

# TỐI ƯU HÓA SA THẢI PHỤ TẢI DỰA TRÊN TẦN SỐ, ĐỘ NHẠY ĐIỆN ÁP VÀ THUẬT TOÁN AHP OPTIMAL LOAD SHEDDING BASED ON FREQUENCY, VOLTAGE SENSITIVITIES AND AHP ALGORITHM

Bùi Quang Anh,  
Quyền Huy Ánh,  
Lê Trọng Nghĩa,

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

## TÓM TẮT:

Điện áp và tần số là hai thông số quan trọng ảnh hưởng đến việc duy trì ổn định của hệ thống điện. Bài báo này đề xuất phương pháp sa thải tải dựa trên tần số và điện áp. Mức độ nhiễu loạn được ước tính bằng cách sử dụng tốc độ thay đổi tần số, và xác định vị trí, số lượng tải bị sa thải tại mỗi thanh góp đã được quyết định dựa trên độ nhạy điện áp tính toán tại mỗi vị trí tải ở chế độ xác lập. Trong thị trường điện cạnh tranh, hệ thống hỗ trợ quyết định sa thải hay không sa thải tải là cần thiết để tìm ra hướng kinh tế phục vụ các phụ tải quan trọng với nguồn cung cấp có giới hạn trong điều kiện sự bất ổn định khác nhau. Việc ra quyết định bị ảnh hưởng lớn bởi giới hạn về nguồn, giá thành phát điện, và khả năng truyền tải hiện tại của lưới. Chương trình sa thải phụ tải trong bài báo này đề xuất phương pháp sa thải tải có xét đến tầm quan trọng của phụ tải, suất đầu tư/đơn vị phụ tải, và các điều kiện ràng buộc dựa trên thuật toán phân tích hệ thống phân cấp AHP để xử lý khi hệ thống có nhiều loại phụ tải khác nhau.

## ABSTRACT:

*Voltage and frequency are the two important parameters affecting the maintenance of the power system stability. This paper presents the load shedding methodology based on frequency and voltage. The level of disturbance is estimated by using the rate of frequency change, and determine the location, number of loads shed at each bus is determined based on the calculated voltage sensitivity at each bus in steady state. In the competitive electricity market, load shedding/not shedding Decision Support Systems are needed to find economical ways to serve critical loads with limited sources under various uncertainties. Decision - making is significantly affected by limited energy sources, generation cost, and network available transfer capacity. The load shedding program taking into account the importance and position of the load, investment rates per unit load, and the constraint conditions based on Analytic Hierarchy Process (AHP) algorithm to process when the system there are many different types of load.*

**Key words:** Load shedding, voltage sensitivities, AHP, Linear Program.

## I. GIỚI THIỆU

Hai thông số quan trọng nhất phải theo dõi trong hệ thống điện là điện áp và tần số hệ thống. Nếu các máy phát điện trong hệ thống không cung cấp đủ công suất tải cần thiết, thì tần số hệ thống bắt đầu giảm, và 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 phương sách cuối cùng để phục hồi lại tần số trong giới hạn định mức. Việc sa thải phụ tải tối

ưu cần xét đến các chỉ tiêu kinh tế và tầm quan trọng của phụ tải.

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].

Thuật toán sa thải tải đề xuất dưới đây nhằm mục đích sa thải phụ tải tối ưu dựa trên tần số, độ nhạy điện áp tại các nút, có xét đến tầm quan trọng của tải, suất đầu tư/đơn vị phụ tải và các điều kiện ràng buộc nhằm giải quyết những hạn chế của các nghiên cứu trước đây.

## II. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

### II.1. Chương trình sa thải phụ tải dựa trên tần số và độ nhạy điện áp

Chương trình sa thải tải đề xuất kết hợp hai tham số: tần số và độ nhạy điện áp tại thanh góp đưa ra số lượng và vị trí của tải phải sa thải [1].

Bước đầu tiên là xác định các phương trình chuyển động của rotor:

$$\frac{2H_{eq}}{f_0} \frac{df_n}{dt} = P_{diff} = P_{mn} - P_{en} \quad (2.1)$$

Ở đây:  $H_{eq}$  là hằng số quán tính tương đương của các máy phát;  $f_0$  là tần số danh định của hệ thống;  $P_{diff}$  là độ chênh lệch giữa công suất phát và công suất phụ tải;  $P_{mn}$  là công suất cơ của n máy,  $P_e$  là công suất điện của n máy phát.

Bước tiếp theo tính toán  $dV/dt$  để quyết định thứ tự sa thải. Thanh góp với độ lớn  $dV/dt$  lớn nhất được liệt kê ở đầu danh sách và sau đó xếp theo thứ tự giảm dần. Các phương trình cho công suất phản kháng, công suất tác dụng, và độ nhạy điện áp là:

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_{ij} - \theta_{ij}) \quad (2.2)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_{ij} - \theta_{ij}) \quad (2.3)$$

$$\frac{dQ_i}{dV_i} = 2|V_{ii} Y_{ii}| \cos(\theta_{ii}) + \sum_{j=1, j \neq i}^n |V_j Y_{ij}| \sin(\delta_{ij} - \theta_{ij}) \quad (2.4)$$

Với:  $P_i$ ,  $Q_i$  là công suất đi vào nút thứ i;  $V_i$ ,  $V_j$  là điện áp tại nút thứ i và j;  $Y_{ij}$  là ma trận tổng dẫn nút;  $\delta_{ij}$  là độ chênh lệch góc pha của điện áp tại i và j;  $\theta_{ij}$  là góc pha của tổng dẫn đoạn ij.

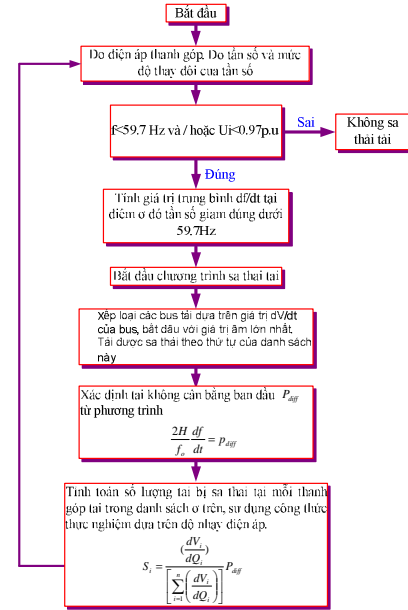
Độ nhạy điện áp của từng thanh góp so với tổng độ nhạy điện áp:

$$\frac{\frac{dV_i}{dQ_i}}{\left( \frac{dV_1}{dQ_1} + \frac{dV_2}{dQ_2} + \dots + \frac{dV_n}{dQ_n} \right)} \quad (2.5)$$

Khi đó, lượng tải được sa thải từ mỗi thanh góp, sẽ dựa vào công thức sau:

$$S_i = \frac{\left( \frac{dV_i}{dQ_i} \right)}{\left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{dV_i}{dQ_i} \right) \right]} P_{diff} \quad (2.6)$$

Lưu đồ thuật toán sa thải được đề xuất trình bày ở Hình 2.1[1].



Hình 2.1: Lưu đồ thuật toán sa thải tải theo tần số và độ nhạy điện áp

### II.2 Chương trình sa thải phụ tải có xét đến tầm quan trọng của phụ tải dựa trên thuật toán AHP

Chương trình sa thải phụ tải kết hợp các tham số: tầm quan trọng của tải, suất đầu tư/đơn vị phụ tải, sự thay đổi của phụ tải theo giờ trong ngày, các điều kiện ràng buộc về công suất từ đó đưa ra các biện pháp quyết định và tính toán lợi ích đạt được tối đa thông qua hàm mục tiêu.

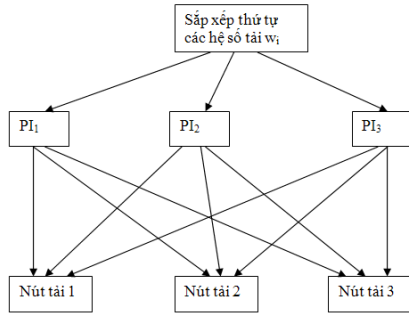
#### II.2.1 Hàm mục tiêu

$$\text{Max } H_i = \sum_{j=1}^{ND(K)} w_{ij} v_{ij} x_{ij} \quad (2.7)$$

Ở đây:  $x_{ij}$  là biến số quyết định (tính bằng 0 hoặc 1) trên thanh góp tải j ở mức thời gian thứ i;  $ND(k)$  là tổng số lượng các vị trí tải ở trung tâm phụ tải k;  $w_{ij}$  là độ ưu tiên phụ tải chúng tỏ tính quan trọng của vị trí phụ tải thứ j ứng với mức thời gian thứ i;  $v_{ij}$  là suất đầu tư/đơn vị phụ tải (hoặc chi phí bồi thường/kW khi mất điện) của phụ tải thứ j ở mức thời gian i (\$/kW hoặc \$/MW); H là hàm mục tiêu.

#### II.2.2 Thuật toán AHP (Analytic Hierarchy Process) [4] [5].

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



**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 tri thức của người sử dụng về tầm quan trọng mỗi liên hệ giữa các cặp hệ số.

Ma trận phán đoán A-PI:

$$A-PI = \begin{bmatrix} w_{K1}/w_{K1} & w_{K1}/w_{K2} & \dots & w_{K1}/w_{Kn} \\ w_{K2}/w_{K1} & w_{K2}/w_{K2} & \dots & w_{K2}/w_{Kn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{Kn}/w_{K1} & w_{Kn}/w_{K2} & \dots & w_{Kn}/w_{Kn} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

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 thông qua sử dụng phương pháp tỷ lệ “1-9”.

Ma trận phán đoán A-LD:

$$A-LD = \begin{bmatrix} w_{D1}/w_{D1} & w_{D1}/w_{D2} & \dots & w_{D1}/w_{Dn} \\ w_{D2}/w_{D1} & w_{D2}/w_{D2} & \dots & w_{D2}/w_{Dn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{Dn}/w_{D1} & w_{Dn}/w_{D2} & \dots & w_{Dn}/w_{Dn} \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

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, nó liên quan đến các điều kiện hoạt động thị trường năng lượng. 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:

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

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.

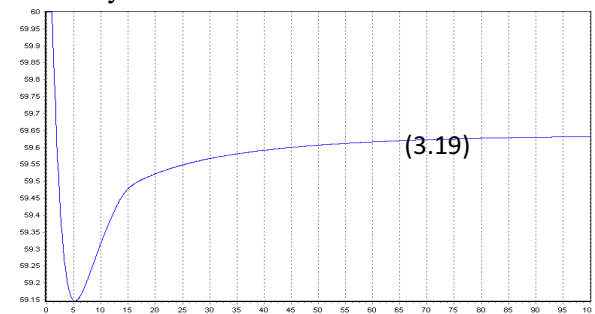
**Bước 4:** Sắp xếp phân cấp và kiểm tra tính nhất quán của các kết quả.

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

#### III.1 Trường hợp sử dụng chương trình sa thải tải dựa trên tần số và độ nhạy điện áp

Thí nghiệm trên hệ thống điển hình của IEEE với  $f=60\text{Hz}$  gồm 37 thanh góp 9 máy phát trình bày ở Hình 3.1. Xét trường hợp mất một máy phát điện tại thanh góp số 4, mô phỏng bằng phần mềm PowerWorld và quan sát kết quả nhận được khi áp dụng các chương trình sa thải tải thông thường và chương trình sa thải tải đề xuất.

Sử dụng phương trình chuyển động của rotor, xác định là giảm khoảng 185MW. Kết quả đồ thị thay đổi tần số khi không sa thải tải được trình bày ở Hình 3.1.



**Hình 3.1** Tần số hệ thống trong trường hợp sự cố máy phát tại thanh góp số 4

Khi không có sa thải tải, tần số giảm xuống giá trị 59.6 Hz thấp hơn so với giới hạn chuẩn yêu cầu. Do đó, cần có biện pháp để khôi phục tần số hệ thống trở về giá trị giới hạn cho phép. Các giá trị  $dV/dt$  tại các thanh góp tải được tính toán và sắp xếp theo thứ tự bắt đầu với giá trị âm lớn nhất. Tải sẽ lần lượt được sa thải theo thứ tự của danh sách được trình bày ở Bảng 3.1 và gia tăng trong 0,05s để tránh sự mất đột ngột của tải. Việc tăng số lượng các bước và

tải sa thải trong các bước nhỏ sẽ tránh được việc sa thải quá nhiều tải.

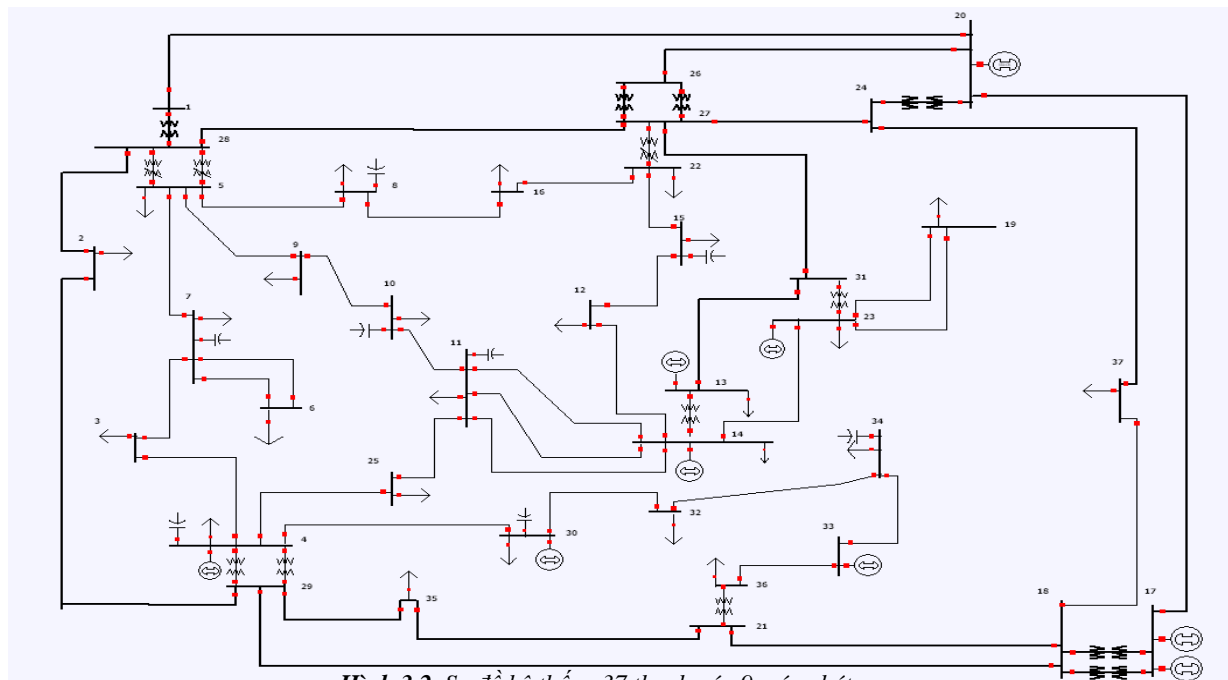
**Bảng 3.1:** Thứ tự sắp xếp theo  $dV/dt$  tại các thanh góp

Bus	Thứ tự sắp xếp	Giá trị $dV/dt$
4	1	-0.04125
30	2	-0.03828
32	3	-0.03628
34	4	-0.03485
35	5	-0.03450
3	6	-0.03200
2	7	-0.02975
25	8	-0.02650
6	9	-0.02600
7	10	-0.02575
36	11	-0.02450
5	12	-0.02250
37	13	-0.02177
8	14	-0.01933
9	15	-0.01900
10	16	-0.01825
16	17	-0.01755
11	18	-0.01750
13	19	-0.01750

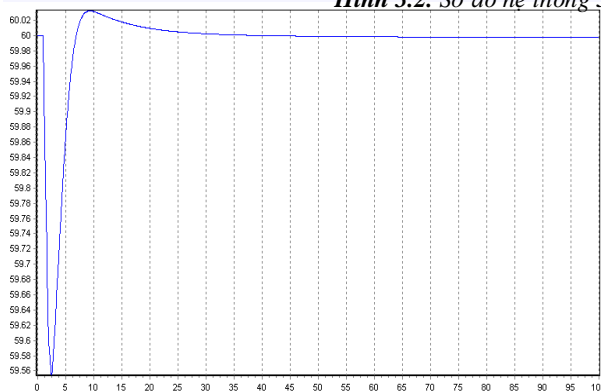
22	20	-0.01725
15	21	-0.01625
14	22	-0.01575
19	23	-0.01475
23	24	-0.01475
12	25	-0.01325

Giá trị công suất sa thải tại các thanh góp sẽ dựa trên các độ nhạy điện áp của nó. Các giá trị  $dV/dQ$  đã được tính riêng biệt cho mỗi thanh góp tải khi vận hành ở chế độ xác lập. Các giá trị  $dV/dQ$  này được ứng dụng vào công thức độ nhạy điện áp để tính lượng tải sẽ sa thải tại mỗi thanh góp. Đồ thị tần số sau khi áp dụng chương trình sa thải phụ tải trình bày ở Hình 3.3.

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 (59.995 Hz)

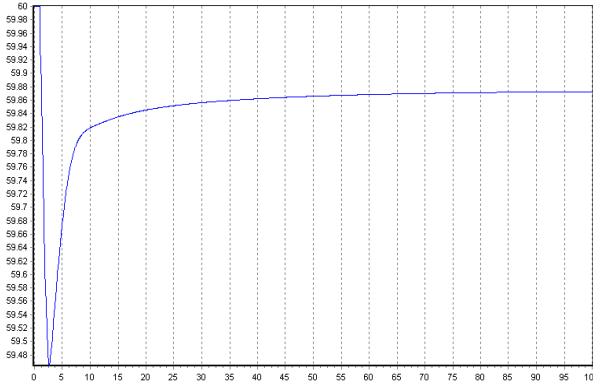


**Hình 3.2.** Sơ đồ hệ thống 37 thanh góp 9 máy phát



**Hình 3.3:** Tần số hệ thống sau khi áp dụng chương trình sa thải tải dựa trên tần số và độ nhạy điện áp trong vòng 32 giây.

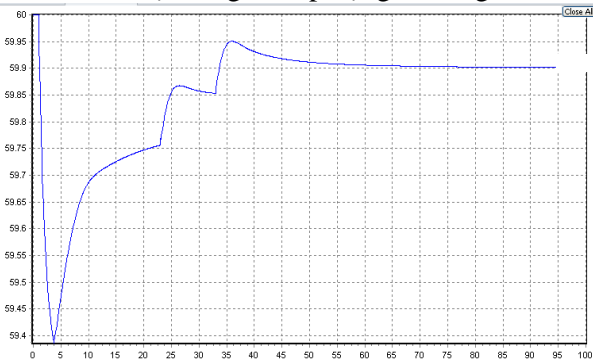
So sánh với trường hợp sa thải phụ tải không theo thứ tự giá trị sắp xếp  $dV/dt$ , tải được sa thải theo thứ tự: tải có giá trị nhỏ nhất được sa thải trước và theo thứ tự tăng dần [2]. Đồ thị tần số sau khi áp sa thải phụ tải trình bày ở Hình 3.4.



**Hình 3.4:** Tần số hệ thống sau khi áp dụng chương trình sa thải phụ tải không theo thứ tự  $dV/dt$ .

Kết quả nhận được giá trị tần số phục hồi 59,87 Hz, thời gian phục hồi đến giá trị tần số ổn định 50 giây.

So sánh với trường hợp sa thải phụ tải truyền thống theo các bước dựa trên sự suy giảm của tần số [3]. Tần số hệ thống khi áp dụng chương trình sa thải theo phương pháp này trình bày ở Hình 3.5.



**Hình 3.5:** Tần số hệ thống sau khi sa thải phụ tải theo các bước dựa trên sự thay đổi của tần số.

Kết luận: Chương trình sa thải phụ tải theo tần số và độ nhạy điện áp có thời gian hồi phục nhanh hơn, tổng công suất sa thải ít hơn so với các phương pháp sa thải truyền thống.

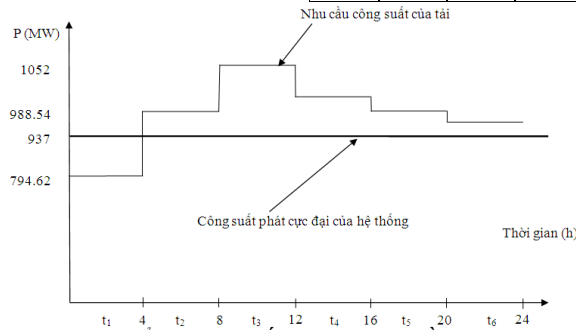
### III.2 Trường hợp sa thải phụ tải có xét đến tầm quan trọng của phụ tải dựa trên thuật toán AHP

Nghiên cứu trường hợp hệ thống 37 bus 9 máy phát. Dữ liệu tải theo thời gian trong ngày được trình bày ở Bảng 3.2. Tổng công suất phát của nguồn và nhu cầu của tải ở các khoảng thời gian được trình bày ở Hình 3.6.

**Bảng 3.2:** Dữ liệu tải trong hệ thống 37 thanh góp 9 máy phát tại các khoảng thời gian.

Trung tâm tải	Nút tải	vij (\$/kW)	Load t1 (MW)	Load t2 (MW)	Load t3 (MW)	Load t4 (MW)	Load t5 (MW)	Load t6 (MW)
CK1	PD2	280	12.3	15.7	16.8	15.3	15.7	15.6
CK1	PD3	300	14	17.3	18.3	17.7	17.3	17.1
CK1	PD4	280	59.8	73.8	78.2	74.3	73.9	72.9
CK1	PD5	300	22.9	28.3	29.9	27.3	28.3	27.9
CK1	PD6	300	27	34.6	36.8	35.7	34.6	34.3
CK1	PD7	300	45	57.6	61.3	58.3	57.6	57.2
CK1	PD8	280	32.8	40.5	42.9	40.8	40.5	40
CK1	PD9	280	20	24.7	26.2	24.9	24.7	24.4
CK2	PD10	245	57.8	71.4	75.6	71.8	71.4	70.5
CK2	PD11	280	58.2	71.9	76.1	72.3	71.9	71
CK2	PD12	300	22.6	27.9	29.6	28.1	27.9	27.6
CK2	PD13	280	59.5	73.5	77.8	73.9	73.5	72.6
CK2	PD14	220	12.4	15.3	16.3	15.5	15.4	15.2

CK3	PD15	280	23	29.4	31.3	29.8	29.4	29.1
CK3	PD16	220	18.3	22.6	23.9	23.2	22.6	22.3
CK3	PD19	245	74.4	91.9	99.1	94.1	91.9	90.8
CK3	PD22	220	16.8	20.7	22.6	21.4	20.7	20.5
CK3	PD23	280	55.8	68.9	72.9	69.3	68.9	68.1
CK4	PD25	300	36.3	47.2	50.9	49.4	47.2	46.6
CK4	PD30	220	22.2	27.4	29.0	26.7	27.4	27.1
CK4	PD32	220	22.7	28.1	29.7	28.9	28.1	27.7
CK4	PD34	220	15.3	18.9	20	19	18.9	18.7
CK4	PD35	245	23.4	28.9	30.6	29.7	28.9	28.6
CK4	PD36	300	28	34.6	37.3	35.4	34.6	34.2
CK4	PD37	220	14	17.3	18.3	17.4	17.3	17.1



Hình 3.6: Tổng công suất phát và nhu cầu tải ở các thời đoạn.

Đầu tiên, thành lập các ma trận phán đoán A-PI và A-LD trình bày ở Bảng 3.3 và Bảng 3.4.

Bảng 3.3. Ma trận phán đoán A-PI

PI	CK1	CK2	CK3	CK4
CK1	1	2	5	3
CK2	1/2	1	1/2	1/3
CK3	1/5	2	1	5
CK4	1/3	3	1/5	1

Bảng 3.4. Ma trận A-LD

au khi tính toán các giá trị hệ số quan trọng tổng hợp của mỗi đơn vị phụ tải tại mỗi thời đoạn có được từ tính toán AHP, tiến hành sắp xếp các đơn vị phụ tải theo thứ tự ưu tiên giảm dần được trình bày ở Bảng 3.5. Phụ tải quan trọng hơn thì có hệ số  $W_{ij}$  lớn hơn.

LD	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	19	22	23	25	30	32	34	35	36	37
2	1	2	2	1/3	1/5	2	1/2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	1/2	3	3	3	3	4	3	1/2	3
3	1/2	1	1/2	1/4	2	1/2	1	2	2	3	2	1/2	1	2	2	3	1/3	3	3	3	3	2	1/2	2	3
4	1/2	2	1	1/2	2	1/3	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2
5	3	4	2	1	4	2	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3
6	5	1/2	1/2	1/4	1	1/2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	2	3	2	3	3	3	2	2	3
7	1/2	2	3	1/2	2	1	3	2	2	4	4	2	3	3	3	4	2	2	3	2	3	3	2	3	2
8	2	1	1/2	1/3	1/2	1/3	1	2	3	3	3	1/2	2	3	2	3	2	3	3	3	2	4	2	2	3
9	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	5	3	3	2
10	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1	1	2	3	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3
11	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/4	1/3	1/2	1/2	1	2	1/3	2	2	1/5	1/5	1/3	3	1/3	2	1/2	3	1/2	2	3
12	1/3	1/2	1/3	1/4	1/3	1/4	1/3	1/2	1/3	1/2	1	1/3	2	3	1/2	1/2	1/3	3	1/2	2	1/2	1/2	2	1/2	1/3
13	1/2	2	1/2	1/2	1/3	1/2	2	1/2	1/2	3	3	1	2	2	3	3	2	2	2	3	3	1/2	3	2	3
14	1/3	1	1/2	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1/2	2	2	1/2	3	1/3	2	1/2	1/3	1/2	1/2	2
15	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	2	1	2	3	1/3	2	1/2	3	1/2	3	2	1/2	2
16	1/3	1/2	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	5	2	1/3	1/2	1/2	1	3	1/2	2	1/3	2	4	2	3	3	1/2
19	1/3	1/3	1/2	1/3	1/4	1/4	1/3	1/3	1/2	5	2	1/3	1/2	1/3	1/3	1	1/3	2	1/2	3	4	1/2	1/2	2	3
22	2	3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	3	3	1/2	2	3	2	3	1	3	2	3	3	3	1/2	1/2	1/3
23	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1/2	1/3	1/3	1/3	2	3	3
25	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	3	2	1/2	3	2	3	2	1/2	2	1	4	3	1/2	3	3	1/2
30	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	1/3	1/3	2	1/4	1	1/2	2	2	3	2
32	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	2	2	1/3	2	2	1/4	1/4	1/3	3	1/3	2	1	3	1/2	2	3
34	1/4	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3	1/4	1/5	1/2	1/3	2	2	3	1/3	1/2	2	1/3	3	2	1/2	1/3	1	1/2	1/3	1/3
35	1/3	2	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3	2	1/2	1/3	2	1/2	1/3	2	2	1/2	1/3	1/2	2	2	1	1/2	3
36	2	1/2	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	2	1/2	2	2	1/3	1/2	2	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	3	2	1	2
37	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/3	1/3	3	1/3	1/2	1/2	2	1/3	3	1/3	2	1/2	1/3	3	1/3	1/2	1



PD25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PD30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
PD32	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
PD34	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	
PD35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
PD36	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
PD37	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	

So sánh với việc sử dụng chương trình sa thải phụ tải thông thường mà không xét đến các hệ số ưu tiên tải  $W_{ij}$  được xác định bởi AHP, áp dụng phụ tải có công suất nhỏ hơn và chi phí thấp thì được xét đến sa thải tải trước tiên.

Kết quả tổng hợp so sánh giữa phương pháp sa thải phụ tải thông thường (LP) và phương pháp sa thải phụ tải theo AHP được trình bày ở Bảng 3.6 và Bảng 3.7.

Quan sát kết quả so sánh nhận thấy, tại vị trí nút tải 14, và 37 thì luôn luôn bị sa thải theo phương pháp thông thường khi nguồn phát của hệ thống bị giới hạn, trong khi tại nút tải 14, và 37 không bị sa thải khi sử dụng phương pháp AHP tại các thời đoạn t3 (nút tải 14) và t3, t4, t6 (nút tải 37) mặc dù nó có chi phí thấp (220\$/kWh) và công suất nhỏ (12,43 MW và 14 MW).

**Bảng 3.7:** Tổng hợp kết quả so sánh giữa phương pháp sa thải phụ tải thông thường (LP) và phương pháp sa thải phụ tải theo AHP.

Phương pháp	Thời đoạn	Công suất phát cực đại của hệ thống (MW)	Nhu cầu công suất của hệ thống (MW)	Tổng công suất sa thải (MW)	Giá trị hàm mục tiêu $H_i$	Lợi ích $\sum V_{ij}P_{ij}$ ( $\times 10^6$ )\$
AHP	t <sub>1</sub>	937	794.62	0.00	94.78	213658
LP		937	794.62	0.00		213658
AHP	t <sub>2</sub>	937	988.54	51.54	92.93	254655
LP		937	988.54	67.28		250246
AHP	t <sub>3</sub>	937	1052	115.10	92.74	255142
LP		937	1052	116.20		254974
AHP	t <sub>4</sub>	937	1000	63.31	92.79	255205
LP		937	1000	65.86		252308
AHP	t <sub>5</sub>	937	988.54	51.54	93.58	254655
LP		937	988.54	67.28		250246
AHP	t <sub>6</sub>	937	977.13	42.25	93.61	253639
LP		937	977.13	47.87		251467

Phương pháp sa thải phụ tải thông thường LP không đề cập đến tầm quan trọng các phụ tải cũng như mối liên hệ của các vị trí tải với nhau. Kết quả so sánh chỉ ra rằng phương pháp sa thải phụ tải theo AHP thì tối ưu hơn. Nó không chỉ tối đa lợi ích của tải, tổng công suất sa thải không những ít hơn, mà còn quan tâm đến tầm quan trọng và vị trí của tải.

**IV. KẾT LUẬN**

- Chương trình sa thải phụ tải dựa trên tần số và độ nhạy điện áp  $\frac{dV}{dQ}$  có thời gian phục hồi tần số nhanh hơn các phương pháp truyền thống. Tuy nhiên, phương pháp này không đề cập đến các chỉ tiêu kinh tế và áp dụng cho các tình huống khẩn cấp như sự cố đường dây hoặc máy phát.
- Sử dụng chương trình sa thải phụ tải dùng thuật toán AHP xem xét bài toán sa thải phụ tải có tính đến tầm quan trọng của phụ tải, suất đầu tư/đơn vị phụ tải, sự thay đổi của tải theo giờ trong ngày và các điều kiện ràng buộc cho phép sa thải lượng phụ tải ít hơn các phương pháp truyền thống và tối đa hóa hàm mục tiêu.

***TÀI LIỆU THAM KHẢO***

- [1] Bùi Quang Anh, Tối ưu hóa sa thải phụ tải, luận văn thạc sỹ ĐHSPKT TP.HCM 2011, 55 trang.
- [2] Florida Reliability Coordinating Council Inc, 2011 FRCC standards handbook, 316 pages.
- [3] ERCOT, Underfrequency Load Shedding 2006 Assessment and Review, 4 pages.
- [4] Ling Chak Ung, “AHP Approach for Load Shedding Scheme of an Islanded Power System”, Masters Thesis University Tun Hussein Onn Malaysia 2012, 142 pages.
- [5] 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.