



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111076** (13) **U**
(51) МПК

H02J 3/01 (2006.01)

G05F 1/70 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

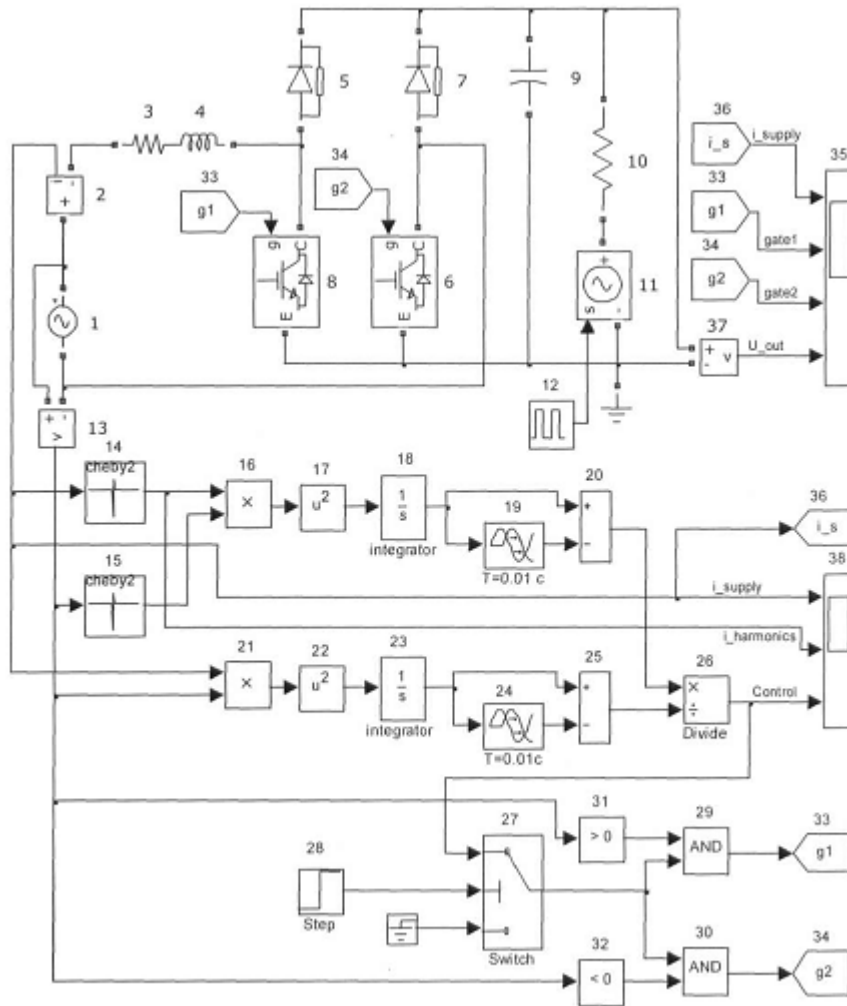
<p>(21) Номер заявки: u 2016 05611</p> <p>(22) Дата подання заявки: 24.05.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.10.2016</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2016, Бюл.№ 20</p>	<p>(72) Винахідник(и): Сокол Євген Іванович (UA), Тимченко Микола Олександрович (UA), Кривошеєв Сергій Юрійович (UA), Вержановська Марія Ростиславівна (UA), Конопльов Ігор Анатолійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</p>
--	---

(54) СПОСІБ ОСЛАБЛЕННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИХ ГАРМОНІК СПОЖИВАНОГО СТРУМУ МЕРЕЖІ

(57) Реферат:

Спосіб ослаблення високочастотних гармонік струму, споживаного від напруги мережі при імпульсному навантаженні, при якому контролюють напругу та струм і використовують ці сигнали для формування сигналу керування корегуючим пристроєм об'єкта керування, а сигнал керування синхронізують з робочими інтервалами напруги мережі. Крім цього, безперервно контролюють співвідношення сигналів: інтегрованого квадрата добутку струму та напруги, що споживаються від мережі, і в яких блокована перша гармоніка, та інтегрованого квадрата добутку сигналів струму та напруги, що споживаються від мережі, це співвідношення сигналів використовують як контрольний сигнал зворотного зв'язку з об'єктом керування.

UA 111076 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до систем контролю та керування перетворювачами напруги мережі в змінну напругу підвищеної частоти і може бути використана для поліпшення електромагнітної сумісності перетворювачів, що містять нелінійні електричні навантаження. При цьому якість електроживлення забезпечується за рахунок ослаблення високочастотних гармонік

5 струму, що спотворюють синусоїдальний струм частоти мережі.

Аналогічний спосіб ослаблення гармонік споживаного струму мережі [1] передбачає контроль напруги та струму, а сигнал керування корегуючим пристроєм формується в моменти часу, коли обчислене значення коефіцієнта несинусоїдальності перевищує нормативний рівень.

10 Недоліком цього аналогічного способу є відсутність синхронізації сигналу керування пристроєм, що корегує струм споживання від мережі, з робочими інтервалами напруги мережі.

Відомий спосіб ослаблення гармонік споживаного струму мережі [2] передбачає контроль напруги та струму, а сигнал керування корегуючим пристроєм об'єкта керування синхронізують з робочими інтервалами напруги мережі.

15 Цей спосіб є найбільш близьким до запропонованого по технічній суті і результату, що досягається, і тому обраний за найближчий аналог.

Недоліками найближчого аналогічного способу є те, що сигнал керування корегуючим пристроєм формується послідовною обробкою, за визначеними критеріями, сигналів напруги та струму, що є співмножниками для визначення потужності. При цьому способом послаблюються гармоніки низькочастотного діапазону, але не враховуються високочастотні гармоніки, робочий

20 напівперіод яких менше, ніж інтервал між моментами початку послідовної обробки сигналів напруги та струму (за теоремою Котельнікова-Шеннона). Тому точність корекції струму споживання при імпульсному навантаженні недостатня.

В основі передбачуваної корисної моделі поставлене завдання - ослаблення

25 високочастотних гармонік струму, споживаного від напруги мережі при імпульсному навантаженні, шляхом зниження сумарного коефіцієнта несинусоїдальності струму.

Це завдання виконується за рахунок того, що контролюють напругу та струм і використовують ці сигнали для формування сигналу керування корегуючим пристроєм об'єкта керування, а сигнал керування синхронізують з робочими інтервалами напруги мережі, що відрізняється тим, що безперервно контролюють співвідношення сигналів: інтегрованого

30 квадрату добутку струму та напруги, що споживаються від мережі і в яких блокувана перша гармоніка, та інтегрованого квадрату добутку сигналів струму та напруги, що споживаються від мережі, це співвідношення сигналів використовують як контрольний сигнал зворотного зв'язку з об'єктом керування.

Сутність відмінних ознак даного способу від найближчого аналогічного способу полягає в тому, що сигнал керування корегуючим пристроєм об'єкта керування формують наступним

35 чином.

Сигнали, що отримані з датчика напруги $u_s(t)$ і датчика споживаного струму мережі $i_s(t)$, несинусоїдальні та містять ряди гармонік струму і напруги. Сигнал, пропорційний квадрату добутку цих сигналів, має в своєму складі сигнал подвоєної частоти мережі з періодом

40 повторення $T=0.01c$ та однополярну форму:

$$v_s(t) = (u_s(t) \cdot i_s(t))^2 \geq 0.$$

Якщо для перших гармонік напруги та струму сигналу $v_s(t)$ виділити квадрат добутку діючих значень, то маємо співвідношення:

$$0 \leftarrow \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum_{k=2}^n (U_{sk} \cdot I_{sk})^2}{(U_{s1} \cdot I_{s1})^2 + \sum_{k=2}^n (U_{sk} \cdot I_{sk})^2} < 1, (1)$$

45 де k - номери гармонік; n - число гармонік.

Визначаємо діапазон значень співвідношення (1) - воно більше нуля, але менше одиниці для моментів часу, коли споживаний струм несинусоїдальний та містить гармоніки спотворення. Але якщо гармоніки спотворення послаблюються, то це співвідношення наближається до нуля.

50 Безпосередня реалізація співвідношення (1) потребує повного гармонічного аналізу, що веде до зростання часу на обчислення, тому для наближеної реалізації переходимо до сигналу, що змінюється в часі:

$$v_s(t) = (u_s(t) \cdot i_s(t))^2,$$

а при блокуванні сигналів перших гармонік напруги $u_{s1}(t)$, та струму $i_{s1}(t)$ частоти 50 Гц маємо сигнал:

$$v_{SA}(t) = ((u_S(t) - u_{S1}(t)) \cdot (i_S(t) - i_{S1}(t)))^2 .$$

Для реалізації сигналів $v_S(t), v_{SA}(t)$ використаємо перехід Ньютона-Лейбніца від підсумовування складових функції до інтегрування функції:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i) \Delta x_i = \int_0^{\infty} f(x) dx.$$

5 Для безперервного контролю за співвідношенням (1) використовуємо інтегрування функції $v_S(t)$. Щоб визначити значення інтеграла в момент часу $t > T$, то від поточного значення інтегратора віднімається збережена величина інтеграла за період $T=0,01$ с повторення функції $v_S(t)$:

$$\frac{1}{T} \int_{t-T}^t v_S(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^t v_S(t) dt - \frac{1}{T} \int_0^T v_S(t) dt.$$

10 Таким чином, щоб реалізувати співвідношення (1) для керування перетворювачем, використаємо наступний вираз:

$$k(t) = \frac{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t ((u_S(t) - u_1(t)) \cdot (i_S(t) - i_1(t)))^2 dt}{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t [u_S(t) \cdot i_S(t)]^2 dt} .$$

При скороченні величини $\frac{1}{T}$ маємо контрольний сигнал зворотного зв'язку з об'єктом керування, що подається в систему керування:

15

$$k(t) = \frac{\int_{t-T}^t ((u_S(t) - u_1(t)) \cdot (i_S(t) - i_1(t)))^2 dt}{\int_{t-T}^t (u_S(t) \cdot i_S(t))^2 dt} . \quad (2)$$

Технічний результат зниження сумарного коефіцієнта несинусоїдальності струму, споживаного від мережі, досягається завдяки використанню властивості співвідношення (2). При будь-якому спотворенні синусоїдальної форми сигналу значення співвідношення (2) відхиляється від нуля до одиниці, тому формування корегуючого сигналу для послаблення гармонік несинусоїдального струму виконується по значенню співвідношення (2). У випадку, коли сигнал струму є синусоїдальним, співвідношення (2) дорівнює нулю незалежно від амплітуди та частоти сигналу, що контролюється.

20

Таким чином, даний спосіб для контролю та корегування спотворення синусоїдального сигналу інваріантний до зміни моменту визначення амплітуди та фази першої гармоніки струму, що споживається перетворювачем напруги від мережі.

25

Запропонований спосіб реалізований наступним чином.

На фіг. 1 наведено функціональну схему, що реалізує запропонований спосіб ослаблення високочастотних гармонік споживаного струму мережі.

30

На фіг. 2 наведені часові діаграми: споживаний струм мережі (перша діаграма), складові споживаного струму мережі, що містять спотворюючі гармоніки (друга діаграма) та контрольний сигнал, що представляє відношення (3) сигналів (третья діаграма).

На фіг. 3 наведені часові діаграми: споживаний струм мережі (перша діаграма), сигнали керування ключами корегуючого пристрою (друга та третя діаграми) та вихідна напруга корегуючого пристрою (четверта діаграма).

35

На діаграмах фіг. 2, 3 встановлено загальний час моделювання 0,17 с, а підключення корегуючого пристрою для ослаблення високочастотних гармонік споживаного струму встановлено через 0,055 с з початку моделювання.

До змінної напруги живлення частоти мережі 1 (фіг. 1) через датчик 2 споживаного струму, резистор 3, індуктивність 4 підключені діагональні ключові елементи 5, 6, а також 7, 8 мостової схеми корегуючого пристрою. Вихід мостової схеми з однополярною напругою подано до конденсатора 9, до якого через резистор 10 підключений перетворювач напруги 11, що керується високочастотним генератором 12.

40

Вихідні сигнали датчика 13 напруги мережі 1 та датчика 2 споживаного струму подані в канал формування контрольного сигналу, цей канал складається з фільтра 14, що блокує першу гармоніку струму, з фільтра 15, що блокує першу гармоніку напруги, виходи фільтрів 14, 15

45

через аналоговий помножувач 16, блок 17 піднесення в квадрат, підключені до інтегратора 18. Вихід блока 18 через блок 19 затримки на час $T=0,01$ с підключений до від'ємного входу аналогового суматора 20, а до підсумовуючого входу блока 20 підключений вихід блока 18.

5 Вихідні сигнали датчика 13 напруги мережі 1 та датчика 2 споживаного струму через аналоговий помножувач 21, блок 22 піднесення в квадрат, підключені до інтегратора 23. Вихід блока 23 через блок 24 затримки на час $T=0,01$ с підключений до від'ємного входу аналогового суматора 25, а до підсумовуючого входу блока 25 підключений вихід блока 23. Виходи блоків 20, 25 підключені до входів блока 26 як сигнали діленого і дільника.

10 Вихід блока 26 аналогового ділення сигналів поданий в перемикач 27, що керується блоком 28, а вихід блока 27 подано до блоків 29, 30 типу AND. Сигнал датчика 13 напруги мережі через блоки 31, 32 порівняння, що визначають робочі інтервали напруги мережі, подані, відповідно, до входів блоків 29, 30. Вихід блока 29 через драйвер 33 підключений до керованого ключового елемента 8 типу IGBT. Вихід блока 30 через драйвер 34 підключений до керованого ключового елемента 6 типу IGBT.

15 На чотири входи осцилографа 35 подані: через вхід 36 сигнал: датчика 2 струму; сигнали керування 33, 34; сигнал: датчика 37 вихідної напруги корегуючого пристрою. На три входи осцилографа 38 подані: через вхід 36 сигнал: датчика 2 струму; сигнал з виходу фільтра 14; контрольний сигнал з виходу блока 26.

20 Запропонований спосіб у порівнянні із способом-прототипом має наступні відмінності й переваги. У пристрої, що реалізує спосіб - прототип, сигнал керування корегуючим пристроєм синхронізують з робочими інтервалами напруги мережі, але за рахунок послідовної обробки сигналів напруги та струму послаблюються гармоніки, переважно, низькочастотного діапазону.

25 Запропонований спосіб має ефективність за рахунок того, що канал формування контрольного сигналу складається з фільтра 14, що блокує першу гармоніку струму; з фільтра 15, що блокує першу гармоніку напруги, виходи фільтрів 14, 15 через помножувач 16 та блок 17 підключені до інтегратора 18. Вихід блока 18 через блок 19 затримки на час $T=0,01$ с підключений до від'ємного входу суматора 20, а до підсумовуючого входу блока 20 підключений вихід блока 18. Вихідні сигнали датчика 13 напруги 1 та датчика 2 струму через помножувач 21 та блок 22 підключені до інтегратора 23. Вихід блока 23 через блок 24 затримки на час $T=0,01$ с підключений до від'ємного входу аналогового суматора 25, а до підсумовуючого входу блока 25 підключений вихід блока 23. Виходи блоків 20, 25 подані до входів блока 26 аналогового ділення сигналів, а його вихід поданий як контрольний сигнал на формування сигналу керування корегуючим пристроєм.

35 Ефективність пристрою, що реалізує запропонований спосіб, пояснюють перша та друга діаграми на фіг. 2. Ослаблення гармонік спотворення відбувається протягом 5...6 періодів частоти мережі, а після корекції сумарний коефіцієнт спотворення синусоїдальної форми струму (ТНД) знижується до десятих часток процента.

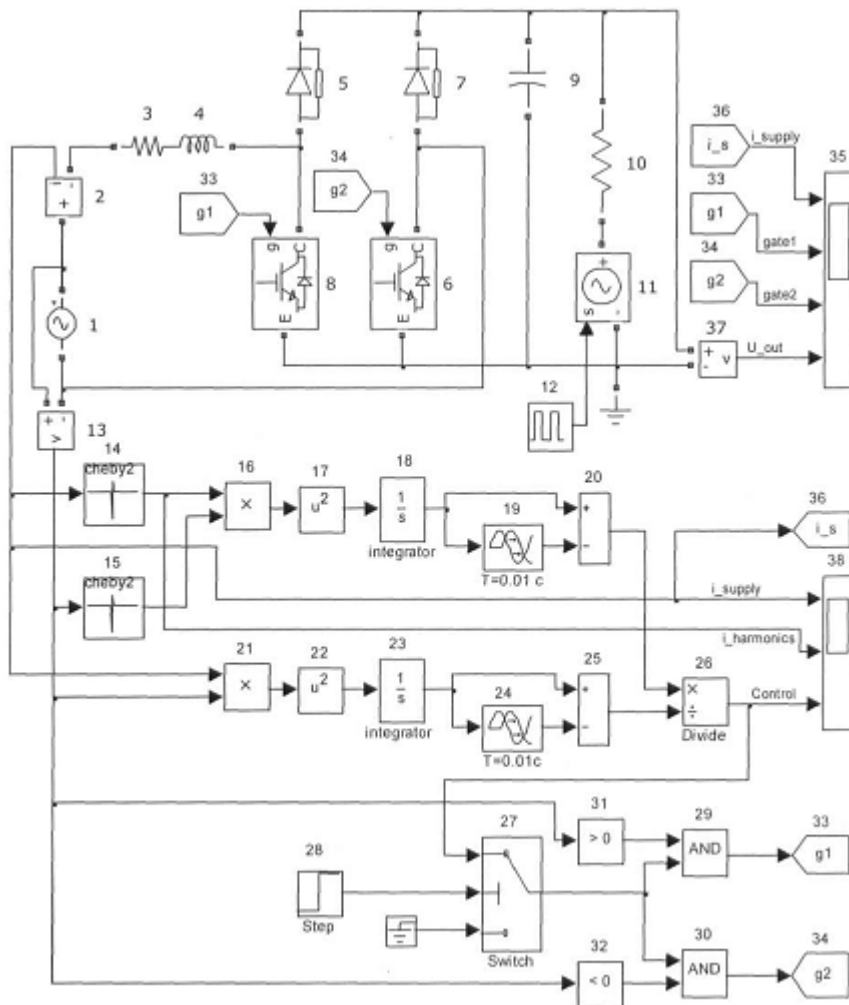
Джерела інформації:

40 1. Патент RU № 2262174, МПК H02J 3/01, H02M 1/00. Способ активного контроля уровня несинусоидальности напряжения и тока /Большанин Г.А. Опубл. 10.10.2005.

2. Патент RU № 2525837, МПК G05F 1/70, H02M1/42, H02J 3/18. Способ и система управления безмостовым корректором коэффициента мощности с помощью цифрового сигнального процессора / Овчинников Д.А., Куимов Д.А. Опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23.

45 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб ослаблення високочастотних гармонік струму, споживаного від напруги мережі при імпульсному навантаженні, при якому контролюють напругу та струм і використовують ці сигнали для формування сигналу керування корегуючим пристроєм об'єкта керування, а сигнал керування синхронізують з робочими інтервалами напруги мережі, який **відрізняється** тим, що безперервно контролюють співвідношення сигналів: інтегрованого квадрата добутку струму та напруги, що споживаються від мережі, і в яких блокувана перша гармоніка, та інтегрованого квадрата добутку сигналів струму та напруги, що споживаються від мережі, це співвідношення сигналів використовують як контрольний сигнал зворотного зв'язку з об'єктом керування.



Фиг. 1

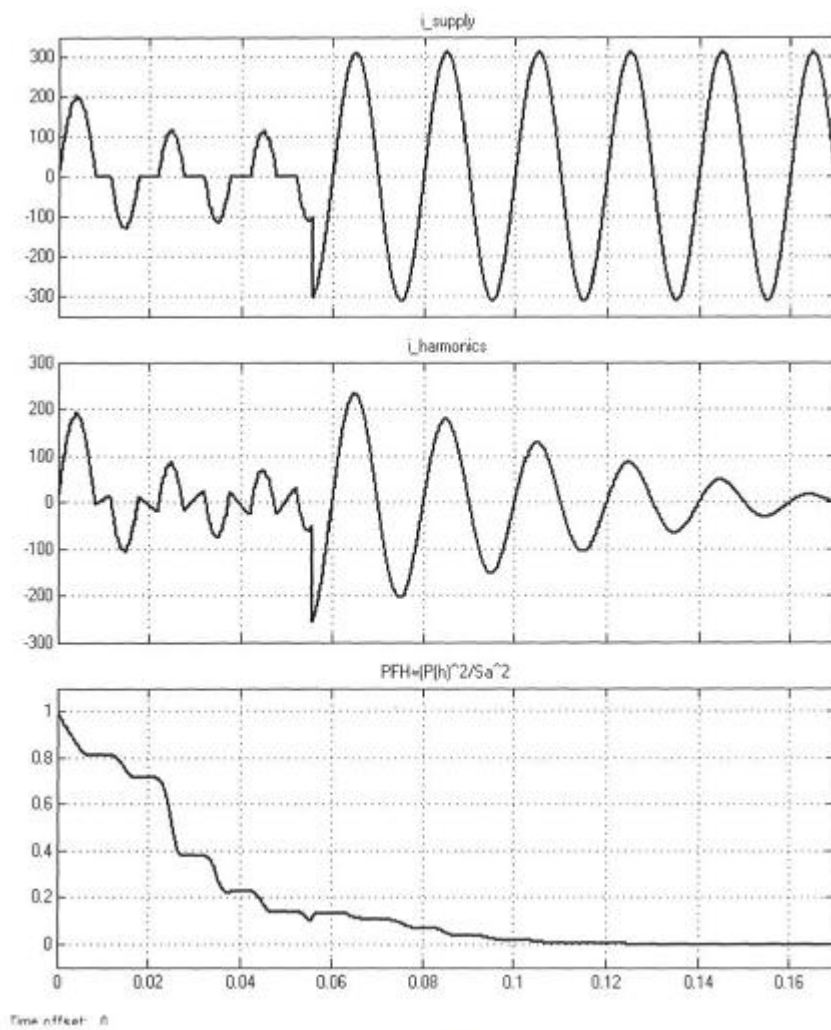
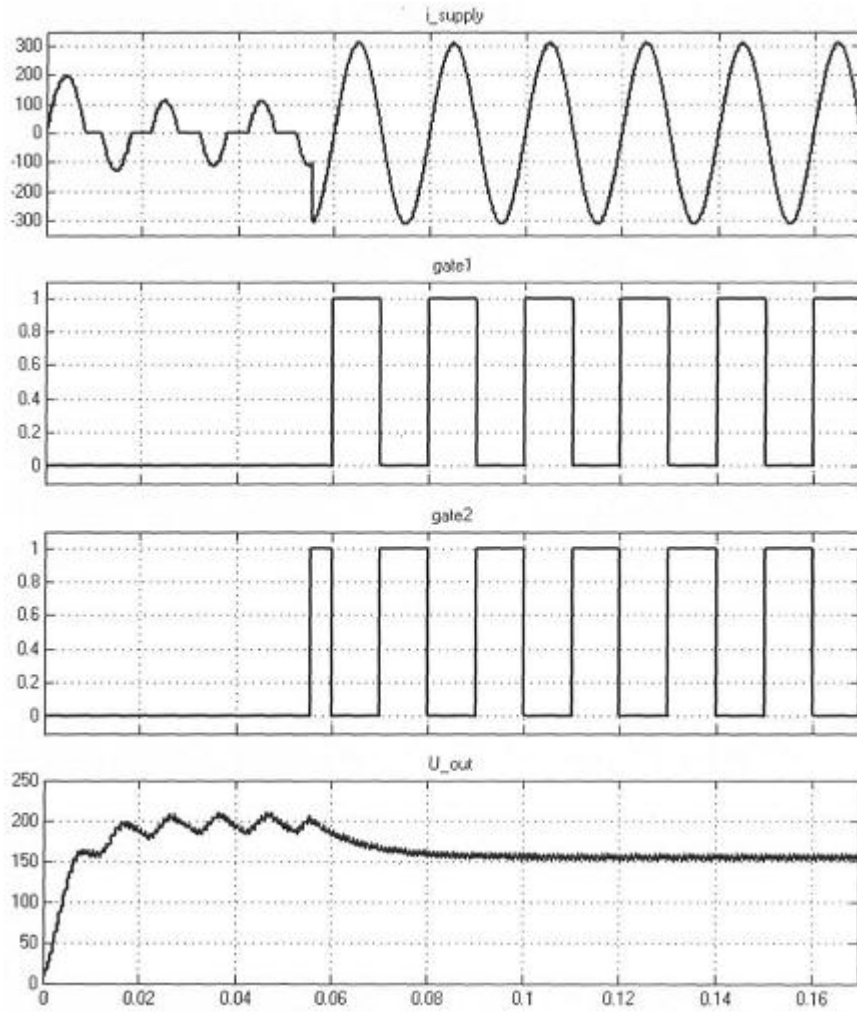


Fig. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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