



(11) **RO 133454 B1**

(51) **Int.Cl.**

H02H 3/52 (2006.01);

H02H 7/16 (2006.01);

G05F 1/70 (2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 01090**

(22) Data de depozit: **11/12/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/10/2023** BOPI nr. **10/2023**

(41) Data publicării cererii:
28/06/2019 BOPI nr. **6/2019**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR. 2,
TIMIȘOARA, TM, RO**

(72) Inventatori:
• **BĂLOI ALEXANDRU,
PIAȚA KARLSRUHE, NR. 15, AP. 10,
TIMIȘOARA, TM, RO;**

• **PANĂ ADRIAN,
STR. DIVIZIA 9 CAVALERIE NR. 2, SC. A,
AP. 4, TIMIȘOARA, TM, RO;**
• **MOLNAR-MATEI-COZMA FLORIN
STELIAN, STR. ȘESU ROȘU, BL. 3, SC. A,
AP. 2, CARANSEBEȘ, CS, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 6747373 B1; US 6181113 B1

(54) **METODĂ ȘI SISTEM AUTOMAT DE COMPENSARE
ȘI PROTECȚIE A BATERIILOR DE CONDENSATOARE**



RO 133454 B1

1 Invenția se referă la o metodă și un sistem automat de compensare și protecție ce
2 poate fi folosit pentru protecția bateriilor de condensatoare, utilizate pentru compensarea
3 puterii reactive din rețelele electrice de distribuție cu regim deformant, împotriva efectelor
4 rezonanțelor paralele.

5 Referitor la compensarea puterii reactive, prescripțiile din România, prin
6 **PE 120/1994**, [1], prevăd evitarea solicitării instalațiilor de condensatoare peste limitele
7 admisibile $I_{\max}=1,3 I_n$ și $U_{\max}=1,1 U_n$, unde U_n și I_n sunt valorile nominale ale tensiunii și
8 curentului în regim sinusoidal. Același normativ impune și condițiile privind compensarea
9 puterii reactive în nodurile cu regim deformant și măsurile care trebuie luate atunci când apar
10 condiții de rezonanță. Utilizarea filtrelor refulante este menționată aici cu rezerva utilizării lor
11 numai în cazul în care parametrii regimului deformant sunt sub valorile prescrise.

12 Pentru compensarea puterii reactive în nodurile cu regim deformant sub limitele
13 prescrise este cunoscută soluția tehnică de utilizare a filtrelor refulante care presupune
14 utilizarea bobinelor antirezonante (antiarmonici) pentru protecția bateriilor de condensatoare
15 împotriva rezonanțelor paralele care pot apărea între acestea și rețea. Aceste filtre nu au rolul
16 de a filtra armonicile din rețea ci doar de a compensa puterea reactivă, iar rolul bobinei
17 antirezonanță din componența lor este acela de a proteja bateria de condensatoare împotriva
18 efectelor rezonanțelor paralele [2], [3].

19 Soluția de mai sus prezintă dezavantajul că pentru fiecare baterie de condensatoare,
20 în funcție de puterea reactivă a acesteia, și pentru o anumită frecvență de antirezonanță,
21 trebuie dimensionată o bobină antirezonanță, ceea ce conduce la costuri mari. Mai mult
22 decât atât, costul acestor bobine crește odată cu creșterea puterii reactive a bateriilor de
23 condensatoare și/sau cu creșterea nivelului de tensiune al rețelei. În [4] se prezintă un
24 exemplu comparativ conform căruia perioada de recuperare a investiției pentru o baterie de
25 condensatoare este de 4,3 ani și pentru un filtru refulant de aproximativ aceeași putere
26 reactivă, la același nivel de tensiune, este de 6,9 ani. Un alt dezavantaj al utilizării filtrelor
27 refulante este dat de faptul că ele conduc la creșterea tensiunii pe fundamentală la bornele
28 bateriei de condensatoare din componența filtrului [5]. Inclusiv producătorii de filtre refulante
29 impun utilizarea unor baterii de condensatoare având un nivel de tensiune mai mare pentru
30 realizarea acestor filtre în combinație cu bobinele antiarmonici [2].

31 Protecția bateriilor de condensatoare împotriva regimului deformant prin evitarea
32 rezonanțelor paralele ce pot conduce la suprasolicitarea electrică, termică și chiar distrugerea
33 condensatorilor se poate realiza cu ajutorul unei bobine antirezonanță din componența
34 filtrelor refulante acordate pe o anumită frecvență.

35 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, constă în protecția bateriilor de conden-
36 satoare împotriva efectelor rezonanțelor paralele dintre acestea și rețea prin evitarea supra-
37 solicitării electrice și termice a bateriilor de condensatoare dintr-un nod al rețelei electrice cu
38 regim deformant.

39 Metoda de compensare și protecție a bateriilor de condensatoare, conform invenției,
40 constă din următoarele etape:

41 - se calculează puterea activă, puterea reactivă și factorul de putere $\cos \phi$ pe baza
42 valorilor tensiune/curent măsurate inițial;

43 - se cuplează în nodul de compensare o sarcină rezistivă adițională și se măsoară
44 tensiunea și curentul în nodul de compensare iar apoi se descompun Fourier semnalele
45 electrice tensiune/curent, măsurate înainte și după cuplarea sarcinii rezistive adiționale în
46 nodul de compensare, în cazul în care factorul de putere nu se încadrează în limite
47 prescrise;

RO 133454 B1

- se calculează impedanța armonică a rețelei în nodul de compensare pe baza celor două seturi de măsurători de către un sistem de calcul cu microcontroler și se decuplează sarcina rezistivă adițională din nodul de compensare;	1
- se calculează, de către sistemul de calcul cu microcontroler, cu anticipație, valorile U_{BC} și I_{BC} ale tensiunii și curentului la bornele bateriei de condensatoare, pe baza valorilor impedanței armonice și le compară cu valorile U_{BCmax} și I_{BCmax} maxim admisibile pentru bateria de condensatoare, valori indicate de producător și/sau stabilite prin standarde;	3
- dacă valorile maxim admisibile sunt depășite, se reia procedura anterioară pentru o treaptă inferioară a bateriei de condensatoare, până când U_{bc} și I_{bc} se încadrează în limitele admisibile și se face conectarea treptei corespunzătoare a bateriei de condensatoare în nodul de compensare.	5
Sistemul automat de compensare și protecție a bateriilor de condensatoare, conform invenției este alcătuit dintr-un dispozitiv de achiziție date cu intrări analogice pentru curent și intrări analogice pentru tensiune, care măsoară și efectuează conversia analog/digitală a curenților și tensiunilor pe faze în nodul de compensare dintre rețeaua de alimentare și bornele consumatorului, o interfață de comunicație serială, un modul de calcul cu microcontroler ce primește date prin interfața serială și calculează impedanța armonică, determină necesarul de compensare ce este transmis prin cinci ieșiri digitale care controlează niște trepte ale unei baterii de condensatoare și o sarcină rezistivă adițională controlată printr-o ieșire digitală.	7
Metoda de compensare și protecție a bateriilor de condensatoare, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:	9
- utilizează ca mărime de intrare impedanța armonică a rețelei electrice [6-8], o mărime ce poate fi determinată în timp real [9-11]. Există inclusiv dispozitive brevetate care determină impedanța armonică [12], [13];	11
- determină prin calcul, cu anticipație, valorile tensiunii la bornele bateriei de condensatoare care urmează a fi conectată, respectiv curentului care va circula prin baterie [14];	13
- poate fi implementată cu aceleași costuri indiferent de puterea bateriei de condensatoare și de nivelul de tensiune al rețelei.	15
Sistemul automat de compensare și protecție a bateriilor de condensatoare, conform invenției, elimină dezavantajele soluțiilor cunoscute prin aceea că implementează metoda de compensare și protecție de mai sus și prezintă următoarele avantaje:	17
- poate fi utilizat cu aceleași costuri indiferent de puterea bateriei de condensatoare și de nivelul de tensiune al rețelei;	19
- scade gabaritul total al instalației de compensare prin eliminarea bobinei antirezonante.	21
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile care reprezintă:	23
- fig. 1, algoritmul de implementare a metodei de compensare și protecție a bateriilor de condensatoare;	25
- fig. 2, schema de conectarea la rețea și principiul de control-comanda a sistemului automat de compensare și protecție a bateriilor de condensatoare.	27
Metoda de compensare și protecție a bateriei de condensatoare, conform invenției, constă în determinarea valorilor impedanței armonice a rețelei în nodul de compensare cu "metoda variațiilor", care folosește valorile curenților și tensiunilor armonice determinate în două stări diferite ale rețelei:	29

$$\underline{Z}_k = \frac{U_{k2} - U_{k1}}{I_{k2} - I_{k1}} \quad (1)$$

RO 133454 B1

1 unde:

\underline{Z}_k - impedanța armonică echivalentă văzută în nodul de compensare în starea 1 a rețelei;

3 $\underline{U}_{k1}, \underline{I}_{k1}$ - tensiunea și curentul armonic, pentru armonica de rang k, măsurate în starea 1 a rețelei;

5 $\underline{U}_{k2}, \underline{I}_{k2}$ - tensiunea și curentul armonic, pentru armonica de rang k, măsurate în starea 2 a rețelei;

7 k - rangul armonicii;

9 Cele două stări ale sistemului sunt delimitate de o conectare de impedanța (sarcină adițională) în nodul de compensare.

11 Apoi se utilizează aceste valori ca mărimi de intrare pentru calculul anticipativ al valorilor tensiunii la bornele bateriei de condensatoare care urmează a fi conectată, (U_{BC}), respectiv a curentului care va circula prin aceasta, (I_{BC}), astfel:

13

$$\underline{U}_{kBC} = \underline{I}_k \cdot (\underline{Z}_k \parallel \underline{Z}_{kBC}) = \underline{I}_k \cdot \frac{\underline{Z}_k \cdot \underline{Z}_{kBC}}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_{kBC}} \quad (2)$$

15

17 \underline{U}_{kBC} - valoarea anticipată prin calcul a tensiunii armonice, pentru armonica de rang k, la bornele bateriei de condensatoare;

19 \underline{I}_k - valoarea măsurată a curentului armonic în nod, pentru armonica de rang k, înainte de conectarea bateriei de condensatoare;

21 \underline{Z}_k - impedanța armonică echivalentă văzută în nodul de compensare înainte de conectarea bateriei de condensatoare, determinată cu relația (1);

23 \underline{Z}_{kBC} - impedanța armonică a bateriei de condensatoare care urmează să fie conectată la rețea (în paralel cu rețeaua);

25

$$\underline{I}_{kBC} = \frac{\underline{U}_{kBC}}{\underline{Z}_{kBC}} = \underline{I}_k \cdot \frac{\underline{Z}_k}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_{kBC}} \quad (3)$$

27 \underline{U}_{kBC} - valoarea anticipată prin calcul a tensiunii armonice, pentru armonica de rang k, la bornele bateriei de condensatoare, determinată cu relația (2);

29 \underline{Z}_{kBC} - impedanța armonică a bateriei de condensatoare care urmează să fie conectată la rețea (în paralel cu rețeaua);

31 \underline{I}_k - valoarea măsurată a curentului armonic în nod, pentru armonica de rang k, înainte de conectarea bateriei de condensatoare;

33 \underline{Z}_k - impedanța armonică echivalentă văzută în nodul de compensare înainte de conectarea bateriei de condensatoare, determinată cu relația (1);

35 Iar valoarea tensiunii la bornele bateriei de condensatoare, U_{BC} , și a curentului, I_{BC} , vor fi:

37

$$U_{BC} = \sqrt{\sum_{k=1}^n U_{kBC}^2}, \text{ respectiv } I_{BC} = \sqrt{\sum_{k=1}^n I_{kBC}^2}$$

39 unde:

n - rangul maxim al armonicilor considerate.

41 Valorile tensiunilor și curenților astfel obținute sunt apoi comparate cu valorile maxime admisibile și se vor conecta doar acele trepte ale bateriei care permit evitarea amplificării regimului deformant ce poate avea loc la o astfel de operațiune și deci evitarea valorilor

43

RO 133454 B1

ridicate ale tensiunii la bornele bateriei de condensatoare și/sau ale curentului prin baterie, astfel încât se elimină riscul defectării acesteia. În fig.1 se prezintă algoritmul metodei descrise mai sus. 1 3

Sistemul automat de compensare și protecție a bateriilor de condensatoare, fig. 2, este format din sistemul de achiziții de date **1** și sistemul de calcul cu microcontroler **2**. Sistemul de achiziții de date **1** conține șase canale de intrări analogice: trei de curent **3** și trei de tensiune **4**. Semnalele de curent și de tensiune achiziționate sunt trimise spre sistemul de calcul cu microcontroler **2**, prin intermediul unei interfețe de comunicație serială **5** de tip Serial Peripheral Interface (SPI). Sistemul de calcul cu microcontroler **2** conține șase canale de ieșire digitale, dintre care cinci ieșiri digitale **6** sunt folosite pentru comanda treptelor de condensatoare ale bateriei, iar a șasea ieșire digitală **7** este folosită pentru conectarea și deconectarea unei sarcini adiționale. 5 7 9 11

Sistemul de achiziții de date **1** achiziționează cu ajutorul intrărilor analogice **3** și **4**, tensiunile și curenții pe faze, culese în nodul de compensare **8** dintre rețeaua de alimentare **9** și bornele consumatorului **10**. Valorile achiziționate de sistemul de achiziții de date **1** sunt transmise prin intermediul interfeței de comunicație serială **5**, către sistemul de calcul cu microcontroler **2**, care calculează puterea activă totală, puterea reactivă totală, factorul de putere. Pe baza acestor informații, se stabilește dacă este necesară conectarea unei noi trepte a bateriei de condensatoare **11**. Dacă nu este necesară modificarea configurației treptelor bateriei de condensatoare, procesul se reia după un anumit interval de timp, configurabil prin program. În cazul în care trebuie conectată o nouă treptă a bateriei de condensatoare, se aplică metoda de estimare a impedanței armonice, care constă din: descompunerea în componente armonice a semnalelor achiziționate; comanda prin intermediul ieșirii digitale **7** de cuplare a sarcinii adiționale **12**; achiziția, cu sistemul de achiziții de date **1**, a unui set nou de curenți și tensiuni pe faze prin intermediul intrărilor analogice de curent **3** și de tensiune **4**; transmiterea valorilor noi achiziționate prin intermediul canalului de comunicație serială **5** către sistemul de calcul cu microcontroler **2**; comanda prin intermediul ieșirii digitale **7** de decuplare a sarcinii adiționale **12**; descompunerea în componente armonice a noilor semnale achiziționate; calculul impedanței armonice; determinarea prin calcul, cu anticipație, a U_{BC} și I_{BC} și compararea cu valorile maxime admisibile. Dacă în urma calculului rezultă că valorile tensiunii U_{BC} sau a curentului I_{BC} vor depăși valorile maxime admisibile, se alege o treaptă de condensatoare de o putere inferioară, și se determină prin calcul, cu anticipație, noile valori pentru U_{BC} și I_{BC} care la rândul lor vor fi comparate cu valorile maxime admisibile. În final se va face conectarea treptei de condensatoare din bateria **11**, prin transmiterea semnalului de comandă cu ajutorul ieșirilor digitale **6**, care respectă condițiile impuse pentru U_{BC} și I_{BC} . 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35

RO 133454 B1

Bibliografie	
1. PE 120/1994, Instrucțiuni pentru compensarea puterii reactive în rețelele electrice ale furnizorilor de energie și la consumatorii industriali și similari.	1
2. ***, Schneider-Electric, www.schneider-electric.ro/documents/catalogul-electricianului/catalogul-electricianului-2009/capitolul-H-2009.pdf .	3
3. ***, ABB, https://library.e.abb.com/public/7385b4a156d09453c1257bf600227be7/1HSM%209543%2032-00en%20Capacitors%20Buyers%20Guide%20Ed%201.pdf	5
4. N. Rugthaicharoencheep, S. Chaladying, Technical and Financial Evaluation for Investment of Harmonic Mitigation in Power Network, IEEE Power Tech, 18-22 Iunie 2017, Manchester, DOI: 10.1109/PTC.2017.7981079.	9
5. A. Băloi, A. Pană, Particularities of Capacitor Bank Overstressing within Detuned Filters, Przegląd Elektrotechniczny, vol. 4, 2013.	11
6. Arrilaga, J., Arnold, C., P., Computer analysis of power systems, John Wiley, New York, 1990.	13
7. Robert, A., Deflandre, T., Groupe de Travail CC02, Guide pour l'évaluation de l'impédance harmonique du réseau, ELECTRA No. 167, Août 1996, pp. 96-135.	15
8. Xu, W., Ahmed, E., Zhang, X., Liu, X. Measurement of Network Harmonic Impedances: Practical Implementation Issues and Their Solutions, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 17, Issue 1, January 2002, pp. 210-216.	17
9. D. Serfontein, J. Rens, G. Botha, J. Desmet, Continuous harmonic impedance assessment using online measurements, IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), Aachen, Germany, 2015, DOI: 10.1109/AMPS.2015.7312738.	19
10. A. Zebardast, H. Mokhtari, Technique for online tracking of a utility harmonic impedance using by synchronising the measured samples, IET Generation, Transmission & Distribution, Vol. 10, Issue 5, 2016, DOI: 10.1049/iet-gtd.2015.0874.	21
11. A. Băloi, A. Pană, F. Molnar-Matei, Contributions on Harmonic Impedance Monitoring in Smart Grids Using Virtual Instruments, Innovative Smart Grid Technologies - ISGT Europe, Manchester, UK, 5-7 December, 2011, DOI: 10.1109/ISGTEurope.2011.6162634.	23
12. Patent No. CN 103630748 A, Device and method for harmonic impedance measurement of micro-grid, 14 March 2014.	25
13. Patent No. CN 203672975 U, Harmonic-impedance measuring device for power system, 25 June 2014.	27
14. A. Băloi, Contribuții privind calculul și amplasarea optimă a surselor de putere reactivă și a instalațiilor de reducere a poluării armonice din rețelele electrice - Teza de doctorat - Editura Politehnica, Timișoara, 2009.	29
	31
	33
	35
	37

RO 133454 B1

Revendicări

1

3

1. Metodă de protecție a bateriilor de condensatoare la apariția regimului deformant într-un nod al unei rețele electrice în cazul conectării unei trepte a unei baterii de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere care folosește valorile măsurate în rețea ale tensiunilor și curenților și a factorului de putere impus **caracterizată prin aceea că** pentru a nu fi afectată bateria de condensatoare este compusă din următoarele etape:

5

- se calculează puterea activă, puterea reactivă și factorul de putere $\cos \phi$ pe baza valorilor tensiune/curent măsurate inițial;

9

11

- se cuplează în nodul de compensare o sarcină rezistivă adițională și se măsoară tensiunea și curentul în nodul de compensare iar apoi se descompun Fourier semnalele electrice tensiune/curent, măsurate înainte și după cuplarea sarcinii rezistive adiționale în nodul de compensare, în cazul în care factorul de putere nu se încadrează în limite prescrise;

13

15

- se calculează impedanța armonică a rețelei în nodul de compensare pe baza celor două seturi de măsurători de către un sistem de calcul cu microcontroler și se decuplează sarcina rezistivă adițională din nodul de compensare;

17

19

- se calculează, de către sistemul de calcul cu microcontroler, cu anticipație, valorile U_{BC} și I_{BC} ale tensiunii și curentului la bornele bateriei de condensatoare, pe baza valorilor impedanței armonice și le compară cu valorile U_{BCmax} și I_{BCmax} maxim admisibile pentru bateria de condensatoare, valori indicate de producător și/sau stabilite prin standarde;

21

23

- dacă valorile maxim admisibile sunt depășite, se reia procedura anterioară pentru o treaptă inferioară a bateriei de condensatoare, până când U_{bc} și I_{bc} se încadrează în limitele admisibile și se face conectarea treptei corespunzătoare a bateriei de condensatoare în nodul de compensare.

25

27

2. Sistem automat pentru aplicarea metodei conform revendicării **1 caracterizat prin aceea** că este alcătuit dintr-un dispozitiv de achiziție date cu intrări analogice pentru curent **(3)** și intrări analogice pentru tensiune **(4)**, care măsoară și efectuează conversia analog/digitală a curenților și tensiunilor pe faze în nodul de compensare **(8)** dintre rețeaua de alimentare **(9)** și bornele consumatorului **(10)**, o interfață de comunicație serială **(5)**, un modul de calcul **(2)** cu microcontroler ce primește date prin interfața serială **(5)** și calculează impedanța armonică, determină necesarul de compensare ce este transmis prin cinci ieșiri digitale **(6)** care controlează niște trepte ale unei baterii de condensatoare **(11)** și o sarcină rezistivă adițională **(12)** controlată printr-o ieșire digitală **(7)**.

29

31

33

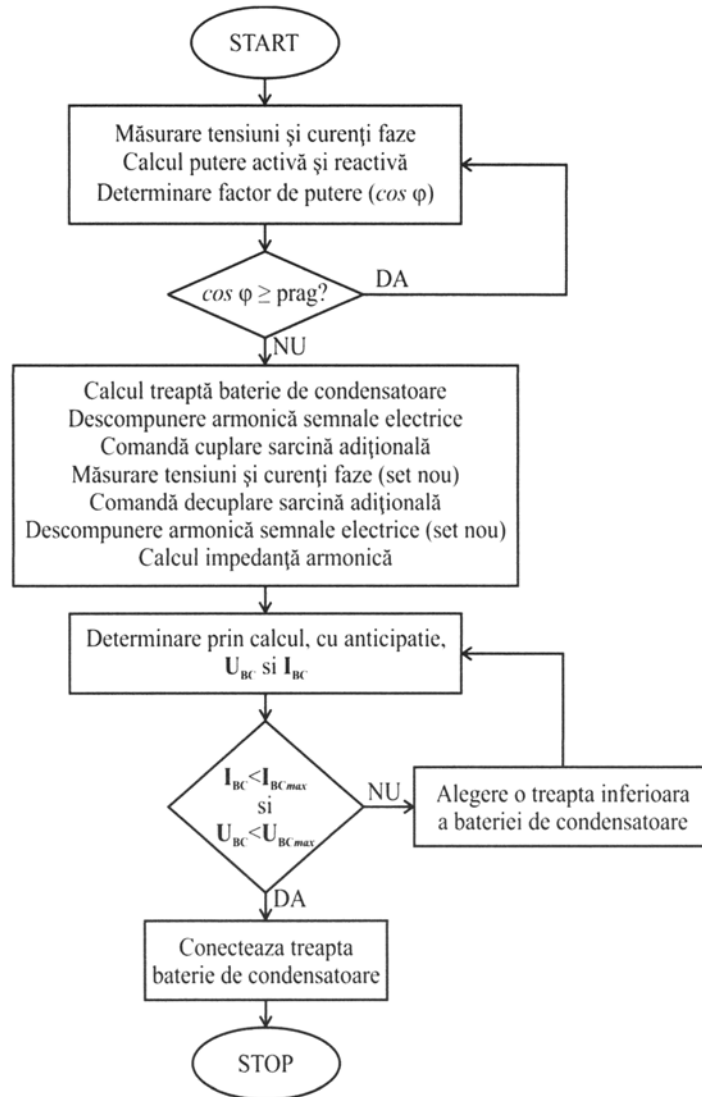


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H02H 3/52 (2006.01);

H02H 7/16 (2006.01);

G05F 1/70 (2006.01)

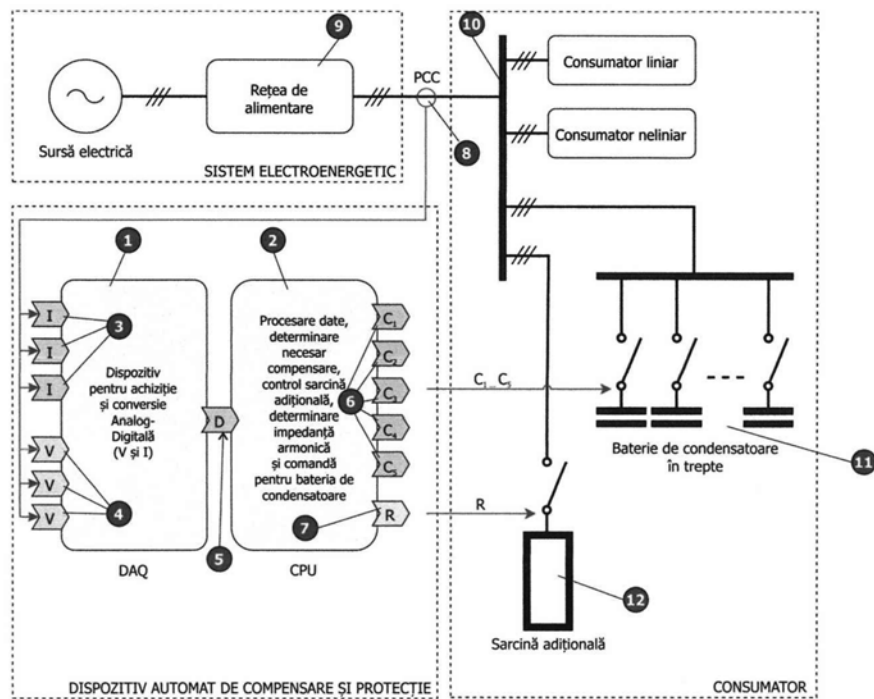


Fig. 2



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 406/2023