

Ordin nr. 116/19.11.2014

**pentru aprobarea Normei tehnice energetice pentru limitarea fluctuațiilor de tensiune,
inclusiv a efectului de flicker, în rețelele electrice de transport și de distribuție –
NTE 012/14/00**

Având în vedere prevederile art. 36, alin. (7), lit. n) din Legea energiei electrice și a gazelor naturale nr. 123/2012, cu modificările și completările ulterioare,

în temeiul prevederilor art. 5, alin. (1), lit. d) și ale art.9, alin.(1), lit. h) din Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 33/2007 privind organizarea și funcționarea Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei, aprobată cu modificări și completări prin Legea nr. 160/2012,

președintele Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei emite prezentul ordin

Art. 1. – Se aprobă Norma tehnică energetică pentru limitarea fluctuațiilor de tensiune, inclusiv a efectului de flicker, în rețelele electrice de transport și de distribuție – NTE 012/14/00, prevăzută în anexa care face parte integrantă din prezentul ordin.

Art. 2. – Operatorii economici din sectorul energiei electrice duc la îndeplinire prevederile prezentului ordin, iar entitățile organizatorice din cadrul Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei urmăresc respectarea prevederilor prezentului ordin.

Art. 3. – Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al României, Partea I.

**Președintele Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei
Niculae Havrileț**

Norma tehnică energetică pentru limitarea fluctuațiilor de tensiune, inclusiv a efectului de flicker, în rețelele electrice de transport și de distribuție – NTE 012/14/00

CAPITOLUL I

Scop

Art.1 – Prezenta normă tehnică energetică, denumită în continuare *normă*, stabilește modul de determinare a valorilor și a surselor fluctuațiilor de tensiune (care pot produce efect de flicker), în scopul asigurării funcționării neperturbate a utilizatorilor racordați în același nod de rețea și a respectării parametrilor de calitate a energiei electrice.

Art.2. Valorile limită ale fluctuațiilor de tensiune (efect de flicker), pentru fiecare nivel de tensiune, menționate în *normă*, completează prevederile din Codul Tehnic al rețelei electrice de transport, Codul Tehnic al rețelelor electrice de distribuție, Standardul de performanță pentru serviciul de furnizare a energiei electrice, Standardul de performanță pentru serviciul de distribuție a energie electrice, Standardul de performanță pentru serviciile de transport și de sistem ale energiei electrice, aprobate de Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei.

Art.3 – Modul de măsurare și valorile limită ale indicatorilor de flicker stabilite prin prezenta *normă* sunt conforme cu standardele internaționale în vigoare.

Art.4 – Prezenta *normă* stabilește modul de alocare a cotelor de perturbație în punctul comun de cuplare și soluțiile de reducere a perturbațiilor datorate fluctuațiilor de tensiune, prevăzute în anexa A.

CAPITOLUL II

Domeniu de aplicare

Art.5. Norma se aplică de către utilizatorii racordați la rețeaua electrică de interes public și de către Operatorul de rețea responsabil pentru stabilirea cotei de perturbație pentru fiecare utilizator, la punerea în funcțiune a utilizatorilor și pe toată durata funcționării acestora.

Art.6 – *Norma* se aplică de către utilizatorii racordați la rețeaua electrică de interes public și de către operatorii de rețea în etapele de analiză în vederea racordării, la punerea în funcțiune,

la acceptarea în funcționare de durată a utilizatorilor și în faza de monitorizare a indicatorilor de calitate a energiei electrice.

Art.7 –Norma se aplică la stabilirea condițiilor de racordare și de funcționare a tuturor utilizatorilor de rețea care au sarcini fluctuante (de ex. cuptoare cu arc electric, sudare electrică, laminoare, etc.) sau surse fluctuante de generare (de ex., centrale electrice eoliene) și care determină variații aleatorii sau variații periodice ale tensiunii în punctul comun de cuplare.

Art.8 – Fluctuațiile de tensiune pot determina efect de flicker la echipamentele sensibile (iluminat, monitoare, televizoare etc.), în funcție de amplitudinea fluctuațiilor și de frecvența de repetiție a acestora.

Art.9 – (1) Fluctuațiile de tensiune au caracteristici diferite în funcție de sursa care le generează, respectiv:

a) variații aleatorii ca amplitudine și frecvență de repetiție, în cazul unor sarcini fluctuante;

b) variații cu amplitudine și frecvență constante, în cazul suprapunerii peste tensiunea normală de funcționare (practic sinusoidală de frecvență normată) a unor interarmonice cu frecvență până la 85 Hz.

(2) În prezenta normă nu sunt abordate aspectele legate de efectul de flicker datorat prezenței interarmonicilor, deoarece nivelul acestora nu este normat la nivel european.

CAPITOLUL III

Definiții și abrevieri

Art.10 – În prezenta normă termenii, expresiile și abrevierile sunt următoarele:

Bobină comandată cu tiristoare (TCR)	Bobină comandată cu tiristoare, care permite realizarea unei inductivități variabile în mod continuu. Este o componentă a compensatorului static de putere reactivă.
Compensator static de putere reactivă (SVC)	Echipament de control al tensiunii într-un nod al rețelei electrice prin controlul puterii reactive injectate sau absorbite în nod, utilizând baterii de condensatoare cu mai multe trepte, comandate cu ajutorul unor întreruptoare statice cu semiconductoare de putere,

	conectate în paralel cu o bobină controlată cu tiristoare (TCR)
Compensator static sincron (Static Synchronous Compensator- STATCOM)	Echipament care utilizează electronică de putere și un element de stocare a energiei (condensator), conectat la barele unde este necesar controlul nivelului de tensiune prin controlul puterii reactive absorbite sau debitate în nod.
Compatibilitate electromagnetică	Aptitudinea unui echipament sau sistem de a funcționa satisfăcător în mediul său electromagnetic, fără să producă perturbații electromagnetice intolerabile pentru orice echipament care s-ar afla în acest mediu perturbator.
Curbă de probabilitate cumulată (CPF)	Curbă obținută pe baza unui număr mare de date măsurate, care indică probabilitatea apariției unei valori egale sau mai mici decât o valoare dată. De exemplu, în fig. 3 este indicată probabilitatea apariției unor valori ale indicatorului de flicker instantaneu.
Curbă a tensiunii efective	Variație în funcție de timp a tensiunii efective, evaluată pe paliere succesive la interval de o semiperioadă (fig.1).
Curbă a tensiunii relative	Curbă a tensiunii efective raportată la tensiunea nominală (fig.2).
Durată a senzației de flicker t_f	Valoare de calcul cu dimensiune de timp, care descrie senzația de flicker, determinată de o singură variație de tensiune. (CEI 61000-3-3)
Factor de flicker pentru funcționare continuă (c)	Măsură relativă a emisiei de flicker, în timpul funcționării continue a grupului eolian. Se declară de către fabricant
Factor de formă (F)	Raportul dintre valoarea efectivă U a curbei unei mărimi alternative periodice și valoarea medie pe o jumătate de perioadă $U_{med1/2}$ a curbei ($F=U/U_{med1/2}$)
Factor treaptă de flicker (k_f)	Măsură relativă a emisiei de flicker, datorat unei singure operații de comutare a grupului eolian.
Factor de variație a tensiunii (k_U)	Măsură relativă a variației de tensiune, datorată unei operații de comutare a grupului eolian.

Flicker	<p>Impresie de instabilitate a senzației vizuale indusă de un stimul luminos a cărui luminanță sau distribuție spectrală fluctuează în timp (SR CEI 60050(161):1997, SR EN 50160:2011).</p> <p>Notă: Flickerul (pâlpâire, licărire) este efectul vizual, fiziologic, produs de lămpile electrice cu incandescență, în timp ce fenomenul electromagnetic care îl produce/generează este definit/referit ca fluctuații de tensiune</p>
Flickermetru	<p>Aparat care permite măsurarea mărimilor reprezentative ale fluctuațiilor de tensiune (cel puțin indicatorii de flicker P_{st} și P_{lt}).</p> <p>Notă: Această funcție este inclusă în analizoarele de calitate a energiei electrice</p>
Fluctuație de tensiune	Serie de variații relative sau ciclice ale tensiunii efective, evaluată prin valori consecutive, măsurate la un interval de o semiperioadă.
Fond de perturbații	Emisii perturbatoare existente în PCC, datorate unor cauze (utilizatori) necunoscute, în absența utilizatorilor perturbatori analizați.
Impedanță de referință (Z_{ref})	$Z_{ref} = R_k + jX_k$ R_k - Rezistența electrică echivalentă în nodul analizat X_k - Reactanța de scurtcircuit a rețelei în nodul analizat
Indicator de flicker pe termen lung (de regulă 2 ore)	<p>Indicator obținut prin agregarea pe un interval de 120 minute a 12 valori succesive ale indicatorului pe termen scurt P_{st} și care ia în considerare faptul că efectul de flicker, pe termen lung, se însumează după o lege cubică</p> $P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \cdot \sum_{k=1}^{12} P_{stk}^3}$
Indicator de flicker pe termen scurt	Indicator evaluat pe un interval redus de timp (de regulă 10 minute), pe baza disconfortului vizual asupra ochiului uman la variația fluxului luminos al unei lămpi electrice standard. Este definit sub forma:

	$P_{st} = \sqrt{0,0314 \cdot P_{0,1} + 0,0525 \cdot P_{1s} + 0,0657 \cdot P_{3s} + 0,28 \cdot P_{10s} + 0,08 \cdot P_{50s}}$ <p>unde valorile procentuale $P_{0,1}$, P_1, P_3, P_{10} și P_{50} reprezintă niveluri depășite ale indicatorului de flicker în 0,1; 1; 3; 10 și 50% din timp, pe intervalul de observație. Indicele s arată că trebuie utilizate valorile netezite. Aceste valori se obțin din relațiile :</p> $P_{50s} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3 ;$ $P_{10s} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5 ;$ $P_{3s} = (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3 ;$ $P_{1s} = (P_{0,7} + P_1 + P_{1,5})/3 ,$ <p>unde $P_{0,7}$; P_1; $P_{1,5}$; $P_{2,2}$; P_3; P_4; P_6; P_8; P_{10}; P_{13}; P_{17}; P_{30}; P_{50} și P_{80} sunt valori corespunzătoare de probabilitate, obținute din curba CPF.</p> <p>$P_{st}=1$ este pragul convențional de iritabilitate (SR CEI 61000-3-3) pentru variații dreptunghiulare de tensiune. În cazul variațiilor reale de tensiune de altă formă decât cea dreptunghiulară, se utilizează factori de corecție a indicatorului de flicker.</p>
Instalație a utilizatorului	Instalație ce include echipamentele care aparțin utilizatorului, alimentată din rețeaua electrică de interes public printr-un punct comun de cuplare (PCC).
Interarmonică	Curbă sinusoidală de tensiune sau curent electric având o frecvență care nu este un multiplu întreg al frecvenței fundamentale.
Limită de perturbație	Nivel de perturbație maxim admis specificat de reglementările în vigoare sau de alte instrucțiuni privind un echipament, o instalație sau un sistem, care determină perturbații electromagnetice, măsurat printr-o metodă specificată (SR CEI 60050(161):1997).
Nivel de compatibilitate (electromagnetică)	Nivel maxim (de referință) precizat (specificat) pentru perturbațiile electromagnetice la care se poate presupune (aștepta) că va fi supus un dispozitiv, un aparat sau un sistem, funcționând în condiții particulare. Nivelurile de compatibilitate sunt valori de referință care permit să se

	<p>coordoneze emisia și imunitatea echipamentelor, făcând parte din sau fiind alimentate de aceeași rețea, pentru a asigura compatibilitatea electromagnetică în ansamblul sistemului cuprinzând rețeaua și instalațiile care sunt racordate la aceasta.</p> <p>Notă: În practică, nivelul de compatibilitate electromagnetică nu este un maxim; el poate fi depășit cu o mică probabilitate (în mod obișnuit 5%).</p>
Nivel de emisie al unei sarcini perturbatoare	Nivel al perturbației generate în rețeaua electrică, înainte de racordarea oricărei alte sarcini perturbatoare.
Nivel de imunitate	Nivel maxim al unei perturbații electromagnetice de o formă dată, acționând asupra unui dispozitiv, aparat sau sistem, astfel încât acesta să rămână capabil de a funcționa, cu un grad prescris de performanță.
Nivel de perturbație dintr-un nod al rețelei electrice	Intensitate cuantificată a perturbației, cuprinsă într-o plajă de niveluri de perturbație corespunzând unui fenomen electromagnetic particular, întâlnit în mediul considerat. Are un caracter statistic, determinat de suprapunerea aleatorie a perturbației generate de diferite surse de emisie din SEN
Nivel total de perturbație	Valoare a unei perturbații electromagnetice date, determinată de suprapunerea emisieii tuturor părților unui echipament într-un sistem dat și măsurată pe o cale specificată.
Nivel de planificare	Nivel de planificare - Nivel al perturbației, cel mult egal cu nivelul de compatibilitate, pentru care vor fi dimensionate sistemele de limitare a perturbațiilor, astfel încât să nu fie depășit decât cu o probabilitate redusă prestabilită (cel mult 5%), utilizat în scopul de evaluare a impactului perturbației asupra sarcinilor utilizatorilor și asupra rețelei electrice de alimentare. Reprezintă obiective de calitate ale operatorilor de rețea.
Perturbație electromagnetică	Fenomen electromagnetic susceptibil de a determina modificări nedorite în funcționarea unui dispozitiv, aparat sau sistem, sau de a afecta defavorabil materia vie sau inertă.

	Notă: O perturbație electromagnetică poate fi un zgomot electromagnetic, un semnal nedorit sau o modificare a mediului de propagare.
Punct comun de cuplare (PCC)	Punct al unei rețele electrice, cel mai apropiat din punct de vedere electric de un utilizator, la care sunt sau pot fi conectați și alți utilizatori, reprezentat, de regulă, de punctul de delimitare ori de punctul de măsurare, astfel cum este stabilit în ATR.
Punct de delimitare	Locul unde instalațiile utilizatorului se racordează la instalațiile furnizorului și în care acestea se delimitează ca proprietate.
Punct intern de cuplare	Punct de conectare în interiorul sistemului industrial sau a instalației de studiat.
Putere aparentă nominală pentru o instalație electrică trifazată	$S_N = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N,$ unde U_N este tensiunea nominală, I_N – curentul electric nominal.
Putere de scurtcircuit:	Valoare convențională a puterii de scurtcircuit trifazate (SR EN 60909-0:2003) $S_{sc} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_{sc},$ unde U_N este tensiunea nominală, I_{sc} – curentul electric de scurtcircuit trifazat.
Putere nominală	Putere electrică maximă pe care o poate produce un grup generator, în funcționare continuă, în condiții normale de funcționare.
Rețea electrică de distribuție (exclusiv rețelele de distribuție internă la utilizatori)	Rețea electrică de interes public cu tensiunea de linie nominală până la 110 kV inclusiv. Notă: rețelele electrice interne de distribuție ale marilor consumatori pot fi la tensiune nominală mai mare de 110kV.
Rețea electrică de transport	Rețea electrică de interes național și strategic cu tensiunea de linie nominală mai mare de 110 kV.

Sarcină perturbatoare	Sarcină electrică ce determină apariția de perturbații electromagnetice în rețeaua electrică de alimentare, pe toată durata de funcționare a acesteia.
Sarcină perturbatoare de putere redusă	Sarcina electrică pentru care variațiile de putere $\Delta S/S_{sc} \leq K$ [%], unde factorul K este indicat în tabelul A2 .
Variație rapidă de tensiune	Modificare în funcție de timp a tensiunii efective între fază și conductorul neutru, considerată între două niveluri succesive, în care valoarea acesteia este constantă (o durată de cel puțin 1 s).
Variație de tensiune permanentă (ΔU_c)	Diferență dintre două tensiuni stabile consecutive, separate de cel puțin o variație de tensiune (fig.1).
Valoare efectivă pe o jumătate de perioadă	Valoare efectivă pe o perioadă, recalculată la fiecare semiperioadă a mărimii sinusoidale (tensiune, curent electric).
λ (PF)	Factor de putere (numai în cazul mărimilor pur sinusoidale este egal cu $\cos\varphi$)
ΔS_i	Valoare a variației de sarcină (MVA, kVA)
$\Delta U(t)$	Variație a valorilor efective de tensiune (kV, V) față de valoarea unei tensiuni anterioare, stabilă cel puțin 1 s (fig. 1)
U_c	Valoare a tensiunii permanente (kV, V)
ΔU_c	Variație de tensiune permanentă (kV, V) (fig. 1)
ΔU_{max}	Valoare maximă a variației de tensiune (kV, V) (fig.1)
B_{Pst}, B_{Plt}	Fond de perturbații sub formă de fluctuații de tensiune (%)
$c(\psi_k)$	Factor de flicker pentru funcționare continuă
<i>CEM</i>	Compatibilitate electromagnetică

$E_{psti} (E_{plti})$	Cotă de emisie alocată utilizatorului i (%)
F	Factor de formă
FIT	Foartă înaltă tensiune
$G_{pst} (G_{plt})$	Nivel global alocabil (%)
IT	Înaltă tensiune
JT	Joasă tensiune
k_f	Factor treaptă de flicker
k_U	Factor de variație a tensiunii
MT	Medie tensiune
N_{10}	Număr maxim de operații de comutare în interval de 10 minute
N_{120}	Număr maxim de operații de comutare în interval de 2 ore
$L_{pst} (L_{plt})$	Nivel de planificare a fluctuațiilor de tensiune (%)
PCC	Punct comun de cuplare
P_{lt}	Indicator de flicker pe termen lung
P_{st}	Indicator de flicker pe termen scurt
S_{sc}	Putere de scurtcircuit (MVA, kVA)
t_f	Durață a senzației de flicker (s, min)

$T_{IM}, T_{FI}, T_{JM},$	Factor de transfer a perturbației sub formă de fluctuații de tensiune între IT și MT, FIT și IT, JT și MT
$U(t)$	Curbă a tensiunii efective în funcție de timp evaluată prin valorile efective succesive, pentru fiecare semiperioadă, între două treceri prin zero ale tensiunii (fig.1, fig.2)

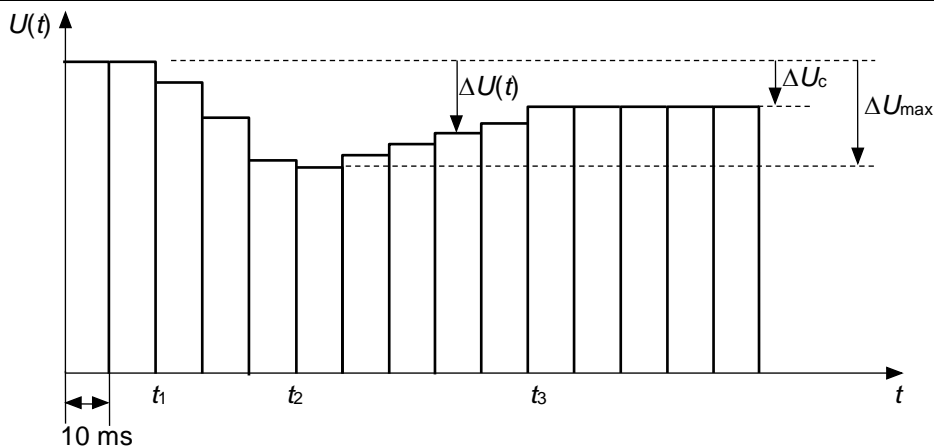


Fig.1. Curba tensiunii efective $U(t)$ cuprinzând două variații de tensiune (o reducere de tensiune și o creștere de tensiune)

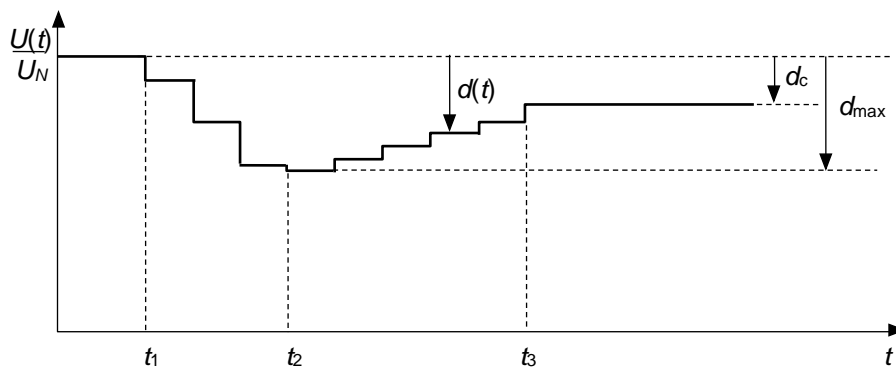


Fig.2. Curba tensiunii efective în unități relative (raportată la tensiunea nominală)

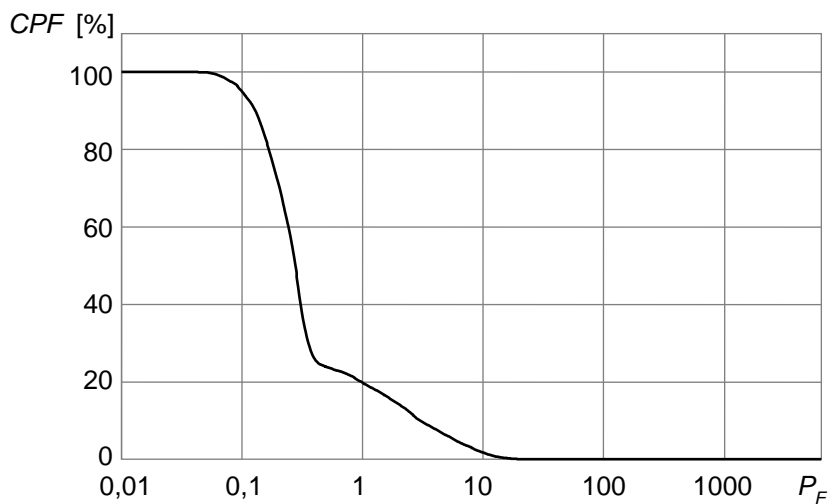


Fig. 3 – Curba de probabilitate cumulată

Art.11 – În *normă* se folosesc următoarele moduri de indicare a gradului de obligativitate a prevederilor conținute:

a) „trebuie”, „este necesar”, „urmează”: indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză;

b) „de regulă” indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor; nerespectarea unei astfel de prevederi trebuie să fie temeinic justificată prin proiectul analizat care determină efectul de flicker;

c) „se recomandă” indică o rezolvare preferabilă, care trebuie să fie avută în vedere la soluționarea problemei; nerespectarea unei astfel de prevederi nu trebuie justificată;

d) „se admite” indică o soluție satisfăcătoare, care poate fi aplicată în soluții particulare, fiind obligatorie justificarea ei.

CAPITOLUL IV

Documente de referință

Art.12 – Documentele de referință în sensul prezentei norme sunt următoarele:

a) SR CEI 60050(161):1997 (inclusiv SR CEI 60050(161):1997/A1:2005, SR CEI 60050(161):1997/A2:2005), *Vocabular electrotehnic internațional. Capitolul 161: Compatibilitate electromagnetică*;

b) SR EN 61000-3-3:2009, *Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 3-3: Limite. Limitarea variațiilor de tensiune, a fluctuațiilor de tensiune și a flickerului în rețelele publice de alimentare de joasă tensiune, pentru echipamente având un curent electric nominal ≤ 16 A pe fază și care nu sunt supuse unor restricții de conectare*;

c) SR EN 61000-4-14:2002 (inclusiv SR EN 61000-4-14:2002/A1:2004; SR EN 61000-4-14:2002/A2:2010), *Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-14: Tehnici de încercare și măsurare. Încercări de imunitate la fluctuații de tensiune*;

d) SR EN 61000-4-15:2011, *Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-15: Tehnici de încercare și de măsurare. Flickermetru. Specificații funcționale și de proiectare*;

e) SR EN 61000-4-30:2009, *Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-30: Tehnici de încercare și de măsurare. Metode de măsurare a calității energiei*;

f) SR EN 61400-21:2009, *Turbine eoliene. Partea 21: Măsurarea și evaluarea caracteristicilor de calitate a energiei electrice a turbinelor eoliene conectate la o rețea electrică*;

g) SR EN 50160:2011 (inclusiv SR EN 50160:2011/AC:2013), *Caracteristici ale tensiunii în rețelele electrice publice de distribuție*;

h) SR EN 60909-0:2003, *Curenți electrici de scurtcircuit în rețele trifazate de curent electric alternativ. Partea 0: Calculul curenților electrici*;

i) *Regulament privind racordarea utilizatorilor la rețelele electrice de interes public*, aprobat prin Ordinul Președintelui Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei nr.59/2013, cu modificările și completările ulterioare.

CAPITOLUL V

Cerințe de bază

Art.13 – Nivelul de severitate a efectului de flicker se stabilește pe baza valorilor indicatorilor P_{st} și P_{lt} .

Art.14 – Evaluarea nivelului de severitate a efectului de flicker pentru sarcina fluctuantă se efectuează prin măsurări în PCC, de regulă la MT sau IT, deși disconfortul vizual se manifestă la JT, în vederea determinării contribuției fiecărui utilizator la nivelul perturbației măsurate.

Art.15 – Limitele de emisie admisibile pentru flicker sunt diferențiate pe niveluri de tensiune.

Art.16 – (1) Nivelurile de compatibilitate sunt valori de referință care permit coordonarea emisiei și imunitatea echipamentelor, care fac parte sau sunt alimentate din aceeași rețea electrică, astfel încât să se asigure CEM în ansamblul sistemului.

(2) Nivelurile de compatibilitate trebuie respectate cu o probabilitate de minim 95% pentru întregul sistem, pe baza repartițiilor reprezentând variația perturbațiilor atât în timp, cât și în spațiu.

Art.17 – Nivelurile de compatibilitate se evaluează pe ansamblul sistemului.

Art.18 – Nivelurile de compatibilitate pentru rețelele de JT sunt prezentate în tabelul 1. Nu se definesc niveluri de compatibilitate pentru rețelele de MT și IT.

Tabelul 1 – Niveluri de compatibilitate în rețele JT

Indicator	Niveluri de compatibilitate
-----------	-----------------------------

P_{st}	1
P_{lt}	0,8

Art.19 – Valoarea $P_{st} = 1$ corespunde curbei de iritabilitate (fig.4), stabilită pentru variații de tensiune dreptunghiulare și echidistante.

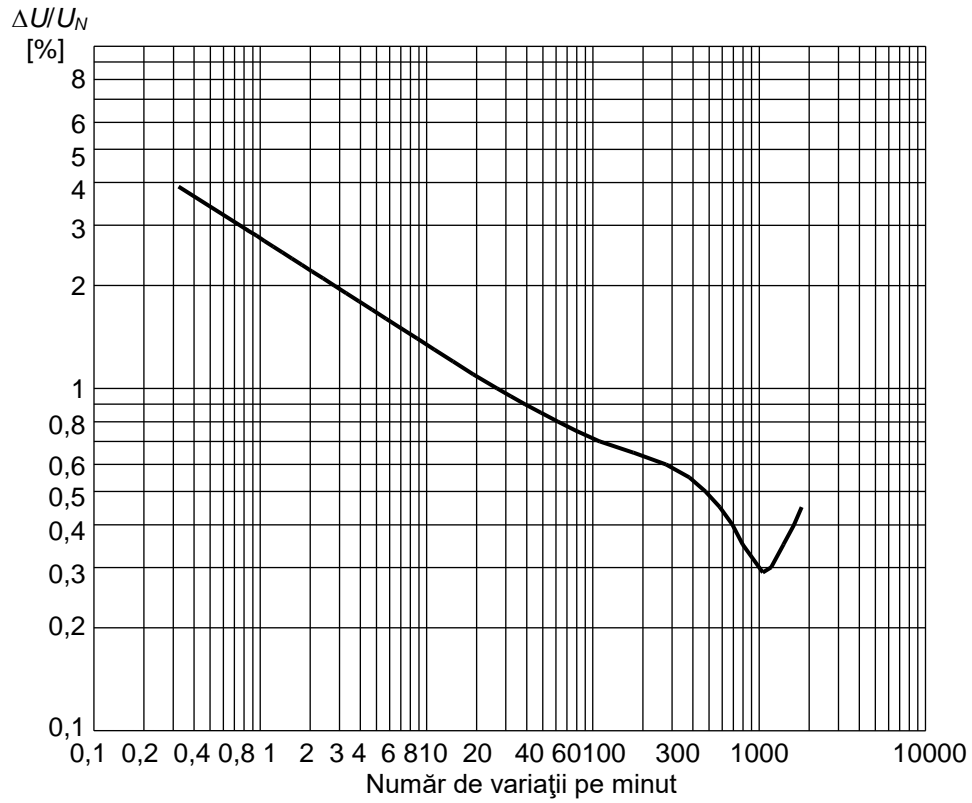


Fig. 4 – Curba de iritabilitate de referință ($P_{st} = 1$), pentru variații dreptunghiulare și echidistante, valabilă pentru lămpile cu incandescență alimentate la 230 V, 50 Hz

Art.20 – Nivelurile de planificare în PCC sunt stabilite de operatorul de rețea pentru toate nivelurile de tensiune și pot fi considerate ca obiective interne de calitate.

Art.21 – (1) Nivelurile de planificare sunt mai mici sau cel mult egale cu nivelurile de compatibilitate.

(2) Valorile nivelurilor de planificare sunt *indicative* deoarece acestea diferă de la un caz la altul, în funcție de structura rețelei electrice și de caracteristicile utilizatorilor. În tabelul 2 este prezentat un exemplu.

Tabelul 2 – Valori indicative pentru nivelurile de planificare pentru P_{st} și P_{lt} în rețele MT, IT și FIT

Indicator	Niveluri de planificare	
	MT	IT – FIT *
P_{st}	0,9	0,8
P_{lt}	0,7	0,6

* În unele sisteme electroenergetice se face diferențierea între valoarea la IT și FIT. Astfel pentru FIT se consideră $P_{st}=0,7$, iar $P_{lt}=0,5$. Aceste limite nu sunt conforme cu recomandările CEI.

Notă:

a) Valorile din tabelul 2 indică faptul că factorul de transfer al perturbației sub formă de flicker are aceeași valoare între diferite niveluri de tensiune, atât în sens crescător, cât și descrescător (ex: de la JT la MT, respectiv de la MT la IT, dar și de la IT la MT, respectiv de la MT la JT). Valoarea factorului de transfer al perturbației depinde de configurația rețelei, având, de regulă, o valoare unitară între nivelurile de MT și JT.

b) În practică, perturbațiile care apar la IT sau FIT sunt transferate la JT cu un factor de transfer subunitar; o valoare tipică a factorului de transfer de la FIT la IT este $T_{FI} = 0,85$, iar a factorului de transfer de la IT la MT este $T_{IM} = 0,93$;

c) Nivelurile de planificare din tabelul 2 nu se aplică pentru evaluarea fluctuațiilor de tensiune în cazul unor evenimente necontrolabile (de exemplu: scurtcircuite) în rețeaua electrică.

Art.22 – Pentru utilizatorii perturbatori conectați în PCC, cota de perturbații este alocată de operatorul de rețea pe baza procedurii indicate în anexa A, pe baza datelor concrete aferente rețelei electrice.

Art.23 – Pentru centralele electrice eoliene racordate la rețeaua electrică de interes public, nivelul fluctuațiilor de tensiune introduse de acestea în PCC se determină conform prevederilor din anexa B a prezentei norme.

Art.24 – În etapa de calcul, se respectă următoarea succesiune de valori ale nivelurilor de perturbații: imunitate, compatibilitate, planificare.

Art.25 – Indicatorii de flicker în PCC se determină prin măsurări și trebuie să se încadreze în cotele de perturbații alocate fiecărui utilizator perturbator conectat în PCC.

CAPITOLUL VI

Stabilirea cotei alocate de perturbație

Art.26 – Criteriul luat în considerare la stabilirea cotelor de perturbații pentru un utilizator este puterea aprobată prin Avizul Tehnic de Racordare / Certificatul de Racordare.

Art.27 – În anexa A este prezentată procedura detaliată pentru determinarea cotelor de perturbație alocate utilizatorilor.

CAPITOLUL VII

Determinarea indicatorilor de flicker prin măsurare

Art.28 – Determinarea nivelului perturbației sub formă de flicker trebuie să se realizeze utilizând aparate specializate (flickermetre/analizoare de calitate a energiei electrice), pe o durată de minim o săptămână.

Art.29 – Determinarea fondului de perturbații la flicker prin măsurări în PCC se efectuează cu utilizatorul sursă de fluctuații de tensiune deconectat.

CAPITOLUL VIII

Dispoziții finale

Art.30 – La data intrării în vigoare a prezentei Norme, prescripția energetică PE 142/1980 “Normativ privind combaterea efectului de flicker în rețelele de distribuție” își încetează aplicabilitatea.

Art.31 – (1) Pentru utilizatorii noi, conectarea la rețea se va aproba în condițiile respectării în PCC a indicatorilor privind calitatea energiei electrice.

(2) Estimarea aportului la perturbație a noului utilizator se realizează prin calcule de determinare a nivelului fluctuațiilor de tensiune în PCC, pe baza documentației tehnice și a rezultatelor privind măsurarea emisiei de flicker (după caz) pentru instalațiile care se vor racorda, cu luarea în considerare a puterii de scurtcircuit minime în PCC.

Art.32 – În perioada de funcționare de probă utilizatorul va fi monitorizat, acesta fiind obligat să se încadreze în cota de perturbații sub formă de flicker stabilită prin avizul tehnic de racordare.

Art.33 – (1) În termen de 24 luni de la data intrării în vigoare a prezentei norme, utilizatorii racordați în rețeaua electrică de interes public iau măsuri pentru încadrarea în cotele de perturbații sub formă de flicker alocate.

(2) Depășirea sistematică a nivelului cotelor de perturbații alocate conduce la aplicarea prevederilor legale în vigoare.

ANEXA A la Normă

PROCEDURĂ PENTRU DETERMINAREA COTELOR DE PERTURBAȚIE

Concepte de bază

Pct.1 – (1) Nivelul perturbațiilor sub forma fluctuațiilor de tensiune se măsoară și se evaluează în conformitate cu standardele SR EN 50160, SR EN 61000-4-30 și SR EN 61000-4-15.

(2) Măsurările se efectuează pe intervale de minim o săptămână.

Pct. 2 – (1) Pe baza valorilor P_{st} și P_{lt} măsurate pentru o săptămână de observație, se determină funcțiile de probabilitate cumulată (CPF) pentru P_{st} și P_{lt} și din aceste curbe se stabilesc valorile cu probabilitate de 95%, $P_{st95\%}$ și $P_{lt95\%}$, precum și cele cu probabilitate de 99%, $P_{st99\%}$ și $P_{lt99\%}$.

(2) $P_{st95\%}$ și $P_{lt95\%}$ nu trebuie să depășească nivelul de planificare.

(3) Se recomandă compararea valorilor indicatorilor de flicker cu probabilitate de 99% cu cele cu probabilitate de 95%. Dacă raportul acestor valori este mai mare decât 1,3 se vor elimina valorile necaracteristice (datorate, de exemplu, supratensiunilor).

Pct. 3 – În figurile A1 și A2 sunt prezentate conceptele de bază privind compatibilitatea electromagnetică, pentru cazul unui sistem energetic în ansamblu (fig. A1) și pentru un nod de rețea (fig. A2).

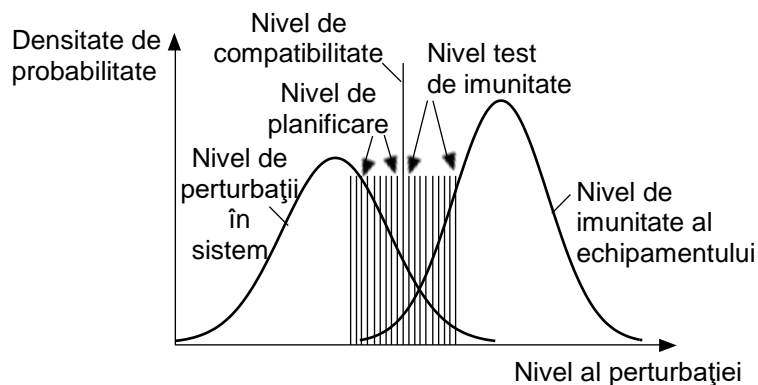


Fig.A1 – Conceptul de bază privind calitatea energiei electrice utilizând datele statistice timp/poziție, pentru întreg sistemul.

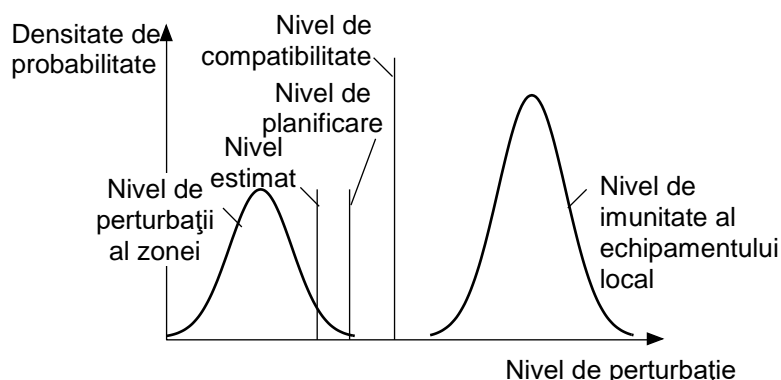


Fig.A2 – Conceptul de bază privind calitatea energiei electrice utilizând datele statistice în timp, pentru un nod de rețea.

Pct.4 – Nivelul de planificare este mai mic sau cel mult egal cu nivelul de compatibilitate. Operatorul de rețea stabilește nivelul de planificare în PCC.

Pct.5 – Nivelul test de imunitate este specificat de către producătorii de echipamente și poate fi convenit cu utilizatorul acestora.

Pct.6 – Nivelul de emisie al unei sarcini fluctuante este nivelul perturbației determinate de sarcină în PCC, dacă în PCC ar exista numai această sarcină fluctuantă.

Pct.7 – Cota de emisie alocată pentru fiecare utilizator i racordat în PCC se determină în funcție de condițiile specifice din fiecare PCC, pe baza datelor disponibile privind sarcina și caracteristicile rețelei electrice de interes public.

Principii generale

Pct. 8 – Acceptul pentru racordarea la rețeaua electrică de interes public a unei sarcini fluctuante se acordă de către operatorul de rețea în funcție de puterea aprobată utilizatorului, de puterea echipamentului sursă de perturbații și de caracteristicile rețelei electrice, astfel încât în PCC să nu se depășească nivelul de planificare.

Pct. 9 – Evaluarea utilizatorului perturbator pentru acceptul privind racordarea în rețeaua electrică de interes public se realizează în 3 stadii:

- a) în stadiul 1 se efectuează o evaluare simplificată a emisiei de perturbații;
- b) în stadiul 2 se stabilesc limite de emisie proporționale cu puterea aprobată utilizatorului prin Avizul Tehnic de Racordare/Certificatul de Racordare;
- c) în stadiul 3 se analizează acceptarea, cu titlu excepțional și temporar, a unor niveluri de emisie mai ridicate față de cele rezultate din procedura de alocare.

Pct. 10 – Algoritmii procedurii de evaluare în cele 3 stadii este prezentat în figura A3. Algoritmii sunt valabili atât pentru alocarea P_{st} , cât și pentru P_{lt} .

Pct. 11 – (1) În stadiul 1 se admite că utilizatorii instalează echipamente de putere redusă și astfel nu este necesară evaluarea specifică a emisiei de flicker de către operatorul de rețea.

(2) Evaluarea sarcinii fluctuante care poate fi conectată în rețeaua electrică de interes public în stadiul 1 se realizează pe baza raportului dintre variația sarcinii fluctuante (afereantă tuturor utilizatorilor racordați în PCC) și curentul electric minim de scurtcircuit în PCC (fig. A3), cu luarea în considerare a factorului k (tabelul A1).

Pct. 12 –(1) Dacă o sarcină nu respectă criteriile stadiului 1 (fig. A3), trebuie evaluate caracteristicile particulare ale echipamentului sursă de perturbații, precum și capacitatea de absorbție a perturbațiilor de către rețeaua electrică.

(2) Se stabilește nivelul de planificare în PCC și, corelat cu capacitatea de absorbție a rețelei electrice, se determină nivelul global alocabil al perturbației, care este împărțit între utilizatorii individuali în funcție de puterea lor aprobată, raportată la puterea totală disponibilă în PCC.

(3) Suplimentar față de cele precizate la alin. (2), la MT trebuie să se țină seama de perturbația care provine din rețeaua electrică de tensiune mai ridicată, precum și de fondul de perturbații existent în rețea.

(4) Dacă rețeaua electrică este încărcată la sarcină maximă și toți utilizatorii au emisia egală cu limitele lor individuale alocate, atunci nivelul total de perturbații în PCC nu trebuie să depășească nivelul de planificare.

(5) Procedura de alocare în stadiul 2 este indicată în figura A3.

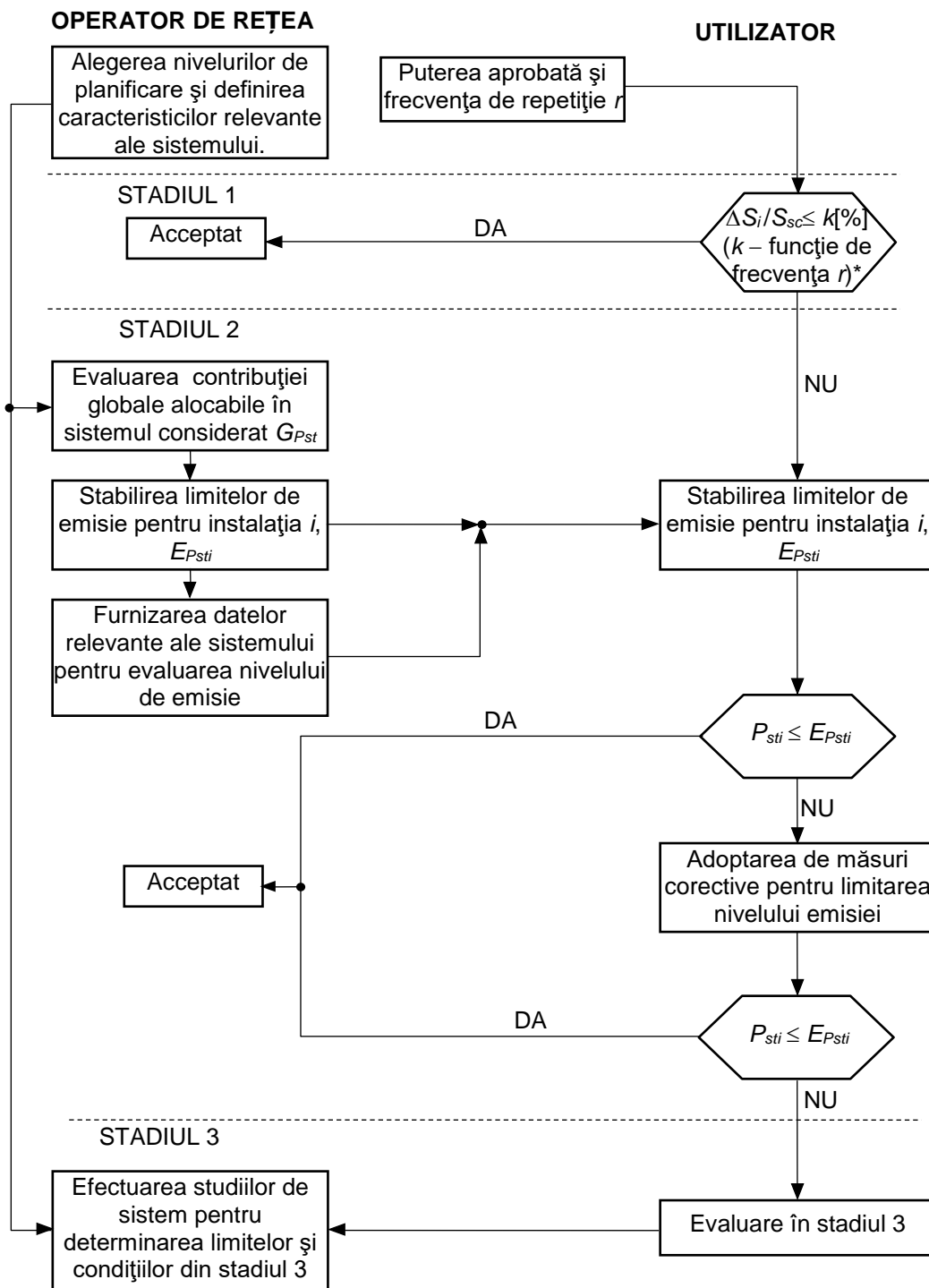


Fig.A3 – Algoritm de alocare a nivelului perturbațiilor.

* conform tabelului A2

Pct. 13 – (1) În cazuri excepționale, unui utilizator i se poate permite să emită perturbații peste limitele stabilite în stadiul 2.

(2) Utilizatorul și operatorul de rețea pot decide racordarea în condiții excepționale, cu condiția ca nivelul de perturbație în PCC să nu depășească limitele admise.

Pct. 14 – Pentru respectarea indicatorilor de calitate a energiei electrice operatorul de rețea și utilizatorul au responsabilități specifice:

a) utilizatorul este responsabil cu menținerea emisiilor pe care le produce în PCC sub limitele stabilite de operatorul de rețea;

b) operatorul de rețea este responsabil cu controlul global al nivelurilor de perturbații în condiții normale de exploatare a rețelei electrice, conform reglementărilor în vigoare.

c) operatorul de rețea și utilizatorul trebuie să coopereze în vederea reducerii emisiilor; alegerea metodei de reducere a emisiilor este în responsabilitatea utilizatorului.

Predeterminarea nivelului de emisie

Pct.15 – Predeterminarea nivelului perturbației produs de receptoarele perturbatoare se face prin calcul, pentru cazul cel mai dezavantajos, atât în condiții normale de funcționare ale utilizatorului, precum și în cazul variațiilor de sarcină determinate de extinderi viitoare, de modificarea configurației rețelei electrice și de condiții de indisponibilități programate de durată mare.

Pct.16 – Metodele simplificate de predeterminare a nivelului perturbației se bazează pe curba „ $P_{st} = 1$ ” (fig.4 din *normă*), valabilă pentru variații de tensiune dreptunghiulare și echidistante (tabelul A1).

Tabelul A1.

$P_{st} = 1$ pentru variații dreptunghiulare și echidistante ale tensiunii

r	$\Delta U/U$ (%)
\min^{-1}	$U_n = 230V$
0,1	7,4
0,2	4,58
0,4	3,54

r	$\Delta U/U$ (%)
min^{-1}	$U_n = 230\text{V}$
0,6	3,2
1	2,724
2	2,211
3	1,95
5	1,64
7	1,459
10	1,29
22	1,02
39	0,906
48	0,87
68	0,81
110	0,725
176	0,64
273	0,56
375	0,5
480	0,48
585	0,42
682	0,37
796	0,32
1020	0,28
1055	0,28
1200	0,29
1390	0,34
1620	0,402
2400	0,77
2875	1,04

Notă: O cădere de tensiune, urmată de o creștere reprezintă două variații de tensiune (de exemplu, două variații pe secundă corespund unei fluctuații cu frecvența de 1 Hz)

Pct. 17 – Pentru predeterminarea prin calcul a nivelului perturbației este necesară cunoașterea următoarelor mărimi:

- a) curentul electric minim de scurtcircuit trifazat I_{sc} determinat de rețeaua electrică în PCC (puterea minimă de scurtcircuit trifazat);
- b) caracteristica variațiilor sarcinii sursă de perturbații ca număr și formă;
- c) amplitudinea variațiilor de tensiune.

Pct. 18 – (1) Se estimează variația relativă de tensiune d , determinată ca raport între variația de sarcină ΔS_i și puterea minimă de scurtcircuit S_{sc} .

(2) În principal, variația de sarcină este determinată de variația puterii reactive ΔQ . Pentru sarcini trifazate echilibrate, variațiile relative de tensiune între fază și conductorul neutru U_Y , respectiv între faze U , raportate la tensiunea nominală sunt date de relația:

$$d = \frac{\Delta U_Y}{U_{YN}} = \frac{\Delta U}{U_N} \cong \frac{\Delta S_i}{S_{sc}} \cong \frac{\Delta Q}{S_{sc}}. \quad (A1)$$

Pct. 19 – Dacă se cunosc componentele activă și reactivă ale variației de sarcină, variația relativă de tensiune se poate calcula, într-un mod mai precis, cu ajutorul componentei rezistive, respectiv inductive ale impedanței rețelei:

$$d = \frac{R_L \cdot \Delta I_p + X_L \cdot \Delta I_q}{U_N} = \frac{R_L \cdot \Delta P_i + X_L \cdot \Delta Q_i}{U_N^2} \cong \frac{\Delta I_q}{I_{sc}}. \quad (A2)$$

în care: $\Delta I_p = \Delta I \cdot \cos \varphi$ (considerându-se curba de tensiune sinusoidală);

$$\Delta I_q = \Delta I \cdot \sin \varphi;$$

φ - unghiul de defazaj între curbele de tensiune și de curent electric.

Pct. 20 – La pornirea motoarelor mari care determină variații de tensiune, ΔS reprezintă variația de la $S_i = 0$ la $S_i = S_{imax}$. Variația de putere ΔS_i poate fi și mai mare decât puterea nominală S_N a echipamentului (de exemplu, la pornirea motoarelor asincrone mari, $\Delta S_i = (3 \dots 8) \cdot S_N$).

Pct. 21 – Pentru o sarcină bifazată (de exemplu, un aparat de sudare), variațiile de tensiune se pot determina cu relația:

$$d = \frac{\Delta U_Y}{U_{NY}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \Delta S_i}{S_{sc}}. \quad (A3)$$

Pct. 22 – În figura A4 este indicat un exemplu de determinare a nivelului perturbației sub formă de fluctuații de tensiune pentru un utilizator perturbator (cuptor cu arc electric)

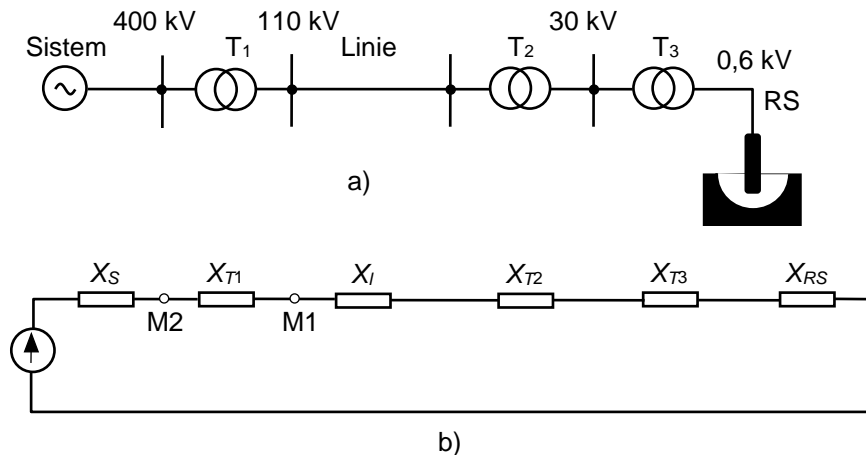


Fig.A4 – Schema monofilară analizată (a) și schema echivalentă (b)

racordat în rețeaua de 400 kV.

a) În calculele efectuate s-au luat în considerare următoarele valori:

- puterea de scurtcircuit la barele de 400 kV $S_{sc} \cong 7250$ MVA;
- puterea nominală a transformatorului 400/110 kV $S_{T1} = 250$ MVA;
- tensiunea de scurtcircuit a transformatorului 400/110 kV $u_{sc1} = 15,98\%$;
- reactanța specifică a liniei de 110 kV, $X_{L0} = 0,3 \Omega/\text{km}$;
- lungimea liniei de 110 kV, $l = 5$ km;
- puterea nominală a transformatorului 110/30 kV, $S_{T2} = 160$ MVA;
- tensiunea de scurtcircuit a transformatorului 110/30 kV $u_{sc2} = 10\%$;
- puterea nominală a transformatorului de cuptor 30/0,625 kV, $S_{T3} = 120$ MVA;
- tensiunea de scurtcircuit a transformatorului de cuptor, $u_{sc3} = 10\%$;
- reactanța rețelei scurte (legătura dintre transformatorul de cuptor și electrozii

arcului electric indicată de constructorul cuptorului la tensiunea nominală a cuptorului $U_c = 625\text{V}$) $X_{RSc} = 3 \text{ m}\Omega$.

b) Calculele de determinare se efectuează pentru bara de 110 kV, la care ar fi posibil să fie conectați și alți utilizatori. Se determină reactanțele schemei raportate la nivelul de 110 kV:

$$X_S = \frac{c \cdot U_r^2}{S_{sc}} = \frac{1,1 \cdot (110)^2}{7250} = 1,84 \, \Omega ;$$

$$X_{T1} = \frac{u_{sc}}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_T} = \frac{15,98}{100} \cdot \frac{110^2}{250} = 7,73 \, \Omega ;$$

$$X_L = X_{L0} \cdot I = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \, \Omega ;$$

$$X_{T2} = \frac{u_{sc}}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_T} = \frac{10}{100} \cdot \frac{110^2}{160} = 7,56 \, \Omega ;$$

$$X_{T3} = \frac{u_{sc}}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_T} = \frac{10}{100} \cdot \frac{110^2}{120} = 10 \, \Omega ;$$

$$X_{RS} = X_{RSc} \cdot \frac{U_r^2}{U_C^2} = 0,003 \cdot \frac{110^2}{0,625^2} = 93 \, \Omega .$$

unde c este factorul de tensiune stabilit în conformitate cu prevederile legale în vigoare.

c) Se consideră că fluctuația de tensiune este datorată trecerii de la regimul de scurtcircuit la regimul de gol în funcționarea cuptorului cu arc electric și rezultă că, pe durata scurtcircuitului în cuptor, tensiunea în punctele de măsurare M1 și M2 devine (considerând tensiunea nominală de fază de $110/\sqrt{3} = 63,5$ kV):

$$U_{M1} = 63,5 \cdot \frac{1,5 + 7,56 + 10 + 93}{1,84 + 7,73 + 1,5 + 7,56 + 10 + 93} = 58,5 \, \text{kV} ;$$

$$U_{M2} = 63,5 \cdot \frac{7,73 + 1,5 + 7,56 + 10 + 93}{1,84 + 7,73 + 1,5 + 7,56 + 10 + 93} = 62,54 \, \text{kV} .$$

determinând în punctul M1 o variație de tensiune de circa 7,9%, iar la barele de 400 kV, (punctul M2) o variație de circa 1,5%.

d) Se determină valoarea indicatorului de flicker pe termen scurt, pe baza unei proceduri simplificate, conform relației:

$$P_{st} = \left(\frac{d}{d_{Pst=1}} \right) \cdot F, \quad (A4)$$

în care:

d este variația maximă de tensiune în punctul analizat;

$d_{Pst=1}$ este valoarea corespunzătoare curbei de iritabilitate (fig.4 din *norma*);

F este factorul de formă al variației de tensiune.

e) Dacă se consideră că în cuptor au loc 30 fenomene de scurtcircuit pe minut, corespunzător la 60 variații (30 variații la reducerea tensiunii și 30 variații la creșterea tensiunii), din diagrama de iritabilitate rezultă o valoare admisă a variației de tensiune de 0,8%.

În ipoteza unei variații dreptunghiulare a tensiunii la bornele arcului electric, factorul de formă $F = 1$, iar valoarea indicatorului de flicker pe termen scurt, în cele două puncte analizate rezultă:

$$P_{stM1} = \left(\frac{\frac{63,5 - 58,5}{63,5} \cdot 100}{0,8} \right) \cdot 1 = 9,84 ;$$

$$P_{stM2} = \left(\frac{\frac{63,5 - 62,54}{63,5} \cdot 100}{0,8} \right) \cdot 1 = 1,88 .$$

f) Rezultatele de calcul au condus la valorile obținute în punctul M1 apropiate de cele determinate experimental.

g) Calculele efectuate, pe baza schemei simplificate din figura A4, arată că obținerea unui nivel de flicker $P_{st} \leq 1$ la nivelul barei de 110kV la care ar putea fi conectat încă un transformator de 400/110kV, pentru alimentarea altor consumatori din zonă, necesită creșterea puterii de scurtcircuit la barele de 400 kV la peste 13800 MVA.

Pct. 23 – (1) Predeterminarea nivelului perturbației sub formă de fluctuație de tensiune se poate face și dacă se cunoaște forma variației de tensiune, pe baza relațiilor:

$$P_{st} = \left(\sum_{i=1}^M \frac{t_{fi}}{T_{pst}} \right)^{1/3,2} ;$$

$$P_{lt} = \left(\sum_{i=1}^M \frac{t_{fi}}{T_{plt}} \right)^{1/3,2} ,$$
(A5)

unde $T_{pst} = 600$ s (10 minute), iar $T_{plt} = 7200$ s (2 ore).

t_{fi} – durata disconfortului vizual determinat de fluctuațiile de tensiune (s).

(2) Durata t_{fi} se determină în funcție de forma variației de tensiune, caracterizată de factorul de formă F ($F = 1$ pentru o variație dreptunghiulară de tensiune):

$$t_f = 2,3 \cdot (F \cdot d_{\max})^{3,2} ,$$
(A6)

unde d_{\max} este valoarea maximă a variației relative de tensiune, exprimată în procente din tensiunea nominală.

Pct. 24 – (1) Forma și durata de variație a tensiunii de alimentare au influență asupra senzației de disconfort vizual. Pentru evaluarea nivelului de flicker pe baza curbei de iritabilitate, diferitele tipuri de variație se raportează la o variație dreptunghiulară de referință, prin intermediul factorilor F .

(2) În figurile A5, A6 și A7 sunt indicate valori ale factorului F pentru diferite forme ale perturbației.

Pct. 25 – Evaluarea nivelului de flicker pe baza relațiilor (A5) și (A6), pentru cazul în care variațiile de tensiune se succed la intervale mai mari de o secundă, conduce la obținerea unor valori care nu diferă cu mai mult de $\pm 10\%$ față de măsurarea directă cu flickermetrul (considerată ca metodă de referință).

Pct. 26 – În cazul în care variațiile de tensiune sunt dreptunghiulare, de aceeași amplitudine d_{\max} , și se succed la același interval de timp, pentru evaluarea nivelului de flicker poate fi utilizată curba de iritabilitate d_{\lim} , căreia îi corespunde $P_{st} = 1$. Nivelul de flicker pe termen scurt se calculează, în acest caz, cu relația:

$$P_{st} = \frac{d_{\max}}{d_{\lim}} \quad (A7)$$

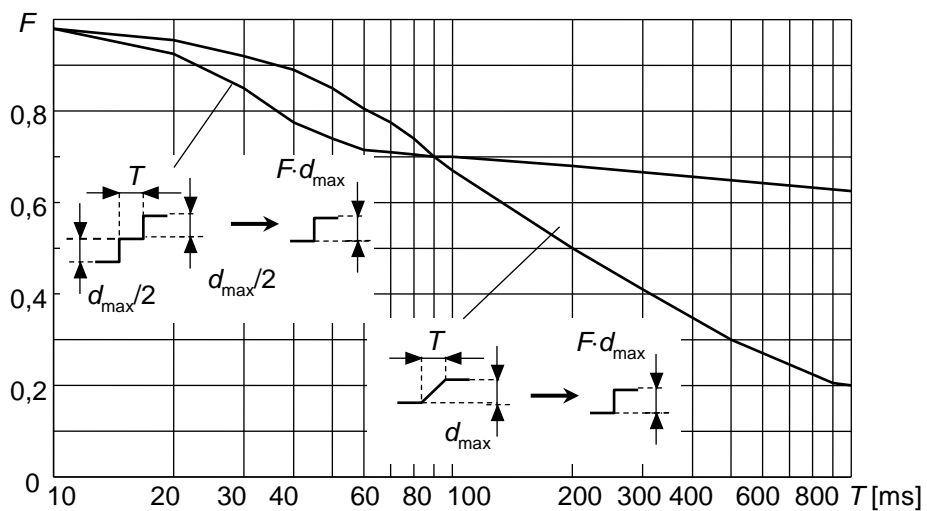


Fig.A5 – Factorul de formă F pentru variații de tensiune în treaptă dublă și în rampă

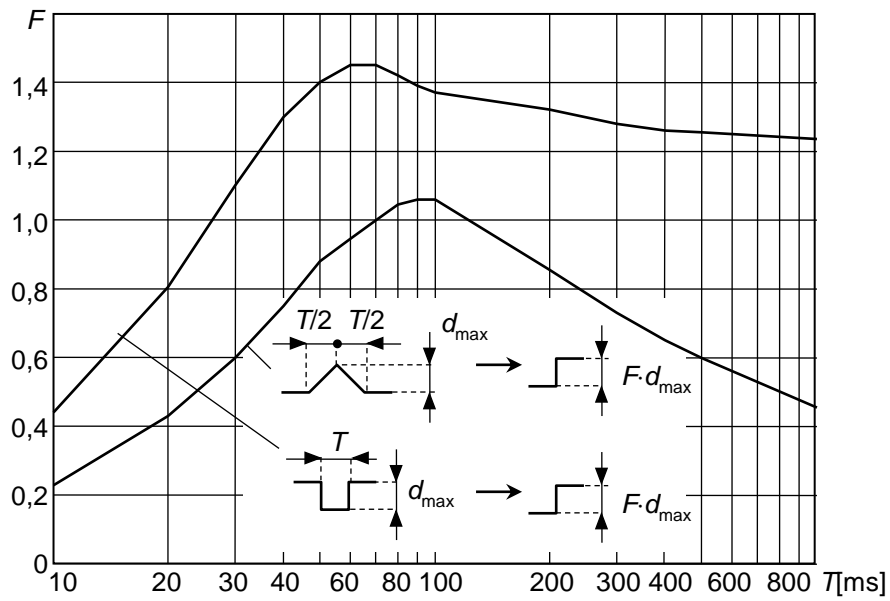


Fig.A6 – Factorul de formă F pentru variații de tensiune de formă triunghiulară și rectangulară

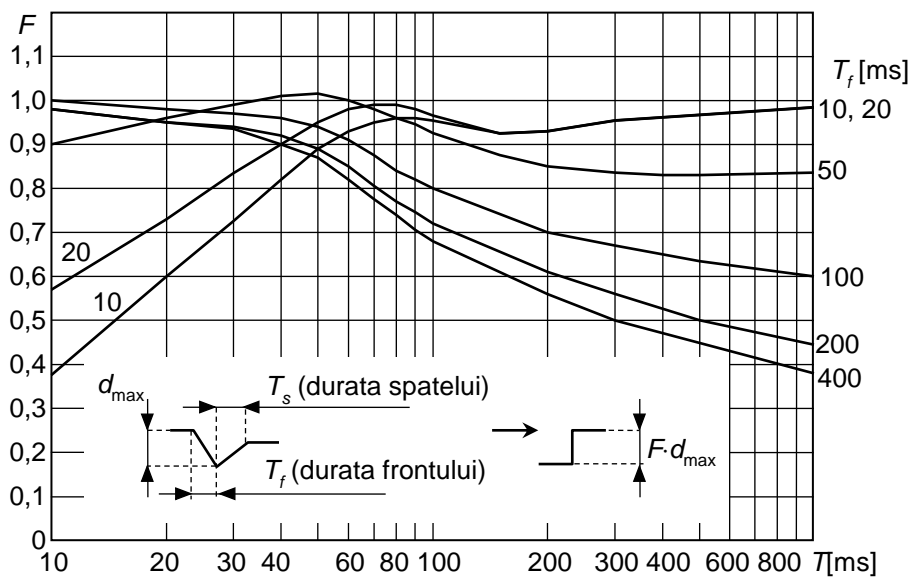


Fig.A7 – Factorul de formă F pentru variații de tensiune care apar la pornirea motoarelor, în funcție de durata frontului

Pct. 27 – (1) Perturbațiile sub formă de fluctuații de tensiune, determinate de diferite surse perturbatoare conectate în același PCC, se însumează conform relației:

$$P_{st} = m \sqrt{\sum_i P_{sti}^m}, \quad (A8)$$

unde : P_{sti} este nivelul perturbației determinat de fiecare dintre sursele i

m este un factor caracteristic sursei perturbatoare.

(2) Valorile factorului m sunt:

a) $m = 4$ în cazurile în care apariția fluctuațiilor de tensiune simultane este improbabilă;

b) $m = 3$ în cele mai multe cazuri, atunci când riscul de apariție a fluctuațiilor simultane de tensiune este mic;

c) $m = 2$ în cazurile în care simultaneitatea fluctuațiilor de tensiune este probabilă (de exemplu, cuptoare cu arc electric lucrează simultan);

d) $m = 1$ în cazurile în care simultaneitatea apariției fluctuațiilor de tensiune este foarte probabilă (de exemplu, pornirea simultană a unor motoare mari).

(3) În cazul general se utilizează $m = 3$, deoarece această valoare se recomandă pentru însumarea perturbațiilor sub formă de fluctuații de tensiune determinate de sarcinile utilizatorilor, în cazul în care nu există informații care să conducă la utilizarea altei valori.

Alocarea nivelului de emisie în rețelele de medie tensiune

Pct. 28 – Operatorul de rețea poate aproba conectarea sarcinilor perturbatoare de putere redusă în stadiul 1, fără o evaluare detaliată a caracteristicilor de emisie sau a răspunsului rețelei electrice, dacă variațiile de putere ΔS în raport cu puterea de scurtcircuit în PCC se încadrează în limitele din tabelul A2, stabilite în funcție de numărul de variații ale tensiunii (frecvența de repetiție) pe minut, r.

Pct. 29 – În stadiul 2, operatorul de rețea alocă nivelul de emisie/cotele de perturbație sub formă de fluctuații de tensiune utilizatorilor conectați în PCC, proporțional cu puterea aprobată acestora prin Avizul Tehnic de Racordare/Certificatul de Racordare.

Pct. 30 – În calculele pentru alocarea nivelului de emisie a perturbației sub forma fluctuațiilor de tensiune se iau în considerare următoarele ipoteze:

a) perturbația existentă la un nivel de tensiune va fi transferată la rețeaua de tensiune inferioară cu un anumit factor de transfer (în general mai mic sau cel mult egal cu unitatea).

b) contribuția la flicker a rețelelor de tensiune inferioară spre rețelele de tensiune superioară se consideră neglijabilă (factor de transfer egal cu 0), deoarece valoarea curentului de scurtcircuit trifazat crește la niveluri mai ridicate ale tensiunii și coincidența variațiilor de tensiune este mai puțin probabilă.

Tabelul A2 – Limite pentru variațiile de putere în funcție de numărul de variații pe minut ale perturbațiilor

r [min^{-1}]	$k = (\Delta S/S_{sc})_{\text{max}}$ [%]
$r > 200$	0,1
$10 \leq r \leq 200$	0,2
$r < 10$	0,4

Notă: ΔS este o valoare care poate fi chiar mai mare decât puterea nominală a instalației (de exemplu, la pornirea motoarelor asincrone $\Delta S/S_N = 3 \dots 8$).

Pct. 31 – Nivelul perturbației la bara de medie tensiune se determină prin agregarea perturbațiilor transmise din rețeaua electrică de IT cu perturbațiile utilizatorilor conectați la rețeaua electrică de MT (fig. A8); se consideră faptul că rețeaua electrică de JT nu influențează,

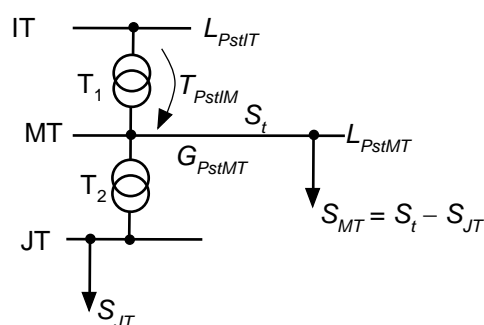


Fig.A8 – Fluctuații de tensiune în rețele de medie tensiune

din punct de vedere al fluctuațiilor de tensiune, rețeaua electrică de MT.

Pct. 32 – Perturbația totală pe bara de MT nu trebuie să depășească nivelul de planificare L_{PstMT} a perturbației pe această bară; în acest fel, valorile globale G_{PstMT} , respectiv G_{PltMT} care pot fi alocate utilizatorilor conectați la bara de MT se determină cu relațiile:

$$G_{PstMT} = \sqrt[3]{L_{PstMT}^3 - T_{PstIT}^3 L_{PstIT}^3} ; \quad (A9)$$

$$G_{PltMT} = \sqrt[3]{L_{PltMT}^3 - T_{PltIM}^3 \cdot L_{PltIT}^3},$$

unde G_{PstMT} , G_{PltMT} - valorile globale maxime ale perturbației, care poate fi alocată sarcinilor locale în rețeaua electrică de MT (exprimată în termeni de P_{st} , respectiv P_{lt}); L_{PstMT}, L_{PltMT} - nivelul de planificare al perturbației în rețeaua MT;

L_{PstIT}, L_{PltIT} - nivelul de planificare al perturbației în rețeaua electrică de IT din amonte;

T_{PstIM}, T_{PltIM} - factor de transfer între rețeaua electrică de IT din amonte și rețeaua electrică de MT.

Pct. 33 - În tabelul A3 sunt indicate rezultatele de calcul pentru determinarea valorilor globale alocabile G_{PstMT} și G_{PltMT} pentru un PCC din rețeaua electrică de MT, luând în considerare valorile de planificare $L_{PstIT}, L_{PltIT}, L_{PstMT}$ și L_{PltMT} din tabelul 2 din normă, în ipoteza unui factor de transfer între IT și MT $T_{IM} = 0,9$.

Tabelul A3 - Valori alocabile G_{PstMT} și G_{PltMT} la medie tensiune

G_{PstMT}	G_{PltMT}
0,71	0,57

Pct. 34 - (1) În cazul în care la barele de MT există un fond de perturbații B_{PstMT} sau B_{PltMT} , acesta se ia în considerare prin diminuarea valorilor de planificare:

$$L'_{PstMT} = \sqrt[3]{L_{PstMT}^3 - B_{PstMT}^3} \quad (A10)$$

$$L'_{PltMT} = \sqrt[3]{L_{PltMT}^3 - B_{PltMT}^3}$$

(2) Relațiile A10 pot fi utilizate dacă nivelul fondului de perturbații (background) este sub 0,5. Pentru valori peste 0,5 pot apărea erori în calculele de alocare.

Pct. 35 - Limitele de emisie individuale (cotele alocate) E_{Psti} , respectiv E_{Plti} se stabilesc pentru fiecare utilizator al unei rețele electrice în funcție de valorile alocabile G_{PstMT} și G_{PltMT} , de puterea aprobată S_i ($S_i = P_i / \lambda_i$, unde λ_i este factorul de putere al utilizatorului i), de puterea totală S_t a sarcinilor direct alimentate în MT și de puterea S_{JT} transmisă spre rețeaua electrică de JT, după cum urmează:

$$E_{Psti} = G_{PstMT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_t - S_{JT}}};$$

$$E_{Plti} = G_{PltMT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_t - S_{JT}}}, \quad (A11)$$

unde: S_t - puterea transmisă spre rețeaua electrică de MT (puterea S_t poate fi egală cu puterea transformatorului IT/MT care alimentează bara de MT sau cu puterea totală conectată la această bară, luând în considerare eventualele dezvoltări);

S_{JT} - puterea transmisă spre rețeaua electrică de JT, luând în considerare eventualele dezvoltări.

Pct. 36 – Pentru utilizatorii cu putere aprobată redusă, pentru care valoarea rezultată pentru cota alocată este prea mică și dificil de realizat, se alocă valorile indicate în tabelul A4.

Tabelul A4 – Valori minime alocabile
utilizatorilor perturbatori

E_{Psti}	E_{Plti}
0,35	0,25

Pct. 37 – În stadiul 3 operatorul de rețea analizează posibilitatea acceptării unor niveluri de emisie mai ridicate, cu titlu excepțional și temporar. În acest scop se iau în considerare următoarele aspecte:

a) unii utilizatori conectați în rețeaua electrică de MT nu au sarcini fluctuante importante și nu produc perturbații semnificative;

b) o parte din puterea disponibilă a rețelei nu este utilizată perioade lungi de timp.

c) aplicarea stadiilor 1 și 2 poate conduce la niveluri totale ale perturbației inferioare nivelului de planificare, creând o rezervă, pe care operatorul de rețea o poate utiliza pentru alocare cu titlu excepțional și temporar, la utilizatori care depășesc cotele alocate prin calcul;

d) nu se acceptă depășirea nivelurilor de planificare pentru rețeaua electrică de MT.

Alocarea nivelului de emisie în rețelele de înaltă tensiune

Pct. 38 – Operatorul de rețea poate aproba conectarea sarcinilor perturbatoare de putere redusă în stadiul 1, fără o evaluare detaliată a caracteristicilor de emisie sau a răspunsului rețelei electrice, dacă variațiile de putere ΔS în PCC se încadrează în limitele din tabelul A2, stabilite în funcție de numărul de variații ale tensiunii pe minut r .

Pct. 39 – În stadiul 2, operatorul de rețea alocă nivelul de emisie/cotele de perturbație sub formă de fluctuații de tensiune utilizatorilor conectați în PCC, proporțional cu puterea aprobată acestora prin Avizul Tehnic de Racordare/Certificatul de Racordare.

Pct. 40 – Calculele de alocare sunt efectuate în același mod ca în cazul rețelelor electrice de MT; determinarea cotei alocate pentru fiecare utilizator se face prin raportare la puterea total disponibilă pentru ansamblul utilizatorilor și nu la capacitatea totală de alimentare a rețelei.

Pct. 41 – Nivelul perturbației la bara de IT se determină prin agregarea perturbațiilor transmise din rețeaua electrică de FIT cu perturbațiile utilizatorilor racordați la rețeaua electrică de IT (fig.A9).

Pct. 42 – Perturbația totală la bara de IT nu trebuie să depășească nivelul de planificare L_{PstIT} , respectiv L_{PstIT} a perturbației pe această bară, astfel încât valorile globale G_{PstIT} , respectiv G_{PltIT} , care pot fi alocate utilizatorilor conectați la bara de IT, se determină cu relațiile:

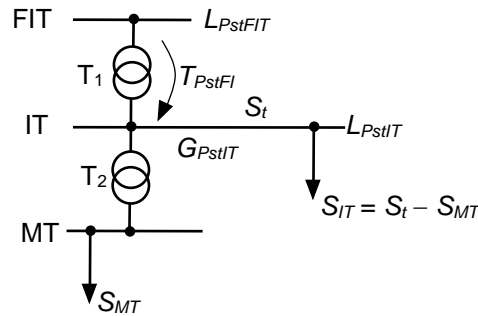


Fig.A9 – Nivelul fluctuațiilor de tensiune în rețele electrice de IT

$$G_{PstIT} = \sqrt[3]{L_{PstIT}^3 - T_{PstFI}^3 \cdot L_{PstFIT}^3} ; \quad (A12)$$

$$G_{PltIT} = \sqrt[3]{L_{PltIT}^3 - T_{PltFI}^3 \cdot L_{PltFIT}^3} ,$$

unde: G_{PstIT} , G_{PltIT} - valorile globale maxime ale perturbației care pot fi alocate sarcinilor locale în rețeaua electrică de IT (exprimată în termeni de P_{st} , respectiv P_{lt});

L_{PstIT} , L_{PltIT} – nivelul de planificare al perturbației în rețeaua electrică de IT;

L_{PstFIT} , L_{PltFIT} – nivelul de planificare al perturbației în rețeaua electrică de FIT din amonte;

T_{PstFI} , T_{PltFI} – factor de transfer între rețeaua electrică de FIT din amonte și rețeaua electrică de IT.

Pct. 43 – Limitele de emisie individuale (cotele alocate) E_{Psti} , respectiv E_{Plti} se stabilesc pentru fiecare utilizator al unei rețele electrice în funcție de valorile alocabile G_{PstIT} și G_{PltIT} , de puterea aprobată S_i ($S_i = P_i / \lambda_i$, unde λ_i este factorul de putere al utilizatorului i), de puterea totală disponibilă S_t la bara de IT și de puterea S_{MT} transmisă spre rețeaua electrică de MT :

$$E_{Psti} = G_{PstIT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_t - S_{MT}}};$$

$$E_{Plti} = G_{PlIT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_t - S_{MT}}},$$
(A13)

unde S_{MT} este puterea transmisă spre rețeaua electrică de MT prin intermediul transformatorului T_2 .

Pct. 44 – Pentru utilizatorii cu putere aprobată redusă, pentru care valoarea rezultată pentru cota alocată este prea mică și dificil de realizat, se alocă valorile indicate în tabelul A4.

Pct. 45 – Puterea totală disponibilă S_t la bara unei stații de IT se determină pe baza schemei liniilor de legătură la stație și a sensului de circulație a puterilor pe linii (fig.A.10):

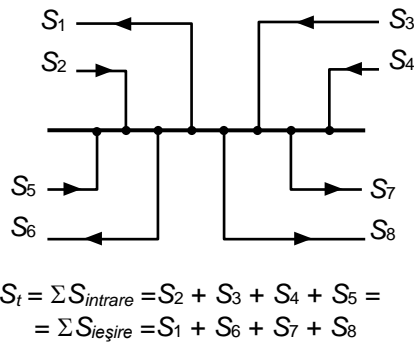


Fig.A10 – Evaluarea puterii totale disponibile S_t a stației.

Pct. 46 – În cazul unor stații electrice apropiate, se ia în considerare și influența mutuală a acestora. Pentru cazul indicat în figura A11 puterea totală S_t pentru stația B1 se calculează din relația:

$$S_{IT} = S_{IT1} + (K_{2-1})^\alpha \cdot S_{IT2} + (K_{3-1})^\alpha \cdot S_{IT3} + \dots ,$$
(A14)

unde K sunt factorii de influență dintre stații.

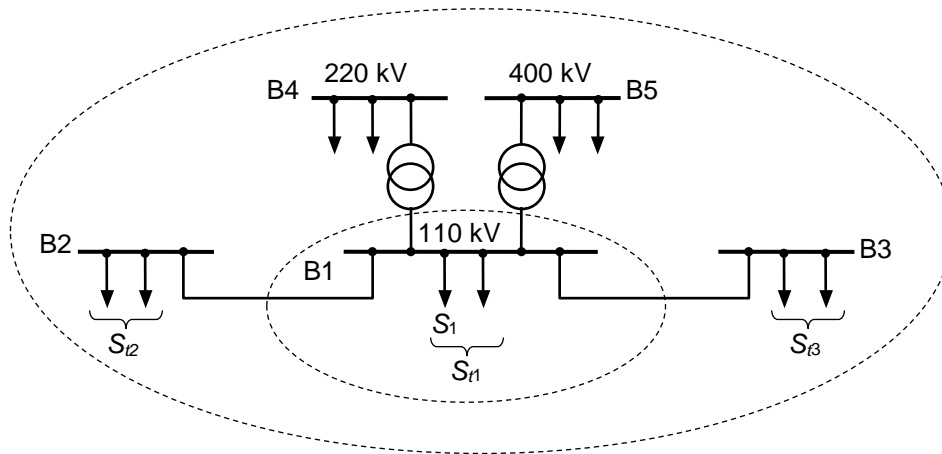


Fig.A11 – Determinarea factorilor de influență între stații apropiate

Pct. 47 – Factorii de influență se determină dintr-un calcul de regim permanent și reprezintă variația de tensiune într-un nod, atunci când în celălalt nod are loc o variație unitară de tensiune.

Pct. 48 – Ca exemplu, se consideră o stație de 110 kV (fig. A12) la care sunt conectați doi utilizatori perturbatori: un cuptor cu arc electric de 60 MVA și un laminor de 25 MVA; s-au considerat nivelurile de planificare $L_{PstIT} = L_{PstFIT} = 0,8$ și $L_{PltIT} = L_{PltFIT} = 0,6$

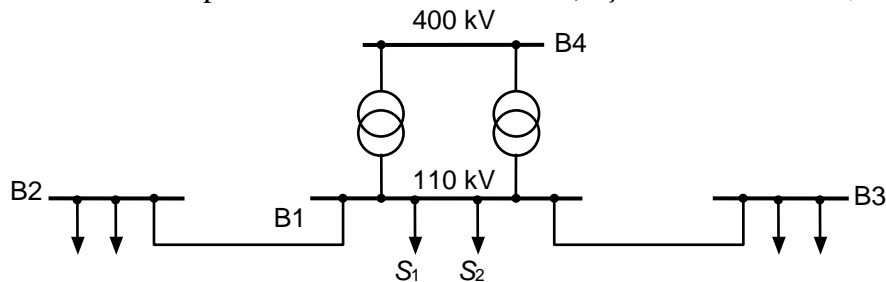


Fig.A12 – Alocarea nivelului de perturbații în stația de 110 kV

a) din stația B1 sunt alimentate stațiile B2 și B3 prin linii de 110 kV, fiecare asigurând transportul a 30 MVA. Din calculele de regim permanent rezultă factorii de influență $K_{2-1} = 0,15$ și $K_{3-1} = 0,12$.

b) puterea totală la nivelul barei de 110 kV rezultă

$$S_{IT} = (60 + 25 + 30 + 30) + (0,15)^3 \cdot 30 + (0,12)^3 \cdot 30 = 145,15 \text{ MVA}$$

c) nivelul perturbației globale alocabilă la IT, considerând un factor de transfer de la FIT la IT egal cu 0,8 rezultă:

$$G_{PstIT} = \sqrt[\alpha]{L_{PstIT}^\alpha - T_{PstFIT-IT}^\alpha \cdot L_{PstFIT}^\alpha} = \sqrt[3]{0,8^3 - 0,8^3 \cdot 0,8^3} = 0,63 .$$

$$G_{PltIT} = \sqrt[\alpha]{L_{PltIT}^\alpha - T_{PltFIT-IT}^\alpha \cdot L_{PltFIT}^\alpha} = \sqrt[3]{0,6^3 - 0,8^3 \cdot 0,6^3} = 0,47 .$$

d) nivelul de perturbație P_{st} alocat fiecărui utilizator va fi:

$$E_{Pst1} = G_{PstIT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_1}{S_{IT}}} = 0,63 \cdot \sqrt[3]{\frac{60}{145,15}} = 0,47;$$

$$E_{Pst2} = G_{PstIT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_2}{S_{IT}}} = 0,63 \cdot \sqrt[3]{\frac{25}{145,15}} = 0,35.$$

e) Nivelul de perturbație pe termen lung rezultă:

$$E_{Plt1} = G_{PltIT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_1}{S_{IT}}} = 0,47 \cdot \sqrt[3]{\frac{60}{145,15}} = 0,35;$$

$$E_{Plt2} = G_{PltIT} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_2}{S_{IT}}} = 0,47 \cdot \sqrt[3]{\frac{25}{145,15}} = 0,26.$$

Pct. 49 – Dacă în rețeaua electrică de IT există un fond de perturbatie B_{PstIT} , respectiv B_{PltIT} , acesta determină reducerea nivelurilor de planificare corespunzătoare, iar limitele L_{PstIT} și L_{PltIT} sunt înlocuite cu valorile L'_{PstIT} și L'_{PltIT}

$$L'_{PstIT} = \sqrt[3]{L_{PstIT}^3 - B_{PstIT}^3};$$

$$L'_{PltIT} = \sqrt[3]{L_{PltIT}^3 - B_{PltIT}^3}.$$

(A15)

Pct. 50 – În stadiul 3 operatorul de rețea analizează posibilitatea acceptării unor niveluri de emisie mai ridicate, cu titlu excepțional și temporar. În acest scop se iau în considerare următoarele aspecte:

a) unii utilizatori conectați în rețeaua electrică de IT nu au sarcini fluctuante importante și nu produc perturbații semnificative;

b) o parte din puterea disponibilă a rețelei nu este utilizată perioade lungi de timp.

c) aplicarea stadiilor 1 și 2 conduce la niveluri totale ale perturbației inferioare nivelului de planificare, creând o rezervă, pe care operatorul de rețea o poate utiliza pentru alocare, cu titlu excepțional și temporar, la utilizatorii care depășesc cotele alocate prin calcul;

d) nu se acceptă depășirea nivelurilor de planificare pentru rețeaua electrică de IT.

Limite de emisie pentru variații rapide de tensiune

Pct. 51 – Variațiile rapide de tensiune determinate de variații rapide ale sarcinii provoacă disconfort vizual și trebuie verificate din punct de vedere al nivelului admisibil al perturbației.

Pct. 52 – Coincidența de apariție a mai multor variații rapide de tensiune are o probabilitate foarte redusă și nu este necesară o regulă de însumare.

Pct. 53 – Evaluarea nivelului de disconfort vizual se face pe baza variației relative dinamice de tensiune ΔU_{din} în raport cu tensiunea reală (fig. A13).

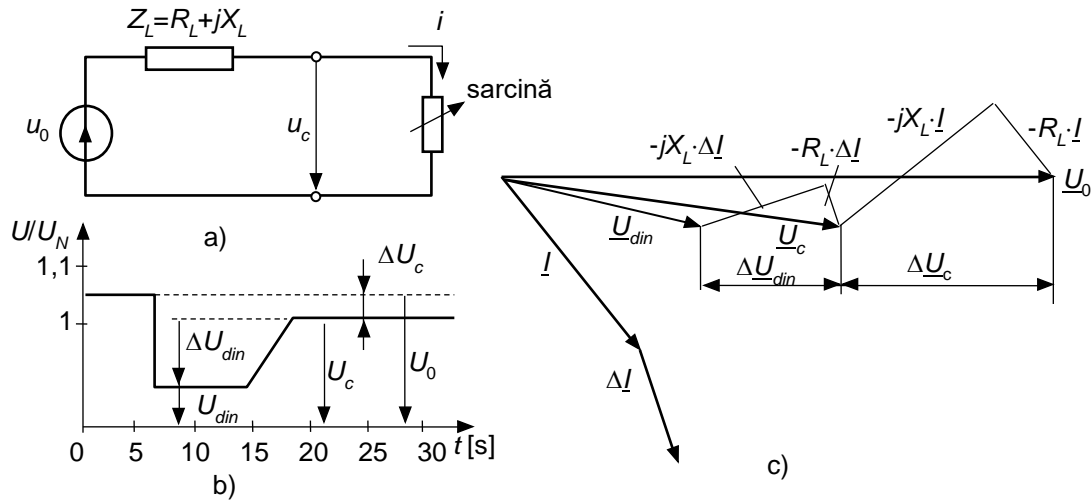


Fig.A13 – Variațiile de tensiune dinamică față de starea de regim permanent

Pct. 54 – Considerând numai căderea de tensiune longitudinală (față de tensiunea U_c de regim permanent), pentru sarcini monofazate și trifazate simetrice, valoarea relativă a tensiunii dinamice rezultă:

$$\Delta U_{din} = \Delta I_p \cdot R_L + \Delta I_q \cdot X_L, \quad (A.16)$$

unde: ΔI_p - componenta de curent electric în fază cu tensiunea U_c ;

ΔI_q – componenta de curent electric defazată cu $\pi/2$ față de tensiunea U_c .

Pct. 55 – Evaluarea emisiei perturbatoare în PCC se efectuează în raport cu tensiunea U_0 astfel:

$$\Delta U_0 = \Delta U_c \pm \Delta U_{din}, \quad (A.17)$$

unde ΔU_c este căderea de tensiune longitudinală în regim permanent.

Pct. 56 – Limitele de variație admise $\Delta U_{din}/U_c$, în condiții de funcționare normale, pe care le poate determina un utilizator în condiții de funcționare normale, în funcție de frecvența de repetiție a acestor variații, sunt prezentate în tabelul A5.

Tabelul A5 – Limite de emisie admise pentru variații de tensiune
în funcție de numărul de variații pe o perioadă dată

n	$\Delta U_{din} / U_c$ [%]	
	MT	IT
$n \leq 4$ pe zi	5...6	3...5
$n \leq 2$ pe oră și $n > 4$ pe zi	4	3
$2 < n \leq 10$ pe oră	3	2,5

Efecte ale fluctuațiilor de tensiune

Pct. 57 - În funcție de frecvența de apariție, fluctuațiile de tensiune pot avea următoarele consecințe în rețelele electrice de distribuție:

a) variația vizibilă a fluxului luminos emis de sursele de iluminat, fenomen care produce, în special în domeniul de frecvențe de (1 ... 20) Hz, o senzație de disconfort vizual (efect de flicker), având ca rezultate oboseala, scăderea productivității muncii și mărirea probabilității de eroare în procesele de producție;

b) deformarea imaginii televizoarelor;

c) deranjamente în funcționarea aparatelor de radio, precum și a unor instalații electronice.

Pct. 58 - În cazul unor variații rapide ale fluxului luminos, senzația resimțită de un observator mediu este în funcție de pătratul valorii tensiunii fluctuante și de durata acesteia.

Pct. 59 - Sensibilitatea maximă a ochiului uman se manifestă la fluctuații cu frecvența de circa 8,8 variații/s, pentru care pragul de iritabilitate se înregistrează chiar la variații de 0,28% ale tensiunii nominale.

Soluții de combatere a efectului de flicker

Pct. 60 - Combaterea efectului variațiilor de tensiune în rețelele electrice include următoarele faze:

a) predeterminarea în faza de proiectare a nivelului perturbației ce poate să apară în rețelele electrice la conectarea unor receptoare electrice și electronice sensibile;

b) instalarea celor mai adecvate mijloace din punct de vedere tehnico-economic pentru ameliorarea efectului perturbației;

c) verificarea în practică (prin probe și măsurări în instalații) a eficienței măsurilor adoptate.

Pct. 61 - (1) Pentru determinarea nivelului perturbației trebuie să se dispună, pentru fiecare utilaj, de un grafic care să cuprindă numărul, amplitudinea și frecvența de apariție a șocurilor de putere reactivă, pe baza căruia să se poată obține curba variațiilor de tensiune în funcție de frecvența acestor variații.

(2) Curba obținută trebuie să se situeze sub curba fluctuațiilor admisibile de tensiune din figura 4 din *normă*.

(3) Metoda este aplicabilă, în general, la calculul fluctuațiilor de tensiune produse de laminoare, care au un ciclu de funcționare mai mult sau mai puțin previzibil, dar nu se poate utiliza, cu aceleași rezultate, pentru alte receptoare cum ar fi de exemplu cuptoarele cu arc electric.

(4) La cuptoarele cu arc electric, fluctuațiile de tensiune sunt aleatorii; mărimea și frecvența lor depinde de mai mulți factori particulari: curentul electric de scurtcircuit al rețelei electrice, tipul cuptorului, felul încărcăturii, rețeta de oțel preparată, calitatea electrozilor, modul de conducere a șarjei etc. Din aceste motive, metodele de evaluare a nivelului perturbației prezintă un grad de incertitudine, datorită variației în limite largi a condițiilor de exploatare a cuptoarelor și a regimurilor de funcționare a sistemului electroenergetic.

Pct. 62 - Rezolvarea problemelor privind perturbațiile sub formă de fluctuații de tensiune impune cunoașterea aspectelor funcționale ale utilizatorului perturbator și analiza cauzelor care determină variații aleatorii ale valorii curentului electric absorbit din rețeaua electrică.

Pct. 63 - Pentru limitarea perturbațiilor sub forma de fluctuații de tensiune este necesar a diferenția soluțiile la nivel tehnologic, adoptate de utilizator în procesul de producție și soluții tehnice, care se referă la schema de alimentare cu energie electrică.

Pct. 64 – (1) În prezent există soluții tehnice eficiente pentru limitarea perturbației sub forma fluctuațiilor de tensiune la nivelul impus cum ar fi:

a) creșterea curentului electric de scurtcircuit al rețelei în PCC, prin realizarea unor legături suplimentare din sistemul electroenergetic;

b) alimentarea echipamentelor care generează perturbații sub forma fluctuațiilor de tensiune de la o treaptă de tensiune mai ridicată, eventual printr-o rețea separată;

c) adoptarea unei scheme de alimentare specifică, cu utilizatori perturbatori conectați pe o bară separată față de ceilalți utilizatori;

d) instalarea la utilizatorii perturbatori a unui compensator sincron;

e) modificări în procesul tehnologic (de exemplu, înlocuirea cuptoarelor cu arc electric la tensiune alternativă cu cuptoare electrice la tensiune continuă);

f) utilizarea echipamentelor de tip Softstarter la pornirea motoarelor mari;

g) instalarea de surse locale de tip STATCOM sau SVC, capabile să furnizeze în timp real necesarul de putere reactivă al echipamentelor respective.

(2) În tabelul A6 sunt indicați factorii de reducere a nivelului perturbației la utilizarea acestor echipamente specializate.

Tabelul A6 Factor de reducere a emisiei de flicker pentru cuptoare cu arc electric

	Factor de reducere a emisiei de flicker
SVC	1,5 – 2,0
STATCOM	3,0 – 6,0

Pct. 65 - În multe cazuri, măsurile de la punctele a) și b) pot fi prohibitive economic, deoarece presupun investiții importante în liniile și stațiile sistemului electroenergetic. Ca urmare, apare oportună instalarea de surse locale specializate de putere reactivă cum ar fi:

a) compensatoare statice cu puteri reactive variabile în limite largi (de exemplu ± 50 MVar);

b) compensatoare sincrone cu reglaj rapid;

c) baterii de condensatoare cu comandă în timp real.

Pct. 66 - Alegerea soluției pentru limitarea nivelului perturbațiilor determinate de fluctuațiile de tensiune depinde în mare măsură de tipul receptoarelor utilizatorului, respectiv:

a) clasa 1 – echipamente foarte sensibile la perturbații ale sistemului de alimentare cu energie electrică: instrumente de laborator, unele aparate de protecție și automatizare, unele sisteme informatice etc.; conectarea acestor echipamente se face la o rețea specială, protejată față de perturbațiile din rețeaua electrică;

b) clasa 2 – echipamente care pot fi conectate la rețeaua electrică de interes public și care au o sensibilitate corespunzătoare condițiilor din această rețea;

c) clasa 3 – echipamente conectate în rețeaua industrială și care pot suporta perturbații specifice mediului industrial, superioare celor din clasa 2.

Pct. 67 - Pentru limitarea efectului de flicker determinat de fluctuațiile de tensiune există, în principiu, trei soluții:

a) utilizarea unor echipamente mai puțin sensibile la variații de tensiune;

b) adoptarea de măsuri pentru limitarea emisiei perturbatoare;

c) implementarea de echipamente specializate pentru limitarea nivelului fluctuațiilor de tensiune.

Pct. 68 - Utilizarea de echipamente mai puțin sensibile poate include următoarele măsuri:

a) Înlocuirea sistemelor de iluminat incandescent cu lămpi fluorescente, în special compacte, dotate cu balast electronic, sau cu lămpi cu LED-uri, care prezintă o sensibilitate la fluctuații de tensiune de 2 ...3 ori mai redusă față de lămpile cu incandescență;

b) Creșterea momentului de inerție la motoarele electrice, prin utilizarea unui volant dimensionat corespunzător, pentru desensibilizarea motoarelor electrice la tensiuni de alimentare fluctuante.

Pct. 69 - (1) Agregarea surselor de perturbații prin conectarea în același punct a sarcinilor fluctuante dintr-o întreprindere poate reprezenta o soluție eficientă de limitare a efectelor perturbațiilor generate, având în vedere legea de însumare cubică a nivelului perturbațiilor.

(2) De exemplu, dacă un receptor determină la barele de alimentare un nivel de flicker $P_{st} = 0,8$ și un alt receptor determină $P_{st} = 0,7$, conectarea în același punct a celor două receptoare perturbatoare va determina un nivel de flicker

$$P_{st} = \sqrt[3]{0,8^3 + 0,7^3} = 0,95,$$

receptoarele sensibile urmează a fi conectate la bara fără receptoare perturbatoare.

Pct. 70 0- Modificările tehnologice în procesele de producție pot avea efecte benefice și asupra nivelului perturbațiilor sub formă de fluctuații de tensiune după cum urmează:

a) Înlocuirea tehnologiei de topire utilizând arcul electric trifazat cu tehnologia utilizând arc electric alimentat la tensiune continuă (fig. A.14), care determină reducerea substanțială a variației curentului electric absorbit prin arderea mai liniștită a arcului electric

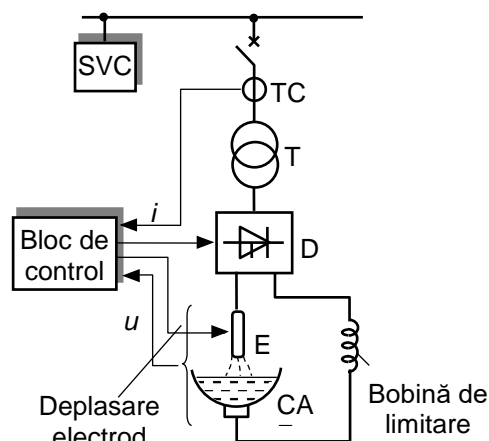


Fig. A.14 – Cuptor cu arc electric alimentat la tensiune continuă.

b) tehnologiile moderne de sudare cu înaltă frecvență, cu arc electric alimentat la tensiune continuă (fig. A.15), care asigură de asemenea o reducere substanțială a nivelului fluctuațiilor

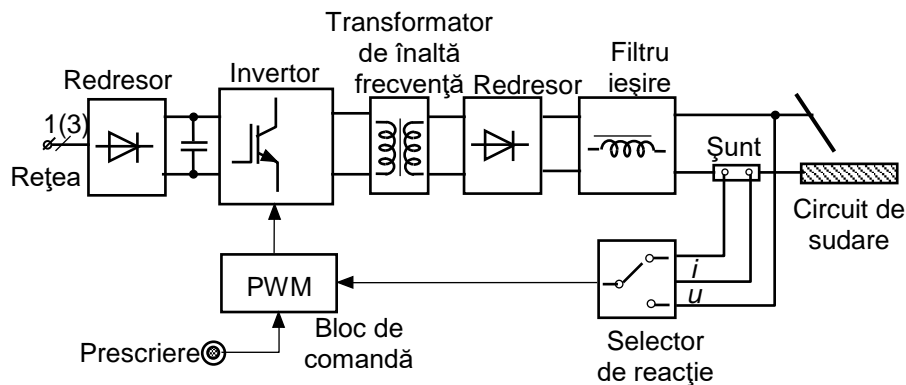


Fig.A15 – Instalație de sudare electrică cu înaltă frecvență.

de tensiune la barele de alimentare.

Pct. 71 - Utilizarea de echipamente specializate pentru limitarea fluctuațiilor de tensiune implică soluții diferite în funcție de condițiile specifice utilizatorului perturbator astfel:

a) Conectarea în serie cu receptorul perturbator a unei bobine poate asigura o reducere importantă a nivelului perturbației, prin limitarea variațiilor de curent electric. O soluție de acest tip, în cazul cuptoarelor cu arc electric, poate reduce nivelul perturbațiilor cu 30%.

b) Conectarea în serie cu sursa de alimentare a unui condensator determină reducerea impedanței sistemului de alimentare și deci reducerea variațiilor de tensiune la barele de alimentare. Bateria de condensatoare asigură un plus de putere reactivă, dar necesită o bună protecție în caz de scurtcircuit în rețeaua consumatorului.

c) Conectarea unei bobine saturate în paralel cu sursa de perturbații permite reducerea fluctuațiilor care conduc la valori peste tensiunea nominală a echipamentului, dar nu afectează valorile inferioare tensiunii nominale. Generarea de armonice, la funcționarea pe caracteristica neliniară, creșterea necesarului de putere reactivă și costurile ridicate fac ca această soluție să fie puțin utilizată.

d) Conectarea utilizatorilor sensibili prin intermediul unui transformator auxiliar asigură compensarea fluctuațiilor determinate de sursele perturbatoare (o reducere practic de 10 ori a nivelului perturbațiilor la utilizatorii sensibili). Soluția are o eficiență ridicată dar necesită o atenție dimensionare a schemei de limitare.

e) Conectarea unui compensator sincron la barele de alimentare a utilizatorilor perturbatori asigură reducerea fluctuațiilor cu până la 30% prin controlul puterii reactive absorbită de sursa perturbatoare. Deși în prezent sunt utilizate din ce în ce mai mult compensatoare statice de

putere reactivă, soluția cu mașini sincrone poate fi utilizată în unele cazuri, mai ales în instalațiile în care acestea există deja.

f) Utilizarea SVC determină un răspuns dinamic al puterii reactive generate pentru a compensa, practic în timp real, puterea reactivă cerută de utilizator, menținând astfel, aproape constantă valoarea efectivă a tensiunii, cu efecte benefice atât pentru utilizatorul perturbator, cât și pentru alți utilizatori conectați în același PCC.

f1) SVC sunt utilizate în prezent în multe dintre întreprinderile pentru producerea oțelului cu ajutorul arcului electric, având în vedere că acest tip de receptor poate determina fluctuații

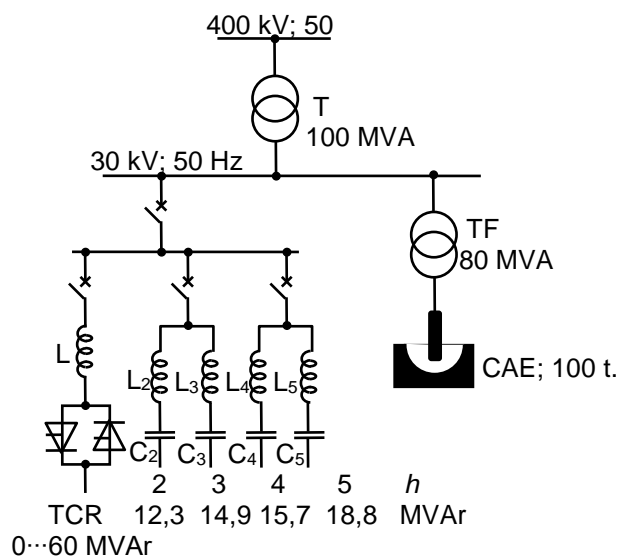


Fig. A16 – Schema de principiu a unui echipament SVC

mari și imprevizibile ale puterii absorbite, rezultând în PCC variații mari ale tensiunii.

f2) În prezent, este larg utilizată schema din fig. A16 pentru limitarea circulației de putere reactivă determinată de instalațiile cu arc electric. În principiu, schema include un circuit TCR (*Thyristor Controlled Reactor*) și un set de filtre, funcționând în regim capacitiv la frecvență fundamentală, rezonante pe armonicile determinate de funcționarea circuitului TCR.

f3) Puterea SVC este determinată în funcție de factorul de reducere k_f necesar. Valoarea maximă a factorului de reducere a fluctuațiilor de tensiune cu ajutorul SVC, calculată ca raportul dintre nivelul natural al indicatorului de flicker (P'_{st} în lipsa SVC) și nivelul de flicker în prezența SVC (P_{st} după montarea SVC) poate atinge valoarea 2, în special la cuptoarele de mare putere.

$$k_f = \frac{P'_{st}}{P_{st}}. \quad (A.18)$$

f4) Schema cu bobină controlată cu tiristoare (*Thyristor Controlled Reactor – TCR*) are o dinamică superioară dar determină un important spectru de armonice. Pentru a asigura limitarea spectrului de curent electric determinat de funcționarea SVC, dar și pentru a asigura puterea reactivă capacitivă necesară compensării puterii reactive a cuptorului, sunt conectate în paralel filtre pentru armonicele principale care rezultă în spectrul curentului electric absorbit de SVC. Suma puterilor reactive capacitive determinată de filtrele de armonice este egală cu maximum puterii reactive inductive necesară funcționării cuptorului.

f5) Reglarea bobinei cu ajutorul variatorului de tensiune alternativă VTA asigură adaptarea puterii capacitive a ansamblului la necesarul momentan de putere reactivă a cuptorului.

f6) Modificarea unghiului de intrare în conducție α , pentru valori $\omega \cdot t_1 > \pi/2$ determină modificarea curentului electric i în circuitul bobinei și deci a inductivității echivalente. Armonica fundamentală a curentului electric i_1 este însoțită de un spectru larg de armonice, care impun prezența filtrelor corespunzătoare.

f7) Datele cuprinse în figura A17 indică faptul că echipamentul SVC asigură un factor de reducere $k_f=1,5 \dots 1,8$, în funcție de viteza de variație a curentului electric în cuptor și viteza de reacție a echipamentului.

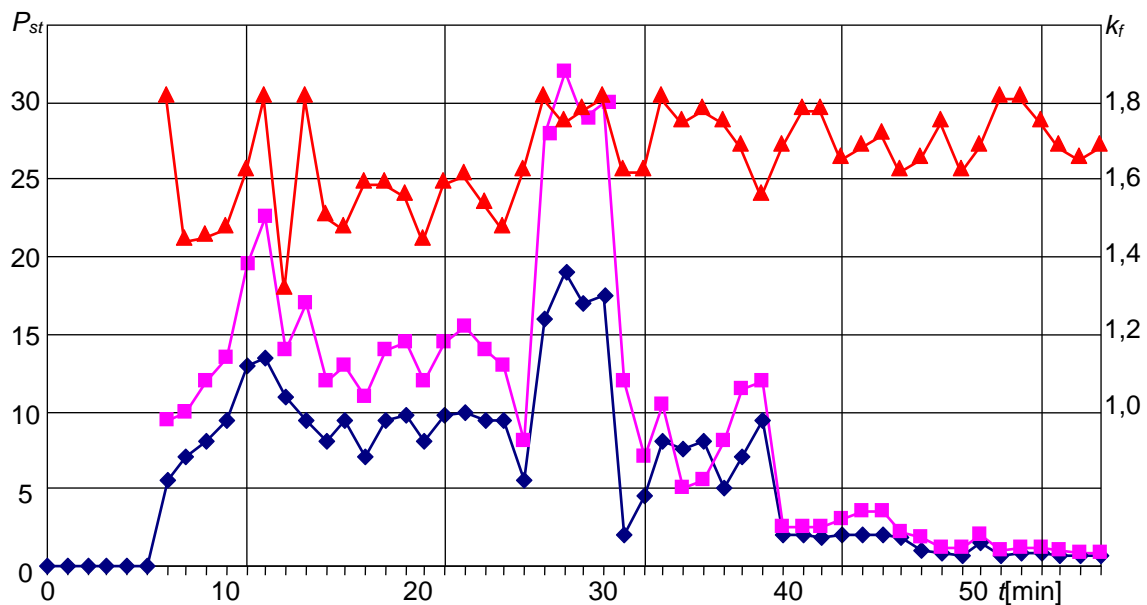


Fig. A.17 – Influența SVC asupra nivelului fluctuațiilor de tensiune.

■ $P_{st,natural}$ (în lipsa SVC);
◆ $P_{st,real}$ (în prezența SVC);
▲ k_f

f8) Utilizarea SVC determină, prin creșterea puterii active dezvoltate în arcul electric, o reducere a duratei șarjei și deci realizarea unei producții suplimentare de oțel. Creșterea de putere dezvoltată în arcul electric, determinată de creșterea tensiunii la barele de alimentare poate fi estimată pe baza relației:

$$\Delta P = \left(\frac{1}{1 - \Delta U} \right)^2 - 1. \quad (\text{A.19})$$

În relația (A.19), ΔP și ΔU sunt valori relative.

f9) Datorită tensiunii mai ridicate are loc un proces de ardere a arcului electric mai stabil și reducerea duratei de ardere a arcului. Acest fapt determină și o reducere a consumului de electrozi.

f10) În figura A18 este indicată orientativ variația tensiunii înainte și după montarea SVC.

f11) Conectarea SVC în rețelele de joasă tensiune, la bornele unui utilizator perturbator are efecte benefice atât asupra calității tensiunii la barele de alimentare prin reducerea amplitudinii fluctuațiilor, cât și asupra pierderilor de energie prin reducerea amplitudinii curentului electric care circulă prin linia de alimentare a utilizatorului.

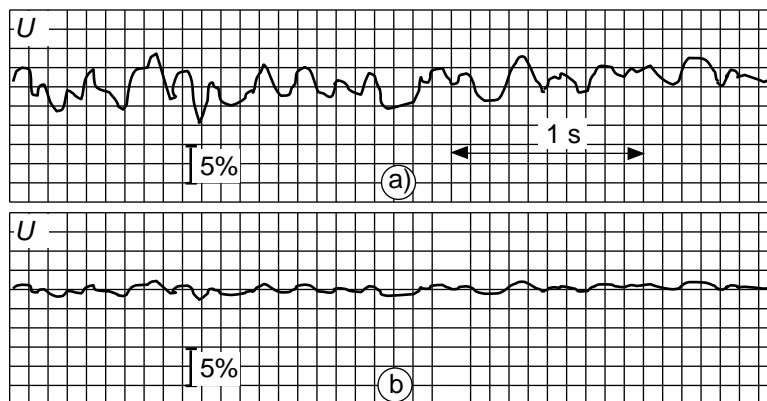


Fig. A.18 – Variația tensiunii la barele de alimentare a unui utilizator perturbator:
a) fără instalație de tip SVC; b) după instalarea SVC.

g) Schemele cu STATCOM (*Static Synchronous Compensator*) (fig. A.19) se bazează pe generarea electronică a puterii reactive și asigură reducerea fluctuațiilor de tensiune de 4...6 ori (față de cel mult două ori în cazul SVC).

– Utilizarea echipamentelor STATCOM trebuie analizată împreună cu celelalte soluții pentru limitarea fluctuațiilor de tensiune;

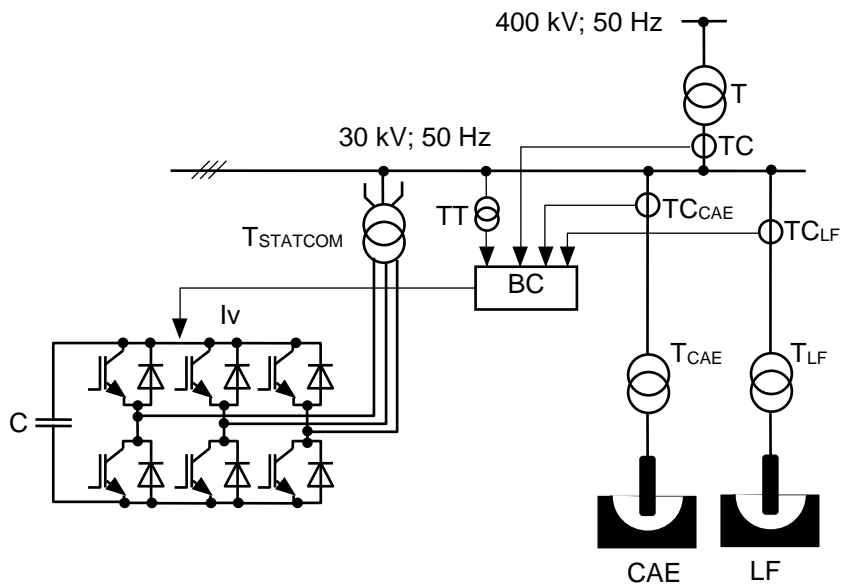


Fig. A.19 – Schema unei instalații cu cuptor cu arc electric prevăzută cu STATCOM.

– Soluțiile tehnologice actuale utilizând STATCOM asigură o funcționare performantă a cuptoarelor cu arc electric, limitarea perturbațiilor sub formă de fluctuații de tensiune și un nivel adecvat al calității energiei electrice furnizată altor utilizatori din zonă.

h) La analiza soluțiilor pentru limitarea fluctuațiilor de tensiune pot fi luate în considerare și alte soluții:

- Utilizarea echipamentelor SOFTSTARTER pentru controlul curentului electric la pornirea motoarelor electrice;
- Utilizarea echipamentelor DVR (*Dynamic Voltage Restorer*) pentru controlul nivelului de tensiune la barele de alimentare;
- Utilizarea surselor stabilizate pentru controlul nivelului de tensiune.

Evaluarea soluțiilor pentru limitarea fluctuațiilor de tensiune

Pct. 72 - Pentru evaluarea soluțiilor de limitare a nivelului efectului de flicker la barele de alimentare se are în vedere faptul că fluctuațiile de tensiune, datorate unui utilizator perturbator, sunt determinate, în rețelele electrice de IT și FIT, în cea mai mare măsură, de nivelul variațiilor de putere reactivă și de valoarea curentului electric de scurtcircuit (puterea de scurtcircuit) la barele de alimentare.

Pct. 73 - Căderea de tensiune într-un circuit cu rezistență electrică R și reactanță inductivă X se determină cu relația:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{S \cdot \cos(\psi - \phi)}{S_{sc}} = \frac{S \cdot (\cos \psi \cdot \cos \phi + \sin \psi \cdot \sin \phi)}{S_{sc}}, \quad (\text{A.20})$$

unde: S este puterea care se transferă în circuit;

ψ – unghiul impedanței în nodul considerat ($\psi = \arctan X/R$);

$\cos \phi$ – factorul de putere al utilizatorului, considerat, într-o primă aproximație ca fiind liniar;

S_{sc} – puterea de scurtcircuit în nodul considerat.

Pct. 74 - În cazul rețelelor electrice de IT și FIT, unghiul ψ depășește 70 grade, astfel că primul termen din dezvoltarea funcției cosinus are o valoare mică în raport cu al doilea termen, care este proporțional cu puterea reactivă.

Pct. 75 - Deși relația (A.20) se referă numai la mărimi sinusoidale, datele obținute sunt suficient de relevante pentru cazurile reale. Se poate considera că în rețelele electrice de IT și FIT, variația de tensiune este practic proporțională cu puterea reactivă transmisă și invers proporțională cu puterea de scurtcircuit, astfel încât, într-o rețea dată (S_{sc} dat), singura metodă de reducere a variațiilor de tensiune este limitarea circulației de putere reactivă.

Pct. 76 - (1) Adoptarea măsurilor pentru limitarea perturbațiilor sub formă de fluctuații de tensiune necesită cunoașterea modului în care acestea se propagă în interiorul unei rețele electrice.

(2) Ca exemplu, se consideră rețeaua electrică din figura A.20, cu un utilizator perturbator conectat la JT, alimentat din rețeaua de 20 kV (fig. A.20a)). Schema echivalentă simplificată a rețelei este indicată în figura A.20b)).

– În schema din figura A.20, impedanța Z_u ce caracterizează utilizatorul este mult mai mare ca valoare față de celelalte impedanțe din schemă. Impedanța internă Z_s a sistemului depinde de curentul electric de scurtcircuit la barele S.

– Dacă utilizatorul perturbator determină o fluctuație relativă d_{B1} , toți utilizatorii conectați la barele B_1 vor sesiza această perturbație.

– Nivelul perturbației la barele B va avea valoarea:

$$d_B \cong \frac{Z_s + Z_L}{Z_s + Z_L + Z_{T1}} \cdot d_{B1}. \quad (\text{A.21})$$

– În relația (A.21) s-a luat în considerare că impedanța Z_u este mare în raport cu celelalte impedanțe din schemă.

– Din relația (A.21) se observă că la bara de 20 kV, nivelul perturbației va fi cu atât mai redus cu cât impedanța sistemului Z_s și impedanța Z_L a liniei sunt mai mici (cu cât curentul electric de scurtcircuit la barele B este mai mare). Nivelul perturbației la barele B₂ va fi practic egal cu nivelul perturbației d_B (mai mic decât nivelul d_{B1}).

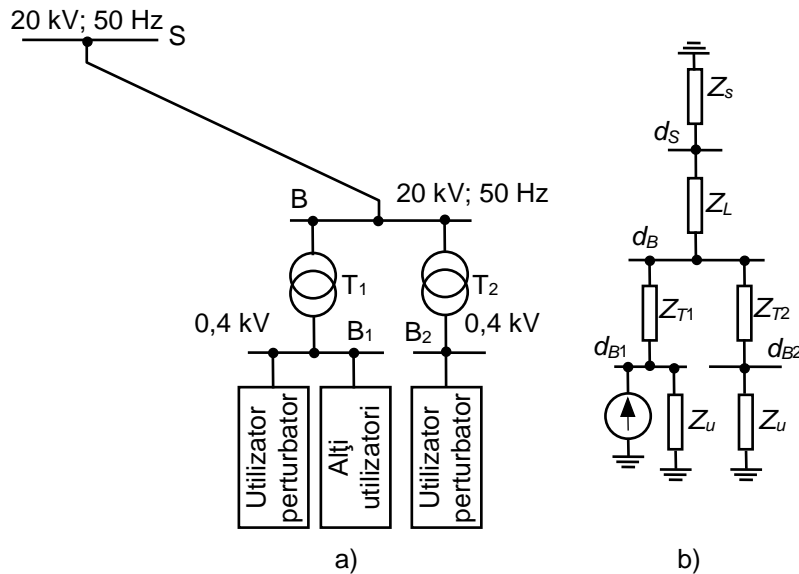


Fig. A.20 – Propagarea fluctuațiilor de tensiune în rețeaua electrică industrială.

Pct. 77 - Pentru limitarea propagării perturbațiilor sub formă de fluctuații de tensiune se pun în evidență următoarele aspecte:

- utilizatorii sensibili la perturbații sub formă de fluctuații de tensiune nu trebuie să fie conectați la aceeași bară la care este conectat utilizatorul perturbator;
- utilizatorii perturbatori trebuie să fie conectați la bare cu un curent de scurtcircuit mare; cele mai mari perturbații rezultă în cazul conectării utilizatorilor perturbatori în puncte caracterizate de curenți reduși de scurtcircuit;
- perturbațiile de la nivelurile superioare de tensiune se transmit practic integral la nivelurile inferioare de tensiune, în particular în rețeaua de joasă tensiune.

**CALCULUL FLUCTUAȚILOR DE TENSIUNE PRODUSE DE CENTRALELE
ELECTRICE EOLIENE ÎN REȚELELE ELECTRICE DE TRANSPORT ȘI DE
DISTRIBUȚIE**

Concepte de bază

Pct. 1 – Perturbațiile sub formă de fluctuații de tensiune determinate de o centrală electrică eoliană, conectată în PCC, în funcționare normală sau la comutații, trebuie să fie limitate astfel încât să nu determine abateri de la nivelul de calitate a energiei electrice în rețeaua electrică de interes public.

Pct. 2 – Indicatorii de flicker pe termen scurt P_{st} și pe termen lung P_{lt} ai unei centrale electrice eoliene, în funcționare normală sau la comutații nu trebuie să depășească valorile $E_{P_{st}}$ și $E_{P_{lt}}$ stabilite de către operatorul de rețea pe baza unui calcul de alocare:

$$\begin{aligned} P_{st} &\leq E_{P_{st}} ; \\ P_{lt} &\leq E_{P_{lt}} . \end{aligned} \quad (B1)$$

Pct. 3 – În cazul centralelor electrice eoliene, pentru care din calcul rezultă cote de alocare foarte reduse, vor fi acordate valorile indicate în tabelul A4.

Pct. 4 – Variația dinamică relativă de tensiune d datorată comutării unor grupuri din cadrul centralei electrice eoliene, trebuie să fie limitată la valorile indicate în tabelul A5 și se determină cu relația:

$$d \leq \frac{\Delta U_{din}}{U_N} , \quad (B2)$$

unde $\Delta U_{din}/U_N$ este variația admisibilă a tensiunii, iar ΔU_{din} se stabilește conform pct. 55 din Anexa A.

Pct. 5 – Procedura de alocare a nivelului perturbației sub forma fluctuației de tensiune pentru centrale electrice eoliene conectate în rețelele electrice de MT și IT este conformă cu cea indicată în anexa A.

**Calculul nivelului de perturbație determinat la funcționarea
continuă a unei centrale electrice eoliene**

Pct. 6 – Nivelul perturbației sub formă de fluctuații de tensiune pentru un singur grup eolian, cu probabilitatea de realizare de 99% din timp, poate fi determinat, pe durata funcționării continue, cu relația următoare:

$$P_{st} = P_{ft} = c(\psi_k, v_a) \cdot \frac{S_N}{S_{sc}}, \quad (B3)$$

unde: $c(\psi_k, v_a)$ este factorul de flicker al unui grup eolian pentru un anumit unghi ψ_k al impedanței pe fază a rețelei electrice, în PCC și pentru o viteză medie anuală a vântului dată v_a la înălțimea medie a grupului eolian în amplasamentul respectiv;

S_N – puterea aparentă nominală a grupului eolian;

S_{sc} – puterea aparentă de scurtcircuit trifazată în PCC.

Pct. 7 – Factorul de flicker al unui grup eolian, pentru ψ_k și v_a într-un amplasament dat, poate fi găsit într-un tabel de date obținut pe bază de măsurări și aplicarea interpolării lineare. Acest tabel trebuie să fie pus la dispoziție de fabricantul grupului eolian.

Pct. 8 – În cazul în care sunt conectate mai multe grupuri eoliene în PCC, perturbația sub formă de fluctuații de tensiune rezultă prin însumarea emisiilor individuale și poate fi estimată cu relația

$$P_{st\Sigma} = P_{ft\Sigma} = \frac{1}{S_{sc}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{wt}} (c_i(\psi_k, v_a) \cdot S_{N,i})^2}, \quad (B4)$$

unde $c_i(\psi_k, v_a)$ este factorul de flicker pentru grupul eolian i ;

$S_{N,i}$ este puterea aparentă nominală a grupului eolian i ;

S_{sc} este puterea de scurtcircuit la bara de conectare;

N_{wt} este numărul de grupuri eoliene conectate în PCC.

Pct. 9 – În cazul centralelor electrice eoliene cu același tip de grup eolian și cu aceeași putere nominală S_N , relația (B4) devine:

$$P_{st\Sigma} = P_{ft\Sigma} = \frac{S_N}{S_{sc}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{wt}} (c_i(\psi_k, v_a))^2}. \quad (B5)$$

Pct. 10 – În relația B4 se consideră că nivelurile maxime de emisie ale grupurilor eoliene nu sunt corelate între ele; într-o centrală electrică eoliană de putere redusă, cu generatoare asincrone, palele turbinelor eoliene se pot sincroniza, ceea ce poate accentua vârfurile/golurile de putere la „umbrirea palelor de către turnul instalației” (trecerea acestora prin dreptul turnului). În acest caz relația (B4) poate subestima impactul asupra calității energiei electrice.

**Calculul nivelului de perturbație determinat la comutații
la o centrală electrică eoliană**

Pct. 11 – Nivelul perturbației sub formă de fluctuații de tensiune datorat operațiilor de comutare pentru un singur grup eolian este estimat pe baza relațiilor:

$$\begin{aligned} P_{st} &= 18 \cdot N_{10}^{0,31} \cdot k_f(\psi_k) \cdot \frac{S_N}{S_{sc}} ; \\ P_{lt} &= 8 \cdot N_{120}^{0,31} \cdot k_f(\psi_k) \cdot \frac{S_N}{S_{sc}} , \end{aligned} \quad (B6)$$

unde $k_f(\psi_k)$ este factorul de flicker la comutații în treaptă ale unui grup eolian pentru un unghi dat ψ_k al rețelei electrice în PCC corespunzător.

Pct. 12 – Factorul de flicker la comutații în treaptă ale unui grup eolian pentru un unghi ψ_k dat, poate fi găsit într-un tabel de date obținut pe bază de măsurări și aplicarea interpolării lineare. Acest tabel trebuie să fie pus la dispoziție de către fabricantul grupului eolian.

Pct. 13 – În cazul în care sunt conectate mai multe grupuri eoliene la o bară comună, nivelul perturbației sub formă de fluctuații de tensiune pentru ansamblul acestora poate fi estimat cu relațiile:

$$\begin{aligned} P_{st\Sigma} &= \frac{18}{S_{sc}} \cdot \left(\sum_{i=1}^{N_{wt}} N_{10,i} \cdot (k_{f,i}(\psi_k) \cdot S_{N,i})^{3,2} \right)^{0,31} ; \\ P_{lt\Sigma} &= \frac{8}{S_{sc}} \cdot \left(\sum_{i=1}^{N_{wt}} N_{120,i} \cdot (k_{f,i}(\psi_k) \cdot S_{N,i})^{3,2} \right)^{0,31} , \end{aligned} \quad (B7)$$

unde $N_{10,i}$ și $N_{120,i}$ sunt numărul de operații de comutare pentru grupul eolian i pe o durată de 10 minute, respectiv 2 ore;

$k_{f,i}(\psi_k)$ este factorul treaptă de flicker pentru grupul eolian i ;

$S_{N,i}$ este puterea nominală a grupului eolian i .

Pct. 14 – Dacă există un sistem general de control, care limitează numărul total de operații de comutare, calculul va include efectul acestuia.

Pct. 15 – Variația relativă de tensiune d [%] datorată operației de comutare pentru un singur grup eolian poate fi estimată cu relația:

$$d = 100 \cdot k_U(\psi_k) \cdot \frac{S_N}{S_{sc}} , \quad (B8)$$

unde $k_U(\psi_k)$ este factorul de variație a tensiunii unui grup eolian pentru un unghi ψ_k dat în PCC.

Pct. 16 – Factorul de variație a tensiunii unui grup eolian pentru o valoare dată a unghiului ψ_k poate fi găsit într-un tabel de date obținut pe bază de măsurări și aplicarea interpolării lineare. Acest tabel trebuie să fie pus la dispoziție de fabricantul grupului eolian.

Pct. 16 – În cazul în care sunt conectate mai multe grupuri eoliene la o bară comună este puțin probabil ca două dintre acestea să efectueze operații de comutare în același timp; nu este deci necesar să se ia în considerare efectele însumării pentru evaluarea variației relative de tensiune într-o centrală electrică eoliană.

Pct. 18 – După determinarea nivelului perturbației în PCC a grupurilor eoliene, fiind cunoscuți parametrii circuitului de conectare a centralei eoliene la PCC, se determină nivelul perturbației în acest punct. Valorile nivelului perturbației în PCC sunt utilizate în calculele privind analiza influenței centralelor eoliene asupra rețelei electrice de interes public.

**VALORI ADMISE ALE NIVELULUI PERTURBAȚIEI SUB FORMĂ DE
FLUCTUAȚII DE TENSIUNE ÎN ALTE ȚĂRI**

Limite de compatibilitate

Pct. 1 – În tabelul C1 sunt indicate limite de compatibilitate a perturbației sub formă de fluctuații de tensiune în diferite sisteme electroenergetice.

Tabelul C1 – Limite de compatibilitate pentru P_{st} și P_{lt}
în rețelele electrice de JT, MT, ÎT și FÎT

		JT, MT	ÎT	FÎT
Europa	P_{st}	1	–	–
	P_{lt}	0,8	–	–
USA	P_{st}	1	–	–
	P_{lt}	0,8	–	–
România	P_{st}	1	–	–
	P_{lt}	0,8	–	–
Italia	P_{st}	1	0,85	0,7
	P_{lt}	0,74	0,62	0,5

Niveluri de planificare

Pct. 2 – În tabelul C2 sunt indicate limite de planificare a perturbației sub formă de fluctuații de tensiune în diferite sisteme electroenergetice

Tabelul C2 – Valori pentru nivelurile de planificare pentru P_{st} și P_{lt} în rețelele electrice de MT, ÎT și FÎT

		MT	ÎT, FÎT
Europa	P_{st}	0,9	0,8
	P_{lt}	0,7	0,6
USA	P_{st}	0,9	0,8
	P_{lt}	0,7	0,6
România	P_{st}	0,9	0,8
	P_{lt}	0,7	0,6

Limite admise și cote alocabile

Pct. 3 – În unele Sisteme Electroenergetice din Europa (Italia) se face diferențierea între valorile la ÎT și FÎT. Astfel pentru FÎT se consideră $P_{st}=0,7$, iar $P_{lt}=0,5$. Aceste limite nu sunt conforme cu recomandările CEI care indică limite egale pentru foarte înaltă tensiune și pentru înaltă tensiune. În România, în Codul RET se face diferența între IT și FIT prin stabilirea limitelor de variație admisibilă a tensiunii pentru rețelele cu tensiunea între 110kV și 220kV de $\pm 10\% U_N$, pentru rețelele cu tensiunea 400kV de $\pm 5\% U_N$.

Pct. 4 – Utilizarea limitelor diferite pentru foarte înaltă tensiune și pentru înaltă tensiune determină valorile indicate în tabelul C.3.

Tabelul C3 – Limite admise și cote alocabile

Indicator	FIT		IT		MT		JT	
	Nivel admis L_{FIT}	Cotă alocabilă G_{FIT}	Nivel admis L_{IT}	Cotă alocabilă G_{IT}	Nivel admis L_{MT}	Cotă alocabilă G_{MT}	Nivel admis L_{JT}	Cotă alocabilă G_{JT}
P_{st}	0,7	–	0,8	0,67	0,9	0,68	1	0,647
P_{lt}	0,5	–	0,6	0,51	0,7	0,55	0,8	0,55
Factor de transfer	$T_{FI} = 0,85$		$T_{IM} = 0,93$		$T_{MJ} = 1,0$			

Pct. 5 – În tabelul C3 s-a considerat factorul T_{FI} de transfer de la foarte înaltă tensiune la înaltă tensiune egal cu 0,85, factorul de transfer T_{IM} de la înaltă tensiune la medie tensiune egal cu 0,93 iar factorul T_{MJ} de transfer de la medie la joasă tensiune egal cu 1,0. De asemenea, în tabelul C3 sunt calculate și cotele alocabile pentru fiecare nivel de tensiune.