

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ К. С. В.

А. П. Дорохов, И. Б. Нагибин

Харьков

Несмотря на все более широкое применение автоматических приборов, измерения коэффициента стоячей волны при помощи линий с ручным передвижением зонда (Р1-3, Р1-4 и т. п.) являются наиболее распространенными. Это объясняется меньшей погрешностью, даваемой измерительными линиями, простотой их регулировки и эксплуатации, а также малой стоимостью в сравнении с автоматическими измерителями. В связи с этим большое значение приобретает повышение производительности труда экспериментаторов, работающих с линиями.

Поскольку обычно в линиях применяются квадратичные детекторы, измеряемый к. с. в. определяют по формуле

$$\Gamma = \sqrt{\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}}}, \quad (1)$$

где α_{\max} , α_{\min} — показания измерительного прибора, питаемого детектором, при помещении зонда соответственно в максимум и минимум напряжения.

Согласно (1) при определении каждого значения к. с. в. экспериментатор выполняет операции деления и извлечения корня, что отнимает больше времени, чем само измерение.

В случае измерения малых к. с. в. можно упростить вычисления, что следует из такого преобразования:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}}} = \sqrt{\frac{\alpha_{\min} + \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{\alpha_{\min}}}{\alpha_{\min}}} = \sqrt{1 + \frac{\Delta\alpha}{\alpha_{\min}}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta\alpha}{\alpha_{\min}} - \frac{1}{2 \cdot 4} \left(\frac{\Delta\alpha}{\alpha_{\min}}\right)^2 + \dots \quad (2)$$

Ограничившись первыми двумя членами, имеем

$$\Gamma \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{\alpha_{\min}}. \quad (3)$$

Из формулы следует, что для измерения малых к. с. в. достаточно определить относительную разность показания $\frac{\Delta\alpha}{\alpha_{\min}}$, уменьшить ее в два раза и полученный результат добавить к единице. Однако даже эти вычисления можно исключить, если заменить деление разности $\alpha_{\max} - \alpha_{\min}$ на 2 умножением на 2 показания прибора α_{\min} , а это показание всегда устанавливать при измерениях равным 0,5. Для этого необходимо применить прибор, имеющий шкалу от 0 до 1 с ценой деления 0,01. Тогда, если установить при помощи регулятора усиления $\alpha_{\min} = 0,5$, можно вычислить к. с. в. по следующей формуле:

$$\Gamma_{из} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{\alpha_{max} - \alpha_{min}}{0,5} = 1 + (\alpha_{max} - \alpha_{min}). \quad (4)$$

Например, при $\alpha_{max} = 0,6$; $\alpha_{min} = 0,5$

$$\Gamma_{из} \approx 1 + (0,6 - 0,5) = 1,1.$$

Из-за отсутствия составляющих высшего порядка малости в уравнении (2) появляется систематическая погрешность, растущая с увеличением к. с. в. (табл. 1).

Таблица 1

Истинный к. с. в. Γ	1	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
Измеренный к. с. в. $\Gamma_{из}$	1	1,051	0,105	1,160	1,220	1,285	1,345	1,411	1,480
Погрешность $\Delta\Gamma$	0	0,001	0,005	0,010	0,020	0,038	0,045	0,060	0,080

Из таблицы видно, что эта погрешность не превышает аппаратную погрешность измерительных линий (P1-3, P1-4) при измерении к. с. в. от 1 до 1,3. Из-за систематической погрешности величина измеренного к. с. в. завышается в сравнении с истинной, следовательно, к. с. в. определяется с некоторым запасом, частично перекрывающим аппаратную погрешность.

Если необходимо расширить интервал измеряемых к. с. в., следует уменьшить устанавливаемые показания прибора α_{min} для компенсации погрешности, вызванной отсутствием составляющих высшего порядка.

Решая совместно уравнения (1) и (4), получаем показания α_{min} , при установке которых измеренные значения к. с. в. равны истинным

$$\alpha_{min} = \frac{1}{\Gamma + 1}. \quad (5)$$

Результаты расчета по этой формуле приведены в табл. 2. Показания α_{max} вычислялись по формуле $\alpha_{max} = \Gamma^2 \alpha_{min}$ в соответствии с (1).

Таблица 2

К. с. в.	1,1	1,2	1,3	1,4
α_{min}	0,477	0,453	0,434	0,417
α_{max}	0,577	0,653	0,734	0,817

В табл. 3 приведены данные расчета погрешности измерения к. с. в. при установке трех значений показаний α_{min} , указанных в табл. 2. Измеренный к. с. в. $\Gamma_{из}$ вычислялся по формуле (4), в которую подставлялись значения α_{min} , взятые из табл. 2 и значения α_{max} , вычисленные по (1).

Согласно табл. 3 при уменьшении α_{min} измеренные значения малых к. с. в. ($1,15 \div 1,2$) оказываются заниженными. В связи с этим следует

Таблица 3

α_{\min}	0,453		0,434		0,417	
	$\Gamma_{\text{из}}$	$\Delta\Gamma$	$\Gamma_{\text{из}}$	$\Delta\Gamma$	$\Gamma_{\text{из}}$	$\Delta\Gamma$
Истинный к. с. в.						
1,05	—	—	1,044	—0,006	1,043	—0,007
1,10	1,095	—0,005	1,092	—0,008	1,086	—0,014
1,15	1,147	—0,003	1,141	—0,009	1,135	—0,015
1,20	1,200	0,000	1,192	—0,008	1,183	—0,017
1,30	1,314	0,014	1,300	—0,000	1,286	—0,014
1,40	1,435	0,035	1,418	0,018	1,400	0,000
1,50	1,570	0,070	1,544	0,044	1,520	0,020
1,60	—	—	—	—	1,649	0,049

избегать установки α_{\min} , меньшей 0,42, даже если при этом модуль систематической погрешности, обусловленной данным методом, меньше погрешности современных измерителей к. с. в.

Из таблиц 1 и 3 также следует, что случайная погрешность, связанная с неточностью установки определенного значения α_{\min} , невелика. Поэтому с целью экономии времени измерения можно устанавливать α_{\min} приближенно, например, при измерении к. с. в., не больших 1,3 — в пределах от 0,43 до 0,5; при к. с. в., не больших 1,4 — в пределах от 0,42 до 0,45 и т. п.