



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008100863/28, 09.01.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.01.2008

(45) Опубликовано: 10.09.2009 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1506375 A, 07.09.1989. RU 2265231 C1,
27.11.2005. SU 515999 A, 30.05.1976. SU 628446
A1, 15.10.1978. US 3878723 A, 22.04.1975.

Адрес для переписки:

690013, г.Владивосток, ул. Каплунова, 7,
НОУ ВПО ДВИК, проректору А.Н. Юминову

(72) Автор(ы):

Лосев Валерий Лазаревич (RU),
Манько Владимир Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Негосударственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Дальневосточный институт
коммуникаций" (НОУ ВПО "ДВИК") (RU)

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ ФЛУКТУАЦИЙ В ПРОХОДНЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области техники измерений и предназначено для измерения амплитудных, частотных (фазовых) флуктуаций и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций, создаваемых проходными высокочастотными устройствами. Измеритель содержит задающий генератор 1, модулятор 2, высокочастотный делитель мощности 3, амплитудно-частотный приемник с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций 4, амплитудно-фазовый приемник с параллельным выделением

амплитудных и фазовых флуктуаций 5, низкочастотные делители напряжений 6 и 7, проходное высокочастотное устройство 8, калибратор 9, вычитающие каскады 10 и 11, фазовращатель 12, коммутатор 13, суммарно-разностный каскад 14 и индикатор 15. Технический результат - повышение достоверности и чувствительности измерений амплитудных, фазовых флуктуаций и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций, создаваемых проходными высокочастотными устройствами указанного типа. 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21), (22) Application: **2008100863/28, 09.01.2008**(24) Effective date for property rights:
09.01.2008(45) Date of publication: **10.09.2009 Bull. 25**

Mail address:

**690013, g. Vladivostok, ul. Kaplunova, 7, NOU
VPO DVIK, prorektoru A.N. Juminovu**

(72) Inventor(s):

**Losev Valerij Lazarevich (RU),
Man'ko Vladimir Jur'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Negosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya
"Dal'nevostochnyj institut kommunikatsij" (NOU
VPO "DVIK") (RU)****(54) METRE OF FLUCTUATION IN THROUGHPUT HIGH-FREQUENCY DEVICES**

(57) Abstract:

FIELD: physics, measurements.

SUBSTANCE: invention is related to the field of metering equipment and is intended for measurement of amplitude, frequency (phase) fluctuation and complex coefficient of correlation of these fluctuations created by throughput high-frequency devices. Metre comprises driving oscillator 1, modulator 2, high-frequency power divider 3, amplitude-frequency receiver with parallel separation of amplitude and frequency fluctuations 4, amplitude-phase receiver with parallel separation

of amplitude and phase fluctuation 5, low-frequency voltage dividers 6 and 7, throughput high-frequency device 8, calibrator 9, subtracting cascades 10 and 11, phase changer 12, commutator 13, summary-difference cascade 14 and indicator 15.

EFFECT: improved accuracy and sensitivity of measurements of amplitude, phase fluctuation and complex coefficient of correlation of these fluctuations created by throughput high-frequency devices of specified type.

1 dwg

Изобретение относится к области техники измерений и предназначено для измерения амплитудных, фазовых флуктуаций и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций в проходных высокочастотных (ВЧ) устройствах типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства сверхвысокочастотного (СВЧ) и оптического диапазонов.

Речь идет об измерении шумовых низкочастотных (НЧ) амплитудных и фазовых (частотных) флуктуаций (модуляций), создаваемых в электромагнитных колебаниях проходными ВЧ-устройствами (включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов), предназначенными к работе в современных малошумящих когерентных системах локации и связи. При этом связь между фазовыми флуктуациями $\varphi(t)$ в рад и эквивалентными им частотными флуктуациями $f(t)$ в Гц дается соотношением

$$\varphi(t) = \int_0^t 2\pi f(t_1) dt_1, \quad (1)$$

где t - текущее время в сек,

t_1 - переменная интегрирования, размерность которой определяется пределами интегрирования.

Известно, что к уровням амплитудных, фазовых флуктуаций указанных устройств и к величине комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций предъявляются жесткие требования, выполнение которых невозможно без создания достоверных и высокочувствительных измерителей флуктуаций в проходных ВЧ-устройствах, отделяющих указанные флуктуационные компоненты друг от друга, от собственных шумов измерительной аппаратуры и от влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающих генераторов.

Известен измеритель флуктуаций источников ВЧ-колебаний (включая источники СВЧ и оптического диапазонов) [1], содержащий калибратор, индикатор и амплитудно-частотный приемник с последовательным выделением амплитудных и частотных флуктуаций.

В известном измерителе применен корреляционный амплитудно-частотный приемник с последовательным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, одноканальный по входу и выходу, состоящий из ВЧ-делителя мощности (в описании измерителя назван «делитель напряжения»), предсказателя спектра, выполненного на резонансном контуре (он же - частотно-фазовый дискриминатор), компенсатора уровня несущей, ВЧ-переключателя (в описании измерителя назван «переключателем»), ключа, фазового дискриминатора и двухканального по входу амплитудного приемника с коррелятором суммарно-разностного типа (в описании измерителя назван «двухканальный корреляционный приемник»), позволяющий при настройках, описанных в [1], последовательно выделять на его выходе амплитудные или частотные флуктуаций источника ВЧ-колебаний.

Известный измеритель может мерить амплитудные и частотные (фазовые) флуктуаций в любых источниках ВЧ-колебаний, в том числе и в возбуждаемом задающим генератором проходном ВЧ-устройстве типа усилителя, ограничителя мощности, электронного аттенюатора, разрядника и прочих аналогичных. В этом случае в состав данного измерителя входят также последовательно соединенные задающий генератор и проходное ВЧ-устройство, выход которого подключают к входу калибратора, а сам измеритель флуктуаций источников ВЧ-колебаний [1] превращается в этом случае в измеритель флуктуаций в проходных ВЧ-устройствах. Причем в этом известном измерителе амплитудные и частотные (фазовые) флуктуаций

проходного ВЧ-устройства отделены друг от друга и от собственных шумов измерительной аппаратуры.

Однако, известный измеритель не может мерить комплексный коэффициент корреляций амплитудных флуктуаций с частотными (фазовыми). Кроме того, в известном измерителе амплитудные и частотные (фазовые) флуктуаций проходного ВЧ-устройства не отделены от влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора.

Поэтому функциональные возможности известного измерителя флуктуаций ограничены, а достоверности и чувствительности этого измерителя по амплитудным и частотным (фазовым) флуктуациям, создаваемым проходными ВЧ-устройствами (включая устройства СВЧ- и оптического диапазона), недостаточны, и этот известный измеритель непригоден для измерений амплитудных, частотных (фазовых) флуктуаций и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций, создаваемых современными малошумящими проходными ВЧ-устройствами типа усилителя, ограничителя мощности, электронного аттенюатора, разрядника и прочих аналогичных.

Известен также измеритель флуктуаций в проходных ВЧ-устройствах (включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов) [2], содержащий задающий генератор (в описании измерителя назван «СВЧ-генератор»), ВЧ-делитель мощности (в описании измерителя назван «делитель мощности»), проходное ВЧ-устройство (в описании измерителя названо «усилитель СВЧ»), калибратор, индикатор и амплитудно-фазовый приемник с последовательным выделением на его выходе амплитудных или фазовых флуктуаций.

В этом известном измерителе применен корреляционный амплитудно-фазовый приемник с последовательным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, двухканальный по входу и одноканальный по выходу, состоящий из компенсатора уровня несущей, ВЧ-переключателя (в описании измерителя назван «переключатель»), ключа, фазового дискриминатора (в описании измерителя назван «дискриминатор») и двухканального (по входу) амплитудного приемника с коррелятором суммарно-разностного типа (коррелятор состоит из суммарно-разностного каскада и НЧ-переключателя), позволяющий при настройках, описанных в [2], последовательно выделять на его выходе амплитудные или фазовые флуктуаций выходного колебания проходного ВЧ-устройства.

Известный измеритель [2] может мерить амплитудные и фазовые флуктуаций в проходных ВЧ-устройствах типа усилителей, ограничителей мощностей, электронных аттенюаторов, разрядников и других аналогичных. Причем в этом измерителе амплитудные и фазовые флуктуаций проходного ВЧ-устройства указанного типа отделены друг от друга и от шумов измерительной аппаратуры, а достоверности и чувствительности известного измерителя [2] по амплитудным и фазовым флуктуациям, создаваемым проходными ВЧ-устройствами, на 5-10 дБ выше, чем у измерителя [1], за счет выделения в нем фазовых флуктуаций фазовым (а не частотным) дискриминатором и частичного отделения результатов измерений амплитудных и фазовых флуктуаций проходного ВЧ-устройства от влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора.

Однако известный измеритель [2] не может мерить комплексный коэффициент корреляции амплитудных флуктуаций с фазовыми в проходных ВЧ-устройствах, и в этом измерителе амплитудные и фазовые (частотные) флуктуаций, создаваемые проходным ВЧ-устройством, не полностью отделены от влияний амплитудных и

частотных флуктуаций задающего генератора, в частности, они не отделены от результатов интермодуляционных преобразований амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора в коррелированные с ними амплитудные и фазовые компоненты флуктуаций в выходном колебании проходного ВЧ-устройства.

Поэтому, функциональные возможности известного измерителя [2] ограничены, а достоверности и чувствительности этого измерителя по амплитудным и фазовым флуктуациям не достаточны, и этот известный измеритель, как и известный измеритель [1], не пригоден для измерений амплитудных, фазовых флуктуаций и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций, создаваемых современными малошумящими проходными ВЧ-устройствами типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов.

Наконец, известен измеритель флуктуаций источников ВЧ-колебаний (включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов) [3], принятый нами за прототип и содержащий калибратор, индикатор, суммарно-разностный каскад, коммутатор, фазовращатель и амплитудно-частотный приемник, корреляционного типа, с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, где выход фазовращателя через первый вход и первый выход коммутатора соединен с первым входом суммарно-разностного каскада, второй вход которого подключен ко второму входу коммутатора, и выход суммарно-разностного каскада соединен с индикатором.

В измерителе-прототипе применен достаточно сложный корреляционный амплитудно-частотный приемник с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, одноканальный по входу и двухканальный по выходу (сигнал на первом выходе пропорционален амплитудным флуктуациям, а сигнал на втором выходе пропорционален частотным флуктуациям ВЧ-колебания, поступающего на вход данного приемника), состоящий из ВЧ-делителя мощности, частотно-фазового дискриминатора, выполненного на резонансном контуре (он же предсказатель спектра) и корреляционного амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, двухканального по входу и выходу (сигнал на первом выходе пропорционален амплитудным флуктуациям, а сигнал на втором выходе пропорционален взаимным фазовым флуктуациям входных колебаний этого приемника), включающего в себя компенсатор уровня несущей, ВЧ-переключатель, ключ, фазовый дискриминатора, два двухканальных по входам и выходам амплитудных приемника, вычитающий и суммарно-разностный каскады.

Известный измеритель-прототип может мерить не только амплитудные и частотные (фазовые) флуктуаций, но и комплексный коэффициент корреляции этих флуктуаций в различных источниках ВЧ-колебаний, в том числе в возбуждаемых задающими генераторами проходных ВЧ-устройствах типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов.

В последнем случае в состав измерителя-прототипа входят также последовательно соединенные задающий генератор и проходное ВЧ-устройство, выход которого подключен к входу калибратора, а сам измеритель флуктуаций в источниках ВЧ-колебаний [3] превращается в этом случае в измеритель флуктуаций в проходных ВЧ-устройствах. Причем в измерителе-прототипе амплитудные, частотные (фазовые) флуктуаций проходного ВЧ-устройства указанного типа и комплексный коэффициент корреляции этих флуктуаций отделены друг от друга и от собственных шумов измерительной аппаратуры.

Однако, в измерителе-прототипе амплитудные и частотные (фазовые) флуктуаций, создаваемые проходным ВЧ-устройством, не отделены от влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора, возбуждающего проходное ВЧ-устройство. Вследствие чего, достоверности и чувствительности известного измерителя [3] по амплитудным, частотным (фазовым) флуктуациям и комплексному коэффициенту корреляции этих флуктуаций также не достаточны для измерений указанных флуктуационных компонентов в современных малошумящих проходных ВЧ-устройствах типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов.

Техническая задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, состоит в устранении отмеченных недостатков прототипа, а именно - в создании измерителя флуктуаций в проходных ВЧ-устройствах типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов, с повышенными достоверностями и чувствительностями измерений амплитудных, частотных (фазовых) флуктуаций и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций, создаваемых проходными ВЧ-устройствами, в условиях, когда указанные измеряемые флуктуационные компоненты не только отделены друг от друга и от собственных шумов измерительной аппаратуры, как это имеет место в измерителе-прототипе, но также отделены от влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора, чего нет в измерителе-прототипе.

Для решения данной технической задачи в известный измеритель флуктуаций в проходных высокочастотных устройствах (прототип), содержащий задающий генератор, проходное высокочастотное устройство, калибратор, индикатор, суммарно-разностный каскад, коммутатор, фазовращатель, и амплитудно-частотный приемник с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, где выход проходного высокочастотного устройства подключен к входу калибратора, а выход фазовращателя через первый вход и первый выход коммутатора соединен с первым входом суммарно-разностного каскада, второй вход которого подключен ко второму выходу коммутатора, и выход суммарно-разностного каскада соединен с индикатором, в отличие от него дополнительно введены отсутствующие в прототипе модулятор, высокочастотный делитель мощности, два низкочастотных делителя напряжения, два вычитающих каскада и амплитудно-фазовый приемник с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, причем задающий генератор через модулятор подключен к входу высокочастотного делителя мощности, выходы которого соединены: первый - с входом амплитудно-частотного приемника с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, второй - с первым входом амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, третий - с входом проходного высокочастотного устройства, а выход калибратора соединен со вторым входом амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, выходы которого, первый и второй, подключены, соответственно, к первым входам первого и второго вычитающих каскадов, при этом второй вход первого вычитающего каскада соединен с первым выходом первого низкочастотного делителя напряжения, второй выход которого подключен ко второму входу второго вычитающего каскада, и третий вход первого вычитающего каскада соединен с первым выходом второго низкочастотного делителя напряжения, второй выход которого подключен к третьему входу второго

вычитающего каскада, а входы низкочастотных делителей напряжения, первого и второго, подключены, соответственно, к первому и второму выходам амплитудно-частотного приемника с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций и выход первого вычитающего каскада соединен с входом фазовращателя, а выход второго вычитающего каскада соединен со вторым входом коммутатора.

Заявляемый измеритель, благодаря наличию в нем модулятора, ВЧ-делителя мощности, амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, двух вычитающих каскадов и двух НЧ-делителей напряжений с их связями и общей совокупности заявляемых признаков, обладает повышенными, в сравнении с прототипом и с другими известными измерителями, достоверностями и чувствительностями измерений амплитудных, фазовых флуктуаций и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций, создаваемых проходными ВЧ-устройствами типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов, поскольку в нем (в заявляемом измерителе) можно последовательно с помощью модулятора вводить в колебание задающего генератора гармонические амплитудную или частотную (фазовую) модуляции, уровни которых на 30-40 дБ превышают значения амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора и на 20-30 дБ превышают значения амплитудных и фазовых флуктуаций в выходном колебании исследуемого проходного ВЧ-устройства, а затем, регулируя коэффициенты передач сигналов в вычитающих каскадах (такие регулировки всегда имеются в типовых вычитающих каскадах и обычно выполняются с помощью потенциометров, стоящих на их входах), осуществлять следующие операции.

1. При измерении амплитудных флуктуаций проходного ВЧ-устройства, когда сигнал с выхода первого вычитающего каскада через фазовращатель, стоящий в любом положении (фазовращатель имеет переключатель положений «нулевой фазовый сдвиг» и «фазовый сдвиг $\pi/2$ », применяемый только при измерении комплексного коэффициента корреляции амплитудных флуктуаций с частотными), первый вход и первый выход коммутатора, стоящего в положении «амплитудные флуктуаций» (в коммутаторе имеется переключатель положений «амплитудные флуктуаций», «фазовые флуктуаций» и «корреляция флуктуаций») подается на первый вход суммарно-разностного каскада, стоящего в любом положении, (суммарно-разностный каскад имеет переключатель положений «сложение входных сигналов», «вычитание входных сигналов», применяемый только при измерении комплексного коэффициента корреляции амплитудных флуктуаций с фазовыми), а поступление сигнала с выхода второго вычитающего каскада на второй вход суммарно-разностного каскада блокируют коммутатором, удается достичь ослабления в выходном сигнале первого вычитающего каскада на величины не менее 20 дБ, влияний составляющих гармонических амплитудной и частотной модуляций, происходящих из-за искусственного введения их с помощью модулятора в колебание задающего генератора и регистрируемых индикатором, а при устранении этих модуляций выключением модулятора - ослаблении на те же величины, не менее 20 дБ, влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора на результат измерения амплитудных флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством, регистрируемых индикатором и отсчитываемых по калибратору, чего нет в прототипе.

2. При измерении фазовых частотных (частотных) флуктуаций проходного

ВЧ-устройства, когда сигнал с выхода второго вычитающего устройства через второй вход и второй выход коммутатора, стоящего в положении «фазовые флуктуаций», подается на второй вход суммарно-разностного каскада, стоящего в любом положении, а поступление сигнала с выхода первого вычитающего каскада через фазовращатель на первый вход суммарно-разностного каскада блокируют коммутатором, удастся достичь ослабления в выходном сигнале второго вычитающего каскада на величины, не менее 20 дБ, влияний составляющих гармонических амплитудной и частотной модуляций, происходящих из-за искусственного введения их с помощью модулятора в колебание задающего генератора и регистрируемых индикатором, а при устранении этих модуляций выключением модулятора - ослаблении на те же величины, не менее 20 дБ, влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора на результат измерения фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством, регистрируемых индикатором и отсчитываемых по калибратору, чего нет в прототипе.

3. При измерении комплексного коэффициента корреляции амплитудных и фазовых флуктуаций проходного ВЧ-устройства коммутатор переводят в положение «корреляция флуктуаций», и он (коммутатор) обеспечивает подачу на первый и второй входы суммарно-разностного каскада сигналов с выходов обоих вычитающих каскадов: с выхода первого вычитающего каскада - через фазовращатель, первый вход и первый выход коммутатора на первый вход суммарно-разностного каскада, и с выхода второго вычитающего каскада - через второй вход и второй выход коммутатора на второй вход суммарно-разностного каскада.

При этом, с учетом выполненных ранее настроек в режимах 1, 2, реализуют ослабления в сигналах на выходах обоих вычитающих каскадов на величины, не менее 20 дБ, влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора на результаты выделений амплитудных, фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством, и на результат измерения комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций, определяемого по показаниям индикатора в двух указанных положениях фазовращателя и суммарно-разностного каскада по известному алгоритму, описанному в [3].

Поэтому в заявляемом измерителе в сравнении с прототипом, влияние амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора на результаты измерений амплитудных, фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством, и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций ослаблены на величины не менее 20 дБ, чего нет в измерителе - прототипе.

Соответственно, достоверности и чувствительности измерений амплитудных, фазовых флуктуаций, создаваемых проходными ВЧ-устройствами типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства СВЧ и оптического диапазонов, и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций в заявляемом измерителе будут на те же величины, не менее 20 дБ, выше, чем у измерителя-прототипа, и дополнительно еще выше как минимум на 5-10 дБ за счет выделения амплитудных и фазовых (частотных) флуктуаций проходного ВЧ-устройства в заявляемом измерителе с помощью амплитудно-фазового (а не амплитудно-частотного) приемника, обеспечивающего лучшие условия работы компенсатора несущего колебания, входящего в его состав, при применении в обоих измерителях однотипных задающих генераторов, проходных ВЧ-устройств, калибраторов, фазовращателей, коммутаторов, суммарно-разностных каскадов, индикаторов и амплитудно-частотных приемников с параллельным

выделением амплитудных и частотных флуктуаций.

В итоге, в заявляемом измерителе достоверности и чувствительности измерений амплитудных, фазовых флуктуаций, создаваемых проходными ВЧ-устройствами типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенуаторов, разрядников и прочих аналогичных, включая устройства СВЧ- и оптического диапазонов, и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций будут на 25-30 дБ, выше, чем у измерителя-прототипа, а по амплитудным и фазовым флуктуациям, создаваемым проходными ВЧ-устройствами указанного типа, как минимум на 20 дБ выше, чем у измерителя [2].

Таким образом, достигается решение поставленной задачи.

Из сказанного очевидно, что заявленное изобретение является новым, обладает изобретательским уровнем, т.е. оно явным образом не следует из известных технических решений, и пригодно для практического применения.

На чертеже представлена функциональная схема заявляемого измерителя флуктуаций в проходных высокочастотных устройствах.

Заявляемый измеритель флуктуаций в проходных высокочастотных устройствах содержит (см. чертеж): задающий генератор - 1, модулятор - 2, делитель мощности - 3, амплитудно-частотный приемник с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций - 4 (корреляционный, типа [3]), амплитудно-фазовый приемник с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций - 5 (корреляционный, аналогичный входящему в состав амплитудно-частотного приемника измерителя [3]), низкочастотные делители напряжения - 6, 7, проходное ВЧ-устройство - 8 (типа усилителя, ограничителя мощности, электронного аттенуатора, разрядника и прочих аналогичных), калибратор - 9, вычитающие каскады - 10, 11, фазовращатель - 12, коммутатор - 13, суммарно-разностный каскад - 14 и индикатор - 15. При этом задающий генератор 1 через модулятор 2 подключен к входу делителя мощности 3, первый выход которого соединен с входом амплитудно-частотного приемника 4 с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, выходы которого, первый и второй, подключены, соответственно: первый - к входу первого и второй - к входу второго из НЧ-делителей напряжений 6 и 7, второй выход ВЧ-делителя мощности 3 соединен с первым входом амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, а третий выход ВЧ-делителя мощности 3 через проходное ВЧ-устройство 8 и калибратор 9 соединен со вторым входом амплитудно-фазового приемника 5 с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, выходы которого, первый и второй, подключены, соответственно, первый - к первому входу вычитающего каскада 10 и второй - к первому входу вычитающего каскада 11, вторые входы которых соединены, соответственно, с первым и вторым выходами НЧ-делителя напряжения 6, а третьи входы вычитающих каскадов 10 и 11 соединены, соответственно, с первым и вторым выходами НЧ-делителя напряжения 7, причем выход вычитающего каскада 10 через фазовращатель 12, первый вход и первый выход коммутатора 13 подключен к первому входу суммарно-разностного каскада 14, а выход вычитающего каскада 11 через второй вход и второй выход коммутатора 13 подключен ко второму входу суммарно-разностного каскада 14, выход которого соединен с индикатором 15.

Заявляемый измеритель флуктуаций в проходных ВЧ-устройствах применяют следующим образом.

Колебание задающего генератора 1, равное в В

$$U_1(t) = \bar{U}_{m1} [1 + \alpha_1(t)] \sin \left[2\pi \bar{f}_1 t + \int_0^t 2\pi f_1(t_1) dt_1 \right], \quad (2)$$

где t - текущее время в сек,

$\bar{U}_{m1}$ - среднее значение в В амплитуды колебания задающего генератора (здесь и далее чертой сверху помечена операция усреднения по времени),

$\alpha_1(t)$ - безразмерные амплитудные флуктуаций задающего генератора,

$\bar{f}_1$ и $f_1(t)$ - средняя и флуктуационная составляющие частоты колебания задающего

генератора,

t_1 - переменная интегрирования, размерность которой определяется пределами интегрирования,

через модулятор 2, могущий задавать в колебание $U_1(t)$ гармонические

амплитудную или частотную (фазовую) модуляции, величины которых на 30-40 дБ превышают значения амплитудных или частотных флуктуаций задающего генератора 1 и на 20-30 дБ превышают значения амплитудных или фазовых флуктуаций в выходном колебании проходного ВЧ-устройства 8, вход и три выхода делителя мощности 3 поступает (см. чертеж): $U_{11}(t)$ - на вход амплитудно-частотного приемника с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций 4, $U_{12}(t)$ - на первый вход амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций 5, $U_{13}(t)$ - на вход проходного ВЧ-устройства 8.

Сигналы $V_{\alpha 1}(t)$ и $V_{f1}(t)$ с первого и второго выходов амплитудно-частотного приемника 4, очищенные от собственных шумов приемника, пропорциональные амплитудным $\alpha_1(t)$ и частотным $f_1(t)$ флуктуациям задающего генератора 1

и равные в В

$$V_{\alpha 1}(t) = \bar{U}_{m11} K_{\alpha 1} \alpha_1(t), \quad V_{f1}(t) = \bar{U}_{m11} K_{f1} f_1(t), \quad (3)$$

где $\bar{U}_{m11}$ - среднее значение в В амплитуды колебания $U_{11}(t)$, составляющего часть колебания задающего генератора 1,

$K_{\alpha 1}$ - безразмерный коэффициент передачи канала выделения амплитудных флуктуаций в приемнике 4,

K_{f1} - коэффициент передачи в Гц^{-1} канала выделения частотных флуктуаций в приемнике 4,

далее подаются на входы НЧ-делителей напряжений 6 и 7 (первого и второго).

Колебание с выхода проходного ВЧ-устройства 8 (типа усилителя, ограничителя мощности, электронного аттенюатора, разрядника и прочих аналогичных), равное в В $U_2(t) = \bar{U}_{m2} [1 + \alpha_2(t)] \sin[2\pi \bar{f}_1 t + \bar{\varphi}_2 + \varphi_2(t)]$, (4)

где $\bar{U}_{m2}$ - среднее значение в В амплитуды выходного колебания проходного ВЧ-устройства,

$\alpha_2(t) = a\alpha_1(t) + bf_1(t) + \alpha_2(t)$ - безразмерные полные амплитудные флуктуаций на выходе проходного ВЧ-устройства,

a - безразмерный коэффициент передачи амплитудных флуктуаций задающего генератора на выход проходного ВЧ-устройства,

b - коэффициент интермодуляционного преобразования в Гц^{-1} частотных флуктуаций задающего генератора в коррелированный с ними компонент амплитудных флуктуаций в выходном колебании проходного ВЧ-устройства,

$\alpha_2(t)$ - безразмерные амплитудные флуктуаций, создаваемые проходным

ВЧ-устройством,

$\varphi_2'(t_1) = c f_1(t) + d \alpha_1(t) + \varphi_2(t)$ - безразмерные полные фазовые флуктуаций на выходе проходного ВЧ-устройства,

с - коэффициент интермодуляционного преобразования в $\Gamma\text{ц}^{-1}$ частотных флуктуаций задающего генератора в коррелированный с ними компонент фазовых флуктуаций в выходном колебании проходного ВЧ-устройства,

d - безразмерный коэффициент интермодуляционного преобразования амплитудных флуктуаций задающего генератора в коррелированный с ними компонент фазовых флуктуаций в выходном колебании проходного ВЧ-устройства,

$\varphi_2(t)$ - фазовые флуктуаций в рад, создаваемые проходным ВЧ-устройством,

$\bar{\varphi}_2$ - средний фазовый сдвиг в рад, вносимый проходным ВЧ-устройством,

через калибратор 9, могущий задавать в колебание $U_2(t)$ отсчитываемые уровни шумовой амплитудной или фазовой модуляции, величины которых сравнимы с реальными значениями амплитудных и фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством, далее поступает на вход амплитудно-фазового приемника 5 с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций.

Сигналы $V_{\alpha 2}'(t)$ и $V_{\varphi 2}'(t)$ с первого и второго выходов приемника 5, очищенные от собственных шумов приемника, пропорциональные полным амплитудным и частотным флуктуациям выходного колебания проходного ВЧ-устройства 8 и равные в В

$$V_{\alpha 2}'(t) = \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} \alpha_2'(t) = \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} [\alpha_2(t) + a \alpha_1(t) + b f_1(t)], \quad (5)$$

$$V_{\varphi 2}'(t) = \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} \varphi_2'(t) = \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} [\varphi_2(t) + c f_1(t) + d \alpha_1(t)], \quad (6)$$

где $K_{\alpha 2}$ - безразмерный коэффициент передачи канала выделения амплитудных флуктуаций в приемнике 5,

$K_{\varphi 2}$ - безразмерный коэффициент передачи канала выделения фазовых флуктуаций в приемнике 5,

далее подаются на первые входы вычитающих каскадов 10 и 11, на вторые входы которых поступают сигналы с первого и второго выходов НЧ-делителя напряжения 6, пропорциональные амплитудным флуктуациям задающего генератора 1 и равные по величине

$$V_{\alpha 1}(t) / 2 = \bar{U}_{m1} K_{\alpha 1} \alpha_1(t) / 2. \quad (7)$$

При этом на третьи входы вычитающих каскадов 10 и 11 подаются сигналы с первого и второго выходов НЧ-делителя напряжений 7, пропорциональные частотным флуктуациям задающего генератора 1 и равные по величине

$$V_{f1}(t) / 2 = \bar{U}_{m1} K_{f1} f_1(t) / 2. \quad (8)$$

В выражениях (7), (8) учтено, что входные сигналы низкочастотных делителей напряжений 6 и 7 проходят на их выходы с коэффициентом передачи 1/2.

Сигналы в В на выходах вычитающих каскадов 10 и 11 равны

$$V_{\alpha 2}(t) = K_{11} V_{\alpha 2}'(t) - K_{12} V_{\alpha 1}(t) / 2 - K_{13} V_{f1}(t) / 2 = K_{11} \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} \alpha_2(t) + \\ + [K_{11} \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} a - K_{12} \bar{U}_{m1} K_{\alpha 1} / 2] \alpha_1(t) + [K_{11} \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} b - K_{13} \bar{U}_{m1} K_{f1} / 2] f_1(t) \quad (9)$$

$$V_{\varphi 2}(t) = K_{21} V_{\varphi 2}'(t) - K_{22} V_{\alpha 1}(t) / 2 - K_{23} V_{f1}(t) / 2 = K_{21} \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} \varphi_2(t) + \\ + [K_{21} \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} d - K_{22} \bar{U}_{m1} K_{\alpha 1} / 2] \alpha_1(t) + [K_{21} \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} c - K_{23} \bar{U}_{m1} K_{f1} / 2] f_1(t) \quad (10)$$

где K_{11} , K_{12} , K_{13} - безразмерные коэффициенты передачи сигналов в вычитающем каскаде 10 с его входов, первого, второго и третьего, на выход,

K_{21}, K_{22}, K_{23} - безразмерные коэффициенты передачи сигналов в вычитающем каскаде 11 с его входов, первого, второго и третьего, на выход.

Регулируя коэффициенты передачи сигналов K_{12}, K_{13} и K_{22}, K_{23} в вычитающих каскадах 10 и 11 (такие регулировки всегда имеются в типовых вычитающих каскадах и обычно осуществляются с помощью потенциометров, стоящих на их входах) таким образом, чтобы выполнить условия

$$\left[K_{11} \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} a - K_{12opt} \bar{U}_{m1} K_{\alpha 1} / 2 \right] = 0, \quad \left[K_{11} \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} b - K_{13opt} \bar{U}_{m1} K_{f1} / 2 \right] = 0, \quad (1.1)$$

$$\left[K_{21} \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} d - K_{22opt} \bar{U}_{m1} K_{\alpha 1} / 2 \right] = 0, \quad \left[K_{21} \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} c - K_{23opt} \bar{U}_{m1} K_{f1} / 2 \right] = 0, \quad (1.2)$$

где $K_{12opt}, K_{13opt}, K_{22opt}, K_{23opt}$ - оптимальные значения коэффициентов $K_{12}, K_{13}, K_{22}, K_{23}$, устраняем в выходных сигналах вычитающих каскадов 10 и 11

составляющие, связанные с влиянием амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора 1.

В итоге сигналы в В на выходах вычитающих каскадов 10 и 11, очищенные от влияния амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора 1 и от собственных шумов амплитудно-частотных приемников 4, 5, составят

$$V_{\alpha 2}(t) = K_{11} \bar{U}_{m2} K_{\alpha 2} \alpha_2(t), \quad V_{\varphi 2}(t) = K_{21} \bar{U}_{m2} K_{\varphi 2} \alpha_2(t) \quad (1.3)$$

и будут пропорциональны только исследуемым амплитудным и фазовым флуктуациям, создаваемым проходным ВЧ-устройством 8. Заявляемый измеритель имеет три рабочих режима.

1. Измерение амплитудных флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством.
2. Измерение фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством.
3. Измерение комплексного коэффициента корреляции амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством.

1. В режиме измерения амплитудных флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством 8, коммутатор 13 ставят в положение «амплитудные флуктуаций» (типовой коммутатор имеет переключатель положений «амплитудные флуктуаций», «фазовые флуктуаций» и «корреляция флуктуаций»), суммарно-разностный каскад 14 - в любое положение, например в положение «суммирование входных сигналов» (типовой суммарно-разностный каскад имеет переключатель рабочих положений: «суммирование входных сигналов» и «вычитание входных сигналов», применяемый только в режиме измерения комплексного коэффициента корреляции флуктуаций).

При этом коммутатор 13 через фазовращатель 12, стоящий в произвольном положении, например в положении «нулевой фазовый сдвиг» (фазовращатель имеет переключатель рабочих положений: «нулевой фазовый сдвиг» и «фазовый сдвиг $\pi/2$ », применяемый только в режиме измерения комплексного коэффициента корреляции флуктуаций), подключает выход вычитающего каскада 10 к первому входу суммарно-разностного каскада 14, выход которого соединен с индикатором 15 и он же (коммутатор 13, стоящий в режиме «амплитудные флуктуаций») отключает выход вычитающего каскада 11 от второго входа суммарно-разностного каскада 14.

В этом случае показания в V^2 индикатора 15 (квадратичного усредняющего), пропорциональные мощности поступающего на него с выхода суммарного каскада 14 сигнала $V_{\alpha 2}(t)$, фиксируются и составляют

$$\overline{V_{\alpha 2}^2(t)} = \overline{U_{m2}^2 K_{\alpha 2}^2 \alpha_2^2(t) K_{11}^2} \quad (1.4)$$

Откуда исследуемые безразмерные амплитудные флуктуаций, создаваемые проходным ВЧ-устройством 8, определяются соотношением

$$\overline{\alpha_2^2(t)} = \overline{V_{\alpha 2}^2(t)} \overline{U_{m2}^2} K_{\alpha 2}^2 K_{11}^2 \quad (15)$$

и отсчитываются по калибратору 9, задающему в данном режиме в выходное колебание проходного ВЧ-устройства шумовую амплитудную модуляцию, равную по

величине исследуемым амплитудным флуктуациям.
Настройку заявляемого измерителя на максимальное ослабление влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора 1 на результаты измерения амплитудных флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством 8, осуществляют следующим образом.

Сначала выключают амплитудно-частотный приемник 4 и с помощью модулятора 2 последовательно вводят в колебание задающего генератора 1 гармонические амплитудную и частотную модуляции, результаты преобразований которых в коррелированные с ними гармонические амплитудные компоненты в выходном колебании проходного ВЧ-устройства 8 контролируются каналом выделения амплитудных флуктуаций (и гармонических амплитудных модуляций) амплитудно-фазового приемника 5, на 20-30 дБ превосходят уровень амплитудных флуктуаций в выходном колебании проходного ВЧ-устройства 8 и фиксируются по показаниям индикатора 15.

Затем включают амплитудно-частотный приемник 4 с параллельным выделением на его выходах, первом и втором, амплитудных и частотных флуктуаций (а также гармонических амплитудной и частотной модуляций) колебания задающего генератора 1 и, последовательно регулируя уровни сигналов на втором и третьем входах вычитающего каскада 10 (соответствующие регулировки имеются на всех входах типовых вычитающих каскадов и обычно осуществляются с помощью потенциометров), добиваются уменьшения ранее зафиксированного показания индикатора 15 на величину не менее 20 дБ, что соответствует выполнению условий (11) с точностью до 10%.

Наконец, выключением модулятора 2 гармонические амплитудную и частотную модуляции убирают.

Выполненные настройки гарантируют (при выключенном модуляторе) ослабление в вычитающем каскаде 10 на величины не менее 20 дБ, влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора 1 на результат измерения амплитудных флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством 8, чего нет в измерителе - прототипе.

В итоге достоверность и чувствительность заявляемого измерителя по амплитудным флуктуациям будут, как минимум, на 20 дБ выше, чем у измерителя-прототипа, за счет соответствующих ослаблений влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора на результат измерения амплитудных флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством и дополнительно еще выше, как минимум на 5-10 дБ, за счет выделения амплитудных флуктуаций проходного ВЧ-устройства в заявляемом измерителе с помощью амплитудно-фазового (а не амплитудно-частотного) приемника, обеспечивающего лучшие условия работы компенсатора несущего колебания, входящего в его состав. 2. В режиме измерения фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством 8, коммутатор 13 переводят в положение «фазовые флуктуаций», суммарно-разностный каскад 14 по-прежнему стоит в произвольном положении, например в положении «сложение входных сигналов».

При этом коммутатор 13 подключает выход вычитающего каскада 11 ко второму входу суммарно-разностного каскада 14, и он же (коммутатор 13, стоящий в

положении «фазовые флуктуаций»), отключает выход фазовращателя 12 от первого входа суммарно-разностного каскада 14.

В данном случае показания в B^2 индикатора 15 (квадратичного усредняющего), пропорциональные мощности поступающего на него сигнала $V_{\varphi 2}(t)$ с выхода суммарно-разностного каскада 14, фиксируются и составляют

$$\overline{V_{\varphi 2}^2(t)} = \overline{U_{m2}^2} K_{\varphi 2}^2 \overline{\varphi_2^2(t)} K_{21}^2. \quad (16)$$

Откуда исследуемые частотные (фазовые) флуктуаций в Гц², создаваемые проходным ВЧ-устройством 8, определяются соотношением

$$\overline{\varphi_2^2(t)} = \overline{V_{\varphi 2}^2(t)} / \overline{U_{m2}^2} K_{\varphi 2}^2 K_{21}^2 \quad (17)$$

и отсчитываются по калибратору 9, задающему в этом режиме выходное колебание проходного ВЧ-устройства 8 шумовую фазовую модуляцию, равную по величине исследуемым фазовым флуктуациям.

Настройку на максимальное ослабление влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора 1 на результат измерения фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством 8, осуществляют в заявляемом измерителе следующим образом.

Сначала выключают амплитудно-частотный приемник 4 и с помощью модулятора 3 последовательно вводят в колебание задающего генератора 1 гармонические амплитудную и частотную модуляции, результаты преобразования которых в коррелированные с ними фазовые гармонические компоненты на выходе проходного ВЧ-устройства 8 контролируются каналом выделения фазовых флуктуаций (и гармонических фазовых модуляций) амплитудно-частотного приемника 5, на 20-30 дБ превосходят уровень фазовых флуктуаций в выходном колебании проходного ВЧ-устройства 8 и фиксируются по показаниям индикатора 15.

Затем включают амплитудно-частотный приемник 4 с параллельным выделением на его выходах, первом и втором, амплитудных и частотных флуктуаций (и гармонических амплитудной и частотной модуляций) колебания задающего генератора 1, и, регулируя уровни сигналов на втором и третьем входах вычитающего каскада 11, добиваются уменьшения ранее зафиксированного показания индикатора 15 на величину не менее 20 дБ, что соответствует выполнению условий (12) с точностью до 10%.

Наконец, выключением модулятора 2 гармонические амплитудную и частотную модуляции убирают.

Выполненные настройки гарантируют (при выключенном модуляторе) ослабление в вычитающем каскаде 11 на величины не менее 20 дБ, влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора 1 на результат измерения фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством 8, чего нет в измерителе-прототипе.

В итоге достоверность и чувствительность заявляемого измерителя по фазовым (частотным) флуктуациям будут, как минимум, на 20 дБ выше, чем у измерителя-прототипа, за счет соответствующих ослаблений влияний амплитудных и частотных флуктуаций задающего генератора на результат измерения фазовых (частотных) флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством и дополнительно еще выше, как минимум на 5-10 дБ, за счет выделения фазовых (частотных) флуктуаций проходного ВЧ-устройства в заявляемом измерителе с помощью амплитудно-фазового (а не амплитудно-частотного) приемника, обеспечивающего

лучшие условия работы компенсатора несущего колебания, входящего в его состав.

3. В режиме измерения комплексного коэффициента корреляции амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством, коммутатор 13 переводят в положение «корреляция флуктуаций».

При этом коммутатор 13 подключает к первому и второму входам суммарно-разностного каскада 14 сигналы с выходов вычитающих каскадов 10 и 11: с выхода вычитающего каскада 10 через фазовращатель 12, первый вход и первый выход коммутатора 13 - к первому входу суммарно-разностного каскада 14, и с выхода вычитающего каскада 11 через второй вход и второй выход коммутатора 13 - ко второму входу суммарно-разностного каскада 14.

Величину безразмерного комплексного коэффициента корреляции $\hat{r}$ амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством, представляют в виде

$$\hat{r} = \operatorname{Re} \hat{r} + j \operatorname{Im} \hat{r} \quad (18)$$

и определяют в заявляемом измерителе путем последовательных измерений значений $\operatorname{Re} \hat{r}$, $\operatorname{Im} \hat{r}$, т.е. величин вещественного и мнимого компонентов комплексного коэффициента корреляции $\hat{r}$.

А. Для измерения величины вещественного компонента $\operatorname{Re} \hat{r}$ комплексного коэффициента корреляции $\hat{r}$ амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством 8, фазовращатель 12 ставят в положение «нулевой фазовый сдвиг», а суммарно-разностный каскад 14 - первоначально в положение «сложение входных сигналов» $V_{\alpha 2}(t)$ и $V_{\varphi 2}(t)$, поступающих на его входы с выходов коммутатора 13.

В этом случае сигнал в В на выходе суммарно-разностного каскада 14 равен

$$V_{0+}(t) = V_{\alpha 2}(t)_0 + V_{\varphi 2}(t), \quad (19)$$

а показание в В2 индикатора 15 (квадратичного усредняющего) составляет

$$\overline{V_{0+}^2(t)} = \overline{V_{\alpha 2}^2(t)} + 2\overline{V_{\alpha 2}(t)_0 V_{\varphi 2}(t)} + \overline{V_{\varphi 2}^2(t)} \quad (20)$$

и фиксируется.

В выражениях (19), (20) и далее индекс «0» (или « $\pi/2$ ») указывает на величину фазового сдвига сигнала $V_{\alpha 2}(t)$ в фазовращателе 12, индекс «+» (или «-») - на сложение (или вычитание) входных сигналов в суммарно-разностном каскаде 14. Кроме того, в выражении (20) и далее в (22), (23), (24) учтено, что по определению $\overline{V_{\alpha 2}^2(t)} = \overline{V_{\alpha 2}^2(t)}_0$.

Затем суммарно-разностный каскад 14 переводят в положение «вычитание входных сигналов».

В данном случае сигнал в В на выходе суммарно-разностного каскада 14 равен

$$V_{0-}(t) = V_{\alpha 2}(t)_0 - V_{\varphi 2}(t), \quad (21)$$

а показание в В2 индикатора 15 составляет

$$\overline{V_{0-}^2(t)} = \overline{V_{\alpha 2}^2(t)} - 2\overline{V_{\alpha 2}(t)_0 V_{\varphi 2}(t)} + \overline{V_{\varphi 2}^2(t)} \quad (22)$$

и также фиксируется.

По определению величина вещественного компонента $\operatorname{Re} \hat{r}$ безразмерного комплексного коэффициента корреляции $\hat{r}$ амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством 8, равна

$$\operatorname{Re} \hat{r} = \overline{\alpha_2(t)_0 \varphi_2(t)} / \sqrt{\overline{\alpha_2^2(t)}} \sqrt{\overline{\varphi_2^2(t)}} = \overline{V_{\alpha 2}(t)_0 V_{\varphi 2}(t)} / \sqrt{\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}} \sqrt{\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}}. \quad (23)$$

С учетом (20), (22), (23) измеренная величина вещественного компонента $\operatorname{Re} \hat{r}$ безразмерного комплексного коэффициента корреляции амплитудных флуктуаций с

фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством 8, составляет величину

$$\operatorname{Re} \dot{r} = (\overline{V_{0+}^2(t)} - \overline{V_{0-}^2(t)}) / 4 \sqrt{\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}} \sqrt{\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}} \quad (24)$$

и определяется по ранее зафиксированным показаниям индикатора $\overline{V_{0+}^2(t)}$, $\overline{V_{0-}^2(t)}$, $\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}$, $\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}$ (последние два показания фиксировались при измерениях

амплитудных и частотных флуктуаций, вносимых проходным ВЧ-устройством, см. пп.1, 2).

Б. Для измерения величины мнимого компонента $\operatorname{Im} \dot{r}$ безразмерного комплексного коэффициента корреляции $\dot{r}$ амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством 8, фазовращатель 12 переводят в положение «фазовый сдвиг $\pi/2$ », а суммарно-разностный каскад 14 первоначально возвращают в режим «суммирование входных сигналов», поступающих с выходов коммутатора 13.

В этом случае сигнал в В на выходе суммарно-разностного каскада 14 равен $V_{\pi/2+}(t) = V_{\alpha 2}(t)_{\pi/2} + V_{\varphi 2}(t)$, (25)

а показание в В² индикатора 15 составляет $\overline{V_{\pi/2+}^2(t)} = \overline{V_{\alpha 2}^2(t)} + 2\overline{V_{\alpha 2}(t)_{\pi/2} V_{\varphi 2}(t)} + \overline{V_{\varphi 2}^2(t)}$ (26)

и фиксируется.

В выражении (26) и далее в (28), (29), (30) учтено, что $\overline{V_{\alpha 2}^2(t)} = \overline{V_{\alpha 2}^2(t)_{\pi/2}}$.

Затем суммарно-разностный каскад 14 переводят в положение «вычитание входных сигналов».

В данном случае сигнал в В на выходе суммарно-разностного каскада 14 равен $V_{\pi/2-}(t) = V_{\alpha 2}(t)_{\pi/2} - V_{\varphi 2}(t)$, (27)

а показание в В² индикатора 15 составляет

$$\overline{V_{\pi/2-}^2(t)} = \overline{V_{\alpha 2}^2(t)} - 2\overline{V_{\alpha 2}(t)_{\pi/2} V_{\varphi 2}(t)} + \overline{V_{\varphi 2}^2(t)} \quad (28)$$

и вновь фиксируется.

По определению величина мнимого компонента $\operatorname{Im} \dot{r}$ безразмерного комплексного коэффициента корреляции $\dot{r}$ амплитудных флуктуаций с частотными (фазовыми), создаваемыми проходным ВЧ-устройством 8, равна

$$\operatorname{Im} \dot{r} = \overline{\alpha_2(t)_{\pi/2} \varphi_2(t)} / \sqrt{\overline{\alpha_2^2(t)}} \sqrt{\overline{\varphi_2^2(t)}} = \overline{V_{\alpha 2}(t)_{\pi/2} V_{\varphi 2}(t)} / \sqrt{\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}} \sqrt{\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}}. \quad (29)$$

С учетом (26), (28), (29) измеренное значение безразмерного мнимого компонента $\operatorname{Im} \dot{r}$ комплексного коэффициента корреляции амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством 8, составляет величину

$$\operatorname{Im} \dot{r} = (\overline{V_{\pi/2+}^2(t)} - \overline{V_{\pi/2-}^2(t)}) / 4 \sqrt{\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}} \sqrt{\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}} \quad (30)$$

и определяется по ранее зафиксированным показаниям индикатора $\overline{V_{\pi/2+}^2(t)}$,

$\overline{V_{\pi/2-}^2(t)}$, $\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}$, $\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}$ (последние два показания фиксировались при измерениях

амплитудных и фазовых флуктуаций, вносимых проходным ВЧ-устройством, см. пп.1, 2).

Известно, что максимальные достоверности и чувствительности измерений величин вещественного $\operatorname{Re} \dot{r}$ и мнимого $\operatorname{Im} \dot{r}$ компонентов комплексного коэффициента корреляции амплитудных флуктуаций с фазовыми, создаваемыми проходным ВЧ-устройством, достигаются при выполнении следующего условия (см. описание измерителя-прототипа [3])

$$\overline{V_{\alpha 2}^2(t)} = \overline{U_{m2}^2} K_{\alpha 2}^2 \overline{\alpha_2^2(t)} K_{1 \text{ опт}}^2 = \overline{V_{\varphi 2}^2(t)} = \overline{U_{m2}^2} K_{\varphi 2}^2 \overline{\varphi_2^2(t)} K_{2 \text{ опт}}^2 \quad (31)$$

где K_{11opt} , K_{21opt} - оптимальные значения коэффициентов передачи сигналов с первых входов вычитающих каскадов 10 и 11 на их выходы. Условие (31) реализуют в заявляемом измерителе подбором значений коэффициентов K_{11opt} , K_{21opt} путем
 5 регулировок уровней сигналов на первых входах вычитающих каскадов 10, 11 (такие регулировки имеются на всех входах типовых вычитающих каскадов).

Окончательно, измеренный безразмерный комплексный коэффициент корреляции $\hat{r}$ амплитудных и фазовых флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством 8, численно равен

$$\hat{r} = \left\{ \left(\overline{V_{0+}^2(t)} - \overline{V_{0-}^2(t)} \right) + j \left(\overline{V_{\pi/2+}^2(t)} - \overline{V_{\pi/2-}^2(t)} \right) \right\} / 4 \sqrt{\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}} \sqrt{\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}}, \quad (32)$$

где величины $\overline{V_{0+}^2(t)}$, $\overline{V_{0-}^2(t)}$, $\overline{V_{\pi/2+}^2(t)}$, $\overline{V_{\pi/2-}^2(t)}$, $\overline{V_{\alpha 2}^2(t)}$, $\overline{V_{\varphi 2}^2(t)}$ определяются по показаниям индикатора 15 в соответствующих режимах работы заявляемого
 15 измерителя.

Описанные процессы показывают, что в заявляемом измерителе влияния и амплитудных, и частотных флуктуаций задающего генератора на результаты измерений амплитудных, фазовых (частотных) флуктуаций, создаваемых проходным ВЧ-устройством, и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций
 20 ослаблены на величины не менее 20 дБ, чего нет в измерителе-прототипе.

Вследствие отмеченного обстоятельства достоверности и чувствительности заявляемого измерителя по амплитудным, фазовым (частотным) флуктуациям и комплексному коэффициенту корреляции этих флуктуаций, создаваемых проходными ВЧ-устройствами, будут, как минимум, на 20 дБ выше, чем у измерителя-прототипа, и
 25 дополнительно еще выше, как минимум на 5-10 дБ, за счет выделения в заявляемом измерителе амплитудных и фазовых (частотных) флуктуаций проходного ВЧ-устройства с помощью амплитудно-фазового (а не амплитудно-частотного) приемника, обеспечивающего лучшие условия работы компенсатора несущего
 30 колебания, входящего в его состав.

В итоге достоверности и чувствительности измерений амплитудных, фазовых флуктуаций, создаваемых проходными ВЧ-устройствами типа усилителей, ограничителей мощности, электронных аттенюаторов, разрядников и прочих
 35 аналогичных, включая устройства СВЧ и оптического диапазонов, и комплексного коэффициента корреляции этих флуктуаций в заявляемом измерителе будут на 25-30 дБ выше, чем у измерителя-прототипа, а по амплитудным и фазовым флуктуациям, создаваемым проходными ВЧ-устройствами указанного типа, как минимум на 20 дБ выше, чем у измерителя [2], при применении в обоих измерителях однотипных
 40 задающих генераторов, проходных ВЧ-устройств, калибраторов, фазовращателей, коммутаторов, суммарно-разностных каскадов, индикаторов и амплитудно-частотных приемников с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций.

45 Источники публикаций

1. А.С. СССР №652502, МПК G01R 23/6, опубл. 1979.
2. А.С. СССР №286071, МПК G01R 23/6, опубл. 1971.
3. А.С. СССР №1506375, МПК G01R 23/6, опубл. 1989 (прототип).

50 Формула изобретения

Измеритель флуктуаций в проходных высокочастотных устройствах, содержащий задающий генератор, проходное высокочастотное устройство, калибратор, индикатор, суммарно-разностный каскад, коммутатор, фазовращатель и

амплитудно-частотный приемник с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, где выход проходного высокочастотного устройства подключен к входу калибратора, а выход фазовращателя через первый вход и первый выход коммутатора соединен с первым входом суммарно-разностного каскада, второй вход которого подключен ко второму выходу коммутатора, и выход суммарно-разностного каскада соединен с индикатором, отличающийся тем, что в него дополнительно введены модулятор, высокочастотный делитель мощности, два низкочастотных делителя напряжения, два вычитающих каскада и амплитудно-фазовый приемник с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, причем задающий генератор через модулятор подключен к входу высокочастотного делителя мощности, выходы которого соединены: первый - с входом амплитудно-частотного приемника с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций, второй - с первым входом амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, третий - с входом проходного высокочастотного устройства, а выход калибратора соединен со вторым входом амплитудно-фазового приемника с параллельным выделением амплитудных и фазовых флуктуаций, выходы которого, первый и второй, подключены, соответственно, к первым входам первого и второго вычитающих каскадов, при этом второй вход первого вычитающего каскада соединен с первым выходом первого низкочастотного делителя напряжения, второй выход которого подключен ко второму входу второго вычитающего каскада, и третий вход первого вычитающего каскада соединен с первым выходом второго низкочастотного делителя напряжения, второй выход которого подключен к третьему входу второго вычитающего каскада, а входы низкочастотных делителей напряжения, первого и второго, подключены, соответственно, к первому и второму выходам амплитудно-частотного приемника с параллельным выделением амплитудных и частотных флуктуаций и выход первого вычитающего каскада соединен с входом фазовращателя, а выход второго вычитающего каскада соединен со вторым входом коммутатора.

