



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00475

(22) Data de depozit: 14.12.2012

(30) Prioritate:  
22.12.2011 US 13/334, 522

(41) Data publicării cererii:  
30.01.2015 BOPI nr. 1/2015

(86) Cerere internațională PCT:  
Nr. US 2012/069898 14.12.2012

(87) Publicare internațională:  
Nr. WO 2013/096134 27.06.2013

(71) Solicitant:  
• LANDIS+GYR TECHNOLOGIES,  
LLC, 6436 COUNTY ROAD 11, PEQUOT  
LAKES, MN, US

(72) Inventatori:  
• HAUG STUART L., CEDAR TRAIL NW,  
HACKENSAK, MN, US;  
• WOLTER CHAD, 29802 BELGIAN DRIVE,  
BREEZY POINT, MN, US;  
• JOHNSON BRYCE D., 29280  
CROW CIRCLE, BREEZY POINT, MN, US

(74) Mandatar:  
ENPORA BRAND MANAGEMENT S.R.L.,  
STR. GEORGE CĂLINESCU NR. 52A, AP. 1,  
BUCUREȘTI

(54) PROCESAREA SEMNALULUI DIGITAL PENTRU  
COMUNICAȚIILE PLC CARE AU FRECVENȚE DE  
COMUNICAȚIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la sisteme și metode care utilizează comunicații PLC pentru distribuția energiei electrice, utilizând frecvențe de curent alternativ. Sistemul conform invenției este constituit dintr-un aparat pe bază de circuit de emisie-recepție, configurat și aranjat pentru a comunica prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice, care transportă energie electrică utilizând curent alternativ, unul sau mai multe circuite de procesare configurate și aranjate pentru a furniza un modul convertor analog-digital configurat pentru a genera un semnal digital de intrare, de la un semnal analog care a fost recepționat la circuitul de emisie-recepție, decimator configurat pentru a produce, ca răspuns la o rată de decimare variabilă, un semnal digital de intrare decimat, un modul generator de semnal de referință, configurat pentru a genera un semnal de referință ce are o frecvență dependentă de rata de decimare, și un modul pentru modificarea decimării, configurat și aranjat pentru a modifica rata de decimare. Metoda conform invenției constă în transformarea unui semnal de intrare analog, de la liniile pentru distribuția energiei electrice care transportă energie electrică utilizând curent alternativ într-o formă digitală, și în utilizarea unui circuit de procesare ce decimează un semnal digital de intrare, generează un semnal de referință, detectează o schimbare într-o diferență de fază, și modifică rata de decimare pentru a contracara schimbarea detectată în diferența de fază.

Revendicări: 18  
Figuri: 3

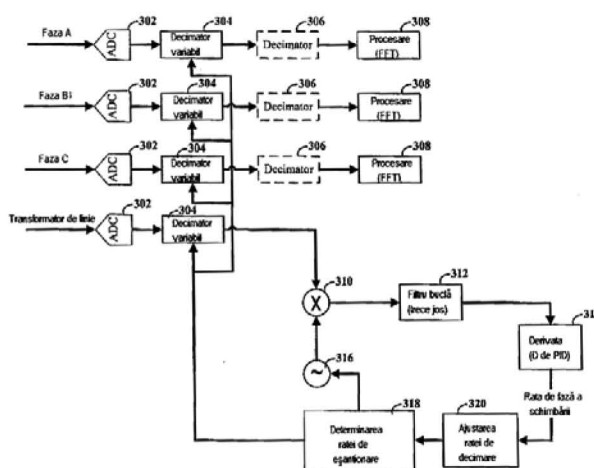


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



119

**PROCESAREA SEMNALULUI DIGITAL PENTRU COMUNICAȚIILE PLC CARE  
AU FRECVENȚE DE COMUNICAȚIE**

**DOCUMENT BREVET ÎNRUDIT**

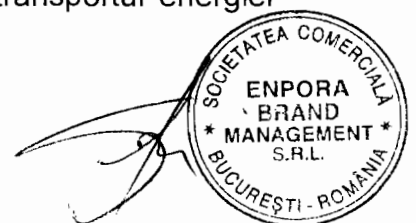
OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2014 ee 475
Data depozit 14.12.2012

Acest document brevet reclamă prioritate față de cererea de brevet SUA seria nr. 13/334,522 depusă în 22 decembrie 2011, al cărei conținut este încorporat aici în întregime ca referință.

**STADIUL TEHNICII MONDIALE ÎN DOMENIUL INVENȚIEI**

Furnizorii de servicii întrebunțează rețelele distribuite pentru a furniza servicii clienților de pe largi suprafețe geografice. De exemplu, companiile de energie întrebunțează liniile pentru distribuirea energiei pentru a transporta energie de la una sau de la mai multe centrale generatoare (centrale electrice) către amplasamentele de client și comerciale deopotrivă. Centralele generatoare întrebunțează curent alternativ (AC) pentru a transmite energia electrică pe distanțe lungi prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice. Transmisia pe distanțe lungi poate să fie efectuată cu folosirea de tensiuni relativ ridicate. Substațiile poziționate în apropierea amplasamentelor de consumator asigură o coborâre a tensiunii de la tensiuni înalte la tensiuni mai joase (de exemplu, folosind transformatoare). Liniile pentru distribuția energiei electrice transportă această tensiune AC mai coborâtă de la substații la amplasamentele de consumator cu dispozitive de punct final.

Furnizorii de comunicații pot să utilizeze o rețea de comunicații distribuită pentru a furniza servicii de comunicații către abonații lor. În mod similar, companiile de energie electrică întrebunțează o rețea de linii pentru transportul energiei electrice, aparate de măsură și alte elemente de rețea pentru a furniza energie electrică consumatorilor dintr-o regiune geografică și pentru a primi date de la amplasamentele de consumator inclusiv, dar fără a se limita la acestea, date privind consumul măsurat de energie electrică. Un sistem poate să asigure aceste funcții de raportare folosind un set de dispozitive colectoare de date (colectoare) care sunt proiectate pentru a comunica cu dispozitivele de punct final apropiate. Cu toate acestea, comunicarea de date între un centru de comandă, colectoare și mai multe mii de dispozitive de punct final prin intermediul liniilor pentru transportul energiei electrice poate să fie o chestiune deosebit de provocatoare.



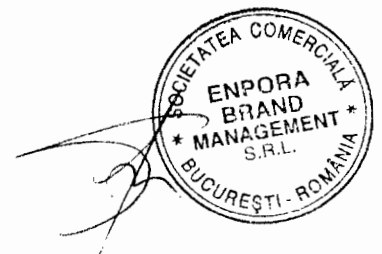
MS

Numărul total de dispozitive de punct final contribuie la o mulțime de probleme care includ, energia de procesare de la punctul final, mărimea memoriei, costul punctului final, interferența de la energia AC și altele. De exemplu, procesarea semnalului digital al comunicațiilor dintre dispozitive poate să fie complicată de acești și de alți factori.

### DESCRIEREA PE SCURT

Aspecte ale prezentei dezvoltări au în vedere sisteme și metode pentru întrebuințarea cu circuite de recepție care urmăresc frecvența AC. Acestea cât și alte aspecte ale prezentei dezvoltări sunt exemplificate prin intermediul unui număr de implementări și aplicații ilustrate, dintre care unele sunt arătate în figuri și caracterizate în secțiunea de revendicări care urmează.

Modalități particulare de realizare a prezentei dezvoltări sunt îndreptate către un aparat pe bază de circuit care are un circuit de emițător-receptor configurat și aranjat pentru a comunica prin intermediul unor linii pentru distribuția energiei electrice folosind curentul alternativ (AC). Sunt configurate și aranjate unul sau mai multe circuite de procesare pentru a pune la dispoziție un modul de convertor analog la digital (ADC) configurat și aranjat pentru a furniza un semnal analog la modulul convertor digital (ADC) configurat pentru a genera un semnal digital de intrare de la un semnal analog care a fost primit la circuitul emițător-receptorului. Acest semnal digital de intrare poate să fie un semnal digital supra-eșantionat, în care semnalul digital este supra-eșantionat în raport cu procesarea din aval (de exemplu, procesarea pe baza FFT). Un modul decimator este configurat și aranjat pentru a produce, ca răspuns la o rată de decimare variabilă, o versiune decimată a semnalului digital de intrare prin decimarea semnalului supra-eșantionat pentru a reduce rata de eșantionare. Este configurat și aranjat un modul de semnal de referință pentru a genera un semnal de referință care răspunde ratei de decimare. Un modul pentru modificarea decimării este configurat și aranjat pentru a modifica, ca răspuns la o indicare a schimbării într-o diferență de fază dintre semnalul de referință și AC, rata de decimare pentru a contracara diferența de fază. Acest lucru poate să fie în mod deosebit folositor pentru menținerea unei corelații strânse între frecvențele de semnal transmise (care variază în conformitate cu frecvența AC) și procesarea semnalului (care poate să întrebuințeze un FFT cu o rată de eșantionare care variază în conformitate cu frecvența AC).



117

Alte modalități de realizare au în vedere metode pentru întrebuițarea unuia sau mai multor circuite ale unui dispozitiv receptor. O astfel de metodă poate să includă convertirea, folosind un convertor analog-digital (ADC) și un semnal digital de intrare de la liniile pentru distribuția energiei electrice care pot să transporte curent alternativ (AC) într-o formă digitală. Acest semnal digital de intrare poate să fie un semnal digital supra-eșantionat, în care semnalul digital este supra-eșantionat în raport cu procesarea din aval (de exemplu, procesare pe baza FFT).

Un circuit (circuite) pentru procesare poate să fie apoi întrebuițat pentru a decima semnalul digital de intrare în conformitate cu o rată de decimare. Un semnal de referință poate să fie generat de către circuitul de procesare care este sensibil la rata de decimare. Circuitul de procesare poate să fie întrebuițat de asemenea pentru a detecta o schimbare într-o diferență de fază dintre AC și semnalul de referință și pentru a modifica, ca răspuns la detectarea unei schimbări în diferența de fază, rata de decimare pentru a contracara schimbarea detectată în diferența de fază.

Descrierea pe scurt de mai sus nu intenționează să descrie fiecare modalitate de realizare ilustrată sau fiecare implementare a prezentei dezvoltări. Figurile și descrierea detaliată care urmează, inclusiv descrierea din revendicările anexate, descriu mai în detaliu unele dintre aceste modalități de realizare.

### SCURTĂ DESCRIERE A FIGURILOR

Diverse modalități de realizare cu caracter de exemplificare pot să fie mai deplin înțelese luând în considerare descrierea detaliată care urmează în conexiune cu desenele însoțitoare, în care:

Figura 1 este o diagramă bloc a unui exemplu de sistem de comunicație prin intermediul liniei de transport pentru energie electrică în care punctele finale comunică date cu unitățile colectoare, în concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvoltări;

Figura 2 ilustrează o diagramă bloc pentru un dispozitiv colector, în concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvoltări; și

Figura 3 ilustrează o altă diagramă bloc pentru un dispozitiv colector care poate să fie plasat într-o substație de distribuție, în concordanță cu modalitățile de realizare a prezentei dezvoltări.



Chiar dacă dezvoltarea este predispusă la diverse modificări și forme alternative, exemple ale acestora au fost prezentate cu caracter de exemplificare în desene și vor fi descrise în detaliu. Trebuie să fie înțeles, totuși, că intenția nu este aceea de a limita dezvoltarea la modalități de realizare particulare prezentate și/sau descrise. Dimpotrivă, intenția este aceea de a acoperi toate modificările, echivalențele și alternativele care cad sub spiritul și domeniul dezvoltării.

### DESCRIERE DETALIATĂ

Aspecte ale prezentei dezvoltării sunt presupuse a fi aplicabile unei varietăți de dispozitive, sisteme și aranjamente diferite, inclusiv acelea care pot să fie implementate pentru circuite de receptor care comunică prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice. Chiar dacă prezenta dezvoltare nu este în mod necesar limitată la astfel de aplicații, diverse aspecte ale dezvoltării pot să fie avute în vedere prin intermediul unei discutări a diverselor exemple utilizând acest context.

Modalități de realizare a prezentei dezvoltării au în vedere circuite de receptor configurate și aranjate pentru a procesa semnale de comunicație care sunt primite prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice, care transportă energie electrică întrebuițând curent alternativ (AC). Circuitele de receptor pot să fie configurate pentru a procesa semnale primite folosind AC-ul ca o referință de coordonare. Frecvența liniei de AC este supusă la fluctuații semnificative ale frecvenței, iar receptorul este desemnat să compenseze aceste fluctuații realizând ajustări corespunzătoare la procesarea semnalului.

În concordanță cu anumite modalități de realizare a prezentei dezvoltării, cerințele de lățime de bandă ale unui sistem complex care comunică prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice sunt îndeplinite prin folosirea unui receptor care procesează un semnal primit în domeniul digital. În modalități de realizare particulare, procesarea semnalului include întrebuițarea unei transformate Fourier rapide (FFT) pentru a permite semnalului să fie reprezentat în domeniul de frecvență. Algoritmul FFT poate să fie conceput să se potrivească cu frecvențele de canal întrebuițate de către emițător. Modalitățile de realizare a prezentei dezvoltării sunt astfel îndreptate către compensarea schimbărilor frecvențelor de canal care rezultă din cauza schimbărilor corespondente ale frecvenței AC.

De exemplu, în anumite modalități de realizare, semnalele transmise pot să urmărească frecvența liniei de AC. De exemplu, un canal de frecvență dată poate să

MS

fie determinat prin folosirea frecvenței liniei de AC ca un semnal de referință sau ceas. În acest exemplu, canalul de frecvență are o frecvență centrală care va varia după cum va varia frecvența liniei de AC. Acest lucru poate să fie deosebit de folositor pentru filtrarea armonicelor care pot să fie provocate de către AC-ul furnizor de energie electrică. Această frecvență AC și armonicile rezultante pot să varieze în jurul unei frecvențe ideale de aproximativ 60 de Hz în Statele Unite și în jurul a 50 de Hz în Europa. Aceste frecvențe standard, totuși, sunt relative arbitrare (de exemplu, definite de un standard care poate să fie schimbat în viitor) și nu limitează neapărat modalitățile de realizare diverse care sunt discutate în cele față.

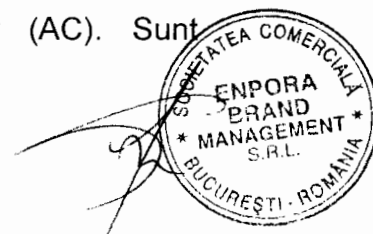
Leșirea unei FFT poate să varieze în conformitate cu un număr de parametri de intrare. Unul dintre acești parametri este rata de eșantionare pentru semnalul digital transformat de către FFT. Modalitățile de realizare a prezentei dezvoltări au în vedere ajustarea ratei de eșantionare care este furnizată de către FFT. Ajustarea ratei de eșantionare poate să fie realizată prin modificarea unei rate de decimare a semnalului supra-eșantionat pentru a contracara schimbările în frecvența AC.

Aspecte ale prezentei dezvoltări au în vedere un circuit de receptor dintr-un dispozitiv pentru colectarea datelor (colector) care este configurat și aranjat pentru a lega procesarea semnalului său (de exemplu, un algoritm FFT) destul de strans de frecvența liniei pentru transportul energiei electrice pentru demodularea de date complexe pentru datele primite de la puncte finale.

Capacitatea de a lega efectiv și eficient poate să fie deosebit de folositoare pentru a autoriza un mare număr de canale de frecvență împachetate dens într-o lățime de bandă limitată, în care frecvențele de canal individual sunt menținute în toleranțe extrem de strânse. De exemplu prezenta dezvoltare poate să fie deosebit de folositoare pentru păstrarea ortogonalității între subcanalele din întreaga lățime de bandă a sistemului.

În cazul unei modalități de realizare particulare, o rată de re-eșantionare a receptorului din amonte urmărește îndeaproape frecvența liniei pentru transportul energiei electrice (de exemplu, la 1 parte per 10 milioane) și pentru a facilita demodularea semnalelor de punct final cu un receptor pe bază de FFT.

Modalitățile de realizare particulare ale prezentei dezvoltări au în vedere un aparat bazat pe un circuit, care are un circuit de emițător-receptor configurat și aranjat pentru a comunica prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice, care transportă energia electrică întrebunțând curent alternativ (AC). Sunt



configurate și aranjate unul sau mai multe circuite de procesare pentru a asigura un modul convertor analog la digital (ADC) configurat pentru a genera un semnal digital de intrare de la un semnal analog care a fost primit la circuitul emițător-receptorului. Acest semnal digital de intrare poate să fie un semnal digital supra-eșantionat, în care semnalul digital este supra-eșantionat în raport cu procesarea din aval (de exemplu, procesarea pe baza FFT). Un modul decimator este configurat și aranjat pentru a produce, ca răspuns la o rată de decimare variabilă, o versiune decimată a semnalului digital de intrare prin decimarea semnalului supra-eșantionat pentru a reduce rata de eșantionare. Un modul generator de semnal de referință este configurat și aranjat pentru a genera un semnal de referință având o frecvență care este dependentă de rata de decimare. Un modul pentru modificarea decimării este configurat și aranjat pentru a modifica, ca răspuns la o indicație de schimbare într-o diferență de fază dintre semnalul de referință și AC, rata de decimare pentru a contracara diferența de fază. Acest lucru poate să fie deosebit de folositor pentru menținerea unei corelații strânse între frecvențele semnalului transmis (care variază în conformitate cu frecvența AC) și procesarea semnalului (care poate să întrebuițeze o FFT cu o rată de eșantionare care variază în conformitate cu frecvența AC).

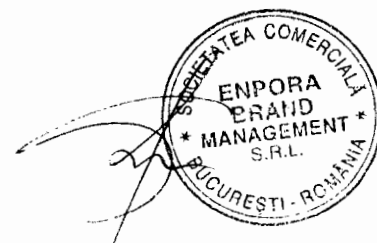
Alte modalități de realizare au în vedere metode pentru utilizarea unui circuit sau a mai multor circuite ale unui dispozitiv receptor. O astfel de metodă poate să includă transformarea, folosind un convertor analog-digital (ADC), și un semnal de intrare analog de la liniile pentru distribuția energiei electrice, care transportă energia electrică întrebuițând curent alternativ (AC), într-o formă digitală.

Acest semnal digital de intrare poate să fie un semnal digital supra-eșantionat, în care semnalul digital este supra-eșantionat în raport cu procesarea aval (de exemplu, procesarea pe baza FFT). Un circuit (circuite) de procesare poate să fie întrebuițat pentru a decima semnalul digital de intrare în conformitate cu o rată de decimare. Poate să fie generat un semnal de referință de către circuitul de procesare, semnal care este dependent de rata de decimare. Circuitul de procesare poate să fie întrebuițat de asemenea pentru a detecta o schimbare într-o diferență de fază dintre AC și semnalul de referință și pentru a modifica, ca răspuns la detectarea unei schimbări în diferența de fază, a ratei de decimare pentru a contracara schimbarea detectată în diferența de fază.



Modalități de realizare mai particulare ale prezentei dezvoltării au în vedere un dispozitiv receptor care este configurat pentru a decoda canale de frecvență purtătoare ortogonale. De exemplu, multiplexarea cu diviziune ortogonală de frecvență (OFDM) este o metodă pentru a coda date digitale pe mai multe canale de frecvență purtătoare ortogonale. Natura ortogonală a canalelor de frecvență asigură ca să nu aibă loc intermodulația între sub-canale. De exemplu, poate să fie modularizată o FFT pentru un set dat de canale ortogonale și astfel încât fiecare canal este făcut separabil prin modalitatea de a fi capabil să respingă componente de la alte canale. Aspecte ale prezentei dezvoltării admit că o componentă a unei FFT modularizată corespunzător are legătură cu timpul de umplere al tamponului FFT (de exemplu, timpul reprezentat de un set complet de eșantioane de intrare). Dacă se corelează acest timp de umplere cu frecvența canalelor, FFT poate să reducă sau să elimine "scurgerea spectrală", care poate să fie provocată de o nepotrivire în această corelație. Astfel, proprietățile ortogonale ale canalelor sunt păstrate în mod efectiv la receptor.

Modalități specifice de realizare a prezentei dezvoltării admit faptul că nepotrivirea de corelație poate să rezulte atunci când ciclurile canalelor (un ciclu fiind reprezentat de o perioadă completă) nu sunt aliniat cu lungimea timpului de umplere. În cazul în care înregistrarea timpului conține un număr de cicli care nu este întreg poate avea loc scurgerea spectrală. Receptorul poate să fie configurat pentru a întrebuința o FFT cu o anumită mărime (mărimea fiind numărul total de eșantioane). Rata de eșantionare ( $f_s$ ) reprezintă numărul de eșantioane pe o perioadă de timp (de exemplu, eșantioane /secundă) și, astfel, timpul de umplere este mărimea FFT împărțită la rata de eșantionare. Frecvența canalelor utilizează frecvența AC ca un punct de referință pentru generarea canalelor de frecvențe purtătoare. Receptorul este deci configurat pentru a ajusta timpul de umplere, întrebuințând o rată de eșantionare variabilă, pentru a menține o corelație între timpul de umplere și canalele de frecvență purtătoare. În cazul unor modalități particulare de realizare, rata de eșantionare variabilă corespunde cu un dispozitiv de re-eșantionare/decimator care reduce rata de eșantionare a unui semnal supra-eșantionat prin selectarea eșantioanelor din semnalul supra-eșantionat cu o rată variabilă. Această rată variabilă poate să fie considerată fie ca rata de decimare/re-eșantionare, sau rata de eșantionare care rezultă de la rata de decimare.





Anumite aspecte și modalități de realizare a prezentei dezvoltări au în vedere dispozitive receptoare, și metodele corespondente, care pot să determine o ajustare a ratei decimatorului. De exemplu, modalități de realizare particulare admit faptul că receptorul poate să determine cantitatea de ajustare folosind un circuit de reacție.

Circuitul de reacție este destinat să producă o ajustare relativă la nepotrivirile dintre rata de decimare și frecvența AC, compensând în felul acesta nepotrivirile FFT care se referă la frecvențele de canal transmise. Pentru o frecvență AC dată, receptorul este capabil să determine decimarea/rata de re-eșantionare dorită. În consecință, circuitul de reacție este configurat pentru a fi dependent de frecvența AC.

În cazul unor modalități particulare de realizare a prezentei dezvoltări, este generat un semnal de referință de la rata de decimare/re-eșantionare. Mai precis, frecvența semnalului de referință poate să fie setată pentru a genera un semnal de referință care are o frecvență ce corespunde cu frecvența ASC dorită pentru rata de decimare. Filtrul în buclă determină apoi ajustarea prin compararea semnalului de referință cu semnalul AC pentru a realiza o ajustare care compensează diferențele dintre cele două semnale. În cazul unei modalități de realizare, compararea include detectarea unei relații/diferențe de fază între cele două semnale. Modalități de realizare particulare admit că nu este cerută o potrivire exactă între faze (de exemplu, deviere de zero grade) atât timp cât relația de fază este constantă. În felul acesta, filtrul în buclă poate să utilizeze o derivată a fazei detectate pentru a calcula ajustarea pe baza unei rate de schimbare în relația de fază.

În anumite modalități de realizare a prezentei dezvoltări, frecvența semnalului de referință poate să fie setată la o valoare care corelează frecvențele purtătoare de canal virtual. Frecvențele purtătoare de canal virtual reprezintă frecvențele care se potrivesc cu rata de decimare. Aceste frecvențe purtătoare de canal virtual vor corespunde deci în mod egal în FFT folosind un semnal decimat la rata de decimare. Frecvența semnalelor de referință poate, deci, să fie setată la o frecvență de referință care ar rezulta în frecvențele purtătoare de canale virtuale în cazul în care frecvența de referință a fost frecvența AC actual. În felul acesta, o nepotrivire de frecvență dintre frecvența de referință și frecvența AC corespunde unei nepotriviri dintre rata de decimare și frecvența AC actuală.

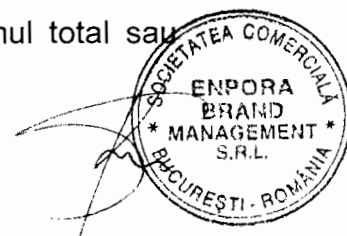
În concordanță cu diverse modalități de realizare a prezentei dezvoltări, liniile pentru distribuția de energie electrică pot să transporte energie electrică care este

111

furnizată de la una sau de la mai multe stații de generare (centrale electrice) către consumatori rezidențiali și comerciali deopotrivă. Stațiile de generare întrebunțează AC pentru a transmite energie electrică la distanțe lungi prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice. Transmisia pe distanțe lungi poate să fie realizată folosind o tensiune relativ ridicată. Substațiile amplasate lângă pozițiile consumatorilor asigură o coborâre de la tensiunea înaltă la o tensiune mai coborâtă (de exemplu, folosind transformatoarele). Liniile pentru distribuția energiei electrice transportă această tensiune mai coborâtă AC de la substații la locațiile consumatorilor. Funcție de rețeaua de distribuție, tensiunile exacte și frecvențele AC pot să varieze. De exemplu, tensiunile pot să se găsească, în general, în domeniul 100-240 V (exprimate ca tensiune rădăcină medie pătratică) cu două frecvențe întrebunțate în mod obișnuit de 50 Hz și de 60 Hz. În Statele Unite, de exemplu, o rețea de distribuție poate să aprovizioneze locațiile de consumator cu 120 și/sau 240 V, la 60 Hz.

Figura 1 este o diagramă bloc a unui sistem, cu caracter de exemplificare, de comunicație prin intermediul unei linii pentru transportul energiei electrice în care punctele finale comunică date cu unități colectoare, în concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvoltări. Sistemul 100 de comunicație prin intermediul liniei pentru transportul energiei electrice include o rețea de serviciu în care mai multe puncte finale 114 sunt cuplate (de exemplu, comunicativ cuplate) la unitățile colectoare 108 prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice 116. În concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvoltări, punctele finale 114 pot să furnizeze date de la contoarele de utilități. De exemplu, pot să fie furnizate date de la contoarele pentru măsurarea energiei electrice, de la contoarele de gaze și de la contoarele de apă, care sunt instalate în respectivele rețele de gaze și de apă. Mai mult încă, în timp ce dezvoltarea prezentă se referă în general la punctele finale 114 ca furnizoare a măsurării datelor despre utilități (de exemplu, energie electric) prin intermediul unei rețele pentru distribuția energiei electrice, alte date pot de asemenea să fie comunicate.

Punctele finale 114 pot să fie implementate pentru a monitoriza și a raporta diverse caracteristici de funcționare a rețelei de serviciu. De exemplu, în cadrul unei rețele pentru distribuția energiei electrice, aparatele de măsură pot să monitorizeze caracteristicile legate de consumul de energie electrică din rețea. Exemple caracteristice legate de consumul de energie electrică includ consumul total sau



mediu de energie electrică, suprasarcinile, căderile de energie și schimbările de sarcină, printre alte caracteristici. În cazul rețelelor pentru distribuția gazelor și a apei, aparatele de măsură pot să măsoare caracteristici similare care sunt legate de consumul de gaze și de apă (de exemplu, debitul total și presiunea).

Punctele finale 114 raportează caracteristicile de funcționare ale rețelei prin intermediul canalelor de comunicație. Canalele de comunicație sunt porțiuni de spectru prin intermediul cărora sunt transmise datele. Frecvența centrală și lățimea de bandă ale fiecărui canal de comunicație pot să depindă de sistemul de comunicație în care sunt implementate. În cazul unor implementări, canalele de comunicație pentru aparatele de măsurare a utilităților (de exemplu, aparatele pentru măsurarea energiei electrice, gazelor și/sau apei) pot să fie transmise folosind rețelele de comunicație de linie pentru transportul energiei electrice care alocă lățime de bandă disponibilă între punctele finale în conformitate cu o tehnică de alocare de spectru cu acces multiplu prin repartiție de frecvență ortogonală (OFDMA) sau cu o altă tehnică pentru alocarea de canal.

Atunci când punctele finale 114 sunt implementate în conexiune cu aparatele pentru măsurarea energiei electrice într-o rețea pentru distribuția energiei electrice, punctele finale transmit date de raportare care specifică informația actualizată a aparatului de măsură care poate să includă măsurări ale consumului total de energie electrică, consumul de energie electrică pentru o perioadă de timp, vârfurile de consum de energie electrică, tensiunea instantanee, tensiunea de vârf, tensiunea minimă și alte măsurători legate de consumul de energie electrică și de managementul energiei electrice (de exemplu, informația despre sarcină). Fiecare dintre punctele finale poate să transmită de asemenea alte date, cum ar fi date de stare (de exemplu, operarea într-un mod normal de operare, modul de energie electrică de urgență, sau o altă stare cum ar fi o stare de revenire de după o oprire a energiei electrice).

În cazul unor implementări, simbolurile (care reprezintă unul sau mai mulți biți ce reprezintă date de raportare și/sau de stare) sunt transmise prin intermediul unor linii pentru distribuția energiei electrice 116 pentru o perioadă simbol specificată. O perioadă simbol este o perioadă de timp în care este comunicat fiecare simbol. Anumite modalități specifice de realizare au în vedere utilizarea simbolurilor defazate transmise multi-ton (MTPSK), deși pot să fie întrebuințate alte tipuri de scheme de modulație. De exemplu, simbolurile manipulate cu deplasarea frecvenței transmise

multi-ton cu fază relativă (MTFSK w/θ) pot de asemenea să fie întrebuințate. Pentru detalii anterioare suplimentare despre astfel de simboluri, se va face referire la publicația brevetului SUA nr. 20100164615, *Sistem And Method For Relative Phase Shift Keying*, cererea nr. 12/347,052, depusă pe 31 decembrie 2008, care este încorporată în întregime în cele de față ca referință.

În figura 1, punctele finale 114 transmit simboluri prin intermediul canalelor de comunicație către unitățile colectoare 108 respective. În cazul anumitor modalități de realizare, punctele finale 114 pot să fie alocate la locațiile consumatorilor (de exemplu, clădirile). Adesea, dar nu întotdeauna, transformatoarele 112 pot să fie amplasate lângă locațiile consumatorilor. Aceste transformatoare 112 asigură o coborâre a tensiunii înainte ca energia electrică AC să fie furnizată unui consumator. Unitățile de colectare 108 pot să includă circuite (de exemplu, inclusiv unul sau mai multe procesoare) care sunt configurate și aranjate pentru a comunica cu punctele finale 114 prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice 116. Unitățile colectoare 108 pot să includă de asemenea circuite pentru interfațarea cu un centru de comandă 104. Interfața cu centrul de comandă 104 poate să fie implementată întrebuințând diverse rețele de comunicație diferite inclusiv, dar fără a se limita la acestea, o rețea de arie largă (WAN) care utilizează ethernetul.

În conformitate cu anumite modalități de realizare a prezentei dezvăluiri, colectoarele sunt instalate în substații de distribuție 106 și sunt întrebuințate pentru a controla bidirecțional comunicația atât cu centrul de comandă 104 (de exemplu, amplasat în birourile companiei de utilități) cât și cu punctele finale 114 (de exemplu, amplasate în spațiile pentru aparatele de măsură de la sediile consumatorilor). În concordanță cu anumite modalități de realizare, colectoarele 108 sunt construite în conformitate cu o specificație de calculator de nivel industrial pentru a rezista mediului agresiv dintr-o substație.

În cazul anumitor modalități de realizare a prezentei dezvăluiri, colectoarele 108 sunt configurate pentru a primi date de la mai multe puncte finale diferite 114 în timp ce stochează date într-o bază de date locală. Un colector 108 poate de asemenea să acționeze pe baza datelor primite de la punctele finale 114 și datelor transmise de la punctele finale 114 către un centru de comandă 104. De exemplu, în cazul unei rețele PLC, centrul de comandă 104 poate să primească date care indică faptul că consumul de energie electrică este semnificativ mai mare într-o porțiune anumită a rețelei de energie electrică decât în alte porțiuni ale rețelei de energie

electrică. Pe baza acestor date, centrul de comandă 104 poate să aloce resurse adiționale acelei porțiuni particulare a rețelei (de exemplu, echilibrarea sarcinii) sau să furnizeze date către un operator al centralei electrice 102 (adică, să specifice că există un consum crescut de energie electrică în porțiunea particulară a rețelei de energie electrică).

În concordanță cu anumite modalități de realizare, centrul de comandă 104 asigură o interfață care permite altor dispozitive să acceseze datele care au fost primite de la punctele finale 114. De exemplu, dispozitivele de utilizator ar putea să fie deținute de către operatorul furnizor de utilități, de către personalul de întreținere și/sau de către clienții furnizorului de utilități. Datele care identifică consumul crescut de energie electrică descrise în cele de mai sus pot să fie furnizate unui dispozitiv de utilizator accesibil operatorului sistemului 100, care poate, la rândul său, să determine o acțiune corespunzătoare în ceea ce privește consumul crescut. În plus, datele care identifică o măsurare a timpului de utilizare și /sau o măsurare cerută a vârfului pot de asemenea să fie furnizate către dispozitive de utilizator. În mod similar, în cazul în care a avut loc o cădere a energiei electrice, centrul de comandă 104 poate să furnizeze către dispozitivele de utilizator datea care sunt accesibile pentru consumatori pentru a asigura informarea privind existența opririi alimentării și să furnizeze informații privind esimarea duratei acestei opriri.

Colectoarele 108 pot să comunice cu centrul de comandă 104 prin intermediul unei rețele de arie largă (WAN), al unei rețele de arie locală (LAN), al internetului, sau al altor rețele de comunicații. Aceste rețele de date pot să fie implementate ca o rețea cu cablu sau fără fir. Rețelele cu fir pot să includă orice rețele cu restricții de suport de informații inclusiv, dar fără a se limita la acestea, rețele implementate folosind conductor din sârmă metalică, material de fibră optică, sau ghiduri de undă. Rețele fără fir includ toate rețele de propagare în spațiul liber inclusiv, dar fără a se limita la acestea, rețele implementate folosind unde radio și rețele optice în aer liber.

Simboluri de la un anumit punct final pot să fie transmise prin oricare dintre miile de canale de comunicații din sistem. De exemplu, fiecărui punct final îi poate fi alocat un anumit canal folosind tehnica OFDMA sau o altă tehnică pentru alocarea de canal. Alocarea canalelor pentru punctele finale 114 poate să fie stocată, de exemplu, într-o bază de date de comunicații care este accesibilă colectoarelor 108.

În concordanță cu modalitățile de realizare a prezentei dezvoltări, fiecare colector 108 poate să fie configurat pentru a se găsi în comunicație cu mii de puncte

finale 114 și pot să existe mii de colectoare 108 în comunicare cu centrul de comandă 104. De exemplu, un singur colector poate să fie configurat pentru a comunica cu peste 100.000 de dispozitive de punct final și un centru de comandă poate să fie configurat pentru a comunica cu peste 1.000 de colectoare.

Pot să existe milioane de puncte finale și multe mii dintre acestea pot să comunice cu același colector prin intermediul unei linii pentru distribuția energiei electrice partajată. În consecință, modalități de realizare a prezentei dezvoltări au în vedere comunicațiile coordonate cu utilizarea de protocoale pe bază de timp concepute cu atenție și a considerațiilor asociate.

De exemplu, colectoarele 108 pot să fie concepute pentru a demodula transmisiile de la dispozitivele de punct final 114 în domeniul digital folosind unul sau mai multe procesoare de semnal digital (DSP-uri). DSP-ul poate să includă (sau să primească o intrare de la) un convertor analog-digital (ADC) care produce un semnal de intrare digital care include semnale modulate pentru a transporta date, în care modularea întrebunțează frecvențe purtătoare corespondente.

DSP-ul poate demodula semnalul de intrare digital pentru a recupera datele. Anumite modalități de realizare a prezentei dezvoltări au în vedere transformarea semnalului de intrare digital în domeniul frecvenței ca parte a demodulării. Modalități de realizare mai specifice asigură transformarea aceasta cu utilizarea unei FFT. FFT poate să fie efectuată pe o versiune decimată a semnalului de intrare digital, în care rata de decimare este dependentă de o frecvență a energiei AC transportată pe linia de energie electrică. Presupunând că alți parametri ai FFT, cum ar fi numărul total de eșantioane, sunt păstrați, o schimbare a ratei de decimare ar avea ca rezultat o schimbare a timpului dintre eșantioane. Prin modificarea timpului dintre eșantioane, rata de eșantionare a intrării FFT este efectiv defazată pentru a supraveghea schimbările în frecvențele purtătoare, care pot să fie cauzate de schimbări ale frecvenței AC-ului.

Figura 2 ilustrează o diagramă bloc pentru un dispozitiv colector, în concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvoltări. Colectorul 202 include un circuit receptor 204 cuplat la liniile pentru distribuția energiei electrice 206. În cazul anumitor modalități de realizare, circuitul receptor 204 poate să includă de asemenea componente de transmițător, adică, poate să fie de asemenea un emițător-receptor. ADC 208 transformă semnalul de la circuitul receptor 204 într-o formă digitală.

Aspecte ale prezentei dezvăluiri admit că, în timp ce ADC-urile pot să asigure rate de eșantionare înalte la costuri relative reduse, realizarea procesării semnalului la rate de eșantionare înalte poate să fie deosebit de complicată. Mai mult încă, decimarea de la o rată de eșantionare înaltă (supra-eșantionată) la o rată de eșantionare mai scăzută poate să aducă câștiguri de procesare, îmbunătățind sensibilitatea receptorului. În consecință, un modul decimator 212 poate să reducă rata de eșantionare a semnalului în conformitate cu o rată de decimare. Semnalul decimat poate să fie apoi furnizat la un modul pentru procesarea semnalului 220. În cazuri de modalități de realizare specifice, modulul pentru procesarea semnalului 220 întrebuințează o FFT ca o parte a procesării semnalului și demodulării. De exemplu, comunicațiile datelor pot să întrebuințeze canale de frecvență ortogonală pentru a reduce sau pentru a elimina interferența dintre canale. FFT poate să fie desemnată să păstreze natura ortogonală a canalelor în timpul transformării atunci când frecvența canalelor este cunoscută. De exemplu, FFT poate să fie proiectată cu o mărime FFT care asigură ca timpul de umplere FFT să fie un număr întreg multiplu de perioadele de canal. În cazul în care frecvența de canal se schimbă, timpul de umplere FFT poate să nu mai fie un număr întreg multiplu de perioadele de canal. În consecință, diverse modalități de realizare a prezentei dezvăluiri au în vedere ajustarea timpului de umplere inclusiv, de exemplu, ajustarea ratei de eșantionare a eșantioanelor întrebuințate pentru a umple tamponul FFT.

În concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvăluiri, modulul decimator 212 este configurat pentru a opera la o rată de decimare variabilă. În felul acesta, un semnal digital de la un ADC care operează la o rată de eșantionare de  $N$  eșantioane/secundă care este decimat cu o rată de decimare variabilă de  $M$  produce un semnal care are o rată de eșantionare de  $N/M$ . În modalități de realizare specifice, rata de eșantionare  $N/M$  este variată astfel încât un număr de eșantioane, la rata de eșantionare  $N/M$ , corespunde cu un număr întreg multiplu de perioadele canalelor. De exemplu, o perioadă simbol folosită pentru protocoale de canal ortogonale poate să fie selectată astfel încât este un număr întreg multiplu de perioadele de canal. Astfel, rata de eșantionare  $N/M$  este variată pentru a asigura un număr de seturi de eșantioane pentru o perioadă simbol.

Aspecte ale prezentei dezvăluiri admit că, datorită faptului că perioadele de canal sunt legate de frecvența AC-ului, rata de decimare  $M$  poate să fie de asemenea legată de frecvența AC-ului. ADC 208 furnizează semnalul digital la



detectorul pentru diferența de fază 216. Un generator de semnal de referință 214 produce un semnal de referință care este de asemenea furnizat la detectorul pentru diferența de fază 216. În concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvăluiri, generatorul de semnal de referință 214 produce un semnal de referință care are o frecvență ce este dependentă de rata de decimare a modulului decimator 212. În modalități de realizare mai specifice, frecvența semnalului de referință corespunde cu o frecvență a AC care ar avea ca rezultat frecvențe de canal care se potrivesc cu rata decimatorului. De exemplu, dispozitivul emițător poate să genereze frecvențele purtătoare de canal pe baza actualii frecvențe AC  $F_{AC}$ . Rata de decimare dorită poate deci să fie determinată ca o funcție de actuala  $F_{AC}$ . Generatorul de semnal de referință 214 poate inversa acest proces și poate determina o  $F_{AC}$  dorită de la actuală rată de decimare. Atunci când  $F_{AC}$  dorită (reprezentată de semnalul de referință) se potrivește cu  $F_{AC}$  actual, rata decimatorului poate să fie presupusă a fi corectă; cu toate acestea, o nepotrivire între aceste frecvențe ar indica faptul că rata actuală de decimare trebuie să fie ajustată.

Aspecte ale prezentei dezvăluiri recunosc faptul că  $F_{AC}$  actuală nu trebuie să fie calculată folosind un modul pentru calculul frecvenței. Anumite modalități de realizare pot să compare semnalul de referință cu semnalul AC pentru a determina o nepotrivire a frecvenței. În particular, pentru detectarea diferenței de fază dintre cele două semnale poate să fie întrebuințat un modul 216 detector al diferenței de fază. Această diferență este apoi furnizată unui modul 218 pentru modificarea decimării (ratei de decimare).

Modulul 218 pentru modificarea decimării determină o ajustare care trebuie să fie adusă ratei de decimare. Această ajustare este furnizată atât modulului 214 generator de semnal de referință cât și modulului decimator 212. În concordanță cu anumite modalități de realizare, modulul pentru modificarea decimării 218 este configurat pentru a răspunde la o schimbare a diferenței de fază (de exemplu, derivata diferenței de fază). Acest lucru poate să fie deosebit de folositor pentru simplificarea procesului de ajustare prin posibilitatea ca cele două semnale să se găsească în orice unghi de fază unul față de celălalt, atât timp cât frecvențele se potrivesc și diferența din diferența de fază nu se schimbă.

Figura 3 prezintă o altă diagramă bloc pentru un dispozitiv colector care poate să fie amplasat într-o stație de distribuție, în concordanță cu modalități de

realizare a prezentei dezvoltări. Cu toate că aspecte ale prezentei dezvoltări nu sunt limitate la un standard specific de furnizare de energie electrică (de exemplu, ele se pot aplica la standarde din diferite țări, care sunt susceptibile la schimbări în viitor), stațiile pentru distribuția energiei electrice coboară energia electrică AC transmisă folosind trei faze. În consecință, figura 3 prezintă ADC-uri 302 care sunt conectate la o fază respectivă.

În concordanță cu modalități de realizare a prezentei dezvoltări, intrarea transformatorului de linie poate să fie întrebuințată ca o intrare pentru tensiunea de linie, spre deosebire de intrările de Fază A, Fază B, Fază C, care sunt intrările de transformator de curent utilizate pentru curenții de fază. Intrările de fază A-B pot să includă semnale de comunicație de la puncte finale. În consecință, fiecare fază este monitorizată și întrebuințată atunci când se primesc semnale de comunicație de la punctele finale. Componenta furnizoare de energie din aceste trei faze, este, totuși, dependent de încărcarea stației, care poate să varieze semnificativ. Tensiunea de linie, pe de altă parte, are în general o componentă de semnal AC mai stabilă și mai predictibilă. În consecință, anumite modalități de realizare utilizează frecvența AC de la tensiunea de linie pentru circuitul de reacție de control.

ADC-urile 302 produc fiecare o ieșire digitală la o rată înaltă de supra-eșantionare. Decimatoarele variabile (pentru re-eșantionare) 304 decimează aceste semnale digitale la o rată de eșantionare redusă. Semnalele decimate sunt întrebuințate de către modulele de procesare 308. În anumite modalități de realizare, un modul de decimare fix 306 poate să fie implementat în plus față de decimatoarele variabile 304.

Detectorul de fază 310 produce un semnal care reprezintă diferența de fază dintre semnalele digitale de la linia pentru distribuția energiei electrice și un semnal de referință produs de generatorul 316. În cazul unei modalități de realizare particulare, generatorul de referință 316 este un sintetizator digital direct (DDS). În consecință, modulul detector de fază 310 detectează orice decalare de fază dintre tensiunea de linie digitizată și semnalul de referință. În cazul unei modalități de realizare particulare, decalarea de fază este detectată prin multiplicarea celor două semnale de intrare împreună. Rezultatul poate apoi să fie filtrat cu un filtru 312 (de exemplu, pentru a îndepărta zgomotul și frecvențele superioare frecvenței de bază a AC). Filtrul 312 poate să fie oricare dintr-un număr de diferite tipuri de filtru, inclusiv, dar fără a se limita în mod necesar la acestea, diferite tipuri de filter trece jos, trece

sus, filtru oprește banda, sau filtru trece banda. Filtrul 312 poate să fie configurat și aranjat pentru a filtra armonice de linie și/sau componente de frecvență care sunt provocate de elementul pentru procesarea semnalului. De exemplu, ieșirea detectorului de fază conține suma diferenței celor două intrări, astfel încât pentru intrări de componentă care sunt apropiate de 60 Hz, ieșirea va fi un semnal care variază puțin în apropierea DC supraimpus cu o imagine apropiată de 120 Hz. Alte circuite de detector de fază sunt de asemenea posibile și filtrul 312 poate să fie configurat și aranjat în consecință.

Blocul derivativ 314 determină rata schimbării pentru ieșirea detectorului de fază 310. În cazul unei modalități particulare de realizare, blocul derivativ 314 poate să fie modulată întrebunțând un modul controler proportional-integral-derivativ (PID). Modalitatea de realizare din figura 3 utilizează porțiunea derivativă a acestui controler ca o intrare la modulul 320 pentru ajustarea ratei de decimare. Ajustarea ratei de decimare este apoi folosită de către modulul 318 pentru determinarea ratei de eșantionare pentru a determina rata de eșantionare dorită. Semnalul derivat reprezintă o schimbare în fază, și dacă semnalul AC și semnalul de referință au frecvențe diferite ele pot să aibă o relație de fază care se schimbă în timp. După ce frecvențele sunt adaptate, diferența/unghiul de fază poate să rămână relativ constantă. În consecință, modulul 320 pentru rata de decimare poate să fie configurat pentru a furniza o ajustare a ratei de decimare care determină o ajustare a frecvenței semnalului de referință ceea ce contracarează faza care se schimbă. De exemplu, un unghi de fază crescător (valoare derivată pozitivă) poate să fie contracarat printr-o reducere a ratei de decimare. Un unghi de fază descrescător (valoare derivată negativă) poate să fie contracarat prin intermediul unei creșteri a ratei de decimare. Acesta este doar un exemplu, iar relația particulară dintre unghiul de fază și rata de decimare poate să fie setată funcție de cum este determinat unghiul de fază.

În concordanță cu modalitățile de realizare a prezentei dezvoltări, modulul derivativ 314 operează pe o porțiune a semnalului de ieșire a circuitului de reacție 312 care este în apropierea DC. În consecință, circuitul de reacție 312 poate să fie întrebunțat pentru a îndepărta armonice și interferența (de exemplu, porțiuni ale imaginii în apropiere de 120 Hz). În cazul unui exemplu nelimitativ, circuitul de reacție 312 poate să fie implementat ca un filtru trece jos, cum ar fi un filtru trece jos Butterworth cu 6 poli.

Un argument pentru selecția filtrului este reducerea întârzierii grupului crescând în același timp atenuarea armonicilor (120 Hz). De exemplu, o frecvență de colț (de exemplu, 27,5 Hz) poate să fie selectată pentru a optimiza întârzierea de grup față de atenuare. Valorile particulare, inclusiv frecvența de colț, sunt ușor ajustabile funcție de aplicația specifică.

În concordanță cu anumite modalități de realizare a prezentei dezvoltări, amplitudinea intrării tensiunii de linie este pre-scalată (cum este semnalul referință) pentru a produce o ieșire a filtrului buclă 312 care se află între -1,0 și +1,0. O astfel de normalizare poate să fie deosebit de folositoare în aplicații care întrebunțează un modul controler PID, de exemplu, prin simplificarea procesului de amplificare a buclei.

Alte modalități de realizare au în vedere utilizarea uneia, sau ambelor ieșiri proporțională și integrală a modului controler PID ca parte a circuitului de reacție de control. Ieșirea (ieșirile) suplimentare pot să fie deosebit de folositoare pentru dobândirea unei rapide legări la frecvența AC și/sau asigurarea unei precizii pe termen lung. Aspecte ale prezentei dezvoltări admit, totuși, că întrebunțarea părților proporțională și integrală ale reacției PID pot să complice acordarea buclei și pot uneori să crească instabilitatea.

În cazul unei modalități de realizare, ieșirea modului 320 pentru ajustarea ratei de decimare poate să fie determinată prin multiplicarea ieșirii modului derivativ 314 cu un factor de amplificare. Pot să fie întrebunțate de asemenea algoritmi mai implicați dacă se dorește.

În cazul unei modalități particulare de realizare exemplificative și exemplare, frecvența semnalului de referință poate să fie controlată prin varierea ratei sale de eșantionare, dar, indiferent de frecvența de ieșire, generatorul de semnal de referință 316 produce întotdeauna același număr setat de cicli într-un număr setat de eșantioane. Aceasta are ca rezultat același număr de eșantioane de intrare pentru FFT-uri în numărul setat de cicli. Mai precis, aceeași rată de decimare care comandă rata de eșantionare pentru generatorul de referință 316 dirijează de asemenea rata de eșantionare pentru decimarea (re-eșantionarea) fazei A, fazei B și fazei C prin modulele de decimator variabil 304. De exemplu, frecvența AC care urmărește rata de re-eșantionare poate să fie reprezentată prin algoritmul  $A / ((A * G * H) / (D * E * \text{frecvența AC actuală}))$ , în care: A = rata de eșantionare (pe bază de cristal) a semnalului digital de intrare; D = o rată de decimator fixă; E = numărul de eșantioane

de intrare FFT;  $G$  = perioada simbolului; și  $H$  = frecvența nominală a AC. Un număr de valori diferite poate să fie selectat ca putând fi corespunzător pentru aplicații (de exemplu, referitor la randamentul procesorului, memoria disponibilă și/sau lățimea de bandă de comunicare). O soluție optimă pentru o aplicație data poate să se bazeze de asemenea pe puterea emițătorului, zgomotul canalului și rata de eroare de bit dorită. Acești factori pot să fie deosebit de relevanți pentru selecția unei perioade simbol și a numărului aferent de ieșire DDS de referință per perioadă de simbol.

Aceste semnale și logicul asociat și funcționalitatea descrisă în conexiune cu figurile pot să fie implementate într-un număr de diferite moduri. În afară de cazul în care este altfel indicat, diverse sisteme de destinație generală și/sau circuite logice pot să fie întrebuințate cu programe în conformitate cu cunoștințele din cele de față, sau se pot dovedi utile pentru a construi un aparat și mai specializat care să execute metoda cerută. De exemplu, în conformitate cu prezenta dezvăluire, una sau mai multe dintre metode poate să fie implementată în cadrul unui circuit nemodificabil prin programarea unui procesor de destinație generală, unui alt circuit logic complet sau semi-programabil și/sau prin combinarea unui astfel de hardware și a unui procesor de destinație generală configurat cu software. În consecință, diversele componente și procese arătate în cadrul figurilor pot să fie implementate într-o varietate de forme pe bază de circuit, cum ar fi cele prin întrebuințarea de module care procesează date.

Este cunoscut faptul că aspecte ale dezvoltării pot să fie puse în practică cu configurații de sistem pe bază de calculator/procesor, altele decât cele descrise în mod expres în cele de față. Structura cerută pentru multe dintre aceste sisteme și circuite va fi evidentă din aplicația avută în vedere și din descrierea de mai sus.

Diverșii termeni și diversele tehnici sunt utilizate de către specialiștii în tehnica din domeniu pentru a descrie aspecte care se referă la una sau la mai multe comunicații, protocoale, aplicații, implementări și mecanisme. O astfel de tehnică este descrierea unei implementări a unei tehnici exprimată în termenii unui algoritm sau ai unei expresii matematice. În timp ce astfel de tehnici pot să fie implementate, de exemplu, prin executarea codului pe un calculator, expresia acelei tehnici poate fi transformată și comunicată ca o formulă, algoritm, sau expresie matematică.

De exemplu, un bloc care desemnează " $C=A+B$ " ca o funcție aditivă implementată în hardware și/sau software ar lua două intrări ( $A$  și  $B$ ) și ar produce o

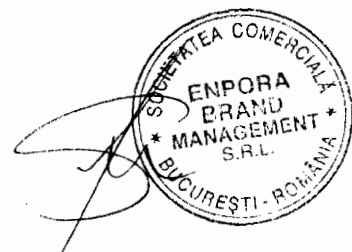
ieșire însumată (C) ca și în circuitele logice combinatoriale. Astfel, întrebuintarea formulei, algoritmului, sau a expresiei matematice ca descrieri trebuie să fie înțeleasă ca având o întrupare fizică cel puțin în hardware (cum ar fi un procesor în care tehnicile prezentei dezvoltări pot să fie puse în parctică și de asemenea implementate ca modalitate de realizare).

În anumite modalități, instrucțiunile executabile de către calculator sunt stocate pentru executare într-o manieră în concordanță cu una sau cu mai multe dintre metodele prezentei dezvoltări. Instrucțiunile pot să fie folosite pentru a face ca un processor de destinație generală sau de destinație specială care este programat cu instrucțiunile să realizeze pașii metodei. Pașii pot să fie realizați de către componente de hardware specifice care au în componență logic nemodificabil pentru efectuarea pașilor, sau prin orice combinație de componente de calculator programate și de component hardware obișnuite.

În cazul unora dintre modalitățile de realizare, aspecte ale prezentei dezvoltări pot să fie furnizate ca un produs program de calculator, care poate să includă un mediu citibil de către calculator, care are stocate în interior instrucțiuni, care pot să fie utilizate pentru a programa un calculator (sau alte dispozitive electronice) ca să efectueze un proces în conformitate cu prezenta dezvoltare. În consecință, mediul citibil pe calculator include orice tip de medii/mediu citibil de către calculator corespunzător pentru stocarea instrucțiunilor electronice.

Diversele modalități de realizare descrise în cele de mai sus sunt puse la dispoziție ca modalitate de ilustrare și nu trebuie avute în vedere ca limitând dezvoltarea. Pe baza discuției de mai sus și a ilustrațiilor, specialiștii în tehnica din domeniu vor recunoaște cu ușurință faptul că modalitățile de realizare pot să fie aplicabile unui număr de aplicații care implică transmisia de date prin intermediul liniilor pentru distribuția de energie. Pot să fie făcute diverse modificări și schimbări fără a urma cu strictețe modalitățile de realizare cu caracter de exemplificare ilustrate și descrise în cele de față.

De exemplu, astfel de schimbări pot să includă variante ale mecanismelor pentru sincronizarea (și/sau urmărirea) frecvenței liniei AC. Astfel de modificări și schimbări nu se depărtează de la spiritul și domeniul prezentei dezvoltări, inclusiv aspectele expuse în revendicările care urmează.



## Revendicări

1. Aparat pe bază de circuit care are în componență:  
un circuit de emițător-receptor configurat și aranjat pentru a comunica prin intermediul liniilor pentru distribuția energiei electrice care transportă energie electrică utilizând curent alternativ (AC);  
unul sau mai multe circuite de procesare configurate și aranjate pentru a furniza  
un model convertor analog-digital configurat pentru a genera un semnal digital de intrare de la un semnal analog care a fost recepționat la circuitul emițător-receptor;  
un modul decimator configurat pentru a produce, ca răspuns la o rată de decimare variabilă, un semnal digital de intrare decimat;  
un modul generator de semnal de referință configurat pentru a genera un semnal de referință care are o frecvență dependentă de rata de decimare; și  
un modul pentru modificarea decimării configurat și aranjat pentru a modifica, ca răspuns la o indicație a schimbării într-o diferență de fază dintre semnalul de referință și AC-ul, rata de decimare pentru a contracara diferența de fază.
2. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, în care modulul generatorului de semnal de referință este configurat și aranjat pentru a genera semnalul de referință folosind un sintetizator digital direct.
3. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, în care modulul decimator este configurat și aranjat pentru a seta rata de decimare la un număr fix de eșantioane de intrare FFT per fiecare perioadă a AC-ului.
4. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, în care modulul pentru modificarea decimării este configurat și aranjat pentru a seta rata de decimare la un număr fix de eșantioane de intrare FFT per fiecare simbol transmis.



5. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, care are de asemenea în compoziție un modul pentru procesarea semnalului configurat și aranjat pentru a demodula semnalul digital de intrare.

6. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, care are de asemenea în compoziție un modul pentru procesarea semnalului configurat și aranjat pentru a demodula semnalul digital de intrare decimat în conformitate cu o tehnică de alocare de spectru cu acces multiplu cu diviziune de frecvență ortogonală (OFDMA).

7. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, în care unul sau mai multe circuite de procesare sunt de asemenea configurate și aranjate pentru a asigura module în paralel pentru canale multiple care au frecvențe purtătoare diferite.

8. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, în care unul sau mai multe circuite de procesare sunt de asemenea configurate și aranjate pentru a asigura un modul de derivare configurat și aranjat pentru a produce indicația unei schimbări într-o diferență de fază dintre semnalul de referință și AC.

9. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, în care acel unu sau acele mai multe circuite de procesare sunt de asemenea configurate și aranjate pentru a asigura un modul controler proporțional-integral-derivativ (PID) și în care modulul controler PID este configurat și aranjat pentru a produce indicația schimbării într-o diferență de fază dintre semnalul de referință și AC.

10. Aparat pe bază de circuit în conformitate cu revendicarea 1, în care acel unu sau acele mai multe circuite de procesare sunt de asemenea configurate și aranjate pentru a asigura un modul de decimare fixă care decimează semnalul digital de intrare în conformitate cu o rată de decimare fixă.

11. Metodă care are în componență:

transformarea, întrebuițând un convertor analog-digital (ADC), unui semnal de intrare analog de la liniile pentru distribuția energiei electrice care

transportă energie electrică utilizând curent alternativ (AC) într-o formă digitală;

utilizarea unui circuit de procesare pentru a

decima semnalul digital de intrare în conformitate cu o rată de decimare;

genera un semnal de referință care este dependent de rata de decimare;

detecta o schimbare într-o diferență de fază dintre AC și semnalul de referință;

și

modifica, ca răspuns la detectarea unei schimbări în diferența de fază, a ratei de decimare pentru a contracara schimbarea detectată a diferenței de fază.

**12.** Metodă în conformitate cu revendicarea 11, în care întrebuințarea unui circuit de procesare pentru a decima semnalul digital de intrare include producerea unui semnal decimat care are o rată de eșantionare care răspunde pentru schimbările de frecvență în frecvențele de canal purtătoare care sunt produse de schimbările corespondente din frecvența AC-ului.

**13.** Metodă în conformitate cu revendicarea 11, în care întrebuințarea unui circuit de procesare include de asemenea detectarea unei schimbări în diferența de fază prin multiplicarea unui semnal digital decimat cu semnalul de referință.

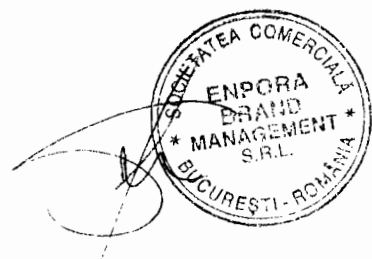
**14.** Metodă în conformitate cu revendicarea 11, în care întrebuințarea unui circuit de procesare include de asemenea detectarea schimbării în diferența de fază prin multiplicarea unui semnal digital decimat cu semnalul de referință și aplicarea unui filtru la o ieșire a multiplicării.

**15.** Metodă în conformitate cu revendicarea 11, în care întrebuințarea unui circuit de procesare include de asemenea generarea unui semnal de referință prin setarea unei frecvențe a semnalului de referință la o valoare care corelează frecvențele de canal purtătoare virtual cu frecvența semnalului de referință cu rata de decimare.

16. Metodă în conformitate cu revendicarea 11, în care întrebuințarea unui circuit de procesare include de asemenea simbolurile de demodulare în conformitate cu una sau cu mai multe dintre manipulate prin defazare multi-ton și manipulate prin deplasarea frecvenței multi ton și în care demodularea întrebuințează semnalul digital decimat.

17. Metodă în conformitate cu revendicarea 11, în care întrebuințarea unui circuit de procesare include de asemenea demodularea semnalului digital de intrare decimat în conformitate cu o tehnică de alocare de spectru de acces multiplu cu diviziune de frecvență ortogonală (OFDMA).

18. Metodă în conformitate cu revendicarea 11, în care întrebuințarea unui circuit de procesare include de asemenea modificarea ratei de decimare pentru a contracara scurgerea spectrală cauzată de nepotrivirea dintre timpul de umplere FFT și frecvențele de canal purtătoare.



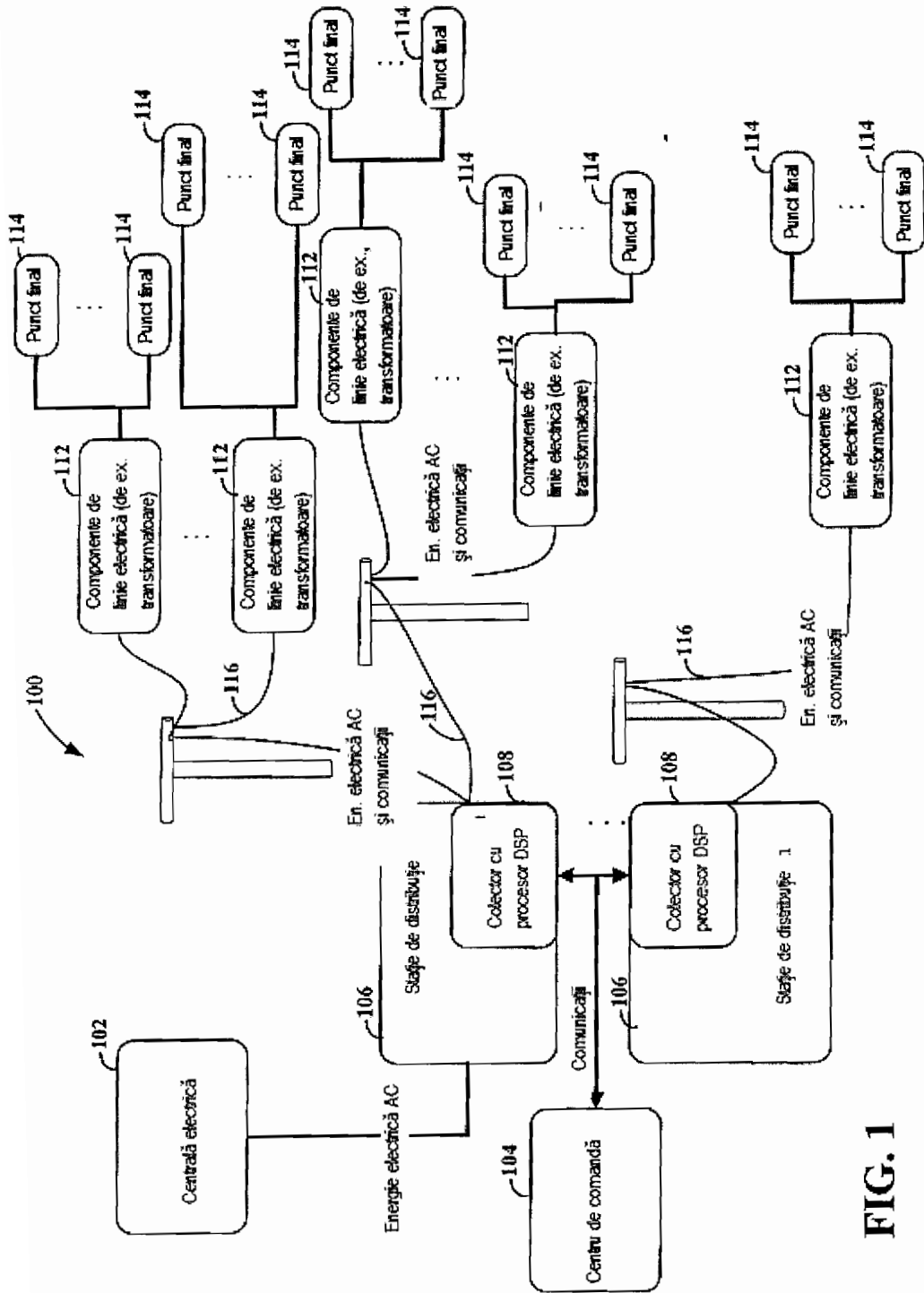
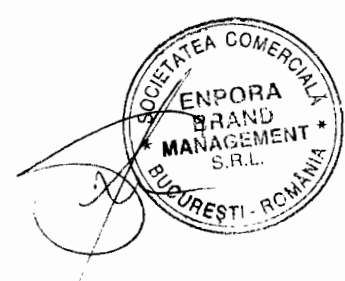


FIG. 1



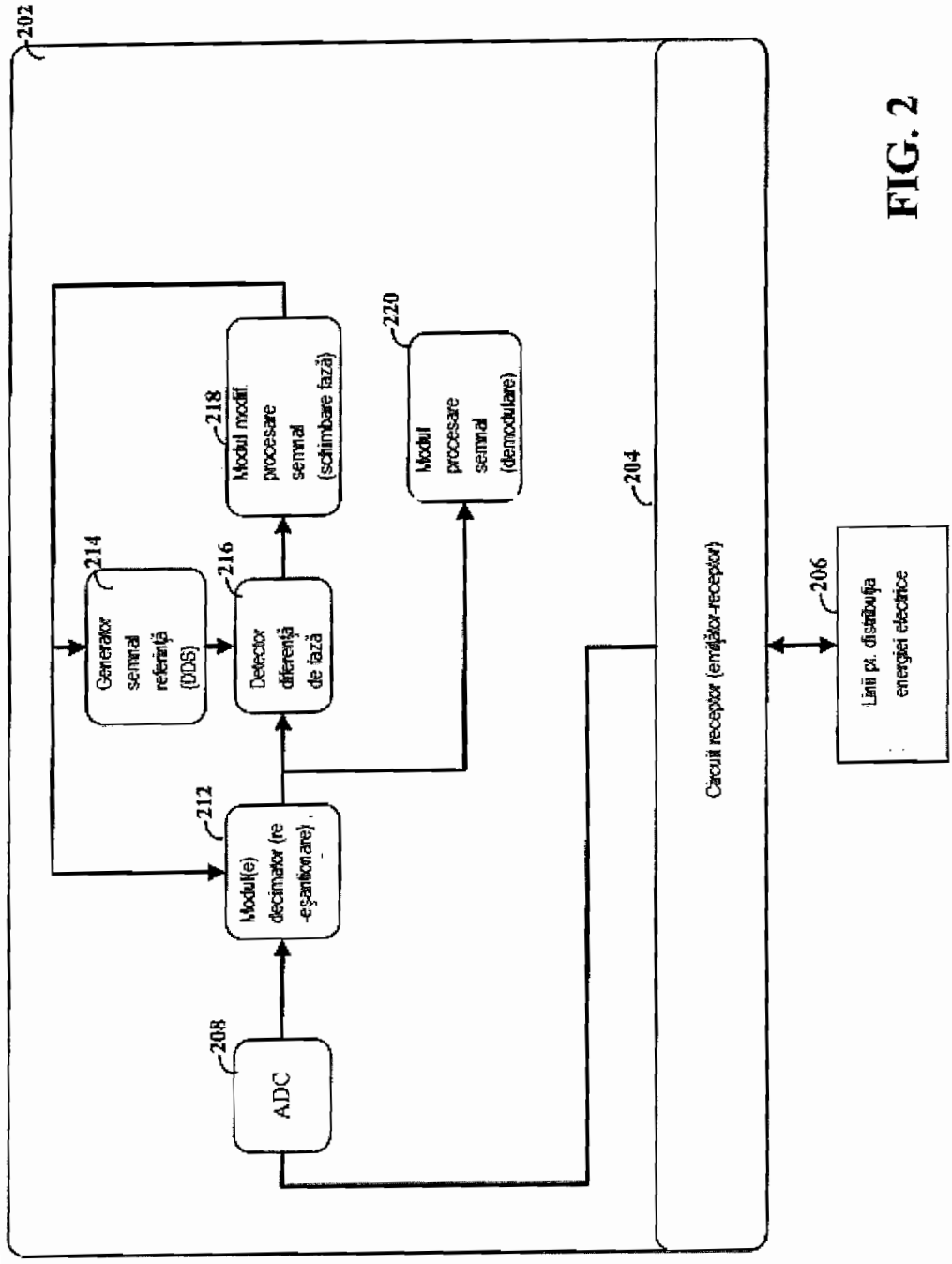


FIG. 2

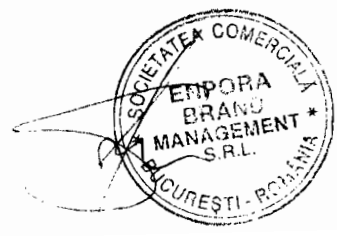


FIG. 3

