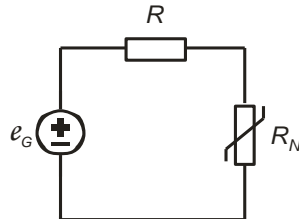
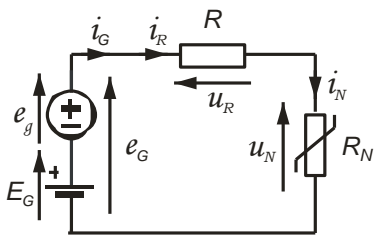


1.domaća zadaća iz Elektroničkih komponentata

1. U krugu na slici poznato je: $e_G = 15 + 0,1\sin\omega t$, V, $R = 12 \text{ k}\Omega$, $u_N = 4 \cdot 10^6 i_N^2$. Izračunajte totalni iznos struje u krugu te totalne napone na otporniku i nelinearnom elementu.

**Rješenje:**

Krug sa slike još se može prikazati i ovako:



Značenje oznaka:

i_G , i_R , i_N – totalne struje izvora, otpornika i nelinearnog elementa.

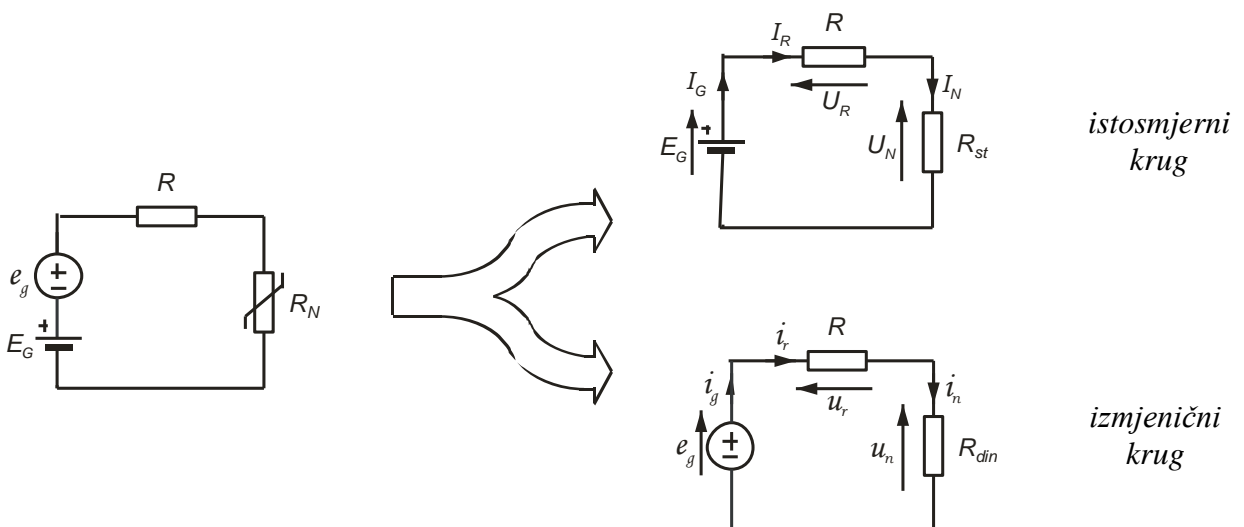
e_G , u_R , u_N – totalni naponi izvora, otpornika i nelinearnog elementa.

E_G – istosmjerna komponenta napona izvora.

e_g – izmjenična komponenta napona izvora.

Vrijedi: $i_N = i_R = i_G$
 $e_G = E_G + e_g = u_R + u_N$

Izmjenična komponenta napona izvora e_g puno je manja od istosmjerne komponente E_G . Stoga je moguće primjenom principa superpozicije zasebno promatrati krug za istosmjernu komponentu, a zasebno za izmjeničnu.



Veza ovih dviju shema je preko statičke radne točke (U_N, I_N) nelinearnog elementa. Statička radna točka odeduje se iz istosmjernog kruga. Položajem statičke radne točke određen je dinamički otpor nelinearnog elementa R_{din} , a time i izmjenična komponenta struje u krugu.

Zančenje oznaka:

I_G, I_R, I_N – istosmjerne komponente struje izvora, otpornika i nelinearnog elementa.

E_G, U_R, U_N – istosmjerne komponente napona izvora, otpornika i nelinearnog elementa.

i_g, i_r, i_n – izmjenične komponente struje izvora, otpornika i nelinearnog elementa.

e_g, u_r, u_n – izmjenične komponente napona izvora, otpornika i nelinearnog elementa.

R_{st} – statički otpor. To je otpor kojeg nelinearni element pruža istosmjernoj struji.

R_{din} – dinamički otpor. To je otpor kojeg nelinearni element pruža izmjeničnoj struji.

Istosmjerni strujni krug

$$I_N = I_R = I_G$$

Kirchhoffovi zakoni

$$E_G = U_R + U_N$$

$$U_R = R \cdot I_R, \quad U_N = 4 \cdot 10^6 I_N^2$$

Konstitutivne relacije komponenata

$$E_G = R \cdot I_N + 4 \cdot 10^6 I_N^2$$

$$I_N^2 + 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot R \cdot I_N - 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot E_G = 0$$

$$I_N^2 + 3 \cdot 10^{-3} \cdot I_N - 3,75 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$I_{N1,2} = \frac{-3 \cdot 10^{-3} \pm \sqrt{9 \cdot 10^{-6} + 15 \cdot 10^{-6}}}{2} = \frac{-3 \pm 4,899}{2} \text{ mA}$$

$$I_{N1} = 949,5 \text{ } \mu\text{A}, \quad I_{N2} = -3,949 \text{ mA}$$

Rješenje I_{N2} odbacuje se, jer bi to značilo da struja teče u izvor, a to nije moguće.

$$I_N = 949,5 \text{ } \mu\text{A}$$

$$U_N = 4 \cdot 10^6 I_N^2 = 3,606 \text{ V}$$

$$U_R = R \cdot I_R = 11,39 \text{ V}$$

Provjera 1:

$$E_G = U_R + U_N = 3,606 + 11,394 = 15$$

Vrijedi Kirchhoffov zakon napona.

Provjera 2:

$$R_{st} = \frac{U_N}{I_N} = \frac{4 \cdot 10^6 I_N^2}{I_N} = 4 \cdot 10^6 I_N = 3,798 \text{ k}\Omega$$

$$I_N = \frac{E_G}{R + R_{st}} = 949,5 \text{ } \mu\text{A}, \quad U_R = R \cdot I_N = \frac{R}{R + R_{st}} \cdot E_G = 11,39 \text{ V},$$

$$U_N = R_{st} \cdot I_N = \frac{R_{st}}{R + R_{st}} \cdot E_G = 3,606 \text{ V}$$

Izmjenični strujni krug

$$i_n = i_r = i_g$$

Kirchhoffovi zakoni

$$e_g = u_r + u_n$$

$$u_r = R \cdot i_r,$$

$$u_n = R_{din} \cdot i_n$$

Konstitutivne relacije komponenata

$$R_{din} = \left. \frac{du_N}{di_N} \right|_Q = 8 \cdot 10^6 i_N \Big|_Q = 8 \cdot 10^6 \cdot 949,5 \cdot 10^{-6} = 7,596 \text{ k}\Omega$$

$$e_g = R \cdot i_n + R_{din} \cdot i_n$$

$$i_n = \frac{e_g}{R + R_{din}} = 5,103 \sin \omega t, \mu A$$

$$u_r = R \cdot i_n = \frac{R}{R + R_{din}} \cdot e_g = 61,24 \sin \omega t, mV,$$

$$u_n = R_{din} \cdot i_n = \frac{R_{din}}{R + R_{din}} \cdot e_g = 38,76 \sin \omega t, mV$$

Provjera 1:

$$e_g = u_r + u_n = 61,24 \sin \omega t + 38,76 \sin \omega t = 100 \sin \omega t, mV \quad \text{Vrijedi Kirchhoffov zakon napona.}$$

Provjera 2:

$$R_{din} \approx \left. \frac{\Delta u_N}{\Delta i_N} \right|_Q = \frac{u_N(e_G = 15,1 \text{ V}) - u_N(e_G = 14,9 \text{ V})}{i_N(e_G = 15,1 \text{ V}) - i_N(e_G = 14,9 \text{ V})}$$

$$\underline{e_G = 15,1 \text{ V}}$$

$$\underline{e_G = 14,9 \text{ V}}$$

$$i_N^2 + 3 \cdot 10^{-3} \cdot i_N - 3,775 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$i_N^2 + 3 \cdot 10^{-3} \cdot i_N - 3,725 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$i_{N1,2} = \frac{-3 \pm 4,909}{2} \text{ mA}$$

$$i_{N1,2} = \frac{-3 \pm 4,889}{2} \text{ mA}$$

$$i_N = 954,6 \mu A$$

$$i_N = 944,4 \mu A$$

$$u_N = 3,645 \text{ V}$$

$$u_N = 3,567 \text{ V}$$

$$R_{din} \approx \frac{3,645 - 3,567}{(954,6 - 944,4) \cdot 10^{-6}} = 7,647 \text{ k}\Omega$$

Ovako dobiveni dinamički otpor približan je otporu dobivenom preko derivacije ($7,647 \approx 7,596$). U izraz su uvršteni rezultati zaokruženi na 4 znamenke. Uvrštenjem svih znamenki s kojima računa džepno računalo dobije se $R_{din} \approx 7,596 \text{ k}\Omega$, dakle razlika ova dva postupka nije uočljiva zapisom rezultata na 4 znamenke.

Totalni iznosi struja i napona

Totalni iznos napona ili struje zbroj je njihove istosmjerne i izmjenične komponente.

$$i_G = I_G + i_g = 949,5 + 5,103 \sin \omega t, \mu A$$

$$u_R = U_R + u_r = 11,39 + 61,24 \cdot 10^{-3} \sin \omega t, V$$

$$u_N = U_N + u_n = 3,606 + 38,76 \cdot 10^{-3} \sin \omega t, V.$$