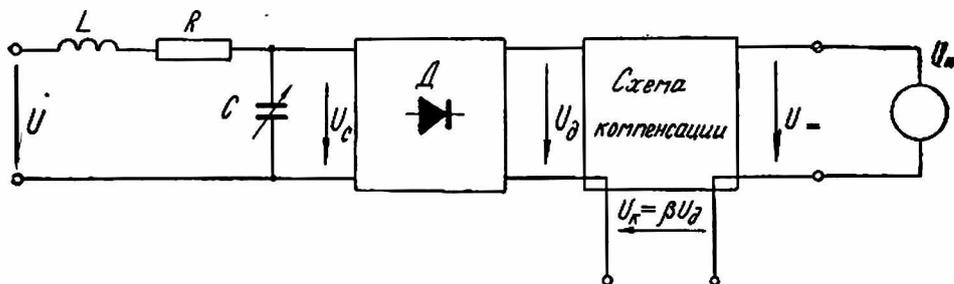


## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КУМЕТРА К ЕМКОСТИ ПРИ НИЗКИХ ДОБРОТНОСТЯХ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТУРА

Я. П. Цар

Харьков

В связи с пологостью резонансной кривой измерительного контура куметра возникают значительные случайные погрешности измерений резонансной емкости и индуктивности катушек резонансным методом. Это



Структурная измерительная схема куметра.

связано с невозможностью установления резонансного состояния измерительного контура, т. е. достижения максимума модуля напряжения на емкости измерительного контура.

При соответствующем выборе величины чувствительности индикатора резонанса указанная погрешность может быть незначительной и на основании известных правил не учитывается при измерениях.

Структурная схема куметра для измерений резонансных емкостей представлена на рисунке.

Относительный порог чувствительности показывающего прибора — индикатора резонанса —  $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$  связан с относительным порогом чувствительности измерительного устройства по емкости  $\frac{\Delta C}{C}$  очевидным соотношением

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \left| S_{U_{\Delta}}^C \right| \frac{\Delta C}{C}, \quad (1)$$

где

$$S_{U_{\Delta}}^C = \lim_{\Delta C \rightarrow 0} \frac{C}{U_{\Delta}} \frac{\Delta U_{\Delta}}{\Delta C} = C \frac{\partial \ln U_{\Delta}}{\partial C} \quad (2)$$

чувствительность измерительного устройства к емкости  $C$  напряжению  $U_{\Delta}$ . Каждый из промежуточных преобразователей структурной схемы описы-

вается собственной чувствительностью. В связи с этим выражение (2) можно представить так:

$$S_{U_{-}}^C = S_{U_c}^C S_{U_c}^{U_c} S_{U_{\partial}}^{U_{\partial}} \quad (3)$$

где

$$S_{U_c}^C = C \frac{\partial \ln U_c}{\partial C} \quad (4)$$

чувствительность измерительного контура к емкости по напряжению  $U_c$  на ее зажимах;

$$S_{U_{\partial}}^{U_c} = U_c \frac{\partial \ln U_{\partial}}{\partial U_c} \quad (5)$$

чувствительность детектора к напряжению на контуре по напряжению  $U_{\partial}$ ;

$$S_{U_{-}}^{U_{\partial}} = U_{\partial} \frac{\partial \ln U_{-}}{\partial U_{\partial}} \quad (6)$$

чувствительность схемы компенсации (1) к напряжению на выходе детектора по напряжению  $U_{-}$ .

Рассмотрим более подробно промежуточные чувствительности.

Чувствительность  $S_{U_c}^C$ . Можно показать, что при небольших расстройках измерительного контура на основании выражения (4) получим

$$S_{U_c}^C = Q^2 \left( -\frac{\Delta C_p}{C_p} \right), \quad (7)$$

где  $\frac{\Delta C_p}{C_p}$  — относительное изменение емкости контура по отношению к резонансной емкости  $C_p$ ;

$Q$  — добротность измерительного контура.

Чувствительность  $S_{U_{\partial}}^{U_c}$ . Так как амплитуда напряжения на емкости измерительного контура при измерениях резонансных емкостей контуров с низкой добротностью не превосходит десятых долей вольта, то для оценки порога чувствительности измерительной установки характеристику детектора можно считать квадратичной. В связи с этим можно записать [2]

$$U_{\partial} = \frac{S' R_n}{4} U_c^2, \quad (8)$$

где  $S'$  — производная крутизны характеристики диодного детектора;

$R_n$  — сопротивление нагрузки детекторного каскада.

Из выражений (5,8) чувствительность  $S_{U_{\partial}}^{U_c}$  равна двум.

Чувствительность  $S_{U_{-}}^{U_{\partial}}$ . В работе [1] рассмотрена схема индикатора резонанса с компенсацией  $\beta$  части выходного напряжения детектора напряжением  $U_k = \beta U_{\partial}$ . Так как напряжение  $U_{-}$  составляет  $(1 - \beta)$  — часть напряжения  $U_{\partial}$ , то  $\frac{\Delta U_{\partial}}{U_{\partial}}$  — относительное изменение напряжения на выходе детектора приводит к изменению напряжения на выходе схемы компенсации, равному

$$\frac{\Delta U_{-}}{U_{-}} = \frac{\Delta U_{\partial}}{(1 - \beta) U_{\partial}}. \quad (9)$$

Чувствительность  $S_{U_{-}}^{U_{\partial}}$  из выражений (6,9) будет

$$S_{U_{-}}^{U_{\partial}} = \frac{1}{1 - \beta}. \quad (10)$$

Ее величина возрастает при увеличении параметра компенсации  $\beta$ .

На основании формул (2)—(10) находим комплектную чувствительность установки к емкости

$$S_{U=}^C = \frac{2Q^2}{1-\beta} \left( -\frac{\Delta C_p}{C} \right), \quad (11)$$

которая при изменении емкости контура относительно резонансного положения на величину, равную порогу чувствительности  $\frac{\Delta C}{C}$ , будет

$$S_{U=}^C = \frac{2Q^2}{1-\beta} \left( -\frac{\Delta C}{C} \right). \quad (12)$$

Порог чувствительности измерительной установки по емкости из выражений (1), (12) будет

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{1}{\sqrt{2}Q} \sqrt{(1-\beta) \frac{\Delta \alpha}{\alpha}}. \quad (13)$$

Так как относительный порог чувствительности показывающего прибора является переменной величиной, его удобнее выразить через приведенную погрешность  $\delta$  и через величину измеряемой добротности.

На основании очевидных соотношений можно записать

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = a \left( \frac{Q_m}{Q} \right)^2 \delta, \quad (14)$$

где  $Q$  — добротность исследуемой катушки;

$Q_m$  — максимальное значение добротности, измеряемой на данном диапазоне куметра;

$a$  — постоянная, равная 0,1 для приборов, имеющих шкальное антипараллаксное устройство и подвижную систему на растяжках, и 0,3 для приборов с подвижной системой на кернах.

Из формул (13), (14) окончательно получим порог чувствительности установки:

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{Q_m}{\sqrt{2}Q^2} \sqrt{(1-\beta) a \delta}. \quad (15)$$

В качестве примера рассчитаем порог чувствительности при измерениях резонансной емкости куметром  $E 9-3$ , в котором использован индикатор резонанса с компенсацией напряжения. Пусть дано:  $Q = 2$ ,  $Q_m = 3$ ,  $\beta = 0,9$  и  $\delta = 0,015$ . На основании выражения (15) находим порог чувствительности по емкости, величина которого составляет около 0,01. При использовании показывающего прибора на растяжках, у которого  $\delta = 0,01$ , порог чувствительности по емкости не превосходит 0,005.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенного анализа чувствительности можно сделать такие выводы:

1. Повышение точности измерений резонансных емкостей и индуктивностей резонансным методом при низких добротностях измерительного контура может быть достигнуто применением в куметре индикатора резонанса с показывающим прибором на растяжках и со схемой компенсации.

2. Величину порога чувствительности измерительного устройства в любом случае можно определить на основании приведенной методики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Фюрстенберг. Дифференциальный указатель резонанса. «Электричество», № 12, 60, 1951.
2. В. И. Сифоров. Радиоприемные устройства. Изд-во «Советское радио», 1953.