

## SA THẢI PHỤ TẢI DỰA TRÊN THUẬT TOÁN FUZZY-AHP LOAD SHEDDING BASED ON FUZZY-AHP ALGORITHM

Lê Trọng Nghĩa , Quyền Huy Ánh, Nguyễn Đức Thiện

*Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM*

*Ngày tòa soạn nhận được bài 10/11/2014, ngày phản biện đánh giá 17/11/2014, ngày chấp nhận đăng 01/12/2014*

### TÓM TẮT

*Trong thị trường điện cạnh tranh, hệ thống hỗ trợ quyết định sa thải phụ tải là cần thiết để tìm ra hướng xử lý sa thải phụ tải thỏa mãn cả hai điều kiện kinh tế và kỹ thuật. Bài báo này đề xuất phương pháp tiếp cận Fuzzy –AHP và mờ hóa đồ thị phụ tải để xác định trọng số của đơn vị tải trong toàn hệ thống và lựa chọn chiến lược điều khiển khi hệ thống hoạt động ở các mức tải khác nhau. Trọng số của các đơn vị tải được định lượng bởi các tam giác số mờ hóa trong các cặp so sánh. Các kết quả này kết hợp với việc mờ hóa đồ thị phụ tải để đề ra các chiến lược điều khiển phù hợp với các mức tải khác nhau khi có sự cố xảy ra. Hiệu quả của thuật toán được minh chứng qua thực nghiệm sa thải phụ tải của mạng điện IEEE 37 nút so với giải thuật AHP truyền thống.*

### ABSTRACT

*In the competitive electricity market, load shedding Decision Support Systems are needed to find the way to load shedding satisfy both economic and technical conditions. This paper proposed Fuzzy - Analytic Hierarchy Process (Fuzzy-AHP) approach and Fuzzy Load to determine the weight of the unit load in the system and choose the control strategy when the system operates at various load levels. Weights of the unit load is quantified by the triangular fuzzy numbers in the pair comparison. These results combined with the fuzzy load graph to propose control strategies suitable for different load levels when the problem occurred. The effectiveness of the algorithm is demonstrated experimentally load shedding of the IEEE 37 bus network than traditional AHP algorithm.*

**Key words:** *Load shedding; Analytic Hierarchy Process; Fuzzy-AHP; Fuzzy linguistic scale; Power System Stability.*

### I. GIỚI THIỆU

Khi tất cả các kiểm soát sẵn có không thể duy trì ổn định tần số hệ thống điện, sa thải phụ tải sẽ được sử dụng như là giải pháp cuối cùng hiệu quả để phục hồi lại tần số trong giới hạn định mức [4,5]. Mặc dù thành công ở mức độ nhất định, các phương pháp sa thải phụ tải truyền thống dựa trên các role sa thải tải dưới tần số hoặc điện áp có những nhược điểm như sau: chỉ xem xét sự suy giảm tần số, hoặc điện áp trong hệ thống, trong các trường hợp này kết quả thường kém chính xác; số lượng một bước tải sa thải đôi khi lớn, nó gây ra sa thải tải quá mức, các kế hoạch không có sự linh hoạt để tăng số lượng các bước sa thải tải

[2,3]. Nhằm tăng hiệu quả sa thải tải, một số phương pháp sa thải tải dựa trên tần số, điện áp và độ nhạy QV tại các thanh góp tải. Tuy nhiên, trường hợp này tốc độ xử lý chương trình giải thuật tương đối chậm [1]. Hơn nữa, trong thị trường điện hiện nay, việc sa thải phụ tải cần xét đến các chỉ tiêu kinh tế và tầm quan trọng của phụ tải để giảm đến mức thấp nhất các thiệt hại.

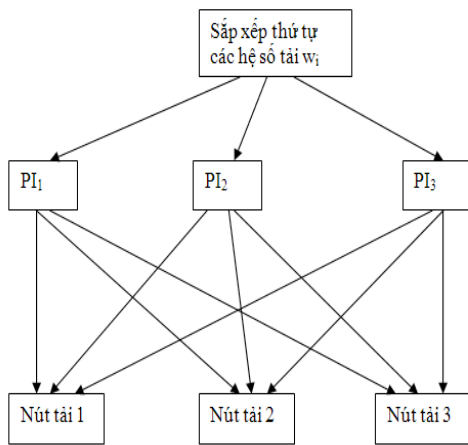
Có nhiều phương pháp Fuzzy-AHP được đề xuất bởi các tác giả khác nhau [6,7,8,9,10]. Bài báo này sử dụng phương pháp sa thải phụ tải dựa trên phương pháp tiếp cận Fuzzy-AHP.

Khi sử dụng phương pháp này, việc sa thải phụ tải có xem xét đến tầm quan trọng của tải để cắt giảm những tải ít quan trọng trước, góp phần giảm thiệt hại và các hệ số không được đo lường một cách chính xác sẽ được đánh giá một cách hiệu quả khi sử dụng kỹ thuật mờ hóa nhằm giải quyết những hạn chế của các nghiên cứu trước đây.

**II. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN**

**1. Thuật toán AHP (Analytic Hierarchy Process) [11,12].**

**Bước 1:** Thiết lập mô hình hệ thống phân cấp



Hình 1: Mô hình hệ thống phân cấp AHP.

**Bước 2:** Xây dựng ma trận phán đoán A-PI và A-LD thể hiện tầm quan trọng giữa các trung tâm tải và giữa các tải với nhau trong mỗi trung tâm tải. Giá trị của các thành phần trong ma trận phán đoán phản ánh kinh nghiệm tri thức của người sử dụng về tầm quan trọng mối liên hệ giữa các cặp hệ số.

Ma trận phán đoán A-PI:

$$A-PI = \begin{bmatrix} w_{K1}/w_{K1} & w_{K1}/w_{K2} & \dots & w_{K1}/w_{Kn} \\ w_{K2}/w_{K1} & w_{K2}/w_{K2} & \dots & w_{K2}/w_{Kn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{Kn}/w_{K1} & w_{Kn}/w_{K2} & \dots & w_{Kn}/w_{Kn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Ở đây:  $w_{ki}$  là mức quan trọng của trung tâm tải thứ  $i$ , giá trị này là chưa biết;  $w_{ki}/w_{kj}$  mô tả mức quan trọng tương đối của tâm phụ tải thứ  $i$  được so sánh với tâm phụ tải thứ  $j$ . Giá trị  $w_{ki}$

$/w_{kj}$  có thể đạt được theo kinh nghiệm của các chuyên gia hoặc người vận hành hệ thống.

Ma trận phán đoán A-LD:

$$A-LD = \begin{bmatrix} w_{D1}/w_{D1} & w_{D1}/w_{D2} & \dots & w_{D1}/w_{Dn} \\ w_{D2}/w_{D1} & w_{D2}/w_{D2} & \dots & w_{D2}/w_{Dn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{Dn}/w_{D1} & w_{Dn}/w_{D2} & \dots & w_{Dn}/w_{Dn} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Trong đó:  $w_{Di}$  là mức quan trọng của tải thứ  $i$ , giá trị này là chưa biết;  $w_{Di}/w_{Dj}$  mô tả mức quan trọng tương đối phụ tải thứ  $i$  được so sánh với tải thứ  $j$ . Giá trị  $w_{Di}/w_{Dj}$  có thể đạt được theo kinh nghiệm của các chuyên gia hoặc người vận hành hệ thống.

Rất khó để tính toán chính xác hệ số quan trọng của mỗi tải. Lý do là mức quan trọng tương đối của các loại tải này là không giống nhau. Theo nguyên lý của AHP, các hệ số quan trọng của tải có thể được xác định thông qua việc tính toán các phán đoán cơ bản, phản ánh sự so sánh và phán đoán của một chuỗi cặp các hệ số.

Hệ số quan trọng của tải  $w_{Di}$  có thể đạt được từ phương trình sau:

$$w_{ij} = w_{kj} \times w_{Di} \quad D_i \in K_j \quad (2.3)$$

Trong đó:  $D_i \in K_j$  nghĩa là tải  $D_i$  được định vị trong tâm tải  $K_j$ .

Sau khi tính toán các hệ số quan trọng của tải và trung tâm tải, kế hoạch sa thải phụ tải tối ưu và lợi ích đạt được tối đa được tính toán và có được bằng phương pháp tiếp cận đã đề xuất.

**Bước 3:** Tính toán trị riêng lớn nhất và vector riêng tương ứng của ma trận phán đoán.

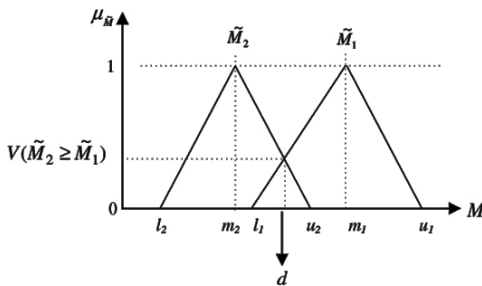
**Bước 4:** Sắp xếp phân cấp và kiểm tra tính nhất quán của các kết quả.

**2. Kỹ thuật mờ hóa và luật hoạt động [13]**

Hàm thành viên  $M(x): R \rightarrow [0,1]$  của tam giác số mờ hóa  $M = (l, m, u)$  xác định trên  $R$  thì bằng:

$$\tilde{M}(x) = \begin{cases} \frac{x}{m-l} - \frac{l}{m-l}, & x \in [l, m] \\ \frac{x}{m-u} - \frac{u}{m-u}, & x \in [m, u] \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.4)$$

Ở đây:  $l$  và  $m$  là giá trị tốt nhất của các số mờ  $M$ ,  $l$  và  $u$  là giá trị biên dưới và biên trên tương ứng. Theo nguyên lý mở rộng Zadeh's cho hai tam giác số mờ hóa  $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  và  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ( $l_1$  và  $l_2 \geq 0$ )



Hình 2: Mô hình việc cạnh tranh giữa  $\tilde{M}_1$  và  $\tilde{M}_2$ .

1. Phép cộng mở rộng được định nghĩa như sau:

$$\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (2.5)$$

2. Phép nhân mở rộng được định nghĩa như sau:

$$\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad (2.6)$$

3. Phép nghịch đảo của tam giác số mờ hóa  $M_1$  được định nghĩa như sau:

$$\tilde{M}_1^{-1} \approx \left( \frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \quad (2.7)$$

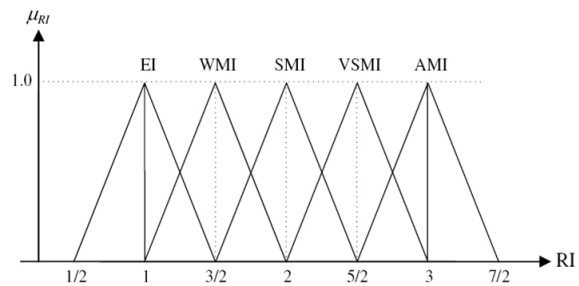
### 3. Mô hình Fuzzy-AHP

Phương pháp Fuzzy-AHP xác định tầm quan trọng của các đơn vị tải trong hệ thống, thực hiện qua các bước sau [13]:

**Bước 1:** Xác định các vùng trung tâm tải và các đơn vị tải ở các trung tâm tải.

**Bước 2:** Xây dựng mô hình phân cấp AHP dựa trên các vùng trung tâm tải và các đơn vị phụ tải xác định ở Bước 1.

**Bước 3:** Xác định các hệ số trọng số tầm quan trọng của các trung tâm tải và các nút tải bằng cách sử dụng ma trận phán đoán. Tỷ lệ mờ hóa về tầm quan trọng để đo lường các trọng số liên quan trình bày ở Hình 3 và Bảng 1. Tỷ lệ này được đề xuất bởi Kahraman [14] và được sử dụng để giải quyết việc mờ hóa các vấn đề về thực hiện các quyết định [14,15].



Hình 3: Tỷ lệ so sánh tầm quan trọng.

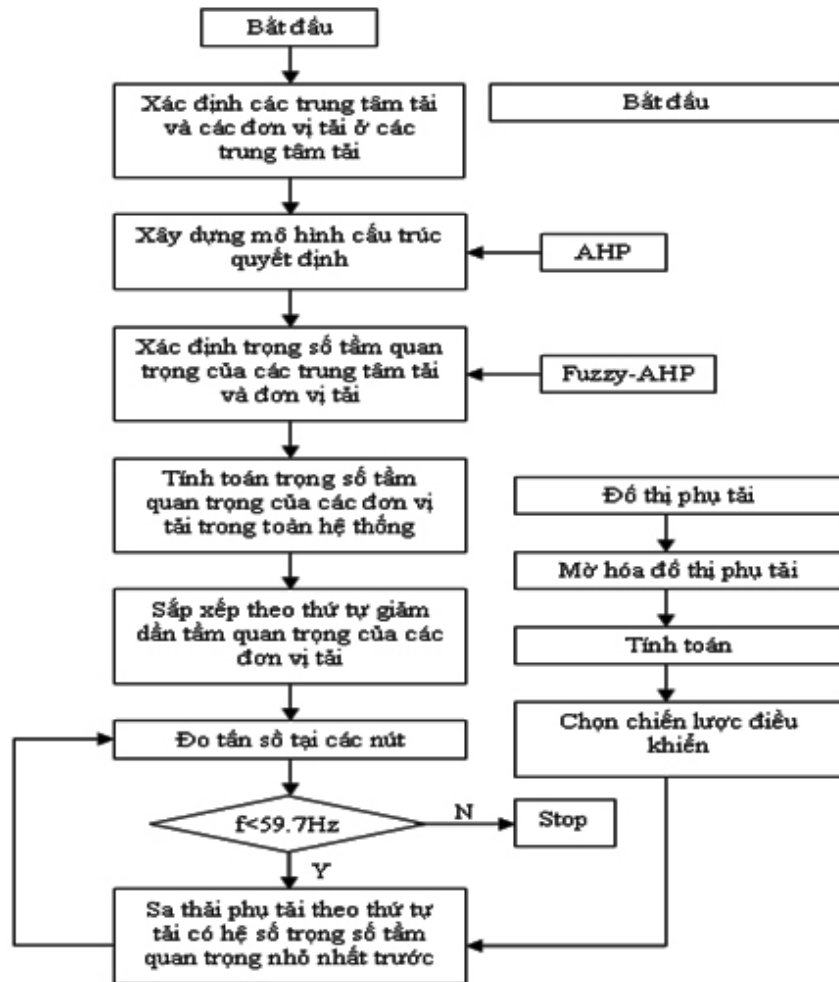
**Bảng 1.** Tỷ lệ so sánh các mức về tầm quan trọng

Các mức tỷ lệ độ khó	Các mức tỷ lệ tầm quan trọng	Tam giác số mờ hóa	Tam giác số mờ hóa nghịch đảo
Như nhau	Như nhau	(1,1,1)	(1,1,1)
Không quá khó	Không quá quan trọng	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
Khó hơn một ít	Quan trọng hơn một ít	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
Khó hơn nhiều	Quan trọng hơn nhiều	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Khó hơn rất nhiều	Quan trọng hơn rất nhiều	(2,5/2,3)	(1/3,2/5,1/2)
Hoàn toàn khó khăn	Hoàn toàn quan trọng	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)

**Bước 4:** Tính toán các trọng số ở các đơn vị tải đối với toàn hệ thống. Trọng số này được tính bằng cách nhân trọng số ở các đơn vị tải với trọng số ở các trung tâm tải tương ứng.

**Bước 5:** Sắp xếp theo thứ tự giảm dần tầm quan trọng của các đơn vị tải.

Lưu đồ các bước sử dụng phương pháp Fuzzy-AHP để sa thải phụ tải trình bày ở Hình 4.



Hình 4: Lưu đồ các bước sử dụng phương pháp Fuzzy-AHP để sa thải phụ tải.

### III. TÍNH TOÁN, MÔ PHỎNG TRÊN HỆ THỐNG

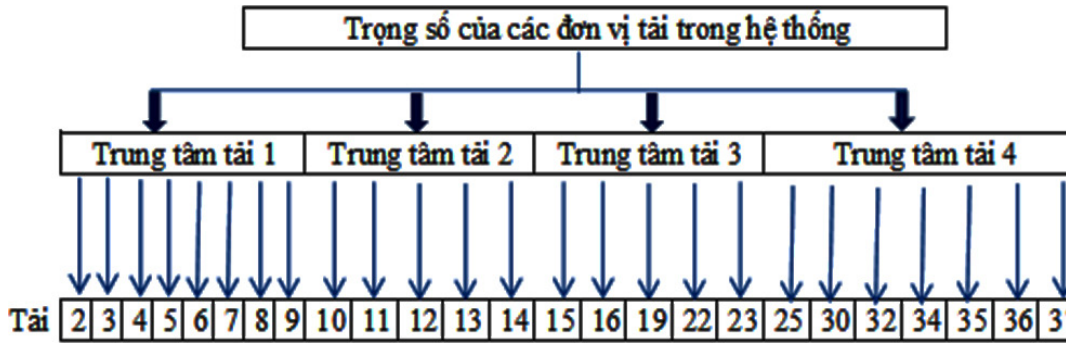
Để so sánh hiệu quả kỹ thuật sa thải dựa trên Fuzzy-AHP và AHP, tiến hành thực nghiệm giải thuật đề xuất trên hệ thống điện hình của IEEE với  $f=60\text{Hz}$  gồm 37 thanh góp 9 máy phát trong cả 2 trường hợp có mờ hóa và không mờ hóa. Xét trường hợp mất một máy phát điện tại thanh góp số 4 tương ứng hệ thống đang hoạt động ở các trạng thái 70%, 80%, 90% và 100% phụ tải cực đại. Tương ứng với mỗi trường hợp sẽ xây dựng “chiến lược điều

khiển” trong việc sa thải phụ tải nhằm khôi phục các thông số trở về trạng thái ổn định ban đầu. Mô phỏng bằng phần mềm PowerWorld và quan sát kết quả nhận được khi áp dụng các chương trình sa thải phụ tải đề xuất.

Áp dụng lưu đồ giải thuật ở Hình 4, thực hiện các bước như sau:

**Bước 1:** Xác định các vùng trung tâm tải (Load Center 1) và các đơn vị  $L_i$  tải.

**Bước 2:** Xây dựng mô hình AHP gồm các vùng trung tâm tải và các đơn vị tải trình bày ở Hình 5.



Hình 5: Mô hình AHP gồm các vùng trung tâm tải và các đơn vị tải.

**Bước 3:** Xác định trọng số tầm quan trọng của các trung tâm tải và đơn vị tải.

**Bước 4:** Tính toán trọng số tầm quan trọng của các đơn vị tải trong toàn hệ thống.

Theo phương pháp Fuzzy-AHP của Chang [10]:

$$S_i \approx \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3.1)$$

Ở đây:

$$\sum_{j=1}^m \tilde{M}_{gi}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right); \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (3.2)$$

Các mức khả năng xảy ra của  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$

$\geq \tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  được xác định như sau:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \text{sum}[\min(\tilde{M}_1(x), \tilde{M}_2(y))]$$

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \text{hgt}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \tilde{M}_2(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_2 \geq u_1 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.3)$$

Quan sát Hình 2 cho thấy  $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$  trong trường hợp  $m_2 < l_1 < u_2 < m_1$  trong đó d là giá trị trục hoành tương ứng với điểm giao nhau cao nhất D giữa  $\tilde{M}_1$  và  $\tilde{M}_2$ . Để so sánh  $\tilde{M}_1$  và  $\tilde{M}_2$  cần có giá trị  $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$  và  $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$

$$.V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k) = \min V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3.4)$$

Cuối cùng,  $W = (\min V(S_1 \geq S_k) \min V(S_2 \geq S_k), \dots, V(S_n \geq S_k))^T$

là vector trọng số, với  $k=1, 2, \dots, n$ .

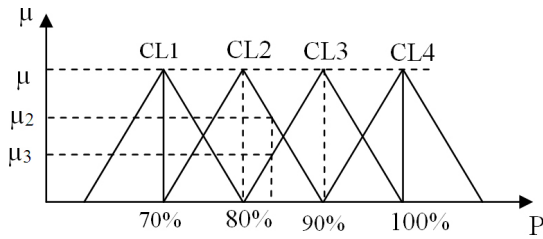
**Bước 5:** Kết quả sắp xếp theo thứ tự giảm dần tầm quan trọng của các đơn vị tải được trình bày ở **Bảng 2**.

**Bảng 2:** Sắp xếp theo thứ tự giảm dần tầm quan trọng của các đơn vị tải.

Nút tải	L14	L13	L11	L12	L10	L35	L36	L30	L37	L23	L32	L16	L34	L19	L15	L9	L7	L6	L25	L22	L5	L8	L4	L2	L3
Trọng số	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.2	0.2	0.2	0.2	0.07	0.2	0.07	0.2	0.07	0.07	0.02	0.02	0.02	0.2	0.07	0.02	0.02	0.02	0.018	0.018
Trọng số đơn vị tải	0.27	0.26	0.25	0.14	0.08	0.23	0.23	0.17	0.14	0.36	0.12	0.35	0.1	0.18	0.07	0.23	0.22	0.2	0.02	0.05	0.13	0.12	0.09	0.0068	0.0066
Trọng số nút tải trong toàn hệ thống	0.2	0.19	0.18	0.1	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0.0001

Trong bảng sắp xếp các đơn vị tải này, phụ tải có trọng số nhỏ hơn sẽ được ưu tiên sa thải trước ở các chiến lược điều khiển.

**Bước 6:** Mờ hóa đồ thị phụ tải ứng với các tỷ lệ 70%, 80%, 90% và 100% công suất cực đại của phụ tải.



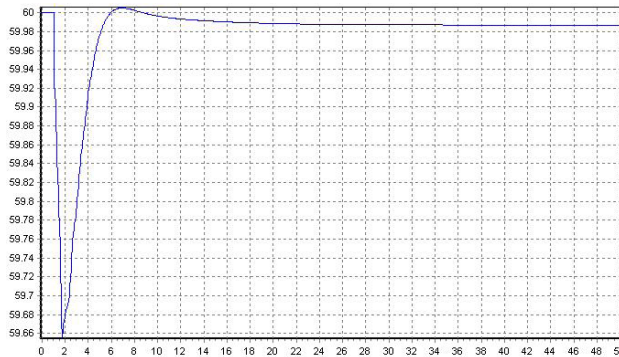
Hình 6: Kỹ thuật mờ hóa đồ thị phụ tải.

Giả sử trường hợp phụ tải đang vận hành ở mức 83% phụ tải cực đại, kết quả cho thấy giá trị  $\mu_2 > \mu_3$  do đó chọn chiến lược điều khiển CL2. Kết quả mô phỏng đồ thị tần số được trình bày ở Hình 7. Kết quả tính toán tổng hợp trình bày ở Bảng 3.

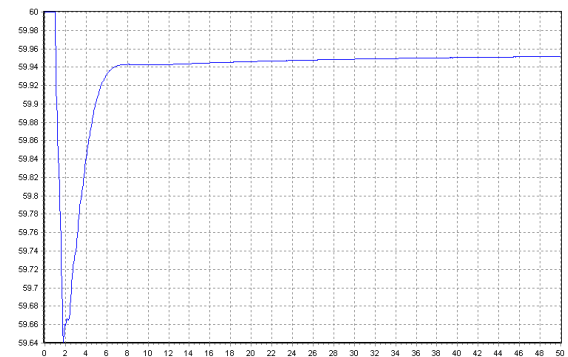
Bảng 3: Kết quả tính toán tổng hợp các trường hợp mờ hóa đồ thị phụ tải

Giá trị phần trăm tải cực đại	Chiến lược điều khiển	Phụ tải sa thải theo thứ tự trọng số tải dựa trên AHP	Phụ tải sa thải theo thứ tự trọng số tải dựa trên Fuzzy-AHP
70%-75%	CL1	L2, L4, L25, L5	L3, L2, L4, L8
75%-85%	CL2	L2, L4, L25, L5	L3, L2, L4, L8
85%-95%	CL3	L2, L4, L25	L3, L2, L4
>95%	CL4	L2, L4, L25	L3, L2, L4

Kết quả đồ thị thay đổi tần số khi sa thải phụ tải theo thuật toán AHP và Fuzzy-AHP trình bày ở Hình 7 và Hình 8.



Hình 7: Tần số của hệ thống khi áp dụng chương trình sa thải phụ tải theo AHP.



Hình 8: Tần số của hệ thống khi áp dụng chương trình sa thải phụ tải theo AHP Fuzzy-AHP

Kết quả nhận được, tần số trước khi thực hiện chương trình sa thải phụ tải đề xuất là 59.6 Hz, sau khi áp dụng chương trình sa thải tải, tần số đã cải thiện đến một giá trị ổn định gần 60 Hz (59.9 Hz) trong vòng 30 giây.

So sánh với trường hợp sa thải phụ tải theo thuật toán AHP, phương pháp sa thải phụ tải theo thuật toán Fuzzy-AHP thì cả hai trường hợp tần số đều phục hồi đến giá trị cho phép, tuy nhiên phương pháp tải được sa thải theo Fuzzy-AHP có tổng công suất phải sa thải ít hơn. Kết quả so sánh trình bày ở Bảng 4.

#### IV. KẾT LUẬN

Phương pháp sa thải dựa trên thuật toán Fuzzy-AHP được áp dụng trong các tình huống khẩn cấp để duy trì ổn định của hệ thống điện. Đặc điểm quan trọng của phương pháp này là đồ thị phụ tải được mờ hóa làm giảm được số chiến lược điều khiển ứng với các mức tải khác nhau, số lượng tải và vị trí tải sa thải tại mỗi nút đã được xác định trước và thực hiện theo chiến lược điều khiển. Điều này góp phần làm đơn giản hóa trong công tác vận hành, giảm được bộ nhớ và tăng tốc độ xử lý của chương

trình giúp cho thời gian phục hồi của hệ thống nhanh hơn khi có sự cố xảy ra. Phương pháp sa thải dựa trên thuật toán Fuzzy-AHP được

áp dụng trong các tình huống khẩn cấp để duy trì ổn định của hệ thống điện.

**Bảng 4:** Kết quả so sánh giữa phương pháp sa thải phụ tải theo AHP và Fuzzy-AHP

Phương pháp sa thải	Thuật toán AHP				Thuật toán Fuzzy-AHP			
	Chiến lược điều khiển 1	Chiến lược điều khiển 2	Chiến lược điều khiển 3	Chiến lược điều khiển 4	Chiến lược điều khiển 1	Chiến lược điều khiển 2	Chiến lược điều khiển 3	Chiến lược điều khiển 4
Tần số phục hồi (Hz)	59,9	59,9	59,9	60	59,9	59,9	59,86	59,9
Công suất sa thải (MW)	131,30	143,69	133,45	148,29	118,90	130,11	106	117,78
Thời gian phục hồi (s)	38s	30s	40s	40s	30s	32s	60s	45s

Đặc điểm quan trọng của phương pháp này là đồ thị phụ tải được mờ hóa làm giảm được số chiến lược điều khiển ứng với các mức tải khác nhau, số lượng tải và vị trí tải sa thải tại mỗi nút đã được xác định trước và thực hiện theo chiến lược điều khiển. Điều này góp phần làm đơn giản hóa trong công tác vận hành, giảm được bộ nhớ và tăng tốc độ xử lý của chương trình giúp cho thời gian phục hồi của

hệ thống nhanh hơn khi có sự cố xảy ra.

Các kết quả mô phỏng cho thấy khi sử dụng thuật toán Fuzzy-AHP kết hợp với mờ hóa đồ thị phụ tải, lượng công suất phải sa thải ít hơn so với thuật toán AHP góp phần làm giảm thiệt hại về mặt kinh tế khi có sự cố xảy ra và để chứng minh được hiệu quả của phương pháp đề xuất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Quang Anh, *Tối ưu hóa sa thải phụ tải*, luận văn thạc sỹ ĐHSPTTP.HCM 2011.
- [2] *Florida Reliability Coordinating Council Inc*, 2011 FRCC standards handbook, p.316.
- [3] ERCOT, *Underfrequency Load Shedding 2006 Assessment and Review*, p.4.
- [4] Adly A. Girgis, Shruti Mathure, *Application of active power sensitivity to frequency and voltage variations on load shedding*, Electric Power Systems Research: p.306-310.
- [5] Delfino.B, *Implementation and comparison of different under frequency load-shedding schemes*, Power Engineering Society Summer Meeting, 2001 (Volume:1 ), p.307 - 312 vol.1.
- [6] J.J. Buckley, *Fuzzy hierarchical analysis*, Fuzzy Sets and Systems 17 (1985) 233–247.
- [7] D.Y. Chang, *Extent Analysis and Synthetic Decision*, Optimization Techniques and Applications, World Scientific, Singapore, 1992, p. 352.
- [8] D.Y. Chang, *Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP*, European Journal of Operational Research 95 (1996) 649–655.
- [9] T.L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [10] P.J.M. Van Laarhoven, W. Pedrycz, *A fuzzy extension of Saaty's priority theory*, Fuzzy Sets and Systems 11 (1983) p.229–241.
- [11] Ling Chak Ung, *AHP Approach for Load Shedding Scheme of an Islanded Power System*, Masters Thesis University Tun Hussein Onn Malaysia 2012, 142 pages.

- [12] Goh Hui Hwang, *Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in load shedding scheme for electrical power system*, Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2010 9th International Conference on, page(s): 365- 368.
- [13] Y.C. Erensal, T. Ö zcan, M.L. Demircan, *Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic hierarchy process: A case study of Turkey*, Information Sciences 176 (2006) 2755–2770.
- [14] C. Kahraman, T. Ertay, G. Bu“yu“ko“zkan, *A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach*, European Journal of Operational Research 171 (2006) 390–411.
- [15] E. Tolga, M.L. Demircan, C. Kahraman, *Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process*, International Journal of Production Economics 97 (2005) 89–117.