

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

VIỆN ĐIỆN

BỘ MÔN HỆ THỐNG ĐIỆN

Sinh viên DƯƠNG TÙNG LÂM

Lớp: Kỹ Thuật Điện 3 – K54

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG BẢO VỆ SA
THẢI PHỤ TẢI CHO HỆ THỐNG ĐIỆN**

(ĐỒ ÁN THỰC HIỆN TẠI BỘ MÔN HỆ THỐNG ĐIỆN)

Giáo viên hướng dẫn: TS. NGUYỄN ĐỨC HUY

Sinh viên đã bảo vệ ngày

Tại Hội đồng bảo vệ đồ án thiết kế tốt nghiệp

Hà Nội, 6/2018

SV DƯƠNG TÙNG LÂM
HỆ THỐNG ĐIỆN

GVHD: TS. NGUYỄN ĐỨC HUY

HD:

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	1
MỤC LỤC HÌNH VẼ	3
MỤC LỤC CÁC BẢNG	4
CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT	4
CHƯƠNG 1	5
TỔNG QUAN VỀ TẦN SỐ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN	5
1.1. Đặt vấn đề	5
1.2. Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện	7
1.2.1. Tác hại của việc tần số trong hệ thống không ổn định	7
1.2.2. Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện	9
1.2.3. Sa thải phụ tải trong hệ thống điện	11
1.2.4. Tổng quan về rơ le sa thải phụ tải tần số thấp	12
1.3. Một số sự cố lớn trên thế giới liên quan đến biến động tần số	14
1.3.1. Sự cố rã lưới Italy ngày 28/09/2003.	14
1.3.2. Lưới điện châu Âu ngày 4/11/2006	16
1.4. Mục tiêu và cách thức thực hiện đề tài	18
CHƯƠNG 2	20
ĐÁP ỨNG TẦN SỐ CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN KHI XẢY RA MẤT CÂN BẰNG CÔNG SUẤT	20
2.1. Đáp ứng tần số trong hệ thống điện	20
2.1.1. Tần số trong hệ thống điện	20
2.1.2. Một số yếu tố chính làm ảnh hưởng đến đáp ứng tần số của hệ thống	24
2.2. Mô phỏng đáp ứng tần số của hệ thống bằng phần mềm PSS/E	28
2.2.1. Mô hình các phần tử cần thiết trong mô hình PSS/E	28
2.2.2. Tiến hành mô phỏng bằng PSS/E	34
CHƯƠNG 3	36
XẤP XỈ HÓA ĐÁP ỨNG BẰNG HỆ SAI PHÂN BẬC NHẤT	36
3.1. Vấn đề nhận dạng mô hình bài toán	36
3.2. Xấp xỉ hóa các đáp ứng tần số bởi 1 hệ sai phân bậc nhất	36
3.3. Các bước tiến hành nhận dạng 1 mô hình thực tế	39
3.4. Xác định các ma trận trạng thái bằng phương pháp bình phương cực tiểu	45
3.5. Kết quả nhận dạng và xử lý kết quả thu được	46

CHƯƠNG 4	48
MÔ HÌNH BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA	48
4.1. Mô hình bài toán tối ưu hóa nói chung	48
4.1.1. Mô tả chung của bài toán quy hoạch tuyến tính với các biến nguyên	49
4.1.2. Mô hình MILP cho bài toán tối ưu hóa chỉnh định rơ le tần số	50
4.2. Hàm mục tiêu và các ràng buộc trong bài toán.....	51
4.2.1. Mô hình rơ le thời gian	52
4.2.2. Logic hoạt động của rơ le	53
4.2.3. Đáp ứng tần số của hệ thống theo thời gian, xét cả đến lượng tải sa thải	54
4.2.4. Ràng buộc về khối lượng sa thải phụ tải Δds	56
4.2.5. Một số ràng buộc khác.....	56
4.2.6. Các biến tính toán cho mô hình MILP	57
4.2.7. Hàm mục tiêu của bài toán MILP	58
CHƯƠNG 5	61
KẾT QUẢ TÍNH TOÁN ĐỐI VỚI LƯỚI SAVNW	61
5.1. Giới thiệu mô hình lưới.....	61
5.2. Mô phỏng đáp ứng tần số của lưới SAVNW.....	62
5.3. Nhận dạng mô hình hàm sai phân bậc nhất	66
5.4. Sử dụng Cplex giải bài toán tối ưu.	66
5.4.1. Mục tiêu bài toán tối ưu.....	66
5.4.2. Tối ưu và kết quả tối ưu.....	67
5.5. Mô phỏng kiểm chứng bằng PSS/E	69
5.6. Kết luận , nhận xét.	72
KẾT LUẬN.....	74
PHỤ LỤC.....	75
A Mô hình các phần tử PSS/E.....	75
A.1. Mô hình bộ điều tốc.	75
A.2 Các file dữ liệu mô phỏng lưới SAVNW	79
B Các hàm matlab cho chương trình tối ưu.	82
C Tài liệu tham khảo Under-Frequency Load Shedding Via Integer Programming, IEEE Transactions on Power Systems, vol 27(3), 2012, pp1387-1393.....	89
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	90

LỜI NÓI ĐẦU

Hệ thống sa thải phụ tải dưới tần số (UFLS) đã được sử dụng rộng rãi từ những năm 1960 nhằm chống lại sụp đổ tần số và rã lưới sau khi diễn ra những sự cố dẫn đến sự suy giảm tần số. Việc xác định thông số chỉnh định cho rơ le sa thải phụ tải là bài toán rất phức tạp, tốn nhiều công sức. Vì tính cần thiết của hệ thống cần một mô hình đảm bảo các yêu cầu về bảo vệ tần số, giảm thiểu lượng tải cần sa thải xuống nhỏ nhất trong trường hợp sự cố, vậy nên em được định hướng lựa chọn đề tài **“Tính toán thiết kế hệ thống bảo vệ sa thải phụ tải cho hệ thống điện”**

Mục tiêu của luận văn này là xây dựng quy trình tính toán một cách có hệ thống nhằm xác định các giá trị chỉnh định cho rơ le sa thải phụ tải theo tần số bằng phương pháp quy hoạch tuyến tính nguyên thực hỗn hợp dựa trên những trình bày trong bài báo khoa học của tác giả **Frida Ceja-Gomez**.

Luận văn đã được hoàn thành và trình bày nội dung trong 5 chương

1. Tổng quan về tần số trong hệ thống điện
2. Đáp ứng tần số của hệ thống điện khi xảy ra các sự cố mất cân bằng công suất
3. Xấp xỉ hóa đáp ứng bằng hệ sai phân bậc nhất
4. Mô hình bài toán tối ưu hóa MILP
5. Tính toán cụ thể với lưới SAVNW

Đề tài được hoàn thành tại bộ môn hệ thống điện, sử dụng các phần các phần mềm, công cụ máy tính chính trong quá trình làm luận văn là PSS/E, MATLAB, CPLEX. Trong thời gian hoàn thành luận văn, nhờ có sự quan tâm của thầy cô, bạn bè và gia đình, người viết đã hoàn thành được ý tưởng ban đầu của mình về việc tính toán, lựa chọn phương pháp thực hiện bài toán.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Tuy nhiên thời gian có hạn, cũng như trình độ lý luận, khả năng nghiên cứu của bản thân còn nhiều hạn chế, nên đề tài này chắc chắn còn nhiều sai sót. Em rất mong nhận được những góp ý từ các thầy cô để em có thể ngày càng hoàn thiện những kiến thức của mình tốt hơn.

Trong thời gian làm đề tài này, em cảm ơn sự giúp đỡ nhiệt tình từ các thầy cô bộ môn, các bạn trong lớp hệ thống điện. Đặc biệt em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới **Ts. Nguyễn Đức Huy** người đã luôn theo sát, tận tình hướng dẫn, chỉ bảo, truyền thụ kiến thức không chỉ giúp em hoàn thành đồ án này mà còn có thêm hiểu biết trong nhiều lĩnh vực khác.

Hà Nội, ngày 10 tháng 6 năm 2014

Sinh viên thực hiện

Dương Tùng Lâm

MỤC LỤC HÌNH VẼ

Hình 1. 1 Cán cân cân bằng công suất	6
Hình 1. 2 Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện.....	11
Hình 1. 3 Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện Việt Nam.....	11
Hình 1. 4 Tần số hệ thống và dự phòng công suất.....	12
Hình 1. 5 Hoạt động của rơ le sa thải phụ tải.....	13
Hình 1. 6 Liên kết của hệ thống điện Italy với Châu Âu	15
Hình 1. 7 Chênh lệch công suất và tần số của lưới điện Italy sau khi bị tách.....	16
Hình 1. 8 Hệ thống điện Châu Âu bị phân tách thành 3 miền.	17
Hình 1. 9 Tần số 3 miền khi tách lưới.....	17
Hình 1. 10 Trình tự thực hiện của luận văn	18
Hình 2. 1 Mô hình HTĐ	20
Hình 2. 2 Ảnh hưởng của đặc tính phụ tải theo tần số.....	25
Hình 2. 3 Mô hình cơ bản của điều tốc	26
Hình 2. 4 Ảnh hưởng của hoạt động của bộ điều tốc và thời gian trễ	27
Hình 2. 5 Sơ đồ khối của mô hình GENROU.....	30
Hình 2. 6 Sơ đồ khối của mô hình GENSAL.....	31
Hình 2. 7 Sơ đồ khối HYGOV	32
Hình 2. 8 Mô hình Sơ đồ khối TGOV1	32
Hình 2. 9 Mô hình LDSH tác động và khởi động lại.....	33
Hình 2. 10 Sơ đồ mô phỏng PSS/E	34
Hình 2. 11 Giao diện chung của PSS/E-v33	35
Hình 2. 12 Quan sát kết quả trên PSS/E	35
Hình 3. 1 Mô hình nhận dạng hệ thống điện.....	37
Hình 3. 2 Giao diện hộp công cụ System Identification	40
Hình 3. 3 Nhập dữ liệu nhận dạng	40
Hình 3. 5 Quan sát tín hiệu cần nhận dạng	41
Hình 3. 6 Mở hộp thoại State Space Models	42
Hình 3. 7 Thiết lập thông số mô hình nhận dạng.....	43
Hình 3. 8 So sánh kết quả giữa dữ liệu ban đầu và dữ liệu nhận dạng.....	44
Hình 3. 9 Kết quả bộ số nhận dạng	44
Hình 3. 10 Kết quả nhận dạng.....	47

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Hình 4. 1 Tổng quát biến trong mô hình MILP	51
Hình 4. 2 Cấu trúc ma trận ràng buộc A	60
Hình 5. 1 Sơ đồ lưới SAVNW	61
Hình 5. 2 Thông số các thiết bị mô phỏng động	62
Hình 5. 5 Đáp ứng tần số của hệ thống khi mất 800MW tại máy phát nút 206	64
Hình 5. 7 Đáp ứng tần số của hệ thống khi mất 100MW tại máy phát nút 3018	65
Hình 5. 8 Kết quả sa thải phụ tải theo bài toán tối ưu.....	68
Hình 5. 9 Tần số mô phỏng bằng PSS/E sự kiện mất 750MW	69
Hình 5. 10 Điện áp quan sát trên các nút trong quá trình mô phỏng sự kiện 1.....	70
Hình 5. 11 Tần số mô phỏng bằng PSS/E sự kiện mất 600MW phát.....	71
Hình 5. 12 Điện áp quan sát trên các nút trong quá trình mô phỏng sự kiện 2.....	72

MỤC LỤC CÁC BẢNG

Bảng 5. 1 Kết quả nhận dạng 2 sự kiện.....	66
Bảng 5. 2 Thông số cài đặt 3 stage của rơ le tần số F81 là:.....	68
Bảng 5. 3 Tổng lượng tải cắt trong sự kiện mất 750MW phát	70
Bảng 5. 4 Tổng lượng tải cắt trong sự kiện mất 600MW phát	71

CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT

EVN	Tập đoàn điện lực Việt Nam
UFLS	Sa thải phụ tải tần số thấp
MILP	Tối ưu tuyến tính nguyên thực hỗn hợp
HTĐ	Hệ thống điện
UFR	Rơ le sa thải tần số

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ TẦN SỐ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

1.1. Đặt vấn đề

Những thành tựu to lớn đạt được trong lịch sử phát triển ngành công nghiệp năng lượng, đặc biệt trong những năm gần đây đã cho phép thiết kế, xây dựng các hệ thống điện có độ tin cậy cao và hiệu quả kinh tế lớn đáp ứng một cách tốt nhất các nhu cầu chung của xã hội. Trong bối cảnh đó, sự phát triển của các thiết bị, hệ thống bảo vệ, sử dụng ưu thế của máy tính điện tử ngày càng đóng vai trò quan trọng, nó đảm bảo cho từng thiết bị điện của hệ thống như các máy phát, các trạm biến áp, đường dây truyền tải, động cơ, cáp ngầm... và toàn bộ hệ thống làm việc một cách an toàn, hiệu quả, luôn phát triển liên tục và bền vững. Một trong những yêu cầu quan trọng của hệ thống điện là truyền tải điện năng từ nơi sản xuất, các nhà máy điện đến các hộ tiêu thụ phải thỏa mãn các tiêu chuẩn về chất lượng phục vụ (bao gồm chất lượng điện năng và độ tin cậy cung cấp điện). Điều kiện cần để hệ thống điện ổn định là đảm bảo cân bằng công suất tác dụng, và công suất phản kháng của hệ thống tại mọi thời điểm. Tức là công suất phát luôn luôn phải cân bằng với công suất yêu cầu của hệ thống điện.

$$\begin{aligned} P_F &= P_{yc} = P_{pt} + \Delta P \\ Q_F &= Q_{yc} = Q_{pt} + \Delta Q \end{aligned} \quad (1.1)$$

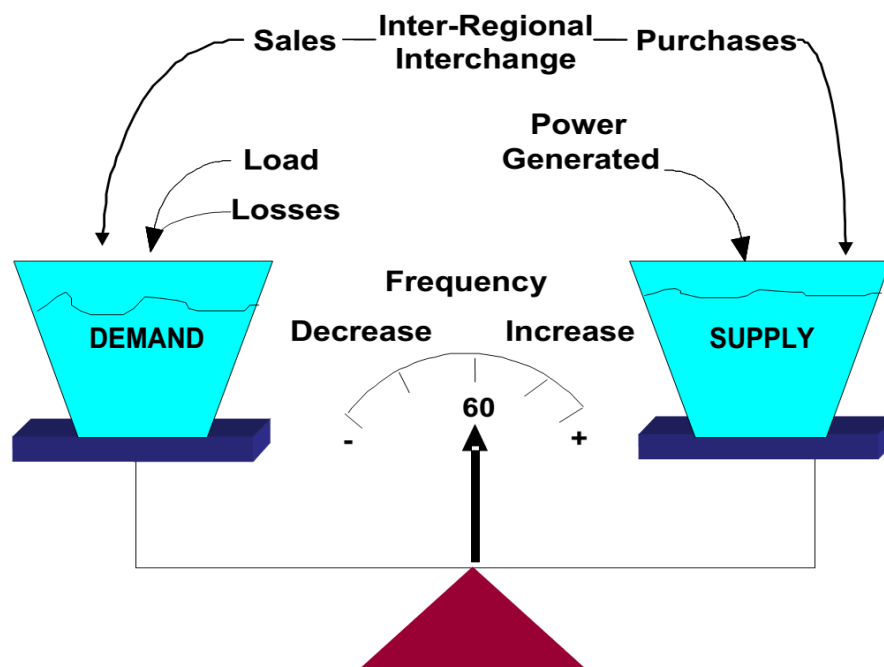
Với P là công suất tác dụng và Q là công suất phản kháng. Cân bằng công suất phản kháng thể hiện qua điện áp, và mang tính cục bộ, mỗi nơi của hệ thống có điện áp khác nhau. Điều chỉnh công suất phản kháng cũng mang tính cục bộ, có thể tăng điện áp lên bằng cách bù thêm Q hoặc ngược lại, có thể thay đổi dòng công suất phản kháng, tuy nhiên vẫn phải đảm bảo cân bằng Q cho toàn hệ thống.

Do sự lan truyền năng lượng điện trong hệ thống là tức thời nên có thể nói cân bằng công suất tác dụng mang tính toàn hệ thống, mọi sự mất cân bằng công suất tác

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

dụng xảy ra bất kỳ đâu trong hệ thống điện đều tức khắc lan truyền trong toàn hệ thống. Cân bằng công suất cơ điện trên trục của các máy phát điện là các điểm cân bằng quan trọng [10]. Do tính chất này nên việc điều chỉnh cân bằng công suất tác dụng được thực hiện ở các tổ máy phát. Tuy nhiên các máy phát cũng chỉ được chế tạo trong một giới hạn cho phép đảm bảo không bị phá vỡ bởi các lực vật lý, cơ học, nên công suất tác dụng phát của máy phát không thể đạt được trong giới hạn $(0; \infty)$. Nên để đạt hiệu quả trong đảm bảo cân bằng công suất tác dụng, trong 1 số trường hợp ta phải tiến hành sa thải phụ tải, điều chỉnh công suất tiêu thụ của các phụ tải cho thích hợp. Công suất tác dụng được coi là cân bằng nếu tần số trong phạm vi cho phép, nếu thấp hơn giá trị min tức là đang thiếu công suất, và thừa nếu tần số cao hơn f_{max} .

Độ lệch tần số của một hệ thống điện so với giá trị danh định là phản ánh của sự không cân bằng giữa các nguồn cung cấp (các máy phát) và phụ tải.



Hình 1. 1 Cán cân cân bằng công suất

Tần số hệ thống khi lệch khỏi giá trị cho phép là rất nguy hiểm, phải được theo dõi và kiểm soát rất chặt chẽ. Ảnh hưởng lớn nhất của việc tần số nằm ngoài phạm vi cho phép là các máy phát điện sẽ quay với tốc độ khác tốc độ đồng bộ của hệ thống, có

thể gây lỏng tóc, gây xoắn trục tua bin, hư hỏng cho máy phát, các động cơ sẽ thay đổi tốc độ quay, gây ảnh hưởng trực tiếp đến sản xuất... Để tránh điều này, các nhà sản xuất máy phát đã thiết lập giới hạn thời gian an toàn với mỗi tần số nhất định, khi các máy phát hoạt động ở tần số đó, nếu giới hạn thời gian đó bị vượt quá, các máy phát điện sẽ được ngắt ra khỏi hệ thống để đảm bảo an toàn cho chính bản thân nó.

Tuy nhiên, khi máy phát điện cắt ra khỏi hệ thống cần phải được phối hợp với việc sa thải thêm phụ tải, nếu không, hệ thống sẽ không có khả năng cung cấp đủ công suất tác dụng cho phụ tải, kết quả tần số thậm chí còn tồi tệ hơn. Sa thải phụ tải tần số thấp (UFLS) được thiết kế để bảo vệ hệ thống điện khỏi các sự cố làm cho tần số trong hệ thống giảm đột ngột, khi điều chỉnh sơ cấp được xây dựng trong hệ thống không đủ khả năng để mang lại tần số trở lại giá trị ổn định ban đầu.

Rơ le sa thải phụ tải theo tần số (F81) sẽ ngắt kết nối các khối tải khi tần số nằm dưới ngưỡng cài đặt của rơ le. Tuy nhiên, các thiết kế thông thường của các chương trình UFLS chủ yếu dựa trên kinh nghiệm về đáp ứng tần số của của hệ thống. Về cơ bản, sẽ đưa ra các cài đặt thử nghiệm cho rơ le, kiểm tra và điều chỉnh lại các thông số cài đặt cho đến khi thu được một chương trình UFLS hợp lý. Phương pháp này rất thiếu hiệu quả, không có tính hệ thống và thường dẫn đến phải sa thải một lượng phụ tải lớn hơn so với yêu cầu.

Trong luận văn này sẽ trình bày một chương trình tối ưu với các biến tuyến tính là hỗn hợp giữa các số thực và số nguyên của hệ thống rơ le UFLS. Với mục đích là để thiết kế UFLS một cách hệ thống hơn, ít bị phụ thuộc vào thử nghiệm, và giảm số lượng phụ tải phải cắt đi ít nhất có thể.

1.2. Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện

1.2.1. Tác hại của việc tần số trong hệ thống không ổn định.

Là một trong những tiêu chuẩn kỹ thuật về chất lượng điện năng, bên cạnh điện áp nên tần số đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo các thiết bị hoạt động bình thường, duy trì trạng thái ổn định lâu dài cho hệ thống. Ở Việt Nam theo Điều 4 Công

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

tư 32 của Bộ công thương quy định cho lưới điện phân phối. Tần số định mức trong hệ thống điện quốc gia là 50Hz. Trong điều kiện bình thường, tần số hệ thống điện được dao động trong phạm vi $\pm 0,2\text{Hz}$ so với tần số định mức. Trường hợp hệ thống điện chưa ổn định, tần số hệ thống điện được dao động trong phạm vi $\pm 0,5\text{Hz}$ so với tần số định mức. Về cơ bản sự thay đổi tần số có thể gây ra hậu quả xấu ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của các thiết bị cũng như của hệ thống điện

a) Đối với thiết bị điện.

Các thiết bị điện được thiết kế và tối ưu ở một mức tần số nhất định, sự biến đổi tần số dẫn đến giảm công suất của thiết bị, đặc biệt là những động cơ, thiết bị sử dụng điện từ trường.

Với các động cơ điện khi tần số thay đổi sẽ dẫn đến tốc độ quay của động cơ thay đổi, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất làm việc của các động cơ, khi tần số tăng công suất tiêu thụ của động cơ cũng tăng lên và ngược lại.

b) Đối với hệ thống điện

Biến đổi tần số làm ảnh hưởng đến những hoạt động bình thường của các thiết bị tự dùng trong nhà máy điện, đặc biệt là các nhà máy nhiệt điện và điện nguyên tử, có nghĩa nó làm ảnh hưởng đến độ tin cậy cung cấp điện cho hệ thống điện tự dùng. Tần số giảm có thể dẫn đến các bơm tuần hoàn, các băng chuyền vận tải nhiên liệu đột bị ngừng...có thể dẫn đến dừng một số tổ máy. Nó càng làm trầm trọng mức độ mất cân bằng công suất kết quả có thể dẫn tới hiện tượng sụp đổ tần số (thác tần số) và các tổ máy sẽ bị cắt ra khỏi hệ thống.

Các thiết bị được tối ưu hóa ở tần số 50Hz, đặc biệt là các thiết bị quấn dây từ hóa như máy biến áp, khi tần số thay đổi làm giảm hiệu suất sử dụng các thiết bị. Khi tần số giảm quá thấp còn có thể gây nên hiện tượng bão hòa từ, làm tăng phát nóng.

Tần số thay đổi có thể dẫn đến việc thay đổi trào lưu công suất của hệ thống, tần số giảm thường làm tăng tiêu thụ công suất phản kháng, đồng nghĩa với thay đổi trào

lưu công suất tác dụng, và tổn thất trên đường dây truyền tải. Khi công suất phản kháng không đáp ứng đủ làm điện áp trong hệ thống giảm thấp đến một mức độ nào đó có thể gây lên hiện tượng điện áp suy giảm đột ngột (thác điện áp) và các phụ tải sẽ bị tách ra, hệ thống bị chia tách thành nhiều phần nhỏ.

Tốc độ quay của các máy phát chính giảm làm các máy phát kích từ cũng giảm tốc, làm giảm điện áp kích từ dẫn đến giảm điện áp đầu cực máy phát, mức độ dự trữ ổn định xuống thấp, hệ thống dễ bị chia tách [6]

Khi tần số nằm trong giới hạn nguy hiểm từ (45÷46) Hz, ở tần số này các thiết bị điện dung làm việc với hiệu quả thấp, hệ thống dễ mất ổn định, thường xuất hiện cộng hưởng làm cho các máy phát, động cơ rung mạnh, có thể bị phá hỏng.

1.2.2. Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện

Các máy phát điện thường được vận hành như một phần của một mạng lưới kết nối hệ thống. Nếu một máy phát điện không hoạt động, trong một mạng lưới đủ lớn thì các máy phát điện còn lại có thể nhanh chóng lấp đầy lượng công suất thiếu hụt mới được tạo ra giữa điện năng tiêu thụ và năng lượng điện sinh ra, và ngăn ngừa mất điện. Một nhóm các nhà máy điện được kết nối với lưới điện để hình thành một khu vực đồng bộ.

Trong một mạng lưới như vậy mỗi máy phát điện phải quay với cùng tần số, do đó có thể nói tần số trong hệ thống điện là như nhau ở mọi điểm của hệ thống. Ngày nay, các khu vực đồng bộ rất lớn, có thể bao gồm mạng lưới điện của một số nước. Ví dụ như UCTE (Tổ chức phân phối và truyền tải điện châu Âu), trong đó bao gồm hầu hết lục địa châu Âu, và NORDEL (Hệ thống điện Bắc Âu)... Ở Việt Nam các khu vực đồng bộ có thể được chia thành các điều độ miền, được kiểm soát bởi trung tâm điều độ HTĐ quốc gia A0 dưới sự chỉ đạo của EVN. Phòng điều hành hệ thống truyền tải có trách nhiệm khai thác hệ thống truyền dẫn vận hành và duy trì hệ thống lưới điện trong khu vực của họ, và đảm bảo rằng tần số hệ thống không đi chệch khỏi một giá trị quy định.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Một khó khăn với sản xuất năng lượng điện là năng lượng điện không thể dự trữ, ngoại trừ số lượng rất nhỏ và thời gian ngắn. Do đó nó phải được sản xuất tại cùng một thời điểm mà tại đó nó được tiêu thụ. Việc cân bằng công suất giữa sản xuất và tiêu thụ phải diễn ra tại bất cứ thời gian nào. Đây không phải là nhiệm vụ dễ dàng, các nhà máy điện cần phải được liên tục điều chỉnh để đảm bảo rằng tổng sản lượng điện của họ luôn đảm bảo nhu cầu của khách hàng. Các phương pháp kiểm soát dựa trên thực tế để cân bằng giữa điện năng tiêu thụ và sản xuất điện là rất khó khăn khi mà tần số hệ thống thay đổi không ngừng.

Khi tăng công suất tải hay mất công suất phát của một phát điện, mô-men xoắn của tải yêu cầu trở nên lớn hơn. Nếu sự thay đổi công suất này không được đáp ứng bằng cách các máy phát khác tăng công suất phát để tăng mô-men xoắn công suất phát, thì tuabin sẽ bắt đầu chậm lại. Do tổng điện năng tiêu thụ trong một mạng lưới không thể đo lường trực tiếp và hiệu quả, nên sự cân bằng được duy trì bằng cách giữ không đổi tần số hệ thống.

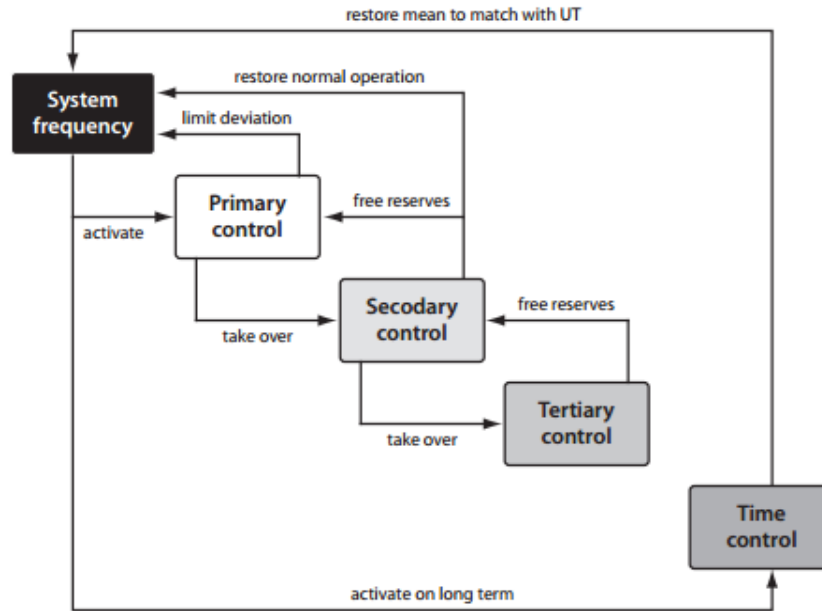
Các giai đoạn điều chỉnh tần số của HTĐ tùy theo từng quốc gia, khu vực mà có những quy định, khái niệm riêng. Thông thường bốn mức độ kiểm soát, điều chỉnh tần số được sử dụng mỗi mức độ làm việc tại một thời điểm sao cho chúng sẽ thực hiện sau khi mức độ trước đó đã điều chỉnh hết khả năng của mình [11].

- Điều chỉnh cấp 1 (sơ cấp) do thiết bị điều chỉnh sơ cấp của các máy phát thực hiện tự động. Giữ sao cho tần số trở về giá trị chấp nhận được.
- Điều chỉnh cấp 2 đưa tần số về giá trị định mức hay trong miền độ lệch cho phép tùy thuộc hệ thống điều tần sử dụng.
- Điều chỉnh cấp 3 nhằm phân bố lại công suất giữa các nhà máy, các tổ máy theo điều kiện kinh tế.
- Cuối cùng là quá chỉnh chuẩn hóa thời gian, để đảm bảo đồng bộ hóa lại toàn hệ thống.

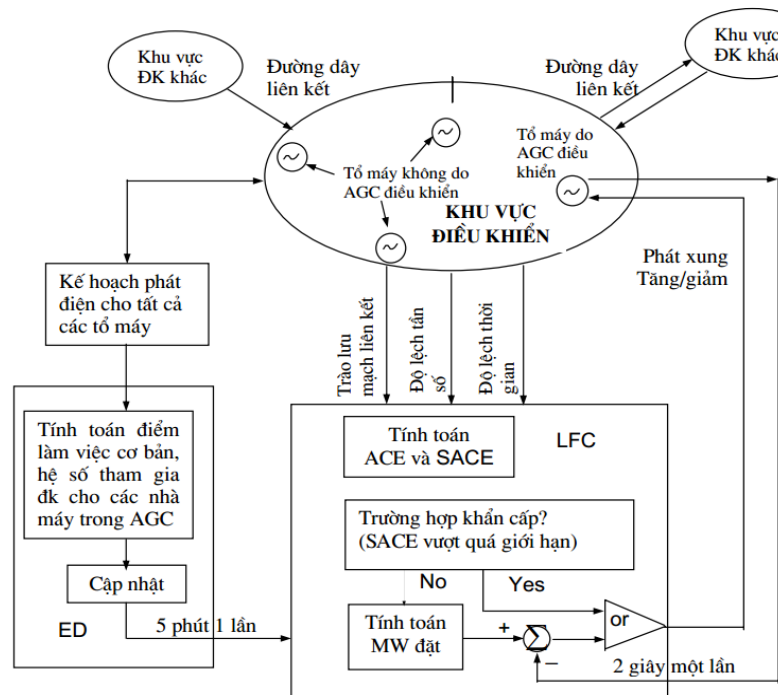
Mô hình điều chỉnh tần số hoàn chỉnh được thể hiện bằng hình 1.2

Ở Việt Nam việc điều chỉnh tần số được thực hiện theo sơ đồ hình 1.3

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP



Hình 1. 2 Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện

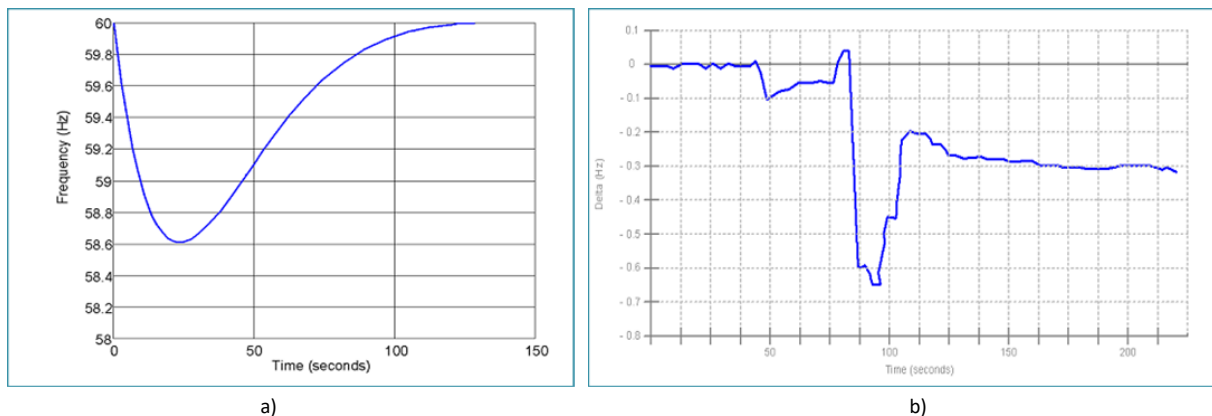


Hình 1. 3 Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện Việt Nam

1.2.3. Sa thải phụ tải trong hệ thống điện

Khi xảy ra thiếu hụt công suất tác dụng trong hệ thống điện, chúng làm giảm tần số trong hệ thống xuống thấp. Nếu trong hệ thống còn tồn tại công suất dự phòng (công

suất nóng) thì hệ thống sẽ điều chỉnh tần số như mục 1.2.2 để duy trì tần số về giá trị định trước. Tuy nhiên, trong những trường hợp khi đã huy động toàn bộ công suất tác dụng dự trữ có thể có trong hệ thống điện mà tần số hệ thống không thể phục hồi về giá trị an toàn cho phép thì biện pháp duy nhất có thể áp dụng để đảm bảo hệ thống vẫn ổn định là cắt bớt một số phụ tải ít quan trọng nhất. Hình 1.4 thể hiện đáp ứng tần số với cùng một sự kiện mất công suất[8].



Hình 1. 4 Tần số hệ thống và dự phòng công suất

a) Hệ thống có đủ dự phòng nóng b) Hệ thống không đủ dự phòng nóng

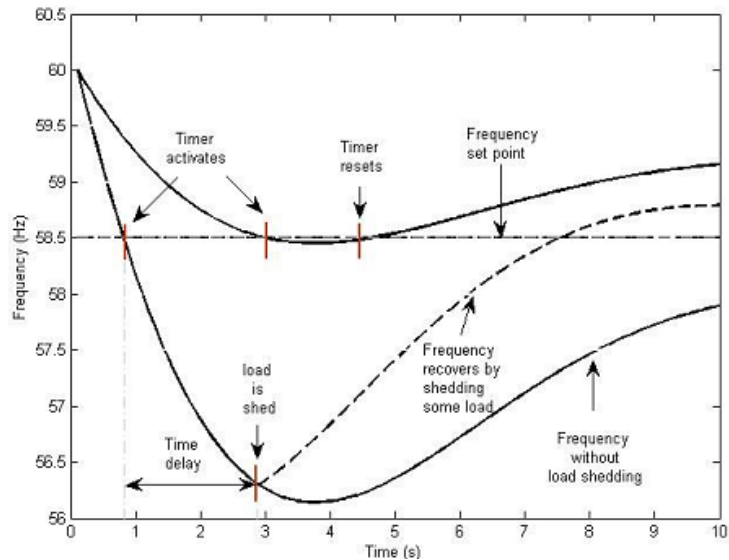
Thao tác đó nhờ tác động của rơ le F81 – Rơ le sa thải tần số thấp. Rõ ràng tác động của rơ le sa thải tần số thấp luôn gây ra những thiệt hại kinh tế không tránh khỏi. Dù vậy rơ le sa thải phụ tải tần số thấp vẫn được áp dụng rộng rãi trong hệ thống điện, dự phòng cho trường hợp tần số hệ thống mất kiểm soát. Tất cả các máy phát điện đều được trang bị rơ le tần số thấp. Ngưỡng chỉnh định của rơ le tần số các máy phát điện được dựa trên đặc tính làm việc của tuabin.

1.2.4. Tổng quan về rơ le sa thải phụ tải tần số thấp

Mục đích của rơ le sa thải phụ tải theo tần số là phát hiện tình trạng tần số thấp trong hệ thống điện và cắt một số tải tránh cho hệ thống mất ổn định. Tần số các nút được quan sát ở các trạm biến áp và nếu tần số giảm xuống dưới một ngưỡng đặt nhất định f , một khối timer (bộ đếm thời gian) sẽ khởi động. Khi thời gian đếm đạt đến một

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

giá trị đặt trước Δt , máy cắt của xuất tuyến sẽ nhận được tín hiệu cắt khỏi phụ tải Δl tương ứng với đường dây xuất tuyến. Khi tần số trở về một giá trị cao hơn f_s (có thể do dao động tần số) trong khi đó bộ đếm thời gian chưa đạt tới giá trị thời gian cài đặt Δt_s thì thời gian ngay lập tức được reset về 0. Hình 1.5 mô tả hoạt động của một rơ le sa thải phụ tải theo tần số cho lưới điện có tần số định mức là 60 Hz.



Hình 1. 5 Hoạt động của rơ le sa thải phụ tải

Hầu hết các rơ le sa thải phụ tải theo tần số có nhiều hơn một stage (ngưỡng) sa thải phụ tải (thường là từ 3 đến 5). Một rơ le tần số thấp có thể được thiết kế để tác động nhiều lần hoặc nhiều rơ le được sử dụng để tác động cho các ngưỡng khác nhau.

Tất cả các máy phát đều được trang bị tính năng bảo vệ cắt tần số thấp. Tuy nhiên, việc cắt máy phát ra khỏi hệ thống khi các máy này không còn khả năng hỗ trợ việc phục hồi tần số, dẫn đến việc cần phải có tiêu chuẩn để phối hợp sự làm việc của rơ le sa thải phụ tải và rơ le cắt máy phát khi tần số xuống thấp. Ví dụ như là cắt thêm một lượng tải tương đương với lượng công suất của máy phát bị tách khỏi hệ thống. Một số vấn đề đi kèm với việc cắt máy phát trong trường hợp tần số thấp như là việc giảm quán tính của toàn hệ thống hay thiếu công suất phản kháng ở khu vực máy phát

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

bị cắt sẽ làm tình trạng của hệ thống xấu đi. Bởi vậy, việc cắt máy phát do tần số thấp trước khi sa thải phụ tải tần số hoạt động phải được giới hạn và tuân theo những tiêu chuẩn hết sức khắt khe.

Thông thường các rơ le sa thải phụ tải thường đặt tại các trạm biến áp theo hai mô hình chính sau:

- Sơ đồ tập trung
 - Sử dụng một rơ le đo lường có độ chính xác cao, tiết kiệm chi phí
 - Chính định linh hoạt mức độ ưu tiên giữa các xuất tuyến khi cần sa thải phụ tải
 - Dễ dàng hơn khi tiến hành phục hồi tải
- Sơ đồ phân phối
 - Sử dụng chức năng bảo vệ tần số tích hợp sẵn trong các rơ le đa chức năng
 - Thiết kế đơn giản
 - Mức độ tin cậy cao do có nhiều phần tử tác động
 - Tính toán, thay đổi chỉnh định phức tạp hơn
 - Thời gian phục hồi phụ tải lâu hơn (do mất thời gian thu thập số liệu)

Các rơ le có thể kết hợp để kiểm tra dòng, áp để tăng độ tin cậy, tránh tác động nhầm.

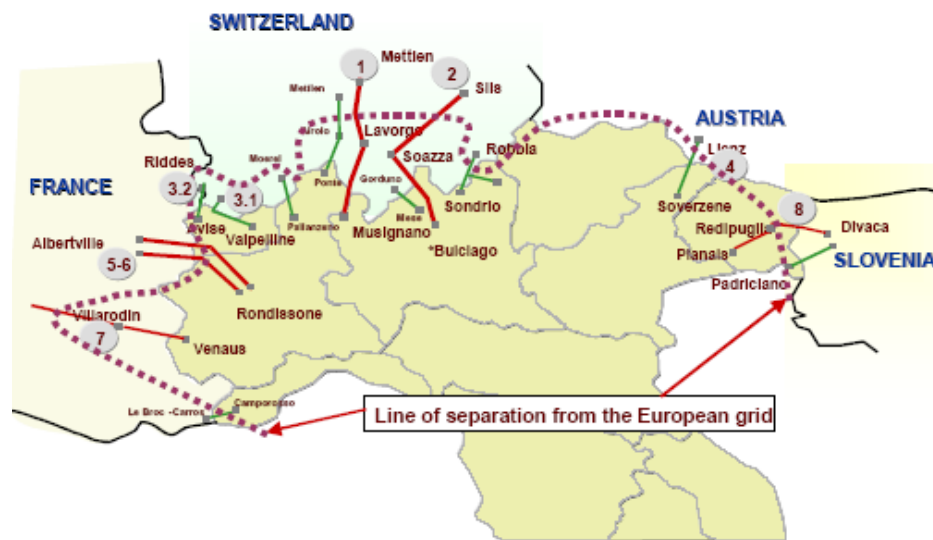
1.3. Một số sự cố lớn trên thế giới liên quan đến biến động tần số

Một số sự kiện biến động tần số lớn xảy ra trên thế giới trong những năm gần đây có thể kể đến bao gồm sự cố rã lưới Italy năm 2003, và sự cố tách miền ở châu Âu tháng 11 năm 2006.

1.3.1. Sự cố rã lưới Italy ngày 28/09/2003.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

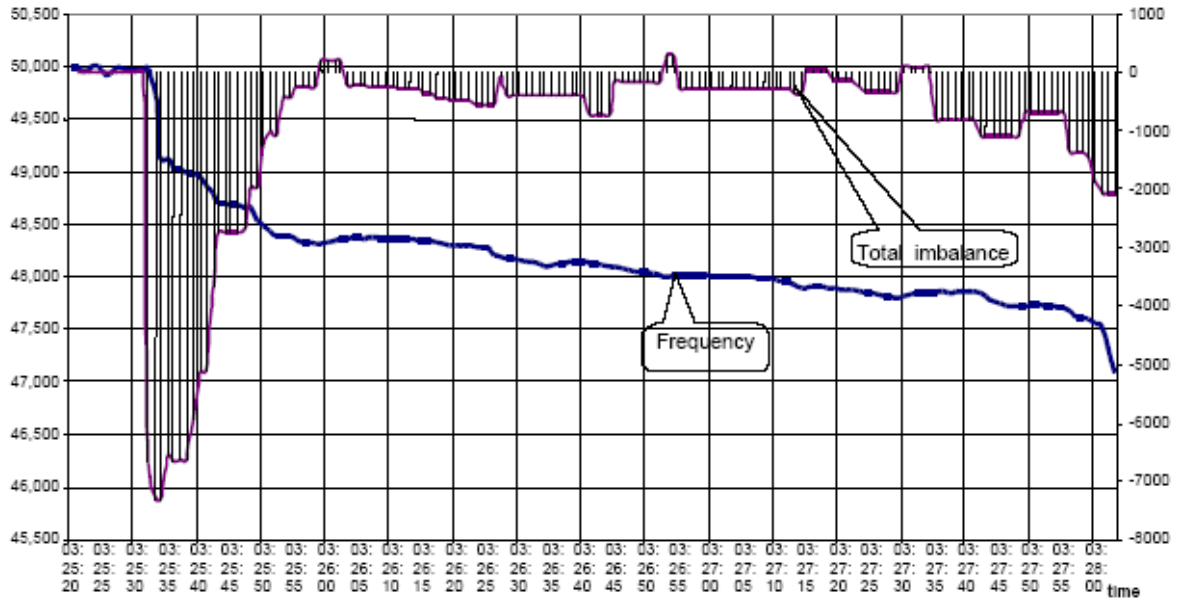
Italy mua một lượng lớn công suất điện từ Liên minh Châu Âu (16% tổng công suất của nước này trong năm 2002) do chênh lệch về giá điện. Trước khi xảy ra sự cố lưới, tổng công suất tiêu thụ của Italy là 27,4 GW, trong đó có 3,4 GW là của thủy điện tích năng. Nhà máy điện của Italy sản xuất được 20,3 GW, bao gồm hơn 18GW nhiệt điện và hơn 1GW thủy điện. Tổng cộng 6,8GW được nhập khẩu từ các nước là Pháp, Thụy Sĩ, Áo và Slovenia



Hình 1. 6 Liên kết của hệ thống điện Italy với Châu Âu

Lúc 3:01:22 sáng, một đường dây 400kV từ Thụy Sĩ sang Italy bị cắt điện do sự cố phóng điện vào cây. Đường dây đóng lại không thành công dẫn đến gia tăng công suất truyền tải trên một số đường dây nối từ Pháp, Áo và Slovenia sang Italy, làm quá tải đường dây 400kV Sils-Soazza và đường dây Moaten-Airolo 230kV trên lưới Thụy Sĩ. Tiếp đó, đường dây 400kV Sils-Soazza bị cắt, khởi đầu quá trình cắt lan truyền không kiểm soát được, chia tách lưới điện Italy ra khỏi lưới điện Châu Âu.

Sau khi Italy bị tách khỏi lưới điện châu Âu, hệ thống sa thải phụ tải hoạt động không hiệu quả kết hợp với việc cắt nhầm 24 máy phát nhiệt điện và một số lượng lớn các nguồn phân tán nối vào lưới trung áp, dẫn đến sụp đổ tần số, mất điện toàn nước Italy (~27GW) vào lúc 3:28 sáng.



Hình 1. 7 Chênh lệch công suất và tần số của lưới điện Italy sau khi bị tách

1.3.2. Lưới điện châu Âu ngày 4/11/2006

Vào ngày 4 tháng 11 năm 2006, một kế hoạch chưa được kiểm duyệt nhằm ngắt kết nối của một đường dây điện ở Đức để một con tàu có thể băng qua sông Ems một cách an toàn, khiến cho lưới điện truyền tải châu Âu chia thành ba khu vực như hình 1.8.

Khu vực phía Tây là ảnh hưởng nhiều nhất, với một sự mất cân bằng năng lượng đạt tới 22% gây ra tần số giảm xuống 49 Hz . Khoảng 15 triệu hộ gia đình bị ảnh hưởng bởi mất điện, nhưng hệ thống đã được phục hồi nhanh chóng và được ngăn ngừa bởi hoạt động của các chương trình tự động UFLS. Rơ le sa thải phụ tải đã làm việc, sa thải hơn 17GW, đưa tần số hệ thống về giới hạn cho phép.

Ở khu vực Đông Bắc, công suất tác dụng thừa đẩy tần số lên 51.4Hz. Các nguồn phân phối, đặc biệt là nguồn điện gió, được cắt khỏi hệ thống do tần số cao, làm giảm tần số của hệ thống xuống. Tuy nhiên một số máy phát điện gió tự động đóng lại với hệ thống khi tần số trở về giới hạn cho phép, khiến cho tần số lại tăng vào lúc 22:13.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

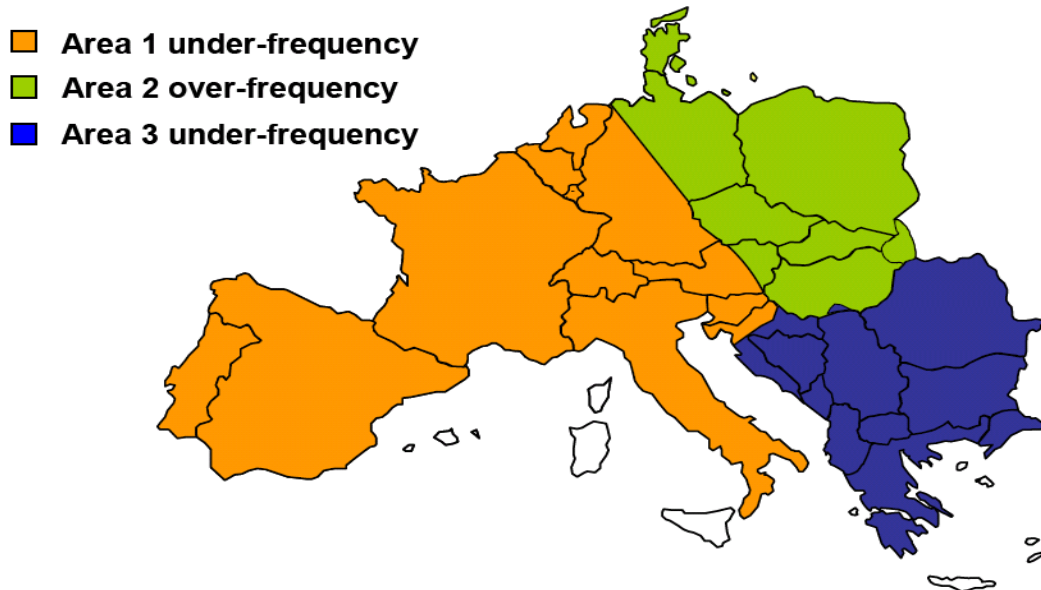
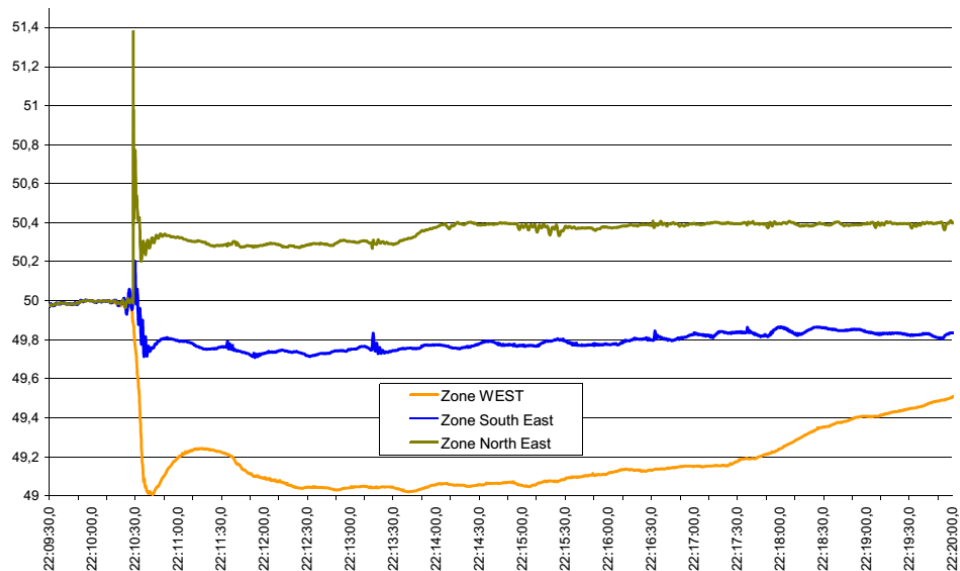


Figure 4: Schematic map of UCTE area split into three areas

Hình 1. 8 Hệ thống điện Châu Âu bị phân tách thành 3 miền.

Ở khu vực Đông Nam, chênh lệch giữa công suất phát và công suất yêu cầu nhỏ, (29,1GW/29,88GW), tuy nhiên xuất hiện dao động công suất dẫn đến cắt một máy phát ở Bosnia vào lúc 22:10, khiến cho tần số giảm xuống 49,79Hz. Tuy nhiên, do tần số này vẫn nằm trên ngưỡng đầu tiên của rơ le sa thải phụ tải nên không có phụ tải nào bị sa thải cả. Tần số lưới điện 3 miền sau khi tách lưới ở hình 1.9

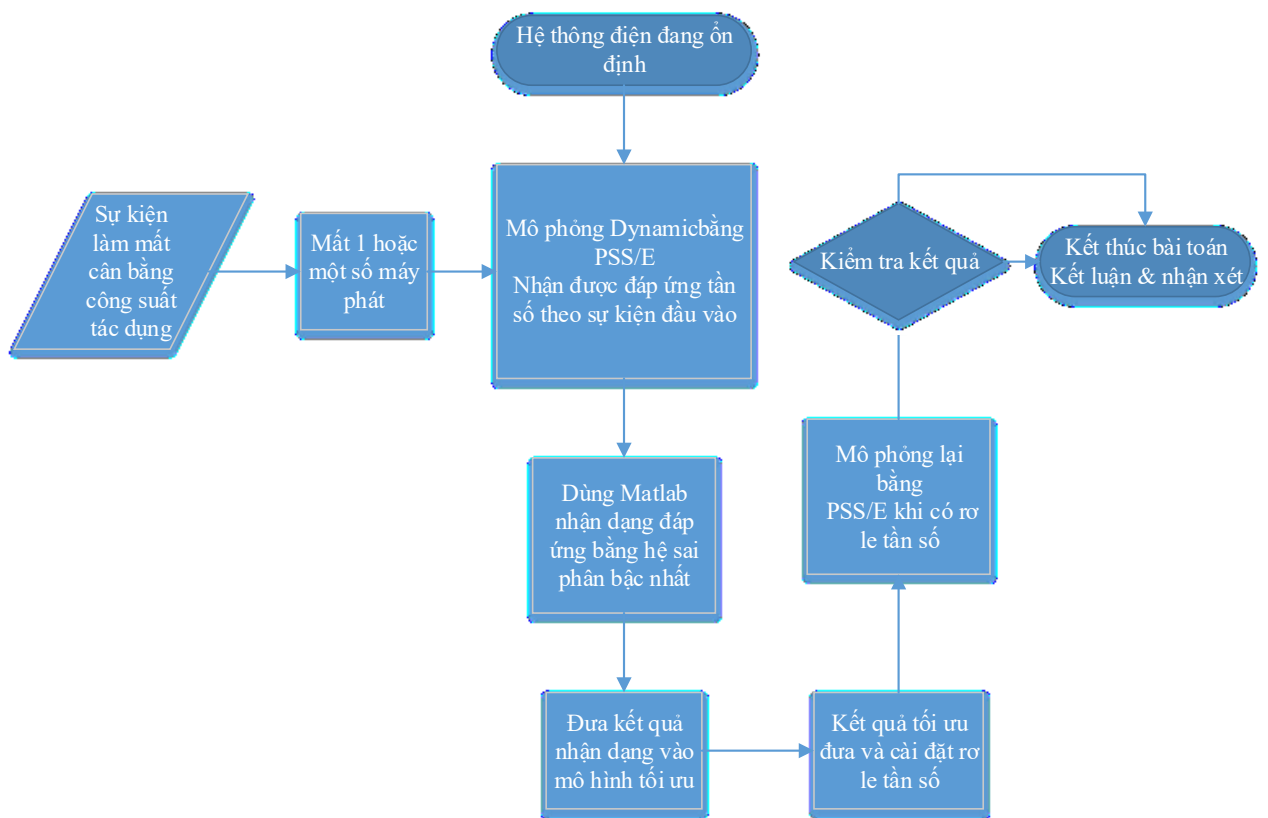


Hình 1. 9 Tần số 3 miền khi tách lưới

1.4. Mục tiêu và cách thức thực hiện đề tài.

Mục tiêu nghiên cứu những đáp ứng tần số của hệ thống điện với một sự kiện bất kỳ, đặc biệt là trong vấn đề đáp ứng tần số với sự kiện mất công suất, nắm bắt được các vấn đề cài đặt rơ le tần số. Mô phỏng thành công các sự kiện bằng phần mềm PSS/E. Xây dựng được mô hình bài toán tối ưu hóa dựa trên ý tưởng của tác giả Frida Ceja –Gomez. Sử dụng CPLEX tính toán tối ưu mô hình MILP

Một cách tổng quát các bước tiến hành trong luận văn được thể hiện bằng sơ đồ khối bên dưới



Hình 1. 10 Trình tự thực hiện của luận văn

- Bước 1: Mô phỏng PSS/E với sự kiện bất kỳ để thu được đáp ứng tần số của hệ thống
- Bước 2: Nhận dạng đáp ứng tần số của hệ thống bằng hệ phương trình sai phân bậc nhất

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

- Bước 3: Lập trình tính toán tối ưu
- Bước 4: Cài đặt role và mô phỏng kiểm chứng kết quả.

Đề tài được thực hiện dựa trên các phần mềm chính là PSS/E, MATLAB, và CPLEX trên nền MATLAB.

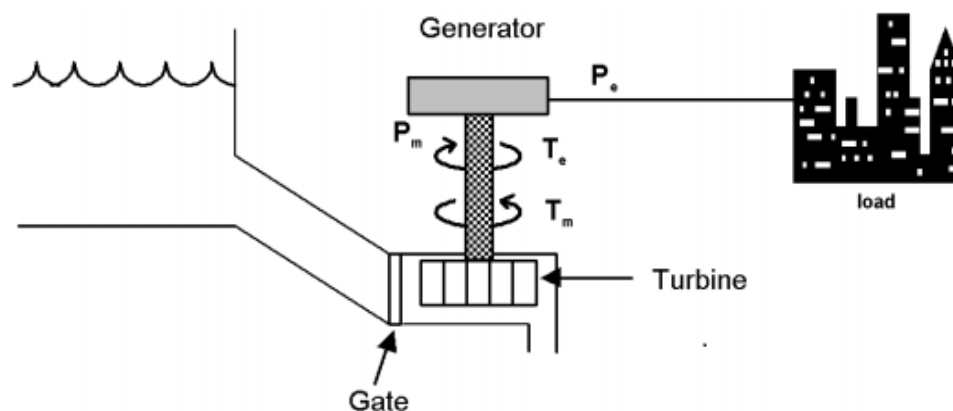
CHƯƠNG 2

ĐÁP ỨNG TẦN SỐ CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN KHI XẢY RA MẤT
CÂN BẰNG CÔNG SUẤT

2.1. Đáp ứng tần số trong hệ thống điện

2.1.1. Tần số trong hệ thống điện

Một hệ thống điện hoạt động như một chuyển động xoay quanh trục của hệ thống cơ khí. Hình 2.1 cho thấy một hệ thống điện đơn giản. Năng lượng cơ học được sản xuất từ sức nước hoặc hơi nước và gây ra mô-men xoắn cơ học T_m trên trục của tua bin máy phát điện. Máy phát điện biến đổi năng lượng cơ học thành năng lượng điện. Các phụ tải điện như những tải trọng kết nối với các máy phát điện gây ra một mô-men xoắn điện T_e ngược chiều với momen cơ trên trục của tuabin như thể hiện trong Hình 2.1, một sự thay đổi trong nhu cầu năng lượng hoặc sản xuất gây ra một biến động của tốc độ của tua bin-máy phát điện, đều dẫn đến biến động của tần số của hệ thống điện.[8]



Hình 2. 1 Mô hình HTĐ

Nếu tồn tại sự chênh lệch giữa các mô-men điện và mô-men cơ đều gây ra sự thay đổi mô-men xoắn T_a được đưa ra trong phương trình (2.1) sau:

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

$$T_a = T_{\text{mech}} - T_{\text{elec}} \quad (2.1)$$

Các phương trình chuyển động cho thấy mối quan hệ giữa các mô-men xoắn làm thay đổi tốc độ quay của tuabin kết quả là gây nên một gia tốc góc được đưa ra trong phương trình (2.2) như sau

$$T_a = T_{\text{mech}} - T_{\text{elec}} = J \cdot \frac{d^2 \theta_m}{dt^2} = J \frac{\partial \omega}{\partial t} \quad (2.2)$$

Trong đó :

J Momen quán tính của tua bin [kg.m^2]

ω là vận tốc góc

$\frac{\partial \omega}{\partial t}$ gia tốc góc

T_a biến thiên mômen xoắn.

Với θ_m là góc hợp bởi giữa rôto đối với với 1 trục tham chiếu cố định trên stato. Khi roto chuyển động với tốc độ góc ω_{sm} thì góc quay của roto di chuyển được so với trục cố định sẽ là:

$$\theta_m = \omega_{sm} t + \delta_m \quad (2.3)$$

Trong đó δ_m là góc quay ban đầu khi bắt đầu xảy ra sự mất cân bằng công suất tại thời điểm $t=0$, từ đó ta xác định được vận tốc góc theo

$$\omega_m = \frac{d\theta_m}{dt} = \omega_{sm} + \frac{d\delta_m}{dt} \quad (2.4)$$

Còn gia tốc góc cũng được tính toán theo

$$\frac{d^2 \theta_m}{dt^2} = \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} \quad (2.5)$$

Ghép biểu thức trên ta có

$$J \cdot \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = T_m - T_e \quad (2.6)$$

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Nhân cả 2 vế của biểu thức với ω_m ta được

$$J \omega_m \cdot \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = \omega_m T_m - \omega_m T_e \quad (2.7)$$

Thay thế tích ωT bằng công suất P tương ứng ta sẽ được

$$J \omega_m \cdot \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2.8)$$

Từ đó dễ dàng nhận thấy bất cứ sự mất cân bằng nào giữa P_{mech} và P_{elec} đều gây thay đổi tần số trong hệ thống điện. Trong biểu thức này $J \omega_m$ được gọi là hằng số quán tính của máy phát, nó liên quan đến động năng khi chuyển động của các roto máy phát. Gọi W_k theo biểu thức

$$W_k = \frac{1}{2} J \omega_m^2 = \frac{1}{2} M \omega_m \quad (2.9)$$

Hay là

$$M = \frac{2W_k}{\omega_m} \quad (2.10)$$

Mặc dù M là hằng số quán tính, nhưng khi roto quay với tốc độ khác tốc độ đồng bộ nó không còn là hằng số. Tuy nhiên, khi ω_m không thay đổi quá nhiều trước khi hệ thống bị mất tính ổn định, vì thế M là giá trị được tính ở tốc độ đồng bộ được xem xét như 1 hằng số. Vậy phương trình dao động tần số của hệ thống trở thành:

$$M \cdot \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2.11)$$

Để thuận tiện hơn, ta viết lại phương trình trong mối quan hệ với góc điện δ . Nếu p là số cực của máy phát đồng bộ, Góc điện δ quan hệ với góc quay cơ khí theo biểu thức δ_m theo biểu thức sau.

$$\delta = \frac{p}{2} \cdot \delta_m \quad (2.12)$$

Và

$$\omega = \frac{p}{2} \cdot \omega_m \quad (2.13)$$

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Khi đó phương trình thể hiện dao động tần số

$$\frac{p}{2} \cdot M \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2.14)$$

Khi có nhiều máy phát điện trong một hệ thống, tất cả chúng sẽ quay cùng cùng tần số góc, và điện áp của nó phải có góc pha xấp xỉ như nhau tại bất cứ lúc nào. Có thể chỉ ra rằng nếu một trong các máy phát tăng tốc, và góc pha của nó vượt trước của các máy khác, Theo quán tính rô to của nó sẽ phải chịu 1 momen xoắn tăng lên, làm cho tốc độ của nó không thể tăng thêm được nữa. Hay nói cách khác, các máy phát điện có xu hướng được "khóa" với nhau, và tần số (tốc độ quay của các tuabin) mang tính toàn hệ thống[3].

Khi xem xét trong hệ đơn vị tương đối của hệ thống. Chia cả hai vế của (2.14) cho Công suất cơ bản S_B và thay thế M từ (2.10) ta được

$$\frac{2}{p} \cdot \frac{2W_k}{\omega_{sm}S_B} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{P_m}{S_B} - \frac{P_e}{S_B} \quad (2.15)$$

Biểu thức (2.15) trong hệ đơn vị tương đối gọi hằng số quán tính là H và được tính theo

$$H = \frac{\text{Động năng [MJ]}}{\text{Công suất cơ bản [MW]}} = \frac{W_k}{S_B} \quad (2.16)$$

Giá trị của H trong khoảng từ 1 đến 20 s, nó phụ thuộc vào kích thước và loại tuabin.

Thay thế (2.15), ta thu được

$$\frac{2}{p} \cdot \frac{2H}{\omega_{sm}} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{m(pu)} - P_{e(pu)} \quad (2.17)$$

Trong đó $P_{m(pu)}$ và $P_{e(pu)}$ công suất cơ và công suất điện trong hệ đơn vị tương đối.

Tốc độ quay của công suất điện liên hệ với tốc độ quay cơ học của tuabin theo

$\omega_{sm} = (2/P)\omega_s$. Quy đổi hết về tốc độ quay điện ta có:

$$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{m(pu)} - P_{e(pu)} \quad (2.18)$$

Phương trình (2.18) thường được biểu diễn dưới dạng f_0 và đơn giản hóa các ký hiệu, ta mặc định các ký hiệu trong hệ đơn vị tương đối (bỏ qua ký hiệu $p.u$) ta có:

$$\frac{2H}{\pi f_0} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2.19)$$

Trong đó, δ góc quay điện có thứ nguyên radian. Biểu thức (2.19) đại diện sự dao động góc quay δ của roto khi có chênh lệch công suất diễn ra. Hầu hết các mô hình máy phát đều được thể hiện như công thức trên. Một sự kiện bất kỳ xảy ra trên hệ thống, máy phát đều tiến hành hỗ trợ điều chỉnh tốc độ toàn hệ thống do tần số là đồng bộ tại các điểm trên hệ thống.

Phương trình chuyển động của máy phát thể hiện mối quan hệ giữa đáp ứng tần số với chênh lệch công suất cơ và công suất điện. Dạng đơn giản nhất của phương trình này cho bởi:

$$\frac{2H}{f_0} \cdot \frac{d\Delta f}{dt} = P_m - P_e = \Delta P \quad (2.20)$$

Trong biểu thức (2.20), P_m năng lượng cơ học đầu vào cho các tuabin và P_e phản ánh công suất điện tiêu thụ của các phụ tải, trong đó H là hằng số quán tính của máy phát, f_0 là tần số danh định của hệ thống, và Δf chính là độ lệch của tần số thực tế so với giá trị danh định, chúng đều có đơn vị chung là Hz. Tuy nhiên trong thực tế có rất nhiều yếu tố sẽ gây ảnh hưởng tới đáp ứng tần số của hệ thống điện. Phần tiếp theo sẽ trình bày một số yếu tố như vậy.

2.1.2. Một số yếu tố chính làm ảnh hưởng đến đáp ứng tần số của hệ thống

a) Đặc tính phụ tải theo tần số (*Load damping factor*):

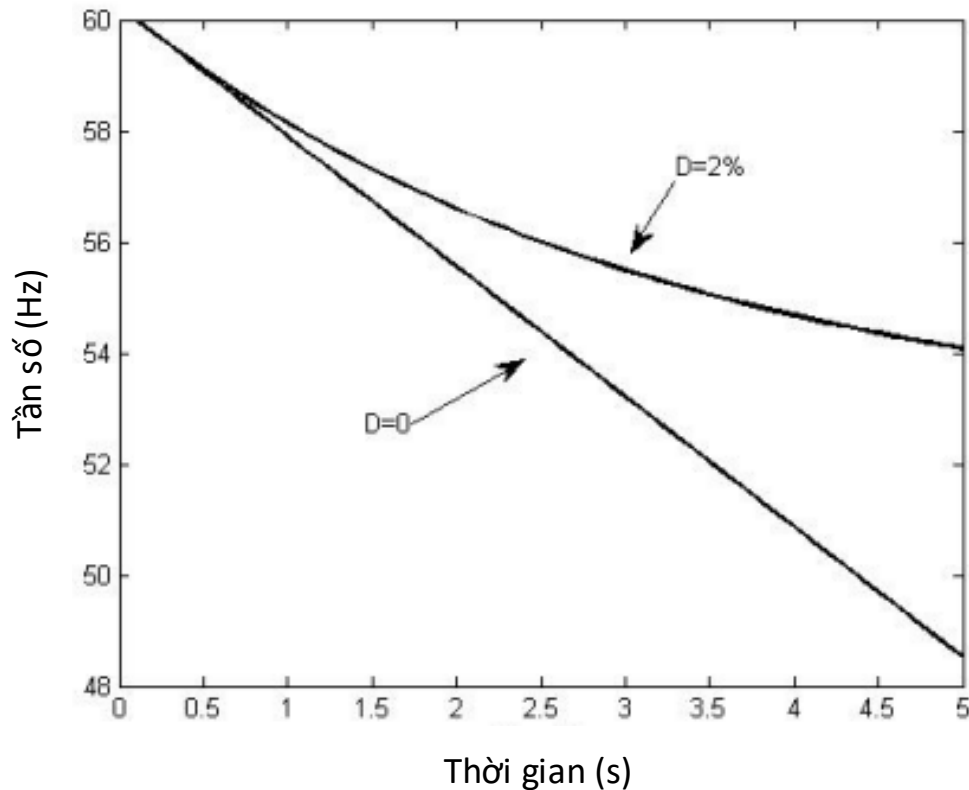
Trong hệ thống điện tồn tại rất nhiều loại phụ tải điện. Tải điện trở hầu như sẽ không thay đổi công suất tiêu thụ khi tần số thay đổi. Nhưng thực tế những loại tải như thế này chiếm không nhiều, mà hầu hết là các tải động cơ. Các động cơ, khi tần số

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

đầu vào của nguồn điện cung cấp sẽ làm động cơ bị thay đổi công suất. Thông thường, khi tần số điện cung cấp bị suy giảm thì công suất của nó cũng sẽ giảm đi, sự phụ thuộc công suất này có thể hiểu 1 cách đơn giản theo biểu thức:

$$\Delta P_{ml} = D \cdot \Delta f \quad (2.21)$$

ΔP_{ml} thể hiện sự thay đổi công suất tiêu thụ của phụ tải khi tần số của hệ thống lệch khỏi giá trị danh định một lượng Δf . Chính điều này có thể làm giảm bớt mức độ nghiêm trọng của hệ thống khi có sự dao động, thay đổi công suất. Hằng số D chỉ ra phần trăm công suất của tải sẽ thay đổi khi tần số thay đổi 1%. Ví dụ, D = 2% có nghĩa là ứng với 1% tần số thay đổi (0.5Hz) thì phụ tải sẽ giảm 2% so với tổng lượng tải.



Hình 2. 2 Ảnh hưởng của đặc tính phụ tải theo tần số

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

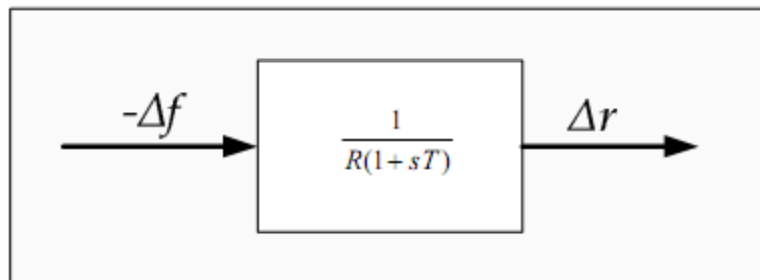
Đặc tính phụ tải theo tần số nên được cho vào phương trình dao động tần số sẽ phản ánh chính xác hơn những đáp ứng tần số của hệ thống trong mỗi kịch bản. Vì vậy đáp ứng tần số của hệ thống sẽ chính xác hơn theo biểu thức:

$$\frac{2H}{f_0} \cdot \frac{d\Delta f}{dt} = P_m - P_e - D \cdot \Delta f \quad (2.22)$$

b) Sự điều chỉnh tốc độ của các bộ điều tốc:

Trong hệ thống điện, mỗi máy phát sẽ được trang bị thêm bộ điều tốc nhằm điều chỉnh tần số bằng cách điều chỉnh công suất phát của chính nó. Điều này có nghĩa là với mỗi độ lệch tần số khỏi giá trị danh định, bộ điều tốc sẽ thay đổi công suất phát theo giá trị của $-\frac{\Delta f}{R}$, trong đó R là hệ số điều chỉnh tốc độ đại diện cho độ dốc của đường đặc tính điều chỉnh công suất phát của các máy phát, nó có đơn vị là Hz/MW. Thông thường giá trị của nó thường nằm giữa 3 và 6 khi mất lượng công suất bằng công suất định mức.

Bên cạnh đó, thời gian tác động của bộ điều tốc không thể tức thời, nói cách khác nó luôn cần 1 khoảng thời gian từ 5 đến 10 giây để mở van nước, tăng công suất cơ đầu vào. Hoạt động của 1 bộ điều tốc đơn giản có thể được mô tả toán học như hình vẽ. Trong đó Δr là sự điều chỉnh tần số sơ cấp của bộ điều tốc do có độ lệch tần số Δf . R là độ dốc của đường điều chỉnh và T hằng số thời gian để các bộ điều tốc có thể hoạt động kể từ khi nhận được tín hiệu.



Hình 2. 3 Mô hình cơ bản của điều tốc

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

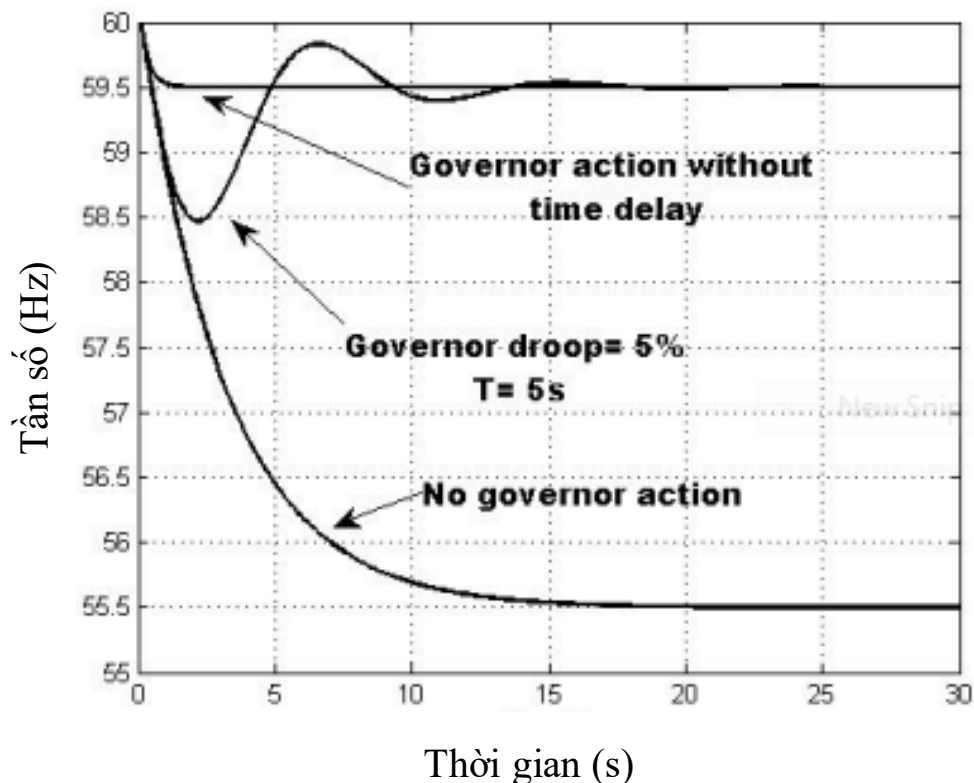
Biểu diễn hàm này trong miền thời gian thời gian :

$$T \cdot \frac{d\Delta r}{dt} = -\frac{\Delta f}{R} - \Delta r \quad (2.23)$$

Nếu đưa thêm hiệu ứng điều chỉnh của bộ điều tốc vào thì đáp ứng tần số của hệ thống khi đó sẽ là:

$$\frac{2H}{f_0} \cdot \frac{d\Delta f}{dt} = P_m - P_e + \Delta r - D \cdot \Delta f \quad (2.24)$$

Hình 2.4 sau thể hiện sự kiện mất 15% công suất phát với các trường hợp không có hoạt động của bộ điều tốc, bộ điều tốc tác động tức thời, và tác động với thời gian trễ $T=5s$.



Hình 2. 4 Ảnh hưởng của hoạt động của bộ điều tốc và thời gian trễ

Có thể thấy rõ ràng, giá trị tần số có thể trở lại, hoặc gần với giá trị danh định khi xem xét đến tác động điều chỉnh của bộ điều tốc, nếu không có sự điều chỉnh này tần số có thể đi đến trạng thái mất ổn định, không thể phục hồi. Tương tự nếu thời gian trễ

(delay) của bộ điều tốc được bỏ qua, tần số sẽ nhanh chóng ổn định mà không có dao động. Trong hệ thống dao động tần số nhiều lúc sẽ kích hoạt một số ngưỡng sa thải, nó sẽ dẫn đến các thông số cài đặt cho role không thật sự phù hợp.

2.2. Mô phỏng đáp ứng tần số của hệ thống bằng phần mềm PSS/E

Chương trình *PSS/E (Power System Simulator for Engineering)* là chương trình phân tích, tính toán hệ thống điện của tập đoàn *PTI (POWER TECHNOLOGIES INTERNATIONAL)* của Mỹ. Kể từ khi ra đời phiên bản đầu tiên năm 1976, chương trình đã trở thành phần mềm thương mại được sử dụng nhiều nhất trong các phần mềm tính toán lưới điện. Chương trình PSS/E là một bộ chương trình tích hợp mô phỏng hệ thống điện trên máy tính. Cho phép nghiên cứu về mạng lưới truyền dẫn và các đặc tính của máy phát trong cả chế độ tĩnh và chế độ động. Người dùng có thể khai thác chương trình trên các phương diện chính sau:

- Tính toán trào lưu công suất;
- Tối ưu hoá trào lưu công suất;
- Nghiên cứu các loại sự cố đối xứng và không đối xứng;
- Mô hình động mô phỏng quá trình quá độ điện cơ, tính toán ổn định động của hệ thống.

Trong phạm vi đồ án tốt nghiệp này sử dụng chức năng *Dynamic* mô phỏng động hệ thống điện.

2.2.1. Mô hình các phần tử cần thiết trong mô hình PSS/E

Với sự kiện bất kỳ gây mất cân bằng cán cân công suất sẽ gây nên sự dao động, thay đổi tần số của hệ thống điện. Đáp ứng tần số là nghiệm của hệ các phương trình phi tuyến, vi phân rất phức tạp. PSS/E giải quyết vấn đề bằng cách xấp xỉ gần đúng và lặp nhiều giai đoạn để giải các hệ phương trình vi phân phức tạp. Để thể hiện cụ thể hóa đáp ứng tần số của hệ thống trong một trường hợp mất công suất điển hình ta sẽ làm ví dụ. Một hệ thống đang ở trạng thái làm việc bình thường. Khi có 1 sự kiện đột

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

ngột xảy ra, hệ thống sẽ đáp ứng lại, đặc tính của các đáp ứng phụ thuộc chặt chẽ vào cấu trúc, cũng như trạng thái các phần tử của hệ thống.

Trước khi tiến hành mô phỏng ta cần mô hình hóa các phần tử, thiết bị của các thiết bị điều chỉnh phục vụ cho quá trình mô phỏng. Do đặc trưng của bài toán chỉ đề cập đến vấn đề tần số, nên các phần tử chỉ phục vụ cho quá trình mô phỏng bao gồm: Các mô hình máy phát, bộ điều tốc và mô hình sa thải phụ tải theo tần số.

Trong hệ thống điện được xét, có rất nhiều loại máy phát. Tất cả các máy phát này đều là máy phát điện đồng bộ với công suất phát khác nhau. Mỗi máy được mô phỏng bằng mô hình máy phát và tua bin, một mô hình bộ điều khiển điện áp và kích từ, cùng với một mô hình bộ điều tốc. Một số máy có thêm mô hình bộ ổn định (stabilizer).

a) Mô hình tua bin và máy phát.

Trong mô phỏng này, có hai mô hình máy phát được sử dụng, đó là mô hình máy phát cực lõi GENSAL dùng cho máy phát thủy điện và mô hình máy phát cực ăng GENROU dùng cho máy phát nhiệt điện.

Việc khai báo các thông số cho mô hình GENSAL được thực hiện theo cấu trúc sau trong file dynamic (.dyr)

```
IBUS, 'GENSAL', I, T'do, T"do, T"qo, H, D, Xd, Xq, X'd, X"q, X1, S(1.0), S(1.2) /
```

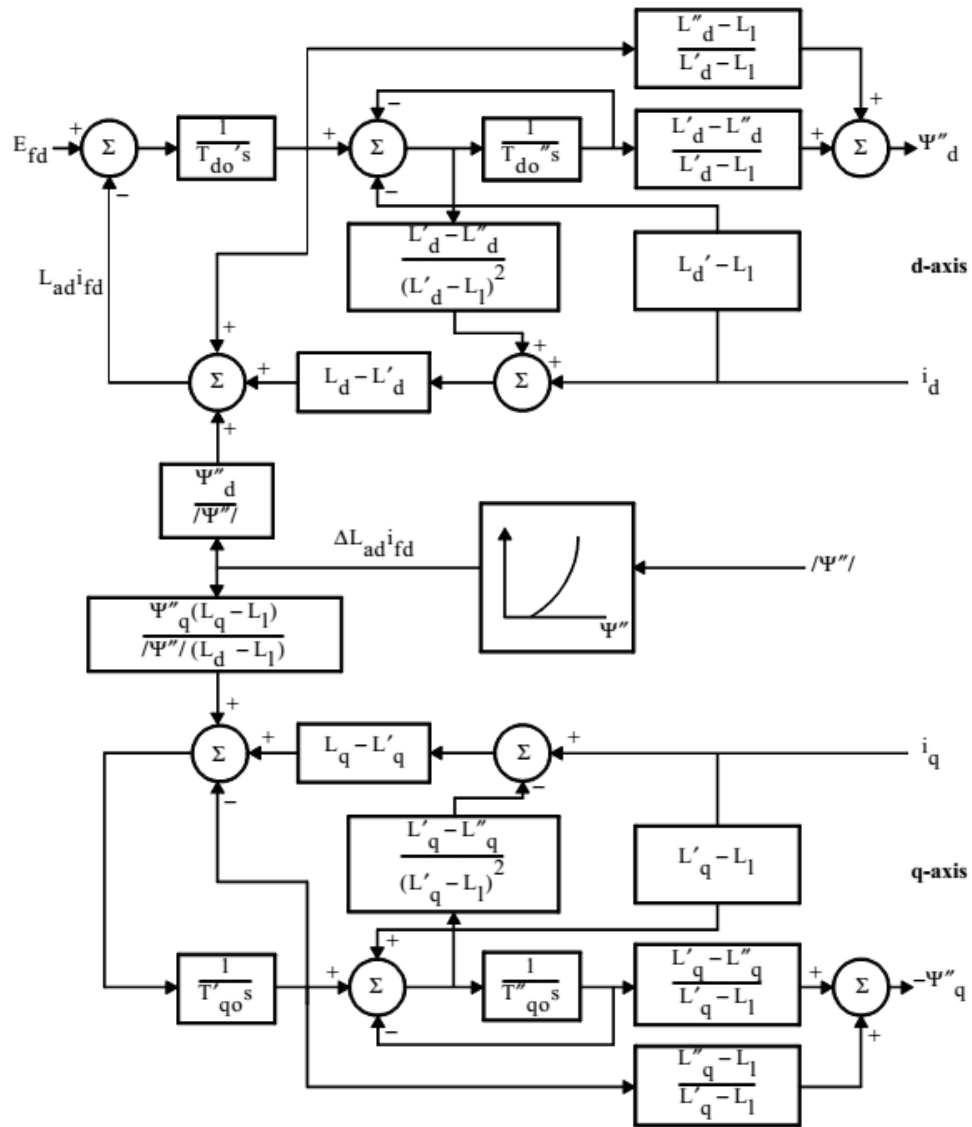
Việc khai báo các thông số cho mô hình GENROU được thực hiện theo cấu trúc sau.

```
IBUS, 'GENROU', I, T'do, T"do, T"qo, T"qo, H, D, Xd, Xq, X'd, X'q, X"q, X1, S(1.0), S(1.2) /
```

IBUS là mã nút đặt mô hình	D Hệ số hãm tốc. (speed damping)
'GENROU' là tên mô hình.	X _d Điện kháng dọc trục
'GENSAL' là tên mô hình.	X _q Điện kháng ngang trục
I là số hiệu máy phát.	X' _d Điện kháng quá độ dọc trục
T'do, T"do, T"qo Hằng số thời gian theo các trục	X"q Điện kháng siêu quá độ dọc trục
H Hệ số quán tính	X ₁ Điện kháng rò
	S(1.0), S(1.2) Hệ số bão hòa từ.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

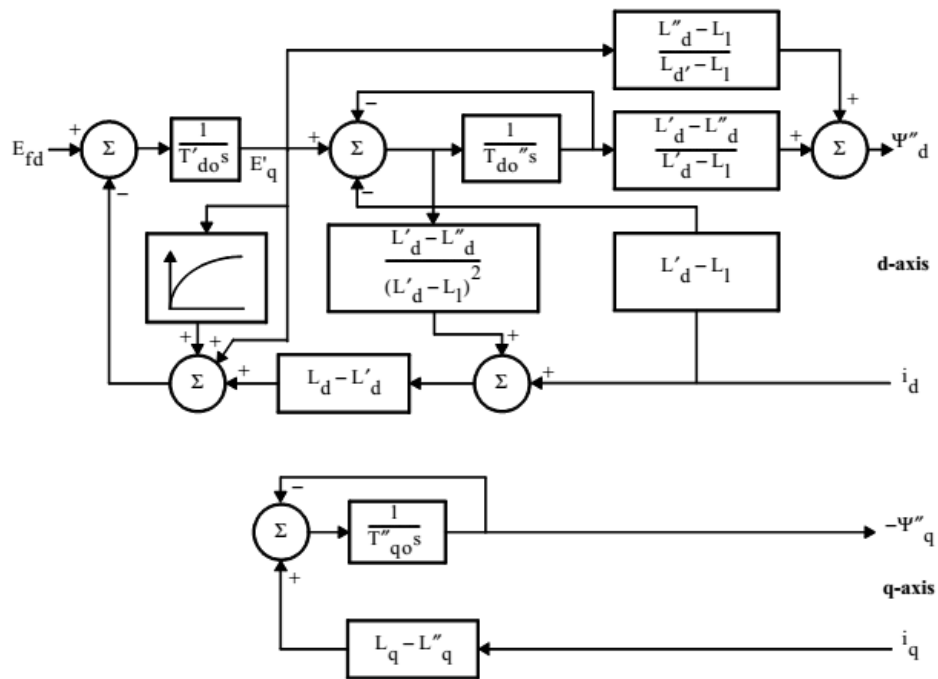
Mô hình máy phát cực lồi GENROU có sơ đồ logic như hình 2.5.



Hình 2. 5 Sơ đồ khối của mô hình GENROU

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Mô hình GENSAL có sơ đồ khối như hình 2.6.



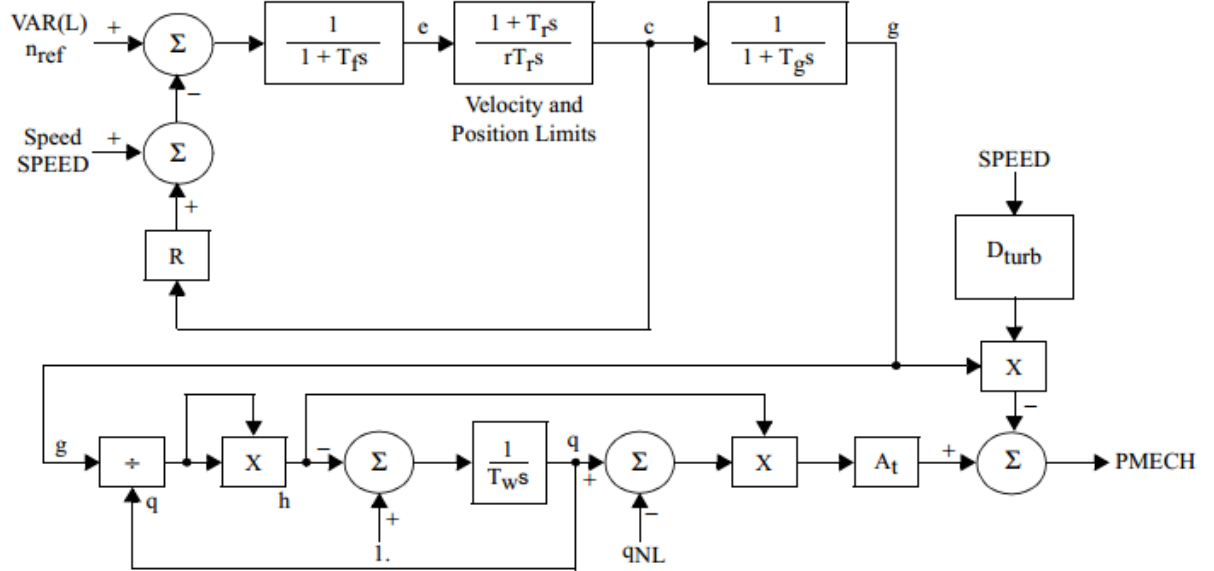
Hình 2. 6 Sơ đồ khối của mô hình GENSAL

b) Mô hình bộ điều tốc.

Có rất nhiều mô hình bộ điều tốc được sử dụng, đó là mô hình bộ điều tốc dành cho máy phát thủy điện HYGOV, bộ điều tốc dành cho máy phát nhiệt điện chạy than TGOV1 và bộ điều tốc dành cho nhiệt điện chạy gas GAST.

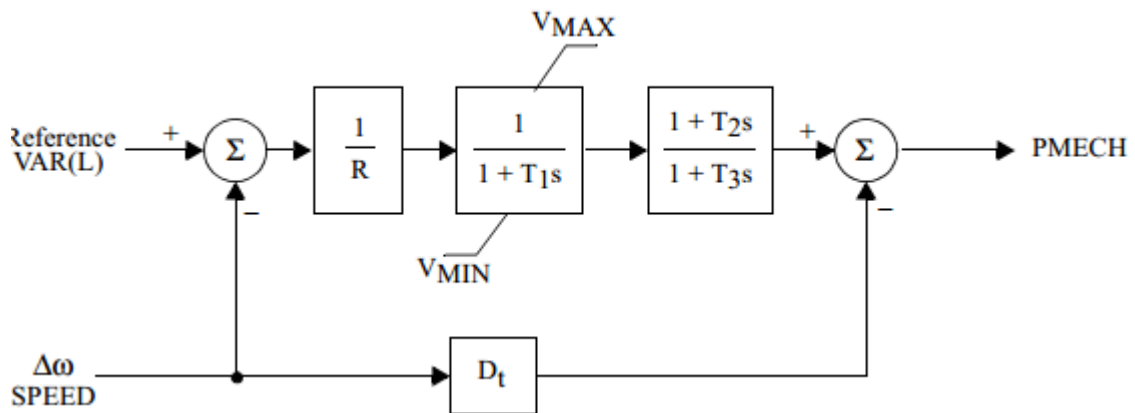
Mô hình HYGOV có sơ đồ khối sau đây

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP



Hình 2. 7 Sơ đồ khối HYGOV

Mô hình TGOV1 có sơ đồ khối như dưới đây:



Hình 2. 8 Mô hình Sơ đồ khối TGOV1

c) Mô hình rơ le sa thải phụ tải

Mô hình rơ le sa thải phụ tải được dùng trong mô phỏng là: LDSHxx. Trong đó hậu tố XX thể hiện nhóm các nút được đặt rơ le sa thải phụ tải.

I, 'LDSHxx', LID f1, t1, frac1, f2, t2, frac2, f3, t3, frac3, Tb /

I xác định vị trí đặt mô hình. I được xác định theo hậu tố xx của mô hình.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Hậu tố của mô hình	Mô tả của I
BL	Số hiệu nút
OW	Số hiệu chủ sở hữu
ZN	Số hiệu vùng
AR	Số hiệu khu vực
AL	0 (tắt cả các nút)

Trong đó

‘LDSHxx’ là tên mô hình.

LID là số hiệu load. Nếu để LID là ‘*’ thì bảo vệ sẽ tác động đến tất cả các phụ tải trong hệ thống được xác định bởi hậu tố.

f1 Ngưỡng sa thải phụ tải đầu tiên (Hz)

t1 Thời gian trễ của ngưỡng thứ nhất (giây)

frac1 Tỷ lệ tải bị cắt ở ngưỡng thứ nhất

f2 Ngưỡng sa thải phụ tải thứ hai (Hz)

t2 Thời gian trễ của ngưỡng thứ hai (giây)

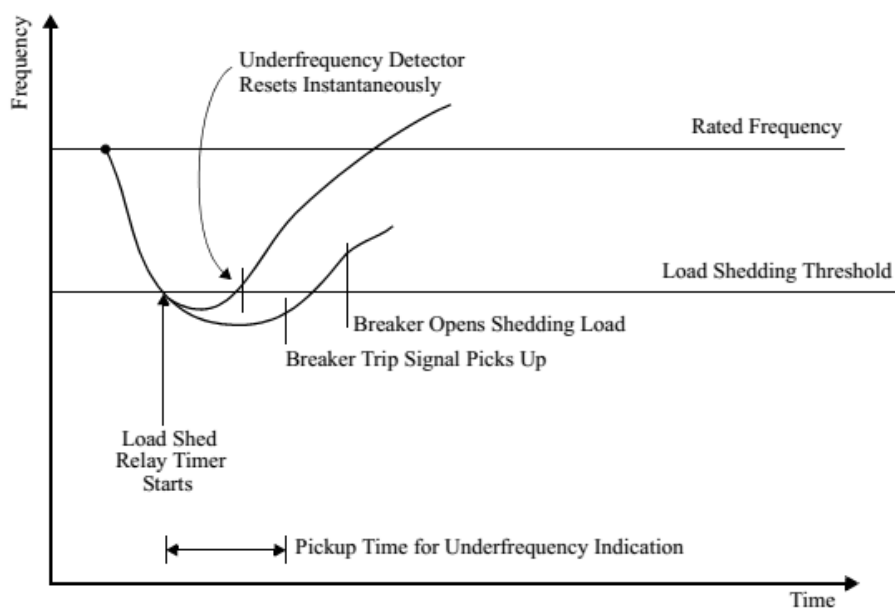
frac2 Tỷ lệ tải bị cắt ở ngưỡng thứ hai

f3 Ngưỡng sa thải phụ tải thứ ba (Hz)

t3 Thời gian trễ của ngưỡng thứ ba (giây)

frac3 Tỷ lệ tải bị cắt ở ngưỡng thứ ba

Tb Thời gian cắt của máy cắt (giây)



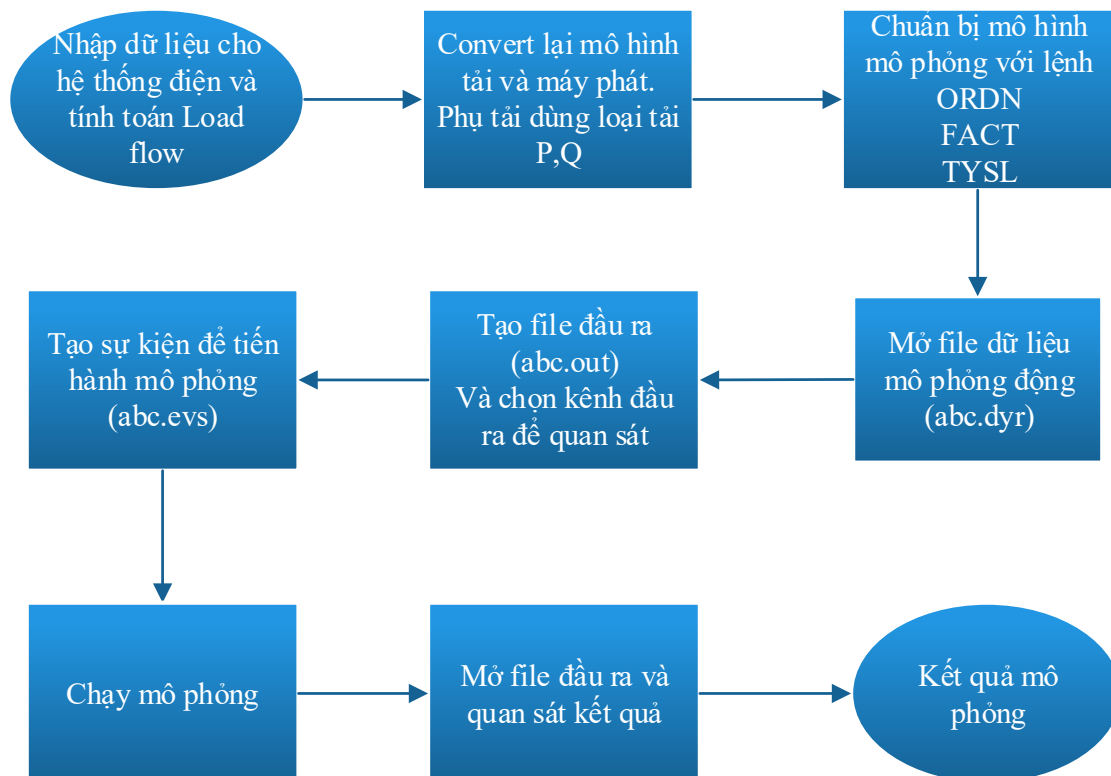
Hình 2. 9 Mô hình LDSH tác động và khởi động lại.

Một ví dụ về mô hình LDSH được cài đặt

```
61 'LDSHAR' * 48.50 5.00 0.30 48.00 0.15 0.30 47.50 0.15 0.20 0.06/
```

2.2.2. Tiến hành mô phỏng bằng PSS/E

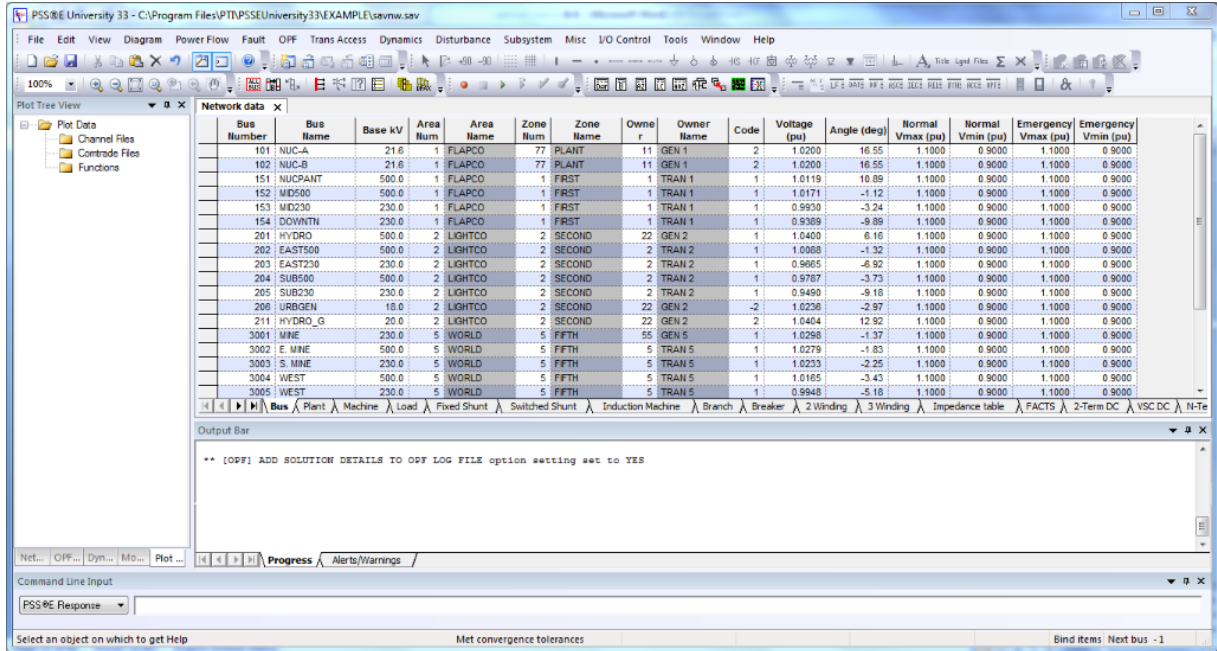
Trình tự của quá trình mô phỏng bằng phần mềm PSS/E được thực hiện như sơ đồ khối sau.



Hình 2. 10 Sơ đồ mô phỏng PSS/E

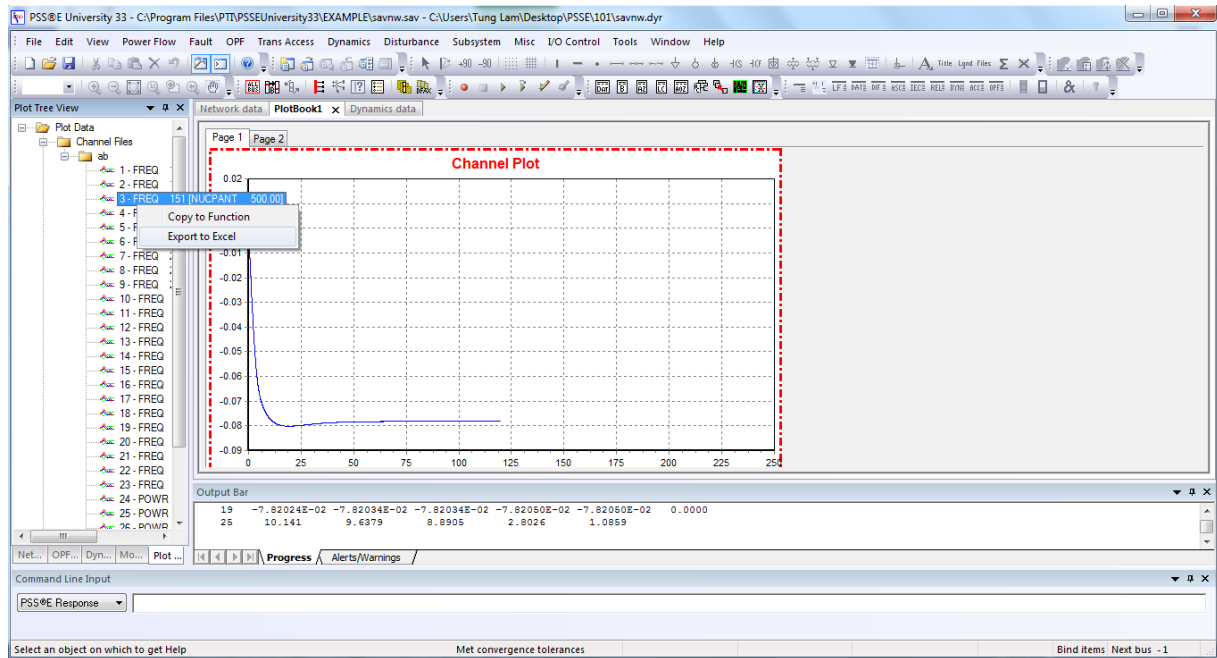
Giao diện chung của phần mềm PSS/E version 33, cách thức trình bày các kết quả mô phỏng được thể hiện trên hình vẽ 2.11& 2.12. Kết quả dữ liệu mô phỏng trên PSS/E có thể xuất ra định dạng excel (.xlsx) để phục vụ cho các yêu cầu khác.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP



Hình 2. 11 Giao diện chung của PSS/E-v33

Sau khi chạy theo sơ đồ khối trên ta có kết quả như hình vẽ :



Hình 2. 12 Quan sát kết quả trên PSS/E

CHƯƠNG 3

XẤP XỈ HÓA ĐÁP ỨNG BẰNG HỆ SAI PHÂN BẬC NHẤT

3.1. Vấn đề nhận dạng mô hình bài toán

Mỗi hệ thống tồn tại xung quanh chúng ta luôn luôn tồn tại trong mình những đặc trưng về vật lý. Để khai thác và sử dụng các hệ thống phục vụ những mục đích nhất định nào đó con người thường muốn biết các đặc tính và tính chất của hệ thống mà mình sử dụng hoặc mình thiết kế.

Trong bài toán nhận dạng hệ thống, ta không biết đầy đủ các thông tin về hệ thống, muốn tìm được phương trình mô tả động học hệ thống thì phải dựa trên thí nghiệm để đo các đáp ứng của các quá trình xảy ra trong hệ thống. Từ các dữ liệu thu được sử dụng các thuật toán ước lượng thích hợp để tính toán ra tham số hệ thống.

Với trường hợp nghiên cứu đáp ứng tần số của hệ thống điện, phương trình động học quan trọng nhất là phương trình chuyển động quay (2.20). Có thể thấy rằng đây là phương trình vi phân bậc nhất, nếu lấy tốc độ quay của máy phát (ω) là biến. Tất nhiên quá trình động học của hệ thống điện có bậc cao hơn nhiều, phụ thuộc vào quá trình động học của công suất điện P_e và công suất cơ P_m . Tuy nhiên, nếu xét trong khoảng thời gian đủ dài, số bậc của hệ sẽ giảm đi đáng kể do các quá trình điện từ tắt khá nhanh. Vì vậy, trong luận văn này, cũng như tài liệu tham khảo [1] sử dụng mô hình bậc nhất để xấp xỉ đáp ứng tần số của hệ thống điện.

3.2. Xấp xỉ hóa các đáp ứng tần số bởi 1 hệ sai phân bậc nhất

Chương 2 đã trình bày, đáp ứng tần số đối với lượng chênh lệch công suất được thể hiện bởi hệ phương trình vi phân (2.24) và (2.23):

$$\frac{2H}{f_0} \cdot \frac{d\Delta f(t)}{dt} = P_m - P_e + \Delta r(t) - D \cdot \Delta f(t) \quad (2.24)$$

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

$$\frac{d\Delta r(t)}{dt} = \frac{1}{T} \left(-\Delta r(t) - \frac{\Delta f(t)}{R} \right) \quad (2.23)$$

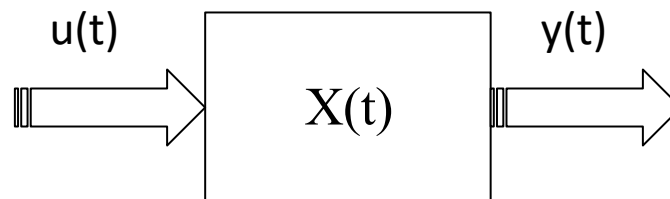
Với 1 hệ thống điện có số lượng máy vừa phải các hằng số tương ứng sẽ được được xác định theo :

$$H = \sum_i \frac{H_i S_i}{S} \quad (3.1)$$

Với H_i là hằng số quán tính của máy phát thứ i có công suất S_i và công suất của toàn hệ thống là S . Bên cạnh đó độ dốc điều chỉnh chung của bộ điều tốc cũng được tính toán theo độ dốc của máy phát thứ i

$$\frac{1}{R} = \sum_i \frac{S_i}{S \cdot R_i} \quad (3.2)$$

Tuy nhiên, trong 1 hệ thống điện số lượng máy phát rất nhiều, chủng loại các máy phát khác nhau, các bộ điều tốc cũng hoạt động khác nhau, các đáp ứng để điều chỉnh tốc độ của hệ thống là khác nhau, vì vậy việc xác định các hằng số đó bằng lý thuyết cũng như thực nghiệm là khó khăn, và tốn nhiều thời gian, công sức. Nhưng nếu không xác định được những giá trị của các hằng như R , và H nên việc xác định mô hình bài toán trở nên khó khăn và không chính xác. Vì vậy một hệ thống điện, nếu ta coi như là 1 hộp đen chưa xác định được cấu trúc, mà chỉ biết với đầu vào là u thì sẽ cho đáp ứng là y . Để đơn giản hóa ta hình dung mô hình của hệ thống như 1 mô hình như sau:



Hình 3. 1 Mô hình nhận dạng hệ thống điện

Trong đó $u(t)$ là biến đầu vào, còn $y(t)$ là đáp ứng đầu ra ứng với đầu vào, còn $x(t)$ là biến trạng thái đặc trưng cho các đặc tính, mô hình toán học của hệ thống.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Trong phạm vi đề tài này, với mỗi đầu vào $u(t)$ đặc trưng cho sự mất công suất phát ban đầu ΔP và $y(t)$ chính là độ lệch tần số so với f_0 ứng với đầu vào $u(t)$.

Mô hình được sử dụng trong bài toán này là mô hình bậc nhất có dạng

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Ke(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) + e(t) \end{cases} \quad (3.3)$$

Ta có thể trực tiếp xấp xỉ toán học của hệ phương trình này thành dạng hệ phương trình sai phân bậc n:

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Ke_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + e_k \end{cases} \quad (3.4)$$

Với cách tiếp cận bài toán như đã trình bày ở trên, ta sử dụng bậc cho mô hình bài toán này là 1. Điều này có nghĩa là các ma trận, vecto hệ số xác định ma trận trên là

những số thực. Với $\begin{cases} y_k \text{ -Trạng thái đầu ra của tín hiệu nhận dạng} \\ x_k \text{ -Biến trung gian của quá trình nhận dạng} \\ u_k \text{ -Thông số đầu vào của quá trình nhận dạng} \end{cases}$

Quá trình mô phỏng, thí nghiệm thực tế bài toán mất công suất máy phát trên hệ thống điện đang làm việc đã được tiến hành trên phần mềm PSS/E. Với một mô phỏng kích bản mất công suất phát bất kỳ, ta luôn thu được đáp ứng tần số của hệ thống theo thời gian với đầu vào là lượng công suất phát bị mất. Quá trình mất cân bằng công suất giữa các máy phát với phụ tải sẽ gây ra sự thay đổi tần số của hệ thống.

Trạng thái đầu ra y_k của tín hiệu mà hệ thống cần được mô tả là đáp ứng tần số theo thời gian Δf_k

Thông số đầu vào u_k chính là sự chênh lệch giữa công suất phát của hệ thống. Trong thời điểm bắt đầu mô phỏng thì $u_k = \Delta g$ chính là lượng công suất mất đi do máy phát bị tách ra khỏi hệ thống. Khi đó có thể lượng hóa u_k bằng

$$u_k = \Delta g - D \cdot \Delta f_n - \sum_s u_{sn} \cdot \Delta d_s \quad (3.5)$$

$$\text{Với } \begin{cases} \Delta g & \text{– Lượng công suất phát bị mất khi mô phỏng} \\ D. \Delta f_n & \text{– Đáp ứng của phụ tải theo tần số} \\ \sum_s u_{sn} \cdot \Delta d_s & \text{– Tổng lượng tải sa thải đi ở bước thứ k} \end{cases}$$

3.3. Các bước tiến hành nhận dạng 1 mô hình thực tế

Để hỗ trợ quá trình nhận dạng của hệ thống trên mô hình không gian trạng thái. *MATLAB* đã hỗ trợ tối đa cho người dùng qua công cụ *System Identification Toolbox*.

Với kết quả đã có từ PSS/E với đầu vào là : Công suất của một, hay 1 số máy phát bị mất, và đầu ra là đáp ứng tần số của hệ thống. Ta tiến hành quá trình nhận dạng như sau

Bước 1 : Chuẩn bị dữ liệu để nhận dạng

Dữ liệu có thể được nhập trực tiếp từ cửa sổ lệnh như nhập cho các ma trận của *MATLAB* và lưu trong *file .mat*

Tuy nhiên, với dữ liệu rất lớn , lên tới hàng ngàn bộ số, mặt khác do *PSS/E* đã hỗ trợ xuất file dữ liệu đầu ra (*.out*) có thể chuyển thành dạng excel (*.xlsx*) nên ta có thể đọc dữ liệu trực tiếp từ file excel bằng lệnh *xlsread*

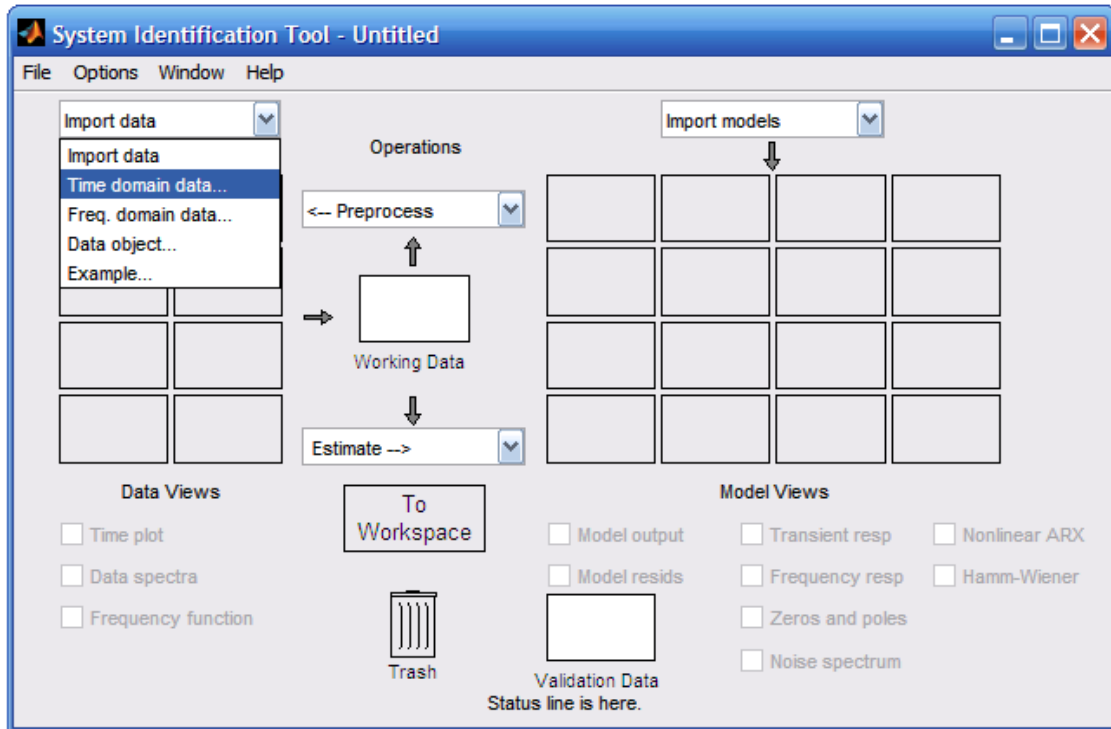
```
>>y = xlsread('cut750.xlsx','Sheet1'); % Doc du lieu cong suat bi cat  
>>u = xlsread('cut750.xlsx','Sheet2'); % Doc du lieu tan so
```

Bước 2 : Đưa dữ liệu vào nhận dạng

Từ cửa sổ *MATLAB* gõ lệnh

```
>>ident; % Opening System Identification Tool
```

Khi đó cửa sổ giao diện sẽ như sau:



Hình 3. 2 Giao diện hộp công cụ System Identification

Bước 2: Tiến hành nhập dạng

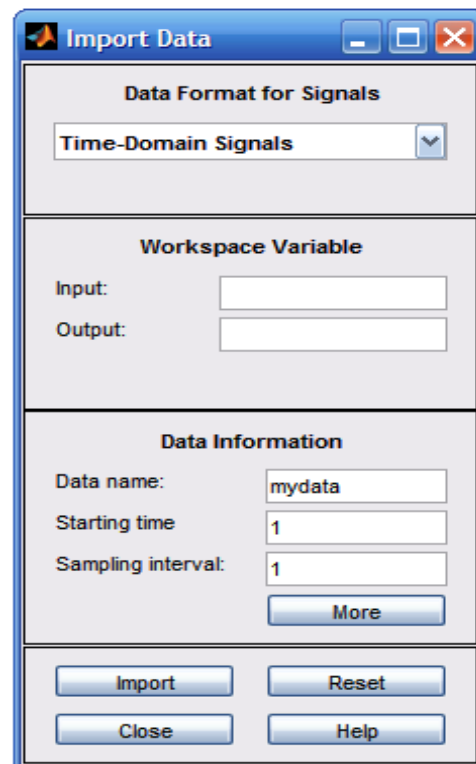
Input : Ta điền tên của dữ liệu đầu vào , bài toán này ta có thể điền là u

Output: Ta điền tên của dữ liệu đầu ra , bài toán này ta có thể điền là y

Data name — tên file.mat chứa dữ liệu vào ra của bài toán. Mặc định là mydata.

Starting time — Thời gian bắt đầu khảo sát. Ta gõ 0 vào ô này.

Sampling interval — 0.025s Khoảng thời gian lấy mẫu. giá trị này phải tương ứng với thời gian giữa 2 bước liên tiếp trong quá trình mô phỏng PSS/E.



Hình 3. 3 Nhập dữ liệu nhận dạng

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

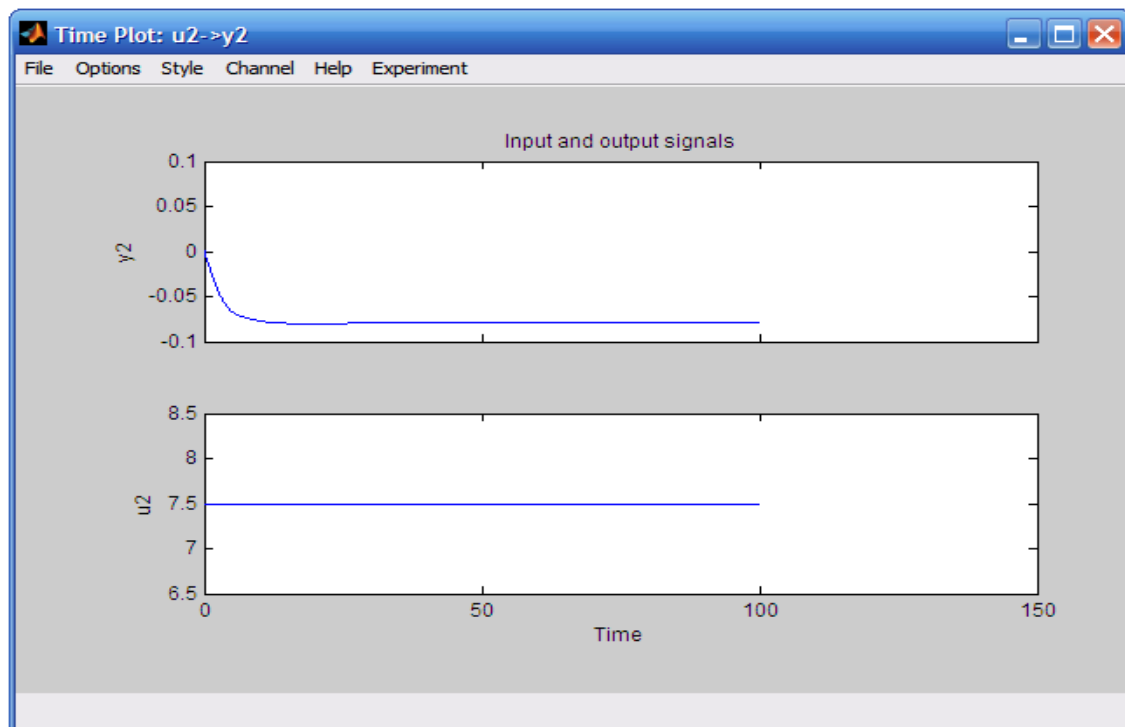
Click chuột vào *More* thiết lập chi tiết các dữ liệu cho *System Identification Tool*. Tiếp theo đó nhấn vào *Import* để đưa các dữ liệu vào mô hình *Identification*.

Bước 3: Vẽ và xử lý các dữ liệu đầu vào đầu ra

Trong bước này, ta sẽ đánh giá, kiểm tra lại các dữ liệu và xử lý nó phục vụ cho quá trình nhận dạng hệ thống. Để kiểm tra lại và xử lý các dữ liệu, ta có thể vẽ lại các dữ liệu đầu vào cho quá trình nhận dạng

Trong cửa sổ *System Identification Tool* ta chọn chọn *Time plot* ở mục *Data views* để vẽ lại các tín hiệu đầu vào (*input*) và đầu ra (*output*). Nếu chưa lựa chọn dữ liệu thì các cửa sổ xuất hiện sẽ trống, hãy nhấn vào biểu tượng *data* trong hộp công cụ *System Identification Tool*.

Khi đó xuất hiện 2 biểu đồ, hình trên thể hiện tín hiệu đầu ra, đáp ứng của tần số theo thời gian, còn hình bên dưới là dữ liệu đầu vào. Cả 2 tín hiệu đều tương ứng với cùng 1 trục thời gian trên trục hoành.



Hình 3. 4 Quan sát tín hiệu cần nhận dạng

Bước 4: Ước lượng trên mô hình không gian trạng thái:

Có nhiều mô hình để nhận dạng hệ thống. Nhưng từ việc quan sát tín hiệu đầu ra, ta có thể nhận dạng các tín hiệu trên mô hình không gian trạng thái- *State-Space Models*.

Trong mô hình *State-Space Models*. Cấu trúc chung của mô hình này có dạng như mình mong muốn.

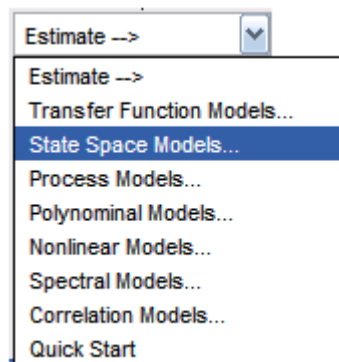
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t) + Ke(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) + e(t) \end{cases} \quad (3.6)$$

$y(t)$ đặc trưng cho tín hiệu đầu ra ở thời gian t , $u(t)$ Là đại diện cho đầu vào t , $x(t)$ vecto trạng thái của hệ thống, và $e(t)$ là những nhiễu loạn không mong muốn.

Chương trình nhận dạng sẽ ước lượng và cho ra ma trận trên không gian trạng thái của hệ A , B , C , D , và K từ các dữ liệu đã có. Thông thường D được cố định bằng 0, nghĩa là chúng ta không xác định được các phản hồi từ hệ thống.

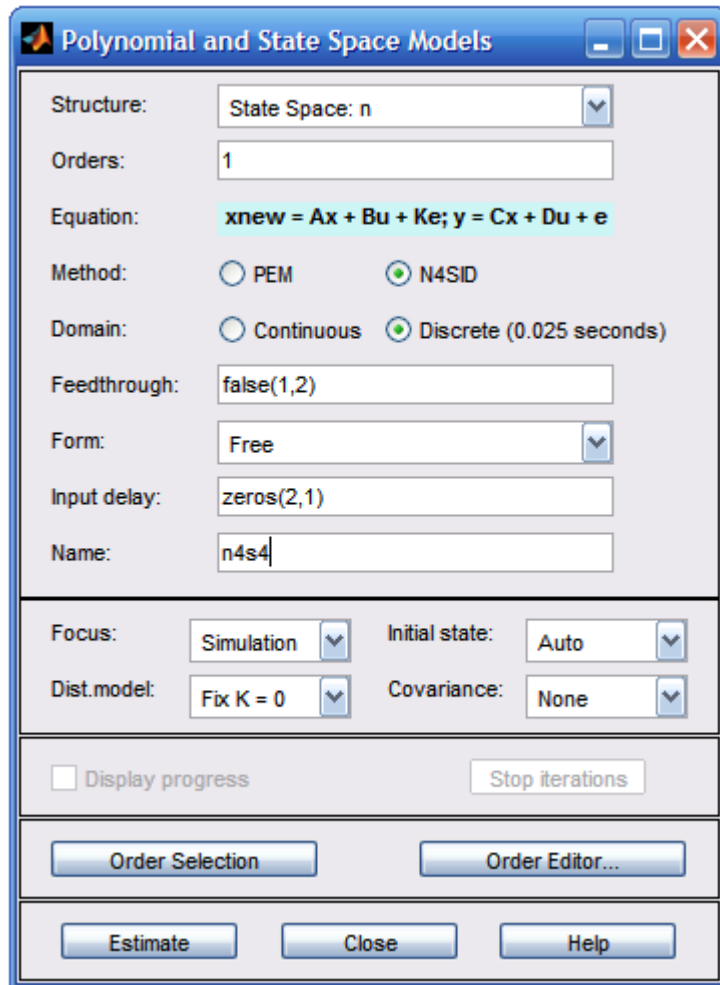
Các bước để tiến hành ước lượng trên mô hình không gian trạng thái.

Trong cửa sổ *Estimate > State Space Models* ta mở hộp thoại *State Space Models*



Hình 3. 5 Mở hộp thoại *State Space Models*

Trong mục *Specify value* vừa xuất hiện ở cửa sổ mới, ta xác định số bậc cho nhận dạng. Gõ 1 để thiết lập bậc cho mô hình nhận dạng. Ở đây ta dùng bậc 1, tức là các ma trận A , B , C , D , K là các số thực.



Hình 3. 6 Thiết lập thông số mô hình nhận dạng

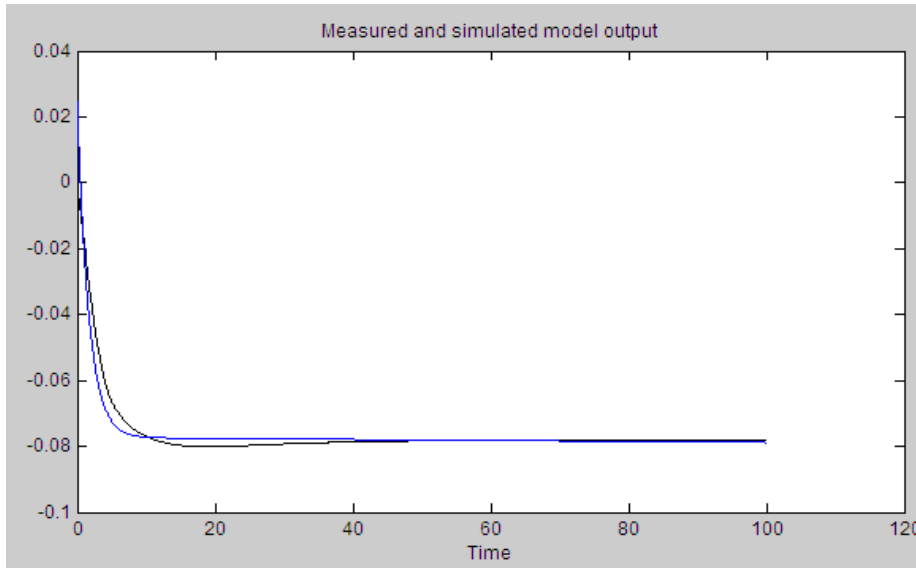
Phần *Focus* chọn *Simulation* để tối ưu hóa mô hình sử dụng mô phỏng đầu ra.

Hộp thoại *State Space Models* được thiết lập tương tự như hình vẽ

Nhấn *Estimate* để bắt đầu nhận dạng mô hình. Chúng ta có thể quan sát đầu ra của tín hiệu nhận dạng với tín hiệu đầu vào trên cùng 1 đồ thị.

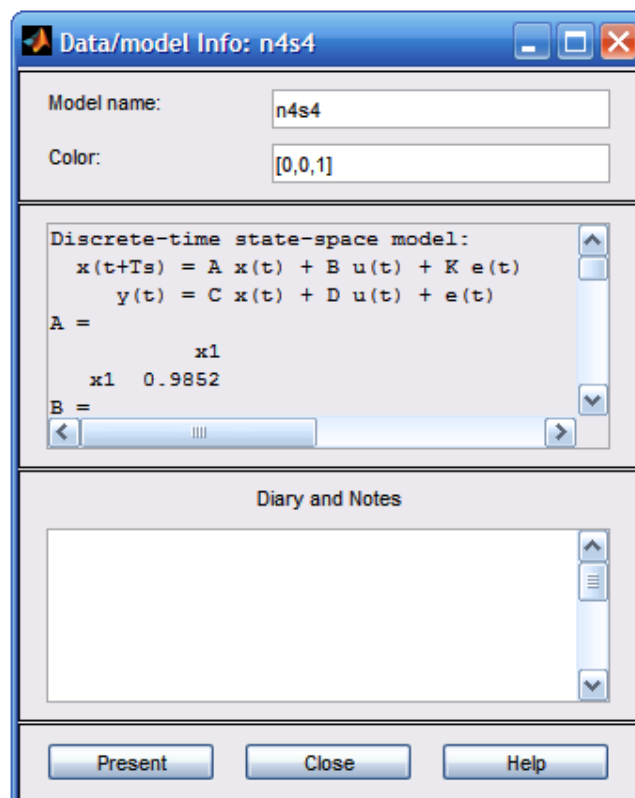
Khi đó kết quả nhận dạng sẽ được thể hiện trên hình vẽ 3.8, đồng thời với 2 đường dữ liệu ban đầu và kết quả nhận dạng

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP



Hình 3. 7 So sánh kết quả giữa dữ liệu ban đầu và dữ liệu nhận dạng

Cuối cùng, để lấy thông số của việc nhận dạng, ta đưa con trỏ qua mô hình nhận dạng, sẽ xuất hiện cửa sổ kết quả hình 3.9:



Hình 3. 8 Kết quả bộ số nhận dạng

3.4. Xác định các ma trận trạng thái bằng phương pháp bình phương cực tiểu

Ngoài cách tổng quát sử dụng bộ công cụ có sẵn của MATLAB với lệnh $n4sid$, khi số bậc của mô hình sai phân cần xấp xỉ theo chỉ là 1 ta hoàn toàn có thể tiến hành theo cách khác, sử dụng phương pháp bình phương cực tiểu.

Đầu tiên, xuất phát từ mô hình cần được xấp xỉ (3.4)

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Ke_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + e_k \end{cases} \quad (3.4)$$

Với bậc của hệ thống là 1, nên các ma trận A,B,K,C,D đều là các số thực. Bỏ qua nhiễu e_k và hệ số D được cố định bằng 0, nên ta có thể thu gọn mô hình lại dưới dạng

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k \\ y_k = Cx_k \end{cases} \quad (3.7)$$

Từ đó, rút y_k theo biến trạng thái u_k ta có:

$$y_{k+1} = Ay_k + B.C.u_k \quad (3.8)$$

Sẽ tiếp tục tương đương với $y_{k+1} = \frac{A}{C}y_k + Bu_k$

Nếu ta cố định $C = 1$ (bản chất của nó sẽ là cố định 1 hằng số, các hằng số còn lại sẽ thay đổi theo) Vì vậy ta sẽ có:

$$y_{k+1} = Ay_k + Bu_k \quad (3.9)$$

Với cặp dữ liệu về y_k và u_k đã có được từ chương trình PSS/E ta có thể tìm được cặp số A,B bằng cách.

Gọi vecto chứa 2 hằng số cần tìm là $X = \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}$ phương trình trên sẽ trở thành:

$$\begin{bmatrix} y_1 & u_1 \\ y_2 & u_2 \\ y_3 & u_3 \\ \vdots & \vdots \\ y_{N-1} & u_{N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

Và ta gọi $\hat{A} = \begin{bmatrix} y_1 & u_1 \\ y_2 & u_2 \\ y_3 & u_3 \\ \vdots & \vdots \\ y_{N-1} & u_{N-1} \end{bmatrix}$ và $\hat{B} = \begin{bmatrix} y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix}$

Vậy ta có $\hat{A}X = \hat{B}$ từ đó có thể tìm được $X = \hat{B} \setminus \hat{A}$

3.5. Kết quả nhận dạng và xử lý kết quả thu được

Từ mục 3.3 và 3.4 ta thu được một mô hình rời rạc hóa các đáp ứng trong miền thời gian với thời gian lấy mẫu $T_s = 0.025s$ bằng với PSS/E . Tuy nhiên, với T_s quá nhỏ, đòi hỏi số bước tính phải rất lớn mới đủ thời gian đáp ứng của tần số trở về trạng thái ổn định (20÷30s). Khi số bước tính quá lớn dẫn đến mô hình tính toán tối ưu gặp nhiều khó khăn về số lượng biến, bộ nhớ giải quyết, thời gian tìm tối ưu... Vì vậy ta cần lấy mẫu lại với $T_s = 0.1s$.

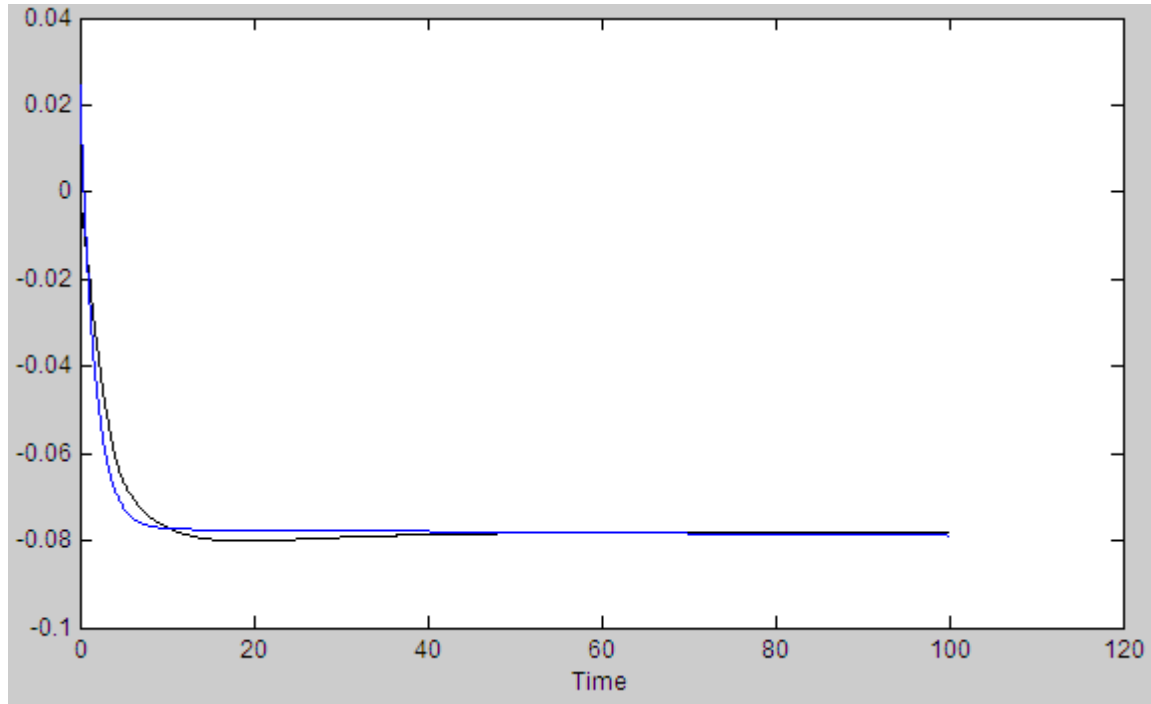
Dòng lệnh cần dùng là :

```
>>sys=ss(A,B,C,D,0.025); % Dưa ma trận A,B,C,D vào không gian trạng thái
>>sys1=d2c(sys); % Tuyến tính hóa
>>sys2=c2d(sys1,0.1); %Rời rạc hóa với thời gian mẫu 0.1s
```

Ta nhận thấy, mô hình đáp ứng của hệ thống đã được xấp xỉ hoàn toàn mới bằng phương trình sai phân có dạng hệ :

$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Ke_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + e_k \end{cases} \quad (3.4)$$

Với $D=0, K=0$



Hình 3. 9 Kết quả nhận dạng

Bởi vì tín hiệu thực tế không đơn thuần là hàm bậc nhất, vì vậy việc nhận dạng này vẫn gặp phải sai số nhất định. Tuy nhiên, với mục tiêu tìm mô hình toán học biểu diễn đáp ứng tần số của hệ thống theo thời gian phục vụ cho việc chỉnh định rơ le sa thải phụ tải thì kết quả trên có thể chấp nhận được. Chương tiếp theo sẽ trình bày phương pháp, mô hình bài toán tối ưu, đưa kết quả nhận dạng vào mô hình bài toán cụ thể.

CHƯƠNG 4

MÔ HÌNH BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA

4.1. Mô hình bài toán tối ưu hóa nói chung

Việc mô hình hóa toán học cho một vấn đề thực tế có thể chia làm 4 bước:

Bước 1. Xây dựng mô hình định tính cho vấn đề đặt ra, tức là xác định các yếu tố có ý nghĩa quan trọng nhất và xác lập các qui luật mà chúng phải tuân theo. Thông thường bước này nằm ngoài phạm vi của toán học.

Bước 2. Xây dựng mô hình toán học cho vấn đề đang xét, tức là diễn tả lại dưới dạng ngôn ngữ toán học cho mô hình định tính. Như vậy, mô hình toán học là trừu tượng hóa dưới dạng ngôn ngữ toán học của hiện tượng thực tế, cần phải được xây dựng sao cho việc phân tích nó cho người đọc hiểu được bản chất của hiện tượng. Mô hình toán học thiết lập các mối liên hệ giữa các biến số và các tham số điều khiển hiện tượng. Trong bước này một việc rất quan trọng là cần phải xác định hàm mục tiêu, tức là một đặc trưng bằng số mà giá trị càng lớn (càng nhỏ) của nó với tình huống càng tốt hơn đối với người cần nhận quyết định.

Như vậy, sau hai bước đầu ta đã phát biểu được bài toán cần giải.

Bước 3. Sử dụng các công cụ toán học để khảo sát và giải quyết bài toán hình thành trong bước 2. Các thuật toán tối ưu hóa là một trong những công cụ đặc lực và hiệu quả các bài toán đặt ra. Cần nhấn mạnh rằng, thông thường các bài toán thực tế có kích thước rất lớn, vì thế, để giải chúng cần phải sử dụng đến máy tính điện tử. Điều đó có nghĩa là bước 3 bao gồm cả việc xây dựng các hệ thống chương trình tính toán theo các thuật toán được chọn đảm bảo giải bài toán đặt ra trong bước 2

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Bước 4. Kiểm chứng lại các kết quả tính toán thu được trong bước 3. Trong bước này cần phải xác lập mức độ phù hợp với mô hình lí thuyết với vấn đề thực tế mà nó mô tả. Để thực hiện bước này, có thể làm thực nghiệm hoặc áp dụng phương pháp phân tích chuyên gia.

Ở đây có 2 khả năng :

Khả năng 1. Các kết quả tính phù hợp với thực tế. Khi đó có thể áp dụng nó vào việc giải quyết vấn đề thực tế đặt ra. Trong trường hợp mô hình cần được sử dụng nhiều lần, sẽ xuất hiện vấn đề xây dựng phần mềm đảm bảo giao diện thuận tiện giữa người sử dụng và máy tính, không đòi hỏi người sử dụng phải có trình độ chuyên môn cao về toán.

Khả năng 2. Các kết quả tính toán không phù hợp với thực tế. Trong trường hợp này cần phải xem xét các nguyên nhân của nó. Nguyên nhân đầu tiên có thể do các kết quả tính toán trong bước 3 là chưa có đủ độ chính xác cần thiết. khi đó cần phải xem lại các thực tế cũng như các chương trình tính toán trong bước này. Một nguyên nhân khác rất có thể là do mô hình xây dựng chưa phản ánh được đầy đủ hiện tượng thực tế. Nếu vậy, cần phải rà soát lại bước 1, trong việc xây dựng mô hình định tính có yếu tố hoặc quy luật nào bỏ sót không ?. Cuối cùng, cần phải xem xét hoặc xây dựng lại mô hình toán học ở bước 2. Như vậy, trong trường hợp kết quả tính toán không phù hợp với thực tế chung ta cần phải quay lại kiểm tra tất cả các bước thực hiện trước đó, và rất có thể 4 bước vừa mô tả sẽ phải lặp đi lặp lại nhiều lần cho đến khi thu được kết quả tính toán phù hợp với thực tế để có thể áp dụng vào việc giải quyết vấn đề thực tế đặt ra.

4.1.1. Mô tả chung của bài toán quy hoạch tuyến tính với các biến nguyên

Một bài toán tối ưu với các biến là hỗn hợp giữa số nguyên, số thực, số nhị phân là một vấn đề được mô tả như sau :

$$\text{Min}_x f^T x \text{ sao cho } \begin{cases} x \text{ là các biến} \\ A \cdot x \leq b \\ Aeq \cdot x = beq \\ lb \leq x \leq ub \end{cases}$$

Hàm mục tiêu tuyến tính, $f^T x$, trong đó f là một vector cột chứa các hằng số, và x là vector cột chứa các ẩn. Các biến của mô hình có thể hỗn hợp là số nguyên (Binary) và số thực.

Về thuật ngữ toán học cho các vector f , lb , và ub , ma trận A và Aeq , vector tương ứng b và beq , và một tập hợp các chỉ số INTCO chỉ ra vị trí các biến nguyên (nhị phân), theo các quan hệ toán học như trên, việc tìm tối ưu là quá trình tìm một vector x thỏa mãn đầy đủ các ràng buộc cũng như thỏa mãn hàm f đạt đến giá trị nhỏ nhất hoặc lớn nhất.

4.1.2. Mô hình MILP cho bài toán tối ưu hóa chỉnh định rơ le tần số

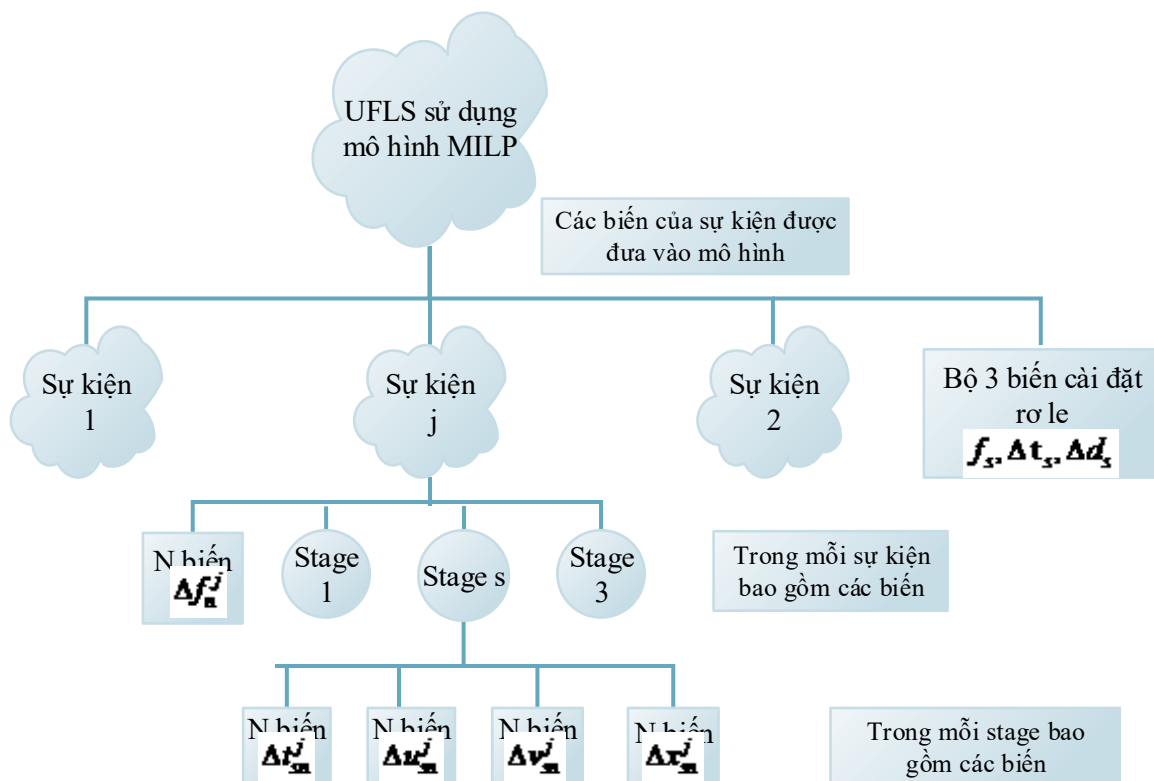
Trong một hệ thống tồn tại rất nhiều máy phát điện, giả sử với 1 hệ thống bao gồm ng các máy phát điện, một hệ thống như vậy có $2^{ng} - 1$ máy phát có thể bắt ngờ mất điện, sự kiện j được xác định bởi sự mất mát của Δg^j - tổng lượng công suất máy phát trong sự kiện. Vì thế khi ng là số rất lớn thì các kịch bản xảy ra mất công suất máy phát cũng rất lớn. Việc cài đặt rơ le tần số thông thường dựa trên sự kiện nhiều khả năng xảy ra nhất. Tuy nhiên cách tiếp cận như vậy có thể dẫn đến một chiến lược bảo thủ, thiếu linh hoạt đôi khi sẽ sa thải phụ tải nhiều hơn cần thiết khi kịch bản nhẹ hơn thực tế. Mặt khác, nếu rơ le được cài đặt dựa trên một dự phòng trung bình, các rơ le sẽ không thể bảo vệ hệ thống, làm sự cố có thể nghiêm trọng hơn khi nó cắt lượng tải quá ít.

Do đó, trong luận văn này, căn cứ để cài đặt rơ le dựa trên một C tập hợp chứa các sự kiện thích hợp, đều có khả năng được xảy ra. Vấn đề cài đặt rơ le dưới tần số sau đó có thể được xây dựng như một chương trình (MILP) là chương trình tối ưu tuyến tính nguyên hỗn hợp với một hàm mục tiêu thích hợp, để đáp ứng tần số hệ thống theo thời gian trong mỗi sự kiện mất công suất máy phát các rơ le tần số sẽ phản ứng sa thải phụ tải một cách hợp lý.

4.2. Hàm mục tiêu và các ràng buộc trong bài toán.

Với những sự kiện gây mất cân bằng công suất sẽ làm cho hệ thống bị thay đổi tần số. Khi tần số không còn khả năng tự phục hồi thì việc sa thải phụ tải làm giảm công suất tiêu thụ của tải, thiết lập lại quá trình cân bằng công suất hay nói cách khác là làm tần số hệ thống trở về trạng thái ổn định. Việc giảm thiểu lượng công suất của tải bị sa thải trong một sự kiện bất kỳ được giải quyết như một vấn đề tối ưu hóa .

Phương pháp truyền thống để sa thải phụ tải là tĩnh, trong đó họ thực hiện một chức năng cụ thể, role sẽ được cài sẵn tại một điểm đặt tần số cụ thể, và thời gian delay và lượng tải sa thải được cũng là hoàn toàn cố định. Trong khi đó hệ thống điện hiện đại đòi hỏi phương pháp UFLS cũng cần phải linh hoạt và hợp lý trong mọi tình huống. Ngày nay, các bộ rơ le hiện đại được trang bị những bộ vi xử lý tích hợp với hệ thống truyền thông SCADA để tạo ra các chương trình sa thải linh hoạt và hiệu quả hơn. Mô hình các biến bài toán thể hiện ở hình 4.1.



Hình 4. 1 Tổng quát biến trong mô hình MILP

Mỗi rơ le tần số luôn cần bộ 3 biến cài đặt cho mỗi stage bao gồm f_s , Δt_s và Δd_s . Vì vậy bài toán đặt ra là tìm các giá trị cài đặt này sao cho thỏa mãn hàm mục tiêu đặt ra.

Phần nội dung sau đây sẽ trình bày vấn đề sử dụng một mô hình MILP để tìm được các thông số cài đặt cho 1 rơ le tần số.

4.2.1. Mô hình rơ le thời gian

Xem xét một chương trình UFLS, với lượng tải cần phải sa thải ở bước thứ n trong $s.n$ giai đoạn với mỗi 1 kịch bản xảy ra. Ở mỗi gian đoạn s bất kỳ, chương trình sẽ tìm một lượng tải Δd_s tối ưu tương ứng. UFR sẽ ngắt kết nối khối tải này ra khỏi hệ thống khi quỹ đạo của đáp ứng theo thời gian của tần số Δf_n^i khiến cho tần số nằm dưới giá trị của f_s , và sự vượt qua giới hạn f_s kéo dài trong một khoảng thời gian lớn hơn thời gian cài đặt Δt_s . Với mỗi một điểm đặt tần số f_s , một bộ đếm thời gian của hệ thống sẽ được kích hoạt và bắt đầu đếm, với bước đếm là Δt . Điều này sẽ được hỗ trợ bởi một biến nhị phân v_{sn}^j . Khi ở bước mô phỏng thứ n , biến nhị phân này sẽ nhận giá trị là 0 khi $f_o + \Delta f_n$ lớn hơn giá trị của điểm đặt tần số f_s và nhận giá trị 1 khi $f_o + \Delta f_n < f_s$. Đây là biến nhị phân có thể xác định chính xác bởi bất đẳng thức tuyến tính sau:

$$\frac{f_s - (f_o + \Delta f_n^j)}{L} \leq v_{sn}^j \leq 1 + \frac{f_s - (f_o + \Delta f_n^j)}{L} \quad \forall j, s, n. \quad (4.1)$$

Trong công thức (8) trên, L là 1 số dương đủ độ lớn so với tử số, ví dụ: 50Hz để

$$\lim_{f_o + \Delta f_n^j \rightarrow f_s} \frac{f_s - (f_o + \Delta f_n^j)}{L} = 0$$

Với việc sử dụng thêm biến nhị phân v_{sn}^j để diễn tả trạng thái mà quỹ đạo tần số có vi phạm điểm đặt f_s hay không, khi đó thời gian ở bước thứ n mà bộ đếm thời gian của rơ le đo được Δt_{sn}^j được đưa ra một cách rõ ràng bởi mối quan hệ tuyến tính sau:

$$\Delta t_{sn}^j = \Delta t_{s,n-1}^j + v_{sn}^j \cdot \Delta t \quad \forall j, s, n. \quad (4.2)$$

Khi tần số của hệ thống phục hồi, ví dụ như sau khi vừa sa thải phụ tải thì bộ đếm thời gian tương ứng phải được thiết lập lại về trị số không. Sẵn sàng cho quỹ đạo thay đổi tần số Δf_n^j mới. Điều này đạt được bằng cách thêm bất đẳng thức sau đây, với N lớn hơn hoặc bằng số lượng các bước thời gian mô phỏng:

$$\Delta t_{sn}^j \leq N * v_{sn}^j \quad \forall j, s, n. \quad (4.3)$$

4.2.2. Logic hoạt động của rơ le

Như phân trước đã trình bày, logic của rơ le sẽ cắt kết nối với 1 lượng tải Δd_s khi bộ đếm thời gian thỏa mãn Δt_{sn}^j vượt qua giá trị Δt_s . Trong trường hợp này, bộ 3 biến quan trọng nhất của bài toán f_s , Δt_s , Δd_s không đủ để quyết định có cắt tải hay không của rơ le. Vì vậy ta sẽ sử dụng thêm 1 biến trung gian u_{ns}^j , đây là một biến nhị phân. Sự logic của biến này thể hiện ở chỗ nó sẽ gửi lệnh trip đi tới các máy cắt khi nhận giá trị 1, và giữ nguyên trạng thái nếu nó nhận giá trị là 0. Giá trị của biến u_{ns}^j phụ thuộc vào giá trị của Δt_{sn}^j và Δt_s , nếu Δt_{sn}^j vượt qua giá trị Δt_s thì $u_{ns}^j = 1$, ngược lại $\Delta t_{sn}^j < \Delta t_s$ thì $u_{ns}^j = 0$. Với cách tương tự cho biến v_{sn}^j biểu thức để xác định biến nhị phân u_{ns}^j được cho như sau:

$$\frac{\Delta t_{sn}^j - \Delta t_s}{L} \leq u_{ns}^j \leq 1 + \frac{\Delta t_{sn}^j - \Delta t_s}{L} \quad \forall j, s, n. \quad (4.4)$$

Trong biểu thức trên L là 1 số dương đủ lớn, có thể là thời gian đảm bảo 1 sự thay đổi tần số thoáng qua (L=30s).

Theo cách thông thường cài đặt rơ le tần số, thời gian Δt_s mà tần số được phép ở lại dưới một điểm cài đặt rơ le tần số thường được cố định khoảng 0,2 s. Tuy nhiên, trong việc xây dựng mô hình MILP này, Δt_s có thể là một biến bậc nhất nhằm tăng mức độ linh hoạt của các rơ le. Trong trường hợp này Δt_s phải được giới hạn nằm trong một phạm vi nhất định.

$$\Delta t_{min} \leq \Delta t_s \leq \Delta t_{max} \quad \forall s. \quad (4.5)$$

Một yếu tố quan trọng khác là khi một số tải Δd_s được sa thải trong giai đoạn s , nó không thể được phục hồi ngay lập tức sau một thời gian trong cùng quỹ đạo tần số, vì thế, để chặt chẽ hơn tồn tại ràng buộc như sau:

$$u_{sn}^j \geq u_{s,n-1}^j \quad \forall j, s, n. \quad (4.6)$$

Thêm vào đó, để tránh giai đoạn s khác nhau sa thải tải cùng một lúc, nhiều nhất là một lượng phụ tải Δd_s bị sa thải xảy ra bất cứ thời điểm n trên tất cả các stage s có thể, vì vậy để thỏa mãn thuật ngữ toán học yêu cầu thêm:

$$\sum_s u_{sn}^j - \sum_s u_{s,n-1}^j \leq 1 \quad \forall j, n. \quad (4.7)$$

Cuối cùng, nếu ta ưu tiên sa thải những stage có chỉ số s cao hơn (ví dụ $s+1$ là 1 bệnh viên, s là phụ tải bình thường, sẽ ưu tiên sa thải stage s trước) thì điều kiện sau sẽ được thực hiện:

$$u_{sn}^j \geq u_{s+1,n}^j \quad \forall j, s, n. \quad (4.8)$$

4.2.3. Đáp ứng tần số của hệ thống theo thời gian, xét cả đến lượng tải sa thải

Từ biểu thức
$$\begin{cases} x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Ke_k \\ y_k = Cx_k + Du_k + e_k \end{cases} \quad \text{Với } D = 0, K = 0$$

Nên rõ ràng ta có thể thu gọn lại thành biểu thức:

$$y_{k+1} = Ay_k + B.C.u_k$$

Đã chỉ ra quỹ đạo đáp ứng của tần số theo thời gian ứng với đầu vào của sự mất cân bằng công suất u_k luôn luôn tuân theo công thức bậc nhất

$$y_{k+1} = Ay_k + B.C.u_k \quad (4.9)$$

Trong đó u_k là thông số trạng thái đầu vào của bước thứ k luôn luôn được tính theo các thành phần: $u_k = \Delta g - D.\Delta f_n - \sum_s u_{sk}.\Delta d_s$

Thay biến k bằng biến n để đồng bộ với bài toán ta có

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

$$u_k = u_n = \Delta g^j - D \cdot \Delta f_n^j - \sum_s u_{sn}^j \cdot \Delta d_s \quad (4.10)$$

Lưu ý rằng $u_n \neq u_{ns}$

Và trong sự kiện thứ j ta có

$$\begin{cases} \Delta g^j & - \text{Lượng công suất phát bị mất khi mô phỏng} \\ D \cdot \Delta f_n^j & - \text{Đáp ứng của phụ tải theo tần số} \\ \sum_s u_{sn}^j \cdot \Delta d_s & - \text{Tổng lượng tải sa thải đi ở bước thứ k} \end{cases}$$

Lượng $D \cdot \Delta f_n^j$ do ta chưa có đủ dữ kiện, về phản ứng của phụ tải theo tần số (đặc trưng bởi hệ số) nên để đơn giản hóa ta bỏ qua thành phần này. Mặt khác, ta thấy trong biểu thức trên chứa $\sum_s u_{sn}^j \cdot \Delta d_s$ là tích của biến nhị phân u_{sn}^j với biến chỉ lượng tải sa thải của stage s là Δd_s , cả 2 biến này đều chưa biết, nó sẽ dẫn đến tính phi tuyến của phương trình. Tuy nhiên điều này mô hình MILP có thể giải quyết bằng cách đưa thêm 1 biến phụ, thay thế tích $u_{sn}^j \cdot \Delta d_s$ bằng biến x_{sn}^j và áp đặt ràng buộc sau cho biến x_{sn}^j

$$0 \leq x_{sn}^j \leq u_{sn}^j \quad (4.11)$$

$$0 \leq \Delta d_s - x_{sn}^j \leq (1 - u_{sn}^j) \quad (4.12)$$

Để dàng nhận ra từ 2 công thức trên, khi $u_{sn}^j = 1$ thì $x_{sn}^j = \Delta d_s$, trong khi đó $u_{sn}^j = 0$ thì $x_{sn}^j = 0$.

Vậy đáp ứng của tần số hệ thống sẽ được thể hiện ở phương trình sau:

$$\Delta f_{n+1}^j = A \Delta f_n^j + B \cdot C \left(\Delta g^j - \sum_s u_{sn}^j \cdot \Delta d_s \right)$$

Khi đó sẽ trở thành

$$\Delta f_{n+1}^j = A \Delta f_n^j + B \cdot C (\Delta g^j - \sum_s x_{sn}^j) \quad (4.13)$$

4.2.4. Ràng buộc về khối lượng sa thải phụ tải Δd_s

Khối lượng tải mà bị sa thải ở mỗi một stage là Δd_s , luôn được coi là 1 biên âm(mang dấu trừ) có giá trị từ 0 đến tổng lượng tải dự phòng mà hệ thống có. Tuy nhiên, 1 số chương trình sa thải phụ tải sẽ chỉ sa thải những khối tải đã định trước

$$\Delta d_s = \Delta d_s^{spec} \quad \forall s. \quad (4.14)$$

Khi đó biểu thức (4.13) sẽ trở thành

$$\Delta f_{n+1}^j = A\Delta f_n^j + B.C \left(\Delta g^j - \sum_s u_{sn}^j \cdot \Delta d_s^{spec} \right)$$

Mặt khác, nếu khối tải bị sa thải Δd_s là các biên liên tục, thì điều kiện về khối lượng tải trên tất cả các stage sa thải phải không âm và nhận giá trị nhỏ hơn tổng lượng tải của toàn hệ thống.

$$\sum_s \Delta d_s \leq d \quad (4.15)$$

4.2.5. Một số ràng buộc khác

Một chiến lược sa thải phụ tải được coi là thành công nếu như kết thúc quá trình mô phỏng, tần số của hệ thống trở về một trạng thái ổn định, tức là độ lệch tần số so với tần số danh định thường là cộng hoặc trừ 0,5Hz tức là:

$$0.5 \geq \Delta f_n^j \geq -0.5 \quad (4.16)$$

N là bước thời gian trong mô phỏng, x_{SN}^j là tổng lượng tải sa thải trong thời gian mô phỏng đến bước thứ N . Thông thường, ở cuối quá trình mô phỏng, tần số thường không ổn định mà vẫn có dao động ít nhiều. Mặc dù điều kiện trên tương đối chính xác trong trường hợp đáp ứng tần số thể hiện bằng sai phân bậc nhất. Tuy nhiên trong các đáp ứng mang tính phức tạp hơn, bậc đáp ứng cao hơn thì các điều kiện áp đặt (4.16) không loại trừ được khả năng của một tần số dao động được gần với trạng thái ổn định vào cuối mô phỏng. Để tránh điều này, ta áp đặt rằng tần số trung bình trong thời

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

gian bước ns cuối cùng (thông thường là 5 hay 10 bước cuối) tần số sẽ tiến đến trạng thái ổn định trong vòng số ε nhỏ (thường là 0.15Hz):

$$\varepsilon \geq \Delta f_n^j - \frac{1}{np} \sum_{N-np}^N \Delta f_n^j \geq -\varepsilon \quad (4.16)$$

Một điều quan trọng khác, giá trị cài đặt của rơ le tần số f_s phải lớn hơn ngưỡng thấp nhất, và cao hơn ngưỡng cao nhất mà tần số các máy phát trong toàn hệ thống có thể chịu được. Giá trị này được quy định trong từng máy phát của nhà sản xuất. Hạn chế này được thể hiện ở

$$\min_l \{f_l\} \leq f_s \leq f_{max}$$

Ngoài ra , để tránh hiện tượng các điểm đặt f_s của các stage liên tiếp nhau có cùng giá trị, ta có thể ép thêm điều kiện

$$f_s - f_{s+1} \geq \Delta f_{min}$$

Trong đó Δf_{min} thường được lấy bằng 0,2Hz

4.2.6. Các biến tính toán cho mô hình MILP

Tổng kết các biến của bài toán MILP xác định tối ưu chỉnh định sa thải phụ tải như sau:

- Biến xác định đáp ứng tần số của hệ thống: $\Delta f_1^j, \Delta f_2^j, \dots, \Delta f_n^j, \dots, \Delta f_1^j$

Trong đó j là chỉ số của sự kiện. Với mỗi 1 ngưỡng thứ s sẽ có $4N+3$ biến bao gồm:

- Thời gian của bộ đếm thời gian $\Delta t_{s,1}^j, \Delta t_{s,2}^j, \dots, \Delta t_{s,n}^j, \dots, \Delta t_{s,N}^j$
- Biến nhị phân phản ánh trạng thái của tần số so với ngưỡng đặt f_s :
 $v_{s,1}^j, v_{s,2}^j, \dots, v_{s,n}^j, \dots, v_{s,N}^j$
- Biến nhị phân phản ánh trạng thái của $\Delta t_{s,n}$ so với Δt_s : $u_{s,1}^j, u_{s,2}^j, \dots, u_{s,n}^j, \dots, u_{s,N}^j$
- Biến phản ánh lượng tải bị cắt tại bước tính thứ n : $x_{s,1}^j, x_{s,2}^j, \dots, x_{s,n}^j, \dots, x_{s,N}^j$

Và có bộ 3 biến xác định các thông số thiết lập cài đặt cho rơ le bao gồm:

- Điểm đặt tần số $f_s: s = 1, \dots, ns$
- Thời gian trễ trước khi rơ le sa thải phụ tải $\Delta t_s, s = 1, \dots, ns$
- Khối lượng tải sa thải trong mỗi gia đoạn $\Delta d_s, s = 1, \dots, ns$

4.2.7. Hàm mục tiêu của bài toán MILP

Rơ le bảo vệ của hệ thống sẽ đưa vào bộ nhớ tất cả những kịch bản có thể xảy ra đối với hệ thống. Tuy nhiên không phải tất cả các kịch bản đều có thể xảy ra với xác suất như nhau, vì vậy mục tiêu đặt ra của bài toán là với mỗi một kịch bản, thì hệ thống UFLS sẽ giảm thiểu lượng tải cần sa thải của hệ thống xuống mức thấp nhất có thể mà tần số vẫn có thể phục hồi về giá trị quy định, được phép giữ ổn định mà không làm hư hại đến toàn hệ thống điện. Mặt khác không phải sự kiện nào ta cũng đưa vào mô hình MILP. Vì vậy trọng số p^j là số xác định mức độ quan trọng của sự kiện với mô hình bài toán.

$$\text{Min} \sum_j p^j \sum_s x_{s,N}$$

(4.18)

Khi đó, những vấn đề gặp phải của rơ le sẽ được giải quyết với việc xây dựng một mô hình tính toán như MILP với những ràng buộc sau:

- (4.1)-(4.2) là ràng buộc của mô hình bộ đếm thời gian rơ le.
- (4.3)-(4.8) logic hoạt động của các rơ le.
- (4.13) là đáp ứng tần số theo thời gian của hệ thống.
- (4.15) cho tải đổ biển;
- (4.16) để buộc các tần số để trở về giá trị an toàn;
- (4.17)-(4.18) để có được điểm đặt tần số phù hợp.

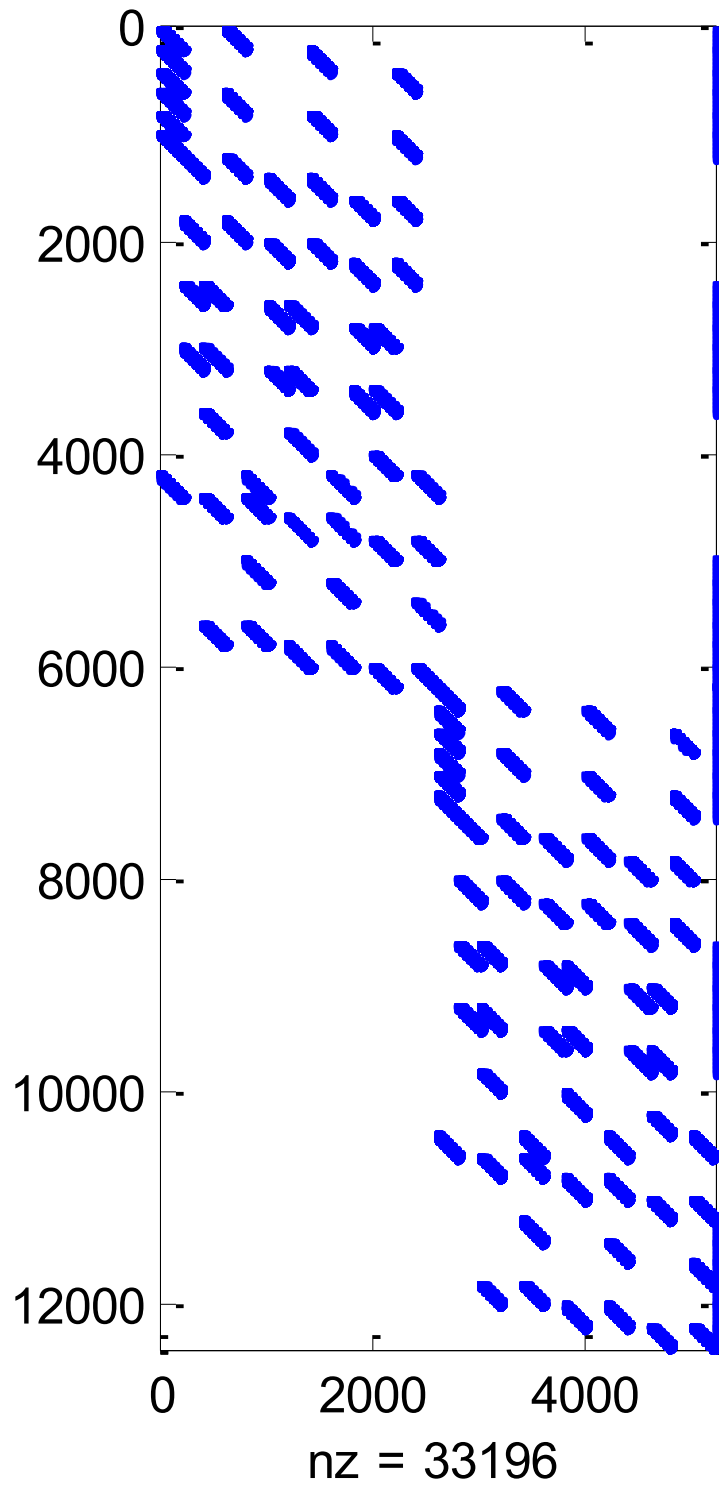
Các công thức xây dựng ở các mục trên chỉ ra rằng, vấn đề xây dựng một mô hình UFLS sẽ có 1 số lượng rất lớn các biến, với những ràng buộc rất phức tạp. **Giả sử**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

với j sự kiện, s ngưỡng, mô phỏng trong N bước tính, ta có mô hình tối ưu với $j \times (N+4 \times N \times s) + 3$ biến. Những ràng buộc trên là rất dài, kích thước bài toán là rất lớn. Điều này gây khó khăn trong việc tìm kiếm được một giải pháp khả thi nếu sử dụng những thuật toán tối ưu đơn thuần, hay phương pháp thử nghiệm, sửa lỗi theo phương pháp truyền thống.

Tuy nhiên với cách mô tả bài toán dưới dạng bài toán quy hoạch tuyến tính với các biến nguyên thực hỗn hợp, ta có thể giải bài toán chỉnh định tối ưu rời rạc sa thải phụ tải bằng các công cụ quy hoạch tuyến tính rất mạnh hiện nay như CPLEX.

Từ mô hình bài toán này, chúng ta lập trình, xác định các điều kiện để tiến hành mô hình bài toán tối ưu bằng phần mềm MATLAB. Công việc này bao gồm lập các ma trận A, B là các ma trận ràng buộc, Ma trận chứa dấu các ràng buộc, ma trận chứa các cận cho các biến, ma trận hàm mục tiêu, ma trận chứa biến nhị phân. Ma trận A của bài toán tối ưu là một ma trận thưa có kích thước lớn, như hình 4.2



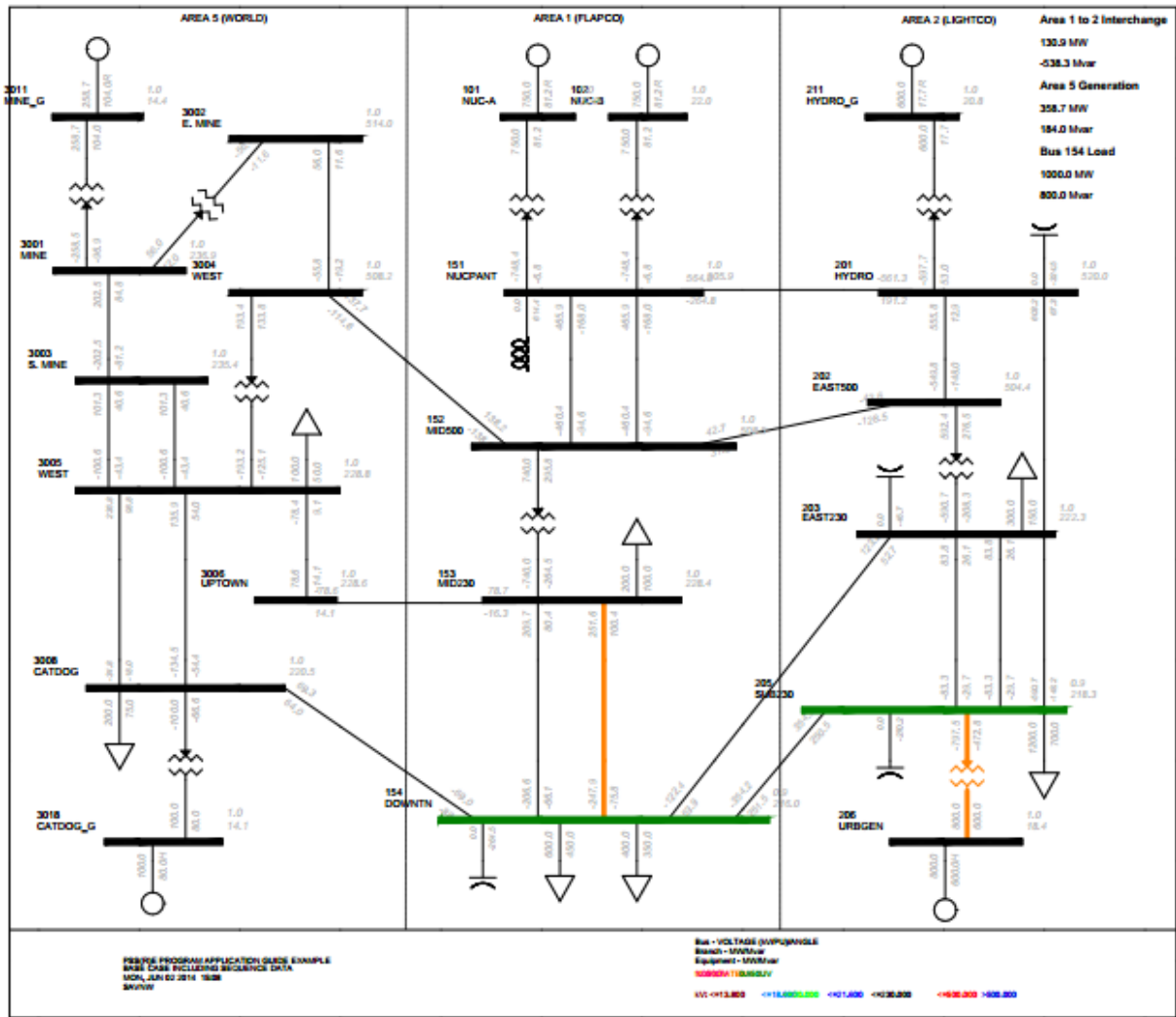
Hình 4. 2 Cấu trúc ma trận ràng buộc A

CHƯƠNG 5

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN ĐỐI VỚI LƯỚI SAVNW

5.1. Giới thiệu mô hình lưới

Lưới SAVNW là mô hình lưới điện được lấy làm mẫu cho phần mềm PSS/E phiên bản 33. Đây là lưới có đầy đủ những phần tử cơ bản như của lưới điện trong thực tế. Sơ đồ cấu trúc của lưới như sau:



Hình 5. 1 Sơ đồ lưới SAVNW

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

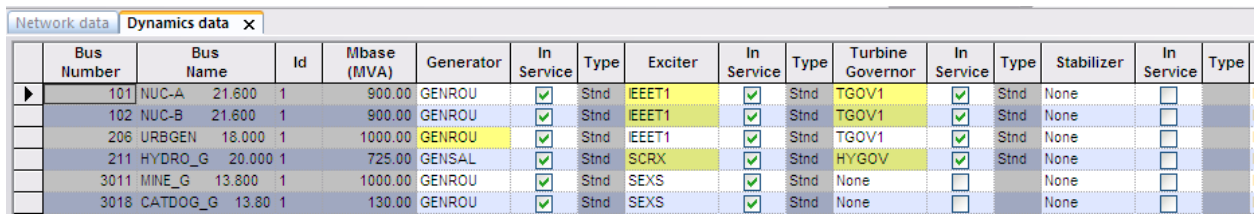
Lưới SAVNW bao gồm 6 máy phát, 23 nút, 8 phụ tải. Với năm máy phát cực ẩn và một máy cực ẩn. Ba máy phát được trang bị bộ điều tốc TGOV1 và 1 máy có mô hình điều tốc HYGOV.

5.2. Mô phỏng đáp ứng tần số của lưới SAVNW

Như ta đã trình bày ở các chương trước. Bất kỳ một sự mất cân bằng công suất tác dụng nào xảy ra đều là nguyên nhân gây ảnh hưởng tới đổi tốc độ của các máy phát, các động cơ trong toàn hệ thống điện. Sự ảnh hưởng này chính là việc tần số của hệ thống thay đổi khi có sự kiện gây ra mất cân bằng công suất có thể do các nguyên nhân như một hoặc vài tổ máy tổ máy phát bị nhảy ra khỏi lưới gây thiếu công suất, hoặc một số đường dây hoặc phụ tải bị cắt ra gây thừa công suất.

Với nội dung của đề tài là việc sa thải phụ tải tối ưu, vì vậy chỉ nghiên cứu đến các kịch bản mất cân bằng công suất do thiếu công suất phát, mà nguyên nhân chủ yếu là do mất đi một hoặc một số tổ máy của hệ thống.

Các thông số cơ bản của lưới SAVNW được thể hiện ở mô hình mô phỏng trong file *SAVNW.dyr* và được thể hiện trực quan bằng bảng sau:



Bus Number	Bus Name	Id	Mbase (MVA)	Generator	In Service	Type	Exciter	In Service	Type	Turbine Governor	In Service	Type	Stabilizer	In Service	Type	
101	NUC-A	21.600	1	900.00	GENROU	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	EEET1	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	TGOV1	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	None	<input type="checkbox"/>	
102	NUC-B	21.600	1	900.00	GENROU	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	EEET1	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	TGOV1	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	None	<input type="checkbox"/>	
206	URBGEN	18.000	1	1000.00	GENROU	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	EEET1	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	TGOV1	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	None	<input type="checkbox"/>	
211	HYDRO_G	20.000	1	725.00	GENSAL	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	SCRX	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	HYGOV	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	None	<input type="checkbox"/>	
3011	MINE_G	13.800	1	1000.00	GENROU	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	SEXS	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	None	<input type="checkbox"/>	None	<input type="checkbox"/>		
3018	CATDOG_G	13.80	1	130.00	GENROU	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	SEXS	<input checked="" type="checkbox"/>	Stnd	None	<input type="checkbox"/>	None	<input type="checkbox"/>		

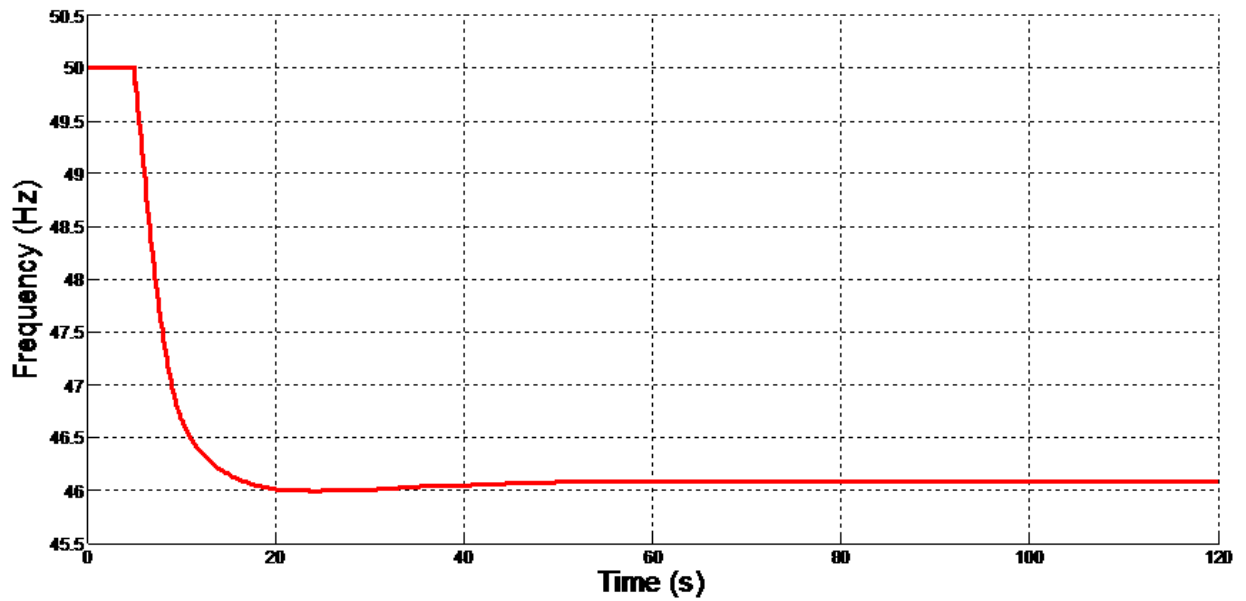
Hình 5. 2 Thông số các thiết bị mô phỏng động

Lưới SAVNW chỉ có các thông số chính về chủng loại, các thông số của bộ kích từ, điều tốc của máy phát, không các thiết bị điều chỉnh trên lưới như OLTC, SVC. Các thông số chi tiết của mô hình lưới được trình bày trong phụ lục. Ta tiến hành mô phỏng tất cả các kịch bản mất công suất của lưới SAVNW, từ đó lựa chọn những sự kiện điển hình đưa vào mô hình tối ưu.

Kết quả mô phỏng các đáp ứng ta được

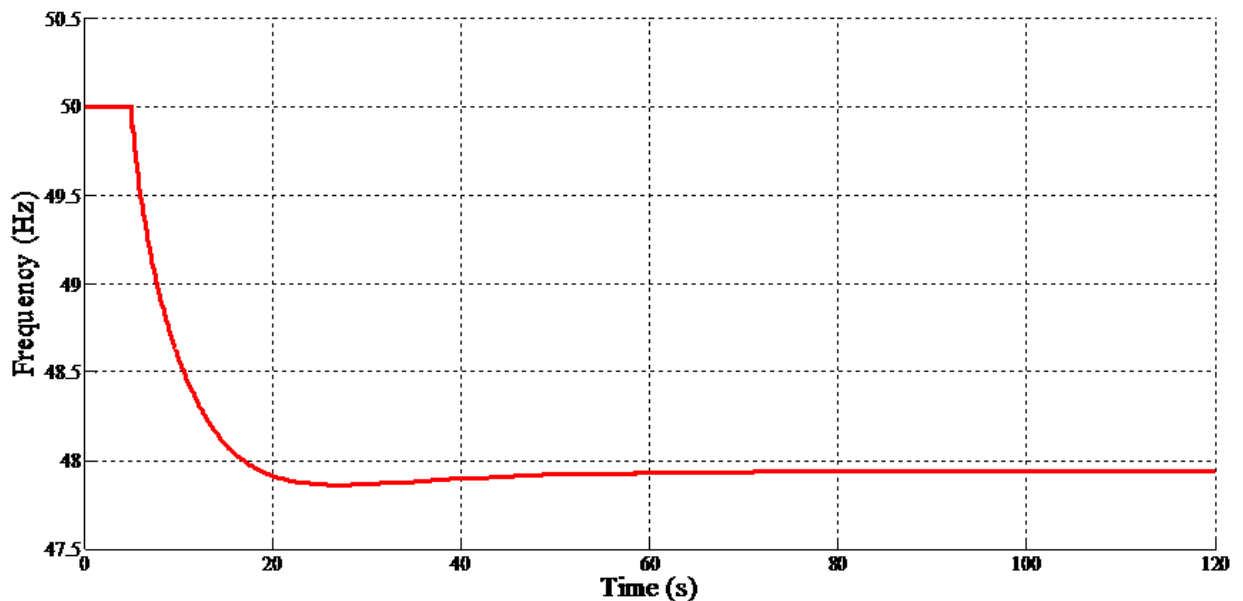
ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

❖ Sự kiện 1: mất 750MW của máy phát nút 101



Hình 5. 3 Đáp ứng tần số hệ thống khi mất 750MW của máy phát nút 101

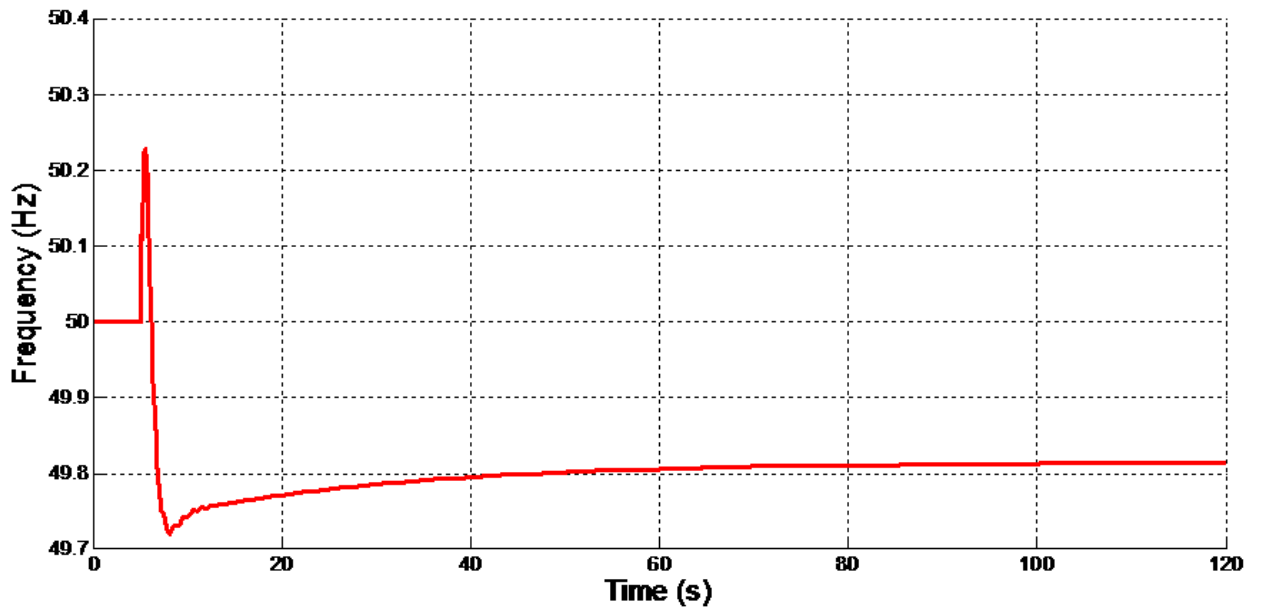
❖ Sự kiện 2: mất 600MW tại máy phát nút 211



Hình 5. 4 Đáp ứng tần số của hệ thống khi mất 600MW tại máy phát nút 211

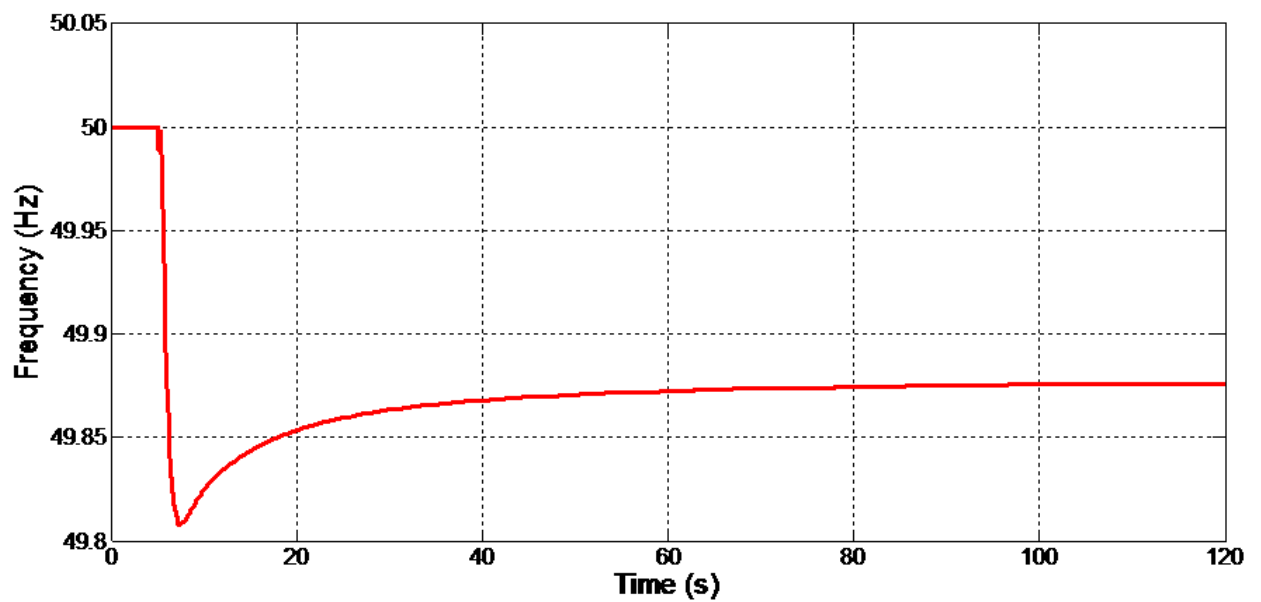
ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

❖ Sự kiện 3: mất 800MW tại máy phát nút 206



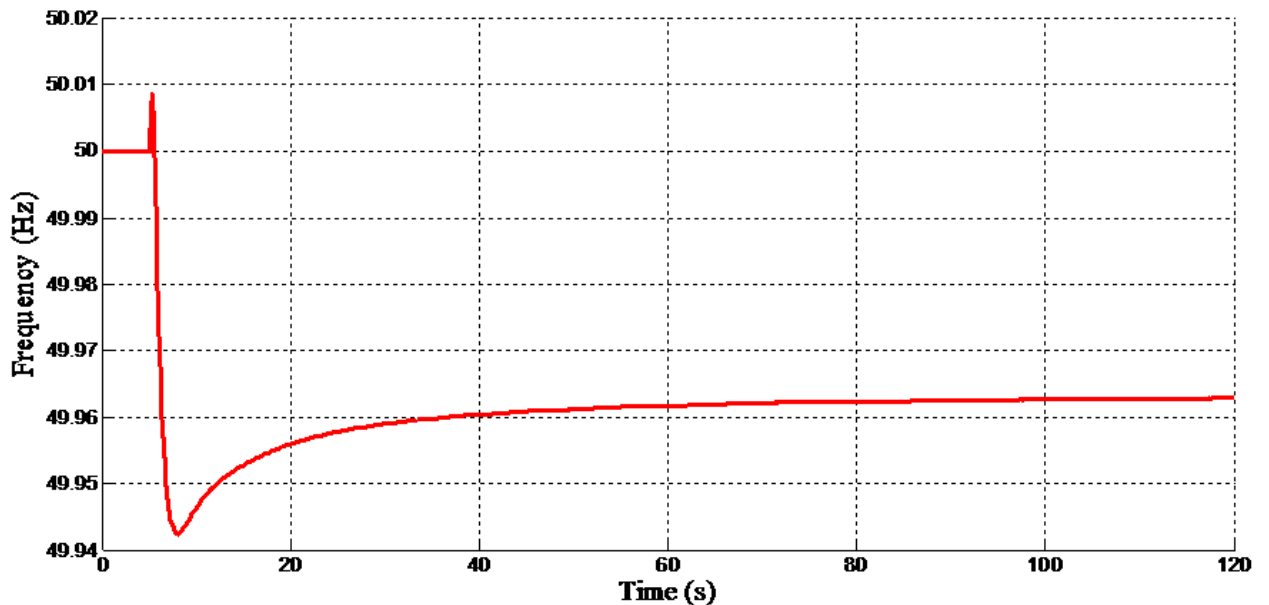
Hình 5. 5 Đáp ứng tần số của hệ thống khi mất 800MW tại máy phát nút 206

❖ Sự kiện 4: mất 259MW tại máy phát nút 3011



Hình 5. 6 Đáp ứng tần số của hệ thống khi mất 259MW tại máy phát nút 3011

❖ Sự kiện 5 Hệ thống mất 100MW Mất máy phát tại nút 3018



Hình 5. 7 Đáp ứng tần số của hệ thống khi mất 100MW tại máy phát nút 3018

Kết quả mô phỏng các sự kiện mất công suất phát cho thấy đáp ứng tần số của lưới điện đang xét phụ thuộc rất nhiều vào vị trí máy phát bị cắt. Trong khi sự kiện 1, khi mất 750MW, tần số sẽ suy giảm xuống đến giá trị thấp nhất 45 Hz và ổn định tại 46Hz. Trong sự kiện 2, khi mất 600 MW, tần số chỉ giảm xuống đến 48Hz. Các sự kiện còn lại có độ sụt giảm tần số rất ít, ví dụ khi mất 800MW tại nút 206, tần số chỉ giảm xuống đến 49.8Hz.

Rõ ràng độ dốc của các đáp ứng này là không tỉ lệ bậc nhất với lượng công suất phát, hay nói cách khác, hệ thống sẽ phản ứng khác nhau với từng sự kiện riêng. Nguyên nhân chính gây ra sự sai khác này là do hệ thống tương đối nhỏ, các mô hình máy phát trong hệ thống không đồng nhất, nên đáp ứng tần số phụ thuộc rất mạnh vào bộ điều tốc của máy phát bị cắt ra. Ví dụ, máy phát tại nút 101 có đáp ứng tần số rất tốt nên khi bị cắt ra sẽ làm tần số hệ thống sụt mạnh. Máy phát tại nút 206 có bộ điều tốc phản ứng rất chậm nên khi bị cắt ra, đáp ứng tần số không bị ảnh hưởng nhiều.

5.3. Nhận dạng mô hình hàm sai phân bậc nhất

Với dữ liệu đầu ra từ chương trình dynamic của PSS/E ta tiếp tục tiến hành nhận dạng đáp ứng tần số của hệ thống để có được mô hình cụ thể đưa vào bài toán tối ưu. Cách thức xấp xỉ đáp ứng tần số của hệ thống theo chương 2 đã được hướng dẫn. Với ý tưởng chung của bài toán, tất cả các sự kiện j sẽ được đưa vào mô hình tối ưu MILP. Tuy nhiên việc đưa tất cả các mô hình sự kiện vào mô hình tối ưu là không cần thiết và làm tăng kích thước bài toán.

Với kết quả mô phỏng ở phần 5.2, hai sự kiện mất công suất được lựa chọn cụ thể là

- Sự kiện 1: Mất 750 MW ở máy phát nối vào nút 101.
- Sự kiện 2 : Mất 600 MW ở máy phát nối vào nút 211.

Đây là hai sự kiện gây sụt giảm tần số mạnh và cần được thiết kế bảo vệ sa thải phụ tải. Từ kết quả mô phỏng PSS/E ta tiến hành nhận dạng mô hình hàm sai phân bậc 1 cho đáp ứng tần số theo chương 2. Bộ số kết quả nhận dạng ta có thể thu gọn lại trong bảng sau, với DG được tính trong hệ đơn vị tương đối.

Bảng 5. 1 Kết quả nhận dạng 2 sự kiện

Sự kiện 1: mất 750MW tại tổ máy nút 101				Sự kiện 2: mất 600MW tại tổ máy nút 211			
A	B	C	DG	A	B	C	DG
0.96922	$-3.239.10^{-4}$	1.00	7.50	0.97618	$-1.656.10^{-4}$	1.00	6.00

5.4. Sử dụng Cplex giải bài toán tối ưu.

5.4.1. Mục tiêu bài toán tối ưu

Mô hình bài toán tối ưu sẽ được xây dựng như đã được trình bày trong chương 4. Đối với lưới SAWVN, nhằm giảm thiểu lượng công suất phụ tải sa thải phù hợp với từng trường hợp sự cố, bài toán tối ưu sẽ được điều chỉnh sau cho:

- Đối với sự kiện mất 600 MW, sẽ có hai ngưỡng sa thải phụ tải tác động
- Đối với sự kiện mất 750 MW, sẽ có ba ngưỡng sa thải phụ tải tác động

5.4.2. Tối ưu và kết quả tối ưu.

a) Các thông số đầu vào cho quá trình tối ưu

Với bộ số tương ứng từ kết quả của mô hình nhận dạng. Từ đó ta xác định được đáp ứng tần số của hệ thống xét đến cả lượng tải theo phương trình

$$\Delta f_{n+1} = A\Delta f_n + B.C \left(\Delta g - \sum_s u_{sn} \cdot \Delta d_s \right)$$

Với đáp ứng như trên mô hình MILP sẽ được tính toán tối ưu bằng phần mềm Cplex

Các thông số khác phục vụ cho quá trình tính toán này bao gồm

```
N = 200; % So buoc tinh
RelMIPgap = 0.04; % Sai so khi toi uu
Ts = 0.1; % Thoi gian cua buoc tinh
s = 3; % So stage tinh toan cho ro le
```

Bên cạnh đó là bộ giá trị cài đặt cho các cận trên và cận dưới của các biến bài toán

```
% delta_t      u      v      x      Dfs      Dt      Ds
L_1= [zeros(1,N) zeros(1,N) zeros(1,N) zeros(1,N) 48.0 minT minShed];
U_1= [20*ones(1,N) ones(1,N) ones(1,N) 20*ones(1,N) 49.4 maxT maxShed];

% delta_t      L_1 & U_1
L=[-5*ones(1,N) , repmat(L_1,1,s)];
U=[20*ones(1,N) , repmat(U_1,1,s)];
```

Bộ tham số biến trong quá trình tối ưu.

Với $N=200$ và $s = 3, j = 2, \Delta t=0.1s$ có bài toán tối ưu sẽ mô phỏng trong 20s. Với các tham số trên, số biến của bài toán là 5209 biến (trong đó 2400 biến nhị phân), ma trận A kích thước 12408x5209.

b) Kết quả tối ưu

Ta truy xuất bộ giá trị dùng để cài đặt rơ le bằng lệnh

```
>>ketqua=[x(fsvec) x(tsvec) x(Dsvec)]; %Lay ket qua tuong ung
```

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Khi đó trên cửa sổ lệnh của MATLAB sẽ hiển thị 3 giá trị tương ứng lần lượt là bộ 3 số f_s , Δt_s , Δd_s .

ketqua =

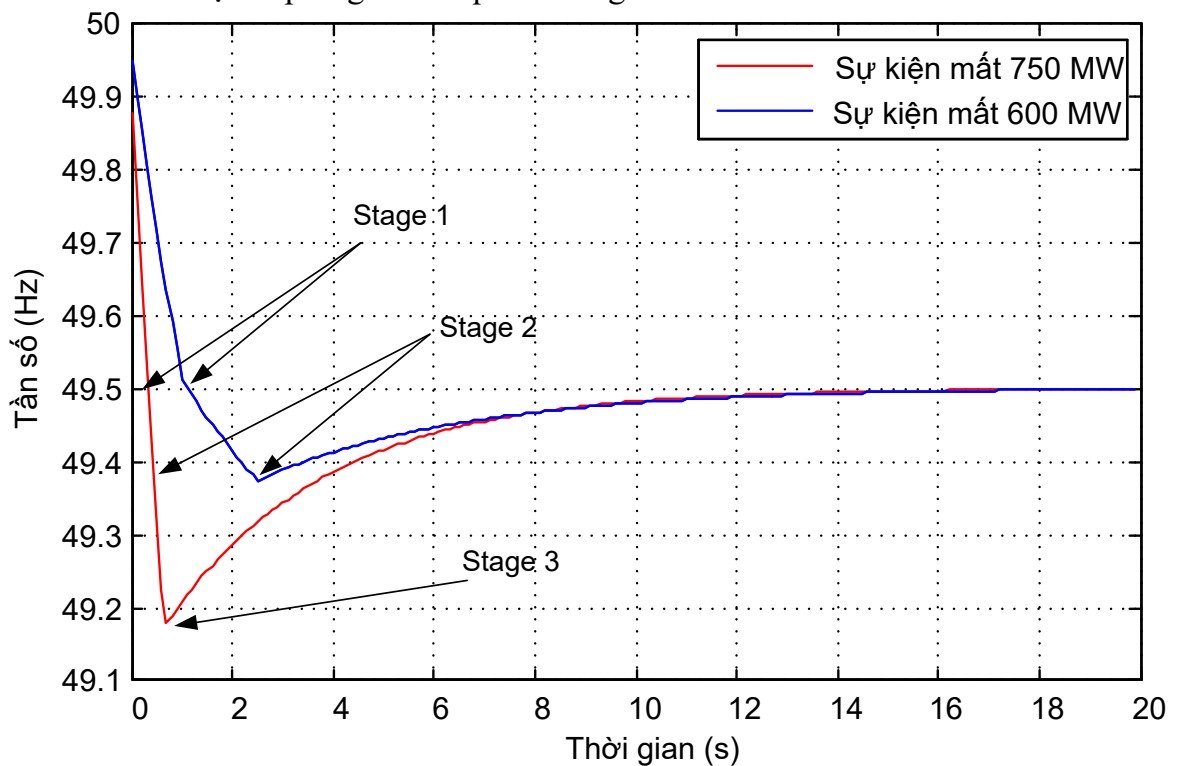
```
49.6000    0.3000    3.2834
49.3840    0.2000    1.2834
49.1840    0.1000    1.9845
```

Kết quả của mô hình tối ưu được trình bày trong bảng kết quả sau:

Bảng 5. 2 Thông số cài đặt 3 stage của rơ le tần số F81 là:

	f_s	Δt_s	Δd_s
Stage 1	49.6000	0.3000	3.2834
Stage 2	49.3840	0.2000	1.2834
Stage 3	48.1840	0.1000	1.9845

Hình vẽ 5.8 thể hiện đáp ứng tần số qua chương trình tối ưu



Hình 5. 8 Kết quả sa thải phụ tải theo bài toán tối ưu

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

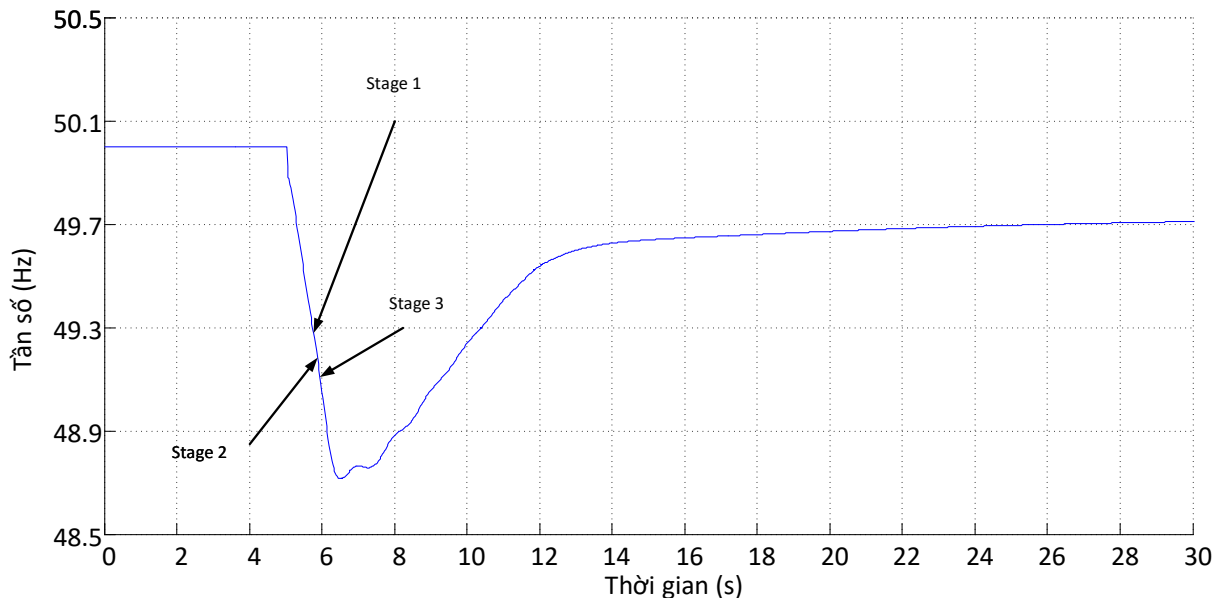
Từ đáp ứng tần số khi có sự thay đổi tải, theo kết quả của bài toán tối ưu hóa được thể hiện trên Hình 5.8 có thể thấy rằng lời giải bài toán tối ưu đã đạt được các yêu cầu đặt ra ban đầu: Sử dụng hai ngưỡng xả tải với sự kiện mất 600MW và ba ngưỡng xả tải với sự kiện mất 750MW, đồng thời tần số hệ thống trở về tối thiểu 49,5 Hz sau 20s. Kết quả mô phỏng theo rất sát ràng buộc cuối cùng này, vì hàm mục tiêu của bài toán là giảm thiểu lượng công suất cắt, vì vậy lời giải bài toán tối ưu sẽ chỉ cắt vừa đủ để tần số trở về giá trị yêu cầu.

5.5. Mô phỏng kiểm chứng bằng PSS/E

Lời giải tối ưu của bài toán được đưa ra từ mục 5.4 sẽ được kiểm chứng lại trên mô hình PSS/E. Khi đó file dynamic (.dyr) sẽ được bổ sung thêm mô hình rơ le xả tải phụ tải theo tần số thấp LDSHBL đã được giới thiệu ở mục 2.1.1. Sau khi tính toán cài đặt cho rơ le tần số F81 ta mô phỏng lại, file dyr có thể xem trong phụ lục.

- ❖ Đối với sự kiện mất 750MW của máy phát tại nút 102.

Ta có đáp ứng tần số thu được có dạng như hình 5.9



Hình 5.9 Tần số mô phỏng bằng PSS/E sự kiện mất 750MW

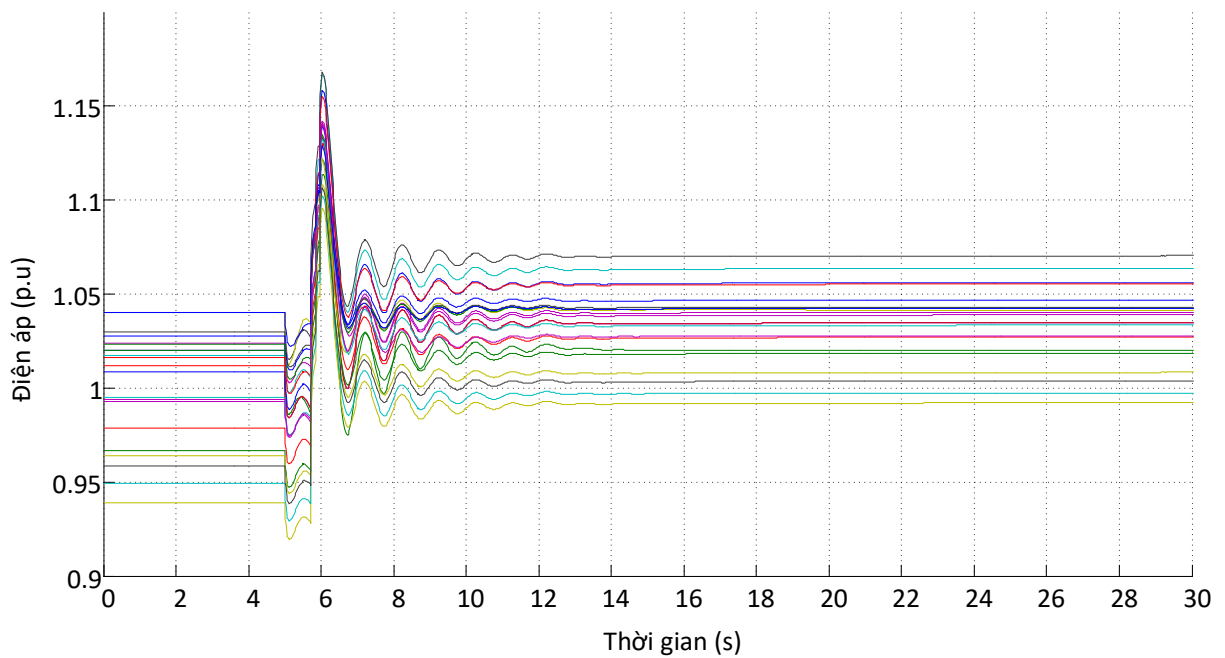
Với tổng lượng tải đã cắt được cho trong bảng 5.3

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Bảng 5. 3 Tổng lượng tải cắt trong sự kiện mất 750MW phát

Đơn vị tính (p.u) với $S_{cb}=100\text{MW}$	Thực cắt PSS/E	Kết quả từ chương trình tối ưu
Stage 1	3.2921	3.2834
Stage 2	1.2818	1.2834
Stage 3	1.9819	1.9845

Tiếp tục quan sát điện áp các nút trong quá trình mô phỏng ta nhận thấy ngay sau khi sa thải điện áp các nút có sự dao động rất mạnh, và trở về trạng thái ổn định trong khoảng 12 s.

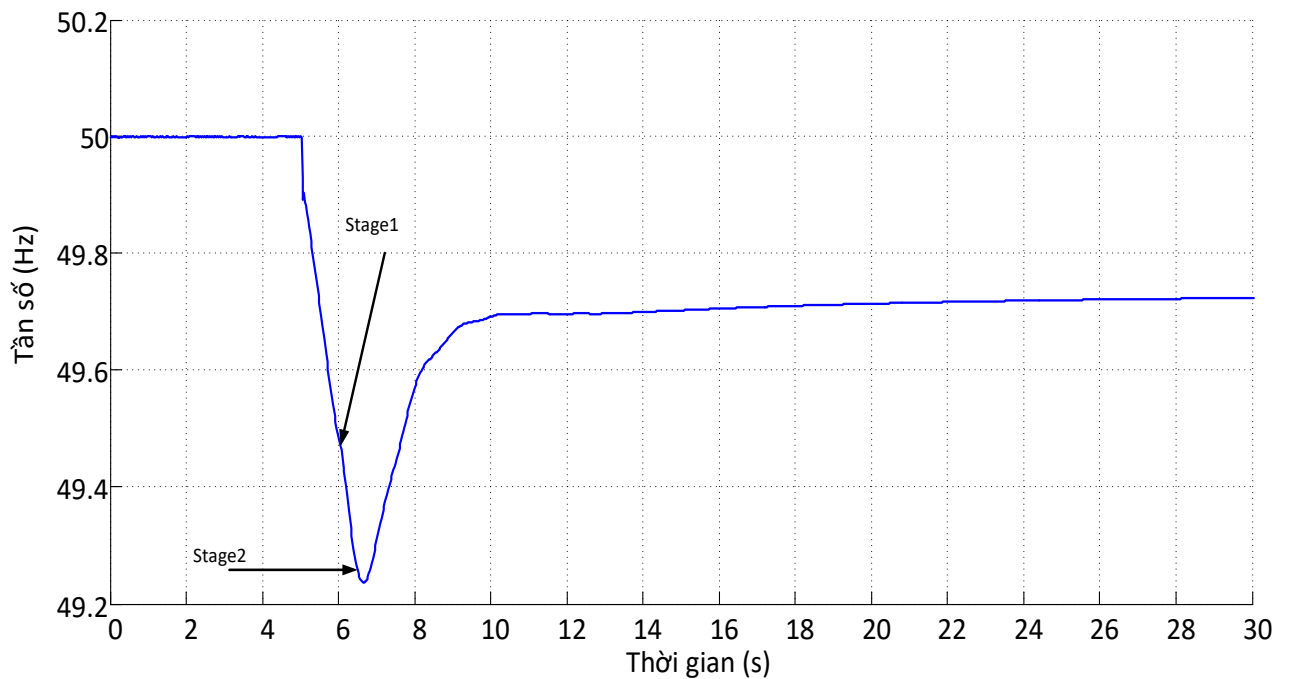


Hình 5. 10 Điện áp quan sát trên các nút trong quá trình mô phỏng sự kiện 1

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

❖ Sự kiện mất 600MW của máy phát tại nút 211.

Đáp ứng tần số



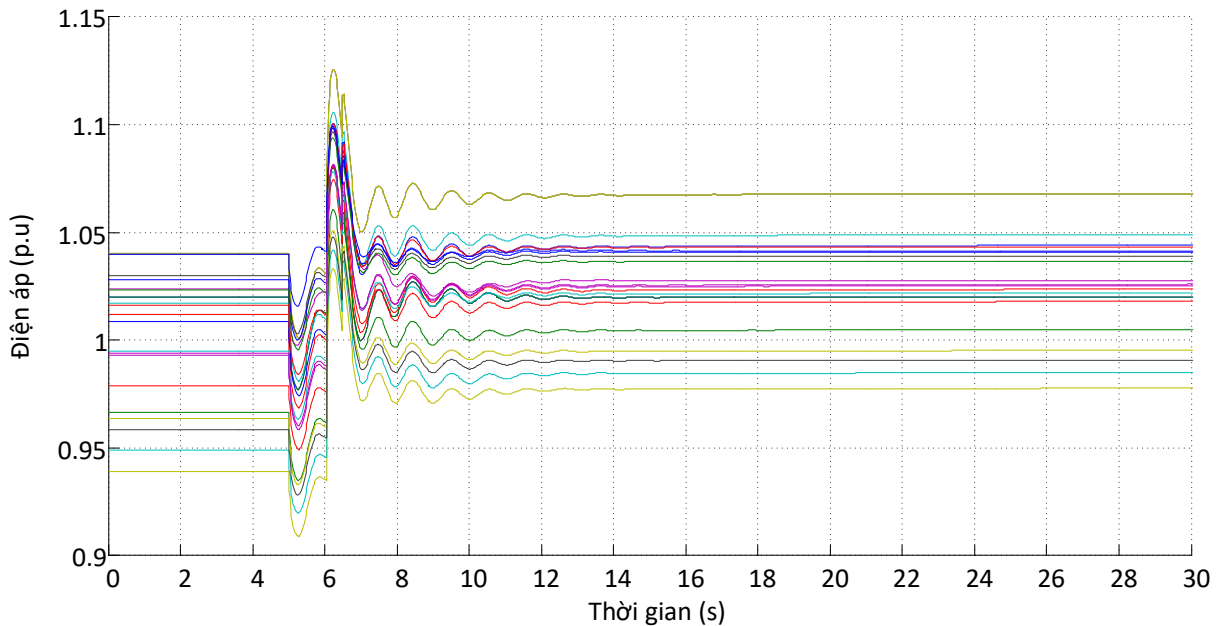
Hình 5. 11 Tần số mô phỏng bằng PSS/E sự kiện mất 600MW phát

Bên cạnh đó kết quả các phụ tải bị cắt do rơ le tần số cũng được thống kê cụ thể trong bảng.

Bảng 5. 4 Tổng lượng tải cắt trong sự kiện mất 600MW phát

Đơn vị tính (p.u) với $S_{cb}=100MW$	Thực cắt PSS/E	Kết quả từ chương trình tối ưu
Stage 1	3.2264	3.2834
Stage 2	1.235	1.2834
Stage 3	Không cắt	1.9845

Điện áp các nút quan sát được tương tự như trường hợp mất 750MW.



Hình 5. 12 Điện áp quan sát trên các nút trong quá trình mô phỏng sự kiện 2

5.6. Kết luận , nhận xét.

Từ kết quả của quá trình tính toán ta thấy khi mô phỏng hệ thống SAWVN bằng PSS/E, với các rơ le sa thải phụ tải, có thể rút ra các nhận xét sau:

- Đối với sự kiện mất 600MW, có hai ngưỡng sa thải được kích hoạt. Đối với sự kiện mất 750MW, ba ngưỡng sa thải phụ tải được kích hoạt. Kết quả này tương đồng với kết quả mô hình tối ưu hóa.
- Trong hai trường hợp mô phỏng, tần số hệ thống đều trờ về giá trị 49.7Hz, trong khi kết quả bài toán tối ưu là 49.5Hz. Khác biệt này là do sai số của nhận dạng mô hình. Để cải thiện sai số này, có thể phải sử dụng mô hình bậc 2 hoặc cao hơn để nhận dạng đáp ứng tần số của hệ thống.
- Sai khác lớn nhất giữa bài toán tối ưu và kết quả mô phỏng PSS/E là đáp ứng tần số ngay khi cắt phụ tải. Kết quả tối ưu cho thấy độ dốc giảm tần số giảm đi rõ rệt khi có sa thải phụ tải. Tuy nhiên khi mô phỏng PSS/E, tần số quan sát được còn sụt giảm mạnh hơn. Điều này có thể lý giải bằng quan sát điện áp

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(hình 5.10, 5.12). Khi sa thải phụ tải, điện áp trên lưới tăng cao, dẫn đến phụ tải của hệ thống cũng tăng theo. Do đó hiệu quả sa thải phụ tải ở thời điểm ban đầu không tốt như kết quả bài toán tối ưu.

KẾT LUẬN

Luận văn đã thực hiện xây dựng lại bài toán định chỉnh cho role sa thải phụ tải tần số thấp dưới dạng bài toán quy hoạch tuyến tính thực nguyên hỗn hợp theo đề xuất của Frida Ceja –Gomez và các cộng sự.

Bài toán định chỉnh role sa thải phụ tải theo tần số là một trong những bài toán quan trọng trong hệ thống điện. Việc áp dụng bài toán quy hoạch tuyến tính thực nguyên hỗn hợp theo đề xuất của Frida Ceja –Gomez để xây dựng phương án định chỉnh cho role sa thải phụ tải tần số là một phương pháp mới, áp dụng một trong những công cụ rất mạnh để giải các bài toán tối ưu đó là CPLEX của IBM.

Kết quả tối ưu đưa ra kết quả cho thấy phương pháp đã được trình bày là một phương pháp khả thi cao, tối ưu hóa được lượng sa thải phụ tải với một yêu cầu cho trước về đáp ứng tần số. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng kiểm chứng không hoàn toàn trùng khớp với kết quả của bài toán tối ưu, nguyên nhân chủ yếu là do mô hình bài toán chưa xét đến ảnh hưởng của điện áp của các phụ tải khi sa thải tần số.

Từ kết quả đồ án này, ta có thể hoàn thiện hơn với việc xét đầy đủ hơn các yếu tố ảnh hưởng đến các đáp ứng tần số theo đầy đủ các yếu tố khác. Hoặc, có thể dễ dàng mở rộng bài toán với role sa thải phụ tải theo đạo hàm của tần số.

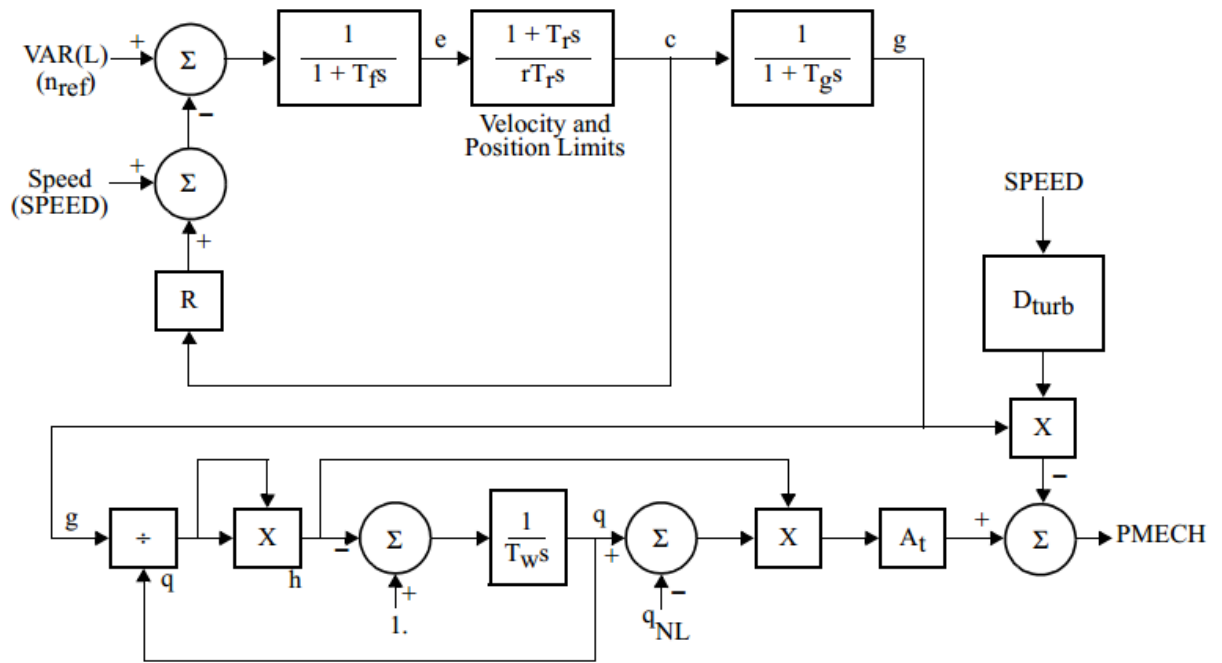
PHỤ LỤC

A Mô hình các phần tử PSS/E

A.1. Mô hình bộ điều tốc.

❖ Mô hình HYGOV

Sơ đồ khối của mô hình



Trong đó

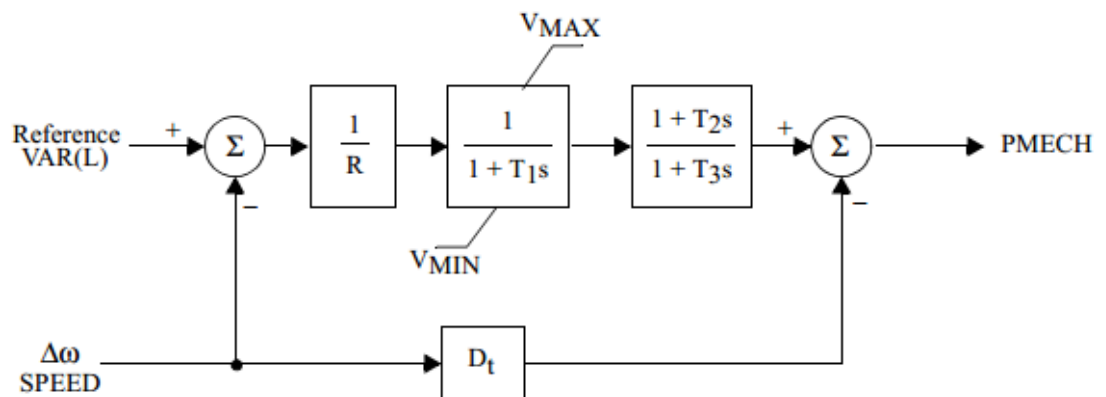
R	Độ dốc đường đặc tính điều chỉnh lâu dài	T_g	hằng số thời gian của động cơ servo
r	Độ dốc đường điều chỉnh tạm thời	g	Vị trí của mở tương đối
T_r	Hằng số thời gian của bộ điều tốc	f	Dòng nước chảy tương đối
T_f	Hằng số thời gian bộ lọc	h	Chiều cao tương đối cột nước
		D_{turb}	Hệ số của tua bin

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Thông số cài đặt cho mô hình

R	Permanent droop	0.05 pu
r	Temporary droop	0.1 to 1.0 pu
T_r	Governor time constant	2 to 20 sec
T_f	Filter time constant	0.05 sec
T_g	Gate servo time constant	0.5 sec
VELM	Gate velocity limit	0.167 pu/sec
GMAX	Maximum gate	1.0 pu
GMIN	Minimum gate	0.0 pu
T_w	Water time constant	1.0 to 3.0 sec
A_t	Turbine gain	1.2
D_{turb}	Turbine damping coefficient	1.5 to 2.0 for Pelton (bucket) 0.0 for Kaplan (blade) 0.5 for Francis
q_{NL}	No load flow	0.08 pu

❖ Mô hình TGOV1



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Thông số cài đặt

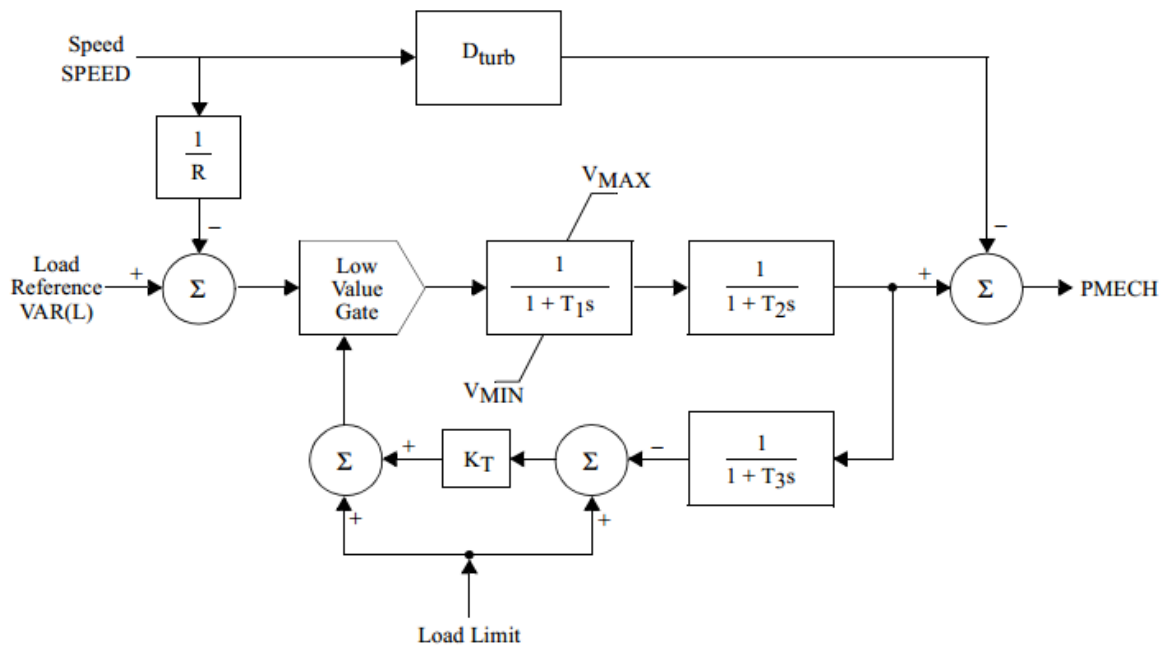
$$R = 0.05 \text{ pu}$$

$$T_1 = 0.50 \text{ sec}$$

$$T_2/T_3 = 0.3$$

$$T_3 = 5 \text{ to } 9 \text{ sec}$$

❖ Mô hình GAST



Thông số cài đặt

$$R = 0.05 \text{ pu}$$

$$T_1 = 0.4 \text{ sec}$$

$$T_2 = 0.1 \text{ sec}$$

$$T_3 = 3.0 \text{ sec}$$

$$V_{MAX} = 1.0 \text{ pu}$$

$$V_{MIN} = -0.05 \text{ pu}$$

Ambient temperature load limit = 1.0 at 80°F (rated); 0.9 at 105°F

$$K_T = 2.0$$

$$D_{turb} = 0.0$$

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

A.2 Các file dữ liệu mô phỏng lưới SAVNW

❖ Savn.dyr

101	'GENROU'	1	6.5000	0.60000E-01	0.20000	0.50000E-01	
			4.0000	0.0000	1.8000	1.7500	0.60000
			0.80000	0.30000	0.15000	0.90000E-01	0.38000 /
101	'GENROU'	2	6.5000	0.60000E-01	0.20000	0.50000E-01	
			4.0000	0.0000	1.8000	1.7500	0.60000
			0.80000	0.30000	0.15000	0.90000E-01	0.38000 /
101	'IEEET1'	1	0.0000	400.00	0.40000E-01	7.3000	
			-7.3000	1.0000	0.80000	0.30000E-01	1.0000
			0.0000	2.4700	0.35000E-01	4.5000	0.47000 /
101	'TGOV1'	1	0.50000E-01	0.50000E-01	1.0500	0.30000	
			1.0000	1.0000	0.0000	/	
101	'IEEET1'	2	0.0000	400.00	0.40000E-01	7.3000	
			-7.3000	1.0000	0.80000	0.30000E-01	1.0000
			0.0000	2.4700	0.35000E-01	4.5000	0.47000 /
101	'TGOV1'	2	0.50000E-01	0.50000E-01	1.0500	0.30000	
			1.0000	1.0000	0.0000	/	
102	'GENROU'	1	6.5000	0.60000E-01	0.20000	0.50000E-01	
			4.0000	0.0000	1.8000	1.7500	0.60000
			0.80000	0.30000	0.15000	0.90000E-01	0.38000 /
102	'GENROU'	2	6.5000	0.60000E-01	0.20000	0.50000E-01	
			4.0000	0.0000	1.8000	1.7500	0.60000
			0.80000	0.30000	0.15000	0.90000E-01	0.38000 /
102	'IEEET1'	1	0.0000	400.00	0.40000E-01	7.3000	
			-7.3000	1.0000	0.80000	0.30000E-01	1.0000
			0.0000	2.4700	0.35000E-01	4.5000	0.47000 /
102	'IEEET1'	2	0.0000	400.00	0.40000E-01	7.3000	
			-7.3000	1.0000	0.80000	0.30000E-01	1.0000
			0.0000	2.4700	0.35000E-01	4.5000	0.47000 /
102	'TGOV1'	1	0.50000E-01	0.50000E-01	1.0500	0.30000	
			1.0000	1.0000	0.0000	/	
102	'TGOV1'	2	0.50000E-01	0.50000E-01	1.0500	0.30000	
			1.0000	1.0000	0.0000	/	
206	'GENROU'	1	4.5000	0.70000E-01	0.15000	0.50000E-01	
			2.5000	0.0000	1.4000	1.3500	0.50000
			0.70000	0.25000	0.10000	0.90000E-01	0.38000 /
206	'GENROU'	2	4.5000	0.70000E-01	0.15000	0.50000E-01	
			2.5000	0.0000	1.4000	1.3500	0.50000
			0.70000	0.25000	0.10000	0.90000E-01	0.38000 /
206	'IEEET1'	1	0.0000	40.000	0.60000E-01	2.1000	
			-2.1000	0.0000	0.50000	0.80000E-01	0.80000
			0.0000	2.4700	0.35000E-01	3.5000	0.60000 /

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

```

206 'TGOV1' 1 0.50000E-01 0.50000E-01 0.9000 0.30000
      3.0000 9.0000 0.0000 /
206 'IEEET1' 2 0.0000 40.000 0.60000E-01 2.1000
      -2.1000 0.0000 0.50000 0.80000E-01 0.80000
      0.0000 2.4700 0.35000E-01 3.5000 0.60000 /
206 'TGOV1' 2 0.50000E-01 0.50000E-01 0.9000 0.30000
      3.0000 9.0000 0.0000 /

211 'GENSAL' 1 5.0000 0.50000E-01 0.20000 5.0000
      0.0000 1.0000 0.75000 0.40000 0.26000
      0.10000 0.11000 0.62000 /
211 'SCRX' 1 0.10000 10.000 200.00 0.50000E-01
      -5.0000 5.0000 1.0000 10.000 /

211 'HYGOV' 1 0.50000E-01 0.30000 5.0000 0.50000E-01
      0.50000 0.20000 1.0000 0.0000 1.2500
      1.2000 0.50000 0.80000E-01/
3011 'GENROU' 1 5.0000 0.60000E-01 0.20000 0.60000E-01
      3.0000 0.0000 1.6000 1.5500 0.70000
      0.85000 0.35000 0.20000 0.90000E-01 0.38000 /
3011 'SEXS' 1 0.10000 10.000 100.00 0.10000
      0.0000 4.0000 /
3018 'GENROU' 1 5.0000 0.60000E-01 0.20000 0.60000E-01
      3.0000 0.0000 1.6000 1.5500 0.70000
      0.85000 0.35000 0.20000 0.90000E-01 0.38000 /
3018 'SEXS' 1 0.10000 10.000 100.00 0.10000
      0.0000 4.0000 /

0, 'LDSHAL', *, 49.6, 0.3000, 0.134, 49.3839, 0.200, 0.0400, 49.1839, 0.1000,
0.062, 0 /

```

❖ SAVNW.py Chạy tự động trong PSS/E

```

psspy.base_frequency( 50.0)
psspy.fns1([0,0,0,1,1,0,99,0])
psspy.cong(0)
psspy.con1(0,1,1,[0,0],[ 0, 80, 0, 80])
psspy.con1(0,1,2,[0,0],[ 0, 80, 0, 80])
psspy.con1(0,1,3,[0,0],[ 0, 80, 0, 80])
psspy.ordr(0)
psspy.fact()
psspy.tysl(0)
psspy.dyre_new([1,1,1,1],r"C:\Documents and
Settings\Admin\Desktop\PSSE\savnw.dyr","","","")
psspy.dynamics_solution_param_2([_i,_i,_i,_i,_i,_i,_i,_i],[_f,_f,
0.025,_f,_f,_f,_f,_f])
psspy.chsb(0,1,[1,33,73,1,12,0])
psspy.chsb(0,1,[-1,-1,-1,1,13,0])
psspy.strt(0,r"C:\Documents and Settings\Admin\Desktop\PSSE\ab.out")
psspy.run(0,5,100,1,0)
psspy.dist_machine_trip(101,r"1")
psspy.change_channel_out_file(r"C:\Documents and
Settings\Admin\Desktop\PSSE\ab.out")
psspy.run(0, 120.0,100,1,0)

```

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

```
pssplot.newplotbook()  
pssplot.insertpage()  
pssplot.setselectedpage(0)  
pssplot.openchadatafile(r"C:\Documents and  
Settings\Admin\Desktop\PSSE\ab.out")  
pssplot.dragdropplotdata(r"ab", r"7 - FREQ      201 [HYDRO  
500.00])  
pssplot.dragdropplotdata(r"ab", r"13 - FREQ      211 [HYDRO_G  
20.000])
```

B Các hàm matlab cho chương trình tối ưu.

Các file.m đều được đặt trong một folder

Chương trình chính

❖ ufls_sblock_2event.m

```
close all;
clear all;
%% Cac thong so nhap vao
N = 200;
RelMIPgap = 0.04;
Ts = 0.1;
s = 3;
%%
minT = 0.1;
maxT = 0.3;
minShed = 1.;
maxShed = 4;
Fdifff = 0.2; % Frequency difference between consecutive blocks
Dsdifff = -2; % Difference in load shedding, next block must shed bigger
F_final = 49.5; % Frequency at the end
%% Goi ma tran A va B, su kien 1
aa = 0.969220476563798;
bb = -3.239595692453097e-004;
cc = 1;
DG = 7.5;
[A,B,f,L,U,LE,GE,binvar,tsvec,Dsvec,fsvec] =
matran_s_block(N,Ts,aa,bb,cc,s,minT,maxT,minShed,maxShed,Fdifff,Dsdifff,DG,F_
final);
%% Goi ma tran A va B, su kien 2
aa = 0.97618;
bb = -1.6557778e-4;
cc = 1;
DG = 6;
[A1,B1,f1,L1,U1,LE1,GE1,binvar1,tsvec1,Dsvec1,fsvec1] =
matran_s_block(N,Ts,aa,bb,cc,s,minT,maxT,minShed,maxShed,Fdifff,Dsdifff,DG,F_
final);
%% Ghep hai ma tran;
cutpos = fsvec(1) - 1;
nrowA = size(A,1);
ncolA = size(A,2) - 3*s;
AA1 = A(:,1:cutpos);
AAc1 = A(:,cutpos+1:end);
AA2 = A1(:,1:cutpos);
AAc2 = A1(:,cutpos+1:end);
% Ghep AA1 va AA2
A = [AA1 zeros(nrowA,ncolA);
      zeros(nrowA,ncolA) AA2];
A = [A [AAc1;AAc2]];
% B
B = [B;B1];
% f
ff1 = f(1:cutpos);
ff2 = f1(1:cutpos);
```

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

```
f = [ff1 ff2 f(cutpos+1:end)];
% L va U
LL1 = L(1:cutpos);
LL2 = L1(1:cutpos);
L = [LL1 LL2 L(cutpos+1:end)];

UU1 = U(1:cutpos);
UU2 = U1(1:cutpos);
U = [UU1 UU2 U(cutpos+1:end)];

LE = [LE;nrowA+LE1];
GE = [GE;nrowA+GE1];
binvar = [binvar binvar1+ncolA];

res = cplex_solve(f,A,B,L,U,LE,GE,binvar,RelMIPgap);
% res = gurobi_solve2(f,A,B,L,U,LE,GE,binvar,[],[],[],RelMIPgap);
x = res.x;
offset = size(A,2) - Dsvect(end);
fsvec = fsvec + offset;
tsvec = tsvec + offset;
Dsvect = Dsvect + offset;

if (res.status == 101) || (res.status == 102)
    exitflag = 1;
end;
disp(['Ket thuc toi uu, trang thai = ' num2str(exitflag)]);
%% Ve ket qua
single_block_size = size(A1,2) - 3*s;
tt = linspace(0, (N-1)*Ts,N);
df = x(1:N);
df2 = x(single_block_size+1:single_block_size+N);
plot(tt,50+df,'r');
hold on;plot(tt,50 + df2);grid;
hold on;plot(tt,50 + df2,'-');
```

❖ Matran_s_block

```
function [A,B,f,L,U,LE,GE,binvar1,tsvec,Dsvect,fsvec] =
matran_s_block(N,Ts,aa,bb,cc,s,minT,maxT,minShed,maxShed,Fdiff,Dsdiff,DG,F_
final)
%% Goi ma tran A va B
[A,B] = AB(N,aa,bb,cc,Ts,s,DG);

%% Ma tran f - ham muc tieu
f = zeros(1,N+s*(4*N+3)); % So bien la N+s*(4*N+3)

for i=0:s-1
    f(i*(4*N+3)+5*N) = 1; % Tong(x_Ns)=1
end;
%% Can tren va can duoi
%      delta_t      u      v      x      Dfs      Dt      Ds
L_1= [zeros(1,N)      zeros(1,N)      zeros(1,N)      zeros(1,N)      48.0      minT
minShed];
U_1= [20*ones(1,N)    ones(1,N)      ones(1,N)      100*ones(1,N)    49.6      maxT
maxShed];
```

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

```
%      delta_t      s=1  s=2  s=3
L=[-5*ones(1,N) , repmat(L_1,1,s)];
U=[20*ones(1,N) , repmat(U_1,1,s)];
vartype = zeros(1,N+s*(4*N+3));
for i=0:s-1
    vartype(i*(4*N+3)+2*N+1:i*(4*N+3)+4*N) = 1;%Bien nhi phan
end;
L(N) = F_final - 50;
U(N) = 0.3;
nvar = N+s*(4*N+3);%
%% Loai rang buoc, ee: 1 - lon hon, -1 - nho hon, 0 bang
ee8_a(1:s*N,1) = -1;
ee8_b(1:s*N,1) = 1;
ee9(1:s*N,1) = 0;
ee10(1:s*N,1) = -1;
ee11_a(1:s*N,1) = 1;
ee11_b(1:s*N,1) = -1;
ee13(1:s*N,1) = 1;
ee18(1:N,1) = 0;
ee19(1:s*N,1) = -1;
ee20_a(1:s*N,1) = 1;
ee20_b(1:s*N,1) = -1;

ee=[ee8_a;ee8_b;ee9;ee10;ee11_a;ee11_b;ee13;ee18;ee19;ee20_a;ee20_b];
%% Position of main variables for each shedding block
fsvec = zeros(1,s); % position of shed frequency var
tsvec = zeros(1,s); % position of shed delay var
Dsvec = zeros(1,s); % position of shed amount var
for i = 1:s
    if i == 1 % first block
        fsvec(i) = 5*N+1;
        tsvec(i) = 5*N+2;
        Dsvec(i) = 5*N+3;
    else
        fsvec(i) = 5*N+1 + (i-1)*(4*N+3) ;
        tsvec(i) = 5*N+2 + (i-1)*(4*N+3) ;
        Dsvec(i) = 5*N+3 + (i-1)*(4*N+3) ;
    end;
end;
%% Cross constraint, consecutive block must have minimal frequency
distance,
%% first block highest frequency.
for i = 1:s-1
    a_ = sparse(1,nvar);
    a_(fsvec(i)) = 1;
    a_(fsvec(i + 1)) = -1;
    b_ = Fdiff;
    A = [A;a_];
    B = [B;b_];
    ee = [ee;1];
end;
%% Cross constraint, next block should shed bigger
for i = 1:s-1
    a_ = sparse(1,nvar);
    a_(Dsvec(i)) = -1;
    a_(Dsvec(i + 1)) = 1;
    b_ = Dsdiff;
```



```
A = [A;a_];
B = [B;b_];
ee = [ee;1];
end;

%% Giai bai toan toi uu

xtype = [];

for i = 1:nvar
    if vartype(i) == 1
        xtype = [xtype 'B'];
    else
        xtype = [xtype 'C'];
    end;
end;
LE = find(ee<0);
GE = find(ee>0);
binvar = find(vartype);
%% Swap and solve
swap_col;
```

❖ swap_col

```
% Dao vi tri cac cot trong ma tran A, f, L, U, binvar
% new order
ordn = zeros(1,nvar);
%% delta f
k = 0;
ordn(1:N) = 1:N;
k = N;
%% uv block
for i = 1:s
    for j = (i-1)*(4*N+3) + N + 1:(i-1)*(4*N+3) + 5*N
        k = k + 1;
        ordn(j) = k;
    end;
end;
%% load shed variables
for i = 1:s
    for j = (i-1) * (4*N+3) + 5*N + 1: (i-1) * (4*N+3) + 5*N + 3
        k = k + 1;
        ordn(j) = k;
    end;
end;
%%
[idx,orl] = sort(ordn);
ordn = orl;
%%

vartype = zeros(1,nvar);
vartype(binvar) = 1;
```

```
% ordn = ordn';
A = A(:,ordn);
vartype = vartype(:,ordn);
f = f(:,ordn);
L = L(:,ordn);
U = U(:,ordn);
binvar1 = find(vartype);
%%
fsv = zeros(1,nvar);
tsv = zeros(1,nvar);
Dsv = zeros(1,nvar);
fsv(fsvec) = 1;
tsv(tsvec) = 1;
Dsv(Dsvec) = 1;
fsv = fsv(ordn);
tsv = tsv(ordn);
Dsv = Dsv(ordn);
fsvec = find(fsv);
tsvec = find(tsv);
Dsvec = find(Dsv);
%%
```

❖ Thành lập ma trận A,B

```
function [A,B] = AB(N,aa,bb,cc,Ts,s,DG)
L = 30; % Cho rang buoc 11
KK = 100; % Cho rang buoc 20_b
for i=0:s-1
I8( i*3*N+1: i*3*N+N) = i*N+1:i*N+N ;
J8( i*3*N+1: i*3*N+N) = 1:N ;
S8( i*3*N+1: i*3*N+N) = -1 ;
J8( i*3*N+N+1: i*3*N+2*N) = i*(4*N+3)+3*N+1:i*(4*N+3)+4*N;
I8( i*3*N+N+1: i*3*N+2*N) = i*N+1:i*N+N ;
S8( i*3*N+N+1: i*3*N+2*N) = -50;
J8( i*3*N+2*N+1: i*3*N+3*N) = i*(4*N+3)+5*N+1;
I8( i*3*N+2*N+1: i*3*N+3*N) = i*N+1:i*N+N;
S8( i*3*N+2*N+1: i*3*N+3*N) = 1;
J8( i*3*N+3*N+1) = i*(4*N+3)+5*N+3;
I8( i*3*N+3*N+1) = 1;
S8( i*3*N+3*N+1) = 0;
end;

A8_a = sparse(I8,J8,S8);
A8_b = A8_a;
B8_a(1:s*N,1) = 50;
B8_b(1:s*N,1) = 0 ;
%% Rang buoc 9
for i=0:s-1
I9( i*(3*N-1)+1:i*(3*N-1)+N) = i*N+1:i*N+N;
J9( i*(3*N-1)+1:i*(3*N-1)+N) = i*(4*N+3)+N+1:i*(4*N+3)+2*N;
S9( i*(3*N-1)+1:i*(3*N-1)+N) = 1 ;
I9( i*(3*N-1)+N+1:i*(3*N-1)+2*N-1) = i*N+2:i*N+N;
J9( i*(3*N-1)+N+1:i*(3*N-1)+2*N-1) = i*(4*N+3)+N+1:i*(4*N+3)+2*N-1 ;
S9( i*(3*N-1)+N+1:i*(3*N-1)+2*N-1) = -1;
J9( i*(3*N-1)+2*N:i*(3*N-1)+3*N-1) = i*(4*N+3)+3*N+1:i*(4*N+3)+4*N;
I9( i*(3*N-1)+2*N:i*(3*N-1)+3*N-1) = i*N+1:i*N+N;
```

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

```
S9 (i*(3*N-1)+2*N:i*(3*N-1)+3*N-1) = -Ts;
J9 (i*(3*N-1)+3*N)=i*(4*N+3)+5*N+3;
I9 (i*(3*N-1)+3*N)=1;
S9 (i*(3*N-1)+3*N)=0;
end;

A9 =sparse(I9,J9,S9);
B9(1:s*N,1) = 0;
%% Rang buoc 10
for i=0:s-1
I10 (i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)=i*N+1:i*N+N;
J10 (i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)=i*(4*N+3)+N+1:i*(4*N+3)+2*N;
S10 (i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)=1;
I10 (i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)=i*N+1:i*N+N;
J10 (i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)=i*(4*N+3)+3*N+1:i*(4*N+3)+4*N;
S10 (i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)=-N;
I10 (i*(2*N)+2*N+1)=i*N+1;
J10 (i*(2*N)+2*N+1)=i*(4*N+3)+5*N+3;
S10 (i*(2*N)+2*N+1)=0;

end;
A10= sparse(I10,J10,S10);
B10(1:s*N,1) = N*Ts;
%% Rang buoc 11
for i=0:s-1
I11 (i*(3*N)+1:i*(3*N)+N) = i*N+1:i*N+N ;
J11 (i*(3*N)+1:i*(3*N)+N) = i*(4*N+3)+1*N+1:i*(4*N+3)+2*N ;
S11 (i*(3*N)+1:i*(3*N)+N) = -1 ;
J11 (i*(3*N)+N+1:i*(3*N)+2*N) = i*(4*N+3)+2*N+1:i*(4*N+3)+3*N;
I11 (i*(3*N)+N+1:i*(3*N)+2*N)=i*N+1:i*N+N ;
S11 (i*(3*N)+N+1:i*(3*N)+2*N)=L;
J11 (i*(3*N)+2*N+1:i*(3*N)+3*N) = i*(4*N+3)+5*N+2;
I11 (i*(3*N)+2*N+1:i*(3*N)+3*N) = i*N+1:i*N+N;
S11 (i*(3*N)+2*N+1:i*(3*N)+3*N)=1;
J11 (i*(3*N)+3*N+1)=i*(4*N+3)+5*N+3;
I11 (i*(3*N)+3*N+1)=i*N+1;
S11 (i*(3*N)+3*N+1)=0;

end;

A11_a =sparse(I11,J11,S11);
A11_b=A11_a;
B11_a(1:s*N,1)=0;
B11_b(1:s*N,1)=L;

%% Rang buoc 13
for i=0:s-1
I13 (i*(2*N-1)+1:i*(2*N-1)+N) = i*N+1:i*N+N ;
J13 (i*(2*N-1)+1:i*(2*N-1)+N) = i*(4*N+3)+2*N+1:i*(4*N+3)+3*N ;
S13 (i*(2*N-1)+1:i*(2*N-1)+N) = 1 ;
J13 (i*(2*N-1)+N+1:i*(2*N-1)+2*N-1) = i*(4*N+3)+2*N+1:i*(4*N+3)+3*N-1;
I13 (i*(2*N-1)+N+1:i*(2*N-1)+2*N-1)=i*N+2:i*N+N ;
S13 (i*(2*N-1)+N+1:i*(2*N-1)+2*N-1)=-1;
J13 (i*(2*N-1)+2*N)=i*(4*N+3)+5*N+3;
I13 (i*(2*N-1)+2*N)=i*N+1 ;
S13 (i*(2*N-1)+2*N)=0;

end;
```

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

```
A13 =sparse(I13,J13,S13);
B13(1:s*N,1)= 0;

%% Rang buoc 18
I18(1:N)= 1:N ;
J18(1:N)= 1:N ;
S18(1:N)= 1 ;
J18(N+1:2*N-1)= 1:N-1;
I18(N+1:2*N-1)=2:N ;
S18(N+1:2*N-1)= -aa;%-A
J18(2*N)= N+s*(4*N+3);
I18(2*N)=1 ;
S18(2*N)=0;
for i=0:s-1
J18(i*(N-1)+2*N+1:i*(N-1)+3*N-1)=i*(4*N+3)+4*N+1:i*(4*N+3)+5*N-1;
I18(i*(N-1)+2*N+1:i*(N-1)+3*N-1)=2:N;
S18(i*(N-1)+2*N+1:i*(N-1)+3*N-1)=bb*cc*50;%-B*C
end;

A18= sparse(I18,J18,S18);
B18(1:N,1)= 50*bb*cc*DG;

%% Rang buoc 19
for i=0:s-1
I19(i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)= i*N+1:i*N+N ;
J19(i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)= i*(4*N+3)+2*N+1:i*(4*N+3)+3*N ;
S19(i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)=-KK;
J19(i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)= i*(4*N+3)+4*N+1:i*(4*N+3)+5*N;
I19(i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)=i*N+1:i*N+N ;
S19(i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)=1;
J19(i*(2*N)+2*N+1)=i*(4*N+3)+5*N+3;
I19(i*(2*N)+2*N+1)=i*N+1;
S19(i*(2*N)+2*N+1)=0;
end;

A19 =sparse(I19,J19,S19);
B19(1:s*N,1)=0;
%% Rang buoc 20
%20_a
for i=0:s-1
I20_a(i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)= i*N+1:i*N+N ;
J20_a(i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)= i*(4*N+3)+4*N+1:i*(4*N+3)+5*N ;
S20_a(i*(2*N)+1:i*(2*N)+N)= -1 ;
J20_a(i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)= i*(4*N+3)+5*N+3;
I20_a(i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)=i*N+1:i*N+N ;
S20_a(i*(2*N)+N+1:i*(2*N)+2*N)=1;
end;

A20_a =sparse(I20_a,J20_a,S20_a);
B20_a(1:s*N,1)= 0;
%20_b
for i=0:s-1
I20_b(i*(3*N)+1:i*(3*N)+N)= i*N+1:i*N+N ;
J20_b(i*(3*N)+1:i*(3*N)+N)= i*(4*N+3)+2*N+1:i*(4*N+3)+3*N ;
S20_b(i*(3*N)+1:i*(3*N)+N)= KK ;
```

```
J20_b(i*(3*N)+N+1:i*(3*N)+2*N) = i*(4*N+3)+4*N+1:i*(4*N+3)+5*N;  
I20_b(i*(3*N)+N+1:i*(3*N)+2*N)=i*N+1:i*N+N ;  
S20_b(i*(3*N)+N+1:i*(3*N)+2*N) = -1;  
J20_b(i*(3*N)+2*N+1:i*(3*N)+3*N)=i*(4*N+3)+ 5*N+3;  
I20_b(i*(3*N)+2*N+1:i*(3*N)+3*N)=i*N+1:i*N+N ;  
S20_b(i*(3*N)+2*N+1:i*(3*N)+3*N)=1;  
end;  
  
A20_b =sparse(I20_b,J20_b,S20_b);  
B20_b(1:s*N,1) = KK;  
  
%% Ghep cac ma tran  
A=[A8_a;A8_a;A9;A10;A11_a;A11_b;A13;A18;A19;A20_a;A20_b];  
B=[B8_a;B8_b;B9;B10;B11_a;B11_b;B13;B18;B19;B20_a;B20_b];  
return
```

C Tài liệu tham khảo Under-Frequency Load Shedding Via Integer Programming, IEEE Transactions on Power Systems, vol 27(3), 2012, pp1387-1393.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Frida Ceja-Gomez**, Under-Frequency Load Shedding Via Integer Programming, IEEE Transactions on Power Systems, vol 27(3), 2012, pp1387-1393.
2. **Frida Ceja-Gomez** , Setting Under-Frequency Relays in Power ,2011
Systems via Integer Programming
3. **IEEE**. IEEE Guide for Ac generator protection. 2006. C37. 102
4. **Elmore, W.**Protective relaying: theory and applications. s.1: CRC Press, 2003
5. **Trần Đình Long**, Bảo vệ các Hệ thống điện. s.1: NXB Khoa học kỹ thuật, 2000
6. **Nguyễn Xuân Tùng**, Bài giảng Tự động hóa trong Hệ thống điện.
7. **IEEE**. IEEE Guide for Application of Protective Relays Used for Abnormal Frequency Load Shedding and Restoration. 2007. C37. 117
8. **IEEE**. IEEE guide for abnormal frequency protection for power generating plants (Revision of ANSI/IEEE C37.106-1987), IEEE Std C37.106-2003, 2004.
9. **IEEE Power and Energy Society**. Dynamic models for turbine – governors in Power system Studies, 2013.
10. **Trần Bách**, Tối ưu hóa chế độ hệ thống điện, 1999
11. **Szabolcs Horvát** , Frequency Fluctuations in Power Systems, 2007