



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **156841** (13) **U**  
(51) МПК

*H02K 1/06* (2006.01)

*H02K 1/14* (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2024 00998</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>27.02.2024</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>08.08.2024</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>07.08.2024, Бюл.№ 32</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Ставинський Андрій Андрійович (UA), Ставинський Ростислав Андрійович (UA), Циганов Олександр Миколайович (UA), Авдєєва Олена Андріївна (UA), Вахоніна Лариса Володимирівна (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54008 (UA)</b></p>
---	--

**(54) РОЗ'ЄМНИЙ МАГНІТОПРОВІД СТАТОРА**

**(57) Реферат:**

Магнітопровід статора машини змінного струму складається з зовнішнього і внутрішнього пакетів пластин електротехнічної сталі, щонайменше один з яких містить  $z$  ділянок з поверхнями стикування, що відповідають числу  $p$  пар полюсів статора, та один з яких утворює активну поверхню і містить між ділянками з поверхнями стикування шунтуючі перемички ширини, що зменшується до мінімуму. При цьому шунтуючі перемички виконані з мінімальною шириною в зонах їх з'єднання з  $z$  ділянками, а суміжні пластини або групи пластин з шунтуючими перемичками при складанні пакета стикаються з протилежним розташуванням мінімумів їх ширини.

**UA 156841 U**

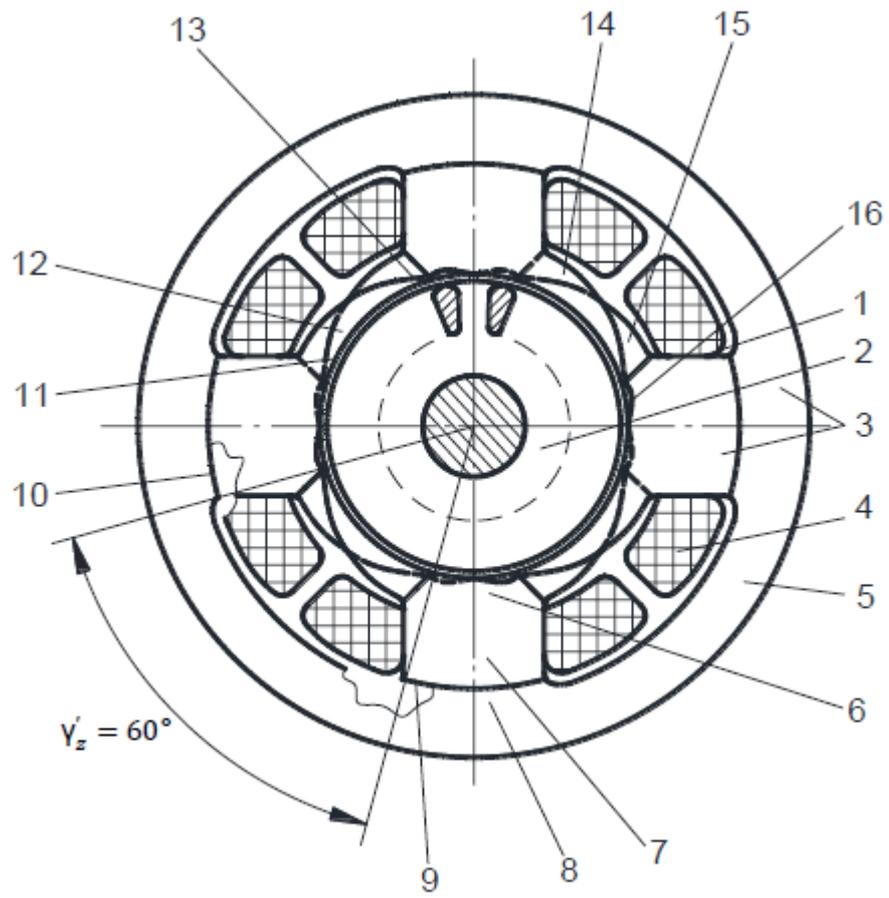


Fig. 1

Корисна модель належить до галузі електромашинобудування, може бути використана при виробництві асинхронних і синхронних двигунів переважно малої потужності зі зниженою трудомісткістю виготовлення та вирішує задачу покращення їх пускових, віброакустичних і енергетичних характеристик без підвищення технологічних складностей виробництва.

5 Відомо про електродвигуни змінного струму малої потужності, які для забезпечення задовільних і покращених характеристик виконуються як машини середньої та великої  
10 потужності, з розподіленою обмоткою статора, що укладається в пази зубчастого суцільного магнітопроводу. Обмотка статора "всипається" одиночними витками котушок в  $z$  пазів, а характеристики машини при числі пар полюсів  $p$  і числі фаз  $m$  покращуються збільшенням  
15 числа  $q$  пазів на полюс і фазу  $q = z / (2pm)$ , причому обов'язковою є умова  $q \geq 2$ . Зростають складність і вартість обмотково-ізоляційних робіт та обладнання виготовлення обмоток і магнітопроводів статорів ([1] Лопухіна Е.М., Семенчуков Г.А. Проектирование асинхронных  
20 микродвигателей с применением ЭВМ: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. школа, 1980. - 359 с., 14-36). Особливо ускладнюється укладка розподілених обмоток в двополюсних акромашинах з внутрішнім ротором, в яких оптимальним є підвищене значення відношення активної довжини до діаметру активної поверхні статора. В певних приводах і механізмах застосовуються конструкції обернених електромашин, тобто з зовнішнім ротором, в яких спрощується укладка обмоткових котушок в пази на зовнішній активній поверхні статора ([2] Штёлтинг Г., Байссе А. Электрические микромашины: Пер. с нем.: - М.: Энергоатомиздат, 1991.  
25 - 229 с. - С. 12). Однак обмотки з фазними розподіленими котушковими групами є менш технологічними і менш надійними відносно обмоток з згуртованими котушками. Ознаками вказаних аналогів, що співпадають з конструкціями корисної моделі, є наявність в магнітопроводі статора пакета пластин електротехнічної сталі, який містить  $z$  ділянок, що відповідають числу  $p$  пар полюсів та утворюють активну поверхню статора.

25 Також відома конструкція роз'ємного магнітопроводу статора спрощеного виготовлення з згуртованою обмоткою ( $q=1$ ) асинхронного мікродвигуна, яка прийнята за найближчий аналог ([1], с. 15, 17, 34; [2], с. 11, 74, 75). Вказаний магнітопровід складається з зовнішнього і внутрішнього пакетів пластин електротехнічної сталі, щонайменше один з яких містить  $z$  ділянок з поверхнями взаємного стикування, що відповідають числу  $p$  пар полюсів статора. Обмоткові  
30 котушки при  $p=1$ ,  $m=2$  розташовані на  $z=2pmq=4$  ділянках, тобто явних полюсах внутрішнього пакета магнітопроводу, які утворюють активну поверхню статора. З боку активної поверхні  $z$  полюсів з'єднані шунтуючими перемичками ширини, що зменшується до мінімуму. Цей мінімум визначається умовами насичення феромагнітної сталі і конструктивної цілісності внутрішнього пакета магнітопроводу. Вказані перемички частково наближають розподіл магнітного поля  
35 робочого зазору двигуна до синусоїди. Однак магнітне поле вказаного двигуна викривлено вищими гармонічними складовими, з яких максимальну амплітуду має і максимально шкідливий вплив на характеристики утворює третя гармоніка. Тому подібні двигуни явно полюсної конструкції мають підвищені габарити і масу, менший коефіцієнт корисної дії і викривлену пускову ділянку механічної характеристики зі знизженими мінімальним і пусковим моментами  
40 відносно аналога з розподіленою обмоткою. Ознаками найближчого аналога, які співпадають з корисною моделлю, є те, що роз'ємний магнітопровід статора складається з зовнішнього і внутрішнього пакетів пластин електротехнічної сталі, щонайменше один з яких містить  $z$  ділянок з поверхнями стикування, що відповідають числу  $p$  пар полюсів статора, та один з яких утворює активну поверхню і містить між ділянками з поверхнями стикування шунтуючі перемички ширини, що зменшується до мінімуму.

45 В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення роз'ємного магнітопроводу статора, в якому певні особливості конфігурацій і сполучень елементів призводять до покращення пускових, віброакустичних і енергетичних характеристик машини змінного струму при зменшенні числа  $q$ .

50 Поставлена задача вирішується тим, що в роз'ємному магнітопроводі статора машини змінного струму, що складається з зовнішнього і внутрішнього пакетів пластин електротехнічної сталі, щонайменше один з яких містить  $z$  ділянок з поверхнями стикування, що відповідають числу  $p$  пар полюсів статора, та один з яких утворює активну поверхню і містить між ділянками з поверхнями стикування шунтуючі перемички ширини, що зменшується до мінімуму, шунтуючі  
55 перемички виконані з мінімальною шириною в зонах їх з'єднання з  $z$  - ділянками, а суміжні пластини або групи пластин з шунтуючими перемичками при складанні пакета стикаються з протилежним розташуванням мінімумів їх ширини.

Кут між мінімумами ширини шунтуючих перемичок суміжних пластин або груп пластин вибирається в межах від  $180^\circ / [p((z/p)+1)]$  до  $180^\circ / [p((z/p)-1)]$ .

60 На контурах пластин, що утворюють активну поверхню, між осями поверхонь стикування і

мінімумами ширин перемичок виконані криволінійні виїмки.

Сукупність вказаних ознак, тобто виконання роз'ємного магнітопроводу статора таким чином, що шунтуючі перемички виконані з мінімальною шириною в зонах їх з'єднань з z ділянками, а суміжні пластини або групи пластин з шунтуючими перемичками при складанні пакета стикаються з протилежним розташуванням мінімумів їх ширини, призводить до зсуву вказаних мінімумів, тобто так званих містків насичення на певний заданий кут  $\gamma_z$ . Це призводить до протифазності в зонах суміжних шарів сталі магнітопроводу вздовж активної довжини статора заданої гармоніки та повного вилучення впливу цієї гармоніки, а також послаблення інтегрального впливу інших вищих гармонік магнітного поля на функціонування двигуна. Таким чином досягається покращення показників двигуна.

Вибір кута між мінімумами ширини шунтуючих перемичок суміжних пластин або груп пластин в межах від  $180^\circ/[p((z/p)+1)]$  до  $180^\circ/[p((z/p)-1)]$ ,  $k \geq 1$ , забезпечує інтегральне послаблення впливу на показники машини так званих зубцевих гармонік магнітного поля статора порядку  $v_{zk} = k((z/p) \pm 1)$ , які максимально погіршують пускові і віброакустичні характеристики електромашини та створюють додаткові втрати.

Виконання на контурах пластин, що утворюють активну поверхню статора, криволінійних виїмок між осями поверхонь стикування і мінімумами ширин перемичок, призводить до симетрування між осями полюсних ділянок розподілу індукції магнітного поля в зазорі, що покращує характеристики.

Корисна модель ілюструється кресленнями, що пояснюють конструктивні особливості активних частин та їх вплив на розподіл індукції магнітного поля в зазорі різновидів асинхронного двигуна з згуртованою обмоткою статора. На фіг. 1 зображено схему активної частини двигуна з  $2p=2$ ,  $m=2$ ,  $q=1$  і з внутрішнім ротором, а на фіг. 2 показана схема активної частини двигуна з  $2p=2$ ,  $m=3$ ,  $q=1$  і з зовнішнім ротором. Фіг. 3, фіг. 4 і фіг. 5 характеризують можливості впливу варіантів активної частини (фіг. 1, фіг. 2) на структуру магнітного поля робочого зазору.

Кожна з активних частин містить статор 1 і короткозамкнений ротор 2. Статор 1 складається з роз'ємного магнітопроводу 3 і котушок 4 згуртованої обмотки. Магнітопровід 3 складається з зовнішнього 5 і внутрішнього 6 пакетів пластин електротехнічної сталі, які в кожному з варіантів (фіг. 1, фіг. 2) містять, відповідно,  $z'=4$  і  $z''=6$  ділянок 7, 8 з поверхнями стикування 9, 10, що відповідають числу  $p$  пар полюсів статора 1 та один з яких утворює активну поверхню 11 і містить між ділянками 7 з поверхнями стикування 9 шунтуючі перемички 12 ширини, що зменшується до мінімуму. Шунтуючі перемички 12 виконані з мінімальною шириною 13 в зонах їх з'єднання з  $z^{(n)}$  ділянками 7, а суміжні пластини або групи пластин 14, 15 при складанні внутрішнього пакета 6 (фіг. 1) або зовнішнього пакета 5 (фіг. 2) з активною поверхнею 11 стикаються з протилежним розташуванням мінімумів ширини 13 шунтуючих перемичок 12. Кути  $\gamma_z'$  і  $\gamma_z''$  між мінімумами ширини 13 шунтуючих перемичок 12 суміжних пластин 14, 15 вибираються в межах, відповідно,  $180^\circ/[p((z^{(n)}/p)+1)]$  до  $180^\circ/[p((z^{(n)}/p)-1)]$ , а саме  $180^\circ/[1((4/1)-1)]=60^\circ$  (фіг. 1) та  $180^\circ/[1((6/1)-1)]=36^\circ$  (фіг. 2). На контурах пластин 14, 15, що утворюють активну поверхню 11, між осями поверхонь стикування 10 і мінімумами ширин 13 перемичок 12 виконані криволінійні виїмки 16.

При роботі кожного з варіантів двигуна з активними частинами (фіг. 1, фіг. 2) розподіли індукції  $V'_{\delta(x)}$ ,  $V''_{\delta(x)}$  магнітних полів взаємоіндукції між активною поверхнею 11 статора 1 і ротора 2 в зонах ширини кожної з суміжних пластин 14, 15 або їх груп вздовж активної довжини двигуна зсуваються в тангенціальному напрямку, тобто вздовж координати  $x$  лінійних розгортки зазору (фіг. 3, фіг. 4) на кути, відповідно,  $\gamma_z'=60^\circ$  і  $\gamma_z''=36^\circ$ . Це призводить до взаємної компенсації електрорушійних сил кожної з обмоток, відповідно, від гармонік магнітного поля  $V'_{\delta_3(x)}$ ,  $V''_{\delta_3(x)}$  і  $V'_{\delta_5(x)}$ ,  $V''_{\delta_5(x)}$  порядку  $\gamma'_{z1} = (z/p)-1$ ;  $k=1$ , а також послаблення гармонік магнітного поля порядку  $\gamma''_{z1} = (z/p)+1$  та усіх інших вищих гармонік магнітного поля порядку  $k > 1$ . Як результат структури електрорушійних сил обмоток різновидів статора наближаються до виду перших гармонік  $V'_{\delta_1(x)}$ ,  $V''_{\delta_1(x)}$  (фіг. 3, фіг. 4), тобто до синусоїди. Таким чином усувається викривлення головними вищими гармоніками  $\gamma^{(n)}_{z1}$  струмів статора 1 і ротора 2 та послаблюється вплив на ці струми інших гармонічних складових порядків  $\gamma_{zk} > 1$ . Це призводить до покращення пускових, віброакустичних і енергетичних характеристик двигунів змінного струму, зокрема асинхронних. Зменшення ширини шунтуючих перемичок 12 до мінімального значення 13, що визначається умовами насичення електротехнічної сталі, призводить до збільшення в напрямку цього мінімуму магнітного опору вказаних перемичок 12. Таким чином досягається зміна розподілу індукції магнітного поля зазору (крива 1, фіг. 5) з одного боку півполюсного ділення  $t/2$  до деякого наближення до синусоїди. Наближення до синусоїди з іншого боку та симетрування розподілу магнітної індукції (крива 2, фіг. 5) здійснюється поступовим збільшенням робочого

зазору між осями поверхонь стикування 10 і протилежними мітками насичення. Робочий зазор збільшується криволінійними виїмками 16 між осями поверхонь стикування 10 і мінімумами ширин 13 перемичок 12. Це додатково покращує характеристики двигунів з варіантами активної частини (фіг. 1, фіг. 2).

5 Відносно найближчого аналога використання рішень за заявленою корисною моделлю (фіг. 1 - фіг. 5) підвищує пусковий момент на 20...30 %, знижує магнітні втрати і шуми та на 2...4 %, знижує втрати неробочого ходу асинхронного двигуна з згуртованою обмоткою статора.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

1. Роз'ємний магнітопровід статора машини змінного струму, що складається з зовнішнього і внутрішнього пакетів пластин електротехнічної сталі, щонайменше один з яких містить  $z$  ділянок з поверхнями стикування, що відповідають числу  $p$  пар полюсів статора, та один з яких утворює активну поверхню і містить між ділянками з поверхнями стикування шунтуючі перемички ширини, що зменшується до мінімуму, який **відрізняється** тим, що шунтуючі перемички виконані з мінімальною шириною в зонах їх з'єднання з  $z$  ділянками, а суміжні пластини або групи пластин з шунтуючими перемичками при складанні пакета стикаються з протилежним розташуванням мінімумів їх ширини.

15

2. Магнітопровід статора за п. 1, який **відрізняється** тим, що кут між мінімумами ширини шунтуючих перемичок суміжних пластин або груп пластин вибирається в межах від  $180^\circ/[p((z/p)+1)]$  до  $180^\circ/[p((z/p)-1)]$ .

20

3. Магнітопровід статора за будь-яким з пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що на контурах пластин, що утворюють активну поверхню, між осями поверхонь стикування і мінімумами ширини перемичок виконані криволінійні виїмки.

25

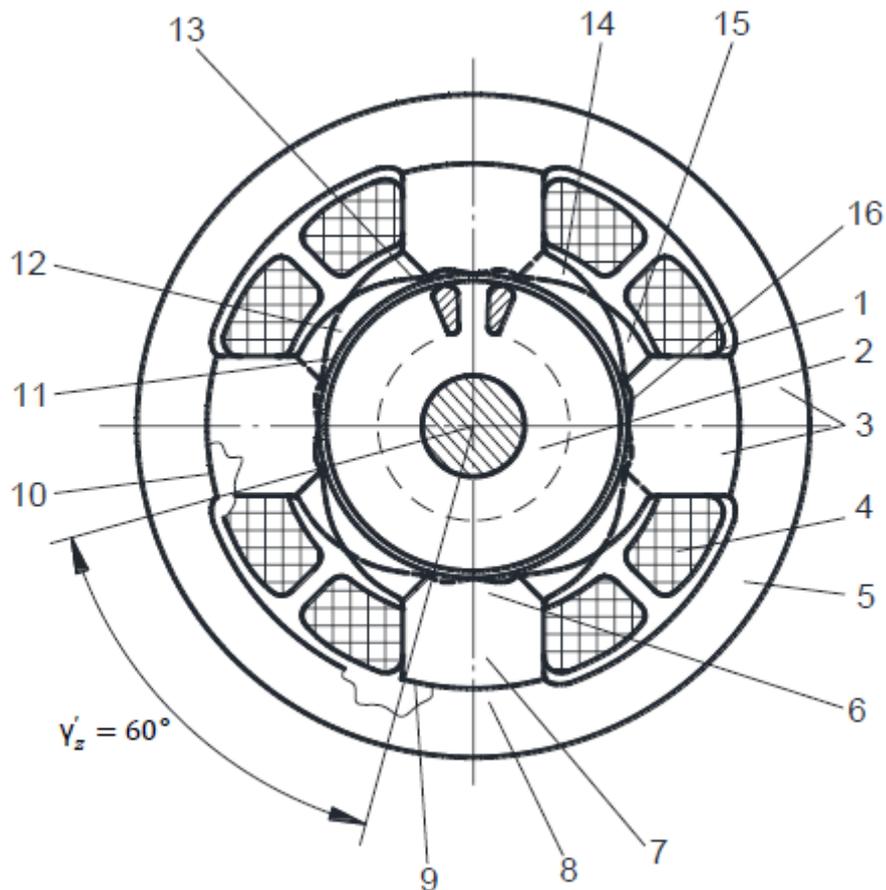
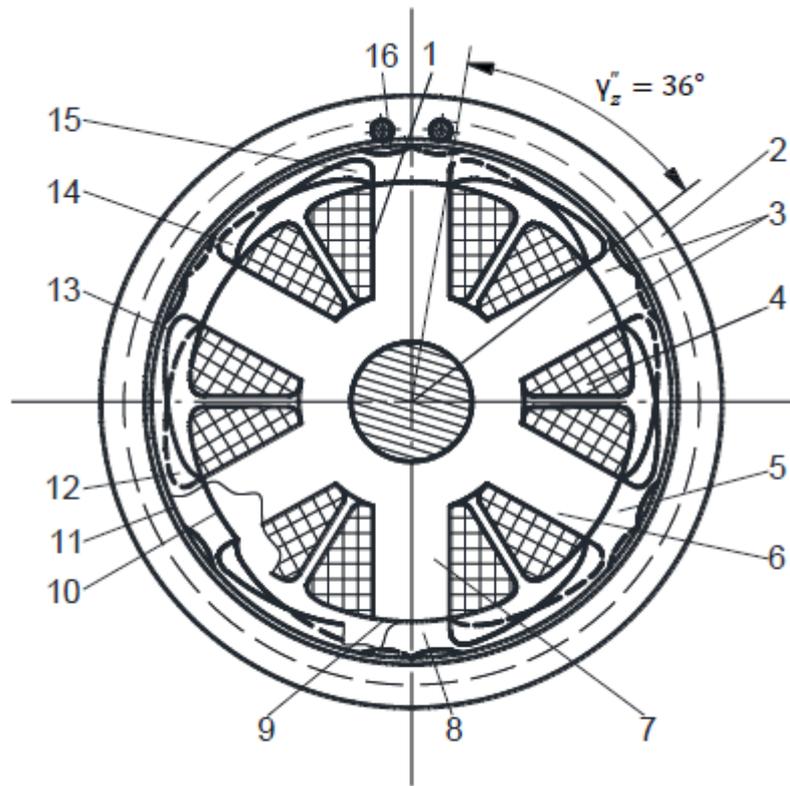
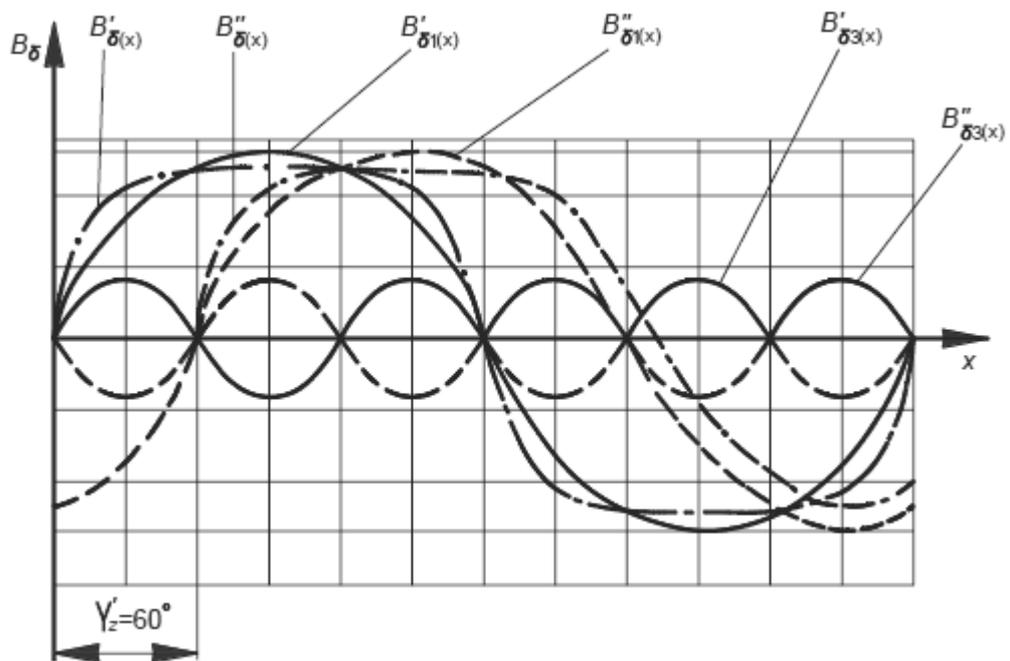


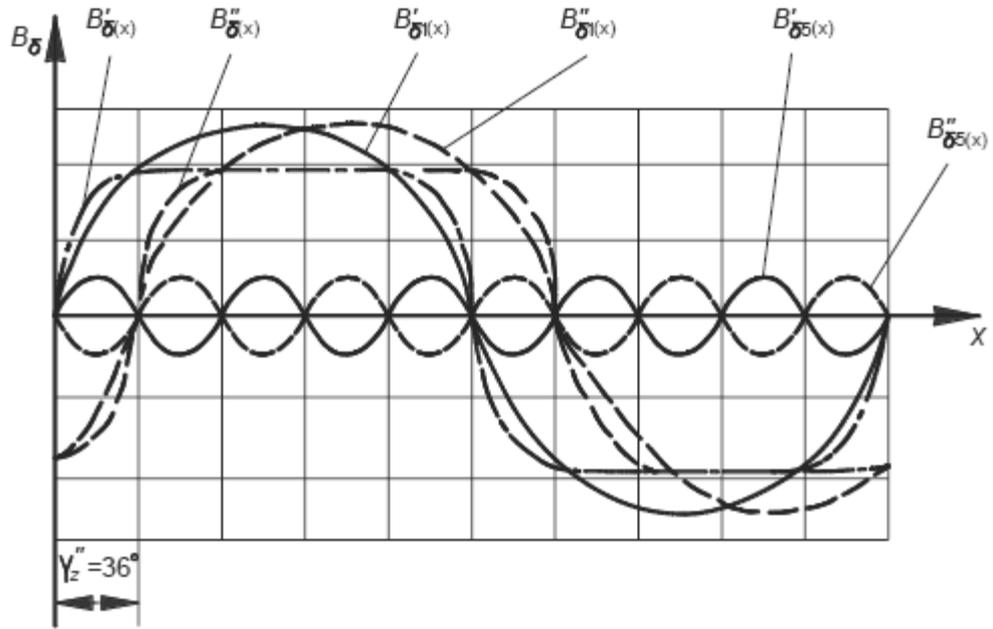
Fig. 1



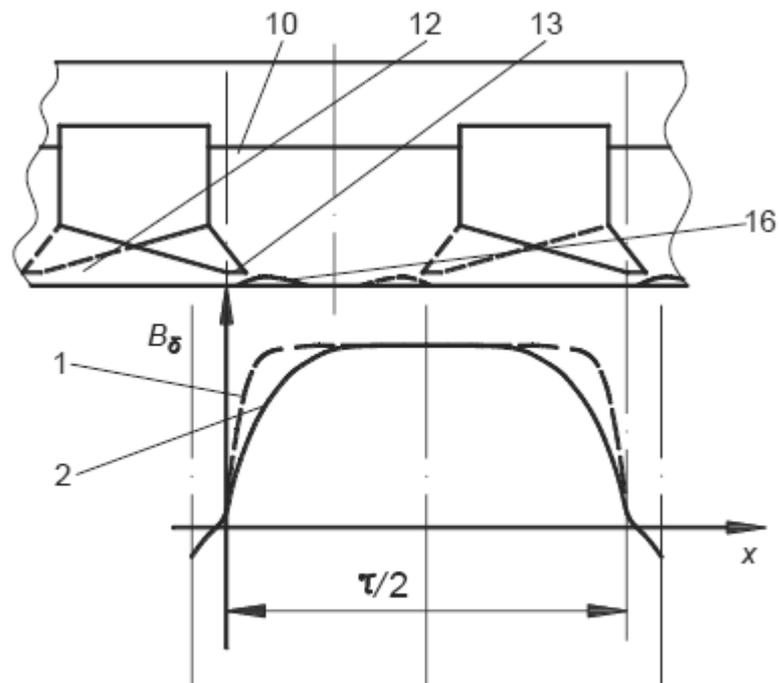
**Fig. 2**



**Fig. 3**



Фиг. 4



Фиг. 5