

## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАТУХАНИЯ НА ПОВЫШЕННЫХ ЧАСТОТАХ

В. Н. СТУДЕНИКИН, В. С. ПЕТРОВ

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной  
техники)

Точное измерение затухания в широком диапазоне частот составляет одну из задач современной измерительной техники. Существующие методы измерения затухания, как правило, основаны на измерении входного и выходного сигнала или на сравнении с образцовым устройством, имеющим известный закон распределения погрешности.

Затухание любого пассивного четырехполюсника, согласованного со стороны входа и выхода, определяется известным соотношением [1]

$$b = \ln \frac{A_1(t)}{A_2(t)}$$

Для магазинов затухания, выпускаемых отечественной промышленностью в диапазоне частот до 300 кГц, заданная допустимая погрешность определяется следующим выражением:

$$\Delta b_{\text{доп}} \leq 0,03 + 0,015 \sqrt{bx}, \quad (1)$$

где  $bx$  — измеряемая величина.

Следовательно, при измерении затухания в несколько единиц *непер* необходимо иметь точные приборы, гарантирующие погрешность не хуже 0,1 %.

Существующая методика поверки [4] предусматривает измерение затухания на постоянном токе путем определения действительного значения характеристического сопротивления  $Z_{cg}$  (для каждой номинальной величины  $b_g$ ), и на повышенных частотах в диапазоне до 20 кГц методом измерения отношения напряжений на его входе и выходе с помощью сложного поверочного оборудования для затухания не более 2 *непер*.

В оценке частотной погрешности магазинов затухания, выпускаемых заводами-изготовителями, данная методика не удовлетворяет техническим требованиям. Однако на повышенных частотах затухание до 2 *непер* можно измерить, не прибегая к определению входных и выходных напряжений. Достаточно знать действительное значение характеристического сопротивления и сопротивление короткого замыкания в пределах допустимой погрешности. Затухание и характеристическое сопротивление связаны через параметры ХХ и КЗ следующими выражениями:

$$\text{th } b = \sqrt{\frac{Z_{кз}}{Z_{ХХ}}}; \quad Z_c = \sqrt{Z_{кз} \cdot Z_{ХХ}}$$

После соответствующих преобразований имеем

$$\operatorname{th} b = \frac{Z_{кз}}{Z_c}$$

Введем обозначения погрешностей измеряемых параметров:

$$\Delta_c = Z_c - Z_{cg}; \quad \Delta b = b - b_g; \quad \Delta_{кз} = Z_{кз} - Z_{кзг};$$

где  $\Delta_c$ ,  $\Delta_{кз}$  и  $\Delta b$  — погрешности измерения.

Чтобы установить связь между ними, найдем общее выражение вида

$$\Delta Y = \frac{\partial f}{\partial X_1} \Delta X_1 + \frac{\partial f}{\partial X_2} \Delta X_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial X_n} \Delta X_n. \quad (2)$$

Для частного случая с учетом вышепринятых обозначений максимальная суммарная погрешность будет равна:

$$\Delta b_{изм} = \frac{1}{Z_c^2 - Z_{кз}^2} (\Delta_{кз} Z_c + \Delta_c Z_{кз}). \quad (3)$$

Принимая во внимание выражение (1), имеем

$$0,015 \sqrt{bx} + 0,03 \leq \frac{1}{Z_c^2 - Z_{кз}^2} (\Delta_{кз} Z_c + \Delta_c Z_{кз}).$$

после упрощения получим окончательное выражение для величины измеряемого затухания:

$$\left[ \frac{\Delta_{кз} Z_c + \Delta_c Z_{кз}}{0,015 (Z_c^2 - Z_{кз}^2)} - 2 \right]^2 \leq bx. \quad (4)$$

Таким образом, зная допустимую погрешность магазина затухания и измерив действительные значения  $Z_{cg}$  и  $Z_{кзг}$ , можно установить граничные условия для каждой отдельной декады проверяемого прибора. Номинальная величина для  $Z_{кз}$  и  $Z_{ХХ}$  вычисляется по следующим формулам:

$$Z_{кз} = Z_c \operatorname{th} bx; \quad Z_{ХХ} = \frac{Z_c}{\operatorname{th} bx}. \quad (5)$$

Обычно характеристическое сопротивление имеет активный характер и для различных типов приборов равно:

$$Z_c = (135 \text{ ом}, 300 \text{ ом}, 600 \text{ ом})$$

Как показал анализ для выполнения неравенства (4), при измерении затуханий в пределах от 0,01 до 0,5 *непер* достаточно иметь измерительное устройство, погрешность измерения которых не превышала бы  $\leq 0,5\%$ . Для затуханий до 2 *непер* погрешность образцового прибора не должна превышать  $\gamma \leq 0,1\%$ .

Наиболее перспективной схемой поверки магазинов затухания является прибор в виде измерительного моста с индуктивно связанными плечами, разработанный в НГИМИПе [3]. Погрешность измерения активных сопротивлений с помощью этого прибора на частотах до 1,5 *мгц* не превышает  $\gamma \leq 0,05\%$ . Используя в поверочной практике такой прибор, можно осуществлять поверку выпускаемых из производства несимметричных магазинов затухания на повышенных частотах до 1 *мгц*.

В качестве примера приводится расчетная таблица погрешностей для магазинов затухания с  $Z_c = 600 \text{ ом}$ .

Как видно из приведенных результатов в табл. 1, при проверке магазина затухания с помощью мостовой установки его измерительная по-

грешность не превышает допустимую. Следовательно, прибор гарантирует поверку четырехполюсников, выполненных по несимметричной схеме в заданном диапазоне частот.

Таблица 1

$BX$ (неп)	$Z_{кз}$ (ом)	$\Delta_{кз}$ (ом)	$\Delta b_{доп}$ (неп)	$\Delta b_{изм}$ (неп)	Примечание
0,01	6	0,03	0,0315	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$\gamma \leq 0,5\%$ $\Delta_c \leq 3$ ом
0,03	18	0,09	0,033	$0,3 \cdot 10^{-3}$	
0,05	30	0,15	0,033	$0,5 \cdot 10^{-3}$	
0,07	42	0,21	0,034	$0,7 \cdot 10^{-3}$	
0,09	54	0,27	0,035	$0,9 \cdot 10^{-3}$	
0,1	60	0,30	0,035	0,001	
0,3	175	0,88	0,038	0,0032	
0,5	277	1,4	0,041	0,0061	
0,7	322	0,32	0,041	0,0015	
0,8	398	0,40	0,043	0,0024	
0,9	430	0,43	0,044	0,0029	
1,0	457	0,46	0,045	0,0036	
2,0	578	0,58	0,052	0,016	

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Соловьев. Основы измерительной техники проводной связи, ч. III, ГЭИ, 1959.
2. Л. А. Островский. Основы общей теории электроизмерительных устройств, ГЭИ, 1965.
3. Измерительная техника, № 8, 1964.
4. Методическое указание № 161, изд. Комитета стандартов, мер и измерительных приборов, 1959.