

# Системный метод измерений первичных и вторичных параметров кабелей

Системный метод измерения кабелей соответствует  
ГОСТ 27893-88. Кабели связи. Методы испытаний

описан в статье

Измерение параметров кабелей для искробезопасной полевой  
шины (FISCO).

Неразрушающий контроль кабелей произвольной длины

и заключается в том, что подключенный к кабелю измеритель иммитанса последовательно измеряет активную и реактивную составляющие импеданса в 2-х режимах на дальнем конце кабеля:

- холостого хода (ХХ)  $Z_{xx} = R_{xx} + jX_{xx}$  и
- короткого замыкания (КЗ)  $Z_{кз} = R_{кз} + jX_{кз}$ .

# Системный метод измерений первичных и вторичных параметров кабелей

Дальнейший расчет производится по формулам (10)-(15), представленным в указанной ранее [статье](#):

$$Z_c = \sqrt{Z_{xx} Z_{кк}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \text{Arth} \sqrt{\frac{Z_{кк}}{Z_{xx}}} \times \frac{1}{l} \quad (11)$$

Решая систему (4)-(5) в «обратном направлении» для определения первичных параметров по измеренным вторичным (10), (11), нетрудно получить выражения (12)-(15):

$$C_0 = \sqrt{-\frac{p}{2} + \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}} \quad (12)$$

$$G_0 = \frac{2\alpha\beta a - b(\alpha^2 - \beta^2)}{2\omega(a^2 + b^2)} \times \frac{1}{C_0} \quad (13)$$

$$R_0 = aG_0 - b\omega C_0 \quad (14)$$

$$L_0 = \frac{bG_0 + a\omega C_0}{\omega} \quad (15)$$

$$p = \frac{2\alpha\beta b + a(\alpha^2 - \beta^2)}{(a^2 + b^2)\omega^2}$$

$$q = -b \left( \frac{2\alpha\beta a - b(\alpha^2 - \beta^2)}{2(a^2 + b^2)b\omega^3} \right)^2$$

$$\alpha = \text{Re} \left( \text{arth} \sqrt{\frac{Z_{кк}}{Z_{xx}}} \right) \times \frac{1}{l}$$

$$\beta = \text{Im} \left( \text{arth} \sqrt{\frac{Z_{кк}}{Z_{xx}}} \right) \times \frac{1}{l}$$

$$a = \text{Re}(Z_{xx} Z_{кк})$$

$$b = \text{Im}(Z_{xx} Z_{кк})$$

$$Z_{xx} = R_{xx} + jX_{xx}$$

$$Z_{кк} = R_{кк} + jX_{кк}$$

# Системный метод измерений первичных и вторичных параметров кабелей

Указанные формулы применяются в ПО анализатора А-7/307 для автоматического расчета и представления результатов в графической и табличной формах.

При использовании измерителей иммитанса, например, Е7-20, Е7-28, Е7-29 ([МНИПИ](#), [представительство МНИПИ в РФ](#)), системный метод может быть использован путем применения простой программы А15, которая предлагает ввести полученные от измерителя результаты измерений импеданса и вычисляет параметры кабеля:

- вторичные безусловно и
- первичные, если измерительная частота ниже частоты, соответствующей четверти длины волны для измеряемого отрезка кабеля.

# Системный метод измерений

## первичных и вторичных параметров кабелей

Вид интерфейса простой программы A15

A15 - Cable Analyzer

---

The measured parameters of short circuit and idling:

Rxx, Ohm =	10.5970	Ввести активную и реактивную
Xxx, Ohm =	-971.4100	составляющие, измеренные измерителем
Rkz, Ohm =	4.4924	иммитанса E7-25, E-7-28, E7-29...
Xkz, Ohm =	17.8714	в режимах XX (Rxx, Xxx) и КЗ (Rkz, Xkz)
f, kHz =	100.0000	на дальнем конце измеряемого кабеля.
L, m =	40.0000	Ввести измерительную частоту и длину кабеля.

The calculated secondary parameters:

a, dB/km =	3.7653	Получить вторичные параметры
b, rad/km =	3.3948	на измерительной частоте
Zb, Ohm =	133.7969	a, b - коэффициенты затухания и фазы,
Zb, grd =	-6.7426	Zb - импеданс - модуль и фазовый угол

The calculated Primary parameters:

R, Ohm/km =	110.9227	Получить первичные параметры -
L, uH/km =	707.0266	погонные сопротивление, индуктивность,
C, nF/km =	40.7059	емкость на измерительной частоте

---

# Системный метод измерений

## первичных и вторичных параметров кабелей

Программа А15 может быть доработана:

- связь ПК с измерителем иммитанса (RLC-метром);
- задание режима измерителя иммитанса;
- обеспечение интерактивного взаимодействия измерителя иммитанса и оператора, выполняющего:
  - подключение измеряемого кабеля и
  - установку режимов ХХ и КЗ на дальнем конце;
- получение результатов от измерителя иммитанса;
- представление результатов в табличном виде и в графическом виде, например, в виде частотных характеристик:
  - собственного импеданса кабеля (модуль и фаза) и
  - коэффициента затухания и коэффициента фазы кабеля;
- нормирование измеренных характеристик, протоколирование результатов...

# Системный метод измерений первичных и вторичных параметров кабелей

Доработка программы А15 может быть осуществлена совместно с [МОСКОВСКИМ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВОМ МНИПИ](#) по согласованному с Заказчиком ТЗ.

Состав и конфигурация оборудования:



50 кГц... 15 МГц

USB



Измеряемую пару – прямо в разъем анализатора или через согласующее устройство



XX или K3 на конце измеряемой пары

*USB-ПО*

*Пару длины  $l$  - в разъем анализатора, указать длину  $l$  анализатору;*

*XX на дальнем рукави – старт измерения в XX, K3 на дальнем рукави – старт измерения в K3;*

*ПК управляет анализатором, получает данные  $Z_{xx}(f_u)$  и  $Z_{k3}(f_u)$  на измерительной частоте  $f_u$ , автоматически вычисляет, нормирует, и протоколирует  $a(f_n)$  и  $Z_e(f_n)$  на частоте нормирования  $f_n$ .*

Кабель на барабане, в бухте или отрезок кабеля

[Andrey.Kocherov@yandex.ru](mailto:Andrey.Kocherov@yandex.ru)