

# STABILIZATOR DE TENSIUNE A GENERATORULUI ASINCRON CU TURĂȚII JOASE

V.Berzan, M. Tîrșu, S.Postoronca

**Rezumat.** S-a propus un procedeu nou de stabilizare a tensiunii generatorului asincron cu excitație capacitivă. Se reglează valoarea fluxului fundamental al mașinii cu trei faze prin conectarea consecutivă a ieșirilor fazelor înfășurării de excitație la nului înfășurării. Ca urmare se obține o reglare rapidă și mult mai fină a tensiunii de ieșire indiferent de cauza abaterii de la valoarea prescrisă. Testarea experimentală a confirmat eficiența soluției propuse și posibilitatea utilizării generatorului asincron cu rotorul în scurtcircuit în componența instalațiilor eoliene.

**Стабилизатор напряжения асинхронного низкочастотного генератора**

**В.Берзан, М. Тыршу, С.Посторонка**

**Аннотация.** Предложен новый метод стабилизации выходного напряжения асинхронного генератора с емкостным возбуждением. Регулируется значение основного магнитного потока трехфазного генератора путем последовательного подключения выходов обмотки возбуждения к нулевой точке. В результате получаем более быстродействующую и точную систему стабилизации напряжения в независимости от причины отклонения от заданного значения. Экспериментальная проверка подтвердила эффективность предложенного способа стабилизации напряжения асинхронного генератора и возможность его использования в автономных ветровых энергетических установках.

**Voltage stabilizer of the asynchronous low-frequency generator**

**V.Berzan, M. Tîrșu, S.Postoronca**

**Abstract.** The new method of output voltage stabilization of the asynchronous generator with capacitor excitation is offered. Value of the basic magnetic stream of the three-phase generator is adjusted by consecutive connection of excitation winding outputs to a zero point. In result it is received more high-speed and exact system of stabilization of voltage in independence of the reason of a preset value deviation. Experimental check has confirmed efficiency of the offered way of asynchronous generator voltage stabilization and an opportunity of its use in independent wind power installations.

## 1. Introducere

Utilizarea energiei vântului este o direcție prioritară a domeniului valorificării potențialului energetic al surselor regenerabile. Conversia energiei cinetice a fluxurilor de vânt în energie electrică se face de conversoare electromecanice – generatoare electrice. Caracterul aleator al vitezei vântului crează probleme privind funcționarea instalațiilor eoliene și asigurarea calității energiei, inclusiv și stabilitatea puterii electrice în timp [1-3].

Cea mai extinsă utilizare în tehnologiile de conversie a energiei vântului o au până în prezent generatoarele sincrone. Neajunsul lor principal constă în existența inelelor și a sistemului de perii necesare pentru alimentarea înfășurării rotorului cu curent continuu. Acest neajuns în prezent se poate exclude prin utilizarea magneților permanenți în calitate de sistem de excitație. Generatoarele cu magneți permanenți de asemenea au tensiunea de ieșire și frecvența variabilă.

O alternativă a acestei probleme poate fi utilizarea generatoarelor asincrone cu excitație capacitivă. Varierea tensiunii de ieșire a generatoarelor la schimbarea vitezei vântului și a sarcinii, este un neajuns al acestor generatoare [4-10].

Folosirea soluțiilor constructive de realizare a generatoarelor asincrone cu multe înfășurări pe stato confecționate din conductoare cu diferite diametre conduce la înrăutățirea indicilor tehnico-economici ale acestor mașini [11].

Analiza comparativă a diferitor scheme de obținere a energiei din fluxurile de vânt a condus la următoarele concluzii [12]:

- Generatoarele asincrone cu puterea nominală până la 2 MW au avantaje în comparație cu generatoarele asincrone cu magneți permanenți utilizate în instalațiile eoliene.

- Sistemele de conversie cu viteze constante (excitare capacitivă a generatorului asincron) de funcționare sunt simple, se caracterizează prin costuri reduse, dar au limitări privind conversia energiei mecanice pe care o poate produce turbina la varierea vitezei vântului.
- Generatoarele asincrone cu rotorul bobinat la vitezele variabile ale vântului, deci și la turații variabile ale aeromotorului permit o majorare a coeficientului de conversie a energiei din fluxurile de vânt ca urmare a racordării caracteristicilor mecanice ale aeromotorului și a generatorului cu rotorul bobinat, ceea ce nu este posibil la generatorul asincron cu rotorul în scurtcircuit.

Totodată generatoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit sunt mai fiabile ca cele cu rotorul bobinat și în caz de aplicare a unor procedee de stabilizare a tensiunii și frecvenței la viteze variabile ale vântului aceste mașini vor avea mai multe priorități, inclusiv privind cheltuielile de exploatare.

Scopul acestei lucrări constă în lărgirea domeniului de funcționare stabilă a generatoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit la utilizarea lor în componența instalațiilor eoliene prin dotarea cu un sistem original de reglare a fluxului magnetic fundamental al mașinii.

## **2. Stabilizarea tensiunii generatorului asincron**

### **2.1 Soluție de realizare a sistemului de stabilizare**

Generatorul asincron cu excitație capacitivă se utilizează în prezent în componența diferitor surse de generare a energiei electrice de capacitate mică: hidrocentrale, instalații eoliene, surse cu motoare cu ardere internă. Regimul de funcționare a generatorului depinde de asemenea și de caracterul de variere a sarcinii. Din aceste considerente sistemul de generare necesită obligatoriu un regulator pentru stabilizarea numărului de rotații a rotorului în caz de perturbații exterioare. De exemplu este cunoscut dispozitivul de dirijare cu regimul de funcționare al generatorului asincron cu excitație capacitivă utilizat în microhidrocentrale și instalații eoliene [13]. Neajunsul acestei soluții tehnice constă în complexitatea tehnică ridicată privind realizarea constructivă a dispozitivului, domeniul redus de reglare și instabilitatea frecvenței tensiunii și curentului generatorului la varierea vitezei vântului. O altă soluție de excitație și stabilizare a tensiunii generatorului asincron cu rotorul în scurtcircuit este propusă pentru instalații eoliene autonome de alimentare cu energie electrică a consumatorilor în lucrarea [14].

În fig.1 este prezentată schema echivalentă a sistemului de reglare și stabilizare a tensiunii generatorului asincron cu două înfășurări pe stator și excitație capacitivă [15].

Esența soluției tehnice propuse constă în stabilizarea tensiunii de ieșire a generatorului prin reglarea în timp și spațiu a fluxului magnetic fundamental al mașinii prin conectarea consecutivă și concomitentă de scurtă durată a bornelor de ieșire a înfășurării de excitație și a condensatoarelor la noul înfășurării de către un sistem de chei electronice comandate fiecare separat în funcție de valoarea curentă a amplitudinii tensiunii fazei respective. Conexiunea la noul înfășurării se poate executa printr-o rezistență activă, cea ce conduce la o schimbare mai lentă a fluxului la reglarea prin impuls și la îmbunătățirea indicilor de calitate a tensiunii de ieșire a generatorului.

Scopul soluției propuse se atinge prin modificarea schemei de conexiune a celor două baterii de condensatoare, dintre care una este permanent în conexiune cu bornele de ieșire a generatorului, iar bateria a doua de condensatoare se conectează la bornele generatorului după excitarea lui și atingerea unei valori prescrise a tensiunii de ieșire a generatorului cu ajutorul unui comutator cu contactele normal deschise. La atingerea valorii prescrise a tensiunii are loc schimbarea prin salt a capacității bateriei de condensatoare și trecerea la frecvența de lucru. Prin aceasta se asigură lărgirea domeniului de funcționare stabilă a generatorului.

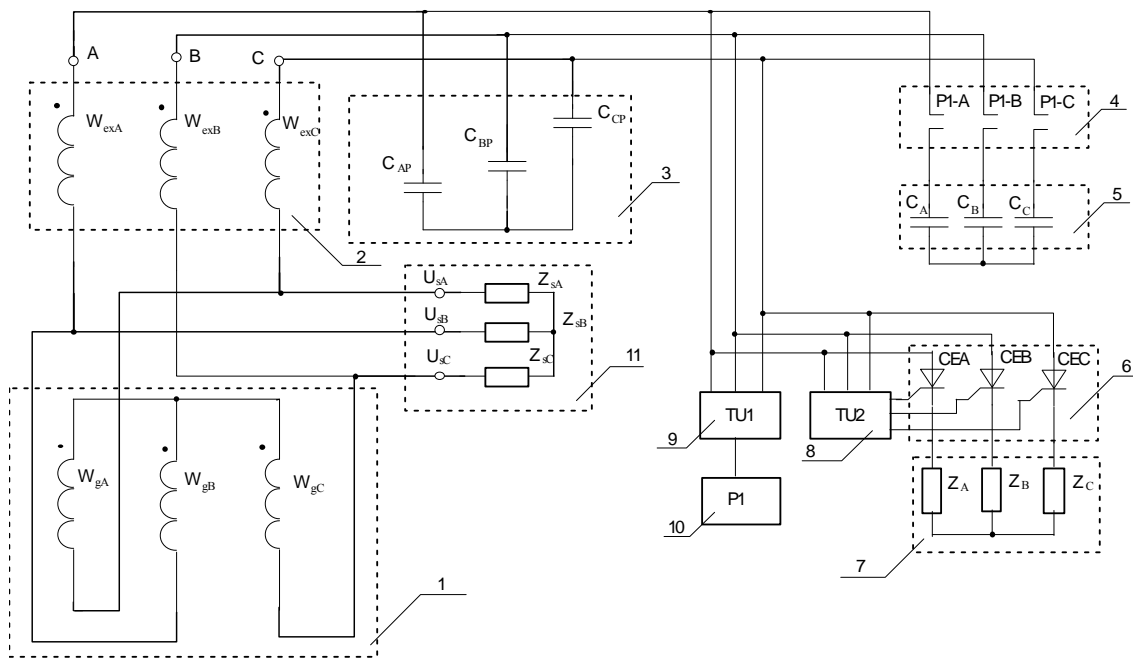


Fig.1. Schema echivalentă de stabilizare a tensiunii generatorului asincron prin reglarea prin impuls a fluxului fundamental a mașinii

La devierea tensiunii generatorului în urma varierii vitezei fluxului de vânt sau a sarcinii sistemul de reglare automată urmărește devierea amplitudinii tensiunii de la valoarea nominală pe prima jumătate a semiundei pozitive sau negative și după valoarea erorii formează comanda de deschidere a cheii electronice pentru a comuta punctul comun de conexiune a bornei de ieșire a înfășurării de excitație și a bateriei de condensatoare la noul înfășurării statorului. Pentru generatorul cu trei faze obținem posibilitatea de a regla valoarea fluxului magnetic fundamental al mașinii cel puțin de șase ori pe parcursul perioadei tensiunii generate. Unghiul de deschidere  $\varphi = n\pi - \alpha$  este o funcție a depășirii de la valoarea prescrisă a amplitudinii tensiunii pe alternanță, de exemplu valoarea tensiunii nominale, unde:

$\varphi$ - unghiul de deschidere a cheii electronice apropiat de valoarea  $\pi$  sau  $2\pi$ ;  
 $n=1$  pentru alternanța pozitivă și  $n=2$  pentru alternanța negativă a tensiunii în punctul comun de conexiune a bornelor înfășurării de excitație a generatorului cu bateria de condensatoare;  
 $\alpha$ - unghiul decalajului de fază sau de conductivitate a cheilor electronice este o funcție a valorii devierii amplitudinii tensiunii generatorului de la valoarea prescrisă. Unghiul  $\alpha$  nu poate depăși valoarea de  $\pi/2$ .

Ca urmare obținem o flexibilitate ridicată de reglare a fluxului fundamental al mașinii și timpul acestei acțiuni nu depășește timpul de  $T/2$ , unde  $T$ - perioada tensiunii generatorului. Formarea unghiului de conductivitate a cheilor electronice se poate face în baza devierii amplitudinii tensiunii înfășurării de excitație, a tensiunii de ieșire a generatorului, derivatei tensiunii la trecerea prin nul, iar sistemul de comandă poate asigura comutarea oricărei chei pentru care este aproape regimul de trecere prin nul în timpul micșorării amplitudinii tensiunii în circuitul dat. Aceasta de asemenea majorează flexibilitatea sistemului de stabilizare a fluxului fundamental al mașinii și a tensiunii de ieșire a generatorului. Comutarea rapidă a fazelor înfășurării de excitație a generatorului cel puțin de șase ori pe perioadă în funcție de amplitudinea curentă a tensiunii asigură excluderea modulației tensiunii generatorului la varierea vitezei unghiulare a aeromotorului instalației eoliene.

În fig. 1 sunt utilizate următoarele notări ale componentelor constructive: înfășurarea statorului generatorului asincron cu excitație capacitivă include două înfășurări 1 și 2 conectate în schema de autotransformator. Elementul 1 este înfășurarea de lucru a generatorului, iar

elementul 2 înfășurarea de excitație. La bornele înfășurării de excitație 2 în conexiune permanentă se cuplează bateria de condensatoare 3 și prin contactele normal deschise 4 ale releului 10 este cuplată bateria de condensatoare 5. Cheile electronice 6 conectate între bornele de ieșire a înfășurării de excitație 2 și cu intrările blocului 7 format din impedanțele  $Z_A, Z_B, Z_C$ , ieșirile cărora sunt conectate cu noul înfășurării generatorului. Traductorul de tensiune 8 asigură acționarea cheilor CEA, CEB, CEC a comutatorului 6 la depășirea tensiunii generatorului peste valoarea prescrisă. Traducătorul de tensiune 9 asigură trecerea de la regimul de excitație la frecvența ridicată la regimul de funcționare în regim excitat cu frecvența de lucru prin comandarea cu releul 10 și comutarea bateriei de condensatoare 5 în paralel cu bateria de condensatoare 3 prin închiderea contactelor 4. Sarcina generatorului 11 este conectată la bornele de ieșire ale înfășurării de lucru 1 a generatorului care au conexiune galvanică și cu înfășurarea de excitație.

Subansamblurile de elemente 3,4,5, 9 și 10 formează blocul de excitare capacitivă a generatorului. Subansamblurile de elemente 6,7, și 8 formează stabilizatorul tensiunii de ieșire a generatorului.

În fig.2 este prezentată diagrama de lucru a cheilor electronice în funcție de comanda formată de traductorul 8 de tensiune.

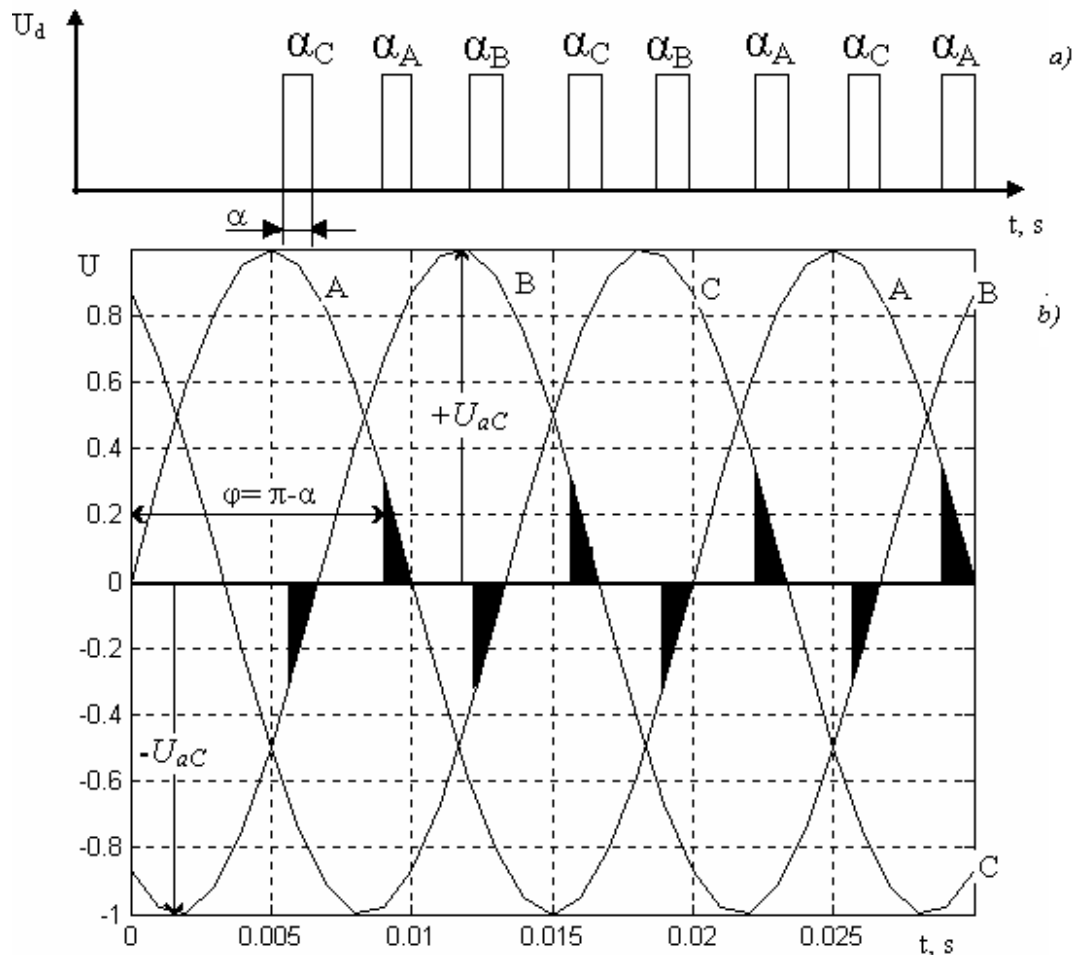


Fig.2. Diagrama de timp a funcționării regulatorului de tensiune a generatorului asincron

Fig.2a prezintă succesivitatea în timp a intervalelor de conductivitate a cheilor electronice și a impulsurilor de comandă generate de către stabilizator pentru fiecare circuit aparte. Repartiția în timp a impulsurilor de comandă și a intervalelor de conductivitate este

următoarea:  $\alpha_A \rightarrow \alpha_B \rightarrow \alpha_C \rightarrow \alpha_B \rightarrow \alpha_A \rightarrow \alpha_C$ , dacă primul impuls de comandă a fost format pentru alternanța pozitivă a fazei A. În fig.2b sunt prezentate curbele sinusoidale de tensiune a fazelor A,B, C și indicate intervalele de comutare a bornelor de ieșire a înfășurării de excitație 2 și a bateriilor de condensatoare 3 și 5 la nului înfășurării prin impedanțele  $Z_A$ ,  $Z_B$ , și  $Z_C$ , unde  $\alpha$ -unghiul de conductivitate a cheilor electronice;  $\varphi = \pi - \alpha$  unghiul de deschidere a cheii electronice a fazei A pentru alternanța pozitivă a tensiunii;  $-U_{aC}$ ,  $+U_{aC}$  amplitudinea alternanței negative și a alternanței pozitive a tensiunii fazei C.

Dispozitivul funcționează în modul următor. În stare ne excitată tensiunea generatorului este aproape de zero. Bateria de condensatoare 5 este deconectată de contactele 4 ale comutatorului 10 de la generator. La creșterea numărului de rotații a rotorului în scurtcircuit a generatorului, de exemplu acționat de un aeromotor, ca urmare a creșterii vitezei vântului, generatorul va trece în regim de excitație produs de fluxul remanent magnetic al mașinii asincrone. Frecvența de excitație a generatorului este determinată în acest caz de inductanța fazelor înfășurărilor de lucru 1 și de excitație 2 conectate în schema de autotransformator și capacitatea fazei bateriei de condensatoare 3.

La atingerea valorii prescrise a tensiunii, de exemplu nominale  $U_{nom}$ , traductorul de tensiune 9, care are o caracteristică de reacție tip histerezis, generează semnalul de ieșire care activează releul 10 și contactele 4 ale releului asigură conexiunea bateriei de condensatoare 5 în paralel cu bateria de condensatoare 3. Prin aceasta s-a pus în funcțiune subsamblul constructiv al dispozitivului care asigură regimul de excitație și de trecere la frecvența de lucru a generatorului. Comutarea bateriei de condensatoare 5 în paralel cu bateria de condensatoare 3 asigură formarea condițiilor pentru funcționarea sistemului 6,7,9 de stabilizare a tensiunii generatorului, ca urmare a creșterii alunecării rotorului în regim de generare față de rotirea sincronă a câmpului învârtitor al statorului și creșterea tensiunii peste valoarea nominală. La atingerea de către tensiune a valorii de prag a amplitudinii pe fiecare alternanță  $U_{pr.c} > U_{nom}$  traductorul de tensiune 8 formează semnale de comandă (fig.2a) pentru deschiderea cheilor electronice 6 (CEA, CEB, și CEC), unde  $U_{pr.a}$ - valoarea de prag a amplitudinii fazei respective care este semnalul de referință pentru sistemul de stabilizare;  $U_{nom}$ - tensiunea nominală a generatorului. Traductorul de tensiune 8 are o caracteristică de tip histerezis, ceea ce permite asigurarea unei funcționări mai stabile a sistemului de reglare și diminuarea adâncimii modulației tensiunii de ieșire. Bucla de histerezis a traductorului 8 este mai îngustă ca bucla de histerezis a traductorului 9. Cheile formează un nou circuit pentru curentul din înfășurarea de excitație, care asigură scurgerea lui directă în nului înfășurării de lucru 1 prin impedanțele 7. Impedanțele 7 pot avea și valoarea egală cu zero. Această conectare a bornelor înfășurării 2 conduce la apariția unui regim de sarcină mică s-au scurtcircuit în înfășurarea statorului mașinii pe perioada intervalului de conductivitate a cheii electronice deschise (fig.2b) și dezmagnetizarea mașinii. Ca urmare are loc micșorarea fluxului magnetic fundamental al generatorului și micșorarea tensiunii. Deoarece intervalul de comutare este relativ mic pentru fiecare fază și acest regim de scurtcircuit pentru faza respectivă are loc la tensiuni joase, în apropierea punctului de trecere prin nul a tensiunii fazei conectate și repetate pe perioadă de cel puțin șase ori obținem o reacție lentă de reglare a valorii fluxului magnetic fundamental și diminuarea fenomenului de modulație a tensiunii de ieșire în înfășurarea de lucru 1 a generatorului. La trecerea prin nul a tensiunii fazei conectate de una din cheile electronice 6 această tensiune își schimbă semnul și ca urmare cheia electronică automat se închide deconectând borna fazei înfășurării de excitație 2 de la nului înfășurării 1. Utilizarea acestui principiu de dirijare cu cheile electronice ale stabilizatorului simplifică realizarea lui constructivă.

Același fenomen are loc și la varierea aleatoare atât a valorii sarcinii electrice a generatorului, cât și în cazul devierii concomitente a sarcinii și a vitezei vântului.

## 2.2. Rezultate ale testării experimentale a sistemului de stabilizare

Rezultatul tehnic al soluției propuse constă în lărgirea domeniului de funcționare stabilă a generatorului și majorarea indicilor de calitate a energiei electrice produse de instalația eoliană la viteze variabile ale vântului și la varierea aleatoare a sarcinii alimentate, inclusiv minimizarea modulației de amplitudine a tensiunii generatorului.

Eficiența soluției tehnice și a dispozitivului propus s-a verificat în condiții de laborator pentru moștra generatorului asincron cu puterea electrică nominală de 0,3 și 1,5 kW în regimuri echivalente pentru viteza vântului de 3-8 m/s.

S-a stabilit experimental, că bateria condensatoarelor de excitație este util de divizat în raportul  $C_{11} \approx C_{21} \approx 0,5C$ , unde  $C$  - capacitatea totală a bateriei. Prin aceasta frecvența de excitație și de lucru se află în raportul  $f_{ex} \approx 1,4f$ , iar puterea activă nominală generată la viteza minimală a vântului va constitui (7-10)% din puterea nominală instalată. Prin aceasta se asigură funcționarea stabilă în regim de generare a generatorului asincron la toate vitezele vântului în diapazonul de lucru prescris. Pentru dispozitivele cunoscute de reglare rezerva de putere aptă de generare la viteza minimală a vântului este egală cu zero.

Stabilizatorul de tensiune a fost realizat ca mostră de laborator în baza cheilor electronice confecționate din tiristoare pentru efectuarea cercetărilor robusteții principiului de stabilizare în condiții de laborator.

## 3. Concluzii

1. Dispozitivele de reglare a tensiunii generatoarelor asincrone cu excitație capacitivă cunoscute în prezent nu soluționează în complex problema stabilizării concomitente a tensiunii și frecvenței și lărgirea diapazonului de stabilizare, precum și a siguranței de funcționare a instalațiilor eoliene la vitezele variabile ale vântului și la varierea concomitentă și aleatoare atât a vitezei vântului, cât și a sarcinii electrice alimentate.

2. Utilizarea concepției de reglare a fluxului magnetic fundamental prin impuls al generatorului asincron cu excitație capacitivă permite îmbunătățirea regimului de funcționare, inclusiv minimizarea modulației amplitudinii tensiunii de ieșire la varierea aleatoare a vitezei vântului și a sarcinii.

Lucrarea a fost realizată în cadrul Programului de stat **nr.1. „Asigurarea competitivității produselor industriale în construcția de mașini în baza inovațiilor Know-How, materialelor noi și a tehnologiilor avansate”**, conducător Ion Bostan, academician, la îndeplinirea lucrărilor de cercetare –dezvoltare "Elaborarea și încercarea generatorului asincron trifazat cu turații joase și cu excitație capacitivă"

## Bibliografia

1. E.F.Fuchs, A.A.Fardoun, P.W.Carlin and R.W.Erichson. Permanent Magnet Machines for Operation with Large Speed Variations. Proceedings of wind Power '92, AWEA, 1992.
2. D.Yildiman, E.F.Fuchs, T.Batan. Test results of a 20 kW Variable Speed Direct Drive Wind Power Plant, Int. Conf. Electrical Machines, ICEM '98, 2-4 September, Istanbul.
3. A.G.Kaldas, M.P.Papadopoulos, J.A.Tegopoulos. Multiple Permanent Magnet Generator Design for Gearless Wind Power Applications, Int. Conf. Electrical Machines, ICEM '98, 2-4 September, Istanbul.
4. Vladimir Berzan. Particularități privind confecționarea generatorului asincron cu turații joase. Conferința Tehnico-științifică Jubiliară a Colaboratorilor, Doctoranzilor și studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei. 8-9 octombrie 2004. Vol 3. Chișinău: 2004.- pp.291-292.

5. Lumer Inna, Berzan Vladimir, Bârlădeanu Alexandru. Condițiile privind eficiența economică a utilizării instalațiilor energetice eoliene în condițiile climatice ale R.Moldova. / Conferința științifică republicană „ Valorificarea rezultatelor științifice – baza dezvoltării durabile a economiei naționale”, 16 iunie 2004, Chișinău. pp.185-186.
6. Лумер И.И., Берзан В.П., Бырладян А.С.О перспективах практического использования энергии ветра в Республике Молдова/ Сб. трудов третьей Всероссийской научно-технической конференции с международным участием “ ЭНЕРГЕТИКА: Управление, качество и эффективность использования энергоресурсов ”, 14-16 мая 2003. Благовещенск, 2003. Том II.-с.374-377.
7. Alternateur asynchrone à excitation capacitive./ Auteurs: Berzan Vladimir, Bârlădeanu Alexandru, Țișu Mihai, Lumer Inna. Дополнение к каталогу III Московский международный салон инноваций и инвестиций, 4-7 февраля 2003г.,
8. Berzan V., Chitian A., Rimschi V. Mathematical Modelling Of Transients In An Adjustable Capacitor Bank./ 4th International Conference on Electromechanical and Power Systems SIELMEN 2003. Chisinau 26th-27th September 2003. Volume II. .
9. Berzan V., Bîrlădeanu A., Țișu M., Postoronica Sv Investigații experimentale ale generatorului asincron cu excitație capacitivă./ 4th International Conference on Electromechanical and Power Systems SIELMEN 2003. Chisinau 26th-27th September 2003. Volume I.
10. Berzan V., Bârlădeanu A., Țișu M., Lumer Inna. Generator asincron cu excitație capacitivă. MD 2089 C2, Int<sup>7</sup>:H 02 K 17/28.2003.01.31, BOPI nr.1/203.
11. Лищенко А.И. Трехобмоточные АГ с емкостным и вентильным возбуждением для автономных энергоустановок./ Техническая электродинамика, 1995, № 4, с.42-45.
12. Datta R., Ranganathan V.T. Variable-Speed Wind Power Generation Using Double Wound Rotor Induction Machine: A Comparasion with Alternative Schemes. /IEEE Transactions Conversion, Vol 17 No. 3 , 2002. –pp. 414-421.
13. Автономный источник электроэнергии. / Атрощенко В.А. и др., Патент РФ №93052095, H02M5/16, 1996.06.27.
14. Dispozitiv de excitare și stabilizare a tensiunii generatorului asincron acționat de aeromotor./ Cerere de brevet a 2003 0234. Cl.Int. H 02 P9/46; F 03 D7/00 Autori: Berzan V., Bârlădeanu A., Țișu M., Lumer Inna, Postoronica Sv., Ermurachi Iu.
15. Stabilizator de tensiune a generatorului asincron cu turații joase. Cl.Int. H 02 P9/46; F 03 D11/00. Berzan V., Țișu M. Hotărâre de eliberare a brevetului de invenție nr.5846 din 2008.03.21

Informații despre autori.

**V.Berzan.** Dr. hab. în tehnică, director adjunct pe probleme de știință a Institutului de Energetică al AȘM. Domeniul intereselor științifice: diagnoza indistructivă a echipamentului electroenergetic, procese nestaționare în circuite electrice neomogene, modelarea matematică, transportul energiei electrice la distanțe mari, surse regenerabile de energie. Autor a peste 160 lucrări științifice, inclusiv monografii 10.

**M.Țișu.** Dr. în tehnică, șef de laborator. Domeniul intereselor științifice: diagnoza indistructivă a echipamentului electroenergetic, procese nestaționare în circuite electrice neomogene, modelarea matematică, surse regenerabile de energie. Autor a 45 lucrări științifice, inclusiv monografii 5.

**S. Postoronica.** Cercetător științific la institutul de Energetică al AȘM. Domeniul intereselor științifice. Diagnoza echipamentului energetic cu metode indistructive de control, sisteme a electronicii de putere pentru conversia energiei electrice, valorificarea surselor regenerabile de energie. Autor a cca. 18 publicații științifice, menționat cu medalii de bronz a Expoziției Internaționale IFOINVENT (Chișinău)