



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **81648**

(13) **U**

(51) МПК

**H02M 7/12** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 14841**

(22) Дата подання заявки: **24.12.2012**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.07.2013**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.07.2013, Бюл.№ 13**

(72) Винахідник(и):

**Самчелєєв Юрій Павлович (UA),**

**Бєлоха Галина Сергіївна (UA),**

**Дрючин Віктор Гаврилович (UA),**

**Шевченко Іван Степанович (UA)**

(73) Власник(и):

**ДОНБАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ,**

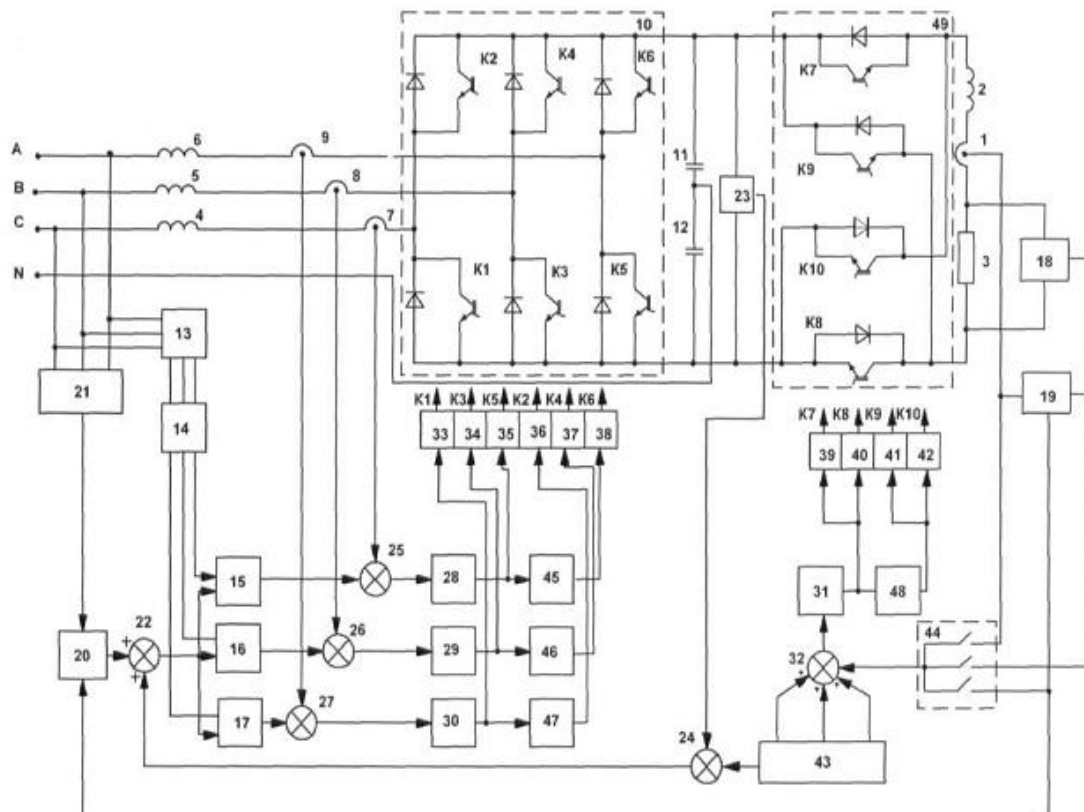
**пр. Леніна, 16, м. Алчевськ, Луганська обл.,  
94204 (UA)**

## (54) РЕГУЛЬОВАНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ

(57) Реферат:

Регульоване джерело живлення містить датчик струму навантаження, перший дросель, три ланцюжки, датчики фазних струмів, трифазний мостовий випрямляч, IGBT - транзистори, конденсатор, трифазний синхронізатор, трифазну мережа живлення, трифазний генератор синусоїдальних сигналів, датчик напруги навантаження, четвертий блок перемножування, блок ділення, датчик амплітуди напруги мережі, перший суматор, вихід блока ділення, датчик напруги конденсатора, блок завдання, перемикач режиму роботи, чотири логічних елемента "НІ", реверсор постійного струму, підсилювачі-формувавчі, реверсор постійного струму, другий конденсатор, перший конденсатор, нейтралі мережі.

**UA 81648 U**



Фиг. 1

Корисна модель належить до 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 виходів 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, віднімаючий 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 віднімаючі 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 UA № 66628, МПК (2006) H02M 7/12, 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 двох трифазних мостових випрямлячів, а також обмеження функціональних можливостей, оскільки вказане регульоване джерело працює тільки в режимі джерела струму.

Найбільш близьким аналогом є регульоване джерело струму, до складу якого входять 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 вихід трифазного мостового випрямляча, другий суматор, віднімаючий 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 віднімаючі входи третього, четвертого і п'ятого суматорів з'єднані з відповідними виходами 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 завдання, перемикач режимів роботи, чотири логічних елемента "H1", 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 завдання, а віднімаючий 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 п'ятий логічний елемент "H1" до дев'ятого і десятого підсилювачів-формуваців 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 "H1" 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 завдання з'єднаний з підсумовуючим входом другого суматора [Патент UA № 63609, МПК H03K 7/12, Бюл № 12, 2011 р.].

Недоліком цього регульованого джерела живлення є низька надійність, яка пов'язана з порушенням роботи джерела і отже навантаження, при обриві однієї з фаз.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення надійності роботи джерела живлення, що досягається завдяки додатково введеного конденсатора, послідовно з'єданого з першим конденсатором та підключення місця їх з'єднання до нейтралі мережі.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в 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 виходи 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, віднімаючий 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 віднімаючі 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, входи шести з яких з'єднані із затворами IGBT - транзисторів мостового випрямляча, блок завдання, перемикач режимів роботи, чотири логічних елемента "H1", 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 завдання, а віднімаючий 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 "H1" до дев'ятого і десятого підсилювачів-формуваців 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 "H1" 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 завдання з'єднаний з підсумовуючим входом другого суматора, згідно з корисною моделлю, додатково введено другий конденсатор, послідовно з'єднаний з першим конденсатором, при цьому місце їх з'єднання підключено до нейтралі мережі.

На Фіг. 1 представлена схема пропонованого регульованого джерела живлення.

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

До складу регульованого джерела живлення входять датчик струму навантаження 1, перший дросель 2, які з'єднані послідовно з навантаженням 3, три ланцюжки з послідовно з'єднаних дроселів 4, 5, 6 і датчиків 7, 8, 9 фазних струмів, трифазний мостовий випрямляч 10, виконаний на IGBT-транзисторах K1, K2, K3, K4, K5, K6, входи якого через відповідні ланцюжки з дроселів 4, 5, 6 і датчиків 7, 8, 9 фазних струмів підключені до відповідних фаз трифазної мережі, конденсатор 11, та послідовно з'єднаний з ним конденсатор 12, які підключені до виходу мостового випрямляча 10, трифазний синхронізатор 13, вхід якого з'єднаний з трифазною мережею живлення, трифазний генератор синусоїдальних сигналів 14, входи якого з'єднані з відповідними виходами синхронізатора 13, перший 15, другий 16 і третій 17 блоки перемножування, перші виходи яких з'єднані з відповідними виходами генератора синусоїдальних сигналів 14, датчик напруги 18 навантаження, підключений паралельно навантаженню 3, четвертий блок перемножування 19, перший вхід якого з'єднаний з виходом датчика 18 напруги навантаження, а другий вхід підключений до виходу датчика 1 струму навантаження, блок ділення 20, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого блока перемножування 19, датчик 21 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 20, перший суматор 22, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока ділення 20, датчик напруги 23 конденсатора, підключений на вихід трифазного мостового випрямляча 10, другий суматор 24, віднімаючий вхід якого з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора, а вихід другого суматора 24 підключений до другого входу першого суматора, вихід якого з'єднаний з другими входами першого 15, другого 16 і третього 17 блоків перемножування, третій 25, четвертий 26 і п'ятий 27 суматори, підсумовуючі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого 15, другого 16 і третього 17 блоків перемножування, а віднімаючі входи третього 25, четвертого 26 і п'ятого 27 суматорів з'єднані з відповідними входами датчиків 7, 8, 9 фазних струмів, перший 28, другий 29 і третій 30 релейні елементи, входи яких з'єднані з виходами відповідно третього 25, четвертого 26 і п'ятого 27 суматорів, четвертий релейний елемент 31, шостий суматор 32, вихід якого з'єднаний з виходом четвертого релейного елемента 31, десять підсилювачів-формуваців 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, виходи шести 33, 34, 35, 36, 37, 38 з яких з'єднані із затворами IGBT - транзисторів мостового випрямляча 10, блок завдання 43, перемикач 44 режимів роботи, чотири логічних елемента "H1" 45, 46, 47, 48, реверсор постійного струму 49, виконаний на чотирьох IGBT- транзисторах, затвори яких підключені до виходів сьомого 39, восьмого 40, дев'ятого 41 і десятого 42 підсилювачів-формуваців, причому вхід реверсора 49 постійного струму підключений до виходу трифазного мостового випрямляча 10, а вихід реверсора 49 з'єднаний з ланцюжком послідовно з'єднаних датчика 1 струму навантаження, першого дроселя 2 і навантаження 3, при цьому підсумовуючий вхід шостого суматора з'єднаний з першим, другим і третім виходами блока завдання, а віднімаючий вхід шостого суматора 32 через контакти перемикача 44 режимів роботи з'єднаний з виходами відповідно датчика напруги навантаження 18, датчика 1 струму навантаження, четвертого блока перемножування 19, крім того вихід четвертого релейного елемента 31 з'єднаний з входами сьомого 39 і восьмого 40 підсилювачів-формуваців, підключених до затворів IGBT- транзисторів одного напрямку реверсора і через логічний елемент "H1" 48 до дев'ятого 41 і десятого 42 підсилювачів-формуваців відповідно, підключених до затворів IGBT- транзисторів іншого напрямку реверсора, при цьому виходи першого 28, другого 29 і третього 30 релейних елементів підключені відповідно до першого 33, другого 34 і третього 35 підсилювачів-формуваців, з'єднаних із затворами IGBT-транзисторів анодної групи

мостового випрямляча 10, а через логічні елементи "H1" 45, 46, 47 підключені відповідно до четвертого, п'ятого і шостого підсилювачів-формуваців, з'єднаних із затворами IGBT - транзисторів катодної групи мостового випрямляча 10, крім того четвертий вихід блока завдання 43 з'єднаний з підсумовуючим входом другого суматора 24.

5 Регульоване джерело живлення працює таким чином.

При подачі напруги на затискачі А, В, С синхронізатор 13 виробляє синхроімпульси, які запускають генератор трифазних синусоїдальних сигналів 14, що калібруються. Одночасно з блока завдання 43 на підсумовуючий вхід суматора 24 подається сигнал завдання на величину напруги конденсаторів 11, 12, а з виходу датчика 23 надходить сигнал, який контролює напругу на конденсаторах 11, 12. Сигнал з виходу суматора 24 надходить на другий вхід суматора 22, на перший вхід якого надходить сигнал з виходу блока ділення 20, де здійснюється обчислення амплітуди задаючих фазних струмів завдання відповідно до рівняння

$$I_{m3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{U_d I_d}{U_m},$$

де  $U_d$ ,  $I_d$  - напруга та струм в навантаженні.

15 Сигнал пропорційний  $U_d \cdot I_d$  надходить на блок ділення 20 з блока перемножування 19, на входи якого подаються сигнали відповідно з виходу датчика 1 струму навантаження і з виходу датчика 18 напруги на навантаженні, а сигнал пропорційний величині амплітуди мережі надходить з виходу датчика 21 амплітуди напруги мережі. Внаслідок цього на виході суматора 22 формується сигнал завдання амплітуди фазних струмів як з умови балансу потужностей

20  $P_c = P_d$  так із умови забезпечення необхідної напруги на конденсаторах 11, 12. Сигнал з виходу суматора 22 надходить на другі входи блоків перемножування 15, 16, 17, на перші входи яких надходять сигнали з відповідних виходів генератора 14 трифазних синусоїдальних сигналів, що калібруються. В результаті на виході блоків перемножування 15, 16, 17 формуються відповідно

25 сигнали пропорційні  $i_A^* = I_{m3} \sin \omega t$ ,  $i_B^* = I_{m3} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$ ,  $i_C^* = I_{m3} \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$ . Ці сигнали надходять на підсумовуючі входи, відповідно суматорів 25, 26, 27, на віднімаючі входи яких надходять сигнали пропорційні дійсним фазним струмам, що контролюються датчиками 7, 8, 9

30 фазних струмів. Сигнали, пропорційні помилкам відпрацювання фазних струмів  $\Delta i_A = i_A^* - i_A$ ,  $\Delta i_B = i_B^* - i_B$ ,  $\Delta i_C = i_C^* - i_C$ , надходять на входи релейних елементів 28, 29 і 30, виходи яких через підсилювачі-формуваці 33, 34, 35 відповідно з'єднані із затворами IGBT - транзисторів анодної групи випрямляча 10, а IGBT - транзистори катодної групи випрямляча 10 своїми затворами з'єднані з відповідними виходами підсилювачів-формуваців 36, 37, 38, входи яких через елементи "H1" 45, 46, 47 з'єднані з виходами релейних елементів 28, 29, 30.

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

35 Розглянемо, наприклад, інтервал, коли  $i_A^*$  і  $i_C^*$  позитивні, а  $i_B^*$  негативний. В цьому випадку при  $\Delta i_A > a$ ,  $\Delta i_C > a$  і  $\Delta i_B < -a$ , ( $2a$  - ширина петлі гістерезису релейних елементів) на виходах релейних елементів 28 і 30 буде "одиниця", а на виході релейного елемента 29 "нуль". В результаті цього через підсилювачі-формуваці 33 і 35 відкриваються транзистори K1 і K5 випрямляча 10, а через елемент "H1" 46 і підсилювач-формувач 37 відкривається транзистор K4.

40 Напруга конденсаторів 11, 12 включається згідно з відповідними лінійними напругами ( $U_{AB}$  і  $U_{CB}$ ), що приведе до зростання по модулю струмів у фазах. Як тільки  $\Delta i_A = a$ ,  $\Delta i_C = a$  і  $\Delta i_B = -a$ , релейні елементи 28, 29 і 30 перемкнуться, що приведе до закривання транзисторів K1, K5, K4 випрямляча 10. При цьому через шунтуючі діоди даних транзисторів напруга конденсаторів 11, 12 включається стрічно вказаним лінійним напругам, що приведе до зменшення (по модулю) фазних струмів відповідних фаз. Надалі процеси повторюються.

45 Аналогічне матиме місце на інших тимчасових інтервалах ( $i_A^* > 0$ ,  $i_C^* < 0$ ,  $i_B^* < 0$  і т.д.). Таким чином, включення згідно стрічно напруги конденсаторів 11, 12 відповідним лінійним напругам мережі за рахунок включення-відключення відповідних транзисторів випрямляча 10 забезпечує відпрацювання заданих значень фазних струмів з помилкою в межах ширини петлі гістерезису релейних елементів ( $-a \geq \Delta \geq a$ ). Режим роботи регульованого джерела живлення задається

блоком завдання 43 і перемикачем режимів роботи 44. 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 завдання 43 на підсумовуючий вхід суматора 32 надходить сигнал пропорційний заданому

5 струму в навантаженні  $I_{d3}$ . При цьому замикаються контакти перемикача 44, які забезпечують з'єднання виходу датчика 1 струму навантаження з віднімаючим входом суматора 32. Вихідний сигнал суматора 32, пропорційний  $\Delta I_d = I_{d3} - I_d$ , надходить на вхід релейного елемента 31, 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 31  
10 надходить через підсилювачі-формувачі 39 і 40 на IGBT - транзистори K7, K8 реверсора 49. Вказані транзистори забезпечують підключення навантаження 3 до конденсаторів 11, 12, що призводить до зростання струму в навантаженні 3. Як тільки  $\Delta I_d < -a$ , транзистори K7, K8 реверсора 49 закриваються, а транзистори K9, K10 відкриваються, з виходу релейного елемента 31 через логічний елемент "НІ" 4 і підсилювачі-формувачі 41, 42 надійде відкриваючий сигнал. На  
15 навантаження 3 з конденсаторів 11, 12 підключиться напруга зворотної полярності. Струм в навантаженні почне зменшуватися. Як тільки  $\Delta I_d \geq a$  знову включаються транзистори K7, K8 реверсора 49, що приведе знову до зміни 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 49, замикається при цьому через відповідні зворотні діоди IGBT - транзисторів реверсора 49 і конденсатори 11, 12. Регулювання струму в  
20 навантаженні 3 і його реверс здійснюється зміною величини і знаку сигналу, пропорційного  $I_{d3}$ , що надходить з блока завдання 43. Аналогічно забезпечуються режими джерела напруги і джерела потужності. При цьому з блока завдання 43 на підсумовуючий вхід суматора 32 надходять сигнали пропорційні  $U_{d3}$ ,  $P_{d3}$ , відповідно, а віднімаючий вхід суматора 32 під'єднується через контакти перемикача 43 до датчика напруги навантаження 18 або до виходу блока перемножування 19. Формування завдання амплітуди вихідних фазних струмів  $I_{m3}$  відповідно до балансу потужностей в системі мережа-навантаження-конденсатор забезпечує стійку працездатність джерела у всіх режимах.

30 На Фіг. 2а приведені результати моделювання нормального режиму роботи джерела струму, 2б - при обриві однієї із фаз, 2в - при обриві двох фаз. Із Фіг. 2б, 2в видно, що у обох аварійних випадках зберігається відсутність фазового зсуву між напругою і струмом ( $\varphi = 0$ ,  $\cos \varphi = 1$ ), синусоїдальна форма струму, що споживається із мережі, та задана величина струму навантаження.

35 Таким чином, пропоноване регульоване джерело живлення забезпечує реалізацію всіх режимів роботи і електромагнітну сумісність з мережею навіть при обривах однієї або двох фаз мережі (наприклад перегорання запобіжників), або дроту, що з'єднує нейтраль мережі і місце з'єднання двох конденсаторів.

#### 40 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

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,  
45 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,  
50 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, віднімаючий 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 віднімаючі 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 завдання, перемикач режиму роботи, чотири логічних елемента "НІ", реверсор постійного струму, включений 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 завдання, а віднімаючий 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 "НІ" до дев'ятого і десятого підсилювача-формувача 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 "НІ" 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 завдання з'єднаний з підсумовуючим входом другого суматора, яке **відрізняється** тим, що в нього додатково введено другий конденсатор, послідовно з'єднаний з першим конденсатором, при цьому місце їх з'єднання підключено до нейтралі мережі.

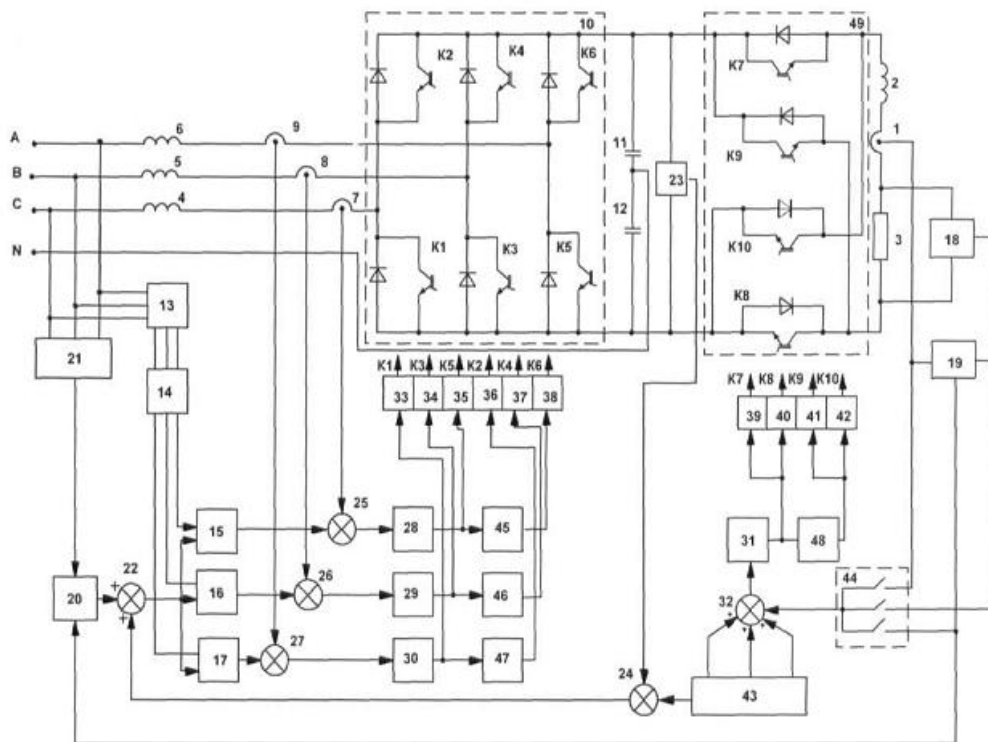
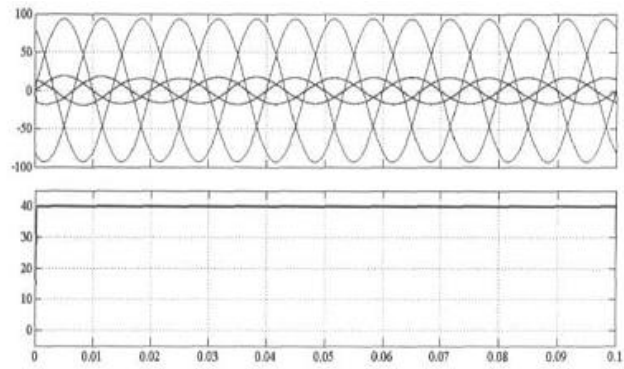
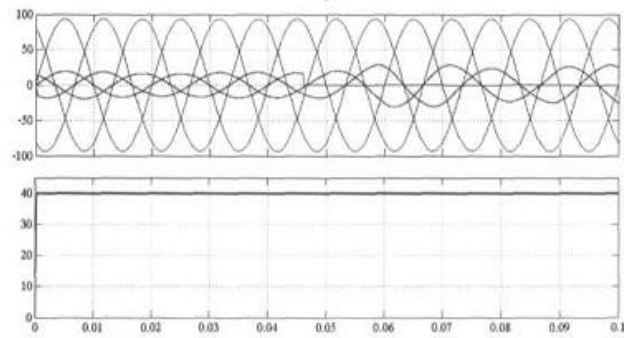


Fig. 1

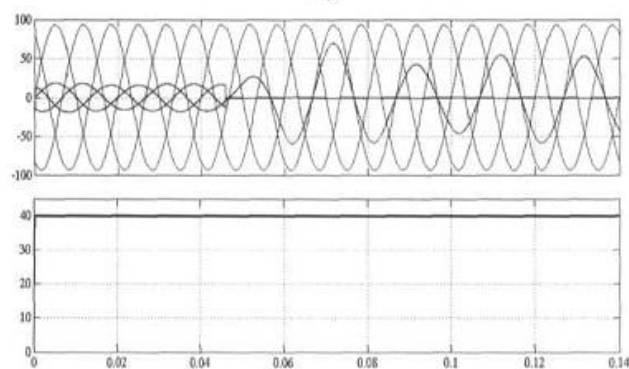




а)



б)



в)

Fig. 2

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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