

# Phân tích thông số ảnh hưởng đến mật độ công suất phát của máy phát điện từ thủy động loại Faraday

- **Lê Chí Kiên**

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

(Bài nhận ngày 16 tháng 04 năm 2014, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 17 tháng 07 năm 2014)

## TÓM TẮT

Bài báo đã trình bày về mật độ công suất phát ra của máy phát điện từ thủy động (MHD) loại Faraday có xét đến trường hợp có và không có điện áp rơi trên điện cực. Điện cực của máy phát MHD trong bài báo này là loại phân đoạn nên sẽ có sự suy giảm của cả độ dẫn điện của chất khí làm việc và tham số Hall. Bài báo cũng định nghĩa thêm một hệ số tải để cho thấy ảnh hưởng của điện áp rơi trên điện cực đến công suất ra của máy phát

MHD. Kết quả tính toán và phân tích của bài báo được so sánh với những kết quả trước đây mà không xét đến điện áp rơi trên điện cực. Kết quả cho thấy sự phân đoạn điện cực và điện áp rơi ảnh hưởng rõ ràng đến thuộc tính của công suất phát ra. Điều này có ý nghĩa lớn trong việc thiết kế tối ưu máy phát MHD khi xét đến yếu tố công suất phát ra lớn nhất ứng với kích thước máy phát là nhỏ nhất.

**Từ khóa:** điện cực phân đoạn, tham số Hall, từ thủy động, độ dẫn điện, thuộc tính công suất.

## 1. GIỚI THIỆU

Công suất phát ra là một trong số những thông số quan trọng nhất cho thấy tính năng hoạt động của máy phát điện Từ thủy động (MagnetoHydroDynamics - MHD). Do đó, thông số này đã và đang được tìm hiểu rất kỹ thể hiện qua nhiều nghiên cứu [1-3], trong đó, tính năng phát điện của máy phát MHD đã được cải thiện khá tốt khi điện cực của máy phát được phân đoạn một cách vô hạn. Tuy nhiên, không phải lúc nào cũng có thể áp dụng điện cực phân đoạn vô hạn được do cấu tạo và công nghệ vật liệu của máy phát điện MHD, nên một số nghiên cứu khác đã đề cập đến công suất phát của máy phát điện MHD có điện cực hữu hạn nhưng chỉ xét đến sự suy giảm của độ dẫn điện [4-6] mà không xét đến tham

số Hall. Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu đến ảnh hưởng của điện cực phân đoạn hữu hạn đến công suất phát ra của máy phát điện MHD có xét đến sự suy giảm của cả độ dẫn điện của chất khí làm việc và tham số Hall.

Chúng ta đều biết rằng điện áp rơi trên điện cực sẽ ảnh hưởng ít nhiều đến công suất phát ra của máy phát điện MHD, đặc biệt là đối với những máy phát công suất thuộc loại nhỏ. Chính vì vậy mà nhiều nghiên cứu đã không xét đến điện áp rơi này trong quá trình tính toán công suất ra. Trong trường hợp đó, hệ số tải sẽ được định nghĩa dựa trên một điện áp tải được coi là hằng số. Hệ số tải được xác định kiểu này rõ ràng không thể áp dụng để xem xét ảnh hưởng của điện áp rơi trên điện cực đến công suất ra của máy phát điện Từ thủy

động loại Faraday. Vì vậy để xem xét được ảnh hưởng này của điện áp rơi, bài báo định nghĩa hệ số tải cho dòng chảy tự do của chất khí làm việc có nghĩa là tính đến điện áp rơi trên điện cực. Kết quả phân tích của bài báo sẽ được so sánh và nhận xét với kết quả các nghiên cứu trước đây.

**2. CÔNG THỨC VỀ DÒNG ĐIỆN**

Máy phát điện Từ thủy động được nghiên cứu ở đây là loại Faraday, điện cực phân đoạn, chu trình hồ, với chất khí làm việc là dạng plasma của sản phẩm đốt cháy nhiên liệu hóa thạch. Để áp dụng tính toán được trong điều kiện phạm vi nghiên cứu trên, một số giả thiết sau đây được thiết lập.

- (1) Độ dẫn điện và tham số Hall làm một hàm theo nhiệt độ và áp suất chất khí.
- (2) Sự phân bố dòng khí không đều dọc theo chiều chảy do bỏ qua chiều dài của điện cực.
- (3) Dòng khí có vận tốc nhỏ hơn âm thanh. Dòng khí thực tế được áp dụng định luật 1/7<sup>th</sup> Power Velocity Profile Law để mô tả sự phân bố nhiệt độ và vận tốc của chất khí ngang theo ống dẫn.
- (4) Từ trường đặt lên máy phát là hằng số và bỏ qua từ trường cảm ứng được sinh ra (số Reynolds từ trường << 1).
- (5) Đặc tính dòng khí dọc theo phương từ trường là không đổi.
- (6) Sự phân bố của các thông số chất khí không phụ thuộc và hệ số tải.
- (7) Các hiệu ứng cuối ống dẫn được bỏ qua.
- (8) Các điện cực phân đoạn cách điện nhau hoàn toàn.
- (9) Sự trượt của các ion được bỏ qua.
- (10) Dòng điện dịch chuyển từ plasma đến điện cực ở chế độ khuếch tán.

Định luật Ohm cơ bản trong trường điện từ của máy phát điện MHD với điện cực phân đoạn được biểu diễn như sau:

$$\mathbf{j} = \sigma_{eff}(\mathbf{E} + \mathbf{u} \times \mathbf{B}) - \frac{\beta_{eff}}{B} \mathbf{j} \times \mathbf{B} \tag{1}$$

Trong đó,  $\sigma_{eff}$  và  $\beta_{eff}$  là các giá trị suy giảm của độ dẫn điện  $\sigma$  và tham số Hall  $\beta (= \mu B)$  do điện cực bị phân đoạn [7]

$$\frac{\sigma_{eff}}{\sigma} = \frac{\beta_{eff}}{\beta} = \frac{1}{\alpha} \tag{2}$$

với  $\alpha = 1 + \rho_i(\beta_0 - 0.4)$ .

Ở đây,  $\rho_i$  được gọi là tỉ số phân đoạn điện cực là tỉ số của chiều dài một điện cực trên chiều rộng của ống dẫn MHD,  $\mu$  là độ di chuyển của điện tử,  $\mathbf{E}$  là điện trường,  $\mathbf{B}$  là từ trường đặt lên ống dẫn, và  $\mathbf{u}$  là vận tốc dòng khí (plasma). Ký hiệu “0” của thông số trong biểu thức trên mang ý nghĩa là giá trị trong dòng chảy tự do. Giả thiết là dòng khí plasma chảy theo phương trục x, từ trường theo phương trục z thì các thành phần trong công thức (1) có thể được viết lại là:

$$j_x = \frac{\sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} E_x - \frac{\beta_{eff} \sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} (E_y - uB) \tag{3}$$

$$j_y = \frac{\beta_{eff} \sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} E_x + \frac{\sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} (E_y - uB) \tag{4}$$

Dựa theo cách tính trung bình dòng điện của tác giả Saha [8] theo phương ngang của ống dẫn (phương trục y) thì công thức dòng điện trung bình đối với điện cực phân đoạn được biểu diễn là:

$$\begin{pmatrix} \langle j_x \rangle \\ j_y \end{pmatrix} = \frac{\langle \sigma \rangle}{\alpha(G + \langle \beta \rangle^2)} \begin{pmatrix} G & -\langle \beta \rangle \\ \langle \beta \rangle & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} E_x \\ \langle E_y \rangle - \langle u \rangle B \end{pmatrix} \tag{5}$$

trong đó,

$$G = \langle \sigma \rangle \left\langle \frac{1 + \beta^2}{\sigma} \right\rangle - \langle \beta \rangle^2$$

Ký hiệu  $\langle \rangle$  trong công thức trên mang ý nghĩa là giá trị trung bình. Tuy nhiên, trong trường hợp điện cực phân đoạn làm giảm cả  $\sigma$  và  $\beta$  thì công thức dòng điện trung bình lại được biểu diễn là:

$$\begin{pmatrix} \langle j_x \rangle \\ \langle j_y \rangle \end{pmatrix} = \frac{\langle \sigma \rangle}{G' + \langle \beta \rangle^2} \begin{pmatrix} G'/\alpha & -\langle \beta \rangle \\ \langle \beta \rangle & \alpha \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} E_x \\ \langle E_y \rangle - \langle u \rangle B \end{pmatrix} \quad (6)$$

trong đó,

$$G' = \langle \sigma \rangle \left\langle \frac{\alpha^2 + \beta^2}{\sigma} \right\rangle - \langle \beta \rangle^2$$

### 3. CÔNG SUẤT PHÁT

Công suất phát ra của máy phát điện MHD tính trên một đơn vị thể tích, còn được gọi là mật độ công suất, được xác định:

$$P = -\langle \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} \rangle \quad (7)$$

Đối với máy phát điện MHD loại Faraday điện cực được cách điện hoàn toàn thì  $\langle j_x \rangle = 0$  nên công thức (7) sẽ được viết lại thành:

$$P = -\langle j_y E_y \rangle \quad (8)$$

Công thức (8) có thể được ước lượng xấp xỉ dựa vào mật độ dòng điện trung bình được đưa ra bởi tác giả Saha trình bày trong [8] với  $j_y$  được thay vào từ công thức (4):

$$P = -\frac{1}{D} \int_0^D j_y E_y dy = -\frac{1}{D} \int_0^D \left[ \frac{\beta_{eff} \sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} E_x + \frac{\sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} (E_y - uB) \right] E_y dy \quad (9)$$

với  $D$  là chiều rộng của ống dẫn MHD (khoảng cách giữa 2 điện cực đối diện nhau).

#### 3.1. Không xét điện áp rơi

Trước hết định nghĩa hệ số tải  $K$ :

$$K = \frac{E_{y0}}{\langle u \rangle B} \quad (10)$$

Nếu coi điện áp rơi trên điện cực khá nhỏ so với điện áp sinh ra trên điện cực của máy phát điện MHD loại Faraday thì công thức (9) có thể được viết lại:

$$P = K(1-K)B^2 \left\langle \frac{\sigma_{eff} u^2}{1 + \beta_{eff}^2} \right\rangle - KBE_x \left\langle \frac{u\beta_{eff}\sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} \right\rangle \quad (11)$$

Vì  $E_x$  mang dấu âm đối với máy phát loại Faraday nên công thức trên có thể được viết dưới một dạng khác:

$$P = P_1 + P_2 \quad (12)$$

trong đó,

$$P_1 = K(1-K)B^2 \left\langle \frac{\sigma_{eff} u^2}{1 + \beta_{eff}^2} \right\rangle \quad (13)$$

$$P_2 = KB|E_x| \left\langle \frac{u\beta_{eff}\sigma_{eff}}{1 + \beta_{eff}^2} \right\rangle \quad (14)$$

Sau khi lấy trung bình các đại lượng trên theo phương ngang ống dẫn MHD, chúng ta có được biểu thức  $P_1$  và  $P_2$  như sau:

$$P_1 = \frac{\sigma_{eff0} u_0^2 B^2 K(1-K)}{1 + \beta_{eff0}^2} (1 - Z_1) \quad (15)$$

$$P_2 = \frac{u_0 \sigma_{eff0} \beta_{eff0} KB |E_x|}{1 + \beta_{eff0}^2} (1 - Z_2) \quad (16)$$

trong đó,

$$Z_1 = \frac{2\delta}{D} \left[ 1 - \int_0^1 \frac{\sigma}{\sigma_0} \frac{u^2}{u_0^2} \frac{1 + \beta_{eff0}^2}{\beta_{eff0}^2 \left( \frac{1}{\beta_{eff0}^2} + \frac{\beta^2}{\beta_0^2} \right)} d(y/\delta) \right] \quad (17)$$

$$Z_2 = \frac{2\delta}{D} \left[ 1 - \int_0^1 \frac{\sigma}{\sigma_0} \frac{u}{u_0} \frac{\beta}{\beta_0} \frac{1 + \beta_{eff0}^2}{\beta_{eff0}^2 \left( \frac{1}{\beta_{eff0}^2} + \frac{\beta^2}{\beta_0^2} \right)} d(y/\delta) \right] \quad (18)$$

với  $\delta$  là độ dày lớp biên nhiệt/vận tốc. Việc tính toán  $Z_1$  và  $Z_2$  đòi hỏi việc phân bố các thông số của chất khí ngang qua ống dẫn MHD như sau [9]:

$$y/\delta = \left( \frac{u}{u_0} \right)^7$$

$$y/\delta = \left( \frac{T - T_w}{T_0 - T_w} \right)^7 = \left( \frac{\theta - \theta_w}{1 - \theta_w} \right)^7$$

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \theta^{3/4} \exp \left[ \gamma \left( 1 - \frac{1}{\theta} \right) \right] \quad (19)$$

$$\frac{\beta}{\beta_0} = \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1/2} = \theta^{1/2}$$

trong đó  $\theta = T/T_0$ ,  $\gamma = \varepsilon_i / 2kT_0$  với  $\varepsilon_i$  và  $T_w$  lần lượt là thế ion hóa nguyên tử chất cấy và nhiệt độ điện cực. Từ công thức (19), công thức (17) và (18) được viết lại thành:

$$Z_1 = \frac{2\delta}{D} \left\{ 1 - \frac{7(1 + \beta_{eff0}^2)}{\beta_{eff0}^2 (1 - \theta_w)^9} \int_{\theta_w}^1 \theta^{3/4} (\theta - \theta_w)^8 \times \right. \\ \left. \times \left( \theta + \frac{1}{\beta_{eff0}^2} \right)^{-1} \exp \left[ \gamma \left( 1 - \frac{1}{\theta} \right) \right] d\theta \right\} \quad (20)$$

$$Z_2 = \frac{2\delta}{D} \left\{ 1 - \frac{7(1 + \beta_{eff0}^2)}{\beta_{eff0}^2 (1 - \theta_w)^8} \int_{\theta_w}^1 \theta^{5/4} (\theta - \theta_w)^7 \times \right. \\ \left. \times \left( \theta + \frac{1}{\beta_{eff0}^2} \right)^{-1} \exp \left[ \gamma \left( 1 - \frac{1}{\theta} \right) \right] d\theta \right\} \quad (21)$$

Sau khi thay các biểu thức  $\sigma_{eff0}$  và  $\beta_{eff0}$  trong công thức (15), (16), chúng ta có được biểu thức cuối cùng của mật độ công suất thông qua công thức (12) như sau:

$$P^* = \frac{4\mu_0^2 P}{\sigma_0 u_0^2} = \\ = \frac{4\beta_0^2}{\alpha^2 + \beta_0^2} \left[ \frac{\alpha K (1 - K) (1 - Z_1) +}{u_0 B} (1 - Z_2) \right] \quad (22)$$

### 3.2. Có xét điện áp rơi

Đối với máy phát điện MHD loại lớn thì điện áp rơi trên điện cực có thể được bỏ qua, nhưng đối với máy phát loại nhỏ thì điện áp rơi này phải được xét đến. Khi điện áp rơi là hữu hạn thì hệ số tải thực tế  $K_L$  được xác định:

$$K_L = K - \frac{\Delta V}{\langle u \rangle BD} \quad (23)$$

trong đó  $\Delta V$  là tổng điện áp rơi trên điện cực xảy ra trên cả cathode và anode. Áp dụng hệ số tải được hiệu chỉnh này vào trong công thức (22) chúng ta có được biểu thức mật độ công suất:

$$P^* = \frac{4\beta_0^2}{\alpha^2 + \beta_0^2} \left[ \frac{\alpha K_L (1 - K_L) (1 - Z_1) +}{u_0 B} (1 - Z_2) \right] \quad (24)$$

### 4. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

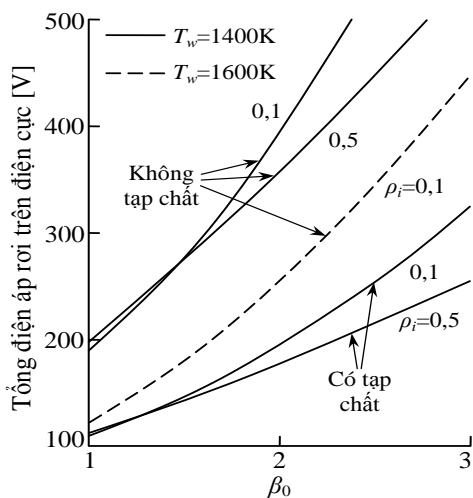
Trước đây, nhiều nghiên cứu đã cố gắng tính toán điện áp rơi trên điện cực của máy phát điện MHD loại Faraday nhưng trong những điều kiện khác nhau. Mới đây nhất là tác giả Siddiqui [10] đã tính điện áp rơi trên điện cực trong điều kiện tham số Hall là đồng nhất và không đồng nhất theo chiều ngang ống dẫn MHD. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, chất khí làm việc là một dạng plasma mô hình số rất chuẩn. Trong thực tế, chất khí làm việc của máy phát điện MHD là sản phẩm từ phản ứng cháy nhiên liệu hóa thạch nên rất khó hình thành được dạng plasma lý tưởng vì phản ứng cháy có thể hoàn toàn (cháy sạch) hoặc không hoàn toàn (sản phẩm cháy có lẫn tạp chất, tro, xỉ...). Nếu phản ứng cháy là không hoàn toàn thì trong chất khí làm việc sẽ lẫn tạp chất chắc chắn sẽ ảnh hưởng tới chất lượng phát điện của máy phát MHD, đồng thời tro, xỉ bám vào bề mặt điện cực sẽ ảnh hưởng ít nhiều tới điện áp trên điện cực. Trong bài báo này, tác giả áp dụng những nghiên cứu trước vào tính toán điện áp rơi xét cả hai trường hợp cháy sạch và không sạch tức là điện cực không bị và bị bám tạp chất trên bề mặt.

Các giá trị tiêu biểu để tính toán đối với máy phát điện MHD loại Faraday, điện cực phân đoạn hữu hạn được cho ở bảng 1.

**Bảng 1.** Thông số tiêu biểu

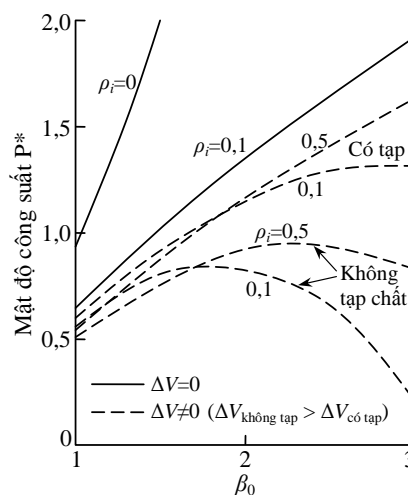
$T_0$	2600K
$j_y$	$1,7 \times 10^4 \text{A/m}^2$
$B$	1,7T
$\sigma_0$	9,1mho/m
$u_0$	350m/s
$\delta$	0,015m
$ E_x $	117V/m

Trước hết, chúng ta tính điện áp rơi trên điện cực trong trường hợp có và không có tạp chất trên bề mặt điện cực ứng với những giá trị khác nhau của  $T_w$ ,  $\beta_0$ ,  $\rho_i$ . Nhiệt độ của tạp chất  $T_s$  có thể thay đổi tùy thuộc vào tỉ lệ tạp chất trong chất khí làm việc, tuy nhiên đối với nhiệt độ chất khí 2600K như được cho ở bảng 1 thì nhiệt độ  $T_s$  thường nằm trong khoảng 1700-1900K. Trong bài báo này với trường hợp có tạp chất, nhiệt độ tạp chất được chọn trung bình  $T_s=1800\text{K}$ , và nhiệt độ điện cực  $T_w$  rõ ràng sẽ bằng với nhiệt độ tạp chất.



**Hình 1.** Sự thay đổi của điện áp rơi trên điện cực theo  $\beta_0$  ứng với các giá trị khác nhau của  $\rho_i$  và  $T_w$  trong trường hợp có và không có tạp chất tại ống dẫn MHD.

Hình 1 cho thấy sự thay đổi của điện áp rơi theo giá trị tham số Hall  $\beta_0$  ứng với các giá trị khác nhau của  $T_w$  và  $\rho_i$  trong trường hợp có và không có tạp chất. Từ đồ thị hình 1, ta nhận thấy điện áp rơi sẽ tăng theo tham số Hall. Thêm nữa, khi tham số Hall  $\beta_0$  nhỏ hơn một giá trị xác định (điểm giao nhau của đồ thị  $\rho_i=0,01$  và  $0,05$ ) thì tỉ số phân đoạn điện cực  $\rho_i$  càng lớn sẽ làm điện áp rơi càng lớn nhưng không hơn không kém, tuy nhiên khi  $\beta_0$  lớn hơn giá trị xác định này thì tỉ số phân đoạn điện cực càng lớn sẽ làm điện áp rơi càng giảm mạnh. Nếu so sánh giữa trường hợp có tạp chất với không có tạp chất thì từ đồ thị ta cũng nhận thấy điện áp rơi trên điện cực cũng giảm rất nhiều trong trường hợp có tạp chất. Ngoài ra, ta còn nhận thấy khi nhiệt độ điện cực  $T_w$  tăng thì điện áp rơi trên điện cực sẽ giảm.

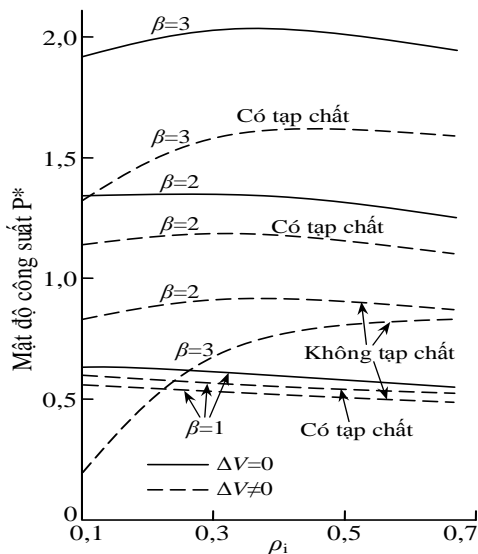


**Hình 2.** Sự phụ thuộc của mật độ công suất vào  $\beta_0$  ứng với các giá trị khác nhau của  $\rho_i$  và  $\Delta V$  tại  $T_w=1400\text{K}$  và  $T_s=1800\text{K}$ .

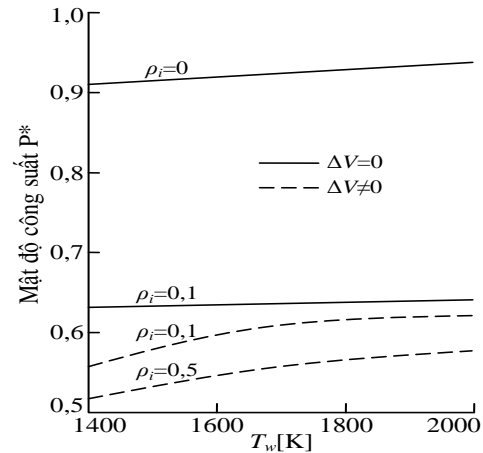
Tiếp theo, mật độ công suất được tính toán dựa theo công thức (20)-(24) với những giá trị khác nhau của  $\beta_0$ ,  $\rho_i$ , và  $T_w$ .  $K$  được chọn bằng 0,5 tuy nhiên khi  $\Delta V$  trong phạm vi cho phép thì chúng ta sẽ phải xác định  $K$  cụ thể hơn bằng cách giả thiết giá trị  $\langle u \rangle_{BD}=1500\text{V}$  trong việc tính toán mật độ công suất. Hình 2 cho thấy sự thay đổi của mật độ công suất theo tham số Hall ứng với các giá trị

khác nhau của  $\rho_i$  và  $T_w=1400K$ . Khi  $\rho_i=0$ , trường hợp không xét điện áp rơi (máy phát Faraday lý tưởng) thì mật độ công suất tăng nhanh theo  $\beta_0$  mà không tìm được giá trị  $\beta_0$  nào tối ưu. Trong thực tế, khi  $\rho_i=0,1$ , sự tăng của mật độ công suất thấp hơn nhiều so với trường hợp máy phát lý tưởng và sẽ trở thành tối ưu tại những giá trị  $\beta_0$  cao. Trường hợp có xét đến điện áp rơi, chúng ta tìm được giá trị tối ưu của  $\beta_0=1,9$  khi không có tạp chất và  $\beta_0$  bằng khoảng 3 khi có tạp chất ứng với  $\rho_i=0,1$ . Giá trị tối ưu này của  $\beta_0$  sẽ lớn hơn nếu giá trị  $\rho_i$  cao hơn.

Hình 3 cho thấy sự thay đổi của mật độ công suất theo  $\rho_i$  ứng với các giá trị khác nhau của  $\beta_0$  và  $\Delta V$ . Tại  $\beta_0=1$ , mật độ công suất giảm chậm khi  $\rho_i$  tăng, và giữ nguyên đặc tính này ngay cả khi có xét đến điện áp rơi. Tuy nhiên, mật độ công suất lại tăng khi  $\rho_i$  giảm và sau đó giảm khi  $\rho_i$  tăng tại những giá trị  $\beta_0$  lớn. Đặc tính ban đầu tăng tại những giá trị  $\beta_0$  lớn sẽ càng nhiều hơn khi xét đến điện áp rơi trong trường hợp không có tạp chất.



**Hình 3.** Sự phụ thuộc của mật độ công suất vào  $\rho_i$  ứng với các giá trị khác nhau của  $\beta_0$  và  $\Delta V$  tại  $T_w=1400K$  và  $T_s=1800K$ .



**Hình 4.** Sự phụ thuộc của mật độ công suất vào  $T_w$  ứng với các giá trị khác nhau của  $\rho_i$  và  $\Delta V$  tại  $\beta_0=1$  (không có tạp chất).

Ảnh hưởng của nhiệt độ điện cực đến mật độ công suất được biểu diễn ở hình 4 xét trong hai trường hợp:  $\Delta V=0$  (máy phát lý tưởng), và  $\Delta V \neq 0$  (máy phát thực tế). Từ hình này, chúng ta nhận thấy mật độ công suất sẽ tăng theo sự tăng của nhiệt độ  $T_w$ . Trong trường hợp thực tế, mật độ công suất giảm nhiều so với trường hợp lý tưởng, và tại cùng một giá trị của nhiệt độ điện cực, tỉ số phân đoạn điện cực càng nhỏ thì mật độ công suất lại càng lớn.

### 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích thuộc tính của công suất phát ra của máy phát điện Từ thủy động loại Faraday điện cực phân đoạn thông qua một thông số được gọi là mật độ công suất. Các thông số ảnh hưởng đến mật độ công suất được xét đến bao gồm nhiệt độ điện cực, tham số Hall của dòng chảy tự do, tỉ số phân đoạn điện cực, và tổng điện áp rơi trên điện cực. Bài báo đã coi sự phân đoạn điện cực làm giảm cả độ dẫn điện lẫn tham số Hall, trong khi những nghiên cứu trước chỉ coi sự phân đoạn điện cực làm giảm duy nhất độ dẫn điện. Đây có thể coi như một bước phân tích hoàn chỉnh hơn những nghiên cứu trước về ảnh hưởng của sự phân đoạn điện cực. Bài báo cũng cho thấy

sự ảnh hưởng rõ ràng của điện áp rơi trên điện cực đối với mật độ công suất phát ra ở những máy phát điện Từ thủy động công suất nhỏ. Chất khí làm việc được xét đến trong bài báo là một dạng plasma hình thành từ quá trình đốt nhiên liệu hóa thạch trong đó có lẫn tạp chất không cháy hết (tro, xỉ). Bài báo cho thấy rằng nếu bỏ qua điện áp rơi trên điện cực, không có giá trị nào của tham số Hall trong khoảng từ 1~3 để tối ưu mật độ công suất phát ra, nhưng nếu xét đến điện áp rơi thì sẽ có giá trị tối ưu của tham số Hall. Giá trị tham số Hall tối ưu này sẽ tăng lên nếu xem như có một lớp tạp chất xỉ bám trên bề mặt ống dẫn MHD. Mật độ công suất của máy phát điện Từ thủy động thực tế (có xét đến điện áp rơi trên điện cực) sẽ

thấp hơn nhiều so với trường hợp máy phát điện lý tưởng. Giá trị tối ưu của tham số Hall sẽ tăng lên một chút nếu tỉ số phân đoạn điện cực tăng, và mật độ công suất sẽ tăng khi tỉ số phân đoạn điện cực giảm đối với những giá trị tham số Hall nhỏ hơn giá trị tối ưu. Do đó, sự thay đổi của sự phân đoạn điện cực cũng như điện áp rơi trên điện cực sẽ định hình đáng kể thuộc tính của mật độ công suất phát ra, và những thông số này cần phải được xem xét một cách kỹ lưỡng khi phân tích về tính năng, hoạt động của một máy phát điện Từ thủy động thực tế loại Faraday.

## Analyses on the parameters affected to the output power density of a Faraday-type MHD generator

- **Le Chi Kien**

Ho Chi Minh City University of Technology and Education- kienlc@hcmute.edu.vn

### **ABSTRACT**

*This paper has shown the power density of a Faraday-type Magnetohydrodynamic (MHD) generator considering the presence of electrode voltage drop. The electrode of the MHD generator used in this paper is a segmented type, therefore there is a reduction of electrical conductivity and Hall parameter. The paper has also defined a load factor to express the effects of voltage drop on the electrode to the output power of an*

*MHD generator. The results obtained from this paper have been analyzed and compared to the previous results where the voltage drop of the electrode is not considered. As a result, the segmented electrode and the voltage drop have affected significantly to the characteristics of the output power. This result is significant for optimization of the MHD generator with respect to the maximum power density.*

**Keywords:** *segmented electrode, Hall parameter, magnetohydrodynamics, electrical conductivity, power characteristics.*

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. S.M. Aithal, Shape Optimization of a MHD Generator Based on Pressure Drop and Power Output Constraints, *International Journal of Thermal Sciences*, 47, 6, 778-786 (2008).
- [2]. Cédric Vogin, Antoine Alemany, Analysis of the Flow in a Thermo-Acoustic MHD Generator with Conducting Walls, *European Journal of Mechanics - B/Fluids*, 26, 4, 479-493 (2007).
- [3]. Motoo Ishikawa, Kazuya Itoh, Three Dimensional Constricted Electric Current Near Anode and Cathode of Faraday MHD Generator, *Energy Conversion and Management*, 44, 13, 2111-2124 (2003).
- [4]. S.M. Aithal, Analysis of Optimum Power Extraction in a MHD Generator with Spatially Varying Electrical Conductivity, *International Journal of Thermal Sciences*, 47, 8, 1107-1112 (2008).
- [5]. Y. Inui, H. Ito, T. Ishida, Two Dimensional Simulation of Closed Cycle Disk MHD Generator Considering Nozzle and Diffuser, *Energy Conversion and Management*, 45, 13-14, 1993-2004 (2004).
- [6]. O.D. Makinde, O.O. Onyejekwe, A Numerical Study of MHD Generalized Couette Flow and Heat Transfer with Variable Viscosity and Electrical Conductivity, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 323, 22, 2757-2763 (2011).
- [7]. S. Satake, T. Kunugi, N. Naito, A. Sagara, Direct Numerical Simulation of MHD Flow with Electrically Conducting Wall, *Fusion Engineering and Design*, 81, 1-7, 367-374 (2006).
- [8]. L.K. Saha, M.A. Hossain, R.S.R. Gorla, Effect of Hall Current on the MHD Laminar Natural Convection Flow from a Vertical Permeable Flat Plate with Uniform Surface Temperature, *International Journal of Thermal Sciences*, 46, 8, 790-801 (2007).
- [9]. M. Ishikawa, Y. Koshihara, T. Matsushita, Effects of Induced Magnetic Field on Large Scale Pulsed MHD Generator with Two Phase Flow, *Energy Conversion and Management*, 45, 5, 707-724 (2004).
- [10]. A.M. Siddiqui, M.A. Rana, Naseer Ahmed, Effects of Hall Current and Heat Transfer on MHD Flow of a Burgers' Fluid Due to a Pull of Eccentric Rotating Disks, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 13, 8, 1554-1570 (2008).