглянемо діапазони зміни цих вхідних даних:

1) кількість полюсів на фазу може приймати лише цілі значення та не може дорівнювати нулю,

$$p_p = 1, 2..N. \quad (29)$$

2) кількість фаз може приймати лише цілі значення та не може бути меншою 3 (згідно з формулою коефіцієнта мінімальної індуктивності),

$$m = 3, 4..M. \quad (30)$$

На рис. 4 наведені тривимірні графіки, що відповідають отриманими аналітичними залежностям. При цьому розглядаються двигуни з максимальною кількістю полюсів на фазу  $p_p = 5$ , максимальною кількістю фаз  $m = 10$ . Всі графіки побудовані у градусах для наочності. Оскільки значення базової індуктивності для кожного типу двигуна визначається вимогами до електромагнітного моменту та фазного струму графіки мінімального та максимального рівня індуктивності будувати не будемо. У табл. 4, 5 наведені параметри індуктивності обчислені за отриманими аналітичними залежностями: у табл. 5 наведені перетворені коефіцієнти мінімального та максимального рівнів індуктивності:

$$K_{\min}(p_p, m) = \frac{m - 2,828}{1,414m} \cdot \frac{\pi}{2p_p(m-1)}; \quad (31)$$

$$K_{\max}(p_p, m) = 0,707 \frac{\pi}{2p_p(m-1)}. \quad (32)$$

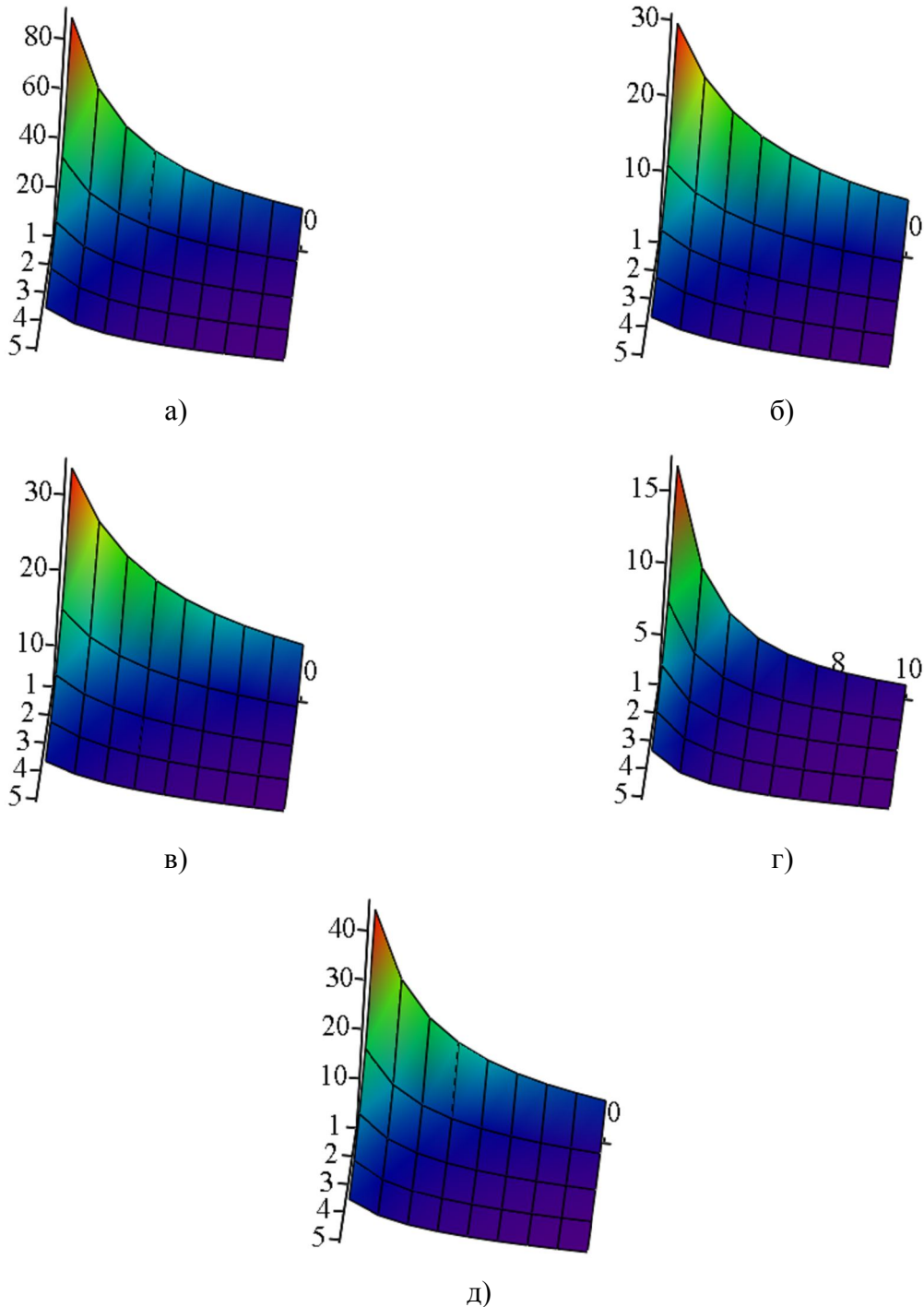


Рисунок 4 – Поверхні параметрів індуктивності: а – кут між зубцями ротора; б – полюсна дуга зубця статора; в – полюсна дуга зубця ротора; г – півперіод мінімальної індуктивності; д – абсолютна моментна зона



Таблиця 4 – Результати обчислення кутових показників індуктивності

<i>кут між зубцями ротора</i>					
$\alpha_R$	$p_p = 1$	$p_p = 2$	$p_p = 3$	$p_p = 4$	$p_p = 5$
$m = 3$	90	45	30	22,5	18
$m = 4$	60	30	20	15	12
$m = 5$	45	22,5	15	11,25	9
$m = 6$	36	18	12	9	7,2
$m = 7$	30	15	10	7,5	6
$m = 8$	25,714	12,857	8,571	6,429	5,143
$m = 9$	22,5	11,25	7,5	5,625	4,5
$m = 10$	20	10	6,667	5	4

<i>полюсна дуга зубця статора</i>					
$\beta_S$	$p_p = 1$	$p_p = 2$	$p_p = 3$	$p_p = 4$	$p_p = 5$
$m = 3$	30	15	10	7,5	6
$m = 4$	22,5	11,25	7,5	5,625	4,5
$m = 5$	18	9	6	4,5	3,6
$m = 6$	15	7,5	5	3,75	3
$m = 7$	12,857	6,429	4,286	3,214	2,571
$m = 8$	11,25	5,625	3,75	2,813	2,25
$m = 9$	10	5	3,333	2,5	2
$m = 10$	9	4,5	3	2,25	1,8

<i>полюсна дуга зубця ротора</i>					
$\beta_R$	$p_p = 1$	$p_p = 2$	$p_p = 3$	$p_p = 4$	$p_p = 5$
$m = 3$	34,011	19,011	14,011	11,511	10,011
$m = 4$	26,511	15,261	11,511	9,636	8,511
$m = 5$	22,011	13,011	10,011	8,511	7,611
$m = 6$	19,011	11,511	9,011	7,761	7,011
$m = 7$	16,868	10,439	8,296	7,225	6,582
$m = 8$	15,261	9,636	7,761	6,823	6,261
$m = 9$	14,011	9,011	7,344	6,511	6,011
$m = 10$	13,011	8,511	7,011	6,261	5,811

<i>півперіод мінімальної індуктивності</i>					
$T_2$	$p_p = 1$	$p_p = 2$	$p_p = 3$	$p_p = 4$	$p_p = 5$
$m = 3$	17,005	9,505	7,005	5,755	5,005
$m = 4$	9,505	5,755	4,505	3,88	3,505
$m = 5$	6,505	4,255	3,505	3,13	2,905
$m = 6$	5,005	3,505	3,005	2,755	2,605
$m = 7$	4,148	3,077	2,72	2,541	2,434
$m = 8$	3,612	2,809	2,541	2,407	2,327
$m = 9$	3,255	2,63	2,422	2,318	2,255
$m = 10$	3,005	2,505	2,339	2,255	2,205

Таблиця 5 – Результати обчислення рівневих показників індуктивності

<i>абсолютна моментна зона</i>					
$\gamma$	$p_p = 1$	$p_p = 2$	$p_p = 3$	$p_p = 4$	$p_p = 5$
$m = 3$	45	22,5	15	11,25	9
$m = 4$	30	15	10	7,5	6
$m = 5$	22,5	11,25	7,5	5,625	4,5
$m = 6$	18	9	6	4,5	3,6
$m = 7$	15	7,5	5	3,75	3
$m = 8$	12,857	6,429	4,286	3,214	2,571
$m = 9$	11,25	5,625	3,75	2,813	2,25
$m = 10$	10	5	3,333	2,5	2
<i>перетворений коефіцієнт мінімальної індуктивності</i>					
$K_{\min}$	$p_p = 1$	$p_p = 2$	$p_p = 3$	$p_p = 4$	$p_p = 5$
$m = 3$	0,032	0,016	0,011	7,94e-3	6,352e-3
$m = 4$	0,108	0,054	0,036	0,027	0,022
$m = 5$	0,121	0,06	0,04	0,03	0,024
$m = 6$	0,117	0,059	0,039	0,029	0,023
$m = 7$	0,11	0,055	0,037	0,028	0,022
$m = 8$	0,103	0,051	0,034	0,026	0,021
$m = 9$	0,095	0,048	0,032	0,024	0,019
$m = 10$	0,089	0,044	0,03	0,022	0,018
<i>перетворений коефіцієнт максимальної індуктивності</i>					
$K_{\max}$	$p_p = 1$	$p_p = 2$	$p_p = 3$	$p_p = 4$	$p_p = 5$
$m = 3$	0,555	0,278	0,185	0,139	0,111
$m = 4$	0,37	0,185	0,123	0,093	0,074
$m = 5$	0,278	0,139	0,093	0,069	0,056
$m = 6$	0,222	0,111	0,074	0,056	0,044
$m = 7$	0,185	0,093	0,062	0,046	0,037
$m = 8$	0,159	0,079	0,053	0,04	0,032
$m = 9$	0,139	0,069	0,046	0,035	0,028
$m = 10$	0,123	0,062	0,041	0,031	0,025

**ВИСНОВКИ.** В результаті аналізу параметрів лінійної сплайн-апроксимації виділені кутові та рівневі показники, визначені формули для їх обчислення. Проаналізований порядок обчислення визначених показників і складений алгоритм обчислення параметрів індуктивності. Для складеного алгоритму були виведені аналітичні функції обчислення параметрів індуктивності в залежності від кількості полюсів на фазу та кількості фаз. Отримані залежності дозволять спростити порядок обчислення індуктивності двигуна, та ще на початку етапу проектування оцінити його основні конструктивні та електромагнітні параметри. Для отриманих аналітичних залежностей побудовані тривимірні поверхні, а також таблиці даних для різних типів двигунів.

В результаті аналізу числових даних із розрахункових таблиць, можна зробити наступні висновки: для забезпечення високих тягових зусиль при  $p_p = 2$ , кількість фаз не повинна бути більше 6, при  $p_p = 3$ ,  $m \leq 4$ , при  $p_p > 3$ ,  $m = 3$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ильинский Н. Ф. Электропривод в современном мире / Н. Ф. Ильинский // Сборник материалов V международной (XVI Всероссийской) научной конференции. – 18–21 сентября 2007. – СПб, 2007. – С. 17–19.
2. Бычков М. Вентильно-индукторный электропривод: современное состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] / М. Бычков // Журнал-справочник «Рынок Электротехники». – Режим доступа: <http://www.marketelectro.ru/magazine/readem0207/10>
3. Кузнецов В. А. Вентильно-индукторные двигатели : учебное пособие / В. А. Кузнецов, В. А. Кузьмичев. – М. : Издательство МЭИ, 2003. – 70 с.
4. Vijayraghavan P. Design of Switched Reluctance Motors and Development of a Universal Controller for Switched Reluctance and Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives : dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Electrical Engineering / Praveen Vijayraghavan. – Blacksburg, Virginia : 15 November 2001. – 202 p.
5. Істоміна Н. М. Визначення факторів, що впливають на фазну індуктивність вентильно-індукторного двигуна / Н. М. Істоміна // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах. – Кременчук, 2014. – Вип. 2 (6). – С. 56–66.
6. Фираго Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Минск : Техноперспектива, 2006. – 363 с.
7. Фисенко В. Г. Проектирование вентильных индукторных двигателей : методическое пособие / В. Г. Фисенко, А. Н. Попов. – М. : Издательство МЭИ, 2005. – 56 с.
8. Istomina N. Determination of inductance levels of switched reluctance motor / Nataliia Istomina, Martin Bačko // SCYR 2013 : collected articles of 13<sup>th</sup> Scientific Conference of Young Researchers, 14<sup>th</sup> May, 2013, Košice. – PP. 307–309.
9. Голландцев Ю. А. Вентильные индукторно-реактивные двигатели / Ю. А. Голландцев. – СПб. : ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 148 с.

**N. Istomina, A. Fedotiev**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk

## OBTAINING OF ANALYTIC DEPENDENCE OF PARAMETERS DETERMINATION OF SWITCHED RELUCTANCE MOTOR INDUCTANCE

In the paper parameters required for determination of switched reluctance motor inductance are analyzed. The two groups of required factors are extracted: angle factors and level factors. As result of literary sources review formulas required for extracted factors obtaining are selected. The universal algorithm of inductance parameters calculation for any type of motor is formed. The algorithm supported by required rating formulas. As known basic electromagnetic parameters of switched reluctance motor depends on stator and rotor tooth zones configuration. The tooth zones configuration depends on number of poles on phase and number of phases. Using number of poles on phase and number of phases data as basis the analytic dependence for determination of inductance parameters according to created algorithm are obtained. The three-dimensional surfaces of obtained analytic dependence were plotted and information value of obtained analytic dependence is analyzed.

**Key words:** switched reluctance motor, phases inductance, analytic dependence.

## REFERENCES

1. Ilinckiy, N.F. (2007), "Electric drive in up-to-date world", *Sbornik materialov V mezhdunarodnoy (XVI Vserossiyskoy) nauchnoy konferentsii* [Proceedings of V International (XVI All-Russian) Scientific Conference], St. Petersburg, September 18-21, 2007, pp. 17-19. [in Russian]

2. Bychkov, M. (2007), "Switched Reluctance Electric Drive: Up-to-date State and Prospect Trends", *Zhurnal-spravochnik «Rynok Elektrotekhniki»* [Journal-guide «Market of Electrical Engineering»], available at: <http://www.marketelectro.ru/magazine/readem0207/10> (accessed March 5, 2013). [in Russian]
3. Kuznecov, V.A. and Kuzmichev, V.A. (2003), *Ventil'no-induktornye dvigateli* [Switched Reluctance Motors], Izdatel'stvo MEI, Moscow. [in Russian]
4. Vijayraghavan, P. (2001), "Design of Switched Reluctance Motors and Development of a Universal Controller for Switched Reluctance and Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives", Dissertation for degree of Doctor of Philosophy in Electrical Engineering, 15.10.2011, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.
5. Istomina, N. (2014) "Determination of influencing factors of inductance of switched reluctance motor", *Inzhenerni ta osviti tekhnologii v elektrotekhnichnykh i komp'yuternykh systemakh* [Engineering and Educational Technologies at Electrical and Computer Systems], Iss. 2 (6), pp. 55–56. [in Ukrainian]
6. Firago, B.I. and Pavliachyk, L.B. (2006), *Reguliruemye elektroprivody peremennogo toka* [Controlled Alternating Current Drive], Technoperspektiva, Minsk. [in Russian]
7. Fisenko, V.G. and Popov, A.N. (2006), *Proektirovanie ventil'nykh induktornykh dvigateley* [Designing of Switched Reluctance Motors], Izdatel'stvo MEI, Moscow. [in Russian]
8. Istomina, N. and Bačko, M. (2013), Determination of inductance levels of switched reluctance motor, 13<sup>th</sup> Scientific Conference of Young Researchers, Košice, FEI TU of Košice, May 14, 2013, pp. 307–309.
9. Hollandtsev, Yu.A. (2003) *Ventil'nye induktorno-reaktivnye dvihateli*, HNTs RF-TsNII «Elektropribor», St. Petersburg. [in Russian]

**Істоміна Наталія Миколаївна**,  
старший викладач кафедри «Системи автоматичного управління та електропривод»,  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук  
Полтавської обл., Україна, 39600.  
Тел. +38(05366) 3-11-47.  
E-mail: nmistomina@gmail.com



**Istomina Nataliia Mykolaivna**,  
Senior Lecturer of Automatic Control Systems and Electric Drive Department,  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk,  
Poltava Region, Ukraine, 39600.  
Tel. +38(05366) 3-11-47.  
E-mail: nmistomina@gmail.com

**Федот'єв Артур Володимирович**,  
студент кафедри «Системи автоматичного управління та електропривод»,  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук  
Полтавської обл., Україна, 39600.  
Тел. +38(05366) 3-11-47.  
E-mail: nmistomina@gmail.com



**Fedotiev Artur Volodymyrovych**,  
Student of Automatic Control Systems and Electric Drive Department,  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk,  
Poltava Region, Ukraine, 39600.  
Tel. +38(05366) 3-11-47.  
E-mail: nmistomina@gmail.com

Стаття надійшла 10.09.2014