

CNFIS-FDI-2018-0283

ICADIS

Îmbunătățirea calității activității didactice - instrument strategic la
Universitatea "Petru Maior" din Tîrgu-Mureș

DEZVOLTAREA COMPETENȚELOR ȘI ABILITĂȚILOR STUDENȚILOR PENTRU IDENTIFICAREA DE SOLUȚII LA PROBLEME PRACTICE

Instruire privind Standardul IEC 60076-10

Prof. dr. ing. Dorin BICA

Șef lucr. dr. ing. Cristian DUMITRU

2018

Selecție prevederi din standardul SN EN 60076-1+A11

1. Domeniu de aplicare și condiții de funcționare

1.1 Domeniu de aplicare

Prezenta parte a Standardului Internațional CEI 60076-1 se aplică transformatoarelor de putere trifazate sau monofazate (inclusiv autotransformatoarelor) cu excepția anumitor categorii de transformatoare mici și transformatoare speciale, cum ar fi:

- transformatoare monofazate cu puterea nominală mai mică decât 1 kVA;
- transformatoare trifazate cu puterea nominală mai mică decât 5 kVA;
- transformatoare de măsură;
- transformatoare pentru convertoare statice;
- transformatoare de tracțiune montate pe material rulant;
- transformatoare de pornire;
- transformatoare de încercare;
- transformatoare de sudură.

Dacă nu există standarde CEI pentru aceste categorii de transformatoare se poate aplica pentru acestea Partea 1 a CEI 60076-1, fie în totalitate sau parțial.

Pentru acele categorii de transformatoare de putere și bobine de reactanță care au standarde CEI proprii, această parte se aplică în măsura în care există ca o referință explicită în acel standard.

Pentru mai multe secțiuni ale acestei părți se recomandă obținerea unui acord cu privire la procedeele și soluțiile tehnice alternative sau adiționale. Un astfel de acord trebuie să existe între producător și beneficiar. Este de preferat ca problemele să fie rezolvate în prima fază, iar acordurile incluse în specificația de contract.

1.2 Condiții de funcționare

1.2.1 Condiții normale de funcționare

Partea 1 a CEI 60076 conține prescripțiile detaliate pentru transformatoarele destinate a fi utilizate în următoarele condiții:

a) Altitudine

Altitudinea nu trebuie să depășească 1000 m peste nivelul mării.

b) Temperatura mediului ambiant și mediul de răcire

Temperatura mediului ambiant trebuie să fie cuprinsă între -25°C și $+40^{\circ}\text{C}$. În cazul transformatoarelor răcite cu apă, temperatura apei la intrare nu trebuie să depășească $+25^{\circ}\text{C}$.

Limite suplimentare cu privire la răcire sunt indicate pentru:

- transformatoare imersate în ulei în CEI 60076-2;
- transformatoare de tip uscat în CEI 60076.

c) Forma de undă a tensiunii de alimentare

Forma de undă a tensiunii de alimentare este aproximativ sinusoidală.

Notă: Această prescripție nu este normal critică în rețelele publice de alimentare, dar poate fi reconsiderată în instalațiile cu încărcare considerabilă în convertor. În aceste cazuri există o regulă convențională prin care deformația nu trebuie să fie mai mare de 5% din conținutul total de armonici, nici de 1% pentru conținutul armonic. De asemenea se ia în considerare conținutul armonicilor de curent pentru pierdere în sarcină și supratemperatura.

d) Simetria tensiunilor de alimentare trifazate

Pentru transformatoarele trifazate, tensiunile de alimentare trifazate sunt aproximativ simetrice.

e) Mediul înconjurător

Un mediu înconjurător cu o rată a poluării (a se vedea CEI 60137 și CEI 60815) care nu necesită condiții speciale cu privire la izolația externă a trecherilor izolate ale transformatoarelor sau a transformatorului însuși.

Un mediu înconjurător care nu necesită luarea în considerare a unui risc seismic în concepție. (Acesta se consideră când accelerația verticală a_g este mai mică decât 2m/s^2).

1.2.2 Dispoziții pentru condiții de funcționare neuzuale

Toate condițiile neuzuale de funcționare care necesită considerații speciale în proiectarea unui transformator trebuie precizate în cererea de ofertă și în comanda comercială. Acești factori pot fi: altitudinea ridicată, temperaturi foarte înalte sau foarte scăzute, umiditate de tip tropical, activitate seismică, poluare severă, tensiuni anormale sau forme de undă anormale ale curentului de sarcină și sarcini intermitente. Poate fi vorba, de asemenea, despre condiții

de transport, stocare și instalare, cum ar fi limitele de masă sau dimensiuni (a se vedea anexa A).

În alte publicații sunt indicate reguli suplimentare pentru regimul nominal și condiții de încercare pentru:

- Încălzirea și răcirea la temperatură ambiantă ridicată sau la altitudine mare: CEI 60076-2 pentru transformatoarele imersate în ulei și CEI 60726 pentru transformatoarele uscate.
- Pentru izolația exterioară la altitudine înaltă: CEI 60076-3, CEI 60076-3-1 pentru transformatoarele în ulei și CEI 60726 pentru transformatoarele uscate.

3. Definiții

În cadrul acestei părți a CEI 60076 se aplică următoarele definiții. Alți termeni utilizați au semnificația atribuită de Vocabularul Electrotehnic Internațional (VEI).

3.1 Generalități

3.1.1 transformator de putere: Aparat static cu două sau mai multe înfășurări, care, prin inducție magnetică transformă un sistem de curent și tensiune alternative într-un alt sistem uzual de curent și tensiune, de obicei la valori diferite și la aceeași frecvență, în scopul transmiterii energiei electrice. [VEI 421-01-01, modificat].

3.1.2 autotransformator: Transformator în care cel puțin două înfășurări au o parte comună [VEI 421-01-11].

3.1.3 transformator de reglare serie: Transformator la care o înfășurare este destinată să fie conectată în serie cu un circuit în scopul modificării tensiunii și/sau defazajului. Cealaltă înfășurare este o înfășurare de excitație. [VEI 421-01-12, modificat].

3.1.4 transformator în ulei: Transformator la care circuitul magnetic și înfășurările sunt imersate în ulei [VEI 421-01-14].

NOTA - În acest standard toate lichidele electroizolante, uleiul mineral sau alte produse sunt asimilate uleiului.

3.1.5 transformator uscat: Transformator la care circuitul magnetic și înfășurările nu sunt imersate într-un lichid electroizolant. [VEI 421-01-16].

3.1.6 sistem de conservare a uleiului: Sistem care, într-un transformator în ulei, preia dilatarea uleiului. El poate diminua sau împiedica uneori contactul între ulei și mediul exterior.

3.2 Borne și punct neutru

3.2.1 bornă: Piesă conductoare destinată conectării înfășurărilor la conductoarele externe.

3.2.2 bornă de linie: Bornă destinată conectării la un conductor de linie din rețeaua electrică. [VEI 421-02-01].

3.2.3 bornă de nul:

a) Pentru transformatoarele trifazate și pentru grupurile trifazate constituite din transformatoare monofazate:

Bornă sau borne conectate la un punct comun (punctul neutru) al unei înfășurări conectate sau în zig-zag.

b) Pentru transformatoarele monofazate:

Bornă destinată a fi conectată la punctul neutru al unei rețele electrice.

3.2.4 punct neutru: Punct al unui sistem simetric de tensiuni care este, în mod normal, la potențial zero.

3.2.5 borne omoloage: Borne ale înfășurărilor diferite ale unui transformator, marcate cu aceeași literă sau simbol corespunzător. [VEI 421-02-03].

3.3 Înfășurări

3.3.1 înfășurare: Ansamblu de spire care formează un circuit electric asociat cu una dintre tensiunile atribuite transformatorului.

3.3.2 înfășurare cu prize: Înfășurare în care un număr de spire poate fi schimbat în trepte.

3.3.3 înfășurare de fază: Ansamblu de spire care formează o fază unei înfășurări trifazate.

NOTĂ - Termenul "înfășurare de fază" nu trebuie folosit pentru identificarea unui ansamblu de bobine de pe o anumită coloană. [VEI 421-03-02, modificat]

3.3.4 înfășurare de înaltă tensiune: înfășurare având tensiunea nominală cea mai înaltă. [VEI 421-03-03].

3.3.5 înfășurare de joasă tensiune: înfășurare având tensiunea nominală cea mai joasă. [VEI 421-03-03].

NOTĂ Pentru un transformator de reglare serie, înfășurarea cu tensiunea nominală minimă poate fi aceea care are un nivel ridicat de izolație.

3.3.6 înfășurare de tensiune intermediară: înfășurare a unui transformator cu mai mult de două înfășurări având o tensiune nominală intermediară între tensiunile nominale cele mai înalte și cele mai joase ale înfășurărilor. [VEI 421-03-05].

3.3.7 înfășurare auxiliară: înfășurare destinată pentru o sarcină mică în comparație cu puterea nominală a transformatorului. [VEI 421-03-08].

3.3.8 înfășurare de stabilizare: înfășurare suplimentară conectată în triunghi prevăzută, în special la transformatoarele cu conexiune în stea-stea sau stea-zig-zag pentru reducerea impedanței homopolare, a se vedea 3.7.3. [VEI 421-03-09, modificat].

NOTĂ - O înfășurare nu se consideră de stabilizare dacă nu este destinată unei conectări trifazate la un circuit exterior.

3.3.9 înfășurare comună: parte comună a înfășurărilor unui autotransformator. [VEI 421-03-10].

3.3.10 înfășurare serie: parte a înfășurării unui autotransformator sau înfășurarea unui transformator de reglare serie care este destinat să fie conectat în serie cu un circuit. [VEI 421-03-11]

3.3.11 înfășurare de excitație: înfășurare a unui transformator de reglare serie care este destinat să alimenteze cu energie electrică o înfășurare serie. [VEI 421-03-12].

3.4 Regim nominal

3.4.1 regim nominal: Ansamblu de valori numerice atribuite mărimilor care definesc funcționarea unui transformator în condițiile specificate în această parte a CEI 60076 și pe care se bazează garanțiile fabricantului și încercările.

3.4.2 mărimi nominale: Mărimi (tensiune, curent, etc.) ale căror valori numerice definesc un regim nominal.

NOTE:

1 – Pentru un transformator cu prize, fără specificații contrare, mărimile nominale sunt raportate la priza principală (a se vedea 3.5.2). Mărimile corespondente cu semnificații analoge pentru celelalte prize sunt numite mărimi de priză (a se vedea 3.5.10).

2 - Tensiunile și curenții sunt, de obicei, exprimate prin valori efective, dacă nu se specifică altfel.

3.4.3 tensiune nominală a unei înfășurări (U_r): Tensiune aplicată sau dezvoltată la mersul în gol, între bornele de linie ale unei înfășurări fără prize sau a unei înfășurări cu prize conectate la o priză principală (a se vedea 3.5.2). Pentru o înfășurare trifazată este tensiunea între bornele de linie [VEI 421-04-01, modificat].

NOTE

1 - Tensiunile nominale ale tuturor înfășurărilor apar simultan la funcționarea în gol când tensiunea aplicată uneia din ele are valoarea nominală.

2 – Pentru transformatoarele monofazate destinate a fi conectate în stea pentru a forma un grup trifazat, tensiunea nominală este indicată de tensiunea între faze, divizată prin $\sqrt{3}$, de exemplu: $U_r = \frac{400}{\sqrt{3}} \text{ kV}$.

3 - Pentru înfășurarea serie a unui transformator de reglare serie trifazat, care este conceput ca o înfășurare de fază independentă (a se vedea 3.10.5) tensiunea nominală este indicată ca și când înfășurarea a fost conectată în stea, de exemplu $U_r = \frac{23}{\sqrt{3}} \text{ kV}$

3.4.4 raport de transformare nominal: Raport între tensiunea nominală a unei înfășurări și tensiunea nominală a unei altei înfășurări, asociată cu o tensiune nominală mai mică sau egală [VEI 421-04-021].

3.4.5 frecvența nominală (f_r): Frecvența la care transformatorul este destinat să funcționeze [VEI 421-04-03, modificat].

3.4.6 puterea nominală (S_r): Valoare convențională a puterii aparente a unei înfășurări, care, împreună cu tensiunea nominală a înfășurării determină curentul nominal.

NOTE

1 – Ambele înfășurări ale unui transformator cu două înfășurări au aceeași putere nominală care, prin definiție, este puterea nominală a transformatorului însuși.

2 - În cazul transformatoarelor cu mai mult de două înfășurări se obține o estimare a dimensionării transformatorului echivalent cu două înfășurări prin împărțirea la 2 a sumei aritmetice a puterilor nominale a tuturor înfășurărilor (înfășurări separate sau autoconectate).

3.4.7 curentul nominal (I_r): Curent care trece printr-o bornă de linie a unei înfășurări obținut prin împărțirea puterii nominale S_r a unei înfășurări la tensiunea nominală U_r și la un factor de fază adecvat. [VEI 421-04-05, modificat].

NOTE

1 – Pentru o înfășurare trifazată curentul nominal I_r este dat de:

$$I_r = \frac{S_r}{\sqrt{3} U_r} A$$

2 – Pentru înfășurările unui transformator monofazat destinat conectării în triunghi pentru formarea unui grup trifazat, curentul nominal este obținut prin împărțirea curentului de linie prin $\sqrt{3}$, de exemplu:

$$I_r = \frac{500}{\sqrt{3}} A$$

3.5 Prize

3.5.1 priză: Într-un transformator prevăzut cu înfășurare cu priză, o conexiune specifică acestei înfășurări reprezentând un număr definit de spire în înfășurarea cu prize și, în consecință, un raport definit de spire între această înfășurare și oricare altă înfășurare cu număr fix de spire.

NOTĂ – Una dintre prize este priza principală, iar celelalte prize sunt definite în raport de priza principală funcție de factorii de priză. A se vedea mai jos definiția acestor termeni.

3.5.2 priza principală: Priza la care sunt raportate valorile nominale. [VEI 421-05-02].

3.5.3 factor de priză (corespunzător unei prize date): Raportul:

$$\frac{U_d}{U_r} \text{ (factor de priză) sau } 100 \frac{U_d}{U_r} \text{ (factor de priză exprimat în procente)}$$

unde: U_r tensiunea nominală a înfășurării (a se vedea 3.4.3);

U_d tensiunea care trebuie realizată la bornele înfășurării la mersul în gol conectată la priza luată în considerare, prin aplicarea tensiunii nominale la o înfășurare fără priză.

NOTĂ – Această definiție nu se aplică înfășurării serie a unui transformator de reglare serie (a se vedea 2.1.3) și, în acest caz, factorul exprimat în procente corespunde tensiunii înfășurării de excitație sau înfășurării unui transformator asociat [VEI 421-05-03, modificat].

3.5.4 priză crescătoare: Priza al cărei factor de priză este mai mare decât 1. [VEI 421-05-04].

3.5.5 priză descrescătoare: Priza al cărei factor de priză este mai mic decât 1.[VEI 421-05-05].

3.5.6. treaptă de reglare: Diferență dintre factorii de priză, exprimați în procente, a două prize alăturate.[VEI 421-05-06].

3.5.7. domeniu de prize: Domeniu de variație al factorului de priză, exprimat în procente, comparat cu valoarea „100”.

NOTĂ - Dacă acest factor variază de la $100 + a$ până la $100 - b$, domeniul de priză se exprimă cu: $+ a\% - b\%$ sau $\pm a\%$ dacă $a = b$. [VEI 421-05-07].

3.5.8 raport de transformare de priză (al unei perechi de înfășurări): Raportul care este egal cu raportul de transformare nominal:

- multiplicat prin factorul de priză al înfășurării cu prize dacă aceasta este înfășurarea de înaltă tensiune;

- divizat prin factorul de priză al înfășurării cu prize dacă aceasta este înfășurarea de joasă tensiune.[VEI 421-05-08].

NOTĂ – Atunci când raportul de transformare nominal este, prin definiție, cel puțin egal cu 1, raportul de transformare de priză trebuie să fie mai mic decât 1 pentru anumite prize atunci când raportul de transformare nominal este aproape de 1.

3.5.9 regim de priză: Ansamblu al valorilor numerice atribuite mărimilor, analog mărimilor nominale care corespund prizelor altele decât priza principală (a se vedea 5 și CEI 60606).[VEI 421-05-09, modificat]

3.5.10 mărimi de priză: Mărimi ale căror valori numerice definesc regimul de priză al unei prize particulare (alta decât priza principală).

NOTĂ – Mărimile de priză există pentru toate înfășurările transformatoarelor, nu numai pentru înfășurarea cu prize (a se vedea 5.2 și 5.3).

Mărimile de priză sunt:

- tensiunea de priză (analog tensiunii nominale 3.4.3);

- puterea de priză (analog puterii nominale 3.4.6);

- curent de priză (analog curentului nominal 3.4.7). [VEI 421-05-10, modificat].

3.5.11 priză de plină sarcină: Priză a cărei putere de priză este egală cu puterea nominală [VEI 421-05-14].

3.5.12 priză de putere redusă: Priză a cărei putere de priză este mai mică decât puterea nominală [VEI 421-05-15].

3.5.13 comutator de reglaj sub sarcină: Dispozitiv pentru schimbarea conexiunilor de priză ale unei înfășurări, adecvat pentru funcționare în timp ce transformatorul este sub tensiune sau sub sarcină [VEI 421-11-01].

3.10 Conexiuni

3.10.1 conexiune stea (conexiune Y): Conexiunea înfășurărilor în care un capăt al fiecărei înfășurări de fază ale unui transformator trifazat sau a fiecăreia dintre înfășurărilor pentru aceeași tensiune nominală a transformatoarelor monofazate asociate într-un grup trifazat, este conectată la un punct comun (punct neutru) celălalt capăt fiind conectat la borna de linie corespunzătoare [VEI 421-10-01, modificat].

3.10.2 conexiune triunghi (conexiune Δ): Conexiunea înfășurării aranjată astfel încât înfășurărilor de fază ale unui transformator trifazat sau înfășurărilor pentru aceeași tensiune nominală a transformatoarelor monofazate asociate într-un grup trifazat sunt conectate în serie pentru a funcționa.

3.10.3 conexiune în triunghi deschis: Conexiunea înfășurărilor în care înfășurărilor de fază ale unui transformator trifazat sau înfășurărilor pentru aceeași tensiune nominală a transformatoarelor monofazate asociate într-un grup trifazat, sunt conectate în serie fără închiderea unui colț al triunghiului [VEI 421-10-03, modificat].

3.10.4 conexiune zigzag (conexiune Z): conexiunea înfășurărilor în care un capăt al fiecărei înfășurări de fază a unui transformator trifazat este conectată la un punct comun (punct neutru) și fiecare înfășurare de fază constă din două părți în care sunt induse tensiuni defazate.

NOTĂ- Aceste două părți au, în mod normal, același număr de spire [VEI 421-10-04, modificat].

3.10.5 înfășurări de fază independente: înfășurări de fază ale unui transformator trifazat care nu sunt interconectate în interiorul transformatorului [VEI 421-10-05, modificat].

3.10.6 defazajul unei înfășurări trifazate: Diferență unghiulară între fazorii care reprezintă tensiunile între punctul neutru (real sau imaginar) și bornele corespunzătoare a două înfășurări un sistem de tensiuni de succesiune directă fiind aplicat bornelor de linie, urmând una după alta în ordine alfabetică, dacă ele sunt marcate cu litere sau în ordine numerică, dacă sunt numerotate. Se presupune că fazorii se rotesc în sensul invers acelor de ceasornic.[VEI 421-10-08, modificat].

NOTĂ – Fazorul înfășurării de înaltă tensiune este luat ca referință și defazajul tuturor celorlalte înfășurări este, în mod convențional, exprimat în „indice orar”, aceasta fiind ora indicată de fazorul înfășurării când înfășurarea de înaltă tensiune este la ora 12 (cu cât indicele este mai mare cu atât întârzierea este mare).

3.10.7 **simbolul conexiunii:** - Notăție convențională care indică conexiunile de înaltă tensiune, tensiunea intermediară (dacă există) și înfășurările de joasă tensiune și defazajele lor relative, exprimate printr-o combinație de litere și indici orari.[VEI 421-10-09].

5. Prescripții pentru transformatoarele care au o înfășurare cu prize

5.2 Tensiune de priză - curent de priză. Categoriile standard de reglare a tensiunii de priză. Priză de tensiune maximă

Notarea abreviată a domeniului de prize și treptelor de reglare indică domeniul de variație al raportului de transformare al transformatorului. Dar, valorile nominale ale mărimilor de priză nu sunt complet definite numai prin această notație. Sunt necesare informații suplimentare. Ele trebuie să provină fie din tabelele de putere, tensiune și curent de priză pentru fiecare priză, fie din textul care indică „categoria de reglaj a tensiunii” și eventualele limite ale domeniului „prizelor de sarcină plină”.

Categoriile extreme de reglaj al tensiunii de priză sunt:

- reglaj la flux constant (RFC);
- reglaj la flux variabil (RFV).

Ele sunt definite după cum urmează:

RFC

Tensiunea de priză este constantă pentru toate înfășurările fără prize. Tensiunile de priză sunt proporționale cu factorii de priză pentru toate înfășurările cu prize.

RFV

Tensiunea de priză este constantă pentru toate înfășurările fără prize. Tensiunile de priză sunt invers proporționale cu factorii de priză pentru toate înfășurările fără prize.

RCb (Reglaj combinat)

În cele mai multe aplicații și, în particular, pentru transformatoarele cu un domeniu de prize mare se specifică un reglaj care utilizează ambele principii aplicate la diferite părți ale domeniului: reglaj combinat (RCb). Punctul de comutare este numit "priză de tensiune maximă". Pentru acest sistem se aplică următoarele:

RFC se aplică pentru prizele cu factori de priză mai mici decât factorul de priză al prizelor de tensiune maximă.

RFV se aplică pentru prizele cu factori de priză mai mari decât factorul de priză al prizelor de tensiune maximă.

Prezentarea grafică a categoriilor de reglaj al tensiunii de priză:

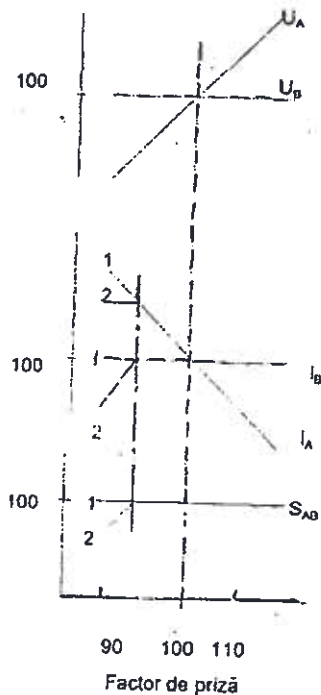


Figura 1a) – Reglaj la flux constant RFC
Se arată priza de curent maxim opțională

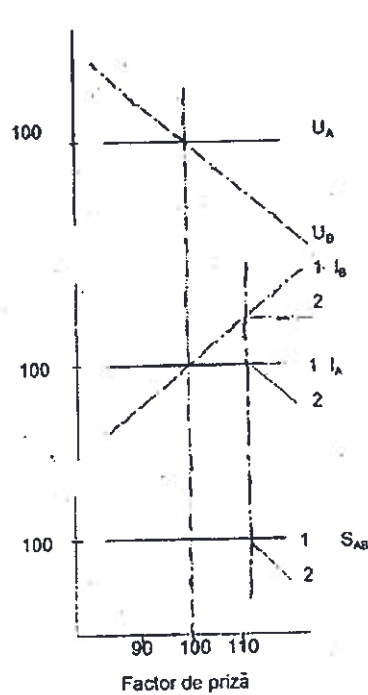


Figura 1b) – Reglaj la flux variabil RFV
Se arată priza de curent maxim opțională

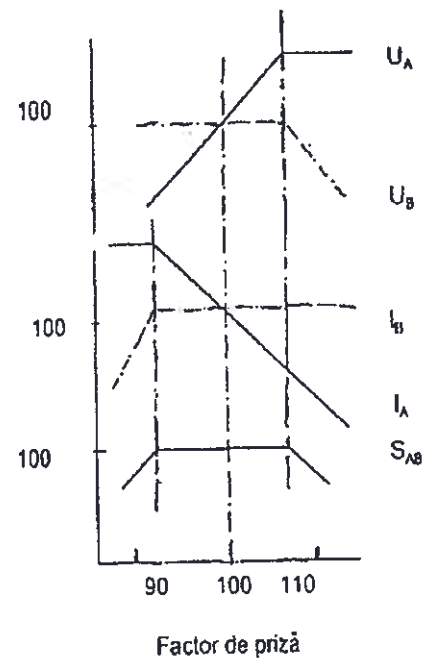


Figura 1c) – Reglaj combinat RCb
Punctul de comutare este reprezentat în domeniul crescător de prize. El corespunde atât unei prize de tensiune maximă (U_A) cât și unei prize de curent maxim (I_B constant, nu crește peste punctul de comutare. În plus, este, de asemenea, indicată o priză de curent maxim opțională (în domeniul de reglaj RFC)

Simboluri:

U_A, I_A Tensiunea și curentul de priză în înfășurarea cu prize;

U_B, I_B Tensiunea și curentul de priză în înfășurarea fără prize;

S_{AB} Puterea de priză;

Abscisa Factorul de priză, în procente (indică un număr relativ de spire efective în înfășurarea cu prize);

1 Indică prizele de plină sarcină ale domeniului de prize;

2 Indică "priza de tensiune maximă", "priza de curent maxim" și domeniul prizelor de putere redusă.

5.3 Putere de priză. Prize de plină sarcină – prize de putere redusă

Toate prizele trebuie să fie prize de plină sarcină, excepție făcând cele de mai jos.

La transformatoarele cu înfășurări separate până la inclusiv 2500 kVA cu domeniul de prize $\pm 5\%$, curentul de priză în înfășurarea cu prize trebuie să fie egal cu curentul nominal pentru toate prizele descrescătoare. Aceasta înseamnă că priza principală este o „priză de curent maxim”, a se vedea mai jos.

La transformatoarele la care domeniul de prize depășește $\pm 5\%$ se pot specifica limite ale valorilor tensiunii sau curentului de priză care, altfel, ar depăși cu mult valorile nominale. Când sunt specificate astfel de limite prizele se numesc "prize de putere redusă". Acest paragraf descrie fiecare aranjament.

Când coeficientul de priză deviază de la unitate, curentul de priză pentru prizele de plină sarcină poate să crească peste curentul nominal pe una din înfășurări. Așa cum este arătat în figura 1a) aceasta se aplică prizelor descrescătoare, înfășurărilor cu prize prize cu reglaj RFC și pentru prizele crescătoare ale înfășurărilor fără prize cu reglaj RFV (figura 1b)). Pentru evitarea supradimensionării înfășurării în discuție este posibil să se specifice o priză de curent maxim. Plecând de la această priză valorile curenților de priză ale înfășurării trebuie să fie constante. Aceasta înseamnă că prizele cele mai apropiate până la prizele cele mai depărtate sunt prize de putere redusă (a se vedea figurile 1a), 1b) și 1c)).

Dacă nu se specifică altfel, cu un RCb "priza de tensiune maximă", punctul de comutare între RFC și RFV trebuie să fie în același timp, și "priză de curent maxim". Aceasta înseamnă că rămâne constant curentul înfășurării fără prize până la priza crescătoare extremă (figura 1c)).

5.4 Specificarea prizelor în cererea de ofertă și în comanda comercială

Pentru a defini proiectarea transformatoarelor sunt necesare următoarele date:

- a) Care este înfășurarea cu prize.
 - b) Numărul treptelor nu este și valoarea treptei de reglare (sau domeniul de prize și numărul treptelor). Dacă nu este specificat altfel se presupune o repartiție simetrică a domeniului în jurul prizei principale și o valoare egală a treptelor de reglare în înfășurarea cu prize. Dacă din diverse motive proiectarea transformatorului prevede trepte inegale, aceasta se indică în cererea de ofertă.
 - c) Tipul de reglaj și, pentru reglajul combinat, punctul de comutare („priza de tensiune maximă”, a se vedea 5.2).
 - d) Dacă se impune o limită de curent maxim (priza de putere redusă) și pentru care priză.
- Punctele c) și d) pot fi înlocuite în mod avantajos printr-un tabel pe plăcuța de identificare pentru valorile nominale (a se vedea exemplul din anexa B).

Specificarea acestor date trebuie realizată în două moduri diferite:

- fie prin specificarea tuturor datelor de la început, în cererea de ofertă;
- fie ca o alternativă, utilizatorul poate prezenta un ansamblu de cazuri de sarcină cu valori ale puterilor active și reactive (indicând clar direcția de transmitere a puterii) și tensiunea de sarcină corespunzătoare.

În aceste cazuri trebuie indicate valorile extreme ale raportului de transformare sub putere redusă sau plină (a se vedea „metoda celor șase parametri” din CEI 60606). Bazându-se pe aceste informații, fabricantul trebuie să aleagă înfășurarea cu prize și să specifice mărimile nominale și mărimile de priză în propunerea sa.

8. Prescripții diverse

8.3 Declanșarea sarcinii la transformatoarele de generator

Transformatoarele destinate a fi conectate direct la bornele unui generator în măsura în care ar putea fi supuse la condiții de declanșare de sarcini trebuie să fie capabile să suporte aplicarea, timp de 5s, a unei tensiuni egale cu 1,4 ori tensiunea nominală la bornele transformatorului la care generatorul trebuie conectat.

Nu este întotdeauna posibil, în particular, pentru transformatoarele de mare putere cu mai multe înfășurări, cu tensiunea nominală relativ scăzută, să fie ajustate, cu o mare precizie, rapoartele spirelor care corespund rapoartelor de transformare nominale specificate. De asemenea, există alte mărimi care nu pot fi exprimate cu exactitate în cererea de ofertă sau care sunt supuse incertitudinii în fabricație și au erori de măsurare.

De aceea, toleranțele sunt necesare pentru anumite valori garantate.

Tabelul 1 indică toleranțele aplicabile mai multor mărimi nominale și altor mărimi când ele fac obiectul garanțiilor fabricanților citați în acest standard. Acolo unde toleranța într-o direcție este omisă, valoarea nu este supusă nici unei restricții în acest sens.

În cazuri speciale, unde sunt necesare alte toleranțe decât cele prezentate în tabelul 1, acestea trebuie să facă obiectul unui acord între fabricant și cumpărător înainte de a se face cererea de ofertă.

Se consideră că transformatoarele corespund acestui standard când mărimile tolerate nu sunt în afara toleranțelor indicate în tabelul 1.

Tabelul 1 – Toleranțe

Articole	Toleranțe
1 a) Pierderi totale b) Pierderi parțiale	• 10% din pierderile totale • 15% din fiecare pierdere parțială, cu condiția să nu depășească toleranța pentru pierderile totale
2 Raportul de transformare în gol pentru prize principale pentru prima pereche specificată de înfășurări Raportul de transformare al altor prize pentru aceeași pereche de înfășurări Raportul de transformare pentru alte perechi	Cele mai mici din următoarele valori: a) $\pm 0,5\%$ din raportul specificat b) $\pm 1/10$ din procentajul real al impedanței prizei principale Trebuie să facă obiectul unui acord, dar nu trebuie să fie mai mic decât cea mai mică valoare a) și b) de mai sus Trebuie să facă obiectul unui acord, dar nu trebuie să fie mai mic decât cea mai mică valoare a) și b) de mai sus
3 Impedanța de scurtcircuit pentru: – transformator cu două înfășurări separate, sau – o primă pereche aplicată de înfășurări a unui transformator cu mai multe înfășurări a) Prize principale b) Oncare altă priză a perchei	Când valoarea impedanței este $\geq 10\%$ $\pm 7,5\%$ din valoarea declarată Când valoarea impedanței este $< 10\%$ $\pm 10\%$ din valoarea declarată Când valoarea impedanței este $\geq 10\%$ $\pm 10\%$ din valoarea declarată Când valoarea impedanței este $< 10\%$ $\pm 15\%$ din valoarea declarată
4 Impedanța de scurtcircuit pentru: – a pereche de înfășurări autoconectate, sau – a pereche secundară specificată de înfășurări separate într-un transformator cu mai multe înfășurări a) Priza principală b) Oncare altă priză a perchei – perechi suplimentare de înfășurări	$\pm 10\%$ din valoarea declarată $\pm 15\%$ din valoarea declarată pentru aceeași priză Trebuie să facă obiectul unui acord, dar $\geq 15\%$
5 Curent de mare în gol	$\pm 30\%$ din valoarea declarată
NOTE 1 – Toleranțele perchei pentru transformatoarele cu mai multe înfășurări au aplicația fiecărei perechi de înfășurări dacă nu există o gurație sigură că se aplică unor condiții de sarcină date. 2 – Pentru arcele auto-transformatoare și transformatorii de reglare senin nu se mai mică valori de impedanță justifica o toleranță mai largă. Transformatorul din cu comenzi de prize mai mari, în mod particular, dacă comenzi este asimetric, trebuie să se dea o considerație specială. Pe de altă parte, de exemplu, când un transformator trebuie să fie asociat cu unități deja existente, trebuie justificate, specificate și aplicate toleranțe de impedanță cât mai mici. Probabilitatea toleranțelor putându-se intra în subțire în cererea de ofertă și în comandă și furnizorul trebuie să facă obiectul unui acord între fabricanti și compăzitor. 3 – "Valoarea declarată" trebuie înțelesă ca fiind valoarea declarată de fabricanti.	

INFORMAȚII CERUTE ÎN CEREREA DE OFERTĂ ȘI COMANDA COMERCIALĂ

A.1 REGIM NORMAL ȘI CARACTERISTICI GENERALE

A.1.1 Informații normale

În toate cazurile trebuie furnizate următoarele informații:

- a) Specificații particulare pentru care transformatorul să corespundă.
- b) Tipul transformatorului, de exemplu, transformator cu înfășurări separate, autotransformator sau transformator de reglare serie.
- c) Transformatoare monofazate sau trifazate.
- d) Numărul fazelor rețelei.
- e) Frecvența.
- f) Transformatoare uscate sau în ulei. Pentru transformatoarele în ulei, se indică dacă este ulei mineral sau lichid electroizolant sintetic. Pentru transformatoarele uscate se specifică gradul de protecție (a se vedea CEI 60529).
- g) Tip de interior sau de exterior.
- h) Tipul răcirii.
- i) Puterea nominală pentru fiecare înfășurare și pentru domeniul de prize care depășește $\pm 5\%$, curentul maxim de priză, dacă este aplicabil.

Dacă se specifică, pentru transformator, metode alternative de răcire, se indică valorile scăzute ale puterii împreună cu puterea nominală (care se referă la cea mai eficientă răcire).

- j) Tensiunea nominală pentru fiecare înfășurare.
- k) Pentru un transformator cu prize:
 - care înfășurare este cu prize, numărul prizelor, domeniul de prize sau treapta de reglare;
 - dacă comutatorul de reglaj este în sarcină sau fără tensiune;
 - dacă domeniul de prize este mai mare de $\pm 5\%$, tipul tensiunii de variație, tipul de reglare a poziției prizei de curent maxim, dacă există, a se vedea 5.4.
- l) Tensiunea cea mai mare pentru echipament (U_m) pentru fiecare înfășurare (cu respectarea izolației a se vedea CEI 60076-3).

- m) Metoda sistemului de legare la pământ (pentru fiecare înfășurare).
- n) Nivelul de izolație (a se vedea CEI 60076-3) pentru fiecare înfășurare.
- o) Simbolul conexiunii și bornelor de nul, pentru fiecare înfășurare dacă se cere.
- p) Instrucțiuni de montaj, instalare, transport și manipulare. Restricții asupra dimensiunilor și masei.
- q) Detalii asupra tensiunii de alimentare a aparatajului auxiliar (pompe, ventilatoare, comutatoare, alarme etc.).
- r) Accesoriile prescrise și indicații asupra locului și cotele de montaj pentru aparatele indicatoare, plăcuțe de identificare, indicatoare ale nivelului de ulei etc.
- s) Tipul sistemului de conservare a uleiului.
- t) Pentru transformatoarele cu mai mult de două înfășurări: combinații ale puterii în sarcină, componentele active și reactive ale lor, în special în cazul autotransformatoarelor cu mai multe înfășurări.

A.1.2 Informații speciale

Trebuie indicate următoarele informații suplimentare:

- a) Dacă se cere încercare la impuls de tensiune de trăsnet se indică dacă impulsul de tensiune este tăiat (cu undă tăiată) (a se vedea CEI 60076-3).
- b) Dacă este prevăzută înfășurare de stabilizare, se specifică metoda de legare la pământ.
- c) Impedanța de scurtcircuit sau domeniul de variație al impedanței (a se vedea anexa C). Pentru transformatoarele cu mai multe înfășurări, toate impedanțele care sunt specificate pentru perechile de înfășurări (valorile normale de referință dacă valorile sunt date în procente).
- d) Toleranțele raportului de transformare și a impedanțelor de scurtcircuit alese conform tabelului 1 sau diferențelor de valori date în acest tabel.
- e) Dacă transformatorul este conectat direct la generator sau prin intermediul aparatajului de conexiune și dacă este supus condițiilor de declanșare a sarcinii.
- f) Dacă transformatorul este conectat direct sau printr-o linie aeriană de lungime mică la un aparataj de comutație cu izolație gazoasă.
- g) Altitudinea peste nivelul mării, dacă depășește 1000 m.
- h) Condițiile speciale ambiante de temperatură (a se vedea 1.2.1.b) sau restricții la circulația aerului de răcire.

- i) Activitatea seismică presupusă la locul de instalare care necesită considerații speciale.
- j) Limite dimensionale particulare care pot avea consecințe asupra distanțelor de izolare și poziția bornelor transformatorului.
- k) Dacă forma de undă a curentului de sarcină poate fi grav distorsionată. Dacă este prevăzută o sarcină trifazată dezechilibrată. În ambele cazuri se dau detalii.
- l) Dacă transformatoarele sunt supuse frecvent la supracurenți, de exemplu, transformator de tracțiune sau pentru cuptoare.
- m) Detalii asupra suprasarcinilor ciclice prevăzute, altele decât cele care sunt considerate în 4.2 (pentru a permite stabilirea specificațiilor accesoriilor transformatorului).
- n) Alte condiții excepționale de funcționare.
- o) În cazul transformatoarelor cu conexiuni alternative ale înfășurărilor, cum trebuie schimbate și care conexiune se cere în funcționare.
- p) Caracteristici de scurtcircuit ale sistemelor conectate (date ca putere sau curent de scurtcircuit sau date ale impedanței rețelei și eventualele limite care afectează construcția transformatorului (a se vedea CEI 60076-5).
- q) Dacă trebuie efectuate măsuri ale nivelului de zgomot (a se vedea CEI 60551).
- r) Ținerea în gol a cuvei transformatorului și a conservatorului dacă e posibil, dacă se cere o valoare specificată.
- s) Toate încercările speciale care nu sunt menționate mai sus și care pot fi cerute.

A.2 FUNCȚIONAREA ÎN PARALEL

Dacă este prevăzută funcționarea în paralel cu transformatoare existente, trebuie precizate și date următoarele informații pentru transformatoarele existente:

- a) Puterea nominală.
- b) Raportul de transformare nominal.
- c) Rapoartele de transformare corespunzătoare prizelor altele decât priza principală.
- d) Pierderile în sarcină la curentul nominal la priza principală, corectate la temperatura de referință corespunzătoare.
- e) Impedanța de scurtcircuit a prizei principale și mai puțin a prizelor extreme, dacă domeniul de prize a înfășurărilor cu prize depășește $\pm 5\%$.
- f) Diagrama conexiunilor sau simbolul conexiunilor sau amândouă.

NOTĂ - Pentru transformatoarele cu mai multe înfășurări sunt, în general, necesare mai multe informații.

ANEXA B
(Informativă)

**EXEMPLE DE SPECIFICAȚII PENTRU TRANSFORMATOARELE CU PRIZE DE
REGLARE MARI**

EXEMPLUL 3 - REGLAJ COMBINAT

Transformator trifazat cu regimul nominal 160kV/20kV, 40MVA cu domeniul de prize $\pm 15\%$ pentru înfășurarea de 160 kV. Punctul de comutare (priza de tensiune maximă) este priza + 6% și priza de curent maximă în reglaj la flux constant este priza la - 9%.

Înfășurare cu prize: 160 kV, domeniul $\pm 10\% \times 1,5\%$

Prize	Raport de transformare	Tensiune de priză		Curent de priză		Putere de priză S MVA
		U_{HV} kV	U_{LV} kV	I_{HV} A	I_{LV} A	
1 (+ 15%)	9,20	169,6	18,43	125,6	1155	36,86
7 (+ 6%)	8,48	169,6	20	136,2	1155	40
11 (0%)	8	160	20	144,4	1155	40
17 (- 9%)	7,28	145,6	20	158,7	1155	40
21 (- 15%)	6,80	136	20	158,7	1080	37,4

NOTE

1 - Completând cu date pentru prize intermediare, tabelul de mai sus poate fi utilizat pe o placuță de identificare.

2 - Comparația acestor specificații cu specificațiile din reglarea la flux constant ar putea fi:

$$(160 \pm 15\%) / 20\text{kV} - 40 \text{ MVA}$$

Singura diferență este că tensiunea prizei de înaltă tensiune, în concordanță cu exemplul, nu trebuie să depășească „tensiunea maximă a rețelei” a unei rețele de înaltă tensiune, care este de 170 kV (valoare standardizată CEI). Valoarea "tensiunii celei mai mari a echipamentului", care caracterizează izolația înfășurărilor este, de asemenea, 170 kV (a se vedea CEI 60076-3).