



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55943

(13) A

(51) 7 H03B5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ГЕНЕРАТОР СИНУСОЇДАЛЬНОЇ НАПРУГИ

1

(21) 2002076265

(22) 26 07 2002

(24) 15 04 2003

(46) 15 04 2003, Бюл. № 4, 2003 р.

(72) Бекіров Ескендер Алімович, Масліков Ана-
топій Дмитрович

(73) Бекіров Ескендер Алімович

(57) 1 Генератор синусоїдальної напруги, що містить квадратурний генератор синусоїдальних коливань, що складається з двох операційних підсилювачів, охоплених загальним зворотним зв'язком, який відрізняється тим, що на першому операційному підсилювачі реалізований регульований фазообертач, а на другому - інвертор, причому вихід інвертора з'єднаний із входом фазообертача зворотним зв'язком, що складається з послідовно включених конденсатора і резистора, при цьому вихід фазообертача підключений до ланцюга стабілізації амплітуди синусоїдального

2

сигналу, що складається з емітерного транзисторного повторювача, навантаженням якого є послідовно з'єднані лампи розжарювання і підстроювальний резистор, що виконує функцію регулятора амплітуди вихідного сигналу, крім того вихід фазообертача підключений до входу пристрою синхронізації частоти і фази генератора, вихід якого підключений до входу парафазного підсилювача потужності, що складається з фазоінверсного каскаду попереднього підсилювача, навантаженням якого є парафазний підсилювач потужності, реалізований на складених транзисторах за схемою напівмостового інвертора на транзисторах різної провідності, вихідному багатообмотковому трансформаторі і двох конденсаторах 2 Генератор за п. 1, який відрізняється тим, що ланцюг стабілізації амплітуди синусоїдального сигналу містить три послідовно з'єднаних лампи розжарювання

Винахід відноситься до електротехніки, зокрема до генераторів синусоїдальної напруги

Відомі цифрові генератори гармонійних, у т.ч. і синусоїдальних, сигналів (наприклад 1 А с СРСР №1614102, Цифровий генератор гармонійних сигналів, МПК - 5 H03K3/64, H03B19/00, БИ-48-90р 2 А с СРСР №1631696, Генератор гармонійних сигналів, МПК - 5 H03B19/00, БИ-8-91р 3 А с СРСР №1702511, Генератор синусоїдальних сигналів, МПК - 5 H03B1/00, G01N27/00, БИ-48-91р), схемотехніка яким реалізована на цифрових мікросхемах і відрізняється великою складністю, незважаючи на гарні техніко-економічні показники

Відомі генератори гармонійних синусоїдальних коливань, реалізовані на операційних інтегральних підсилювачах (наприклад 4 Р Кофлин, Ф Дрискол, Операційні підсилювачі і лінійні інтегральні схеми, М, изд «Світ», 1979р, с 112 - 116 5 Сучасні лінійні інтегральні мікросхеми і їхнє застосування, під ред М В Гальперина, М, «Енергія», 1980р, с 30 - 32 6 Дж Рутковски, Інтегральні операційні підсилювачі, М, изд «Світ», 1978р, с 228 - 229 7 В Л Шило, Лінійні інтегральні схеми, М, «Радянське радіо», 1979р, с 203 - 207 8 Дж Ленк, Керівництво для користувачів операційних підсилювачів, М, «Зв'язок», 1978р, с 233 - 235 9

В С Гутников, Інтегральна електроніка у вимірювальних пристроях, Л, «Енергоатомиздат», 1988р, с 108 - 112)

Відомі схеми характеризуються різноманітністю застосування, порівняно нескладною схематикою при гарних експлуатаційних показниках, досить високими міцнісними параметрами, широким динамічним діапазоном генеруємих частот. Однак ці генератори вимагають досить великої кількості прецизійних компонентів (резисторів і конденсаторів з точністю 0,1 - 1%), а, саме головне, мають малопотужний вихід, що не дозволяє одержати вихідну потужність синусоїдального сигналу більше 0,5 - 1,0Вт

Відомі схеми генераторів синусоїдальної напруги з регульованою частотою, схематика яких заснована на використанні моста Вина (наприклад 10 А Г Алексеєнко й ін, Застосування прецизійних аналогових мікросхем, М, «Радіо і зв'язок», 1985р, с 134 - 137 11 В И Щербаков, Г И Грездов, Електронні схеми на операційних підсилювачах, К, «Техніка», 1983р, с 85 - 86) Відомі схеми забезпечують необхідний діапазон регулювання частоти, однак для регулювання частоти необхідне застосування здвоєних потенціометрів (чи конденсаторів)

(13) A

(11) 55943

(19) UA

Відомий генератор синусоїдальних коливань, що перебудовується, (12 Дж Рутковски, Інтегральні операційні підсилювачі, М, изд «Світ», 1978р, с 230 - 231), виконаний на двох операційних підсилювачах, при цьому перший каскад на операційному підсилювачі типу 101А генерує синусоїду, що подається на другий каскад, виконаний на операційному підсилювачі типу LM111 з великим коефіцієнтом підсилення, що працює як компаратор. Результуючий прямокутний сигнал з виходу LM111 подається назад на підсилювач 101А через фільтр, що істотно послаблює неосновні гармоніки прямокутного сигналу і збуджує перший каскад на частоті основної гармоніки, у результаті чого сигнал на виході першого каскаду має форму, досить близьку до синусоїди.

Відомий генератор містить значну кількість дискретних елементів, що істотно впливає на надійність роботи цього генератора.

Найбільш близьким по технічній сутності і результату, що досягається, і обраним як прототип є «Квадратурний генератор синусоїдальних коливань» (13 В Д Лихачев, Практичні схеми на операційних підсилювачах, М, изд «ДТСАФ СРСР», 1981р, с 50 - 52), що містить два послідовно включених інтегратори, охоплених загальним зворотним зв'язком, причому вихідний сигнал першого інтегратора є синусоїдою, а другого - косинусоїдою.

Відомо, що виникнення генерації в схемах зі зворотним зв'язком відбувається тільки в тому випадку, коли фазове зрушення по петлі зворотного зв'язку на визначеній частоті f_c буде дорівнює нулю чи 360° . При цьому коефіцієнт підсилення в петлі зворотного зв'язку перевищує одиницю.

При використанні як активного елемента у схемі генератора синусоїдальних коливань підсилювача, що інвертує, сигнал зворотного зв'язку повинен бути зрушений по фазі на кут, рівний 180° . З огляду на наявність фазової затримки, внесеної власне операційним підсилювачем, фазове зрушення ланцюга зворотного зв'язку, необхідне для виникнення незатухаючих коливань, повинне бути менше 180° .

Використання операційних підсилювачів у генераторах синусоїдальних коливань дозволяє одержати високу стабільність частоти в діапазоні від часток герців до сотень кілогерців.

Недоліком прототипу є низька температурна стабільність генератора, відсутність ланцюгів підстроювання обраної робочої частоти при впливі дестабілізуючих факторів, а також невисока вихідна потужність генератора синусоїдальних сигналів.

Задачею винаходу є розробка нової схемотехніки генератора синусоїдальної напруги з досягненням технічного результату - підвищенням вихідної потужності і надійності генератора, синхронізованого по частоті і фазі.

Поставлена задача досягається тим, що в «Генераторі синусоїдальної напруги», що містить квадратурний генератор синусоїдальних коливань, що складається з двох операційних підсилювачів, охоплених загальним зворотним зв'язком, на першому операційному підсилювачі реалізований регульований фазообертач, а на другому - інвертор, причому вихід інвертора з'єднаний із входом фа-

зообертач зворотним зв'язком, що складається з послідовно включених конденсатора і резистора, при цьому вихід фазообертача підключений до ланцюга стабілізації амплітуди синусоїдального сигналу, що складається з емітерного транзисторного повторювача, навантаженням якого служать послідовно з'єднані лампи накопювання і підсилювальний резистор, що виконує функцію регулятора амплітуди вихідного сигналу, крім того, вихід фазообертача підключений до входу пристрою синхронізації частоти і фази генератора, вихід якого підключений до входу парафазного підсилювача потужності, що складається з фазоінверсного каскаду попереднього підсилювача, навантаженням якого є парафазний підсилювач потужності, реалізований на складених транзисторах за схемою напівмостового інвертора на транзисторах різної провідності, вихідному багатообмоточному трансформаторі і двох конденсаторах, крім того, ланцюг стабілізації амплітуди синусоїдального сигналу містить три послідовно з'єднаних лампи накопювання.

Новим у генераторі синусоїдальної напруги є нова схемотехніка побудови генератора, могутній вихідний сигнал якого синхронізується по частоті і фазі вихідного сигналу, а також стабілізований по величині напруги і по дестабілізуючим факторам, таким як, температура і неідеальність параметрів операційних підсилювачів. Крім того, генератор, що заявляється, відрізняється схемною простотою і, як наслідок, високою надійністю роботи.

Тому очевидно, що реалізація генератора, який заявляється, дозволить виконати задачу, поставлену у винаході, з досягненням технічного результату - підвищенням вихідної потужності і надійності генератора, синхронізованого по частоті і фазі.

Істотними ознаками пристрою, який заявляється, співпадаючими з прототипом, є наступні ознаки.

квадратурний генератор синусоїдальних коливань,

генератор синусоїдальних коливань складається з двох операційних підсилювачів,

два операційних підсилювачі охоплені загальним зворотним зв'язком

Відмітними від прототипу істотними ознаками пристрою, який заявляється, є наступні ознаки.

на першому операційному підсилювачі реалізований регульований на другому операційному підсилювачі реалізований інвертор,

вихід інвертора з'єднаний із входом фазообертача, зворотним зв'язком,

зворотний зв'язок складається з послідовно включених конденсатора і резистора,

вихід фазообертача підключений до ланцюга стабілізації амплітуди синусоїдального сигналу,

ланцюг стабілізації амплітуди синусоїдального сигналу складається з емітерного транзисторного повторювача з навантаженням з послідовно з'єднаних декількох ламп накопювання і підстроювального резистора,

підстроювальний резистор виконує функцію регулятора амплітуди вихідного сигналу,

вихід фазообертача підключений до входу пристрою синхронізації частоти і фази генератора,

вихід пристрою синхронізації частоти і фази генератора підключені до входу парафазного підсилювача потужності,

парафазний підсилювач потужності складається з фазоінверсного каскаду попереднього підсилювача і парафазного підсилювача потужності,

навантаженням фазоінверсного каскаду попереднього підсилювача є парафазний підсилювач потужності,

парафазний підсилювач потужності реалізований на складених транзисторах за схемою напівмостового інвертора на транзисторах різної провідності, вихідному багатобмоточному трансформаторі і двох конденсаторах

Особливою відмінністю від прототипу істотною ознакою пристрою, який заявляється, є наступна ознака

ланцюг стабілізації амплітуди синусоїдального сигналу містить три послідовно з'єднаних лампи накалювання

Між істотними ознаками винаходу, що заявляється, і технічним результатом, який досягається, існує наступний причинно-наслідковий зв'язок

Дійсно, нова схемотехніка генератора синусоїдальної напруги, що заявляється, відрізняється простотою через невелику кількість активних і пасивних елементів схеми і, унаслідок цього, високою надійністю роботи генератора

Висока стабільність амплітуди вихідного сигналу генератора досягається введенням декількох (у даному випадку - трьох) ламп накалювання, нитки яких володіють нелинійним температурним коефіцієнтом опору, що компенсує температурний дрейф коефіцієнта підсилення операційних підсилювачів. Крім того, при цьому компенсується не ідеальність параметрів операційних підсилювачів, що дозволяє використовувати операційні підсилювачі без спеціального добору по вихідних параметрах

Настроювання вихідної частоти генератора здійснюється простим підстроювальним резистором, що виключає необхідність введення двосекційних підстроювальних резисторів (чи конденсаторів)

Схемотехніка генератора дозволяє здійснити синхронізацію генератора по частоті і фазі вихідного сигналу з частотою і фазою ведучого генератора (чи мережі) простими засобами

Наявність парафазного підсилювача потужності дозволяє без істотних витрат одержати вихідну потужність генератора порядку 10Вт

Застосування ж спеціальних високовольтних і високострумових транзисторів у вихідному каскаді інвертора дозволить при тій же схемотехніці одержати вихідну потужність генератора порядку 0,1 - 0,5кВт при напрузі живлення 150 - 200В

У зв'язку з вищевикладеним, можна зробити висновок, що задача, поставлена в дійсному винаході, виконується з досягненням технічного результату, зазначеного вище

Сутність пристрою, що заявляється, пояснюється кресленнями

На фіг 1 зображені принципова блок-схема генератора і принципова електрична схема вихідного каскаду парафазного підсилювача потужності, на фіг 2 зображена принципова електрична схема

квадратурного генератора синусоїдального сигналу, на фіг 3 зображена принципова електрична схема верхнього плеча підсилювача потужності синусоїдального генератора, на фіг 4 - те ж, нижнього плеча

Генератор синусоїдальної напруги складається з квадратурного генератора синусоїдального сигналу 1, двох пліч - верхнього 2 і нижнього 3 парафазного попереднього підсилювача потужності і підсилювача потужності синусоїдального генератора 4, зібраного за схемою напівмостового інвертора на транзисторах різної провідності, вихідному багатобмоточному трансформаторі і двох конденсаторах

Квадратурний генератор 1 зібраний на здвоєній мікросхемі операційного підсилювача (далі по тексту - ОП) DA 1. На ОП DA 1 - 1, резисторах R1, R2, R3, R4, R5 і конденсаторі C2 зібраний регульований фазообертач, що вносить зрушення фази сигналу, рівний φ_1 , що визначається співвідношенням ємності конденсатора C2 і опором резистора R4. З виходу фазообертача сигнал надходить на ланцюг стабілізації амплітуди HL1-HL3, R8, що компенсує вплив таких дестабілізуючих факторів, як температура і не ідеальність параметрів ОП

На ОП DA 1-2 і резисторах R9, R10 зібраний підсилювач, що інвертує. Внесене ним зрушення фаз φ_2 постійне і дорівнює 180°

Конденсатор C1 із вхідним опором каскаду на ОП DA 1 - 1 утворить ланцюг додаткового зрушення фази сигналу на кут φ_3 , що у сумі зі зрушенням фази, внесеним цим каскадом, складає 180°

Таким чином, загальне зрушення фази в квадратурному генераторі 1 складає

$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 360^\circ$, тобто виконується одна з основних умов виникнення генерації - баланс фаз

Для збереження балансу амплітуд необхідно виконати умову

$$k = (k_1 \times k_2) / 2 = 1,$$

де k - коефіцієнт передачі квадратурного генератора, з розірваною в крапці А петлею зворотного зв'язку,

k_1 - результуючий коефіцієнт передачі ланцюга HL1 - HL3, R8 і підсилювача, що інвертує, на ОП DA 1 - 2, VT 1,

k_2 - коефіцієнт передачі ОП на DA 1 - 1 і рівний R5 / R4

Підсилювач потужності зібраний за схемою парафазного підсилювача на транзисторах різної провідності з напругою зсуву, що створюється ланцюгом R11, VD3, VD4, R12, який компенсує рівень динамічного бар'єра близько 0,7В, що зводить до мінімуму перекручування синусоїдального сигналу типу «сходінка»

На транзисторах VT2, VT3 і резисторах R13, R14, R15, R16 і R17 зібраний фазоінверсний каскад

Вихідний каскад підсилювача потужності зібраний на складених транзисторах VT4, VT6 і резисторі R20 і VT5, VT7 і резисторі R21 за схемою інвертора на транзисторах різної провідності за напівмостовою схемою, у яку також входять C5, C6 і вихідний трансформатор TV1. Резистори R18 і R19 виконують роль місцевого негативного зворотного зв'язку, що забезпечує номінальний режим

роботи вихідних інверторів

Генератор синусоїдальної напруги працює в такий спосіб

При подачі живлення на вхід генератора починає працювати квадратурний генератор синусоїдального сигналу 1, що виробляє на виході DA 1 - 1 сигнал синусоїдальної форми з частотою близько 50 Гц

Цей сигнал через емпічний повторювач на транзисторі VT1 надходить на вхід пристрою синхронізації генератора (далі по тексту - ПСГ, умовно не показаний) по частоті і фазі з ведучою частотою, як правило, частотою мережі 50 Гц

З виходу ПСГ сигнал надходить на вхід дільника напруги на резисторах R25, R26 і через резистор R 24 надходить на вхід попереднього парафазного підсилювача на транзисторах VT2 і VT3

Діоди VD3 і VD4 створюють на резисторах R11 і R12 початковий зсув по постійному струму для транзисторів VT2 і VT3 близько 0,7В. Це спадання напруги відповідає напрузі $U_{бэ}$ транзисторів VT2 і VT3, рівній напрузі динамічного бар'єра кремнієвих транзисторів, що забезпечує роботу попереднього парафазного підсилювача і всього підсилювача потужності в режимі класу А - Б

Це дозволяє звести до мінімуму переключення типу «сходінка», однак, при цьому збільшується струм холостого ходу

Резистор R15 призначений для балансування роботи фазоінвертора щодо нульової точки

Крім функції створення початкового зсуву на базах транзисторів VT2 і VT3 діоди VD3 і VD4 поділяють вхідний сигнал на фази

Транзистори VT4, VT6 і VT5, VT7 являють собою парафазні каскади вихідного підсилювача

потужності на складених транзисторах різного типу провідності і потужності

Резистори R22, R23 виконують роль буфера і запобігають вихід з ладу складених транзисторів VT4, VT6 і VT5, VT7

Резистори R20 і R21 є опорами в ланцюзі негативного зворотного зв'язку, що забезпечують роботу складених транзисторів VT4, VT6 і VT5, VT7 з однаковим коефіцієнтом підсилення по перемінному і постійному струму і запобігають самозбудження цих складених транзисторів у підсилювачі потужності

Вихідні транзистори VT6 і VT7 включені в напівмостову схему разом з конденсаторами C5 і C6, навантаженням якого служить первинна обмотка підвищувального трансформатора TV1, що погоджує низьку вихідну напругу підсилювача з високою напругою живильної мережі (~ 220В, 50 Гц)

Трансформатор TV1 створює необхідний перепад напруг між виходом генератора синусоїдальної напруги і напругою мережі, тобто $U_{вх\text{М}} > U_{\text{сети}}$, для того, щоб напруга виходу генератора була вище напруги мережі - це необхідно для передачі енергії з генератора в мережу

Крім того, з виходу трансформатора TV1 знімається перемінна напруга 15В, яка необхідна для виділення нульового биття (різниці частот) живильної мережі і генератора і яка служить для синхронізації частоти і фази генератора в ПСГ (умовно не показаний)

Таким чином, можна зробити висновок, що задача, поставлена в дійсному винаході, вирішена з досягненням технічного результату - підвищенням вихідної потужності і надійності генератора, синхронізованого по частоті і фазі

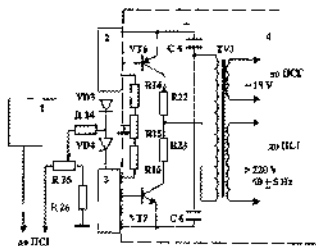


Fig.1

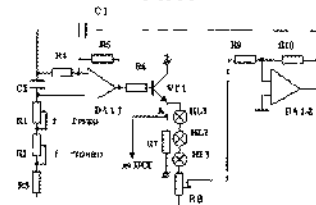


Fig.2

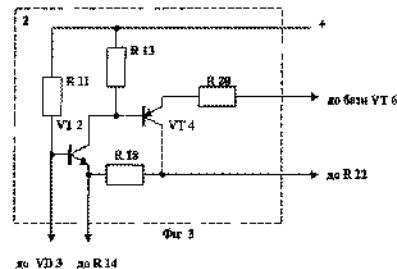


Fig.3

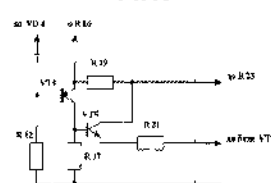


Fig.4