NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP SA THẢI MẠNG ĐIỆN ĐIỂN HÌNH

STUDY SOLUTION LOAD SHEDDING SYSTEM EXAMPLE

PGS.TS. Quyền Huy Ánh [(1)]***, Võ Đức Thiên*** [(2)]

(1) Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM.

(2) Trường Cao Đẳng Nghề Tiền Giang.

TÓM TẮT.

Luận văn đề xuất phương pháp sa thải phụ tải trên cơ sở phân tích công suất điều chỉnh sơ cấp của bộ điều tốc turbine và lượng công suất dự phòng của các máy phát nhằm duy trì tần số hệ thống điện trong phạm vi cho phép khi có sự cố gây mất cân bằng giữa công suất phát và công suất tiêu thụ.

Khi xuất hiện sự cố mất máy phát, theo chiến lược điều khiển sơ cấp nhà máy điều tần sẽ phát thêm lượng công suất bổ xung vào lưới điện và trong trường hợp tần số hệ thống không phục hồi về giá trị cho phép thì theo chiến lược điều khiển thứ cấp cần sa thải lượng công suất tải tại các thanh góp. Lượng công suất sa thải này được xác định thông qua công thức tính toán nhanh, đơn giản và có giá trị thấp hơn so với các phương pháp truyền thống khác.

Hiệu quả của chiến lược sa thải phụ tải đề xuất, áp dụng cho hệ thống điện điển hình IEEE 39 bus 10 máy phát thông qua mô hình hóa và mô phỏng trên phần mềm PowerWorld, cho thấy tổng lượng công suất sa thải phụ tải giảm 57,2% so với chiến lược sa thải phụ tải dựa trên relay sa thải dưới tần.

Kết quả nghiên cứu của luận văn có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho nghiên cứu sinh, học viên cao học ngành Kỹ thuật điện khi nghiên cứu bài toán sa thải phụ tải khi xảy ra sự cố trong hệ thống điện nhằm duy trì ổn định tần số với lượng tải cần sa thải ở mức hợp lý và rút ngắn thời gian phục hồi tần số.

Từ khóa: Sa thải tải; distributed generation; islanding operation; Điều chỉnh tần sôds

ABSTRACT.

The thesis proposes the load shedding method based on the analysis of the primary power of the turbine governor and the reserve power of the generators to maintain the power system frequency within the allowable range when there is an imbalance between the load and generation.

When the generator is outage, according to the primary control strategy, the adjusted frequency power plant will increase the power to the grid and in case the system frequency does not recover to the allowable value, the secondary control strategy need to shed power at buses. This amount of power load-shedding is determined by a faster, simpler, and less valuable form of calculation than traditional methods.

The effectiveness of the proposed load shedding strategy, applied on the well-known power system of IEEE 39 bus 10 generators through modeling and simulation on PowerWorld software, the total power load shedding was reduced by 57.2% compared to the load shedding strategy based on under frequency load shedding relay.

The results of the thesis can be used as a reference for PhD student, post graduate students in electrical engineering when researching the problem of load shedding in the power system to maintain the frequency stability with the amount of load needed to load shedding is reasonable and the recovery time is reduced.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, hệ thống điện ngày càng mở rộng về qui mô và tăng tính phức tạp trong vận hành và điều khiển, điều này dẫn đến các phương pháp truyền thống phân tích, đánh giá và điều khiển trạng thái hệ thống điện đòi hỏi nhiều thời gian và gây chậm trễ trong việc ra

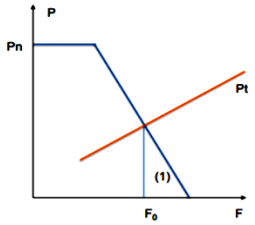
quyết định, nhất là trong trường hợp sự cố nghiêm trọng, gây rã lưới.

Sa thải phụ tải (STPT) là một trong những biện pháp mạnh và hiệu quả để duy trì ổn định hệ thống điện trong các tình huống sự cố nghiêm trọng. Tuy nhiên, để không gây thiệt hại lớn do ngừng cấp điện cần sa thải phụ tải nhanh với mức sa thải công suất hợp lý.

Vì vậy, việc đề xuất chiến lược sa thải phụ tải với mức công suất sa thải, vị trí sa thải và thời gian sa thải phụ tải hợp lý khi xuất hiện sự cố nghiêm trọng như mất tổ máy phát công suất lớn là yêu cầu bức thiết.

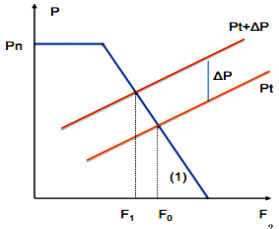
2. ĐẶC TÍNH ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ [5]

Đặc tính (1) thể hiện tác động của bộ điều tốc trong việc thay đổi công suất tuốc bin theo sự thay đổi của tần số. Trong chế độ cân bằng, ban đầu điểm giao nhau của đặc tính máy phát (1) với đặc tính tần số của phụ tải P_t xác định tần số F_0. Giả thiết rằng đó là tần số chuẩn, bằng 50 Hz.



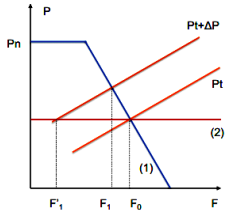
Hình 2.1. Đặc tính thay đổi công suất tuốc bin theo sự thay đổi của tần số.

Trong trường hợp phụ tải tăng thêm ΔP, tương ứng sẽ là đường đặc tính mới $P_t + \Delta P$. Tần số mới F_1 là giao điểm của đặc tính máy phát (1) với đặc tính mới của phụ tải.



Hình 2.2. Đặc tính thay đổi công suất tuốc bin theo sự thay đổi của tần số trong trường hợp phụ tải tăng thêm.

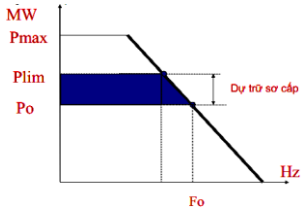
Có thể thấy rõ là $F_1 < F_0$. Theo đường đặc tính (1) của tổ máy phát, bộ điều tốc không cản trở được sự suy giảm tần số: $\Delta F = F_0 - F_1$. Tuy nhiên, nhờ có bộ điều tốc đã hạn chế được độ lệch lớn của tần số. Nếu vẽ đặc tính (2) của tổ máy không có bộ điều tốc thì giao điểm với đặc tính mới của phụ tải $P_t + \Delta P$ sẽ xác định tần số F'_1, lúc này $F'_1 < F_1 < F'_0$.



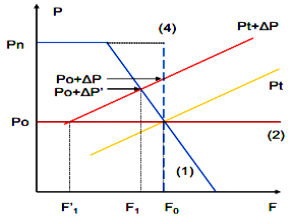
Hình 2.3. So sánh đặc tính thay đổi công suất tuốc bin theo sự thay đổi của tần số của tổ máy có bộ điều tốc và tổ máy không có bộ điều tốc.

Như vậy, bộ điều tốc của tổ máy phát đã có tác dụng điều chỉnh tần số và cũng thường được gọi là bộ điều chỉnh tần số sơ cấp. Quá trình này được gọi tương ứng là quá trình điều chỉnh sơ cấp.

Hiệu quả của quá trình điều chỉnh sơ cấp phụ thuộc vào độ dốc đặc tính điều chỉnh của tổ máy. Trường hợp lý tưởng, đặc tính điều chỉnh (4) của tổ máy thẳng đứng, tần số sẽ không thay đổi cho đến giới hạn công suất của tổ máy P_n (Hình 3.10).



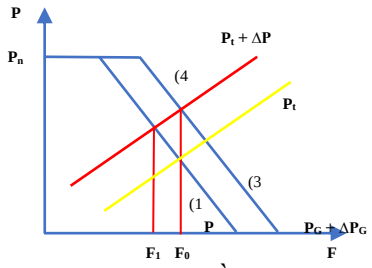
Hình 2.4. Đặc tính công suất dự trữ của máy phát có bộ điều tốc.



Hình 2.5. Đặc tính điều chỉnh sơ cấp lý tưởng trong mối quan hệ giữa công suất và tần số.

Chính đặc điểm trên của quá trình điều chỉnh sơ cấp dẫn đến sự cần thiết can thiệp từ bên ngoài (do thiết bị điều khiển tự động thực hiện hoặc do trực ban vận hành), đó là quá trình điều chỉnh thứ cấp

Trên đồ thị Hình 3.10, điều chỉnh thứ cấp được thể hiện bằng cách dịch chuyển song song đường đặc tính (1) sang thành đặc tính (3) của tổ máy, với độ dốc vẫn không thay đổi. Quá trình điều chỉnh này tương đương với việc tạo ra đường đặc tính điều chỉnh tĩnh thẳng đứng - đặc tính số (4).



Hình 2.6. Đặc tính điều chỉnh thứ cấp lý tưởng trong mối quan hệ giữa công suất và tần số.

3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

3.1. Xây dựng chương trình sa thải

Luận văn này tập trung chủ yếu 2 khía cạnh của việc sa thải phụ tải là: tối thiểu lượng công suất sa thải và phân bố công suất sa thải hợp lý tại các nút.

✓ Tối thiểu lượng công suất sa thải có xét đến điều khiển sơ cấp, và điều khiển thứ cấp: Các dữ liệu của hệ thống sẽ được gửi về trung tâm điều khiển, việc đo tần số hệ thống sẽ được tiến hành, nếu tần số hệ thống nằm trong khoảng cho phép 59,7Hz<f<60,3Hz thì hệ thống ổn định tần số. Ngược lại nếu tần số hệ thống nằm ngoài khoảng cho phép thì sẽ bắt đầu thực hiện điều chỉnh thứ cấp. Nếu đã thực hiện điều khiển thứ cấp chưa đưa hệ thống về giá trị tần số cho phép thì tiến hành sa thải tải.

✓ Công suất sa thải tại các nút:

Việc phân bố lượng công suất sa thải dựa vào tỷ số $\frac{df_i}{dt}$ tại các nút bus tải.

Bỏ qua các tổn thất và sự phụ thuộc tải vào tần số, trong chế độ ổn định:

$$\Delta f = -(\frac{1}{\beta})\,\Delta p_{mech} \qquad (4.1)$$

Tần số trong hệ đơn vị có tên cơ bản:

$$\Delta f_{cb} = 60x\Delta f \qquad (4.2)$$

Tần số ổn định:

$$\Delta f_{new} = 60 + \Delta f \qquad (4.3)$$

Trong đó: Δf là lượng thay đổi tần số, có đơn vị Hz; Δp_{mech} là lượng thay đổi công suất cơ của tuốc bin, có đơn vị MW.

$$\beta = (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots) \qquad (4.4)$$

Ở đây: R là hệ số độ dốc.

Quan hệ công suất cơ của tuốc bin:

$$R_{newp.u} = R_{oldp.u}.\frac{S_{new}}{S_{old}} \qquad (4.5)$$

Từ công thức (4.1), tìm được độ suy giảm tần số trong chế độ ổn định.

Trong luận văn này để thuận lợi cho việc so sánh với các giải pháp sa thải phụ tải khác thì độ lệch tần số cho phép là *(Δf_{cp} = ± 0.3)*.

Từ công thức (4.1) trên đề xuất công thức tính toán lượng công suất sa thải tối ưu như sau:

$$\Delta f_{cp} = (\frac{1}{\beta})\,(\Delta p_{mech} - \Delta P_2) \qquad (4.6)$$

Từ công thức (4.6) suy ra:

$$\Delta P_2 = \Delta p_{mech} - (\Delta f_{cp} \times \beta) \qquad (4.7)$$

Với ΔP_2 là lượng công suất cần thiết để khôi phục tần số về giá trị cho phép.

- Nếu: $\Delta P_2 < \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$: Tổng công suất máy điều chỉnh công suất thứ cấp.

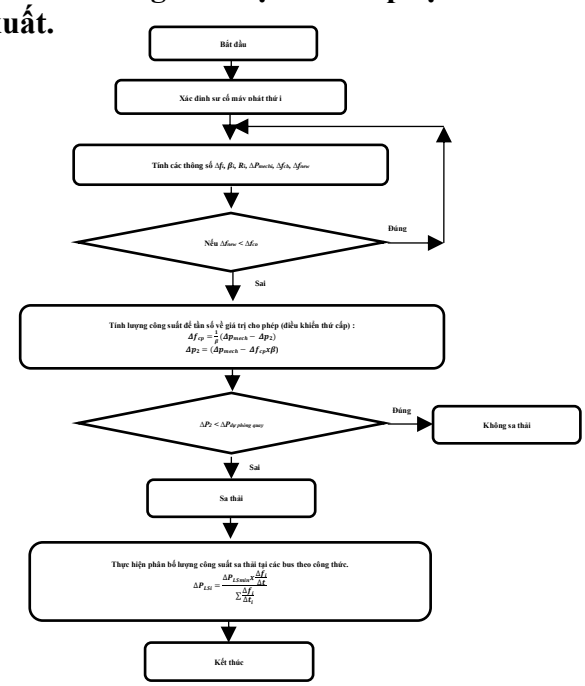
Suy ra: $\Delta P_{LS} = 0$, khi đó $\Delta P_2 = \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$: Không sa thải.

- Nếu : $\Delta P_2 > \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$

$\Delta P_{LS} = \Delta P_2 - \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$: Có sa thải.

Điều kiện: $\Delta P_{dự\ phòng\ quay} \leq \Delta P_{dự\ phòng\ quay\ cực\ đại}$.

3.2. Lưu đồ giải thuật sa thải phụ tải đề xuất.



Hình 3.1. Lưu đồ giải thuật sa thải phụ tải đề xuất.

3.3. Tính toán tần số và công suất cơ của mỗi máy phát với điều chỉnh sơ cấp, chưa thực hiện điều chỉnh thứ cấp (điều tần).

Hằng số điều chỉnh của mỗi đơn vị R=0.04pu, ứng với giá trị cơ bản chính là giá trị của chúng. Khi hệ thống đột ngột mất một máy phát, giả sử sự cố mất máy phát 30 (Gen_30). Đáp ứng tần số được tính như sau:

Từ công thức (4.1):

$$\Delta f = -\left(\frac{1}{\beta}\right) x \Delta P_{30mech}$$

Bỏ qua tuốc bin máy phát sự cố $R_{30p.u.new}$.

$$\beta = \frac{1}{R_{31p.u.new}} + \frac{1}{R_{32p.u.new}} + \frac{1}{R_{33p.u.new}} + \frac{1}{R_{34p.u.new}} + \frac{1}{R_{35p.u.new}} + \frac{1}{R_{36p.u.new}} + \frac{1}{R_{37p.u.new}} + \frac{1}{R_{38p.u.new}} + \frac{1}{R_{39p.u.new}} \quad (5.1)$$

$$R_{p.u.new} = R_{p.u.old} \frac{S_{base\ (new)}}{S_{base\ (old)}} \quad (5.2)$$

Tìm được:

$$\begin{aligned} R_{31p.u.new} &= R_{32p.u.new} = R_{33p.u.new} \\ &= R_{34p.u.new} = R_{35p.u.new} \\ &= R_{36p.u.new} = R_{37p.u.new} \\ &= R_{38p.u.new} = R_{39p.u.new} \\ &= 0.04 p.u \end{aligned}$$

Áp dụng biểu thức (5.1)

$$\begin{aligned} \beta = &\frac{1}{R_{31p.u.new}} + \frac{1}{R_{32p.u.new}} + \frac{1}{R_{33p.u.new}} \\ &+ \frac{1}{R_{34p.u.new}} + \frac{1}{R_{35p.u.new}} \\ &+ \frac{1}{R_{36p.u.new}} + \frac{1}{R_{37p.u.new}} \\ &+ \frac{1}{R_{38p.u.new}} + \frac{1}{R_{39p.u.new}} \\ &= 225\ p.u \end{aligned}$$

Khi mất máy phát Gen_30, các turbine máy phát khác sẽ huy động công suất dự phòng của mình để bù lại bằng lượng mất công suất máy phát đã mất, ΔP_{30mech} = 265.79MW. Quá trình này gọi là điều chỉnh sơ cấp.

Ta có:

$$\Delta P_{30} = \frac{\Delta P_{30mech}}{S_{base}} \quad (5.3)$$

$$\Delta P_{30} = \frac{\Delta P_{30mech}}{S_{30base}} = \frac{265.79}{100} = 2.6579\ MW$$

Vì vậy:

$$\Delta f = -\left(\frac{1}{225}\right) 2.6579 = -0.011812\ Hz$$

Từ biểu thức (4.2), tìm được:

$$\Delta f_{cb} = 60\ x\ \Delta f = -0.70877\ Hz$$

Từ biểu thức (4.3), tìm được tần số suy giảm:

$$f_{new} = 60 + \Delta f_{cb} = 59.2912\ Hz$$

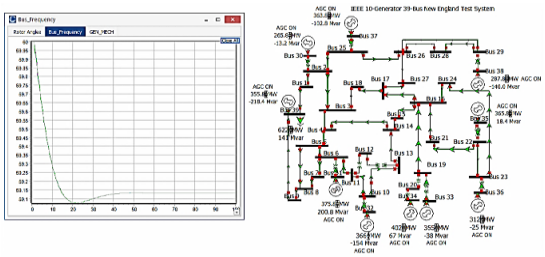
Khi mất máy phát Gen_30 thì lượng công suất tăng thêm mỗi máy trong quá trình điều khiển sơ cấp.

Ta có:

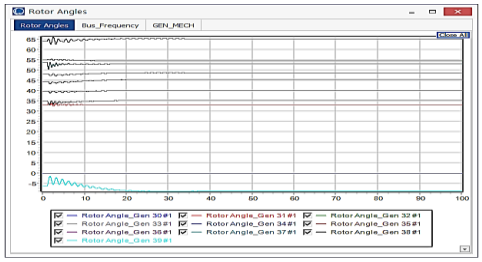
$$\Delta p_{mech} = -\frac{1}{R_{p.u.new}} \times \Delta f \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} \Delta p_{31mech} = \Delta p_{32mech} &= \Delta p_{33mech} \\ &= \Delta p_{34mech} = \Delta p_{35mech} \\ &= \Delta p_{36mech} = \Delta p_{37mech} \\ &= \Delta p_{38mech} = \Delta p_{39mech} \\ &= 29.53\ MW \end{aligned}$$

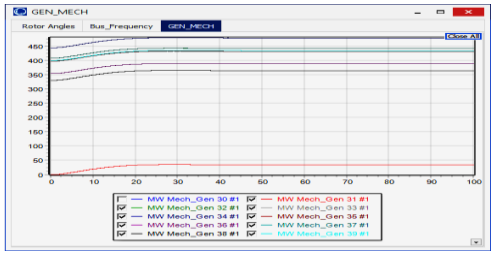
✓ **Kết quả mô phỏng.**



Hình 3.2. Tần số của hệ thống khi mất máy phát Gen_30.



Hình 3.3. Góc lệch rotor của các máy phát khi mất máy phát Gen_30.



Hình 3.4. Đáp ứng công suất cơ theo thời gian khi mất máy phát G_30.

Bảng 3.1. Thông số máy phát ngay sau quá trình quá độ sự số mất máy phát Gen_30 trong thời gian 1s.

Bus Number	Rotor Angle	MW Mech	MW	Mvar	E_{fd}	I_{fd}
30	0	0	265.7896	-13.1512	1.0475	0
31	33.1099	375.7732	375.7732	200.7931	1.9459	1.9459
32	55.0718	365.7896	365.7896	-154.439	1.0997	1.0997
33	48.1596	354.9896	354.9896	-37.5301	1.2951	1.2951
34	64.1093	402.1896	402.1896	66.9822	3.0331	3.0331
35	39.6886	365.7896	365.7896	18.3725	1.4068	1.4068
36	44.2245	311.7896	311.7896	-24.6613	1.3184	1.3184
37	53.8143	363.8277	363.8277	-102.786	1.2638	1.2638
38	35.011	287.7896	287.7896	-139.968	0.946	0.946
39	-6.3007	355.7896	355.7894	-218.366	0.99	0.99

Bảng 3.2. Tổng hợp độ sụt tần số và quyết định có điều chỉnh thứ cấp hay không khi mất từng máy phát ($\Delta f_{cp} = \pm 0.3$).

Tên máy phát	Tần số sau sự cố (Tính toán) Hz	Tần số sau sự cố (Mô phỏng) Hz	Quyết định điều chỉnh hay không điều chỉnh thứ cấp
Gen_30	59.2	59.1	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_31	58.9	58.8	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_32	59.0	58.8	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_33	59.0	58.8	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_34	58.9	58.7	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_35	59.0	58.7	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_36	59.1	59.0	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_37	59.0	58.8	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_38	59.2	59.0	Điều chỉnh thứ cấp.
Gen_39	59.0	58.7	Điều chỉnh thứ cấp.

3.4. Tính toán lượng công suất phải điều chỉnh thứ cấp và lượng công suất sa thải phụ tải

Khi hệ thống đang vận hành ở 45% thì đột ngột mất máy phát Gen_30. Xác định lượng công suất cơ tăng thêm mỗi máy và lượng công suất phải thực hiện điều chỉnh thứ cấp để tần số hệ thống điện nằm trong vùng cho phép ($\Delta f_{cp} = \pm 0.3$) theo công thức sau..

$$\Delta f_{cp} = \frac{1}{\beta}(\Delta P_{mech} - \Delta P_2) \qquad (5.7)$$

Mà:

$$\Delta f_{cp} = \frac{\Delta f}{f} = \frac{0.3}{60} = 0.005\ Hz \qquad (5.8)$$

Suy ra: $\Delta P_2 = \Delta p_{mech} - (\Delta f_{cp} \times \beta)$

$$= 2.6579 - \left(\frac{0.3}{60} x225\right) = 1.5329\ p.u$$

$$\Delta P_2 = 1.5329\ p.u = 153.29\ MW$$

Vậy khi đạt chế độ ổn định, hệ thống phải điều chỉnh thứ cấp ứng với lượng công suất cần bơm vào hệ thống 153.29 MW.

✓ **So sánh có sa thải hay không?**

Gọi $\Delta P_{dự\ phòng\ quay}$: Tổng công suất máy điều chỉnh công suất thứ cấp

Nếu: $\Delta P_2 < \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$ thì lúc này lượng công suất dự phòng đủ để thực hiện điều chỉnh thứ cấp, do đó không thực hiện sa thải phụ tải.

Nếu: $\Delta P_2 > \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$ thì lúc này lượng công suất dự phòng không đủ để thực hiện điều chỉnh thứ cấp, do đó phải thực hiện sa thải phụ tải thì tần số mới phục hồi về giá trị cho phép.

Xét trường hợp đang nghiên cứu :

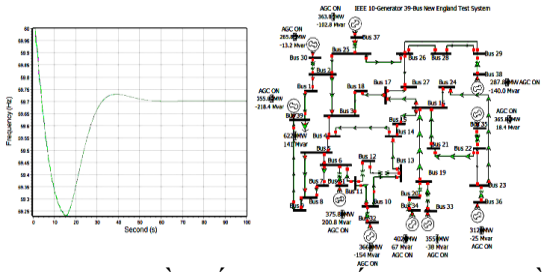
Công suất tính được lượng công suất điều chỉnh thứ cấp: $\Delta P_2 = 153.29MW$.

Công suất dự phòng quay của máy phát Gen_39: $\Delta P_{dự\ phòng\ quay} = 744.21$ MW.

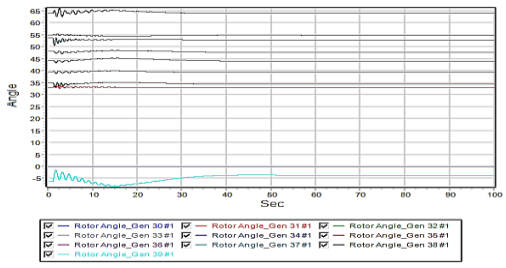
Vậy: $\Delta P_2 < \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$.

Kết luận: Hệ thống chỉ điều chỉnh sơ cấp, sau đó điều chỉnh thứ cấp và không sa thải tải.

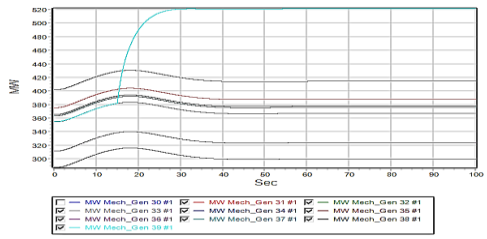
✓ **Kết quả mô phỏng khi thực hiện điều chỉnh thứ cấp.**



Hình 3.5. Tần số của hệ thống sau khi điều chỉnh thứ cấp trường hợp mất máy phát Gen_30.



Hình 3.6. Góc lệch rotor của các máy phát sau khi điều chỉnh thứ cấp.



Hình 3.7. Đáp ứng công suất cơ khi mất máy phát khi thực hiện điều chỉnh thứ cấp trường hợp mất máy phát Gen_30.

Bảng 3.3. Thông số các máy phát sau quá trình điều chỉnh thứ cấp khi có sự số mất máy phát Gen_30.

Number Gen	Rotor Angle	MW Mech	MW	Mvar	Efd	Ifd
30	0	0	0	0	1.049	0
31	33.1945	402.8097	403.874	204.7434	2.0207	2.0196
32	54.5432	392.8299	393.0726	-148.803	1.1753	1.1747
33	48.5073	382.025	382.8563	-28.5304	1.3751	1.3749
34	65.1243	429.2298	428.8775	65.1402	3.209	3.2026
35	39.9582	392.8276	392.6001	25.5535	1.4752	1.4737
36	45.2579	338.8217	339.357	-19.9121	1.3913	1.3907
37	53.0718	390.8616	391.2991	-109.808	1.3246	1.3259
38	35.1935	314.8223	314.5264	-140.222	0.9891	0.9915
39	-7.9623	382.3536	403.0648	-220.872	1.0031	1.0034

Bảng 3.4. Tổng hợp độ sụt giảm tần số và lượng công suất cần phải điều chỉnh thứ cấp khi mất từng máy phát ($\Delta f_{cp} = \pm 0.3$).

Tên máy phát	Tần số sau sự cố (Tính toán) Hz	Tần số sau sự cố (Mô phỏng) Hz	Quyết định điều chỉnh thứ cấp	Lượng điều chỉnh thứ cấp MW
Gen_30	59.291	59.302	Điều chỉnh thứ cấp	153.29
Gen_31	58.997	58.958	Điều chỉnh thứ cấp	263.27
Gen_32	59.025	58.873	Điều chỉnh thứ cấp	253.29
Gen_33	59.053	58.948	Điều chỉnh thứ cấp	242.49
Gen_34	58.928	58.846	Điều chỉnh thứ cấp	289.69
Gen_35	59.025	58.931	Điều chỉnh thứ cấp	253.29
Gen_36	59.169	59.075	Điều chỉnh thứ cấp	199.29
Gen_37	59.029	58.915	Điều chỉnh thứ cấp	251.33
Gen_38	59.233	59.079	Điều chỉnh thứ cấp	175.29
Gen_39	59.051	58.819	Điều chỉnh thứ cấp	243.29

Bảng 3.5. Tóm tắt tính toán và mô phỏng điều chỉnh tần số thứ cấp.

Number Gen	Tần số ổn định (tính toán)	Tần số mô phỏng	Tần số điều chỉnh thứ cấp
30	59.291	59.302	59.704
31	58.997	58.958	59.734
32	59.025	58.873	59.617
33	59.053	58.948	59.662
34	58.928	58.846	59.700
35	59.025	58.931	59.676
36	59.169	59.075	59.663
37	59.029	58.915	59.649
38	59.233	59.079	59.591
39	59.051	58.819	58.819

3.5. Tính toán lượng công suất phải sa thải phụ tải

Giả sử trường hợp nghiên cứu là sự cố mất máy phát Gen_39.

$$\Delta f_{cp} = \frac{1}{\beta}(\Delta P_{mech} - \Delta P_2)$$

Mà:

$$\Delta f_{cp} = \frac{\Delta f}{f} = \frac{0.3}{60} = 0.005\text{Hz}$$

Suy ra:

$$\Delta P_2 = \Delta P_{mech} - (\Delta f_{cp} \times \beta)$$
$$= 3.5579 - \left(\frac{0.3}{60} x225\right)$$
$$\Delta P_2 = 2.4329\ p.u = 243.29\ MW$$

Vậy khi đạt chế độ ổn định, hệ thống phải điều chỉnh thứ cấp 243.29 MW.

✓ **So sánh:**

Công suất tính lượng công suất cần thực hiện điều chỉnh thứ cấp là: ΔP_2=243.29 MW.

Công suất dự phòng quay của máy phát Gen_39:

$\Delta P_{dự\ phòng\ quay}$=744.21MW.

Tuy nhiên, trong trường hợp này máy phát Gen_39 bị sự cố nên:

$\Delta P_{dự\ phòng\ quay}$=0

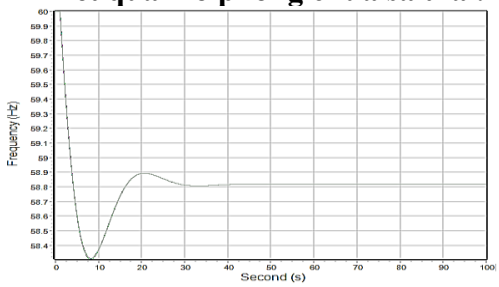
Vậy: $\Delta P_2 > \Delta P_{dự\ phòng\ quay}$.

Suy ra:

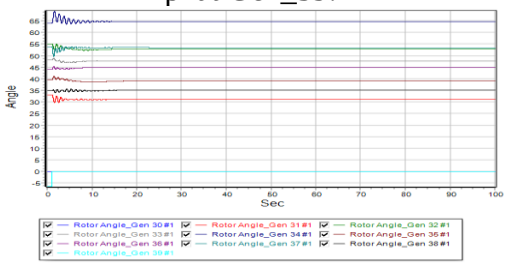
$$\Delta P_{LSmin} = \Delta P_2 - \Delta P_{dự\ phòng\ quay} = 243.29 - 0 = 243.29\ MW \quad (5.9)$$

Kết luận hệ thống phải sa thải phụ tải ΔP_{LSmin} = -243.29MW.

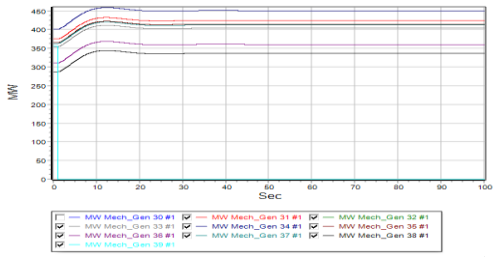
✓ **Kết quả mô phỏng chưa sa thải.**



Hình 3.8. Tần số của hệ thống khi mất máy phát Gen_39.

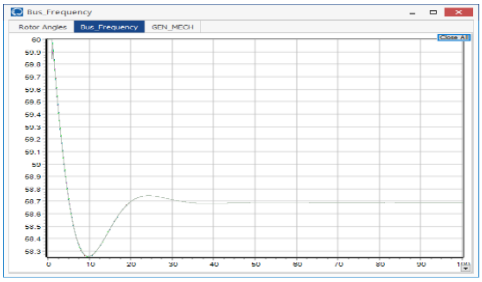


Hình 3.9. Góc lệch rotor của hệ thống khi mất máy phát (Gen_39).

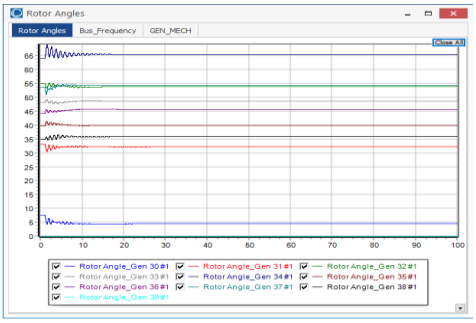


Hình 3.10. Đáp ứng công suất cơ theo thời gian.

✓ **Kết quả mô phỏng khi sa thải.**



Hình 3.11. Tần số của hệ thống khi thực hiện sa thải trường hợp mất máy phát Gen_39.



Hình 3.12. Góc lệch rotor của hệ thống sau khi sa thải phụ tải trường hợp mất máy phát Gen_39.

3.6. So sánh phương pháp đề xuất với phương pháp sa thải phụ tải dùng relay dưới tần số truyền thống UFLS.

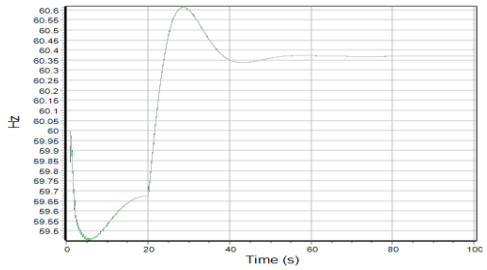
Để thấy được những ưu điểm cũng như mặc hạn chế của phương pháp đề xuất, tiến hành so sánh với các phương pháp hiện đang áp dụng.

3.6.1. Phương pháp sa thải phụ tải đề xuất.

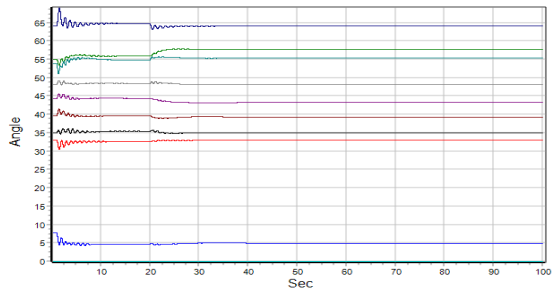
Phương pháp sa thải phụ tải đề xuất là phương pháp sa thải phụ tải khi tần số giảm xuống dưới 59.7 Hz. Xét trường hợp mất máy phát Gen_39 ở mức tải 80%, khi sự cố xảy ra thực hiện sa thải lượng phụ tải 11% và tổng công suất tải là 243.29MW. Khi đó tần số sẽ phục hồi về giá trị cho phép là 59.7Hz và thời gian phục hồi 35 giây, xem Bảng 5.10 [12]

3.6.2. Phương pháp sa thải phụ tải dùng relay dưới tần số truyền thống UFLS.

Phương pháp sa thải phụ tải truền thống (UFLS) là phương pháp sa thải phụ tải khi tần số giảm xuống dưới 59.7 Hz. Xét trường hợp mất máy phát Gen_39 ở mức tải 80%, khi sự cố xảy ra thực hiện sa thải lượng phụ tải 16% (9% + 7%) và tổng công suất tải là 549.3264MW. Khi đó tần số sẽ phục hồi về giá trị cho phép là 60.355Hz, xem Bảng 5.10 [12]. Kết quả đồ thị tần số sau khi sa thải trình bày ở Hình 5.24.



Hình 3.13. Tần số của hệ thống sau khi áp dụng phương pháp sa thải phụ tải dùng relay sa thải phụ tải dưới tần số.



Hình 3.14. Góc rotor của các máy phát sau khi áp dụng phương pháp sa thải phụ tải dùng relay sa thải phụ tải dưới tần số.

Bảng 3.6. Kết quả so sánh phương pháp sa thải phụ tải đề xuất và phương pháp sa thải phụ tải dùng relay sa thải phụ tải dưới tần số.

Phương pháp	Giá trị tần số phụ hồi (Hz)	Thời gian phục hồi (s)	Lượng công suất sa thải (MW)
Phương pháp sa thải đề xuất	59.7	35	243.29
Phương pháp sa thải truyền thống UFLS	60.35	50	549.32

✓ **Nhận xét:**

Sự cố máy phát Gen_39, phương pháp đề xuất sa thải có ưu điểm hơn so với phương pháp sa thải phụ tải dùng relay dưới tần số truyền thống UFLS như sau:

Phương pháp sa thải đề xuất có lượng công suất sa thải là ít hơn so với phương pháp sa thải phụ tải dùng relay sa thải phụ tải dưới tần số truyền thống, cụ thể là phương pháp sa thải phụ tải dùng relay sa thải phụ tải dưới tần số truyền thống có lượng công suất sa thải nhiều gấp 2,2 lần lượng tải sa thải đối với phương pháp đề xuất. Điều này có thể giải thích là do phương pháp sa thải đề xuất có xét đến yếu tố điều khiển sơ cấp và thứ cấp tổ máy phát điện và lượng công suất sa thải chủ yếu là để phục hồi tần số về giá trị cho phép. Trong khi phương pháp sa thải phụ tải dùng relay sa thải phụ tải dưới tần số chỉ xét đến giá trị ngưỡng tần số và sa thải phụ tải theo bảng kế hoạch cắt cố định, điều này làm cho lượng công suất sa thải phụ tải bị quá mức.

4. KẾT LUẬN

Luận văn nghiên cứu phương pháp sa thải phụ tải trên cơ sở phân tích công suất điều chỉnh sơ cấp của bộ điều tốc tuốc bin và lượng công suất dự phòng của các máy phát nhằm duy trì tần số hệ thống điện trong phạm vi cho phép khi có sự cố gây mất cân bằng giữa công suất phát và công suất tiêu thụ.

Ngoài ra, luận văn cũng đề xuất công thức tính toán nhanh và đơn giản để xác định lượng công suất điều chỉnh thứ cấp và lượng công suất cần phải sa thải tối thiểu khi xuất hiện sự cố mất máy phát nhằm duy trì tần số hệ thống điện trong phạm vi cho phép. Vì vậy, lượng công suất cần sa thải là ít hơn các phương pháp sa thải phụ tải truyền thống khác.

Công thức và các bước tính toán đề xuất đã được áp dụng cho hệ thống điện chuẩn 39 bus 10 máy phát và kết quả tính toán phù hợp với kết quả mô phỏng.

Thử nghiệm chương trình sa thải phụ tải đề xuất áp dụng cho hệ thống điện điển hình IEEE 39 bus 10 máy phát, khi mất máy phát Gen 39 cho thấy lượng công suất cần sa thải giảm 57,2% so với chương trình sa thải phụ tải dựa trên relay sa thải dưới tần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

[1] Lê Tấn Thông, *Tối ưu sa thải phụ tải trong hệ thống điện*, luận văn thạc sĩ, 2012.

[2] Thông tư, quy định hệ thống điện truyền tải số 25/2016/TT-BCT.

[3] Công ty nhiệt điện Na Dương, khóa đào tạo nhân viên vận hành 2009, Điều khiển tần số và công suất.

[4] Phòng Điều độ Trung tâm Điều độ HTĐ QG, Báo cáo điều chỉnh tần số trong hệ thống điện

[5] Thông tư, Quy định quy trình điều độ hệ thống điện quốc gia, số: 40/2014/TT-BCT.

BÀI BÁO TIẾNG ANH

[6] Yiping Dai1 ,Ting Zhao2, Yunfeng Tian2 “Research on the Primary Frequency Control Characteristics of Generators in Power System” Lin Gao 11Dept. of Thermal Power Engineering , Xi’an Jiaotong University, Xi’an, China 7100492 North China Electric Power Research Institute, Beijing, China 100045.

[7] M. Sobierajski, W. Rojewski “Primary and Secondary Frequency Control in aSmall Power System (SPS) with Rotating and Static Sources after Islanding” Department of Electrical Engineering Wroclaw University of Technology Wrocław, Poland.

[8] U. Rudez and R. Mihalic, “Monitoring the First Frequency Derivative to Improve Adaptive Underfrequency Load-Shedding Schemes” IEEE Transactions on Power Systems, vol. 26, no. 2, pp. 839-846, May 2011.

[9] V. Tamilselvan [a,*], T. Jayabarathi “A hybrid method for optimal load shedding and improving voltage stability” [a]Department of Electrical and Electronics Engineering, Adhiyamaan College of Engineering, Hosur, Tamil Nadu, India. [b]VIT University, Vellore, India Ain Shams Engineering Journal (2016) 7, 223–232.

[10] Junjie Tang, Junqi Liu, Ferdinanda Ponci, and Antonello Monti, “Adaptive Load Shedding Based on Combined Frequency and Voltage Stability Assessment Using Synchrophasor Measurements” Graduate Student Member, IEEE, SeniorMember, IEEE, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS,VOL.28, NO.2, MAY 2013.

[11] J. Duncan Glover, Thomas J. Overbye, and Mulukutla S. Sarma. Power System Analysis & Design, Sixth Edition.

[12] FRCC Standards Handbook, FRCC Automatic Underfrequency Load Shedding Program, Revision Date: July 2003.

[13] Powerworld GSO 19

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.