



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112044** (13) **C2**
(51) МПК
H02P 5/74 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

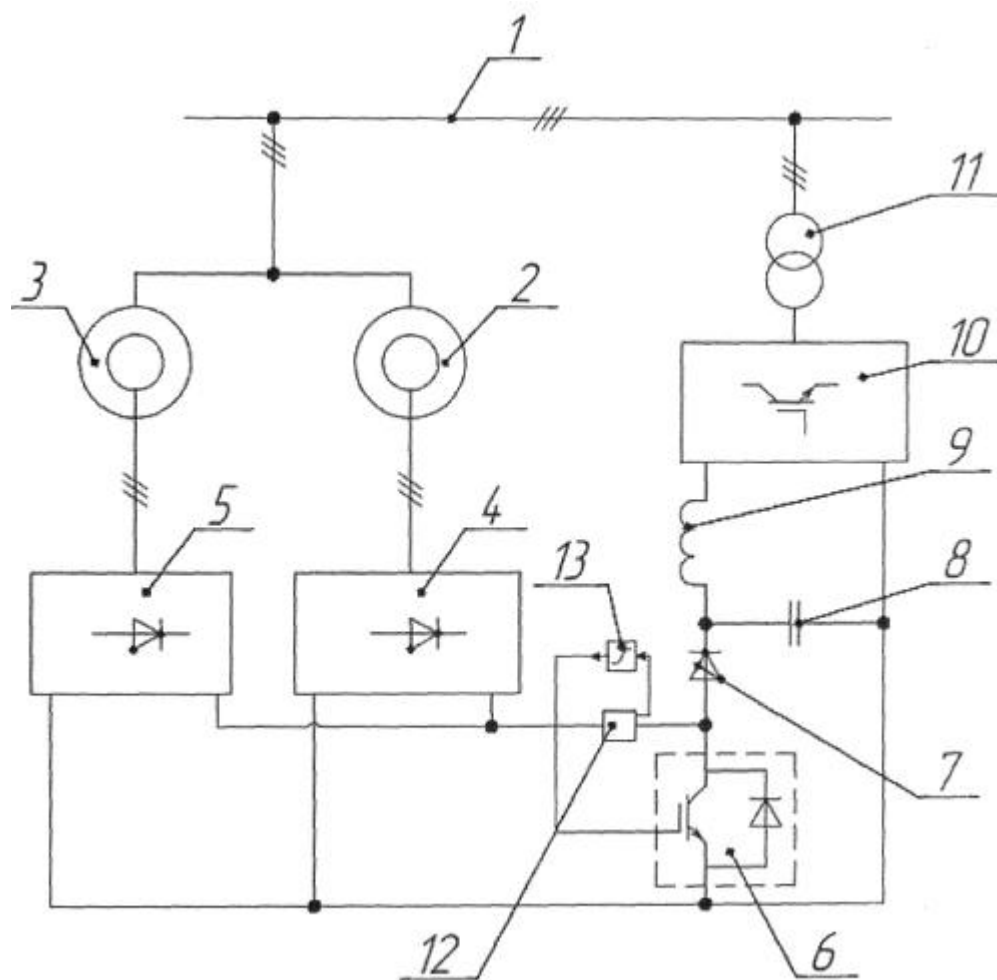
(21) Номер заявки: а 2015 10485	(72) Винахідник(и): Коцур Михайло Ігорович (UA), Андрієнко Петро Дмитрович (UA), Кулагін Дмитро Олександрович (UA), Коцур Ігор Михайлович (UA), Андрієнко Данил Сергійович (UA), Андрієнко Андрій Андрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 27.10.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.07.2016	
(41) Публікація відомостей про заяву: 11.04.2016, Бюл.№ 7	(73) Власник(и): ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.07.2016, Бюл.№ 13	(74) Представник: Висоцька Наталя Іванівна, начальник патентно-інформаційного відділу НДЧ ЗНТУ
	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2160495 C2, 10.12.2000 RU 2474038 C1, 27.01.2013 US 2008150455 A1, 26.06.2008 US 4689527 A, 25.08.1987 WO 9312860 A1; 08.07.1993

(54) ДВОДВИГУНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД ІМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЮВАННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З ФАЗНИМИ РОТОРАМИ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі електротехніки та стосується електроприводу змінного струму узгодженого обертання асинхронних двигунів (АД) з фазним ротором, переважно для кранових механізмів переміщення, а також для вентиляторних та насосних установок. Дводвигуновий електропривід імпульсного регулювання асинхронних двигунів з фазними роторами містить два некеровані мостові випрямлячі, транзистор, датчик струму, обмежувач струму, діод, конденсатор, дросель, мостовий інвертор з погоджувальним трансформатором. За рахунок використання спільного мостового інвертора, який, крім того, може працювати компенсатором реактивної потужності на мережу електропостачання як в статичному, так і в динамічному режимах роботи електроприводу досягається зменшення неузгодженості швидкостей роторів двох АД, покращення моментних характеристик та показників енергоефективності електроприводу, а саме підвищення коефіцієнта корисної дії та коефіцієнта потужності.

UA 112044 C2



Фиг. 1

Винахід належить до галузі електротехніки та стосується електроприводу змінного струму узгодженого обертання асинхронних двигунів (АД) з фазним ротором, переважно для кранових механізмів переміщення, а також для вентиляторних та насосних установок.

5 Широке впровадження напівпровідникових елементів привело до появи нових різновидів імпульсних та каскадних пристроїв керування АД з фазним ротором. Відомий пристрій для багатодвигунних електроприводів, який оснований на тому, що обмотки статорів асинхронних двигунів під'єднано до мережі, виводи обмоток роторів під'єднані відповідно до некерованих напівпровідникових мостових випрямлячів, навантажених на загальний пускорегулюючий резистор [1]. Така схема забезпечує узгоджену роботу приводних електродвигунів, сприяє зменшенню неузгодженості швидкостей роторів АД і в кілька разів зменшує динамічні навантаження. Цей електропривод відрізняється простотою технічного рішення, реалізованого на основі сучасної напівпровідникової техніки, і може бути легко застосований як для нових кранових механізмів, вентиляторних та насосних приводів, так і для тих, які знаходяться в експлуатації. У схемі використаний принцип взаємного регулювання, оснований на тому, що випрямлена напруга роторів асинхронних електродвигунів, а тому й їх частоти обертання, автоматично підтримуються рівними між собою. У зв'язку з цим частота обертання регулюється залежно від співвідношення навантажень, а не шляхом введення додаткової електрорушійної сили в коло обмотки ротора, як це здійснюють у схемах асинхронного вентиляного каскаду. Недоліком такого засобу є те, що енергія ковзання двигунів розсіюється в вигляді тепла на пускорегулюючому резисторі, а це робить такий засіб узгодження швидкостей роторів АД не енергоефективним.

Відомий пристрій імпульсного керування в колі випрямленого струму ротора, який складається з приєднаних до мережі виводів статорної обмотки АД з фазним ротором [2]. Виводи обмотки ротора АД приєднано до некерованого випрямляча. Анод діода приєднано до колекторного входу транзистора та катодної групи некерованого мостового випрямляча. Катод діода приєднано до позитивного виводу конденсатора та дроселя, до виходу якого приєднана анодна група мостового інвертора. Емітерний ввід транзистора приєднано: до негативного виводу конденсатора, до анодної групи некерованого мостового випрямляча та до катодної групи мостового інвертора, виводи якого підключено до вторинної обмотки погоджувального трансформатора, первинна обмотка якого приєднана до мережі електропостачання. Енергія, яка накопичена в обмотках ротора, в момент розмикання транзистора накопичується на конденсаторі, а в момент замикання транзистора скидається в мережу електропостачання завдяки інвертору відомого мережею. Таким чином, досягається технічний результат у рекуперації енергії у мережу електропостачання при постійному малому куті інвертування. Недоліком цієї конструкції є те, що не уможливіюється робота цього перетворювача для узгодженого обертання роторів двох або більше АД.

Відомий асинхронний дводвигуновий електропривод [3], який містить два АД з фазними роторами, в коло роторів яких приєднані випрямлячі, анодні групи яких утворені з діодів, а катодні з тиристорів, з'єднаних між собою паралельно. Послідовно з ними з'єднані мостовий інвертор з постійною вихідною частотою, що живить мостовий випрямляч та згладжуючий реактор. До виводу мостового інвертора приєднані обмотки статорів обох двигунів. Керуючі електроди тиристорів мостових випрямлячів приєднані до обмоток роторів відповідних двигунів через дві групи діодів та резистор з регульованим опором. Недоліками такого електроприводу є обов'язкова рівність струмів статора і ротора, навіть у двигунів із значною нерівністю номінальних значень струму статора та ротора. Тому обмотки статора та ротора приєднані через вентиляльні перетворювачі послідовно з організацією загальної ланки постійного струму, в результаті чого в системі знижується досяжний електромагнітний момент двигуна. В даному електроприводі швидкість двигунів регулюється за допомогою резистора зі змінним опором, за рахунок чого забезпечується невисока точність регулювання швидкості двигунів.

Відомий дводвигуновий електропривод [4], що прийнято за прототип, який містить два АД з фазними роторами, до обмоток роторів яких приєднані некеровані мостові випрямлячі, які з'єднані паралельно. Послідовно з ними з'єднаний автономний мостовий інвертор, що живить мостовий випрямляч і згладжуючий реактор. До виводу мостового інвертора приєднані обмотки статорів обох двигунів. Вивід мостового випрямляча приєднано до пристрою регулювання вихідної напруги, виводу мостового інвертора, який приєднаний до пристрою регулювання вихідної частоти. Недоліками даного дводвигунового електроприводу є низький пусковий момент АД, низький коефіцієнт потужності і підвищене споживання реактивної потужності з мережі електропостачання регульованим мостовим випрямлячем, який також завантажує мережу вищими гармоніками струму.

Поставлена задача - розробка дводвигунового електроприводу імпульсного регулювання фазних АД з покращеними моментними характеристиками та показниками енергоефективності електроприводу, а саме підвищення коефіцієнта корисної дії, за рахунок рекуперації енергії ковзання двох АД до мережі електропостачання, та коефіцієнта потужності.

Вирішується задача тим, що у дводвигуновому електроприводі імпульсного регулювання АД з фазними роторами виводи статорних обмоток АД приєднано до мережі електропостачання, а анодні групи некерованих мостових випрямлячів паралельно приєднані до колекторного вводу транзистора через датчик струму, вивід якого приєднано через обмежувач струму до бази транзистора, та містить діод, анод якого приєднано до колекторного вводу транзистора, а катод приєднано до позитивного виводу конденсатора та дроселя, до виводу якого приєднана колекторна група мостового інвертора; катодні групи випрямлячів паралельно приєднані до емітерного вводу транзистора та негативного виводу конденсатора та емітерної групи мостового інвертора, до виводу якого приєднана вторинна обмотка погоджувального трансформатора, первинна обмотка якого приєднана до мережі електропостачання.

Застосування транзистора, датчика струму та обмежувача струму дозволяє обмежити сумарний струм від двох власних некерованих мостових випрямлячів, за рахунок чого досягається вирівнюванням швидкостей обох АД. Наявність конденсатора дозволяє виключити перенапругу на обмотках роторів АД та акумулювати енергію, яка накопичується в обмотках роторів АД в процесі комутації транзистора. Завдяки діоду виконується запобігання появі зворотного струму від конденсатора на транзистор. Дросель в колі випрямленого струму згладжує струм рекуперації від конденсатора та двох некерованих мостових випрямлячів. Інвертування енергії до мережі електропостачання забезпечується спільним мостовим інвертором з мінімальним кутом інвертування та погоджувальним трансформатором, який погоджує електрорушійну силу роторів з напругою мережі електропостачання.

Таким чином, нові ознаки, при взаємодії з відомими ознаками, забезпечують виявлення нових технічних властивостей шляхом конструкційних вдосконалень - розроблено дводвигунний електропривід імпульсного регулювання фазних АД з покращеними моментними характеристиками та показниками енергоефективності електроприводу, а саме підвищеними коефіцієнтом корисної дії, за рахунок рекуперації енергії ковзання двох АД до мережі електропостачання, та коефіцієнтом потужності електроприводу. Це досягається за рахунок використання спільного мостового інвертора, який, крім того, може працювати компенсатором реактивної потужності на мережу електропостачання як в статичному, так і в динамічному режимах роботи електроприводу.

Це забезпечує усій заявленій сукупності ознак відповідність критерію "новизна" та призводить до нових технічних результатів. Аналоги, які містять ознаки, що відрізняються від прототипу, не знайдені, рішення явним чином не впливає з рівня техніки. Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що запропоноване технічне рішення задовольняє критерію "Винахідницький рівень".

Ідея винаходу пояснюється на кресленні, де на фіг. 1 зображується електрична принципова схема дводвигунового електроприводу імпульсного регулювання АД з фазними роторами. На фіг. 2 та 3 наведені залежності неузгодженості швидкостей двох АД від моментів інерції роторів відповідно для частот збуджуючих моментів $f=3$ Гц та $f=144$ Гц.

Дводвигунний електропривід імпульсного регулювання АД з фазними роторами (фіг. 1) складається з приєданого до мережі електропостачання 1, виводів обмоток статора двох АД 2 та 3. Виводи обмоток роторів АД 2 та 3 приєднані відповідно до некерованих мостових випрямлячів 4 та 5. Катодні групи некерованих мостових випрямлячів 4 та 5 паралельно під'єднані через датчик струму 12 до колекторного вводу транзистора 6 та аноду діода 7. Вивід датчика струму 12 через обмежувач струму 13 приєднано до бази транзистора 6. Катод діода 7 приєднано до позитивного виводу конденсатора 8 та дроселя 9, до виводу якого приєднана колекторна група мостового інвертора 10. Катодні групи випрямлячів 4 та 5 паралельно приєднані до емітерного вводу транзистора 6 та негативного виводу конденсатора 8 та емітерної групи мостового інвертора 10, до виводу якого приєднана вторинна обмотка погоджувального трансформатора 11, первинна обмотка якою приєднана до мережі електропостачання 1.

Дводвигунний електропривід імпульсного регулювання АД з фазними роторами працює наступним чином. На обмотки статорів АД 2 та 3, та на вторинну обмотку погоджувального трансформатора 11 подається напруга з мережі електропостачання 1. Керування двох АД в динамічному режимі роботи досягається обмеженням сумарного випрямленого струму роторів АД завдяки постійною комутацією транзистора 6. Для цього на транзистор 6 подається командний сигнал з обмежувача струму 13 у вигляді прямокутних імпульсів. Вхідний сигнал

обмежувача струму 13 надходить від датчика струму 12. Для узгодженого обертання роторів АД в процесі їх розгону, обмежувачем струму 13 задається прямолінійна функція у вигляді:

$$I_d(t) = A \cdot t,$$

$$I_d(t) \leq I_{d_ном},$$

5 де I_d - уставка по струму, А;

$I_{d_ном}$ - сумарне, номінальне значення випрямленого струму роторів АД, А;

t - час, с;

А - коефіцієнт, який характеризує швидкість зміни струму від 0 до $I_{d_ном}$, та задає час розгону двигунів.

10 Коли струм в колі більше значення уставки по струму обмежувача 13, транзистор 6 розмикається. В момент розмикання транзистора накопичена енергія в обмотках роторів АД, через діод 7 заряджає конденсатор 8, а енергія ковзання роторів АД через діод 7, дросель 9, мостовий інвертор 10 та погоджувальний трансформатор 11 повертається у мережу електропостачання 1. Коли струм в колі менше значення уставки по струму обмежувача 13, транзистор 6 замикається. В момент замикання транзистора 6 енергія, яка накопичена на конденсаторі 8, через дросель 9, мостовий інвертор 10 та погоджувальний трансформатор 11 повертається до мережі електропостачання 1. Таким чином на транзисторі 6 подаються керуючі імпульси з різним значенням щільності та частоти імпульсів, які залежать від функції уставки струму обмежувача 13. У схемі діод 7 запобігає появі струму в зворотному напрямку від конденсатора 8 до транзистора 6. Завдяки дроселю 9, який згладжує струм від конденсатора 8, та некерованих мостових випрямлячів 4 та 5 процес інвертування енергії триває не залежно від моменту часу замикання чи розмикання транзистора 6. Для забезпечення ефективної роботи мостового інвертора 10 на нього подаються командні сигнали у вигляді прямокутних імпульсів від пристрою системи імпульсно-фазового керування або широтно-імпульсного модулятора.

25 На фіг. 2 та 3 наведені залежності неузгодженості швидкостей двох АД від моментів інерції роторів без обмеження (1) та з обмеженням (2) по струму при умові дії рівних номінальних моментів опору ($M_n=39 \text{ Н}\cdot\text{м}$) у протифазі один відносно другого, на обидва двигуни типу МТФ-111-6, при частоті збуджуючих моментів відповідно для $f=3 \text{ Гц}$ та $f=144 \text{ Гц}$. Таким чином, отримано зниження неузгодженості більш ніж як у 2,4 рази. Зі збільшенням частоти збуджуючих моментів знижується не тільки діюча, але й абсолютна величина неузгодженості. При зміні частоти збуджуючих моментів від $f=3 \text{ Гц}$ до $f=144 \text{ Гц}$ величина неузгодженості зменшується у 20 разів. Незначна неузгодженість швидкостей без обмеження і з обмеженням по заданому струму спостерігається тільки при значно більших значеннях частоти збуджуючих моментів, понад 100 Гц в діапазоні моментів інерції $J=6\div 10 \text{ в.о.}$

35 Таким чином, при застосуванні дводвигунового електроприводу імпульсного регулювання АД з фазними роторами досягається: ефект зменшення неузгодженості швидкостей роторів двох АД: покращення моментних характеристик та показників енергоефективності електроприводу, а саме підвищення коефіцієнта корисної дії, за рахунок рекуперації енергії ковзання двох АД до мережі електропостачання, та коефіцієнта потужності електроприводу. Це досягається за рахунок використання спільного мостового інвертора, який, крім того, може працювати компенсатором реактивної потужності на мережу електропостачання, як в статичному, так і в динамічному режимах роботи електроприводу.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що технічне рішення, яке заявлене, задовольняє критерію "Промислове застосування".

45 Джерела інформації:

1. Яуре А.Г. Построение асинхронных многодвигательных электроприводов механизмов передвижения кранов с электрической связью по цепи выпрямленного тока ротора [Текст] / А.Г. Яуре, Е.М. Певзнер, В.Н. Тищенко: научно-реферативный сборник "Электротехническая промышленность", Информагенство. 1981. - № 4(93). - С. 12-15.

50 2. Пат. України 64126, МПК H02P 27/05(2006.01) Пристрій імпульсного керування процесами перетворення енергії в асинхронному двигуні з фазним ротором [Електронний ресурс] / П.Д. Андрієнко, М.І. Коцур, І.М. Коцур; заявл. 22.04.11; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20, 2011р. - Режим доступу: [http:// www.uipv.org](http://www.uipv.org).

55 3. Пат. Росії № 2237345, МПК H02P 7/74 Двухдвигательный электропривод [Електронний ресурс] / А.Н. Мамаев, В.Н. Мещеряков, заявл. 10.06.2004; опубл. 27.09.2014, Бюл. № 27, 2004 р. - Режим доступу: <http://www.fips.ru/>

4. Пат. Росії № 2160495, МПК H02P 7/74 Двухдвигательный электропривод. [Електронний ресурс] / В.Н. Мещеряков, В.В. Федоров, Д.С. Осипов. 14.07.1998; опубл. 10.12.2000, Бюл. № 34, 2000 р. - Режим доступу: <http://www.fips.ru/>

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

10

15

Двودвигуновий електропривід імпульсного регулювання асинхронних двигунів з фазними роторами, який містить два некеровані мостові випрямлячі, до яких приєднані відповідно виводи обмоток роторів асинхронних двигунів, який **відрізняється** тим, що виводи статорних обмоток асинхронних двигунів приєднано до мережі електропостачання, а анодні групи некерованих мостових випрямлячів паралельно приєднані до колекторного вводу транзистора через датчик струму, вивід якого приєднано через обмежувач струму до бази транзистора, та містить діод, анод якого приєднано до колекторного вводу транзистора, а катод приєднано до позитивного виводу конденсатора та дроселя, до виводу якого приєднана колекторна група мостового інвертора, катодні групи випрямлячів паралельно приєднані до емітерного вводу транзистора та негативного виводу конденсатора та емітерної групи мостового інвертора, до виводу якого приєднана вторинна обмотка погоджувального трансформатора, первинна обмотка якого приєднана до мережі електропостачання.

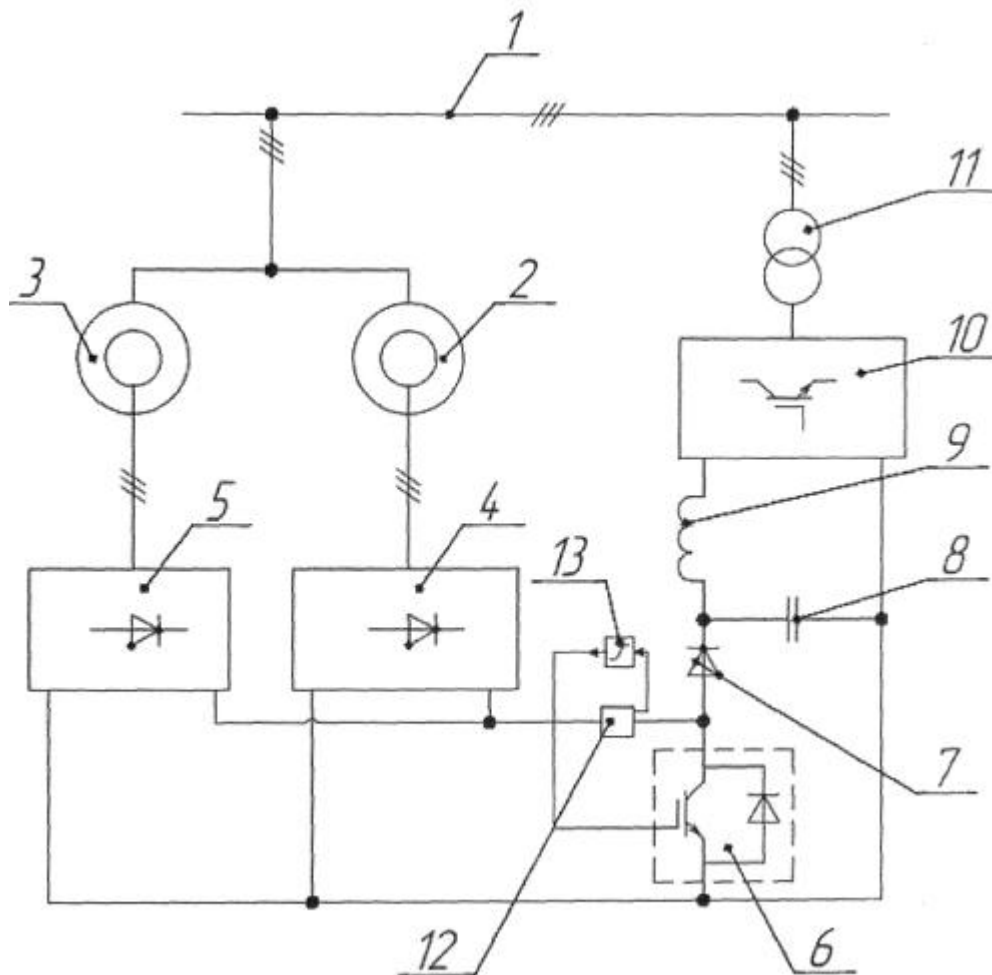


Fig. 1

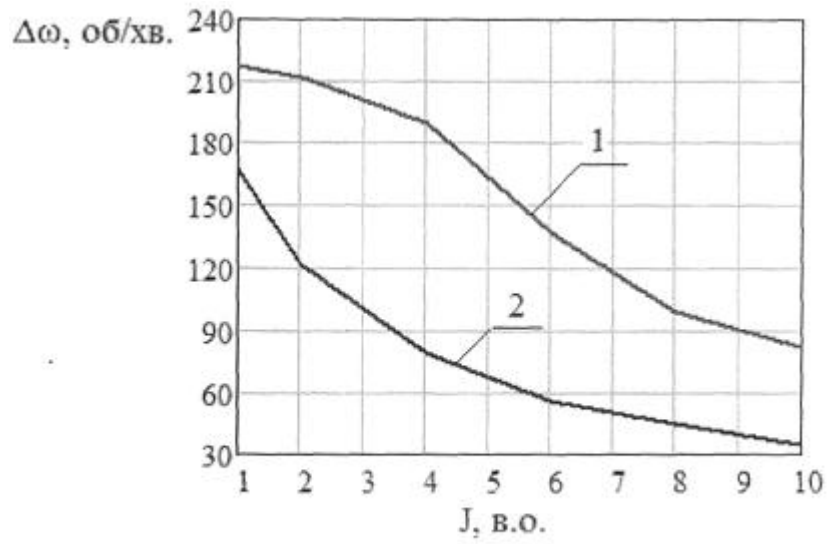


Fig. 2

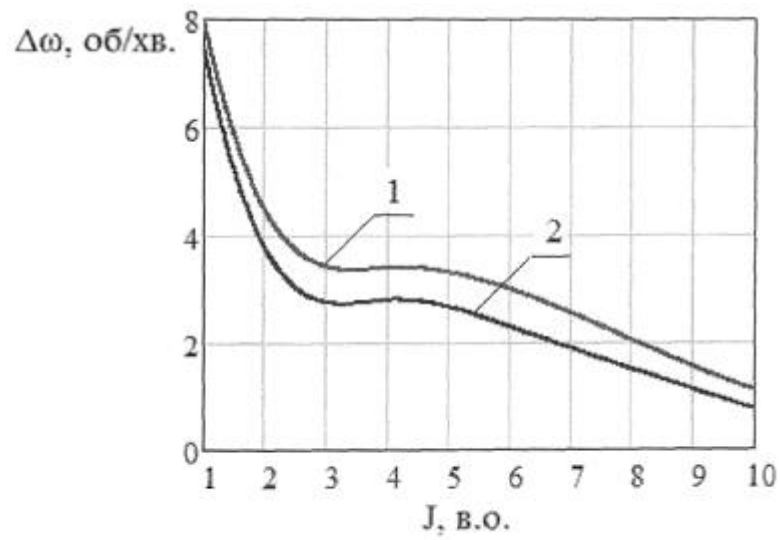


Fig. 3

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601