

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00270

(22) Data de depozit: 21/05/2021

(41) Data publicării cererii:
29/11/2022 BOPI nr. 11/2022

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• ANDRIESEI CRISTIAN,
BD.ROMAN MUȘAT, BL.38, AP.101,
ROMAN, NT, RO

(54) SISTEM PENTRU RECUPERAREA ENERGIEI DIN SEMNALE
RF

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de recuperare a energiei din semnalele RF. Sistemul, conform invenției, este constituit dintr-un circulator de microunde (2) având un port de intrare conectat galvanic la un pin extern (11) asociat semnalului de intrare, un port următor pe calea directă, conectat galvanic la pinul extern (12) asociat semnalului de ieșire, un al treilea port (21) conectat galvanic la un detector (3) implementat cu o diodă Schottky și având ieșirea cuplată galvanic la pinul extern (13) al sistemului.

Revendicări: 1
Figuri: 2

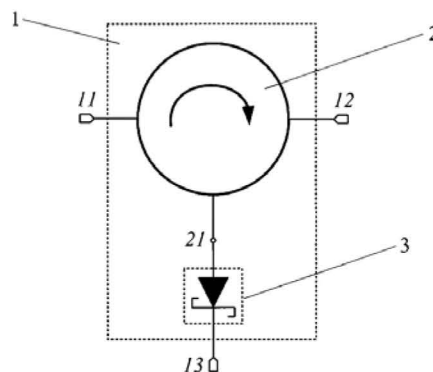


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>e 2021 00270</u>
Data depozit <u>21-05-2021</u>

Sistem pentru recuperarea energiei din semnale RF

Invenția **se referă la** un sistem care permite recuperarea sub formă de tensiune de curent continuu a energiei semnalului RF procesat într-un emițător RF sau de microunde.

Soluția propusă se încadrează în clasa mai largă de aplicații *energy harvesting*, mai precis recuperarea energiei din mediul ambiant sau chiar din circuit în scopul obținerii unei tensiuni continue care să poată fi folosită ulterior la alte aplicații, multe soluții deja propuse făcând uz de încărcarea unor acumulatori mai mici ori, într-o variantă mai simplă, a unor condensatoare mai mari. Numărul mare de aplicații de brevet și brevete acordate, peste 9.500 la nivel mondial [1], demonstrează mai ales interesul Industriei față de această problemă tehnică. Spre deosebire de alte soluții care fac uz de senzori [2], soluția propusă nu face uz de senzori și nici nu implementează metoda de conversie a energiei semnalului RF în tensiune DC ([3], [4]), făcând uz exclusiv de diodă Schottky. Din aceste considerente, soluția vizează mai degrabă implementările dezvoltate în domeniul microundelor. Particularitatea acestei soluții o constituie recuperarea energiei RF la nivelul emițătorului RF dintr-o aplicație radar sau de telecomunicații, bazându-se exclusiv pe neadaptarea de impedanță la intrarea unui circuit RF (de dorit antenă). Această neadaptare are la bază toleranțele



valorilor componentelor pasive discrete, dimensiunilor tranzistoarelor și secțiunilor geometrice dintr-o antenă microstrip, care înrăutățesc adaptarea de impedanță indiferent de cât de bună a rezultat pe baza simulărilor sau modelării preliminare. O adaptare de impedanță bună ($VSWR \leq 2$) se traduce prin livrarea aproape completă a semnalului RF de la un bloc la următorul dintr-un lanț RF în timp ce o adaptare de impedanță slabă calitativ ($VSWR:2$) se traduce prin apariția unor reflexii la portul de intrare al circuitului de interes, o fracțiune din semnalul util aplicat la intrare fiind astfel reflectată înapoi spre blocul precedent. Cu cât blocul este mai neadaptat la intrare cu atât reflexia va fi mai puternică, ceea ce poate genera instabilitate dacă circuitul anterior este un amplificator proiectat necorespunzător din perspectiva teoriei stabilității circuitelor. Ca și valori sugestive, pentru un $VSWR=2$ (adaptare de impedanță satisfăcătoare) reflexiile înseamnă 11% din puterea semnalului livrat la intrare, iar pentru $VSWR=3$ reflexiile ajunge procentual la 25%. Indiferent de valoarea $VSWR$ sau procentul reflexiilor, un semnal reflectat înseamnă o putere de semnal pierdută. În acest context, soluția propusă vizează recuperarea (relativ) completă a semnalului reflectat la intrarea unui circuit RF, permițând astfel reutilizarea energiei aferente semnalului reflectat (devenit inutil). Întrucât niciodată nu se ajunge la $VSWR=1$ (cazul ideal), întotdeauna existând reflexii la intrarea unui circuit RF, soluția propusă este favorizată.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția o constituie recuperarea semnalului reflectat la intrarea unui circuit RF din cauza neadaptării de impedanță, simultan cu o conversie a acestui semnal RF recuperat în tensiune de curent continuu.

Structura sistemului, conform invenției, constă dintr-un circulator de microunde (implementat microstrip sau ghid de undă), cu intrarea conectată la circuitul RF care livrează semnalul, cu portul următor de pe calea directă conectat



la intrarea circuitului RF de interes, al treilea port fiind conectat la o diodă Schottky cu rol de detector.

Invenția poate fi exploatată industrial pentru generarea unei tensiuni continue la nivelul blocurilor RF dintr-un emițător RF/microunde, exclusiv pe baza semnalului rezidual reflectat la intrarea unui bloc RF.

Implementarea sistemului de recuperare a energiei, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- permite recuperarea semnalului RF util reflectat la portul de intrare al oricărui circuit RF;
- recuperarea semnalului RF este cu atât mai eficientă cu cât neadaptarea de impedanță este mai puternică;
- nu afectează sesizabil calea principală de semnal (dar trebuie asumate niște pierderi de inserție, ideal mai mici de 1 dB);
- convertește semnalul RF recuperat în tensiune de curent continuu;
- nu necesită deloc alimentare DC/polarizare, elementele constitutive fiind pasive;
- un asemenea sistem poate echivala alte implementări cu panouri solare, permițând chiar încărcarea unor acumulatori;
- neadaptarea de impedanță manifestându-se în permanență, sistemul permite livrarea continuă a tensiunii continue funcție de gradul de utilizare a emițătorului RF;
- nu distorsionează în vreun fel semnalul RF recuperat;
- scalabilitatea, implementarea unui asemenea sistem pentru fiecare din blocurile RF și sumarea tuturor semnalelor obținute permițând obținerea unei tensiuni continue cu amplitudine mai mare.



Se dă, în continuare, un exemplu de aplicare a invenției, în legătură cu Figurile 1-2, care reprezintă :

- Figura 1, sistemul propus pentru recuperarea energiei;
- Figura 2, modalitatea de utilizare practică a sistemului propus.

Sistemul de recuperare a energiei 1, conform invenției, este constituit dintr-un circulator de microunde 2 având un port de intrare conectat galvanic la pinul extern 11 aferent semnalului de intrare, un port următor de pe calea directă (identificat în concordanță cu săgeata inscripționată pe dispozitivul real) conectat galvanic la pinul extern 12 aferent semnalului de ieșire, un al treilea port 21 conectat galvanic la un detector 2 implementat cu diodă Schottky și având ieșirea cuplată galvanic la pinul extern 13 al sistemului, așa cum este ilustrat în Figura 1.

Conform notației din Figura 1, un semnal aplicat la portul 11 va fi disponibil la portul 12, un semnal aplicat la portul 12 va fi disponibil la portul 21, un semnal aplicat la portul 21 va fi disponibil la portul 11, aceste 3 situații posibile concentrând însăși funcționalitatea circulatorului. Circulatoarele comerciale existente pe piață oferă pierderi de inserție pe calea directă foarte mici, de aproximativ 0,3 dB pentru varianta ghid de undă [5] și 0,4-0,7 dB pentru varianta microstrip [6], în principiu mai mari odată cu creșterea frecvenței de lucru, respectiv 15-20 dB izolare pe calea inversă. Din această perspectivă, introducerea circulatorului pe calea principală de semnal va conduce la o atenuare ne semnificativă a puterii semnalului util pe calea de semnal raportat la beneficiul adus de utilizarea soluției.

Într-o implementare practică, conform notației din Figura 1, dacă la portul 12 nu avem adaptare de impedanță, caz în care circuitul următor are o impedanță de intrare diferită de 50Ω , o parte din semnalul disponibil la portul 12 se va reflecta înapoi, reintrând în circulator, va fi complet direcționat către portul 21, fiind aplicat astfel detectorului cu diodă Schottky 3 care, funcție de



semnalului, puterea acestuia și eficiența diodei la această frecvență particulară, va livra o tensiune continuă cu valoare mai mare sau mai mică.

Sistemul de recuperare a energiei 1, conform invenției, trebuie introdus între două circuite consecutive ale unui emițător RF, recomandată fiind situația în care se poziționează înaintea antenei 5 și după întregul bloc al emițătorului 4, așa cum este ilustrat în Figura 2. Utilizarea la emisie favorizează o eficiență net superioară pentru acest sistem deoarece emițătorul operează cu puteri de semnal mult mai mari comparativ cu receptorul RF. Aplicațiile radar care fac uz de puteri de kW sau MW, respectiv implementările la nivelul stației de bază din comunicațiile mobile care operează cu puteri ceva mai mici de ordinul Watt – zeci W, favorizează această soluție propusă, reflexia la intrarea antenei fiind cu atât mai mare cu cât puterea semnalului util este mai mare.



REFERINȚE

- [1] www.freepatentsonline.com
- [2] *Thermoelectric energy harvesting with wireless sensors*, Mckenna, Edward, Li, Youzhi, US Patent, US 8,428,676 B2, 2013, <https://www.freepatentsonline.com/8428676.pdf>
- [3] *Energy harvesting with RFID tags*, Richard Stephen Pollack, Joseph Michael Letkomiller, Wade W. Webster, US Patent application, US 2011/0181399 A1, 2011, <https://www.freepatentsonline.com/20110181399.pdf>
- [4] *Energy harvesting RFID circuit, energy harvesting RFID tag, and associated methods*, Joseph Michael Lektomiller, US Patent, US 10,657,431 B2, 2020, <https://www.freepatentsonline.com/10657431.pdf>
- [5] https://rflambda.eu/search_wgcirculatorisolator.jsp
- [6] http://us2.uiyonline.com/Microstrip_Circulator/



REVENDICĂRI

1. Sistem de recuperare a energiei din semnalele RF **caracterizat prin aceea că**, pentru livrarea la ieșire a unei tensiuni continue, este constituit dintr-un circulator de microunde **2** având un port de intrare conectat galvanic la pinul extern **11** aferent semnalului de intrare, un port următor de pe calea directă (identificat în concordanță cu săgeata inscripționată pe dispozitivul real) conectat galvanic la pinul extern **12** aferent semnalului de ieșire, un al treilea port **21** conectat galvanic la un detector **2** implementat cu diodă Schottky și având ieșirea cuplată galvanic la pinul extern **13** al sistemului.



FIGURI

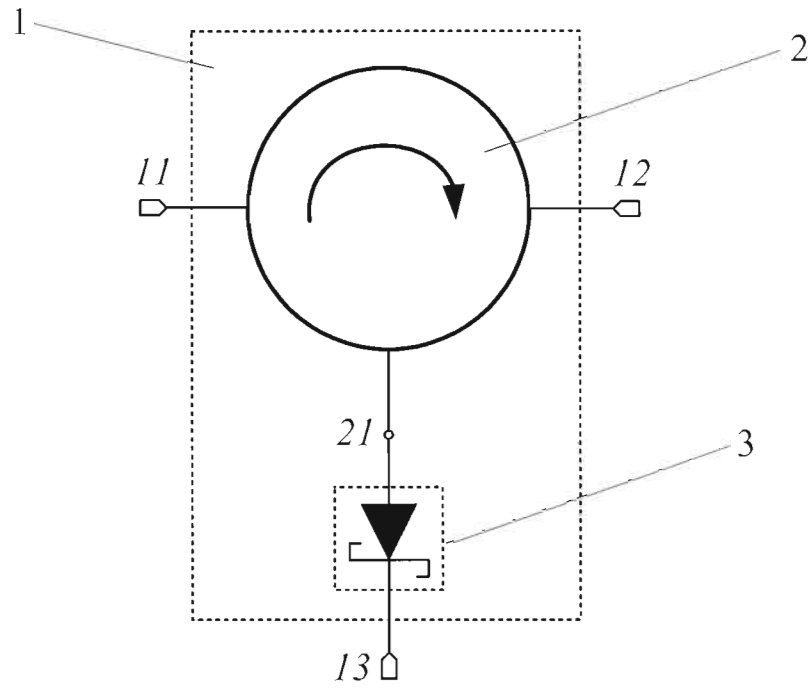


Figura 1

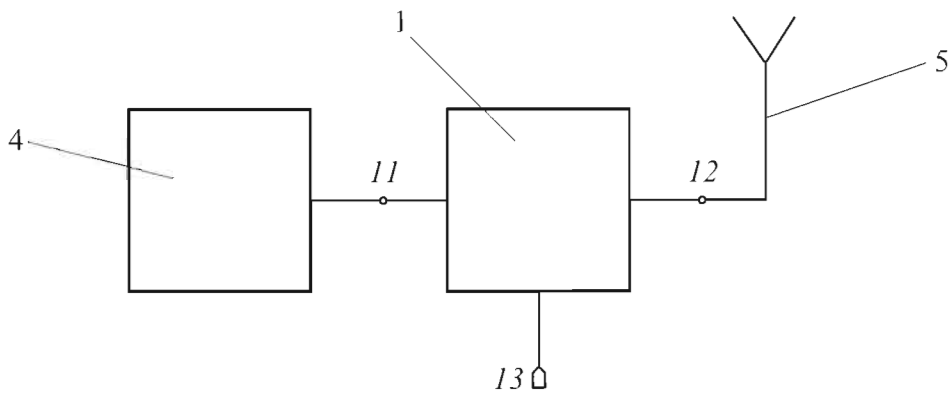


Figura 2

