

## МОСТОВЕН МЕТОД ЗА МЕРЕЊЕ НА НЕГАТИВЕН ОТПОР

*Милчо Ристиов*

Негативниот отпор се јавува кај оние елементи на електричниот круг, кои во својата волт-амперна карактеристика поседуваат опаѓачки дел. Воопшто отпорот кај нелинеарните елементи се дефинира како прв извод на напонот по струјата, па поради тоа истиот се вика диференцијален. Вредноста на диференцијалниот отпор во дадената точка на волт-амперната карактеристика може да се определи од тангенсот на аголот, што го зафаќа тангентата на волт-амперната карактеристика во дадената точка. Во опаѓачкиот дел на волт-амперната карактеристика тангенсот на тангентата во во било која точка ќе биде негативен, односно диференцијалниот отпор ќе има негативна вредност<sup>1</sup>. Средниот отпор, дефиниран како однос на момен-талните вредности на напонот и струјата, е секогаш позитивен, бидејќи напонот и струјата се секогаш во исти смер.

Како елементи со негативен отпор се јавуваат: електричен лак, тетрода како динашон, транзистор со точкасти контакти, тунел диода, специјални споеви на два транзистора или две електронски лампи и некои други елементи.<sup>2</sup>

Најопшт начин на определување на вредноста на негативниот отпор е снимањето на волт-амперната карактеристика на дотичниот елемент и конструкција на тангента во точката, за која се бара вредноста на истиот. Ова метода е прилично долготрајна, а исто така неупотреблива за случај кога елементот е непропусен за едномерна струја, а истиот поседува негативен импеданс. Друга метода, која донекаде ги нема наведените недостатоци на првата, е методата на мал сигнал. Истата се состои во тоа да на постојаната струја што тече низ елементот, се додава наизменична струја со мала амплитуда (мал сигнал). При тоа се мери јачината на сигналната струја и падот на напонот на краевите од елементот, предизвикан од таа струја. Од односот на сигналниот напон и сигналната струја се определува вредноста на негативниот отпор. Постојат и други методи, како што е методата на осцилатор, но сите тие немаат голема точност.<sup>3</sup>

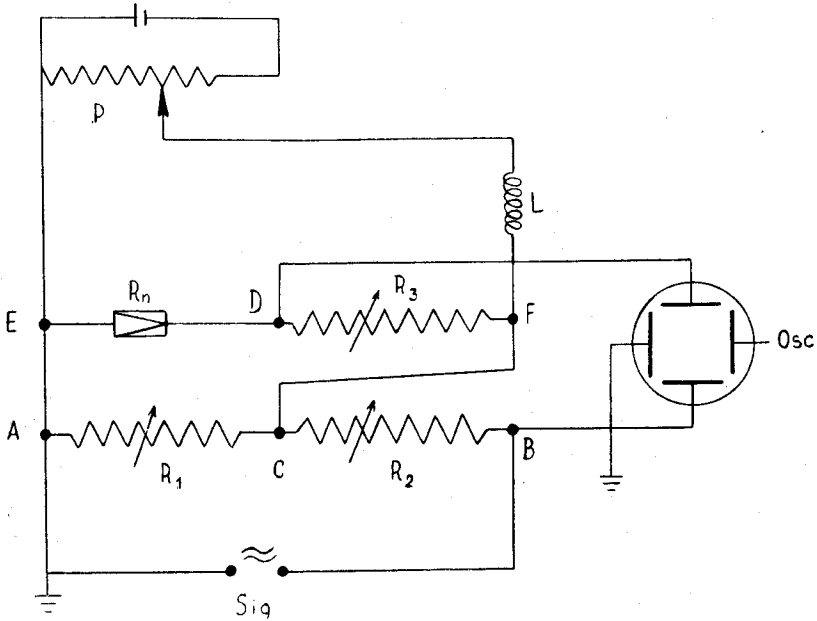
<sup>1</sup>) Л. А. Моругин и Г. В. Глебович, Наносекундна Импулсна техника, Москва, 1964, стр. 363.

<sup>2</sup>) Р. Мутабија, Електротехника, Загреб бр. 4, 268, 1964.

<sup>3</sup>) Р. И. Фистуль Н. З. Шварц УФН, 77, 109, 1962.

## Метод на мост

Предложената метода е мостовна, па ги има сите предности на мостовните методи за мерење на позитивен отпор. Шематскиот приказ на мостот е даден на сликата. Отпорниците  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  се декадни, со вредност



сл. 1

на отпорот од 1—12221 ома, која може да се менува во скокови од 1 ом. Како индикатор за компензација се употребува осцилограф, со висок степен на напонско појачување. Истиот се спојува помеѓу точките  $B$  и  $D$ . Помеѓу точките  $A$  и  $B$  се донесува наизменичен сигнал со мала амплитуда. Помеѓу точките  $E$  и  $F$  се донесува истосмерен напон, споен преку пригушница  $L$  со голем индуктивитет. Големината на истосмерниот напон се регулира со помошта на потенциометар  $P$ , а истиот служи за донесување на елементот во потребната работна точка. Пригушницата  $L$  служи за спречување на протек на наизменичниот сигнал низ изворот на истосмерен напон. За да биде запазен условот за стабилност на работа на целиот мост, потребно е да е  $R_3$  помал од апсолутната вредност на мерениот негативен отпор.

## Теорија на мост

Струите во соодветните гранки се означени со:  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  и  $I_4$ . Бидејќи мостот е приклучен на извор на наизменичен и извор на истосмерен напон, струите во гранките ќе бидат збир на истосмерни и мали наизменични компоненти.

$$I_n = I_{on} + i_n$$

Каде се:  $n$  — реден број на гранката

$I_n$  — вкупната струја во соодветната гранка

$I_{on}$  — истосмерната компонента од истата

$i_n$  — наизменичната компонента од истата

Со примене на првиот Kirchhoff-ов закон за точката  $C$  се добива:

$$I_1 = I_2 + I_4 \quad (1)$$

Поради нетечење на наизменична компонента низ истосмерниот извор, а и поради нетечење на истосмерната компонента низ наизменичниот извор, ќе важат следните врски помеѓу резултантната и компонентните струи:

$$I_1 = I_{01} + i_1 ; I_4 = I_{01} + i_3 ; I_2 = i_2$$

Заменети овие вредности во (1) дават:

$$i_1 = i_2 + i_3 \quad (2)$$

Ако се земе да падот на напонот на краевите од елементот, во зависност од струјата низ него, е даден како непрекидна функција  $V = V(I_3)$ , спрема вториот Kirchhoff-ов закон за кругот  $ACFE$ , се добива следната равенка:

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 + V(I_3) = 0$$

Кога се постигнува минимум сигнал на осцилографот, во важност е следната равенка:

$$i_2 R_2 = i_3 R_3 \quad (4)$$

Со користење на овие релации, струјата  $I_1$  може да се изрази на следниот начин:

$$I_1 = I_{01} + i_3 + \frac{i_3 R_3}{R_2} \quad (5)$$

Со уврстување на вредноста за  $I_1$  од (5) во (3) се добива:

$$-V(I_3) = I_{01} R_1 + I_{03} R_3 + i_3 \left( R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2} \right) \quad (6)$$

Се развива во ред на потенции на  $i_3$  функцијата  $V(I_3)$  и поради малата вредност на  $i_3$  се занемаруваат членовите со  $i_3^2$  и повисоки од него. Равенката (3) важи за било кои струи, па ќе важи и за струите  $I_{on}$  и истосмерната компонента од падот на напонот. Со тоа равенката (6) се сведува на:

$$\left( \frac{dV}{dI} \right)_{I=I_{03}} \cdot i_3 = -i_3 \left( R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2} \right) \quad (7)$$

Равенката (7) може да биде задоволена, а и минимум сигнал на осцилографот да се постигне, само во тој случај, ако диференцијалниот отпор на

елементот во работната точка ( $I_{03}$ ) има негативна вредност. Вредноста на негативниот отпор може да се определи со помошта на равенката:

$$R_n = R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2} \quad (8)$$

### Мерна йосшајка

За да се измери вредноста на  $R_n$  потребно е прво да се земат некои вредности за  $R_1$  и  $R_3$ , а потоа со потенциометарот  $P$  се донесува елементот во работната точка. Се уклучува наизменичниот извор на мал сигнал, и се менува вредноста на  $R_2$  се додека не се добие минимум сигнал на осцилографот. Од прочитаните вредности на  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , се пресметнува вредноста на  $R_n$ .

Методата беше употребена за мерење на негативен отпор на тунел диода и специален спој на два транзистора, кој поседува негативен отпор. При изведувањето на поедините мерења се земаа најразлични вредности за отпорите  $R_1$ ,  $R_2$ , и  $R_3$  и при тоа се пресметнуваше вредноста на  $R_n$ . Сите резултати се слагаа во границата на неточните вредности на декадните отпорници  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . Пресметнатите вредности беа упоредени со вредноста на  $R_n$ , добиена од волтамперната карактеристика, со конструкција на тангента во истата работна точка. За илустрација на резултатите, дадена е табела на мерења за случај на два транзистора во работната точка  $I_{03} = 0$ .

Табела

$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_n$
405	49	132	1628
605	87	132	1654
706	16	20	1608
806	10	10	1622
606	20	32	1608
450	33	80	1620

вредноста на  $R_n$  од волтамперната карактеристика е  $R_n = 1600$  ома.

За укажаната помош во работата му заблагодарувам на Г. Синадиновски, а за дадените совети во работата му заблагодарувам на Др. Г. Мавродиев,

*M. Ristov*

## BRIDGE METHOD FOR NEGATIVE RESISTANCE DETERMINATION

(Summary)

Proposed method is small signal bridge method, whose electric scheme is shown on the picture. Resistors  $R_1$ ,  $R_2$  and  $R_3$  are decade type variable resistors (from 1—12221 ohms). Operating small signal a. c. voltage is taken from r. f. variable amplitude oscillator. Working point of interest ( $I_{03}$ ) is adjusted by d. c. source and potentiometer, connected to the points  $E-F$ . The inductance  $L$  is to prevent flow of a. c. signal through d. c. source. Compensation is indicated on an oscilloscope, connected to the points  $B-D$ . To satisfy stability condition, one should take  $R_3$  smaller than the expected  $R_n$ . A short theory is given, which is based on application of the 1<sup>st</sup> Kirchhoff's law for the point  $C$ , and 2<sup>nd</sup> law for the loop  $ACFE$  (expr. (1), (2) and (3)). Zero signal condition between the points  $B-D$  gives expression (4). Voltage drop on the element with negative resistance is presented in a power series of  $i_3$  ( $i$ —a. c. component of  $I_3$ ), with higher terms than  $i_3^2$  neglected. Signal voltage drop in terms of signal current is given by equation (7). This equation can be satisfied, and compensation can be achieved, only if the element possess negative resistance. The value of the negative resistance  $R_n$  can be calculated from the values of  $R_1$ ,  $R_2$  and  $R_3$ , by means of formula (8).

The method was examined on a tunnel diode and two transistors network, which has negative resistance. Some of the results of measurement and calculated  $R_n$ , for two transistors network, are given on the table. For comparison, the value of  $R_n$  is determined from volt ampere characteristics, for the same element, at the same working point.