

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

ETAPA 3 – 2016

PROIECT PCCA NR. 60 / 2014

Dispozitiv inovativ de protecție a rețelei de energie electrică față de consumatorii electronici cu factor de putere redus

“Innovative power grid protection device against low power factor electronic loads”

- IEDPFC -

Director de proiect, CO – UTC-N

S.L. dr.ing. Petre Dorel TEODOSESCU

2016

Rezumat etapa III, 2016

Activități desfășurate:

1. Realizarea de măsurători în timp real a calității energiei electrice la nivel de consumatori casnici și industriali, interpretarea și diseminarea rezultatelor
2. Analiza implementării corectării active a factorului de putere la frecvență mică de comutație
3. Analiza unor tehnici de modulare bazate pe histereză cu menținerea constantă a frecvenței de comutație
4. Dezvoltarea modelului experimental de lampă LED obținut în etapa anterioară.
5. Implementarea la nivel de model experimental al convertorului pentru care s-a depus cerere de brevet în cadrul proiectului. "Sistem de iluminat fără redresarea tensiunii de intrare ce funcționează în curent alternativ la factor de putere ridicat".
6. Cercetări privind dezvoltarea unui convertor AC-DC de mică putere pentru utilizare universală cu funcția de corectarea factorului de putere

Rezultate obținute:

- 1 Model funcțional lampă LED
- 1 Model experimental lampă LED - bazat pe cererea de brevet depusă anterior
- 1 Lucrare științifică în The Scientific Bulletin, Land Forces Academy: "Electronic device for LED lighting systems"
- 1 Lucrare științifică acceptată pentru publicare în jurnalul Electrotehnică, Electronică, Automatică (EEA): "Study of the influence of some ordinary electric consumers on power quality"
- 1 Lucrare științifică acceptată pentru publicare în jurnalul Electrotehnică, Electronică, Automatică (EEA): "Electric consumers influence on power quality - case analysis"
- 1 Prezentare Poster în cadrul Salonul Internațional al Inovării și Cercetării Științifice Studențești - "Cadet INOVA'16" - Academia Forțelor Terestre "Nicolae Bălcescu" Sibiu.
- 1 Medalie de Argint - Salonul Internațional al Inovării și Cercetării Științifice Studențești - "Cadet INOVA'16" - Academia Forțelor Terestre "Nicolae Bălcescu" Sibiu.
- 1 Prezentare Conferință Națională de Acționări Electrice- "Practical implementation of a half-bridge SRM converter for low power applications"
- 1 Prezentare Conferință Conferință Națională de Acționări Electrice - "Theoretical Analysis of the Commutation Frequency Range for a PWM AC - to - DC Converter with Current Hysteresis Modulation"
- 1 capitol de carte trimis spre publicare în Intech Optoelectronics: "Resonant converters for optoelectronic devices- A review"

Raport științific și tehnic în extenso

Etapa 3 – 2016

Cercetare model experimental

Rezultate preconizate pentru Etapa 3 -2016:

- 2 lucrări științifice

Rezultate obținute pentru Etapa 3 -2016:

- 1 model funcțional – Lampă LED
- 1 model experimental – sistem de iluminat cu LED
- 3 lucrări științifice
- 2 prezentări conferință
- 1 poster Salon Inventică
- 1 capitol de carte

Activități Etapa 3 – 2016

1. Studiu a calitatii energiei electrice la nivel de consumator casnic sau industrial

Au fost efectuate măsurători privind calitatea energiei electrice la consumatori casnici.

1.1 Prin monitorizarea timp de o săptămână a consumului de energie electrică a fost analizat comportamentul energetic al unui abonat, agent economic IMM, cu consumatorii specificați în tabelul 1. Monitorizarea s-a realizat prin montarea unui Analizor Qualistar Plus C.A 8335 (Chauvin Arnoux) pe cele trei faze ale tabloului disjunctiv tip 3P 50A având pe cele trei faze două întreruptoare diferențiale de câte 40A (0,03A) și unul de 25A (0,03A).

Tabelul 1. Consumatorii instalați

Descriere consumator	Puterea [W]	Buc.	Puterea totală [W]
Tuburi fluorescente	18	120	2160
Tuburi fluorescente	35	15	525
Bec spot LED	11	8	88
Firmă luminoasă	100	2	200
Calculator	350	25	8750
UPS	200	9	1800
Copiator	500	2	1000
Dozator apă	450	1	450
Fax	230	1	230
Frigider ladă	110	1	110
Automat cafea	200	1	200
Imprimanta	100	3	300
Spot LED	23	5	115
Spot LED	26	3	78
Frigider	110	1	110
Plotter	550	1	550
Ventilator	150	1	150
Polidisc	750	1	750
Bormasina	550	1	550
Bec spot filament	35	12	420
Bec LED	9	16	144
Radiator cu ulei	1500	2	3000
Total putere instalată [kW]			21,680

Pe perioada monitorizării frecvența rețelei s-a menținut în domeniul $49,98 \div 50,02\text{Hz}$, iar tensiunile pe cele trei faze între 210,1Vrms și 230,6Vrms. Evoluțiile curenților în perioada înregistrării sunt prezentate în fig. 1.

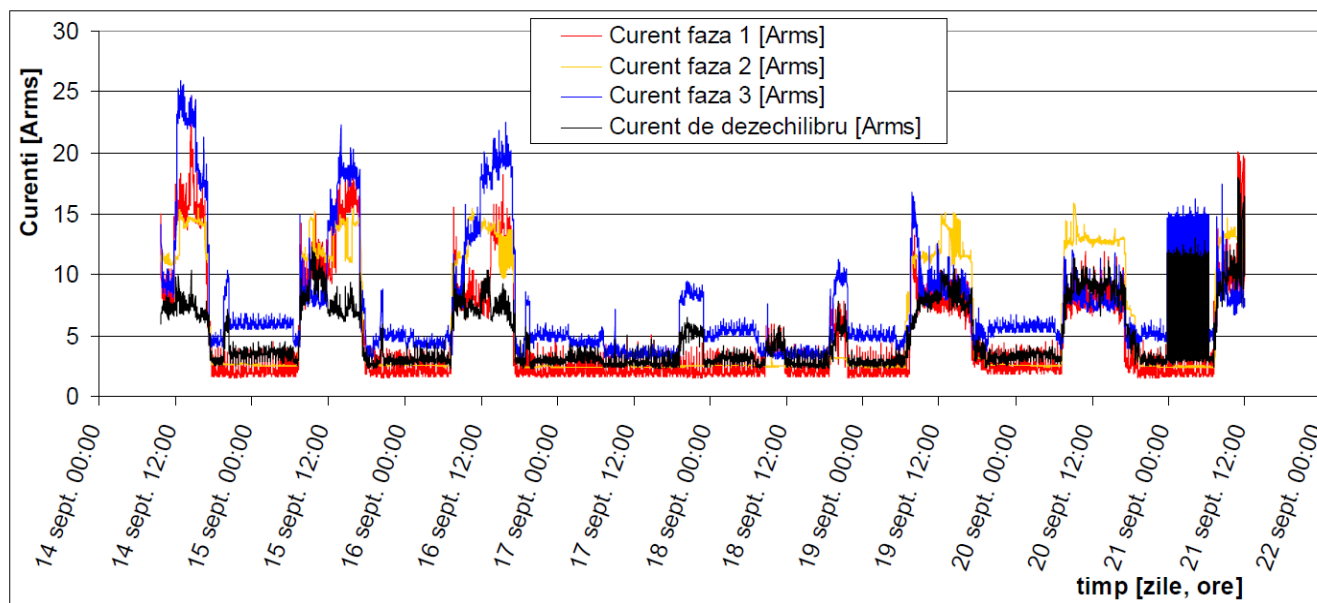


Figura 1. Evoluțiile curenților în perioada monitorizării

Rezultatele complete se vor regăsi în cadrul lucrării: Gheorghe MATEI, Dániel LINGVAY, Petre Cătălin SPAFIU, Liana Mihaiela TUDOSIE, Electric consumers influence on power quality - case analysis, Jurnalul : Electrotehnică, Electronică, Automatică (EEA), 2017.

2. S-a realizat și un studiu cu privire la influența unor consumatori uzuali asupra calității energiei electrice

În scopul caracterizării și evaluării comportamentului energetic, au fost monitorizate în funcționare trei tipuri de consumatori frecvent întâlniți atât la abonații casnici, cât și la societăți comerciale IMM. Monitorizarea funcționării s-a făcut pentru: - un calculator DELL cu procesor Intel (R) Core (TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz 3.40 GHz, RA): 8 GB alimentat dintr-o sursă DELL Inc. Model H350PD-01 (China) – timp de 8 ore; - un frigider ZANUSSI - ZRA22800WA – timp de 24 ore; - un corp de iluminat fluorescent tip T8/36W Cristal – NV-4201.01136, fabricat de Solentis (Germania) – timp de o oră. Monitorizarea consumatorilor s-a realizat cu un analizor de calitate a energiei electrice tip Qualistar Plus C.A 8335 (Chauvin Arnoux) prin măsurarea și înregistrarea / memorarea continuă a tensiunii de alimentare, a frecvenței, a curentului absorbit, a defazajelor, a tensiunilor și a curenților armonici etc.

Monitorizarea în funcționare a calculatorului

Valorile minime, maxime și medii ale principalilor parametri înregistrați în perioada monitorizării calculatorului investigat sunt prezentate în Tabelul 2.

Parametru	UM	Valori înregistrate		
		Max.	min.	mediu
Tensiunea de alimentare	V_{rms}	225	206	215,85
Curentul absorbit	A_{rms}	5,68	0,03	4,062
Puterea activă	W	90,06	1,07	62,85
Puterea reactivă	VA _r	82,65	-65,3	-33,77
Puterea aparentă	VA	127,7	8,67	87,83
Factorul de putere, PF	-	0,736	0,02	0,71
Distorsiunile armonice totale, THD	%	115	91,4	98,51
Frecvența	Hz	50,01	49,99	50,00

Tabel 2 . Valorile minime , maxime și medii înregistrate în timpul monitorizării calculatorului investigat

Evoluția puterilor înregistrate pe calculatorul investigat, în timpul utilizării normale timp de 8 ore, sunt prezentate în figura 2.

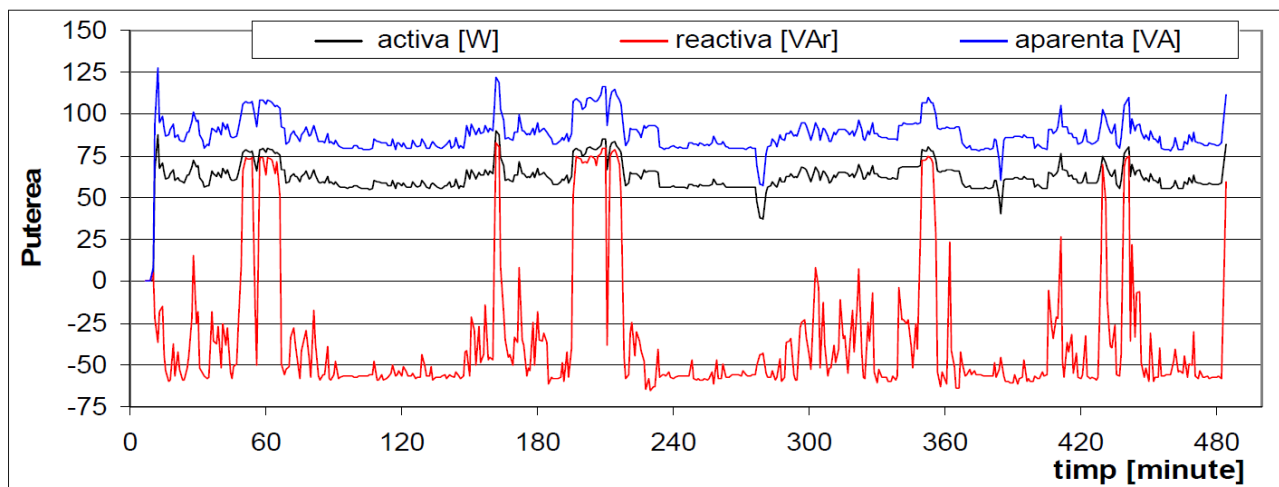


Fig. 2 . Evoluția puterilor absorbite

Monitorizarea în funcționare a frigiderului

Evoluțiile puterilor înregistrate în timpul monitorizării frigiderului investigat sunt prezentate în figura 3 și tabelul 3.

Parametru	UM	Valori înregistrate		
		Max.	min.	mediu
Tensiunea de alimentare	V_{rms}	225	206	215,85
Curentul absorbit	A_{rms}	0,402	0,223	0,371
Puterea activă	W	69,1	30,8	52,1
Puterea reactivă	VAr	71,1	36,4	60,4
Puterea aparentă	VA	108,4	48,1	79,5
Factorul de putere PF		0,7	0,63	0,66
Distorsiunile armonice Totale THD	%	12.8	7.9	12,5
Frecvența	Hz	50,08	49,93	49,99

Tabel 3 . Valorile minime , maxime și medii înregistrate în timpul monitorizării frigiderului investigat

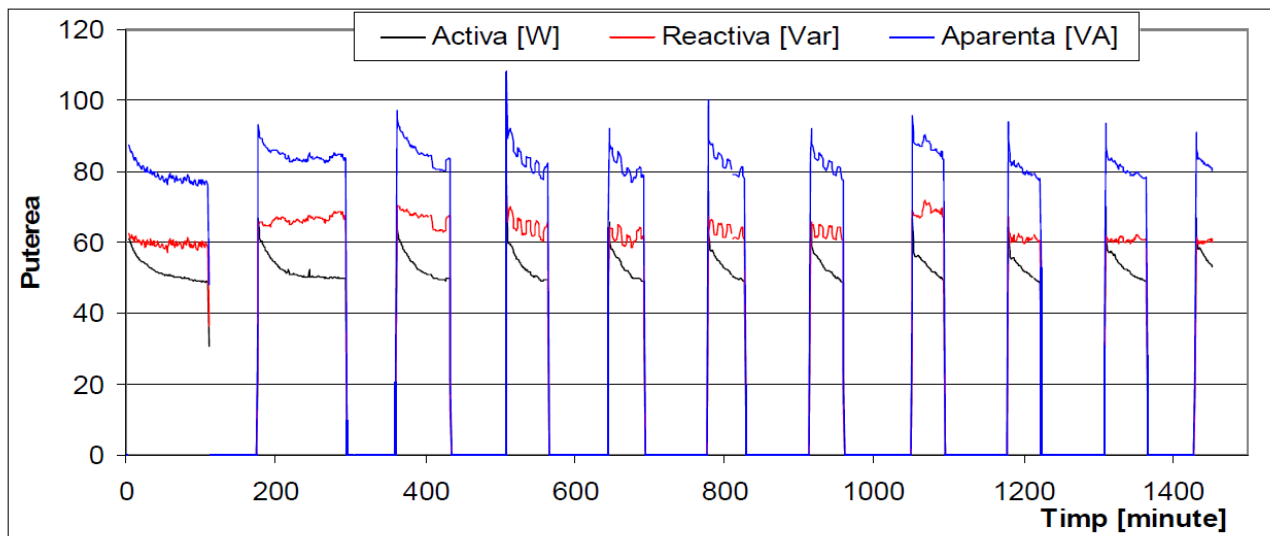


Fig. 3 . Evoluția puterilor absorbite de frigiderul investigat

Monitorizarea în funcționare a corpului de iluminat T8/36W

Evoluțiile puterilor absorbite de corpul de iluminat T8/36W în timpul monitorizării sunt prezentate în figura 4 și tabelul 4.

Parametru	UM	Valori înregistrate		
		Max.	min.	mediu
Tensiunea de alimentare	V_{rms}	219,3	210,4	215,3
Curentul absorbit	A_{rms}	0,278	0,245	0,254
Puterea activă	W	35,7	31,4	34,5
Puterea reactivă	VAR	50,5	40,5	45,1
Puterea aparentă	VA	59,4	51,7	56,8
Factorul de putere PF	-	0,62	0,53	0,61
Distorsiunile armonice totale THD	%	14,1	13,2	13,4
Frecvența	Hz	50.01	49.95	50.00

Tabel 4 . Valorile minime , maxime și medii înregistrate în timpul monitorizării corpului de iluminat investigat

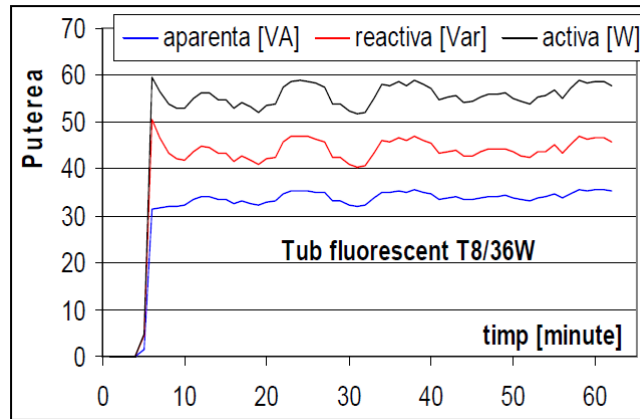


Fig. 4 . Evoluția puterilor absorbite de corpul de iluminat investigat

Rezultatele complete se vor regăsi în cadrul lucrării: Petre Cătălin SPAFIU, Dániel LINGVAY, Gheorghe MATEI, Study of the influence of some ordinary electric consumers on power quality, Jurnalul : Electrotehnică, Electronică, Automatică (EEA), 2017.

3. Analiza implementării corectării active a factorului de putere la frecvență mică de comutație

De departe cel mai des folosite la puteri medii și mici sunt circuitele cu modulare în durată a impulsurilor ridicătoare de tensiune, boost, numite și preconvertoare de curent alternativ/curent continuu. De obicei ele sunt urmate de un etaj de conversie de curent continuu/curent continuu cu rol de stabilizare optimă a nivelului tensiunii continue de ieșire și, eventual, de separare galvanică. În cazul folosirii acestei structuri “dual stage” etajul dc/dc este de obicei de tip stabilizator coborât de tensiune, buck. La nevoie multiplicarea numărului de tensiuni continue de ieșire se face cu ajutorul unui etaj dc/dc fly-back, cu ieșire pe transformator de înaltă frecvență, cu secundare multiple. În acest caz una dintre tensiuni este stabilizată, valorile celorlalte se stabilesc liber. Procedee asigură și separarea galvanică dintre intrare și ieșire, în condiții eficiente de randament, gabarit și masă. La puteri mari și foarte mari se folosesc redresoarele PWM cu factor de putere unitar. Aplicarea acestor circuite reprezintă soluții electronice elegante și atractive dar răspândirea lor în toate gamele de puteri trebuie luată în considerație și prin prisma avantajelor și dezavantajelor lor, asociat cu efectele de ordin economic. Sintetizăm acest lucru în Tabelul 5.

Tabelul 5

Nr.crt.	Avantaje	Dezavantaje
1	Factor de putere ridicat.	Complexitate relativ mare.
2	Corectează prin reglare automată factorul de distorsiune și factorul de deplasare.	Tensiunea continuă de ieșire trebuie să aibe un nivel mai ridicat decât amplitudinea tensiunii alternative de la intrare.

3	Circuitul este cuplat simplu la rețeaua de curent alternativ	Scump pentru aplicații de mică putere.
4	Tensiune de ieșire continuă stabilizată.	Completarea cu etaj dc/dc aditional în aval pentru creșterea coeficientului de stabilizare scade randamentul.
5	Componente electronice mici și ușoare.	Nu este posibilă limitarea curentului de pornire.
6	Caracteristici de compatibilitate electromagnetică satisfăcătoare.	
7	Atenuază unele regimuri tranzitorii ale rețelei de curent alternativ	
8	Proiectare avantajată de existența circuitelor integrate monolitice de comandă și control.	
9	Solicitări reduse asupra dispozitivelor electronice de comutație.	

Adițional informațiilor din tabelul 5 putem completa cu următoarele:

- In general circuitele din categoria de mai sus nu asigură separarea galvanică foarte necesară în cazul multor consumatori;

- Separarea galvanică se poate realiza satisfăcător doar în etajul dc/dc adițional din aval dar cresc costurile și gradul de complexitate;

- Dacă circuitul lucrează conectat la o rețea de curent alternativ de intrare cu tensiune deformată și curentul de intrare va fi deformat, măbind, prin reacția pozitivă aferentă, deformarea tensiunii de intrare.

Teoretic soluția optimă de control a preconvertorului pentru această situație nu este rezolvată, ea reprezentând o serioasă temă de cercetare deschisă;

- In funcție de sistemul de comandă și control folosit, pierderile de comutație pot fi apreciable, nu mai pot fi neglijate, impunând supradimensionarea componentelor;

- Din cauza pierderilor de comutație randamentul circuitului poate scădea semnificativ.

Există însă și o categorie largă de aplicații dedicate, de putere mică, cuprinsă de obicei între 10 și 300 Watt, la care consumatorul este unul specializat. In acest caz devin atractive soluțiile mult mai simple ale corectării factorului de putere cu circuite pasive. Este evident că și în acest caz trebuie acceptate avantajele și dezavantajele legate de o astfel de soluție, tabelul 6.

Tabelul 6

Nr.crt.	Avantaje	Dezavantaje
1	Circuit simplu	Funcționare la frecvența rețelei asociată cu componente pasive cu dimensiuni mari și grele.
2	Ieftine la puteri mici	Nu pot corecta complet efectele negative ale sarcinilor neliniare.

3	Sigure și robuste	Nu suporta schimbarea nivelului tensiunii alternative de alimentare.
4	Nu sunt surse de zgomote de înaltă frecvență.	Trebuie redimensionate la schimbarea caracteristicilor circuitului de sarcină.
5	Pot ajuta la rezolvarea problemelor de compatibilitate electromagnetica.	Dacă consumatorul este unul capacitiv sunt necesare obligatoriu elemente magnetice de circuit, bobine.
6	In cazul sarcinilor liniare au factor de putere unitar.	

Circuitele pasive de corectare a factorului de putere pot conține bobine, condensatoare, rezistori și diode redresoare. Deoarece bobinele lucrează la frecvența rețelei de 50 sau 60 Hz, ele vor avea dimensiuni de gabarit și mase relativ apreciabile. Ca urmare folosirea lor este de dorit a fi evitată.

Acest raport de fază dorește să investigheze categoria specială a circuitelor de corectare activă lentă a factorului de putere, slow PFC, pornind de la ideea că aplicarea acestora ar putea genera o serie de avantaje la sarcini dedicate datorită simplității și robusteții lor.

Circuite de corectare activă lentă a factorului de putere.

In faza de investigațiune documentară s-a constatat că există o documentație relativ sărăcăcioasă asupra sistemelor de corectare activă lentă a factorului de putere, “slow PFC”^{1 2}. Singura aplicație găsită se referă la circuitul din Figura 5.

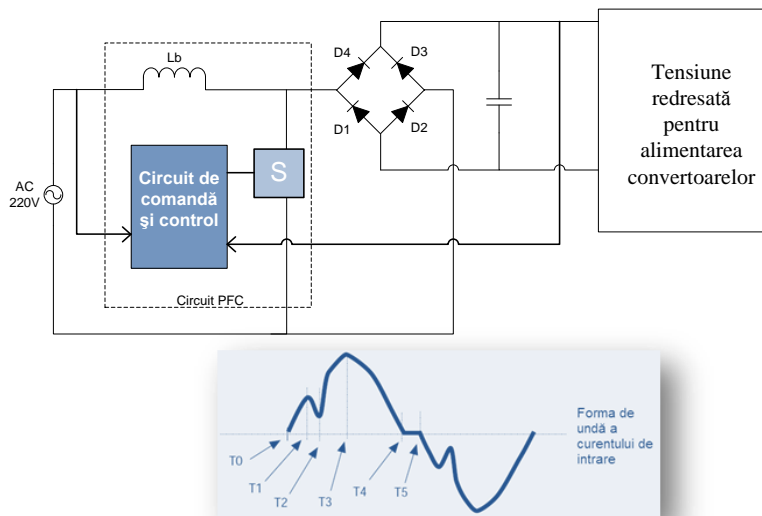


Fig. 5. Circuit de corectare activă lentă a factorului de putere¹²

¹ Power Factor Correction, Chapter 4, ARTESYN, POWERAPPS™, pp. 1 – 17, http://www.coolpowersolutions.fi/Library/Power_Factor_C.pdf

² Vachak, V.; Khan, A.; Shrivatava, A.: Power Factor Correction Circuits, Active Filters, International Journal of Engineering Research and General Science, Volume 2, Issue 5, pp. 535 -543, ISSN 2091 – 2730, August – September, 2014, www.ijergs.org

Informațiile atașate sunt și ele sumare, în principiu reducându-se la cele cuprinse în tabelul 7

Tabelul 7.

Nr.crt.	Avantaje	Dezavantaje
1	Sunt circuite relativ simple	Apar multe armonici de curent de frecvențe apropiate de frecvența rețelei
2	Ieftine la puteri instalate mici	Nu pot corecta complet efectele negative ale sarcinilor neliniare. Factor de putere maxim realizabil: 95%
3	Au randament ridicat, valoare tipică 98%	Produc zgomote în domeniul audio
4	Interferențe electromagnetice relativ reduse datorită prezenței bobinei	

Circuitul operează la 50 Hz și, prin urmare, pierderile de comutație sunt practic neglijabile, avantaj suplimentar care nu se poate a nu fi subliniat. Din păcate funcționarea circuitului PFC la frecvența rețelei aduce cu sine și un dezavantaj legat de masa și volumul apreciabil al bobinei L.

Analiza atentă a Figurii 5 oferă însă o serie de lămuriri utile privind principiul corectării active lente a factorului de putere. Ideea de bază este aceea de a folosi un circuit electronic cât mai simplu pentru a "scoate" unda curentului de intrare în convertorul de curent continuu din domeniul "forme de undă speciale" incriminate de normativul american IEC 1000-3-2 sau cel european EN 61000-3-2. Această formă de undă specială este indicată în Figura 6. Dacă unda de curent de intrare iese din interiorul ariei delimitate de forma de undă specială, atunci echipamentul respectiv este transferat în altă clasă, cu condițiuni mai puțin restrictive impuse de normativul în materie de armonici, Figura 7³.

Conform circuitului din Figura 5, acest lucru se poate realiza în mod ușor prin amplasarea unui convertor simplu, ridicător de tensiune, boost, la intrarea redresorului necomandat cu diode. La $t = T_0$, înainte de $\omega t = 60^\circ$ se comanda tranzistorul Q1 și în acest fel se "forțează" apariția curentului de intrare. La $t = T_2$ tranzistorul este blocat, regimurile tranzistorii care urmează fiind tipice pentru circuitul boost simplu. Datorită prezenței inductivității L curentul este și semnificativ prelungit către $\omega t = \pi$, până la $t = T_4$. Ideea este bine conturată dar circuitul nu funcționează fiindcă pe semialternanțele negative ale tensiunii de alimentare dioda incorporată tranzistorului cu efect de câmp conduce tot timpul și se pierde controlul asupra curentului și, implicit, asupra factorului de putere. Dacă tranzistorul Q1 nu are diodă incorporată, "body diode", atunci procesul de formare a curentului, "current shaping", pe alternanțele negative nu are loc. Soluția este folosirea unui comutator bidirecțional.

Comutatorul în cauză, mult utilizat în domeniul convertoarelor matriciale este indicat aici în Figura 4.

³ Power Factor Correction, Chapter 4, ARTESYN, POWERAPPS™, pp. 1 – 17, http://www.coolpowersolutions.fi/Library/Power_Factor_C.pdf

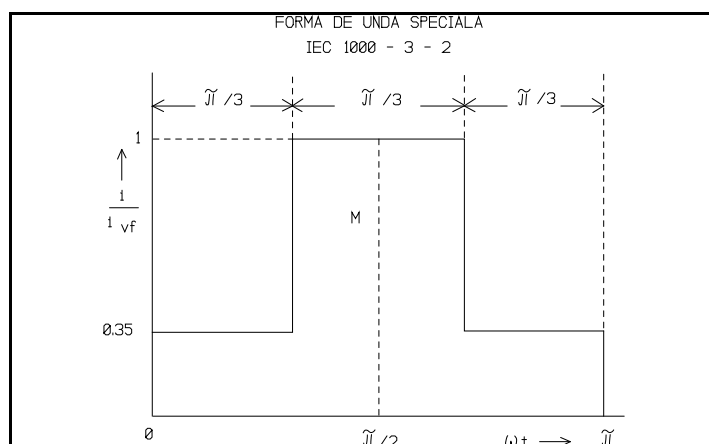


Fig. 6. Forma de undă specială conform cu normativul EN 61000-3-2.

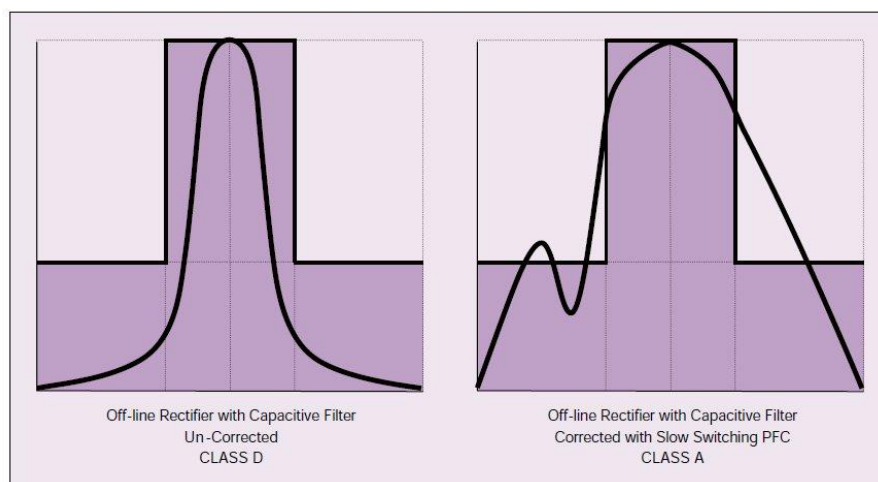


Fig. 7. Transferul din clasa de echipamente “D” în clasa “A” prin modificarea undei de curent.⁴

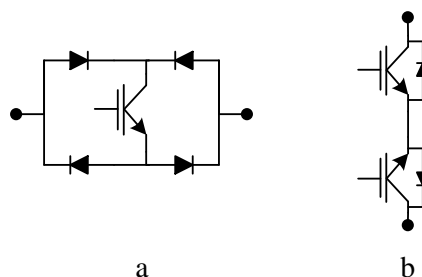


Fig. 8. Comutatoare de 4 cadrane cu MOSFET.

⁴⁴ Power Factor Correction, Chapter 4, ARTESYN, POWERAPPS™, pp. 1 – 17, http://www.coolpowersolutions.fi/Library/Power_Factor_C.pdf

Selectarea circuitului investigat.

Circuitul din Figura 8 are pe de o parte dezavantajul ca tensiunea de ieșire este mai mare decât amplitudinea tensiunii alternative de la intrare. Pe de altă parte etajul "slow PFC" are două funcțiuni electronice pe care trebuie să le îndeplinească simultan. Ca urmare structura de reglare propusă nu asigură un grad superior de stabilizare a tensiunii continue de la ieșire.

Ca urmare se propune ideea nouă de a injecta în curentul alternativ de intrare a 4 pulsuri, Figura 9, sau 8 pulsuri, Figura 10, de curent pur reactiv pe frecvența înaltă a unui circuit oscilant. Injectarea curentului trebuie să se poată face fără a se influența nivelul tensiunii continue redresate necomandate de la ieșirea redresorului.

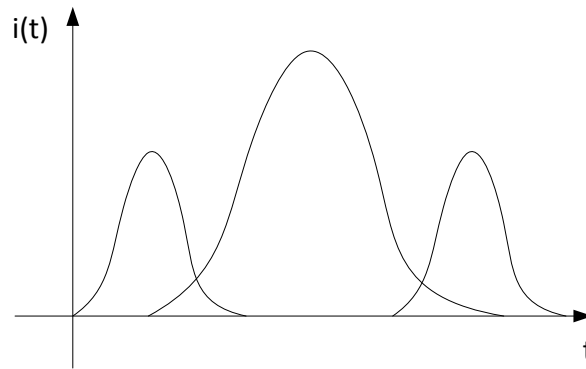


Fig. 9. Inserarea de 4 impulsuri suplimentare de curent pe alternanță.

Cu cât se pot insera mai multe pulsuri de curent reactiv cu atât scade efortul de filtrare pe partea de intrare de curent alternativ și se poate scădea coeficientul total de distorsiuni armonice. Dacă se reușește proiectarea unui circuit foarte slab rezistiv, randamentul convertorului necomandat nu este afectat în mod semnificativ. Pentru a se păstra caracterul de corectare lentă a factorului de putere, "slow PFC", în această fază a cercetării nu se recomandă depășirea numărului de 8 pulsuri injectate.

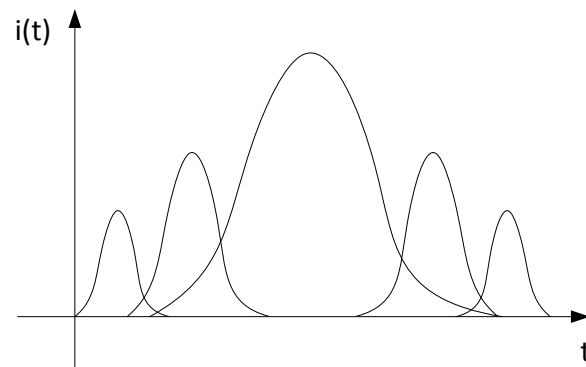


Fig. 10. Inserarea de 8 impulsuri suplimentare de curent pe alternanță.

Devine deci interesantă o variantă nouă de circuit electronic în care să se separe funcția de corectare activă a factorului de putere de cea de stabilizare a tensiunii continue de ieșire. În acest scop se poate apela la un simplu circuit LC amplasat pe partea de alternativ a punții redresoare necomandate. Dacă este necesar, tensiunea redresată și filtrată capacitiv poate fi optim stabilizată cu un etaj dc/dc adițional.

Informații suplimentare nu se pot furniza în această etapă prin faptul este analizată posibilitatea de brevetare a structurii propuse în cadrul acestui studiu.

4. Analiză teoretică a posibilității de implementare a unor tehnici de modulare bazate pe histereză cu menținerea constantă a frecvenței de comutație

În cadrul acestui studiu s-a analizat posibilitatea de implementare a unor tehnici de modulare prin histereză la frecvență constantă. Structura convertorului analizat este prezentată în fig. 11.

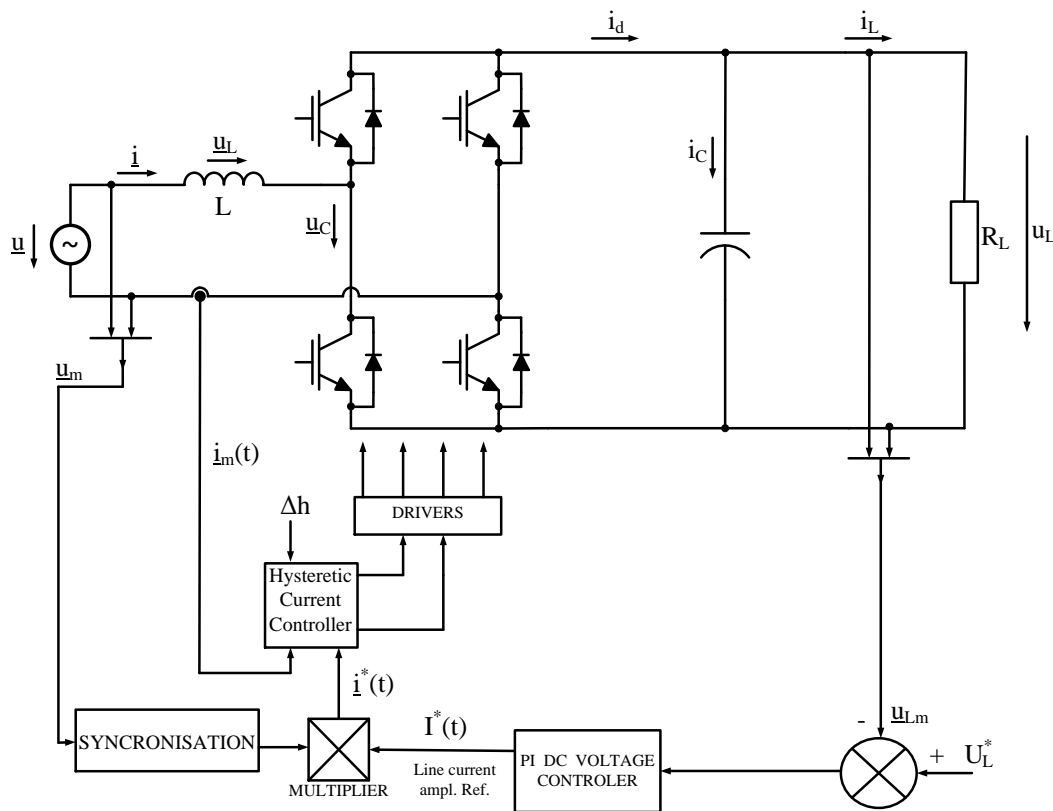


Fig. 11. The block diagram of the converter (with constant hysteresis control)

Au fost analizate 3 tehnici de modulare :

1. Estimarea interval de frecvență de comutație presupunând Eșantionarea uniformă asimetrică a tensiunii alternative de intrare și a curentului de referință

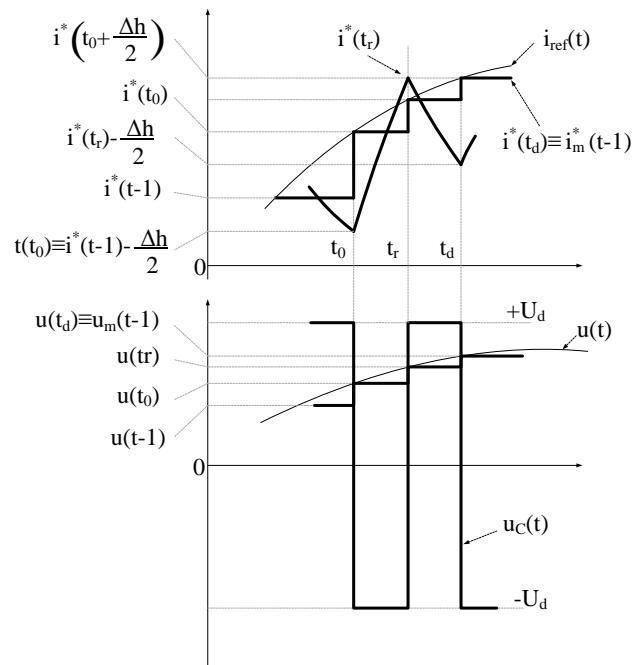


Fig. 12. Eșantionarea uniformă asimetrică a tensiunii alternative de intrare și a curentului de referință

2. Estimarea interval de frecvență de comutație presupunând eșantionare uniformă simetrică a tensiunii alternative de intrare și a curentului de referință

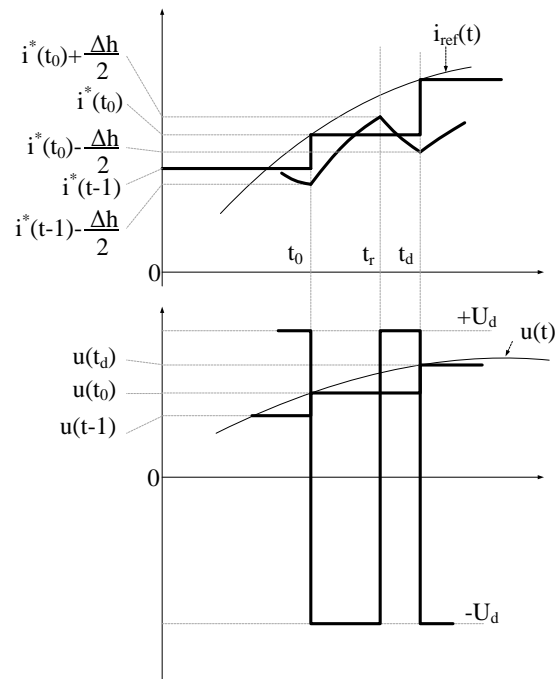


Fig. 13. Eșantionare uniformă simetrică a tensiunii alternative de intrare și a curentului de referință

3. Estimarea interval de frecvență de comutație presupunând eșantionarea uniformă asimetrică a tensiunii de intrare AC și eșantionarea uniformă a curentului de referință

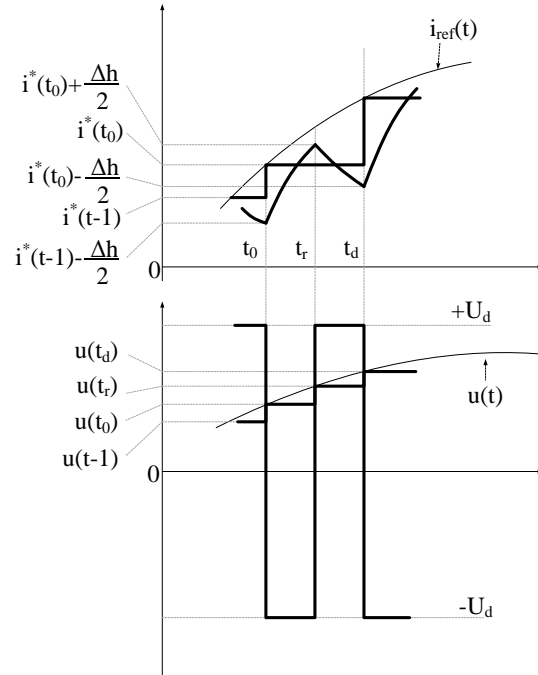


Fig. 14. Eșantionarea uniformă asimetrică a tensiunii de intrare AC și eșantionarea uniformă a curentului de referință.

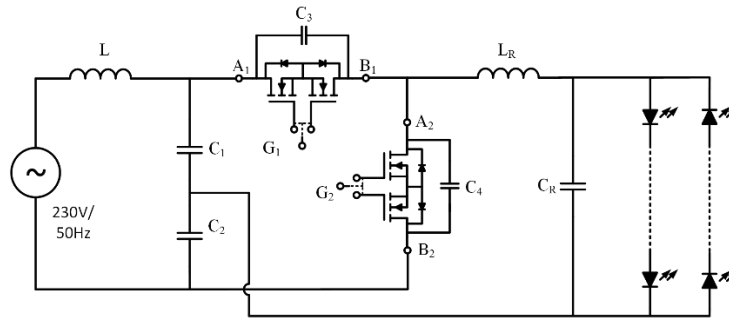
Detalii cu privire la aceste tehnici de modulare se vor regasi în lucrarea: Petre Teodosescu, Madalina Sabau, Norbert Szekely, Mircea Bojan, Richard Marschalko, Theoretical Analysis of the Commutation Frequency Range for a PWM AC - to - DC Converter with Current Hysteresis Modulation, prezentată în cadrul conferinței CNAE 2016, în curs de publicare.

5. Dezvoltarea modelului experimental de lampă LED obținut în etapa anterioară.

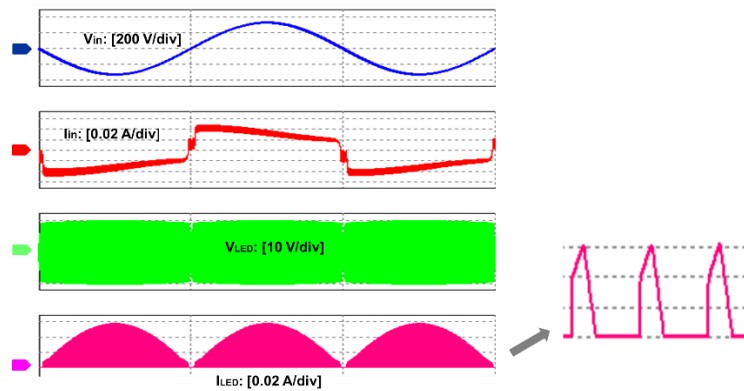
În cadrul acestei activități s-a optimizat convertorul pentru LED , obținându-se un model funcțional ce urmează să fie produs pentru analiză detaliată până la sfârșitul anului 2016 sau cel tarziu în primul trimestru din anul 2017. Detalii cu privire soluțiile de optimizare și structura finală obținută nu se pot oferi în cadrul acestui raport de activitate datorită limitărilor bazate pe proprietate intelectuală.

6. Implementarea la nivel de model experimental al convertorului pentru care s-a depus cerere de brevet în cadrul proiectului. "Sistem de iluminat fără redresarea tensiunii de intrare ce funcționează în curent alternativ la factor de putere ridicat".

În cadrul acestei activități a fost realizat un model experimental al convertorului propus spre brevetare în cadrul proiectului. Spre deosebire de etapa 2, din 2015, în această etapă se pot oferi detalii cu privire la structura convertorului. Structura împreună cu rezultatele simulate și experimentate se regasesc în fig. 15



Simulation results:



Experimental results:

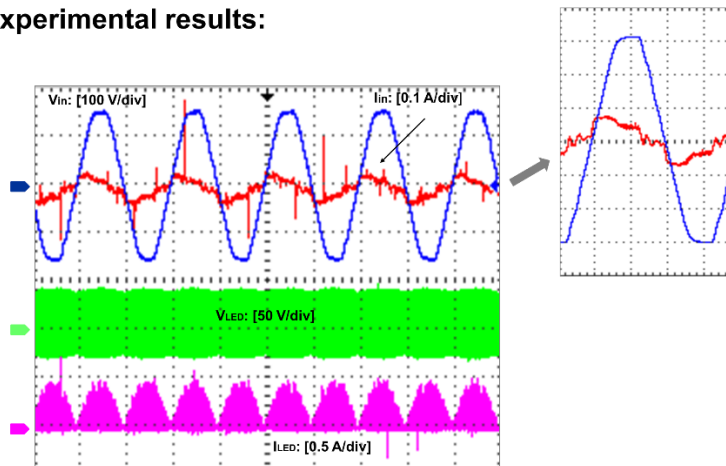


Fig. 15. Rezultate simulate și experimentate circuit electronci pentru iluminat cu LED

7. Cercetări privind dezvoltarea unui convertor AC-DC pentru utilizare universală cu funcția de corectarea factorului de putere

În cadrul acestor activități s-a analizat posibilitatea de implementare a convertorului dezvoltat pentru iluminat cu LED prezentat anterior (Fig. 15) pentru aplicații universale. Este evident faptul că partea de ieșire a convertorului este diferită. Structura obținută și analizată nu se va prezenta în cadrul acestei etape pentru a evita anumite limitări cu privire la posibilitatea de brevetare a unor elemente din structura nou obținută sau chiar dezvoltarea aplicației de cerere de brevet deja trimise spre analiză.

Gradul de realizare a obiectivelor

Având în vedere cele raportate, considerăm că au fost îndeplinite în mare obiectivele propuse și prin activitățile derulate au fost obținute rezultatele preconizate. Prin prelungirea activităților în cadrul proiectului până în 2017, abordarea a fost una spre analiza unor noi structuri de cercetare în paralel cu optimizarea structurilor deja obținute. Astfel s-a investit mult timp pe partea de cercetare de noi structuri de conversoare și/sau idei inovative. Ca întârzieri identificăm faptul că nu au fost încă realizate practic modelele funcționale, dar cum a fost specificat în cadrul acelei activități, acestea sunt preconizate să fie realizate practic până la sfârșitul anului 2016 sau cel târziu în primul trimestru al anului 2017.

În mod obiectiv au fost realizate 1 circuit funcțional de laborator, 1 circuit experimental de laborator. De asemenea, s-a cercetat posibilitatea de implementare a rezultatelor obținute în cadrul unui convertor universal pentru aplicații generale de mică putere cu funcția de corectare a factorului de putere. Rezultatele cercetărilor au fost diseminate în cadrul unor evenimente tematice, prin 2 prezentări de conferință și 1 poster la salon de invenție. Alte 3 lucrări științifice au fost înaintate pentru publicare în jurnale indexate în baze de date internaționale.