



УКРАЇНА

(19) UA (11) 39892 (13) C2

(51) 7 H02M7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЗМІННОЇ НАПРУГИ В ПОСТІЙНУ З ПРИМУСОВИМ ФОРМУВАННЯМ ВХІДНИХ СТРУМІВ

(21) 96030945

(22) 11.03.1996

(24) 16.07.2001

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Шидловський Анатолій Корнійович, Комаров Микола Сергійович, Москаленко Георгій Опанасович, Козлов Олександр Валентинович, Скорубський Олександр Євгенович

(73) Інститут електродинаміки НАН України

(56) 1. US, патент № 4412277, М. кл. H02P 13/00, 1983.

2. DE, заявка № 03445501, М. кл. H02M 3/156.

3. Авторское свидетельство СССР № 1677820, М. кл. H02M 7/12, 1991.

(57) Преобразователь переменного напряжения в постоянное с принудительным формированием входных токов, содержащий импульсный регулятор повышающего типа на ключевых элементах, вход которого через датчик тока соединен с входными выводами, а выход - с выходными выводами для подключения нагрузки, датчик входного напряжения, подключенный входом к входным выводам, датчик выходного напряжения, подключен-

ный входом к выходным выводам, выход которого через усилитель сигнала рассогласования и корректирующее звено с частотно-зависимым коэффициентом передачи подключен к входу формирователя эталонного напряжения, другой вход которого соединен с выходом датчика входного напряжения, а выход подключен к инверсному входу первой схемы сравнения, прямой вход которой соединен с выходом датчика входного тока, а выход через релейный элемент соединен с входом управления ключевыми элементами импульсного регулятора, **отличающийся** тем, что в него дополнительно введены выпрямитель, вторая схема сравнения, усилитель и аттенуатор, а релейный элемент снабжен входом задания порогов срабатывания, причем вход выпрямителя подключен к выходу датчика входного напряжения, а выход - к прямому входу второй схемы сравнения, инверсный вход которой соединен с источником опорного напряжения, а выход через усилитель и аттенуатор связан с входом задания порогов срабатывания релейного элемента.

Изобретение относится к устройствам преобразования параметров электрической энергии и может быть использовано для создания высокоэффективных источников вторичного электропитания с бестрансформаторным входом и улучшенной электромагнитной совместимостью с питающей сетью.

Известны технические решения [1, 2], которые по числу существенных конструктивных признаков близки к предлагаемому техническому решению. Данные устройства содержат импульсный регулятор повышающего типа на ключевых элементах, датчик входного тока, датчики входного и выходного напряжений, формирователи эталонных сигналов, схемы сравнения, импульсный модулятор, усилители сигналов рассогласования. Принцип действия таких преобразователей основан на непрерывном сравнении сигналов, пропорциональных мгновенным значениям входного тока с эталонным напряжением, пропорциональным мгновенным значениям входного синусоидального напряжения, величина которого регулируется сигналами

цепи отрицательной обратной связи по выходному напряжению. В результате системой управления формируются разностные сигналы, управляющие работой импульсного модулятора, формирующего ШИМ последовательность импульсов управления работой ключевых элементов импульсного регулятора.

Недостатком рассматриваемых преобразователей является высокий уровень акустических шумов, создаваемых входным дросселем импульсного регулятора. Это объясняется снижением частоты коммутации ключевых элементов преобразователя при максимальных мгновенных значениях входного напряжения, за счет снижения скорости спада тока входного дросселя.

В качестве прототипа предлагаемому техническому решению может служить преобразователь переменного напряжения в постоянное с принудительным формированием входных токов [3], содержащий импульсный регулятор повышающего типа на ключевых элементах, вход которого через датчик тока соединен с входными вы-

(19) UA (11) 39892 (13) C2

водами, а выход - с выходными выводами для подключения нагрузки, датчик входного напряжения, подключенный входом к входным выводам, датчик выходного напряжения, подключенный входом к выходным выводам, вход которого через усилитель сигнала рассогласования и корректирующее звено с частотно-зависимым коэффициентом передачи подключен ко входу формирователя эталонного напряжения, другой вход которого соединен с выходом датчика входного напряжения, а выход подключен к инверсному входу схемы сравнения, прямой вход которой соединен с выходом датчика входного тока, а выход через релейный элемент соединен со входом управления ключевыми элементами импульсного регулятора.

Недостатком прототипа является высокий уровень акустических шумов, возникающих при работе преобразователя в условиях нестабильности напряжения питающей сети. Это происходит вследствие увеличения интервалов времени отдачи электромагнитной энергии, накопленной входным дросселем, и обусловлено неизменностью порогов переключения релейного элемента.

В основу изобретения поставлена задача разработать преобразователь переменного напряжения в постоянное с принудительным формированием входных токов, в котором путем введения выпрямителя, второй схемы сравнения, усилителя, аттенюатора и новых связей достигается автоматическое изменение порогов срабатывания релейного элемента синхронно с колебаниями напряжения питающей сети, что приводит к уменьшению уровня акустических шумов.

Поставленная задача решается тем, что в предлагаемый преобразователь, содержащий импульсный регулятор повышающего типа на ключевых элементах, вход которого через датчик тока соединен с входными выводами, а выход - с выходными выводами для подключения нагрузки, датчик входного напряжения, подключенный входом к входным выводам, датчик выходного напряжения, подключенный входом к выходным выводам, выход которого через усилитель сигнала рассогласования и корректирующее звено с частотно-зависимым коэффициентом передачи подключен к входу формирователя эталонного напряжения, другой вход которого соединен с выходом датчика входного напряжения, а выход подключен к инверсному входу схемы сравнения, прямой вход которой соединен с выходом датчика входного тока, а выход через релейный элемент соединен с входом управления ключевыми элементами импульсного регулятора, дополнительно введены выпрямитель, вторая схема сравнения, усилитель и аттенюатор, а релейный элемент снабжен входом задания порогов срабатывания, причем вход выпрямителя подключен к выходу датчика входного напряжения, а выход - к прямому входу второй схемы сравнения, инверсный вход которой соединен с источником опорного напряжения, а выход через усилитель и аттенюатор связан со входом задания порогов срабатывания релейного элемента.

Совокупность введенных и ранее известных признаков позволяет уменьшить уровень акусти-

ческих шумов, т.е. получить новый технический результат.

Изобретение поясняется чертежами, на которых приведены: фиг. 1 - структурная схема предлагаемого преобразователя; фиг. 2 - эпюры напряжений, поясняющие работу преобразователя; фиг. 3 - расчетные кривые входного тока преобразователя; фиг. 4 - спектры гармоник входного тока; фиг. 5 - пример практической реализации преобразователя с принудительным формированием входного тока.

На фиг. 1 обозначено: импульсный регулятор (ИР) 1; датчик входного тока (ДТ) 2; датчик входного напряжения (ДН) 3; датчик выходного напряжения (ДВН) 4; усилитель сигнала рассогласования (УС1) 5; корректирующее звено (КЗ) 6; формирователь эталонного напряжения (ФЭН) 7; первая схема сравнения (СС1) 8; релейный элемент (РЭ) 9; выпрямитель (В) 10; вторая схема сравнения (СС2) 11; усилитель (УС2) 12; аттенюатор (АТ) 13.

Предлагаемое устройство состоит (фиг. 1) из импульсного регулятора 1, подключенного к источнику переменного напряжения. Между входными выводами ИР включен датчик входного напряжения 3, выход которого подключен ко входу выпрямителя 10 и формирователя эталонного напряжения 7. Другой вход ФЭН через корректирующее звено 6 и усилитель 5 связан с выходом датчика выходного напряжения 4, подключенного к выходным выводам ИР. Между входным выводом ИР и источником переменного напряжения включен датчик входного тока 2, выход которого соединен с прямым входом первой схемы сравнения 8, к инверсному входу которой подключен выход ФЭН. Выход первой схемы сравнения через релейный элемент 9 связан с ключевыми элементами ИР. Выход выпрямителя 10 соединен с прямым входом второй схемы сравнения 11, инверсный вход которой подключен к источнику опорного напряжения. Выход второй схемы сравнения через усилитель 12 и аттенюатор 13 соединен с входом задания порогов срабатывания РЭ.

Преобразователь работает следующим образом.

На вход ФЭН 7 (фиг. 1) непрерывно поступают сигналы, пропорциональные мгновенным значениям входного напряжения $U_{вх}$ и сигналы управления F с выхода корректирующего звена 6 цепи обратной связи. Последние формируются по усиленным усилителем 5 сигналам рассогласования U_{Δ} с выхода ДВН4. В результате перемножения входных сигналов на выходе ФЭН 7 вырабатывается эталонный сигнал U_z , пропорциональный мгновенным значениям напряжения сети $U_{вх}$, амплитуда которого определяется сигналами управления F с выхода корректирующего звена 8. Указанный сигнал U_z сравнивается схемой сравнения 8 с сигналом, пропорциональным мгновенному значению входного тока $i_{вх}$. На выходе схемы сравнения 8 формируется разностный сигнал U_p , который поступает на вход РЭ9, имеющего два порога срабатывания $U_{пmax}$ и $U_{пmin}$. При этом алгоритм переключения РЭ определяется граничными условиями неравенства

$$\frac{U_{n \min}}{K_i} \leq U_p \leq \frac{U_{n \max}}{K_i}, \quad (1)$$

где: K_i - коэффициент усиления усилителя разностного сигнала. Величина порогов переключения РЭ выбирается из условий минимизаций величины высокочастотных пульсации входного тока и получения оптимальных частот переключения ключевых элементов ИР.

На выходе РЭ9 формируется ШИМ последовательность импульсов управления ключевыми элементами ИР1, задающая алгоритм их переключения, а моменты коммутации определяются в соответствии с выражением (1). Таким образом, производится регулирование энергии, поступающей от первичного источника в нагрузку, и формируется входной ток, форма которого практически повторяет форму приложенного напряжения с точностью, определяемой разностью порогов $\Delta U_n = U_{n \max} - U_{n \min}$ срабатывания РЭ. Однако при фиксированных значениях порогов срабатывания на интервалах отдачи энергии имеет место замедление скорости спада входного тока, которое сопровождается уменьшением частоты коммутации ключевых элементов по мере приближения мгновенных значений $U_{вх}$ к амплитудным значениям. Это вызывает возрастание акустических шумов преобразователя.

Очевидным путем уменьшения уровня акустических шумов является увеличение значений выходного напряжения. В этом случае прикладываемое к входному дросселю напряжение, равное $U_L = U_n - U_{вх}$, может быть выбрано с необходимым запасом, обеспечивающим необходимую скорость спада тока в дросселе. Однако такой путь в большинстве случаев является неприемлемым, вследствие значительного возрастания рабочих напряжений, прикладываемых к полупроводниковым элементам ИР.

Другой путь связан с введением в области повышенных значений автоматической регулировки величины порогов срабатывания РЭ, изменяющихся пропорционально $U_{вх}$. В этом случае задание порогов переключения РЭ9 обеспечивается цепью, включающей выпрямитель 10, вторую схему сравнения 11, усилитель 12 и attenuator 13. Работа данной цепи иллюстрируется эпюрами напряжений, показанными на фиг. 2.

Однополярное напряжение с выхода выпрямителя 10, пропорциональное мгновенным значениям входного напряжения сравнивается схемой сравнения 11 с опорным напряжением, уровень которого выбирается пропорциональным амплитудному значению минимально допустимого входного напряжения (фиг. 2). При этом, если величина входного напряжения не превышает $U_{оп}$, на выходе второй схемы сравнения сигналы не формируются, attenuator 13 находится в выключенном состоянии, его эквивалентное сопротивление близко к ∞ и не влияет на величину заданного порога срабатывания релейного элемента (фиг. 2). При превышении сигналом, пропорциональным $U_{вх}$, опорного напряжения $U_{оп}$ на выходе второй схемы сравнения 11 появляется сигнал, который после усиления поступает на вход attenuатора, изменяя его сопротивление в соответствии с ве-

личиной входных сигналов. Так как attenuator подключен к цепи задания порогов РЭ, то происходит пропорциональное уменьшение его максимального порога срабатывания $U_{n \max}$ и, соответственно, возрастает частота переключения. В соответствии с алгоритмом работы, при этом увеличивается частота работы ключевых элементов ИР, а высокочастотные пульсации, входного тока уменьшаются. Для иллюстрации вышеизложенного на фиг. 3 показаны расчетные кривые входного тока преобразователя с принудительным формированием, мощностью 1 кВт для случаев, когда величина $U_{n \max}$ не регулируется (фиг. 3а) и регулируется пропорционально $U_{вх}$ (фиг. 3б). Как видно из чертежа, во втором случае наблюдается существенное увеличение частоты работы ключевых элементов в области амплитудных значений. Амплитуды низкочастотных гармоник входного тока, определяющие уровень акустических шумов, при этом уменьшаются.

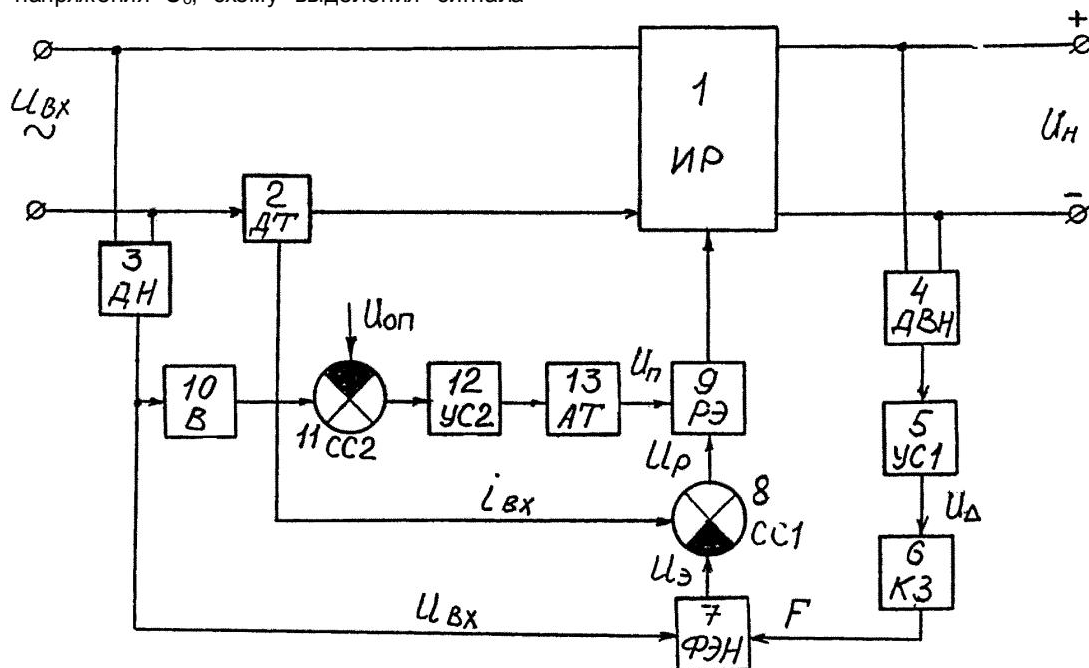
На фиг. 4 приведены спектры гармоник входного тока реального преобразователя мощностью 1 кВт, выполненного по наиболее распространенной одноключевой схеме импульсного регулятора с выпрямительным мостом на входе и имеющем выходное напряжение $U_n = 350$ В. Расчеты производились для напряжения сети $U_{вх} = 220$ В с учетом возможных отклонений $U_{вх \min} = 187$ В и $U_{вх \max} = 242$ В. Величина порогов переключения варьировалась от $\Delta U_n = 3,6$ В ($U_{n \max} = 4,1$ В; $U_{n \min} = 0,5$ В) до $\Delta U_n = 0,5$ В ($U_{n \max} = 1$ В; $U_{n \min} = 0,5$ В). При расчетах учитывались гармоники с порядковым номером до $v = 400$ включительно, что соответствует частоте 40 кГц. Пунктиром обозначена область звуковых частот ($v = 200$). Сравнение спектров гармоник входного тока показывает, что по мере повышения входного напряжения и неизменных порогов переключения РЭ ($\Delta U_n = 3,6$ В) наблюдается смещение гармонических составляющих в область пониженных частот, что вызывает возрастание амплитуд гармоник, находящихся в полосе звуковых частот и сопровождается на практике повышением уровня акустических шумов. Вместе с тем, в случае уменьшения порогов срабатывания, в данном случае с $\Delta U_n = 3,6$ В до $\Delta U_n = 0,5$ В спектральный состав входного тока даже при $U_{вх \max} = 242$ В практически не отличается от наиболее благоприятного, с точки зрения акустических шумов, спектра, полученного при $U_{вх \max} = 187$ В и $\Delta U_n = 3,6$ В.

На фиг. 5 приведен пример практической реализации схемы преобразователя переменного напряжения в постоянное с принудительным формированием входных токов, который выполнен на основе одноключевой схемы (транзистор VT). Особенностью данного преобразователя является наличие на входе выпрямительного моста Д1-Д4. Схема импульсного регулятора включает дроссель L, ключевой элемент VT, разделительный диод Д5 и выходной конденсатор С. Датчик входного напряжения ДН выполнен на основе резистивного делителя, датчик тока (ДТ) реализован при помощи шунта $r_{ш}$. Формирователь эталонного напряжения (ФЭН) представляет собой умножитель аналоговых сигналов, например, м/с 525 ПС3. Схемы сравнения (СС1, СС2) реализованы на основе операционных усилителей. Источник

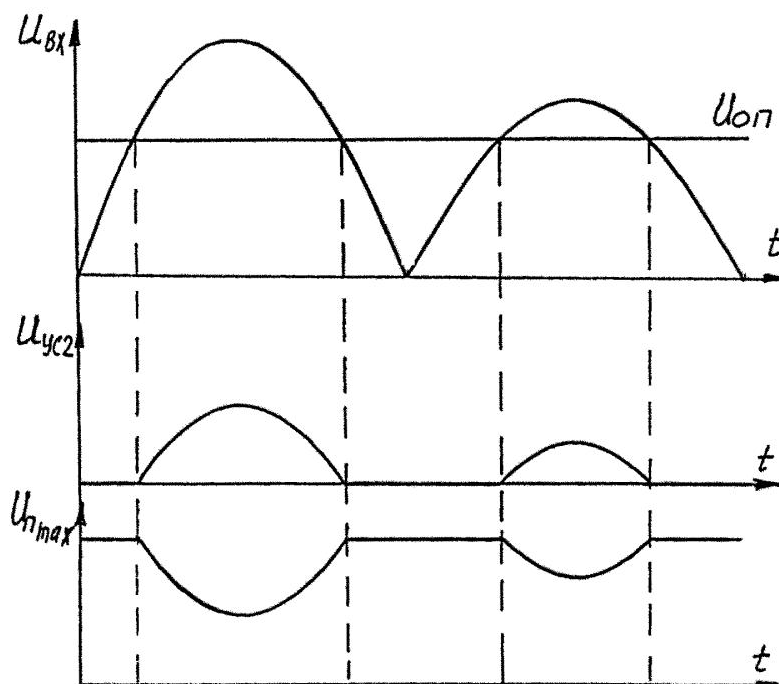
опорного напряжения ($U_{оп}$) реализован при помощи стабилитрона VD6. Аттенюатор (АТ) реализован на полевом транзисторе, работающем в активном режиме. Релейный элемент реализован на основе операционного усилителя. Для задания порогов переключения использована цепочка, включающая стабилитроны VD7, VD8, резисторы R1, R2. Схема УМ может быть реализована на основе широкоизвестных схем двуполярных импульсных усилителей. Датчик выходного напряжения (ДВН) включает измерительный резистивный делитель выходного напряжения, источник опорного напряжения U_0 , схему выделения сигнала

расхогласования U_{Δ} на основе операционного усилителя, выполняющего функции усилителя сигнала расхогласования. Корректирующее звено реализуется на основе известных RC цепей с частотно-зависимым коэффициентом передачи.

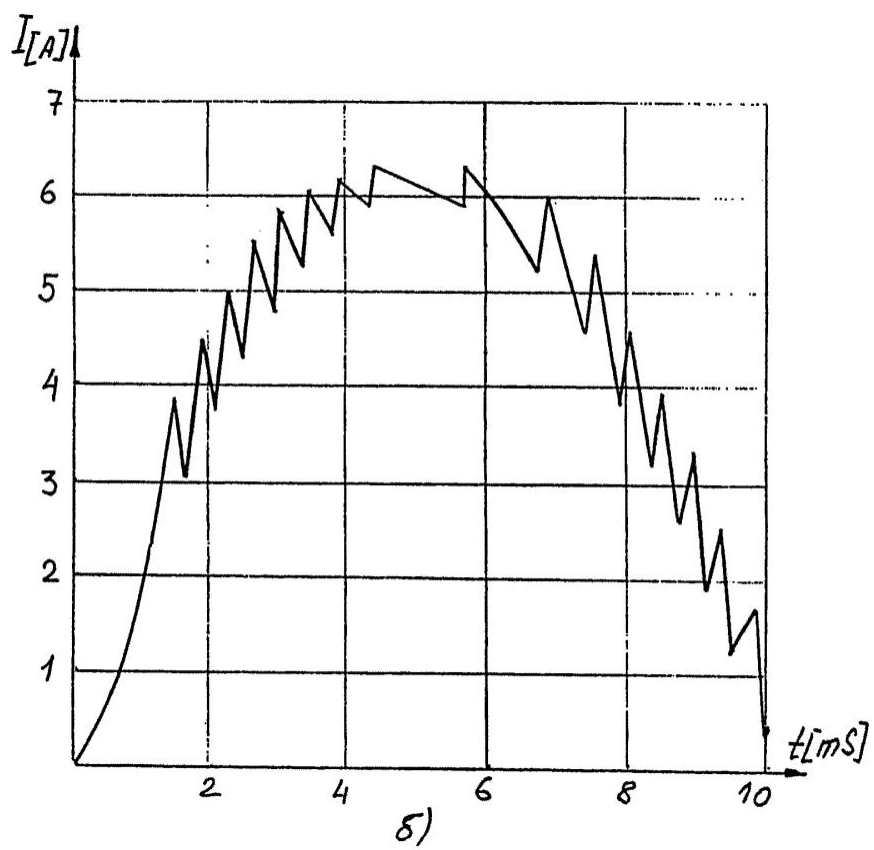
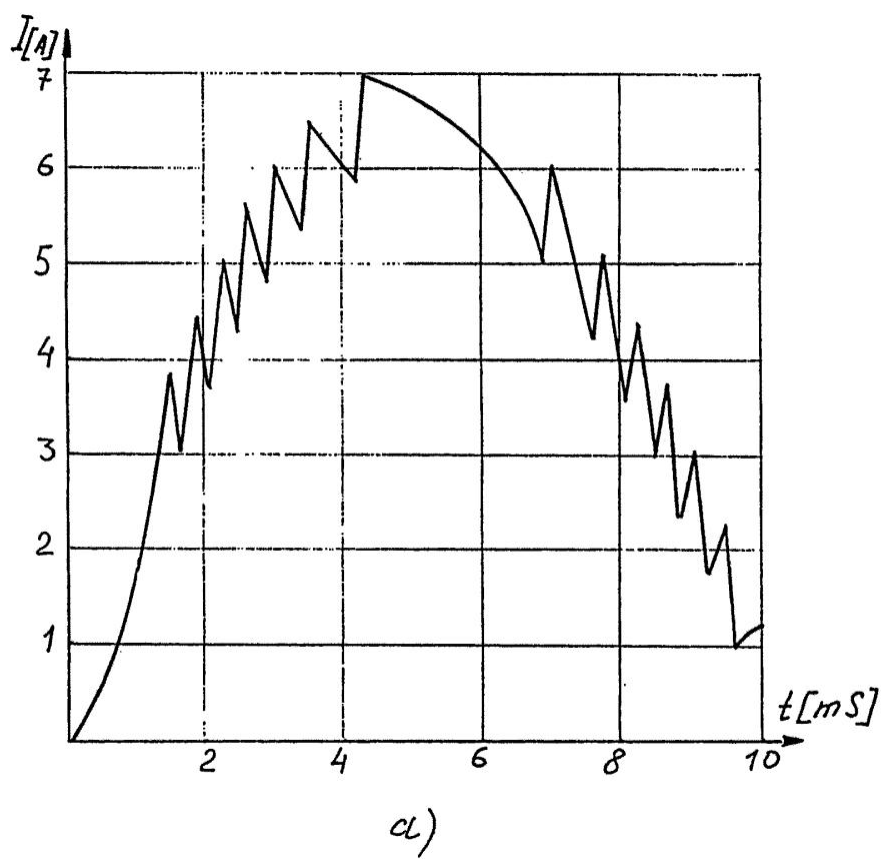
Использование предлагаемого изобретения, по сравнению с прототипом, позволит создавать транзисторные преобразователи, в частности источники вторичного электропитания РЭА, отличающиеся практически полным отсутствием акустических шумов.



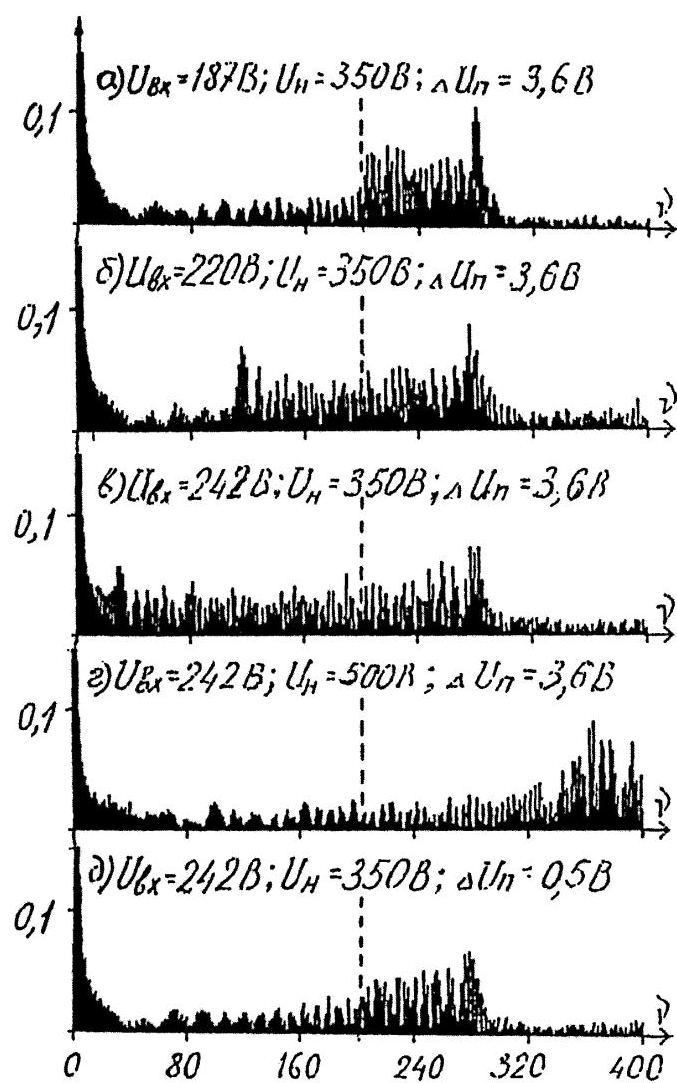
Фиг. 1



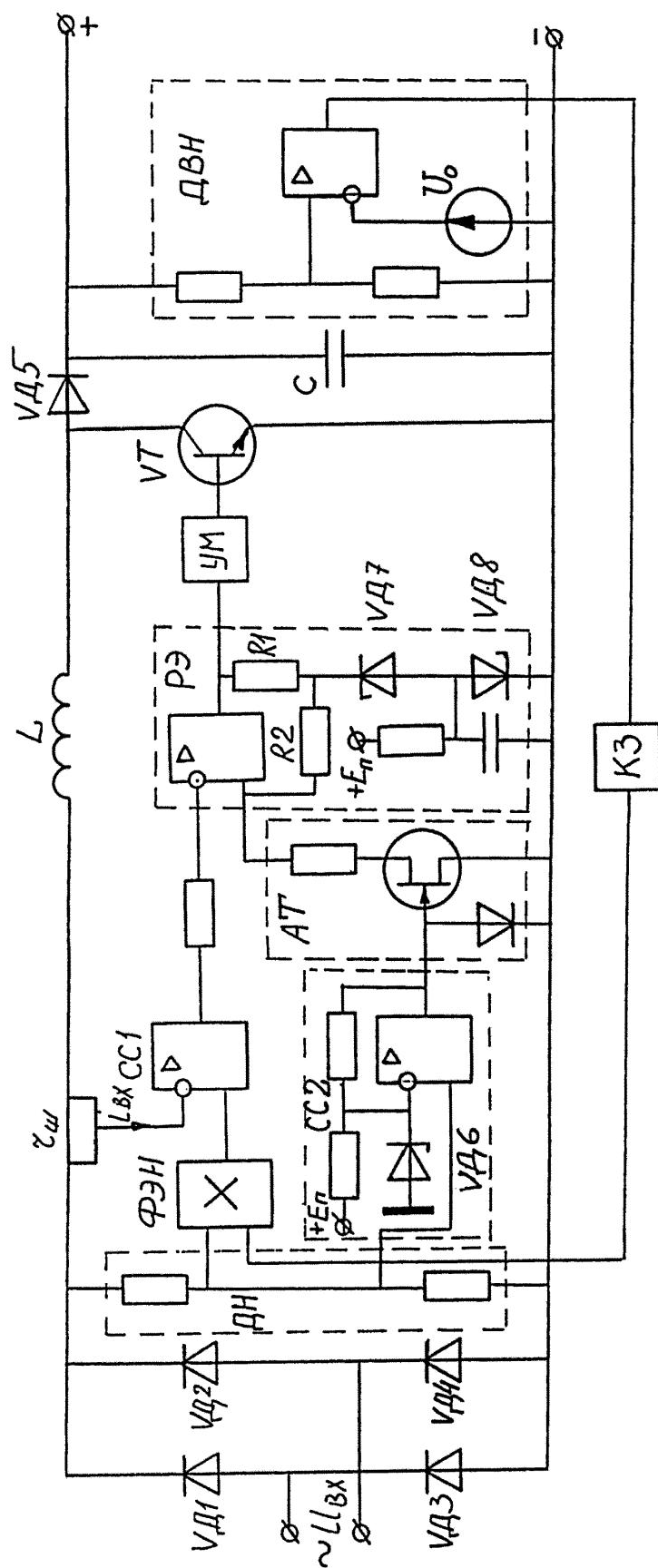
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
