

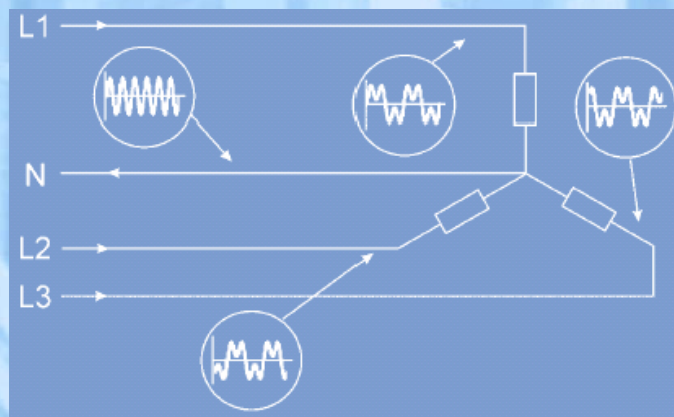
Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice



Armonici

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

3.5.1



Armonici

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Prof Jan Desmet, Hogeschool West-Vlaanderen &
Prof Angelo Baggini, Università di Bergamo
Iunie 2003



Acest ghid este realizat ca parte a Inițiativei Leonardo pentru Calitatea Energiei Electrice, un program european de educație și învățare, sub egida și cu suportul Comunității Europene (în programul Leonardo da Vinci) și International Copper Association. Pentru alte informații privind acest program a se vedea www.lpqi.org.

European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute este un joint venture între ICA (International Copper Association) și membrii IWCC (International Wrought Copper Council). Prin membrii săi, ECI acționează în numele celor mai mari producători de cupru din lume și a principalilor prelucrători din Europa, pentru promovarea cuprului în Europa. Apărută în ianuarie 1996, ECI are suportul unei rețele de zece Copper Development Association („CDAs”) în Benelux, Franța, Germania, Grecia, Ungaria, Italia, Polonia, Scandinavia, Spania și Regatul Unit. ECI continuă eforturile întreprinse inițial de către Copper Products Development Association, apărută în 1959 și INCRA (International Copper Research Association), apărută în 1961.

Societatea Inginerilor Energeticieni din România

Societatea Inginerilor Energeticieni din România - SIER, constituită în 1990, este o asociație profesională, autonomă, cu personalitate juridică, neguvernamentală, apolitică, fără scop patrimonial. Scopul Societății este de a contribui activ atât la creșterea rolului și eficienței activității inginerilor energeticieni, cât și la stabilirea orientărilor, promovarea progresului tehnic și îmbunătățirea legislației în domeniul energetic. SIER promovează un schimb larg de informații, cunoștințe și experiență între specialiștii din domeniul energetic prin cooperarea cu organizații similare naționale și internaționale. În anul 2004 SIER a semnat un acord de parteneriat cu European Copper Institute pentru extinderea și în România a programului LPQI (Leonardo Power Quality Initiative), program educațional în domeniul calității energiei electrice, realizat cu suportul Comisiei Europene. În calitate de partener al ECI, SIER se va implica în desfășurarea unei ample activități de informare și de consultanță a consumatorilor de energie electrică din România.

Atenționare

Conținutul acestui proiect nu reflectă în mod necesar poziția Comunității Europene și nu implică nici o responsabilitate din partea Comunității Europene.

European Copper Institute, Hogeschool West-Vlaanderen, Università di Bergamo și Societatea Inginerilor Energeticieni din România își declină răspunderea pentru orice daune directe, indirecte, subsidiare sau incidentale care ar putea să rezulte în urma utilizării informațiilor sau a inabilității de a utiliza informațiile și datele cuprinse în această publicație.

Copyright© European Copper Institute, West-Vlaanderen, Università di Bergamo și Societatea Inginerilor Energeticieni din România.

Reproducerea prezentului document este permisă numai sub forma sa integrală și cu menționarea sursei.



Membră a
EUR-EL

Societatea Inginerilor Energeticieni din România
No. 1, Lacul Tei Avenue, PO/BOX 30-33
020371 Bucharest
Romania

Tel: 4 0722 36 19 54
Fax: (4 021) 610 52 83
Email: office@sier.ro
Websites: www.sier.ro



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Introducere

Această secțiune analizează problemele privind dimensionarea conductorului neutru în prezența problemelor de calitate a energiei electrice, de exemplu a curenților de rang multiplu de trei. Această problemă este deosebit de importantă în rețelele de joasă tensiune, în care poluarea armonică determinată de sarcinile monofazate are o pondere în creștere. Curenții de armonică multiplu de trei se adună aritmetic în conductorul neutru spre deosebire de armonica fundamentală și a celorlalte armonici care, într-un regim simetric, se adună geometric și se anulează. Se obține astfel un curent electric în conductorul neutru de multe ori semnificativ de mare, putând ajunge până la 170% din curentul pe fază.

Dimensionarea conductoarelor se face conform Standardului CEI 60364, partea 5-52 : *Alegerea și realizarea echipamentelor electrice – sistemele de conductoare*. Acest standard include norme și recomandări pentru dimensionarea conductoarelor în funcție de curentul de sarcină cerut, de tipul izolației cablurilor, de metoda și condițiile de pozare. Unele dintre regulile din normativ, precum și datele informative din anexa D, se referă la dimensionarea conductorului neutru în prezența armonicilor. Normele naționale urmăresc standardul CEI 60364, deși cu o întârziere mare, astfel încât cele mai multe dintre normele naționale totuși nu asigură dimensionarea conductorului neutru într-un mod adecvat. Deoarece puțini executanți și proiectanți au acces direct la normele CEI, se bazează numai pe normele naționale și trebuie să ia în considerație cunoștințele proprii și experiența în domeniu pentru dimensionarea conductorului neutru. Această secțiune urmărește să aducă unele clarificări privind problema analizată și să prezinte normele CEI pentru un public larg.

Aspecte teoretice

În cazul unei conexiuni în stea a rețelei, curentul electric în conductorul neutru rezultă ca sumă fazorială a curenților de linie. Pentru un sistem trifazat simetric de curenți sinusoidali această sumă este zero și în orice moment curentul în conductorul neutru este nul (fig. 1).

Într-un sistem trifazat în care sunt alimentate sarcini monofazate liniare, curentul electric în conductorul neutru este rareori zero având în vedere faptul că sarcina pe fiecare fază este diferită. În mod obișnuit diferența este mică și în orice caz mai mică decât curenții de linie (fig. 2).

Dacă este alimentată o sarcină neliniară, chiar atunci când sarcina ar fi echilibrată pe cele trei faze, este probabil ca în conductorul neutru să apară un curent electric important. În cazul unor curenți nesinusoidali, suma celor trei curenți, chiar dacă au aceeași valoare efectivă, poate fi diferită de zero. De exemplu, curenții cu valoare efectivă egală, dar de formă dreptunghiulară determină un curent semnificativ în conductorul neutru (fig. 3).

De fapt, armonicile de rang trei (ca și toate celelalte armonici având rangul multiplu de trei, a șasea, a noua etc.) ale curenților de fază au toate aceeași fază (adică sunt componente de secvență zero) și se adună aritmetic în loc să se adune geometric și astfel să se anuleze (fig. 4).

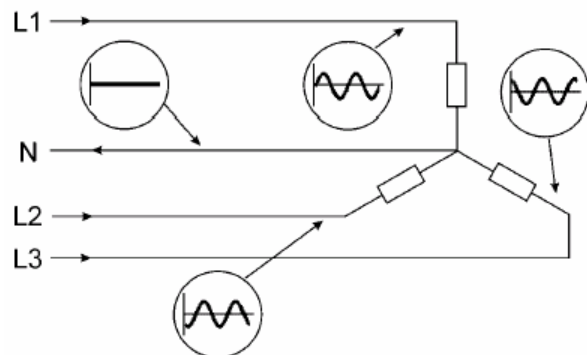


Fig. 1 – În cazul unei sarcini trifazate echilibrate curentul în conductorul neutru este nul

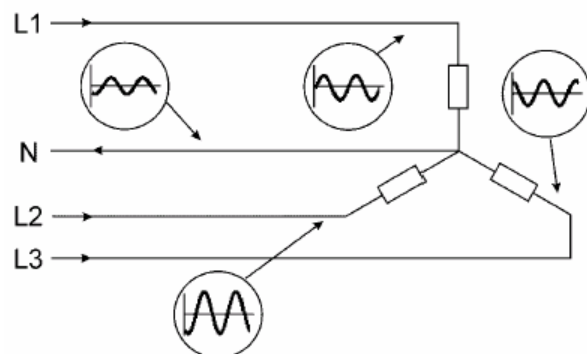


Fig. 2 – Pentru o sarcină trifazată neechilibrată curentul în conductorul neutru nu este zero, însă este mai mic decât curentul pe fază

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Curentul din conductorul neutru poate depăși ca amplitudine curentul de fază de frecvență industrială, datorită prezentei armonicilor de rang trei.

Cerințele standardului

Standardul CEI 60364-5-52:2001, „Instalații electrice în clădiri – Partea 5-52: Alegerea și realizarea echipamentelor electrice – sistemele de conductoare” se referă la aspectele privind siguranța realizării circuitelor, din punctul de vedere al tehnicilor de instalare și al dimensionării conductoarelor. Metoda de pozare determină, de multe ori, condițiile termice în care funcționează cablurile și astfel afectează capacitatea de încărcare a conductoarelor sau a circuitului. Atunci când cablurile diferitelor circuite sunt plasate în același canal, tub sau același spațiu, capacitatea de încărcare a fiecărui cablu scade datorită încălzirii reciproce. Cu alte cuvinte, capacitatea de încărcare a unui cablu este determinată de cantitatea de căldură generată de trecerea curentului electric și de cantitatea de căldură care poate fi cedată de cablu prin convecție. Împreună, aceste elemente determină temperatura de lucru a cablului care, bine înțeles, nu o poate depăși pe cea admisă pentru materialul izolant, 70°C pentru izolația termoplastică (de exemplu PVC) și 90°C pentru izolațiile termorigide (de exemplu XLPE). Valorile de dimensionare și factorii de corecție indicați în standard sunt bazate pe studii experimentale și calcule teoretice și iau în considerație condiții tipice, care însă trebuie adaptate în funcție de condițiile concrete de instalare. Atunci când prezența armonicilor multipli de trei în conductorul neutru conduce la generarea unei cantități mai mari de căldură, la alegerea secțiunii cablului trebuie luat în considerare acest fapt.

Referințe privind secțiunea conductorului neutru în cazul curentilor nesinusoidali se găsesc în CEI 60364-5-524. Articolul 524.2 indică faptul că conductorul neutru trebuie să aibă cel puțin aceeași secțiune ca conductorul de fază:

- pentru toate circuitele monofazate cu două conductoare și pentru toate secțiunile transversale ale conductoarelor;
- în circuitele polifazate și în circuitele trifazate care alimentează sarcini monofazate¹, atunci când aria secțiunii transversale este egală sau mai mică de 16 mm² pentru cupru sau 25 mm² pentru aluminiu.

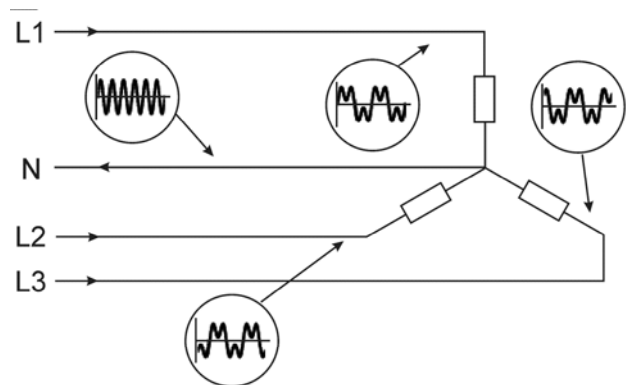


Fig. 3 – În cazul unei sarcini trifazate neliniare curentul în conductorul neutru nu este zero și poate fi mai mare decât curentul de fază datorită armonicilor de secvență zero

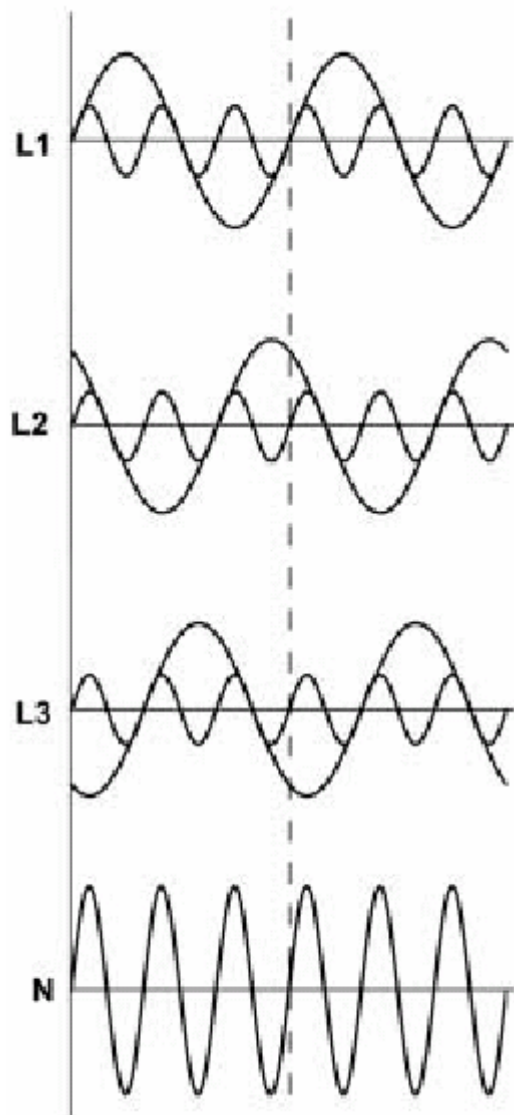


Fig. 4 – Curenții de armonică trei în conductorul neutru

¹ adică circuite monofazate având punctul comun legat la conductorul neutru

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Articolul 524.3 stabilește că pentru alte circuite polifazate, conductorul neutru poate avea o secțiune transversală mai mică dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

- curentul maxim prevăzut, inclusiv armonicile, atunci când există, în conductorul neutru, în funcționare normală, nu este mai mare decât capacitatea de încărcare a secțiunii reduse a conductorului neutru;
- conductorul neutru este protejat la supracurent (suprasarcină);
- conductorul neutru are o arie a secțiunii transversale de minimum 16 mm^2 cupru sau 25 mm^2 aluminiu.

Aceste clauze sunt normate – cu alte cuvinte acestea reprezintă norme care trebuie urmate pentru a asigura corespondența cu standardul. În orice caz, aplicarea acestor norme necesită cunoașterea tipului și numărului sarcinilor care vor lucra, după punerea în funcțiune a instalației; din păcate aceste informații sunt rareori disponibile. Standardul include, în anexa informativă – informații destinate să ajute la proiectare, în forma unor indicații și recomandări în locul unor norme – o metodologie pentru corecta dimensionare a cablurilor.

Această secțiune a Ghidului prezintă indicații, completate cu exemple concrete, și o serie de observații relativ la reducerea încărcării în cazul cablurilor situate în același canal și la efectele căderilor de tensiune.

Indicații din standard

Modul de funcționare al unei componente electrice sau conductor poate fi semnificativ influențat de către perturbațiile asupra rețelei, sursei de alimentare sau sarcinii. Deși toate perturbațiile electromagnetice afectează cablurile de energie, prezența armonicilor de curent este una dintre cele mai importante. Prezența acestui fenomen poate conduce la supraîncărcarea atât a conductoarelor de fază cât și a conductorului neutru. Aici atenția este îndreptată spre secțiunea conductorului neutru

Este de notat faptul că tabelul de valori ale curentului de dimensionare, indicate în standard, iau în considerație multe ipoteze de calcul și este în responsabilitatea proiectantului să discearnă când aceste ipoteze nu sunt valabile și să facă corecturile adecvate. Cea mai importantă ipoteză este aceea că într-un cablu cu patru sau cinci conductoare, numai trei conductoare sunt parcurse de curent electric, cu alte cuvinte sarcina este considerată echilibrată și cu caracteristică liniară. În cazul în care sarcina este dezechilibrată însă cu caracteristică liniară, prin conductorul neutru trece curentul de dezechilibru, ceea ce însă este compensat de faptul că cel puțin unul dintre conductoarele de fază este parcurs de un curent mai mic. Dacă se consideră că nici un conductor de fază nu este supraîncărcat, pierderile totale Joule în cablu nu sunt excesive. Dacă sarcina este neliniară apare un curent în conductorul neutru, contribuind la pierderile termice totale și, de asemenea, la efectul total determinat împreună cu cele trei conductoare de fază.

În condițiile unui curent distorsionat, descrise în paragraful 1.2, căldura disipată în conductor, determinată de efectul Joule, este mai mare comparativ cu cazul unei sarcini ideale liniare și prin urmare încărcarea admisă a cablului se reduce. În plus, conductorul neutru, de multe ori subdimensionat în raport cu conductorul de fază în clădirile existente (paragraful 1.3), poate fi supraîncărcat chiar fără ca curentul în conductorul neutru să depășească curentul în conductoarele de fază.

Nu este posibilă cunoașterea curentului din conductorul neutru dacă formele reale sau teoretice ale curbelor curenților de sarcină nu sunt cunoscute. Totuși, se poate considera prin aproximație că valoarea curentului în conductorul neutru poate fi de 1,61 ori curentul în conductorul de fază în cazul unor sarcini de tipul calculatoarelor personale și poate ajunge până la 1,73 ori curentul de fază în condiții cele mai dezavantajoase de lucru ale redresoarelor comandate cu unghi mare de intrare în conducție ($\alpha \geq 60^\circ$), adică pentru valori reduse ale tensiunii continue.

Cea mai simplă cale de rezolvare a problemei constă în aplicarea unor factori adecvați de corecție pentru curentul admisibil în cablu. Anexa D a standardului CEI 60364-5-52 oferă metodologia pentru determinarea valorilor adecvate ale factorilor de reducere. Pentru simplificare, abordarea presupune că:

- ◆ sistemul este trifazat și echilibrat;
- ◆ singura armonică semnificativă, care nu a fost anulată și parcurge conductorul neutru, este armonica de rang trei (celelalte armonici cu rang multiplu de trei au o amplitudine relativ mică, iar alte armonici sunt aproximativ echilibrate și se anulează) și
- ◆ cablul are 4 sau 5 conductoare, cu conductor neutru din același material și aceeași secțiune ca conductoarele de fază.

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Strict vorbind, calculul efectelor curentului armonic trebuie să ia în considerare și aportul efectului pelicular (skin effect) care va reduce capacitatea de încărcare a cablului, dependent de secțiunea conductorului însă, într-o primă aproximație, aceasta se poate neglija.

În tabelul 1 sunt indicați factorii de reducere recomandați.

Pondere armonică de rang trei în curentul de fază [%]	Valoare raportată la curentul de fază	Valoare raportată la curentul din conductorul neutru
0 ... 15	1,00	–
15 ... 33	0,86	–
33 ... 45	–	0,86
> 45	–	1,00

Tabelul 1 – Factori de reducere pentru cabluri parcurse de curent cu armonici multipli de trei.

Pentru a determina capacitatea de încărcare a unui cablu cu patru sau cinci conductoare, atunci când curentul în conductorul neutru este dat de armonici, se înmulțește curentul admisibil standard al cablului cu un factor de corecție.

Pentru curenții de fază care conțin 15% sau mai puțin armonici multipli de trei, standardul nu sugerează nici o creștere a secțiunii conductorului neutru. În aceste condiții, intensitatea curentului în conductorul neutru poate ajunge până la 45% din curentul de fază și poate să conducă la o creștere de 6% a căldurii generate, în comparație cu cablul dimensionat normal. Această creștere este, în mod normal, acceptabilă, cu excepția cazurilor în care cablul este pozat în spații cu o slabă ventilație sau dacă în apropiere se află alte surse de căldură. Un factor suplimentar de siguranță ar fi de dorit, de exemplu, în spații închise.

Pentru un curent de fază care conține între 15% și 33% componente armonice de rang multiplu de trei, curentul în conductorul neutru ar putea ajunge similar cu curentul de fază și curentul de dimensionare al cablului trebuie să fie redus cu un factor de 0,86. Cu alte cuvinte, pentru un curent de 20 A, se va alege cablul cu curentul admisibil de 24 A.

Dacă componentele armonice de rang multiplu de trei din curentul de fază depășesc 33%, dimensionarea cablului trebuie să se facă pe baza curentului din conductorul neutru. Pentru curentul de fază conținând între 33% și 45% armonici de rang multiplu de trei, dimensionarea cablului este determinată de curentul din conductorul neutru, sarcina fiind redusă cu un factor de 0,86. Pentru armonici de rang multiplu de trei de 45%, cablul este dimensionat pentru curentul din conductorul neutru, adică pentru curentul de fază de 135% afectat de un factor de 0,86.

Pentru valori și mai mari ale conținutului de armonici de rang multiplu de trei, de exemplu pentru cazul cel mai defavorabil al valorii de 57%, dimensionarea cablului este determinată exclusiv de curentul în conductorul neutru. Nu apare necesitatea unui factor de corecție deoarece în acest caz conductoarele de fază sunt supradimensionate.

Deoarece datele privind factorii de reducere au fost determinate numai pe baza armonicilor de curent de rang trei, dacă apar noi armonici de rang multiplu de trei, cu o amplitudine peste 10%, atunci este necesară o nouă reducere a curentului ce poate fi acceptat. Această situație poate să devină critică atunci când conductorul neutru este utilizat în comun de mai multe circuite drept conductor de întoarcere (dacă acest lucru este admis de reglementările locale).

În tabelele 2 până la 5 se indică modificarea curentului de dimensionare, cu și fără armonică de rang trei de curent. Curenții de dimensionare au fost calculați în conformitate cu standardul CEI 60364-5-523. Valorile indicate se referă la cabluri 0,6/1 kV, cu 4 conductoare și izolație termorigidă (90°C).

Dacă se utilizează cabluri cu un singur conductor, alegerea secțiunii conductorului de fază și a celui neutral se face independent. Pe de altă parte, interacțiunea termică mutuală este mai dificilă din cauza diferitelor poziții relative.

Cea mai directă cale de rezolvare constă în dimensionarea independentă a conductorului neutru, având însă în vedere tot timpul că performanțele termice și reactanța circuitului depind de poziția relativă a conductoarelor. Alți factori care trebuie luați în considerație sunt:

- ◆ Atunci când cablul este grupat cu alte cabluri, un curent mai mare care îl parcurge (curent armonic în conductorul neutru) generează mai multă căldură și aceasta influențează și celelalte cabluri. Acest lucru trebuie luat în considerație utilizând un factor de grupare.

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Aria secțiunii transversale [mm ²]	Aer (30°C)		Pământ (20°C)			
	în aer liber	în canal	în canal $\rho = 1$	în canal $\rho = 1,5$	direct în sol $\rho = 1$	direct în sol $\rho = 1,5$
1,5	23	19,5	20	19	30	26
2,5	32	26	26	25	40	36
4	42	35	33	32	51	45
6	54	44	43	41	65	56
10	75	60	59	55	88	78
16	100	80	76	72	114	101
25	127	105	100	93	148	130
35	158	128	122	114	178	157
50	192	154	152	141	211	185
70	246	194	189	174	259	227
95	298	233	226	206	311	274
120	346	268	260	238	355	311
150	399	300	299	272	394	345

Tabelul 2 – Curentul de dimensionare (A) cu armonica a treia până la 15% (0,6/1 kV, 4 conductoare, 90°C)

Aria secțiunii transversale [mm ²]	Aer (30°C)		Pământ (20°C)			
	în aer liber	în canal	în canal $\rho = 1$	în canal $\rho = 1,5$	direct în sol $\rho = 1$	direct în sol $\rho = 1,5$
1,5	20	17	17	16	26	22
2,5	28	22	22	22	34	31
4	36	30	28	28	44	39
6	46	38	37	35	56	48
10	65	52	51	47	76	67
16	86	69	65	62	98	87
25	109	90	86	80	127	112
35	136	110	105	98	153	135
50	165	132	131	121	181	159
70	212	167	163	150	223	195
95	256	200	194	177	267	236
120	298	230	224	205	305	267
150	343	258	257	234	339	297

Tabelul 3 – Curentul de dimensionare (A) cu armonica a treia până la 33% (0,6/1 kV, 4 conductoare, 90°C)

Aria secțiunii transversale [mm ²]	Aer (30°C)		Pământ (20°C)			
	în aer liber	în canal	în canal $\rho = 1$	în canal $\rho = 1,5$	direct în sol $\rho = 1$	direct în sol $\rho = 1,5$
1,5	15	12	13	12	19	17
2,5	20	17	17	16	25	23
4	27	22	21	20	32	29
6	34	28	27	26	41	36
10	48	38	38	35	56	50
16	64	51	48	46	73	64
25	81	67	64	59	94	83
35	101	82	78	73	113	100
50	122	98	97	90	134	118
70	157	124	120	111	165	145
95	190	148	144	131	198	175
120	220	171	166	152	226	198
150	254	191	190	173	251	220

Tabelul 4 – Curentul de dimensionare (A) cu armonica a treia până la 45% (0,6/1 kV, 4 conductoare, 90°C)

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Aria secțiunii transversale [mm ²]	Aer (30°C)		Pământ (20°C)			
	în aer liber	în canal	în canal ρ = 1	în canal ρ = 1,5	direct în sol ρ = 1	direct în sol ρ = 1,5
1,5	13	11	11	11	17	14
2,5	18	14	14	14	22	20
4	23	19	18	18	28	25
6	30	24	24	23	36	31
10	42	33	33	31	49	43
16	56	44	42	40	63	56
25	71	58	56	52	82	72
35	88	71	68	63	99	87
50	107	86	84	78	117	103
70	137	108	105	97	144	126
95	166	129	126	114	173	152
120	192	149	144	132	197	173
150	222	167	166	151	219	192

Tabelul 5 – Curentul de dimensionare (A) cu armonica a treia până la 60% (0,6/1 kV, 4 conductoare, 90°C)

- ◆ Căderea de tensiune pe conductorul neutru determinată de toate armonicile cu rang multiplu de trei determină distorsiunea tensiunilor pe toate fazele rețelei electrice de alimentare. Aceasta poate să apară în cazul cablurilor cu trasee lungi și atunci apare necesară o nouă creștere a secțiunii conductorului neutru.

O atenție particulară trebuie acordată cablurilor armate sau cu ecran metalic. Contribuția armonicilor la pierderile prin curenții turbionari (eddy currents) în armătură sau în ecranul metalic poate fi semnificativă. În consecință, când este probabil ca curentul de sarcină să fie distorsionat, conductorul neutru nu trebuie să aibă niciodată o secțiune mai mică decât conductoarele de fază corespunzătoare. Aceeași condiție trebuie îndeplinită, bine înțeles, pentru toate accesoriile conductorului neutru.

Atunci când parametrii de proiectare ai circuitului de întoarcere depășesc pe cei ai componentelor de fază corespunzătoare, ceea ce se întâmplă deja în rețelele electrice uzuale, este dificil dacă nu chiar imposibil de a găsi pe piață componentele adecvate capabile a fi integrate în mod corect în sistem. Singura alternativă corespunzătoare este de a limita sarcina sau de a dimensiona mai larg aria secțiunii transversale. Protecția trebuie, bine înțeles, dimensionată pentru cea mai mică secțiune transversală a conductoarelor de fază. Pentru circuitele finale, trebuie prevăzute, în mod separat, pentru fiecare sarcină deformantă, conductor de nul și circuit de alimentare. În acest fel se asigură cea mai bună separare electromagnetică între elementele perturbatoare și elementele susceptibile. Printr-o încărcare pe cât posibil mai echilibrată a fazelor se evită încărcarea suplimentară a conductorului neutru datorită nesimetriei. Aspectele prezentate mai sus sunt importante și trebuie aplicate atât pentru cablurile cu secțiuni mari cât și pentru cele cu secțiuni mai reduse. Acestea pot fi aplicate, cel puțin ca o bună aproximație și pentru barele colectoare.

Exemplu numeric

Se consideră următorul exemplu: un circuit trifazat cu o sarcină de dimensionare de 39 A trebuie realizat utilizând un cablu PVC (70°C) cu 4 conductoare și pozat direct pe un perete. În absența armonicilor, este o practică curentă de a utiliza conductoare din cupru cu o arie a secțiunii transversale de 6 mm² cu un curent admisibil de 41 A.

Cu 20% armonică de rang trei, aplicând un factor de reducere de 0,86, curentul de sarcină echivalent va fi:

$$\frac{39}{0,86} = 45 \text{ A}$$

pentru care este necesar un conductor cu aria secțiunii transversale de 10 mm².

Cu 40% armonică de rang trei, secțiunea conductoarelor trebuie aleasă în funcție de curentul din conductorul neutru egal cu:

$$39 \cdot 0,4 \cdot 3 = 46,8 \text{ A}$$

Dimensionarea conductorului neutru în instalațiile puternic poluate armonic

Dacă se aplică un factor de reducere de 0,86 rezultă curentul de dimensionare:

$$\frac{46,8}{0,86} = 54,4 \text{ A}$$

astfel că, un cablu cu aria secțiunii transversale de 10 mm² este adecvat și acestei sarcini.

Cu 50% armonică de rang trei, secțiunea cablului se alege, de asemenea, în funcție de curentul din conductorul neutru

$$39 \cdot 0,5 \cdot 3 = 58,5 \text{ A}$$

ceea impune un cablu de 16 mm² (în acest caz factorul de reducere este unitar).

Concluzii

Analiza prezentată în această lucrare a indicat modul în care soluțiile obișnuite de proiectare, corecte dacă nu apar probleme de calitate a energiei electrice, devin inaplicabile atunci când ipotezele teoretice pe care se bazează nu sunt întocmai îndeplinite. În aceste condiții, adoptarea ipotezei că curbele de tensiune și curent electric au o formă ideală nu este corectă.

La dimensionarea conductorului neutru, practica veche uzuală admite alegerea ariei secțiunii transversale mai mică sau egală în comparație cu conductoarele corespondente de fază și admite utilizarea unor scheme cu conductor neutru comun pentru mai multe circuite. Pe de altă parte, considerarea în mod corect a efectelor electromagnetice aferente sarcinilor neliniare necesită conductor neutru cu o arie a secțiunii transversale mai mare sau egală cu conductoarele de fază corespondente și bazată pe curentul real care circulă prin conductorul neutru. Utilizarea unui conductor neutru separat pentru fiecare circuit (prevăzut în mod obligatoriu în unele țări) este, de asemenea, necesară. Exemplul numeric indică faptul că problema analizată poate apărea atât în cadrul unor importante secții ale întreprinderii cât și în circuitele finale ale oricărei rețele electrice.

Bibliografie

- [1] Chizzolini P., Noferi P. L.: *Ottimizzazione degli interventi sulla rete di distribuzione mirati al miglioramento della continuità del servizio elettrico. LXXXVII Riunione AEI, Firenze 1986.*
- [2] Korponay N., Minkner R.: *Analysis of the new IEC drafts for 185 (44-1) and 186 (44-2) instruments transformers in relation to the requirements of modern protection systems - Journée d' études: Les transformateurs de mesure E2-20 SEE novembre 1989.*
- [3] Gruz T. M.: *A survey of neutral currents in three-phase computer power systems, IEEE Transaction on industry applications, vol. 26, nr. 4 July/August 1990.*
- [4] IEC 364-5-52 - *Electrical Installations in Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment – Wiring Systems.*

Note

Parteneri de Referință & Fondatori*

European Copper Institute* (ECI) www.eurocopper.org	Engineering Consulting & Design* (ECD) www.ecd.it	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) www.miedz.org.pl
Akademia Gorniczo-Hutnicza (AGH) www.agh.edu.pl	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) www.htw-saarland.de	Provinciale Industriële Hogeschool (PIH) Web: www.pih.be
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA) www-citcea.upc.es	Istituto Italiano del Rame* (IIR) www.iir.it	Università di Bergamo* www.unibg.it
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) www.ceiuni.it	International Union for Electrotechnology Applications (UIE) www.ue.org	University of Bath www.bath.ac.uk
Copper Benelux* www.copperbenelux.org	ISR - Universidade de Coimbra www.isr.uc.pt	University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST) www.umist.ac.uk
Copper Development Association* (CDA UK) www.cda.org.uk	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) www.kuleuven.ac.be	Wroclaw University of Technology* www.pwr.wroc.pl
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) www.kupferinstitut.de	La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) Web: www.etsii.upm.es	

Consiliul de redacție

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	david.chapman@copperdev.co.uk
Prof Angelo Baggini	Università di Bergamo	angelo.baggini@unibg.it
Dr Araceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	ahernandez@etsii.upm.es
Prof Ronnie Belmans	UIE	ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be
Franco Bua	ECD	franco.bua@ecd.it
Prof Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	adealmeida@isr.uc.pt
Hans De Keulenaer	ECI	hdk@eurocopper.org
Gregory Delaere	Lemcko	gregory.delaere@howest.be
Prof Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	jan.desmet@howest.be
Dr ir Marcel Didden	Laborelec	marcel.didden@laborelec.com
Dr Johan Driesen	KU Leuven	johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be
Stefan Fassbinder	DKI	sfassbinder@kupferinstitut.de
Prof Zbigniew Hanzelka	Akademia Gorniczo-Hutnicza	hanzel@uci.agh.edu.pl
Dr Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	antoni.klajn@pwr.wroc.pl
Reiner Kreutzer	HTW	rkreutzer@htw-saarland.de
Prof Wolfgang Langguth	HTW	wlang@htw-saarland.de
Jonathan Manson	Gorham & Partners Ltd	jonathanm@gorham.org
Prof Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl
Carlo Masetti	CEI	masetti@ceiuni.it
Dr Jovica Milanovic	UMIST	jovica.milanovic@umist.ac.uk
Dr Miles Redfern	University of Bath	eesmar@bath.ac.uk
Andreas Sumper	CITCEA	sumper@citcea.upc.es
Roman Targosz	PCPC	cem@miedz.org.pl



Prof Angelo Baggini



Università di Bergamo
v.le Marconi 5
Dalmine 24044
Italy
Tel: 00 39 035 2052353
Fax: 00 39 035 2052377
Email: angelo.baggini@unibg.it
Web: www.unibg.it



Prof Jan Desmet



Hogeschool West-Vlaanderen
Graaf Karel de Goedelaan 5
8500 Kortrijk
Belgium
Tel: 00 32 56 24 12 39
Fax: 00 32 56 24 12 34
Email: jan.desmet@howest.be
Web: www.pih.be



Membră a
EUREL

Societatea Inginerilor Energeticieni din România
No. 1, Lacul Tei Avenue, PO/BOX 30-33
020371 Bucharest
Romania

Tel: 4 0722 36 19 54
Fax: (4 021) 610 52 83
Email: office@sier.ro
Websites: www.sier.ro

europa
COPPER
institute

European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org