

MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU TUYẾN TÍNH CÔNG TÁC ĐỘC LẬP TRONG ĐIỆN SÓNG BIỂN

THE SINGLE OPERATION OF AN AC LINEAR GENERATOR IN WAVE ENERGY

ĐÀO MINH QUÂN

Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Tiếp nối việc ứng dụng máy phát tuyến tính trong khai thác điện sóng ở bài báo này tác giả giới thiệu mô hình simulink máy phát tuyến tính công tác độc lập với chỉnh lưu, Khi sóng biển dao động đều thì điện áp và dòng điện lấy ra phụ thuộc vào tính chất tải và việc đưa vào bộ lọc. Điện áp sau chỉnh lưu của máy phát đơn có độ gợn điện áp lớn, khi có thêm tụ lọc vào độ gợn điện áp giảm đi, độ gợn điện áp tỉ lệ nghịch với giá trị của tụ điện.

Abstract

In the previous paper the author introduces about the application of the linear generator in the wave energy and in this paper the author introduces simulink model of the linear generator with half-wave rectifier. When the ocean waves are oscillating, output voltage and current depend on the load and the filter. Output voltage from rectifier has a large ripple voltage, and it decreases when filters are added, the ripple voltage is inversely proportional to the value of the capacitor.

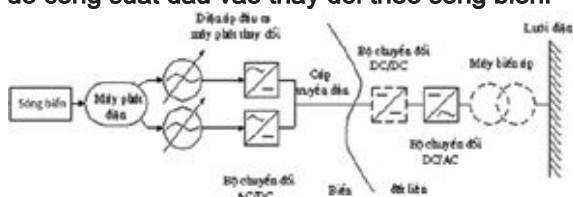
Keyword: Energy waves, Linear Alternators, Ocean Waves

1. Đặt vấn đề

Hệ thống chuyển đổi năng lượng sóng biển trong thực tế bao gồm các thành phần [1]:

- Vật hấp phụ năng lượng sóng, thu động năng của sóng biển, chuyển đổi thành năng lượng cơ học, năng lượng này được sử dụng trực tiếp năng lượng cơ tuyến tính là máy phát điện tuyến tính.

- Máy phát điện AC, nhận công suất cơ của sóng và biến đổi thành điện năng, nguồn điện năng này có tần số và điện áp AC luân biến đổi do công suất đầu vào thay đổi theo sóng biển.



Hình 1. Hệ thống biến đổi, truyền tải điện sóng

- Các hệ thống điện tử công suất và truyền tải, điện áp AC từ máy phát được chuyển đổi thành DC để tận dụng ưu điểm của hệ DC như khả năng truyền tải trong nước biển mặn, truyền tải của DC trong nước biển mặn có thể không cần thêm dây trung tính cho cực âm, ít tổn hao, nên sẽ giảm nhiều chi phí trong quá trình truyền tải điện vào bờ. Truyền tải bằng nguồn AC thì

phải sử dụng cáp ba pha, chiều dài đường truyền có thể dài ngắn khác nhau, phụ thuộc vào vị trí đặt phao phát điện gần bờ hay xa bờ.

Khi nguồn điện DC được truyền từ biển vào đất liền, bộ biến đổi DC/DC hoặc biến thể chuyển đổi được sử dụng để điều chỉnh điện áp, tùy thuộc vào hệ thống điều chỉnh điện áp được sử dụng mà một bộ biến đổi DC/AC được đưa vào trước hoặc sau khi điều chỉnh điện áp.

Ở các công trình trước [1,3] nghiên cứu mô hình máy phát tuyến tính sử dụng trong hệ thống sóng biển, bài báo này tập trung nghiên cứu hệ thống điện sóng biển sử dụng 01 máy phát công tác độc lập.

2. Cấu trúc hệ thống điện sử dụng sóng biển

2.1. Mô hình máy phát

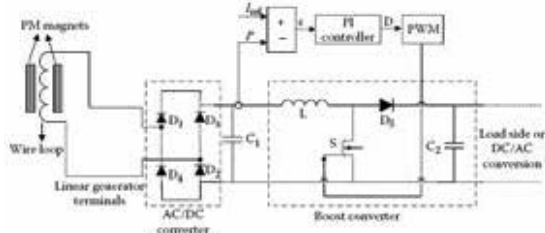
Với máy phát tuyến tính 3 pha, theo [3] ta có phương trình máy phát điện như sau:

$$v_a(t) = V \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos\left[\frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin(\omega_m t)\right]$$

$$v_b(t) = V \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos\left[\frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin(\omega_m t) - \frac{2\pi}{3}\right] \quad (1)$$

$$v_c(t) = V \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos\left[\frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin(\omega_m t) - \frac{4\pi}{3}\right]$$

Do đặc điểm của sóng biển là dao động với tần số, biên độ luôn luôn thay đổi nên điện áp lưới điện sẽ dao động theo, không mang lại được đặc tính kỹ thuật cũng như yêu cầu sử dụng, bởi tại thời điểm sóng biển biên độ yếu hoặc không có thì máy phát sẽ không hoạt động hoặc điện áp không đủ, dẫn đến phụ tải mất điện. Do đó nên hệ thống này thường chỉ được sử dụng để cung cấp điện cho tải dân dụng yêu cầu chất lượng điện năng thấp và nạp ắc quy với yêu cầu chất lượng cao.



Hình 2. Máy phát điện sóng biển làm việc độc lập

Năng lượng do máy phát sản sinh ra được đưa vào bộ chỉnh lưu AC/DC sau đó được lọc bằng các ngân hàng tụ có dung lượng lớn, điện cảm lớn rồi đưa vào các bộ biến đổi điện áp DC buck, DC boost. Điện áp sau khi biến đổi DC/DC có thể được đưa vào nạp ắc quy, tích trữ năng lượng hoặc biến đổi DC/AC cung cấp cho các phụ tải dân dụng.

Bộ biến đổi DC-DC trong hệ thống điện sóng tuyến tính

Dòng điện, điện áp sinh ra từ MFTT biến đổi theo sóng biển nên điện áp DC thay đổi với hệ thống đơn lẻ một máy phát thì dòng điện sẽ thay đổi tùy theo điều kiện sóng, lực tác động và dòng phụ tải nên cần có bộ biến đổi DC-DC nhằm duy trì điện áp DC ổn định bằng cách ổn định dòng hiện tại bằng một hệ thống điện trở tải (DC buck).

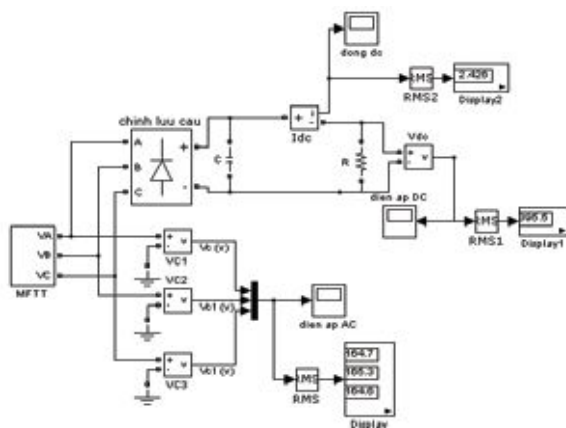
Với hệ thống máy phát nhỏ bộ biến đổi DC-DC được xây dựng cùng với bộ chỉnh lưu có điều khiển, ngân hàng điện trở sẽ được thêm vào để tiêu tán bớt một phần năng lượng của máy phát sinh ra nhằm duy trì điện áp DC đầu ra là ổn định, khi đó chỉ cần bộ chỉnh lưu tĩnh (đi ốt) được đặt ngay trong lòng máy phát. Các máy phát điện phát ra điện áp khoảng 500-1000VDC, bộ biến đổi DC-DC boost được thiết kế nhằm tăng áp lên 12KVDC truyền dẫn vào bờ. Chức năng chính của bộ biến đổi DC-DC là: - Cách ly DC cho biến tần; - Tạo ra điện áp đủ cho đầu vào biến tần và

thỏa mãn yêu cầu độ lớn điện áp của nguồn xoay chiều.

Bộ giảm áp tạo ra điện áp DC đầu ra nhỏ hơn điện áp đầu vào, việc điều khiển các khóa chuyển mạch đóng và mở theo chu kỳ kết quả là tạo ra điện áp DC đầu ra nhỏ hơn đầu vào.

Với các bộ biến đổi buck, vấn đề thường được đặt ra như sau: cho biết phạm vi thay đổi của điện áp ngõ vào Vin, giá trị điện áp ngõ ra Vout, độ dao động điện áp ngõ ra cho phép, dòng điện tải tối thiểu Iout, min, xác định giá trị của điện cảm, tụ điện, tần số chuyển mạch và phạm vi thay đổi của chu kỳ nhiệm vụ, để đảm bảo ổn định được điện áp ngõ ra.

2.2. Mô hình máy phát kết hợp với cầu chỉnh lưu

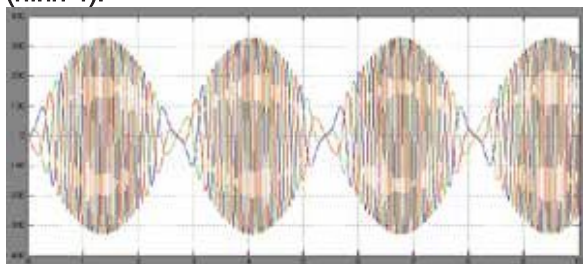


Hình 3. Mô hình simulink máy phát tuyến tính đơn chỉnh lưu cầu

Điện áp đầu ra máy phát tuyến tính có biên độ và tần số luôn biến đổi theo sóng biển nên cần phải chỉnh lưu thành điện áp một chiều (f=0) sau đó nghịch lưu thành điện áp xoay chiều ba pha có biên độ, tần số bằng biên độ tần số định mức. Điện áp máy phát được đưa vào bộ biến đổi điện tử công suất AC/DC là cầu đi ốt ba pha, bộ chỉnh lưu này có chức năng biến đổi điện áp xoay chiều V_{abc} thành điện áp một chiều V_{dc} [1,2,3].

Xét trường hợp sóng biển ở vịnh bắc bộ là sóng đều cao 1,5m; Chu kỳ sóng $T=5,4s$; Vận tốc chuyển động lên, xuống của phao máy phát $V=0,87m/s$; Tần số góc $\omega=1,163rad/s$; điện áp định mức với vận tốc 1m/s; $V_{ph} = 380V$; $\lambda=45,5m$ [4].

Với công suất máy phát 25kw và mô hình ở hình 3 ta có điện áp không tải trước chỉnh lưu (hình 4).



Hình 4. Điện áp máy phát đơn trước chỉnh lưu.

- Điện áp đầu ra máy phát tuyến tính đạt giá trị $V_{abc}=330V$;

- Điện áp đỉnh trung bình $V_{TB} = V_{abc} / \sqrt{2} = 233V$; $U_d=403V$;

- Điện áp hiệu dụng $U_{hdph}=2V_{abc}/\pi=210V$;

- Tần số điện áp

$$f = 1/(t_2 - t_1) = 1/(4,01 - 3,84) = 5,9Hz$$

Và điện áp không tải sau chỉnh lưu V_{dc} (hình 5).

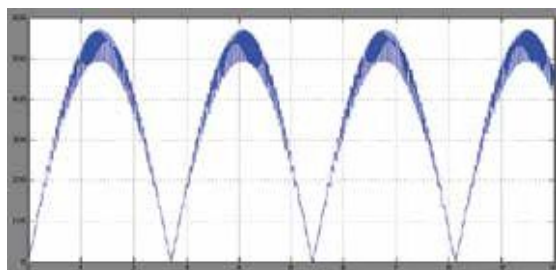
- Điện áp đỉnh sau chỉnh lưu $V_{dc}=V_{abc} \sqrt{3} = 330 \sqrt{3} = 571V$;

- Điện áp trung bình đỉnh: $V_{dcTB} = 3\sqrt{6} \cdot U_{ph} / \pi = 545V$;

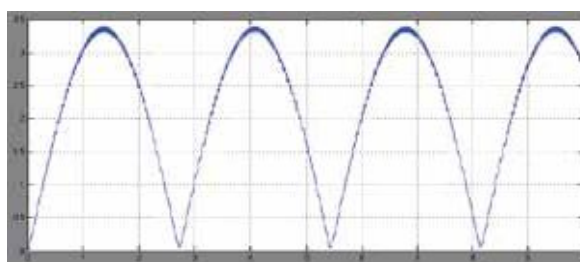
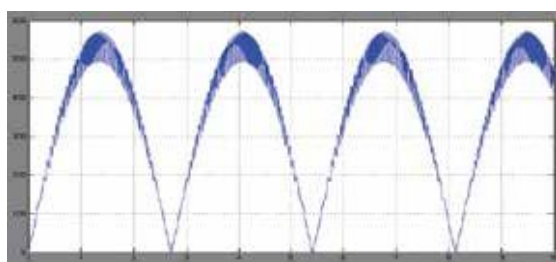
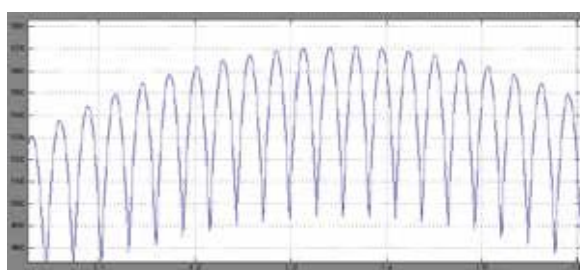
- Độ dao động điện áp đỉnh $\Delta V = 571 - 494 = 77V (\approx 13,5\%)$;

- Điện áp sau chỉnh lưu khi đó có điện áp hiệu dụng $U_{dc} = \frac{2 \cdot V_{dc}}{\pi} = 364V$.

2.3. Mô hình khi bổ sung tải và bộ lọc



Hình 5. Điện áp máy phát đơn sau chỉnh lưu



Khi tải là RL, $R=163\Omega$, $L=3H$ thì điện áp hình và dòng điện sau chỉnh lưu i_{dc} (hình 6).

Dòng điện sau chỉnh lưu $i_{dc}=3,4A$; Độ dao động dòng điện đỉnh $\Delta I = 3,4 - 3,31 = 0,09A (2,6\%)$

Nhận xét: Điện áp sau chỉnh lưu không được phẳng mà tạo ra các dải điện áp đỉnh cao theo tần số sóng biển, điện áp tăng từ giá trị 0 đến giá trị điện áp đỉnh rồi giảm về giá trị 0 theo dạng sóng chỉnh lưu một pha hai nửa chu kỳ. Trong mỗi đỉnh điện áp có dao động kết hợp 13,5% với tải $R=163$ biến thiên theo tần số điện của máy phát. Với tải thuần trở R dòng điện qua tải có độ dao động dòng điện đỉnh giảm đi rõ ràng, giá trị dòng không về giá trị 0 khi giá trị điện áp sau chỉnh lưu bằng 0. Dòng điện đi qua tải liên tục hơn, không bị ngắt quãng. Để làm phẳng điện áp đỉnh và độ gợn điện áp đỉnh cần thêm bộ lọc điện áp bằng cách mắc thêm tụ điện, dung lượng tụ điện phù hợp với độ gợn điện áp cần san phẳng. Để chất lượng lọc điện áp tốt hơn ta kết hợp bộ lọc LC với giá trị điện cảm L lớn, C lớn. Độ gợn điện áp được xác định bằng điểm cao nhất và điểm thấp nhất chia cho cấp điện áp trung bình V_{TB} . Giá trị điện dung cần thiết để bù cho một giá trị gợn điện áp phụ thuộc vào nhu cầu năng lượng tải được

xác định bằng biểu thức: $E = CU_c^2 / 2$

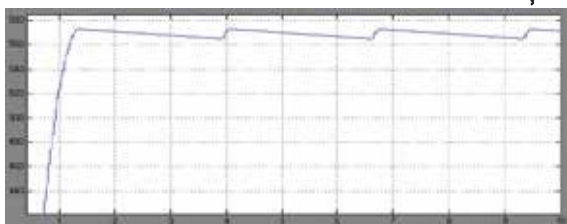
$$\Rightarrow C = 2E / U_c^2;$$

độ gợn (U_c): $U_c = (V_{max} - V_{min}) / V_{TB}$

Hình 6. Điện áp và dòng điện máy phát đơn sau chỉnh lưu tải RL

Tỉ số nhấp nhô điện áp:

$$K_c = U/U_m = (1 - 1/m_x 2CRf)(1/m_x CRf),$$



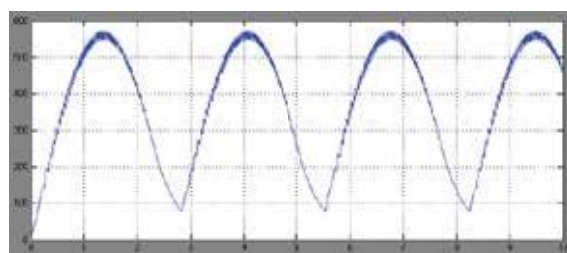
Hình 7. Điện áp máy phát đơn sau chỉnh có tụ C

Với tải $R=163\Omega$, tần số sóng biển $f_s=0,19\text{Hz}$ kết hợp tần số dao động đỉnh điện áp $f_a=5,9\text{Hz}$, để tỉ số nhấp nhô điện áp tổng $K_c=0,1$ ta có $(124C-1)/7688C^2=0,1$; giải phương trình được giá trị tụ điện $C=0,33\text{F}$. Để $K_c=0,01$ thì ta cần tụ $C=1,6\text{F}$. Kết hợp với độ gợn điện áp đỉnh ($f=5,9\text{Hz}$ nên $3849C-1/7401627C^2=K_c$) nếu chọn $K_c=0,001$ thì ta có $C=0,5\text{F}$, $C=2700\mu\text{F}$ (hình 7).

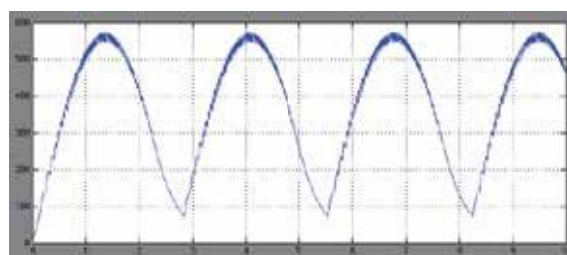
Khi có lọc

Với tụ điện $C=2700\mu\text{F}$, điện áp sau chỉnh lưu V_{dc} Khi không tải (hình 8)

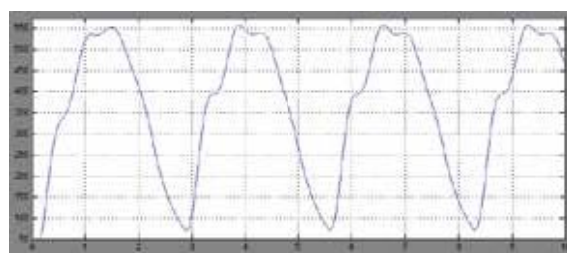
Độ dao động điện áp $\Delta U=572-564=8\text{V}$ (1,4%)



Hình 8. Điện áp và dòng điện máy phát đơn sau chỉnh lưu RC



Hình 9. Điện áp và dòng điện máy phát đơn sau chỉnh lưu RLC



Hình 10. Điện áp, dòng điện máy phát đơn sau chỉnh lưu lọc LC

Với tải $R=163\Omega$ thì điện áp sau chỉnh lưu V_{dc}

Độ dao động điện áp đỉnh $\Delta V=571-545=26\text{V}$ (4,6%); Giá trị điện áp không trở về 0 mà chỉ giảm xuống $U=77\text{V}$ rồi lại tăng lên 571V ; $\Delta U=571-77=494\text{V}$ (86,5%). Độ dao động dòng điện $\Delta I=3,5-3,35=0,15\text{A}$ (4,3%); Dòng điện không giảm về giá trị 0 mà về giá trị $I_{\min}=0,47\text{A}$.

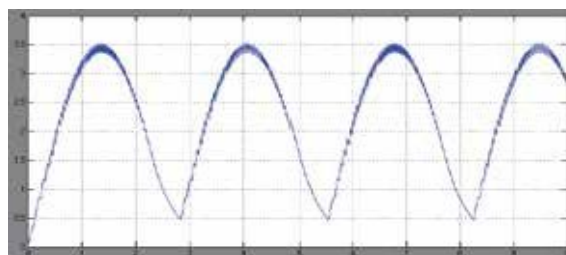
Tải RLC với $R=163\Omega$, $L=3\text{H}$ thì Điện áp sau chỉnh lưu V_{dc} .

Độ dao động điện áp đỉnh $\Delta V=572-549=23\text{V}$ (4%); Điện áp giảm về giá trị min $U_{\min}=75\text{V}$; $\Delta U=572-75=497\text{V}$ (86,8%). Độ dao động $\Delta I=3,455-3,425=0,03\text{A}$ (0,9%); Dòng điện giảm về giá trị $I_{\min}=0,47\text{A}$ (hình 9).

Nhận xét: Với tải RL, độ dao động dòng điện đỉnh giảm đi so với tải thuần trở R

Điện áp và dòng điện sau chỉnh lưu tại thời điểm min không về giá trị 0, điện dung $2700\mu\text{F}$ có khả năng lưu trữ năng lượng để cấp cho tải khi không có năng lượng đầu vào.

Tụ điện $C=2700\mu\text{F}$, điện cảm $L=3\text{H}$, tải $R=163\Omega$ Điện áp và dòng điện sau chỉnh lưu (hình 10).



Bảng 1. Các thông số sóng biển

Chiều cao sóng (m)	Chu kỳ sóng (s)	Vận tốc (m/s)	Tần số điện max (Hz)	Điện áp $V_{abc \text{ max}}$ (V)
1.5	5.5	0.87	5.88	330
2	6.2	1	6.7	380
2.6	7.1	1.1	7.7	437

Bảng 2. Tổng hợp kết quả chỉnh lưu máy phát đơn

V_{abc} (V)	$R_{tải}$ (Ω)	V_{hdph} (V)	U_{dc} (V)	I (A)	C (μ F)	L (H)	ΔV (V)	ΔU (V)	Δi (A)	P (W)
330	163	164	386	2,368	x	x	72		0.5	914
330	163	164	397.5	2.439	27000	x	25	494	0.14	969.5
330	163	164	563.8	3.459	0.5F	x		15	0.1	1950
330	163	164	403.2	2.474	27000	0.003	25		0.12	997.5
330	10	164	386.5	38.65	27000	0.003	110		11	14938
330	10	164	397.5	39.76	0.5	3		210	28	15804

Nhận xét: Với bộ lọc LC lớn độ dao động điện áp, dòng điện đỉnh giảm gần như bằng không. Độ dao động điện áp và dòng điện sau chỉnh lưu vẫn còn, độ dao động này phụ thuộc vào giá trị tụ điện C, điện cảm L và điện trở tải R.

2.4. Mô hình mô phỏng hệ thống phát điện sóng biển

Khi các thông số sóng biển thay đổi như bảng 1, tổng hợp kết quả ta thu được ở bảng 2:

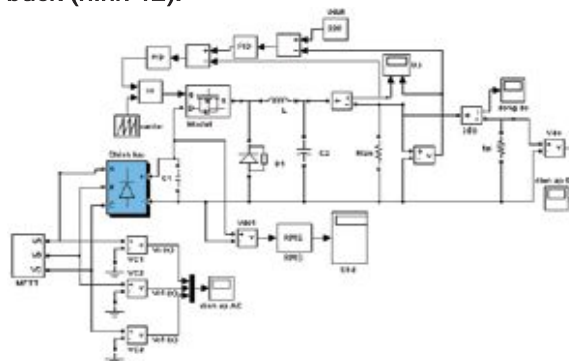
Khi có khâu DC buck

Mô hình chỉnh lưu điện áp máy phát đơn có khâu DC/DC buck được xây dựng được mô hình mô phỏng hệ thống phát điện sóng biển như trên hình 11.

2.5. Kết quả mô phỏng

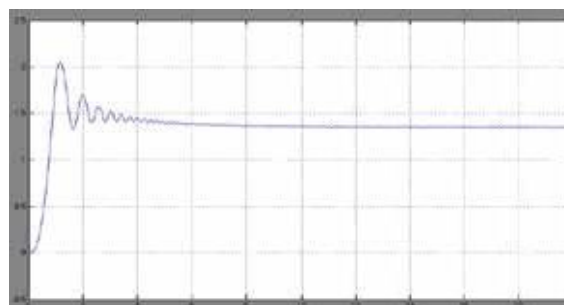
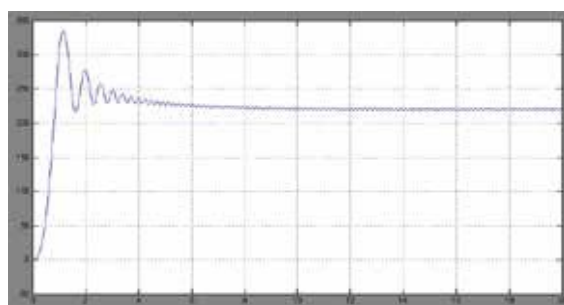
Với các giá trị các thông số: $R_{tản}=10\Omega$; $C1=0,5F$; $C2=0,05F$; $R_{tải}=163\Omega$; $L=3H$; điện áp đầu ra yêu cầu $U_{đặt}=220V$. ta thu được đặc tính

điện áp, dòng điện sau chỉnh lưu có khâu DC buck (hình 12).



Hình 11. Mô hình chỉnh lưu điện áp máy phát đơn có khâu DC/DC buck

Với các giá trị tải thay đổi ta thu được bảng tổng hợp kết quả như trên bảng 3.



Hình 12. Điện áp, dòng điện máy phát đơn sau chỉnh lưu với khâu DC buck

Bảng 3. Tổng hợp kết quả chỉnh lưu máy phát đơn có khâu DC buck

U_{hd} (V)	$U_{đặt}$ (V)	$R_{tải}$ (Ω)	I (A)	ΔU (V)	Δi (A)	P (W)	Ton (s)
548,1	220	163	1,36	3	0,018	299	11
530	220	10	22,2	1,4	0,14	4884	13
518	350	163	2,175	3,5	0,02	761	14
480,5	350	10	35	1,4	0,14	12250	16

3. Kết luận

Bài báo đã mô phỏng điện áp đầu ra máy phát tuyến tính đơn. Điện áp sau chỉnh lưu của máy phát đơn có độ gợn điện áp lớn, khi có thêm tụ lọc vào độ gợn điện áp giảm đi, độ gợn điện áp tỉ lệ nghịch với giá trị của tụ điện. Với tải RL độ dao động của dòng điện với tần số cao được loại bỏ. Với khâu điều chỉnh DC buck có độ dao động điện áp 1,4%(3V) với yêu cầu điện áp đầu ra ổn định là 220V ứng với công suất tải gần 299W, dòng điện đi qua tải là liên tục với độ dao động dòng là 0,018A giá trị dòng đặt 1,36A. Trong điều kiện sóng biển dao động với chu kỳ lớn thì giá trị điện áp đầu ra sau chỉnh lưu này tương đối ổn định và có thể sử dụng được cho các tải dân dụng với yêu cầu chất lượng điện năng thấp hoặc cấp nguồn cho các bộ tích lũy năng lượng (ắc quy) sau đó nghịch lưu thành nguồn AC có tần số và điện áp định mức phù hợp với tải tiêu thụ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Polinder, M.A. Mueller, M. Scutto and M. Goden de Sousa Prado, "Linear generator systems for wave energy conversion", Proceedings of the 7th European Wave and Tidal Energy Conference, Porto, Portugal, 2007
- [2] Ion Boldea "Linear electric actuators and generators", Polytechnic Institute, Timisoara, Romania, Syed A. Nasar, University of Kentucky 1997; Ion Boldea "Linear Electric Machines, Drives, and MAGLEVs Handbook", CRC press, 2013
- [3] Đào Minh Quân, *Máy phát điện xoay chiều tuyến tính nam châm vĩnh cửu trong khai thác điện sóng biển*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, 1.2014
- [4] Đào Minh Quân, *Tính toán năng lượng sóng cho công nghệ phát điện*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, 8.2014
- [5] Đào Minh Quân, *Tính toán thông số máy phát tuyến tính nam châm vĩnh cửu trong khai thác điện sóng biển*, 10.2014.

Ngày nhận bài: 28/2/2016
 Ngày phản biện: 10/3/2016
 Ngày chỉnh sửa: 12/3/2016
 Ngày duyệt đăng: 13/3/2016

GIẢI PHÁP CẢI THIỆN HIỆU NĂNG BẮT ĐỒNG BỘ TÍN HIỆU ĐỊNH VỊ TRONG MÔI TRƯỜNG NHIỀU PHỨC TẠP

A NOVEL SOLUTION TO WEAK NAVIGATION SIGNAL ACQUISITION IN STRONGLY INTERFERENCE ENVIRONMENT

PHẠM VIỆT HƯNG, NGUYỄN PHƯƠNG LÂM

Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Quá trình thu tín hiệu định vị được bắt đầu bằng việc bắt đồng bộ tín hiệu. Đây là quá trình phức tạp đặc biệt trong điều kiện tín hiệu bị suy hao và chịu ảnh hưởng của nhiễu đa đường. Bài báo này đề xuất giải pháp phân tập anten theo không gian để giảm ảnh hưởng của nhiễu đa đường trong quá trình bắt đồng bộ tín hiệu định vị. Hiệu năng của giải pháp được đánh giá thông qua đường cong đặc tính của máy thu (ROC) đã chứng minh sự cải thiện về xác suất