



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **87224** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
H02M 7/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 10643	(72) Винахідник(и): Бєлоха Галина Сергіївна (UA), Дрючин Віктор Гаврилович (UA), Самчелєєв Юрій Павлович (UA), Шевченко Іван Степанович (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.09.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.01.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.01.2014, Бюл.№ 2	(73) Власник(и): ДОНБАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Леніна, 16, м. Алчевськ, Луганська обл., 94204 (UA)

(54) РЕГУЛЬОВАНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ

(57) Реферат:

Регульоване джерело живлення містить датчик струму навантаження, перший дросель, однофазний мостовий випрямляч, конденсатор, двофазний синхронізатор, двофазний генератор синусоїдальних сигналів, перший і другий блоки перемноження, датчик напруги навантаження, третій блок перемноження, блок ділення, датчик амплітуди фазної напруги мережі, перший суматор, датчик напруги конденсатора, другий суматор, третій і четвертий суматори, перший і другий релейний елементи, третій релейний елемент, п'ятий суматор, вісім підсилювачів-формуваців, блок задання, перемикач режиму роботи, три логічних елементи НІ, реверсор постійного струму. Додатково введено другий конденсатор, який з'єднаний послідовно з першим конденсатором. При цьому виводи послідовно з'єднаних конденсаторів підключені до виходу мостового випрямляча, входу реверсора і датчика напруги конденсаторів. Середня точка послідовно з'єднаних конденсаторів підключена до третьої фази мережі живлення.

UA 87224 U

Корисна модель належить до галузі електротехніки і може бути використана для живлення навантаження змінної та постійної напруги.

Відоме регульоване джерело струму, до складу якого входить датчик струму навантаження, перший дросель, які з'єднані послідовно з навантаженням, три ланцюжки з послідовно з'єднаних дроселів і датчиків фазних струмів, трифазний мостовий випрямляч, виконаний на IGBT-транзисторах, входи якого через відповідні ланцюжки з дроселів і датчиків фазних струмів підключені до відповідних фаз трифазної мережі, конденсатор, підключений до виходу мостового випрямляча, трифазний синхронізатор, вхід якого з'єднаний з трифазною мережею живлення, трифазний генератор синусоїдальних сигналів, входи якого з'єднані з відповідними виходами синхронізатора, перший, другий і третій блоки перемножування, перші входи яких з'єднані з відповідними виходами генератора синусоїдальних сигналів, датчик напруги навантаження, підключений паралельно навантаженню, четвертий блок перемножування, перший вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги навантаження, а другий вхід підключений до виходу датчика струму навантаження, блок ділення, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого блока перемножування, датчик амплітуди напруги мережі, входи якого підключені до відповідних фаз трифазної мережі живлення, а вихід датчика амплітуди напруги мережі з'єднаний з другим входом блока ділення, перший суматор, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока ділення, датчик напруги конденсатора, підключений на вихід трифазного мостового випрямляча, другий суматор, віднімальний вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора, а вихід другого суматора підключений до другого входу першого суматора, вихід якого з'єднаний з другими входами першого, другого і третього блоків перемножування, третій, четвертий і п'ятий суматори, підсумовуючі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого, другого і третього блоків перемножування, а віднімальні входи третього, четвертого і п'ятого суматорів з'єднані з відповідними входами датчиків фазних струмів, перший, другий і третій релейні елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідно третього, четвертого і п'ятого суматорів, четвертий релейний елемент, шостий суматор, вихід якого з'єднаний з входом четвертого релейного елемента, десять підсилювачів-формуваців, виходи шести з яких з'єднані із затворами IGBT-транзисторів мостового випрямляча [Патент на винахід UA № 66628, МПК (2006) H02M7/12, Бюл № 7, 2007 р.]

Недоліком даного регульованого джерела струму є складність, яка обумовлена наявністю другого керованого мостового випрямляча, і складність системи керування, яка забезпечує громіздкі логічні операції сумісного функціонування в двох трифазних мостових випрямлячів, а також обмеження функціональних можливостей, оскільки вказане регульоване джерело працює тільки в режимі джерела струму.

Найбільш близьким за технічним рішенням є регульоване джерело живлення, що містить датчик струму навантаження, перший дросель з'єднаний послідовно з навантаженням, три ланцюжки з послідовно з'єднаними дроселями і датчиками фазних струмів, трифазний мостовий випрямляч, виконаний на IGBT-транзисторах, входи якого через відповідні ланцюжки з дроселів і датчиків фазних струмів підключені до відповідних фаз трифазної мережі, конденсатор, підключений до виходу мостового випрямляча, трифазний синхронізатор, вхід якого з'єднаний з трифазною мережею живлення, трифазний генератор синусоїдальних сигналів, входи якого з'єднані з відповідними виходами синхронізатора, перший, другий і третій блоки перемножування, перші входи яких з'єднані з відповідними виходами генератора синусоїдальних сигналів, датчик напруги навантаження, підключений паралельно навантаженню, четвертий блок перемножування, перший вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги навантаження, а другий вхід підключений до виходу датчика струму навантаження, блок ділення, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого блока перемножування, датчик амплітуди напруги мережі, входи якого підключені до відповідних фаз трифазної мережі живлення, а вихід датчика амплітуди напруги мережі з'єднаний з другим входом блока ділення, перший суматор, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока ділення, датчик напруги конденсатора, підключений на вхід трифазного мостового випрямляча, другий суматор, віднімальний вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора, а вихід другого суматора підключений до другого входу першого суматора, вихід якого з'єднаний з другими входами першого, другого і третього блоків перемножування, третій, четвертий і п'ятий суматори, підсумовуючі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого, другого і третього блоків перемножування, а віднімальні входи третього, четвертого і п'ятого суматорів з'єднані з відповідними входами датчиків фазних струмів, перший, другий і третій релейні елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідно третього, четвертого і п'ятого суматорів, четвертий релейний елемент, шостий суматор, вихід якого з'єднаний з входом четвертого релейного елемента, десять підсилювачів-формуваців, виходи шести з яких з'єднані із затворами IGBT-

транзисторів мостового випрямляча, блок задання, перемикач режимів роботи, чотири логічних елементи ІІ, реверсор постійного струму, виконаний на чотирьох IGBT-транзисторах, затвори яких підключені до виходів сьомого, восьмого, дев'ятого і десятого, підсилювачів-формуваців, причому вхід реверсора постійного струму підключений до виходу трифазного мостового випрямляча, а вихід реверсора з'єднаний з ланцюжком послідовно з'єднаних датчика струму навантаження, першого дроселя і навантаження, при цьому підсумовуючий вхід шостого суматора з'єднаний з першим, другим і третім виходами блока задання, а віднімальний вхід шостого суматора через контакти перемикача режимів роботи з'єднаний з виходами відповідно датчика напруги навантаження, датчика струму навантаження, четвертого блока перемножування, крім того, вихід четвертого релейного елемента з'єднаний з входами сьомого і восьмого підсилювачів-формуваців підключених до затворів IGBT-транзисторів одного напрямку реверсора і через логічний елемент ІІ до дев'ятого і десятого підсилювача-формуваца відповідно, підключених до затворів IGBT-транзисторів іншого напрямку реверсора, при цьому виходи першого, другого і третього релейних елементів підключені відповідно до першого, другого і третього підсилювачів-формуваців, з'єднаних із затворами IGBT-транзисторів анодної групи мостового випрямляча, а через логічні елементи ІІ підключені відповідно до четвертого, п'ятого і шостого підсилювачів-формуваців, з'єднаних із затворами IGBT - транзисторів катодної групи мостового випрямляча, крім того, четвертий вихід блока задання з'єднаний з підсумовуючим входом другого суматора [Патент на корисну модель UA № 63609, МПК H03K 7/12, Бюл. № 12, 2011 р.].

Недоліком даного регульованого джерела живлення є складність обумовлена наявністю трьох каналів "відстежування" фазних струмів, що призводить до складності реалізації силової частини і системи керування в цілому.

В основу корисної моделі поставлена задача спрощення джерела живлення, що досягається включенням другого конденсатора, а також спрощенням системи керування (керування здійснюється тільки за двома каналами).

Поставлена задача вирішується тим, що регульоване джерело живлення, що містить датчик струму навантаження, перший дросель, з'єднані послідовно з навантаженням, два ланцюжки з послідовно з'єднаних дроселів і датчиків фазних струмів, однофазний мостовий випрямляч, виконаний на IGBT-транзисторах, входи якого через відповідні ланцюжки з дроселів і датчиків фазних струмів підключені до відповідних фаз трифазної мережі, конденсатор, двофазний синхронізатор, вхід якого з'єднаний з відповідними фазами трифазної мережі, двофазний генератор синусоїдальних сигналів, входи якого з'єднані з відповідними виходами синхронізатора, перший і другий блоки перемноження, перші входи яких з'єднані з відповідними виходами генератора синусоїдальних сигналів, датчик напруги навантаження, підключений паралельно навантаженню, третій блок перемноження, перший вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги навантаження, а другий вхід підключений до виходу датчика струму навантаження, блок ділення, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього блоку перемноження, датчик амплітуди фазної напруги мережі, входи якого підключені до відповідних фаз трифазної мережі, а вихід датчика амплітуди напруги мережі з'єднаний з другим входом блока ділення, перший суматор, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока ділення, датчик напруги конденсатора, другий суматор, віднімальний вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги, а вихід другого суматора підключений до другого входу першого суматора, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого блоків перемноження, третій і четвертий суматори, підсумовуючі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого і другого блоків перемноження, а віднімаються входи третього і четвертого суматорів з'єднані з відповідними виходами датчиків фазних струмів, перший і другий релейні елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідного третього і четвертого суматорів, третій релейний елемент, п'ятий суматор, вихід якого з'єднаний з входом третього релейного елемента, вісім підсилювачів-формуваців, виходи перших чотирьох з'єднані з затворами IGBT-транзисторів мостового випрямляча, блок задання, перемикач режиму роботи, три логічних елементи ІІ, реверсор постійного струму, виконаний на чотирьох IGBT-транзисторах, затвори яких підключені до виходів п'ятого, шостого, сьомого та восьмого підсилювачів-формуваців, причому вхід реверсора підключений до виходу мостового випрямляча, а вихід реверсора з'єднаний з ланцюжком послідовно з'єднаних датчика струму навантаження, першого дроселя і навантаження, при цьому підсумовуючий вхід п'ятого суматора через контакти перемикача режиму роботи з'єднаний з виходами відповідно датчика напруги навантаження, датчика струму навантаження, третього блока перемноження, крім того, вихід третього релейного елемента з'єднаний з входами п'ятого та шостого підсилювачів-формуваців, підключених до затворів IGBT-транзисторів одного напрямку реверсора і через логічний елемент ІІ з сьомим та восьмим

підсилювачами-формувачами, підключених до затворів IGBT-транзисторів іншого напрямку реверсора, при цьому виходи першого і другого релейних елементів підключені відповідно до виходів першого і другого підсилювачів-формувачів, з'єднаних з затворами IGBT-транзисторів анодної групи мостового випрямляча, а через логічні елементи НІ підключені відповідно до
 5 третього і четвертого підсилювачів - формувачів з'єднаними з затворами IGBT-транзисторів катодного групи мостового випрямляча, крім того, четвертий вихід блока задання з'єднаний з підсумовуючим входом другого суматора, згідно з корисною моделлю, додатково введено другий конденсатор, який з'єднаний послідовно з першим конденсатором, при цьому виводи
 10 послідовно з'єднаних конденсаторів підключені до виходу мостового випрямляча, входу реверсора і датчика напруги конденсаторів, а середня точка послідовно з'єднаних конденсаторів підключається до третьої фази мережі живлення.

На фіг. 1 представлена схема запропонованого джерела живлення.

На фіг. 2 показані процеси відпрацювання завдань у відповідних режимах роботи джерела живлення.

15 Регульоване джерело живлення, що містить датчик струму навантаження 1, перший дросель 2, з'єднані послідовно з навантаженням 3, два ланцюжки з послідовно з'єднаних дроселів 4, 5 і датчиків 6, 7 фазних струмів, однофазний мостовий випрямляч 8, виконаний на IGBT-транзисторах K1, K2, K3, K4, входи якого через відповідні ланцюжки з дроселів 4, 5 і датчиків 6, 7 фазних струмів підключені до відповідних фаз А і В трифазної мережі, конденсатор
 20 9, двофазний синхронізатор 10, вхід якого з'єднаний з відповідними фазами трифазної мережі, двофазний генератор синусоїдальних сигналів 11, входи якого з'єднані з відповідними виходами синхронізатора 10, перший 12 і другий 13 блоки перемноження, перші входи яких з'єднані з відповідними виходами генератора 11 синусоїдальних сигналів, датчик 14 напруги навантаження, підключений паралельно навантаження 3, третій блок перемноження 15, перший
 25 вхід якого з'єднаний з виходом датчика 14 напруги навантаження, а другий вхід підключений до виходу датчика 1 струму навантаження, блок ділення 16, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього 15 блока перемноження, датчик 17 амплітуди фазної напруги мережі, входи якого підключені до відповідних фаз А і В трифазної мережі, а вихід датчика 17 амплітуди напруги мережі з'єднаний з другим входом блока ділення 16, перший суматор 18, перший вхід якого
 30 з'єднаний з виходом блока ділення 16, датчик 19 напруги конденсаторів, другий суматор 20, віднімальний вхід якого з'єднаний з виходом датчика 19 напруги конденсатора, а вихід другого 20 суматора підключений до другого входу першого 18 суматора, вихід якого з'єднаний з другими входами першого 12 і другого 13 блоків перемноження, третій 21 і четвертий 22 суматори, підсумовуючи входи яких з'єднані відповідно з виходами першого 12 і другого 13
 35 блоків перемноження, а віднімаючи входи третього 21 і четвертого 22 суматорів з'єднані з відповідними виходами датчиків 6 і 7 фазних струмів, перший 23 і другий 24 релейні елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідно третього 21 і четвертого 22 суматорів, третій 25 релейний елемент, п'ятий 26 суматор, вихід якого з'єднаний з входом третього 25 релейного елемента, вісім підсилювачів-формувачів 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, виходи перших 27, 28, 29,
 40 30 чотирьох з яких з'єднані з затворами IGBT-транзисторів K1, K2, K3, K4 мостового випрямляча, блок задання 35, перемикач 36 режиму роботи, три логічних елементи ІН 37, 38, 39, реверсор 40 постійного струму, виконаний на чотирьох IGBT-транзисторах K5, K6, K7, K8, затвори яких підключені до виходів п'ятого 31, шостого 32, сьомого 33 і восьмого 34 підсилювачів-формувачів, причому вхід реверсора 40 підключений до виходу мостового випрямляча, а вихід
 45 реверсора з'єднаний з ланцюжком послідовно з'єднаних датчика 1 струму навантаження, першого дроселя 2 і навантаження 3, при цьому підсумовуючий вхід п'ятого 26 суматора через контакти перемикача 36 режиму роботи з'єднаний з виходами відповідно датчика 14 напруги навантаження, датчика 1 струму навантаження, третього 15 блоку перемноження, крім того, вихід третього 25 релейного елемента з'єднаний з входами п'ятого 31 і шостого 32
 50 підсилювачів-формувачів, підключених до затворів IGBT-транзисторів K5 і K6 одного напрямку реверсора 40 і через логічний елемент НІ 39 з сьомим 33 і восьмим 34 підсилювачами-формувачами відповідно, підключених до затворів IGBT-транзисторів K7 і K8 іншого напрямку реверсора 40, при цьому виходи першого 23 і другого 24 релейних елементів підключені відповідно до виходів першого 27 і другого 28 підсилювачів - формувачів, з'єднаних з затворами
 55 IGBT - транзисторів K1 і K3 анодної групи мостового випрямляча 8, а через логічні елементи НІ 37 і 38 підключені відповідно до третього 29 і четвертого 30 підсилювачів формувачів з'єднаних з затворами IGBT-транзисторів K2 і K4 катодної групи мостового випрямляча 8, крім того, четвертий вихід блока задання 35 з'єднаний з підсумовуючим входом другого 20 суматора, другий конденсатор 41, який з'єднаний послідовно з першим конденсатором 9, при цьому
 60 виводи послідовно з'єднаних конденсаторів 9 і 41 підключені до виходу мостового випрямляча

8, входу реверсора 40 і датчика 19 напруги конденсаторів, а середня точка послідовно з'єднаних конденсаторів 9 і 41 підключається до третьої С фази мережі живлення.

Регульоване джерело живлення працює таким чином. При подачі напруги на затискачі А, В, С синхронізатор 10 виробляє синхроімпульси, які запускають генератор двофазних (А і В) синусоїдальних сигналів 11 амплітуди яких калібруються. Одночасно з блока задання 35 на підсумовуючий вхід суматора 20 подається сигнал задання величини напруги послідовно з'єднаних конденсаторів 9 і 41, а на віднімальний вхід суматора 20 надходить сигнал з виходу датчика 19, який контролює напругу на конденсаторах 9 і 41. Сигнал з виходу суматора 20 надходить на другий вхід суматора 18, на перший вхід якого надходить сигнал з виходу блока

10 ділення 16, де здійснюється обчислення амплітуди задавальних фазних струмів (i_A^* , i_B^*) у відповідності з виразом

$$I_{M3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{U_d I_d}{U_M}, \quad (1)$$

де U_d , I_d - напруга та струм в навантаженні,

U_M - амплітудне значення напруги мережі.

Сигнал, пропорційний $U_d \cdot I_d$ надходить на блок ділення 16 з блока перемноження 15, на входи якого подаються сигнали відповідно з виходу датчика 1 струму навантаження, а сигнал пропорційний амплітуді напруги U_M мережі надходить з виходу датчика 17 амплітуди напруги мережі. У наслідок цього на виході суматора 18 формується сигнал задання амплітуди фазних струмів як з умови балансу потужностей $P_c = P_d$ (P_c - потужність споживана з мережі, P_d - потужність навантаження), так і за умови забезпечення заданої напруги на послідовно з'єднаних конденсаторах 9 і 41. Сигнал з виходу суматора 18 надходить на другі входи блоків перемноження 12 і 13, на перші входи яких надходять сигнали відповідних виходів генератора 11 двофазних синусоїдальних каліброваних сигналів. У результаті на виході блоків

перемноження 12 і 13 формується сигнали, пропорційні $i_A^* = I_{M3} \sin \omega t$, $i_B^* = I_{M3} \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$. Ці сигнали надходять на підсумовуючі входи відповідно суматорів 21 і 22, на віднімаючі входи яких надходять сигнали пропорційні дійсним фазним струмам з виходів датчиків 6 і 7 фазних струмів.

Сигнали, пропорційні помилкам відпрацювання фазних струмів $\Delta i_A = i_A^* - i_A$, $\Delta i_B = i_B^* - i_B$, надходять на входи релейних елементів 23 і 24, виходи яких через підсилювачі формувачі 27 і 28 з'єднані з затворами IGBT-транзисторів K1 і K3 анодної групи випрямляча 8, а IGBT-транзистори K2 і K4 катодного групи випрямляча 8 своїми затворами з'єднані з відповідними виводами релейних елементів 23 і 24 через елементи НІ 37, 38 і підсилювачі-формувачі 29, 30.

Відпрацювання заданих значень фазних струмів i_A^* і i_B^* відбувається таким чином.

Розглянемо, наприклад, інтервал, коли i_A^* позитивний, а i_B^* негативний. В цьому випадку при $\Delta i_A > a$ і $\Delta i_B < -a$, (де $2a$ - ширина петлі гістерезису релейних елементів) на виходах релейних елементів 23 і 24 буде "одиниця" і "нуль". В результаті цього через підсилювачі-формувачі 27 і елемент НІ 37 відкриється транзистор K1, а через підсилювач-формувач 28 відкривається транзистор K2. Напруга послідовно з'єднаних конденсаторів 9, 41 включається згідно з лінійною напругою U_{AB} (напруга конденсатора 41 згідно з лінійною напругою U_{BC} , а напруга конденсатора 9 стрічно з напругою U_{CA}), що приведе до зростання по модулю фазних струмів i_A , i_B . Враховуючи те, що $i_C = -i_A - i_B$, буде зростати по модулю фазний струм i_C . Як тільки $\Delta i_A = a$ і $\Delta i_B = -a$, релейні елементи 23 і 24 переключаться, що приведе до закривання транзисторів K1 і K2. При цьому через шунтуючі діоди даних транзисторів напруга конденсаторів 9, 41 включається стрічно вказаним лінійним напругам, що приведе до зменшення (по модулю) фазних струмів відповідних фаз. Надалі процеси повторюються.

Аналогічне матиме місце на інших часових інтервалах ($i_A^* > 0$, $i_C^* < 0$, $i_B^* < 0$ і т.д.). Відмінність буде лише в тому, напруги яких конденсаторів підключаються згідно або стрічно відповідним лінійним напругам. Таким чином, включення згідно-стрічно напруги конденсаторів 9 і 41 відповідним лінійним напругам мережі за рахунок включення-відключення відповідних

транзисторів випрямляча 8 забезпечує відпрацювання заданих значень фазних струмів з помилкою в межах ширини петлі гістерезису релейних елементів ($-a \leq \Delta \leq a$). При цьому введення додаткового конденсатора 41 послідовно з конденсатором 9 і підключення їх середньою точки до фази С спрощує пристрій, так як, в цьому випадку, потрібно забезпечення відпрацювання фазних струмів тільки в двох фазах (наприклад А і В), а в третій фазі (наприклад С) відпрацювання забезпечується автоматично відповідно з $i_C = -i_A - i_B$.

Режим роботи регульованого джерела живлення задається блоком задання 35 і перемикачем режимів роботи 36. Функціонально регульоване джерело живлення може працювати в режимі джерела струму, джерела напруги і джерела потужності. Розглянемо роботу джерела в режимі регульованого джерела струму. У цьому режимі з блока задання 35 на підсумовуючий вхід суматора 26 надходить сигнал пропорційний заданому струму в

навантаженні 3 I_{d3} . При цьому замикаються контакти перемикача 36, які забезпечують з'єднання виходу датчика 1 струму навантаження з віднімальним входом суматора 26. Вихідний сигнал суматора 26, пропорційний $\Delta I_d = I_{d3} - I_d$, надходить на вхід релейного елемента 25, який

забезпечує на своєму виході "одиницю" при $\Delta I_d > a$ і "нуль" при $\Delta I_d < -a$ ($2a$ - ширина петлі гістерезису релейного елемента). Сигнал "одиниця" на виході релейного елемента 25 надходить через підсилювачі-формувачі 31 і 32 на IGBT-транзистори К5, К6 реверсора 40. Вказані транзистори забезпечують підключення навантаження 3 до конденсаторів 9 і 41,

з'єднаних послідовно, що призводить до зростання струму в навантаженні 3. Як тільки $\Delta I_d < -a$, транзистори К5, К6 реверсора 40 закриються, а транзистори К7, К8 відкриються, бо на їх затвори через підсилювачі-формувачі 33, 34 з виходу релейного елемента 25 через логічний елемент НІ 39 надійде відкриваючий сигнал. До навантаження 3 з конденсаторів 9, 41 підключиться напруга зворотної полярності. Струм в навантаженні почне зменшуватися. Як

тільки $\Delta I_d \geq a$, знову включаться транзистори К5, К6 реверсора 40, що приведе знову до зміни полярності напруги на навантаженні. Надалі всі процеси повторюються, тобто в навантаженні 3

підтримуватиметься струм I_d , який відрізнятиметься від I_{d3} в межах $2a$ (ширина петлі гістерезису). Е.д.с. самоіндукції, що виникає в навантаженні внаслідок комутації транзисторів реверсора 40, замикається при цьому через відповідні зворотні діоди IGBT-транзисторів реверсора 40 і конденсатори 9, 41. Регулювання струму в навантаженні 3 і його реверс

здійснюється зміною величини і знака сигналу, пропорційного I_{d3} , що надходить з блока задання 35. Аналогічно забезпечуються режими джерела напруги і джерела потужності. При цьому з блока задання 35 на підсумовуючий вхід суматора 26 надходять сигнали пропорційні U_{d3} , P_{d3} , відповідно, а віднімаючий вхід суматора 26 під'єднується через контакти перемикача 36 до датчика напруги навантаження 14 або до виходу блока перемножування 18. Формування

задання амплітуди вихідних фазних струмів I_{m3} відповідно до балансу потужностей в системі мережа-навантаження-конденсатори забезпечує стійку працездатність джерела у всіх режимах.

На фіг. 2 приведені результати моделювання а) у режимі джерела струму, б) у режимі джерела напруги, в) у режимі джерела потужності, які підтвердили працездатність регульованого джерела живлення.

Таким чином, пропонуване регульоване джерело живлення забезпечує реалізацію всіх режимів роботи і електромагнітну сумісність з мережею, при цьому характеризується простотою в порівнянні з відомим джерелом живлення.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Регульоване джерело живлення, що містить датчик струму навантаження, перший дросель, з'єднані послідовно з навантаженням, два ланцюжки з послідовно з'єднаних дроселів і датчиків фазних струмів, однофазний мостовий випрямляч, виконаний на IGBT-транзисторах, входи якого через відповідні ланцюжки з дроселів і датчиків фазних струмів підключені до відповідних фаз трифазної мережі, конденсатор, двофазний синхронізатор, вхід якого з'єднаний з відповідними фазами трифазної мережі, двофазний генератор синусоїдальних сигналів, входи якого з'єднані з відповідними виходами синхронізатора, перший і другий блоки перемноження, перші входи яких з'єднані з відповідними виходами генератора синусоїдальних сигналів, датчик напруги навантаження, підключений паралельно навантаженню, третій блок перемноження, перший вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги навантаження, а другий вхід

підключений до виходу датчика струму навантаження, блок ділення, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього блока перемноження, датчик амплітуди фазної напруги мережі, входи якого підключені до відповідних фаз трифазної мережі, а вихід датчика амплітуди напруги мережі з'єднаний з другим входом блока ділення, перший суматор, перший вхід якого з'єднаний з виходом блоку ділення, датчик напруги конденсатора, другий суматор, віднімальний вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги, а вихід другого суматора підключений до другого входу першого суматора, вихід якого з'єднаний з другими входами першого і другого блоків перемноження, третій і четвертий суматори, підсумовуючі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого і другого блоків перемноження, а віднімальні входи третього і четвертого суматорів з'єднані з відповідними виходами датчиків фазних струмів, перший і другий релейний елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідного третього і четвертого суматорів, третій релейний елемент, п'ятий суматор, вихід якого з'єднаний з входом третього релейного елемента, вісім підсилювачів-формуваців, виходи перших чотирьох з'єднані з затворами IGBT-транзисторів мостового випрямляча, блок задання, перемикач режиму роботи, три логічних елементи HI, реверсор постійного струму, виконаний на чотирьох IGBT-транзисторах, затвори яких підключені до виходів п'ятого, шостого, сьомого та восьмого підсилювачів-формуваців, причому вхід реверсора підключений до виходу мостового випрямляча, а вихід реверсора з'єднаний з ланцюжком послідовно з'єднаних датчика струму навантаження, першого дроселя і навантаження, при цьому підсумовуючий вхід п'ятого суматора через контакти перемикача режиму роботи з'єднаний з виходами відповідно датчика напруги навантаження, датчика струму навантаження, третього блока перемноження, крім того, вихід третього релейного елемента з'єднаний з входами п'ятого та шостого підсилювачів-формуваців, підключених до затворів IGBT-транзисторів одного напрямку реверсора і через логічний елемент HI з сьомим та восьмим підсилювачами-формувачами, підключених до затворів IGBT-транзисторів іншого напрямку реверсора, при цьому виходи першого і другого релейних елементів підключені відповідно до виходів першого і другого підсилювачів-формуваців, з'єднаних з затворами IGBT транзисторів анодної групи мостового випрямляча, а через логічні елементи HI, підключених відповідно до третього і четвертого підсилювачів-формуваців, з'єднаних з затворами IGBT-транзисторів катодної групи мостового випрямляча, крім того, четвертий вихід блока задання з'єднаний з підсумовуючим входом другого суматора, яке **відрізняється** тим, що додатково введено другий конденсатор, який з'єднаний послідовно з першим конденсатором, при цьому виводи послідовно з'єднаних конденсаторів підключені до виходу мостового випрямляча, входу реверсора і датчика напруги конденсаторів, а середня точка послідовно з'єднаних конденсаторів підключена до третьої фази мережі живлення.

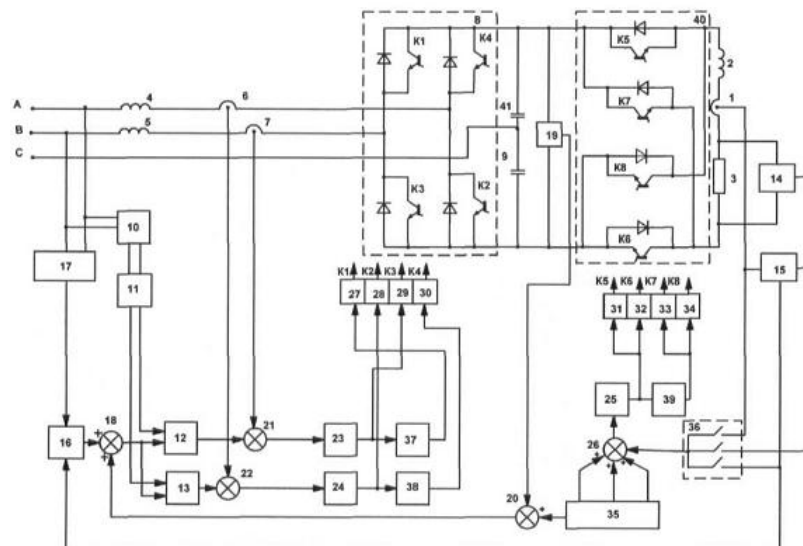
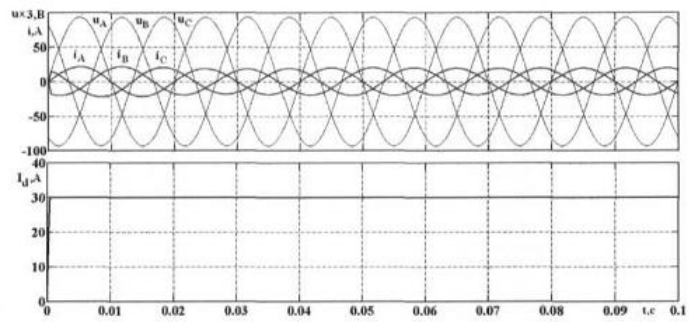
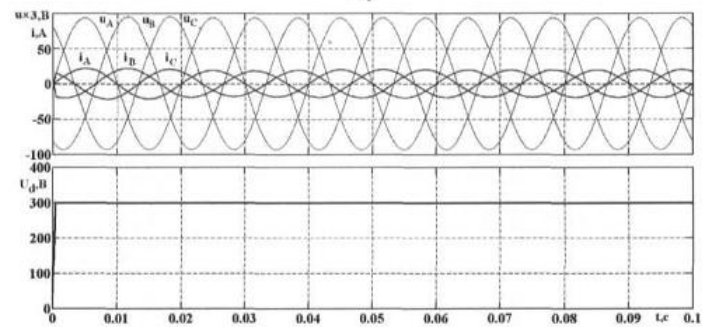


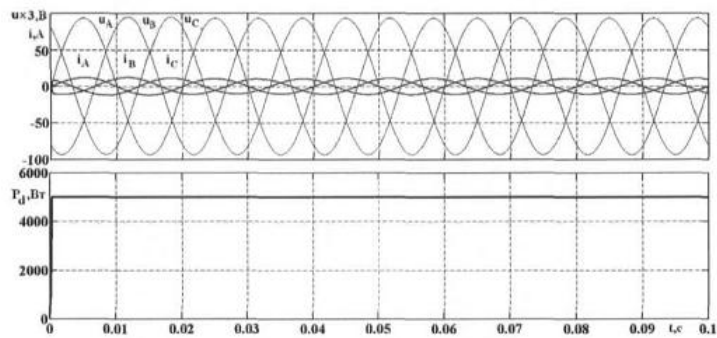
Fig. 1



а)



б)



в)

Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

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