

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ОСТАТОЧНОЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОДНОПОРТОВОЙ КАЛИБРОВКИ

А.А.Савин, к.т.н.,  
В.Г.Губа, ЗАО «НПФ «Микран»

*Рассмотрены методики факторной верификации однопортового векторного анализатора цепей после выполнения калибровки и способ определения уровня неисключенной систематической погрешности измерений комплексного коэффициента отражения.*

## 1. Введение

Методика определения и исключения постоянной на некотором интервале времени (систематической) погрешности измерений, проводимых с помощью векторных анализаторов цепей СВЧ диапазона (ВАЦ) [1], основана на известной математической модели прибора [2]. Процесс определения оценок факторов систематической погрешности принято называть векторной калибровкой (далее калибровка), а исключения при измерениях – векторной коррекцией (далее коррекция). Точность калибровки очень важная характеристика ВАЦ и набора калибровочных мер к нему. Цель работы – разработка метода расчета влияния факторов остаточной систематической погрешности ВАЦ на точность измерения комплексного коэффициента отражения (КО) однопортовых устройств.

## 2. Постановка задачи

К однопортовым устройствам (цепям типа двухполюсников) можно отнести согласованные и рассогласованные нагрузки (РН), короткозамкнутые нагрузки (КЗ) и нагрузки холостого хода. Кроме этого, к данному классу устройств можно отнести многопортовые устройства. При этом один из пор-

тов такого устройства должен подключаться к ВАЦ для тестирования, а оставшиеся нагружаться определенным образом. В дальнейшем все подобные устройства будем называть нагрузками.

Среднеквадратическое отклонение случайной (флуктуационной) составляющей погрешности измерений можно контролировать и существенно уменьшать с помощью таких параметров ВАЦ, как полоса фильтра приемного устройства на промежуточной частоте, количество кадров усреднения во времени, уровень выходной мощности.

Контролировать уровень неисключенной систематической погрешности измерений гораздо сложнее. Для этой цели необходимо провести измерения частотных характеристик специальных нагрузок. Данные измерения позволяют выделить факторы систематической погрешности ВАЦ. Затем необходимо провести расчет и анализ составляющих систематической погрешности измерений КО, которые обусловлены влиянием различных факторов.

В работе получен простой алгоритм, позволяющий определить уровень систематических погрешностей измерения модуля и фазы КО тестируемой нагрузки. Для опреде-

ления факторов, характеризующих уровень остаточной систематической погрешности при однопортовых измерениях, рассматривается и расширяется известный «метод сбиениями» [1, 3, 4].

## 3. Математическая модель однопортового ВАЦ

Как правило, современные ВАЦ имеют два или более измерительных портов. Однако для решения поставленной в работе задачи достаточно рассмотреть только один из них. В этом случае ВАЦ представляет собой измеритель КО. Такой измеритель может содержать синтезатор частот (СЧ), пару направленных ответвителей (НО) и два приемника – опорный (ОПрм) и измерительный (ИПрм) (рис. 1).

Приемники фиксируют комплексные амплитуды падающей и отраженной волн, необходимые для определения комплексного КО. Управление прибором и вся необходимая математическая обработка измерений выполняется в блоке управления, обработки данных и индикации.

Для анализа такого прибора рассмотрим его математическую модель. Она состоит из идеального измерителя КО и виртуального линейного искажающего адаптера

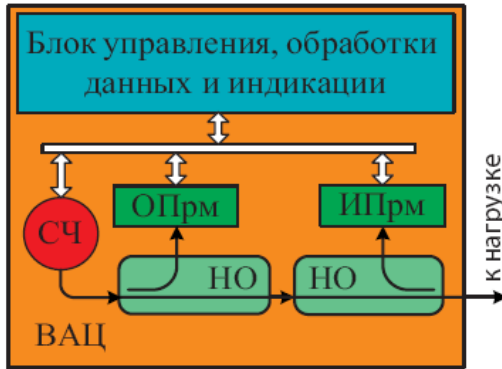


Рис. 1. Обобщенная структурная схема тракта измерителя КО

(ИА). Схематично модель показана на рис. 2. Для простоты полагаем, что уровнем флуктуационной составляющей погрешности можно пренебречь, нелинейные эффекты отсутствуют. Систематическая погрешность измерения КО возникает из-за наличия искажающего адаптера.

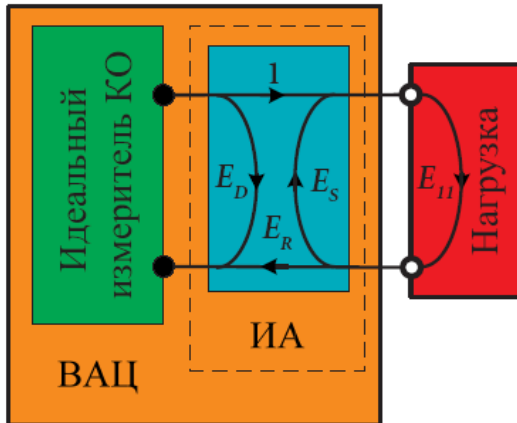


Рис. 2. Модель тракта передачи сигналов измерителя КО

Свойства искажающего адаптера определены его  $S$ -параметрами, которые обозначены на рис. 2 как  $E_D$ ,  $E_R$  и  $E_S$ . Часто  $S$ -параметры искажающего адаптера называют факторами погрешности (систематической погрешности). Эти факторы имеют определенный физический смысл и моделируют отражения и искажения сигналов при прохождении цепей внутри прибора, различных кабельных сборок и переходов вне

его вплоть до разъёма, к которому подключаются нагрузки [4, 5].

Величины  $E_D$ ,  $E_R$  и  $E_S$  и комплексные, полагаются постоянными во времени на каждой фиксированной частоте и могут изменяться только при изменении частоты сигнала на выходе СЧ. Величина  $E_D$ , называемая «направленностью», определяет КО, который фиксирует ВАЦ при подключении идеальной согласованной нагрузки, то есть нагрузки с нулевым КО. Величина  $E_R$ , называемая «неравномерностью тракта отраженного сигнала», определяет на каждой частоте комплексный коэффициент передачи тракта. Величина  $E_S$ , называемая «рассогласованием источника сигнала», определяет относительную комплексную амплитуду волны, которая отражается от ВАЦ и повторно падает на нагрузку. В результате выражение, опре-

деляющее измеренный КО, имеет вид:

$$S_{11}^{ИЗМ} = E_D + \frac{E_R \cdot S_{11}}{1 - E_S \cdot S_{11}}, \quad (1)$$

где  $S_{11}$  – действительное (истинное) значение комплексного КО нагрузки,  $S_{11}^{ИЗМ}$  – измеренное (некорректированное) значение. Для устранения влияния факторов систематической погрешности на результаты измерений применяется процедура калибровки ВАЦ с последующей коррекцией измерений.

#### 4. Калибровка и коррекция. Точность измерения КО

Однопортовая калибровка ВАЦ предполагает получение оценок факторов погрешности  $E_D$ ,  $E_R$  и  $E_S$ . Существует множество разнообразных калибровок ВАЦ [6]. Большинство из них предполагают тестирование нескольких нагрузок с известными КО. Обработка полученных измерений в программном обеспечении ВАЦ позволяет сформировать оценки факторов погрешности на каждой частоте. Полученные оценки используются для выполнения коррекции измерений при тестировании интересующей нагрузки. Оценка ее КО (корректированное значение КО) получается при помощи следующего уравнения [7]:

$$\hat{S}_{11} = \frac{S_{11}^{ИЗМ} - \hat{E}_D}{\hat{E}_R + \hat{E}_S \cdot (S_{11}^{ИЗМ} - \hat{E}_D)}. \quad (2)$$

Точность оценивания комплексного КО исследуемой нагрузки характеризуется систематической погрешностью  $\Delta S_{11} = (\hat{S}_{11} - S_{11})$ . В реальных приборах действительные значения факторов погрешности  $E_D$ ,  $E_R$  и  $E_S$  не могут быть известны, и действительное значение  $S_{11}$  не может быть найдено при помощи (2). Таким образом, если речь не идет о сравнении заведомо существенно более точной калибровки с менее точной калибровкой, то даже приближенно погрешность оценки КО найти нельзя. Поэтому точность оценивания необходимо характеризовать как-то иначе.

После выполнения коррекции модель ВАЦ также можно представить в виде идеального измерителя и искажающего адаптера. Этот адаптер вносит значительно меньшие (остаточные) искажения, определяемые величинами  $E_D^{OCT}$ ,  $E_R^{OCT}$  и  $E_S^{OCT}$ . В результате выражение для оценки КО (2) можно представить наподобие выражения (1):

$$\hat{S}_{11} = E_D^{OCT} + \frac{E_R^{OCT} \cdot S_{11}}{1 - E_S^{OCT} \cdot S_{11}}. \quad (3)$$

При таком подходе точность оценивания комплексного КО исследуемой нагрузки можно определить уровнем остаточных факторов систематической погрешности. Величины  $E_D^{OCT}$ ,  $E_R^{OCT}$  и  $E_S^{OCT}$  комплексные и их еще называют эффективными [4] факторами погрешности. Из (3) следует, что погрешность будет минимальной, если значения  $E_D^{OCT}$  и  $E_S^{OCT}$  близки по модулю к 0, а значение  $E_R^{OCT}$  – к 1 в линейном масштабе. Вектор характеризует коэффициент передачи тракта отраженного сигнала ВАЦ с «новым» искажающим адаптером, поэтому после высокоточной калибровки его модуль должен быть около 1, а фаза – близкой к 0. Модули векторов  $E_D^{OCT}$  и  $E_S^{OCT}$  должны быть очень малыми и их фаза при этом особого значения не имеет. На практике очень часто используют специальные процедуры приближенного оценивания модулей остаточных (эффективных) факторов. Эти процедуры носят название «факторная верификация» [8].

## 5. Методики факторной верификации измерителя КО

### 5.1 Методика определение эффективной направленности

Добиться идеального согласования от некоторой нагрузки в широком диапазоне частот довольно сложно. В результате после выполнения калибровки полностью устранить фактор направленности не удастся. Суть алгоритма определения остаточной направленности состоит в получении биения суммы двух векторов, которые имеют разные групповые времена задержки. Задержку сигнала можно получить при его распространении в линии передачи. Например, в волноводе для волноводного тракта или воздушной линии для коаксиального тракта. Для определенности рассмотрим методику определения максимального значения модуля эффективной направленности  $|E_D^{OCT}|$  по «методу с биениями» для коаксиального тракта.

После калибровки измерителя во всем диапазоне частот и включения коррекции измерений необходимо провести тестирование РН, подключенной к измерительному порту через отрезок 50 Ом воздушной линии. Номинал нагрузки должен быть выбран специальным образом. Чтобы снизить влияние на результат измерений отражений от порта ВАЦ при распространении сигнала от нагрузки (влияние фактора  $E_S^{OCT}$ ), следует уменьшать модуль КО нагрузки. При таком выборе и с учетом того, что  $E_S^{OCT}$  имеет уровень, близкий к 0 в линейном масштабе, можно полагать, что  $|E_S^{OCT} \cdot S_{11}| \ll 1$ . В этом случае формулу (3) перепишем в виде:

$$\hat{S}_{11} \approx E_D^{OCT} + E_R^{OCT} \cdot S_{11}, \quad (4)$$

где в данном случае  $S_{11}$  – комплексный КО нагрузки, составленной из воздушной линии и РН. При очень малом  $|S_{11}|$ , соизмеримым с уровнем  $|E_D^{OCT}|$ , возможны

некоторые искажения ожидаемой частотной зависимости модуля измеряемого КО. Результатом подобных искажений может стать ошибочное определение  $|E_D^{OCT}|$ . Оптимальным для большинства современных ВАЦ и калибровочных наборов считается нагрузка с модулем КО на уровне –20 дБ или –26 дБ. КСВН для таких нагрузок примерно равен 1,2 и 1,1, соответственно.

Длина линии должна быть такой, чтобы наклон фазовой характеристики линии, нагруженной на РН, был существенным в рассматриваемом частотном диапазоне. Последнее обеспечивает высокую угловую скорость вращения вектора  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$  на комплексной плоскости при линейном увеличении частоты сигнала  $f$ . Для уменьшения методической погрешности измерения  $|E_D^{OCT}|$  необходимо, чтобы в интервале частот, в котором вектор  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$  делает полный оборот, модуль и фаза вектора  $E_D^{OCT}$  оставались неизменными, либо менялись незначительно. Изменение частоты будет приводить к биению суммы указанных векторов. Амплитуда биений будет равна модулю меньшего слагаемого. Важным условием правильного определения  $|E_D^{OCT}|$  является отсутствие отражения от конца линии, который подключается к анализатору.

На рис. 3 изображена сумма векторов, составляющих оценку  $\hat{S}_{11}$  в соответствии с (4), при вращении для нескольких положений (частот). По мере увеличения частоты и соответствующего вращения вектора  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$  наблюдается то синфазное (max на рис. 3), то противофазное (min на рис. 3) сложение этого вектора с вектором  $E_D^{OCT}$ . Условие относительно медленного изменения  $E_D^{OCT}$  от частоты вполне подтверждается на практике.

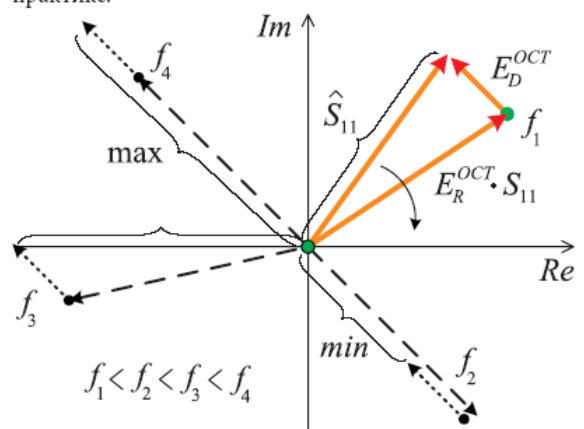


Рис. 3. Изменение векторов составляющих оценки КО на комплексной плоскости при изменении частоты зондирующего сигнала

В результате биений частотная зависимость  $|\hat{S}_{11}(f)|$  получает волнообразный вид. Ясно, что размер «волн» есть удвоенная амплитуда вектора  $E_D^{OCT}$  на соответствующем частотном участке. Поэтому, измерив значения соседних точек максимума  $|\hat{S}_{11}(f)|^{max}$  и минимума

$|\hat{S}_{11}(f)|^{min}$ , можно получить оценку модуля эффективной направленности. В логарифмическом масштабе эта оценка определяется по формуле:

$$|E_D^{OCT}| = -20 \cdot \log_{10} \left[ \frac{(|\hat{S}_{11}(f)|^{max} - |\hat{S}_{11}(f)|^{min})}{2} \right]. \quad (5)$$

Обработав все соседние экстремумы можно получить ансамбль значений  $|E_D^{OCT}|$ , в котором можно определить максимальное значение для рассматриваемого диапазона частот. Отметим также, что положение точек максимума и минимума на частотной оси содержит информацию о фазе вектора  $|E_D^{OCT}|$ . Таким образом, чтобы приблизительно восстановить вектор остаточной направленности достаточно учесть фазу  $\hat{S}_{11}(f)$ .

### 5.2 Методика определения эффективного рассогласования

Методика определения остаточного рассогласования источника сигнала для коаксиального тракта подобна той, которая рассмотрена выше. Отличие заключается в типе нагрузки, которая присоединяется к свободному концу воздушной линии. В данном случае используется нагрузка типа КЗ. В результате можно оценить уровень первого отражения возвратной волны от измерительного порта прибора, то есть  $|E_S^{OCT}|$ . Схематично траектории распространения волн показаны на рис. 4 линиями со стрелками, указывающими направления распространения сигнала. Паразитные отражения сигналов показаны пунктирными линиями.

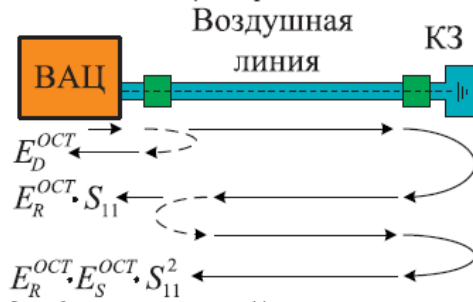


Рис. 4. Схема измерения модуля эффективного рассогласования

Отражение от выходного порта ВАЦ при распространении сигнала от СЧ формирует сигнал, характеризуемый вектором  $E_D^{OCT}$ . Первое отражение от короткозамкнутой нагрузки описывается вектором  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$ , который поступает на вход ВАЦ. Первое отражение от порта ВАЦ при распространении сигнала со стороны нагрузки формирует дополнительный сигнал, который, отразившись вновь от КЗ, поступает на вход ВАЦ как вектор  $E_R^{OCT} \cdot E_S^{OCT} \cdot S_{11}^2$ . Выражение (3) учитывает все возможные переотражения, а для одного примет вид:

$$\hat{S}_{11} \approx E_D^{OCT} + E_R^{OCT} \cdot S_{11} + E_R^{OCT} \cdot E_S^{OCT} \cdot S_{11}^2, \quad (6)$$

где в данном случае  $S_{11}$  – комплексный КО нагрузки, составленной из воздушной линии и КЗ. Второе и

третье слагаемые в (6) представляют собой первые два члена геометрической прогрессии. Первый член прогрессии равен  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$ , знаменатель прогрессии равен  $E_S^{OCT} \cdot S_{11}$ . Все последующие члены прогрессии имеют более высокий порядок малости, определяемый более высокой, чем 1, степенью множителя  $E_S^{OCT}$ . Поэтому оценка (6) достаточно точная.

При хорошем качестве изготовления линии и нагрузки потери можно считать незначительными, и модуль  $S_{11}$  близок к 1 (0 дБ). Напомним, что модуль  $E_R^{OCT}$  также близок к 1. Некоторые калибровочные наборы позволяют откалибровать ВАЦ таким образом, что уровень  $E_D^{OCT}$  существенно ниже уровня  $E_S^{OCT}$ . Последние замечания позволяют пренебречь первым слагаемым в (6). В противном случае необходима реализация метода приближенного оценивания вектора  $E_D^{OCT}$ , например, как указано в предыдущем пункте, с последующим вычитанием его из правой части (6). В результате вновь, как и ранее, при образовании  $\hat{S}_{11}$  получаем биения суммы двух векторов, которые показаны на рис. 5.

Теперь «более длинным» является путь распространения сигнала, определяемого вектором  $E_R^{OCT} \cdot E_S^{OCT} \cdot S_{11}^2$ . Поэтому логично представить, что именно этот вектор вращается на конце большего по модулю вектора  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$  с некоторой угловой скоростью при линейном увеличении частоты. Ясно, что при этом вектор  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$  сам вращается на комплексной плоскости, что не показано на рис. 5.

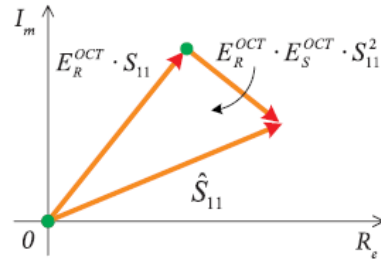


Рис. 5. Составляющие оценки вектора комплексного КО от короткозамкнутой воздушной линии

Нас в данной ситуации интересуют относительные биения рассматриваемых векторов, вызванные периодическими изменениями соотношений между ними. Биения

проявляются в появлении волнообразного вида частотной зависимости модуля  $|\hat{S}_{11}(f)|$ . При медленном изменении модуля  $|E_R^{OCT} \cdot S_{11}|$  амплитуда биений будет характеризовать модуль  $|E_R^{OCT} \cdot E_S^{OCT} \cdot S_{11}^2|$ . Тогда, вспоминая, что  $|E_R^{OCT}| \approx 1$  и для линии с малыми потерями  $|S_{11}^2| \approx 1$ , запишем приближенную оценку  $|E_S^{OCT}| \approx |E_R^{OCT} \cdot E_S^{OCT} \cdot S_{11}^2|$ .

В выполненных рассуждениях было сделано довольно много допущений, которые позволили получить простой алгоритм оценивания модуля эффективного рассогласования источника сигнала. Можно проводить детальный анализ каждой составляющей в (6) без сделанных допущений. Однако для разделения составляющих необходимо использовать фильтрацию во времен-

ной области [9].

### 5.3 Методика определения эффективной неравномерности тракта отраженного сигнала

Большинство современных ВАЦ являются панорамными и позволяют последовательно во времени измерять характеристики цепей в диапазоне частот с некоторым шагом по частоте при гармоническом воздействии. Биение суммы двух отраженных сигналов при изменении частоты зондирования возникает в том случае, когда эти отражения имеют разное время возникновения. В частотной области биения сопровождаются формированием волнообразной зависимости модуля измеренного (с учетом коррекции) КО. Применяя обратное преобразование Фурье можно от измеренной частотной характеристики цепи перейти к оценке ее импульсной характеристики  $\hat{h}(t)$ . Пример такой оценки схематично показан на рис. 6. В качестве исследуемой нагрузки использована воздушная линия, которая нагружена на КЗ. С учетом схемы, показанной на рис. 4, можно сделать вывод, что на оси времени сигналы (отклики), обусловленные различными факторами погрешности, располагаются в том же порядке, в котором они приведены в (6), что отражено на рис. 6 соответствующими подписями.

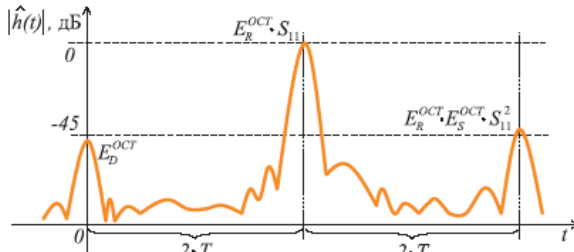


Рис. 6. Примерная форма модуля импульсной характеристики при тестировании короткозамкнутой воздушной линии

На рис. 6  $T$  – время распространения электромагнитной волны от начала воздушной линии (плоскости калибровки или плоскости порта ВАЦ) до плоскости короткого замыкания. Уровни отражений от различных неоднородностей в тракте определяются некоторыми интегральными по частоте значениями  $E_D^{OCT}$ ,  $E_S^{OCT}$ ,  $E_R^{OCT}$  и  $S_{11}$ . Отклики должны быть различимы, что обеспечивается за счет применения достаточной длины линии. Кроме этого отметим, что шаг (разрешение) по времени зависит от максимальной частоты при измерении частотной характеристики, а шаг по частоте – определяет максимальное время (период) импульсной характеристики.

Основной метод определения эффективной неравномерности тракта отраженного сигнала предполагает расчет и обработку импульсной характеристики короткозамкнутой линии достаточной длины. В частности, для получения максимального значения  $|E_R^{OCT}|$  необ-

ходимо подавить во временной области составляющие, обусловленные факторами  $E_D^{OCT}$  и  $E_S^{OCT}$ , то есть первое и третье слагаемые в (6). В результате этой дополнительной коррекции измерений во временной области должен остаться только отклик, определяемый вектором  $E_R^{OCT} \cdot S_{11}$ . После этого при помощи прямого преобразования Фурье производится обратный переход в частотную область и выполняется сравнение полученной частотной характеристики с идеальной характеристикой короткозамкнутой линии. Идеальная характеристика может быть получена из математической модели для такой нагрузки. Модель обычно задается набором следующих параметров: длина до короткого замыкания, потери, волновое сопротивление, коэффициенты частотно-зависимой паразитной индуктивности [1]. Отклонения полученных измерений  $E_R^{OCT}(f) \cdot S_{11}(f)$  от модельного описания  $S_{11}^{мод}(f)$  на разных частотах можно найти делением в линейном масштабе, либо вычитанием в логарифмическом масштабе для модулей. Среди полученных значений  $|E_R^{OCT}(f)|$  легко найти максимальное отличие от 1 (или 0 дБ).

### 6. Максимальные систематические погрешности измерения модуля и фазы исследуемой нагрузки

Систематическая погрешность  $\Delta S_{11}$  приводит к возникновению погрешности измерения модуля и фазы КО исследуемой нагрузки. Зная максимальные модули эффективных факторов погрешности в некотором диапазоне частот, определим максимальные погрешности измерения модуля и фазы КО в этом диапазоне в зависимости от модуля КО исследуемой нагрузки. Используя оценку (6), то есть, учитывая только первое переотражение от ВАЦ, можно получить выражение, определяющее комплексное значение  $\Delta S_{11}$ :

$$\Delta S_{11} = (\hat{S}_{11} - S_{11}) \approx E_D^{OCT} + (E_R^{OCT} - 1) \cdot S_{11} + E_R^{OCT} \cdot E_S^{OCT} \cdot S_{11}^2 \quad (7)$$

Максимальное значение модуля комплексного вектора  $\Delta S_{11}$  достигается при синфазном сложении слагаемых (составляющих) правой части (7). Обозначим полученный в этом случае вектор  $\Delta S_{11}^{max}$ . Модуль этого вектора равен сумме модулей отдельных слагаемых (7) и он определяет максимальную абсолютную погрешность измерения модуля КО (рис. 7а):

$$\begin{aligned} |\Delta S_{11}|^{MAX} &= |\Delta S_{11}^{MAX}| \approx |E_D^{OCT}| + \\ &+ |E_R^{OCT} - 1| \cdot |S_{11}| + |E_R^{OCT}| \cdot |E_S^{OCT}| \cdot |S_{11}|^2. \quad (8) \end{aligned}$$

В случае сложения векторов  $S_{11}$  и  $\Delta S_{11}^{max}$  по варианту, приведенному на рис. 7б, возникает максимальная абсолютная погрешность по фазе, равная:

$$\Delta \arg S_{11}^{MAX} = \arcsin \left( \frac{|\Delta S_{11}|^{MAX}}{|S_{11}|} \right). \quad (9)$$

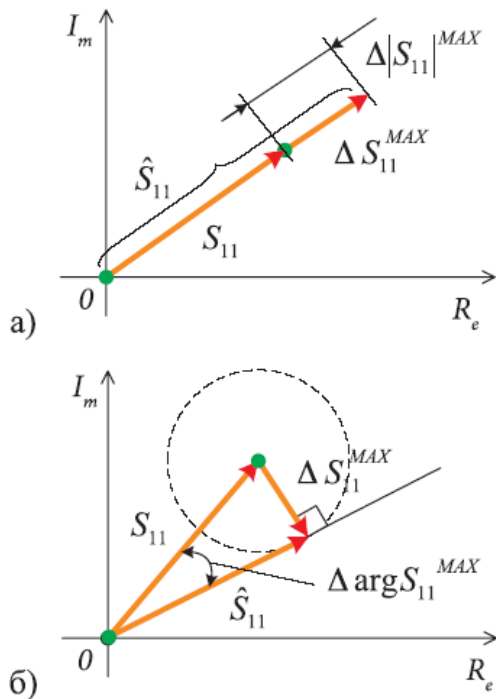


Рис. 7. Возможные варианты векторного сложения комплексных чисел  $S_{11}$  и  $\Delta S_{11}^{max}$ : а) формирование максимальной погрешности измерения модуля; б) формирование максимальной погрешности измерения фазы

Анализируя (8) видим, что при малых уровнях  $|S_{11}|$  основной вклад в погрешность вносит остаточная направленность, а при больших – остаточное рассогласование источника и остаточная неравномерность тракта.

## 7. Заключение

В работе рассмотрен простой и удобный в практическом использовании метод определения факторов систематической погрешности после выполнения однопортовой калибровки ВАЦ («метод с биениями»). Приведены простые и удобные на практике расчетные соотношения, позволяющие провести вычисления максимальной (при принятых допущениях) систематической погрешности измерения модуля и фазы КО. Для более детального и точного анализа остаточной систематической погрешности измерений можно использовать математически более сложную обработку.

## Литература

- Hiebel M. Fundamentals of vector network analysis [Электронный ресурс]. – Germany, 2007. – Режим доступа: <http://www.rohde-schwarz.com>.
- Bryant G.H. Principles of microwave measurements // IEE electrical measurement series. – 1993. – vol. 5. – UK, Peter Peregrines.
- Пивак А.В. Измерения волнового сопротивления коаксиальных трактов [Электронный ресурс] // Журнал «Мир измерений». – 2007. – № 3. – Режим доступа: [http://prist.ru/info.php/articles/impedance\\_coax\\_duct\\_meas.htm](http://prist.ru/info.php/articles/impedance_coax_duct_meas.htm).

Reflectometer Measurements – Revisited [Электронный ресурс]. – Anritsu Corporation, ID документа application note 11410-00214, October 1998, Rev. A. – Режим доступа: <http://www.anritsu.com>.

Ballo D. Network analyzer basics [Электронный ресурс]. – Hewlett-Packard Company, ID документа 5965-7917E, 1998. – Режим доступа: <http://www.agilent.com>.

Rytting D. Network analyzer error models and calibration methods [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cpd.ogi.edu/IEEE-MTT-ED/Network Analyzer Error Models and Calibration Methods.pdf>.

Bianco B. Evaluation of errors in calibration procedures for measurements of reflection coefficient / B. Bianco, A. Corana, S. Ridella, C. Simichic //, IEEE Transaction on instrumentation and measurement, ID документа 04314711. – December 1978. – vol. IM-27, NO. 4

Maury M.A. Verifying the performance of vector network analyzers [Электронный ресурс]. – Maury Microwave Corporation, ID документа application note 5C-026, February 2006. – Режим доступа: <http://www.maurymw.com>.

Ostwald O. Measurement accuracy of the ZVK vector network analyzer [Электронный ресурс]. – Rohde & Schwarz, ID документа application note 1EZ48\_0E. – Режим доступа: <http://www.rohde-schwarz.com>.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

6 ноября 2009 года состоялось заседание Правления региональной общественной организации ветеранов и сотрудников Метрологической службы Вооруженных Сил Российской Федерации. Организация создана на учредительном собрании 20 апреля 2003 года, зарегистрирована Минюстом России (свидетельство о регистрации № 15558 от 20 мая 2003 года), и является одним из учредителей научно-информационного журнала «Вестник метролога».

Целями Организации являются содействие социальной реабилитации ветеранов, защита прав и законных интересов ветеранов и сотрудников Метрологической службы Вооруженных Сил Российской Федерации, военно-патриотическое воспитание молодежи.

Предпринимательская деятельность осуществляется Организацией в рамках достижения целей, определенных Уставом.

Членами Организации могут быть граждане Российской Федерации, достигшие 18-летнего возраста (преимущественно ветераны и сотрудники Метрологической службы Вооруженных Сил Российской Федерации), а также юридические лица – общественные объединения, разделяющие цели и задачи Организации и признающие Устав Организации. Членство в организации и выход из нее являются добровольными.

Прием в члены Организации осуществляется на основании письменного заявления вступающего и уплаты вступительного взноса в размере 200 руб., членские взносы – в размере 100 руб. в год.

Высшим руководящим органом Организации является Общее собрание членов Организации.

Постоянно действующий руководящий орган Организации – Правление Организации. Советательным органом Организации является Общественный совет, председателем которого избран Петров Алексей Владимирович.

Первым председателем Правления в 2003 году был избран Казаров Рафаэль Иванович, его заместителем – Васильев Петр Николаевич. За годы с момента создания Организации его председатель и заместитель председателя проделали большую работу по социальной помощи ветеранам и сотрудникам Метрологической службы, активно участвовали в защите законных интересов метрологических структур в Вооруженных Силах, военно-патриотическом воспитании молодежи. В связи с неоднократными просьбами Правление освободило Казарова Р.И. и Васильева П.Н. от занимаемых постов, выразив им огромную благодарность за проделанную работу. Председателем Правления избран Прищеп Александр Николаевич, ветеран Метрологической службы ВС РФ, Заслуженный метролог Российской Федерации, до недавнего времени – главный инженер Метрологической службы ВС РФ.

Метрологическая общественность благодарит Казарова Рафаэля Ивановича и Васильева Петра Николаевича за проделанную работу и желает Прищепе Александру Николаевичу плодотворной работы на этом благородном поприще.

Ознакомиться с Уставом, учредительными документами и Планом работы Организации на год, подать заявление о приеме в члены Организации и уплатить взносы, а также решить другие вопросы, касающиеся ее деятельности, можно по электронному адресу e-mail: [veteran-ms@mail.ru](mailto:veteran-ms@mail.ru)