



УКРАЇНА

(19) UA (11) 1595 (13) U

(51) 7 H03F3/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ

1

2

(21) 2001064473

(22) 26 06 2001

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Поваляев Анатолій Єгорович

(73) Поваляев Анатолій Єгорович

(57) 1 Підсилювач струму, що містить двотактний вихідний каскад класу АВ зі струмовим виходом, обидва колектори (або стоки) вихідних комплементарних транзисторів якого під'єднані до шин плаваючого джерела живлення, а акустичне навантаження під'єднано першим виводом до нульової (середньої) шини плаваючого джерела живлення, а другим - до корпусу, містить також сумісний резистор струму навантаження, один з виводів якого під'єднано до корпусу, який відрізняється тим, що двотактний вихідний каскад включено по схемі з загальною базою (загальним затвором), на обидві бази (затвори) відокремлено подана напруга зміщення, а обидва емітери (витоки) вихідних транзисторів з'єднано разом і підключено до точки з'єднання колекторів (стоків) двотактного передвипередного каскаду класу А, який включено по схемі з загальним емітером (витоком) і який підключено від другого потужного низьковольтного джерела живлення, окремого від першого

2 Підсилювач за п. 1, який відрізняється тим, що другий вивід сумісного резистора під'єднано до нульової (середньої) шини другого джерела живлення

3 Підсилювач за п. 1, який відрізняється тим, що у передвипередному каскаді разом з'єднуються обидва емітери (або витоки), які через сумісний резистор струму навантаження з'єднуються з корпусом, а колектори (стоки) - нарізно з шинами другого джерела живлення, загальна середня (нульова) шина якого з'єднується з точкою з'єднання емітерів (стоків) транзисторів вихідного каскаду

4 Підсилювач за одним з пунктів 2, 3, який відрізняється тим, що сигнальний вивід сумісного резистора струму навантаження з'єднано з точкою з'єднання напруг зміщення транзисторів вихідного каскаду

5 Підсилювач за одним із пунктів 1, 3, який відрізняється тим, що вихідний каскад виконано на складених біполярних транзисторах, що складені з двох або більше транзисторів, колектори яких з'єднані разом, а емітери менш потужних транзис-

торів з'єднані з базами більш потужних

6 Підсилювач за одним із пунктів 1, 3, який відрізняється тим, що транзистори вихідного каскаду або транзистори передвипередного каскаду, або обох каскадів разом застосовано уніполярні або польові з ізолюваним затвором транзистори

7 Підсилювач за одним із пунктів 1, 3, який відрізняється тим, що передвипередний каскад виконано на складених транзисторах, що складені з двох або більше транзисторів, в яких колектори з'єднані або разом, або колектори менш потужних транзисторів з'єднані з корпусом, або з протилежною шиною живлення, а емітери менш потужних транзисторів з'єднано з базами більш потужних

8 Підсилювач за одним із пунктів 1, 2, 3, 7, який відрізняється тим, що в емітерних (або витоках) колах передвипередного каскаду введено струмостабілізуючі резистори

9 Підсилювач за п. 8, який відрізняється тим, що сумісний резистор струму навантаження закорочено, а струмостабілізуючі резистори підвищено за номіналом

10 Підсилювач за одним з пунктів 1, 3, який відрізняється тим, що в кожне з емітерних кіл вихідного каскаду введено паралельно з'єднані діод і резистор

11 Підсилювач за одним з пунктів 2, 3, який відрізняється тим, що другий вивід сумісного резистора під'єднано до кола зворотного зв'язку попереднього підсилювача

12 Підсилювач за одним із пунктів 1, 3, який відрізняється тим, що в кожне з емітерних кіл вихідного каскаду введено джерело струму, а між собою емітерні кола з'єднано через послідовний ланцюг з двох діодів, точка з'єднання котрих під'єднана до передвипередного каскаду

13 Підсилювач за одним із пунктів 1, 3, 5, який відрізняється тим, що між кожною з баз складених транзисторів вихідного каскаду і між кожною з напруг зміщення введено паралельно з'єднані резистор і конденсатор, постійна часу котрих перевищує тривалість періоду найнижчої робочої частоти не менш, ніж у десять разів

14 Підсилювач за п. 5, який відрізняється тим, що в складених транзисторах вихідного каскаду вихідні транзистори введено в режим класу В, а передвипередні транзистори складених транзисторів - в режим класу А або клас АВ з підвищеним

(13) U

(11) 1595

(19) UA

струмом спокою, задля чого резистори під'єднані паралельно база-емітерним переходам вихідних транзисторів або під'єднані між емітерами передвихідних транзисторів та вибрані зменшеного номіналу

15 Підсилювач за п 5, який відрізняється тим, що в складених транзисторах вихідного каскаду емітери передвихідних транзисторів під'єднано до

джерел струму, а незадіяні виводи джерел струму - до шин другого низьковольтного джерела живлення

16 Підсилювач за одним із пп 1, 3, 6, 7, який відрізняється тим, що величина струму спокою передвихідного каскаду вибирається по зламу прохідної характеристики транзисторів

Винахід має відношення до галузі звукотехніки і може бути застосовано, переважно, в підсилювачах класу High - End

Відомий підсилювач струму з високим вихідним опором по патенту України "Підсилювач потужності" № 38327 від 23.06.2000 р., пункт формули 8 Підсилювач характеризується малими спотвореннями сигналу і високим коефіцієнтом корисної дії. Але в ньому підсилювач складається фактично з двох підсилювачів класу А і класу В, що ускладнює реалізацію і робить його менш придатним для більш масових і менш потужних випадків використання. З відомих пристроїв найбільш близьким по сукупності ознак до заявляемого винаходу є підсилювач по АС СРСР № 1310997. Пристрій має плаваюче джерело живлення і струмовий вихід з високим вихідним опором. Недоліком пристрою є високий рівень нелінійних спотворень, що вимагає застосовувати задля зниження нелінійних спотворень негативний зворотний зв'язок підвищеної глибини, котрий сам по собі призводить до виникнення динамічних інтермодуляційних спотворень (див Корзинин М. "Схемотехніка усилителя мощности звуковой частоты высокой верности" - журнал "Радио", № 8, 1996 р. ст. 24-27, Соколов А. "От усилителя к громкоговорителю" - журнал "Радио", № 7, 1997 р. ст. 20-21, 49, Храбан О. "Лампы или транзисторы" - журнал "Радио", № 2, 1997 р., ст. 12-14, Алейнов А., Сырцов А. "Улучшение звуковоспроизведения в системе УМЗЧ - громкоговоритель" - журнал "Радио", № 7, 2000 р. ст. 16-18)

В основу винаходу поставлена задача в підсилювачі струму з високим вихідним опором і плаваючим загальним джерелом живлення двохтактний вихідний каскад, працюючий в режимі класу АВ з невеликим струмом спокою, виконати по схемі з загальною базою (або затвором) на составних біполярних транзисторах (або МОП-структурах), на обидві бази (затвори) відокремлено подати напругу зміщення, а обидва емітери (витоки) вихідних транзисторів з'єднати разом і підключити до точки з'єднання обох колекторів (стоків) двохтактного передвихідного каскаду класу А, котрий включити по схемі з загальним емітером (загальним витоком) і живити останній від окремого низьковольтного потужного джерела живлення, нульову (середню) шину котрого через сумісний резистор струму навантаження з'єднати з корпусом, а також з точкою з'єднання напруг зміщення, чим і забезпечити звуження спектру гармонік, а також низький загальний рівень нелінійних спотворень, без застосування негативного зворотного зв'язку

При застосуванні винаходу, маємо такі суттєві

ознаки у порівнянні з прототипом

- транзистори двохтактного вихідного каскаду включено по схемі з загальною базою (затвором),

- у якості транзисторів двохтактного вихідного каскаду застосовано составні біполярні транзистори, складені з двох, або більше транзисторів, колектори котрих з'єднані разом, а емітери менш потужних транзисторів з'єднані з базами більш потужних,

- обидва емітери (витоки) вихідних транзисторів з'єднано разом,

- точку з'єднання обох емітерів транзисторів вихідного каскаду з'єднано з точкою з'єднання обох колекторів передвихідного каскаду, в схему введено двохтактний передвихідний каскад класу А, котрий включено по схемі з загальним емітером (витоком),

- в схему введено друге потужне низьковольтне плаваюче джерело живлення, окреме від першого, від котрого живиться передвихідний каскад,

- сумісний резистор струму навантаження підключено між корпусом і середньою (нульовою) шиною другого джерела живлення,

- точку з'єднання напруг зміщення транзисторів вихідного каскаду під'єднано до сигнального виводу сумісного резистору струму навантаження,

- у другому варіанті застосування у передвихідному каскаді разом з'єднуються обидва емітери (витоки), котрі через загальний сумісний резистор струму навантаження з'єднуються з корпусом, а колектори (стоки) нарізно з шинами другого плаваючого джерела живлення, загальна середня (нульова) шина котрого з'єднується з точкою з'єднання емітерів вихідного каскаду

В традиційних схемах (дивись прототип) керування вихідним каскадом класу АВ здійснюється входною напругою по колу баз (затворів). Саме це і призводить до виникнення нелінійних спотворень, викликаних неплінійною залежністю струму колектору від напруги база - емітер (або струму стоку від напруги затвор - витоки)

В заявляемому винаході керування вихідним каскадом здійснюється струмом, а не напругою, і по колу емітерів, а не баз. Задля цього емітери (витоки) вихідних транзисторів з'єднано разом, а входний струм подано безпосередньо у коло зв'язаних між собою емітерів (витоки). Авторам встановлено, що характерною і принциповою особливістю такого двохтактного каскаду класу АВ, є те, що вихідний струм з високою точністю повторює вхідний. Струм спокою, котрий тече через обидва транзистори вихідного каскаду і не тече через акустичне навантаження не порушує лінійності прохід-

дної характеристики

При застосуванні винаходу маємо технічний результат

- в наслідок того, що нелінійність прохідної характеристики підсилювача визначається значною мірою нелінійністю предвхідного каскаду класу А, це дозволяє звузити спектр гармонік сигналу, а також зменшити їх загальний рівень у сотні і тисячі разів,

- зменшення рівня нелінійних спотворень дозволяє взагалі відмовитись від застосування негативного зворотного зв'язку, котрий сам по собі виявляється джерелом динамічних інтермодуляційних спотворень сигналу, або зменшити глибину зворотного зв'язку до мінімально необхідного рівня,

- застосована схема включення дозволяє підвищити вихідний опір схеми у тисячі разів, що зменшує рівень пульсацій напруги живлення на акустичному навантаженні, а також зменшує нелінійні спотворення сигналу, котрі спричинені нелінійністю вихідного опору джерела живлення, а також нелінійністю опору конденсаторів фільтру джерела живлення,

- застосована схема по рівню нелінійних спотворень і по спектру гармонік близька до схем, працюючих в режимі класу А, але значно економніша, що досягнуто живленням предвхідного каскаду класу А від низьковольтного джерела живлення,

- підвищений вихідний опір схеми повністю виключає виникнення в підсилювачі додаткових інтермодуляційних спотворень викликаних відкликом акустичного навантаження і його реактивним характером (дивись вказану вище літературу), а також виключає можливість спотворень звукового сигналу, викликаних струмами самоіндукції гучномовця акустичного навантаження,

- застосована у вихідному каскаді схема включення з загальною базою (затвором) дозволяє повністю виключити комутаційні спотворення, викликані перезарядом ємностей переходів транзисторів, що обумовлено зменшенням постійних часу заряду/розряду цих ємностей на декілька порядків,

- застосування у вихідному каскаді составних транзисторів приближує їх коефіцієнт передачі по струму до одиниці і тим самим сприяє зменшенню нелінійних спотворень на два - три порядки, під'єднання точки з'єднання напруг зміщення транзисторів вихідного каскаду до сигнального виводу сумісного резистору струму навантаження дозволяє зменшити напругу живлення другого джерела живлення і, тим самим, підвищити коефіцієнт корисної дії підсилювача в цілому, а також зменшити рівень нелінійних спотворень, що обумовлено зменшенням змінної напруги між колектором і емітером транзисторів предвхідного каскаду,

- лінійність прохідної характеристики підсилювача не критична до величини струму покою вихідного каскаду, а також до засобу стабілізації режиму, в наслідок того, що прохідна характеристика визначається входними колами предвхідного каскаду класу А і вихідними колами вихідного каскаду

Сутність винаходу пояснюється кресленнями на фіг 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

На фіг 1 зображено структурну схему підсилювача, виконаного на біполярних структурах

На фіг 2 аналогічний підсилювач виконано на МОП-структурах

На фіг 3 зображено підсилювач на біполярних структурах, в котрому предвхідний каскад з'єднано зі входом вихідного каскаду через друге плаваюче джерело

На фіг 4 зображено аналогічний підсилювач на МОП-структурах

На фіг 5 зображено вихідний каскад, в котрому реалізовано незапираємий режим роботи

На фіг 6 зображено вихідний каскад, в котрому застосовано автоматичне зміщення

На фіг 7 зображено вихідний каскад, в котрому в емітерні кола предвхідних транзисторів введено джерело струму

На фіг 1 зображена структурна схема пристрою, котра включає двохтактний вихідний каскад 1 класу АВ, виконаний на составних транзисторах по схемі з загальною базою, на бази котрих відокремлено подана напруга зміщення від ділителя напруги 2, колектори составних транзисторів з'єднані разом і нарізно до відповідних шин плаваючого джерела живлення 3. Акустичне навантаження 4 під'єднано першим виводом до нульової (середньої) шини плаваючого джерела живлення, а другим до корпусу

Обидва емітери вихідних транзисторів з'єднуються разом і підключаються до точки з'єднання колекторів двохтактного предвхідного каскаду 5 класу А, виконаного за схемою з загальним емітером, емітери котрого нарізно через струмостабілізуючі резистори 6 під'єднані до шин другого джерела живлення 7, окремого від першого, між корпусом і середньою (нульовою) шиною другого джерела живлення підключено сумісний резистор 8 струму навантаження, сигнальний вивід котрого з'єднано з точкою з'єднання напруг зміщення 2 транзисторів вихідного каскаду 1

Предвхідний каскад 5 під'єднано входами до виходів попереднього підсилювача 9, інвертуючий вхід котрого, у частному випадку використання, під'єднано до сигнального виводу сумісного резистору струму навантаження 8

Пристрій працює таким чином. Сигнал надходить на вхід попереднього підсилювача 9, з двох виходів котрого два однакові по амплітуді і фазі сигнали потрапляють на двохтактний предвхідний підсилювач 5 класу А. Предвхідний підсилювач 5 забезпечує підсилення струму підсилювача в цілому і визначає прохідну характеристику підсилювача, тому вибір струму покою має принципове значення для підсилювача в цілому. Найбільш лінійна прохідна характеристика досягається, якщо струм покою обирається по зламу прохідної характеристики. Для найбільш поширених типів транзисторів знаходиться у межах 2 - 10 ампер, і найчастіше 4 - 6 ампер. Досить великі значення струму покою при невеликих (3 - 6 вольт) напругах живлення джерела живлення 7, дозволяють мати досить пристойний коефіцієнт корисної дії при малих спотвореннях сигналу

Вихідний каскад 1 виконує функцію розподільника струму предвхідного каскаду 5 в акустичне навантаження 4. Нелінійність входного опору вихід-

дногo каскаду 1 не впливає на прохідний коефіцієнт підсилення каскаду по напрузі

$$K_n = \frac{R_4}{R_6/2 + R_8},$$

де K_n – коефіцієнт підсилення, разів,

R_6, R_8 – резистори 6, 8,

R_4 – опір акустичного навантаження

Застосування составних транзисторів у вихідному каскаді 1 приближує коефіцієнт передачі каскаду по струму до одиниці і тим самим зменшує спотворення сигналу

Резистори 6 забезпечують температурну стабільність струму покою предвихідного каскаду 5

Резистор 8 зменшує рівень нелінійних спотворень

Під'єднання сигнального виводу резистору 8 до точки з'єднання напруг зміщення 2 дозволяє зменшити напругу джерела живлення 7 - Е2. Зображені на схемі в кожній з емітерних кіл вихідного каскаду паралельно з'єднані діод і резистор являються звичайним засобом термостабілізації

Напруга зміщення для транзисторів вихідного каскаду 1 утворюється за допомогою ділителів 2, включаючих джерела струму (або звичайні резистори) і напругостабілізуючі елементи - діоди, стабістори, стабілтрони, світодіоди, транзистори

Ці елементи також є термокомпенсуючими і виконують функції термостабілізації струму покою вихідного каскаду 1. Ці заходи являються загальноновідомими і тому навмисно не розкриваються

Струм через резистор 8 з високою точністю повторює струм через акустичне навантаження 4. Тому напругу на резисторі 8 може бути застосовано задля введення негативного зворотного зв'язку на інвертуючий вхід попереднього підсилювача 9

На фіг 2 зображена схема пристрою, аналогічного тому, який зображено по фіг 1 тільки замість біполярних составних транзисторів застосовано польові з ізолюванням затвором транзистори. Аналогічним чином можливо застосувати уніполярні польові транзистори

На фіг 3 зображена схема пристрою, в котрому іншим чином побудовано предвихідний каскад 5. В цій реалізації обидва емітери предвихідного каскаду 5 через струмостабілізуючі резистори 6 з'єднано разом і через сумісний резистор 8 струму навантаження з'єднано з корпусом, а колектори

нарізно з шинами джерела живлення 7, котре є теж плаваючим, а середня (нульова) шина котрого з'єднується з точкою з'єднання емітерів вихідного каскаду 1. Принцип дії пристрою при цьому залишається незмінним

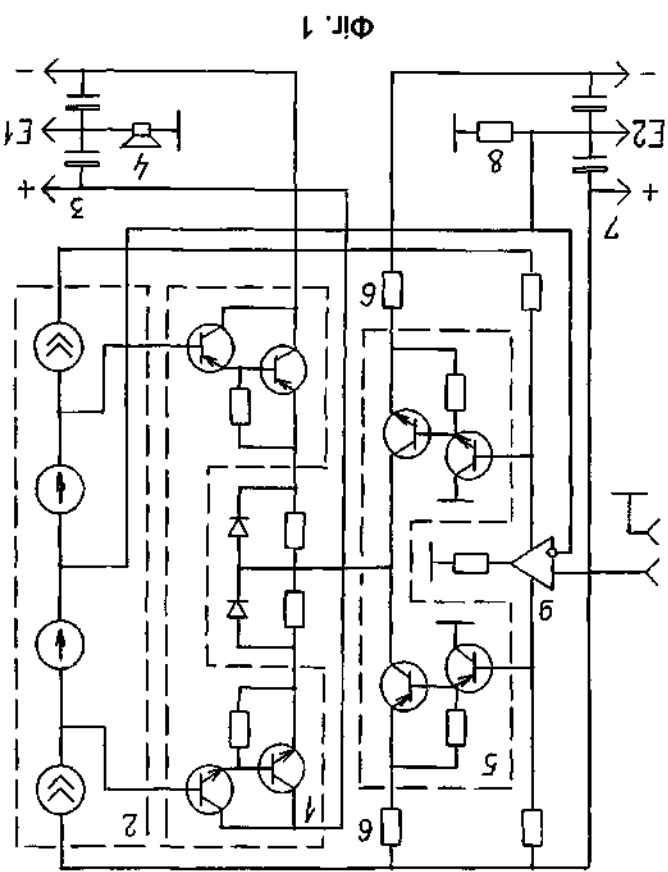
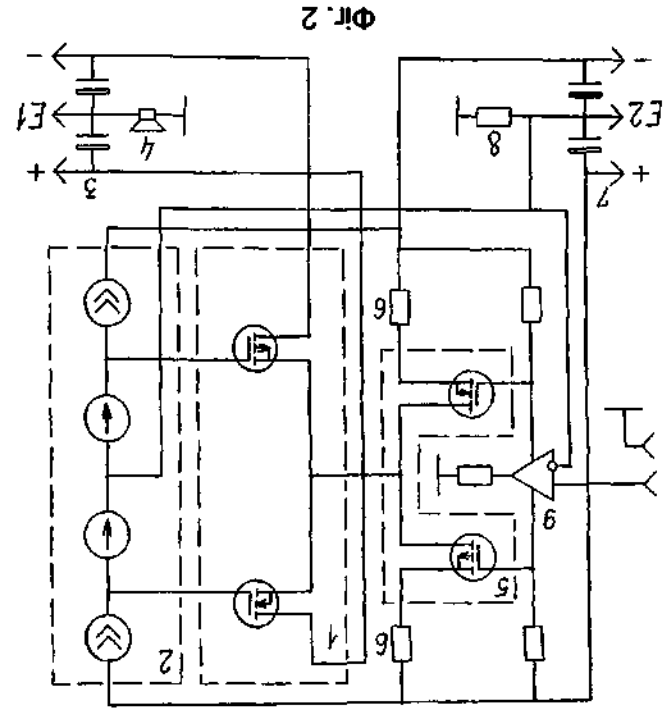
На фіг 4 зображена схема пристрою по фіг 3, виконаного на МОП-структурах

На фіг 5 зображена схема пристрою з вихідним каскадом 1 на біполярних составних транзисторах. З метою зменшення комутаційних спотворень в схему введено два джерела струму 10, котрі забезпечують остаточний сквозний струм. Таким чином реалізують незапираємий режим роботи. Функції струмо-розподільвача виконують діоди 11

На фіг 6 зображена схема пристрою з вихідним каскадом 1 на біполярних составних транзисторах, в котрому функції термостабілізації струму покою виконує ланка із паралельно з'єднаних резистора і конденсатора 12. При підвищенні температури переходів вихідних транзисторів підвищується струм бази. Це призводить до збільшення падіння напруги на елементах 12. Струм покою стабілізується

Окрім вищезгаданих засобів термостабілізації вихідного каскаду у схемах на фіг 1 і фіг 3 можливо застосувати ще один нижченаведений. Задля цього зі схем виключають паралельно з'єднані діоди з резисторами (див фіг 1, фіг 3), замикаючи їх накоротко. Резистори під'єднані паралельно база-емітерним переходам вихідних транзисторів 1 (фіг 1) і між емітерами предвихідних транзисторів (фіг 3) зменшують у номіналі, переводячи таким чином предвихідні транзистори в режим класу А, або режим класу АВ з підвищеним струмом покою, а вихідні транзистори у режим класу В

На фіг 7 зображена схема вихідного каскаду 1 на составних транзисторах, в котрій емітери предвихідних транзисторів під'єднано до джерел струму 10. Незадіяні виводи джерел струму під'єднано до шин другого низьковольтного джерела живлення 7. Через джерела струму 10 задається підвищений струм покою, а через вихідні транзистори понижений. У такий засіб бази вихідних транзисторів під'єднано до низькоомних кіл, що забезпечує зменшення комутаційних спотворень.



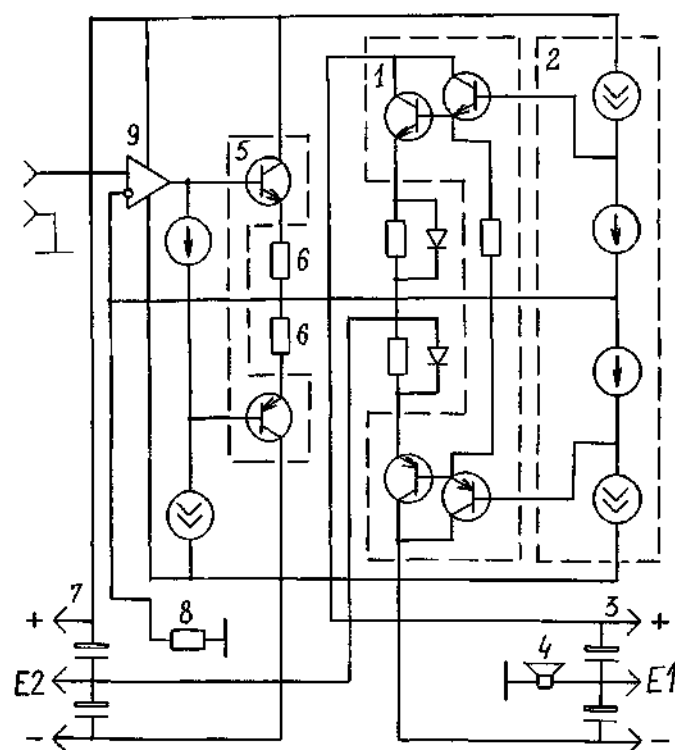


Fig. 3

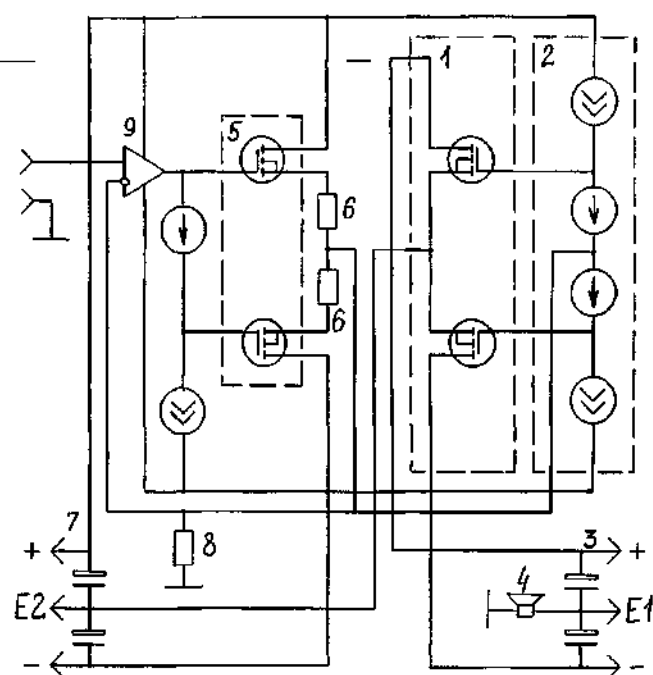


Fig. 4

