



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **92934** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
H02P 21/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

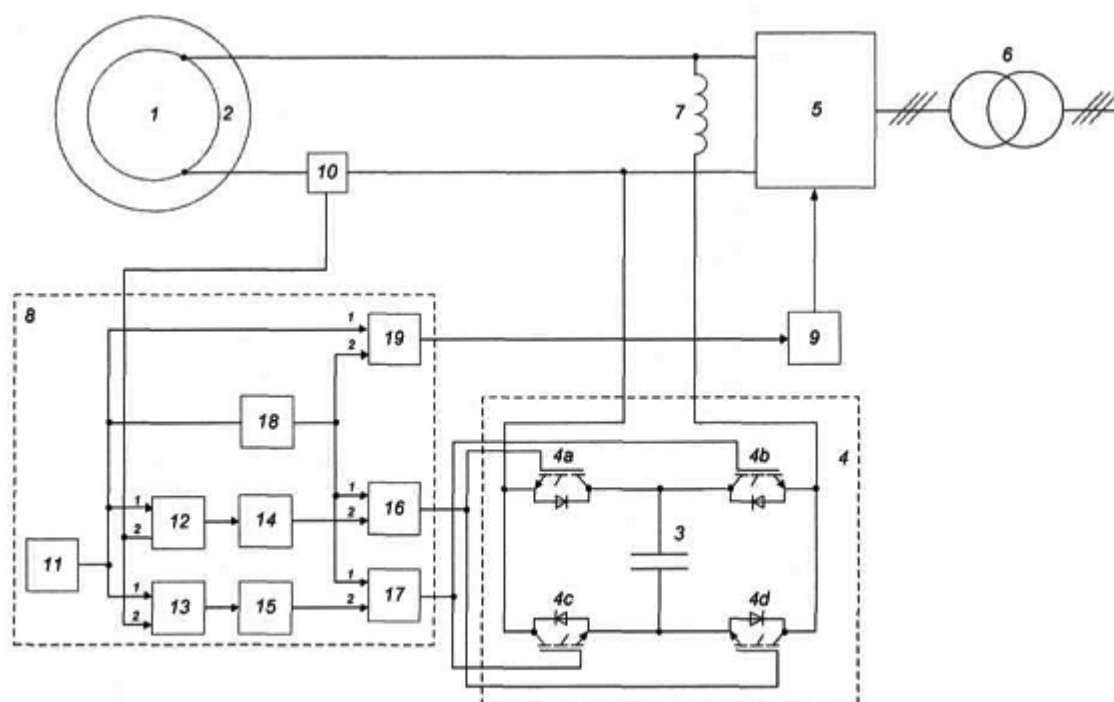
(21) Номер заявки: u 2014 03657	(72) Винахідник(и): Бялобржеський Олексій Володимирович (UA), Слободенюк Дмитро Володимирович (UA), Качалка Вадим Юрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 09.04.2014	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.09.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.09.2014, Бюл.№ 17	(73) Власник(и): КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО, вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Полтавська обл., 39600 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ РЕГУЛЮВАННЯ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ДВИГУНА В ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМАХ

(57) Реферат:

Пристрій регулювання збудження синхронного двигуна в динамічних режимах, що містить синхронний двигун з обмоткою збудження, з'єднаною через датчик струму з мостовим однофазним транзисторним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з накопичувальним конденсатором. Додатково введено буферний дросель, тиристорний перетворювач, вихід якого з'єднаний паралельно з обмоткою збудження, вхід з'єднано з вторинною обмоткою трансформатора, первинна обмотка якого підключена до мережі, блок керування тиристорним перетворювачем, блок завдання струму збудження, перший та другий блоки порівняння, перший та другий релейні елементи, перший та другий логічні елементи, блок диференціювання та блокуючий логічний елемент, при чому вихід блока завдання струму збудження підключений до першого входу першого і другого блоків порівняння, другий вхід яких з'єднаний з виходом блока датчика струму, вихід першого блока порівняння з'єднано з входом першого релейного елемента, вихід другого блока порівняння з'єднано з входом другого релейного елемента, вихід першого релейного елемента з'єднано з другим входом першого логічного елемента, вихід другого релейного елемента з'єднано з другим входом другого логічного елемента, перші входи яких з'єднані з виходом блока диференціювання, вхід якого з'єднаний з блоком завдання струму збудження, виходи логічних елементів з'єднано з керуючими електродами транзисторів транзисторного перетворювача, перший вхід блокуючого логічного елемента з'єднаний з виходом блока завдання струму збудження, другий вхід з'єднано з виходом блока диференціювання, вихід блокуючого логічного елемента з'єднано з входом блока управління тиристорним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з керуючим входом тиристорного перетворювача.

UA 92934 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі електротехніки і може бути використана для підвищення стійкості привідних синхронних двигунів та для ефективного гасіння коливань ротора синхронних двигунів, що працюють в умовах різкозмінного навантаження.

Відомий пристрій [Патент RU, № 2311723, МПК H02P 9/12, 1/50, 2006. Регулятор струму збудження, Ашрапов Ф.У.], що містить позитивний і негативний вводи збудника, розрядник, підключений одним і іншим своїми виходами до першого і другого входів обмотки збудження, другий вхід якої підключений до входу автомата гасіння поля, вихід якого з'єднаний з негативним виходом збудника, який відрізняється тим, що розрядник виконаний у вигляді діода, катод якого є першим виходом розрядника, а анод з'єднаний з негативним виходом збудника і відповідною обкладкою конденсатора, інша обкладка якого з'єднана з позитивним виходом збудника і катодом іншого діода, анод якого є іншим виходом розрядника, а автомат гасіння поля виконаний у вигляді ключової схеми, вхід якої підключений до позитивного виходу збудника, а вихід з'єднаний з першим входом обмотки збудження, другий вхід якої підключений до входу в іншу ключову схему, вихід якої з'єднаний з негативним виходом збудника, а керуючі входи ключових схем з'єднані зі входом керуючого сигналу регулятора.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється, є: застосування транзисторів як ключових елементів, конденсатор для накопичення енергії.

Недоліком являється однонаправленість кола конденсатора, що виключає можливість використання накопиченої енергії, велика постійна часу контуру "обмотка збудження - конденсатор".

Відомий пристрій [Патент UA, № 66533, МПК H02P 9/12, H02H 7/09, 2012. Пристрій для гасіння магнітного поля при відключенні обмотки збудження синхронної машини від джерела живлення, Гвоздев В.П., Власенко П.В., Савлущинський Р.В.] для гасіння магнітного поля при відключенні обмотки збудження, що містить вимикач включений послідовно з джерелом живлення і обмоткою збудження, а також підключене паралельно обмотці збудження коло, що складається з послідовно включених активного лінійного опору і кола, яке містить два паралельні зустрічно включені тиристори і діод.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється, є: використання конденсатора для обмеження напруги на обмотці збудження та гасіння електромагнітного поля, однонаправленість кола конденсатора.

Недоліками даної корисної моделі являються: розсіювання електромагнітної енергії на резисторах.

Відомий пристрій для форсування струму збудження [Патент UA, № 60652, МПК H02P 9/12, H02P 9/14, 2003. Спосіб форсування струму збудження синхронного двигуна та пристрій для його реалізації, Нізімов В.Б., Нізімов Р.В., Сторожко В.С.], що містить пускозахисний елемент, підключений паралельно до обмотки збудження синхронного двигуна, випрямляч з тиристорами в катодній групі і діодами в анодній групі, виходом підключений паралельно до пускозахисного елемента, комутуючий тиристор з керуючим ланцюгом послідовно через форсуючий конденсатор підключений до катодів тиристорів випрямляча, датчики напруги і струму входами зв'язані з силовими колами статора синхронного двигуна, зарядний блок увімкнений паралельно форсуючому конденсатору, блок керування випрямлячем виходом підключений через керуючі ключі до керуючих електродів тиристорів випрямляча, а входом через датчик потужності до датчиків напруги і струму, два граничних блоки, вхід першого граничного блока з'єднаний з виходом датчика напруги, вхід другого граничного блока з'єднаний з виходом датчика струму, виходи граничних блоків підключені до блока форсування збудження, перший вихід якого зв'язаний з керуючими ключами, а другий - з керуючим елементом комутуючого тиристора, анод комутуючого тиристора підключений до анодів випрямляча, форсуючий конденсатор зашунтований діодом, причому анод діода підключений до загальної точки форсуючого конденсатора і катода комутуючого тиристора.

Суттєвими ознаками, що збігаються з ознаками пристрою, що заявляється, є: блок форсування струму збудження, датчики струму і напруги, керуючий елемент, тиристорний випрямляч.

Недоліками даного пристрою є: зарядний блок, що ускладнює схему, конденсатор через тиристор включений послідовно з обмоткою збудження узгоджено, що унеможливорює передачу енергії від обмотки збудження до конденсатора.

Найбільш близьким аналогом є [Патент KR, № WO2012/144662, МПК H02M 7/48, 2012. Winding synchronous machine having a moving object including an inverter circuit, and method for controlling same, Sul Seung-Ki, Ha, Jung-Ik, Jung Eunsoo], що складається з обмоток синхронної машини з обмоткою збудження, яка містить коло інвертора, де обмотка синхронної машини, в тому числі синхронного двигуна або генератора, включає обмотку збудження і характеризується

тим, що містить: схему інвертора обмотки збудження, підключеного до рухомих обмоток синхронної машини; і керуючого пристрою колом обмотки збудження, підключеного до інвертора в колі обмотки збудження таким чином, щоб контролювати схему інвертора.

Контроль параметрів характеризується тим, що введені: датчик напруги статора, датчик високочастотної складової напруги кола статора; датчик струму збудження і датчик напруги накопичувача енергії.

Спільними ознаками корисної моделі та пристрою є наявність конденсатора як джерела живлення обмотки збудження, датчик струму, датчик напруги статора, датчик струму обмотки збудження, мостовий транзисторний перетворювач для підключення конденсатора до обмотки збудження.

Недоліками є: використання його для синхронних машин виконаних з ротором на постійних магнітах.

В основу корисної моделі поставлено задачу форсування чи гасіння збудження синхронного двигуна в динамічних режимах без використання резисторів, шляхом комутації періодичного підключення конденсаторного накопичувача транзисторними ключами до обмотки збудження залежно від заданого та поточного струмів збудження, забезпечити підвищення швидкості регулювання струму збудження.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому пристрої, який складається з синхронного двигуна з обмоткою збудження, з'єднаного через датчик струму з мостовим однофазним транзисторним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з накопичувальним конденсатором, згідно з корисною моделлю, додатково введено буферний дросель, тиристорний перетворювач, вихід якого з'єднаний паралельно з обмоткою збудження, вхід з'єднано з вторинною обмоткою трансформатора, первинна обмотка якого підключена до мережі, блок керування тиристорним перетворювачем, блок завдання струму збудження, перший та другий блоки порівняння, перший та другий релейні елементи, перший та другий логічні елементи, блок диференціювання та блокуючий логічний елемент, при чому вихід блока завдання струму збудження підключений до першого входу першого і другого блоків порівняння, другий вхід яких з'єднаний з виходом блока датчика струму, вихід першого блока порівняння з'єднано з входом першого релейного елемента, вихід другого блока порівняння з'єднано з входом другого релейного елемента, вихід першого релейного елемента з'єднано з другим входом першого логічного елемента, вихід другого релейного елемента з'єднано з другим входом другого логічного елемента, перші входи яких з'єднані з виходом блока диференціювання, вхід якого з'єднаний з блоком завдання струму збудження, виходи логічних елементів з'єднано з керуючими електродами транзисторів транзисторного перетворювача, перший вхід блокуючого логічного елемента з'єднаний з виходом блока завдання струму збудження, другий вхід з'єднано з виходом блока диференціювання, вихід блокуючого логічного елемента з'єднано з входом блока управління тиристорним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з керуючим входом тиристорного перетворювача.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де наведено блок-схему, на якій прийнято позначення: 1 - синхронний двигун, 2 - обмотка збудження, 3 - накопичувальний конденсатор, 4 - транзисторний перетворювач, 5 - тиристорний перетворювач, 6 - узгоджувальний трансформатор, 7 - буферний дросель, 8 - блок управління транзисторними ключами, 9 - блок управління тиристорним перетворювачем, 10 - датчик струму обмотки збудження, 11 - блок завдання струму збудження, 12 - перший блок порівняння 1, 13 - другий блок порівняння 2, 14 - перший релейний елемент 1, 15 - другий релейний елемент 2, 16 - перший логічний елемент 1, 17 - другий логічний елемент 2, 18 - блок диференціювання, 19 - блокуючий логічний елемент.

Пристрій (фіг. 1) складається з синхронного двигуна з обмоткою збудження, живлення якої здійснюється від тиристорного перетворювача, підключеного через узгоджувальний трансформатор до мережі, паралельно обмотці збудження через буферний дросель, підключений транзисторний перетворювач, вихід якого з'єднано з накопичувальним конденсатором.

Пристрій працює наступним чином.

В стаціонарному режимі живлення обмотки 2 синхронної машини 1 здійснюється від тиристорного перетворювача 5, який отримує живлення через узгоджувальний трансформатор 6 від мережі. На виході випрямляча 5 формується напруга, середнє значення якої:

$$U_5 = k_{cx} E_{2m} (1 - \cos \alpha), \quad (1)$$

де: k_{cx} - коефіцієнт схеми випрямляча, E_{2m} - максимальне значення випрямленої напруги, α - кут відкривання тиристорів.

При цьому під дією напруги випрямляча 5, активного опору обмотки збудження з урахуванням е.р.с. само- та взаємоіндукції Е, струм визначається:

$$i_f = \frac{U_5 - E}{R}. \quad (2)$$

В динамічному режимі під час зміни електричних параметрів режиму статора синхронної машини (напруга статора) або механічних параметрів режиму (момент навантаження), відповідним чином змінюється е.р.с. взаємоіндукції ротора і струм збудження:

$$i_f = \frac{U_5 - \frac{d\psi_f(t)}{dt}}{R}; \quad (3)$$

Виникає необхідність зміни струму збудження за новим законом відповідно до заданого значення струму збудження i_{f_ref} формованого блоком 11. З виходу блока 10 датчика струму збудження сигнал поточного струму збудження i_f надходить на перший вхід блока порівняння 12. На другий вхід блока 12 порівняння надходить сигнал заданого струму i_{f_ref} з виходу блока 11. В результаті порівняння на виході блока 12 формується сигнал відхилення струму $\Delta i_1 = i_{f_ref} - i_f$.

Сигнал поточного струму збудження i_f надходить на другий вхід блока 13 порівняння, на перший вхід якого надходить сигнал заданого струму i_{f_ref} з виходу блока 11. На виході блока 12 формується сигнал відхилення струму $\Delta i_2 = i_f - i_{f_ref}$.

Сигнал з виходу блока 12 надходить на вхід релейного елемента 14, на виході якого формується сигнал:

$$u_{14} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta i_1 \geq \Delta i_{ref} \\ 0, & \text{якщо } \Delta i_1 < \Delta i_{ref} \end{cases}; \quad (4)$$

Δi_{ref} - наперед задане відхилення струму, яке складає 5 % від номінального струму збудження синхронної машини 1.

Сигнал з виходу блока 13 надходить на вхід релейного елемента 15, на виході якого формується сигнал:

$$u_{15} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta i_2 \leq \Delta i_{ref} \\ 0, & \text{якщо } \Delta i_2 > \Delta i_{ref} \end{cases}; \quad (5)$$

Сигнал з виходу блока 14 надходить на другий вхід блока 16, на перший вхід якого надходить сигнал дозволу динамічного режиму u_{18} , який формується на виході блока диференціювання 18. В результаті на виході логічного блока диференціювання сигнал:

$$u_{16} = u_{14} \cup u_{18}; \quad (6)$$

Сигнал з виходу блока 15 надходить на другий вхід блока 17, на перший вхід якого надходить сигнал дозволу динамічного режиму u_{18} з виходу блока 18. В результаті на виході логічного блока 17 формується сигнал:

$$u_{17} = u_{15} \cup u_{18}; \quad (7)$$

Сигнал з виходу блока 16 передається на керуючі електроди транзисторів 4а та 4d, сигнал з виходу блока 17 передається на керуючі електроди транзисторів 4с та 4b. На вхід блока 18 диференціювання надходить сигнал заданого струму збудження i_f , на виході формується сигнал:

$$u_{18} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \frac{di_f}{dt} \neq 0 \\ 0, & \text{якщо } \frac{di_f}{dt} = 0 \end{cases}; \quad (8)$$

Завдяки цьому блок 18 забезпечує визначення статичного та динамічного струму i_f .

Таким чином блок 18 блокує роботу сигналом u_{18} блоків 16 та 17 у разі статичного режиму, що відповідає $\frac{di_f}{dt} = 0$ та дозволяє роботу у протилежному випадку. У статичному режимі, коли

струм i_f незмінний та відповідно $\frac{di_f}{dt} = 0$ вихідний сигнал блока 18, що надходить на другий

5 вхід блока 19, на перший вхід якого надходить сигнал струму i_{f_ref} і розблоковує роботу тиристорного перетворювача 5. При цьому на виході блока 19 формується сигнал:

$$u_{19} = i_{f_ref} \cdot \overline{u_{18}}; (9)$$

де $\overline{u_{18}}$ - логічна інверсія сигналу u_{18} .

10 Сигнал з виходу блока 19 надходить на вхід блока 9, який забезпечує формування кута керування тиристорним перетворювачем 5:

$$\alpha = K \cdot u_{19} \cdot \pi; (10)$$

де $K = \frac{1}{u_{19\max}}$ - коефіцієнт масштабування, $u_{19\max}$ - максимальне значення напруги з виходу блока 19.

15 Напруга конденсатора 3 вибирається з умови $U_3 = 5U_{f\text{ном}}$, де $U_{f\text{ном}}$ - номінальна напруга збудження.

На фіг. 2 наведені результати експериментальних досліджень динамічних режимів роботи пристрою. Синхронний двигун типу СДЭ2-15-34-6У2, буферний дросель 7, $L_7 = 4 \cdot 10^{-6}$ Гн,

конденсатор 3, $C_3=0,4\text{Ф}$, $U_3=180\text{В}$. Зміна струму $\frac{di_{f_ref}}{dt}$ задана на двох ділянках часу

$$t_1 = (0;0,1): \frac{di_{f_ref}}{dt} = 500 \text{ А/с, та на } t_2 = (0,1;0,2): \frac{di_{f_ref}}{dt} = -500 \text{ А/с.}$$

20 формування струму i_{f_ref} (фіг. 2а) відбувається шляхом дії блоків та зв'язків (фіг. 1), що призводить до імпульсної зміни напруги збудження U_f (фіг. 2б)

$$u_f = L_7 \frac{di_f}{dt} + u_4; (11)$$

де: u_4 - напруга транзисторного перетворювача:

$$u_4 = U_3 m; (12)$$

25 де: m - комутуюча функція.

Це призводить до розряду конденсатора 3 (фіг. 2в). Зниження напруги конденсатора може бути компенсовано його зарядом від тиристорного перетворювача 5 у статичному режимі.

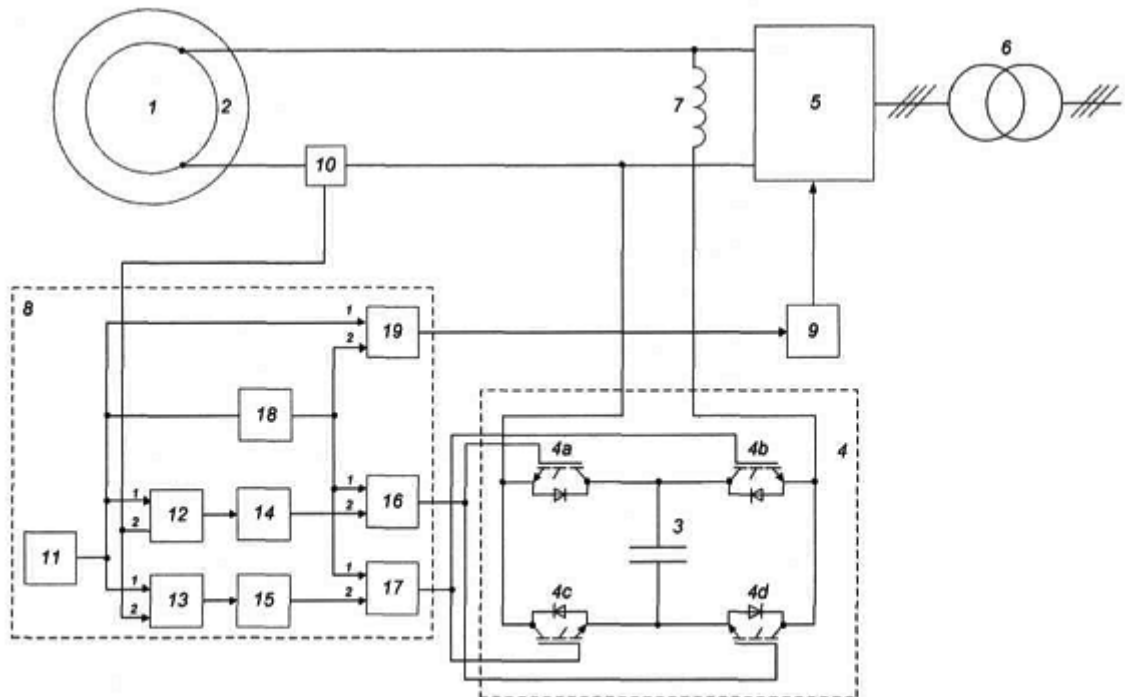
Таким чином, даний пристрій дозволяє забезпечити двосторонню передачу енергії між обмоткою збудження та конденсатором та забезпечити стабільну роботу синхронного двигуна.

30

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій регулювання збудження синхронного двигуна в динамічних режимах, що містить синхронний двигун з обмоткою збудження, з'єднаною через датчик струму з мостовим
35 однофазним транзисторним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з накопичувальним конденсатором, який **відрізняється** тим, що введено буферний дросель, тиристорний перетворювач, вихід якого з'єднаний паралельно з обмоткою збудження, вхід з'єднано з вторинною обмоткою трансформатора, первинна обмотка якого підключена до мережі, блок керування тиристорним перетворювачем, блок завдання струму збудження, перший та другий
40 блоки порівняння, перший та другий релейні елементи, перший та другий логічні елементи, блок диференціювання та блокуючий логічний елемент, при чому вихід блока завдання струму збудження підключений до першого входу першого і другого блоків порівняння, другий вхід яких

- з'єднаний з виходом блока датчика струму, вихід першого блока порівняння з'єднано з входом першого релейного елемента, вихід другого блока порівняння з'єднано з входом другого релейного елемента, вихід першого релейного елемента з'єднано з другим входом першого логічного елемента, вихід другого релейного елемента з'єднано з другим входом другого логічного елемента, перші входи яких з'єднані з виходом блока диференціювання, вхід якого з'єднаний з блоком завдання струму збудження, виходи логічних елементів з'єднані з керуючими електродами транзисторів транзисторного перетворювача, перший вхід блокуючого логічного елемента з'єднаний з виходом блока завдання струму збудження, другий вхід з'єднано з виходом блока диференціювання, вихід блокуючого логічного елемента з'єднано з входом блока управління тиристорним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з керуючим входом тиристорного перетворювача.



Фиг. 1

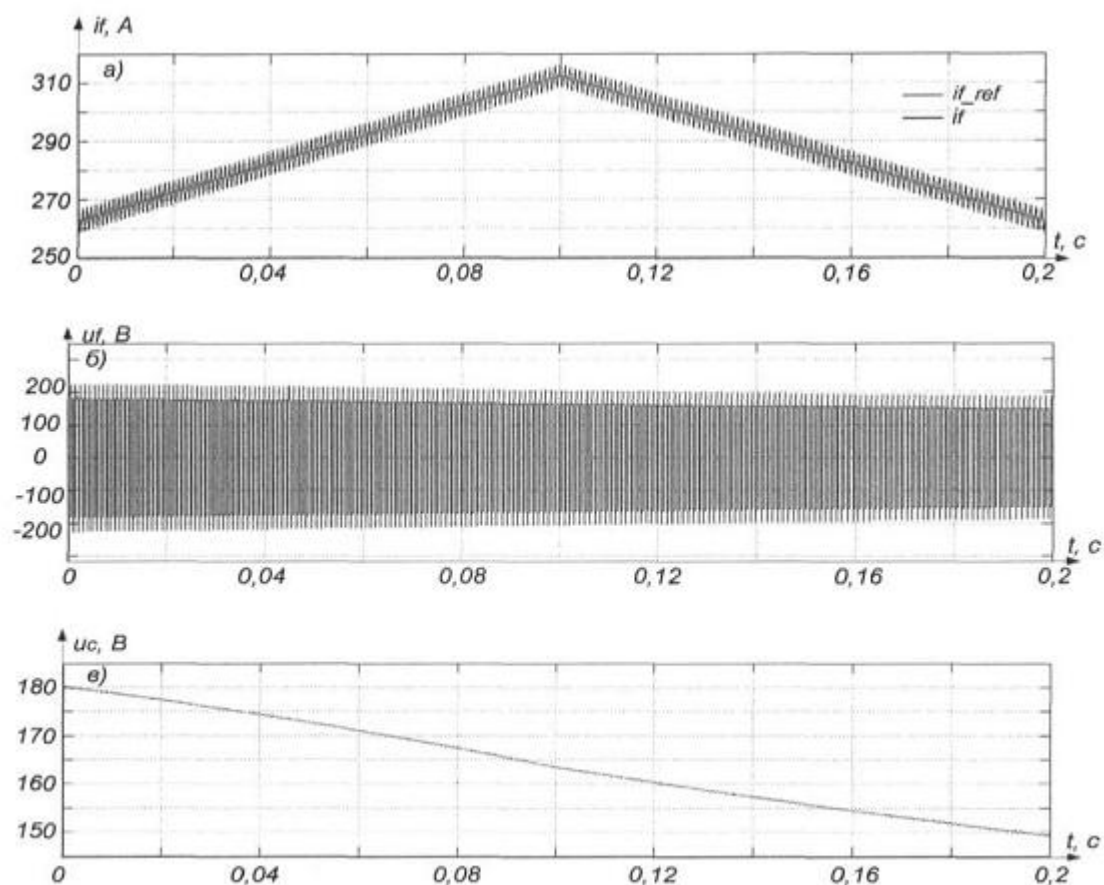


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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

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