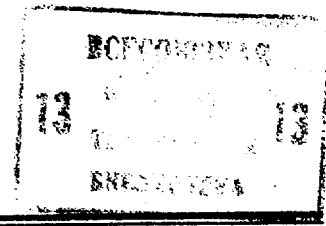




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

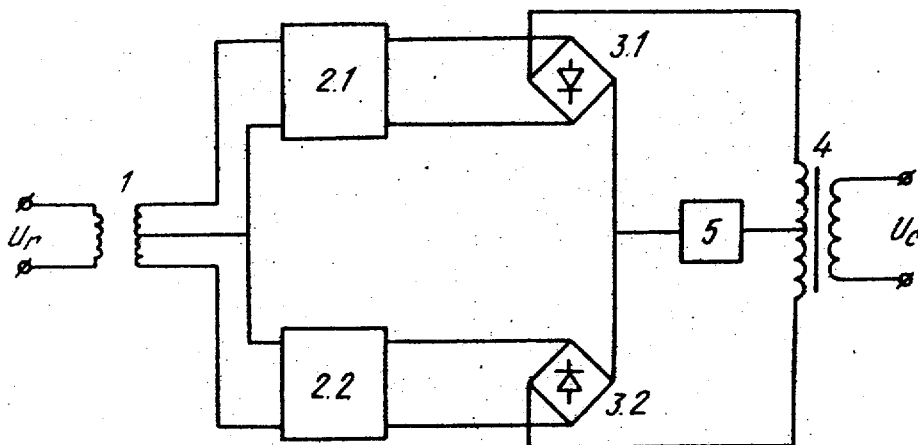
К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3886782/24-09
- (22) 18.04.85
- (46) 07.10.86. Бюл. № 37
- (71) Минский радиотехнический институт
- (72) И.И. Забеньков, Э.Г. Попов и В.К. Крайко
- (53) 621.314.26(088.8)
- (56) Авторское свидетельство СССР № 398809, кл. Н 03 С 1/54, 1971. Электроника, 1975, № 4, с. 41.

(54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ
(57) Изобретение относится к радиотехнике и может использоваться в приемопередающих устройствах. Цель изобретения - расширение динамического диапазона. Преобразователь частоты содержит первый трансформатор 1, на который подается напряжение гетеродина, два формирователя асимметричного напряжения (ФАН) 2, два ди-

одных моста (ДМ) 3, второй трансформатор 4, на который подается сигнал, и нагрузку 5. Для уменьшения нелинейных искажений, увеличения динамического диапазона и уменьшения потерь введены два ФАН 2. ФАН 2 представляет собой усилитель с трансформаторными входом и выходом, охваченный отриц. ОС по напряжению и току, и служат источниками питания для соотв. ДМ. Оба ФАН 2 управляются общим гетеродином. ФАН 2 в течение первой половины закрытого состояния ДМ представляет собой генератор ЭДС а в течение следующей половины периода - генератор тока. Это обеспечивает миним. длительность фронта прямоугольного гетеродинного напряжения, большое закрывающее напряжение на ДМ 3 и макс. допустимый ток через ДМ без использования в схеме ограничивающих сопротивлений. 4 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано в приемопередающих устройствах.

Цель изобретения - расширение динамического диапазона.

На фиг. 1 приведена структурная электрическая схема преобразователя частоты; на фиг. 2 - вольт-фарадная и вольт-амперная характеристики диодов; на фиг. 3 - эквивалентные схемы гетеродинных цепей; на фиг. 4 - структурная электрическая схема формирователя асимметричного напряжения.

Преобразователь частоты содержит первый трансформатор 1, два формирователя 2.1 и 2.2 асимметричного напряжения, два диодных моста 3.1 и 3.2, второй трансформатор 4 и нагрузку 5.

Формирователь 2 асимметричного напряжения (фиг. 4) содержит транзистор 6, дополнительный трансформатор 7, первый и второй резисторы 8 и 9, конденсатор 10, третий резистор 11, первый и второй диоды 12 и 13 и резистивный делитель 14 напряжения.

Преобразователь частоты работает следующим образом.

Наибольшей линейностью среди известных преобразователей частоты обладают диодные преобразователи. Допустимый в них уровень мешающих сигналов, создающих определенную величину заданного коэффициента искажений, ограничивается линейностью вольт-амперной характеристики (ВАХ) открытого перехода диода (точка А на фиг. 2), а также перегрузкой по напряжению в переходном режиме переключения диода (за время нарастания или спада напряжения гетеродина). Снижение искажений, обусловленных этими двумя источниками, осуществляется путем наибольшего приближения формы напряжения гетеродина к прямоугольной, а также путем увеличения рабочего тока диода в открытом состоянии (выведением точки А фиг. 2 в наиболее линейную часть ВАХ).

Третьим источником искажений, наиболее сильно проявляющимся при увеличении частоты полезного сигнала, является нелинейность вольт-фарадной характеристики (ВФХ) (левая часть фиг. 2). Эти искажения становятся весьма заметными уже на частотах превышающих 50 МГц. Для уменьшения дан-

ного вида искажений необходимо подавать на диоды запирающее напряжение достаточно большой величины. Так, например, в случае использования наиболее распространенных в преобразователях частоты диодов Шоттки, запирающее напряжение должно достигать 10-12 В. При этом желательно сохранить прямоугольность формы напряжения гетеродина.

В известных схемах, например (1,2), в течение каждого полупериода гетеродинного напряжения его источник нагружается поочередно на малые сопротивления открытых диодов первого или второго мостов, что ограничивает величину напряжения на каждом диоде моста (до 0,6-0,8 В, фиг. 2). При этом ограничивается также и величина обратного напряжения на диодах закрытого моста, так как оба диодных моста оказываются подключенными к одному источнику гетеродинного напряжения (фиг. 3а), что приводит к увеличению нелинейных искажений за счет нелинейности барьерной емкости, так как сигнал прорабатывает при этом наиболее нелинейный участок ВФХ (фиг. 2). Влияние нелинейности емкости закрытого диода на нелинейные искажения и динамический диапазон можно оценить, используя выражение для барьерной емкости

$$C = C_0 \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_k + U_0} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

где C_0 - величина емкости перехода при нулевом смещении и комнатной температуре;

φ_k - контактный потенциал;

n - определяется типом р-п-перехода.

Ток через емкость определяется как

$$i = C \frac{dU}{dt} \quad (2)$$

Пусть к диоду приложено напряжение $U = U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t$, (3) при этом считаем

$$U_1 = U_2 = U, \quad \omega_1 \approx \omega_2. \quad (4)$$

Для нахождения продуктов интермодуляции вида $I_{2\omega_1 - \omega_2}$ разложим (1) в ряд Тейлора

$$C = C_0 \varphi_k^{\frac{1}{n}} (\varphi_k + U_0)^{-\frac{1}{n}} - \frac{1}{n} C_0 \varphi_k^{\frac{1}{n}} (\varphi_k + U_0)^{\frac{1}{n}-1} U + \frac{1}{2!n} C_0 \varphi_k^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{n} + 1 \right) (\varphi_k + U_0)^{-\frac{1}{n}-2} \times U^2 - \dots \quad (5)$$

Используя (2-5) получим

$$I_{2\omega_1-\omega_2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2^{1/n}} C_0 \varphi_k^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{n} + 1 \right) \left(\varphi_k + U_0 \right)^{-\frac{1}{n}-2} \cdot U^3 \cdot \omega. \quad (6)$$

Из (6) видно, что искажения увеличиваются, а динамический диапазон падает с ростом ω и уменьшением U_0 . При использовании прямоугольного гетеродинного напряжения в качестве U_0 выступает амплитуда запирающей полуволны гетеродина. Следовательно, для уменьшения нелинейных искажений необходимо увеличивать запирающее напряжение гетеродина. Особенно сильно этот эффект проявляется с ростом частоты. В течение изменения запирающего напряжения гетеродина происходит заряд-разряд емкости перехода. Чтобы при этом не растягивались фронты гетеродинного импульса, необходимо производить перезаряд емкости через малое сопротивление, т.е. диод должен работать в эти полпериода от генератора ЭДС. Простое увеличение напряжения (мощности) гетеродина ведет к прожогу диодов открытого моста, для предотвращения которого ставят ограничительные сопротивления (2), приводящие к увеличению потерь преобразователя и увеличению длительности фронтов гетеродинного напряжения за счет увеличения постоянной времени цепи: ограничивающее сопротивление - емкость диода.

С целью уменьшения нелинейных искажений, особенно в области высоких частот, увеличения динамического диапазона и уменьшения потерь в предлагаемом преобразователе частоты используются два парафазных формирователя 2.1 и 2.2 асимметричного напряжения, жестко связанных между собой временными соотношениями (фиг. 3 б). Для этого каждый диодный мост 3.1 и 3.2 запитывается от отдельного источника-формирователя 2.1 и 2.2 асимметричного напряжения, который в течение половины периода закрытого состояния диодного моста 3.1 или 3.2 представляет собой генератора ЭДС, а в течение следующей половины периода - генератор тока, при этом оба источника управляются общим гетеродином. Генератор тока стабилизирует ток через открытые диоды диодных мостов 3, ограничивая его на макси-

мальном допустимом уровне для данного типа диодов. Стабилизация тока диодов на заданном уровне позволяет исключить из схемы ограничивающие резисторы и тем самым уменьшить потери на преобразование.

Формирователь 2 асимметричного напряжения представляет собой усилитель с трансформаторными входом и выходом, охваченный отрицательными обратными связями по напряжению и току. Обратная связь по напряжению осуществляется с помощью первого и второго резисторов 8 и 9, конденсатора 10 и первого диода 12. Конденсатор устраняет обратную связь по постоянной составляющей. Первый диод 12 изменяет глубину обратной связи в зависимости от мгновенного значения (полярности) выходного напряжения. Первый резистор 8 определяет необходимую глубину обратной связи при открытом первом диоде 12. Второй резистор 9 шунтирует первый диод 12. Обратная связь по току осуществляется третьим резистором 11 и вторым диодом 13, включенными в цепь эмиттера транзистора 6. Глубина этой обратной связи зависит от полярности напряжения, поступающего на второй диод 13. Сопротивление третьего резистора 11 определяет глубину обратной связи по току в момент, когда второй диод 13 закрыт. При поступлении на базу транзистора 6 положительной полуволны напряжения гетеродина оба диода 12 и 13 оказываются закрытыми этим напряжением. В этом случае обратная связь по напряжению практически не действует, что объясняется достаточно большой величиной сопротивлений второго резистора 9 и закрытого первого диода 12. Закрытый второй диод 13 не шунтирует третий резистор 11, определяющий глубину отрицательной обратной связи по току, которая увеличивает выходное сопротивление каскада, приближая его к идеальному генератору тока и, тем самым, стабилизируя ток через диоды открытого диодного моста 3. Следующие полпериода первый и второй диоды 12 и 13 открываются. Второй диод 13 шунтирует третий резистор 11 и устраняет обратную связь по току. Через первый диод 12 осуществляется обратная связь по напряжению, глубина которой определяется первым резистором 8. Эта обратная

связь уменьшает выходное сопротивление каскада, приближая его к идеальному генератору ЭДС и, тем самым, создает оптимальные условия для перезаряда барьерных емкостей диодов диодного моста 3, находящихся в этот момент в закрытом состоянии.

Таким образом с помощью формирователя 2 асимметричного напряжения в предлагаемом преобразователе частоты обеспечивается:

минимальная длительность фронта прямоугольного гетеродинного напряжения, воздействующего на диодные мосты 3, что уменьшает нелинейные искажения в момент их переключения;

большое закрывающее напряжение на диодных мостах 3, что уменьшает нелинейные искажения, вызванные нелинейностью ВФХ и перегрузкой по напряжению;

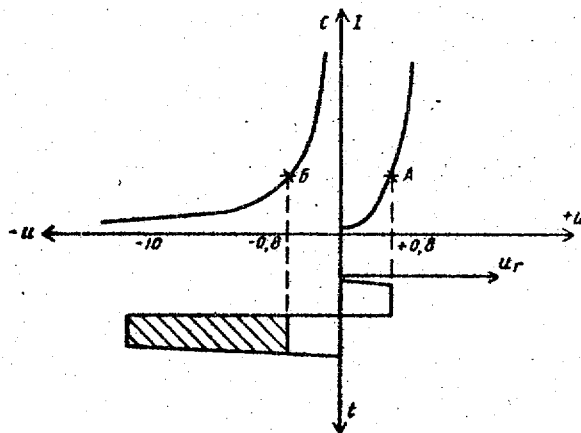
максимально допустимый ток через диодные мосты 3 без введения в схему ограничивающих сопротивлений, что уменьшает нелинейные искажения в открытых диодных мостах 3 и снижает потери преобразования.

При использовании в качестве транзистора 6 транзистора р-п-р-типа диоды включаются в обратном по отношению к приведенному на фиг. 4 направлении.

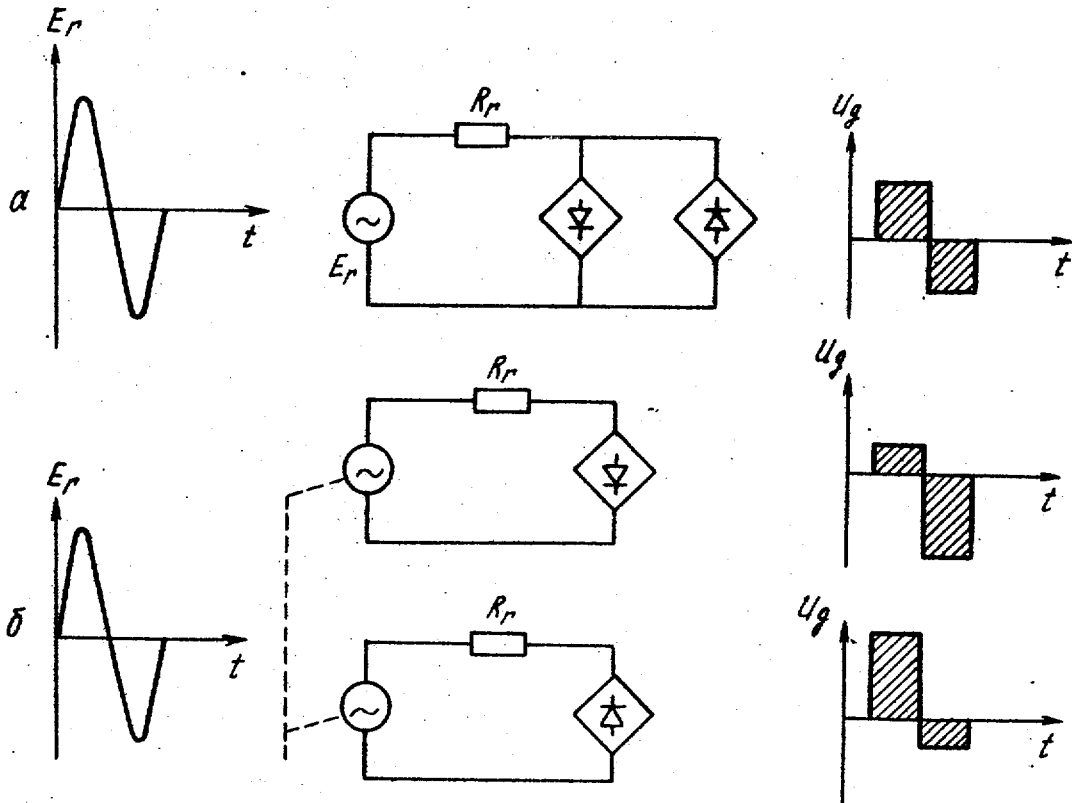
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Преобразователь частоты, содержащий первый и второй трансформаторы, первичные обмотки которых являются соответственно сигнальным и гетеродинным входами, два диодных моста, первые диагонали которых соединены последовательно и включены между вы-

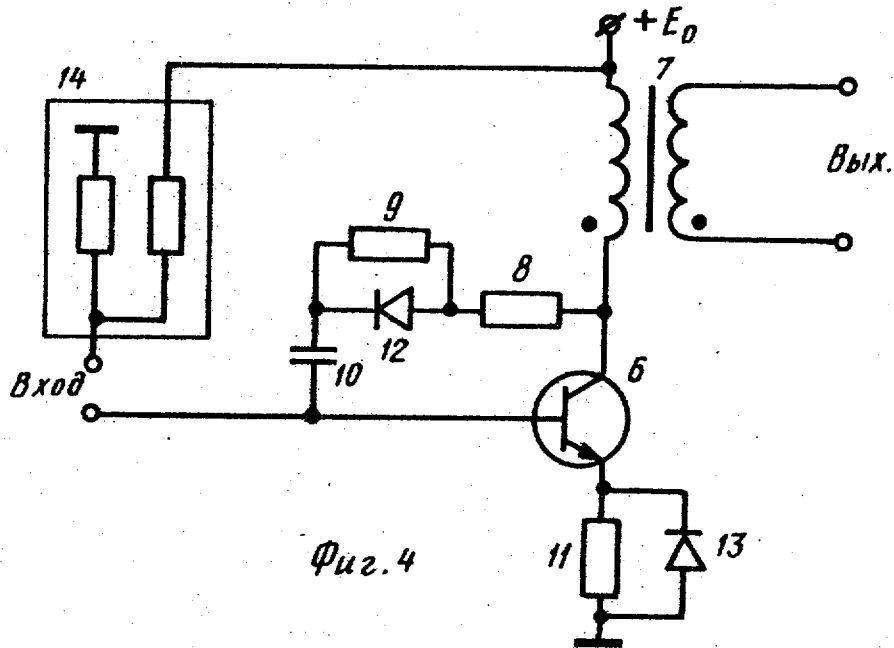
водами вторичной обмотки второго трансформатора, и нагрузку, включенную между точкой соединения первых диагоналей диодных мостов и средним отводом вторичной обмотки второго трансформатора, отличающийся тем, что, с целью расширения динамического диапазона, в него введены два формирователя асимметричного напряжения, первые входы каждого из которых подключены к соответствующему выводу вторичной обмотки первого трансформатора, средний отвод которой соединен с вторыми входами формирователей асимметричного напряжения, вторая диагональ каждого из диодных мостов включена между выходами соответствующего формирователя асимметричного напряжения, причем каждый формирователь асимметричного напряжения выполнен на транзисторе п-р-п-типа проводимости, включенном по схеме с общим эмиттером, в цепь коллектора которого включен дополнительный трансформатор, выводы вторичной обмотки которого являются выходами формирователя асимметричного напряжения, между коллектором и базой транзистора включены последовательно соединенные первый, второй резисторы и конденсатор, между эмиттером транзистора и общей шиной включен третий резистор, параллельно второму и третьему резисторам подключены соответственно первый и второй диоды, причем катодами к конденсатору и эмиттеру транзистора соответственно, а между шиной питания и общей шиной включен резистивный делитель напряжения, отвод которого и база транзистора являются вторым и первым входами формирователя асимметричного напряжения соответственно.



Фиг. 2



Фиг.3



Фиг.4

Редактор В. Иванова Составитель А. Осипович Техред И. Попович Корректор В. Бутяга

Заказ 5444/56 Тираж 816 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4