

## ДВУНАПРАВЛЕННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Изобретение относится к усилительным устройствам и может быть использовано в телефонной связи.

Известен двунаправленный усилитель, содержащий инвертирующие усилители и резисторы [1].

Недостатком описанного аналога является зависимость устойчивого усиления от сопротивления источника и приемника сигналов. Изменение которых приведет к самовозбуждению усилителя поскольку устройство выполнено по дифференциальной схеме и требует стабильности сопротивления нагрузки.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является выбранный в качестве прототипа двусторонний усилитель-ретранслятор, содержащий первый и второй ключи, первые выводы которых соединены, третий и четвертый ключи, первые выводы которых соединены, первый и второй конденсаторы [2].

Недостатком прототипа является невозможность одновременного усиления сигналов, приходящих с обоих направлений. Данный недостаток обусловлен тем, что одновременное наличие на входах двухстороннего усилителя-ретранслятора сигналов с двух сторон переводит усилитель в неопределенное состояние и приходящие сигналы идут в обход усилителя. Таким образом, усиление входных сигналов не происходит.

Техническая задача изобретения заключается в обеспечении одновременного двустороннего усиления электрических сигналов тональной частоты при работе с узкополосными двухпроводными линиями.

Поставленная техническая задача решена изобретением. Предлагаемое устройство содержит первый и второй ключи, пер-

вые выводы которых соединены, третий и четвертый ключи, первые выводы которых соединены, первый и второй конденсаторы. В отличие от прототипа устройство дополнительно содержит первый и второй генераторы тактовых импульсов противофазные выходы которых подключены соответственно к управляющим входам первого и второго ключей, и к управляющим входам третьего и четвертого ключей, второй вывод четвертого ключа через второй резистор подключен к второму интегрирующему конденсатору и входу неинвертирующего одностороннего усилителя, выход которого подключен к второму выводу первого ключа, первый вывод которого подключен к второй обмотке первого согласующего трансформатора, параллельно которой подключен первый конденсатор, а параллельно первой обмотке подключен второй конденсатор, выводы которого являются первыми выводами двунаправленного усилителя тональной частоты, вторыми выводами которого являются выводы третьего конденсатора, подключенного параллельно первой обмотке второго согласующего трансформатора, параллельно второй обмотке которого подключен четвертый конденсатор, кроме того к второй обмотке второго согласующего трансформатора подключен первый вывод третьего ключа, второй вывод которого подключен к выходу инвертирующего одностороннего усилителя, вход которого подключен к первому интегрирующему конденсатору и через первый резистор к второму выводу второго ключа.

Сущность изобретения поясняется графическими материалами на которых изображено: на фиг. 1 функциональная схема двунаправленного усилителя тональной частоты; на фиг. 2 эквивалентная схема трансформатора с коэффициентом трансформации единица, известная из [3]; на фиг. 3 эпюры напряжений при передаче сигнала с выхода неинвертирующего одностороннего усилителя в двухпроводную линию, подключенную к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты. Кривая 1 есть на-

пряжение на первом конденсаторе, а кривая 2 - напряжение на первом интегрирующем конденсаторе.

Двунаправленный усилитель тональной частоты содержит первый 1 и второй 2 ключи, первые выходы которых соединены, третий 3 и четвертый 4 ключи, первые выходы которых соединены, первый 5 и второй 6 генераторы тактовых импульсов противофазные выходы которых подключены соответственно к управляющим входам первого и второго ключей, и к управляющим входам третьего и четвертого ключей, второй вывод четвертого ключа через второй резистор 7 подключен к второму интегрирующему конденсатору 8 и входу неинвертирующего одностороннего усилителя 9, выход которого подключен к второму выводу первого ключа, первый вывод которого подключен к второй обмотке первого согласующего трансформатора 10, параллельно которой подключен первый конденсатор 11, а параллельно первой обмотке подключен второй конденсатор 12, выходы которого являются первыми выводами двунаправленного усилителя тональной частоты 13, вторыми выводами 14 которого являются выходы третьего конденсатора 15, подключенного параллельно первой обмотке второго согласующего трансформатора 16, параллельно второй обмотке которого подключен четвертый конденсатор 17, кроме того к второй обмотке второго согласующего трансформатора подключен первый вывод третьего ключа, второй вывод которого подключен к выходу инвертирующего одностороннего усилителя 18, вход которого подключен к первому интегрирующему конденсатору 19 и через первый резистор 20 к второму выводу второго ключа.

Устройство работает следующим образом: первый генератор тактовых импульсов обеспечивает попеременную коммутацию с равным интервалом времени первого и второго ключей. Аналогичным образом, второй генератор тактовых импульсов управляет третьим и четвертым ключами. Приходящий сигнал с двухпроводной линии, подключенной к вторым выводам двунаправленного

усилителя тональной частоты трансформируется во вторую обмотку второго согласующего трансформатора в непрерывном виде, при этом третий и четвертый конденсаторы не оказывают существенного влияния на сигнал, поскольку имеют относительно небольшую емкость. Передача принятого сигнала через четвертый ключ приводит к подаче на интегратор, образованный вторым резистором и вторым интегрирующим конденсатором дискретного сигнала. Данный интегратор выполняет роль фильтра низкой частоты, в результате чего на вход неинвертирующего одностороннего усилителя поступает непрерывный сигнал. Таким образом, усиление входного сигнала осуществляется в диапазоне тональных частот. С выхода неинвертирующего одностороннего усилителя усиленный сигнал поступает на первый ключ, коммутация которого приводит к подаче на вторую обмотку первого согласующего трансформатора дискретного сигнала. В интервал времени от  $T_1$  до  $T_2$ , при котором первый ключ открыт на вторую обмотку первого согласующего трансформатора подается импульс, который заряжает первый конденсатор и распределенную емкость 26 второй обмотки первого согласующего трансформатора вызывая при этом переходной колебательный процесс в последовательном контуре, который образован индуктивностью рассеяния 24 первого согласующего трансформатора и параллельно соединенными вторым конденсатором и распределенной емкостью 21 первой обмотки первого согласующего трансформатора. Данный колебательный контур в режиме передачи дискретного сигнала с первого ключа в двухпроводную линию, подключенную к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты выполняет роль фильтра низкой частоты, что обеспечивает подавление в выходном сигнале частоты дискретизации. Индуктивность намагничивания 23 первого согласующего трансформатора имеет значительную величину и в случае быстрых переходных процессов не оказывает на них влияния. Активные сопротивления первой 22 и второй 25 об-

моток достаточно малы и не оказывают существенного влияния на режим работы устройства. Применение согласующего трансформатора обусловлено необходимостью гальванической развязки с двухпроводной линией и обеспечением симметрии двухпроводной линии. Поскольку двухпроводная линия подключена параллельно суммарной емкости контура, то частота свободных колебаний в частности зависит от импеданса двухпроводной линии. В момент размыкания первого ключа замыкается второй ключ, при этом, образуется параллельный контур, состоящий из индуктивности рассеяния и двух последовательных групп емкостей. Первая группа - это параллельно соединенные второй конденсатор и распределенная емкость первой обмотки, вторая группа - параллельно соединенные первый конденсатор и распределенная емкость второй обмотки трансформатора. Возникающий переходный процесс носит колебательный характер с частотой свободных колебаний, определяемой емкостью второй группы конденсаторов. Как и в первом случае, на характер переходного процесса влияет величина импеданса двухпроводной линии, причем форма напряжения данного переходного процесса на первом конденсаторе имеет знакопеременный вид, определяемый переходным процессом в последовательном контуре, а скорость изменения этого напряжения определяется частотой свободных колебаний в параллельном контуре, интервал времени от  $T_2$  до  $T_3$  кривая 1. Знакопеременное напряжение переходного процесса поступает на интегратор, образованный первым резистором и первым интегрирующим конденсатором. В результате интегрирования знакопеременного напряжения с выхода данного интегратора на вход инвертирующего одностороннего усилителя поступает возвратный сигнал, кривая 2 интервал времени от  $T_2$  до  $T_3$ . Возвратный сигнал представляет собой часть сигнала, принятого с вторых выводов двунаправленного усилителя тональной частоты. Изменением интервала интегрирования получают нулевое значение интеграла в момент времени  $T_3$ , а значит,

на входе инвертирующего одностороннего усилителя получают минимальное напряжение возвратного сигнала. Поскольку инвертирующий односторонний усилитель предназначен для усиления сигналов тональной частоты, а частота возвратного сигнала значительно превышает верхнюю рабочую частоту данного усилителя, то произойдет дополнительное ослабление возвратного сигнала. С выхода инвертирующего одностороннего усилителя возвратный сигнал поступает через открытый третий ключ на вторую обмотку второго согласующего трансформатора, создавая паразитный переходной процесс, который складывается со входным сигналом из двухпроводной линии, подключенной к вторым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты. Тем самым, создаются условия для самовозбуждения, которые ограничивают усиление инвертирующего и неинвертирующего односторонних усилителей. Поскольку величина возвратного сигнала определяется, тем насколько верно установлена частота дискретизации первого генератора тактовых импульсов, то изменением частоты дискретизации осуществляется подстройка к импедансу двухпроводной линии, подключенной к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты.

Аналогичные преобразования производятся с сигналом, приходящим с двухпроводной линии, подключенной к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты. Аналогия вызвана симметрией в топологии двунаправленного усилителя тональной частоты, в частности, идентичность первого и второго согласующих трансформаторов позволяет говорить об эквивалентных процессах при передаче сигналов и эквивалентности параметров самих трансформаторов. Так, приходящий сигнал трансформируется во вторую обмотку первого согласующего трансформатора в непрерывном виде, при этом второй и первый конденсаторы не оказывают существенного влияния на сигнал, поскольку имеют относительно небольшую емкость. Передача принятого сигнала

через второй ключ приводит к подаче на интегратор, образованный первым резистором и первым интегрирующим конденсатором дискретного сигнала. Данный интегратор выполняет роль фильтра низкой частоты, в результате чего на вход инвертирующего одностороннего усилителя поступает непрерывный сигнал. Таким образом, усиление входного сигнала осуществляется в диапазоне тональных частот. С выхода инвертирующего одностороннего усилителя усиленный сигнал поступает на третий ключ, коммутация которого приводит к подаче на вторую обмотку второго согласующего трансформатора дискретного сигнала. В интервал времени, при котором третий ключ открыт на вторую обмотку первого согласующего трансформатора подается импульс, который заряжает четвертый конденсатор и распределенную емкость второй обмотки второго согласующего трансформатора вызывая при этом переходной колебательный процесс в последовательном контуре, который образован индуктивностью рассеяния второго согласующего трансформатора и параллельно соединенными третьим конденсатором и распределенной емкостью первой обмотки второго согласующего трансформатора. Данный колебательный контур в режиме передачи дискретного сигнала с третьего ключа в двухпроводную линию, подключенную к вторым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты выполняет роль фильтра низкой частоты, что обеспечивает подавление в выходном сигнале частоты дискретизации. Индуктивность намагничивания второго согласующего трансформатора имеет значительную величину и в случае быстрых переходных процессов не оказывает на них влияния. Активные сопротивления первой и второй обмоток достаточно малы и не оказывают существенного влияния на режим работы устройства. Поскольку двухпроводная линия подключена параллельно суммарной емкости контура, то частота свободных колебаний в частности зависит от импеданса двухпроводной линии. В момент размыкания третьего ключа замыкается четвертый ключ, при этом, образуется

параллельный контур, состоящий из индуктивности рассеяния и двух последовательных групп емкостей. Первая группа - это параллельно соединенные третий конденсатор и распределенная емкость первой обмотки, вторая группа - параллельно соединенные четвертый конденсатор и распределенная емкость второй обмотки трансформатора. Возникающий переходный процесс носит колебательный характер с частотой свободных колебаний, определяемой емкостью второй группы конденсаторов. Как и в первом случае, на характер переходного процесса влияет величина импеданса двухпроводной линии, причем форма напряжения данного переходного процесса на четвертом конденсаторе имеет знакопеременный вид, определяемый переходным процессом в последовательном контуре, а скорость изменения этого напряжения определяется частотой свободных колебаний в параллельном контуре. Знакопеременное напряжение переходного процесса поступает на интегратор, образованный вторым резистором и первым интегрирующим конденсатором. В результате интегрирования знакопеременного напряжения с выхода данного интегратора на вход неинвертирующего одностороннего усилителя поступает возвратный сигнал, который представляет собой часть сигнала, принятого с первых выводов двунаправленного усилителя тональной частоты. Изменением интервала интегрирования получают нулевое значение интеграла в момент размыкания четвертого ключа, а значит, на входе неинвертирующего одностороннего усилителя получают минимальное напряжение возвратного сигнала. Поскольку неинвертирующий односторонний усилитель предназначен для усиления сигналов тональной частоты, а частота возвратного сигнала значительно превышает верхнюю рабочую частоту данного усилителя, то произойдет дополнительное ослабление возвратного сигнала. С выхода неинвертирующего одностороннего усилителя возвратный сигнал поступает через открытый первый ключ на вторую обмотку первого согласующего трансформатора, создавая паразитный переходной



процесс, который складывается с входным сигналом из двухпроводной линии, подключенной к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты. Тем самым, создаются условия для самовозбуждения, которые ограничивают усиление инвертирующего и неинвертирующего односторонних усилителей. Поскольку величина возвратного сигнала определяется, тем насколько верно установлена частота дискретизации второго генератора тактовых импульсов, то изменением частоты дискретизации осуществляется подстройка к импедансу двухпроводной линии, подключенной к вторым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты.

Обеспечение одновременного усиления сигналов тональной частоты с обоих направлений при работе с узкополосными двухпроводными линиями стало возможным благодаря применению временного разделения работы инвертирующего и неинвертирующего односторонних усилителей, подключаемых к вторым обмоткам согласующих трансформаторов, а также за счет организации подавления возвратных сигналов путем формирования знакопеременных импульсов переходного процесса их интегрирования. Так на первом конденсаторе в момент времени, при котором открыт второй ключ, в общем случае присутствуют два сигнала: один, принимаемый из двухпроводной линии, подключенной к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты, создает на первом конденсаторе знакопостоянные импульсы напряжения; другой, передаваемый с неинвертирующего одностороннего усилителя через первый ключ, знакопеременные импульсы переходного процесса. Прохождение данного суммарного напряжения через интегратор, образованный первым резистором и первым интегрирующим конденсатором приведет к передаче энергии сигнала с двухпроводной линии, подключенной к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты, в двухпроводную линию, подключенную к вторым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты, с устранением возвратного сигнала. Такая

особенность обусловлена тем, что интеграл от суммы равен сумме интегралов, а интеграл от знакопеременного напряжения переходного процесса равен нулю. Для сигнала, приходящего с двухпроводной линии, подключенной к первым выводам двунаправленного усилителя тональной частоты, интегратор является фильтром нижней частоты и выполняет фильтрацию дискретного сигнала. Аналогичные процессы происходят с сигналами на четвертом конденсаторе, таким образом, осуществляется двустороннее усиление тональных сигналов.

Заявляемое изобретение представляет значительный интерес для народного хозяйства, так как позволит обеспечить двустороннее усиление электрических сигналов в узкополосных двухпроводных линиях.

Заявляемое решение не оказывает отрицательного воздействия на состояние окружающей среды.

Заявляемое устройство может быть реализовано на базе выпускаемых отечественной промышленностью радиоэлектронных элементов.

#### Источники информации

1. Авторское свидетельство СССР N 1170585, кл. H03F03/62 бюлл. №28, 1985.
2. Авторское свидетельство СССР N 1614097, кл. H03F03/62 бюлл. №46, 1990.
3. Ицхоки Я.С., Овчинников Н.И. Импульсные и цифровые устройства. М., “Советское радио”, 1973, 592с.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Двунаправленный усилитель тональной частоты, содержащий первый и второй ключи, первые выводы которых соединены, третий и четвертый ключи, первые выводы которых соединены, первый и второй конденсаторы, отличающийся тем, что дополнительно содержит первый и второй генераторы тактовых импульсов противофазные выходы которых подключены соответственно к управляющим входам первого и второго ключей, и к управляющим входам третьего и четвертого ключей, второй вывод четвертого ключа через второй резистор подключен к второму интегрирующему конденсатору и входу неинвертирующего одностороннего усилителя, выход которого подключен к второму выводу первого ключа, первый вывод которого подключен к второй обмотке первого согласующего трансформатора, параллельно которой подключен первый конденсатор, а параллельно первой обмотке подключен второй конденсатор, выводы которого являются первыми выводами двунаправленного усилителя тональной частоты, вторыми выводами которого являются выводы третьего конденсатора, подключенного параллельно первой обмотке второго согласующего трансформатора, параллельно второй обмотке которого подключен четвертый конденсатор, кроме того к второй обмотке второго согласующего трансформатора подключен первый вывод третьего ключа, второй вывод которого подключен к выходу инвертирующего одностороннего усилителя, вход которого подключен к первому интегрирующему конденсатору и через первый резистор к второму выводу второго ключа.

## РЕФЕРАТ

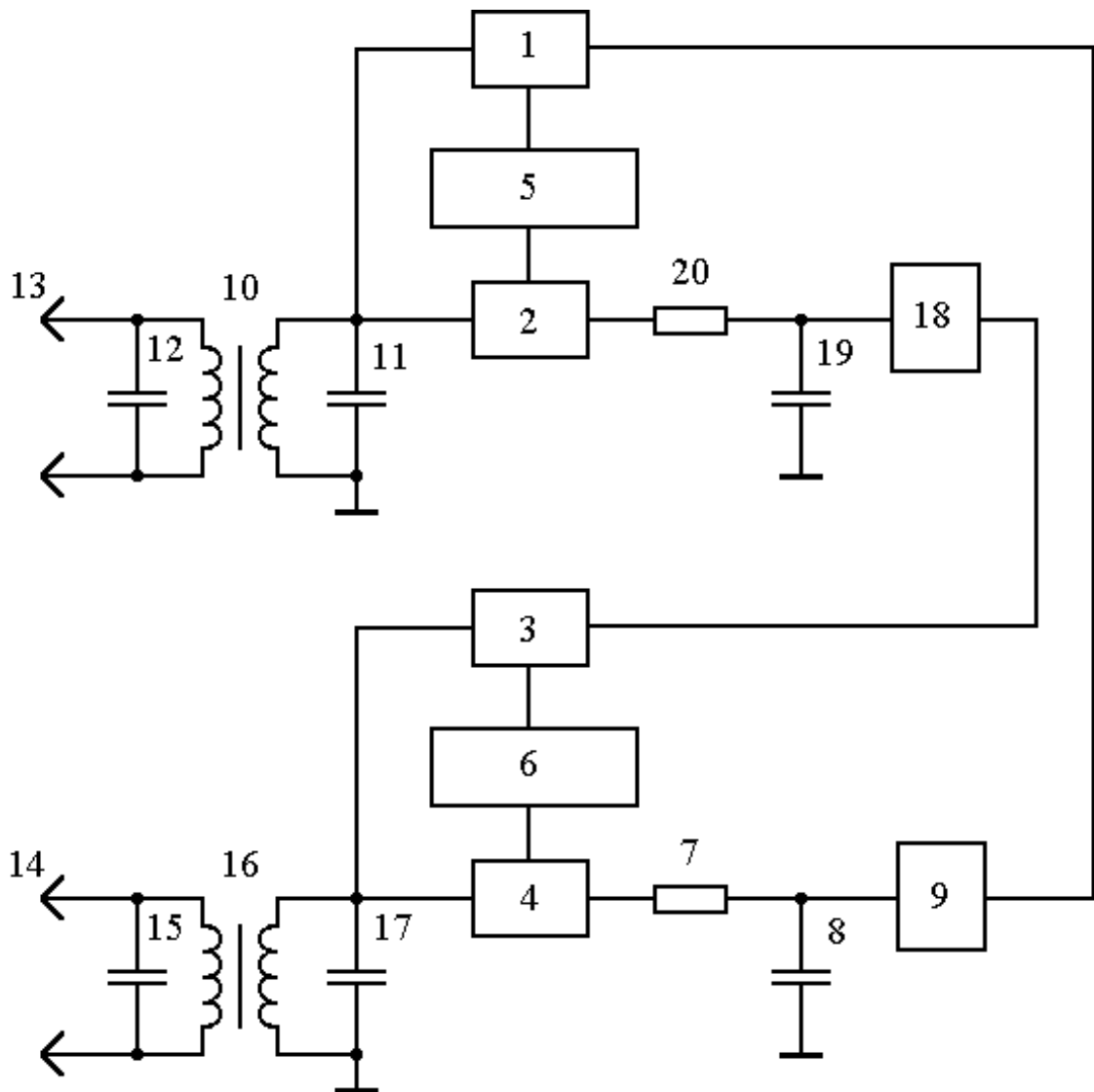
### Двунаправленный усилитель тональной частоты

Изобретение относится к усилительным устройствам и может использоваться в телефонной связи.

Техническая задача изобретения заключается в обеспечении одновременного двустороннего усиления электрических сигналов тональной частоты при работе с узкополосными двухпроводными линиями связи.

Предложено устройство, в котором введено временное разделение работы двух односторонних усилителей, включенных параллельно и встречно. Подключение односторонних усилителей к линиям производится с помощью двух согласующих трансформаторов посредством двух пар ключей и двух перестраиваемых генераторов тактовых импульсов. Фильтрация дискретного сигнала во внутренних цепях двунаправленного усилителя обеспечивает усиление входных сигналов в диапазоне тональных частот. Конденсаторы, подключенные к трансформаторам создают знакопеременный ток переходного процесса в интервале коммутации, что позволяет компенсировать энергию, накопленную в трансформаторах путем интегрирования, а следовательно подавить возвратные сигналы. Подстройка к импедансу линий связи производится путем изменения частоты дискретизации соответствующего генератора тактовых импульсов.

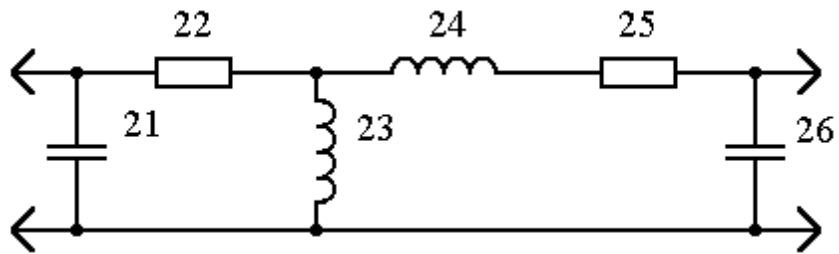
Двунаправленный усилитель  
тональной частоты



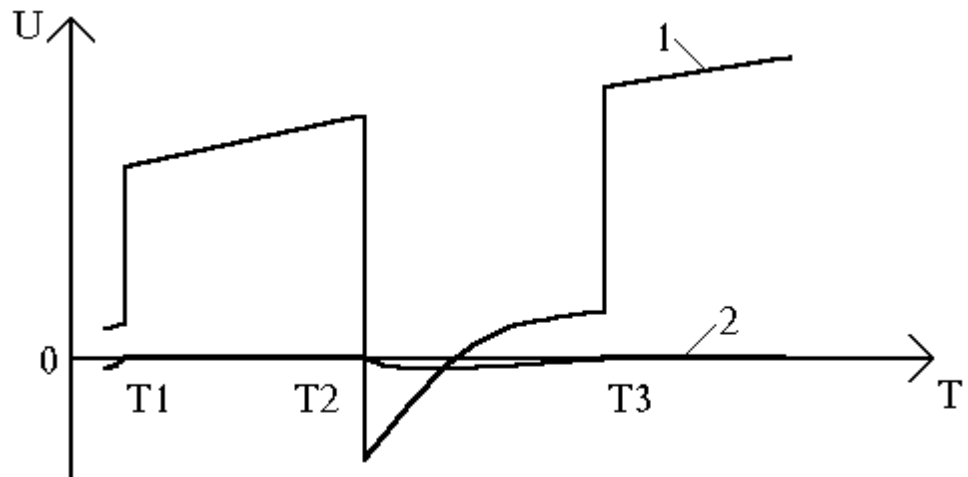
- 1, 2, 3, 4 – электронные ключи
- 5, 6 – перестраиваемые генераторы тактовых импульсов
- 9 – неинвертирующий односторонний усилитель
- 18 – инвертирующий односторонний усилитель

Фиг. 1

Двунаправленный усилитель  
тональной частоты



Фиг.2



Фиг.3