3. Fazmetrul numeric

Pe principiu asemănător frecvenţmetrului şi periodmetrului (împărţirea pe poartă) funcţionează şi fazmetrul numeric. În principiu măsurarea defazajului constă tot în măsurarea unui interval de timp, delimitat de trecerile prin 0 a două semnale de aceeaşi frecvenţă. Defazajul se defineşte ca mai jos:

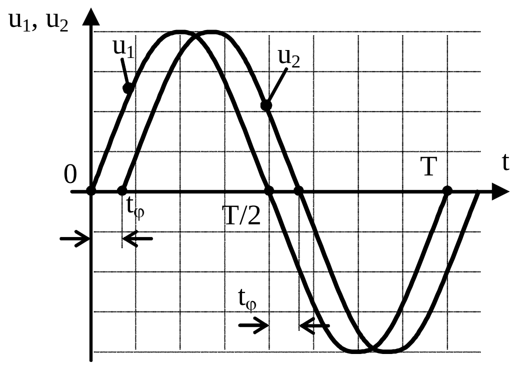

Fig.1 Definirea defazajului

Defazajul se poate exprima în grade sau în radiani:

$$\Delta\varphi\,[grade] = 360 \cdot \frac{t_\varphi}{T}$$

$$\Delta\varphi\,[rad] = 2\pi \cdot \frac{t_\varphi}{T}$$

unde $\Delta\varphi$ este defazajul, T este perioada semnalului, iar t_φ este întârzierea în timp dintre semnale (diferenţa dintre trecerile prin 0 în acelaşi sens ale semnalelor). Deci până la urmă defazajul se poate reduce doar la o măsurare a unui interval de timp. Problema care se pune, este aceea a independenţei de perioada semnalelor. Din acest motiv se utilizează un principiu care presupune împărţirea pe două porţi. Dacă la frecvenţmetru există o singură poartă ŞI, aici, pentru a elimina din relaţie perioada semnalelor (T), sunt necesare două porţi ŞI.

Pentru a obţine o rezoluţie de 0.1° este necesar ca într-o perioadă să se numere 360/0,1=3600 impulsuri. Acest lucru este echivalent, pentru o frecvenţă a semnalelor de 10KHz, cu numărarea a $3600/10^4$=36.000.000 impulsuri/secundă, adică o frecvenţă de 36MHz a oscilatorului, care este o valoare relativ ridicată pentru circuitele logice uzuale.

Schema de principiu a fazmetrului numeric arată ca în figura 2. Cele două semnale ale căror defazaj se măsoară sunt transformate în semnale dreptunghiulare cu ajutorul blocurilor TS Trigger Schmitt. Foarte important este ca cele două blocuri să introducă acelaşi defazaj, sau ca acesta să fie sub rezoluţia fazmetrului. Cele două semnale dreptunghiulare, care păstrează defazajul semnalelor de la intrare sunt trecute printr-o poartă SAU-exclusiv (XOR) P_1. La ieşire apar impulsuri a căror stare de 1 logic este egală cu defazajul temporal dintre cele două semnale (cât cele două semnale sunt diferite ca valoare). Se obţin câte două astfel de impulsuri pe perioadă. Aceste impulsuri validează poarta P_2, lăsând să treacă impulsuri de perioadă T_0 către poarta P_3. În acelaşi timp, semnalul de perioadă T_0 de la ieşirea oscilatorului este divizat de către divizorul de

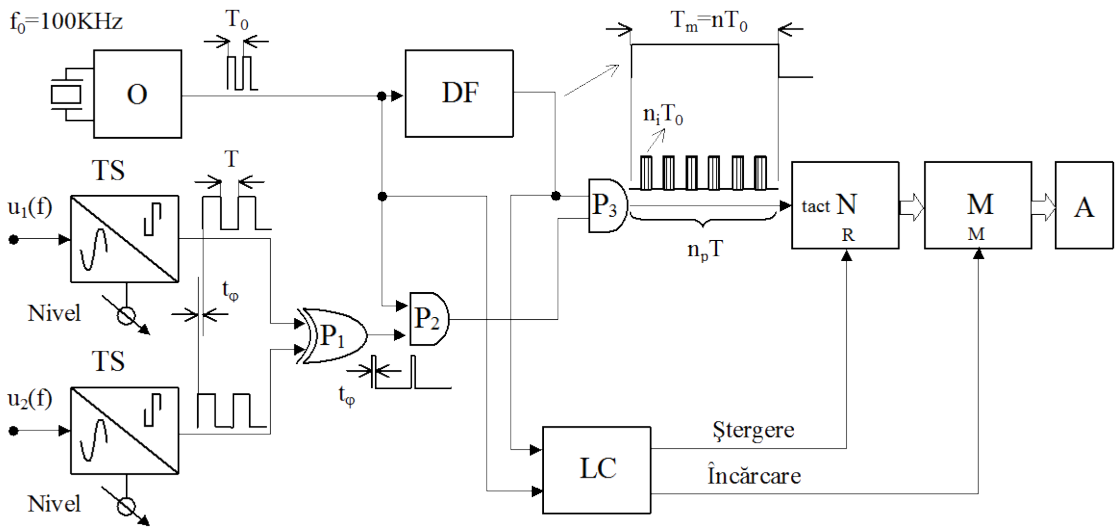

Fig. 2 Schema bloc a fazmetrului numeric

frecvenţă DF cu un factor n întreg, la ieşirea sa obţinându-se un semnal de perioadă T_m:

$$T_m = n \cdot T_0$$

Acesta validează la rândul său poarta P_3, prin care vor trece către numărătorul N, pachete de impulsuri de lungime T_0, câte două pe perioada T, fiecare pachet având lungimea t_φ. În fiecare pachet sunt $n_i = \dfrac{t_\varphi}{T_0}$ impulsuri,

iar pe durata T_m trec prin poartă $n_p = 2 \cdot \dfrac{T_m}{T}$ pachete.

Numărul total de impulsuri care ajung la intrarea numărătorului N pe durata T_m va fi:

$$N = n_p \cdot n_i = 2 \cdot \frac{T_m}{T_0} \cdot \frac{t_\varphi}{T} = 2 \cdot \frac{n \cdot T_0}{T_0} \cdot \frac{t_\varphi}{T} = 2 \cdot n \cdot \frac{t_\varphi}{T}.$$

Înlocuind una din relaţiile de definiţie a defazajului obţinem:

$$N = 2 \cdot n \cdot \frac{\dfrac{\Delta\varphi \cdot T}{360}}{T} = n \cdot \frac{\Delta\varphi}{180}, \text{ sau}$$

$$N = 2 \cdot n \cdot \frac{\dfrac{\Delta\varphi \cdot T}{2 \cdot \pi}}{T} = n \cdot \frac{\Delta\varphi}{\pi}$$

Deci rezultatul contorizat în numărător este proporţional cu defazajul. Dacă n=180, atunci N este chiar defazajul. În funcţie de modul de afişare (grade sau radiani), numărul n se alege de forma:

$$n = 180 \cdot 10^k, \quad k \in N \quad \text{sau}$$

$$n = \pi \cdot 10^k, \quad k \in N$$

Dacă n se alege de forma $180 \text{x} 10^k$, atunci N rezultă un multiplu de 10 al defazajului, adică un număr de 10^k ori mai mare. În consecinţă, înaintea numărătorului N se intercalează un numărător decadic cu k celule (care nu se afişează), pentru ca N să conţină cifrele semnificative ale rezultatului.

După terminarea etapei de numărare rezultatul se încarcă în memoria M (semnalul Încărcare) şi apoi se şterge numărătorul pentru o nouă măsurare (semnalul Ştergere), întocmai ca la frecvenţmetru. Aceste semnale sunt generate de către logica de comandă pe baza semnalului de la ieşirea lui DF (acesta defineşte timpul de măsurare) şi a semnalului de la oscilator.

Formele de undă asociate fazmetrului sunt prezentate în figura următoare.

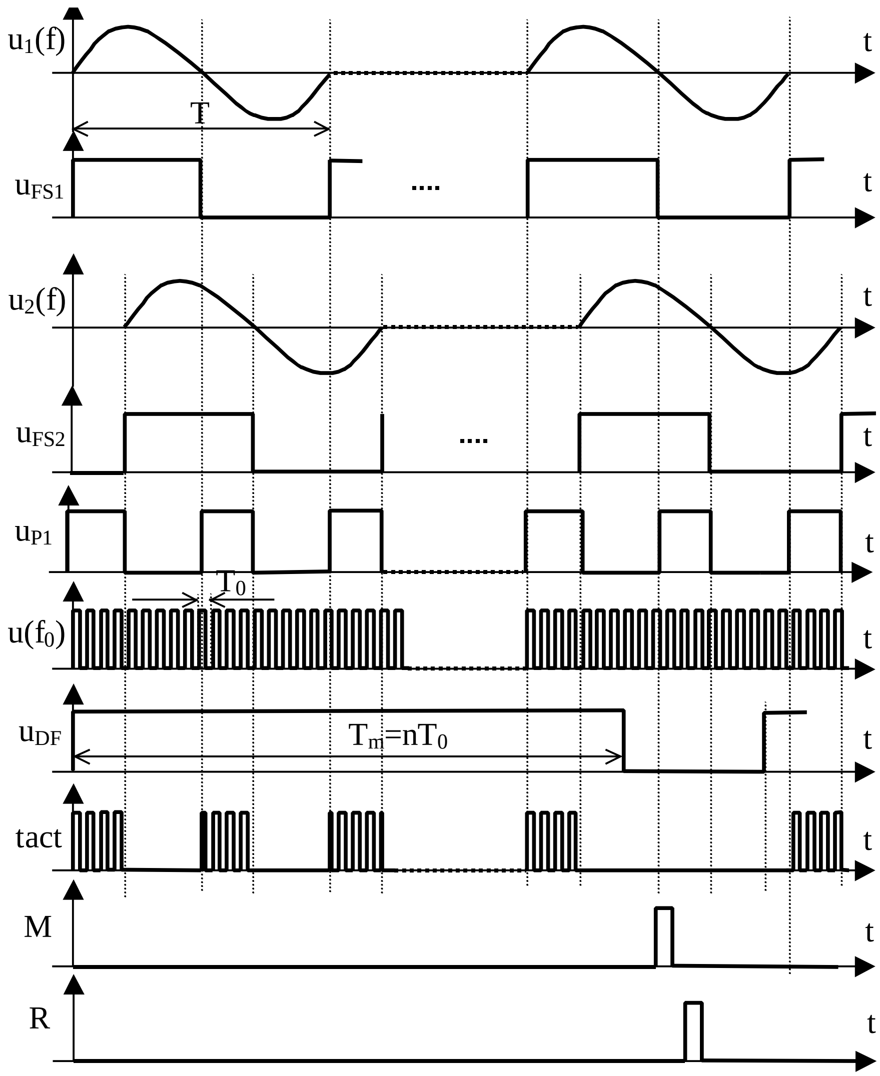

Fig. 3 Formele de undă asociate fazmetrului

Pentru calculul erorilor trebuie ţinut cont de faptul că timpul de măsurare nu este un multiplu întreg al perioadei semnalului de măsurat. De aceea eroarea maximă de măsurare este de un pachet (n_p), adică se pot pierde n_i impulsuri:

$$\frac{\Delta\varphi}{\varphi} = \frac{n_i}{N} = \frac{\dfrac{t_\varphi}{T_0}}{2 \cdot n \cdot \dfrac{t_\varphi}{T}} = \frac{1}{2 \cdot n} \cdot \frac{f_0}{f}$$

Dacă avem frecvenţa oscilatorului f_0*=10MHz* şi valoarea minimă a frecvenţei semnalelor al căror defazaj îl măsurăm $f_{min}=10Hz$, pentru a obţine o eroare mai mică de *0.5%*

$$\frac{\Delta\varphi}{\varphi} \geq 0.5\%$$

avem:

$$\frac{1}{2 \cdot n} \cdot \frac{f_0}{f} \leq \frac{0.5}{100}$$

Înlocuind valorile în ultima expresie obţinem:

$$n \geq 100 \cdot 10^6$$

Adică este necesar un divizor cu factor de divizare mai mare ca 100.000.000. Dar să nu uităm că valoarea factorului de divizare trebuie să fie de forma $18{\cdot}10^k$ de unde rezultă pentru *n* o valoare

$$n = 18 \cdot 10^7$$

Pentru un asemenea factor de divizare rezultă un timp de măsurare

$$T_m = \frac{18 \cdot 10^7}{10 \cdot 10^6} = 18s$$

valoare care semnifică o viteză redusă de măsurare.

Deoarece timpul de măsurare este