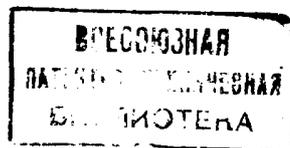




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 4495200/09

(22) 17.10.88

(46) 07.02.91. Бюл. № 5

(72) Б.И.Макаренко, М.А.Иванов,
С.М.Кудинов и В.В.Ванькевич

(53) 621.396.6(088.8)

(56) Борисов Ю.П. Основы многоканальной передачи информации. М.: Связь, 1967, с. 422.

(54) УСТРОЙСТВО ПРИЕМА СИГНАЛОВ С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

(57) Изобретение относится к многоканальным системам связи передачи информации. Целью изобретения является повышение достоверности приема при воздействии интенсивной сосредото-

точной помехи и перекрестных нелинейных искажений. Сущность изобретения состоит в частотно-избирательном ограничении помехи с локализацией спектра нелинейных компонент при данном ограничении с последующей режекцией данной ограниченной помехи и порожденных ею нелинейных компонент полезного сигнала, а также в подавлении перекрестных нелинейных искажений информационных канальных сигналов в каждом из N каналов перестройкой адаптивного фильтра для оптимальной компенсации в УВ нелинейных искажений, вызванных ограничением этого сигнала после канального ограничителя. 3 з.п.ф-лы, 6 ил.

Изобретение относится к системам связи и может быть использовано в многоканальных системах связи передачи информации.

Цель изобретения - повышение достоверности приема при воздействии интенсивной сосредоточенной помехи и перекрестных нелинейных искажений.

На фиг. 1 представлена блок-схема устройства; на фиг. 2 - блок-схема частотно-избирательного ограничителя; на фиг. 3 - блок-схема адаптивного фильтра; на фиг. 4 - блок-схема формирователя опорного сигнала; на фиг. 5 - принципиальная схема одного из полосовых фильтров КК со встречно включенными диодами на входе; на фиг. 6 - выходные напряжения усили-

теля постоянного тока в зависимости от их порядкового номера (от 1 до m).

Устройство ЧРК (фиг. 1) содержит приемник 1, коммутатор 2, режекторный фильтр 3, частотно-избирательный ограничитель 4, частотный детектор 5, полосовые фильтры 6, ограничитель 7, формирователь 8 опорного сигнала, линию 9 задержки, адаптивный фильтр 10, вычитатель 11, цепь 12 обратной связи, канальный частотный детектор 13, усилитель 14 низкой частоты, частотно-избирательный ограничитель 4 содержит сумматор 15, блок 16 сравнения, полосовые фильтры 17, пороговые блоки 18, усилители 19, сумматор 20, адаптивный фильтр 10 содержит перемножитель 21, генератор 22 и перем-

ножитель 23, формирователь 8 опорного сигнала содержит перемножители 24, 25, полосовые фильтры 17 содержат диоды 26, 27 и контур 28 LC.

Устройство работает следующим образом.

Входное воздействие

$$V_1(t) = S(t) + M(t) + n(t) \quad (1)$$

после усиления в приемнике 1 поступает на вход ограничителя 4, входной сигнал $V_2(t)$ которого равен

$$V_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} K_{\text{вч}}(t-\tau) \cdot V_1(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где $K_{\text{вч}}(\tau)$ - переходная функция приемника 1.

Сигнал $V_2(t)$ подается одновременно на входы всех m полосовых фильтров 17 со встречно включенными диодами на их входах. Полосы пропускания этих контуров 17 - 17 равны Δf_i и определяются номиналами индуктивности L и емкости C . Указанные полосы пропускания Δf_i не перекрываются, но в совокупности они перекрывают всю полосу частот Δf , в которой осуществляется передача полезного информационного сигнала $S(t)$, т.е.

$$\Delta f_i \cap \Delta f_j = \emptyset, \quad \forall i \neq j; \quad i, j \in [1, m], \quad (3)$$

причем

$$\bigcup_{i=1}^m \Delta f_i = \Delta f.$$

Необходимое количество m полосовых фильтров 17 выбирается из условия

$$\frac{\Delta f}{m} \gg \Delta f_{\text{ссп}} \quad (4)$$

где $\Delta f_{\text{ссп}}$ - полоса частот, занимаемая спектром собственно селективных помех.

Выполнение условия (4) позволяет в максимальной степени ограничить спектр нелинейных искажений $N(t)$.

В ограничителе 4 происходит частотно-избирательное ограничение входных составляющих помех достаточно большого уровня с локализацией при этом порождаемых помех $M(t)$ нелинейных компонент $N(t)$ в сравнительно узкой спектральной области (полосе поглощения ограничителя 4) в окрестности центральной частоты $f_{\text{ссп}}$ помех $M(t)$. Эффект частотно-избирательного ограничения определяется в основном нелинейными искажениями третьего порядка. Целесообразность организации

непересекающихся (неперекрывающихся между собой в частотной области) полос поглощения обусловлена необходимостью обеспечения частотно-избирательного ограничения интенсивной помехи $M(t)$ во всей полосе полезного сигнала Δf (т.е. при любой частотной настройке ССП $M(t)$).

При попадании интенсивной помехи $M(t)$ в полосу пропускания любого полосового фильтра 17 происходит частотно-избирательное ограничение данной помехи $M(t)$. Выход каждого из полосовых фильтров 17 м подключен к отдельному входу сумматора 15, на выходе которого формируется выходной сигнал $V_3(t)$, в спектре которого имеется ограниченная помеха $M_1(t)$

$$V_3(t) = S(t) + M_1(t) + n(t) + N(t). \quad (5)$$

Сигнал $V_3(t)$ поступает на сигнальный вход режекторного фильтра 3. Выход каждого полосового фильтра 17 м подключен к входу отдельного порогового блока 18.1 - 18.м. В случае присутствия помехи $M(t)$ во входном воздействии $V_4(t)$ выходной отклик $U_{\text{кп}i}$ полосового фильтра 17.1, в полосе ограничения которого действует помеха $M(t)$, отличен от выходных откликов остальных полосовых фильтров 17. Пороговые блоки 18.м настраиваются таким образом, что их выходное напряжение $U_{\text{кп}i}$ соответствует логическому "0" при отсутствии помехи $M(t)$ и соответствует логической "1" при появлении помехи $M(t)$ на входе порогового блока 18.м. Выход каждого порогового блока 18 соединен одновременно с входом отдельного усилителя 19.1-19.м и с отдельным входом сумматора 16. При появлении на входах усилителя 19 напряжения, соответствующего логической "1", их выходные напряжения равны $U_{\text{мин}i}$.

Входные напряжения $U_{\text{упт}i}$ остальных усилителей также строго фиксированы и находятся в пределах от $U_{\text{мин}i}$ до $U_{\text{макс}}$, причем ни одно из выходных напряжений $U_{\text{упт}i}$ не равно 0, так как этот случай соответствует отсутствию помехи $M(t)$ во входном воздействии. Это поясняется соответствующей записью и графиком (фиг. 6)

$$U_{\text{макс}} > U_{\text{упт}i} > U_{\text{мин}i} \quad \forall i \in [2, (m-1)];$$

$$U_{\text{упт}i} \neq 0 \text{ при наличии ССП } M(t) \quad (U_{\text{упт}i} = \text{const}); \quad (6)$$

$$U_{\text{упт}(i+1)} - U_{\text{упт}i} = \Delta U V_i \in [1, (m-1)].$$

Выход каждого усилителя подключен к отдельному входу второго сумматора 20 для развязки выходов усилителя 19. Коэффициент передачи по напряжению второго сумматора 20 равен 1. Напряжение $U_{\text{упт}i}$ с сумматора 20 подается на управляющий вход режекторного фильтра 3 для перестройки центральной частоты f_0 полосы режекции режекторного фильтра 3 под центральную частоту $f_{\text{ссп}}$ мешающего воздействия $M(t)$.

При появлении помехи $M(t)$ на входе заявляемой системы на выходе соответствующего порогового блока 18 появляется напряжение $U_{\text{кп}i}$, соответствующее логической "1", на выходе остальных блоков 18.1 - 18.m будет напряжение $U_{\text{кп}i}$, соответствующее логическому "0". Набор логических "0" и логической "1" поступает на m входов блока 16, причем каждое напряжение $U_{\text{кп}i}$ строго на определенный вход. Если помеха $M(t)$ отсутствует, то на всех M входах блока 16 установится напряжение $U_{\text{кп}i}$, соответствующее логическому "0", при этом на выходе блока 16 будет также напряжение $U_{\text{кп}i}$, соответствующее логическому "0". При появлении хотя бы одной логической "1" на входах блока 16 на его выходе установится напряжение $U_{\text{кп}i}$, соответствующее логической "1".

Таким образом, сигнал $V_{\text{ссп}}(t)$ на выходе блока равен

$$V_{\text{ссп}}(t) \begin{cases} = 0 & \text{при отсутствии ССП } M(t); \\ \neq 0 & \text{в случае воздействия} \\ & \text{ССП } M(t). \end{cases} \quad (7).$$

Выход блока 16, являющийся вторым управляющим выходом ограничителя 4 соединен с управляющим входом коммутатора 2.

При появлении на управляющем входе коммутатора 2 напряжения $U_{\text{кп}i}$, соответствующего логическому "0" (ССП $M(t)$ отсутствует), входное $V_{\text{ссп}}(t)$ воздействие подается на вход частотного детектора 5. В случае появления логической "1" на управляющем входе коммутатора 2 (ССП $M(t)$ присутствует) на вход частотного детектора 5 подается сигнал $V_4(t)$ с выхода режекторного фильтра 3.

После локализации нелинейных компонент $N(t)$ в сравнительно узкой (по

сравнению с полосой сигнала Δf) спектральной области Δf_1 посредством частотно-избирательного ограничения мощных составляющих ССП $M(t)$ перед детектированием осуществляется частотная режекция указанных компонент $N(t)$, при режекции происходит подавление помехи $M(t)$, частота которой $f_{\text{ссп}}$ совпадает с центральной частотой его настройки f_0 . Полоса режекции выбирается из соображений не только подавления уже ограниченной интенсивной ССП $M(t)$ в ограничителе, но и для подавления возможных спектральных составляющих нелинейных искажений, возникающих при данном частотно-избирательном ограничении помехи. На сигнальный вход фильтра 3 подается сигнал с выхода ограничителя 4. Поскольку полосы локализации нелинейных компонент $N(t)$ определяются полосой полосового фильтра 17, то и полоса режекции Δf_p должна быть выбрана равной полосе данного контура. После такого подавления линейного и нелинейного влияния помехи $M(t)$ "очищенный" сигнал имеет вид

$$V_4(t) = S^*(t) + n(t), \quad (8)$$

где $S^*(t)$ - это $S(t)$ с вырезанным участком спектра, который поражен линейным и локализованным нелинейным влиянием помехи $M(t)$, поступает на второй сигнальный вход коммутатора 2 и далее с его выхода на вход детектора 5, являющегося некогерентным демодулятором, и выделяет информацию, заключающуюся в законе изменения мгновенной частоты $f_S(t)$ полезного сигнала $S(t)$.

На выходе демодулятора выделяется многоканальное сообщение $r_A(t)$

$$\hat{r}_A(t) = \sum_{i=1}^N \hat{r}_{ki}(t) + n(t), \quad (9)$$

где $r_{ki}(t)$ - сообщение в i -м канале; знак \sim - обозначение принятого сообщения.

Ограничитель 4 обеспечивает постоянство амплитуды колебаний на входе детектора 5. При таком условии напряжение на выходе детектора 5 $V_{\text{дп}}$ определяется только отклонением частоты ЧМ-сигнала и не зависит от его амплитуды.

Фильтры 6 настроены каждый на частоту своего канала (разделение всех каналов происходит одновременно). Спектры сообщений $S_1 \dots S_N$, подлежащие приему во всех каналах системы связи с ЧРК, размещаются по оси частот так, чтобы они не перекрывались. Фильтры 6 пропускают все спектральные компоненты соответствующего модулированного колебания $S_1 \dots S_N$ вместе с соответствующей поднесущей F_{ni} данного канала. На выходе каждого фильтра 6.1 - 6.N образуется соответствующий каналный сигнал $S_{ki}(t)$, а также продукты взаимных помех и шумы.

С выхода фильтра 6 через ограничитель 7.i входное воздействие $V_{огр i}(t)$ поступает одновременно на вход линии 9 и вход формирователя 8.

Сигнал на выходе i-го ограничителя 7.1 - 7.N можно представить в виде

$$V_{огр i}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} K_{огр}(t-\tau) S_{ki}(\tau) d\tau, \quad (10)$$

где $K_{огр}(t)$ - переходная функция ограничителя 7.

В линии 9 входное воздействие $V_{огр}(t)$ задерживается на время t_3 , равное времени прохождения сигнала $V_{огр}(t)$ через формирователь 8. Задержанное на время t_3 воздействие $V_{огр}(t)$ с выхода линий 9 поступает на неинвертирующий вход вычитателя 11, формирователь 8 представляет собой устройство возведения в третью степень - кубатор (фиг. 4). Входное воздействие $V_{огр}(t)$ поступает одновременно на оба входа первого множителя 24 и на второй вход второго множителя 25. Сигнал $V_{огр}^2(t)$ с выхода первого множителя 24 умножается во втором множителе 25 раз на сигнал $V_{огр}(t)$, чем обеспечивается возведение в третью степень входного воздействия $V_{огр}(t)$. Сигнал $V_{огр}^3(t)$ поступает на сигнальный вход адаптивного фильтра 10. Формирование сигнала $V_{огр}^3(t)$ связано с тем, что нелинейные искажения $N_i(t)$, возникающие во входном воздействии $V_{огр}(t)$, после ограничителя 7 обусловлены в основном нелинейными эффектами третьего порядка. На выходе адаптивного фильтра 10 формируется сигнал $Z(t)$, в максимальной степени "похожий" на подавляемые нелинейные компоненты $N_i(t)$ сигнала $V_{огр}(t)$, причем

$$Z(t) = W(t) V_{огр}^3(t), \quad (11)$$

где $W(t)$ - изменяемая во времени импульсная характеристика адаптивного фильтра 10.

Можно показать, что

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Z(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} W(t) V_{огр}^3(t) = N_i(t). \quad (12)$$

При подаче сигнала ошибки $\xi(t)$ с выхода цепи 12 на управляющий вход адаптивного фильтра 10 передаточная функция $W(t)$ последнего изменяется таким образом, что в вычитателе 11 обеспечивается оптимальное (по критерию минимума среднеквадратической ошибки) подавление нелинейных компонент $N_i(t)$, возникающих во входном воздействии $V_{огр}(t)$ после ограничителя 7. Действительно, совокупность из последовательно соединенных первого множителя 21 и интегратора 22 (фиг. 3) образует коррелятор, выходной отклик которого $Z'(t)$ характеризует степень линейной стохастической взаимосвязи между воздействиями $V_{огр}^3(t)$ на сигнальном и управляющем входах адаптивного фильтра 10. Этим обеспечивается формирование выходного сигнала $Z(t)$ адаптивного фильтра 10, в максимальной степени "похожего" на подавляемые нелинейные компоненты $N_i(t)$.

Выходной сигнал $Z(t)$ адаптивного фильтра 10 поступает на инвертирующий вход вычитателя 11, на выходе которого формируется сигнал

$$V_{уб}(t) = V_{огр}(t) - Z(t) = S'(t) + N_i(t) + n'(t) - Z(t), \quad (13)$$

в котором скомпенсированы нелинейные искажения $N_i(t)$.

Сигнал $S'(t)$, не коррелированный с $S_i(t)$, остается нескомпенсированным. Действительно, сигнал $S'(t)$ проходит на выход вычитателя 11 практически без искажения, так как передаточная функция для сигнала равна 1 согласно (5). Для минимизации искажения сигнала $S'(t)$ необходимо повышать отношение h_1 сигнал/шум

$$h_1 = \frac{S'(t)}{N_i(t) + n'(t)} \quad (14)$$

на неинвертирующем входе вычитателя 11 и уменьшать отношение h_2 сигнал/шум

$$h_2 = \frac{V_{огр}(t)}{[N_i(t) + n'(t)]^3} \quad (15)$$

на сигнальном входе адаптивного фильтра 11.

"Очищенный" указанным образом от нелинейных компонент сигнал $V_{yB}(t)$ поступает с выхода вычитателя 11 на вход детектора 13, в котором осуществляется демодуляция канального сообщения $r_{ki}(t)$. Ограничитель 7 обеспечивает постоянство амплитуды колебаний на входе детектора 13. При таком условии напряжение на выходе детектора 13 (дискриминатора) U'_{4D} определяется только отклонениями частоты ЧМ-сигнала и не зависит от его амплитуды.

Величину полезного сообщения на выходе отдельного канала рассматриваемой системы можно представить в виде

$$\tilde{r}_{ki}(t) = a_{ДК} a_{УЛК} \Delta f_{Pi} D_{ki}(t), \quad (16)$$

где $a_{ДК}$ - коэффициент передачи канального ЧД;

$a_{УЛК}$ - коэффициент передачи УНЧ;

Δf_{Pi} - девиация поднесущей;

D_{ki} - многоканальное сообщение.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

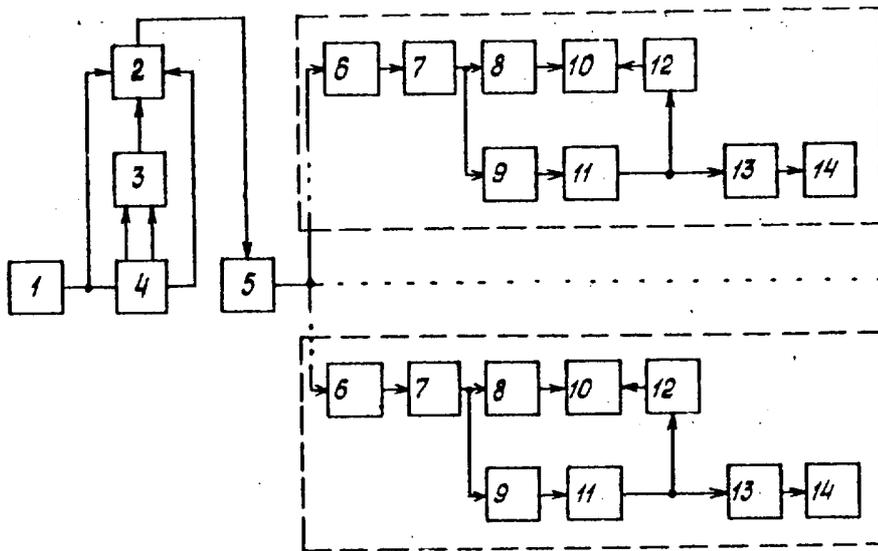
1. Устройство приема сигналов с частотным разделением каналов, содержащее ее линейную часть приемника, частотный детектор, выход которого соединен с входами n ветвей приема, каждая из которых состоит из последовательно соединенных полосового фильтра и ограничителя и последовательно соединенных канального частотного детектора и усилителя нижних частот, выход которого является выходом ветви приема, а вход полосового фильтра - входом ветви приема о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения достоверности приема при воздействии интенсивной сосредоточенной помехи и перекрестных нелинейных искажений, введены последовательно соединенные частотно-избирательный ограничитель, режекторный фильтр и коммутатор, а в каждую ветвь приема введены последовательно соединенные линия задержки, вычитатель, цепь обратной связи и адаптивный фильтр,

выход которого соединен с вторым входом вычитателя, а также формирователь опорного сигнала, вход которого объединен с входом линий задержки и соединен с выходом ограничителя, а вход - с сигнальным входом адаптивного фильтра, выход вычитателя соединен с входом канального частотного детектора, выход приемника соединен с входом частотно-избирательного ограничителя и вторым входом коммутатора, выход частотно-избирательного ограничителя соединен с входом управления коммутатора, выход которого соединен с входом частотного детектора.

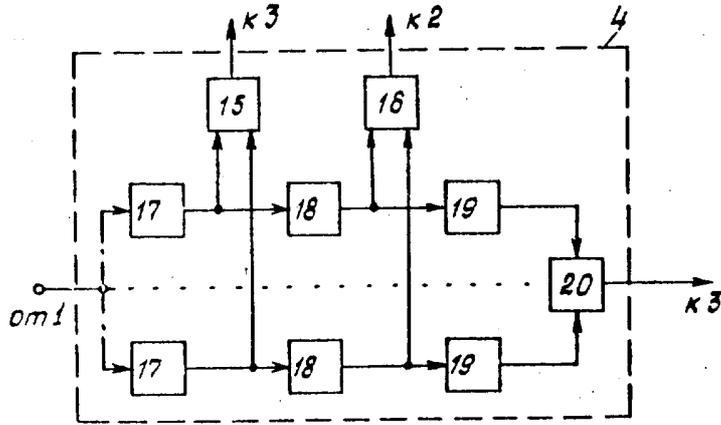
2. Устройство по п. 1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что частотно-избирательный ограничитель выполнен в виде n цепей, состоящих из последовательно соединенных полосового фильтра, порогового блока и усилителя, выходы усилителей n цепей соединены с входами первого сумматора, выходы полосовых фильтров соединены с входами второго сумматора, выходы пороговых блоков n цепей соединены с входами блока сравнения, входы полосовых фильтров n цепей объединены между собой и являются входом частотно-избирательного ограничителя, выходы первого сумматора, второго сумматора и блока сравнения являются выходами частотно-избирательного ограничителя.

3. Устройство по п. 1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что адаптивный фильтр выполнен в виде последовательно соединенных первого перемножителя, интегратора и второго перемножителя, второй вход которого соединен с первым входом первого перемножителя, второй вход которого является опорным входом адаптивного фильтра.

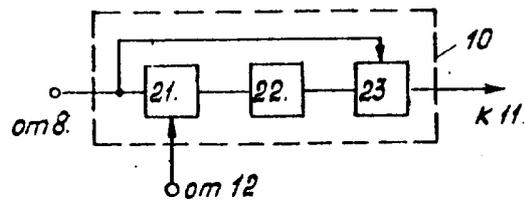
4. Устройство по п. 1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что формирователь опорного сигнала выполнен в виде последовательно соединенных первого и второго перемножителя, выход которого является выходом формирователя опорного сигнала, вход формирователя опорного сигнала соединен с входами первого перемножителя и вторым входом второго перемножителя.



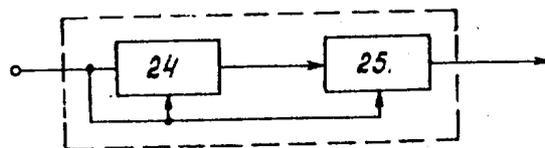
Фиг. 1



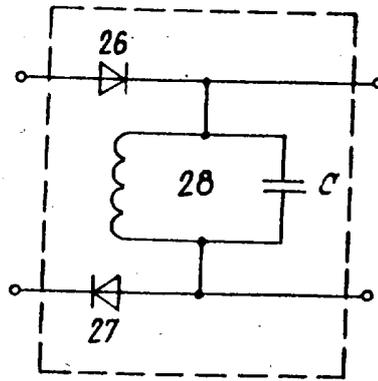
Фиг. 2



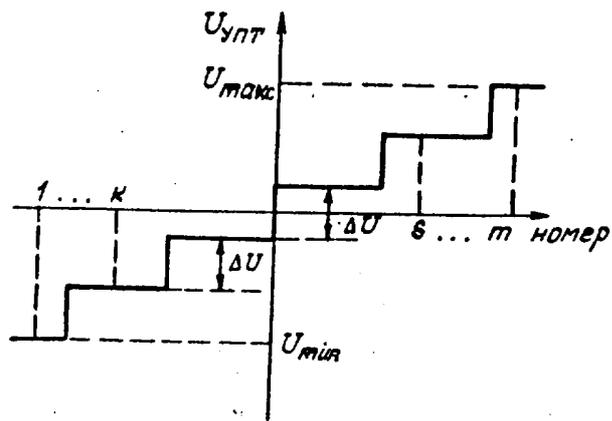
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Редактор В. Данко Составитель Е. Сурина Техред М. Дидык Корректор С. Шекмар

Заказ 287 Тираж Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101