

POWER SUPPLY UNIT FOR COMMERCIAL GREENHOUSES

Șit Mikhail, Șit Boris

Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of Moldova

Abstract. The aim of the work is to develop the energy efficient schemes for energy supply of the industrial greenhouse designed for year-round production of plants that requires year-round maintenance of strongly prescribed temperature and humidity inside. We have been elaborated the complex "gas driven heat pump "water-air" – electric generator" (for use during the heating season) as well as the "gas driven heat pump "water-air" – electric generator – desiccant – evaporative chiller" (for use during the off-season). Proposed structures have a high energetic and economic efficiency as compared with conventional schemes (boiler - chiller). The proposed complex ensures year-round maximum COP of heat pump and maximum performance of gas engine.

Keywords: cogeneration, heat pump, gas engine.

UNITATE DE ALIMENTARE CU ENERGIE PENTRU SERE INDUSTRIALE

Șit Mihail, Șit Boris

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei

Rezumat. Scopul lucrării este de a elabora un sistem eficient de alimentare cu energie pentru serele industriale unde este necesară menținerea strictă a temperaturii și umidității dorite. Serele sunt destinate pentru cultivarea plantelor pe tot parcursul anului. A fost elaborat complexul: "pompa de căldură cu motorul cu gaz apă-aer"-generator electric" (pentru utilizarea în timpul sezonului de încălzire), precum și "pompa de căldură cu motor cu gaz apă-aer"- cooler evaporativ - generator electric" pentru a lucra în perioada de intersezon. Soluțiile propuse pot asigura eficiență energetică la producerea energiei comparativ cu soluțiile clasice (cazane - ciler). Complexul propus pot asigura pe tot parcursul anului eficiență maximă a pompei de căldură și randamentul maxim al motorului cu gaz.

Cuvinte-cheie: cogenerare, pompa de căldură, motorul cu gaz.

УЗЕЛ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦ

Шит М.Л, Шит Б.М.

Институт Энергетики Академии наук Молдовы

Аннотация. Целью работы является разработка эффективной схемы энергоснабжения промышленной теплицы, предназначенной для круглогодичного выращивания растений и строгого поддержания заданной температуры и влажности. При этом задачей было разработать комплекс "тепловой насос с газовым приводом "вода-воздух" – электрический генератор" (для использования в течение отопительного сезона), а также "тепловой насос с газовым приводом "вода-воздух" – электрический генератор" - испарительный охладитель", для работы в межсезонье. Предлагаемые конструкции имеют высокую энергетическую и экономическую эффективность по сравнению с обычными схемами (котел - холодильная машина). Предложенный комплекс может обеспечить круглогодичное максимальное значение КПД теплового насоса при максимальной производительности газового двигателя.

Ключевые слова: когенерация, тепловой насос, газовый двигатель.

1. Introducere

În lucrare este prezentat sistemul de alimentare cu energie electrică, căldură și frig a serei industriale. Sistemul include motorul cu gaz cu piston, care este cuplat cu compresorul pompei de căldură de tip "aer - apă". Pompa are ca corp de lucru dioxidul de carbon.

Pompele de căldură în care motorul cu gaz acționează compresorul și generatorul electric sunt descrise în [1–16]. Pompe de căldură în care se utilizează pentru acționarea compresorului motorul cu gaz cu piston după ansamblul de indicatori „utilizarea energiei primare” și „emisia de CO₂“ sunt comparabile cu cele cu acționări electrice utilizate în condițiile climatice caracteristice pentru Europa Centrală. Unitatea de alimentare cu energie a serelelor industriale conform schemelor prezentate se propune pentru prima dată.

2. Sistemul de aprovizionare cu energie în perioada rece și de tranziție

Se propune schemă pompei de căldură acționată de motorul cu gaz în care căldură reziduală a motorului se utilizează pentru majorarea COP al pompei de căldură și pentru generarea frigului suplimentar (la necesitate, preponderent în perioadă caldă a anului).

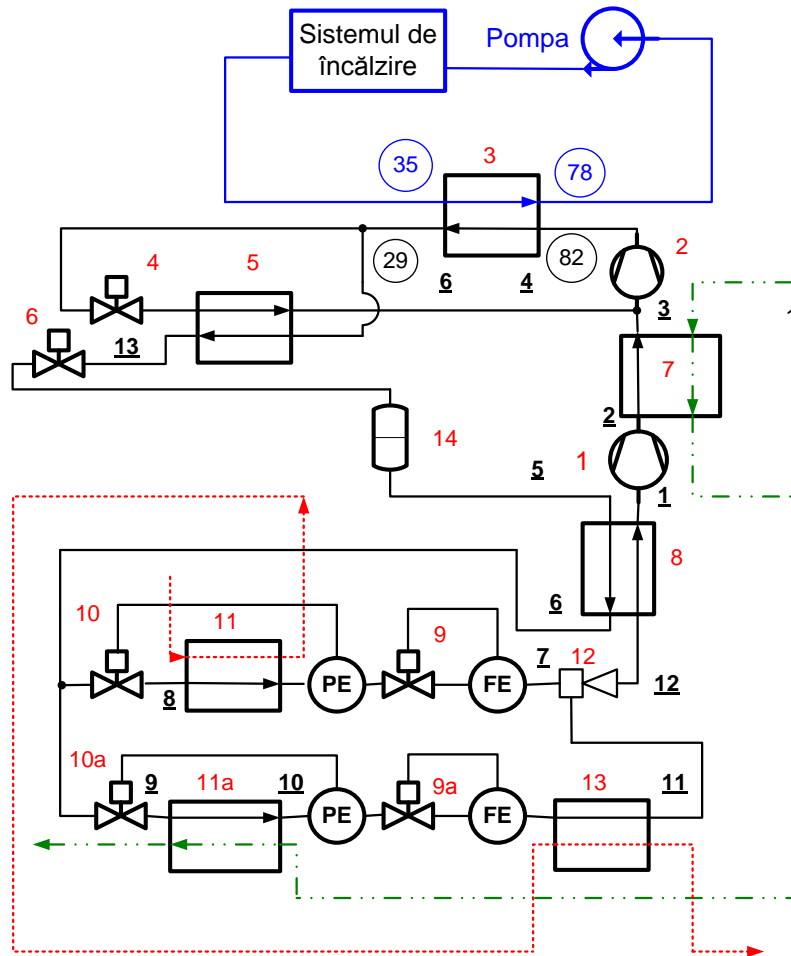


Figura 1. Pompa de căldură cu două compresoare cu o treaptă și cu sistemul de utilizare a căldurii reziduale a motorului cu gaz.

1,2 - compresor; 3- răcitor de gaze; 4- supapa de reglare; 5 - recuperator de căldură; 6- supapa de reglare a presiunii treptei a doua a compresorului; 7 - schimbător de răcire a gazului la ieșirea din prima treaptă a compresorului; 8 - schimbător de căldură – recuperator; 9, 9a - supape de reglare a debitului de agent frigorific ce trece prin evaporatoare; 10, 10a - regulatoarele de supraîncălzire a aburului agentului frigorific ieșit din evaporatoare; 11, 11a – evaporatoare; 12 – ejector; 13 - schimbătorul de căldură pentru încălzirea aerului ieșit din evaporator; 14 - rezervor - separator de lichid. Cu culoare roșie sunt marcate conductele prin care se evacuează căldură motorului cu gaz, verde – aerul din exterior, cu albastru – sistemul de încălzire. Numerele cu culoare roșie – denumirea dispozitivelor, numerele subliniate –punctele caracteristice ale ciclului termodinamic utilizat.

Notații, a vedea în figura 1 și suplimentar în figura 2 sunt prezentate următoarele elemente: 14 – uscător rotativ al aerului, IEC – răcitor evaporativ indirect, DEC – răcitor evaporativ direct. Cu linii verzi se prezentat traiectoria de circulație a fluxului aerului, cu culoare albastră – a apei. Aerul, care trece prin secția răcitorului de gaze 3, este amestecul a două fluxuri, ce prezintă fluxul format de aerul din exterior și aerului evacuat din seră.

Conform [15,16] COP a ciclului termodinamic al instalației prezentate în figura 1 pentru temperatura din exterior minus 16°C și constituie 2.8, iar pentru valoarea temperaturii aerului din exterior egală cu 1°C constituie 4.0.

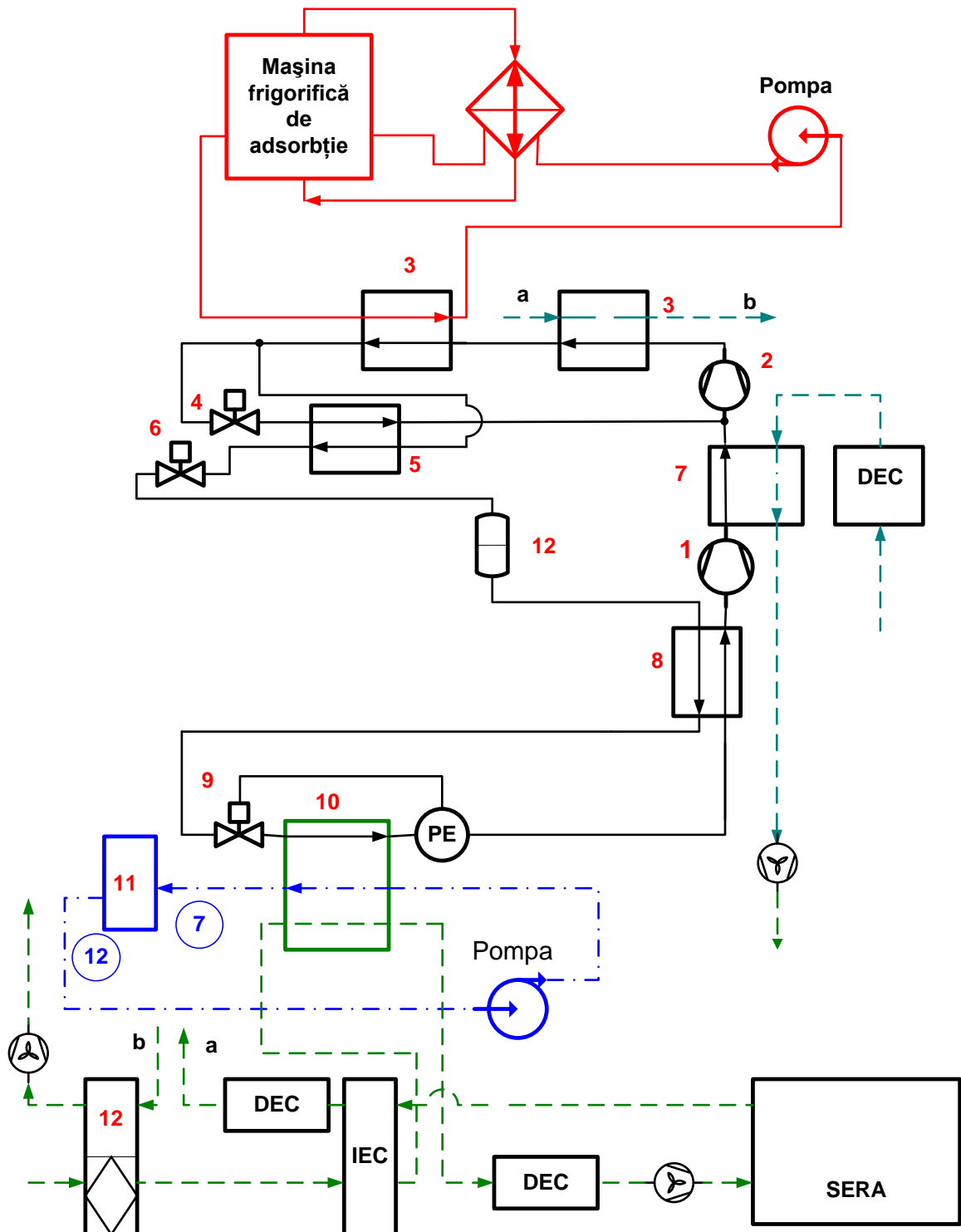


Figura 2. Schema de climatizare a aerului în sezonul cald.

1,2 - compresor; 3- răcitor de gaze; 4- supapa de reglare; 5 - recuperator de căldură; 6- supapa de reglare a presiunii treptei a doua a compresorului; 7 - schimbător de răcire a gazului la ieșirea din prima treaptă a compresorului; 8 - schimbător de căldură – recuperator; 9, - supapa de reglare a debitului de agent frigorific ce trece prin evaporatoare; 10, - evaporatorul; 11 - schimbătorul de

căldură pentru încălzirea aerului ieșit din evaporator; 12 - recuperator. Cu culoare roșie sunt marcate conductele prin care se evacuează căldura motorului cu gaz, cu verde – aerul din exterior, cu albastru – sistemul de încălzire. Numerele cu culoare roșie – denumirea dispozitivelor, numerele subliniate – punctele caracteristice ale ciclului termodinamic utilizat.

O posibilă soluție de majorarea a eficienței energetice a sistemelor de aer condiționat constă în utilizarea răcirii naturale evaporativă. În figura 2 se prezintă varianta de realizare a sistemului de climatizare, bazat pe combinația mașinii frigorifice cu comprimare de vapori și utilizarea răcirii evaporative și uscătorului de adsorbție a aerului și mașinii frigorifice de adsorbție. În schemă (a vedea figura 2), linia albastră reprezintă traiectoria de mișcare a fluxului de apă, care circulă în contur închis, linia verde (punctată) reprezintă traiectoria fluxului de aer.

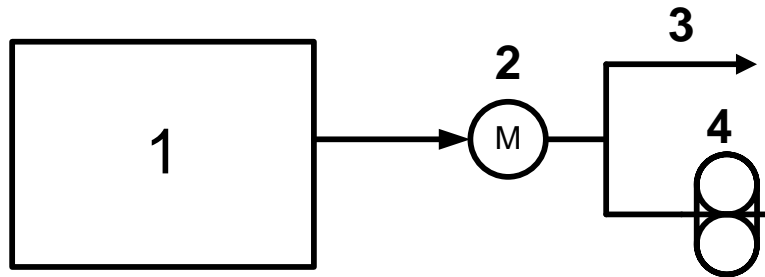


Figura 3. Schema bloc a instalației, unde 1- instalația cu motor cu gaz cu piston; 2 - generatorul electric; 3 – rețeaua electrică, 4 – compresorul

Menținerea regimului termic al schimbătorului de căldură 7 poate fi asigurată atât prin procesul de tip DEC, cât și prin utilizarea fluxului de aer luat din exterior (în dependență de temperatura aerului din exterior), prin răcire cu aer ori cu apă (în dependență de sarcina frigorifică a pompei de căldură și temperatura aerului din exterior), ori numai prin răcire cu aer. În regimul de răcire a aerului serei, mașina frigorifică este ajustată la valoarea temperaturii evaporatorului $t_{ev} = 5^{\circ}C$. Apa circulă prin țevile de încălzire ale serei. Să examinăm următorul regim în seră: temperatura este egală cu $18 \pm 2^{\circ}C$, iar umiditatea cu $80 \pm 5\%$. Schema bloc a instalației arată în felul următor (figura 3).

3. Sistemul de dirijare

Sistemul de dirijare a pompei de căldură este format din 6 subsisteme: SDA regimului de temperatură și de umiditate, SDA de generare și consumul energiei electrice, SDA a pompei de căldură, SDA a instalației cu motor cu gaz cu piston.

Sistemul are următoarele particularități: pentru obținerea unei valori noi prescrise a temperaturii răcitorului de gaze (RG) și a puterii termice, transmise prin RG, este necesară modificarea următoarelor semnale de sarcini ale reguletoarelor buclelor SDA:

- 1) semnalele de sarcina pentru puterea compresorului;
- 2) semnalul de sarcină a temperaturii apei după RG;
- 3) semnalul de sarcină a consumului de aer cald prin evaporator, reieșind din condiția ca valoarea consumului aerului cald să corespundă valorii noi a puterii compresorului.

Punctul de lucru al compresorului (presiunea și temperatura agentului frigorific la intrare în compresor) atinge starea prescrisă după finalizarea proceselor tranzitorii în evaporatoare și în schimbătorul suplimentar de căldură al pompei de căldură. Inerția procesului tranzitoriu de schimbare a locului punctului de lucru al compresorului este determinată de inerția schimbătoarelor de căldură, a acumulatorului de căldură etc.

COP al pompei de căldură se reglează ca urmare a modificării regimului de lucru al schimbătorului de căldură intermediar și regimului de funcționare a schimbătorului de căldură destinat pentru captarea căldurii gazelor de ardere. Al doilea parametru reglabil al sistemului este debitul de gaze, care se determină de valoarea COP-ului pompei de căldură și de valoarea maximală a randamentului motorului cu gaz. La schimbarea condițiilor meteo are loc schimbarea consumului agentului frigorific prin schimbătoarele de căldură 3,5,7,13 (a vedea figura1) și consumului gazelor de ardere la intrarea în schimbătorul de căldură al gazelor de ardere. Criteriul de performanță a reglării motorului cu gaz este formulat ca „minimul de consum a combustibilului gazos pe durata derulării procesului tranzitoriu”.

La varierea sarcinii este necesar de modificat valoarea solicitată a puterii compresorului și a debitului de aer, care trece prin acumulatorul de căldură și mai departe prin evaporator.

Instalația generează o cantitate anumită de energie electrică, care depinde de debitul de gaze, necesar pentru producerea căldurii pentru încălzirea serei cu condiția asigurării maximului COP al pompei de căldură și valorii maxime a randamentului motorului cu gaz. În perioadă de vara gazul se utilizează numai în asigurarea procesului tehnologic de uscare a aerului (a vedea 14 în figura 2) și pentru climatizarea aerului în seră, inclusiv și pentru producerea frigului suplimentar utilizat pentru păstrarea produselor agricole.

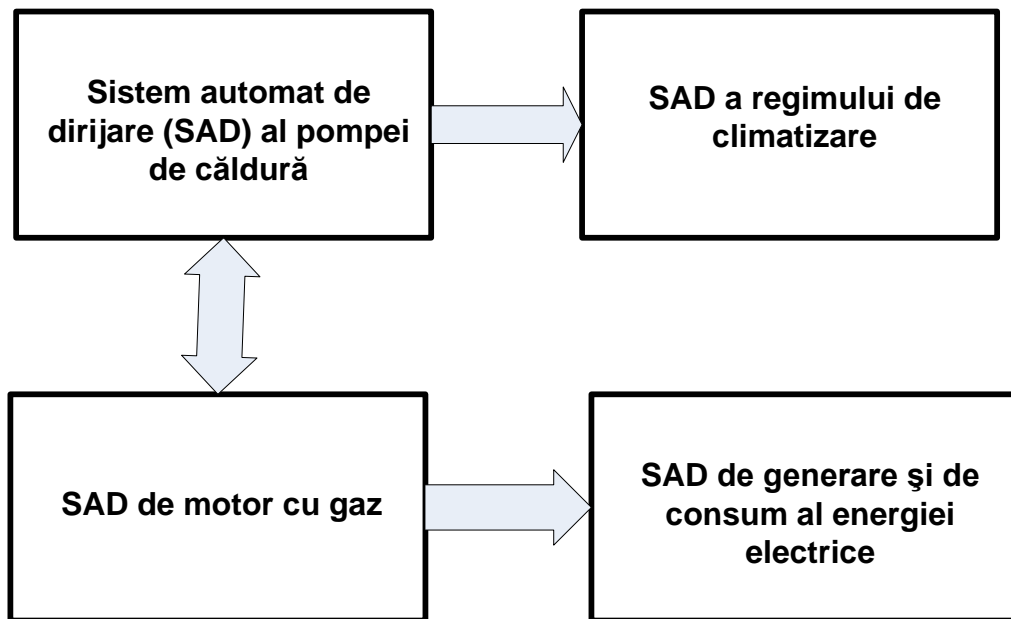


Figura. 4. Schema structurală a sistemului de comandă a pompei de căldură cu acționare de la motorul cu gaz

Diminuarea consumului de gaze se asigură urmare a utilizării principiului de producere a necesarului solicitat de energie termică (căldură) la puterea constantă a motorului cu gaz. Energia electrică în acest caz este un produs secundar. În acest sistem se asigură menținerea valorii constante a puterii sumare mecanice, care este necesară pentru acționarea compresorului și a generatorului la perturbații în sistemul de alimentare cu căldură ori cu frig. Sistemul de dirijare a motorului cu gaz trebuie să includă sistemul de stabilizare a numărului de rotații a motorului cu gaz, reieșind din condiția menținerii puterii constante a motorului la valoarea prescrisă a randamentului motorului.

Concluzii

1. Schema propusă a instalației cu pompa de căldură cu două trepte cu acționare de la motorul cu gaz a compresorului permite asigurarea regimului de menținere a climei la parametrii prescriși în seră pe toată perioada anului.

2. S-a elaborat în premieră și a fost analizată schema de tip cogenerare a instalațiilor cu pompe de căldură și a instalațiilor frigorifice în care acționarea se face numai ca rezultat al proceselor de ardere a combustibilului gazos.

3. Pentru a menține microclima în sezonul cald este benefică utilizarea pompei combinate de căldură. Cel mai eficient se prezintă utilizarea pompei de căldură în regimul de mașină frigorifică în combinație cu răcirea evaporativă indirectă și cu elemente ale mașinii frigorifice de adsorbție. În acest caz, căldura evacuată de la motorul de gaz și de la condensatorul mașinii frigorifice poate fi utilizată pentru alimentarea cu energie a mașinii frigorifice cu sorbție. Acest complex poate fi utilizat pentru păstrarea produselor agricole.

Bibliografie

- [1] Zhi-Gao Sun. A combined heat and cold system driven by a gas industrial engine. *Energy Conversion and Management* 48 (2007) 366–369.
- [2] Yang Zhao, Zhao Haibo, Fang Zheng. Modeling and dynamic control simulation of unitary gas engine heat pump. *Energy Conversion and Management* 48 (2007) 3146–3153.
- [3] Teitel M., Segal I., Shklyar A., Barak M. A Comparison between Pipe and Air Heating Methods for Greenhouses. *J. Agric. Engng Res.* (1999) 72, 259-273.
- [4] Brenn J., Soltic P., Bach Ch. Comparison of natural gas driven heat pumps and electrically driven heat pumps with conventional systems for building heating purposes. *Energy and Buildings* 42 (2010) 904–908.
- [5] Yanwei Wang, Liang Cai, Xiaowei Shao, Gaolong Jin, Xiaosong Zhang. Analysis on energy-saving effect and environmental benefit of a novel hybrid-power gas engine heat pump. *International Journal of Refrigeration* 36(2013), pp. 237-246.
- [6] V. Pandiyarajan, M. Chinna Pandian, E. Malan, R. Velraj, R.V. Seeniraj. Experimental investigation on heat recovery from diesel engine exhaust using finned shell and tube heat exchanger and thermal storage system. *Applied Energy* 88 (2011) 77–87.
- [7] Information about cogeneration systems of greenhouses. <http://www.greenhouses.kz/files/file5.pdf>
- [8] Jieyue Wang, Liang Cai, Yanwei Wang, Yanbin Ma, Xiaosong Zhang. “Modeling and optimization matching of a coaxial parallel – type hybrid power gas engine heat pump”. *Energy* 55(2013), June 2013, p.1196-1204.
- [9] Yngbai Xie, Liyong Lun, Zhun Yu, Xuedong Zhang. Performance of Cogeneration System Incorporating Gas Engine Driven Heat Pump. In [Challenges of Power Engineering and Environment](#), 2007, pp 61-63. Proceedings of the International Conference on Power Engineering 2007. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-76694-0_10. ((data ultimii adresării 10.12.2014).
- [10] Jinggang Wang, Ligai Kang, Zhenjing Yin. A Combination of CO₂ Transcritical Cycle with Desiccant Cooling. 2009 Chinese Control and Decision Conference (CCDC 2009), pp.1962-1966.
- [11] Hideki Yamaguchi, Yoshinori Hisazumi, Hitoshi Asano, Hikaru Morita, Toshihiro Hori, Toshiki Matsumoto, Tetsuo Abiko. Development of a New Cogeneration

- System for Local Community. In [Challenges of Power Engineering and Environment](#), 2007, pp 61-63. Proceedings of the International Conference on Power Engineering 2007. <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-76694-0/page/1> (data ultimii adresării 10.12.2014).
- [12] Elgendy E., Schmidt J. Experimental Investigation of Gas Engine Driven Heat Pump Used in Water Cooling. The Online Journal on Power and Energy Engineering (OJPEE). Vol. (1) – No. (3), pp. 90-94.
- [13] Jiazhen Ling, Osamu Kuwabara, Yunho Hwang, Reinhard Radermacher. Experimental evaluation and performance enhancement prediction of desiccant assisted separate sensible and latent cooling air-conditioning system. International Journal of Refrigeration 34 (No 4, 2011) pp. 946 – 957.
- [14] Ying-Lin Li, Xiao-Song Zhang, Liang Cai. A novel parallel-type hybrid-power gas-driven engine heat pump system. International Journal of Refrigeration 30(2007) 1134-1142.
- [15] Șit M.L., Ioișer A.M., Șit B.M., Doroșenko A.V., Ceban D.N. Alimentare cu energie a serei industriale cu utilizare a pompei de căldură cu acționare de gaze, Partea I. Problemele Energeticii Regionale, Nr 2(22) 2013, http://journal.ie.asm.md/assets/files/m71_2_241.pdf (data ultimii adresării 10.12.2014).
- [16] Șit M.L., Ioișer A.M., Andronati N., Burciu V., Șit B.M.. Alimentare cu energie a serei industriale cu utilizare a pompei de căldură cu acționare de gaze, Partea II. Problemele Energeticii Regionale, Nr 3(23) 2013, http://journal.ie.asm.md/assets/files/m71_2_265.pdf (data ultimii adresării 10.12.2014).

Despre autori:



Șit Mihail – doctor în tehnică, cercetător coordonator, Laboratorului „Eficiența energetică și surse regenerabile de energie” IE AȘM. Domenii de interes științific: pompe de caldura, conducerea automată proceselor tehnologice în energetică, industrie, agricultură. E-mail: mihail_sheet@yahoo.com



Șit Boris – inginer-programator IE AȘM. Domenii de interes științific: programarea în energetică, industrie. E-mail: boris@fld Rambler.ru.