

QUI HOẠCH HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN XÉT ĐẾN KHẢ NĂNG THAM GIA CỦA NGUỒN TUABIN KHÍ

Vũ Văn Thắng

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Bài toán qui hoạch hệ thống cung cấp điện ngày càng trở lên phức tạp với nhiều phần tử tham gia trên không gian lớn, thông số mang tính ngẫu nhiên khó dự báo trước như giá điện, phụ tải điện... Ngoài ra, khi tuabin khí tham gia trong hệ thống cung cấp điện (HTCCĐ) sẽ làm thay đổi lớn các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của bài toán. Bài báo đề xuất mô hình hai bước qui hoạch HTCCĐ khi xét đến khả năng tham gia của tuabin khí với hàm mục tiêu cực tiểu chi phí vòng đời của phương án đầu tư và các ràng buộc đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật. Tính toán kiểm tra trên sơ đồ HTCCĐ hình tia 7 nút, sử dụng ngôn ngữ lập trình GAMS.

Từ khóa: *Qui hoạch HTCCĐ, Tuabin khí*

I. GIỚI THIỆU

Nguồn phân tán nói chung trong đó có tuabin khí (TBK) có những tác động tích cực tới các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của HTCCĐ như giảm tổn thất điện áp, tổn thất công suất và tổn thất điện năng đồng thời trì hoãn việc nâng cấp đường dây, TBA nguồn [1][2]. Do đó, nhiều nghiên cứu ứng dụng nguồn điện phân tán (DG) trong qui hoạch HTCCĐ đã được thực hiện [3][4] với một số mô hình chỉ đảm bảo chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống mà không quan tâm đến hiệu quả kinh tế của phương án qui hoạch. Hàm mục tiêu cực tiểu chi phí đầu tư và vận hành của hệ thống khi xét đến khả năng lựa chọn TBK được đề xuất trong [5] hay sử dụng chỉ tiêu cực tiểu chi phí vòng đời của phương án đầu tư được đề xuất trong [6][7][8].

Gần đây, mô hình hai bước qui hoạch HTCCĐ cho phép lựa chọn đồng thời thông số đầu tư của các thiết bị và xét đến khả năng đầu tư DG được đề xuất trong [9][10][11]. Những nghiên cứu trên sử dụng giá điện trung bình, chi phí tổn thất điện năng tính trong chế độ phụ tải cực đại và thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất. Tuy nhiên, giá điện và phụ tải thường thay đổi lớn theo thời gian nên những mô hình trên sẽ có sai số lớn.

Do đó, bài báo đề xuất mô hình hai bước qui hoạch HTCCĐ xét đến khả năng tham gia, hiệu quả của TBK khi phụ tải thay đổi theo

đồ thị phụ tải (ĐTPT) ngày điển hình và đặc tính giá bán điện theo thời gian trong ngày. Tổn thất công suất và tổn thất điện năng được tính toán theo ĐTPT khi sử dụng ràng buộc cân bằng công suất nút AC. Ngoài ra, chỉ tiêu chi phí vòng đời cũng được sử dụng để đánh giá hiệu quả của phương án đầu tư.

Phần tiếp theo của bài báo sẽ trình bày chi tiết mô hình qui hoạch HTCCĐ xét đến khả năng đầu tư và hiệu quả của TBK trong phần II. Phần III trình bày kết quả tính toán áp dụng và những đánh giá, kết luận được trình bày trong phần IV.

II. MÔ HÌNH TOÁN

1. Sơ đồ khối

Sơ đồ khối của mô hình hai bước đề xuất trong nghiên cứu này như hình 1. Bước cơ sở lựa chọn thông số nâng cấp của đường dây, TBA đồng thời xác định vị trí đầu tư của TBK với biến lựa chọn sử dụng biến thực nhằm giảm khối lượng tính toán. Hàm mục tiêu cực tiểu chi phí vòng đời của phương án đầu tư trong giai đoạn qui hoạch và các ràng buộc kỹ thuật nhằm đảm bảo yêu cầu vận hành của HTCCĐ. Kết quả tính toán được sử dụng làm thông số đầu vào của bước hiệu chỉnh sau khi lựa chọn lại thông số nâng cấp của thiết bị theo các giá trị tiêu chuẩn. Do đó, bước hiệu chỉnh xác định được công suất và thời gian đầu tư tối ưu của TBK cùng với thông số chế độ của HTCCĐ trong giai đoạn qui hoạch khi

thông số nâng cấp của đường dây, TBA nguồn đã được xác định theo thông số tiêu chuẩn.

2. Mô hình cơ sở

Mô hình sử dụng hàm mục tiêu cực tiểu chi phí vòng đời như biểu thức (1).

$$\begin{aligned}
 J_1 = & \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t} \cdot \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N L_{ij} (C_{F0} \cdot \alpha_{ij,t} + C_F \cdot F_{ij,t}) \right) \textcircled{1} \\
 & + \sum_{i=1}^{N_S} (C_{S0} \cdot \gamma_{i,t} + C_S \cdot \Delta S_{i,t}^S) + \sum_{i=1}^{N_{TB}} C_i^{TB} \cdot P_{i,t}^{TB} \textcircled{2} \textcircled{3} \\
 & + \sum_{i=1}^{N_{TB}} 8760 \cdot (\rho_P^{TB} \cdot P_{i,t}^{TB} + \rho_Q^{TB} \cdot Q_{i,t}^T) \textcircled{4} \\
 & + \sum_{i=1}^{N_S} \sum_{s=1}^{S_S} \sum_{h=1}^H D_s (\rho_{P,h}^S \cdot P_{i,t,s,h}^S + \rho_{Q,h}^S \cdot Q_{i,t,s,h}^S) + R_t \textcircled{5} \textcircled{6} \rightarrow Min
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\forall ij \in N, t \in T, s \in S_S, h \in H$$

Chi tiết các thành phần của hàm mục tiêu như sau:

- $1/(1+r)^t$ là thành phần qui đổi các chi phí trong hàm mục tiêu về thời điểm hiện tại với hệ số chiết khấu r ; T là tổng số năm trong giai đoạn qui hoạch; H là tổng số giờ trong ngày; N là tổng số nút trong HTCCĐ; N_{TB} là số nút có thể đầu tư TBK hay máy phát diesel; N_S và S_S là số nút tổng số nút TBA và tổng số mùa trong năm

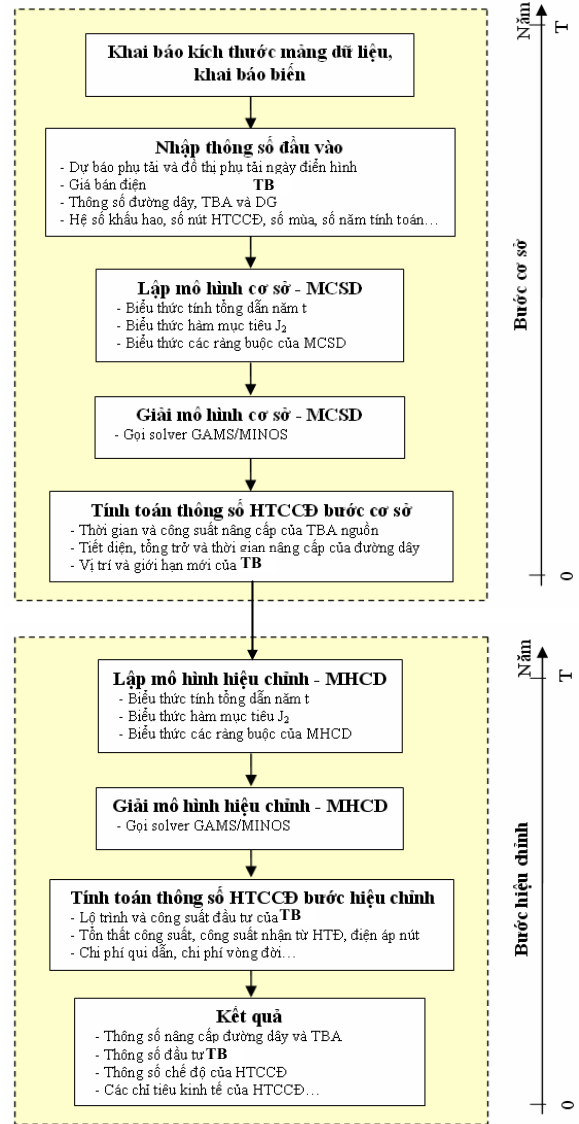
- Thành phần ① là chi phí đầu tư nâng cấp các đường dây với C_{F0}, C_F là chi phí nâng cấp đường dây, $F_{ij,t}$ là biến tiết diện nâng cấp, $\alpha_{ij,t}$ là biến nhị phân và chiều dài đường dây là L_{ij}

- Thành phần ② là tổng chi phí đầu tư nâng cấp các trạm biến áp (TBA) nguồn với C_{S0}, C_S là các thành phần chi phí, $\Delta S_{i,t}^S$ là biến công suất nâng cấp và $\gamma_{i,t}$ là biến nhị phân quyết định nâng cấp của TBA

- Thành phần ③ là chi phí đầu tư của TBK với C_i^{TB} là suất chi phí đầu tư tại mỗi vị trí xây dựng và $P_{i,t}^{TB}$ là công suất đầu tư trong năm t

- Thành phần ④ là chi phí vận hành và nhiên liệu của TBK hay máy phát diesel. Nguồn này có đặc điểm riêng là khả năng dự trữ nguồn năng lượng sơ cấp nên thường được vận hành với công suất định mức nhằm đạt

được hiệu suất cao nhất. Vì vậy, công suất phát của TBK luôn là định mức, ký hiệu là $P_{i,t}^{TB}, Q_{i,t}^{TB}$ và suất chi phí vận hành là ρ_P^{TB}, ρ_Q^{TB} .



Hình 1. Sơ đồ khối qui hoạch HTCCĐ khi xét đến khả năng tham gia của TBK

- Thành phần ⑤ là chi phí mua điện từ hệ thống qua các TBA nguồn với $P_{i,t,s,h}^S, Q_{i,t,s,h}^S$ là công suất tác dụng (CSTD) và công suất phản kháng (CSPK) nhận từ hệ thống. $\rho_{P,h}^S, \rho_{Q,h}^S$ là giá điện với số ngày trong mùa là D_s

- Thành phần ⑥ là giá trị còn lại của thiết bị đầu tư ở cuối giai đoạn qui hoạch như biểu thức (2). Trong đó: T_F, t_{kh}^F là tuổi thọ và thời

gian khấu hao của đường dây. T_S, t_{kh}^S là tuổi thọ và thời gian khấu hao của TBA. T_{TB}, t_{kh}^{TB} là tuổi thọ và thời gian khấu hao của TBK hay máy phát diesel.

$$R_t = \frac{(t_{kh}^F - T_F)}{T_F} \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N L_{ij} (C_{F0} \cdot \alpha_{ij,t} + C_F \cdot F_{ij,t}) + \frac{(t_{kh}^S - T_S)}{T_S} \cdot \sum_{i=1}^{N_S} (C_{S0} \cdot \gamma_{i,t} + C_S \cdot \Delta S_{i,t}^S) + \frac{(t_{kh}^{TB} - T_{TB})}{T_{TB}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{TB}} C^{TB} \cdot P_{i,t}^{TB} \quad (2)$$

Các ràng buộc được sử dụng trong mô hình nhằm xác định điều kiện nâng cấp, đầu tư thiết bị đồng thời đảm bảo các chỉ tiêu KT-KT của HTCCĐ.

- Ràng buộc cân bằng công suất nút AC như biểu thức (3).

$$P_{i,t}^{TB} + P_{i,s,t,h}^S - PD_{i,s,t,h} = \sum_{j=1}^N |Y_{ij,t}| \cdot |U_{i,s,t,h}| \cdot |U_{j,s,t,h}| \cdot \cos(\theta_{ij,t} + \delta_{j,s,t,h} - \delta_{i,s,t,h}) \quad (3)$$

$$Q_{i,t}^{TB} + Q_{i,s,t,h}^S - QD_{i,s,t,h} = - \sum_{j=1}^N |Y_{ij,t}| \cdot |U_{i,s,t,h}| \cdot |U_{j,s,t,h}| \cdot \sin(\theta_{ij,t} + \delta_{j,s,t,h} - \delta_{i,s,t,h})$$

$$\forall ij \in N, s \in S_s, h \in H, t \in T$$

Trong đó: nhu cầu phụ tải thay đổi theo thời gian là $PD_{i,s,t,h}$ và $QD_{i,s,t,h}$. $|U_{i,s,t,h}|$, $\delta_{j,s,t,h}$ là modul và góc lệch của điện áp nút. $|Y_{ij,t}|$ và $\theta_{ij,t}$ là modul, góc lệch trong các thành phần của ma trận tổng dẫn.

- Ràng buộc nâng cấp đường dây được thực hiện như biểu thức (4) với $S_{ij,t}^{max}$ là công suất cần đáp ứng của dây dẫn theo yêu cầu của phụ tải, $S_{ij,t-1}^{*F}$ là công suất giới hạn của đường dây hiện trạng, $\Delta S_{ij,t}^F$ là biến công suất của đường dây cần bổ sung để đáp ứng yêu cầu của phụ tải trong giai đoạn qui hoạch. ΔS_{min}^F , ΔS_{max}^F là giới hạn công suất bổ sung của đường dây và biến nhị phân $\alpha_{ij,t}$.

$$S_{ij,t}^{max} \leq (S_{ij,t-1}^{*F} + \Delta S_{ij,t}^F) \quad (4)$$

$$\Delta S_{ij,t}^F \geq \Delta S_{min}^F \cdot \alpha_{ij,t}; \quad \Delta S_{ij,t}^F \leq \Delta S_{max}^F \cdot \alpha_{ij,t}$$

$$\forall t \geq 1, ij \in N, t \in T$$

Công suất $S_{ij,t}^{max}$ được xác định như biểu thức (5) và (6) với $P_{ij,s,t,h}$, $Q_{ij,s,t,h}$ được xác định theo biến điện áp nút ($|U_{i,s,t,h}|$ là modul, $\delta_{i,s,t,h}$ là góc pha) và tổng dẫn của đường dây ($|Y_{i,j,t}|$ là modul, $\theta_{i,j,t}$

$$S_{ij,t}^{max} = \max \{ S_{ij,s,t,h}^F \}; \quad S_{ij,s,t,h}^F = \sqrt{P_{ij,s,t,h}^2 + Q_{ij,s,t,h}^2} \quad (5)$$

$$P_{ij,s,t,h} = |U_{i,s,t,h}| \begin{bmatrix} \cos(\delta_{i,s,t,h}) \cdot \text{Re}(I_{ij,s,t,h}) \\ + \sin(\delta_{i,s,t,h}) \cdot \text{Im}(I_{ij,s,t,h}) \end{bmatrix}$$

$$Q_{ij,s,t,h} = |U_{i,s,t,h}| \begin{bmatrix} \sin(\delta_{i,s,t,h}) \cdot \text{Re}(I_{ij,s,t,h}) \\ - \cos(\delta_{i,s,t,h}) \cdot \text{Im}(I_{ij,s,t,h}) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\text{Re}(I_{ij,s,t,h}) = |Y_{ij,s,t,h}| \begin{bmatrix} |U_{j,s,t,h}| \cos(\theta_{ij,t} + \delta_{j,s,t,h}) \\ - |U_{i,s,t,h}| \cos(\theta_{ij,t} + \delta_{i,s,t,h}) \end{bmatrix}$$

$$\text{Im}(I_{ij,s,t,h}) = |Y_{ij,s,t,h}| \begin{bmatrix} |U_{j,s,t,h}| \sin(\theta_{ij,t} + \delta_{j,s,t,h}) \\ - |U_{i,s,t,h}| \sin(\theta_{ij,t} + \delta_{i,s,t,h}) \end{bmatrix}$$

$$\forall t \geq 1, ij \in N, t \in T, s \in S_s, h \in H$$

Khi đó, công suất giới hạn của đường dây tại năm t sau khi nâng cấp là $S_{ij,t}^{*F}$ như biểu thức (7) và tiết diện nâng cấp của đường dây như biểu thức (8) với U_{dm} là điện áp định mức của lưới và J là mật độ dòng điện ở chế độ giới hạn nhiệt.

$$S_{ij,t}^{*F} = S_{ij,t-1}^{*F} + \Delta S_{ij,t}^F \quad \forall t \geq 1, ij \in N, t \in T \quad (7)$$

$$F_{ij,t} \geq \frac{S_{ij,t}^{*F}}{\sqrt{3} U_{dm} J} \cdot \alpha_{ij,t} \quad \forall t \geq 1, ij \in N, t \in T \quad (8)$$

- Ràng buộc công suất nâng cấp của TBA như biểu thức (9) với $S_{i,t}^{max}$ là công suất cần đáp ứng của TBA theo yêu cầu của phụ tải, $S_{i,t-1}^{*S}$ là công suất giới hạn của TBA hiện trạng, $\Delta S_{i,t}^S$ là biến công suất bổ sung của TBA. ΔS_{min}^S , ΔS_{max}^S là giới hạn công suất bổ sung của TBA nguồn và $\gamma_{i,t}$ là biến nhị phân.

$$S_{i,t}^{max} \leq (S_{i,t-1}^{*S} + \Delta S_{i,t}^S) \quad (9)$$

$$\Delta S_{i,t}^S \geq \Delta S_{min}^S \cdot \gamma_{i,t}; \quad \Delta S_{i,t}^S \leq \Delta S_{max}^S \cdot \gamma_{i,t}$$

$$\forall t \geq 1, i \in N_s, t \in T$$

Công suất của TBA sau nâng cấp được xác định như biểu thức (10).

$$S_{i,t}^{*S} = S_{i,t-1}^{*S} + \Delta S_{i,t}^S \quad \forall t \geq 1, i \in N_s, t \in T \quad (10)$$

- Ràng buộc công suất của TBK được xác định như biểu thức (11) với P_{max}^{TB} là công suất lớn nhất có thể xây dựng tại mỗi vị trí xét, $\cos \varphi$ là hệ số công suất định mức của máy phát, $P_{i,t}^{TB}$ và $Q_{i,t}^{TB}$ là công suất phát theo CSTD, CSPK tại năng qui hoạch t

$$0 \leq P_{i,t}^{TB} \leq P_{\max}^{TB}; \quad 0 \leq Q_{i,t}^{TB} \leq \tan \varphi \cdot P_{i,t}^{TB} \quad (11)$$

$$\forall i \in N_{TB}, t \in T$$

Ngoài ra, mô hình sử dụng biến thực nên công suất bổ sung trong từng năm qui hoạch được lấy theo giá trị phù hợp với gam công suất để giảm khối lượng tính toán đồng thời phù hợp với thông số thực tế của TBK hoặc máy phát diesel như biểu thức (12) với ΔP^{TB} là công suất bổ sung trong mỗi năm tính toán

$$P_{i,t}^{TB} = P_{i,t-1}^{TB} + \Delta P^{TB} \quad Q_{i,t}^{TB} = \tan \varphi \cdot P_{i,t}^{TB} \quad (12)$$

$$\forall t \geq 1, i \in N_{TB}, t \in T$$

- Ràng buộc giới hạn điện áp nút như (13) để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật trong mọi chế độ vận hành

$$U_{\min} \leq |U_{i,s,t,h}| \leq U_{\max} \quad \forall i \in N_L \quad (13)$$

$$|U_{i,s,t,h}| = \text{constan} \quad \forall i \in N_S$$

$$\forall s \in S_S, t \in T, h \in H$$

Trong đó: U_{\min} , U_{\max} là điện giới hạn điện áp nhỏ nhất và lớn nhất cho phép tại các nút tải; N_L là số nút tải và N_S là số nút TBA nguồn.

Như vậy, mô hình cơ sở xác định được công suất nâng cấp tiêu chuẩn của TBA ($\Delta S_{i,t}^*$), công suất giới hạn của TBA ($S_{i,t}^*$), tiết diện nâng cấp tiêu chuẩn ($F_{ij,t}^*$) cũng như công suất giới hạn ($S_{ij,t}^*$) và điện trở, điện kháng ($R_{ij,t}^*$, $X_{ij,t}^*$) của đường dây.

3. Mô hình hiệu chỉnh

Mục tiêu của mô hình là lựa chọn thời gian và công suất cần đầu tư của TBK khi vị trí đã xác định từ mô hình cơ sở, thông số nâng cấp của thiết bị (tiết diện và tổng trở đường dây, công suất bổ sung của TBA) đã được hiệu chỉnh theo các giá trị tiêu chuẩn.

Do đó, mô hình sử dụng hàm mục tiêu tương tự như mô hình cơ sở với biến lựa chọn tiết diện dây dẫn được thay thế bằng tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn, biến công suất bổ sung của TBA được thay thế bằng công suất nâng cấp tiêu chuẩn đã xác định như biểu thức (14).

$$F_{ij,t} = F_{ij,t}^*; \quad \Delta S_{i,t}^S = \Delta S_{i,t}^* \quad (14)$$

Trong mô hình này, các ràng buộc được sử dụng như sau:

- Ràng buộc cân bằng công suất nút và điện áp nút như mô hình cơ sở. Tuy vậy, tổng dẫn của hệ thống được xác định lại theo tiết diện nâng cấp của đường dây

- Ràng buộc giới hạn công suất đường dây và TBA như biểu thức (15), (16) nhằm tránh quá tải thiết bị với $S_{ij,t,s,h}^F$ là công suất truyền tải trên đường dây, $S_{i,t,s,h}^S$ là công suất truyền tải qua TBA nguồn tại mọi chế độ vận hành

$$S_{ij,t,s,h}^F \leq S_{ij,t}^* \quad (15)$$

$$\forall t \geq 1, ij \in N, t \in T, s \in S_S, h \in H$$

$$S_{i,t,s,h}^S \leq S_{i,t}^* \quad (16)$$

$$\forall t \geq 1, i \in N_S, t \in T, s \in S_S, h \in H$$

- Ràng buộc giới hạn công suất của TBK như biểu thức (17) với vị trí có thể lựa chọn là N_{TB}^* , công suất giới hạn tại mỗi vị trí được xác định từ bước cơ sở là $P_{i,\max}^{TB*}$ (tại những vị trí không được lựa chọn, thông số này nhận giá trị 0).

$$0 \leq P_{i,t}^{TB} \leq P_{i,\max}^{TB*}; \quad 0 \leq Q_{i,t}^{TB} \leq \tan \varphi \cdot P_{i,t}^{TB} \quad (17)$$

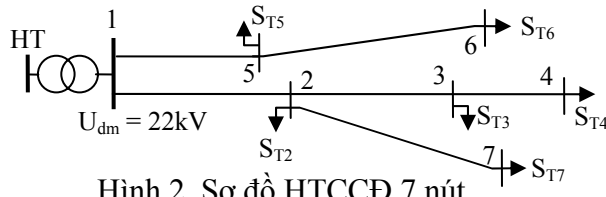
$$\forall i \in N_{TB}^*, t \in T$$

Kết quả tính toán trong bước này sẽ cho kết quả gần giá trị tối ưu hơn bởi công suất đầu tư của TBK được xác định sau khi đã xét đến thay đổi của thông số hệ thống, ảnh hưởng của ĐTPT và đặc tính giá điện.

Mô hình đề xuất trên được tính toán kiểm tra trên HTCCĐ 7 nút bằng chương trình lập trình trong ngôn ngữ lập trình The General Algebraic Modeling System (GAMS) [12].

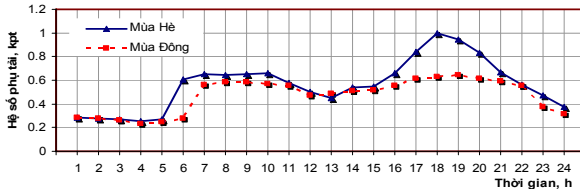
III. TÍNH TOÁN ÁP DỤNG

Tính toán kiểm tra trên HTCCĐ hình tia gồm 7 nút như hình 2, điện áp 22kV, công suất TBA nguồn 10MVA, thông số đường dây và phụ tải như trong phụ lục với hệ số phát triển của tải là 10% mỗi năm.



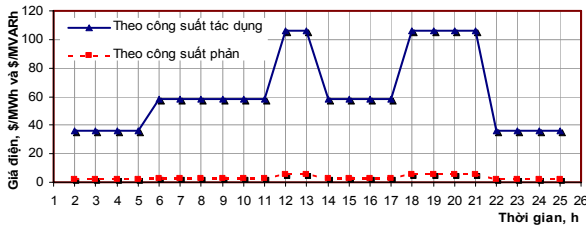
Hình 2. Sơ đồ HTCCĐ 7 nút

ĐTPT ngày diễn hình và giá điện mua từ hệ thống qua TBA nguồn giả thiết như hình 3 và hình 4.



Hình 3. ĐTPT ngày diễn hình

Suất chi phí đầu tư cố định của đường dây trung áp (C_{F0}) là 150000\$/km và suất chi phí đầu tư theo tiết diện dây dẫn (C_F) là 16.5\$/km.mm². Suất chi phí đầu tư cố định của TBA nguồn (C_{S0}) là 200000\$/TBA và suất chi phí đầu tư theo công suất (C_S) là 50000\$/MVA. Tuổi thọ của đường dây và TBA nguồn là 20 năm. Giới hạn tiết diện đường dây nâng cấp, từ 35mm² đến 300mm². Gam công suất tiêu chuẩn của MBA là 10MVA.



Hình 4. Đặc tính giá bán điện

Giả thiết tất cả các nút tải đều có thể lựa chọn xây dựng máy phát diesel, công suất giới hạn tại mỗi vị trí là 1MW, máy phát luôn vận hành với công suất định mức. Suất chi phí đầu tư giả thiết bằng nhau tại tất cả các vị trí là 500000\$/MW, suất chi phí vận hành là 90\$/MWh và 5\$/MVARh, tuổi thọ của máy phát diesel là 30 năm

Điện áp tại các nút tải giả thiết cho phép độ lệch từ 0.9pu đến 1.05pu, nút nguồn có giá trị không đổi bằng 1.05pu. Hệ số chiết khấu r là 10%.

Tính toán kiểm tra trong khoảng thời gian là 10năm với hai phương án: Phương án A, qui

hoạch HTCCĐ với sơ đồ hiện trạng bằng giải pháp nâng cấp đường dây và TBA nguồn. Phương án B, xác định lộ trình qui hoạch HTCCĐ đồng thời xét khả năng tham gia của máy phát diesel.

Kết quả tính toán cho thấy, máy phát diesel không được lựa chọn mà phụ tải trong tương lai được đáp ứng bằng giải pháp nâng cấp đường dây và TBA. Lộ trình nâng cấp, đầu tư thiết bị của hệ thống được lựa chọn và trình bày trong bảng 1. Tương ứng, các biện pháp lựa chọn nâng cấp đường dây và TBA cũng như công suất lớn nhất chạy trên các thiết bị được xác định như bảng 2 và 3.

Bảng 1. Lộ trình đầu tư thiết bị

TT	Thiết bị đầu tư	Vị trí	Thông số hiện tại	Thời gian đầu tư, nâng cấp (năm)														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1	Thiết diện đường dây (mm ²), $F_{y,z}$		1-2	50											70			
			2-3	50														
			3-4	35														
			1-5	35											50			
			5-6	35														
2	Công suất bổ sung TBA (MVA), $\Delta S_{i,j}^*$	1	10			10												
3	Công suất máy phát diesel (MW), $P_{i,j}^{PB}$		2	0														
			...	0														
			7	0														

Đường dây 1-2, 1-5 bị quá tải tại năm thứ 9 và thứ 8 của giai đoạn qui hoạch nên được nâng cấp lên tiết diện 70mm² và 50mm². TBA nguồn cần bổ sung 10MVA ở năm thứ 3 nâng tổng công suất của TBA lên 20MVA mới đáp ứng được yêu cầu của phụ tải. Các đường dây còn lại không cần phải nâng cấp do công suất lớn nhất truyền tải trên các đường dây trong giai đoạn qui hoạch chỉ đạt 5.38MVA và nhỏ hơn công suất giới hạn của đường dây là 6.67MVA.

Bảng 2. Biên quyết định nâng cấp đường dây, TBA nguồn

Thiết bị		Công suất lớn nhất năm t, MVA								Công suất hiện trạng (MVA)	Tiết diện hiện trạng (mm ²)
		1	2	3	...	7	8	9	10		
Đường dây	1-2	4.51	4.97	5.44	...	7.31	7.79	8.22	8.69	8	50
	2-3	2.80	3.08	3.37	...	4.51	5.09	5.09	5.38	8	50
	3-4	0.83	0.90	0.98	...	1.33	1.41	1.50	1.58	6.67	35
	1-5	3.92	4.24	4.64	...	6.38	6.76	7.17	7.59	6.67	35
	5-6	2.45	2.64	2.88	...	3.94	4.19	4.44	4.69	6.67	35
	2-7	0.78	0.85	0.93	...	1.24	1.32	1.40	1.48	6.67	35
TBA nguồn	1	8.36	9.21	10.1	...	13.6	14.5	15.4	16.3	10	-

Bảng 3. Biên quyết định nâng cấp đường

Đường dây ij	Biên α_{ij}										Trạm biến áp i	Biên γ_{ij}									
	1	...	7	8	9	10	1	2	3	4		...	10								
1-2	0	...	0	0	1	0	1	0	0	1	0	...	0								
2-3	0	...	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0								
3-4	0	...	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0								
1-5	0	...	0	1	0	0		0	0	0	0	...	0								
5-6	0	...	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0								
2-7	0	...	0	0	0	0		0	0	0	0	...	0								

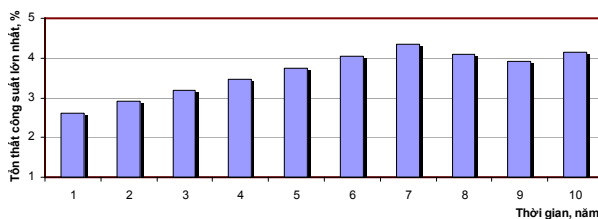
Một số chỉ tiêu KT-KT của hệ thống cũng được xác định và trình bày trên bảng 4. Chi phí vòng đời của phương án đầu tư là $20.21 \times 10^6 \$$, tổn thất điện năng trung bình trong cả giai đoạn tính toán là $9.05 \times 10^6 \text{kWh}$ tương ứng 2.08% của tổng điện năng nhận từ HTĐ là $435.21 \times 10^6 \text{kWh}$. Chi phí đầu tư thiết bị trong 10 năm là $1.26 \times 10^6 \$$ nhưng giá trị còn lại của các thiết bị ở cuối thời gian tính toán là $0.94 \times 10^6 \$$ do các đường dây và TBA được lựa chọn đầu tư ở những năm cuối nhằm tận dụng tối đa đường dây và TBA hiện có.

Bảng 4. Một số chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

TT	Chỉ tiêu	Kết quả tính toán	Chi chú
1	Chi phí vòng đời ($10^6 \$$)	20.21	
2	Chi phí đầu tư thiết bị ($10^6 \$$)	1.26	
3	Chi phí vận hành và nâng lương ($10^6 \$$)	19.89	
4	Tổng tổn thất điện năng (10^6kWh)	9.05	
5	Tổng điện năng nhận từ HTĐ (10^6kWh)	435.21	
6	Giá trị còn lại ở cuối giai đoạn tính toán ($10^6 \$$)	0.94	

Tổn thất công suất lớn nhất của hệ thống xuất hiện trong giờ cao điểm cũng được xác định, năm đầu tiên tổn thất là 2.62%, những năm tiếp theo phụ tải tăng cao nên tổn thất công suất tăng nhanh và đạt giá trị cực đại là 4.34% năm thứ 7. Từ năm thứ 8 tổn thất công suất giảm do đường dây được nâng cấp, tổng trở của đường dây giảm dẫn đến tổn thất công suất giảm theo như hình 5.

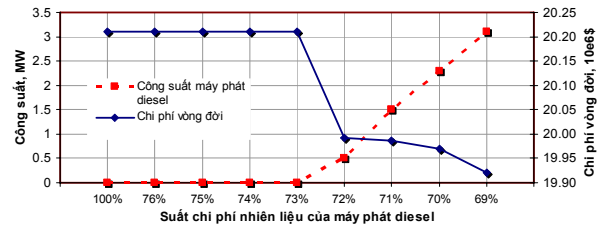
Tương tự, tổn thất điện áp lớn nhất cũng xuất hiện trong giờ cao điểm và tăng cao ở những năm cuối. Điện áp thấp nhất tại nút 4 và nút 6 trong năm thứ 10 là 0.99pu do đó tất cả các nút đảm bảo yêu cầu về độ lệch điện áp.



Hình 5. Tổn thất công suất lớn nhất

Như vậy, trong điều kiện giả thiết máy phát diesel không được lựa chọn đầu tư do hiệu quả kinh tế kém. Tuy nhiên, để đánh giá khả năng tham gia và hiệu quả của nguồn này, bài báo nghiên cứu đánh giá độ nhạy của phương án đầu tư theo suất chi phí nhiên liệu và vận hành của chúng. Chỉ tiêu này có tỷ trọng cao và ảnh hưởng lớn đến quyết

định của phương án đầu tư. Kết quả tính toán khi suất chi phí nhiên liệu và vận hành của máy phát diesel giảm từ 100% đến 69% được trình bày trên hình 6. Máy phát diesel chỉ được lựa chọn khi suất chi phí nhiên liệu nhỏ hơn 73%, công suất lựa chọn tăng dần khi suất chi phí giảm tương ứng hàm chi phí vòng đời giảm mạnh



Hình 6. Phân tích độ nhạy theo suất chi phí nhiên liệu và vận hành máy phát diesel

Khi suất chi phí nhiên liệu còn 72%, tương ứng 64.8\$/MWh và 3.6\$/MVARh, máy phát diesel được lựa chọn đầu tư tại 4 và 6 là nút xa nguồn với tổng công suất là 0.5MW trong năm thứ 8, 10 và đã trì hoãn không phải nâng cấp đường dây. Do đó, chi phí vòng đời của phương án đầu tư trong trường hợp này giảm còn $19.99 \times 10^6 \$$.

Kết quả so sánh các chỉ tiêu KT-KT của hệ thống trên bảng 5 cho thấy thông số nâng cấp đường dây, TBA nguồn trong bước cơ sở và hiệu chỉnh không có sự sai khác. Tuy nhiên, công suất lựa chọn đầu tư máy phát diesel trong bước hiệu chỉnh đã giảm 1.4MW tương ứng chi phí đầu tư giảm $0.61 \times 10^6 \$$ và chi phí vòng đời giảm 15.9%.

Bảng 5. So sánh chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của

TT	Chỉ tiêu	Kết quả tính toán bước cơ sở	Kết quả tính toán bước hiệu chỉnh	So sánh
1	Tiết diện đường dây cần nâng cấp (mm^2 , năm)	0	0	
2	Công suất TBA cần bổ sung (MVA, năm)	10 (7)	10 (7)	
3	Công suất đầu tư của máy diesel (MW, năm)	0.7 (4) 0.6 (5) 0.6 (6)	0.2 (8) 0.3 (9)	
4	Tổng điện năng nhận từ HTĐ (10^6kWh)	325.0	431.14	24.62 %
5	Chi phí đầu tư thiết bị ($10^6 \$$)	1.09	0.48	-0.61
6	Chi phí nhiên liệu ($10^6 \$$)	18.97	19.77	4.05 %
7	Chi phí vòng đời ($10^6 \$$)	23.18	19.99	-15.9 %

Như vậy, máy phát diesel chỉ có hiệu quả và cạnh tranh khi suất chi phí nhiên liệu giảm dưới 65.25\$/MWh tương ứng cần trợ giá khoảng 2.48cent/kWh. Khi được lựa chọn, vị trí đầu tư ở những nút xa nguồn nhằm giảm tổn thất công suất, tổn thất điện áp và tránh nâng cấp đường dây. Thời gian đầu tư lựa chọn ở cuối giai đoạn tính toán để tận

dụng giá điện rẻ mua từ HTĐ trong những năm đầu qui hoạch mà chưa phải đầu tư nâng cấp đường dây, TBA nguồn.

Từ ví dụ minh họa cho thấy, mô hình đề xuất và chương trình tính toán đã lập có thể phù hợp cho bài toán qui hoạch HTCCĐ có xét đến khả năng sử dụng TBK hoặc máy phát diesel. Lộ trình nâng cấp, cải tạo tối ưu đường dây và TBA được lựa chọn đồng thời với vị trí, công suất và lộ trình đầu tư tối ưu TBK hoặc máy phát diesel. Kế hoạch mua điện từ hệ thống cũng như các chỉ tiêu KT-KT khác cũng được xác định. Tuy nhiên, để sử dụng TBK tại những nơi có tiềm năng góp phần giảm ô nhiễm môi trường đồng thời giảm tổn thất điện năng trong HTCCĐ cần xây dựng chính sách trợ giá để phát triển nguồn này.

IV. KẾT LUẬN

TBK đã được nghiên cứu và ứng dụng trong HTCCĐ những năm gần đây đặc biệt TBK do có nhiều ưu điểm. Vì vậy, bài báo nghiên cứu đề xuất mô hình hai bước qui hoạch HTCCĐ khi xét đến khả năng tham gia của TBK hoặc máy phát diesel.

Mô hình sử dụng hàm mục tiêu cực tiểu chi phí vòng đời của phương án qui hoạch cùng các ràng buộc đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và khả năng làm việc của thiết bị. Đặc điểm riêng của tuabin khí cũng như ĐTPT ngày điển hình và đặc tính giá điện được xét đến nhằm nâng cao tính chính xác của kết quả tính toán và đáp ứng yêu cầu thực tiễn.

Kết quả tính toán trên ví dụ minh họa cho thấy, mô hình đề xuất và chương trình tính toán phù hợp với bài toán qui hoạch HTCCĐ khi xét đến khả năng tham gia của TBK hoặc máy phát diesel. Công suất và lộ trình nâng cấp của đường dây, TBA đã được xác định cùng các thông số chế độ của hệ thống. Khả năng tham gia và hiệu quả của TBK trong HTCCĐ cũng được xác định.

Trong điều kiện giả thiết, máy phát diesel không được lựa chọn đầu tư do có chi phí nhiên liệu và vận hành lớn. Nhu cầu phụ tải tăng trong tương lai được đáp ứng bằng giải pháp nâng cấp đường dây và TBA nguồn. Tuy nhiên, mô hình đề xuất cho phép đánh

giá được hiệu quả của nguồn này trong qui hoạch HTCCĐ bằng đánh giá độ nhạy của phương án đầu tư qua suất chi phí nhiên liệu và vận hành. Từ đó, xây dựng được chính sách khuyến khích phát triển TBK tại những khu vực có tiềm năng nhằm giảm sức ép phát triển nguồn điện hiện nay từ đó giảm ô nhiễm môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thomas Ackermann, Göran Andersson, Lennart Söder, “*Distributed generation: a definition*”, Electric Power Systems Research 57, 2001
- [2] C.L.T Borges, V.F. Martins, “*Multistage expansion planning for active distribution networks under demand and Distributed Generation uncertainties*”, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2012
- [3] H.K. Temraz, Victor H. Quintana, “*Distribution system expansion planning models: an overview*”, Electric Power Systems Research, Vol.26, 1993, pp61-70
- [4] Suresh K. Khator, L. C. Leung, “*Power Distribution Planning: A Review of Models and Issues*”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol.12, No.3, 1997
- [5] El-Khattam, W.; Hegazy, Y.; Salama, M., “*An integrated distributed generation optimization model for distribution system planning*”, Power Engineering Society General Meeting, IEEE, 2005
- [6] H. Paul Barringer, P.E, “*A Life Cycle Cost Summary*”, International Conference of Maintenance Societies, ICOMS2003
- [7] Su. H, Zhang. J, Liang. Z, Niu. S, “*Power Distribution Network Planning Optimization Based on Life Cycle Cost*”, 2010 China International Conference on Electricity Distribution, 13-16 Sept. 2010
- [8] I. Jeromin, G. Balzer, J. Backes, R. Huber, “*Life Cycle Cost Analysis of transmission and distribution systems*”, IEEE Bucharest Power Tech Conference, June 28th - July 2nd, Romania, 2009

- [9] S. Wong, K. Bhattacharya and J.D.Fuller, “Comprehensive framework for long-term distribution system planning”, Proc. IEEE PES Annual General Meeting, Tampa, USA, 2007
- [10] Algarni, A.A.S.; Bhattacharya, K., “A Novel Approach to Disco Planning in Electricity Markets: Mathematical Model”, Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE '09. IEEE/PES
- [11] S. Wong, K. Bhattacharya and J.D. Fuller, “Electric power distribution system design and planning in a deregulated environment”, IET Generation, Transmission & Distribution, 2009
- [12] Richard E. Rosenthal, “GAMS - A User's Guide”, GAMS Development Corporation, Washington, USA, 2010.

SUMMARY

THE DISTRIBUTION SYSTEM PLANNING INTERGRATED GAS TURBINE OR DIESEL GENERATOR

Vu Van Thang (*Thai Nguyen University of Technology*)

The planning of distributed systems is a complication problem with many elements involved on the large space. The parameters of the distributed system are random variable nature and difficult to predict as price and demand. Besides, economic and technical indicators of distributed system can be changed when gas turbine or diesel generator appear in system. This paper proposed a two-stage optimized model that is integrated gas turbine or diesel generator in distributed system planning problem. In these models, life cycle cost minimizing objectives of the investment project are used same time constraints. The proposed model is tested using a 7 bus 22kV radial feeder. The calculation is programmed in GAMS environment.

Keyword: Planning of Distribution Systems, Gas turbine

Địa chỉ liên hệ

Vũ Văn Thắng, Bộ môn Hệ thống điện, Khoa điện, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Email: thangvvhtd@tnut.edu.vn, Tel: 0915.176.569