

TITLUL INVENTIEI:

**METODA SI SISTEM INTELIGENT PENTRU MASURAREA SI MONITORIZAREA
ON-LINE, IN TIMP REAL, A ENERGIEI ELECTRICE PRODUSE /
TRANSPORTATE / DISTRIBUTIUTE / FURNIZATE / CONSUMATE SI A CALITATII
ENERGIEI ELECTRICE**

DESCRIERE

Domeniul tehnic al inventiei

Prezenta inventie se refera la o metoda si un sistem electronic inteligent, integrabil in retelele inteligente de tip SMART GRID, capabil sa masoare parametrii energiei electrice produse / transportate / distribuite / furnizate / consumate si respectiv parametrii de calitate a energiei electrice in orice punct de masurare in retelele electrice care asigura fluxul energiei electrice de la producatori la consumatorii finali, sa permita managementul datelor achizitionate si prelucrate, sa stocheze forme de unda, date masurate si/sau prelucrate, sa emita rapoarte de masurare, sa transmita date la distanta, sa comunice bidirectional cu clientii.

Prezentarea problemei tehnice

Intr-un sistem de productie, transport sau distributie a energiei electrice de curent alternativ, frecventa tensiunii sau a curentului este in general de 50 Hertz ("Hz") sau 60 Hz, frecventa care este in mod conventional denumita frecventa "fundamentala". Multiplii intregi ai acestei frecvente fundamentale sunt denumiti "frecvente armonice".

Diferenti factorii de sistem si de mediu de productie / transport / distributie, pot distorsiona frecventa fundamentala (exemplu distorsiunea armonica), pot provoca varfuri, oscilatii, sau caderi de tensiune, si pot cauza intreruperea transportului si distributiei energiei electrice pe arii intinse, sau probleme in functionarea corecta a sistemului de transport sau distributie a energiei electrice care ar putea afecta mult calitatea energiei primite de consumatorul industrial si/sau casnic.

Golurile de tensiune, cresterile de tensiune si intreruperile de tensiune sunt perturbatii de scurta durata in sistemele de curent alternativ. Golurile de tensiune sunt reduceri scurte in marime a tensiunii cu o durata de la cateva milisecunde, la cateva secunde. Cresterile de tensiune sunt cresteri scurte in marime (a tensiunii), cu o durata de la cateva milisecunde la cateva secunde. Intreruperile de tensiune sunt

- scaderi mai severe in marime a tensiunii. Pragul pentru intreruperile de tensiune este de obicei mai mic de 10% din tensiunea nominala.

In fiecare an, fonduri importante sunt pierdute din cauza perturbatiilor.

- Golurile de tensiune pot sa scoata din functiune echipamente electrice care au nevoie de energie electrica pentru a functiona in mod corespunzator, si pot produce defecte (de exemplu la calculatoare / PC-uri).
- Desi cresterile de tensiune apar mai frecvent decat golurile de tensiune, efectele cresterilor de tensiune de multe ori pot fi mai devastatoare decat in cazul golurilor de tensiune. De exemplu, cresterea de tensiune poate provoca strapungerea izolatiei unor componente ale surselor de alimentare, efectul putand fi gradual, cumulativ.
- Intreruperile de tensiune sunt scaderi mai severe in marime a tensiunii, care pot provoca scoateri din functiune sau deteriorarea echipamentelor, din cauza suprasolicitarilor la repunerea in functiune.

Un avantaj competitiv (pe care unele companii de transport sau de distributie a energiei electrice il poate avea fata de concurenta) ar putea fi o calitate mai buna a energiei electrice furnizate catre clienti in anumite perioade de timp. O societate poate promova faptul ca are mai putine crestere de tensiune ajunse la clienti in timpul unei luni (crestere care ar putea provoca potentiale deteriorari ale sistemelor informatice sau altele asemenea). O alta companie poate promova faptul ca in timpul unei luni, nivelul de tensiune livrat clientilor a fost in limitele prestabilite, pe perioade mai lungi de timp, deci mai putin daunator pentru dispozitivele electromagnetice, cum ar fi motoare sau rele.

Sistemele conventionale de masurare a consumului de energie electrica, intr-un anumit punct al retelei, nu furnizeaza informatii simultane atat in ceea ce priveste parametrii de consum ai energiei electrice (ca de exemplu: *curentul furnizat / absorbit, factorul de putere, puterea activa, puterea reactiva, puterea deformanta, energia activa, energia reactiva*) si respectiv parametrii de calitate a energiei electrice, ca de exemplu: *valoarea efectiva a tensiunii, frecventa, intreruperile tranzitorii, intreruperile scurte si lungi, golurile de tensiune, cresterile temporare de tensiune de frecventa industriala (50 Hz sau 60 Hz) intre faze si pamant sau intre faze, fenomenul de flicker, variatiile rapide si lente de tensiune, armonicile interarmonice, oscilatiile tranzitorii de tensiune, factorul de distorsiune armonica,*



cl-2015--00405-

15-05-2015

- nesimetria sistemului trifazat de tensiuni, formele undelor de curent si de tensiune, etc.

Echipamentele inteligente de monitorizare on-line a calitatii energiei electrice trebuie sa permita masuratori precise, pentru aplicatii contractuale, verificari ale conformitatii cu normele, clarificarea controverselor, monitorizarea on-line a parametrilor de consum si de calitate a energiei electrice, elaborarea de rapoarte privind parametrii masurati, stocarea datelor intr-o baza de date, comunicatia bidirectionala cu utilizatorii.

In ultimii ani, se acorda o atentie din ce in ce mai crescuta retelelor inteligente tip SMART GRID. O retea inteligenta SMART GRID de transport si distributie a energiei electrice asigura imbunatatirea eficientei prin interactiuni intre furnizori si consumatori, prin combinarea tehnologiei de telecomunicatii cu procesele de productie, transport, distributie si consumul de energie electrica.

Intr-o retea inteligenta de tip SMART GRID, furnizorul de energie determina consumul de energie estimat a fi livrat consumatorilor, in timp real, pentru a se asigura ca poate furniza intreaga energie necesara acestora, iar consumatorii pot determina consumul de energie propriu si taxele aferente catre furnizorul de energie, tot in timp real, pentru a determina profilul optim de consum al energiei electrice astfel incat pretul platit pentru aceasta sa fie cat mai mic. Aceasta necesita un schimb usor si rapid de informatii, prin intermediul unei retele de comunicatii, intre furnizorul de energie si utilizator.

Prin implementarea unor sisteme de tip SMART-GRID care cuprind sisteme electronice inteligente de monitorizare pentru monitorizarea on-line , in timp real, a consumului si a calitatii energiei electrice, poate creste mult eficienta energetica, pot fi reduse mult costurile pe lantul de productie - transport - distributie - consum al energiei electrice.

Prezentarea stadiului tehnicii

Se cunoaste din brevetul US 20150019148 A1 (15.01.2015) „*Intelligent electronic device with enhanced power quality monitoring and communication capabilities*” un aparat care poate efectua analiza calitatii energiei electrice prin captarea formei undei de tensiune, masurarea semnalelor de tensiune si curent alternativ, detectia variatiilor tranzitorii de tensiune, poate detecta, monitoriza, raporta, cuantifica si comunica informatii privind cererea de energie si respectiv energia in sistemul energetic pe care-l masoara.



- Inconvenientul principal al acestei solutii este acela ca performantele aparatului, in ceea ce priveste achizitia, prelucrarea cu precizie si stocarea datelor achizitionate, este afectata de viteza unica de esantionare a aparatului presetata la 256 esantioane pe o perioada a semnalului sinusoidal.

Se cunoaste din brevetul US20120029715 A1 (02.02.2012) „*Method and apparatus for a demand management monitoring system*” o metoda si un aparat destinat in special masurarii valorii RMS a tensiunii (pe o faza sau pe trei faze) si optional a curentilor, folosind un dispozitiv de masurare de la distanta (RTU) care contine un microprocesor pentru calculul valorilor RMS. Datele masurate sunt transmise wireless la un server destinat stocarii datelor privind valorile RMS ale tensiunii. Achizitia se face cu viteza relativ mare de esantionare, reducerea numarului punctelor pentru ridicarea unui grafic facandu-se in server.

- Inconvenientul principal al inventiei consta in acela ca se refera doar la un singur parametru al energiei electrice si anume valoarea RMS a tensiunii. Aparatul nu masoara toate marimile care definesc calitatea energiei electrice (de exemplu flickerul, etc.).
- Un alt inconvenient este acela ca transmisia datelor de la aparatul de masura la serverul de stocare se face numai wireless, modalitate nesigura si usor de bruiat.
- De asemenea inventia nu acopera cerintele privind consumul si calitatea energiei electrice, respectiv cele privind achizitia formelor de unda termen lung (functia de logger).

Se cunoaste din brevetul US 8121801 B2 (21.02.2012) „*System and method for multi-rate concurrent waveform capture and storage for power quality metering*” o metoda si un sistem destinat masurarii calitatii energiei electrice, in special, pentru detectarea si masurarea caracteristicilor golurilor, cresterilor si intreruperilor din sistemele electrice de curent alternativ.

- Inconveniente principale ale inventiei constau in aceea ca: nu se asigura masurarea tuturor parametrilor care definesc calitatea energiei electrice (de exemplu flicker-ul), rata de esantionare a undei semnalului sinusoidal de tensiune este unica si de numai 128 esantioane pentru o perioada a undei sinusoidale (insuficienta pentru caracterizarea cu precizie a perturbatiilor

bruste), sistemul nu este apt pentru achiziția formelor de unda pe termen lung (funcția de logger), etc..

Se cunoaște din brevetul US 20110112779 A1 (12.05.2011) „*Power quality meter and method of waveform analysis and compression*” o metoda și un aparat destinat înregistrării formei undelor de tensiune și de curent ale unui semnal, efectuării compresiei datelor privind forma de unda, transmiterii datelor comprimate prin protocolul ZigBee la un sistem de management central care le procesează centralizat pentru calculul puterii și al energiei electrice, și respectiv pentru analiza calității energiei electrice (armonicile, perturbatiile tranzitorii, golurile și creșterile de tensiune) .

- Inconveniente principale ale invenției constau în aceea că nu se asigură măsurarea flicker-ului (care este și el un parametru al calității energiei electrice), rata de esantionare a undei semnalului sinusoidal de tensiune este de numai 128 esantioane (insuficientă pentru caracterizarea cu precizie a perturbatiilor bruste), sistemul nu este apt pentru achiziția formelor de unda pe termen lung (funcția de logger), prelucrarea și stocarea datelor este făcută la distanță (PC server) și nu la punctul de măsură - soluție puțin fiabilă, dependență de condițiile de transmisie a datelor.

Se cunoaște din brevetul US 20110080197 A1 (07.04.2011) „*Apparatus and methods for power quality measurement*” un aparat și metoda de măsurare a calității energiei electrice, în special pentru detectarea și măsurarea caracteristicilor golurilor, creșterilor și a întreruperilor de tensiune în sistemele de alimentare de curent alternativ. Semnalul electric sinusoidal este esantionat sincronizat, pe durata mai multor perioade/cicluri. Esantioanele de date sunt procesate pentru a determina momentele trecerilor prin zero ale semnalului electric și valorile RMS ale tensiunii semnalului electric de pe linie, pe o perioadă a semnalului sinusoidal.

- Inconveniente principale ale invenției constau în aceea că nu se asigură măsurarea flicker-ului, rata de esantionare a undei semnalului sinusoidal de tensiune este de numai 128 esantioane/perioada semnalului sinusoidal (insuficientă pentru caracterizarea cu precizie a perturbatiilor bruste), sistemul nu este apt pentru achiziția formelor de unda pe termen lung (funcția de logger) și de aceea nu poate fi integrabil în rețelele inteligente tip SMART GRID pentru monitorizarea on-line a eficienței energetice.



Se cunosc de asemenea brevetele de inventie US 20130158906 A1 (20.06.2013) „*Resampling a Signal to Perform Power Quality Measurement*”, US 20100324845 A1 (23.12.2010) „*Intelligent electronic device with enhanced power quality monitoring and communication capabilities*”, US 5627759 A (06.05.1997) „*Electrical energy meters having real-time power quality measurement and reporting capability*”, US 4978911 A (18.12.1990) „*Electrical energy analyzer*”, EP 2762900 A1 (06.08.2014) „*Electricity meter with an electronic display*”, US7474087 B2 (06.01.2009) „*Energy meter system and method for calibration*”, US 20120062211 A1, 15.03.2012) „*Compact electrical power meter*”, DE102013001831 A1 (28.02.2013) „*An electricity meter with an electronic display*”, US6636030 B1(21.10.2003) „*Revenue grade meter with high-speed transient detection*”, US 20120161750 A1 (28.06.2012) „*Electronic watt-hour meter and method of calculating watt-hours*”.

CONCLUZIE – Nici unul dintre aparatele si dispozitivele mentionate, nu acopera complet operatiile de masurare a parametrilor de consum a energiei electrice si de monitorizare on-line a calitatii energiei electrice, de achizitie a formelor de unda pe termen lung (functia de logger) si functiile specifice integrarii in retelele inteligente SMART GRID.

Descrierea inventiei

Inventia se refera la metoda si sistem electronic inteligent care permite masurarea si monitorizarea on-line, in timp real, a parametrilor energiei electrice produse / transportate / distribuite / furnizate / consumate si respectiv de calitate a energiei electrice, in orice punct de masurare in retelele de productie, transport sau distributie a energiei electrice sau la clienti, pentru a permite utilizatorilor luarea unor decizii rapide si eficiente.

Sistemul este menit sa se integreze in retelele inteligente tip SMART GRID de monitorizare si management on-line a energiei produse / transportate / distribuite / furnizate / consumate si respectiv a calitatii energiei electrice, in scopul imbunatatirii eficientei energetice per ansamblu sau/si a cresterii sigurantei energetice. De asemenea echipamentul poate fi integrat in sistemele SCADA Operating si respectiv SCADA Monitoring.

Problemele tehnice pe care le rezolva sistemul, conform inventiei, au la baza integrarea informatiilor culese direct sau de la traductori privind undele de curent si de tensiune pe liniile electrice, parametrii energiei electrice produse/ transportate/



distribuite / furnizate/ consumate si parametrii de calitate ai energiei electrice, intr-un proces automat de achizitie, prelucrare, afisare, stocare date, elaborarea rapoarte, tarifare energie, transmisie date la centrul de management date sau la clienti, comunicatia bidirectionala, etc..

Prezentarea avantajelor inventiei in raport cu stadiul tehnicii

Metoda de masurare si monitorizare on-line, in timp real, a parametrilor energiei electrice produse/ transportate/ distribuite / furnizate/ consumate si respectiv a parametrilor privind calitatea energiei electrice, in orice punct de masurare in retelele de productie, transport sau distributie a energiei electrice sau la consumatori, conform inventiei, inlatura dezavantajele metodelor prezentate prin aceea ca:

- **se achizitioneaza formele undelor de curent si de tensiune, de pe o faza sau de pe cele trei faze ale retelei electrice, in orice punct de masura, prin esantionarea semnalelor sinusoidale de curent sau tensiune, sincronizat si cu o viteza mare de esantionare, si anume 512 esantioane pentru o perioada a semnalului electric sinusoidal;**
- **se stocheaza in memoria proprie a sistemului, formele undelor semnalelor sinusoidale de curent sau tensiune;**
- **se asigura reglarea vitezei de esantionare pentru stocarea formelor undelor de curent si de tensiune, in trei trepte: 512/256/128 esantioane / perioada semnalului sinusoidal , si prin aceasta se maresta de 4 ori timpul pentru stocarea undelor de curent si de tensiune;**
- **se achizitioneaza, prelucreaza si stocheaza in regim automat datele privind formele undelor de curent si de tensiune;**
- **se masoara si se determina toti parametri care caracterizeaza consumul de energie electrica (*curentul, puterea activa, puterea reactiva, puterea deformanta, energia activa, energia reactiva, factorul de putere*) si respectiv calitatea energiei electrice (*tensiunea, frecventa, factorul de putere, intreruperile tranzitorii, intreruperile scurte si lungi, golurile de tensiune, supratensiunile temporare de frecventa industriala (50 Hz sau 60 Hz) intre faze si pamant sau intre faze, fenomenul de flicker, variatiile rapide si lente de tensiune, armonicile, interarmonicile, factorul de distorsiune armonica,***



nesimetria sistemului trifazat de tensiuni, formele undelor de curent si de tensiune) intr-un anumit punct de masura.

- se asigura identificarea automata a defectiunilor caracterizate prin goluri de tensiune / cresteri de tensiune de frecventa industriala (50 Hz, 60 Hz) / intreruperi de tensiune, ora producerii, durata evenimentului;
- se asigura transmiterea in timp real a datelor masurate la centrul de management al datelor/informatiilor aferent sistemului de productie, transport sau distributie a energiei electrice sau la consumatorii finali.
- se asigura comunicatia bidirectionala, securizata, cu centrul de management a datelor/ informatiilor si respectiv accesul securizat al acestuia, la datele stocate de sistemul de masura si monitorizare, pentru consultare si extragere de date, respectiv pentru verificarea periodica si actualizarea software-ului intern (partea nemetrologica)
- se asigura comunicatia bidirectionala, securizata, cu consumatorii finali si accesul securizat al acestora la datele stocate de sistemul de masura si monitorizare, pentru consultare si extragere de date;
- se asigura posibilitatea sincronizarii datelor masurate cu referinta de timp a centrului de management al datelor /informatiilor aferent sistemului de productie, transport sau distributie a energiei electrice;
- se asigura implementarea modulului software "*Intelligent energy meter*" cu rol de tarificare a energiei, adaptabil pentru orice structura de tarificare;
- se asigura inregistrarea puterii, in orele de varf si in restul orelor, conform cu structura de tarificare impusa;
- se asigura informatiile necesare pentru controlul de la distanta al conectarii si deconectarii de la retea, sau pentru limitarea puterii absorbite;
- se asigura detectia, inregistrarea si alarmarea privind tentativele de acces neautorizat.

Prezentarea, pe scurt, a figurilor din desene

Se prezinta in continuare fig.1 - 11, cu urmatoarea descriere :

- fig. 1 - schema bloc a sistemului inteligent de masurare si monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice produse/ transportate/ distribuite/ furnizate/ sau consumate si respectiv a parametrilor de calitate a energiei electrice;
- fig. 2 - schema electrica a amplificatorului de intrare pentru tensiune;



a-2015--00405-

17-05-2016

70

- fig. 3 - nivelele de tensiune maximale ale amplificatorului de intrare de tensiune;
- fig. 4 - schema electrica a amplificatorului de intrare pentru curent;
- fig. 5 - schema electrica a amplificatoarelor de intrare;
- fig. 6 - schema bloc a modulului de sincronizare;
- fig. 7 - schema electrica a modulului de sincronizare;
- fig. 8 - schema bloc a generatorului cu sinteza digitala tip LTC;
- fig. 9 - schema electrica a modului de achizitie date
- fig.10 - schema electrica a modulului de transmitere a datelor achizitionate;
- fig. 11 - unitatea de calcul, stocare si transmitere a datelor/informatiilor.

Prezentarea in detaliu a inventiei revendicate

Sistemul inteligent de masurare si monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice produse / transportate / distribuite / furnizate / consumate si a parametrilor de calitate a energiei electrice, prezentat in fig. 1, este alcatuit din:

1. **Amplificatoarele de intrare 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 pentru fiecare din marimile ce se conecteaza direct la sistem, trei pentru tensiunea de pe cele trei faze, trei pentru curentul de pe cele trei faze de curent, cate unul pentru curentul si tensiunea de nul.**
2. **Modulul de sincronizare achizitie de date 9, format dintr-o bucla PLL, avand ca referinta tensiunea de pe faza U_R .**
3. **Modul de achizitie de date, format dintr-un etaj ADC 10 si un controler de achizitie 13 ce comanda etajul ADC sincron cu semnalele primite de la bucla PLL.**
4. **Modulul de comunicatie interna, ce primeste datele de achizitie pe o retea SPI si o transmite print-un LAN intern modulului de prelucrare, memorare, afisare si transmisie externa 15.**
5. **Modulul de calcul , stocare rezultate , afisare 16 si transmitere externa;**
6. **Modulul GPS (Global Positioning System) 17, pentru sincronizarea masuratorilor de la mai multe sisteme de masura si monitorizare, dispuse in puncte de masura diferite .**

Amplificatorul de intrare de tensiune, este un etaj care are rolul de a adapta nivelul de tensiune al marimii de masurat la nivelul corespunzator necesar intrarii in



circuitele electronice folosite. De asemenea un alt rol important este acela de a izola galvanic intrarea de masura de restul etajelor.

Pentru realizarea acestui tip de amplificator s-a ales circuitul AMC (Alpha Micro Components) cu functia speciala de izolator galvanic, dar si de convertor intrare - *single ended*- cu iesire diferentiala (iesire necesara ca structura pentru circuitul de intrare al controlerului ADC (Application Delivery Controller). Acest tip de circuit este special conceput sa fie folosit in echipamentele de masurare a energiei.

Modulul de intrare de tensiune din figura 2 este compus din trei componente de baza :

- Divizorul de intrare, format de rezistoarele R1 si R2, care are rolul de adaptare a nivelului de tensiune de intrare (100/220/400V_{rms}) la nivelul $\pm 250\text{mV}_{\text{rms}}$, maxim admis pentru pastrarea liniaritatii etajului de intrare. Pentru calculul celor doua valori de rezistor, se tine cont de impedanta de intrare a circuitului AMC in regim dinamic.
- Circuitul de amplificare si izolare galvanica AMC, care are la intrare si iesire filtre de tip gama, cu rol de *anti-aliasing* (antidistorsiune) pentru iesire si pentru stabilitatea buclei de masura pentru intrare. Valoarea semnalului la iesire este multiplicata cu 8 fata de cel de intrare si are o tensiune de mod comun de 1,29 Vcc, figura 3.
- Circuitul integrat U2, este o sursa izolata de tensiune, necesara alimentarii partii izolate a amplificatorului de intrare.

La intrare, pe conectorul J1 este montat un descarcator ZnO, iar pe sursa de tensiune U2, parallel cu pinii de iesire V0+ si V0-, este conectata o dioda Transil.

Amplificatorul de intrare pentru curent, are aceeasi structura de baza cu amplificatorul de tensiune, mai putin circuitul de intrare, figura 4. Singura diferenta este la partea de intrare unde R1 este un shunt de precizie. Pentru protectia circuitelor s-a montat o dioda Transil, in paralel cu shuntul R1 si o dioda paralel de aceeasi valoare pe iesirea sursei de tensiune izolata. Valoarea semnalului de iesire are aceeasi caracteristica cu cea a etajului de amplificare de tensiune.

Schemele electrice complete ale amplificatoarelor de intrare sunt prezentate in figura 5.

Circuitul U3, in conexiune diferentiala, este folosit pentru adaptarea nivelelor de tensiune pentru formatorul de semnal de referinta pentru bucla PLL. Avand in vedere ca circuitul de intrare al formatorului necesita calarea pe tensiunea de

comun a semnalului activ, aceasta se poate regla din raportul rezistoarelor R19 si R20.

Modulul de sincronizare are la baza bucla PLL digitala, figura 6, compusa dintr-un formator de semnal pentru semnalul de referinta, un generator cu sinteza digitala a frecventei si un circuit de comanda si control format dintr-un microcontroller. Modulul are rolul de a folosi semnalul de referinta de la intrarea de tensiune Ur si de a genera un semnal multiplicat de N ori , sincron cu semnalul de referinta. Valoarea lui N este egala cu rata de esantionare a circuitului de conversie analog numerica. Modulul este necesar pentru calculul corect si cu precizie ridicata a valorilor RMS ale semnalelor de tensiune si curent si mai ales pentru calcule corecte si precise (folosind algoritmul *FFT - Fast Fourier transform*), pentru determinarea caracteristicilor armonicele de tensiune si curent.

Pentru o esantionare de 512 puncte /perioada frecventa de baza f_0 a generatorului buclei PLL este de 25,6 kHz.

Dupa formatorul de semnal, se va obtine un semnal digital, divizat cu 2, astfel incat perioada pozitiva a semnalului obtinut sa fie egala cu perioada semnalului de referinta. Poarta va fi deschisa o perioada intreaga , lasand sa treaca semnalul de la generatorul digital.

La initializare, microcontrolerul va comanda generatorul sa genereze un semnal de 25,6 kHz , care are o perioada de 39 μ s. La sosirea unui front crescator pe intrarea de intrerupere INTA a microcontrolerului , acesta va initializa numaratorul intern TC0 , sa numere semnalele de la intrarea CK0 . Cand semnalul la intrarea INTA, trece in zero, numaratoarea se opreste. In acest moment se calculeaza frecventa reala a semnalului de referinta. Daca N1 este numarul de impulsuri numerate, atunci frecventa reala este $1/N1 \times 39 \mu$ s. Astfel, frecventa obtinuta se va seta de catre microcontroller in generatorul digital, se va calcula valoarea perioadei, se va memora si se va folosi la calculul perioadei T2, la a doua masuratoare. Si asa mai departe. Sincronizarea cu frecventa de referinta are cel mult o intarziere de 20ms , perioada de timp mult mai scurta decat la o bucla PLL clasica .

In cazul in care semnalul de referinta lipseste, se va mentine ultima valoare obtinuta corect . Conditia de calare a buclei va ramane de 47,5-52,5Hz. Aparatul va functiona si in afara acestui domeniu, dar precizia va ramane doar in domeniul amplitudinilor, ceea ce corespunde conditiilor de clasa de precizie A.

Schema electrica a modulului de sincronizare este prezentata in figura 7.



Se aplica semnalul de referinta la conectorul de intrare, prin intermediul filtrului gama R31/C34, cu forma sinusoidala si tensiunea de mod comun 1,29 Vcc.

Dupa ce semnalul trece de filtrul R31/C34, el se aplica intrarii PA0 a microcontrolerului ATXMega. Aceasta intrare este setata ca si comparator analogic, cu prag de comparare reglabil, ce se va determina pana la egalarea cu tensiunea de mod comun a semnalului de referinta. Iesirea comparatorului de semnal (cu functie de formator de semnal digital); PA7, se conecteaza la intrarea PD2 si la intrarea CLK a unui circuit de tip D, in configuratie de divizor cu 2. Iesirea acestui circuit de tip D se conecteaza la intrarea PD3 a microcontrolerului. Circuitul U7 este o poarta inversoare. Circuitul U5 este un generator cu sinteza digitala, tip LTC. Acesta comunica prin interfata SPI cu microcontrolerul ATXM, interfata rapida, prin care frecventa reala se seteaza dupa fiecare numarare si recalculare.

Circuitul LTC este un circuit specializat, folosit in sinteza directa a unui semnal digital, in gama 1 kHz - 68 MHz.

Schema bloc a circuitului generatorului LTC este prezentata in figura 8.

Calcularea frecventei de iesire se va face cu relatia:

$$f = 2^{\text{OCT}} \times \frac{2078}{2 - \frac{\text{DAC}}{1024}}, \text{ unde:}$$

- DAC poate lua o valoare cuprinsa intre 0 si 1024 si se va regasi in registrul portului serial DAC [9:0];
- OCT poate lua valori intre 0-15, si se regaseste in registrul OCT[3:0].

La conectorul J12, se aplica cele doua semnale de sincronizare, si anume semnalul de frecventa joasa sincron cu semnalul de referinta si semnalul de frecventa multipla, pentru comanda esantionarii semnalelor achizitionate. Aceste doua semnale se vor conecta la doua intrari de intrerupere a microcontrolerului de comanda si control achizitie.

Schema bloc a modului de achizitie de date este prezentata in figura 9. Modulul este format din doua componente principale si anume un circuit de conversie analog numeric de tip *front-end*, special conceput de firma producatoare pentru utilizarea in sisteme de analiza a semnalelor de tipul MCP si un controler de comanda achizitie si sincronizare.

Circuitul convertor analog numeric (ADC), are la intrarile analogice de tip differential conectate iesirile amplificatoarelor de intrare pentru caile de curent si



tensiune . Acest circuit are achizitie simultana, datorita constructiei interne, cu posibilitatea de corectie a defazajului pe cate doua canale .De aceea cuplarea la intrari se va face in ordinea AN1=Ur, AN2= Ir, AN3= Us, AN4= Is, AN5=Ut , AN6= It . Rezolutia de conversie este de 16/24 biti , la o viteza reglabila intre 16 si 64 kbps/canal.

Comanda de achizitie este data de catre controlerul de sincronizare, cu transmisie simultana catre modulul controler Ethernet, transmisie facuta pe o interfata seriala rapida tip SPI.

Acest controler de sincronizare primeste de la bucla PLL , semnale sincrone cu semnalele de masura tensiune .Semnalele sunt de doua tipuri :

- un semnal sincron , de aceeasi frecventa cu semnalul de intrare , dar in format digital;
- un semnal tot sincron , dar cu o frecventa multiplicata cu 512 , pentru comanda achizitiei de date.

Cele doua semnale sunt folosite pentru a comanda fiecare conversie pentru cele 10 perioade de achizitie ale unui esantion de analiza.

Modulul controller Ethernet este un modul ce se interpune intre modulul de achizitie si cel de prelucrare cu rolul de a transfera de pe o interfata SPI (iesirea de date a modulului de achizitie) la o interfata Ethernet LAN (intrare modul de prelucrare).

Aceasta permite ramanerea la o viteza superioara de transmitere de date (30 MHz-SPI la 100 MHz Ethernet LAN).

Modulul este construit cu ajutorul a doua circuite ce au functie dedicata pentru transmiterea de date si anume un controler pe 32 biti si un controller specializat pentru transmiterea informatiei pe line tip Ethernet .

In figura 10 este prezentata schema electrica a modulului de transmitere a datelor achizitionate. Informatia de la modulul de achizitie este transmisa la conectorul de intrare J6 al modulului de transmisie a datelor . Acest conector este legat la portul PX27/28/29/30 al controlerului AT32 , port setat ca interfata SPI. Conectarea cu controlerul de Ethernet este in mod RMII, controlerul Ethernet avand functia de master.

Cicuitul U12 este o sursa *step-down*, cu randament ridicat, necesara reducerii tensiunii generale de alimentare la nivelul la care functioneaza cele doua circuite specializate mentionate.



Conectarea cu una din intrarile de interfata Ethernet a placii de prelucrare si memorare se face la conectorul J1.

Conectorul J7 este folosit pentru programarea si depanarea programului intern al controlerului AT32.

Semnalele de interconectare cu modulul de sincronizare si comanda achizitie sunt standard SPI, plus un semnal de START/STOP, necesar pentru sincronizarea transmisiei.

Unitatea de calcul , stocare si transmitere a informatiei, figura 11, primeste datele de la modulul de achizitie (prin intermediul modulului de transmisie) si le prelucreaza conform standardelor specifice .

Acest modul este un modul de calculator embedded , cu un processor de tip quad-core, ce lucreaza cu un maxim de memorie minim 8GB, de tip DDR3 , cu frecventa de lucru de minim 1666 MHz. Are suport SATA pentru conectarea de HDD, SSD sau SHDD.

Are de asemenea doua linii de comunicatie Ethernet de tip Gigabyte , cu porturi USB si RS232, iesire DVI-D si D-Sub pentru conectarea monitorului video propriu al sistemului.

Pentru sincronizarea externa a ceasului se foloseste un receptor GPS .

Sistemul este dotat cu un afisor local LCD 7", cu touchscreen, precum si un roller mouse , aflat pe panoul frontal .Tastatura folosita este de tip virtual, de tip OSK (On-screen keyboard).

Sistemul functioneaza avand la baza platforma Windows XP, completata de programe software de aplicatie si client dezvoltate pentru achizitie, prelucrare, stocare, transmitere, afisare date, emitere rapoarte, etc.

Pentru alimentarea intregului sistem s-a ales solutia unui convertor 12Vcc la sistemul ATX, incat aceasta tensiune, 12Vcc este mult mai usor de obtinut din aproape orice tip de alimentare ce ar putea fi impusa si orice gama de tensiune de intrare , inclusiv panouri solare.

Intreg sistemul este cu racire pasiva, fara elemente in miscare, atribut ce-i confera **fiabilitate crescuta si mentenanta redusa in exploatare**.

Sistemul inteligent de masurare si monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice produse /transportate /distribuite /furnizate /consumate si a parametrilor de calitate a energiei electrice, conform inventiei, **asigura comunicatia bidirectionala**



la distanta, cu centrul de management al datelor si/sau cu clientul final, permitand prin aceasta:

- **eliminarea deplasarii personalului pentru activitati operationale curente;**
- **verificarea si actualizarea securizata, de la distanta, a softului intern al sistemului (in partea nemetrologata);**
- **monitorizarea de la distanta a functionarii sistemului si semnalizarilor generate de acesta;**
- **sincronizarea referintei de timp la mai multe sisteme de masura monitorizate de centrul de management date;**
- **actualizarea modulului software referitor la tarifele energiei electrice produse / transportate / distribuite / furnizate / consumate.**

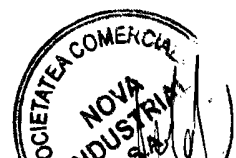
Sistemul asigura o capacitate ridicata de stocare a datelor masurate si prelucrate , inclusiv a undelor de tensiune si curent achizitionate, pe o perioada de minimum 30 zile, permitand analiza si extragerea datelor din memoria de stocare.

Sistemul asigura citirea de la distanta a datelor masurate on-line atat pentru energia electrica consumata din retea cat si pentru energia injectata de retea, de catre client.

Sistemul permite controlul de la distanta al conectarii/ deconectarii la/de la retea si al depasirii puterii absorbite aprobate.

Sistemul asigura comunicarea securizata a datelor, detecteaza si alarmeaza in cazul unor tentative de frauda informatica sau de utilizare neautorizata a retelei.

* . *



REVENDICARI

1. Un sistem inteligent de masurare si monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice produse /transportate /distribuite /furnizate /consumate si a parametrilor de calitate a energiei electrice, integrat in SMART GRID, prezentat in fig. 1, alcatuit din:

- amplificatoarele de intrare 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 pentru fiecare din marimile ce se conecteaza direct la sistem, trei pentru tensiunea de pe trei faze, trei pentru curentul de pe cele trei faze de curent , cate unul pentru curentul si tensiunea de nul.
- modulul de sincronizare achizitie de date 9, format dintr-o bucla PLL , avand ca referinta tensiunea de pe faza UR .
- modul de achizitie de date , format dintr-un etaj ADC 10 si un controler de achizitie 13 ce comanda ADC sincron cu semnalele primite de la bucla PLL.
- modulul de comunicatie intern , ce primeste datele de achizitie pe o retea SPI si o transmite print-un LAN intern modulului de prelucrare, memorare, afisare si transmisie externa 15.
- modulul de calcul , stocare rezultate , afisare 16 si transmitere externa.
- modulul GPS
- afisorul local LCD 7" , cu touchscreen.

2. Metoda de masurare si monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice produse /transportate /distribuite /furnizate /consumate si a parametrilor de calitate a energiei electrice, conform inventiei, asigura:

- a) achizitionarea formelor undelor de curent si de tensiune, de pe o faza sau de pe cele trei faze ale retelei electrice, in orice punct de masura, prin esantionarea semnalelor sinusoidale de curent sau de tensiune, sincronizat si cu o viteza mare de esantionare, si anume 512 esantioane/ o perioada a semnalului sinusoidal;
- b) stocarea in memoria proprie a echipamentului, a formelor undelor semnalelor sinusoidale de curent si tensiune;
- c) reglarea vitezei de esantionare pentru stocarea formelor undelor de curent si de tensiune, in trei trepte: 512/256/128 esantioane / perioada semnalului sinusoidal , si prin aceasta se mareste de 4 ori durata de stocare posibila a undelor de curent si de tensiune;
- d) detectia, inregistrarea si alarmare privind tentativele de acces neautorizat.



- e) achizitionarea, prelucrarea si stocarea in regim automat a datele privind undelor de curent si de tensiune;
- f) **masurarea si monitorizarea on-line a parametrilor care caracterizeaza energia electrica produsa / transportata / distribuita / furnizata / consumata (*curentul, factorul de putere, puterea activa, puterea reactiva, puterea deformanta, energia activa, energia reactiva, energia deformanta*) si respectiv calitatea energiei electrice (*tensiunea, frecventa, factorul de putere, intreruperile tranzitorii, intreruperile scurte si lungi, golurile de tensiune, supratensiunile temporare de frecventa industriala -50 Hz sau 60 Hz- intre faze si pamant sau intre faze, fenomenul de flicker, variatiile rapide si lente de tensiune, armonicile, interarmonicile, factorul de distorsiune armonica, nesimetria sistemului trifazat de tensiuni, formele undelor de curent si de tensiune*) intr-un anumit punct de masura;**
- g) **identificarea automata a defectiunilor caracterizate prin golurile de tensiune, cresterile de tensiune, intreruperile de tensiune, ora producerii, durata evenimentului;**
- h) **transmiterea in timp real a datelor masurate la centrul de management al datelor/informatiilor sau la clienti;**
- i) **comunicatia bidirectionala, securizata, cu centrul de management datelor/informatiilor si respectiv accesul securizat a acestuia, la datele stocate de sistemul de masura si monitorizare, pentru consultare si extragere de date, respectiv pentru verificarea periodica si actualizarea software-ului intern (partea nemetrologica);**
- j) **comunicatia bidirectionala, securizata, cu consumatorii finali si acces securizat a acestora la datele stocate de sistemul de masura si monitorizare, pentru consultare si extragere de date;**
- k) **sincronizarea datelor masurate cu referinta de timp a centrului de management al datelor / informatiilor;**
- l) **implementarea modulului software "*Intelligent energy meter*" cu rol de tarificare a energiei, adaptabil pentru orice structura de tarificare necesara;**
- m) **inregistrarea puterii, in orele de varf si in restul orelor, conform cu structura de tarificare impusa;**
- n) **informatiile necesare pentru controlul de la distanta al conectarii/deconectarii de la retea, sau pentru limitarea puterii absorbite**



DESENE

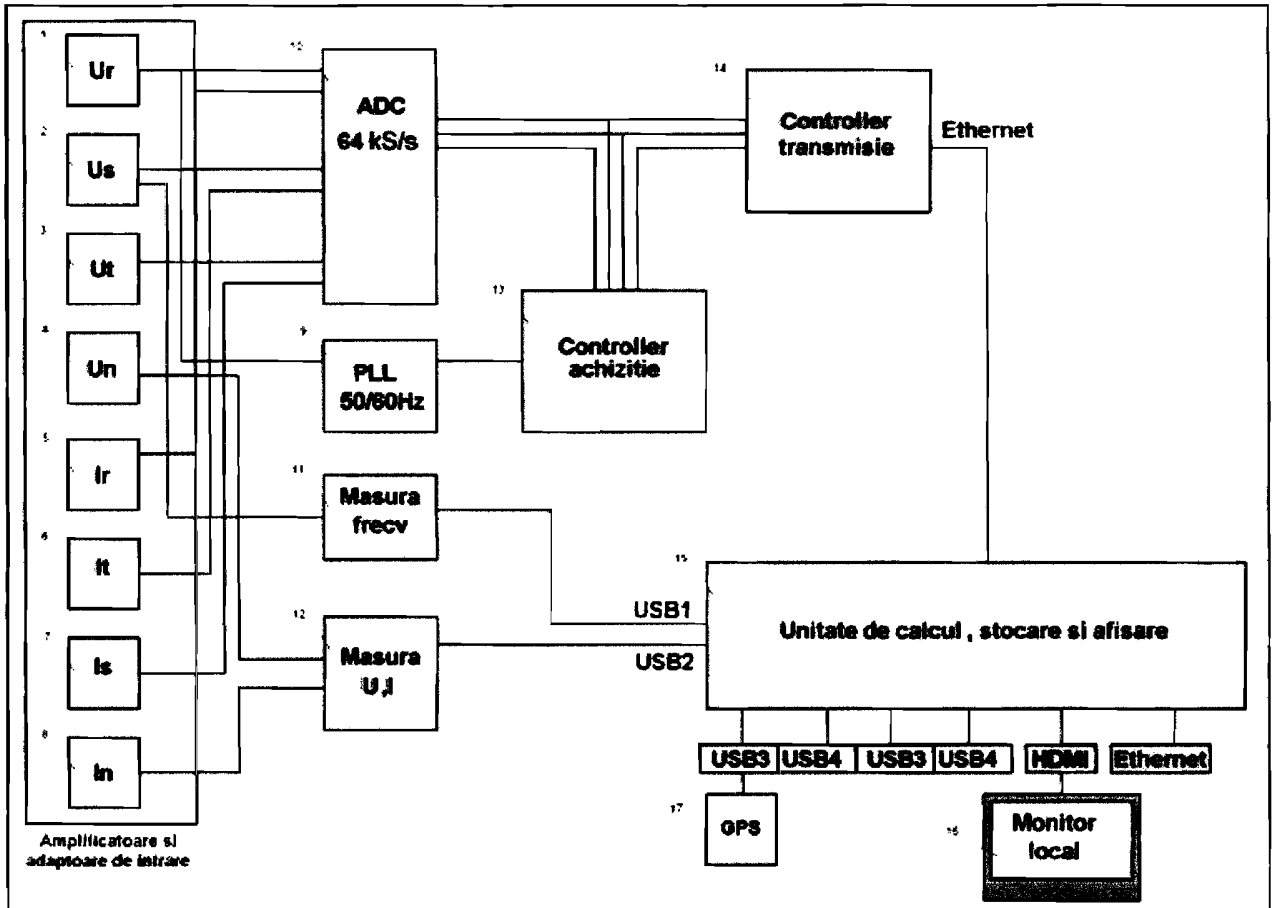


Fig. 1 Schema bloc a sistemului inteligent de masurare si monitorizare on-line a parametrilor energiei electrice produse/ transportate/ distribuite/ furnizate/ sau consumate si respectiv a parametrilor de calitate a energiei electrice

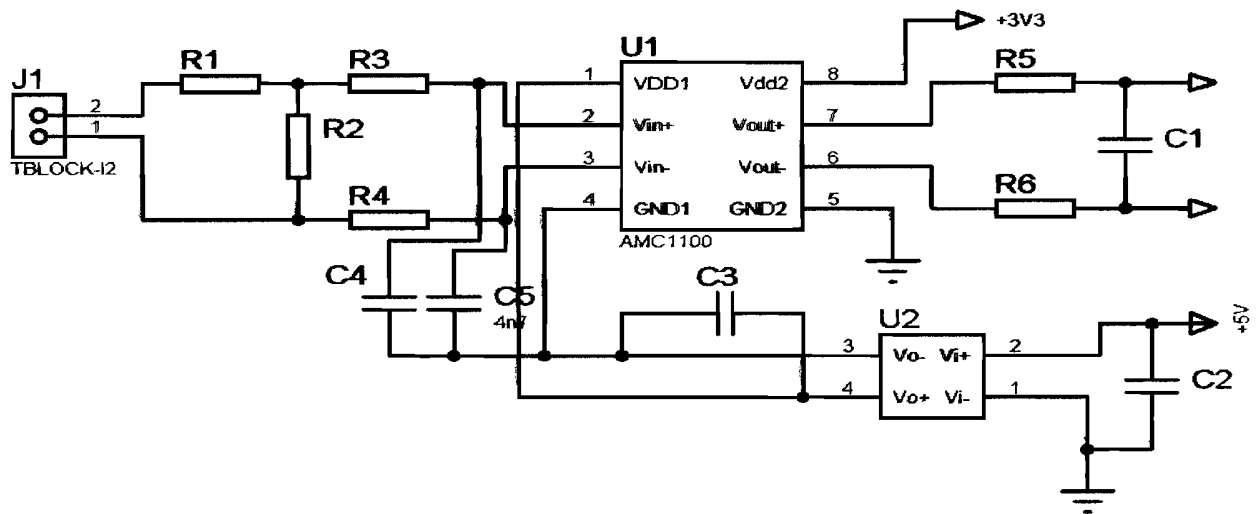


Fig. 2 Schema electrica a amplificatorului de intrare pentru tensiune

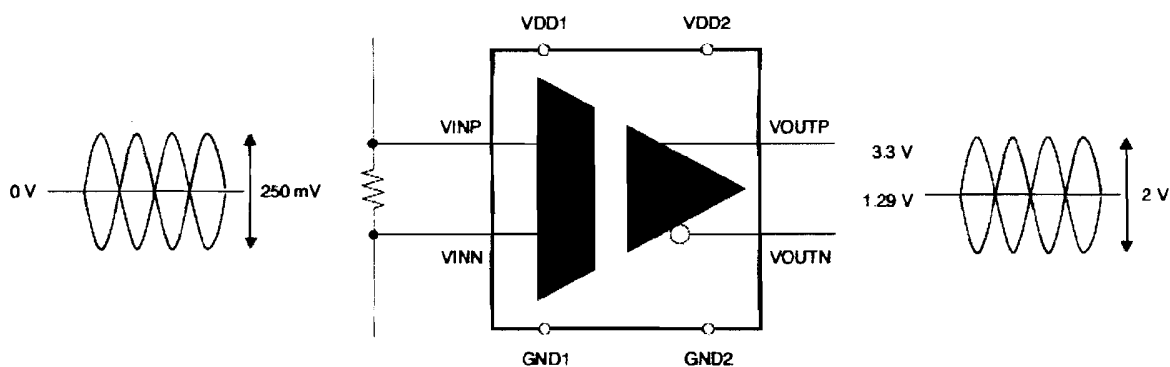


Fig. 3 Nivelele de tensiune maxime ale amplificatorului de intrare de tensiune

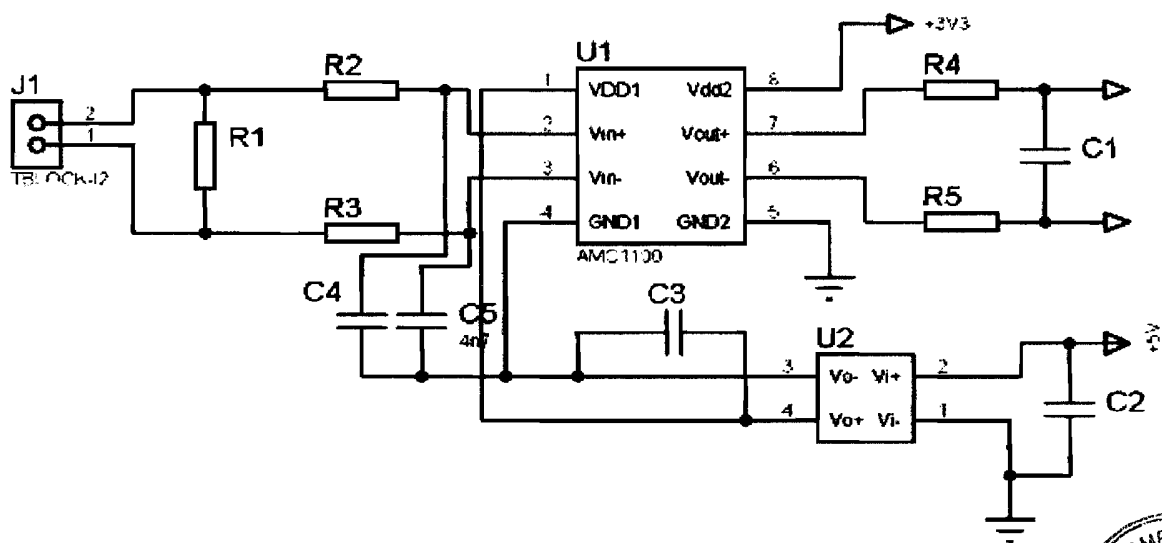


Fig. 4 Schema electrica a amplificatorului de intrare pentru curent



α-2015--00405-

17-05-2012

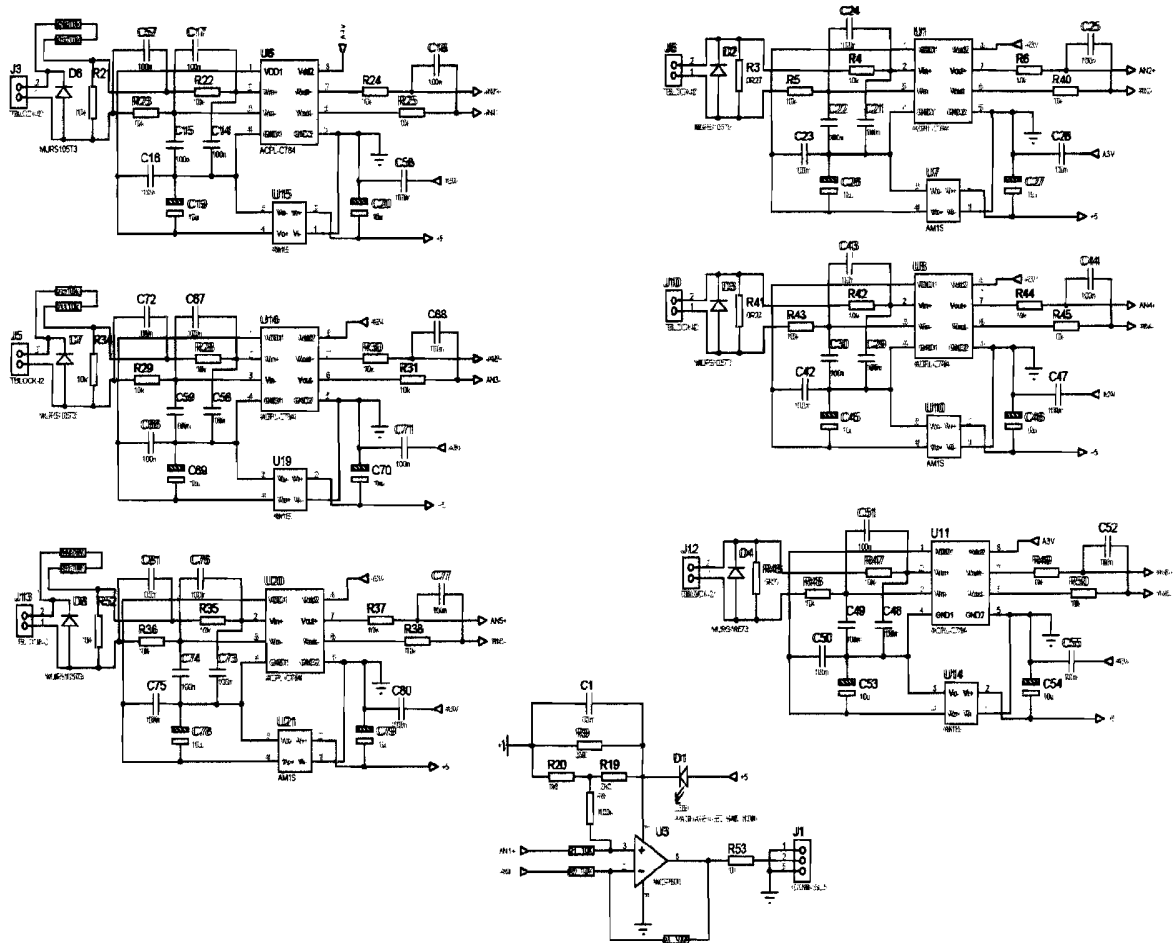


Fig. 5 Schema electrica a amplificatoarelor de intrare

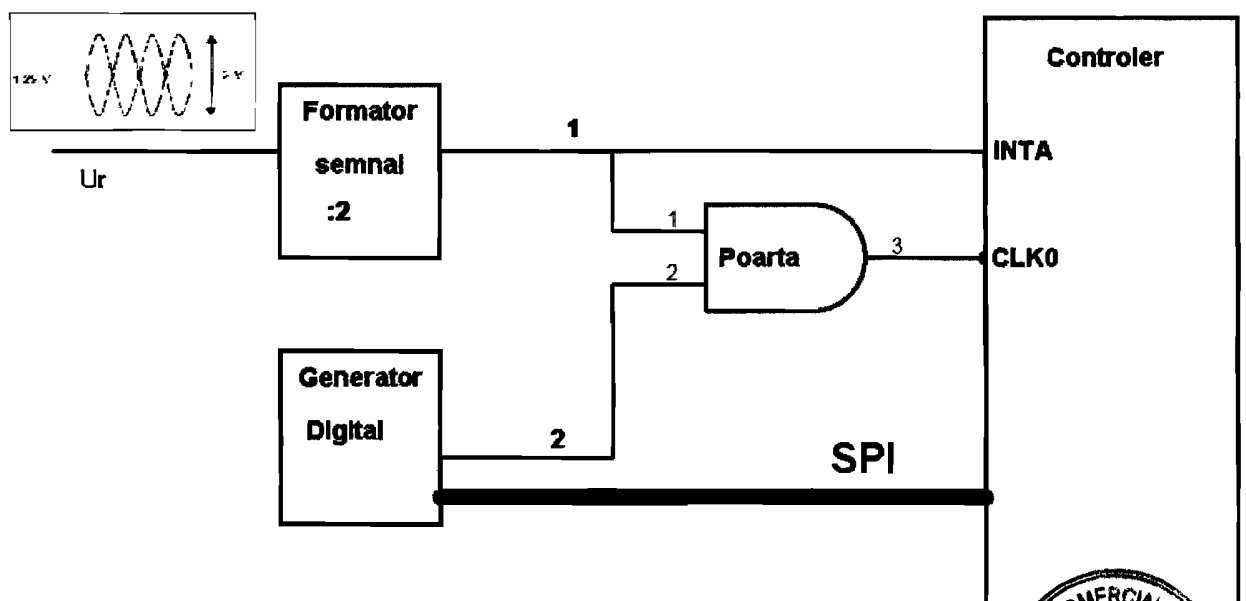


Fig. 6 Schema bloc a modului de sincronizare



A-2015--00405-
17-05-2012

JR

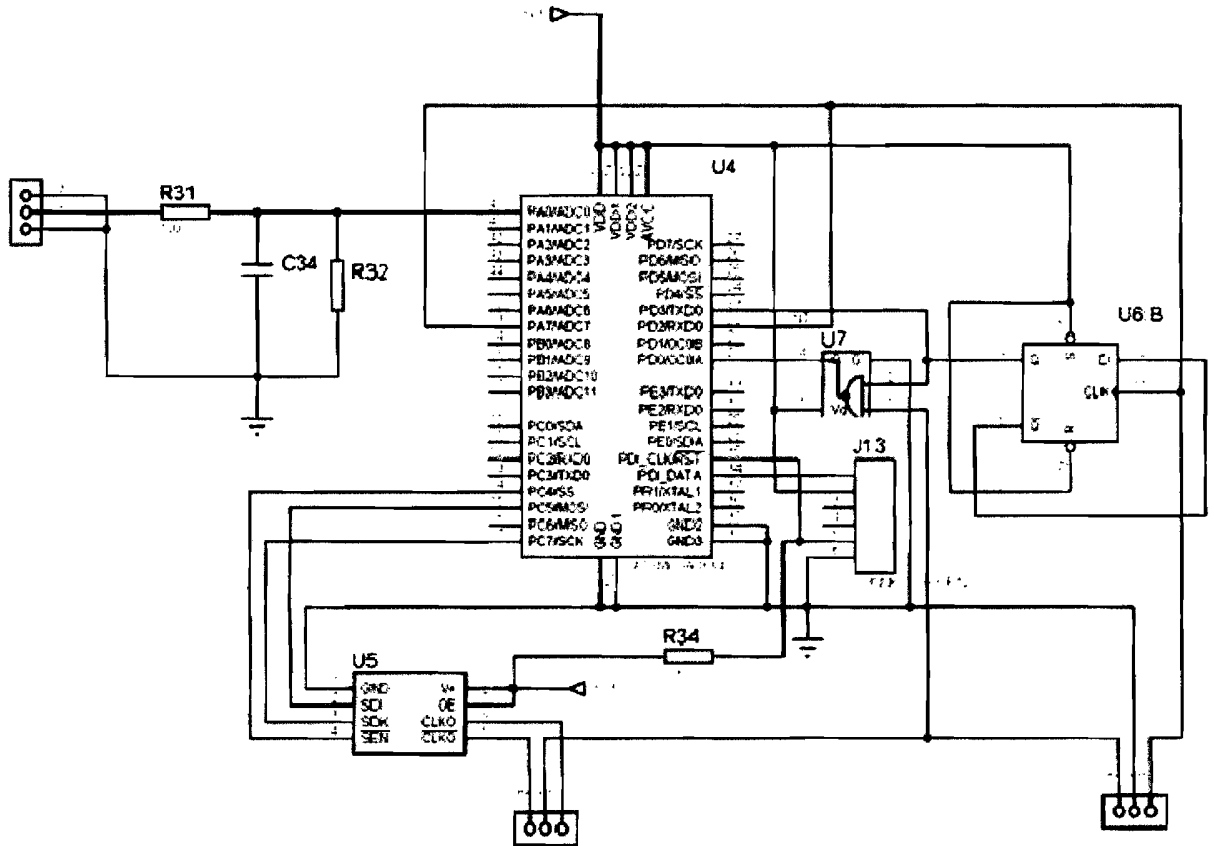


Fig.7 Schema electrica a modului de sincronizare

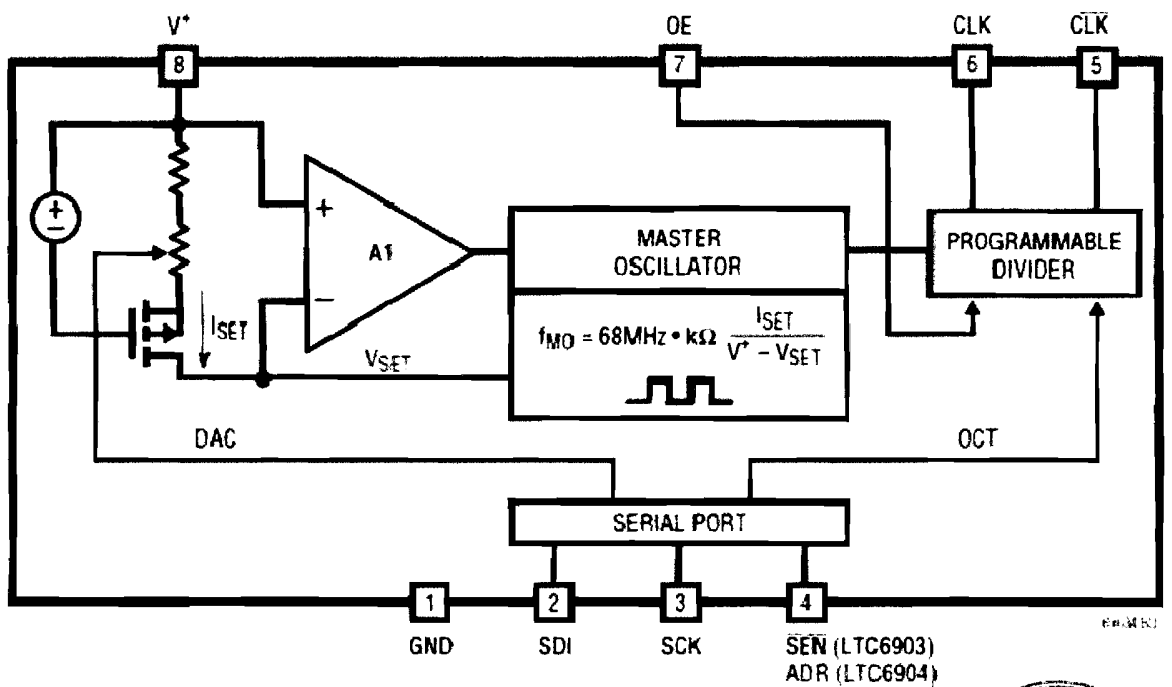


Fig. 8 Schema bloc a circuitului LTC6903



α-2015--00405-
17-05-2012

56

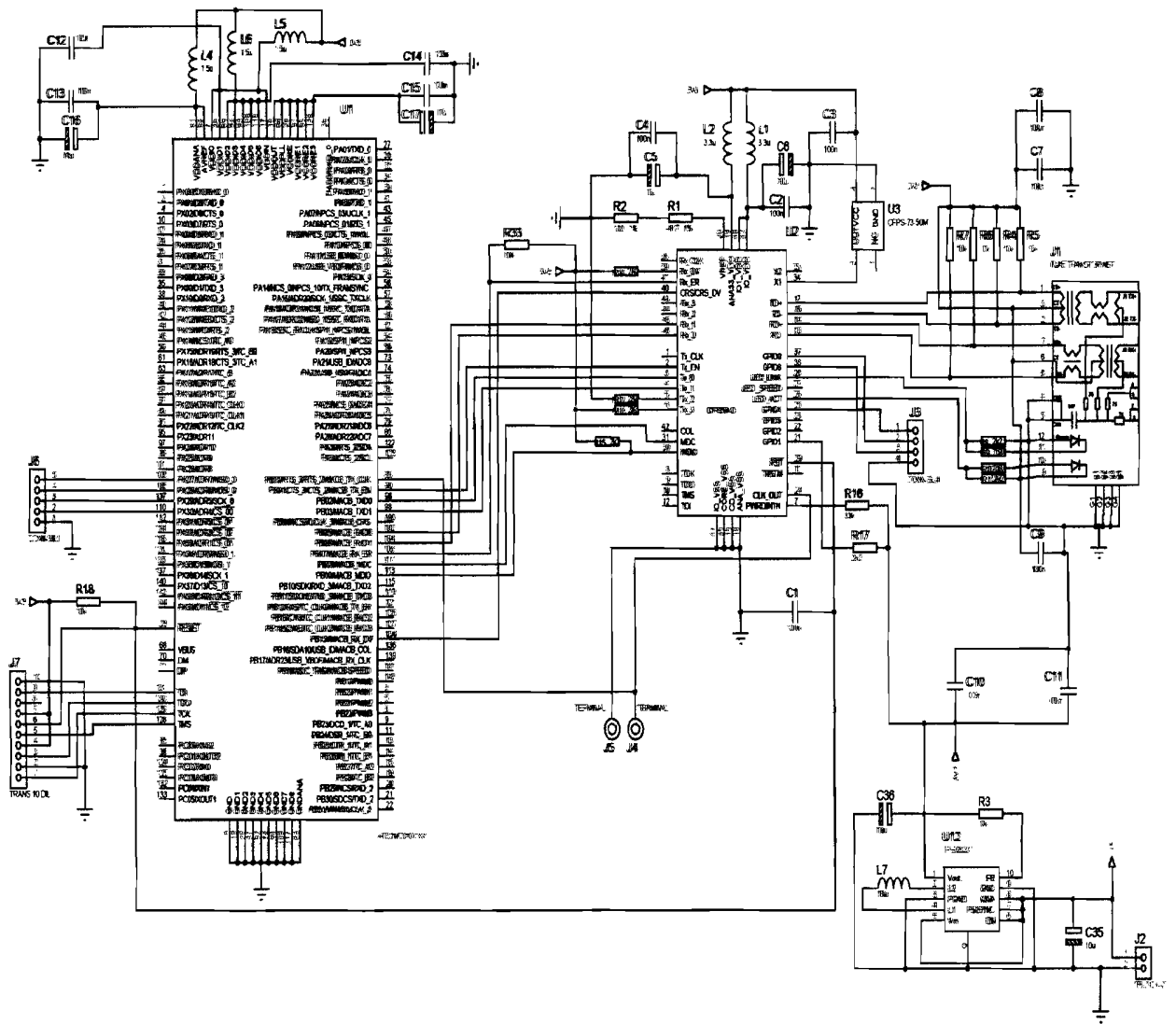


Fig. 10 Schema electrica a modului de transmitere a datelor achizitionate



α-2015--00405-
17-05-2012

JS

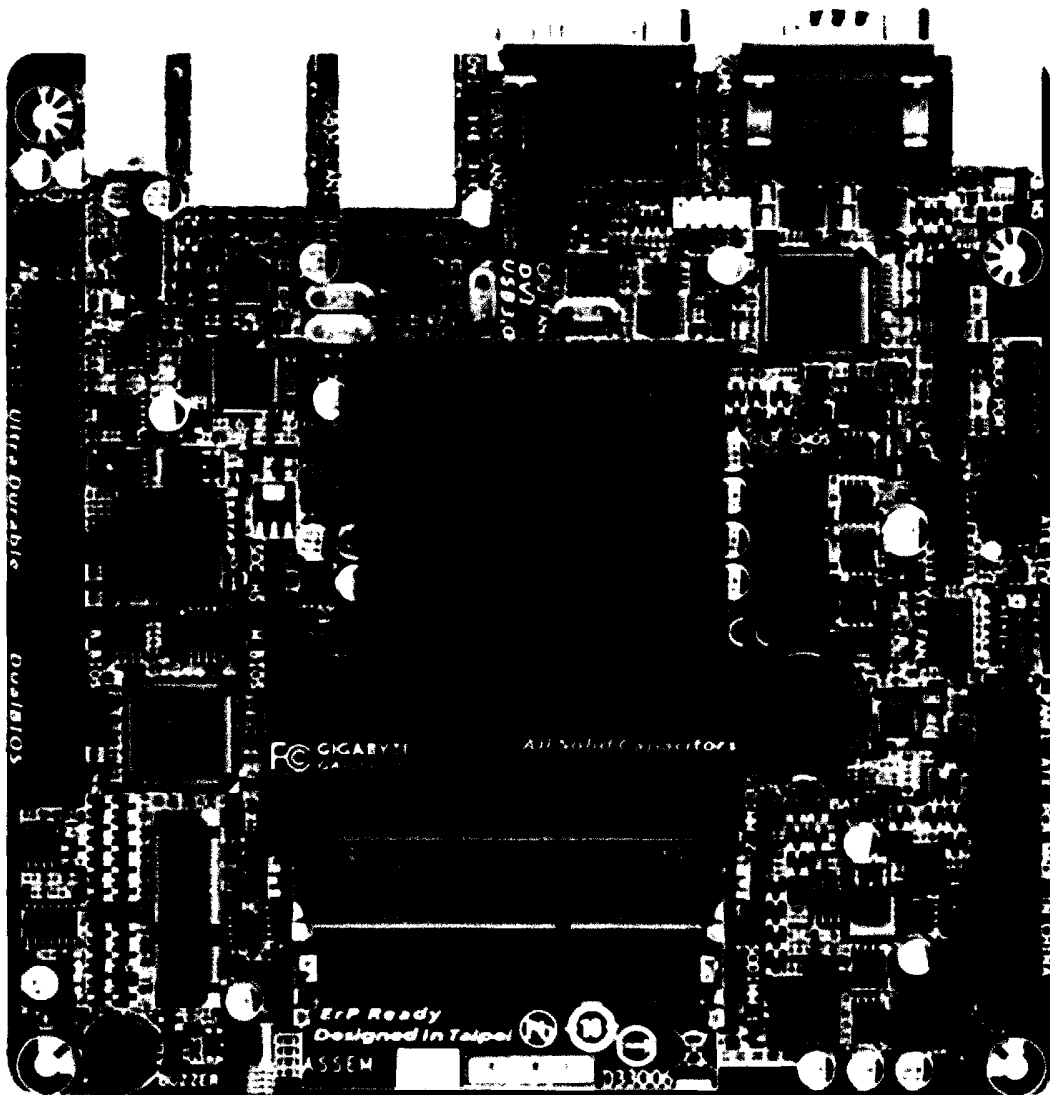


Fig. 11 Unitatea de calcul, stocare si transmitere a informatiei

.

