ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ Р4226 «ПАНОРАМА»



ИЗМЕРЕНИЕ УСТРОЙСТВ С РАЗЛИЧНЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ИМПЕДАНСА



Измерение устройств с различными значениями импеданса

Векторный анализатор цепей (ВАЦ) Р4226 «Панорама» позволяет проводить измерения устройств с различными значениями импеданса. Программное обеспечение даёт возможность пересчитать измеренные S-параметры в тракт с импедансом, отличным от опорного значения импеданса ВАЦ.

Алгоритм преобразования опорного импеданса

Пусть матрица S содержит результаты измерения параметров рассеяния в тракте Z_{ref}. Опорные импедансы портов измерителя с момента калибровки изменены следующим образом:

$$\begin{bmatrix} Z_{ref} \\ Z_{ref} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} Z'_{ref_{-1}} \\ Z'_{ref_{-2}} \end{bmatrix},$$

где *Z*′_{ref_1} и *Z*′_{ref_2} – изменённые опорные импедансы портов 1 и 2.

Матрица S'для изменённых опорных импедансов:

$$\begin{bmatrix} S'_{11} & S'_{12} \\ S'_{21} & S'_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 \\ 0 & a_2 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} S_{11} - r_1^* & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} - r_2^* \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 - r_1 \cdot S_{11} & -r_1 \cdot S_{12} \\ -r_2 \cdot S_{21} & 1 - r_2 \cdot S_{22} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} a_1^* & 0 \\ 0 & a_2^* \end{bmatrix},$$

где $a_n = \frac{1 - r_n^*}{|1 - r_n|} \cdot \sqrt{|1 - r_n \cdot r_n^*|}$, $r_n = \frac{Z'_{ref_n} - Z_{ref_}}{Z'_{ref_n} + Z^*_{ref_}}$, n – номер измерительного порта, * – знак

комплексного сопряжения.

Для одного порта:
$$S'_{11} = \frac{\gamma + S_{11}}{1 + \gamma \cdot S_{11}}, \qquad \gamma = \frac{Z_{ref} - Z'_{ref}}{Z_{ref} + Z'_{ref}}.$$

Преобразование опорного импеданса $Z_{ref} \rightarrow Z'_{ref} = Z_0$

Способ заключается в выполнении калибровки в тракте Z_{ref} , с использованием набора калибровочных мер ВАЦ (если возможно, в сечении перехода на Z_0). Для каждого измерительного порта устанавливаются требуемые значения опорного импеданса. Для исключения переходов, выполняется смещение плоскости калибровки и в результате измеряются S-параметры исследуемого устройства в тракте Z_{ref} , которые автоматически пересчитываются для тракта $Z'_{ref} = Z_0$.

Измерение Beatty-стандарта

В качестве примера проведем измерение Beatty-стандарта, представляющего собой воздушную коаксиальную линию, состоящую из трёх участков с волноводными сопротивлениями 50-25-50 Ом (Z_{ref} – Z₀ – Z_{ref}).

- 1. Подготовить ВАЦ к работе.
- 2. Запустить программное обеспечение Graphit.
- 3. Подключить ПО к ВАЦ (рис. 1).

Описание	Адрес прибора	Тип	Серийный номер	Состояние	- Durafinariusa	
P4M-18/3 1102170230	r4m-18-1102170230.tetz	P4M-18/3	1102170230	Свободен	В изоранное	
P4M-18 1102080016	r4m-18-1102080016.tetz	P4M-18	1102080016	Занят		
P4M-18 1102099999	r4m-18-1102099999.tetz	P4M-18	1102099999	Занят		
P4213/4 1132190048	r4213-1132190048.tetz	P4213/4	1132190048	Занят	Повторить поиск	
P4213/6 1132190055	r4213-1132190055.tetz	P4213/6	1132190055	Занят		
P4226/5 1133180038	r4226-1133180038.tetz	P4226/5	1133180038	Свободен	Все приборы	
P4226A 1133190021	r4226-1133190021.tetz	P4226A	1133190021	Свободен		
R4226 1133150001	r4226-1133150001.tetz	R4226	1133150001	Занят	<u> </u>	
Выберите прибор для подключения или перетащите запись в список избранных приборов при помощи мыши		ения к щи мыши			Подключаться по умолчаник	

Рис. 1. Подключение к ВАЦ

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, нажав кнопку

«Восстановить начальные параметры»

5. В панели управления «Мощность» задать параметры мощности зондирования. При установке этого параметра учитывайте ожидаемое затухание в измеряемом устройстве и при необходимости увеличьте мощность зондирующего сигнала. Для нашего примера достаточно уровня зондирующего сигнала 0 дБм (рис. 2).

Р	1ощность	< >
Старт		<u>ين</u>
Стоп		f
		p
Центр	0 лБм	
	0 дон	R
Полоса		0
Точек		Ш
Управление аттенюа	зторами	M
Аттенюатор генерат	▼	M
0 лЕ	0 лБ	
		∽ T∽
Аттенюаторы прием	ников (порт 1 / 2)	
0 дв	0 дБ	Ŷ

Рис. 2. Задание мощность зондирования

6. В панели управления «Частота» задать параметры сканирования по частоте (рис. 3). Количество точек выставить исходя из того, что начальная частота сканирования должна быть равна шагу сканирования, можно воспользоваться формулой: N = ((f_{max} – f_{min})/f_{min})+1; (для нашего примера: 20 МГц ... 13,5 ГГц, 675 точек).

f	< >
Старт 20 МГц	<u>نې</u>
Стоп 13,5 ГГц	f p
центр 6,76 ГГц	<u>م</u>
Полоса 13,48 ГГц	0
Точек 675	Π
Сканирование по списку Список	M
Полный обзор	₩.
Нулевой обзор	\otimes

Рис. 3. Задание частотного диапазона

7. Выбрать в главном меню *Калибровка -> Мастер калибровки* и провести полную двухпортовую калибровку, руководствуясь указаниями мастера калибровки (рис. 4).

<u>Ф</u> айл <u>н</u>	<u> </u>	не <u>Д</u> иаграмма <u>Т</u> расс F6 ию	
Использу	уемые порты		
• порть	oi 1, 2	🔘 порт 1	🔘 порт 2
Конфигу	рация портов исследуемого	устройства	
	Соединитель:	Калибровочный набор:	Описание набора:
Порт 1:	III розетка	HKMM-01-01P Nº2197090522	 Соединители тип III
Порт 2:	III розетка	HKMM-01-01P Nº2197090522	 Соединители тип III
		Список калибровочных набо	ров
Порт 1 КЗ СН Порт 2 КЗ СН Порты 1,2 Порты 1,2	Шаг 1 из 7	уузку «XX (в)» (№2251090535) на порт	1. Мера отражения



8. После завершения калибровки подключить измеряемое устройство (в нашем примере — Beatty-стандарт) к портам ВАЦ (рис. 5).



Рис. 5. Подключение Beatty-стандарта.

9. Настроить панель управления «Временная область» (рис. 6). Задать следующие параметры:

- Старт: -500 пс
- Стоп: 1,5 нс
- Тип координат: Время; Взвешивание окном: Хэмминг; Тип характеристики: Переходная; Сопротивление: Вкл.

М Временная область	<>
Временная область ВКЛ	<u>نې</u>
Старт -500 пс	f D
Стоп 1,5 нс	P Q
_{Центр} 500 пс	0
Полоса 2 нс	Ш
Тип координат окна Время	MA
Диэлектрическая проницаемость 1	<u>™©</u>
Взвешивание окном ХЭММИНГ	\otimes
Тип характеристики Переходная	P
Сопротивление ВКЛ	
Режим сигнала Видеосигнал 🚽 Установить	Ø
ЧХ [0 ГЦ]	

Рис. 6. Задание параметров временного режима для Beatty-стандарта.

10. В результате мы получили две диаграммы для оценки АЧХ коэффициентов отражения S₁₁ и S₂₂ (трассы совпадают) и переходной характеристики (полученная из S₁₁) Beattyстандарта, включенного в измерительный тракт с волновым сопротивлением 50 Ом (Рис. 7).



Рис. 7. АЧХ и переходная характеристика Beatty-стандарта.

11. В меню «Калибровка -> Конфигурация портов» установить значение опорного импеданса для первого порта Z'_{ref_1} = 25 Ом (Рис. 8).

		-			1	_		- 0	
Функция		I lop	T 1				1 10	DT 2	
	Преобраз	овани	е опор	ного им	педан	са			
исходный	50 OM				50 O	м			
текущий	25 OM			÷	50 C	M			*
включить									
	Смец	цение	мощн	ости по	рта				
смещение			_		0 дБ				* *
	Характер	истик	а выхо	дной м	ощност	ги			
наклон	0 дБ/ГГц			÷.	0 дБ	/ггц			* *
	Смещен	ие пл	оскост	и кали	бровки				
задержка	65 nc			÷.	0 c				* *
	к	омпен	кация	потерь					
потери	0 дБ		на F =	0 МГц	0 дБ		* }	на F =	= 0 МГц
	0 дБ		0 Гц	÷	0 дБ		* }	0 Гц	*
	0дБ		0 Гц	÷.	0 дБ		* }	0 Гц	* *
			01/		0				
о умолчанию	. L		UK		OTM	ена		Прим	енить

Рис. 8. Изменение опорного импеданса при измерении Beatty-стандарта.

Информация может быть изменена без предварительного уведомления. Микран | пр-т Кирова, 51д, г. Томск, Россия, 634041 | +7 3822 90-00-29 | +7 3822 42-36-15 факс | kia@micran.ru | www.micran.ru 6 12. После установки требуемого значения импеданса в сечении, совпадающем с плоскостью калибровки, появляются искусственные неоднородности, наблюдаемые на переходной характеристике (Рис. 9). Неоднородности обусловлены скачком волнового сопротивления с искусственных 25 Ом измерительного тракта на 50 Ом начала и конца Beattyстандарта (данные неоднородности являются переходом с тракта Z_{ref} на тракт Z₀).



Рис. 9. АЧХ и переходная характеристика после установки Z'_{ref_1} = 25 Ом.

13. Для того чтобы исключить неоднородности, вызванные переходом, необходимо сместить плоскость калибровки, так чтобы искусственно созданный измерительный тракт (25 Ом) соединился с 25-омным участком Beatty-стандарта. Для этого выберем пункт главного меню «Калибровка –> Конфигурация портов». В графе «Смещение плоскости калибровки» добавим задержку, чтобы неоднородность, вызванная переходом с тракта Z_{ref} на тракт Z₀, находилась в 0 нс на переходной характеристике (Рис. 10).

Конфигурация портов		E
Функция	Порт 1 Порт 2	
	Преобразование опорного импеданса	
исходный	50 OM 50 OM	
текущий	25 OM 50 OM	÷ •
включить	V	
	Смещение мощности порта	
смещение	— 0 дБ	÷ 🕨
	Характеристика выходной мощности	
наклон	0 дБ/ГГц 🕘 🕨 0 дБ/ГГц	÷ 🕨
	Смещение плоскости калибровки	
задержка	65 nc 🔹 🕑 0 c	-
	Компенсация потерь	
потери	0 дБ 🔶 на F = 0 МГц 0 дБ 🔶 на F =	= 0 МГц
	0дБ 🔶 ОГЦ 🔶 ОДБ 🔶 ОГЦ	-
	0дБ 🔶 ОГЦ 🔶 ОДБ 🔶 ОГЦ	-
По умолчанию	ОК Отмена Прие	енить

Рис. 10. Смещение плоскости калибровки для Beatty-стандарта.

Информация может быть изменена без предварительного уведомления. Микран | пр-т Кирова, 51д, г. Томск, Россия, 634041 | +7 3822 90-00-29 | +7 3822 42-36-15 факс | kia@micran.ru | www.micran.ru

7





Рис. 11. Переходная характеристика после установки Z'ref_1 = 25 Ом и смещения плоскости калибровки первого порта на 65 пс для измерения Beatty-стандарта.

15. Выполнив аналогичное преобразование для второго измерительного порта ВАЦ, получаем искомый коэффициент отражения от 25-омной линии в середине Beatty-стандарта (Рис. 12).



Рис. 12. АЧХ при Z'ref_1 = Z'ref_2 = 25 Ом и смещения плоскостей калибровки первого и второго портов для измерения Beattyстандарта.

Измерение кабельной сборки с импедансом 75 Ом

На примере измерения кабельной сборки, работающей в частотном диапазоне 10 МГц ... 6,01 ГГц и имеющей импеданс 75 Ом, покажем применение ВАЦ Р4226 «Панорама».

Для подключения кабеля с импедансом 75 Ом к ВАЦ Р4226 «Панорама» используется измерительная оснастка вилка кабельная (далее ВКЧ), разработанная компанией Микран. В зависимости от типа измеряемого кабеля, оснастка позволяет осуществить монтаж кабеля с импедансом 50 или 75 Ом. Оснастка обеспечивает возможность измерения коэффициента затухания радиочастотных кабелей в диапазоне частот, который определяется электрическими параметрами измеряемого кабеля. Подробнее об оснастках можно узнать из «Инструкции по применению измерительных оснасток ВКЧ».

Доступна возможность заказа разработки оснасток.

- 1. Подготовить ВАЦ к работе.
- 2. Запустить программное обеспечение Graphit.
- 3. Подключить ПО к ВАЦ (рис. 13).

		110	иск приооров			
Описание	Адрес прибора	Тип	Серийный номер	Состояние		
P4M-18/3 1102170230	r4m-18-1102170230.tetz	P4M-18/3	1102170230	Свободен	- В изоранное	
P4M-18 1102080016	r4m-18-1102080016.tetz	P4M-18	1102080016	Занят		
P4M-18 1102099999	r4m-18-1102099999.tetz	P4M-18	1102099999	Занят		
P4213/4 1132190048	r4213-1132190048.tetz	P4213/4	1132190048	Занят	и повгорить поиск	
P4213/6 1132190055	r4213-1132190055.tetz	P4213/6	1132190055	Занят		
P4226/5 1133180038	r4226-1133180038.tetz	P4226/5	1133180038	Свободен	Все приборы	
P4226A 1133190021	r4226-1133190021.tetz	0021.tetz P4226A 0001.tetz R4226	1133190021	Свободен		
R4226 1133150001	r4226-1133150001.tetz		1133150001	Занят	<u> </u>	
Выберите прибор для по или перетащите запись в избранных приборов при		ения с ци мыши			Подключаться по умолчаник	

Рис. 13. Подключение к ВАЦ.

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, нажав кнопку

«Восстановить начальные параметры» 🌬

5. В панели управления «Мощность» задать параметры мощности зондирования. При установке этого параметра учитывайте ожидаемое затухание в измеряемом устройстве и при необходимости увеличьте мощность зондирующего сигнала. Для нашего примера достаточно уровня зондирующего сигнала 0 дБм (рис. 14).

р	Мощно	сть	< >
Старт			ŝ
Стоп			f
Центр			р
центр		0 дБм	Q
Полоса			O
Точек			Π
Управление а	гтенюаторами	1	MA
Аттенюатор го	енератора (по	▼	₩8
	0 дБ	0 дБ	H
Аттенюаторы	приёмников (0 дБ	порт 1 / 2) 0 дБ	\otimes

Рис. 14. Задание мощность зондирования.

6. В панели управления «Частота» задать параметры сканирования по частоте (рис. 15). Количество точек выставить исходя из того, что начальная частота сканирования должна быть равна шагу сканирования (для нашего примера: 10 МГц ... 6,01 ГГц, 601 точка).

f Частота	< >
Старт 10 МГц	ŝ
Cron 6.01 [[].	f
Центр	p
3,01 ГГц	Q
6 ГГц	0
Точек 601	\mathbb{M}
Сканирование по списку Список	M
Полный обзор	₩6
	ł
Нулевой обзор	\otimes

Рис. 15. Задание частотного диапазона.

7. Выберите в главном меню *Калибровка -> Мастер калибровки* и проведите полную двухпортовую калибровку, руководствуясь указаниями мастера калибровки (рис. 16).

G P4. B	екторный ан	ализатор цепей	P4226A 1133190	021]		
<u>Ф</u> айл	<u>К</u> алибровка	<u>У</u> правление	Диаграмма]	рас		
	Ά <u>М</u> астер	калибровки		F6		
ß	Настро	ойка конфи	игурации			
Исполь	зуемые порты					
🔘 порт	ты 1, 2		🔘 порт 1	Ô	порт 2	
Конфиг	урация порто	в исследуемого ус	тройства			
	Соедините	ль:	Калибровочный н	абор:	Описание н	абора:
Порт 1	: 3,5/SMA po	озетка 🔻	HKMM-13-13P Nº	2196180011	 Соедините 	ли тип 3,5 мм
Порт 2	: 3,5/SMA в	илка 💌	HKMM-13-13P Nº	2196180011	- Соедините	ли тип 3,5 мм
			Список кал	ибровочных наборов		
Вариан Тип кал Изм Неи	п калибровки: либровки: ерение на изо. звестный ада	: Векторн Двухпор ляцию птер	ая калибровка SO товая (порт 1-2)	T		•
P	Шаг 1 и	із 7				
Порт 1 - XX - K3 - CH Порт 2	<u>;</u> 3 1					

Рис. 16. Настройка параметров калибровки.

8. После завершения калибровки подключить измеряемое устройство (в нашем примере — кабельная сборка) к портам ВАЦ (рис. 17).

0	1) микран	ПАНОРАМА Анализатор цепей векторный Р4226	۵ ا
			ROPT 2
8		b, 0 62	_ ⁷⁷⁰
	50 C	50→75 Ом ВКЧ ВКЧ	50 Ом

Рисунок 17. Подключение кабельной сборки с импедансом 75 Ом к ВАЦ

9. В главном меню выбрать *Калибровка -> Конфигурация портов* и установить сопротивление измеряемого устройства (в нашем примере 75 Ом) (рис. 18).

Конфигурация портов	1.1.1							×
Функция	Порт 1			Порт 2				
Преобразование опорного импеданса								
исходный	50 Om				50 OM			
текущий	75 Ом			* >	75 OM			* >
включить					/			
Смещение мощности порта								
смещение	-			0 дБ 🔶 🕨				
Характеристика выходной мощности								
наклон	0 дБ/ГГц			÷ >	0 дБ/ГГц			÷ >
Смещение плоскости калибровки								
задержка	0 nc			-	0 пс			-
Компенсация потерь								
потери	0 дБ 🌲		на F = 01	ΜГц	0 дБ	* >	на F = 0	МГц
	0 дБ 🌲		0 Гц	÷ >	0 дБ	* >	0 Гц	•
	0 дБ 🍦		0 Гц	÷ >	0 дБ	* >	0 Гц	÷ >
По умолчанию		(ок		Отмена		Примен	ить

Рис. 18. Пересчет опорного импеданса.

10. В главном меню выбрать Диаграмма -> Создать диаграмму (рис. 19).



Рис. 19. Создание новой диаграммы.

11. В панели управления «Временная область» установить параметры диаграммы таким образом, чтобы на ней осталась только неоднородность волнового сопротивления, обусловленная скачком волнового сопротивления с искусственных 75 Ом на реальные (рис. 20). В нашем примере использовались следующие параметры:

- Старт: -1 нс
- Стоп: 3 нс
- Тип координат: Время; Взвешивание окном: Хэмминг; Тип характеристики: Переходная; Сопротивление: Вкл (рис. 21).



М Временная	область	<>
Временная область	вкл	ŝ
Старт		f
	-1 нс	n
Стоп		Ρ
	3 нс	Q
Центр		
	1 нс	\mathbf{r}
Полоса	4	Л
	4 HC	
Тип координат окна		MA
ремя	•	WA
Диэлектрическая проницае	мость 1	H
D	1	
Взвешивание окном Хэмминг		
	•	
Переходная	_	F
Сопротивление	_	
een permanen me	вкл 🗍	###
Режим сигнала		Ø
Видеосигнал 🖕 У	становить	
ЧХ [0 Гц]		
АВТО	0	

Рис. 20. Резонанс волнового сопротивления.

Рис. 21. Задание параметров временного режима.

12. В главном меню выбрать *Калибровка -> Конфигурация портов*. В открывшемся окне подобрать такие значения задержки для смещения плоскости калибровки, при которых резонанс волнового сопротивления станет минимальным (рис. 22).







Рис. 22. Подбор значения задержки для смещения плоскости калибровки.

13. При правильно подобранном значении задержки для смещения плоскости калибровки график зависимости коэффициента затухания от частоты преобразуется из гармонического вида в негармоническую кривую. Результат измерения изображен на рис. 23.



Рис. 23. Результаты измерения затухания в кабельной сборке с импедансом 75 Ом.