

MODELAREA DEFAZORULUI DE BANDĂ LARGĂ ÎN PROGRAMUL MULTISIM

Vitalie NASTAS, Ion HÎRJEU, Vadim MIRAUȚA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: The work is dedicated to the analysis and modeling a wideband phase shifter in MULTISIM controlled by a variable resistance. General notions are presented for the wideband phase shifter and the principle of operation. Circuit diagrams are shown in MULTISIM software and modeling results in the form of oscillograms depending on our requirements.

Cuvinte cheie: defazaj, circuit defazor, amplificator operațional.

1. Defazor cu structură clasică

În unele aplicații, este necesar să se realizeze un defazaj între semnalul de ieșire și semnalul de intrare, defazajul fiind dependent de frecvența semnalului de intrare.

Schema de realizare simplă, cu o funcție de transfer de ordinul 1 este reprezentată în figura 1. Conform schemei prezentate în figura 1, semnalul de intrare (care urmează a fi defazat) se aplică la intrarea inversoare a AO printr-o schema de tip inversor și la intrarea neinversoare prin intermediul unui circuit RC. Circuitul RC ne asigură posibilitatea introducerii unui defazaj, care este dependent de frecvența semnalului.

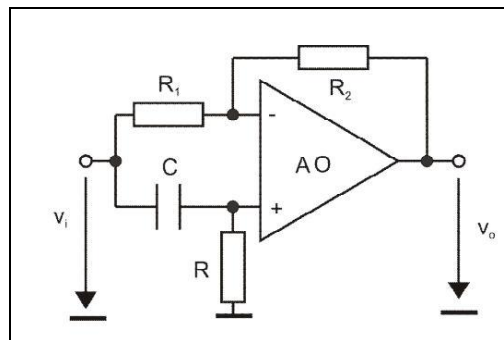


Figura 1 Defazorul cu structură clasică

Elementele din circuit: $R_1 = R_2$ – rezistențe cu nominal fix; R– rezistență cu nominal variabil (modificarea căreia asigură variația defazajului); C- capacitate cu nominal fix, valoarea căreia se alege în dependență de frecvența semnalului de intrare și a defazajului necesar a fi obținut.

Amplificarea se descrie de relația de mai jos:

$$A = -\frac{1 - j \cdot \omega \cdot C \cdot R}{1 + j \cdot \omega \cdot C \cdot R} \quad (1)$$

Din această expresie a amplificării, rezultă următoarele:

- modulul amplificării de tensiune este constant, egal cu 1, indiferent de frecvența semnalului;
- defazajul dintre tensiunea de ieșire și cea de intrare va fi determinat de relația (2).

$$\varphi = 2 \cdot \arctg(\omega \cdot C \cdot R) \quad (2)$$

Valoarea defazajului se reglează prin ajustarea rezistorului variabil. Defazorul dat posedă următoarele neajunsuri:

- imposibilitatea reglării defazajului în banda 0 – 360°;
- dependența neliniară a defazajului de valoarea rezistenței variabile;
- imposibilitatea reglării cu pasul necesar în toată banda de defazare.

Neajunsurile date împiedică utilizarea defazorului în dispozitive radioelectronice și de măsurare programabile, care necesită reglarea cu precizie înaltă a defazajului în banda 0 – 360°.

2. Defazor de bandă largă

Defazorul de bandă largă prezintă în sine un dispozitiv electronic, care este format din 3 etaje cu structura elementară a defazorului clasic prezentat anterior. Structura completă a schemei defazorului de bandă largă este reprezentată în figura 2.

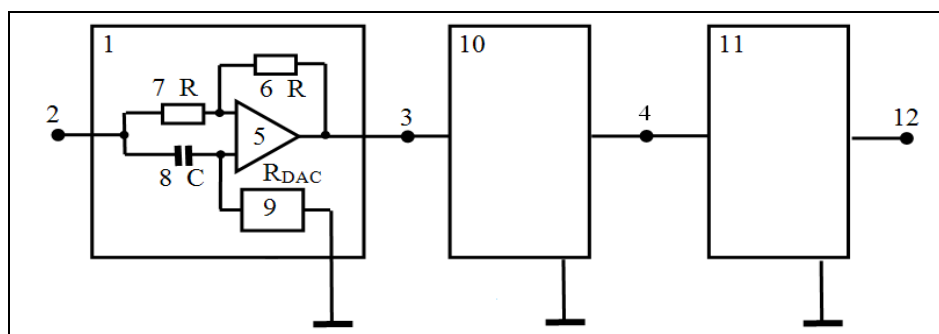


Figura 2 Schema defazorului de bandă largă

În componența defazorului intră primul etaj 1 dotat cu o intrare de semnal 2, cu o ieșire de semnal 3 și cu un contact la masă, care la rândul său conține un amplificator operațional 5 cu rezistorul 6 conectat în reacție inversă negativă, al doilea rezistor 7 și un condensator 8, ambii conectați cu câte un contact la intrarea 2 a primului etaj 1, iar cu cel de-al doilea contact respectiv la intrările neinversoare și inversoare ale amplificatorului operațional. Defazorul, de asemenea, mai conține al doilea 10 și al treilea 11 etaje cu aceeași structură precum primul etaj 1 conectate în cascadă cu intrările și ieșirile de semnal la ieșirea 3 a primului etaj, astfel, încât ieșirea 12 a celui de-al treilea etaj 11 formează ieșirea defazorului.

Următoarele probleme a defazorului clasic se soluționează cu acest dispozitiv:

- posibilitatea reglării defazajului în gama de 0 - 360°;
- dependența liniară a defazajului de valoarea rezistenței rezistorului variabil;
- posibilitatea reglării cu pasul necesar în toată banda de defazare.

Soluționarea acestor puncte au fost posibile datorită faptului că funcția principală de a defaza un semnal la o anumită valoare a fost implementată într-un singur dispozitiv cu 3 etaje de defazare clasice, defazajul sumar fiind de până la 0 – 540°. Având nevoia de a obține gama de 0 - 360° s-au ales valori ale rezistențelor și capacităților, care să asigure gama dată de defazare. Totodată au fost ajustate caracteristicile liniare ale defazajului în dependență de valorile rezistenței variabile.

Defazorul funcționează în conform următorului principiu. Primul etaj 1 asigură reglarea defazajului între semnalul de intrare și semnalul de ieșire în banda (0 – φ_1)°, al doilea etaj – în banda (0 – φ_2)°, al treilea etaj – în banda (0 – φ_3)°. Valorile φ_1 , φ_2 , φ_3 se aleg astfel, încât $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 360^\circ$ și se asigură prin alegerea nominalelor elementelor 6, 7, 8, 9 din fiecare etaj. Astfel obținându-se și un pas de reglare în toată banda de defazaje care este la fel ajustat prin nominalele elementelor ce intră în fiecare etaj.

3. Modelarea schemei defazorului de bandă largă în programul MULTISIM

Înainte de a purcede la execuția simulării, este necesar de a stabili modul de funcționare (banda de defazare) a fiecărui etaj prin alegerea nominalelor rezistențelor și capacităților în conformitate cu cerințele stabilite.

Astfel, executăm varianta în care primul și al doilea etaj asigură reglarea defazajului în benzile 0 - 160°, al treilea – în banda 0 - 40°. După aceste benzi se calculează valorile pentru rezistență și capacitate luând în considerație frecvența semnalului care este $f = 1$ kHz. Conform relațiilor ce urmează vom obține valorile exacte a capacității și rezistenței variabile:

$$\tau = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad (3)$$

$$\tau = R_v \cdot C \quad (4)$$

unde:

τ – timpul mediu de descărcare și încărcare a condensatorului;

ω – frecvența unghiulară;

f – frecvența semnalului de intrare;

R_v – rezistența variabilă.

Astfel, pentru a asigura acordarea circuitului RC la frecvența semnalului de intrare, am obținut următoarele nominale pentru fiecare etaj în dependență de defazajul introdus:

1. Etajul 1: $R_1=R_2= 10 \text{ k}\Omega$, $R_{v1}= 9.2 \text{ k}\Omega$, $C_1= 100 \text{ nF}$.

2. Etajul 2: $R_3=R_4= 10 \text{ k}\Omega$, $R_{v2}= 9.2 \text{ k}\Omega$, $C_2= 100 \text{ nF}$.

3. Etajul 3: $R_5=R_6= 10 \text{ k}\Omega$, $R_{v3}= 19.3 \text{ k}\Omega$, $C_3= 3 \text{ nF}$.

În așa modalitate putem regla până la 160° cu fiecare din primele 2 etaje cu un pas mai mare decât pasul de reglare a etajului 3, cu care putem defaza semnalul până la 40° foarte lent datorită proprietăților circuitului RC și nominalelor alese special pentru a obține pasul dat. Mai jos este reprezentată schema defazorului de bandă largă în programul MULTISIM.

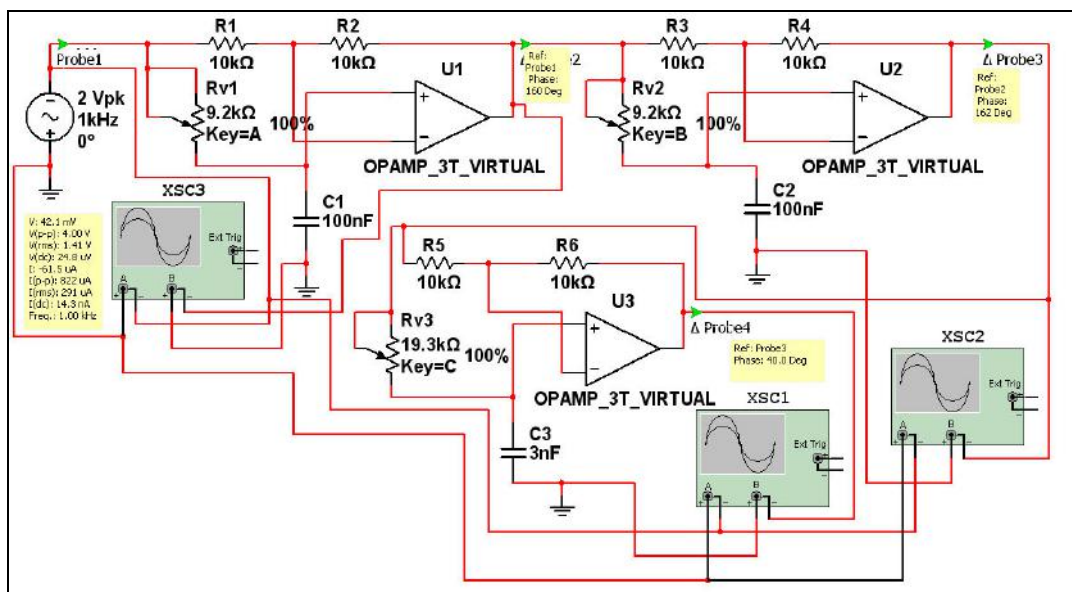


Figura 3 Defazorul de bandă largă simulat în MULTISIM

După cum se observă din schemă, fiecare etaj introduce un defazaj maxim cu valoarea deja stabilită. În continuare analizăm oscilogramele obținute după fiecare etaj și cu un exemplu concret de defazare.

Oscilograma după primul etaj cu defazarea maximă de 160° .

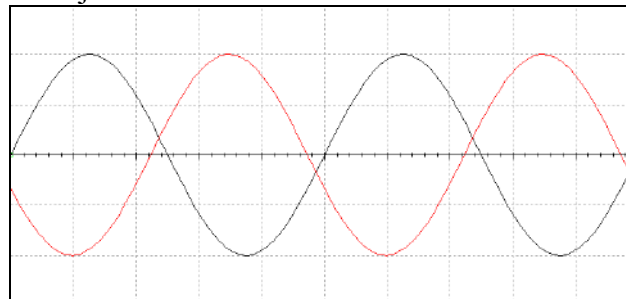


Figura 4 Realizarea defazajului de 160°

Oscilograma după al doilea etaj cu defazarea maximă de 160° , ce defazează semnalul de la ieșirea primului etaj, semnalul pe osciloscop este defazat cu 320° .

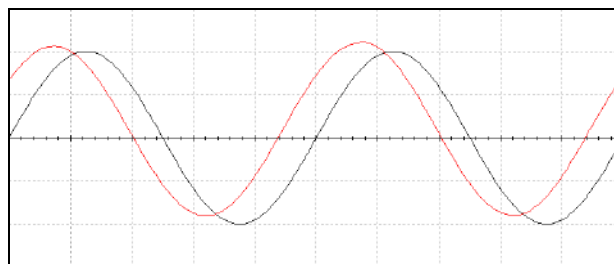


Figura 5 Realizarea defazajului de 320°

Oscilograma după al treilea etaj (final), care defazează maxim cu 40°, întrucât pe oscilograf vedem o contopire a semnalelor de intrare și de ieșire datorită faptului că semnalul parcurgând toate 3 etaje a fost defazat cu 360°.

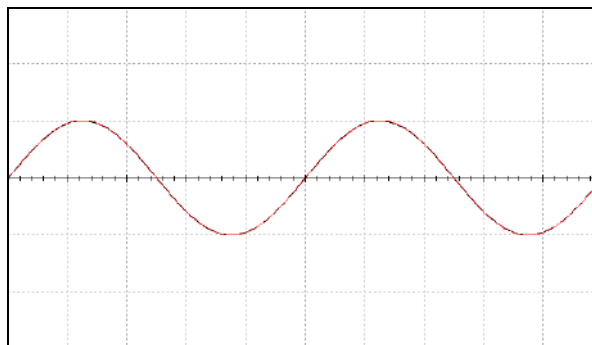


Figura 6 Realizarea defazajului la 360°

Rezultatele modelării acestui defazor au fost făcute pentru defazarea de 360°, însă pentru a obține o altă valoare a defazajului e necesar de alcătuit un tabel în care să fie specificate valorile începînd cu 0°, cu pasul necesar, până la 360°, avînd nominalul rezistenței ce corespunde valorii defazajului.

Prin urmare, se poate de folosit acest dispozitiv pe larg în sistemele radioelectronice, precum și în construirea altor dispozitive de importanță majoră, ca de exemplu: dispozitive pentru măsurarea componentelor admitanței.

Bibliografie

1. Nastas, V. *Defazor*. Brevet MD 2844, Chișinău, 2004.
2. Достал, И. *Операционные усилители*, Москва: Мир, 1982.
3. Шамшин, И. Г. *История технических средств коммуникации*. Учеб. пособие., Дальневосточный ГТУ, 2003.
4. Бравиков Д. *Электроника и программирование*. Веб ресурс: [http://bravikov.wordpress.com/tag/ операционный-усилитель/](http://bravikov.wordpress.com/tag/операционный-усилитель/).
5. <http://schemaelectrica.blogspot.md/2015/04/defazor-reglabil.html#0>.
6. <http://forum.easyelectronics.ru/viewtopic.php?f=10&t=17634>.