73 08 103

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

----------oOo----------

NGUYỄN ĐỨC TOÀN

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA SÓNG HÀI ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG TRONG LƯỚI PHÂN PHỐI

LUẬN VĂN THẠC SĨ NGÀNH HỆ THỐNG ĐIỆN

Người hướng dẫn khoa học: TS. BẠCH QUỐC KHÁNH

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM
11130566
THƯ VIỆN

HÀ NỘI - 2007

Tham khảo miễn phí các tài liệu khác tại luanvantot.com

Dịch vụ viết luận văn trọn gói website: luanvantot.com Zalo/tele 0934573149

Tham khảo miễn phí các tài liệu khác tại luanvantot.com

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC BẢNG.....3

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....4

MỞ ĐẦU.....5

CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VỀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG.....7

1.1 Khái niệm về chất lượng điện năng.....7

1.2 Các quan điểm về chất lượng điện năng.....9

1.2.1 Chất lượng điện năng theo quan điểm độ tin cậy của hệ thống điện.....9

1.2.2 Chất lượng điện năng theo tiêu chuẩn IEEE-1159.....11

CHƯƠNG II: HIỆN TƯỢNG SÓNG HÀI TRÊN LƯỚI PHÂN PHỐI.....16

2.1 Nguyên nhân sinh ra sóng hài.....16

2.1.1 Bộ chỉnh lưu công suất ba pha.....16

2.1.2 Động cơ điện một chiều.....18

2.1.3 Động cơ điện xoay chiều.....19

2.1.4 Ảnh hưởng của điều kiện vận hành.....21

2.1.5 Hiệu ứng của cuộn cảm đường dây xoay chiều đối với sóng hài.....22

2.2 Tác động của sóng hài.....23

2.2.1 Trở kháng của hệ thống.....24

2.2.2 Dung kháng của tụ điện.....27

2.2.3 Cộng hưởng song song.....28

2.2.4 Ảnh hưởng của điện trở và tải trở kháng.....30

2.3 Chỉ tiêu cơ bản đánh giá tác động của sóng hài.....32

CHƯƠNG III: XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA SÓNG HÀI TRONG LƯỚI PHÂN PHỐI.....35

3.1 Đặt vấn đề.....35

3.2 Mô hình lưới đánh giá tác động của sóng hài.....35

Dịch vụ viết luận văn trọn gói website: luanvantot.com Zalo/tele 0934573149

3.2.1 Xác định các thông số cấu trúc của kênh truyền tín hiệu sóng hài.....35

3.2.2 Tính toán các thông số cấu trúc lưới điện ở tần số 50Hz.....36

3.2.3 Các chế độ làm việc của đường dây trung áp.....39

3.3 Xây dựng quan hệ giữa điện áp nút với tần số tín hiệu sóng hài...,.40

CHƯƠNG IV: ÁP DỤNG MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA SÓNG HÀI ĐẾN ĐIỆN ÁP NÚT CÁC LỘ 471 VÀ 472 E2.5.....42

4.1 Mô hình lộ 471 và 472 E2.5 trong chương trình tính toán.....42

4.2 Lập file dữ liệu.....45

4.2.1 File dữ liệu lộ 471 E2.5.....45

4.2.2 File dữ liệu lộ 472 E2.5.....50

4.3 Kết quả tính toán.....61

4.3.1 Kết quả tính toán của lộ 471 E2.5.....61

4.3.2 Kết quả tính toán của lộ 472 E2.5.....65

KẾT LUẬN.....71

TÀI LIỆU THAM KHẢO.....73

PHỤ LỤC.....74

TÓM TẮT.....86

Dịch vụ viết luận văn trọn gói website: luanvantot.com Zalo/tele 0934573149

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1: Phân nhóm và các đặc tính của các hiện tượng điện từ trường trong hệ thống điện.....13

Bảng 4.1: Tóm tắt thông số cấu trúc các lộ cáp ngầm 24kV thuộc trạm biến áp 110kV E2.5 Cửa Cấm.....42

Bảng 4.2: Các thông số của lưới điện trung áp ở tần số 50Hz.....44

Bảng 4.3: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 471 E2.5 trong chế độ không tải (k_t = 0%) 61

Bảng 4.4: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 471 E2.5 trong chế độ non tải (k_t = 10%) 62

Bảng 4.5: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 471 E2.5 trong chế độ bình thường (k_t = 90%) 64

Bảng 4.6: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 472 E2.5 trong chế độ không tải (k_t = 0%) 65

Bảng 4.7: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 472 E2.5 trong chế độ non tải (k_t = 10%).....67

Bảng 4.8: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 472 E2.5 trong chế độ bình thường (k_t = 90%).....69

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 2.1: Phổ của dòng điện và sóng hài của động cơ CSI loại ASD...16

Hình 2.2: Phổ của dòng điện và sóng hài của động cơ PWM loại ASD.....17

Hình 2.3: ASD xoay chiều, 6 xung.....18

Hình 2.4: PWM ASD.....20

Hình 2.5: Động cơ xoay chiều công suất lớn loại ASD.....21

Hình 2.6: Tác động của tốc độ động cơ PWM ASD lên dòng điện xoay chiều.....22

Hình vẽ 2.7: Tác động của đường dây xoay chiều trên ASD dòng điện hài.....23

Hình 2.8: Quan hệ của trở kháng và tần số trong hệ thống có tính cảm kháng.....27

Hình 2.9: Tác động của tụ điện lên tần số trong cộng hưởng song song.....30

Hình 2.10: Tác động của tải trở kháng trong cộng hưởng song song.....31

Hình 3.1: Mô hình đường dây thông số tập trung.....37

Hình 3.2: Mô hình đẳng trị điểm cuối đường dây tại thanh cái máy biến áp phân phối.....39

Hình 4.1: Sơ đồ nguyên lý các lộ 471 và 472 E2.5 Cửa Cấm.....43

MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế, nhu cầu sử dụng điện trong nước gia tăng nhanh chóng. Để đáp ứng ngành điện đã có đầu tư lớn về nguồn và lưới, bên cạnh việc đầu tư phát triển nguồn và lưới nhằm nâng cao độ tin cậy cung cấp điện thì việc đảm bảo chất lượng điện năng cung cấp cũng là một trong những vấn đề rất được quan tâm.

Hiện nay, quá trình công nghiệp hoá - hiện đại hoá ở nước ta đang diễn ra mạnh mẽ trên tất cả các lĩnh vực. Với sự tiến bộ của khoa học-kỹ thuật, việc đưa vào ứng dụng các thiết bị điện - điện tử có hiệu quả cao, các thiết bị vi điều khiển, thiết bị điện tử công suất...ngày càng nhiều, đây cũng chính là những thiết bị nhạy cảm với các nhiễu loạn trong hệ thống điện. Với những nhiễu loạn không mong muốn xuất hiện trong hệ thống làm ảnh hưởng đến tuổi thọ và hiệu quả làm việc của thiết bị điện.

Một trong những vấn đề về chất lượng điện năng hiện đang được nhiều nhà nghiên cứu xem xét và đánh giá là hiện tượng xuất hiện sóng hài do một số các thiết bị điện sinh ra như thiết bị chỉnh lưu, lò hồ quang, động cơ..., khi gặp lưới điện thích hợp gây ra hiện tượng cộng hưởng sóng hài làm nhiễu loạn hệ thống và ảnh hưởng tới điện áp trong lưới điện phân phối. Vấn đề này chính là đối tượng nghiên cứu trong phạm vi của luận văn. Để có một đánh giá tương đối về tác động của sóng hài đến chất lượng điện năng trong lưới phân phối, luận văn sẽ áp dụng để đánh giá đối với lưới phân phối cụ thể là lộ 471 và 472 E2.5 tại Thành phố Hải Phòng.

Để hoàn thành luận văn này, tác giả xin chân thành biết ơn sự tận tình hướng dẫn của TS. Bạch Quốc Khánh và các thầy cô trong bộ môn Hệ thống điện – Khoa Điện – Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Do thời gian có hạn, vấn đề nghiên cứu còn là mới tại Việt Nam, chắc chắn luận văn còn nhiều thiếu sót và hạn chế. Tác giả rất mong nhận được sự

góp ý của các thầy cô và đồng nghiệp để hướng nghiên cứu sau này được tốt hơn.

Xin trân trọng cảm ơn!

CHƯƠNG I
TỔNG QUAN VỀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG

1.1 KHÁI NIỆM VỀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG:

Thuật ngữ chất lượng điện năng được sử dụng khá phổ biến trong ngành công nghiệp điện kể từ sau những năm 1980. Chất lượng điện năng là tập hợp các tiêu chuẩn của điện năng và độ tin cậy cung cấp điện trong hệ thống. Cả cơ quan điện lực và người sử dụng điện đang ngày càng quan tâm đến chất lượng điện năng. Có bốn lý do chính cho sự quan tâm này:

- Ngày nay các thiết bị điện nhạy cảm hơn với sự thay đổi của chất lượng điện năng so với các thiệt bị trước đây, nhiều thiết bị được cấu tạo từ các bộ vi xử lý hoặc các thiết bị điện tử công suất, đây là các thiết bị nhạy cảm với các nhiễu loạn trong hệ thống.
- Sự quan tâm ngày càng lớn vào hiệu suất làm việc của toàn bộ hệ thống điện dẫn đến việc ngày càng ứng dụng nhiều các thiết bị điện như động cơ điều chỉnh tốc độ hiệu suất cao, thiết bị điện tử công suất, lò hồ quang... Điều này dẫn đến mức độ sóng hài ngày càng tăng trong hệ thống điện.
- Nhận thức về các vấn đề liên quan đến chất lượng điện năng ngày càng tăng của khách hàng sử dụng điện. Họ ngày càng nhận được nhiều thông tin hơn về các vấn đề như ngắt điện, quá độ do đóng cắt điện, sụt áp ngắn mạch, sóng hài... Và đây là một thách thức lớn đối với ngành điện để cải thiện chất lượng điện năng phân phối tới khách hàng.

- Hệ thống điện ngày càng phát triển rộng lớn, số lượng thiết bị kết nối trong hệ thống ngày càng nhiều. Vì vậy bất kỳ bộ phận nào bị sự cố cũng gây nên những hậu quả nghiêm trọng.

Trên đây là bốn lý do chính, bên cạnh đó nguyên nhân sâu xa đằng sau các nguyên nhân này là: các nhà sản xuất thì mong muốn hiệu suất làm việc tăng lên, máy móc vận hành tối ưu. Nhìn chung các cơ quan điện lực đều cổ vũ cho nỗ lực này, vì nó giúp khách hàng của họ tăng lợi nhuận cũng như giúp cho ngành điện giảm chi phí đầu tư vào các trạm biến áp và máy phát bằng cách sử dụng hiệu quả các thiết bị điện. Nhưng đôi khi các thiết bị này lại là nguyên nhân gây ra các vấn đề ảnh hưởng đến chất lượng điện năng.

Định nghĩa về chất lượng điện năng:

Có nhiều định nghĩa khác nhau về chất lượng điện năng dựa trên quan điểm của những bên liên quan, ví dụ:

- Phía nhà cung cấp điện có thể định nghĩa chất lượng điện năng như là độ tin cậy và chỉ ra bằng các thống kê độ tin cậy của hệ thống.
- Các nhà sản xuất thiết bị dùng điện lại có thể định nghĩa chất lượng điện năng như các đặc tính của nguồn điện cung cấp cho thiết bị điện làm việc một cách tối ưu. Điều này sẽ là khác nhau cho các thiết bị khác nhau và các nhà sản xuất khác nhau.

Tuy nhiên suy cho cùng thì quan điểm về chất lượng điện năng phải được xem xét trên quan điểm của người sử dụng. Chính vì vậy trong phạm vi của luận văn này sẽ sử dụng định nghĩa về chất lượng điện năng trên quan điểm sau đây:

"Bất kỳ vấn đề điện năng liên quan đến sai lệch về dòng điện, điện áp, tần số mà những sai lệch này dẫn đến sự cố hoặc vận hành sai cho thiết bị của khách hàng sử dụng điện"

1.2 CÁC QUAN ĐIỂM VỀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG:

1.2.1 Chất lượng điện năng theo quan điểm độ tin cậy của hệ thống điện:

a. Độ tin cậy của hệ thống:

"Độ tin cậy là xác suất để hệ thống (hoặc phần tử) hoàn thành triệt để nhiệm vụ yêu cầu trong khoảng thời gian nhất định và trong điều kiện vận hành nhất định".

Đối với hệ thống (hay phần tử) phục hồi, khái niệm khoảng thời gian xác định không có ý nghĩa bắt buộc, vì hệ thống làm việc liên tục. Do đó độ tin cậy được đo bằng đại lượng thích hợp hơn, đó là độ sẵn sàng:

"Độ sẵn sàng là xác suất để hệ thống (hay phần tử) hoàn thành hay sẵn sàng hoàn thành nhiệm vụ trong thời điểm bất kỳ"[5]

Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy của hệ thống điện bao gồm:

- Xác suất thiếu điện cho phụ tải, đó là xác suất công suất phụ tải lớn hơn công suất nguồn điện.
- Điện năng thiếu (điện năng mất) cho phụ tải, đó là kỳ vọng điện năng phụ tải bị cắt do hỏng hóc hệ thống một năm.
- Thiệt hại kinh tế tính bằng tiền do mất điện.
- Thời gian mất điện trung bình cho một phụ tải trong một năm.
- Số lần mất điện trung bình cho một phụ tải trong một năm.

b. Chất lượng tần số:

Chất lượng tần số được đánh giá bằng:

- Độ lệch tần số so với tần số cố định:

$$\Delta f = \frac{f - f_{dm}}{f_{dm}} 100$$

Độ lệch tần số phải nằm trong giới hạn cho phép:

$$\Delta f_{min} \le \Delta f \le \Delta f_{max}$$

Hay tần số phải nằm trong giới hạn cho phép:

$$f_{min} \le f \le f_{max}$$

Trong đó:

$$f_{min} = f_{đm} - \Delta f_{min}$$

$$f_{max} = f_{đm} - \Delta f_{max}$$

- Độ dao động tần số:

Độ dao động tần số được đặc trưng bởi độ lệch giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tần số khi tần số biến thiên nhanh với tốc độ lớn hơn giá trị cho phép

c. Chất lượng điện áp:

Chất lượng điện áp bao gồm các chỉ tiêu sau:

- Độ lệch điện áp so với điện áp định mức của lưới điện:

$$\delta U = \frac{U - U_{đm}}{U_{đm}} 100$$

U là điện áp thực tế trên cực các thiết bị dùng điện, δU phải thoả mãn điều kiện:

$$\delta U^- \le \delta U \le \delta U^+$$

Trong đó δU^- và δU^+ là giới hạn dưới và giới hạn trên của độ lệch điện áp.

- Độ dao động điện áp:

Sự biến thiên nhanh của điện áp được tính theo công thức:

$$\Delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{đm}} 100$$

Tốc độ biến thiên từ U_{min} đến U_{max} không được nhỏ hơn 1%/s. Dao động điện áp gây ra dao động ánh sáng, gây nhiễu các thiết bị điện tử, ảnh hưởng không tốt tới sức khoẻ của người sử dụng điện.

- Độ không đối xứng:

Phụ tải không đối xứng dẫn đến điện áp các pha không đối xứng, sự không đối xứng này được đặc trưng bởi thành phần thứ tự nghịch U_2 của điện áp. Điện áp không đối xứng làm giảm tuổi thọ của thiết bị điện, tăng tổn thất điện năng.

- Độ không sin:

Các thiết bị điện có đặc tính phi tuyến như máy biến áp vận hành ở chế độ không tải, thiết bị chỉnh lưu... làm biến dạng đường đồ thị điện áp làm cho nó không còn hình sin đồng thời suất hiện các sóng hài bậc cao U_j, I_j; các sóng hài bậc cao này gây ra hiện tượng giảm điện áp, phát nóng thiết bị, tăng tổn thất sắt từ trong động cơ, tăng tổn thất điện trong lưới điện.

Tiêu chuẩn Nga quy định:

$$U_{j\Sigma} = \sqrt{\Sigma U_j^2} \le 5\% U_1 \text{ với j = 3, 5, 7, 9, 11, 13...}$$

Trong đó: U_1 là trị số hiệu dụng của sóng hài bậc nhất.

1.2.2 Chất lượng điện năng theo tiêu chuẩn IEEE-1159:

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, trong hệ thống điện ngày càng suất hiện nhiều các thiết bị điện nhạy cảm với các nhiễu loạn xảy ra trong hệ thống. Để phù hợp với tình hình thực tế, khái niệm về chất lượng điện năng cũng phải có sự thay đổi và ngày càng được mở rộng.

Dưới đây ta cùng nhìn lại lịch sử của quá trình đưa ra những tiêu chuẩn liên quan đến chất lượng điện năng đã được IEEE giới thiệu:

- ANSI/IEEE – 519 – 1981: Hướng dẫn của IEEE về kiểm soát sóng hài và bù công suất phản kháng của thiết bị chỉnh lưu.
- IEEE – 519 – 1992: Các quy phạm và yêu cầu về việc kiểm soát sóng hài trong hệ thống điện.
- IEEE – C62.48 – 1995: Hướng dẫn của IEEE về tác động qua lại giữa các nhiễu loạn trong hệ thống điện và thiết bị bảo vệ xung kích.
- IEEE – 1159 – 1995: Tiêu chuẩn của IEEE về vấn đề giám sát chất lượng điện năng.
- IEEE – 1250 – 1995: Hướng dẫn của IEEE về vấn đề giám sát và bảo trì với các thiết bị nhạy cảm với những nhiễu loạn điện áp thoáng qua.
- IEEE – 493 – 1997: Tiêu chuẩn của IEEE về các quy phạm thiết kế hệ thống điện trong lĩnh vực thương mại và công nghiệp để đảm bảo độ tin cậy.
- IEEE – C57.18 – 10 – 1998: Các quy phạm và yêu cầu đối với những máy biến áp chỉnh lưu công suất bán dẫn.
- IEEE – 1346 – 1998: Các quy phạm để đánh giá tính tương thích của hệ thống điện với những thiết bị điện tử.
- IEEE – 1159.3 – 2003: Các quy phạm về vấn đề chuyển giao dữ liệu chất lượng điện năng.
- IEEE – 1531 – 2003: Hướng dẫn của IEEE về việc ứng dụng và các thông số kỹ thuật của các bộ lọc sóng hài.
- IEEE – 1564 – draft 6: Các quy phạm cho việc thiết lập các chỉ số về sụt áp ngắn hạn.

Hệ thống thuật ngữ được trình bày dưới đây phản ánh những lỗ lực của quốc tế trong thời gian qua nhằm định nghĩa một cách chuẩn xác hoá thuật ngữ chất lượng điện năng.

Bảng 1.1 dưới đây sẽ đưa ra phân loại các hiện tượng điện từ trường sử dụng trong lĩnh vực chất lượng điện năng. Những hiện tượng được liệt kê trong bảng có thể được mô tả với những tính chất phù hợp. Các nhóm cùng với sự miêu tả của chúng là quan trọng để có thể phân nhóm các kết quả đo lường và miêu tả hiện tượng điện – từ trường, những hiện tượng có thể gây nên các vấn đề về chất lượng điện năng.

Bảng 1.1: Phân nhóm và các đặc tính của các hiện tượng điện từ trường trong hệ thống điện.

Nhóm	Phạm vi phổ tần chuẩn	Khoảng thời gian chuẩn	Biên độ điện áp chuẩn
I. Quá độ			
1.1 Xung kích			
1.1.1 Nano giây	5 ns	<50 ns	
1.1.2 Micro giây	1 µs	50 ns - 1 ms	
1.1.3 Mili giây	0.1 ms	> 1 ms	
1.2 Dao động			
1.2.1 Tần số thấp	< 5 kHz	0.3-50 ms	0 – 4 pu
1.2.2 Tần số trung bình	5- 500 kHz	20 µs	0 – 8 pu
1.2.3 Tần số cao	0.5 – 5 MHZ	5 µs	0 - 4 pu
II. Biến đổi ngắn hạn			
2.1 Tức thì			
2.1.1 Ngắt điện		0.5–30 chu kỳ	<0.1 pu
2.1.2 Sụt áp		0.5–30 chu kỳ	0.1– 0.9pu
2.1.3 Tăng áp		0.5–30 chu kỳ	1.1-1.8pu
2.2 Thoáng qua			
2.2.1 Ngắt điện		30 chu kỳ – 3s	<0.1 pu
2.2.2 Sụt áp		30 chu kỳ – 3s	0.1– 0.9pu
2.2.2 Tăng áp		30 chu kỳ – 3s	1.1-1.4pu

2.3 Tạm thời			
2.3.1 Ngắt điện		3s – 1phút	<0.1 pu
2.3.2 Sụt áp		3s – 1phút	0.1– 0.9pu
2.3.3 Tăng áp		3s – 1phút	1.1-1.2pu
III. Biến đổi dài hạn			
3.1 Ngắt điện duy trì		> 1 phút	0.0 pu
3.2 Điện áp thấp		> 1 phút	0.8-0.9 pu
3.3 Điện áp cao		> 1 phút	1.1-1.2pu
IV. Sự không đối xứng về điện áp		Trạng thái ổn định	0.5-2%
V.Méo dạng sóng			
5.1 "DC offset"		Trạng thái ổn định	0-0.1%
5.2 Sóng hài	0-100 th	Trạng thái ổn định	0-20%
5.3 Đa sóng hài	0-6 kHz	Trạng thái ổn định	0-2%
5.4 Notching		Trạng thái ổn định	
5.5 Độ ồn		Trạng thái ổn định	0-1 %
VI. Các dao động về điện áp	< 25Hz		0.1-7%
VII. Các độ lệch về tần số hệ thống		<10s	

Kết luận:

Các vấn đề về chất lượng điện năng đang ngày càng được quan tâm ở cả ba phía: Khách hàng sử dụng, cơ quan điện lực và các nhà sản xuất. Ngày nay trong môi trường cạnh tranh, cùng với sự xuất hiện thị trường cung cấp điện thì vấn đề về chất lượng điện năng càng trở nên quan trọng và cần được quan tâm nhiều. Sự không hài lòng của khách hàng sử dụng điện có thể ảnh hưởng đến tình hình kinh doanh bán điện của cơ quan điện lực và các nhà sản xuất thiết bị dùng điện.

Trong các vấn đề về chất lượng điện năng thì hiện tượng cộng hưởng sóng hài trên lưới phân phối đang là một vấn đề được nhiều người quan tâm và

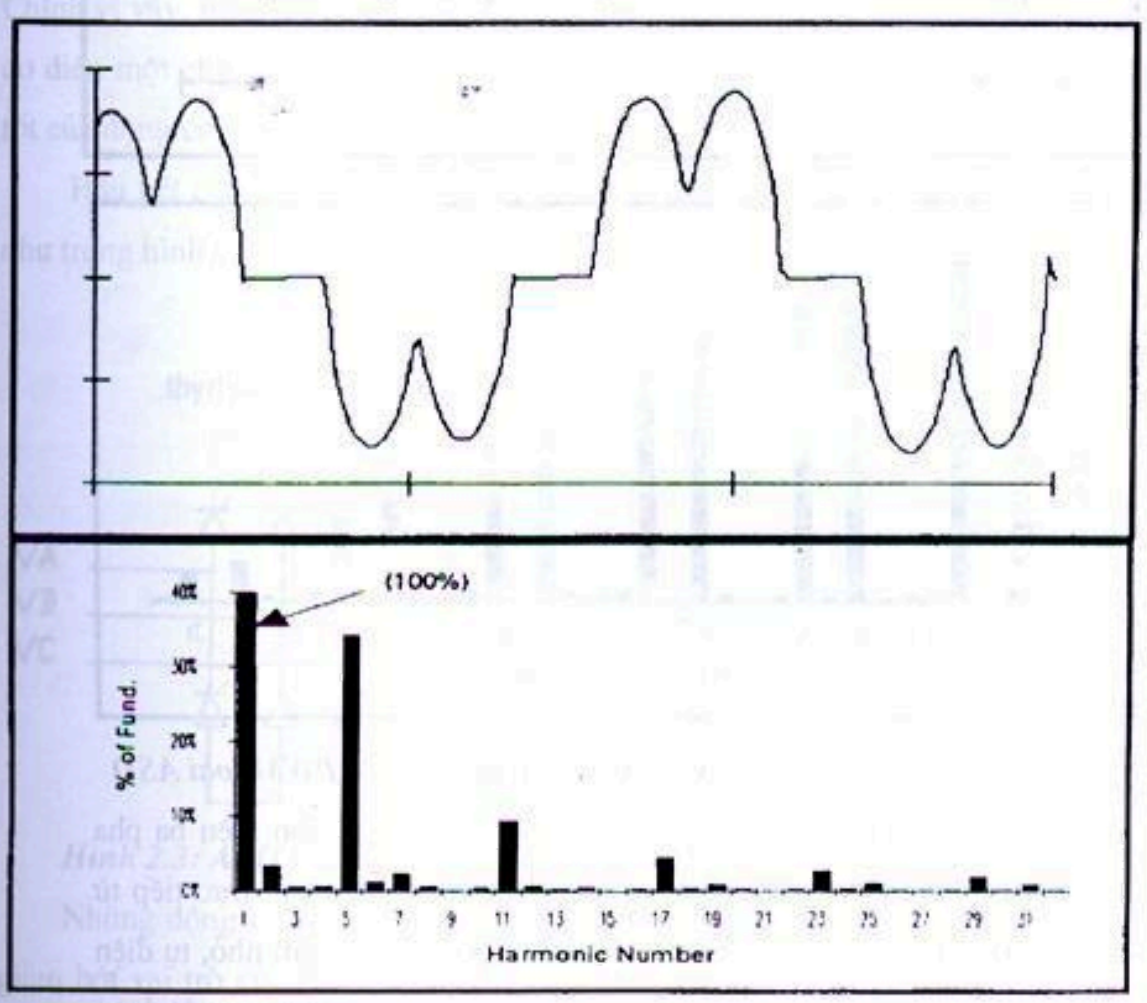
tìm hiểu. Và đây cũng chính là đối tượng thuộc phạm vi nghiên cứu của luận văn. Từ đó sẽ áp dụng để đánh giá ảnh hưởng của hiện tượng cộng hưởng sóng hài đến điện áp tại các nút phụ tải trên lưới điện trung áp 22kV của các lộ 471 và 472 E2.5 tại Thành phố Hải Phòng.

CHƯƠNG II
HIỆN TƯỢNG SÓNG HÀI TRÊN LƯỚI PHÂN PHỐI

2.1 NGUYÊN NHÂN SINH RA SÓNG HÀI:

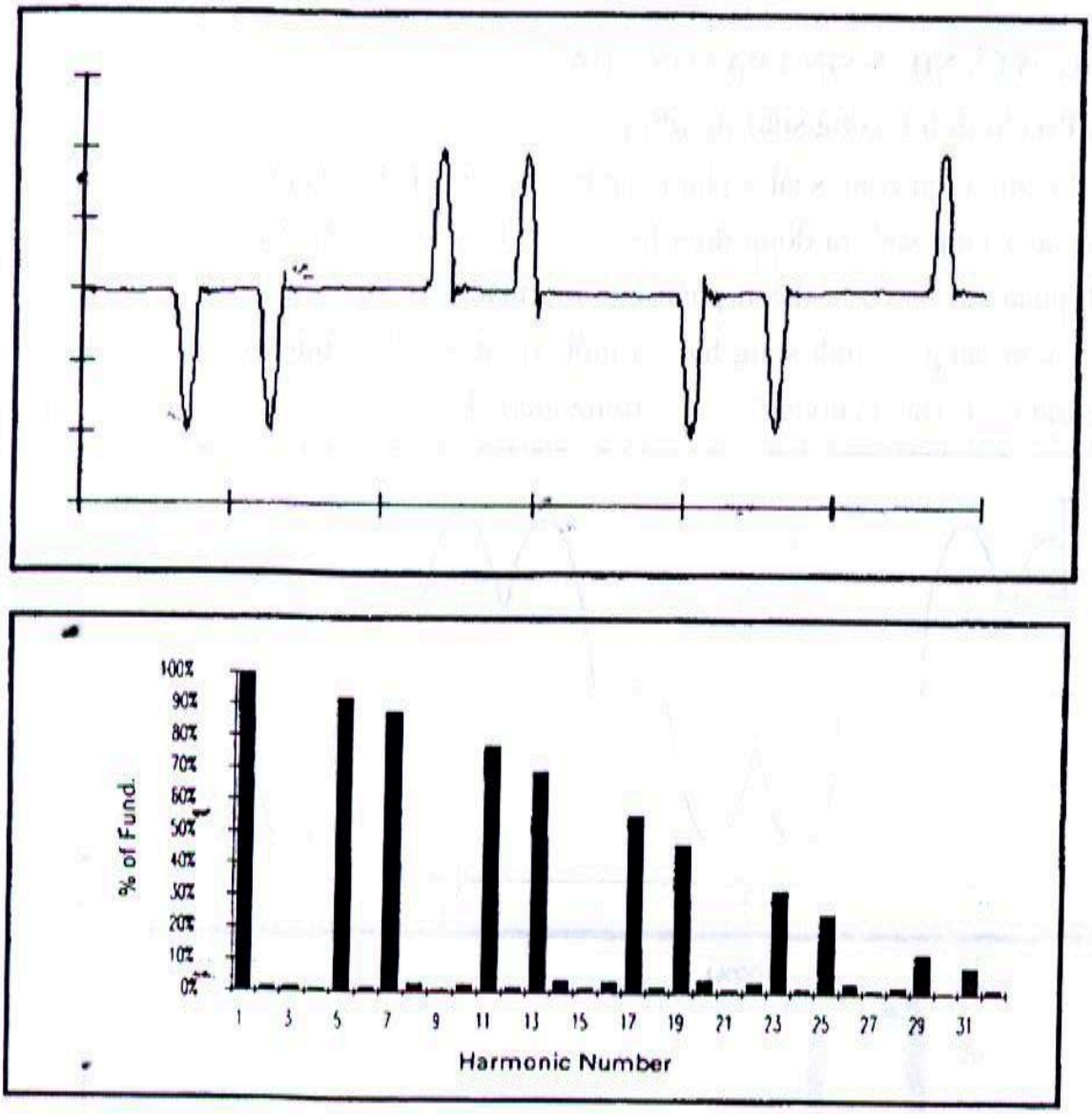
2.1.1 Bộ chỉnh lưu công suất ba pha:

Bộ chỉnh lưu công suất 3 pha khác biệt với bộ chỉnh lưu công suất 1 pha bởi vì nó không sinh ra dòng điện hài bậc 3. Đây là một ưu điểm lớn bởi vì thành phần hài bậc 3 là thành phần hài lớn nhất. Tuy nhiên nó vẫn có thể là một nguồn đáng kể sinh sóng hài tại một số tần số đặc trưng như được nêu trong hình 2.1. Đây là dòng điện đặc trưng thuộc loại ASD.



Hình 2.1: Phổ của dòng điện và sóng hài của động cơ CSI loại ASD

Hình ảnh sóng hài như trong hình vẽ 2.1 ở trên cũng có thể là dạng dòng điện đầu vào đặc trưng của động cơ một chiều. Các bộ biến tần điện áp (giống loại PWM) có thể có mức độ biến dạng lớn hơn nhiều (như trong hình 2.2).



Hình 2.2: Phổ của dòng điện và sóng hài của động cơ PWM loại ASD

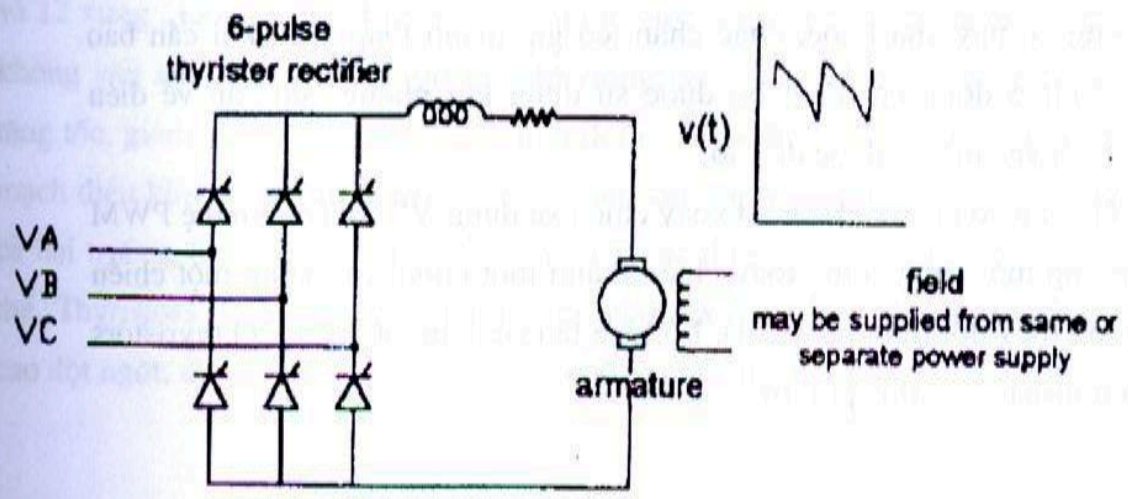
Đầu vào cho thiết bị PWM được thiết kế giống như nguồn điện ba pha của máy vi tính dưới dạng switch-mode. Bộ chỉnh lưu cung cấp trực tiếp từ thanh cái ac tới một tụ điện lớn trên thanh cái dc. Với độ tự cảm nhỏ, tụ điện sẽ phóng điện trong khoảng thời gian bằng một xung rất ngắn, tạo ra một dạng

dòng điện xoay chiều đặc biệt có dạng tai thỏ với độ biến dạng rất lớn. Trong khi các nguồn điện dạng switch-mode thường cung cấp cho tải nhỏ, thiết bị PWM được cung cấp cho các tải có công suất lên tới 500 mã lực. Đây là một nguyên nhân hợp lý cho các lo lắng của các kỹ sư điện.

2.1.2 Động cơ điện một chiều:

Sự chỉnh lưu là bước duy nhất mà động cơ một chiều yêu cầu. Do đó chúng có lợi thế là một hệ điều khiển tương đối đơn giản. So sánh với động cơ xoay chiều, động cơ một chiều cung cấp một dải tốc độ rộng hơn và mô men khởi động lớn hơn. Tuy nhiên giá thành và chi phí bảo dưỡng động cơ một chiều cao, trong khi giá trị của các thiết bị điện tử lại giảm theo hàng năm. Chính vì vậy, những yêu cầu về tính kinh tế đã giới hạn sự tham gia của động cơ điện một chiều trong những ứng dụng cần đến đặc tính tốc độ và mô men tốt của động cơ một chiều.

Hầu hết các động cơ một chiều sử dụng bộ chỉnh lưu 6-xung (six-pulse) như trong hình 2.3.



Hình 2.3: ASD xoay chiều, 6 xung.

Những động cơ lớn có thể sử dụng bộ chỉnh lưu 12 xung. Điều này làm giảm bớt vai trò của dòng điện thyristor và giảm bớt vào thành phần hài lớn của dòng điện xoay chiều. Hai thành phần dòng điện hài xoay chiều lớn nhất

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM
THƯ VIỆN

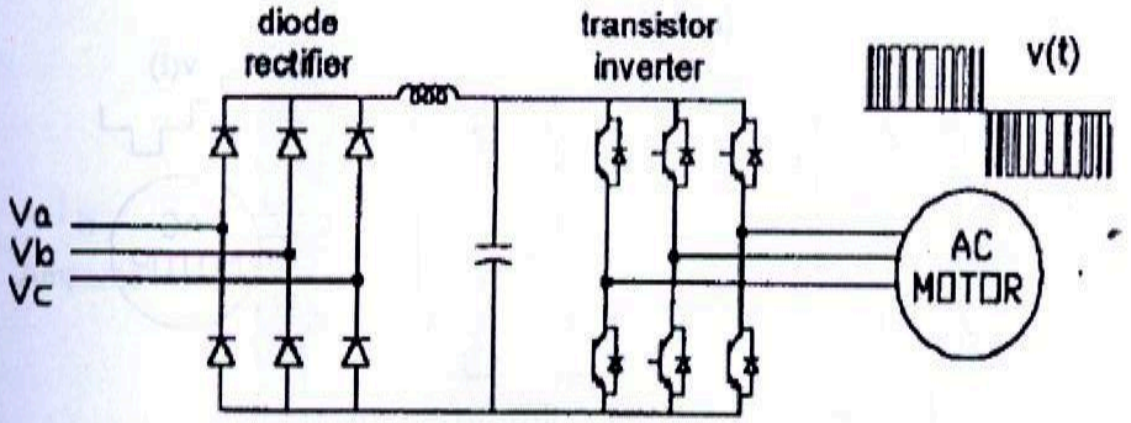
đối với bộ chỉnh lưu 6 xung là hài bậc 5 và bậc 7. Đó cũng là thành phần rắc rối nhất về mặt phản hồi của hệ thống. Một bộ chỉnh lưu 12 xung trong ứng dụng kiểu này có thể loại bỏ 90% của thành phần hài bậc 5 và 7, phụ thuộc vào sự mất cân bằng của hệ thống. Nhược điểm của bộ chỉnh lưu 12 xung là các thiết bị điện tử nhiều hơn, đắt hơn và một máy biến điện áp thông thường được yêu cầu.

2.1.3 Động cơ điện xoay chiều:

Trong động cơ điện xoay chiều, đầu ra của chỉnh lưu được biến đổi để đem lại một điện áp có tần số có thể thay đổi cho động cơ. Biến tần được phân chia thành biến tần có nguồn là điện áp (VSI) và biến tần có nguồn là dòng điện (CSI). Một VSI cần một điện áp một chiều gần như không đổi. Điện áp này có được nhờ vào một tụ điện hoặc một mạch lọc LC trong mạch điện một chiều. Biến tần CSI yêu cầu một dòng điện một chiều đầu vào gần như không đổi do đó một loạt các cuộn cảm mắc nối tiếp sẽ được đặt ở trong mạch điện một chiều

Động cơ điện xoay chiều nói chung là sử dụng loại động cơ lồng sóc. Loại động cơ này vừa khỏe, chắc chắn, có giá thành thấp và ít khi cần bảo dưỡng. Những động cơ đồng bộ được sử dụng khi những yêu cầu về điều chỉnh chính xác tốc độ được đề cao.

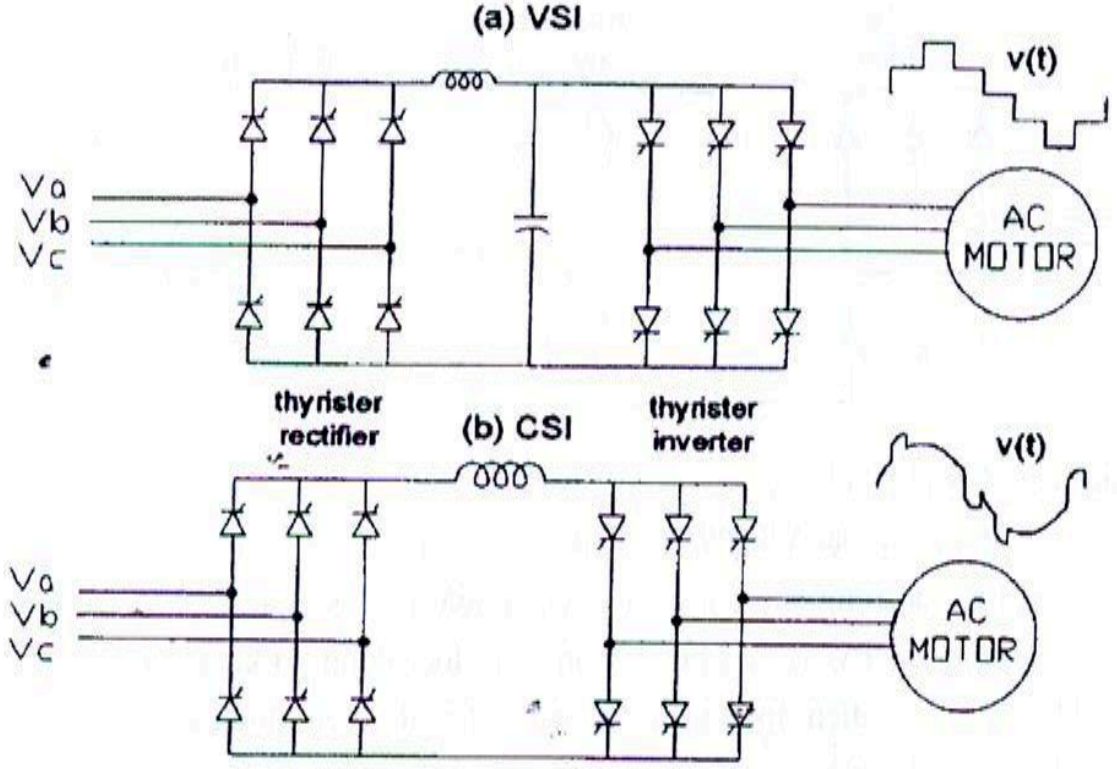
Một dạng sơ đồ của động cơ xoay chiều sử dụng VSI và công nghệ PWM để tổng hợp một dạng sóng xoay chiều thành một chuỗi các xung một chiều có bề rộng thay đổi (như hình 2.4). Bộ biến tần sử dụng SCRs, GTO thyristors hoặc là transistor for this purpose.



Hình 2.4: PWM ASD

Hiện nay, động cơ loại VSI PWM cung cấp hiệu quả năng lượng tốt nhất đối với một dải tốc độ rộng cho động cơ có công suất tới 500 mã lực. Một ưu điểm nữa của động cơ PWM là, không giống các loại động cơ khác, không cần thiết phải thay đổi điện áp đầu ra của chỉnh lưu để điều chỉnh điện áp. Điều này cho phép chỉnh lưu thyristor có thể được thay thế bởi điốt và mạch điều khiển thyristor có thể bỏ qua.

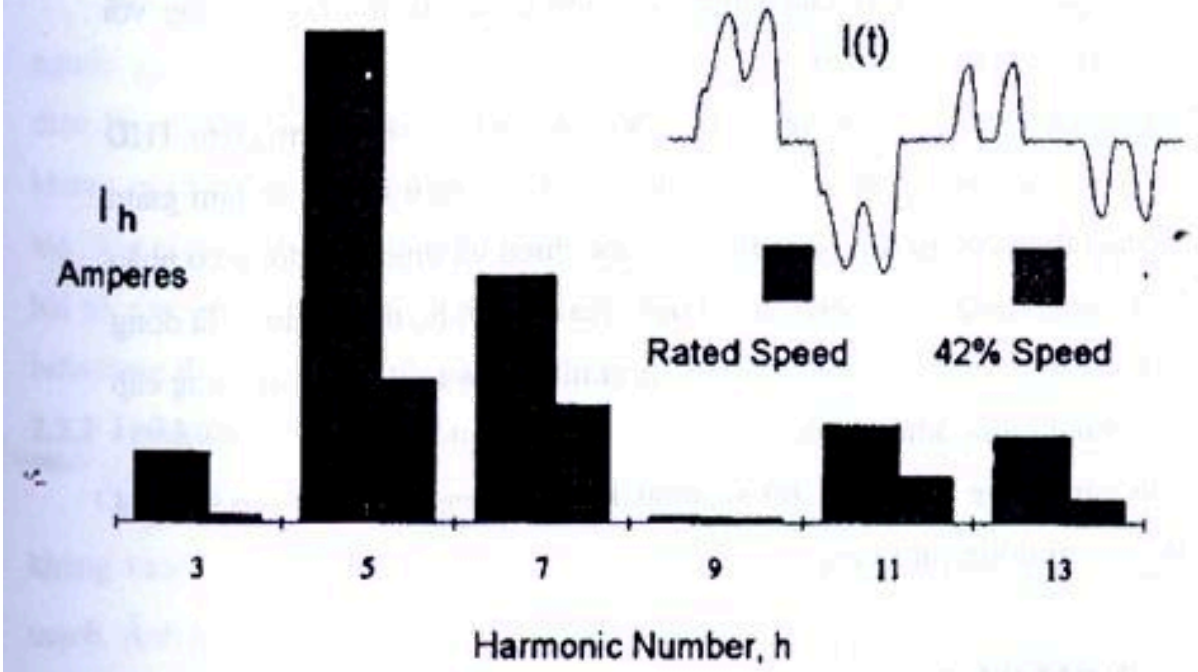
Động cơ công suất rất lớn cần có các chỉnh lưu và biến tần SCR 6 xung và 12 xung . Động cơ VSI (hình 2.5a) được giới hạn dùng trong các ứng dụng không yêu cầu thay đổi tốc độ nhanh. Động cơ CSI (hình 2.5b) có đặc tính tăng tốc, giảm tốc tốt nhưng cần có một động cơ với hệ số công suất cao hoặc mạch điều khiển phải được thêm vào để liên kết với biến tần thyristors. Trong cả hai trường hợp, bộ điều khiển CSI phải được thiết kế cho từng động cơ cụ thể. Thyristors trong biến tần dòng điện phải được bảo vệ khỏi điện áp tăng cao đột ngột, điều này có thể gây ra chi phí cao của loại mạch này.



Hình 2.5: Động cơ xoay chiều công suất lớn loại ASD.

2.1.4 Ảnh hưởng của điều kiện vận hành:

Sự biến dạng của thành phần dòng điện hài trong động cơ có thể thay đổi tốc độ là không cố định. Dạng sóng thay đổi đáng kể đối với những giá trị tốc độ và mô men khác nhau.



Hình 2.6: Tác động của tốc độ động cơ PWM ASD lên dòng điện xoay chiều.

Hình 2.6 chỉ ra 2 điều kiện vận hành của một động cơ có thể thay đổi tốc độ loại PWM. Khi dạng sóng ở 42%, tốc độ sẽ bị bóp méo lớn hơn tỉ lệ tương ứng, động cơ sẽ gây ra dòng điện hài có giá trị lớn ở tốc độ định mức. Sơ đồ hình cột chỉ ra thành phần dòng điện được xen vào. Đây là thông số hạn chế về mặt thiết kế, không phải là giá trị THD lớn nhất. Các kỹ sư cần phải cẩn thận để hiểu những kiến thức cơ bản của dữ liệu và những số đo liên quan đến những động cơ này trước khi đưa ra những quyết định về thiết kế.

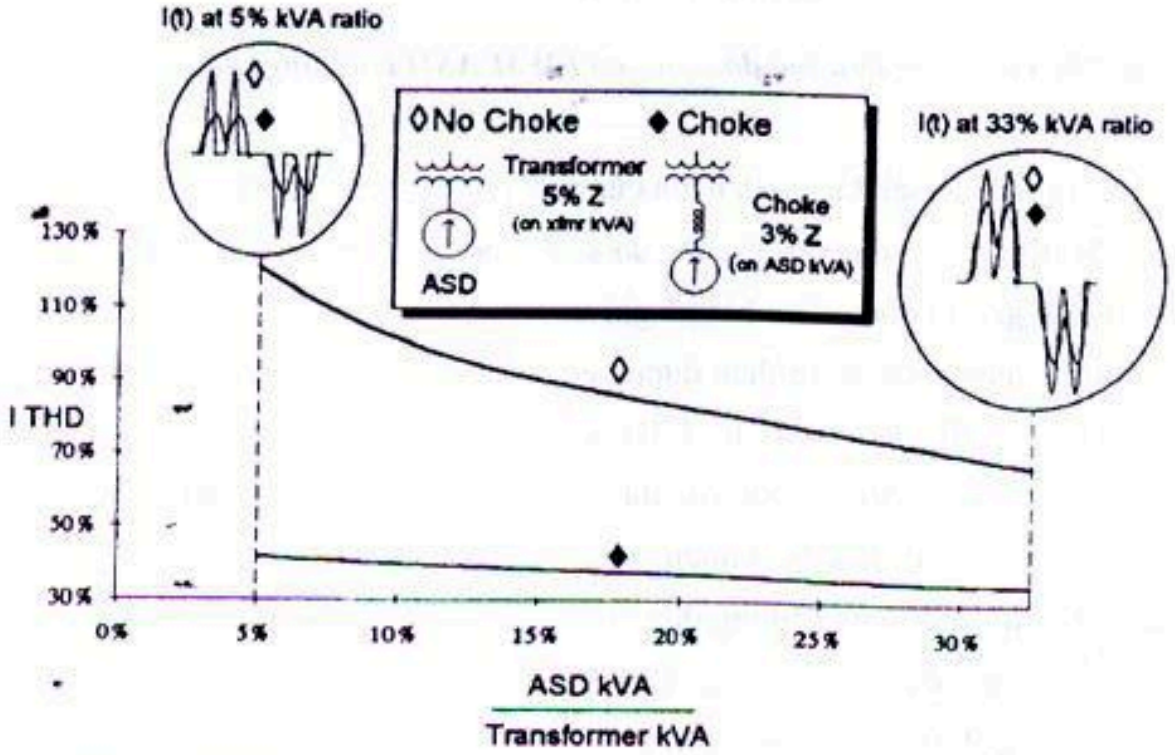
2.1.5 Hiệu ứng của cuộn cảm đường dây xoay chiều đối với sóng hài:

Chèn thêm điện kháng giữa một ASD và hệ thống sẽ làm giảm thành phần hài của dòng điện trên đường dây. Điều này đặc biệt hiệu quả đối với động cơ PWM. Hình 2.7 chỉ ra một đồ thị của biến dạng dòng điện với tỉ số của công suất động cơ (kVA) và công suất máy biến áp (kVA) trong 2 trường hợp: có và không có 3% cuộn cảm. Cuộn cảm được đánh giá trên cơ sở của

ASD. Sóng mẫu ở mỗi đầu của vùng được chỉ ra. Sóng lớn hơn là ứng với trường hợp không có cuộn cảm.

Một sự cải tiến rất đáng kể là thêm vào một cuộn cảm, làm giảm THD của dòng điện từ phạm vi 90-100% xuống 30-40%. Điện kháng sẽ làm giảm tốc độ phóng điện của tụ điện ở thanh cái một chiều và thúc đẩy động cơ nhận dòng điện trong khoảng thời gian lớn. Hiệu quả đối với hệ thống chính là dòng điện với biên độ nhỏ và ít thành phần hài hơn rất nhiều trong khi vẫn cung cấp một lượng năng lượng không đổi.

Cuộn cảm cũng giúp loại bỏ sự ngắt không đúng của động cơ do quá trình quá độ khi đóng cắt tụ điện.



Hình vẽ 2.7: Tác động của đường dây xoay chiều trên ASD dòng điện hài.

2.2 TÁC ĐỘNG CỦA SÓNG HÀI:

Trong hệ thống điện, sự phản hồi của hệ thống cũng quan trọng như nguồn gốc của sóng hài. Trên thực tế, hệ thống điện khá tolerant của dòng điện bị các tải tạo ra sóng hài trừ khi có một số tương tác có hại đối với trở kháng của hệ thống. Nhận ra nguồn gốc của sóng hài chỉ là một nửa của công việc khi phân tích sóng hài. Sự phản hồi của hệ thống tại mỗi tần số của sóng hài sẽ xác định chính xác sự ảnh hưởng của tải không tuyến tính đối với sự biến dạng điện áp do thành phần hài gây ra.

2.2.1 Trở kháng của hệ thống:

Ở tần số cơ bản, các hệ thống điện trước hết là có tính cảm ứng và trở kháng tương đương đôi khi được gọi một cách đơn giản là điện kháng ngắn mạch. Ảnh hưởng của dung kháng ở các hệ thống điện phân phối và điện công nghiệp thường được bỏ qua. Một trong số những đại lượng được sử dụng thường xuyên nhất trong phân tích sóng hài trong hệ thống điện đó là trở kháng ngắn mạch tính tới điểm đặt một tụ điện. Nếu giá trị đó không có sẵn, nó có thể được tính toán từ những kết quả nghiên cứu về ngắn mạch. Những kết quả đó cũng cho ta biết về công suất ngắn mạch (MVA) và dòng điện ngắn mạch như sau:

$$Z_{SC} = K_{SC} + jX_{SC} = \frac{kV^2}{MVA_{SC}} = \frac{I_{SC}}{\sqrt{3}kV} \qquad (2.1)$$

Trong đó:

Z_{SC} : Tổng trở ngắn mạch.

R_{SC} : Điện trở ngắn mạch.

X_{SC} : Điện kháng ngắn mạch.

kV : Điện áp pha, kV.

MVA_{SC} : Công suất ngắn mạch ba pha của hệ thống, MVA.

I_{SC} : Dòng điện ngắn mạch, A.

Z_{SC} là đại lượng tính theo pha, bao gồm hai thành phần điện kháng và điện trở. Tuy nhiên nếu dữ liệu về ngắn mạch không có thông số tính theo pha, phải giả sử rằng tổng trở hoàn toàn có tính cảm ứng. Đây là một giả định khá tốt đối với hệ thống điện công nghiệp và hệ thống điện tiêu dùng. Khi không phải là các trường hợp đó, chúng ta phải xác định một giá trị điện trở đáng tin cậy hơn bởi vì nó sẽ ảnh hưởng đến kết quả tính toán một khi phải tính đến các tụ điện.

Thành phần cảm kháng của tổng trở thay đổi không tuyến tính với tần số. Những người mới làm thường gặp các lỗi phổ biến trong phân tích sóng hài đó là quên điều chỉnh điện kháng theo tần số. Điện kháng tại sóng hài bậc h được xác định từ điện kháng cơ bản X_1 theo công thức sau:

$$X_h = hX_1 \qquad (2.2)$$

Trong hầu hết các hệ thống điện, một cách tổng quát có thể giả định rằng trở kháng không thay đổi đáng kể khi nghiên cứu ảnh hưởng của sóng hài khi có bậc nhỏ hơn 9. Đối với những đường dây và cáp điện, trở kháng thay đổi xấp xỉ theo căn bậc hai của tần số khi những hiệu ứng mặt ngoài trở nên quan trọng đối với vật dẫn ở những tần số cao. Đối với máy biến áp thì quy luật này là một ngoại lệ. Bởi vì tổn thất do dòng điện xoáy, trở kháng biểu kiến của máy biến áp có thể thay đổi gần như là tỷ lệ thuận với tần số. Điều này có thể mang lại những hiệu ứng có lợi đối với việc chống rung khi có cộng hưởng tần số như chúng ta sẽ thấy dưới đây. Đối với các máy biến áp nhỏ, dưới 100 kVA, trở kháng của cuộn dây thường lớn so với các điện kháng khác nên nó làm mất tác dụng của dòng điện xoáy và có sự thay đổi nhỏ trong tổng trở kháng biểu kiến cho đến khi tần số lên đến 500Hz. Tất nhiên là những máy biến áp nhỏ này có tỉ số X/R từ 1.0 đến 2.0 tại tần số cơ bản trong khi đó ở những máy biến áp lớn tỉ số này thường từ 20 đến 30. Nếu thanh cái đang nghiên cứu bị chi phối bởi trở kháng của máy biến áp hơn là trở kháng đường dây, mô hình trở kháng của hệ thống nên được nghiên cứu kỹ càng và cẩn

thận. Bỏ qua thành phần điện trở có thể dẫn đến những dự đoán bảo thủ về sự biến dạng sóng hài.

Tại những điện áp sử dụng như là hệ thống điện công nghiệp, điện kháng tương đương của hệ thống thường được chi phối bởi trở kháng của máy biến áp đang vận hành. Một cách gần đúng có thể coi X_{SC} bằng trở kháng của máy biến áp.

$$X_{SC} \approx X_{tx} \qquad (2.3)$$

Công thức trên có thể đúng tới ít nhất 90% và phổ biến là hơn 90%. Điều này là đủ để đánh giá có hay không có sự cố đáng kể về cộng hưởng sóng hài. Trở kháng của máy biến áp tính theo Ohm có thể xác định bằng trở kháng tương đối trên nhãn máy theo công thức sau:

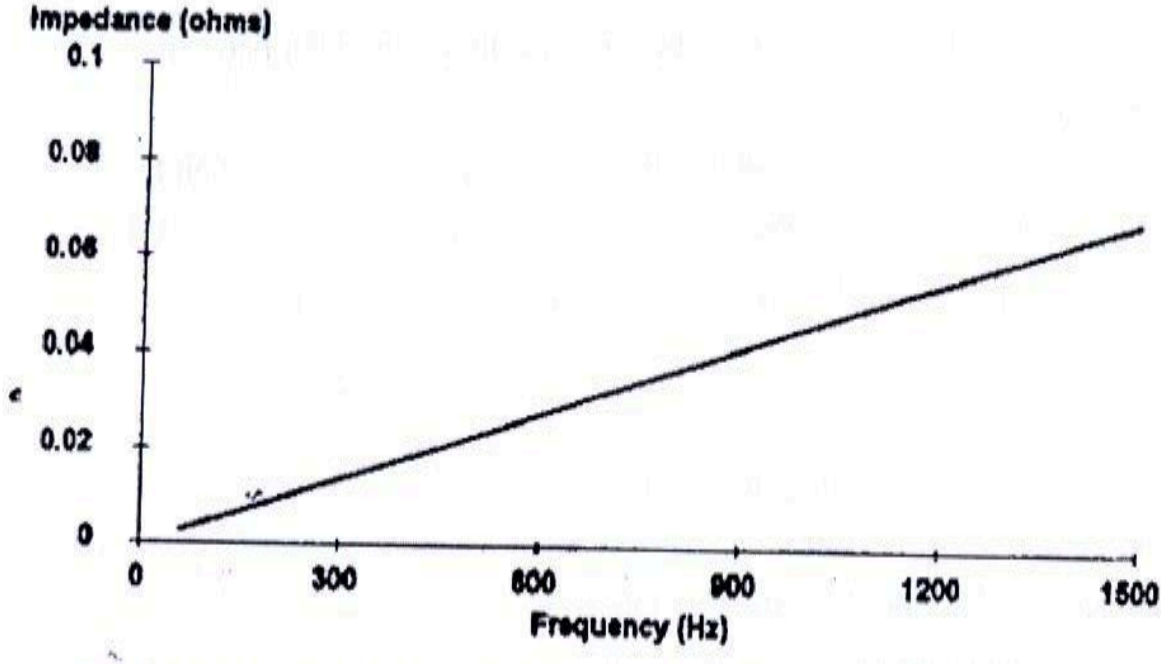
$$X_{tx} = \left(\frac{kV_{\phi\phi}^2}{MVA_{3\phi}} \right) \times Z_{tx}(\%) \qquad (2.4)$$

Công thức trên đã giả định trở kháng bằng điện kháng. Thí dụ một máy biến áp 1500kVA, điện kháng 6%, điện kháng tương đương ở phía 480 V là:

$$X_{tx} = \left(\frac{kV_{\phi\phi}^2}{MVA_{3\phi}} \right) \times Z_{tx}(\%) = \left(\frac{0,48^2}{1,5} \right) \times 0,06 = 0,0092$$

Đồ thị của trở kháng và tần số của một hệ thống có tính cảm kháng (không có tụ điện) như trong hình vẽ 2.8.

Các hệ thống điện thực tế không hoàn toàn thể hiện như trên. Những mô hình đơn giản này đã bỏ qua dung kháng khi nghiên cứu thành phần hài.



Hình 2.8: Quan hệ của trở kháng và tần số trong hệ thống có tính cảm kháng.

2.2.2 Dung kháng của tụ điện:

Những tụ bù ngang tại phụ tải để nâng hệ số công suất hoặc tại các hệ thống điện tiêu dùng, làm thay đổi rất lớn trở kháng của hệ thống khi tần số thay đổi. Tụ điện không tạo ra sóng hài nhưng sự biến dạng lớn của sóng hài đôi khi là thuộc tính của tụ điện. Trong khi điện kháng tỉ lệ thuận với tần số còn dung kháng lại tỉ lệ nghịch với tần số.

$$X_c = \frac{1}{2\pi \times f \times C} \qquad (2.5)$$

Trong đó C là điện dung tính bằng Farads (F).

Đại lượng này ít khi có sẵn đối với các tụ điện và thường được thể hiện bằng khái niệm Kvar hoặc Mvar tại một điện áp cụ thể. Dung kháng tương đương của đường dây với đất tại tần số cơ bản với một bộ tụ điện có thể được xác định bằng công thức sau:

$$X_c = \frac{kV^2}{M\,\text{var}} = \frac{kV^2(1000)}{k\,\text{var}} \qquad (2.6)$$

Đối với tụ điện ba pha, sử dụng điện áp dây và công suất dung kháng 3 pha. Đối với những thiết bị 1 pha, sử dụng điện áp và công suất dung kháng 1 pha. Ví dụ, đối với bộ tụ điện 3 pha, 1200 kvar, 13.8 kV, dung kháng thứ tự thuận tính bằng Ohm sẽ là:

$$X_c = \frac{kV^2}{M\,\text{var}} = \frac{13,8}{1,2} 158,7\Omega$$

2.2.3 Cộng hưởng song song:

Tất cả các mạch có cả cảm kháng và dung kháng đều có một tần số tự nhiên hoặc hơn. Khi một trong số những tần số đó trùng với tần số của hệ thống sự cộng hưởng có thể xảy ra và điện áp cũng như dòng điện tại tần số đó sẽ có giá trị rất lớn. Điều này là nguồn gốc của hầu hết các sự cố liên quan đến sự biến dạng sóng hài trong hệ thống.

Tại tần số của sóng hài, do nguồn sóng hài những tụ điện bù ngang xuất hiện song song với điện kháng tương đương của hệ thống như trong mạch điện tương đương ở hình vẽ 2.9a và 2.9b. Tại những tần số khác tần số cơ bản, nguồn của hệ thống có thể bị ngắn mạch. Tại tần số mà X_c bằng tổng điện kháng của hệ thống, điện kháng biểu kiến của hệ điện cảm và điện dung mắc song song được xem như là nguồn dòng điện hài-có thể trở thành rất lớn. Điều này dẫn tới sự cộng hưởng song song điển hình. Tác động của sự thay đổi dung lượng tụ điện trên điện kháng nhìn từ nguồn sóng hài được thể hiện trên hình vẽ 2.9c và so sánh với trường hợp không có tụ điện. Rõ ràng rằng nếu một trong những đỉnh của dòng điện thẳng hàng với dòng điện hài sinh ra bởi tải tiêu thụ thì sẽ có điện áp rơi rất lớn trên điện kháng biểu kiến hơn là khi không có tụ điện.

Tần số cộng hưởng cho một sự kết hợp cụ thể giữa điện cảm và điện dung có thể được tính toán từ nhiều công thức khác nhau tuỳ thuộc vào những thông số đang có. Biểu thức cơ bản của tần số cộng hưởng là:

$$f_r = \frac{1}{2\Pi\sqrt{LC}} \qquad (2.7)$$

Những nhà phân tích hệ thống điện thường không có sẵn giá trị L và C và họ thường sử dụng các công thức khác của mối quan hệ L và C. Sóng hài cộng hưởng thường được tính dựa trên điện kháng ở tần số cơ bản và các giá trị định mức bằng cách sử dụng một trong những công thức sau:

$$h_r = \sqrt{\frac{X_C}{X_{SC}}} = \sqrt{\frac{MVA_{SC}}{\text{Mvar}_{cap}}} = \sqrt{\frac{kVA_{tx} \times 100}{k\ \text{var}_{cap} \times Z_{tx}(\%)}} \qquad (2.8)$$

Trong đó:

h_r : Sự hoà âm cộng hưởng.

X_C : Điện kháng tụ điện.

X_{SC} : Điện kháng mạch chập hệ thống.

MVA_{SC} : Hệ thống mạch chập MVA.

$Mvar_{cap}$: Sự đánh giá Mvar của ngân hàng tụ điện.

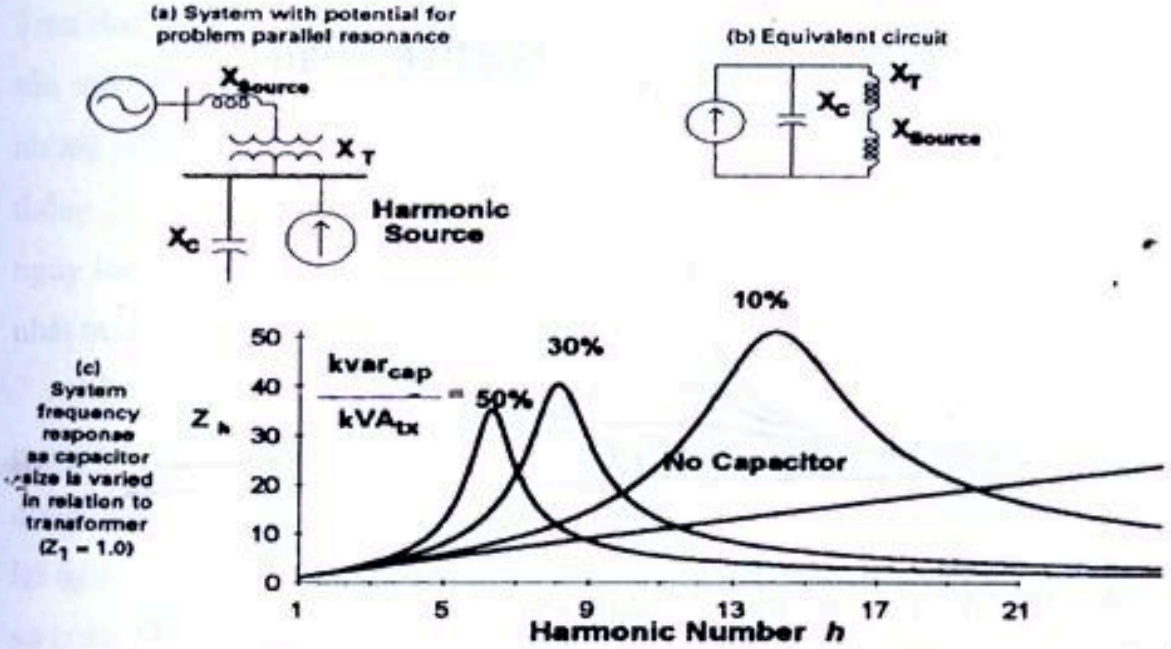
kVA_{tx} : Sự đánh giá kVA của máy giảm thế.

$kvar_{cap}$: Sự đánh giá kvar của ngân hàng tụ điện.

Z_{tx} : Trở kháng máy giảm thế.

Thí dụ, đối với một thanh cái cung cấp cho một phụ tải công nghiệp mà ở đó điện kháng của máy biến áp là không đáng kể, sóng hài cộng hưởng của một máy biến áp 150kVA, điện kháng ngắn mạch 6% và tụ điện 500 kvar sẽ được tính như sau:

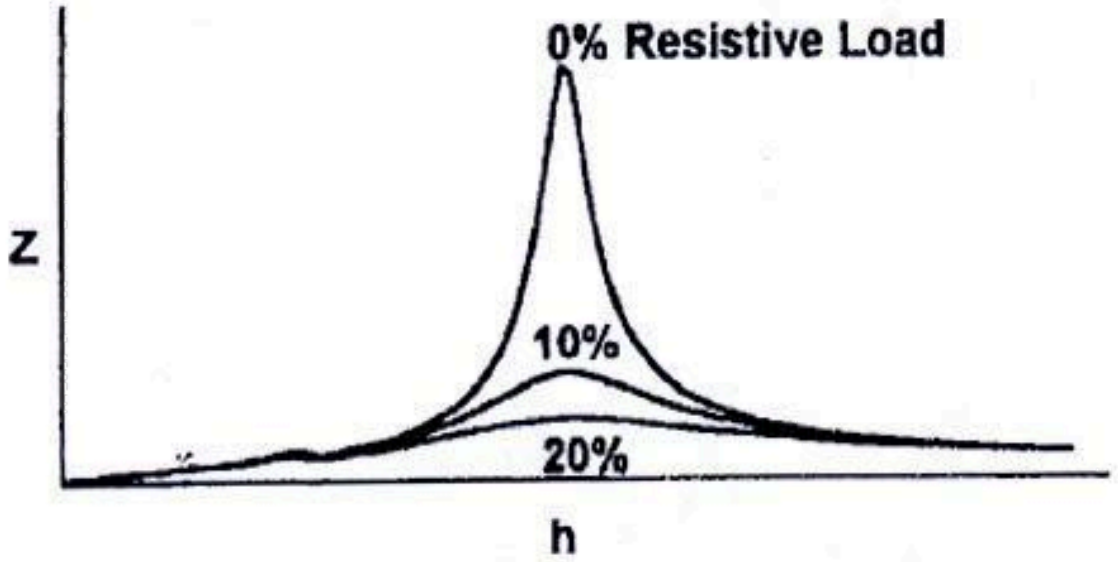
$$h_r \approx \sqrt{\frac{kVA_{tx} \times 100}{k\ \text{var}_{cap} \times Z_{tx}(\%)}} = \sqrt{\frac{1500 \times 100}{500 \times 6}} = 7{,}07$$



Hình 2.9: Tác động của tụ điện lên tần số trong cộng hưởng song song.

2.2.4 Ảnh hưởng của điện trở và tải trở kháng:

Phải xác định rằng sóng hài cộng hưởng thẳng hàng với nguồn sóng hài thông thường không luôn gây ra tín hiệu cảnh báo. Sự chống rung mang đến bởi điện trở trong hệ thống thường đủ để ngăn cản dòng điện và điện áp rất lớn. Hình 2.10 chỉ ra đặc tính trở kháng của mạch cộng hưởng song song với rất nhiều thành phần tải trở kháng nối song song với tải điện dung. Chỉ với khoảng 10% tải điện trở cũng có thể có những ảnh hưởng có ích đến trở kháng đỉnh. Như vậy nếu có một chiều dài lớn của đường dây hoặc cáp nối bộ tụ điện và máy biến áp tăng áp gần nhất, sự cộng hưởng sẽ bị khử. Đường dây và cáp có thể đóng góp một thành phần điện trở đáng kể vào mạch điện tương đương.



Hình 2.10: Tác động của tải trở kháng trong cộng hưởng song song.

Điện trở của đường dây và của phụ tải là lý do tại sao chúng ta ít nhìn thấy các sự cố nghiêm trọng liên quan đến sóng hài xảy ra từ các tụ điện trong hệ thống cung cấp điện cho tiêu dùng. Điều này không có nghĩa là không có bất cứ sự cố sóng hài nào do sự cộng hưởng mà là những sự cố đó không gây ra phá huỷ về mặt vật lý đối với các thành phần của hệ thống điện. Điều kiện cộng hưởng khó chịu nhất xảy ra khi tụ điện được lắp vào thanh cái của trạm điện, cả trạm phân phối cho phụ tải tiêu dùng và phụ tải công nghiệp. Trong những trường hợp này, khi máy biến áp chiếm phần lớn trở kháng của hệ thống và có tỉ số X/R lớn, điện trở tương đương sẽ nhỏ và điện kháng đỉnh cộng hưởng song song tương ứng sẽ rất nhọn và lớn. Đây là nguyên nhân phổ biến của các sự cố xảy ra với các tụ điện, máy biến áp hoặc là các thiết bị phụ tải.

Trong khi các kỹ sư điện phân phối tiêu dùng có thể đặt các bộ tụ mà không phải lo lắng về sự cộng hưởng, những nghiên cứu nên thường xuyên được ứng dụng cho tụ điện công nghiệp và các trạm phân phối. Các kỹ sư đã thống kê rằng 20% các hệ thống điện công nghiệp mà không áp dụng những nghiên cứu về sóng hài thì có thể gặp những sự cố trong quá trình vận hành.

Trên thực tế việc lựa chọn dung lượng của tụ điện từ bảng thông số của nhà sản xuất để bù hệ số công suất thường dựa trên những kết quả trung bình của những dữ liệu trên hóa đơn mà có xu hướng gây ra sự kết hợp có thể đẩy hệ thống gần tới thành phần hài bậc 5. Đây là một trong những thành phần hài nguy hiểm nhất có thể bị đẩy tới bởi vì nó thường xuyên có thành phần lớn nhất trong hệ thống.

Một nhận thức sai lầm đó là tải điện trở có thể chống lại sóng hài bởi vì trong khi không có cộng hưởng, bất kỳ loại tải nào cũng có ảnh hưởng nhỏ tới dòng điện hài và sự bóp méo điện áp. Hầu hết các dòng điện đều chảy ngược lại nguồn điện. Tuy nhiên, sẽ là phù hợp khi nói rằng tải điện trở sẽ làm giảm sự cộng hưởng, là hiện tượng sẽ dẫn tới sự làm giảm đáng kể biến dạng sóng hài.

Các động cơ là các tải điện kháng sơ cấp và góp phần chống rung. Trên thực tế nó có thể làm tăng sự biến dạng bằng cách làm lệch tần số cộng hưởng gần về với sóng hài quan trọng. Một phần nhỏ, các động cơ công suất thấp có thể đóng góp đáng kể làm chống rung bởi vì tỉ số X/R của chúng nhỏ hơn các động cơ ba pha lớn.

2.3 CHỈ TIÊU CƠ BẢN ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA SÓNG HÀI:

Có một số đơn vị thường được dùng phổ biến để chỉ ra thành phần sóng hài của một dạng sóng với một số đơn. Một trong những đơn vị phổ biến nhất là sự biến dạng tổ hợp của sóng hài (THD) thường được tính toán cho điện áp và dòng điện tương ứng với sóng đó.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h\,max} M_h^2}}{M_1} \qquad (2.9)$$

Trong đó:

M_h là giá trị hiệu dụng của thành phần sóng hài h của đại lượng M.

THD là một thước đo giá trị hiệu quả của thành phần hài của một sóng đã bị bóp méo. Giá trị hiệu dụng của sóng tổng hợp không phải là tổng của từng thành phần riêng lẻ mà là căn bậc hai của tổng bình phương của các thành phần đó. THD có liên hệ với giá trị hiệu dụng của sóng theo công thức:

$$rms = \sqrt{\sum_{h=1}^{h\max} M_h^2} = M_1\sqrt{1+THD^2} \qquad (2.10)$$

THD là đại lượng rất hữu ích trong rất nhiều ứng dụng nhưng nó cũng có mặt hạn chế. Nó có thể đưa ra một phương pháp tốt để xác định lượng nhiệt được toả ra khi điện áp bị bóp méo được đặt vào một tải dạng điện trở. Tương tự như vậy, nó cũng có thể chỉ ra sự tổn thất thêm được tạo ra bởi dòng điện chạy qua một vật dẫn. Tuy nhiên, nó không phải là một dấu hiệu tốt về điện áp mà một tụ điện phải chịu bởi vì THD chỉ liên quan tới giá trị đỉnh của sóng điện áp chứ không phải giá trị toả nhiệt nó toả ra.

Điện áp dạng sóng hài hầu như luôn luôn liên quan đến giá trị cơ bản của sóng tại thời điểm lấy mẫu. Vì điện áp thay đổi chỉ vài phần trăm, điện áp THD luôn là một con số rất ý nghĩa. Điều này không đúng với dòng điện, một dòng điện nhỏ có thể có THD lớn nhưng không phải là sự đe doạ đáng kể tới hệ thống. Do hầu hết các thiết bị kiểm tra thông báo THD dựa trên mẫu hiện tại, người sử dụng có thể bị đánh lừa rằng dòng điện đó rất nguy hiểm. Một số nhà phân tích đã cố gắng thử thách sự khó khăn này bằng cách tham chiếu giá trị THD với giá trị cơ bản của mẫu hiện tại. Điều này được gọi là yêu cầu biến dạng tuyệt đối hay đơn giảm là TDD và đóng vai trò cơ bản cho hướng dẫn trong tiêu chuẩn IEEE – 519 – 1992.

Kết luận:

Qua phân tích ở trên ta nhận thấy việc tìm hiểu nguyên nhân sinh ra sóng hài và các tác động của sóng hài trong lưới điện phân phối là một vấn đề cần được nghiên cứu trong lĩnh vực chất lượng điện năng, để từ đó có thể đưa ra

biện pháp kỹ thuật loại trừ các tác động không mong muốn do sóng hài sinh ra, với mục tiêu cuối cùng là nâng cao chất lượng điện năng cung cấp tới khách hàng. Đối tượng nghiên cứu trong luận văn là hiện tượng cộng hưởng sóng hài xảy ra khi sóng hài gặp lưới điện thích hợp có tần số xấp xỉ với tần số của sóng hài, kết quả của quá trình cộng hưởng sóng hài làm thay đổi điện áp tại các nút phụ tải, nếu vượt ra khỏi phạm vi cho phép sẽ ảnh hưởng đến tuổi thọ và hiệu qủa làm việc của thiết bị điện trong hệ thống.

CHƯƠNG III
XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA SÓNG HÀI TRONG LƯỚI PHÂN PHỐI

3.1 ĐẶT VẤN ĐỀ:

Sóng hài là một lĩnh vực nghiên cứu còn khá mới ở Việt Nam, nghiên cứu về sóng hài có rất nhiều vấn đề cần quan tâm như nguyên nhân sinh ra sóng hài, các tác động của sóng hài, biện pháp giảm thiểu tác động của sóng hài....Trong phạm vi của luận văn ta chỉ nghiên cứu một vấn đề đó là hiện tượng cộng hưởng của sóng hài ảnh hưởng như thế nào đến điện áp tại các nút phụ tải của lưới điện phân phối trong các chế độ vận hành khác nhau của lưới điện.

Trong luận văn đề cập đến nội dung chính sau:

- Xây dựng mô hình lưới điện đánh giá tác động của hiện tượng cộng hưởng sóng hài dựa trên mô hình lưới điện thông số tập trung.

- Phân tích ảnh hưởng của điện dung đường dây trung áp và phụ tải trong tác động của hiện tượng cộng hưởng sóng hài đến điện áp tại nút phụ tải trên lưới phân phối.

3.2 MÔ HÌNH LƯỚI ĐIỆN ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA SÓNG HÀI:

3.2.1 Xác định các thông số cấu trúc của kênh truyền tín hiệu sóng hài:

Với đặc điểm riêng của sóng hài và hệ thống lưới điện phân phối có thể sử dụng 2 giả thiết sau để xây dựng mô hình kênh truyền tín hiệu sóng hài:

- Ở đây ta chỉ xét các sóng hài bậc thấp 3, 5, 7, 9, 11, 13 với dải tần số 150÷650Hz. Tuy dải tần số của các sóng hài trên là thấp nhưng chiều dài bước sóng của chúng là tương đối dài so với chiều dài các đường dây trung áp trong

lưới điện phân phối. Vì vậy, có thể sử dụng mô hình lưới điện thông số tập trung để tính toán các thông số của tín hiệu sóng hài.

- Do dải tần số của các sóng hài đang xét trên là thấp nên một cách gần đúng có thể tính các thông số cấu trúc lưới điện phân phối ở tần số sóng hài từ thông số tương ứng ở tần số 50Hz như sau:

+ Điện trở không phụ thuộc tần số vì với giả thiết tần số sóng hài là thấp nên bỏ qua hiệu ứng dẫn điện bề mặt làm thay đổi điện trở.

+ Cảm kháng và dung kháng phụ thuộc tần số sóng hài theo các quan hệ sau:

$$X_L(f) = X_L(50Hz).[f_{th}/50] \qquad (3.1)$$

$$X_C(f) = X_C(50Hz).[50/f_{th}] \qquad (3.2)$$

Trong đó:

$X_L(f)$: Cảm kháng tần số tín hiệu sóng hài.

$X_L(50Hz)$: Cảm kháng tần số 50Hz.

$X_C(f)$: Dung kháng tần số tín hiệu sóng hài.

$X_C(50Hz)$: Dung kháng tần số 50Hz.

3.2.2 Tính toán các thông số cấu trúc lưới điện ở tần số 50Hz:

a. Phụ tải:

Tổng trở phụ tải ở 50Hz được xác định như sau:

$$\begin{cases} R_{pt} = \dfrac{U_{dm}^2.10^3}{S_{BPP}.K_t}.\cos\varphi \quad [\Omega] \\ X_{pt} = R_{pt}.tg\varphi \quad [\Omega] \end{cases} \qquad (3.3)$$

Trong đó:

U_{dm} [kV] : Điện áp định mức của lưới trung áp.

S_{BPP} [kVA] & K_t : Công suất định mức của TBA phân phối.

K_t : Hệ số tải của TBA phân phối.

cosφ : Hệ số công suất trung bình của phụ tải.

b. Máy biến áp:

Các thành phần tổng trở và tổng dẫn của máy biến áp ở tần số 50Hz được xác định như sau:

$$\begin{cases} R_b = \dfrac{\Delta P_N . U_{dm}^2}{S_{BPP}^2} . 10^3 \ [\Omega] \quad ; \quad X_b = \dfrac{U_N\% . U_{dm}^2}{S_{BPP}} . 10 \quad [\Omega] \\ G_b = \dfrac{\Delta P_o}{U_{dm}^2} . 10^{-3} \quad [\Omega^{-1}] \ ; \quad B_b = \dfrac{I_o\% . S_{BPP}}{U_{dm}^2} . 10^{-5} \quad [\Omega^{-1}] \end{cases} \qquad (3.4)$$

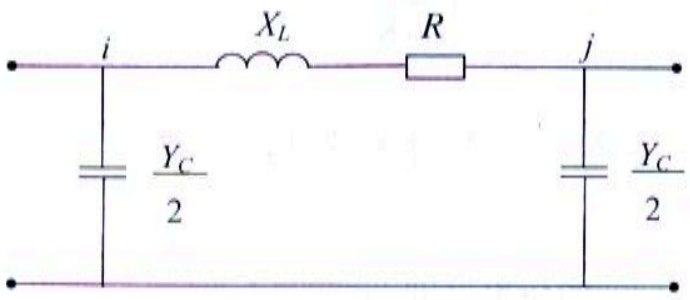
Trong đó:

ΔP_o, ΔP_N : Tổn thất công suất không tải và tổn thất công suất ngắn mạch của máy biến áp.

$U_N\%$ và $I_o\%$: Điện áp ngắn mạch % và dòng điện không tải % của máy biến áp.

Đối với trạm biến áp phân phối, có thể bỏ quả G_b và B_b.

c. Đường dây trung áp:



Hình 3.1: Mô hình đường dây thông số tập trung.

Mô hình đường dây thông số tập trung có dạng Hình 3.1. Trong đó các thông số ở 50Hz được xác định như sau:

$$\begin{cases} R = r_O.l & [\Omega] \\ X_L = 100.\pi.L_O.l.10^{-3} & [\Omega] \\ Y_O/2 = 50.\pi.C_O.l.10^{-6} & [\Omega^{-1}] \end{cases} \qquad (3.5)$$

Trong đó:

r_O [Ω/km], L_O[mH/km], C_O[μF/km] : Điện trở, điện cảm và điện dung của 1km đường dây trung áp.

l [km] : Chiều dài đường dây trung áp.

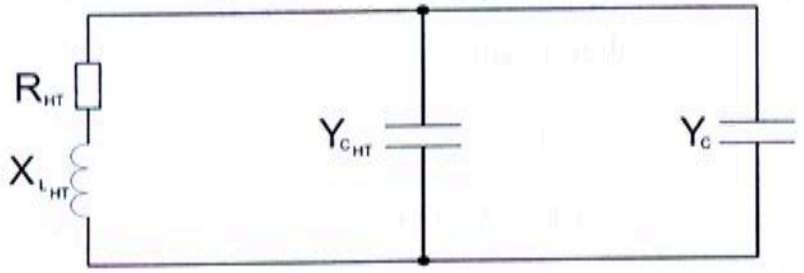
Bỏ qua thành phần điện dẫn.

d. Điểm cuối đường dây tại thanh cái máy biến áp phân phối:

Phụ tải đường dây có tác động nâng cao tần số cộng hưởng của sóng hài, nhưng tác động này là yếu hơn nhiều so với điện dung của đường dây (trong mô hình lưới tải song song với điện dung đường dây). Khi tần số sóng hài f tăng thì tổng trở điện dung đường dây giảm, nhưng tổng trở của tải tăng. Như vậy trong cộng hưởng sóng hài, ảnh hưởng của tải là không nhiều mà điện dung đường dây mới có ảnh hưởng mang tính chất quyết định.

Khi ở tần số sóng hài càng lớn thì tổng trở của máy biến áp càng lớn tạo thành mạch chặn tín hiệu sóng hài, vì vậy ta không xét đến ảnh hưởng của hệ thống đối với lưới điện đang xét tác động của sóng hài.

Từ những phân tích trên, khi đường dây trung áp vận hành ở chế độ không tải thì trong mô hình tính toán ta có thể đẳng trị điểm cuối của đường dây tại thanh cái máy biến áp phân phối theo như mô hình lưới điện thông số tập trung như sau:



Hình 3.2: Mô hình đẳng trị điểm cuối đường dây tại thanh cái máy biến áp phân phối.

Các thông số của điểm cuối đường dây tại thanh cái máy biến áp phân phối trong mô hình được tính như sau:

$$\begin{cases} R_{HT} = r_0.l & [\Omega]. \\ X_{L\,HT} = 100.\pi.L_O.l.10^{-3} & [\Omega]. \\ Y_{C\,HT} = 100.\pi.C_O.l.10^{-6} & [\Omega^{-1}]. \end{cases} \qquad (3.6)$$

Trong đó:

r_O [Ω/km], L_O[mH/km], C_O[μF/km] : Điện trở, điện cảm và điện dung của 1km đường dây trung áp.

l [km] : Tổng chiều dài tất cả các nhánh của đường dây trung áp tại điểm cuối đường dây trừ nhánh đang xét tác động của sóng hài.

3.2.3 Các chế độ làm việc của đường dây trung áp:

Như phân tích ở trên điện dung đường dây mới mang tính chất quyết định đến tác động của sóng hài trong lưới phân phối, còn ảnh hưởng của tải là không nhiều. Tuy nhiên để đánh giá tác động của tải đến hiện tượng cộng hưởng sóng hài, ta xét các chế độ làm việc với hệ số công suất phụ tải khác nhau:

- Chế độ làm việc không tải, hệ số công suất phụ tải $k_t = 0\%$.
- Chế độ làm việc non tải, hệ số công suất phụ tải $k_t = 10\%$.
- Chế độ làm việc bình thường, hệ số công suất phụ tải $k_t = 90\%$.

3.3 XÂY DỰNG QUAN HỆ GIỮA ĐIỆN ÁP NÚT VỚI TẦN SỐ SÓNG HÀI

Theo giả thiết ở trên, việc tính toán các thông số điện áp nút phụ tải được xác định từ hệ phương trình ma trận tổng dẫn nút ở tần số tín hiệu sóng hài có dạng như sau:

$$\begin{cases} Y_{00}.\dot{U}_0 + Y_{01}.\dot{U}_1 + Y_{02}.\dot{U}_2 + ... + Y_{0N}.\dot{U}_N = \dfrac{P_H - jQ_H}{\hat{U}_0} \\ Y_{10}.\dot{U}_0 + Y_{11}.\dot{U}_1 + Y_{12}.\dot{U}_2 + ... + Y_{1N}.\dot{U}_N = Y_{t1}.\dot{U}_1 \\ Y_{20}.\dot{U}_0 + Y_{21}.\dot{U}_1 + Y_{22}.\dot{U}_2 + ... + Y_{2N}.\dot{U}_N = Y_{t2}.\dot{U}_2 \\ ..... \\ Y_{N0}.\dot{U}_0 + Y_{N1}.\dot{U}_1 + Y_{N2}.\dot{U}_2 + ... + Y_{NN}.\dot{U}_N = Y_{tN}.\dot{U}_N \end{cases} \qquad (3.7)$$

Trong đó :

$Y_{ik} = Y_{ki} = -j.y_{ik}$; y_{ik} : Tổng dẫn nhánh nối nút i và nút k (i, k = 1,N).

Tổng dẫn nút i:

$$Y_{ii} = \sum_m j.y_{ik} + \frac{1}{2}\sum_m j.y_{ik}^{(0)}$$

$y_{ik}^{(0)}$: Tổng dẫn đất của nhánh nối nút i với nút k.

m : Số nhánh nối với nút i trừ nhánh phụ tải.

Tổng dẫn phụ tải nối với nút i : $Y_{ti} = y_{ti}$

y_{ik}, $y_{ik}^{(0)}$, y_{ti} được xác định từ các thông số cấu trúc đường dây trung áp và trạm biến áp phân phối của lưới điện cụ thể.

Đây là hệ phương trình tuyến tính N+1 ẩn phức trong đó N ẩn là điện áp phức tín hiệu sóng hài của N nút tải, 1 ẩn là công suất phức của nguồn sinh

sóng hài (P_H và Q_H). Nút 0 là nút nguồn sóng hài có điện áp U_0 nhất định và góc pha chọn bằng 0. Các tổng dẫn nhánh và tổng dẫn phụ tải được xác định theo lưới điện cụ thể. Có thể viết lại (3.7) như sau:

$$\begin{cases} Y_{00}.\dot{U}_0 + Y_{01}.\dot{U}_1 + Y_{02}.\dot{U}_2 + ... + Y_{0N}.\dot{U}_N = \dfrac{P_H - jQ_H}{\hat{U}_0} \\ (Y_{11} - Y_{t1}).\dot{U}_1 + Y_{12}.\dot{U}_2 + ... + Y_{1N}.\dot{U}_N = -Y_{10}.\dot{U}_0 \\ Y_{21}.\dot{U}_1 + (Y_{22} - Y_{t2}).\dot{U}_2 + ... + Y_{2N}.\dot{U}_N = -Y_{20}.\dot{U}_0 \\ ..... \\ Y_{N1}.\dot{U}_1 + Y_{N2}.\dot{U}_2 + ... + (Y_{NN} - Y_{tN}).\dot{U}_N = -Y_{N0}.\dot{U}_0 \end{cases} \qquad (3.8)$$

Nếu bỏ qua phương trình đầu tiên của (3.8) và chỉ xét giải hệ N phương trình còn lại, tách phần thực và phần ảo của (3.8), ta được hệ 2N phương trình tuyến tính đối với 2N ẩn điện áp (N ẩn phần thực và N ẩn phần ảo) tại các nút phụ tải.

Giải hệ 2N phương trình tuyến tính bằng phương pháp khử Gauss thu được nghiệm là điện áp phức tín hiệu sóng hài ở tần số nhất định tại các nút phụ tải U_i.

Lặp lại các tính toán trên với các tần số tín hiệu sóng hài khác nhau ta thu được các quan hệ gián đoạn của điện áp tín hiệu sóng hài tại các nút phụ tải.

Lặp lại toàn bộ quá trình tính toán trên ứng với các cấu trúc đường dây trung áp theo ba chế độ làm việc được nêu ở trên thu được một họ các quan hệ gián đoạn của điện áp tín hiệu sóng hài tại các nút phụ tải theo tần số tín hiệu sóng hài ở các chế độ làm việc điển hình và giới hạn của cấu trúc đường dây trung áp.

Việc xây dựng mô hình kênh truyền tín hiệu sóng hài dựa trên cấu trúc lưới điện thông số tập trung và xác định quan hệ giữa điện áp tín hiệu sóng hài tại nút phụ tải với tần số tín hiệu sóng hài được lập trình bằng ngôn ngữ PASCAL được cho ở phần Phụ lục.

CHƯƠNG IV
ÁP DỤNG MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ SÓNG HÀI TRONG LƯỚI PHÂN PHỐI TẠI CÁC LỘ 471 VÀ 472 E2.5

4.1 MÔ HÌNH CÁC LỘ 471 VÀ 472 E2.5 TRONG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN:

Áp dụng mô hình để tính toán điện áp tại các nút phụ tải của lưới điện các lộ 471 và 472 E2.5 Cửa Cấm do Công ty TNHH MTV Điện lực Hải Phòng quản lý khi có hiện tượng cộng hưởng sóng hài xẩy ra.

Xây dựng mô hình kênh truyền tín hiệu sóng hài:

a. Chọn phạm vi lưới điện trung áp dùng trong tính toán:

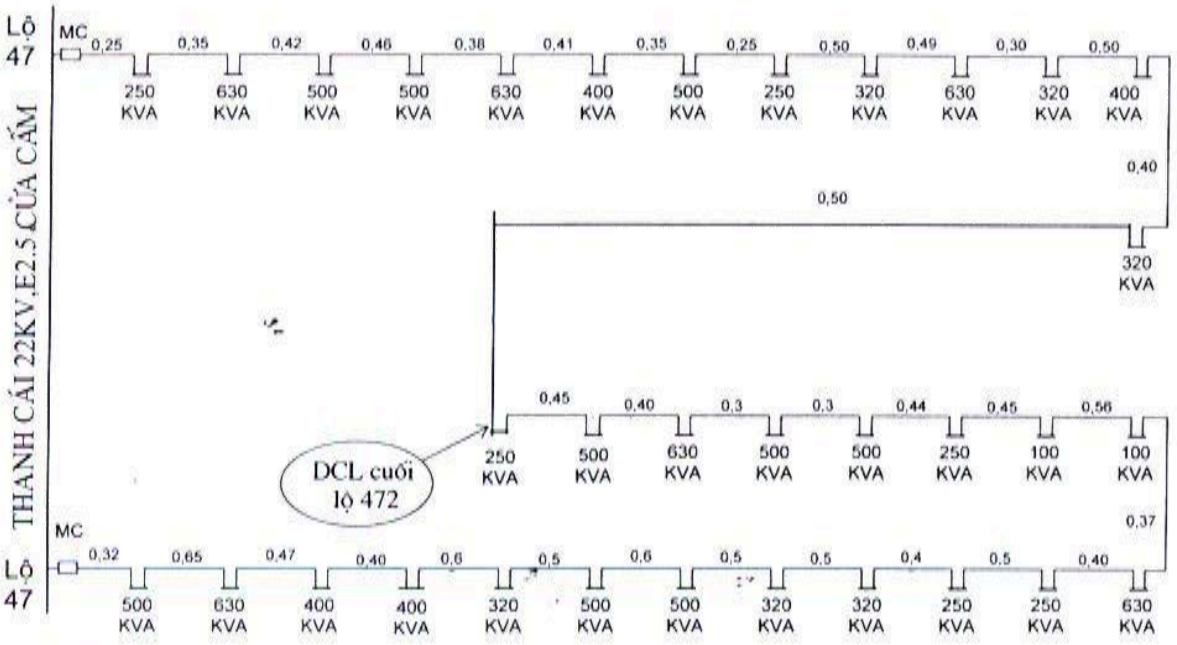
Dưới đây là bảng tóm tắt thông số cấu trúc thực tế của các lộ cáp ngầm 24kV của trạm biến áp 110kV Cửa Cấm do Công ty TNHH MTV Điện lực Hải Phòng quản lý.

Bảng 4.1. Tóm tắt thông số cấu trúc các lộ cáp ngầm 24kV thuộc trạm biến áp 110kV E2.5 Cửa Cấm.

Lộ cáp ngầm 24kV	471	472	473	474	475	476
Loại dây	Cáp 24kV-XLPE/DSTA/PVC-3x240					
Tổng chiều dài (km)	5.06	9.50	5.40	5.60	5.20	5.30
Số TBAPP trên lộ	13	20	17	17	18	15

Với thông số cấu trúc các lộ như trên, để thấy được ảnh hưởng của điện dung đường dây trong hiện tượng cộng hưởng sóng hài ta áp dụng mô hình trên cho hai lộ 471 và 472 E2.5 là lộ có đường cáp ngầm ngắn nhất và lộ có đường cáp ngầm dài nhất.

Sơ đồ nguyên lý của các lộ 471 và 472 được cho ở Hình 4.1 trong đó đơn vị chiều dài đường cáp ngầm trung áp là km.



Hình 4.1: Sơ đồ nguyên lý các lộ 471 và 472 E2.5 Cửa Cấm

b. Xác định các thông số sơ đồ ở tần số 50Hz:

Các thông số kỹ thuật trạm biến áp phân phối và đường cáp ngầm trung áp được cho trong các công thức 3.3, 3.4 và 3.5 trong Chương III. Từ đó xác định được tổng trở các phần tử trên sơ đồ ở tần số 50Hz. Kết quả cho ở Bảng 4.2 sau đây.

Bảng 4.2. Các thông số của lưới điện trung áp ở tần số 50Hz

S_{BPP} (kVA)	ΔP_n (kW)	U_n%	R_b (Ω)	X_b(Ω)	R_{pt}(Ω)	X_{pt}(Ω)	$R_{pt} + R_b$	$X_{pt} + X_b$
100/160	2,95	4	66,4	144,0	3240,0	1569,6	3306,4	1713,6
250	4,10	4	37,8	92,2	2073,6	1004,3	2111,8	1096,5
320/400	5,75	4	20,7	57,6	1296,0	627,7	1316,7	685,3
500	7,00	4	13,6	38,7	1089,0	544,5	1102,6	583,2
630	8,20	4	11,9	36,6	822,9	398,0	834,8	434,6

Cáp 24kV-XLPE/DSTA/PVC-3x240		
R (Ω/km)	X_L (Ω/km)	X_C (Ω/10^{-3}km)
0.081	0,183	10,47

c. Xác định các chế độ vận hành để đánh giá ảnh hưởng của tải trong hiện tượng cộng hưởng sóng hài trên các lộ:

Các chế độ vận hành của lộ 471E2.5:

- Khi lộ 471 làm việc ở chế độ không tải, hệ số công suất phụ tải $k_t = 0\%$.
- Khi lộ 471 làm việc ở chế độ non tải, hệ số công suất phụ tải $k_t = 10\%$.
- Khi lộ 471 làm việc ở chế độ bình thường, hệ số công suất phụ tải k_t=90%.

Các chế độ vận hành của lộ 472E2.5:

- Khi lộ 472 làm việc ở chế độ không tải, hệ số công suất phụ tải $k_t = 0\%$.
- Khi lộ 472 làm việc ở chế độ non tải, hệ số công suất phụ tải $k_t = 10\%$.
- Khi lộ 472 làm việc ở chế độ bình thường, hệ số công suất phụ tải k_t=90%.

Với mỗi chế độ làm việc của các lộ ta xét tác động của các sóng hài bậc 3, 5, 7, 9, 11 và 13 với dải tần số là 150÷650 Hz. Từ số liệu thực tế đo được trong vận hành lưới phân phối, ta sử dụng biên độ điện áp tín hiệu sóng hài là

4%U_{dd}, với U_{dd} là điện áp danh định của lưới phân phối đang xét (U_{dd} = 22kV).

4.2 LẬP FILE DỮ LIỆU:

4.2.1 File dữ liệu lộ 471:

Lập file dữ liệu lộ 471 E2.5 bao gồm 14 nút (tính cả nút nguồn tại thanh cái máy biến áp), tổng chiều dài lộ 5,06km:

co 0.40 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.50 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.30 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.49 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.50 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.25 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.35 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.41 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.38 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.46 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

co 0.42 0.581 0.081 304

kh

kh

co 0.35 0.581 0.081 304

kh

co 31 0.581 0.081 304

280 120

224 96

441 189

224 96

175 75

350 150

280 120

441 189

350 150

350 150

441 189

175 75

0.00 0.00

4.2.2 File dữ liệu lộ 472:

Lập file dữ liệu lộ 472 E2.5 bao gồm 21 nút (tính cả nút nguồn thanh cái máy biến áp), tổng chiều dài lộ 9,5km:

co 0.45 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.40 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.37 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.35 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.44 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.45 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.56 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.37 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.4 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.55 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.45 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.55 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.53 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.60 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.54 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

kh

co 0.65 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

kh

co 0.40 0.581 0.081 304

kh

kh

kh

co 0.47 0.581 0.081 304

kh

kh

co 0.65 0.581 0.081 304

kh

co 26.56 0.581 0.081 304

350 150

441 189

350 150

350 150

175 75

70 30

70 30

441 189

175 75

175 75

224 96

224 96

350 150

350 150

224 96

280 120

280 120

441 189

350 150

0.00 0.00

4.3 KẾT QUẢ TÍNH TOÁN:

4.3.1 Kết quả tính toán của lộ 471 E2.5:

Bảng 4.3: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 471 E2.5 trong chế độ không tải (k_t = 0%).

Do sóng hài bậc 3 tác động: Unut(1) = 882.084[V] Unut(2) = 884.658[V] Unut(3) = 886.185[V] Unut(4) = 888.654[V] Unut(5) = 891.139[V] Unut(6) = 892.368[V] Unut(7) = 894.075[V] Unut(8) = 896.052[V] Unut(9) = 897.864[V] Unut(10) = 900.031[V] Unut(11) = 901.983[V] Unut(12) = 903.591[V] Unut(13) = 977.191[V]	Do sóng hài bậc 5 tác động: Unut(1) = 886.567[V] Unut(2) = 894.690[V] Unut(3) = 899.517[V] Unut(4) = 907.327[V] Unut(5) = 915.199[V] Unut(6) = 919.098[V] Unut(7) = 924.515[V] Unut(8) = 930.798[V] Unut(9) = 936.561[V] Unut(10) = 943.459[V] Unut(11) = 949.682[V] Unut(12) = 954.813[V] Unut(13) = 1207.379[V]
Do sóng hài bậc 7 tác động: Unut(1) = 896.800[V] Unut(2) = 917.633[V] Unut(3) = 930.041[V] Unut(4) = 950.158[V] Unut(5) = 970.489[V] Unut(6) = 980.579[V] Unut(7) = 994.618[V] Unut(8) = 1010.934[V] Unut(9) = 1025.929[V] Unut(10) = 1043.914[V] Unut(11) = 1060.172[V] Unut(12) = 1073.601[V] Unut(13) = 1819.225[V]	Do sóng hài bậc 9 tác động: Unut(1) = 938.072[V] Unut(2) = 1010.584[V] Unut(3) = 1054.018[V] Unut(4) = 1124.803[V] Unut(5) = 1196.781[V] Unut(6) = 1232.657[V] Unut(7) = 1282.745[V] Unut(8) = 1341.197[V] Unut(9) = 1395.139[V] Unut(10) = 1460.112[V] Unut(11) = 1519.101[V] Unut(12) = 1568.001[V] Unut(13) = 4850.486[V]

Do sóng hài bậc 11 tác động:	Do sóng hài bậc 13 tác động:
Unut(1) = 817.701[V]	Unut(1) = 866.630[V]
Unut(2) = 739.947[V]	Unut(2) = 849.352[V]
Unut(3) = 693.451[V]	Unut(3) = 838.691[V]
Unut(4) = 617.959[V]	Unut(4) = 820.809[V]
Unut(5) = 541.883[V]	Unut(5) = 801.975[V]
Unut(6) = 504.404[V]	Unut(6) = 792.342[V]
Unut(7) = 452.840[V]	Unut(7) = 778.616[V]
Unut(8) = 394.365[V]	Unut(8) = 762.188[V]
Unut(9) = 342.995[V]	Unut(9) = 746.635[V]
Unut(10) = 286.709[V]	Unut(10) = 727.394[V]
Unut(11) = 244.639[V]	Unut(11) = 709.443[V]
Unut(12) = 220.322[V]	Unut(12) = 694.212[V]
Unut(13) = 5116.177[V]	Unut(13) = 1659.323[V]

Bảng 4.4: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 471 E2.5 trong chế độ non tải (k_t = 10%).

Do sóng hài bậc 3 tác động:	Do sóng hài bậc 5 tác động:
Unut(1) = 881.987[V]	Unut(1) = 886.439[V]
Unut(2) = 884.448[V]	Unut(2) = 894.413[V]
Unut(3) = 885.912[V]	Unut(3) = 899.157[V]
Unut(4) = 888.291[V]	Unut(4) = 906.847[V]
Unut(5) = 890.692[V]	Unut(5) = 914.606[V]
Unut(6) = 891.882[V]	Unut(6) = 918.452[V]
Unut(7) = 893.541[V]	Unut(7) = 923.804[V]
Unut(8) = 895.471[V]	Unut(8) = 930.022[V]
Unut(9) = 897.249[V]	Unut(9) = 935.738[V]
Unut(10) = 899.385[V]	Unut(10) = 942.592[V]
Unut(11) = 901.319[V]	Unut(11) = 948.788[V]
Unut(12) = 902.922[V]	Unut(12) = 953.908[V]
Unut(13) = 976.468[V]	Unut(13) = 1206.235[V]

Do sóng hài bậc 7 tác động: Unut(1) = 896.641[V] Unut(2) = 917.287[V] Unut(3) = 929.590[V] Unut(4) = 949.553[V] Unut(5) = 969.737[V] Unut(6) = 979.757[V] Unut(7) = 993.711[V] Unut(8) = 1009.938[V] Unut(9) = 1024.866[V] Unut(10) = 1042.787[V] Unut(11) = 1059.001[V] Unut(12) = 1072.409[V] Unut(13) = 1817.205[V]	Do sóng hài bậc 9 tác động: Unut(1) = 937.794[V] Unut(2) = 1009.972[V] Unut(3) = 1053.212[V] Unut(4) = 1123.704[V] Unut(5) = 1195.396[V] Unut(6) = 1231.134[V] Unut(7) = 1281.046[V] Unut(8) = 1339.305[V] Unut(9) = 1393.090[V] Unut(10) = 1457.897[V] Unut(11) = 1516.756[V] Unut(12) = 1565.571[V] Unut(13) = 4842.968[V]
Do sóng hài bậc 11 tác động: Unut(1) = 817.659[V] Unut(2) = 739.864[V] Unut(3) = 693.349[V] Unut(4) = 617.838[V] Unut(5) = 541.750[V] Unut(6) = 504.267[V] Unut(7) = 452.702[V] Unut(8) = 394.231[V] Unut(9) = 342.869[V] Unut(10) = 286.596[V] Unut(11) = 244.537[V] Unut(12) = 220.229[V] Unut(13) = 5114.027[V]	Do sóng hài bậc 13 tác động: Unut(1) = 866.525[V] Unut(2) = 849.129[V] Unut(3) = 838.403[V] Unut(4) = 820.433[V] Unut(5) = 801.519[V] Unut(6) = 791.850[V] Unut(7) = 778.083[V] Unut(8) = 761.617[V] Unut(9) = 746.040[V] Unut(10) = 726.785[V] Unut(11) = 708.831[V] Unut(12) = 693.609[V] Unut(13) = 1657.880[V]

Bảng 4.5: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 471 E2.5 trong chế độ làm việc bình thường (k_t = 90%).

Do sóng hài bậc 3 tác động:	Do sóng hài bậc 5 tác động:
Unut(1) = 881.204[V]	Unut(1) = 885.412[V]
Unut(2) = 882.758[V]	Unut(2) = 892.192[V]
Unut(3) = 883.714[V]	Unut(3) = 896.262[V]
Unut(4) = 885.372[V]	Unut(4) = 902.991[V]
Unut(5) = 887.096[V]	Unut(5) = 909.842[V]
Unut(6) = 887.970[V]	Unut(6) = 913.263[V]
Unut(7) = 889.251[V]	Unut(7) = 918.101[V]
Unut(8) = 890.796[V]	Unut(8) = 923.792[V]
Unut(9) = 892.304[V]	Unut(9) = 929.130[V]
Unut(10) = 894.197[V]	Unut(10) = 935.634[V]
Unut(11) = 895.985[V]	Unut(11) = 941.608[V]
Unut(12) = 897.546[V]	Unut(12) = 946.649[V]
Unut(13) = 970.654[V]	Unut(13) = 1197.055[V]
Do sóng hài bậc 7 tác động:	**Do sóng hài bậc 9 tác động:**
Unut(1) = 895.365[V]	Unut(1) = 935.570[V]
Unut(2) = 914.515[V]	Unut(2) = 1005.077[V]
Unut(3) = 925.967[V]	Unut(3) = 1046.772[V]
Unut(4) = 944.697[V]	Unut(4) = 1114.925[V]
Unut(5) = 963.706[V]	Unut(5) = 1184.337[V]
Unut(6) = 973.172[V]	Unut(6) = 1218.979[V]
Unut(7) = 986.442[V]	Unut(7) = 1267.476[V]
Unut(8) = 1001.955[V]	Unut(8) = 1324.199[V]
Unut(9) = 1016.353[V]	Unut(9) = 1376.739[V]
Unut(10) = 1033.757[V]	Unut(10) = 1440.219[V]
Unut(11) = 1049.619[V]	Unut(11) = 1498.040[V]
Unut(12) = 1062.857[V]	Unut(12) = 1546.175[V]
Unut(13) = 1801.018[V]	Unut(13) = 4782.965[V]

Do sóng hài bậc 11 tác động:	Do sóng hài bậc 13 tác động:
Unut(1) = 817.322[V]	Unut(1) = 865.685[V]
Unut(2) = 739.195[V]	Unut(2) = 847.340[V]
Unut(3) = 692.519[V]	Unut(3) = 836.091[V]
Unut(4) = 616.863[V]	Unut(4) = 817.415[V]
Unut(5) = 540.675[V]	Unut(5) = 797.859[V]
Unut(6) = 503.157[V]	Unut(6) = 787.898[V]
Unut(7) = 451.590[V]	Unut(7) = 773.802[V]
Unut(8) = 393.148[V]	Unut(8) = 757.026[V]
Unut(9) = 341.854[V]	Unut(9) = 741.267[V]
Unut(10) = 285.684[V]	Unut(10) = 721.890[V]
Unut(11) = 243.719[V]	Unut(11) = 703.914[V]
Unut(12) = 219.482[V]	Unut(12) = 688.764[V]
Unut(13) = 5096.694[V]	Unut(13) = 1646.302[V]

4.3.2 Kết quả tính toán của lộ 472 E2.5:

Bảng 4.6: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 472 E2.5 trong chế độ không tải (k_t = 0%).

Do sóng hài bậc 3 tác động:	Do sóng hài bậc 5 tác động:
Unut(1) = 882.346[V]	Unut(1) = 887.424[V]
Unut(2) = 884.407[V]	Unut(2) = 893.958[V]
Unut(3) = 886.295[V]	Unut(3) = 899.948[V]
Unut(4) = 888.063[V]	Unut(4) = 905.564[V]
Unut(5) = 890.262[V]	Unut(5) = 912.557[V]
Unut(6) = 892.483[V]	Unut(6) = 919.630[V]
Unut(7) = 895.207[V]	Unut(7) = 928.320[V]
Unut(8) = 896.983[V]	Unut(8) = 933.992[V]
Unut(9) = 898.882[V]	Unut(9) = 940.062[V]
Unut(10) = 901.456[V]	Unut(10) = 948.302[V]
Unut(11) = 903.530[V]	Unut(11) = 954.951[V]
Unut(12) = 906.027[V]	Unut(12) = 962.965[V]
Unut(13) = 908.392[V]	Unut(13) = 970.567[V]
Unut(14) = 911.022[V]	Unut(14) = 979.032[V]
Unut(15) = 913.345[V]	Unut(15) = 986.519[V]
Unut(16) = 916.086[V]	Unut(16) = 995.366[V]
Unut(17) = 917.743[V]	Unut(17) = 1000.720[V]
Unut(18) = 919.660[V]	Unut(18) = 1006.921[V]
Unut(19) = 922.260[V]	Unut(19) = 1015.340[V]
Unut(20) = 976.248[V]	Unut(20) = 1199.606[V]

Do sóng hài bậc 7 tác động: Unut(1) = 898.877[V] Unut(2) = 915.530[V] Unut(3) = 930.826[V] Unut(4) = 945.197[V] Unut(5) = 963.126[V] Unut(6) = 981.301[V] Unut(7) = 1003.686[V] Unut(8) = 1018.331[V] Unut(9) = 1034.032[V] Unut(10) = 1055.394[V] Unut(11) = 1072.671[V] Unut(12) = 1093.538[V] Unut(13) = 1113.383[V] Unut(14) = 1135.529[V] Unut(15) = 1155.165[V] Unut(16) = 1178.423[V] Unut(17) = 1192.526[V] Unut(18) = 1208.889[V] Unut(19) = 1231.147[V] Unut(20) = 1761.352[V]	Do sóng hài bậc 9 tác động: Unut(1) = 938.040[V] Unut(2) = 989.487[V] Unut(3) = 1036.934[V] Unut(4) = 1081.677[V] Unut(5) = 1137.711[V] Unut(6) = 1194.750[V] Unut(7) = 1265.318[V] Unut(8) = 1311.669[V] Unut(9) = 1361.519[V] Unut(10) = 1429.600[V] Unut(11) = 1484.877[V] Unut(12) = 1551.893[V] Unut(13) = 1615.873[V] Unut(14) = 1687.559[V] Unut(15) = 1751.367[V] Unut(16) = 1827.242[V] Unut(17) = 1873.405[V] Unut(18) = 1927.117[V] Unut(19) = 2000.427[V] Unut(20) = 3980.457[V]
Do sóng hài bậc 11 tác động: Unut(1) = 726.741[V] Unut(2) = 597.272[V] Unut(3) = 488.011[V] Unut(4) = 401.843[V] Unut(5) = 337.869[V] Unut(6) = 349.813[V] Unut(7) = 460.985[V] Unut(8) = 566.188[V] Unut(9) = 693.287[V] Unut(10) = 879.628[V] Unut(11) = 1037.263[V] Unut(12) = 1233.155[V] Unut(13) = 1423.636[V] Unut(14) = 1640.093[V] Unut(15) = 1834.958[V] Unut(16) = 2068.986[V] Unut(17) = 2212.474[V] Unut(18) = 2380.407[V] Unut(19) = 2611.236[V] Unut(20) = 10130.087[V]	Do sóng hài bậc 13 tác động: Unut(1) = 845.365[V] Unut(2) = 814.173[V] Unut(3) = 784.995[V] Unut(4) = 757.119[V] Unut(5) = 721.713[V] Unut(6) = 685.109[V] Unut(7) = 639.042[V] Unut(8) = 608.320[V] Unut(9) = 574.873[V] Unut(10) = 528.526[V] Unut(11) = 490.346[V] Unut(12) = 443.428[V] Unut(13) = 398.039[V] Unut(14) = 346.588[V] Unut(15) = 300.410[V] Unut(16) = 245.383[V] Unut(17) = 212.166[V] Unut(18) = 174.349[V] Unut(19) = 126.561[V] Unut(20) = 2396.772[V]

Bảng 4.7: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 472 E2.5 trong chế độ non tải (k_t = 10%).

Do sóng hài bậc 3 tác động: Unut(1) = 882.186[V] Unut(2) = 884.115[V] Unut(3) = 885.891[V] Unut(4) = 887.560[V] Unut(5) = 889.645[V] Unut(6) = 891.755[V] Unut(7) = 894.344[V] Unut(8) = 896.032[V] Unut(9) = 897.846[V] Unut(10) = 900.311[V] Unut(11) = 902.302[V] Unut(12) = 904.704[V] Unut(13) = 906.985[V] Unut(14) = 909.535[V] Unut(15) = 911.797[V] Unut(16) = 914.476[V] Unut(17) = 916.101[V] Unut(18) = 917.991[V] Unut(19) = 920.571[V] Unut(20) = 974.460[V]	Do sóng hài bậc 5 tác động: Unut(1) = 887.206[V] Unut(2) = 893.557[V] Unut(3) = 899.390[V] Unut(4) = 904.869[V] Unut(5) = 911.701[V] Unut(6) = 918.616[V] Unut(7) = 927.112[V] Unut(8) = 932.658[V] Unut(9) = 938.607[V] Unut(10) = 946.689[V] Unut(11) = 953.215[V] Unut(12) = 961.089[V] Unut(13) = 968.568[V] Unut(14) = 976.910[V] Unut(15) = 984.304[V] Unut(16) = 993.052[V] Unut(17) = 998.355[V] Unut(18) = 1004.509[V] Unut(19) = 1012.886[V] Unut(20) = 1196.707[V]
Do sóng hài bậc 7 tác động: Unut(1) = 898.581[V] Unut(2) = 914.982[V] Unut(3) = 930.060[V] Unut(4) = 944.235[V] Unut(5) = 961.933[V] Unut(6) = 979.879[V] Unut(7) = 1001.983[V] Unut(8) = 1016.445[V] Unut(9) = 1031.966[V] Unut(10) = 1053.089[V] Unut(11) = 1070.180[V] Unut(12) = 1090.833[V] Unut(13) = 1110.484[V] Unut(14) = 1132.434[V] Unut(15) = 1151.915[V] Unut(16) = 1175.003[V] Unut(17) = 1189.014[V]	Do sóng hài bậc 9 tác động: Unut(1) = 937.431[V] Unut(2) = 988.351[V] Unut(3) = 1035.327[V] Unut(4) = 1079.637[V] Unut(5) = 1135.145[V] Unut(6) = 1191.655[V] Unut(7) = 1261.572[V] Unut(8) = 1307.497[V] Unut(9) = 1356.910[V] Unut(10) = 1424.405[V] Unut(11) = 1479.216[V] Unut(12) = 1545.682[V] Unut(13) = 1609.154[V] Unut(14) = 1680.301[V] Unut(15) = 1743.658[V] Unut(16) = 1819.020[V] Unut(17) = 1864.889[V]

Unut(18) = 1205.286[V] Unut(19) = 1227.450[V] Unut(20) = 1756.063[V]	Unut(18) = 1918.282[V] Unut(19) = 1991.210[V] Unut(20) = 3962.117[V]
Do sóng hài bậc 11 tác động: Unut(1) = 726.610[V] Unut(2) = 597.154[V] Unut(3) = 488.094[V] Unut(4) = 402.387[V] Unut(5) = 339.470[V] Unut(6) = 352.611[V] Unut(7) = 464.625[V] Unut(8) = 570.132[V] Unut(9) = 697.503[V] Unut(10) = 884.194[V] Unut(11) = 1042.122[V] Unut(12) = 1238.388[V] Unut(13) = 1429.249[V] Unut(14) = 1646.169[V] Unut(15) = 1841.484[V] Unut(16) = 2076.078[V] Unut(17) = 2219.936[V] Unut(18) = 2388.332[V] Unut(19) = 2619.864[V] Unut(20) = 10163.557[V]	Do sóng hài bậc 13 tác động: Unut(1) = 845.281[V] Unut(2) = 814.025[V] Unut(3) = 784.803[V] Unut(4) = 756.894[V] Unut(5) = 721.459[V] Unut(6) = 684.831[V] Unut(7) = 638.736[V] Unut(8) = 607.998[V] Unut(9) = 574.545[V] Unut(10) = 528.194[V] Unut(11) = 490.016[V] Unut(12) = 443.106[V] Unut(13) = 397.731[V] Unut(14) = 346.304[V] Unut(15) = 300.153[V] Unut(16) = 245.163[V] Unut(17) = 211.971[V] Unut(18) = 174.184[V] Unut(19) = 126.439[V] Unut(20) = 2394.466[V]

Bảng 4.8: Điện áp tại các nút phụ tải lộ 472 E2.5 trong chế độ làm việc bình thường (k_t= 90%).

Do sóng hài bậc 3 tác động: Unut(1) = 880.910[V] Unut(2) = 881.776[V] Unut(3) = 882.653[V] Unut(4) = 883.536[V] Unut(5) = 884.711[V] Unut(6) = 885.932[V] Unut(7) = 887.435[V] Unut(8) = 888.420[V] Unut(9) = 889.566[V] Unut(10) = 891.163[V] Unut(11) = 892.483[V] Unut(12) = 894.132[V] Unut(13) = 895.749[V] Unut(14) = 897.657[V] Unut(15) = 899.441[V] Unut(16) = 901.620[V] Unut(17) = 902.997[V] Unut(18) = 904.664[V] Unut(19) = 907.086[V] Unut(20) = 960.186[V]	Do sóng hài bậc 5 tác động: Unut(1) = 885.465[V] Unut(2) = 890.358[V] Unut(3) = 894.947[V] Unut(4) = 899.328[V] Unut(5) = 904.880[V] Unut(6) = 910.538[V] Unut(7) = 917.497[V] Unut(8) = 922.047[V] Unut(9) = 927.035[V] Unut(10) = 933.861[V] Unut(11) = 939.415[V] Unut(12) = 946.185[V] Unut(13) = 952.682[V] Unut(14) = 960.058[V] Unut(15) = 966.714[V] Unut(16) = 974.677[V] Unut(17) = 979.577[V] Unut(18) = 985.350[V] Unut(19) = 993.406[V] Unut(20) = 1173.691[V]
Do sóng hài bậc 7 tác động: Unut(1) = 896.228[V] Unut(2) = 910.637[V] Unut(3) = 923.987[V] Unut(4) = 936.617[V] Unut(5) = 952.485[V] Unut(6) = 968.620[V] Unut(7) = 988.504[V] Unut(8) = 1001.523[V] Unut(9) = 1015.620[V] Unut(10) = 1034.866[V] Unut(11) = 1050.488[V] Unut(12) = 1069.451[V] Unut(13) = 1087.576[V] Unut(14) = 1107.980[V] Unut(15) = 1126.237[V] Unut(16) = 1147.986[V] Unut(17) = 1161.277[V]	Do sóng hài bậc 9 tác động: Unut(1) = 932.678[V] Unut(2) = 979.482[V] Unut(3) = 1022.783[V] Unut(4) = 1063.720[V] Unut(5) = 1115.125[V] Unut(6) = 1167.519[V] Unut(7) = 1232.363[V] Unut(8) = 1274.972[V] Unut(9) = 1320.987[V] Unut(10) = 1383.926[V] Unut(11) = 1435.110[V] Unut(12) = 1497.303[V] Unut(13) = 1556.819[V] Unut(14) = 1623.772[V] Unut(15) = 1683.622[V] Unut(16) = 1754.990[V] Unut(17) = 1798.576[V]

Unut(18) = 1176.824[V] Unut(19) = 1198.252[V] Unut(20) = 1714.289[V]	Unut(18) = 1849.491[V] Unut(19) = 1919.445[V] Unut(20) = 3819.318[V]
Do sóng hài bậc 11 tác động: Unut(1) = 725.678[V] Unut(2) = 596.510[V] Unut(3) = 489.344[V] Unut(4) = 407.720[V] Unut(5) = 353.659[V] Unut(6) = 376.328[V] Unut(7) = 494.941[V] Unut(8) = 602.884[V] Unut(9) = 732.450[V] Unut(10) = 921.999[V] Unut(11) = 1082.314[V] Unut(12) = 1281.644[V] Unut(13) = 1475.616[V] Unut(14) = 1696.335[V] Unut(15) = 1895.335[V] Unut(16) = 2134.582[V] Unut(17) = 2281.486[V] Unut(18) = 2453.688[V] Unut(19) = 2691.015[V] Unut(20) = 10439.573[V]	Do sóng hài bậc 13 tác động: Unut(1) = 844.601[V] Unut(2) = 812.838[V] Unut(3) = 783.254[V] Unut(4) = 755.083[V] Unut(5) = 719.412[V] Unut(6) = 682.591[V] Unut(7) = 636.279[V] Unut(8) = 605.411[V] Unut(9) = 571.906[V] Unut(10) = 525.530[V] Unut(11) = 487.366[V] Unut(12) = 440.523[V] Unut(13) = 395.255[V] Unut(14) = 344.017[V] Unut(15) = 298.088[V] Unut(16) = 243.393[V] Unut(17) = 210.400[V] Unut(18) = 172.860[V] Unut(19) = 125.461[V] Unut(20) = 2375.949[V]

KẾT LUẬN:

Có rất nhiều nguyên nhân gây ra các nhiễu loạn làm ảnh hưởng đến chất lượng điện năng trong lưới điện phân phối, một trong những nguyên nhân đó là hiện tượng cộng hưởng sóng hài. Trong phạm vi của luận văn xem xét và đánh giá tác động của hiện tượng cộng hưởng sóng hài với dải tần số 150÷650 Hz đến điện áp tại các nút phụ tải của lưới điện phân phối. Để thực hiện ta đi xây dựng mô hình lưới điện đánh giá tác động của hiện tượng cộng hưởng sóng hài dựa trên mô hình lưới điện thông số tập trung và lập trình tính toán bằng ngôn ngữ PASCAL trên cơ sở sử dụng phép khử Gauss.

Từ các kết quả phân tích và tính toán cho thấy:

- Có xuất hiện cộng hưởng ứng với tần số sóng hài. Hiện tượng cộng hưởng làm cho điện áp lưới điện tăng cao gây nguy hiểm cho cách điện của các phần tử trên lưới điện.

- Hiện tượng cộng hưởng có thể xảy ra ở nhiều tần số ứng với các sóng hài ($n.f_o$ với n nguyên) và liên sóng hài ($n.f_o$ với n thập phân).

- Tần số cộng hưởng thấp nhất có thể giảm dần khi chiều dài đường dây tăng lên (chẳng hạn khi các mạch vòng vận hành ở chế độ sự cố và phải đóng cầu dao cuối đường dây) hoặc đường dây là cáp ngầm với C_o cao hoặc đường dây vận hành ở chế độ không tải.

- Lưới điện trung áp sử dụng cáp ngầm 24kV ở Hải Phòng cũng có khả năng xảy ra cộng hưởng của sóng hài nếu các điều kiện cộng hưởng ở trên được tạo ra.

Một trong những hạn chế khi áp dụng mô hình lưới điện đánh giá tác động của hiện tượng cộng hưởng sóng hài là việc tính toán dựa trên mô hình lưới điện thông số tập trung và tính các thông số cấu trúc lưới điện ở tần số

sóng hài từ thông số tương ứng ở tần số 50 Hz, do đó kết quả tính toán chưa chính xác.

Như phân tích ở trên hiện tượng cộng hưởng sóng hài gây nguy hiểm cho thiết bị. Trên thế giới đã có nhiều biện pháp kỹ thuật để loại trừ hiện tượng này, nhưng tại Việt Nam vấn đề này chưa được quan tâm nhiều. Vì vậy hướng nghiên cứu tiếp theo của luận văn là tìm ra các giải pháp kỹ thuật thích hợp áp dụng vào việc loại trừ các tác động không mong muốn do sóng hài gây ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. TRẦN ĐÌNH LONG, ĐẶNG QUỐC THỐNG, BẠCH QUỐC KHÁNH, lựa chọn tần số của tín hiệu điều khiển phụ tải bằng sóng trong lươi phân phối điện, Tạp chí khoa học và Công nghệ, Số 26/2001, Hà Nôi 3.2001.

2. TRẦN BÁCH (2000), Lưới điện và hệ thống điện, NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.

3. JOS ARRILLAGA, BRUCE C. SMITH, NEVILLE R. WATSON, ALAN R. WOOD, Power System Harmonic Analysis, John Wiley & Sons, Inc. 1997 .

4. ROGER C. DUGAN, MARK F. MCGRANGHAN, H. WAYNE BEATY, Electrical Power Systems Quality.

PHỤ LỤC

Mã code của chương trình tính điện áp tại các nút phụ tải viết bằng ngôn ngữ PASCAL:

```
Program Giai_mach_tuyen_tinh_bang_pp_khu_GAUSS;
{Uses CRT;}
Label 1,2,3;
Type
  Mang1 = Array[0..70,0..70] of real;
  Mang2 = Array[0..70] of real;
  Mang3 = Array[0..35,0..35] of real;
  Mang4 = Array[0..35] of real;
  Mang5 = Array[0..35] of real;
  Mang6 = Array[0..35] of real;
Var
  Y:Mang1;
  F,X:Mang2;
  YT,YA,Ydat:Mang3;
  YtaiT,YtaiA,UT,UA:Mang4;
  U1:Mang5;
  bl,m,n,i,j,k,v:Integer;
  fo,T,G,B,Uo,Uth,HS,S:real;
  D,H:Text;
```

```
  Ch:String[15];
  CK:String[2];
  Key:Char;

Procedure MTTDN;{Tinh ma tran nhanh nut}
Var
  l,Lo,Ro,Co,Pt,Qt,X,R,Gt,Bt:real;

BEGIN
Assign(D,Ch);
Reset(D);
Readln(D,n);
for i:=1 to n do
for j:=1 to n do
   begin YT[i,j]:=0;YA[i,j]:=0; end;

for i:=0 to n-1 do
for j:=i+1 to n-1 do
   Begin
   read(D,CK);
   If CK='kh'then
     Begin
```

```
readln(D);
YT[i,j]:=0;
YT[j,i]:=YT[i,j];
YA[i,j]:=0;
YA[j,i]:=YA[i,j];
End
else
Begin
read(D,l);
read(D,Lo);
read(D,Ro);
read(D,Co);
readln(D);
R:=Ro*l; X:=2*3.1416*fo*Lo*l/1000;
G:=R/(R*R+X*X);
B:=-X/(R*R+X*X);
Ydat[i,j]:=3.1416*fo*Co/1000*l/1000000;
Ydat[j,i]:=Ydat[i,j];
YT[i,j]:=-G;
YT[j,i]:=YT[i,j];
YA[i,j]:=-B;
YA[j,i]:=YA[i,j];
```

```
      End;
   End;

{Tinh tong tro phu tai tai cac nut}
For i:=1 to n-1 do
   begin
   readln(D,Pt,Qt);
   Pt:=Pt*HS/100;Qt:=Qt*HS/100;

R:=Uo*Uo*Pt*1000/(Pt*Pt+Qt*Qt);X:=Uo*Uo*Qt*(fo/50)*1000/(Pt*Pt+Qt*Qt);
   YtaiT[i]:=R/(R*R+X*X);YtaiA[i]:=-X/(R*R+X*X);
   End;

Close(D);

{Tinh cac tong dan nut cua ma tran nhanh nut}
YT[0,0]:=YtaiT[0];YA[0,0]:=YtaiA[0];
For i:=1 to n-1 do
   Begin
   YT[0,0]:=YT[0,0]-YT[0,i];
   YA[0,0]:=YA[0,0]-YA[0,i]+Ydat[0,i];
   End;
```

```
YT[n-1,n-1]:=YtaiT[n-1];YA[n-1,n-1]:=YtaiA[n-1];
For i:=0 to n-2 do
  Begin
  YT[n-1,n-1]:=YT[n-1,n-1]-YT[n-1,i];
  YA[n-1,n-1]:=YA[n-1,n-1]-YA[n-1,i]+Ydat[n-1,i];
  End;

For i:=1 to n-2 do
  Begin
  YT[i,i]:=YtaiT[i];YA[i,i]:=YtaiA[i];
    For j:=0 to i-1 do YT[i,i]:=YT[i,i]-YT[i,j];
    For j:=i+1 to n-1 do YT[i,i]:=YT[i,i]-YT[i,j];
    For j:=0 to i-1 do YA[i,i]:=YA[i,i]-YA[i,j]+Ydat[i,j];
    For j:=i+1 to n-1 do YA[i,i]:=YA[i,i]-YA[i,j]+Ydat[i,j];
  End;

Writeln(' Dang ma tran tong dan khi tach phan thuc va ao');
Writeln;

Writeln(' - Phan thuc tong dan');
writeln;
```

```
For i:= 0 to n-1 do
Begin
For j:= 0 to n-1 do write(YT[i,j]:7:4,' ');
Writeln;
End;
writeln;
Writeln(' - Phan ao tong dan');
writeln;
For i:= 0 to n-1 do
Begin
For j:= 0 to n-1 do write(YA[i,j]:7:4,' ');
Writeln;
End;
Readln;

END; {Ket thuc thu tuc tinh ma tran nhanh nut}

BEGIN
{Clrscr;}
Writeln;
Writeln('     **********************************************************');
Writeln;
```

```
Writeln('    PHUONG PHAP NEWTON-RAPHSON TINH CHE DO XAC LAP LUOI DIEN ');
Writeln('          (Dung co phan tich ripple control)');
Writeln;
Writeln('                              B.Q.K. 5/1/2000');
Writeln;
Writeln('    ************************************************');
Writeln;

Write('    * Ten file so lieu cac nhanh-nut (slgause.pas) : ');Read(ch);

Write('    * He so cong suat phu tai (%) : ');readln(HS);
Write('    * Dien ap luoi trung ap (VD: Uo=22kV) : ');readln(Uo);
Write('    * Tan so tin hieu dieu khien (Hz) : ');readln(fo);
Write('    * Dien ap phat tin hieu dieu khien (V) : ');readln(Uth);

Writeln;
MTTDN;

UT[0]:=Uth;
UA[0]:=0;
```

```
{Tinh Ma Tran Cot - B }
For i:=1 to n-1 do
  Begin
  F[i]:=-YT[i,0]*UTh;
  End;

For i:=n to 2*n-2 do
  Begin
  F[i]:=-YÀ[i-n+1,0]*UTh;
  End;

{Tinh ma tran Tach thuc ao}

For i:=1 to n-1 do
  Begin
  For j:=1 to n-1 do Y[i,j]:=YT[i,j];
  For j:=n to 2*n-2 do Y[i,j]:=-YA[i,j-n+1];
  End;

For i:=n to 2*n-2 do
  Begin
  For j:=1 to n-1 do Y[i,j]:=YA[i-n+1,j];
```

```
  For j:=n to 2*n-2 do Y[i,j]:=YT[i-n+1,j-n+1];
  End;

Writeln('Bieu dien he phuong trinh truoc khi khu Gauss');
Writeln;

For i:=1 to 2*n-2 do
Begin
For j:=1 to n-1 do
Write(Y[i,j]:7:4,'T',j,' ');
For j:=n to 2*n-2 do
Write(Y[i,j]:7:4,'A',j-n+1,' ');
Writeln(' = ',F[i]:7:3);
End;
Readln;
m:=2*n-2;
{ Chuyen A ve dang ma tran tam giac duoi }
For k:=1 to m-1 do
 Begin
 For i:=k+1 to m do
  Begin
  For j:=k+1 to m do Y[i,j]:=Y[i,j]-Y[k,j]*Y[i,k]/Y[k,k];
```

```
  F[i]:=F[i]-F[k]*Y[i,k]/Y[k,k];
  Y[i,k]:=0;
  End;
 End;
Writeln('He phuong trinh sau khi bien doi ve dang tam giac');
Writeln;
For i:=1 to m do
Begin
For j:=1 to m do write(Y[i,j]:7:4,'  ');
Writeln('  = ',F[i]:7:3);
End;
Readln;

{ Tinh nghiem cua he phuong trinh }
Writeln('Nghiem cua he phuong trinh');
writeln;
X[m]:=F[m]/Y[m,m];
For i:=m-1 downto 1 do
  Begin
  T:=0;
  For j:=i+1 to m do T:=T+Y[i,j]*X[j];
  X[i]:=(F[i]-T)/Y[i,i];
```

```
  End;


For i:=1 to n-1 do
Begin
UT[i]:=X[i];
Writeln('UTnut(',i,') = ',X[i]:10:3);
End;


For i:=n to 2*n-2 do
Begin
UA[i-n+1]:=X[i];
writeln('UAnut(',i-n+1,') = ',X[i]:10:3);
End;
Writeln;
Writeln('Gia tri module dien ap');
writeln;
For i:=1 to n-1 do
  Begin
  B:=sqrt(UT[i]*UT[i]+UA[i]*UA[i]);
  U1[i]:=B;
  writeln('Unut(',i,')  = ',U1[i]:10:3,'[V]');
  End;
```

```
T:=0;
For i:=0 to n-1 do T:=T+YT[0,i]*UT[i]-YA[0,i]*UA[i];
B:=0;
For i:=0 to n-1 do B:=B+YT[0,i]*UA[i]+YA[0,i]*UT[i];
S:=Uth*sqrt(T*T+B*B);
Writeln('Cong suat may phat S = ',S:10:2,'[VA]');

Readln;
Write('      * Ten file so lieu ket qua (kq1.pas) : ');Read(ch);
Assign(H,Ch);
Rewrite(H);
For i:=1 to n-1 do
  Begin
  B:=sqrt(UT[i]*UT[i]+UA[i]*UA[i]);
  U1[i]:=B;
  writeln(H,'Unut(',i,') = ',U1[i]:10:3,'[V]');
  End;
Close(H);
3:END.
```

TÓM TẮT

Đối tượng nghiên cứu của luận văn là đánh giá tác động của hiện tượng cộng hưởng sóng hài đến điện áp tại các nút phụ tải trong lưới phân phối.

Chương I : Giới thiệu tổng quan về chất lượng điện năng, giới thiệu các nỗ lực của thế giới trong những năm gần đây về việc chuẩn hoá các thuật ngữ trong lĩnh vực chất lượng điện năng.

Chương II : Trình bầy một cách tổng quát về sóng hài, bao gồm: nguyên nhân sinh ra sóng hài, các tác động cuả sóng hài và chỉ tiêu cơ bản đánh giá tác động của sóng hài. Trong phạm vi của luận văn chỉ xét hiện tượng cộng hưởng sóng hài với các sóng hài bậc thấp trong dải tần số 150÷650 Hz.

Chương III : Xây dựng mô hình đánh giá tác động của sóng hài trong lưới điện phân phối dựa trên mô hình lưới điện thông số tập trung, với mục tiêu là đánh giá được mối quan hệ giữa điện áp tại các nút phụ tải đối với tần số của tín hiệu sóng hài.

Chương IV : Áp dụng mô hình lưới điện thông số tập trung đánh giá tác động sóng hài tới điện áp tại các nút phụ tải của hai lộ cáp ngầm 24kV lộ 471 và 472 E2.5 Cửa Cấm. Từ kết quả tính toán đưa ra các nhận xét và kết luận.