



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 01302**

(22) Data de depozit: **05.12.2011**

(41) Data publicării cererii:
30.07.2012 BOPI nr. 7/2012

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICĂ DIN
TIMIȘOARA, STR. PIAȚA VICTORIEI NR.2,
TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:
• MARCU MARIUS GEORGE,
STR. MARTIR AL. CHOROSI, BL. B11,
SC.A, AP. 3, TIMIȘOARA, TM, RO;
• STANCOVICI ANDREI,
STR. COSTACHE NEGRUZZI NR. 5,
TIMIȘOARA, TM, RO;

• STÂNGACIU VALENTIN,
STR.BICAZ NR.10D, GIROC, TM, RO;
• STÂNGACIU CRISTINA,
STR.BICAZ NR.10D, GIROC, TM, RO;
• TOPÎRCEANU ALEXANDRU,
STR.GH.LAZĂR NR. 21, SC. A, AP. 9,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• POPESCU BOGDAN, STR. REMUS
NR. 24, CRAIOVA, DJ, RO;
• VOLCINSCHI DANIEL, CALEA ARADULUI
NR., 71, TIMIȘOARA, TM, RO;
• FUICU SEBASTIAN ONUȚ, STR. SIRIUS
NR. 21, AP. 1, TIMIȘOARA, TM, RO

(54) **SISTEM DE MĂSURARE ȘI ANALIZĂ A CONSUMULUI
ENERGETIC AL DISPOZITIVELOR ELECTRICE UTILIZÂND
SEMNĂTURI DE CONSUM**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de măsurare și analiză a consumului energetic al dispozitivelor electrice prin procesarea și evaluarea dinamică a semnăturilor de consum de putere. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-o rețea de prize (1) de măsurare a mărimilor electrice și de conectare prin unde (3, 4) radio, o rețea de colectare (2) a mărimilor electrice de la prizele (1) de măsurare, prin intermediul undelor (3, 4) radio, și un nod central de procesare, format dintr-un nod de colectare (5) și un sistem (6) de calcul care conține programul de analiză și preia informațiile de la rețeaua (1) de măsurare, le stochează local și le analizează cu scopul extragerii caracteristicilor de utilizare și de funcționare ale echipamentelor respective, pe baza semnăturii lor de consum energetic.

Revendicări: 3

Figuri: 4

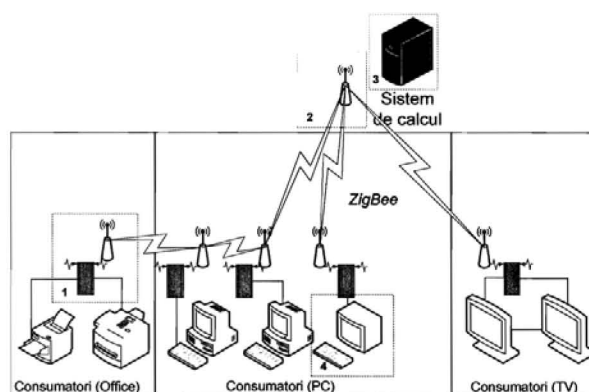


Fig. 2



SISTEM DE MĂSURARE ȘI ANALIZĂ A CONSUMULUI ENERGETIC AL DISPOZITIVELOR ELECTRICE UTILIZÂND SEMNĂTURI DE CONSUM

Invenția are drept obiectiv realizarea unui sistem complex de măsurare a parametrilor electrici ai unui dispozitiv fizic în timpul funcționării acestuia și de analiză a regimurilor de funcționare ale dispozitivului monitorizat prin procesarea și evaluarea dinamică a semnăturilor de consum de putere. Sistemul propus este compus din două componente:

- sistemul fizic de măsurare care alimentează sistemul monitorizat și îi măsoară continuu următorii parametri electrici: tensiune, curent și putere (activă).
- programul de analiză care preia semnăturile de consum de la sistemul de măsurare, extrage caracteristicile de funcționare ale sistemului monitorizat și oferă o imagine asupra tiparelor de funcționare și utilizare ale acestuia.

În prezent există mai multe tipuri de aparate ce pot măsura parametrii electrici (tensiune, curent, putere, energie) la nivelul liniilor de alimentare ale unei rețele electrice. Aceste aparate se pot clasifica în câteva clase. În primul rând sunt contoarele de energie electrică, instalate de furnizorii de energie electrică pentru a măsura consumul de energie la nivel de clădire sau apartament, cu scopul de tarificare a consumatorilor individuali. Aceste aparate nu sunt în posesia consumatorilor și nu pot fi utilizate de aceștia cu alt scop în afară de tarificare și în plus ele nu oferă decât o imagine de ansamblu asupra consumului tuturor dispozitivelor din interiorul clădirii. În al doilea rând sunt aparatele de măsură de precizie care se pot folosi pentru a măsura, uzual cu o acuratețe mare, parametrii electrici ai unui consumator aflat în condiții de laborator sau în diferite cazuri de testare. Aceste aparate sunt uzual scumpe și nu se merită, din perspectiva costurilor, să fie utilizate la nivelul consumatorilor pentru măsurarea continuă a dispozitivelor pe durata utilizării lor. În al treilea rând sunt cunoscute aparatele de măsurare a consumului de putere și de energie ce pot fi utilizate atât de consumatorii casnici pentru măsurarea diferitelor dispozitive casnice cât și de consumatorii firme pentru monitorizarea diferitelor echipamente de birou.

Invenția se încadrează în cea de-a treia clasă de dispozitive și este destinată măsurării parametrilor electrici și de consum de putere a dispozitivelor electrice, electronice și de calcul în timpul utilizării lor. Din această clasă se cunosc și alte aparate cum ar fi Kill A Watt și Watts Up Pro. Kill A Watt este un aparat de măsurare a consumului de putere, simplu și ieftin, care se introduce între dispozitivul ce trebuie monitorizat și priza de alimentare de la rețea. Acest aparat afișează marimile măsurate doar local, ca valori medii sau instantanee și nu oferă conectivitate cu alte echipamente de calcul pentru a prelua și stoca datele pe intervale mai lungi de timp. Watts Up Pro este un alt aparat de măsurare a tensiunii, curentului și puterii consumate care poate stoca datele local sau le poate transmite către un sistem de calcul printr-o interfață USB sau LAN. Acest aparat este însă mult mai scump decât primul (cam de 8-10 ori) și este dificil de utilizat la monitorizarea unui număr mai mare de dispozitive, datorită cablurilor suplimentare. În prezent nu există o soluție ieftină de măsurare a consumului de putere și cu conectivitate fără fir cu un sistem de calcul și cu o soluție de monitorizare, stocare și analiză a datelor monitorizate de la un număr mare de senzori de monitorizare a consumului. Un alt neajuns al soluțiilor existente este faptul că ele sunt furnizate sub forma unor dispozitive distincte de măsurare, care se interpun între priza de alimentare și dispozitivul de urmărit.

Scopul componentei fizice a invenției este de a oferi o soluție ieftină, scalabilă și apropiată de utilizatorul final (prin funcționalitățile oferite de componenta software a soluției) pentru monitorizarea continuă a echipamentelor electrice, electronice și de calcul dintr-o anumită locație și analiza regimurilor acestora de funcționare și a tiparelor lor de utilizare pe baza semnăturilor de consum de putere. Față de soluțiile existente de măsurare a consumului invenția prezintă câteva elemente originale. În primul rând, dispozitivul de monitorizare comunică prin radio cu componenta centralizată a soluției, pe care este executată componenta software, evitând astfel liniile suplimentare de date (USB sau UTP) prin care se realizează comunicația dintre noduri. În al doilea rând, dispozitivul de monitorizare poate fi controlat și configurat din componenta software, oferind astfel o soluție flexibilă de utilizare a nodurilor. În al treilea rând, dispozitivul de monitorizare este integrat direct în priza de alimentare a unui prelugitor standard, cunoscut deja de către utilizatori (Fig. 1).

Componenta program a invenției conferă inteligență soluției oferind suportul pentru analiza semnăturilor de consum ale diferitelor dispozitive monitorizate și pentru controlul și configurarea acestora. Se cunosc și alte aplicații pentru analiza consumului de energie, printre care PowerMeter oferită de binecunoscuta companie Google. Aceste aplicații însă, se rezumă la a oferi o serie de rapoarte și grafice cu datele de consum mediate sau însumate pe diferite perioade de timp: ora în timpul zilei, zi, săptămână, lună sau an. Aceste aplicații nu oferă însă o analiză a răspunsului energetic al unui dispozitiv în funcție de regimul funcțional al acestuia sau în funcție de tiparul de utilizare al acestuia. Răspunsul energetic al unui dispozitiv la un anumit regim funcțional sau tipar de utilizare îl numim semnătură energetică. Această semnătură poate oferi destul de multe informații despre regimul funcțional al unui dispozitiv, încărcarea, gradul de îmbătrânire sau uzură, defectele sau chiar modul de utilizare al acestuia. Astfel că, elementul inovativ introdus de componenta program a invenției este analiza semnăturilor de consum energetic a dispozitivelor monitorizate și extragerea anumitor caracteristici ale acestuia legate de funcționarea lui sau a modului lui de utilizare.

Problema pe care o rezolvă invenția, prin cele două componente ale ei, este lipsa de eficiență a sistemelor actuale de monitorizare a consumului în ceea ce privește reducerea efectivă a consumului de energie. Sistemele actuale oferă o imagine asupra distribuției consumului de energie în funcție de durată, locație sau echipament, pe de-o parte, iar pe de altă parte pot oferi și o predicție a consumului, costurilor sau reducerilor posibile. Pe baza acestor informații utilizatorii finali pot lua anumite decizii, însă experiența arată că în scurt timp se revine la vechile obiceiuri și consumul din nou crește. Astfel că, invenția se dorește un sistem proactiv, care să încerce să "înțeleagă" consumatorul (dispozitivul) și utilizatorul acestuia, propunând în final anumite acțiuni cu efect direct în reducerea consumului, pe toată durata de viață a echipamentelor.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în lipsa unui mecanism automat de detecție a tiparelor de utilizare și a modurilor de funcționare ale unui dispozitiv și de recomandare a unor acțiuni de eficientizare a consumului de energie utilizatorilor.

Conform invenției prin utilizarea sistemului conceput se oferă o soluție la problema amintită prin aceea că datele măsurate continuu de către senzorii (prizele) de

măsurare a consumului sunt preluate și stocate pe un nod central de calcul, acolo unde se pot executa algoritmi software de procesare în vederea extragerii tiparelor de funcționare și utilizare. Pe baza acestor tipare se generează regulile de notificare pentru utilizator cu scopul reducerii consumului sau a eficientizării consumului în procesul de exploatare al dispozitivelor monitorizate.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare al invenției, descris în figurile 1, 2, 3, care prezintă: **Fig. 1**, Forma de prezentare a dispozitivului de măsurare; **Fig. 2**, Arhitectura soluției hardware/software; **Fig. 3**, Schema de implementare a dispozitivului de măsurare și **Fig. 4**, Algoritmul de detecție al semnăturilor de consum.

În **Fig. 1** este exemplificat modul de prezentare și încapsulare al dispozitivelor de măsurare. Circuitele de măsurare și de comunicație sunt integrate direct în priză, astfel încât utilizatorul nu are dispozitive suplimentare ce trebuie instalate. Schema arhitecturală a implementării invenției este prezentată în **Fig. 2**. Prizele cu măsurare ce sunt instalate ca și prizele normale, formează de fapt o rețea de senzori de măsurare a consumului de putere. Prizele, ca noduri ale rețelei **(1)**, comunică prin unde radio folosind standardul ZigBee. Nodurile pot comunica fie între ele, fie cu un nod de colectare **(2)** conectat la un sistem de calcul **(3)**. Nodul radio conectat la sistemul de calcul **(2)** are rolul de a prelua măsurătorile trimise de nodurile (prizele) de măsurare **(1)**. La prize sunt conectați diferiți consumatori **(4)**, care vor fi introduși în sistem și vor fi monitorizați continuu în vederea analizei semnăturilor de consum. Se obține astfel o arhitectura ce se bazează pe un nod de calcul central care colectează valorile măsurate de nodurile de monitorizare și le stochează local într-o bază de date. Nodurile de măsurare pot comunica și între ele pentru a trimite mai departe valorile măsurate, în cazul în care nu pot fi trimise direct nodului central datorită distanței mai mari față de acesta. Soluția oferă astfel o bună scalabilitate în diferite tipuri de infrastructuri și organizări de clădiri.

În **Fig. 3** este prezentată schema de implementare a unui dispozitiv de măsurare. Acesta conține patru module: **(1)** modulul de măsurare a tensiunii pe liniile de alimentare de la rețea și pentru generarea tensiunii de referință V_{ref} ; **(2)** modulul de măsurare a curentului absorbit de dispozitivul alimentat de priză, utilizând o rezistență

de șunt de precizie ridicată; **(3)** controller-ul pentru citirea măsurătorilor și calculul puterii active; **(4)** modulul de comunicație ZigBee pentru transmiterea măsurătorilor. S-a utilizat microcontrolerul Atmega16 datorită prețului redus și datorită faptului că acest microcontroler are performanțele necesare obținerii măsurătorilor repetitive la o acuratețe foarte bună. Citirea tensiunii se realizează cu ajutorul modulului ADC din controller. Acest modul este suficient de rapid pentru o rată de 150 de eșantioane la o perioadă T a semnalului sinusoidal al rețelei electrice. A fost folosit un divizor de tensiune care permite scalarea pentru intervalul de tensiune $[0+5V]$. Modulul ADC nu are posibilitatea de a citi valori negative astfel semnalul sinusoidal a fost deplasat în zona valorilor pozitive cu ajutorul circuitului MCP6002 **(1)**. Măsurarea efectivă a curentului se face prin utilizarea unui rezistor de șunt $R_5 = 0,05$ ohmi, iar prin măsurarea tensiunii pe rezistor am reușit să deducem valoarea curentului ($I = U / R$). De asemenea, pentru a reduce zgomotul și pentru a amplifica această cădere de tensiune pe șunt, a fost folosit un amplificator de mare precizie încapsulat în circuitul integrat LT1167 **(2)**. Au fost realizate calibrări pe anumiți consumatori prestabiliți iar prin normalizare au fost obținute valorile reale ale curentului, tensiunii și puterii active.

În **Fig. 4** este prezentată schema de implementare a algoritmului de analiză a semnăturilor de consum. Analiza măsurătorilor preluate de la nodurile de monitorizare și stocate în baza de date de măsurători **(1)**, se realizează algoritmic în câțiva pași: **(2)** detectarea momentului de început al unei porniri a dispozitivului sau al activării unui program sau regim de funcționare specific al dispozitivului. La detectarea unui astfel de moment se generează un eveniment care declanșează începutul unei semnături de consum. Pentru majoritatea echipamentelor, modificările ce apar în regimul lor de funcționare sau de utilizare se regăsesc în modificări în semnatura de consum, astfel că pe baza acestor modificări se poate identifica începutul și sfârșitul unui astfel de regim. Acest lucru se realizează în detectorul de funcționare **(3)**, care va identifica momentul încheierii unei utilizări sau stări. În urma acestei faze, se va obține semnatura de consum care mai apoi trebuie normalizată **(4)**, astfel încât să se poată realiza compararea semnăturilor și clasificarea lor. Clasificarea semnăturilor obținute în timpul funcționării se compară în ultima fază **(5)** cu o bază de date de semnături standard.

REVENDICĂRI

1. Dispozitivul fizic de măsurare a mărimilor electrice, inclusiv a puterii consumate, pentru consumatorii electrici, electronici și de calcul, în timpul utilizării lor, oferă o sursă de date prețioasă pentru identificarea regimurilor de exploatare și funcționare ale respectivilor consumatori. Aceste dispozitive sunt integrate în infrastructura electrică a unei clădiri fiind incluse în prizele de conectare la rețeaua electrică. Dispozitivele comunică cu un nod central și între ele prin unde radio, folosind standardul ZigBee, formând astfel o rețea de senzori de măsurare.

2. Arhitectura rețelei de senzori și a soluției de procesare pentru monitorizarea, transportul, stocarea și analiza parametrilor electrici ai dispozitivelor electrice, electronice și de calcul monitorizate. Arhitectura se bazează pe un nod de calcul central care colectează valorile măsurate de nodurile de monitorizare și le stochează local într-o bază de date. Nodurile de măsurare pot comunica și între ele pentru a trimite mai departe valorile măsurate, în cazul în care nu pot fi trimise direct nodului central datorită distanței mai mari față de acesta.

3. Soluția algoritmică pentru identificarea tiparelor de utilizare și a regimurilor de funcționare ale consumatorilor electrici, electronici și de calcul. Algoritmul de analiza preia semnăturile de consum de la sistemul de măsurare, extrage caracteristicile de funcționare ale sistemului monitorizat și oferă o imagine asupra tiparelor de funcționare și utilizare ale acestuia.

FIGURI

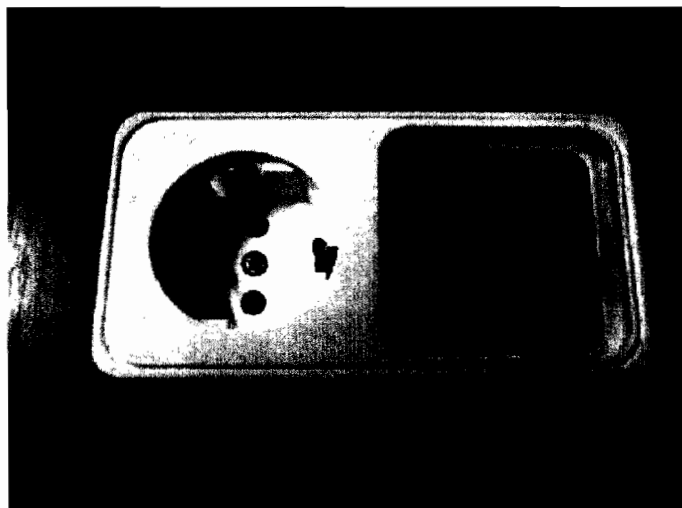


Fig. 1 Forma de prezentare a dispozitivului de măsurare

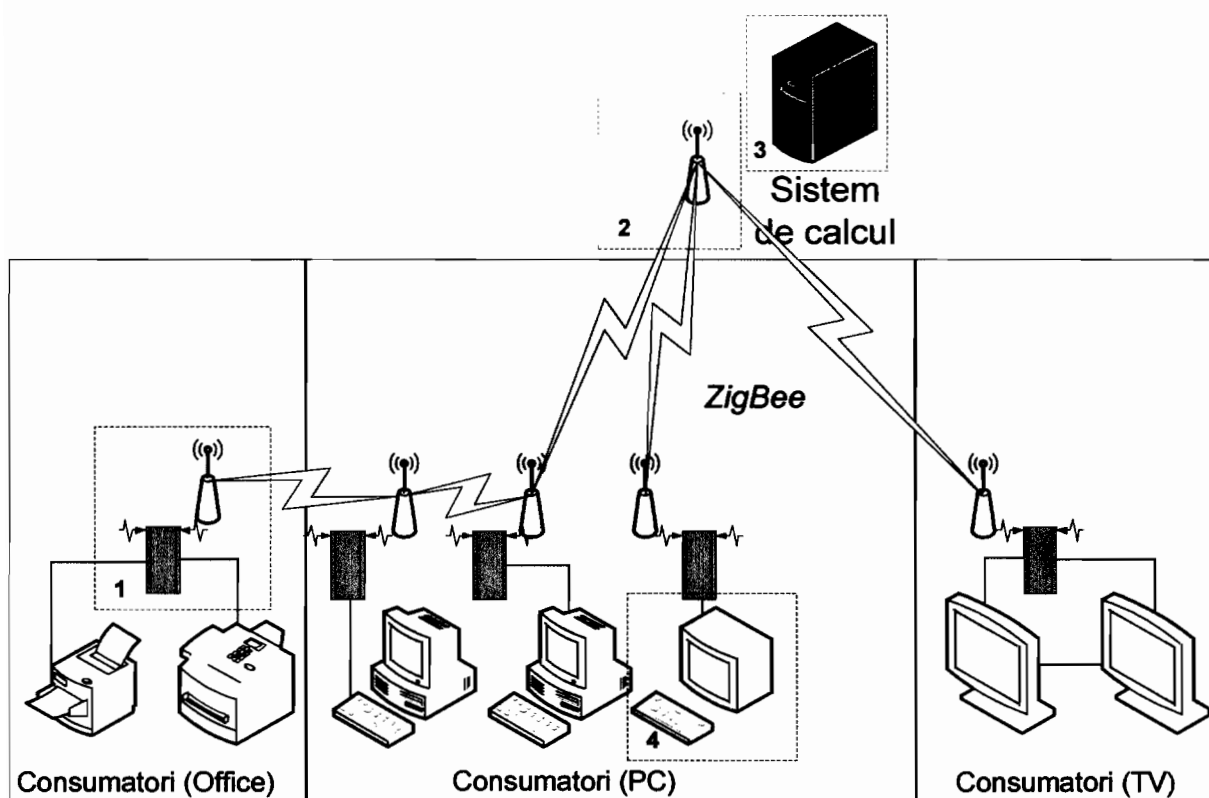


Fig. 2 Arhitectura soluției hardware – software



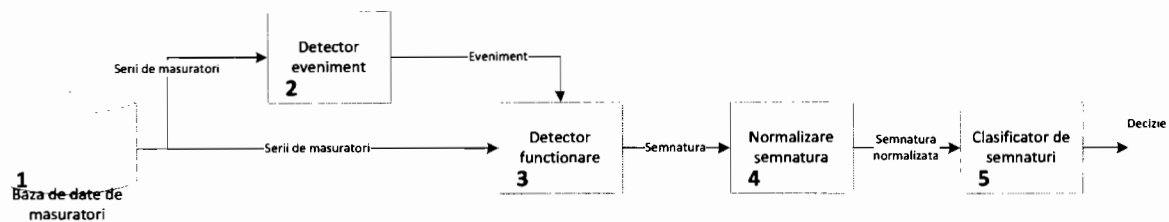


Fig. 4 Algoritm detecție semnătură de consum