



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00269

(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 SEMNALELE RF

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de recuperare a energiei din semnalele RF. Sistemul, conform invenției, este constituit dintr-un cuplor unidirecțional (2) având un port de intrare conectat galvanic la pinul extern (11) aferent semnalului de intrare, un port de ieșire conectat galvanic la pinul extern (12) aferent semnalului de ieșire, un port izolat (23) și un port cuplat (24), ambele conectate galvanic la porturile de ieșire ale unui divizor Wilkinson echilibrat (3) folosit ca sumator de semnale, portul de intrare (34) al acestuia fiind conectat galvanic la un detector (4) cu diodă Schottky având ieșirea cuplată galvanic la pinul extern (13) al sistemului.

Revendicări: 1
Figuri: 2

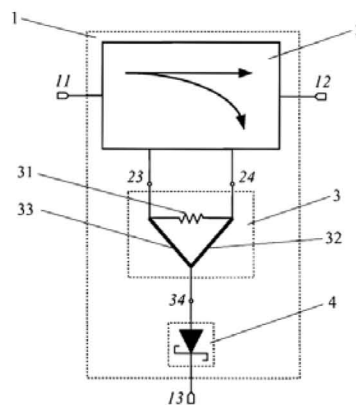


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	e 2021 00269
Data depozit	2.1-05-2021

Sistem pentru recuperarea energiei din semnalele 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.

La acest moment există peste 9.500 de brevete și aplicații de brevet indexate la baze de date [1] și care conțin *energy harvesting* în titlu. Numărul mare este determinat de diversitatea perspectivelor de recuperare a energiei și aplicațiilor la care se pretează recuperarea energiei. O mare parte din aceste invenții fac uz de senzori [2] și, pe parte de semnale RF, cele mai multe aplicații vizează implementările RFID ([3], [4]), unde RFID ca și implementare se bazează exclusiv pe alimentarea tag-ului RFID pasiv cu energia livrată prin inducție electromagnetică de către reader.

Soluția propusă în acest brevet abordează o perspectivă nouă, vizând recuperarea energiei RF la nivelul emițătorului RF dintr-o aplicație radar sau de telecomunicații, făcând uz de neadaptarea de impedanță. Adaptarea de impedanță reprezintă problema fundamentală pe care o implică proiectarea unui bloc RF. În esență, toate blocurile RF sunt proiectate cu impedanță de intrare/ieșire egală cu 50Ω . Însă, din cauza toleranțelor aferente valorilor componentelor pasive discrete, dimensiunilor tranzistoarelor și secțiunilor geometrice dintr-o antenă microstrip,



adaptarea de impedanță nu este niciodată perfectă, aceasta obținându-se cu performanțe mai slabe într-o implementare reală, raportat la simularea și/sau modelarea preliminară. O adaptare de impedanță slabă se traduce prin apariția unor reflexii la portul de intrare al circuitului de interes, o fracțiune din semnalul util aplicat la intrare fiind reflectată înapoi spre blocul anterior (generator sau alt bloc util care furnizează semnalul RF). Cu cât blocul este mai neadaptat la intrare cu atât reflexia va fi mai puternică. Spre exemplu, un circuit se consideră adaptat satisfăcător la intrare dacă $VSWR=2$, echivalent unei reflexii de 11%, iar pentru $VSWR=3$ reflexia ajunge procentual la 25%. Pentru un $VSWR=1,5$ ce cuantifică o adaptare de impedanță bună, reflexia este de numai 4%. Cum niciodată nu se ajunge la $VSWR=1$ (cazul ideal), practic întotdeauna vor exista reflexii la intrarea unui circuit RF. Din perspectiva proiectării RF, semnalul reflectat din cauza neadaptării de impedanță este un semnal pierdut, eficiența procesării semnalelor RF fiind cu atât mai slabă cu cât neadaptarea este mai mare. Până la acest moment nu a existat interes pentru recuperarea voluntară a semnalului reflectat, atenția focalizându-se complet pe proiectarea unei adaptări de impedanță mai bune. În acest context, soluția propusă vizează recuperarea completă a semnalului reflectat la intrarea unui port RF, ideal la intrarea unei antene, în scopul reutilizării energiei. Cu cât neadaptarea de impedanță este mai mare, din cauza imperfecțiunilor fizice, cu atât energia recuperată este mai mare. Avantajul unei asemenea soluții este că implementarea acesteia nu afectează calea de semnal principală și nici puterea semnalului util livrată la portul de intrare al circuitului.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este implementarea unei soluții de recuperare a semnalului reflectat la intrarea unui circuit RF din cauza neadaptării de impedanță și conversia acestui semnal RF în tensiune de curent continuu.

Structura sistemului, conform invenției, constă dintr-un cuplor unidirecțional, cu intrarea conectată la circuitul RF care livrează semnalul, cu



ieșirea conectată la circuitul RF de interes, iar porturile cuplat și izolat sunt conectate la porturile de ieșire ale unui divizor Wilkinson (utilizat ca sumator de semnale), al cărui port de intrare (utilizat ca ieșire) este conectat la o diodă Schottky cu rol de detector.

Invenția poate fi exploatată industrial pentru recuperarea de tensiune continuă la nivelul blocurilor RF dintr-un emițător RF/microunde.

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;
- 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.

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

- Figura 1, sistemul de recuperare al energiei



- Figura 2, modalitatea de utilizare practică a sistemului propus.

Sistemul de recuperare a energiei **1**, conform invenției, este constituit dintr-un cuplor unidirecțional **2** având un port de intrare conectat galvanic la pinul extern **11** aferent semnalului de intrare, un port de ieșire conectat galvanic la pinul extern **12** aferent semnalului de ieșire, un port izolat **23** și un port cuplat **24** ambele conectate galvanic la porturile de ieșire ale unui divizor Wilkinson echilibrat **3** folosit ca sumator de semnale, portul de intrare **34** al acestuia fiind conectat galvanic la un detector **4** cu diodă Schottky având ieșirea cuplată galvanic la pinul extern **13** al sistemului, așa cum este ilustrat în Figura 1. La implementările comerciale ale cuplorului direcțional este posibil ca semnificația porturilor cuplat și izolat să fie interschimbată, mai precis **23** să fie cuplat iar **24** izolat însă, conform acestei soluții, semnificația nu contează deoarece semnalele disponibile la porturile **23** și **24** sunt sumate la nivelul divizorului Wilkinson **3**, ceea ce conferă robustețe acestei implementări. De interes pentru această soluție este existența unui port de ieșire al cuplorului, în acest caz **23**, care să fie cuplat la ieșirea **12**. Într-o implementare practică, 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, reintrând în cuplor pe traseul principal către intrarea **11** a acestuia, un coeficient de cuplaj bun permițând ca o fracțiune mai mare din semnalul reflectat să fie indus pe traseul secundar al cuplorului și livrat la portul izolat **23**. Portul **23** este izolat față de intrarea **11**, semnalul aplicat la intrarea sistemului nefiind livrat și la portul **23** dar, invers, același port **23** este cuplat la portul de ieșire **12**, permițând monitorizarea semnalului reflectat. Sumarea semnalelor disponibile la porturile **23** și **24** permite implicit și utilizarea unei fracțiuni din semnalul aplicat la intrare, livrat la portul **24**.

Divizorul Wilkinson **3** este pasiv și simetric în plan și este folosit și ca sumator de semnale, în care situație două semnale, identice sau nu, sunt aplicate la



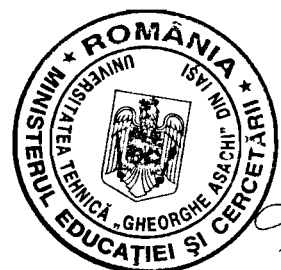
cele două ieșiri, intrarea fiind utilizată ca ieșire. Simetria este asigurată de structura fizică, divizorul fiind constituit dintr-o rezistență **31** cu valoarea $2 \cdot Z_0$ ($=100\Omega$ dacă se lucrează cu impedanțe de intrare/ieșire $Z_0=50\Omega$) și două linii microstrip **32** și **33** identice, de lungime $\lambda/4$. Semnalul global disponibil la ieșirea **34** a divizorului este aplicat la intrarea detectorului cu diodă Schottky care va livra la ieșire o tensiune continuă, de regulă mV – sute mV, funcție de frecvența de lucru, puterea livrată diodei și eficiența diodei la frecvența particulară de lucru.

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 **6** și după întregul bloc al emițătorului **5**, 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, ultimul bloc activ poziționat înaintea antenei fiind amplificatorul RF de putere. Pentru puteri mari de lucru, mai ales în aplicații radar, devine evident că o reflexie la intrarea antenei oricât de mică procentual înseamnă de fapt o putere reflectată mai mare și, implicit, o recuperare a energiei RF mai bună, prin utilizarea sistemului propus.



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 cuplor unidirecțional **2** având un port de intrare conectat galvanic la pinul extern **11** aferent semnalului de intrare, un port de ieșire conectat galvanic la pinul extern **12** aferent semnalului de ieșire, un port izolat **23** și un port cuplat **24** ambele conectate galvanic la porturile de ieșire ale unui divizor Wilkinson echilibrat **3** folosit ca sumator de semnale, portul de intrare **34** al acestuia fiind conectat galvanic la un detector **4** cu diodă Schottky având ieșirea cuplată galvanic la pinul extern **13** al sistemului.



FIGURI

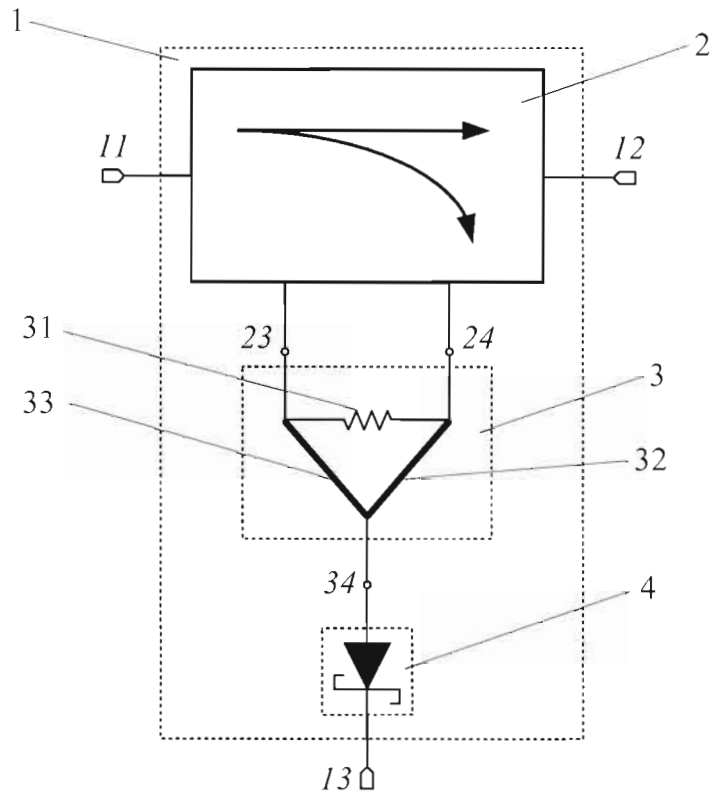


Figura 1

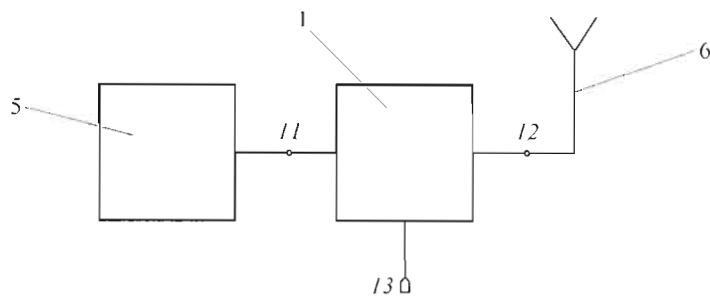


Figura 2



[Handwritten signature]