

Винахід відноситься до області електротехніки і може бути використаний в перетворювачах підвищеної потужності, до яких висуваються особливо жорсткі вимоги щодо стабільності частоти комутації силових ключів, якості вихідної напруги та надійності роботи.

Відомий спосіб увімкнення транзисторних перетворювачів постійної напруги на паралельну роботу з метою підвищення вихідної потужності, в якому перший перетворювач виконується ведучим по відношенню до наступного, який в свою чергу є веденим по відношенню до попереднього, але ведучим для наступного і т.д. Прикладом реалізації такого способу може бути джерело живлення (Див. Авдеев и др. Мощный малогабаритный транзисторный инвертор. В кн. Современные задачи преобразовательной техники; Ч. 4. Киев, ИЭД УССР, 1975, С. 74-76.), яке містить два транзисторних інвертори, кожен з яких через свій силовий трансформатор і випрямляч увімкнений на спільне навантаження. Один з перетворювачів виконаний ведучим, а інший - веденим. Для цього система керування веденого через фазорегулятор під'єднана до системи керування ведучого. Між навантаженням і фазорегулятором увімкнено вузол порівняння.

Таке рішення досить складне і наявність фазового зсуву ведучого та веденого перетворювачів приводить до підвищення рівня електромагнітних завад. Крім того, відмова в роботі системи керування ведучого перетворювача призводить до припинення роботи інших, що знижує надійність джерела живлення.

Також відомий спосіб увімкнення транзисторних перетворювачів постійної напруги на синхронну та синфазну роботу при якому задаючі генератори всіх перетворювачів синхронізовані по частоті. Прикладом реалізації такого способу є джерело живлення (Див. Миловзоров Е.П. і др. Система синхронизованных задающих генераторов с повышенной надежностью. В кн.: Современные задачи преобразовательной техники; Ч. 4. Киев, ИЭД УССР, 1975, С. 126-130.), що містить N первинних перетворювачів, кожен з яких керується своїм задаючим генератором. Задаючий генератор являє собою малопотужний транзисторний інвертор по схемі з середньою точкою і трансформатором насичення у базовому колі. На трансформаторі управління розміщені з'єднані паралельно через обмотки дроселів насичення обмотки синхронізації. Дроселі насичення служать для захисту від зриву генерації задаючих генераторів при коротких замиканнях.

Синхронізація по частоті вихідних напруг перетворювачів забезпечена не в повній мірі, оскільки навіть при синхронізованих задаючих генераторах розкид в параметрах елементів силових перетворювачів приведе до розбалансування по частоті їх вихідних напруг. А надійна робота цього джерела забезпечується значним його ускладненням.

Найбільш близьким до пропонованих способу увімкнення транзисторних перетворювачів постійної напруги на синхронну і синфазну роботу і пристрою для його реалізації є джерело живлення (Див. Патент СССР N 1797731 "Многоканальный источник питания", Хруслов Л.Л., Яськив В.И. Опубл. в БИ N 7, 1993), яке містить N ідентичних синхронізованих по частоті перетворювачів постійної напруги з регуляторами у вихідних каналах перетворювачів. Кожен первинний перетворювач постійної напруги виконаний по схемі двотактного транзисторного автогенератора зі зворотними зв'язками по струму і по напрузі. Зворотній зв'язок по напрузі включає в себе послідовно з'єднані резистор та зашунтовану дроселем насичення з прямокутною петлею гістерезису (ППГ) обмотку трансформатора управління автогенератором, електрично незв'язану з іншими обмотками цього трансформатора. Причому обмотки дроселів насичення в колах зворотних зв'язків по напрузі розташовані на спільному осерді. Таке рішення забезпечує синхронізацію по частоті і по фазі вихідних напруг первинних перетворювачів без введення додаткових елементів синхронізації в схемотехніку окремих перетворювачів, і при виході з ладу одного з перетворювачів гарантує роботу інших при умові, що сумарна вихідна потужність не перевищує установлені потужності перетворювачів.

Однак не дивлячись на суттєві переваги останнього розглянутого варіанту, в ньому можлива деяка девіація синхронізованої частоти комутації силових ключів, обумовлена різними рівнями обмеження швидкості перемагнічування дроселя насичення в колах зворотних зв'язків по напрузі перетворювачів. Особливо це відчутно в динамічних режимах роботи синхронізованих перетворювачів, оскільки рівні обмеження швидкості перемагнічування задаються спадом напруги на діодах в базових колах та базо-емітерних переходах транзисторів.

В основу винаходу поставлено задачу забезпечення синхронної і синфазної роботи транзисторних перетворювачів постійної напруги виконаних у вигляді двотактних автогенераторів шляхом використання спільного дроселя насичення в колі зворотних зв'язків по напрузі для всіх транзисторних перетворювачів постійної напруги, який перемагнічується в режимі джерела струму, і забезпечення єдиного рівня обмеження швидкості перемагнічування цього дроселя насичення, час повного перемагнічування якого визначає тривалість півперіоду частоти комутації силових ключів, що дасть можливість забезпечити синхронну і синфазну роботу транзисторних перетворювачів постійної напруги з високим рівнем стабільності частоти комутації силових ключів у всьому діапазоні зміни струму навантаження.

Відомо, що динаміка процесу перемагнічування магнітопроводу з ППГ дуже складна і залежить від багатьох факторів. До них відносять: марку магнітного матеріалу, геометрію і розміри магнітопроводу, наявність навантажених вторинних обмоток та характер їх навантаження, режим перемагнічування магнітопроводу (джерело струму чи джерело напруги), частоту, форму струму перемагнічування і т.д. Ступінь та характер впливу одних і тих же факторів на процеси перемагнічування та на струмові режими електричних кіл будуть різними в залежності від наявності та ступені впливу інших факторів. Однак вольт-секундна площа B при повному перемагнічуванні є величина стала і не залежить від режиму перемагнічування (Див. Козлов Г.Д. Коммутация магнитного потока. Под ред. Б.С. Сотского. М., "Энергия", 1974, С. 75-98.). В підтвердження цього було проведено наступний експеримент. Схема експерименту приведена на фіг.1. Тороїдальний дросель насичення і, магнітопровід якого виконаний з аморфного сплаву 84КХСР з ППГ, перемагнічувався в режимі джерела струму з різними рівнями обмеження швидкості перемагнічування на частоті порядку 50кГц при дії напруги прямокутної форми. При цьому з допомогою засобів обчислювальної техніки проводилось обчислення вольт-секундної площі B при повному перемагнічуванні. Генератор струму 2 з вихідним струмом 150мА під'єднаний до обмотки 3 дроселя насичення 1. Обмотка 4 дроселя насичення через перемикач 5 по чергово поєднувалася до паралельного з'єднання зустрічне увімкнених діодів 6 і 7 відповідно. Тип діодів

2ДЕ13А. При цьому рівень обмеження швидкості перемагнічування задавався спадом напруги на діодах. Форма напруги на дроселі з обмотки 8 контролювалась цифровим осцилографом 9 типу С9-8. Отримана інформація поступала на ПЕОМ 10 типу ІВМ РС/ХТ, де проводилась її обробка. З допомогою принтера 11 на друк виведено результат 12, який подано на фіг.2. Перша осцилограма ілюструє режим перемагнічування дроселя насичення без обмеження швидкості перемагнічування. Друга і третя осцилограми зняті при рівнях обмеження швидкості перемагнічування заданих спадами напруг на діодах 6 та 7 відповідно (див.фіг.1). Під кожною осцилограмою приведено результат обчислення вольт-секундної площі В повного перемагнічування. Експеримент підтверджує її незалежність від режимів перемагнічування. Деяка похибка обумовлена цифровою обробкою результатів вимірювання.

В запропонованому способі увімкнення транзисторних перетворювачів постійної напруги на синхронну і синфазну роботу виконаних у вигляді двотактних автогенераторів зі спільним дроселем насичення в колах зворотних зв'язків по напрузі вводиться єдиний незалежний рівень обмеження швидкості перемагнічування цього дроселя насичення для всіх перетворювачів. Тим самим виключена нестабільність частоти комутації силових ключів, обумовлена динамікою роботи перетворювачів, а також можливим їх нерівномірним навантаженням.

Висока стабільність частоти комутації силових ключів була підтверджена наступним експериментом. По даному способу на синхронну і синфазну роботу було увімкнено два ідентичних двотактних автогенератори, кожен з яких через випрямляч по схемі із середньою точкою і LCD-фільтр був під'єднаний до свого навантаження. Стабілізація вихідної напруги здійснювалась за допомогою регуляторів на високочастотних магнітних ключах (Див. Хрусьов Л.Л., Ситников В.Ф. Высокочастотные магнитные ключи в источниках питания / Сб. науч. трудов. М.: МЭИ, 1986, N 84. С. 38-43.). Синхронність та синфазність роботи оцінювалась шляхом контролю напруги силових трансформаторів кожного автогенератора. Для цього на силових трансформаторах було розміщено ідентичні додаткові обмотки, сигнали з яких одночасно поступали на різні канали цифрового осцилографа. Для обробки інформації використовувались ті ж самі засоби, що й у попередньому експерименті. Результати експерименту подані на фіг.3. Перша осцилограма знята при роботі автогенераторів на холостому ході. Друга осцилограма - при незалежній роботі кожного автогенератора на навантаження 5В, 20А. Як видно з приведених результатів експерименту, синхронність та синфазність роботи автогенераторів забезпечена.

Приклад конкретного використання способу увімкнення транзисторних перетворювачів постійної напруги на синхронну і синфазну роботу.

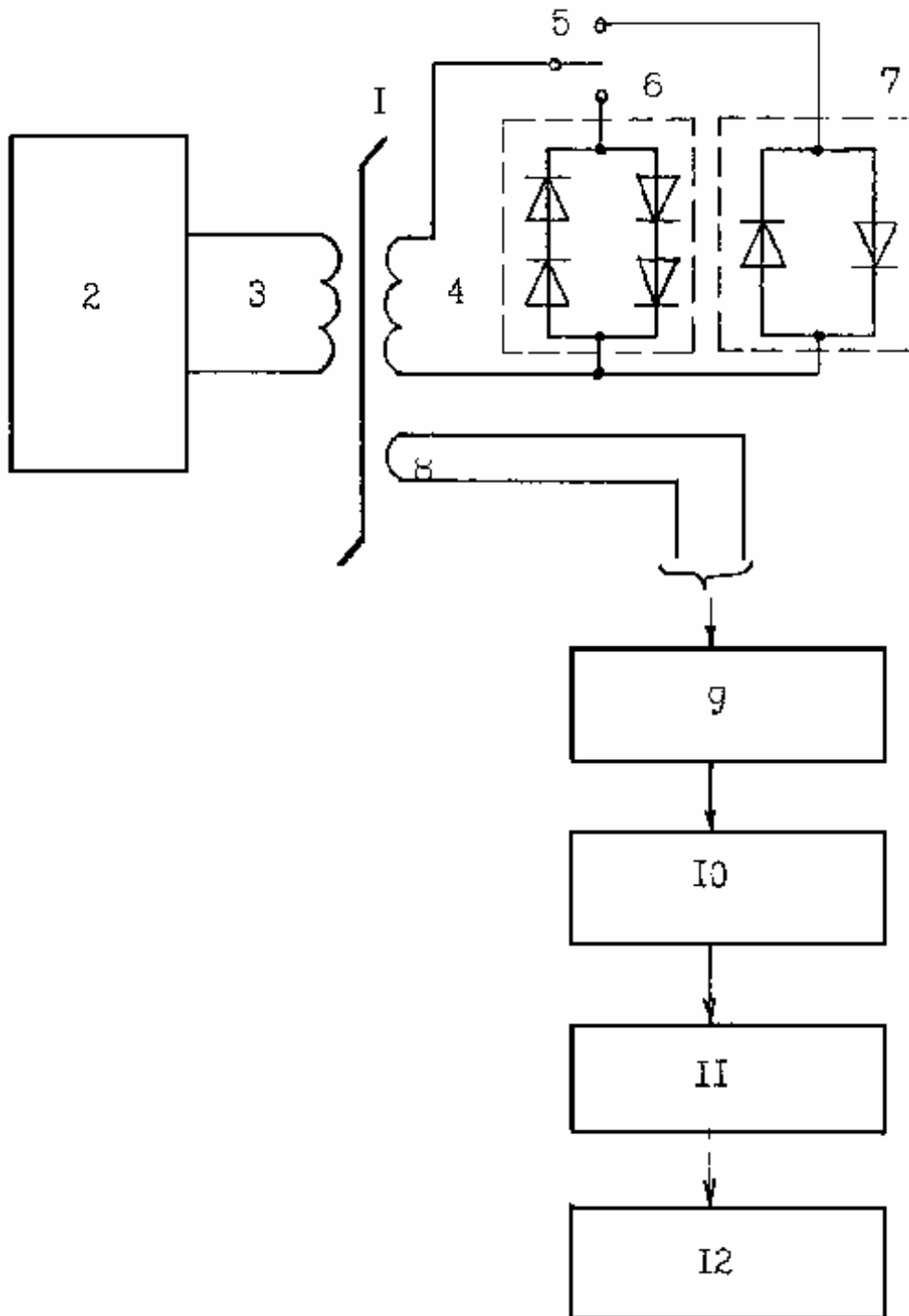
Запропонований спосіб увімкнення транзисторних перетворювачів постійної напруги на синхронну і синфазну роботу може бути реалізований у пристрої, який складається з N ідентичних перетворювачів постійної напруги, кожен із яких виконаний у вигляді двотактного автогенератора із зворотнім зв'язком по напрузі, який включає в себе послідовно з'єднані резистор і шунтовану дроселем насичення обмотку трансформатора управління автогенератором, причому обмотки дроселів насичення в колах зворотних зв'язків по напрузі розміщені на спільному осерді. На дроселі насичення розміщена додаткова обмотка, замкнена на паралельне з'єднання зустрічне увімкнених діодів, причому кількість діодів в кожній гілці паралельного з'єднання повинна бути не більшою за кількість послідовно увімкнених діодів в базових колах силових транзисторів автогенераторів. При цьому рівень обмеження швидкості перемагнічування дроселя насичення однозначно задається спадом напруги на цих діодах.

На фіг.4. подана схема електрична принципова джерела живлення. Джерело живлення містить N первинних перетворювачів 1 та N стабілізаторів 2, встановлених на виході перетворювачів напруги. Кожен з перетворювачів 1 виконаний у вигляді двотактного автогенератора на силових транзисторах 3, 4. Шунтуючі діоди 5-8 увімкнені по мостовій схемі. Діагональ постійного струму моста під'єднана катодами до клеми "+", анодами - до клеми "-" живлення. В діагональ змінного струму увімкнена обмотка 9 вихідного трансформатора перетворювача. Суміжні діоди 5, 6 через спільну обмотку 10 зворотного зв'язку по струму увімкнені паралельно відповідному переходу колектор-емітер транзисторів 3, 4. Суміжні діоди 7, 8 під'єднані паралельно до закриваючих конденсаторів 11, 12. Базове коло транзистора 3 (4) утворене обмоткою 13 (14) трансформатора управління та діодом 15 (16), шунтуючим конденсатором 17 (18), при цьому до бази діод 15 (16) під'єднаний катодом. Паралельно переходу колектор-база транзистора 3 (4) увімкнений резистор 19 (20). Паралельно переходу емітер-база транзистора 3 (4) увімкнена ланка із послідовно з'єднаних конденсатора 21 (22) та резистора 23 (24). Стабілізатор 2 під'єднаний до вторинної обмотки 25 вихідного трансформатора. Виходи стабілізатора приєднані до клем для під'єднання навантаження. Коло зворотного зв'язку по напрузі утворене обмоткою 26 вихідного трансформатора, послідовно з'єднаним резистором 27 та дроселем насичення 28, який шунтує обмотку 29 трансформатора управління. Обмотки дроселя насичення 28 всіх первинних перетворювачів розташовані на одному осерді. До окремої обмотки під'єднані діоди 30, 31 якими визначається обмеження швидкості перемагнічування дроселя насичення 28.

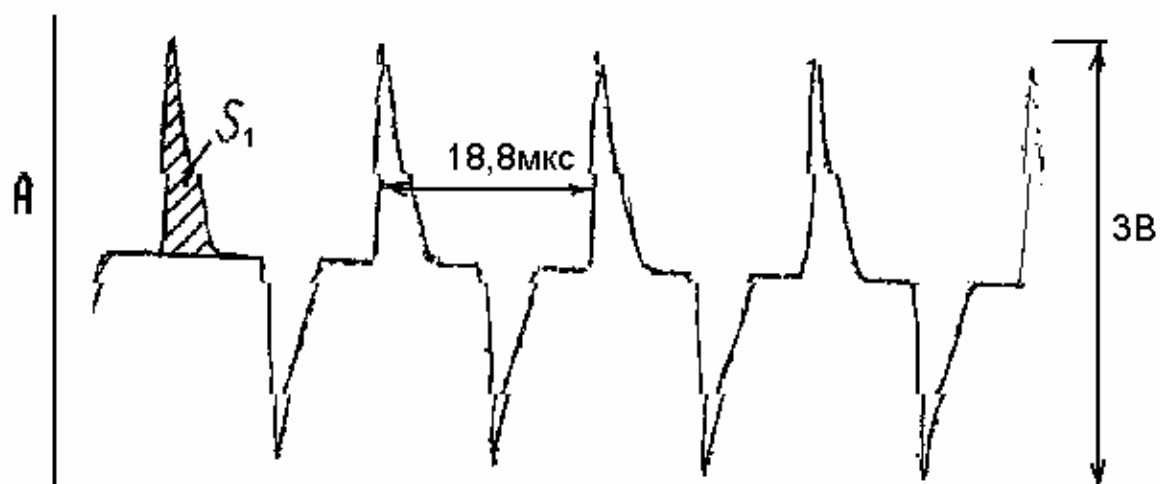
Запуск автогенератора здійснюється подачею напруги живлення через резистор 19 (20). При цьому один із транзисторів 3 (4) відкривається першим і через обмотку 9 вихідного трансформатора та обмотку 10 зворотного зв'язку по струму протікає струм. Протікання струму через обмотку 9 приводить до появи ЕРС на обмотці 26 зворотного зв'язку по напрузі. Ця напруга через резистор 27 прикладається до паралельно увімкнених обмотки 29 трансформатора керування та дроселя насичення 28. При цьому відбувається перемагнічування дроселя 28 в режимі джерела струму по повній петлі гістерезису. Швидкість перемагнічування дроселя насичення 28 обмежена падінням напруги на діоді 30 (31). При насиченні дроселя 28 опір його обмотки різко падає, що приводить до режиму, який еквівалентний короткому замиканню в колі обмоток 29 трансформатора управління. При цьому швидкість перемагнічування осердь трансформаторів управління різко сповільнюється, викликаючи в їх обмотках ефект, що відповідає ефекту насичення і забезпечує синхронізацію комутації транзисторів 3, 4 всіх первинних перетворювачів. Зворотній зв'язок по струму підтримує постійним коефіцієнт підсилення транзисторів у всьому діапазоні зміни струму навантаження. Для форсованого закривання транзисторів 3, 4 служать конденсатори 11, 12.

Таким чином, запропонований пристрій забезпечує синхронну і синфазну роботу транзисторних перетворювачів постійної напруги з високою стабільністю частоти комутації силових ключів у всьому діапазоні зміни струму навантаження.

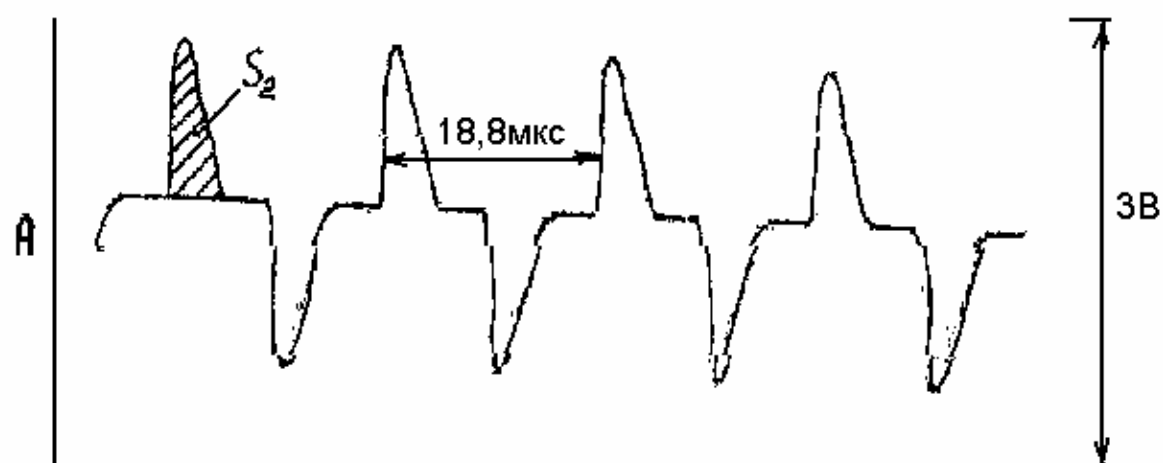
Можливе виконання двотактного транзисторного автогенератора по схемі з середньою точкою, коли кожен з транзисторів має свою обмотку зворотного зв'язку по струму та спільний діод в базових колах, який катодом під'єднаний до баз транзисторів через базові обмотки трансформатора управління.



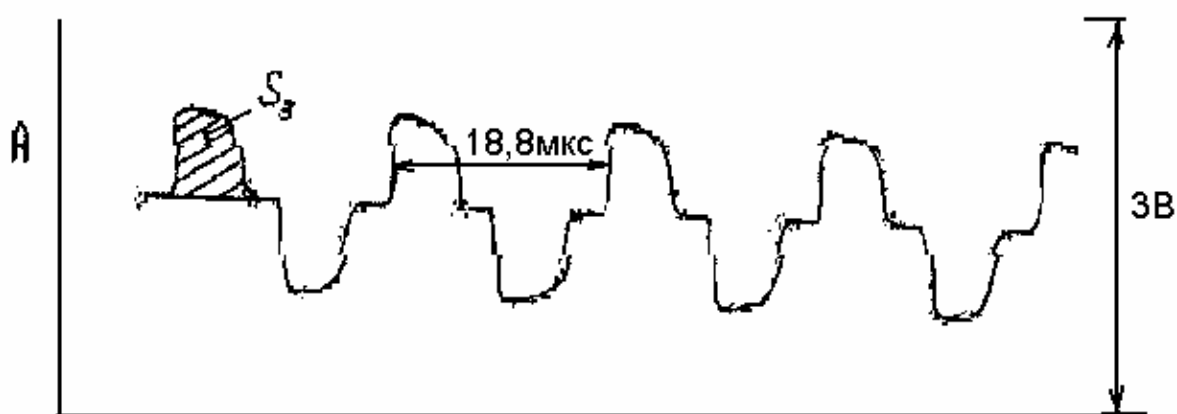
Фіг. 1



$$S_1 = 3.12597656250066E-006 \text{ Bc}$$



$$S_2 = 3.01367187501358E-0006 \text{ Bc}$$



$$S_3 = 3.01367187501358E-0006 \text{ Bc}$$

Фиг. 2

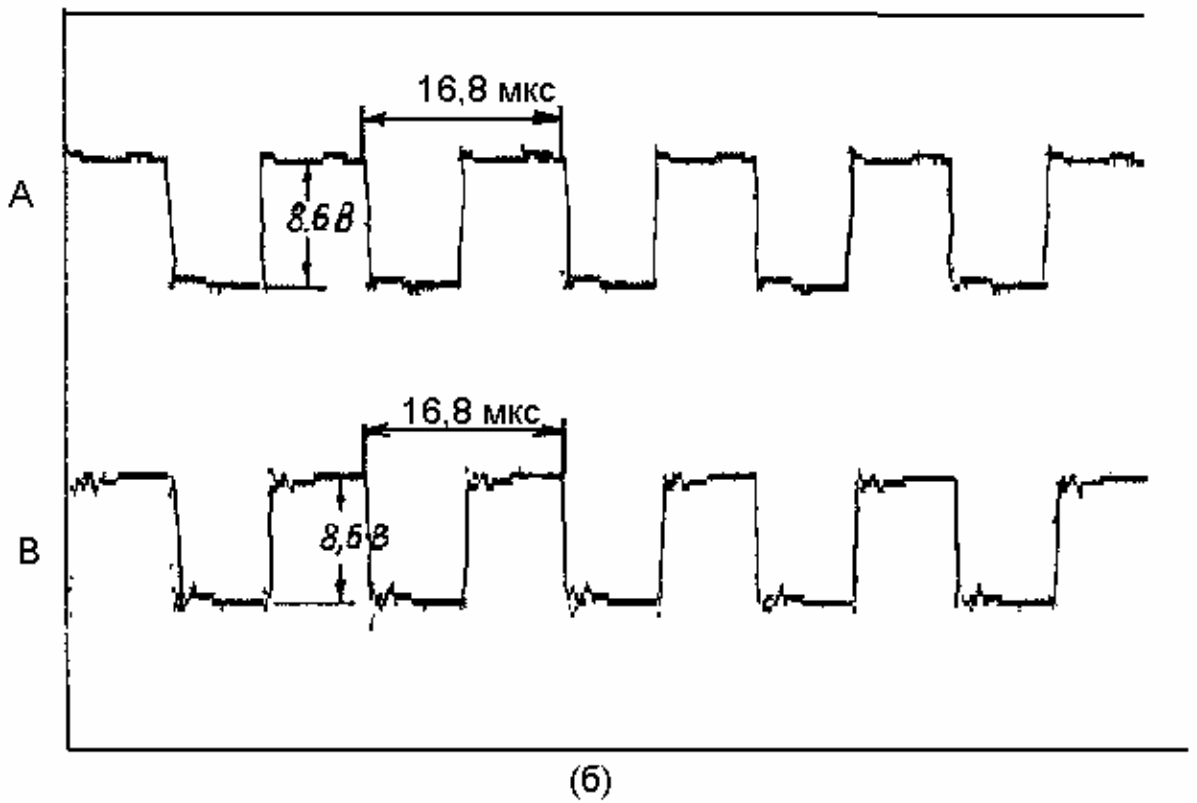
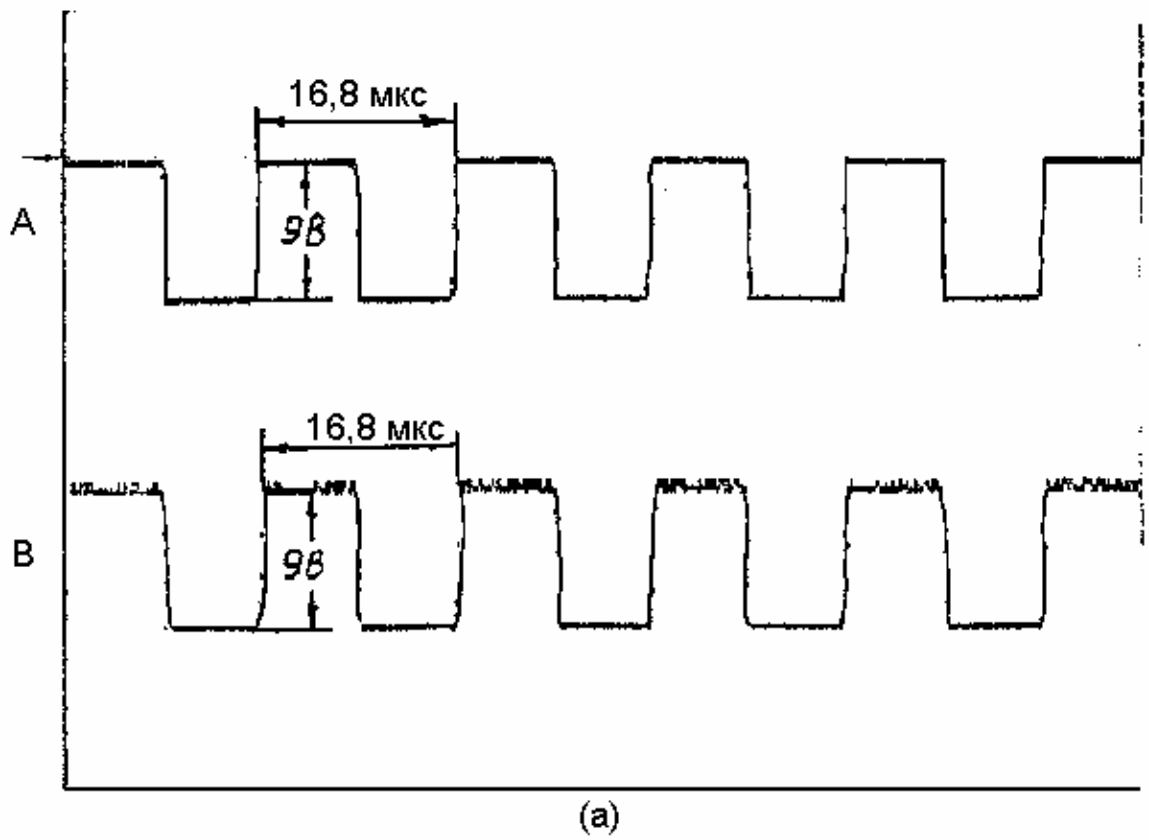
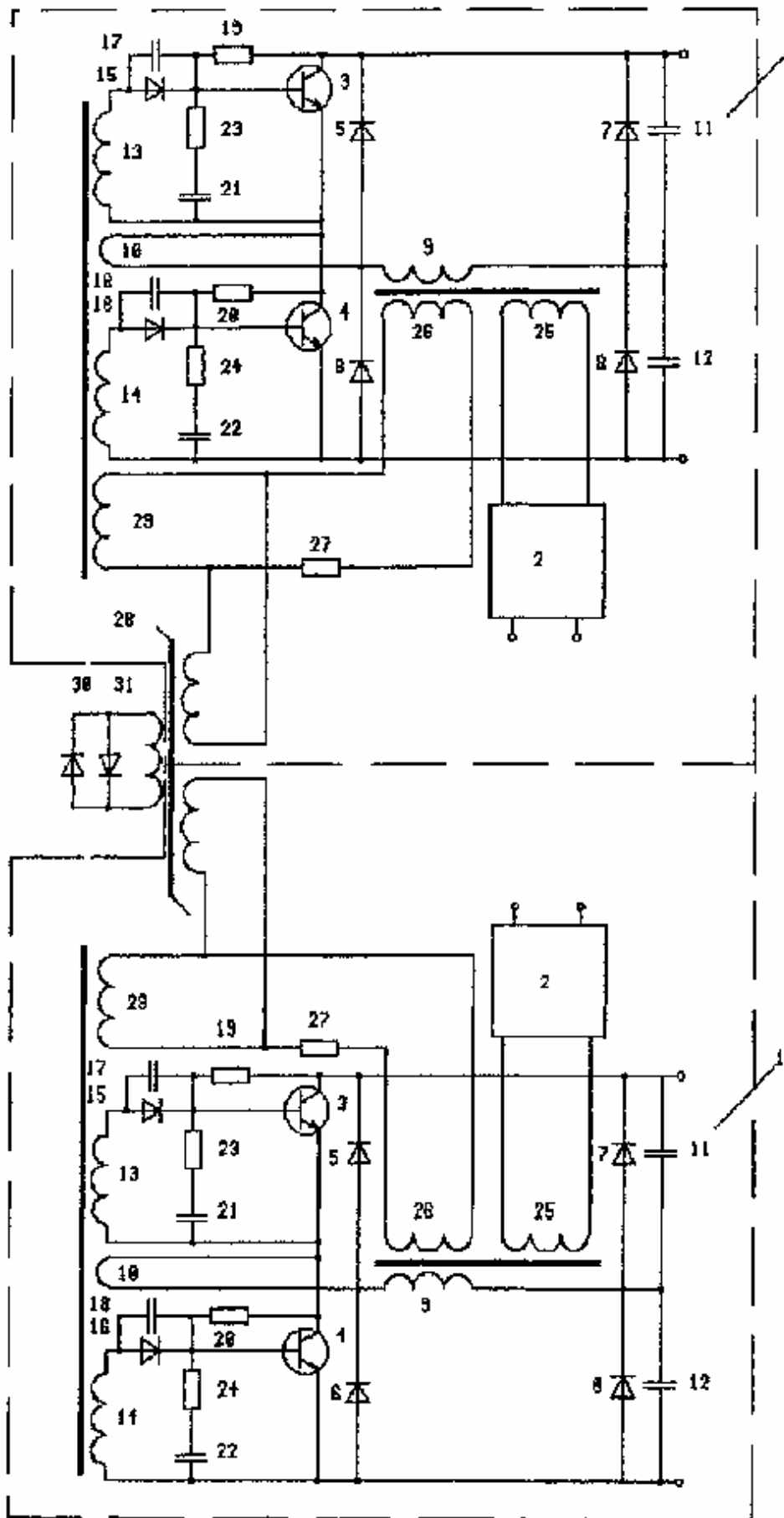


Fig. 3



Фиг. 4