



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 94242

(13) U

(51) МПК

H02M 5/02 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2014 03841**

(22) Дата подання заявки: **11.04.2014**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.11.2014**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.11.2014, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):

Самчелєєв Юрій Павлович (UA),

Дрючин Віктор Гаврилович (UA),

Бєлоха Галина Сергіївна (UA),

Бакаєв Олег Вікторович (UA)

(73) Власник(и):

**ДОНБАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,**

**пр. Леніна, 16, м. Алчевськ, Луганська обл.,
94204 (UA)**

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ СТРУМУ

(57) Реферат:

Перетворювач частоти струму, до складу якого входять трифазний мостовий перетворювач, виконаний на IGBT-транзисторах, конденсатори, датчики напруги, датчики струму, дросель, три активно-індуктивних навантаження, суматори, блок завдання, релейні елементи, підсилювачі-формувачі, логічні елементи НІ, блок перемноження, фази навантаження та затискачі.

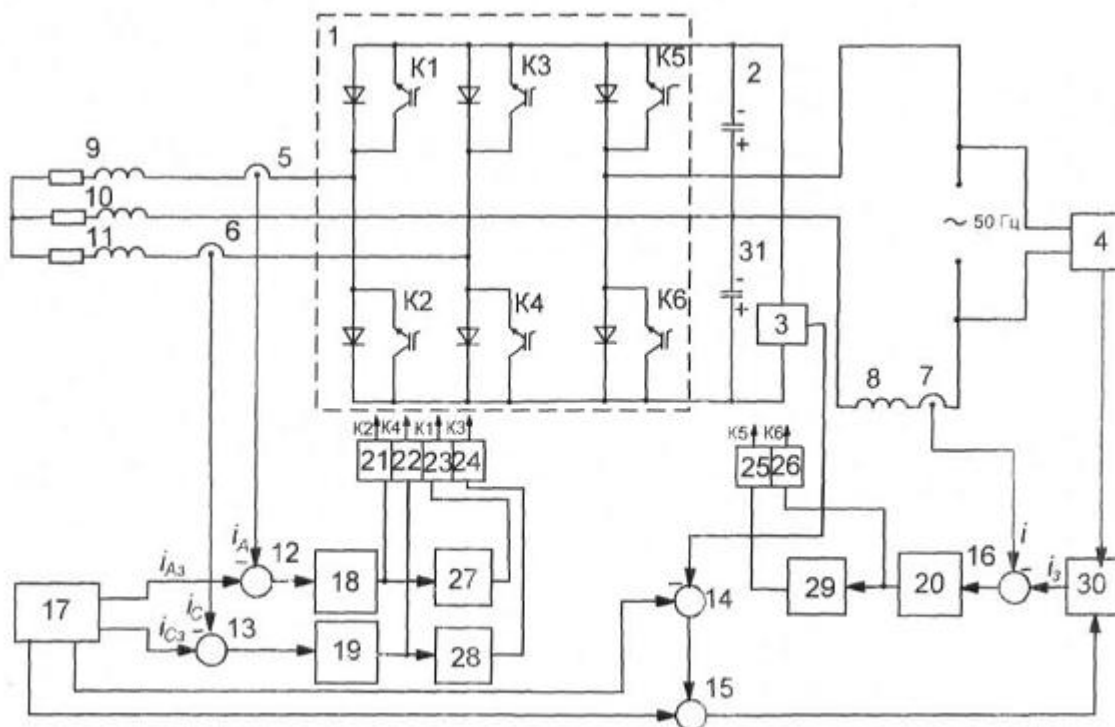


Fig. 1

UA 94242 U

Корисна модель належить до електротехніки і може бути використана для живлення споживачів, що потребують регулювання частоти струму.

Відомий перетворювач частоти, до складу якого входять трифазний мостовий перетворювач, виконаний на IGBT-транзисторах, конденсатор і датчик його напруги, які з'єднані паралельно і підключені до виходу трифазного мостового перетворювача, перший, другий і третій дроселі, перший, другий і третій датчики струму, трифазний вимикач, при цьому виводи змінного струму трифазного мостового перетворювача через відповідні ланцюжки з послідовно з'єднаними дроселями і датчиками струму і трифазний вимикач підключені до відповідних виводів трифазного навантаження, перший, другий і третій суматори, віднімаючі входи яких приєднані до виходів відповідних датчиків струму, перший, другий і третій релейні елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідних суматорів, шість блоків перемножування, четвертий, п'ятий і шостий релейні елементи, четвертий і п'ятий суматори, блок ділення, датчик амплітуди напруги, при цьому віднімаючий вхід четвертого суматора з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора, а його вихід підключений до першого входу п'ятого суматора, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока ділення, вихід п'ятого суматора підключений до перших входів першого, другого і третього блоків перемножування, дванадцять підсилювачів-формувань, четвертий дросель і четвертий датчик струму [Патент на винахід UA № 66191, МПК (2006) H02M5/02, Бюл. № 7, 2007 р.].

Недоліком відомого перетворювача частоти є складність, що обумовлена наявністю трьох трифазних мостових перетворювачів з системами керування, які реалізують складний алгоритм керування перетворювача в цілому, а також низька електромагнітна сумісність перетворювача з живильною мережею.

Найбільш близьким за технічним рішенням є перетворювач частоти, що містить трифазний мостовий перетворювач, виконаний на IGBT-транзисторах, конденсатор і датчик його напруги, які з'єднані паралельно і підключені до виходу трифазного мостового перетворювача, перший, другий і третій дроселі, перший, другий і третій датчики струму, трифазний вимикач, при цьому виводи змінного струму трифазного мостового перетворювача через відповідні ланцюжки з послідовно з'єднаними дроселями і датчиками струму і трифазний вимикач підключені до відповідних виводів трифазного навантаження, перший, другий і третій суматори, віднімаючі входи яких приєднані до виходів відповідних датчиків струму, перший, другий і третій релейні елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідних суматорів, шість блоків перемножування, четвертий, п'ятий і шостий релейні елементи, четвертий і п'ятий суматори, блок ділення, датчик амплітуди напруги, при цьому віднімаючий вхід четвертого суматора з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора, а його вихід підключений до першого входу п'ятого суматора, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока ділення, вихід п'ятого суматора підключений до перших входів першого, другого і третього блоків перемножування, дванадцять підсилювачів-формувань, четвертий дросель і четвертий датчик струму, блок завдання, синхронізатор і генератор каліброваних сигналів, шостий, сьомий, восьмий і дев'ятий суматори, п'ятий і шостий дроселі, п'ятий і шостий датчики струму, три датчики фазної напруги навантаження, шість логічних елементів НІ, другий трифазний мостовий перетворювач, виконаний на IGBT-транзисторах, відповідні виходи якого через ланцюжки послідовно з'єднаних відповідно четвертого дроселя і четвертого датчика струму, п'ятого дроселя і п'ятого датчика струму, шостого дроселя і шостого датчика струму підключені до відповідних виводів трифазної мережі живлення, а вихід другого мостового перетворювача з'єднаний паралельно з конденсатором, при цьому до виводів трифазної мережі живлення підключені також відповідні входи датчика амплітуди напруги мережі та відповідні входи синхронізатора, виходи якого з'єднані з виходами генератора каліброваних сигналів, а вихід датчика амплітуди напруги мережі підключений до другого входу блока ділення, при цьому виходи генератора каліброваних сигналів з'єднані з другими входами відповідно першого, другого і третього блоків перемножування, виходи яких приєднані до підсумовуючих входів відповідно шостого, сьомого і восьмого суматорів, віднімаючі входи яких підключені до виходів відповідно четвертого, п'ятого і шостого датчиків струму, а виходи шостого, сьомого і восьмого суматорів з'єднані з входами відповідно четвертого, п'ятого і шостого релейних елементів, виходи яких через перший, другий і третій підсилювачі-формувачі з'єднані із затворами IGBT-транзисторів анодної групи другого мостового перетворювача, а затвори IGBT-транзисторів катодної групи цього мостового перетворювача через четвертий, п'ятий і шостий підсилювачі-формувачі і перший, другий, третій логічні елементи НІ приєднані також до виходів четвертого, п'ятого і шостого релейних елементів відповідно, при цьому три датчики фазної напруги навантаження підключено паралельно фазам навантаження, а виходи їх з'єднані з першими входами четвертого, п'ятого і шостого блоків перемножування відповідно, другі входи яких підключені до виходів першого,

другого і третього датчиків струму, а виходи четвертого, п'ятого і шостого блоків перемножування підключені до відповідних входів дев'ятого суматора, вхід якого з'єднаний з першим входом блока ділення, крім того, перший вихід блока завдання з'єднаний з підсумовуючим входом четвертого суматора, а другий, третій і четвертий його виходи приєднані відповідно до підсумовуючих входів першого, другого і третього суматорів, при цьому виходи першого, другого і третього релейних елементів через сьомий, восьмий і дев'ятий підсилювачі-формувачі з'єднанні із затворами IGBT-транзисторів катодної групи першого мостового перетворювача, затвори IGBT-транзисторів анодної групи якого підключені до виходів першого, другого і третього релейних елементів через десятий, одинадцятий, дванадцятий підсилювачі-формувачі і четвертий, п'ятий і шостий логічні елементи HI відповідно [Патент на винахід UA № 66076, МПК (2006) H02M5/02, Бюл. № 24, 2011 р.].

Недоліком відомого перетворювача частоти є складність, що обумовлена наявністю двох трифазних мостових перетворювачів і відповідно збільшеної кількості допоміжних датчиків напруги та струму, релейних і логічних елементів.

В основу корисної моделі поставлена задача спрощення перетворювача частоти, що досягається зменшенням вдвічі кількості силових транзисторів, включенням другого конденсатора, а також спрощенням системи керування.

Поставлена задача вирішується тим, що перетворювач частоти, до складу якого входять трифазний мостовий перетворювач, виконаний на IGBT-транзисторах, конденсатор, два датчики напруги, перший із яких підключено до виходу трифазного мостового перетворювача, а другий - до однофазної мережі змінної напруги, три датчики струму, дросель, три активно-індуктивних навантаження, з'єднаних зіркою (наприклад обмотки статора асинхронного двигуна), дві фази яких через датчики струму з'єднані з двома входами трифазного мостового перетворювача, п'ять суматорів, віднімаючі входи першого і другого суматорів з'єднані з виходами першого та другого датчиків струму відповідно, блок завдання, перший та другий виходи якого підключені до підсумовуючих входів відповідно першого та другого суматорів, а третій і четвертий виходи - до підсумовуючих входів третього та четвертого суматорів, три релейних елементи, при цьому входи першого та другого релейних елементів з'єднані з виходами першого та другого суматорів відповідно, шість підсилювачів-формуваців, входи першого та другого з'єднані з виходами першого та другого релейних елементів, а виходи - з затворами транзисторів катодної групи першої та другої фаз мостового перетворювача, три логічних елементи HI, входи першого та другого з'єднані з виходами першого та другого релейних елементів, а виходи - з входами третього та четвертого підсилювачів-формуваців, а виходи яких з затворами транзисторів анодної групи першої та другої фаз мостового перетворювача, послідовно з'єднані дросель і третій датчик струму, вільний затискач якого з'єднаний з першими затискачами мережі та другого датчика напруги, вихід третього датчика струму підключено до віднімаючого входу п'ятого суматора, блок перемноження, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого датчика напруги, а другий вхід - з виходом четвертого суматора, вихід блока перемноження з'єднаний з підсумовуючим входом п'ятого суматора, вихід якого з'єднаний з входом третього релейного елемента, вихід якого з'єднаний з входом шостого підсилювача-формувача, а вхід п'ятого підсилювача-формувача з виходом третього логічного елемента, вхід якого з'єднаний з виходом третього релейного елемента, а виходи п'ятого та шостого підсилювачів-формуваців з'єднані з затворами транзисторів катодної і анодної груп третьої фази мостового перетворювача відповідно, згідно з корисною моделлю, додатково введено другий конденсатор, з'єднаний послідовно з першим конденсатором, точка з'єднання яких підключена до третьої фази навантаження і до дроселя, а третій вхід трифазного мостового перетворювача з'єднаний з другими затискачами мережі та другого датчика напруги.

На фіг. 1 представлена схема запропонованого перетворювача частоти струму.

На фіг. 2 наведено результати моделювання: а) в режимі рівності частоти

струмів мережі та навантаженнях $f_n = f_c$, б) в режимі $f_n > f_c$, в) в режимі $f_n < f_c$.

На фіг. 3 наведена реакція перетворювача частоти на змінення величини напруги мережі.

Перетворювач частоти, до складу якого входять трифазний мостовий перетворювач 1, виконаний на IGBT-транзисторах, конденсатор 2, два датчики напруги, перший 3 із яких підключено до виходу трифазного мостового перетворювача, а другий 4 - до однофазної мережі змінної напруги, три датчики струму 5, 6, 7, дросель 8, три активно-індуктивних навантаження з'єднаних зіркою 9, 10, 11 (наприклад обмотки статора асинхронного двигуна), дві фази яких через датчики струму 5, 6 з'єднані з двома входами трифазного мостового перетворювача 1, п'ять суматорів 12, 13, 14, 15, 16, віднімаючі входи першого 12 і другого 13 суматорів з'єднані з виходами першого 5 та другого 6 датчиків струму відповідно, блок завдання 17, перший та другий виходи якого підключені до підсумовуючих входів відповідно першого 12 та другого 13

суматорів, а третій і четвертий виходи - до підсумовуючих входів третього 14 та четвертого 15 суматорів, три релейних елементи 18, 19, 20, при цьому входи першого 18 та другого 19 релейних елементів з'єднані з виходами першого 12 та другого 13 суматорів відповідно, шість підсилювачів-формуваців 21, 22, 23, 24, 25, 26, входи першого 21 та другого 22 з'єднані з виходами першого 18 та другого 19 релейних елементів, а входи - з затворами транзисторів катодної групи першої та другої фаз мостового перетворювача, три логічних елементи НІ 27, 28, 29, входи першого 27 та другого 28 з'єднані з виходами першого 18 та другого 19 релейних елементів, а входи - з входами третього 23 та четвертого 24 підсилювачів формуваців, а входи яких з затворами транзисторів анодної групи першої та другої фаз мостового перетворювача 1, послідовно з'єднані дросель 8 і третій датчик струму 7, вільний затискач якого з'єднаний з першими затискачами мережі та другого 4 датчика напруги, вихід третього 7 датчика струму підключено до віднімаючого входу п'ятого 16 суматора, блок перемноження 30, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого 4 датчика напруги, а другий вхід - з виходом четвертого 15 суматора, вихід блока перемноження з'єднаний з підсумовуючим входом п'ятого 16 суматора, вихід якого з'єднаний з входом третього 20 релейного елемента, вихід якого з'єднаний з входом шостого 26 підсилювача-формувача, а вхід п'ятого 25 підсилювача-формувача з виходом третього 29 логічного елемента, вхід якого з'єднаний з виходом третього 20 релейного елемента, а входи п'ятого 25 та шостого 26 підсилювачів-формуваців з'єднані з затворами транзисторів катодної і анодної груп третьої фази мостового перетворювача відповідно, другий 31 конденсатор з'єднаний послідовно з першим конденсатором, точка з'єднання яких підключена до третьої фази навантаження і до дроселя 8, а третій вхід трифазного мостового перетворювача з'єднаний з другими затискачами мережі та другого 4 датчика напруги.

Перетворювач частоти працює таким чином. При підключенні перетворювача частоти до напруги однофазної мережі відбувається зарядка конденсаторів 2 і 31 через дросель 8 і зворотні діоди транзисторів К5 і К6 перетворювача 1 до напруги, що перевищує амплітудне значення напруги мережі $U_{C1}=U_{C2}>U_m$ (необхідна умова для відслідковування струмом мережі струму завдання i_3). Процес формування струму завдання i_3 відбувається таким чином. З датчика напруги мережі 4 на перший вхід блока перемноження 30 надходить одиничний синусоїдальний сигнал синфазний з напругою мережі. На другий вхід блока 30 надходить сигнал з виходу суматора 15. Який відповідає амплітудному значенню I_{m3} синусоїдального струму i_3 . Цей сигнал формується з двох складових: сигналу $I_{mн}$ з блока завдання 17 і сигналу з суматора 14, на віднімаючий вхід якого надходить сигнал з виходу датчика напруги 8, а на підсумовуючий - сигнал з виходу блока 17 (сигнал завдання U_{C3} напруги конденсаторів 2 і 31). Сигнал з виходу суматора 14 здійснює корегування амплітуди I_{m3} в залежності від знака $\Delta U_C=U_{C3}-(U_{C1}+U_{C2})$. Тобто цей сигнал забезпечує таке значення I_{m3} , при якому виконується рівність потужності, що споживається з мережі та потужності навантаження P_n .

Сигнал $i_3=I_{m3} \sin \omega t$ з виходу блока 30 надходить на підсумовуючий вхід суматора 16, на віднімаючий вхід якого надходить сигнал пропорційний дійсному струму мережі з виходу датчика струму 7 мережі. Сигнал $\Delta i=i_3-i$ з виходу суматора 16 надходить на вхід релейного елемента 20, вихід якого через підсилювач-формувач 26 підключено до затвору транзистора К6 і через елемент "НІ" 29 і підсилювач-формувач 25 до затвору транзистора К5.

Відпрацювання струму завдання i_3 відбувається таким чином. Розглянемо, наприклад, інтервал, коли $i_3>0$, $\Delta i>a$, де $2a$ - ширина петлі гістерезису релейного елемента 20.

На виході релейного елемента 20 з'явиться "одиниця", а на виході логічного елемента 29 "нуль". Сигнал "одиниця" через підсилювач-формувач 26 відкриє транзистор К6. При цьому напруга на конденсаторі 31 включається згідно з напругою мережі, що призведе до зростання струму i . Як тільки $\Delta i=-a$, релейний елемент 20 перемикається, транзистор К6 закривається. При цьому через зворотній діод транзистора К5 напруга конденсатора 2 включається зустрічно напрузі мережі, що призведе до зменшення струму мережі. В подальшому процес відпрацювання позитивної півхвилі струму i_3 буде повторюватися. Аналогічно буде відпрацьовуватися негативна півхвиля струму i_3 ($i_3<0$). Відмінність полягатиме в тому, що згідне включення напруг мережі і конденсатора 2 буде забезпечувати транзистор К5, а зустрічне включення напруг мережі і конденсатора 31 буде здійснюватися через зворотний діод транзистора К6.

Таким чином, включення згідно-зустрічно напруг на конденсаторах 2 і 31 відносно напруги мережі завдяки перемиканню транзисторів К5 і К6 забезпечує відпрацювання струму завдання i_3 з похибкою в межах ширини петлі гістерезису релейного елемента 20 ($-a\leq\Delta i\leq a$).

При подачі з третього та четвертого виходів блока 17 сигналів пропорційних струмам в навантаженнях заданої амплітуди і частоти $\left(i_{A3} = I_{mH} \sin \omega_1 t, i_{C3} = I_{mH} \sin \left(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3} \right) \right)$ на підсумовуючі входи суматорів 12 і 13, відбувається відпрацювання заданих струмів в навантаженнях 9, 10, 11.

5 Відпрацювання фазних струмів i_{A3} , i_{C3} в фазах А і С відбувається аналогічно алгоритму розглянутому вище. Струм в фазі В визначається як $i_B = -(i_A + i_C)$.

Розглянемо інтервал, наприклад, коли $i_{A3} > 0$ і $i_{C3} > 0$. Сигнали, що надходять з блока 17 на суматори 12 і 13, порівнюються з сигналами, що надходять з виходів датчиків 5 і 6 фазних струмів навантаження 9 і 11. На виході суматорів 12, 13 будуть сигнали $\Delta i_A = i_{A3} - i_A$, $\Delta i_C = i_{C3} - i_C$. Якщо $\Delta i_A > b$, $\Delta i_C > b$ ($2b$ - ширина петлі гістерезису релейних елементів 18 і 19), то на виходах релейних елементів 18 і 19 будуть "одиниці". Внаслідок цього через підсилювачі-формувачі 21 і 22 відкриваються транзистори К2 і К4 перетворювача 1. Напруга конденсатора 31 включається згідно з струмами в фазах А і С, що призведе до зростання струмів i_A , i_C . Як тільки $\Delta i_A = -b$, $\Delta i_C = -b$ релейні елементи 18 і 19 перемикаються і транзистори К2, К4 закриваються, напруга конденсатора 31 відключається від навантажень 9, 10, 11. При цьому через зворотні діоди транзисторів К1 і К3 і конденсатор 2 буде забезпечено замикання ЕРС самоіндукції навантажень 9, 10, 11 що призведе до зменшення струмів в навантаженнях (напруга на конденсаторі 2 зустрічно ЕРС самоіндукції). В подальшому процеси повторюються. Аналогічні процеси будуть відбуватися і на других часових інтервалах періоду синусоїдальних струмів в фазах навантаження. Відмінність полягає лише в тому, що на позитивній півхвилі працюють транзистори К2 і К4 та конденсатор 31 (згідне включення і зворотні діоди транзисторів К1, К3, конденсатор 2 (зустрічне включення). На негативній півхвилі струмів працюють транзистори К1, К3, конденсатор 2 (згідне включення) і зворотні діоди транзисторів К2, К4, конденсатор 31 (зустрічне включення).

25 Таким чином, наведені осцилограми підтверджують працездатність запропонованого перетворювача частоти струму, його нечутливості до дії збурень і високий ступінь електромагнітної сумісності з мережею ($\cos \phi = 1$, коефіцієнт потужності близький до одиниці, $\chi \approx 1$), при значно спрощених силовій частини та системи керування.

30 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Перетворювач частоти струму, до складу якого входять трифазний мостовий перетворювач, виконаний на IGBT-транзисторах, конденсатор, два датчики напруги, перший із яких підключено до виходу трифазного мостового перетворювача, а другий - до однофазної мережі змінної напруги, три датчики струму, дросель, три активно-індуктивних навантаження, з'єднаних зіркою (наприклад обмотки статора асинхронного двигуна), дві фази яких через датчики струму з'єднані з двома входами трифазного мостового перетворювача, п'ять суматорів, віднімаючи входи першого і другого суматорів з'єднані з виходами першого та другого датчиків струму відповідно, блок завдання, перший та другий виходи якого підключені до підсумовуючих входів відповідно першого та другого суматорів, а третій і четвертий виходи - до підсумовуючих входів третього та четвертого суматорів, три релейних елемента, при цьому входи першого та другого релейних елементів з'єднані з виходами першого та другого суматорів відповідно, шість підсилювачів-формуваців, входи першого та другого з'єднані з виходами першого та другого релейних елементів, а виходи - з затворами транзисторів катодної групи першої та другої фаз мостового перетворювача, три логічних елементи НІ, входи першого та другого з'єднані з виходами першого та другого релейних елементів, а виходи - з входами третього та четвертого підсилювачів-формуваців, а виходи яких з затворами транзисторів анодної групи першої та другої фаз мостового перетворювача, послідовно з'єднані дросель і третій датчик струму, вільний затискач якого з'єднаний з першими затискачами мережі та другого датчика напруги, вихід третього датчика струму підключено до віднімаючого входу п'ятого суматора, блок перемноження, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого датчика напруги, а другий вхід - з виходом четвертого суматора, вихід блока перемноження з'єднаний з підсумовуючим входом п'ятого суматора, вихід якого з'єднаний з входом третього релейного елемента, вихід якого з'єднаний з входом шостого підсилювача-формувача, а вхід п'ятого підсилювача-формувача з виходом третього логічного елемента, вхід якого з'єднаний з виходом третього релейного елемента, а виходи п'ятого та шостого підсилювачів-формуваців з'єднані з затворами транзисторів катодної і анодної груп третьої фази мостового перетворювача відповідно, який відрізняється тим, що додатково введено другий конденсатор, з'єднаний послідовно з першим

конденсатором, точка з'єднання яких підключена до третьої фази навантаження і до дроселя, а третій вхід трифазного мостового перетворювача з'єднаний з другими затискачами мережі та другого датчика напруги.

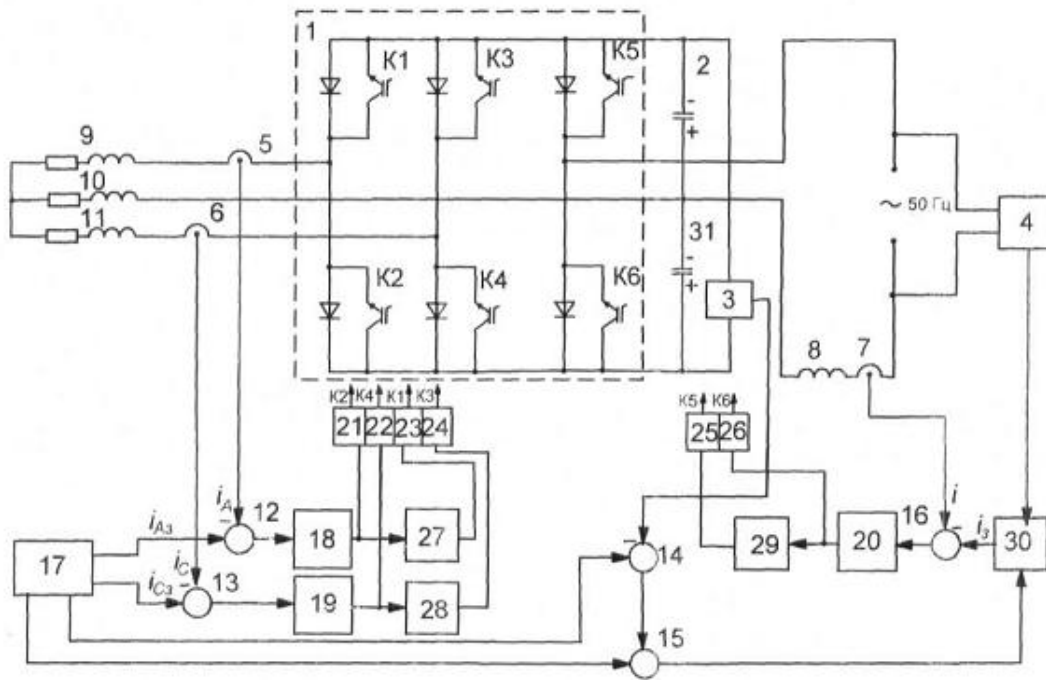
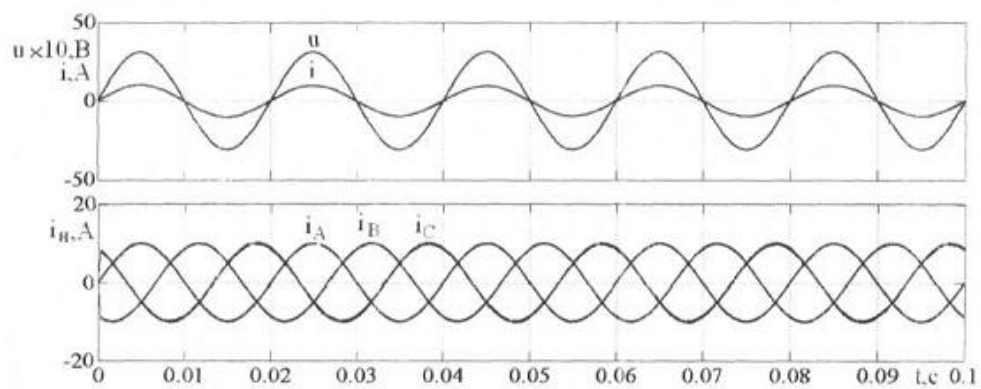
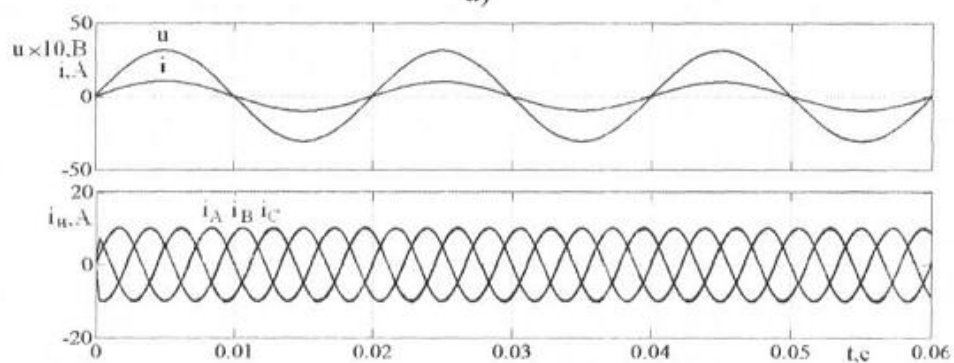


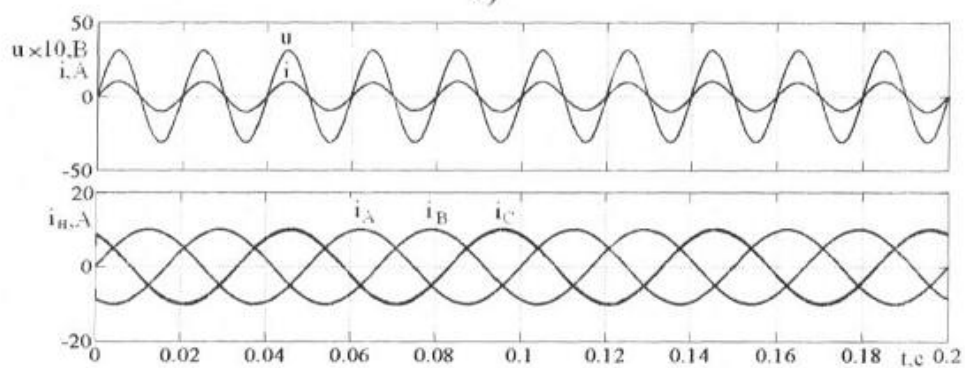
Fig. 1



a)

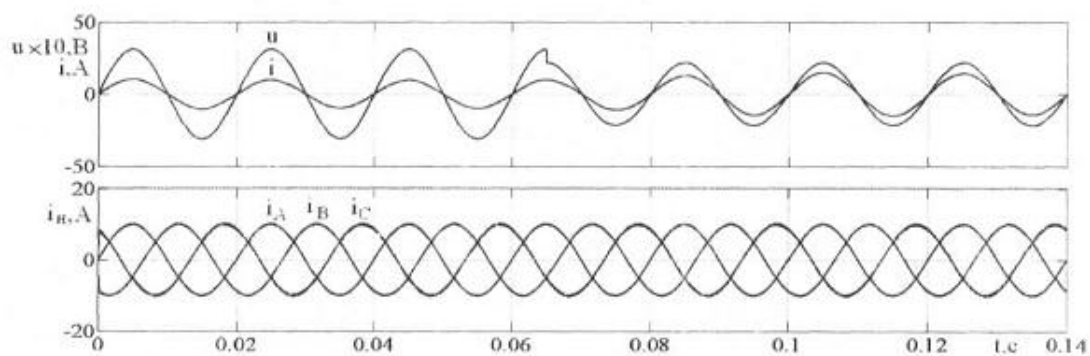


б)



B)

Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

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