

DEFAZOARE PROGRAMABILE

Autor: Andrei CEBAN
Conducător științific: conf. dr. Vitalie NASTAS

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Defazorul este un cvadripol care introduce un defazaj anumit în calea semnalului. Ele au o utilizare largă în aparatele de măsură și în aparatajul electronic. În acest articol se analizează defazorul clasic și două defazoare contemporane (defazorul programabil format din trei etaje și defazorul pe baza rezistenței negative) care corespund cerințelor actuale: valoarea defazajului este comandată în cod, dependența liniară a defazajului în funcție de valoarea rezistenței, reglarea defazajului în banda 0 - 360°.

Cuvinte cheie: defazor, convertor digital-analogic, convertor de rezistență negativă, intrare de comandă

1. Defazorul clasic

În schema prezentată mai jos condensatorul C_1 funcționează ca un circuit de selectare a frecvențelor care scurtcircuitează intrarea neinversoare la pământ. De aceea, ne putem aștepta că la valorile mici ale frecvenței defazajul semnalului va fi nul, la valorile mari se va observa schimbarea polarității semnalului (defazaj egal cu 180°), iar la frecvențe medii schema funcționează în regim intermediar.

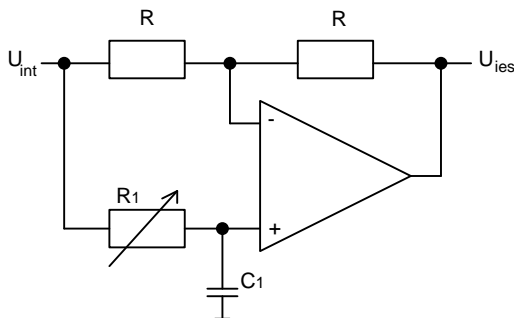


Fig.1. Schema defazorului clasic

Modulul coeficientului de amplificare al defazorului este egal cu unu $|G|=1$ și nu depinde de frecvență și de poziția contactului mobil al rezistorului R_1 , în timp ce faza lui :

$$\arg G = -2 \arctg \omega C_1 R_1 \quad (1)$$

se modifică în diapazonul 0 - 180° o dată cu reglarea rezistorului R_1 .

Acest defazor posedă următoarele neajunsuri:

- imposibilitatea reglării defazajului în banda 0 - 360°;
- dependența neliniară a defazajului de valoarea rezistenței rezistorului variabil;
- imposibilitatea reglării cu pasul necesar în toată banda de defazaje;
- imposibilitatea reglării defazajului cu cod digital.

Neajunsurile remarcate împiedică utilizarea defazorului în dispozitive radioelectronice și de măsurare programabile care necesită reglarea cu precizie înaltă a defazajului în banda 0 - 360° și dependența liniară a defazajului de codul digital.

În defazoarele care vor fi analizate mai jos s-a ajuns la următoarele realizări: mărirea preciziei defazorului, lărgirea benzii de reglare și asigurarea dependenței liniare a defazajului de codul digital, iar ca urmare – lărgirea domeniului de utilizare. Deci, să purcedem descrierea lor.

2. Defazor programabil

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 4, și care, la rîndul său, conține un amplificator operațional 5 cu un rezistor 6 conectat în reacția inversă negativă, al doilea rezistor 7 și un condensator 8, ambii conectați cu cîte 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, precum și un convertor digital – analogic 9 de tip cod – rezistență conectat cu ieșirea între intrarea neinversoare a amplificatorului operațional 5 și contactul la masă 4. Defazorul de asemenea mai conține al doilea 10 și al treilea 11 etaje cu aceeași structură ca și primul etaj 1 conectate în cascadă cu intrările și ieșirile de semnal la ieșirea 3 a primului etaj, astfel, încît ieșirea 12 a celui de-al treilea etaj 11 formează ieșirea defazorului. În componența defazorului de asemenea intră un bloc de memorie fixă 13 cu $n + m + c$ ieșiri digitale și k intrări digitale, ale cărui n, m, c ieșiri sunt conectate respectiv la intrările 14, 15, 16 a convertoarelor digital – analogice din primul, al doilea și al treilea etaje ale defazorului iar la k intrări se aplică codul de reglare a defazajului.

Schema defazorului este reprezentată mai jos :

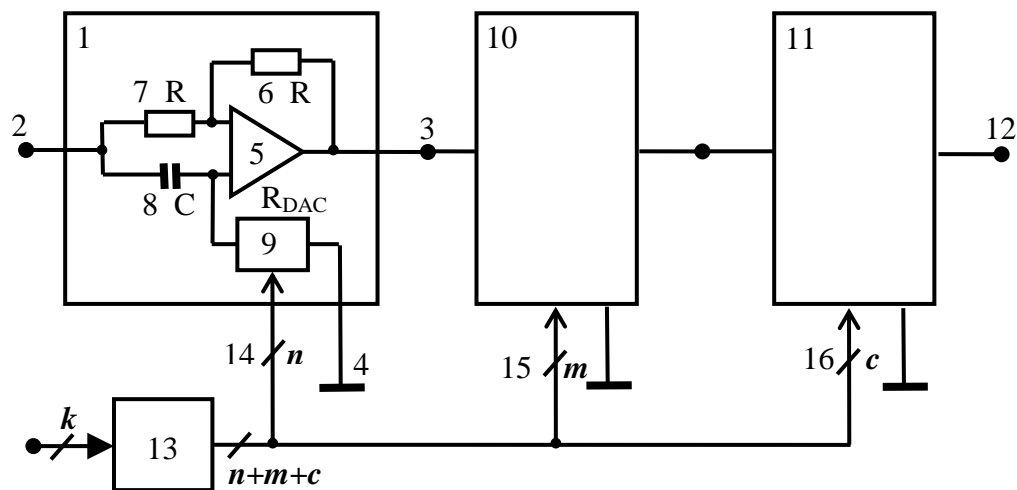


Fig.2. Schema defazorului programabil

Defazorul funcționează în modul următor : primul etaj 1 asigură reglarea defazajului între semnalul de intrare și semnalul de ieșire în banda $(0 - \varphi_1)^\circ$, al doilea etaj – în banda $(0 - \varphi_2)^\circ$, al treilea etaj – în banda $(0 - \varphi_3)^\circ$. Valorile $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ se aleg astfel, încît $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 360^\circ$ și se asigură prin alegerea nominalelor elementelor 6, 7, 8, 9 din fiecare etaj din relația :

$$\varphi = 2 \arctg (\omega CR_{DAC}) \quad (2)$$

unde: φ – defazajul, ω – frecvența semnalului, C – valoarea capacității condensatorului, R_{DAC} – valoarea maximală a rezistenței de ieșire a convertorului digital – analogic.

Valoarea sumară a defazajului introdus de defazor se determină ca suma defazajelor $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ introduse de fiecare etaj. Reglarea defazajelor etajelor se efectuează prin variația codurilor digitale de intrare a convertoarelor digital – analogice din etajele respective, obținute la ieșirea blocului de memorie fixă 13 și constituie tabela de programare a acestuia. Această tabelă se alcătuiește pe baza relației (2) pentru fiecare etaj astfel, încît dependența defazajului sumară al defazorului de codul de intrare k al blocului de memorie să fie liniară pentru fiecare caz de utilizare concretă. Pentru aceasta primul și al doilea etaje se utilizează pentru reglare brută a defazajului și asigură în special banda necesară, al treilea etaj – pentru reglare fină și asigură

pasul necesar și precizia de reglare. La variația codului digital de intrare al blocului de memorie fixă de la zero pînă la valoarea maximală are loc citirea consecutivă a conținutului memoriei care constituie codurile de reglare ale etajelor defazorului, ceea ce se soldează cu variația defazajelor etajelor de la valoarea zero pînă la valorile φ_1 pentru primul etaj, φ_2 pentru etajul al doilea și φ_3 pentru etajul al treilea.

Ca exemplu de realizare practică a defazorului poate servi varianta în care primul și al doilea etaje asigură reglarea defazajului în benzile 0 - 160°, al treilea – în banda 0 - 40°. Mărimile codurilor digitale constituie $n = m = 4$ biți, $c = 8$ biți. Blocul de memorie fixă are un volum de 1024×16 biți și este comandat de un cod de intrare de $k = 10$ biți, ceea ce asigură 1024 de valori ale defazajului cu pasul de 0,1% în banda 0 - 360°. Valorile elementelor etajelor defazorului constituie: $R = 10$ KOhm, $R_{DAC} = 256$ KOhm pentru toate trei etaje, $C = 10^{-7}$ F pentru primele două etaje și $C = 2,5 \cdot 10^{-8}$ F pentru etajul al treilea.

3. Defazor pe bază de rezistență negativă

Defazorul conține amplificatorul operațional 1, rezistorul 2 și condensatorul 3, ambii conectați cu cîte un contact la intrarea neinvertoare a amplificatorului operațional 1, rezistorul 4 conectat în reacția negativă a amplificatorului operațional 1, rezistorul 5 conectat între intrarea inversoare a acestuia și intrarea defazorului, convertorul de rezistență negativă 6 dotat cu clemele de ieșire 7 și 8, cu clemele de intrare 9 și 10 și cu intrarea de comandă 11, precum și rezistorul 12 conectat la clemele de intrare 9 și 10 ale convertorului 6, iar clemele de ieșire 7 și 8 ale acestuia sunt conectate între contactul liber al rezistorului 2 și masă.

Schema defazorului este reprezentată mai jos :

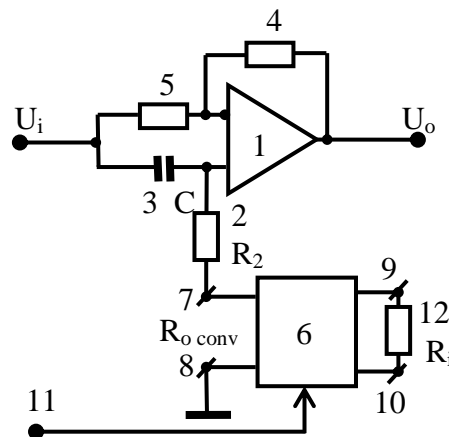


Fig.3. Schema defazorului pe bază de rezistență negativă

Defazorul funcționează în modul următor : semnalul de intrare U_i se aplică la intrarea defazorului, semnalul de ieșire U_o se obține la ieșirea amplificatorului operațional 1. Defazajul introdus de defazor în calea semnalului se determină din relația (3):

$$\varphi = 2 \arctg (\omega CR_S) \quad (3)$$

unde: φ – defazajul, ω – frecvența semnalului, C – valoarea capacității condensatorului 3, R_S – valoarea sumară a rezistenței porțiunii de circuit conectate între intrarea neinvertoare a amplificatorului operațional și masă.

Valoarea rezistenței R_S se determină:

$$R_S = R_2 + R_{o \text{ conv}} \quad (4)$$

unde: R_2 – rezistența rezistorului 2, $R_{o\text{ conv}}$ – rezistența reprodusă de convertorul 6 la clemele de ieșire 7 și 8.

Valoarea rezistenței $R_{o\text{ conv}}$ se determină:

$$R_{o\text{ conv}} = -K_{\text{conv}} \cdot R_i \quad (5)$$

unde: R_i – rezistența rezistorului 12, K_{conv} – coeficientul de conversie al convertorului 6.

Substituind (5) în (4) și în (3), obținem:

$$\varphi = 2 \arctg [\omega C (R_2 - K_{\text{conv}} \cdot R_i)] \quad (6)$$

După cum rezultă din (6), valoarea defazajului φ introdus de defazor în calea semnalului depinde de valorile rezistenței rezistoarelor 2, 12 și de valoarea coeficientului de conversie K_{conv} al convertorului 6. Prin intrarea de comandă 11 coeficientul K_{conv} poate fi reglat în banda de valori $0 \div -K_0$, ceea ce asigură reglarea defazajului φ în banda de valori $+180^\circ \div 0^\circ \div -180^\circ$. Pentru aceasta valoarea K_0 se alege astfel, încât $K_0 \cdot R_i = 2 R_2$.

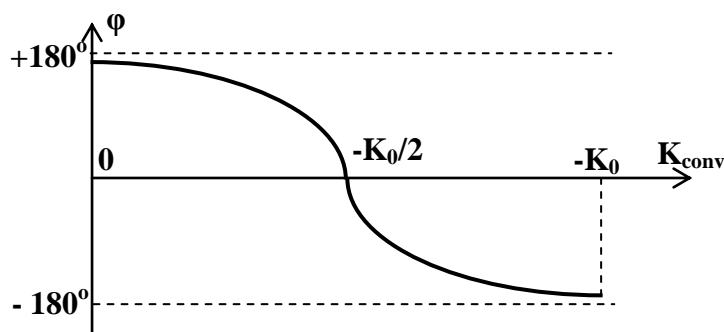


Fig.4. Dependența defazajului în funcție de coeficientul de conversie

Ca exemplu de realizare practică a defazorului poate servi varianta în care valorile rezistenței rezistoarelor 4 și 5 sunt egale cu $1\text{ K}\Omega$, $R_2 = R_i = 10\text{ K}\Omega$, $C = 10^{-6}\text{ F}$, $\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 10^3$. Atunci valoarea maximală a coeficientului de conversie constituie: $K_{\text{conv max}} = K_0 = 2$. La reglarea K_{conv} în banda de valori $0 \div -K_0$ defazajul φ conform (4) va varia în banda de valori $+180^\circ \div 0^\circ \div -180^\circ$, ceea ce corespunde benzii de valori $0 - 360^\circ$.

Bibliografie:

1. Достал И. *Операционные усилители*, Москва, «МИР», 1982, стр. 196
2. Nastas V. *Brevet de invenție MD 2844. Defazor*
3. Nastas V. *Brevet de invenție MD 3136. Defazor*
4. Галахова О.П. и др. *Основы фазометрии*, Ленинград, «Энергия», 1976