

# Compensarea factorului de putere in regim deformant

## 1. Definitii

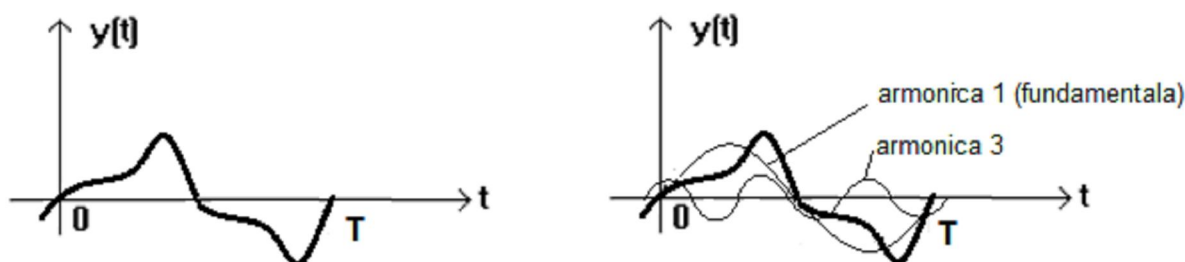
### ➤ regim deformant

Un circuit functioneaza in regim periodic daca toate tensiunile si toti curentii sunt functii periodice de aceeasi perioada. Daca cel putin o tensiune sau un curent nu este sinusoidal, se spune ca regimul este nesinusoidal sau deformant. Acest regim apare ca un regim permanent (comportarea asimptotica cand  $t \rightarrow \infty$ ) intr-un circuit dinamic cu comportare obisnuita in care toate excitatiile sunt periodice de aceeasi perioada si sunt conectate la  $t = 0$ .

Regimul periodic nesinusoidal este foarte important in circuitele electronice si in electroenergetica.

### ➤ aspecte teoretice

Daca un curent se abate de la o curba sinusoidală, adica a aparut un regim deformant, exemplu curba de mai jos:



aceasta curba se poate descompune intr-o suma de sinusoida (dezvoltarea in serii Fourier), cu proprietatea ca: daca functia este asimetrica in raport cu punctul situat la mijlocul perioadei ( $y(t)=y(t+T/2)$ ), atunci dezvoltarea in serie Fourier contine numai armonice impare si functia se numeste "functie impara". Este cazul cel mai frecvent intalnit in electrotehnica.

### ➤ putere deformanta, factor de putere in regim nesinusoidal

Dacă la bornele unui dipol se dau tensiunea și curentul ca mărimi nesinusoidale sub forma:

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k \sqrt{2} \sin(k\omega t + \alpha_k) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} u_k$$

$$i(t) = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sqrt{2} \sin(k\omega t + \beta_k) = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} i_k$$

se definesc următorii parametrii:

- putere instantanee

$$p = ui = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} u_k i_k + U_0 \sum_{k=1}^{\infty} i_k + I_0 \sum_{k=1}^{\infty} u_k + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} u_k i_n$$

- putere activa

$$P^d = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos \varphi_k \quad [\text{W}]$$

- putere reactiva

$$Q^d = \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \sin \varphi_k \quad [\text{var}]$$

- putere aparenta

$$S = U_{ef} I_{ef} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} U_k^2} \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} I_k^2} \quad [\text{VA}]$$

- putere deformanta

$$D^d = \sqrt{S^2 - (P^2 + Q^2)} \quad [\text{vad}]$$

- factor de putere

$$k^d = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \leq 1 \quad \text{se observa diminuarea factorului de putere in regim}$$

deformant fata de regimul sinusoidal in functie de quantumul puterii deformante

- observatii

În regim nesinusoidal, pe armonica de ordin  $k$ , impedanțele bobinelor și ale condensatoarelor se modifică în conformitate cu relațiile:

$$Z_{L_k} = k\omega L \quad Z_{C_k} = 1/k\omega C \quad k\omega \text{ fiind pulsatia armoniceii } k;$$

În circuitele trifazate, armonicile de ordin multiplu de 3, ( $k = 3n$ ) formează un sistem homopolar, cele de ordin  $k = 3n+1$  formează un sistem de succesiune directă, iar cele de ordin  $k = 3n-1$ , un sistem de succesiune inversă.

Curbele electrotehnice nu conțin decât armonici de ordin impar, astfel încât:

- armonicile de ordin 1,7,13,...formează sisteme directe;
- armonicile de ordin 5,11,17,...formează sisteme inverse;
- armonicile de ordin 3,9,15,...formează sisteme homopolare.

În regim nesinusoidal, la conexiunea stea în tensiunile de linie nu apar armonici de ordin multiplu de 3 (deoarece formează sisteme homopolare)

În regim nesinusoidal, la conexiunea triunghi curenții de linie nu conțin armonici de ordin multiplu de 3 (deoarece formează sisteme homopolare)

## 2. Surse ale regimului deformant

Sistemul electroenergetic este format din generatoare cu tensiuni electromotoare sinusoidale de aceeași pulsație și receptoare. Dacă toate elementele de circuit sunt liniare, în regim permanent toți curenții și toate tensiunile sunt funcții sinusoidale de pulsație. Dacă în acest sistem cel puțin un element de circuit este neliniar, regimul permanent al circuitului, dacă există, este un regim deformant.

Chiar dacă tensiunile electromotoare ale generatoarelor din centrale electrice sunt presupuse sinusoidale, elementele neliniare deformează curenții și produc astfel căderi de tensiune periodice nesinusoidale, de aceea se numesc elemente deformante de circuit. Ca urmare a acestui fapt, în rețelele cu elemente neliniare atât tensiunile de alimentare ale consumatorilor cât și curenții sunt nesinusoidale.

Cele mai importante surse ale regimului deformant sunt:

- Cuptoare de inducție
- Cuptoare cu arc electric
- Transformatoare și bobine cu miez de fier (saturate)
- Conversoare statice de putere, redresoare, mutatoare
- Locomotive monofazate cu redresoare
- Rețele de transport (efect corona)
- Orice alt consumator neliniar

## 3. Compensarea factorului de putere

Studiul elementelor de circuit în regim deformant scoate în evidență faptul că o bobină (fără miez, sau cu miezul nesaturat) contribuie la reducerea regimului deformant (netezeste curenții), iar condensatorul accentuează acest regim (deformează curenții).

Efectele regimului deformant asupra instalațiilor de compensare cu condensatoare poate duce la:

- supraîncălzire,
- supratensiune,
- încălzire suplimentară a bateriei,

ca urmare a rezonanței serie sau paralel, cu impedanța rețelei, pe o frecvență apropiată de cea a unei armonice.

Consecința acestui fapt este scoaterea prematură a bateriei din uz.

Măsura de precauție este supradimensionarea condensatoarelor, în ceea ce privește tensiunea maximă de lucru.

Din punct de vedere teoretic compensarea factorului de putere se realizeaza corect doar la frecventa proiectata (fundamentala).

La frecvente mari (armonici superioare) puterea inductiva se reduce si puterea capacitiva creste, pentru aceleasi valori ale inductantei si capacitatii, iar la frecvente mici puterea inductiva este mare si cea capacitiva este mica.

In regim puternic deformant, riscul de supracompensare creste, in proiectarea aparatelor de masura ale bateriei automate trebuie sa se tina seama de acest aspect.

In consecinta compensarea factorului de putere devine o problema delicata.

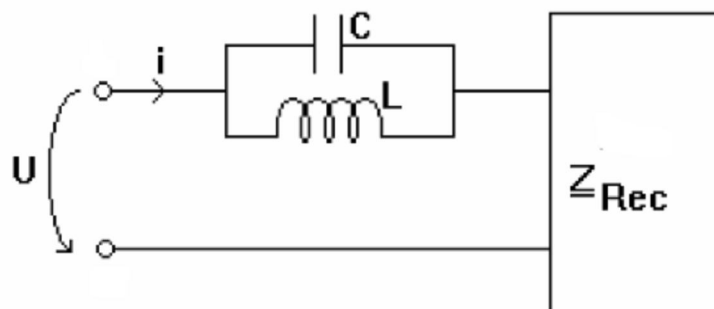
Se recomanda dimensionarea bateriei de condensatoare pe frecventa fundamentalei si luarea de masuri pentru diminuarea regimului deformant.

#### 4. Filtre de armonice

Pentru reducerea anumitor armonice de tensiune sau de curent se folosesc circuite auxiliare formate din bobine si condensatoare legate in serie sau paralel care indeplinesc conditia de rezonanta si care se numesc **filtre de armonice**. Aceste filtre se plaseaza de obicei la bornele receptoarelor neliniare care, fiind alimentate cu tensiune sinusoidala, produc componente ale curentului pe armonicele a 3-a si a 5-a (in multe cazuri armonicele superioare sunt de amplitudine mica).

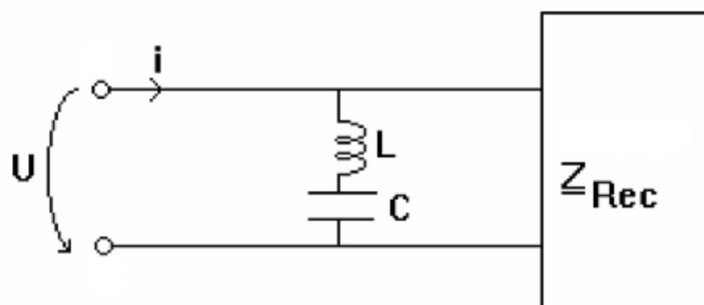
- **Filtrul LC paralel** Pentru ca intr-un receptor **curentul** sa nu contina armonica de ordinul K trebuie ca impedanta echivalenta pe armonica K a filtrului sa fie infinita. Aceasta se realizeaza daca L si C indeplinesc conditia de rezonanta pe armonica K.

$$k\omega L = \frac{1}{k\omega C}$$



- **Filtrul LC serie** Pentru ca **tensiunea** la bornele unui receptor sa nu contina armonica K trebuie ca impedanta echivalenta a filtrului pe armonica K sa fie nula.

$$k\omega L = \frac{1}{k\omega C}$$



**Ing Turcu Gheorghe**

*Bibliografie:*

<http://www.eed.usv.ro/~mami/licenta/cursuri/cursuri%20editate/02%20-%20Circuite%20electrice/C2%20-%20pdf/C2.04.pdf>

[http://www.e-formule.ro/wp-content/uploads/bazele\\_electroenergeticii2.pdf](http://www.e-formule.ro/wp-content/uploads/bazele_electroenergeticii2.pdf)

[http://www.icpe.ro/ceex/08/ceex745\\_ro.pdf](http://www.icpe.ro/ceex/08/ceex745_ro.pdf)

<http://studing.utgjiu.ro/2008/lucrari/cj2.pdf>

<http://ferrari.lce.pub.ro/studenti/CAP5.pdf>