



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 97013 (13) C2
(51) МПК
H02M 3/06 (2006.01)

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) АСТАТИЧНИЙ КОМПЕНСАЦІЙНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

1

2

(21) а201004487

(22) 19.04.2010

(24) 26.12.2011

(46) 26.12.2011, Бюл.№ 24, 2011 р.

(72) ЗАЙЦЕВ ГРИГОРІЙ ФРОЛОВИЧ, КРИВУЦА
ВЛАДИМИР ГЕОРГІЙОВИЧ, БУЛГАЧ ВІКТОР ЛЕ-
ОНАРДОВИЧ, БУРСОВА ТЕТЯНА ВІКТОРІВНА

(73) ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙ-
НО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(56) UA 41635 A; 17.09.2001

UA 54680 A; 17.03.2003

SU 930304; 23.05.1982

SU 1786478 A1; 07.01.1993

RU 2195759 C1; 27.12.2002

US 5336987; 09.08.1994

JP 11285142 A; 15.10.1999

(57) Астатичний компенсаційний стабілізатор на-
пруги безперервної дії, що містить регулюючий
елемент, включений послідовно з навантаженням,
вимірювальний елемент вихідної напруги, вихід
якого підключений до прямого входу елемента
порівняння, інвертуючий вхід якого підключений до
виходу джерела опорної напруги, суматор та під-
силювач напруги, який **відрізняється** тим, що в
нього додатково введений інтегруючий елемент,
при цьому вихід елемента порівняння з'єднаний з
входом підсилювача напруги, вихід якого з'єднан-
ний з входом інтегруючого елемента, вихід якого
з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід
якого є входом напруги уставки, а вихід суматора
з'єднаний з входом регулюючого елемента.

Винахід належить до систем автоматичного
керування, зокрема до компенсаційних стабіліза-
торів напруги.

Відомий компенсаційний стабілізатор напруги
безперервної дії, що являє собою систему автома-
тичного керування з негативним зворотним зв'яз-
ком ([1], стор.168, мал.8.2). Даний стабілізатор
прийнятий за прототип. Більш докладна структур-
на схема стабілізатора-прототипу зображена на
фіг. 1.

До складу стабілізатора-прототипу входять:
регулюючий елемент РЕ, вимірювальний елемент
ВЕ, включений послідовно з навантаженням Н,
джерело опорної напруги ДОН, елемент порівнян-
ня ЕП, на прямий вхід якого з виходу вимірюваль-
ного елемента подається напруга зворотного зв'яз-
ку $U_{зз}$, а на вхід, що інвертує, - опорна $U_{оп}$
напруга; суматор С, на вхід якого надходить на-
пруга $U_{уст}$ уставки і напруга ΔU неузгодженості
з виходу елемента порівняння; підсилювач П, з
виходу якого напруга керування надходить на ре-
гулюючий елемент, навантаження Н.

Прикладом реалізації стабілізатора-прототипу
є транзисторний стабілізатор напруги, принципова
схема якого зображена на фіг. 2 (див.[1], стор.182,
мал.8.16). Регулюючим елементом служить тран-

зистор VT1, вимірювальним елементом є дільник
напруги, що має у складі резистори R_1 , R_2 , R_3 .
Обмірювана напруга - напруга зворотного зв'язку
 $U_{зз}$, знімається з резистора R_2 і частини резис-
тора R_3 . Джерелом опорної напруги є парамет-
ричний стабілізатор напруги, зібраний на стабіліт-
роні VD1 і резисторі R_4 .

Напруга зворотного зв'язку $U_{зз}$ подається на
базу, а опорна напруга $U_{оп}$ - на емітер підсилю-
вального транзистора VT1. Завдяки такій схемі
подачі напруг $U_{зз}$ і $U_{оп}$ на VT1, між базою і
емітером цього транзистора прикладається різни-
цева напруга $U_{БЕП} = U_{зз} - U_{оп}$ і тим самим
виконується функція елемента порівняння. Напру-
га $U_{БЕП}$ є вихідною напругою елемента порівнян-
ня і вхідною напругою підсилювача, зібраного на
транзисторі VT2 і резисторі R_5 .

Недолік стабілізатора напруги - прототипу по-
лягає в тому, що йому властиві значні напруги не-
узгодженості. Зокрема, виникають постійні за зна-
ченням напруги неузгодженості при східчастих
змінах відхилень вхідної напруги й опору наванта-

(19) UA (11) 97013 (13) C2

ження і зростаючі в часі напруги неузгодженості при зміні в часі цих впливів, що обурюють.

Винахід дозволяє підвищити точність стабілізатора напруги - усунути напруги неузгодженості при східчастих змінах відхилень вхідної напруги й опору навантаження, а при зміні цих впливів, що обурюють, за лінійним законом зростаючі напруги неузгодженості обмежити кінцевими значеннями.

На фіг. 1 зображена функціональна схема статичного стабілізатора напруги безперервної дії - прототипу з принципом керування по відхиленню; на фіг. 2 - принципова схема (варіант) статичного стабілізатора напруги; на фіг. 3 (а, б) - функціональна схема астатичного стабілізатора напруги; на фіг. 4 - форми напруг у стабілізаторі-прототипі і пропонованому стабілізаторі при східчастій зміні вхідної напруги; на фіг. 5 - форми напруг у стабілізаторі-прототипі і пропонованому стабілізаторі при лінійній зміні вхідної напруги; на фіг. 6 - принципова схема (варіант) астатичного стабілізатора напруги безперервної дії.

Астатичний стабілізатор напруги безперервної дії (фіг. 3) складається з регулюючого елемента 1, включеного послідовно з навантаженням 2, вимірювального елемента вихідної напруги 3, з виходу якого напруга зворотного зв'язку $U_{зз}$, пропорційна $U_{ВИХ}$, подається на прямий вхід елемента порівняння 4, на вхід, що інвертує, якого подається опорна $U_{ОП}$, напруга з виходу джерела опорної напруги 5, підсилювача 6, на вхід якого подається напруга ΔU неузгодженості з виходу елемента порівняння, елемента 7, що інтегрує, на вхід якого надходить напруга U_I з виходу підсилювача, суматора 8, на вхід якого надходять напруга U_I з виходу інтегруючого елемента і напруга уставки $U_{УСТ}$, вихідна напруга U_{Σ} суматора подається на регулюючий елемент.

Особливості роботи стабілізатора з інтегруючим елементом у порівнянні зі стабілізатором-прототипом полягають у наступному. Якщо в деякий момент часу t_1 , вхідна напруга $U_{ВХ}$ стрибком збільшилося на $\Delta U_{ВХ}$ (фіг. 4,а, 1), то в стабілізаторі без інтегратора (фіг. 1, 2) виникає напруга неузгодженості ΔU (фіг. 4,а, 2) (обумовлена виразом (8), стор.52 [2]). Ця напруга неузгодженості буде зберігатися доти, поки на вхід стабілізатора буде надходити підвищена напруга (у проміжку від t_1 до t_2). Вихідна напруга $U_{ВИХ}$ в цей проміжок часу зростає від номінального значення $U_{ВИХ}$ на значення $\Delta U_{ВИХ}$, пропорційне $\Delta U_{ВХ}$.

У стабілізаторі з інтегруючим елементом 7 (фіг. 3) при східчастому зростанні $U_{ВХ}$ на $\Delta U_{ВХ}$ (фіг. 4,б, 1) з'являється напруга неузгодженості ΔU , яка підсилюється підсилювачем 6 і у вигляді напруги U_I подається на інтегруючий елемент 7. На виході інтегратора напруга U_I зростає в часі (фіг. 4,б, 2). Зростаюча напруга U_I в суматорі $\Sigma 1$

сумується з напругою уставки $U_{УСТ}$, за допомогою якої, як і в стабілізаторі без інтегратора (фіг. 1), встановлюється номінальний опір регулюючого елемента РЕ. Зростання напруги на виході інтегратора, а отже, і опору регулюючого елемента РЕ буде відбуватися доти, поки напруга неузгодженості ΔU , а також і напруга U_I не зменшаться до нуля (фіг. 4,б, 2), а вихідна напруга стабілізатора не стане рівною номінальному значенню (фіг. 4,б, 3).

Якщо вхідна напруга стабілізатора $U_{ВХ}$, починаючи з моменту t_1 , змінюється за лінійним законом (фіг. 5,1), то для того, щоб підтримати сталість вихідної напруги необхідно змінювати опір регулюючого елемента також за лінійним законом.

У статичному стабілізаторі (фіг. 1) у цьому випадку, згідно з ((9), стор.52 [2]) напруга неузгодженості ΔU також буде змінюватися за лінійним законом (фіг. 5,а, 2) і змінювати опір регулюючого елемента за лінійним законом, але з меншою швидкістю в порівнянні з тією, при якій би усунулася напруга неузгодженості. У результаті цього вихідна напруга стабілізатора $U_{ВИХ}$ не буде залишатися постійною, а буде змінюватися за лінійним законом (фіг. 5,а, 4).

У стабілізаторі з інтегратором 7 (фіг. 3) при лінійній зміні $U_{ВХ}$ (фіг. 5,б, 1) у сталому режимі виникає постійна напруга неузгодженості ΔU (фіг. 5,б, 2), яка, надходячи через підсилювач 6 на інтегруючий елемент, створює на його виході напругу $U_I(t)$, що лінійно змінюється (фіг. 5,б, 3). Ця напруга надходячи через суматор 8 на регулюючий елемент 1, змінює його опір за лінійним законом. Вихідна напруга стабілізатора (фіг. 5,б, 4) змінюється на постійну величину $\Delta U_{ВИХ}$, що відповідає напрузі неузгодженості ΔU , а не зростає в часі, як у стабілізаторі-прототипі (без інтегруючого елемента).

При східчастій зміні опору навантаження на ΔR_H в стабілізаторі-прототипі виникає постійна напруга неузгодженості ΔU_R , пропорційна ΔR_H (див.(11), стор.53, [2]). У пропонованому стабілізаторі з інтегратором напруга помилки підсилюється і вихідна напруга підсилювача U_I , надходячи на інтегратор, створює на його виході зростаючу напругу U_I .

Напруга U_I , надходячи на регулюючий елемент, змінює його опір доти, поки напруга на вході інтегратора U_I , а отже, і напруга неузгодженості ΔU_R не стануть рівними нулю.

При лінійній зміні опору навантаження, згідно з ((12), стор.53 [2]), у стабілізаторі-прототипі виникає напруга неузгодженості, що змінюється за лінійним законом. У пропонованому стабілізаторі при зміні опору навантаження по лінійному закону в сталому режимі виникає постійна напруга неузгодженості, яка надходячи через підсилювач на інтегратор, викликає на його виході лінійно змінювану напругу

U_I . Остання, надходячи на регулюючий елемент, змінює його опір за лінійним законом. Вихідна напруга стабілізатора змінюється на постійну величину $\Delta U_{ВИХ}$, що відповідає напрузі неузгодженості ΔU_R , а не змінюється за лінійним законом, як у стабілізаторі-прототипі.

Пропонований стабілізатор напруги є астатичним з астатизмом першого порядку щодо відхилень вхідної напруги й опору навантаження, тому що напруга неузгодженості в сталому режимі при східчастих змінах цих збурюючих впливів, дорівнює нулю ([3]. Стр. 36-38).

Варіант принципової схеми астатичного стабілізатора напруги, що відповідає функціональній схемі (фіг. 3), зображений на фіг. 6. Регулюючий елемент 1 виконано на потужному транзисторі VT1. Вимірювальним елементом 3 служить ділник напруги, що складається з резисторів R9, R10 і R11. Напруга зворотного зв'язку $U_{ЗЗ}$, пропорційна вихідній напрузі $U_{ВИХ}$, знімається з резистора R11 і частини резистора R10. Опорна напруга $U_{ОП}$ знімається зі стабілітрона VD1, що утворює разом з резистором, що гасить, R8 параметричний стабілізатор напруги - джерело опорної напруги 5. Опорна напруга $U_{ОП}$ через резистор R7 подається на вхід операційного підсилювача, що інвертує, DA1, що забезпечує інвертування - зміну полярності напруги на виході щодо полярності напруги на вході. Напруга зворотного зв'язку $U_{ЗЗ}$ позитивної полярності й опорна напруга $U_{ОП}$ негативної полярності подаються через резистори R5 і R4 на вхід, що інвертує, підсумовуючого інтегратора, зібраного на операційному підсилювачі DA2, у зворотний зв'язок якого включений конденсатор C1. Завдяки цьому операційний підсилювач DA2 виконує функції елемента порівняння 4, підсилювача 6 і інтегратора 7.

Вихідна напруга U_I підсумовуючого інтегратора DA2 і напруга уставки $U_{УСТ}$, за яку використовується опорна напруга $U_{ОП}$, (знімається зі стабілітрона VD1), сумуються за допомогою схеми, що складається з резисторів R1, R2 і R3. Сумарна напруга $U_{\Sigma} = U_{УСТ} + U_I$, що є напругою керування, прикладається до бази регулюючого транзистора VT1. Зміна потенціалу бази (напруги U_{Σ}) щодо потенціалу емітера викликає відповідну зміну опору між колектором і емітером регулюючого транзистора VT1.

Стабілізатор працює в такий спосіб.

При номінальних значеннях вхідної напруги $U_{ВХ}$ й опору навантаження R_H за допомогою напруги уставки $U_{УСТ}$ встановлюють номінальний опір $R_{РЕ}$ регулюючого транзистора VT1, при якому вихідна напруга $U_{ВИХ}$ стає рівною номінальному значенню $U_{ВИХ.Н}$, а напруга неузгодженості дорівнює нулю

$$\Delta U = U_{ЗЗ} - U_{ОП} = 0.$$

Нехай з якої-небудь причини (зміні вхідної $U_{ВХ}$ чи напруги опору навантаження R_H) зміниться, наприклад зменшилася вихідна напруга $U_{ВИХ}$ стабілізатора. Це зменшення призводить до зменшення напруги зворотного зв'язку $U_{ЗЗ}$ ($U_{ЗЗ} = \beta U_{ВИХ}$) - появи негативної напруги неузгодженості

$$U_{ЗЗ} - U_{ОП} = \Delta U < 0$$

на вході, що інвертує, підсумовуючого інтегратора DA2, а отже, і зростаючої U_I напруги позитивної полярності на виході цього інтегратора. При цьому напруга керування, рівна $U_{\Sigma} = U_{УСТ} + U_I$ зростає в часі, підвищуючи потенціал бази регулюючого транзистора VT1 відносно його емітера. Опір між колектором і емітером регулюючого транзистора зменшується, що викликає зменшення спадання напруги на ньому і збільшення вихідної напруги стабілізатора. Збільшення вихідної напруги стабілізатора буде відбуватися доти, поки його значення не досягне номінального значення $U_{ВИХ.Н}$, а напруга неузгодженості ΔU не стане рівною нулю.

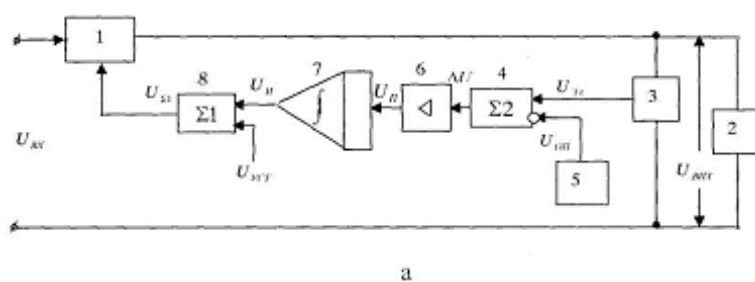
Зіставлення з прототипом показує, що пристрій, що заявляється, відрізняється включенням інтегруючого елемента в негативний зворотний зв'язок стабілізатора напруги і тим самим пристрій, що заявляється, відповідає критерію винаходу "новизна".

Порівняння винаходу з іншими технічними рішеннями, які відомі в науці і техніці, показує, що відомі стабілізатори напруги безперервної дії, у яких за рахунок уведення розімкнутого компенсаційного зв'язку по вхідній напрузі зменшується напруга неузгодженості, викликувана тільки відхиленнями вхідної напруги від номінального значення [4, 5] чи стабілізатор з компенсаційним зв'язком по струму навантаження, за допомогою якого зменшується напруга неузгодженості, викликувана тільки зміною відхилення опору навантаження [6, 7]. У стабілізаторі напруги, що заявляється, включення інтегруючого елемента в негативний зворотний зв'язок дозволяє зменшувати напруги неузгодженості, викликувані змінами як вхідної напруги, так і опору навантаження, при цьому цілком усуваються властиві стабілізатору-прототипу постійні за значенням напруги неузгодженості в сталих режимах при східчастих змінах відхилень вхідної напруги й опору навантаження, а зростаючі напруги неузгодженості при зміні цих впливів, що обурюють, за лінійним законом обмежуються кінцевими значеннями. Це дозволяє зробити висновок про відповідність технічного рішення критерію "істотні відмінності".

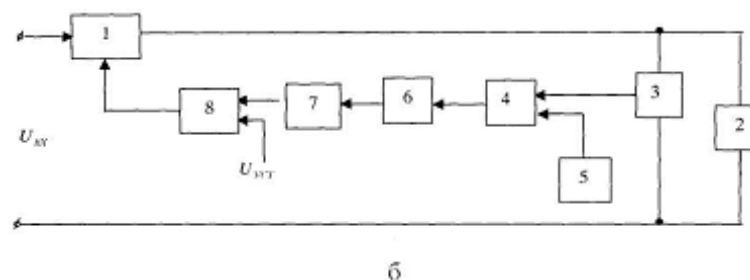
Джерела інформації:

1. Электропитание устройств связи: Учебник для ВУЗов/ Под ред. проф. В.Е. Китаева. - М.: Радио и связь, 1988.-280с.

2. Зайцев Г.Ф., Булгач В.Л., Караполов Ю.В. Анализ математической модели компенсационного стабилизатора напряжения / Вісник Державного

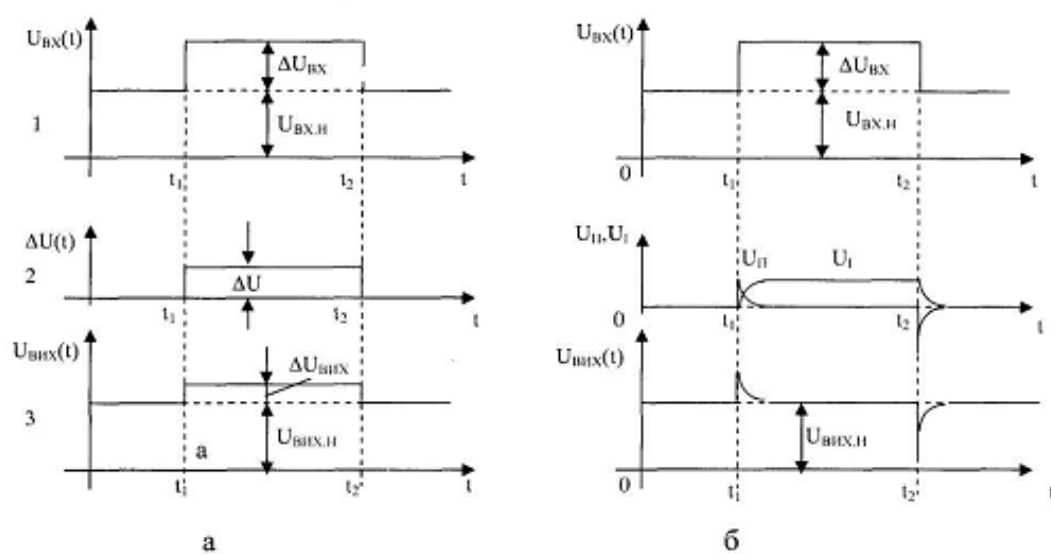


a

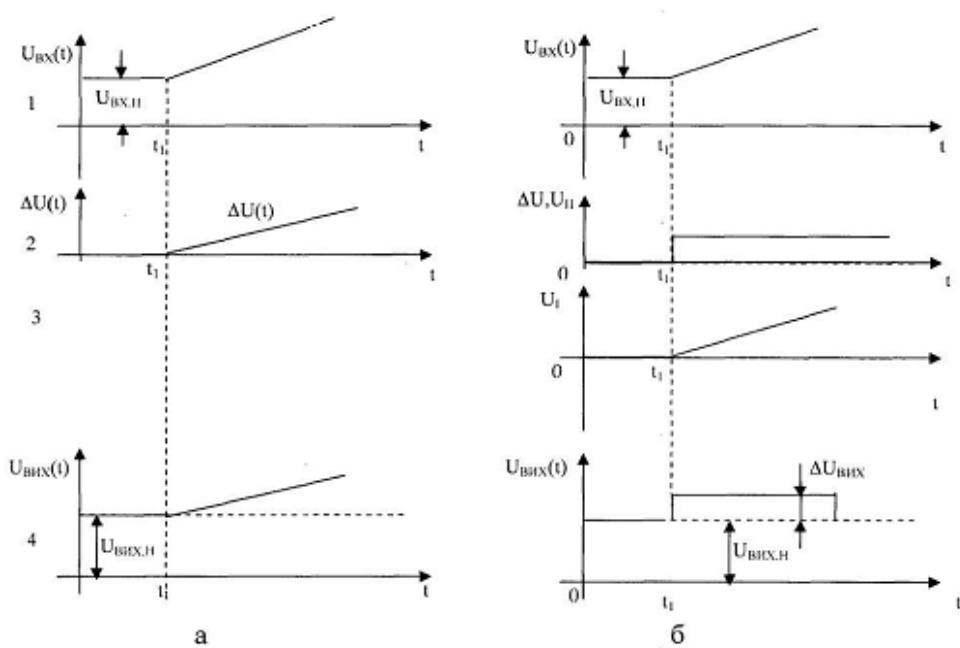


б

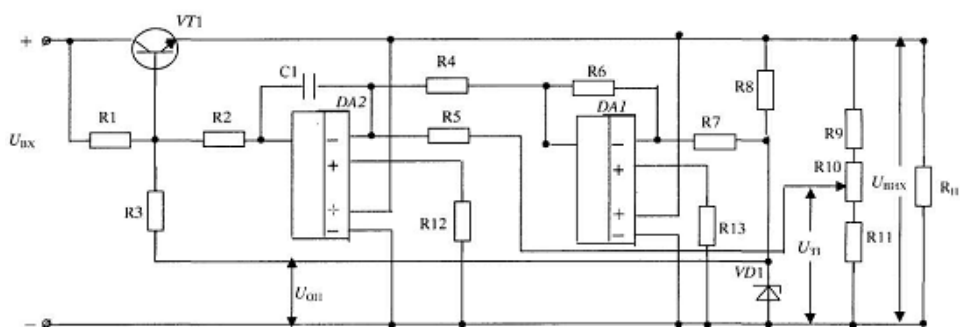
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6