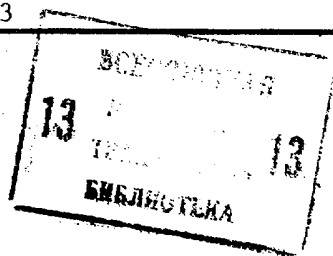




4(51) F 16 F 15/03

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3692473/24-24

(22) 10.01.84

(46) 30.06.85.Бюл. № 24

(72) В.И.Громов, Е.М.Галла,

Ю.Я.Денин и Р.В.Соболев

(53) 621-567.2(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 589482, кл. F 16 F 15/03, 1976.

Авторское свидетельство СССР  
№ 771381, кл. F 16 F 15/03, 1977.

(54)(57) 1. АМОРТИЗАТОР, содержащий упругий элемент, один конец которого связан с колеблющимся объектом, а другой через первый электромеханический динамометр - с изолируемым объектом, вибратор, связанный с изолируемым объектом через второй электромеханический динамометр, установленный соосно с вибратором, последовательно соединенные сумматор и усилитель мощности, выход которого связан с входом вибратора, а также предварительные усилители, входы которых подключены к выходам соответствующих электромеханических динамометров, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности при гашении меняющихся по частоте вибрационных составляющих, расширения области применения и упрощения амортизатора, он содержит последовательно соединенные корректирующий усилитель и гребенчатый

фильтр, а также датчик частоты колеблющегося объекта и усилитель обратной связи, вход которого подключен к выходу первого предварительного усилителя, а выход - к первому входу сумматора, соединенного вторым входом с выходом гребенчатого фильтра, второй вход которого подключен к выходу датчика частоты колеблющегося объекта, причем вход корректирующего усилителя соединен с выходом второго предварительного усилителя.

2. Амортизатор по п.1, отличающийся тем, что гребенчатый фильтр содержит последовательно соединенные сумматор, аналого-цифровой преобразователь, блок задержки и цифроаналоговый преобразователь а также блок управления, первый и второй выходы которого подключены соответственно к второму и третьему входам аналого-цифрового преобразователя, третий выход - к второму и третьему входам блока задержки, четвертый выход - к четвертому входу блока задержки, а вход - к второму входу гребенчатого фильтра, выход цифроаналогового преобразователя соединен с первым входом сумматора, второй вход которого подключен к первому входу гребенчатого фильтра, а второй выход - к выходу гребенчатого фильтра.

Изобретение относится к устройствам для гашения вибрации, а именно к конструкции амортизаторов с автоматическим управлением.

Цель изобретения - повышение эффективности при гашении меняющихся по частоте вибрационных составляющих, расширение области применения и упрощение амортизатора.

На фиг. 1 изображена функциональная схема амортизатора; на фиг. 2 - функциональная схема гребенчатого фильтра; на фиг. 3 - графики, поясняющие принципы действия гребенчатого фильтра; на фиг. 4 и 5 - амплитудно-фазочастотная характеристика амортизатора, замкнутого обратной связью.

Изобретение осуществляется следующим образом.

Амортизатор (фиг. 1) содержит первый электромеханический динамометр 1 с предварительным усилителем 2; упругий элемент 3, один конец которого связан с колеблющимся объектом 4, а другой - взаимодействует через первый электромеханический динамометр с изолируемым объектом 5; вибратор 6, связанный через второй электромеханический динамометр 7 с изолируемым объектом; последовательно соединенные сумматор 8, усилитель 9 мощности, вход которого подключен к выходу аналогового сумматора, а выход - к вибратору 6, гребенчатый фильтр 10 с датчиком 11 частоты колеблющегося объекта, выполненного например, в виде индукционной катушки с постоянным магнитом; выход датчика 11 подключен к первому входу гребенчатого фильтра, выход фильтра 10 подключен к входу сумматора 8; корректирующий усилитель 12, вход которого подключен к выходу предварительного усилителя 2, выход - к второму входу гребенчатого фильтра 10, предварительный усилитель 13, вход которого подключен к выходу второго электромеханического динамометра 7; усилитель 14 обратной связи, вход которого подключен к выходу предварительного усилителя 13, а выход - к второму входу аналогового сумматора 8. Гребенчатый фильтр 10 содержит (фиг. 2) сумматор 15, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 16, блок 17 задержки, цифроаналоговый преобразователь 18 (ЦАП), состоящий

из одной микросхемы серии 572 ПА1А, вход ЦАП 18 соединен с выходом блока 17 задержки, а выход - с вторым входом сумматора 15; блок 19 управления, вход которого соединен с датчиком 11 частоты колеблющегося объекта, а выходы - с входами АЦП 16 и блока 17 задержки, состоящего из D-триггеров и логических элементов типа И-НЕ, причем D-триггеры соединены между собой последовательно, дополнительно выход каждого соединен с входом соответствующего логического элемента.

АЦП 16 состоит из последовательно связанных масштабирующего усилителя 20, компаратора 21, регистра 22 последовательно приближения и преобразователя 23 декодирующего, вход АЦП 16 соединен с выходом сумматора 15.

Блок 17 задержки состоит из последовательно соединенных адресного счетчика 24, оперативного запоминающего устройства 25, буферного регистра 26, причем вход блока 17 задержки соединен с выходом АЦП 16.

Амортизатор работает следующим образом.

Колеблющийся объект 4, например роторный вращающийся механизм, деформируя упругий элемент 3, создает силовое вибрационное возбуждение изолируемого объекта 5, например опорного фундамента, амплитуды и фазы составляющих которого измеряются первым электромеханическим динамометром 1. Сигнал с динамометра 1 через предварительный усилитель 2 подается на корректирующий усилитель 12 и гребенчатый фильтр 10.

Параметры корректирующего усилителя 12 и гребенчатого фильтра 10 подбираются так, что при некоторых (обычно средних) значениях вибрационных частот составляющие усилия, развиваемого вибратором 6, равны по величине и противоположны по направлению соответствующим составляющим вибрационного усилия, которое действует на изолируемый объект 5 со стороны упругого элемента 3.

Амортизатор должен работать в широком диапазоне частот.

Для этой цели в предлагаемом амортизаторе применен один гребенчатый фильтр, который пропускает только вибрационные составляющие, переда-

ваемые на изолируемый объект, кратные по частоте числу оборотов колеблющегося объекта.

Гребенчатый фильтр реализует передаточную функцию  $W_{гф}$  (фиг.3а), описываемую формулой

$$W_{гф}(j\omega) = \frac{K(j\omega)}{1 - K(j\omega) \cdot \beta(j\omega)},$$

где  $K(j\omega)$  и  $\beta(j\omega)$  - передаточные функции цепей прямой и обратной связи (фиг.3б).

Если обеспечить передаточную функцию цепи обратной связи в виде задержки по величине, равной периоду дискретизации  $1/\omega_0$ , где  $\omega_0$  - частота вращения колеблющегося объекта, то данная гребенчатая структура может быть реализована одной схемой.

Принцип работы такой схемы (фиг.3в - ж) заключается в следующем.

Пусть входной сигнал  $U_{вх}$  имеет вид периодической последовательности с периодом повторения  $T$ , равным периоду дискретизации, т.е.  $T = \frac{1}{\omega_0}$  (фиг.3в).

Полагая  $K(j\omega) = K \cdot \text{const} < 1$ , приходим к следующему: каждый входной импульс порождает на выходе серию импульсов, отстающих один от другого на время  $T$  и имеющих амплитуды, убывающие по закону  $K, K^2, K^3, \dots$  (фиг.3з, г, е). Суммируя последовательности, получаем характеристику (фиг.3ж).

Таким образом, имеет место накопление сигнала с частотами  $K\omega_0$ , где  $K = 0, 1, 2, 3, \dots$

Задержка в фильтре осуществляется в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) 25 (фиг.2), выполненном на современных цифровых интегральных схемах.

Задержанный цифровой сигнал из ОЗУ 25 поступает в буферный регистр 26 и далее в ЦАП 18, где он преобразуется в аналоговый.

Преобразование входного аналогового сигнала для блока 17 задержки в цифровую форму осуществляется устройством АЦП 16 в следующей последовательности.

Выходной сигнал сумматора 15 поступает на вход масштабирующего усилителя 20, далее на компаратор 21, вырабатывающий сигнал логического уровня. Сигнал с компаратора поступает в регистр 22 последовательного

приближения, цифровой выход которого соответствует аналоговому сигналу. Сравнивающий сигнал для компаратора вырабатывает преобразователь 23 декодирующий.

АЦП 16 работает по принципу поразрядного взвешивания, выходной сигнал которого подается и записывается в ОЗУ 25. Через время  $1/\omega_0$  сигнал считывается с ОЗУ буферным регистром 26 и подается на устройство ЦАП 18.

Блок 19 управления предназначен для синхронизации работы всех устройств фильтра. Блок представляет собой распределитель импульсов, поступающих от датчика 11 частоты. Счетчик по mod 8, собранный на D-триггерах, последовательно делит входной тактовый сигнал на 2, 4, 8. Входной сигнал, а также результаты от его деления поступают на дешифратор, собранный на элементах типа И-НЕ. Интервал между сигналами, их очередность и длительность обеспечивают совместную работу всех устройств фильтра.

Два выхода блока 19 управления поступают на регистр 22 последовательного приближения устройства АЦП 16, два других выхода - на адресный счетчик 24 и буферный регистр 26 блока 17 задержки.

В сумматоре 15 происходит суммирование заданного сигнала с текущим входным и если период следования входного сигнала кратен времени  $1/\omega_0$ , то на выходе суммирующей схемы имеет место накопление данного сигнала, т.е. фильтрация.

Выход фильтра 10 соединен через сумматор 8 с входом усилителя 9 мощности, управляющим вибратором 6. Из-за большой индуктивности вибратора и резонанса подвижной его части амплитудно-фазочастотная характеристика контура усилитель - вибратор в рабочей частоте амортизатора далека от идеальной, что ограничивает рабочий диапазон частот.

Указанная амплитудно-фазочастотная характеристика представлена на фиг.4 (кривая А1), а с учетом корректирующего усилителя 12 - кривая А3, при этом характеристика корректирующего усилителя должна выглядеть, как показано на кривой А2. Управляющий контур амортизатора имеет

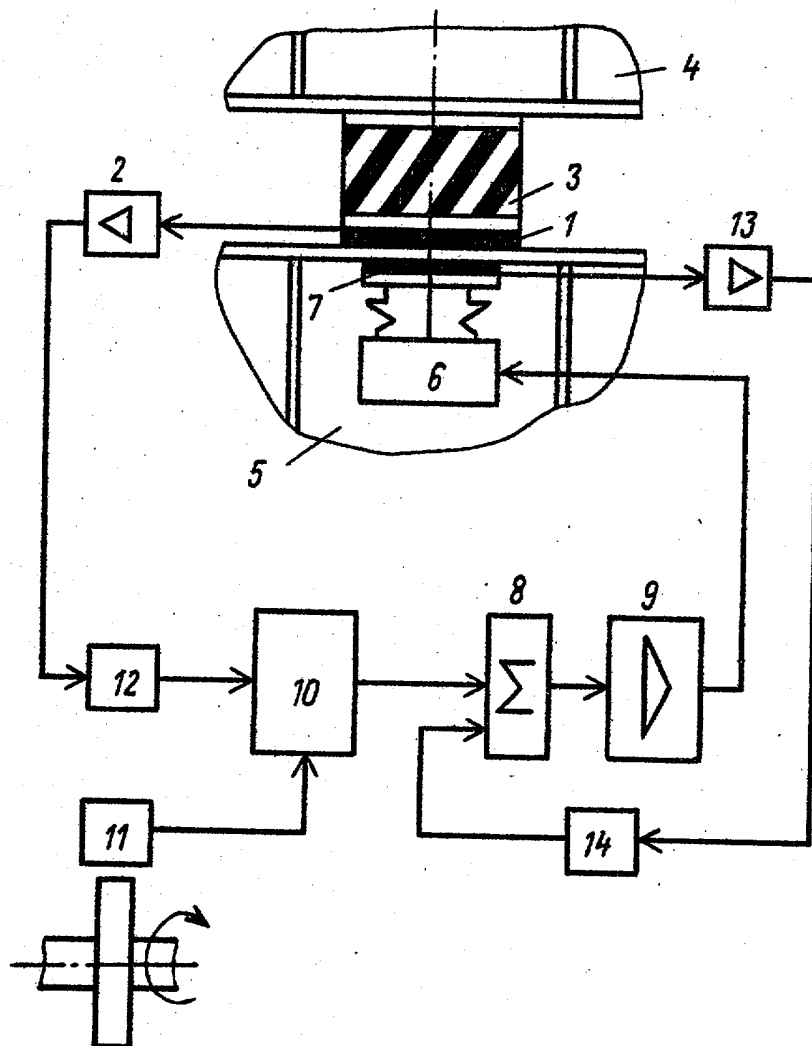
резонанс в области частот 20-30 Гц (фиг.4), что уменьшает область использования известных амортизаторов с автоматическим управлением.

В предлагаемом амортизаторе для расширения области применения в сторону низких частот выходной сигнал предварительного усилителя 13 второго электромеханического динамометра проходит усилитель 14 обратной связи имеющий специально рассчитанную характеристику с учетом передаточных характеристик вибратора, например, передаточную характеристику вида

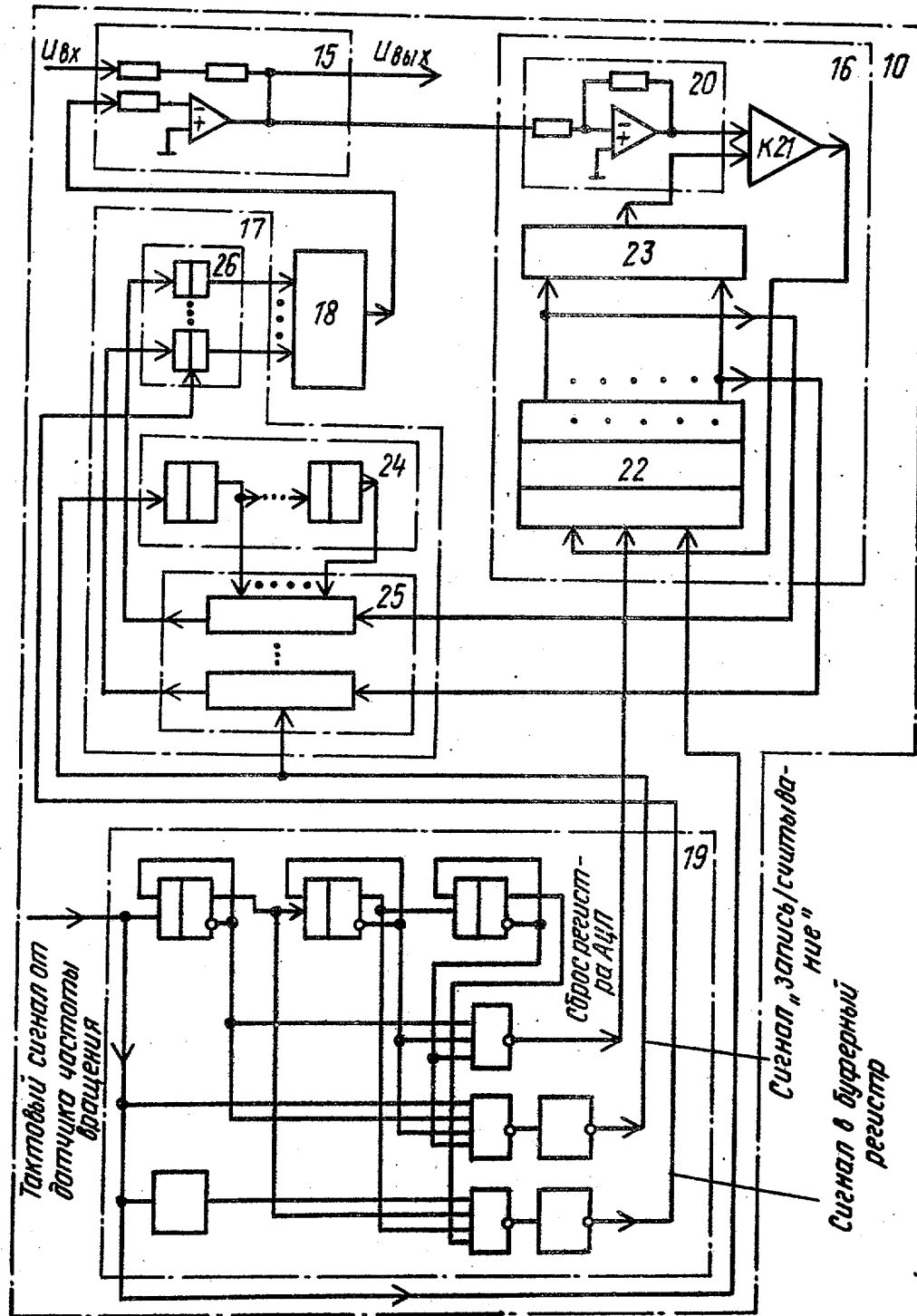
$$W_{14} = \frac{0,45p}{0,05p+1}$$

Выходной сигнал усилителя 14 обратной связи подается на второй вход сумматора 8, т.е. осуществляется за-

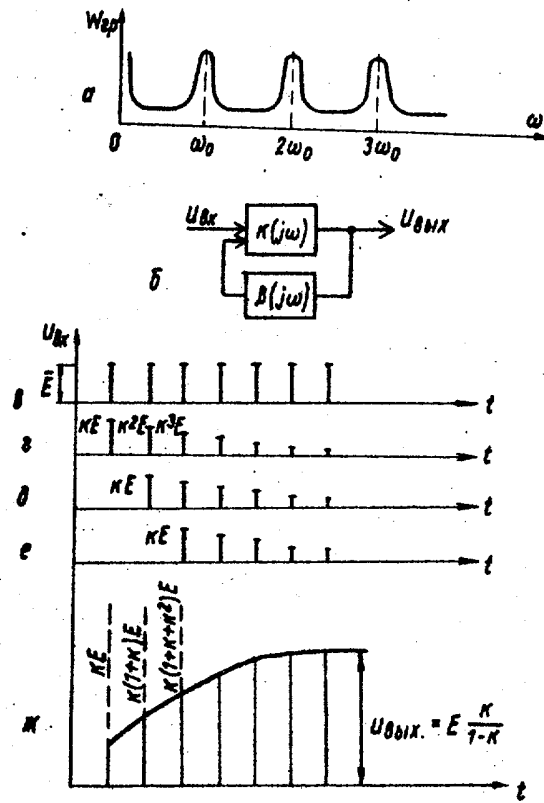
мыкание обратной связью контура усилитель мощности - вибратор, при этом его амплитудно-фазочастотная характеристика принимает вид (фиг.5, кривая Б1). Резонанс подвижной части вибратора смещается влево в область частот 6 Гц. Если при этом амплитудно-фазочастотная характеристика корректирующего усилителя 12 имеет вид, как показано на кривой Б3, то характеристика системы управления вибратора принимает вид, показанный на кривой Б4. Кривая Б2 (фиг.5) - разомкнутая характеристика системы управления вибратором, по которой судят об устойчивости. Схема усилителя 14 обратной связи выполнена на стандартных операционных усилителях с применением интегральных схем.



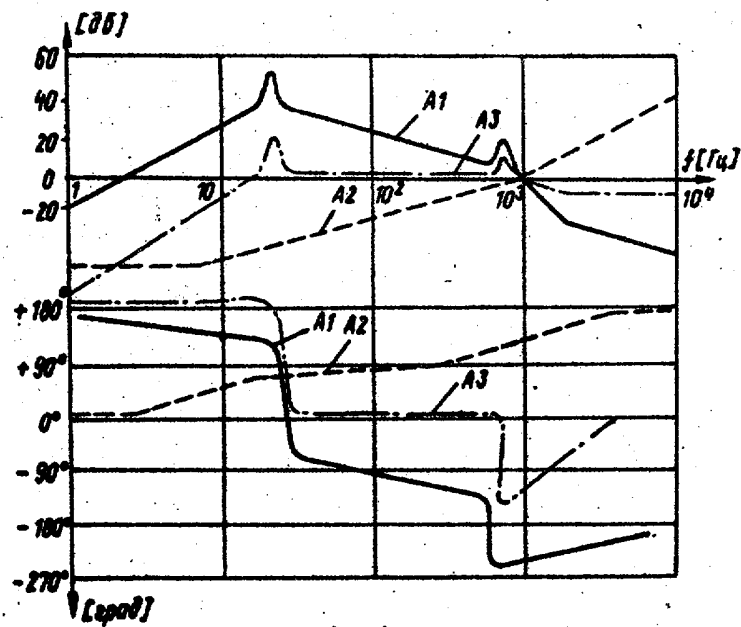
Фиг.1



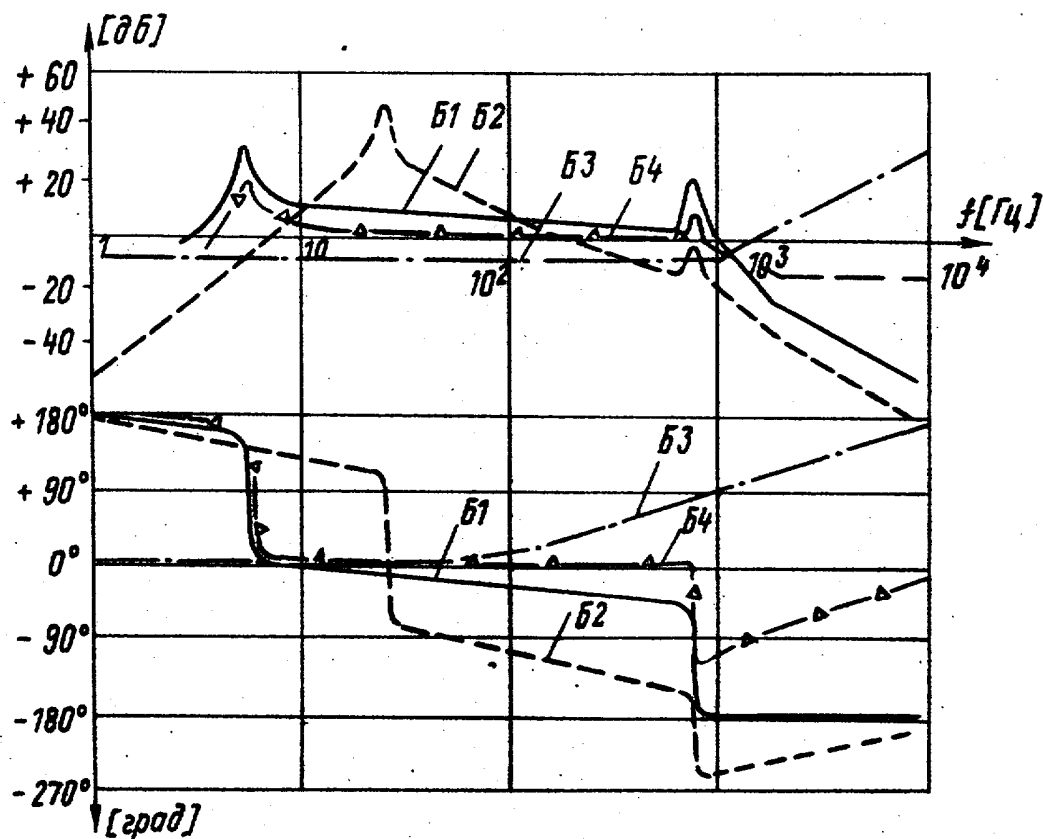
фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



фиг. 5

Составитель Л.Цаллагова

Редактор Е.Копча Техред О.Ващицина Корректор Е.Сирохман

Заказ 4172/34 Тираж 898 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4