TÍNH TOÁN HIỆU QUẢ CỦA HỆ THỐNG PHÁT ĐIỆN KẾT HỢP TỪ THỦY ĐỘNG (MHD), ĐỊA NHIỆT VÀ NHIỆT MẶT TRỜI

MISCALCULATE OUTCOM OF COMBINARY SYSTEMS MAGNETO HYDRO DYNAMIC (MHD) GENERATORS, GEOTHERMAL AND SOLAR ENERGY

Lê Chí Kiên[1], Trần Thành Niệm[2]

[1]*Hochiminh City University of Technology and Education, Vietnam; kienlc@hcmute.edu.vn*

[2]*Tien Giang Power Company,Vietnam; niempctg@gmail.com*

Abstract – At present, our country's power sector is facing a very difficult task that is supplying the increasing demand of our customers. Besides the environmental pollution problem, a crisis of demand and supply of energy is happening very harshly not only in Vietnam but also appeared in many countries around the world. Recognizing that countries around the world are included in the research of new energy sources, renewable energy. Including solar, wind, geothermal, biogas ...

Recently, power generation technology of MHD generators with the new developments. It has been widely used in the power generation mix cycle to improve the efficiency of power plants.

Topic: “Miscalculate outcome of combinary systems MHD generators, geothermal and solar energy”. The purpose of the study was to compare the differences in economic efficiency of MHD with geothermal energy and MHD with solar energy. The theme-oriented research also recommended the construction of geothermal power or solar power plants suitable for high performance and technical economy of the country.

Keywords – Magneto hydro dynamic (MHD); Geothermal energy; Solar energy; combinary generators systems.

Tóm tắt – Hiện nay, ngành điện nước ta đang đối mặt với nhiệm vụ rất khó khăn đó là cung ứng nhu cầu ngày càng cao của khách hàng. Bên cạnh đó vấn đề ô nhiễm môi trường, khủng hoảng về cung cầu năng lượng đang diễn ra hết sức gay gắt không những ở Việt Nam mà còn xuất hiện tại nhiều các quốc gia trên thế giới. Nhận thức được điều này các quốc gia trên thế giới đang nghiên cứu đưa vào các nguồn năng lượng mới, năng lượng tái tạo. Bao gồm năng lượng mặt trời, năng lượng gió, địa nhiệt, khí sinh học…

Gần đây, công nghệ phát điện của máy phát MHD có những bước phát triển mới. Nó đã được ứng dụng rộng rãi trong các chu trình phát điện hỗn hợp để nâng cao hiệu suất của các nhà máy điện.

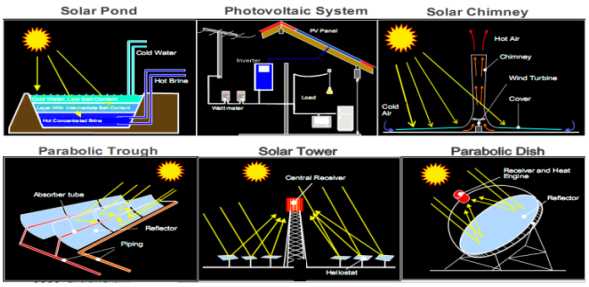
Đề tài: "Tính toán hiệu quả của hệ thống phát điện kết hợp Từ thủy động, địa nhiệt và nhiệt mặt trời" được nghiên cứu với mục tiêu tính toán và so sánh về hiệu suất phát điện cũng như hiệu quả kinh tế của hai mô hình phát điện kết hợp máy phát điện Từ thủy động với địa nhiệt và nhiệt mặt trời. Đề tài còn là định hướng nghiên cứu để xây dựng các nhà máy địa nhiệt điện hoặc điện mặt trời hiệu suất cao phù hợp với nền kinh tế và kỹ thuật của nước ta.

Từ khóa – Từ thủy động (MHD); Năng lượng địa nhiệt ; Năng lượng mặt trời ; Hệ thống phát điện kết hợp.

1. GIỚI THIỆU VỀ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI, NĂNG LƯỢNG ĐỊA NHIỆT VÀ MÁY PHÁT ĐIỆN MHD:

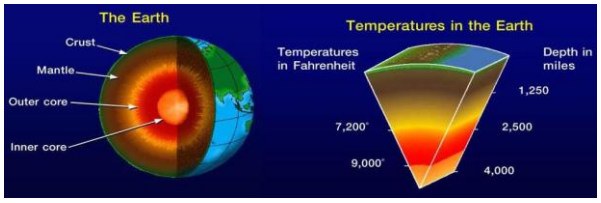
1.1. Năng lượng mặt trời : Năng lượng do mặt trời bức xạ ra vũ trụ là một năng lượng khổng lồ. Mỗi giây nó phát ra $3{,}865.10^{26}$ J, tương đương với năng lượng đốt cháy hết $1{,}32.10^{16}$ tấn than đá tiêu chuẩn. Nhưng bề mặt quả đất chỉ nhận được một năng lượng rất nhỏ và bằng $17{,}57.10^{16}$J hay tương đương năng lượng đốt cháy của 6.10^{6} tấn than đá [1].

Các phương pháp khai thác, sử dụng:



Hình 1: *Các mô hình khai thác năng lượng mặt trời [15]*

1.2. Năng lượng địa nhiệt: Năng lượng địa nhiệt là dạng năng lượng tồn tại trong lòng đất ở dưới dạng nhiệt năng. Năng lượng địa nhiệt, dạng nhiệt năng tự nhiên ở sâu trong lòng trái đất, phát sinh từ nguồn nhiệt sơ khai trong lòng trái đất, từ nhiệt ma sát do các phiến lục địa trượt lên nhau, và từ sự phân rã của các nguyên tố phóng xạ tồn tại tự nhiên với một lượng nhỏ trong đá.



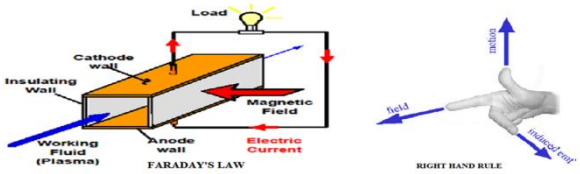
Hình 2: *Cấu tạo và nhiệt độ từng lớp vỏ Trái Đất [4]*

Hình 3: *Các dạng biểu hiện của nguồn năng lượng địa nhiệt trên mặt đất [4]*

1.3. Máy phát điện MHD:

- Máy phát điện từ thủy động (hay máy phát MHD) là hệ thống chuyển nhiệt năng hay động năng trực tiếp thành điện năng, dựa trên các nguyên lý từ thủy động học. Chúng thường có khả năng làm việc ở nhiệt độ cao và không cần có các chi tiết phải bôi trơn. Khí thải của các hệ thống như vậy thường là các plasma nóng (như lửa), có thể tái sử dụng để cung cấp nhiệt cho hệ thống nhiệt điện truyền thống (như máy phát điện hơi nước) [6].

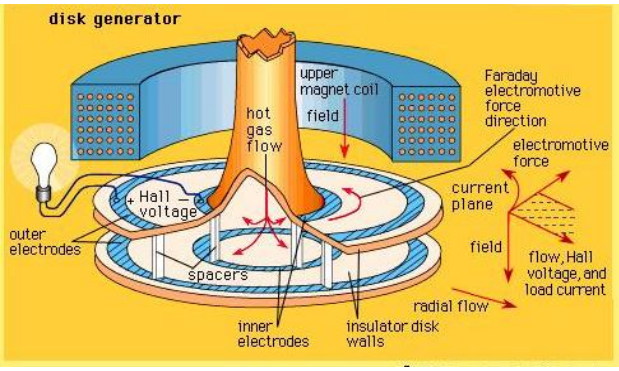
- Một máy phát điện MHD hoạt động theo nguyên lý cơ bản: Định luật Faraday và quy tắc bàn tay phải.



Hình 4: *Nguyên lý của máy phát MHD [6]*

Hiện nay, việc thiết kế hiệu quả nhất là các máy phát đĩa hiệu ứng Hall. Thiết kế này hiện đang nắm giữ hiệu quả và mật độ năng lượng cho thế hệ máy phát từ thủy động lực học. Một máy phát đĩa có chất lỏng chảy giữa trung tâm của đĩa, và một ống bọc xung quanh các cạnh. Lĩnh vực kích thích từ tính được tạo là một cặp cuộn dây tròn Helmholtz ở trên và dưới đĩa. Dòng điện Faraday trong một thời gian ngắn hoàn hảo bị triệt tiêu xung quanh chu vi của đĩa. Hiệu ứng dòng điện Hall giữa các điện cực vòng gần trung tâm và vòng điện cực gần ngoại vi [6].

Một lợi thế quan trọng của thiết kế này là các nam châm hiệu quả hơn. Đầu tiên, nó có đường sức song song đơn giản. Thứ hai, bởi vì các chất lỏng được xử lý trong một đĩa, các nam châm có thể gần hơn với các chất lỏng, và cường độ từ trường tăng lên do khoảng cách gần hơn. Cuối cùng, các máy phát điện nhỏ gọn hơn so với công suất của nó, vì vậy các nam châm cũng nhỏ hơn. Kết quả là nam châm sử dụng một tỷ lệ phần trăm nhỏ hơn nhiều của điện năng được tạo ra [6].



Hình 5: *Máy phát dạng đĩa [6]*

Trong máy phát điện MHD kim loại lỏng được sử dụng là NaK. NaK, hoặc hợp kim natri-kali là hợp kim của Kali (K) 77% và Natri (Na) 23%, thường là chất lỏng ở nhiệt độ phòng. Là loại hóa chất công nghiệp. NaK phản ứng rất mãnh liệt với nước và có thể gây cháy khi tiếp xúc với không khí, vì vậy phải được xử lý với biện pháp phòng ngừa đặc biệt [12].

2. MÔ HÌNH MÁY PHÁT ĐIỆN AC -MHD KẾT HỢP NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI:

Máy phát điện MHD sử dụng kim loại lỏng để làm môi chất phát điện, sử dụng nguồn nhiệt mặt trời cấp thấp để gia nhiệt làm tăng động năng di chuyển kim loại lỏng và phát điện.

Chu trình LMMHD hỗn hợp này là một chu trình kín bao gồm:

- Nguồn nhiệt hoạt động (Bộ thu NLMT): cung cấp nhiệt lượng cho chu trình hoạt động (Qin) với nhiệt độ của kim loại lỏng từ 700^0K đến 900^0K [12].

- Bộ trộn: có nhiệm vụ trộn kim loại lỏng và khí đưa vào máy phát MHD.

- Máy phát MHD: sử dụng loại máy phát dạng đĩa có hiệu suất η_{EE} từ 25% đến 35%.

- Bộ tách: tách hỗn hợp kim loại lỏng và khí thành hai thành phần riêng biệt.

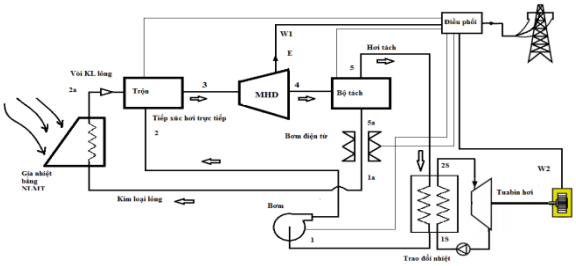
- Thiết bị trao đổi nhiệt: nhận nhiệt lượng còn lại của khí tách ra từ máy phát MHD sau đó thực hiện quá trình trao đổi nhiệt cấp nhiệt cho chu trình tuabin hơi hoạt động.

- Bơm: đưa chất khí sau khi đưa qua bộ trao đổi nhiệt để thực hiện tiếp chu trình.

- Tuabin hơi: chuyển năng lượng của hơi nước thành điện năng.

- Bơm điện từ: tạo lực đẩy đưa kim loại lỏng đến bộ thu NLMT gia nhiệt để tiếp tục chu trình.

Từ các thiết bị trên ta có chu trình kết hợp như sau:



Hình 6: *Chu trình phát điện LMMHD dùng NLMT*

Hiệu suất của chu trình LMMHD sử dụng NLMT:

Hiệu suất của chu trình hỗn hợp là tỷ số giữa năng lượng phát ra từ máy phát MHD với năng lượng nhận vào từ bộ thu năng lượng mặt trời.

$$W_{net} = W_{MHD} + W_{tuabin} - W_{tron} - W_{tach} - W_{bom} - W_{bomdt} \quad (1)$$

$$\eta_{hethong} = \frac{W_{net}}{W_{thu}} \quad (2)$$

Với $W_{thu}=Q_{in}$

3. MÔ HÌNH MÁY PHÁT ĐIỆN AC -MHD KẾT HỢP NĂNG LƯỢNG ĐỊA NHIỆT:

- Nguồn nhiệt hoạt động: nguồn nước nóng lấy từ lòng đất cung cấp một nhiệt lượng khoảng 673^0K.

- Máy phát AC MHD: Sử dụng loại máy phát đĩa trực tiếp tạo ra dòng điện xoay chiều có hiệu suất khoảng 62,5%

- Bộ trộn: trộn kim loại lỏng và khí đưa vào máy phát AC MHD

- Bộ tách: Tách hỗn hợp kim loại lỏng và khí ra hai phần riêng biệt

- Bộ trao đổi nhiệt 1: Nhận nhiệt lượng từ nước nóng gia nhiệt cho kim loại lỏng

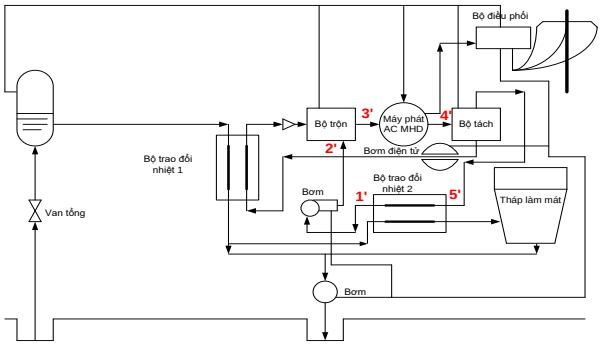
- Bộ trao đổi nhiệt 2: Nhận nhiệt lượng từ nước nóng gia nhiệt cho khí trong chu trình LM MHD

- Tháp làm mát: làm mát nước nóng

- Bơm: đưa nước từ tháp làm mát trở về lòng đất để tiếp tục chu trình

- Bộ điều phối: chuyển tải năng lượng lên lưới và cấp nguồn cho các thiết bị trong sơ đồ hoạt động

- Máy phát điện AC MHD sử dụng kim loại lỏng để làm môi chất phát điện. Sử dụng nguồn địa nhiệt để gia nhiệt làm tăng động năng di chuyển phát điện. Nguồn nước nóng được đưa qua 2 bộ trao đổi nhiệt để cung cấp nhiệt lượng cho chu trình LM MHD hoạt động. Sau khi đi qua 2 bộ trao đổi nhiệt nguồn nước nóng sẽ được làm mát tại tháp giải nhiệt trước khi được bơm trả về lòng đất.



Hình 7: *Mô hình nhà máy địa nhiệt điện kết hợp máy phát điện AC MHD*

Hiệu suất của hệ thống:

$$W_{net} = W_{ACMHD} - P_{tron} - P_{tach} - P_{bomdt} - P_{bom} - P_{giain\ hiet} \quad (3)$$

$$\eta_{hethong} = \frac{W_{net}}{W_{in}} \quad (4)$$

Với W_{in} là năng lượng nhận vào từ năng lượng địa nhiệt

4. MÔ PHỎNG VÀ TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA HAI MÔ HÌNH:

4.1. Đối với mô hình AC MHD kết hợp năng lượng mặt trời:

Trong phần này ta sử dụng Matlab tính toán mô phỏng thông số các chu trình, nhiệt độ máy phát AC-MHD được giả định là T_3=2000^{0}K, các dữ liệu đầu vào được cho ở bảng sau.

Bảng 1*: Dữ liệu tính toán*

Dữ liệu đầu vào	Bộ thu NLMT	Thiết bị Trao đổi nhiệt	Máy phát MHD
Q_{in}=10MW	η_{qh}=0.65	η_{TDN}=1	η_{EE}=0.35
T_{3B}= 2000^{0}K	η_{thu}=0.93	ΔQ_{TDN}=0.01	η_{MHD}=0.8
T_{1B}=300^{0}K	T_{sun}=3310^{0}K	ΔT_{TDN}=50	ΔQ_{MHD}
P_{3B}=4.10^{5}Pa			0.005
T_{ref}=298^{0}K			
P_{ref}=1,03.10^5 Pa			

Máy nén	Tua bin khí	Tua bin hơi	Thông số của chất khí
N=1	e_t=0.87	η_S=0.3	Cp=5196,5 J/kgK
Π_c=18			γ=1.6667
η_s=0.93			MassNo= (4.31)
e_c=0.88			0.004 (4.32)

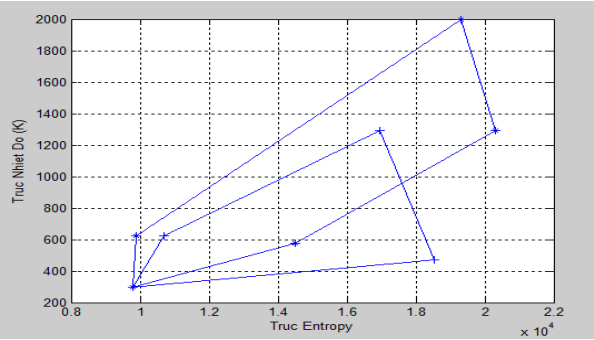
Trong đó T_{ref} chính là nhiệt độ môi trường (25^{0}C), P_{ref} là áp suất khí quyển, các thông số dữ liệu đầu vào được tham khảo trong [1], [2], [3]. Nhiệt lượng và nhiệt độ được lấy từ bộ thu NLMT bán kính 10 Km^2 trong [8].

Sau khi lập trình tính toán bằng Matlab ta thu được kết quả phân tích các thông số (áp suất, nhiệt độ, năng lượng, entropy) của các nút như sau:

***Bảng 2**: Kết quả tính toán.*

	Áp suất (Pa)	Nhiệt độ (^{0}K)	Năng lượng (W)	Entropy
1M	9.30E+04	300	2.18E+06	9.78E+03
2M	5.58E+05	622.5806	4.52E+06	9.88E+03
3M	4.00E+05	2000	1.45E+07	1.93E+04
4M	9.49E+04	1290	9.37E+06	2.03E+04
5M	9.40E+04	576.4322	4.18E+06	1.45E+04
1B	6.60E+03	300	3.15E+06	1.38E+04
2B	3.30E+04	622.5806	6.53E+06	1.07E+04
3B	1.20E+05	1.48E+03	1.35E+07	1.70E+04
4B	6.67E+03	471.7824	4.95E+06	1.85E+04

Hiệu suất của chu trình là tỉ số giữa điện năng thu được trong quá trình phát điện (điện năng đưa lên lưới) và năng lượng cung cấp cho chu trình hoạt động (Q_{in}). Hiệu suất này được tính toán thông qua phân tích cân bằng nhiệt của chu trình và kết quả được trình bày trong hình.



***Hình 8:** Đồ thị T – s của chu trình AC MHD – NLMT.*

Hiệu suất: **η= 0.48 hay 48%**

4.2. Đối với mô hình AC MHD kết hợp năng lượng mặt địa nhiệt:

***Bảng 3**. Dữ liệu đầu vào cho máy phát AC MHD sử dụng trong mô hình.*

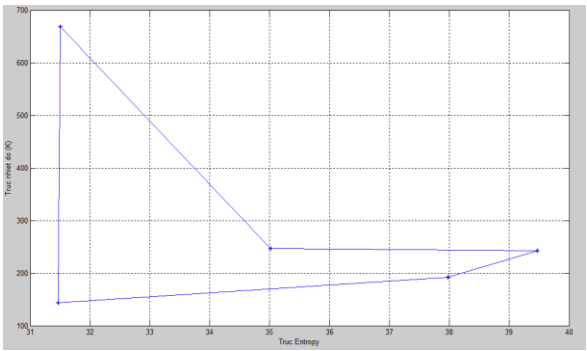
Tham số đầu vào của máy phát	**Ký hiệu**	**Giá trị**	**Đơn vị**
Mật độ dòng kích từ	J_{kt}	$31{,}8.10^6 e^{j\omega t}$	A/m^2
Tiết diện dây kích từ	S	$3{,}14.10^{-6}$	m^2
Độ dẫn điện của lưu chất làm việc	σ_f	107	S/m
Vận tốc lưu chất làm việc	U_f	12,32	m/s
Hệ số trượt	s	-0,6	

***Bảng 4.** Dữ liệu tính toán của chu trình AC MHD – Địa nhiệt.*

Dữ liệu đầu vào	Bộ trộn	Bộ tách	Máy phát AC MHD
Q_{in}=3,5kW T_2= 673^{0}K P_2= 4.10^5 Pa T_{ref}=298^{0}K P_{ref}=1,03x10^5 Pa	ΔT_{tron}=5 Π_{tron}=3,5	ΔT_{tach}=5 Π_{tron}=2,5	η_{EE}=0,625 η_{ACMHD}=0,8 ΔQ_{ACMHD}=0,005

Bơm	Bơm điện từ	Tháp giải nhiệt	Kim loại lỏng
Π_{bom}=4 τ_c=1.25	Π_{bomdt}=2,5 τ_c=1,2	$\Pi_{giainhiet}$=2,5	Cp=0,27 J/kgK γ=1,6667

Đồ thị T – s biểu thị sự thay đổi của hệ số entropy theo nhiệt độ trong từng quá trình nén,gia nhiệt, trộn, chảy qua máy phát MHD và ngưng tụ.



Hình 9: *Đồ thị T – s của chu trình AC MHD – địa nhiệt.*

Hiệu suất của chu trình: **η_{HT} =0,3249 hay 32,49%.**

5. KẾT LUẬN:

Khi sử dụng máy phát điện AC MHD sẽ cho hiệu suất cao hơn các máy phát điện thông thường và không cần dùng đến bộ chuyển đổi DC – AC như máy phát điện DC MHD. Do đó, hệ thống sẽ giảm được một phần chi phí, giảm được sự tổn thất năng lượng và giảm được sử ảnh hưởng của sóng hài khi sử dụng bộ chuyển đổi DC – AC.

- Các kết quả tính toán mô phỏng được tổng hợp như sau:

+ Đối với mô hình máy phát điện AC MHD kết hợp năng lượng mặt trời:

Bảng 5. *Bảng so sánh kết quả về hiệu suất.*

Hiệu suất của nhà máy điện NLMT truyền thống	Hiệu suất của Chu trình Brayton	Hiệu suất của Chu trình Rankine	Hiệu suất của mô hình AC-MHD với NLMT
40%-45%	30%	15%	48%

Kết quả hiệu suất của chu trình tăng lên so với hiệu suất của chu trình nhiệt điện mặt trời truyền thống chỉ sử dụng chu trình Brayton và Rankine. Sau khi có sự tham gia của máy phát MHD sẽ làm hiệu suất của hệ thống tăng lên do có thêm nguồn điện sinh ra từ MHD.

+ Đối với mô hình máy phát điện AC MHD kết hợp năng lượng địa nhiệt:

Bảng 6. *Bảng so sánh kết quả về hiệu suất.*

Hiệu suất của nhà máy điện địa nhiệt truyền thống	Hiệu suất của chu trình Địa nhiệt tua bin 2 cấp	Hiệu suất của mô hình AC-MHD với Năng lượng địa nhiệt
24.95%	26.83%	32.49%

Ta thấy rằng hiệu suất của chu trình địa nhiệt – AC MHD (32,49%) cao hơn hiệu suất chu trình địa nhiệt truyền thống là 7,54% và cao hơn hiệu suất của chu trình địa nhiệt tuabin 2 cấp là 5,66%.

- Một số khuyết điểm của mô hình:

+ Đối với trường hợp sử dụng năng lượng mặt trời thì hiệu suất của chu trình phụ thuộc vào nhiệt lượng cung cấp từ bộ thu năng lượng mặt trời. Do đó sẽ bị chi phối bởi điều kiện thời tiết. Ngoài ra hiệu suất của máy nén ảnh hưởng đáng kể đến chu trình.

+ Việc nghiên cứu và phân tích dựa trên các định luật và tính toán mô phỏng chưa có điều kiện thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

TIẾNG VIỆT

[1] Hoàng Dương Hùng, *Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng*, NXB KHKT, 2005, 214 trang.

[2] Nguyễn Công Hân, *Nhà máy nhiệt điện*, NXB KHKT, 2002, 200 trang.

[3] Hoàng Đình Tín, *Nhiệt động lực học kỹ thuật*, NXB KHKT, 2007,482 trang.

[4] Đỗ Văn Chương, *Chuyên đề năng lượng – VNGG*, chương 9, https://sites.google.com/site/vnggenergy/dianhiet, 5 – 5 – 2016.

[5] Trần Huyên, *Năng lượng và năng lượng địa nhiệt ở Việt Nam*, Hội dầu khí Việt Nam, http://petrotimes.vn/nang-luong-va-nang-luong-dia-nhiet-o-viet-nam-ky-1-256111.html, 5 – 5 – 2016.

[6] Đoàn Văn Tiến, Đinh Văn Toàn, Trịnh Việt Bắc, *Nghiên cứu nguồn địa nhiệt cho phát triển năng lượng sạch ở Việt Nam*, Tạp chí các khoa học về trái đất, 2008.

[7] Nguyễn Bá Sang, luận văn thạc sĩ *nghiên cứu hệ thống phát điện MHD kết hợp với địa nhiệt điện*, 2013

TIẾNG NƯỚC NGOÀI

[8] Le Chi Kien " Analyses of the Thermal Efficiency and the Output Power in A Joule – Brayton" Science & Technology Development, Vol 12, No.04 - 2009.

[9] Nob. Harada, Le Chi Kien, and M.Hishikawa " Basic Studied on Closed Cycle MHD Power Generation System for Space Application" AIAA 2004-2365.

[10] Richard J. Rosa "Magnetohydrodynamic Energy Conversion" copyright 1987 by hemisphere publishing coporation, Printed in USA, 234 pages.

[11] Jack D.Mattingly " Elements of Gas Turbine Propulsion" copyright 1996 by McGraw-Hill, Inc, Printed in Singapore, 960 pages.

[12] S. C. Kaushik, S. S. Verma and A. ChanDra " *Solar- assisted liquid metal MHD power generation: a state of the art study*" Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology Delhi, Hauz Khas, New Delhi 110 012, India.

[13] Abraham Kribus "*A high-efficiency triple cycle for solar power generation*" Solar Energy Vol. 72, No. 1, pp. 1–11, 2002 2002 Published by Elsevier Science Ltd ,Printed in Great Britain 0038-092X/02/$ - see front matter.

[14] Naoyuki Kayukawa "*Open-cycle magnetohydrodynamic electrical power generation: a review and future perspectives*" Progress in Energy and Combustion Science 30 (2004) 33–60

[15] David Barlev, Ruxandra Vidu, Pieter Stroeve "*Innovation in concentrated solar power*" Solar Energy Materials & Solar Cells 95 (2011) 2703–2725, Received 30 October 2010, Accepted 12 May 2011.

[16] Jackson W.D, *Integration of MHD plants into Electric Utility System*, IEEE Transactions on Enegy conversion.Vol. EC-1, No 3, September 1986.

[17] Gora S. and Kapron.H, *Economic Aspects of operation of MHD Electrical power plant in power system*, Ninth International conference on MHD Electrical Power Generation. Vol. 1. November 1986, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

[18] Asuncion V. Lemoff, Abraham P. Lee, *An AC magnetohydrodynamic micropump*, Lawrence Livermore National Laboratory, Center for Microtechnology, 7000 East Ave. L-223, Livermore, CA 94550 USA, 8 pages.

[19] Shinji Takeshita, Chainarong Buttapeng, Nob. Harada, *Characteristics of plasma produced by MHD technology and its application to propulsion systems*, Department of Electrical Engineering, Nagaoka University of Technology, 1603-1, Kamitomioka, Nagaoka 940-2188, Japan, 4 pages.

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.