ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СКАЛЯРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ Р2М



ИЗМЕРЕНИЕ МОДУЛЕЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ ПАССИВНЫХ И АКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ



Анализаторы цепей скалярные серии Р2М (далее — анализаторы Р2М) предназначены для измерений модуля коэффициента передачи (КП), модуля коэффициента отражения (КО), коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН), мощности и для формирования непрерывных гармонических сигналов. Дополнительные режимы работы анализатора Р2М позволяют контролировать динамические характеристики, групповое время задержки, параметры устройств с преобразованием по частоте и параметры устройств в импульсном режиме.

Анализаторы Р2М применяются для исследований, настройки, испытаний, контроля при производстве высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) устройств, используемых в радиоэлектронике, связи, радиолокации, измерительной технике.

Принцип действия анализаторов P2M основан на выделении высокочастотных электромагнитных волн (прошедшей через исследуемое устройство и отраженной от его портов), преобразовании их в низкочастотные напряжения, пропорциональные мощности этих волн, измерении напряжений и расчете модуля КП, модуля КО. Выделение и преобразование электромагнитных волн в низкочастотное напряжение производится с помощью детекторных головок и датчиков КСВ.

Управление анализатором P2M осуществляется с помощью внешнего персонального компьютера с установленным программным обеспечением «Graphit P2M», которое обрабатывает измеренные данные и обеспечивает отображение результатов измерений. Информационный обмен между анализатором P2M и персональным компьютером осуществляется по интерфейсу Ethernet.

Для описания и оценки качества СВЧ устройств применяется матрица рассеяния, элементы которой (Sпараметры) описывают физические параметры рассеяния, рис. 1.

> 521 Передаточная характеристика в прямом направлении 511 Отражение от первого порта 512 522 Отражение от второго порта

Передаточная характеристика в обратном направлении

Рисунок 1. Графическая иллюстрация S-параметров двухпортового устройства.

- S11 характеристика отражения от первого порта;
- S22 характеристика отражения от второго порта;
- S21 характеристика передачи в прямом направлении;
- S12 характеристика передачи в обратном направлении.

Каждый S-параметр содержит информацию об амплитуде и фазе в соответствующем направлении. Скалярные анализаторы цепей позволяют проводить измерения только амплитуды сигнала (модуль S-параметров). Векторные анализаторы цепей позволяют проводить измерения амплитуды и фазы сигнала.

Для проведения измерений модулей коэффициентов отражения и передачи потребуется:

- Анализатор цепей скалярный серии Р2М;
- Головка детекторная;
- Датчик КСВ;
- Нагрузка комбинированная коаксиальная КЗ/ХХ;
- Кабель СВЧ.

Примечание: Данный комплект необходим для проведения измерений, указанных в данной инструкции. Возможно изменение комплекта в зависимости от схемы измерения.

Измерение модулей коэффициентов передачи и отражения пассивного устройства с помощью скалярного анализатора цепей

В качестве примера проведем измерение модулей коэффициентов передачи и отражения канала ответвления <u>направленного ответвителя серии HO16</u> по схеме, приведенной на рис. 2.



Рисунок 2. Общая схема измерения модулей КП и КО.

Д – детекторная головка; ДКСВ – датчик КСВ; СН – согласованная нагрузка.

- 1. Подготовить Р2М к работе.
- 2. Запустить программное обеспечение Graphit.
- 3. Осуществить подключение к прибору, рис. 3.

Описание	Адрес прибора	Тип	Серийный номер	Состояние				
P2M-40 1108080014	r2m-40-1108080014.tetz	P2M-40	1108080014	Занят				
P2M-18 1106080051	r2m-18-1106080051.tetz	P2M-18	1106080051	Занят				
P2M-18/2 09007101	r2m-18-2-09007101.tetz	P2M-18/2	09007101	Занят				
P2M-18 08006083	r2m-18-08006083.tetz	P2M-18	08006083	Занят				
P2M-18A/5 1114210658	r2m-18a-1114210658.tetz	P2M-18A/5	1114210658	Свободен				
P2M-18A/3 1114080002	r2m-18a-1114080002.tetz	P2M-18A/3	1114080002	Свободен				
P2M-18 08006011	r2m-18-08006011.tetz	P2M-18	08006011	Свободен				
P2M-18A/5 1114170534	r2m-18a-1114170534.tetz	P2M-18A/5	1114170534	Занят				
P2M-18A/5 1114190612	r2m-18a-1114190612.tetz	P2M-18A/5	1114190612	Занят				
Найти все приборы				🕂 Добав	зить в избранные	🛛 Обновить		
Автоматически подключаться по последнему адресу								

Рисунок 3. Подключение к Р2М.

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку



«Восстановить начальные параметры»

5. В панели управления «Параметры мощности» установить мощность зондирования, рис. 4. Несмотря на то, что проводится измерение пассивного устройства, следует помнить, что необходимо устанавливать мощность зондирования, учитывая максимально допустимый уровень входного сигнала для датчика КСВ и детекторной головки.

🗐 Параметры мош	ности 🔀
Диапазон мощностей:	
- +	+ +
Центр: Шир	ина:
0 дБм 📮 🕨	
Количество точек:	the second secon
Сканиров. по списку	• Список
Ослабление атт.	× F
Управление атт.:	~
Коррекция мощности	КП
Кој ренсация: в каждой т	очке (АС) 🛛 🗸

Рисунок 4. Задание мощности зондирования.

6. В панели управления «Параметры частоты» задать требуемый частотный диапазон измерения, рис. 5.

😑 Параметры частоты 🔛								
Диапазон частот:	Весь диапазон							
10 МГц 🔶 🕨 -	18000 МГц 🔶 🕨							
Центр:	Полоса:							
9005 МГц 🔶 🕨	17990 МГц 📮 🕨							
Количество точек:	501							
Сканиров. по списку	Список							

7. Создать измерительную трассу для модуля коэффициента отражения, для этого выбрать в главном меню *Диаграмма -> Создать измерительную трассу.* В списке трасс привязать трассу к каналу, соответствующему вашей схеме измерения.

Файл Калиб	ровка Параметры	Управление	Профиль	Диаграмма	Tpacca	Маркер	Вид	Справка	
🍺 🚳 😭	8 O			🙆 Создать	измерит	ельную тр	ассу	Ctrl+N	ь (дБм)
Имя	Тип Кнл/Изм.	Опорн.		合 Создаты	математ	ическую т	paccy	Ctrl+M	
10.00	in in its and the	onopin							

Рисунок 6. Создание измерительной трассы.

8. Задать детекторную характеристику для используемого датчика КСВ, для этого выбрать в главном меню Параметры -> Детекторы и датчики КСВ...

1 1 1	Файл	Калиб	ровка	Параметры	Управление	Профиль
*	III	8 G	<u>&</u>	Детектор	ы и датчики К	(СВ

Рисунок 7. Выбор детекторной характеристики используемых устройств.

 Выбрать в главном меню Калибровка -> Калибровка... В окне «Мастер калибровки» выбрать «Модуль КО». Провести калибровку, поочередно подключая к СВЧ-выходу датчика КСВ меры XX (холостого хода) и КЗ (короткого замыкания) по схеме, приведенной на рис. 8, следуя указаниям Мастера калибровки, рис. 9.



Рисунок 8. Проведение калибровки в режиме измерения модуля КО.

Имя	Тип	Кнл/Изм.	Опорн.	Ед./дел.	Поз.		Формат	Функции
🗹 🎟 Трс1	И	Кнл1/В	-20 дБм	10 дБ	5		Мощность (дБм)	
Tpc2	Ν	Кнл1/А	-20 дБм	10 дБ	5		Мощность (дБм)	
Tpc2	И	Кнл1/А Мастер ка Данный ми передачи. Выберите	-20 дБМ Файл Кал Ммя Ммя Выбор тиг встер поможет про калибруемую вели	10 дб пибровка Пар Коррекция Калибровка Калибровочн па калибровку д ичину:	5 раметры Управлени ые данные Alt+ ВКИ	тражения или	Мощность (дБм)	
		ОМодул	кП					
		Оподул	2101					
				<< H	азад Далее >>	Отмена	1	

Рис. 9. Настройка параметров калибровки модуля КО.

10. Создать измерительную трассу для модуля коэффициента передачи, для этого выбрать в главном меню *Диаграмма -> Создать измерительную трассу....* В списке трасс привязать трассу к каналу, соответствующему вашей схеме измерения.

				Диаграмма	Tpacca	маркер	вид	Справка	_
🕨 😤 🐑 🗞	🙆 Создать	измерит	ельную тр	ассу	Ctrl+N	ь (дБм)			
Имя Ти	1 Кнл <i>М</i> зм.	Опорн.		🦳 Создать	математ	ическую т	paccy	Ctrl+M	

Рисунок 10. Создание измерительной трассы.

11. Задать детекторную характеристику для используемой детекторной головки, для этого выбрать в главном меню Параметры -> Детекторы и датчики КСВ...

 Файл	Калиб	ровка	Параметры	Управление	Профиль
 111	8 G	<u>&</u>	Детектор	оы и датчики I	(СВ

Рисунок 11. Выбор детекторной характеристики используемых устройств.

12. Далее выбрать в главном меню *Калибровка -> Калибровка...* В окне «Мастер калибровки» выбрать «Модуль КП». Подключить СВЧ-выход датчика КСВ к детекторной головке по схеме, приведенной на рис. 12, провести калибровку, следуя указаниям Мастера калибровки, рис. 13.



Рисунок 12. Проведение калибровки в режиме измерения модуля КП.

Имя	Тип	Кнл <mark>/</mark> Изм.	Опорн.	Ед./дел.	Поз.	Формат	Функции
🗹 🗖 Tp	рс1 И	Кнл1/В	-20 дБ	10 дБ	5	Модуль КО (дБ))
	рс2 И	Кнл1/А	-20 дБм	10 дБ	5	Мощность (дБм)
				Файл Калибр Кор Имя Кал	овка Параметры Управл рекция ибровка ибровочные данные	ление П Alt+C	
			Мастер калибр	овки	· · · · · ·		×
			🧐 😵	ібор типа ка	либровки		
			Данный мастер передачи. Выберите кали				
			 Модуль КО Модуль КП 				
					<< Назад Далее	>> Отмена	
			Р	ис. 13. Настройка	а параметров калибровки	модуля КП.	
13. П 14. Ро пр	одключи езультат риведень	ть изме ы измеры на рис	ряемое устр рений моду с. 14.	оойство, как пок ля коэффицие⊦	азано на рис. 2. та передачи устройст	ва, использованно	ого в качестве примера,



Рисунок 14. Результаты измерений модуля КП.

Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

- Имя Поз. ^ Тип Кнл/Изм. Опорн. Ед./дел. Формат Функции □ ■ Tpc2_Π2 ✓ ■ Tpc1_Π1 -15 дБ п Кнл1/А 1 дБ 5 Модуль КП (дБ) Tpc2 ¥ 11 0 дБм 1,000000 ГГц 5,000000 ГГц 10,000000 ГГц 18,000000 ГГц -61,320 дБ (!) 🖲 -42,675 дБ (!) 💿 -31,588 дБ (!) 💿 Cp.3 25,553 дБ 1 1/1 Bx.B KO -9 500,000000 МГц -35,413 дБ (!) 🌑 -19 -29 -39 -49 -59 -69 -79 501 9,005 ГГц 17,99 ГГц Гвых 18 ГГц 10 МГц 📕
- 15. Результаты измерений модуля коэффициента отражения устройства, использованного в качестве примера, приведены на рис. 15.

Рисунок 15. Результаты измерений модуля КО.

Измерение модулей коэффициентов передачи и отражения активного устройства с помощью скалярного анализатора цепей

В качестве примера проведем измерение модулей коэффициентов передачи и отражения <u>сверхширокополосного малошумящего усилителя СВЧ-сигнала LNA20/2</u> по схеме, приведенной на рис. 16.



Рисунок 16. Общая схема измерения модулей КП и КО.

- 1. Подготовить Р2М к работе.
- 2. Запустить программное обеспечение Graphit.
- 3. Осуществить подключение к прибору, рис. 17.

Описание	Адрес прибора	Тип	Серийный номер	Состояние			
2M-40 1108080014	r2m-40-1108080014.tetz	P2M-40	1108080014	Занят			
2M-18 1106080051	r2m-18-1106080051.tetz	P2M-18	1106080051	Занят			
2M-18/2 09007101	r2m-18-2-09007101.tetz	P2M-18/2	09007101	Занят			
2M-18 08006083	r2m-18-08006083.tetz	P2M-18	08006083	Занят			
2M-18A/5 1114210658	r2m-18a-1114210658.tetz	P2M-18A/5	1114210658	Свободен			
2M-18A/3 1114080002	r2m-18a-1114080002.tetz	P2M-18A/3	1114080002	Свободен			
2M-18 08006011	r2m-18-08006011.tetz	P2M-18	08006011	Свободен			
2M-18A/5 1114170534	r2m-18a-1114170534.tetz	P2M-18A/5	1114170534	Занят			
2M-18A/5 1114190612	r2m-18a-1114190612.tetz	P2M-18A/5	1114190612	Занят			
]Найти все приборы				🕂 доб	авить в избранные	🛛 🖓 Обновить	
Автоматически подключаться по последнему адресу							

Рисунок 17. Подключение к Р2М.

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку



«Восстановить начальные параметры»

Д – детекторная головка; ДКСВ – датчик КСВ.

5. В панели управления «Параметры мощности» установить мощность зондирования, рис. 18. Следует помнить, что необходимо устанавливать мощность зондирования, учитывая максимально допустимый уровень входного сигнала для датчика КСВ и детекторной головки.

При выборе значения мощности зондирования также важно учитывать технические характеристики измеряемого устройства. В нашем случае максимальная входная мощность LNA20 составляет –10 дБм, а выходная мощность при сжатии на 1 дБ равна 13 дБм в худшей точке. Исходя из этого, задаём значение мощности равное –20 дБм, при котором возможно получить максимальный КП.

🔤 🛛 Параметры моц	цности 🔛
Диапазон мощностей:	
	* +
Центр: Шир	ина:
-20 дБм 🗘	* F
Количество точек:	× F
Сканиров, по списку	• Список
Ослабление <mark>а</mark> тт.	
Управление атт.:	
Коррекция мощности	КП
Котренсация: в каждой т	гочке (АС) 🛛 🗸

Рисунок 18. Задание мощности зондирования.

6. В панели управления «Параметры частоты» задать требуемый частотный диапазон измерения, рис. 19.

🗏 Параметры частоты 🛛 🔀									
Диапазон частот:	Весь диапазон								
10 МГц 📮 🕨 -	18000 МГц 🔶 🕨								
Центр:	Полоса:								
9005 МГц 📮 🕨	17990 МГц 🔶 🕨								
Количество точек:	501								
Сканиров. по списку	🖳 Список								

Рисунок 19. Задание частотного диапазона.

7. Создать измерительную трассу для модуля коэффициента отражения, для этого выбрать в главном меню *Диаграмма -> Создать измерительную трассу.* В списке трасс привязать трассу к каналу, соответствующему вашей схеме измерения.

Файл Калибр	овка Пар	аметры	Управление	Профиль	Диаграмма	Tpacca	Маркер	Вид	Справка	_
🗰 😤 🐑 🥺 🔞					🙆 Создать измерительную трассу Ctrl+N				ь (дБм)	
Имя	Тип Кн	л Мам.	Опорн.		🦳 Создаты	математ	ическую т	paccy	Ctrl+M	<u> </u>
			of top in							

Рисунок 20. Создание измерительной трассы.

8. Задать детекторную характеристику для используемого датчика КСВ, для этого выбрать в главном меню Параметры -> Детекторы и датчики КСВ...

Файл Калибровка	Параметры	Управление	Профиль
🕪 😤 🖀 🐁	Детектор	ы и датчики I	(СВ

Рисунок 21. Выбор детекторной характеристики используемых устройств.

Выбрать в главном меню Калибровка -> Калибровка... В окне «Мастер калибровки» выбрать «Модуль КО».
 Провести калибровку, поочередно подключая к СВЧ-выходу датчика КСВ меры XX (холостого хода) и КЗ (короткого замыкания) по схеме, приведенной на рис. 22, следуя указаниям Мастера калибровки, рис. 23;



Рисунок 22. Проведение калибровки в режиме измерения модуля КО.

Имя	Тип	Кнл/Изм.	Опорн.	Ед./дел.	Поз.	Формат	Функции
🗹 🎟 Tpc1	И	Кнл 1/ В	-20 дБм	10 дБ	5	Мощность (дБм)	
🗹 🗖 Tpc2	И	Кнл1/А	-20 дБм	10 дБ	5	Мощность (дБм)	
	И	Мастер ка Фанный м передачи Выберите	• 20 дым Файл Кал Имя Имя Выбор тиг астер поможет про калибруемую вели КО	10 дь пибровка Параметр Коррекция Калибровка Калибровочные дан па калибровки ичину:	зы Управление П нные Alt+С	Мощность (дын)	
		ОМодуля	ь КП				
				<< Назад	Далее >>	3	

Рис. 23. Настройка параметров калибровки модуля КО.

 Создать измерительную трассу для модуля коэффициента передачи, для этого выбрать в главном меню Диаграмма -> Создать измерительную трассу.... В списке трасс привязать трассу к каналу, соответствующему вашей схеме измерения.

Файл Кали	ровка Параметры	Управление	Профиль	Диаграмма	Tpacca	Маркер	Вид	Справка	
🕪 😤 🎕				🙆 Создать и	змерит	ельную тр	ассу	Ctrl+N	ь (дБм)
Имя	Тип Кнл/Изм.	Опорн.		🦙 Создать м	иатемат	ическую 1	rpaccy	Ctrl+M	<u> </u>

Рисунок 24. Создание измерительной трассы.

11. Задать детекторную характеристику для используемой детекторной головки, для этого выбрать в главном меню Параметры -> Детекторы и датчики КСВ...

	Файл	Калиб	ровка	Параметры	Управление	Профиль
***		8 1	<u>&</u>	Детектор	оы и датчики I	(СВ

Рисунок 25. Выбор детекторной характеристики используемых устройств.

12. Далее выбрать в главном меню *Калибровка -> Калибровка...* В окне «Мастер калибровки» выбрать «Модуль КП». Подключить СВЧ-выход датчика КСВ к детекторной головке по схеме, приведенной на рис. 26, провести калибровку, следуя указаниям Мастера калибровки, рис. 27.



Рисунок 26. Проведение калибровки в режиме измерения модуля КП.

Имя		Тип	Кнл/Изм.	Опорн.	Ед./дел.	Поз.		Формат	Функции		
	Tpc1	И	Кнл1/В	-20 дБ	10 дБ	5		Модуль КО (дБ)			
	Tpc2	И	Кнл1/А	-20 дБм	10 дБ	5		Мощность (дБм)			
					Файл Калибро Кор Имя Кали Кали	овка Параметры Упра рекция ибровка ибровочные данные	авление П Alt+C				
				Мастер калибр	овки			×			
	🐲 Выбор типа калибровки										
Данный мастер поможет провести калибровку для измерения параметров отражения или передачи. Выберите калибруемую величину:											
				○ Модуль КО Модуль КП							
						<< Назад Дале	ee >>	Отмена]		
				P۱	ис. 27. Настройка	параметров калибров	ки модуля I	КП.			
13. 14. 1	Подклі Резуль привед	ючит ьтать цень	гь изме ы изме на ри	ряемое устр рений модул с. 28.	ойство, как пока ія коэффициен	азано на рис. 16. та передачи устрой	ства, испо	ользованног	о в качес	тве примера,	



Рисунок 28. Результаты измерений модуля КП.

Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

- Кнл/Изм Ед./дел. Имя Тип Опорн. Поз. Формат Функции ✓ ■ Tpc1 Кнл1/ -14 лі 10 nF Модуль КО (дБ) И Кнл1/А 30 дБ 1 лБ 5 Модуль КП (дБ) ... 36 -20 5,000000 ГГц -27,273 дБ (!) 10,000000 ГГц -22,246 дБ (!) 10,000000 МГц 18,000000 ГГц дБм 18,360 дБ 20,369 дБ Cp.3 26 1/1 Bx.B KO 16 6 -4 -14 -24 -34 -44 -54 \wedge 9,005 ГГц 17,99 ГГц Гвых 18 ГГц 10 МГц 📕 501
- 15. Результаты измерений модуля коэффициента отражения от входа устройства, использованного в качестве примера, приведены на рис. 29.

Рисунок 29. Результаты измерений модуля КО.

Ввиду того, что измеряемое устройство является активным, для измерения модуля коэффициента отражения от выхода и изоляции необходимо подключить измеряемое устройство, как показано на рис. 30. И провести измерения аналогично вышеуказанным.



Рисунок 30 Общая схема измерения модуля КО и изоляции.

Д – детекторная головка; ДКСВ – датчик КСВ.