

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

TRẦN NGUYỄN THÙY CHUNG

**NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH  
TOÁN SỐNG HÀI TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN**

cuu duong than cong. com

**Chuyên ngành: Mạng và Hệ thống điện**

**Mã số: 60.52.50**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

cuu duong than cong. com

**Đà Nẵng - Năm 2013**

Công trình được hoàn thành tại  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**Người hướng dẫn khoa học: TS. TRẦN TẤN VINH**

**Phản biện 1: TS. NGUYỄN HỮU HIẾU**

**Phản biện 2: PGS.TS. NGUYỄN HỒNG ANH**

*cuu duong than cong. com*

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 25 tháng 05 năm 2013.

*cuu duong than cong. com*

*Có thể tìm hiểu luận văn tại:*

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại Học Đà Nẵng

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài:

Hiện nay với sự gia tăng nhanh chóng của các loại phụ tải điện, đặc biệt là các thiết bị điện tử, đã gây ra nhiều vấn đề cho hệ thống điện. Một trong những nguyên nhân cơ bản là do ảnh hưởng của các sóng điều hòa bậc cao đến chất lượng điện năng, gây méo dạng dòng điện và điện áp, làm tăng tổn hao công suất trong các thiết bị; các thiết bị đo, các hệ thống điều khiển có thể hoạt động không chính xác. Và nghiêm trọng hơn là có thể gây cộng hưởng giữa các bộ phận có dung kháng và cảm kháng của hệ thống.

Do đó việc nghiên cứu và phân tích các ảnh hưởng của sóng hài là rất cần thiết để tìm ra các giải pháp hạn chế sóng hài, giúp giảm tổn thất trên lưới, cải thiện sự ổn định điện áp, nâng cao chất lượng điện năng, đồng thời nâng cao tuổi thọ của thiết bị làm việc trong hệ thống.

Đề tài tập trung nghiên cứu và xây dựng mô hình tính toán sóng hài cho các phần tử trong hệ thống điện. Thông qua việc phân tích các hệ số biến dạng điều hòa về điện áp và dòng điện, đánh giá được ảnh hưởng của sóng hài đến hệ thống.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu:

Phân tích nguyên nhân sinh ra sóng hài và các ảnh hưởng của sóng hài đến hệ thống. Phân tích các giải pháp hạn chế ảnh hưởng của sóng hài giúp nâng cao chất lượng điện năng. Xây dựng mô hình tính toán sóng hài cho các phần tử trong hệ thống điện. Từ mô hình tính toán đã xây dựng, tính toán cụ thể cho hệ thống có kết hợp bộ lọc sóng hài. Đánh giá ảnh hưởng của sóng hài qua chỉ số tổng độ méo điều hòa.

### 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:

- Đối tượng nghiên cứu: Sóng hài và mô hình tính toán sóng hài trong hệ thống điện.

- Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu sóng hài trong hệ thống điện

#### **4. Phương pháp nghiên cứu:**

- Tóm tắt lý thuyết cơ bản về sóng hài và chất lượng điện năng
- Trên cơ sở lý thuyết về sóng hài, xây dựng mô hình tính toán sóng hài cho các phần tử trong trạm biến áp.
- Trên cơ sở mô hình tính toán sóng hài đã xây dựng, tính toán cụ thể cho 1 hệ thống gồm nhiều phần tử. Từ đó rút ra đánh giá và kết luận.

#### **5. Bố cục của đề tài:**

Đề tài được chia thành 4 chương với các nội dung như sau:

**Chương 1:** Tổng quan về sóng hài

**Chương 2:** Ảnh hưởng của sóng hài và các giải pháp hạn chế sóng hài .

**Chương 3:** Mô hình hóa các phần tử trong hệ thống điện để tính toán sóng hài.

**Chương 4:** Áp dụng mô hình các phần tử để tính toán sóng hài trong hệ thống điện

cuu duong than cong. com

## CHƯƠNG 1

### TỔNG QUAN VỀ SÓNG HÀI

#### 1.1 CÁC VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ SÓNG HÀI

##### 1.1.1. Khái niệm về sóng hài

##### 1.1.2. Các tính chất của sóng hài trong hệ thống điện:

- a) Tính đối xứng
- b) Các thành phần thứ tự
- c) Tính độc lập

##### 1.1.3. Các thông số cơ bản

- a) Dòng điện và điện áp hiệu dụng
- b) Hệ số biến dạng dòng điện và điện áp
- c) Công suất tác dụng và công suất phản kháng
- d) Công suất biểu kiến

#### 1.2 MỘT SỐ TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ SÓNG HÀI

Trên thế giới đã xây dựng và áp dụng một số tiêu chuẩn để đánh giá về sóng hài và giới hạn thành phần sóng hài trong hệ thống điện như tiêu chuẩn IEEE, IEC, EN hay NORSOK.

Tại Việt Nam thì ngày 30/07/2010, Bộ Công thương cũng đã đưa ra Thông tư số 32/2010/TT-BCT “Quy định hệ thống điện phân phối” có quy định mới nhất liên quan đến việc giới hạn thành phần sóng hài điều hòa bậc cao trên lưới điện quy định mức độ biến dạng sóng hài.

*Bảng 1.2: Độ biến dạng sóng hài điện áp theo quy định đấu nối vào hệ thống*

Cấp điện áp	Tổng biến dạng sóng hài	Biến dạng riêng lẻ
110kV	3,0%	1,5%
Trung và hạ áp	6,5%	3,0%

##### 1.2.1. Tiêu chuẩn IEEE

##### 1.2.2. Tiêu chuẩn IEC

#### 1.3. CÁC NGUỒN PHÁT SINH SÓNG HÀI TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

### **1.3.1. Khái quát về các nguồn hài trong hệ thống điện**

Có nhiều nguồn phát sinh sóng hài trong hệ thống, chủ yếu là do tính chất phi tuyến của các thiết bị, có thể là: máy biến áp, máy điện quay, thiết bị hồ quang như: các lò điện hồ quang, các máy hàn, các hệ truyền động điện, các bộ điều khiển thay đổi tốc độ, đèn huỳnh quang, máy tính và các thiết bị điện tử khác.

### **1.3.2. Máy biến áp**

Máy biến áp và các thiết bị điện tử với cấu trúc từ vật liệu từ đều có thể là một nguồn phát sinh sóng hài trong hệ thống do tính chất từ hóa phi tuyến của lõi thép (hay hiện tượng bão hòa mạch từ). Khi đó, dòng từ hóa của máy biến áp sẽ có dạng không sin và chứa các thành phần sóng hài (chủ yếu là thành phần hài bậc 3) ngay cả khi điện áp nguồn cung cấp có dạng hình sin. Ngược lại, trường hợp dòng từ hóa máy biến áp là dạng sóng hình sin thì có thể dạng sóng điện áp không đạt được dạng sóng sin.

Đối với các máy biến áp 3 pha, nếu có cuộn dây đầu tam giác hoặc đầu sao trung tính cách đất thì có thể loại trừ được các dòng điện hài bội 3 thứ tự không. Ngoài ra, trong trường hợp điện áp vận hành máy biến áp lớn hơn giá trị định mức hay quá trình đóng điện máy biến áp không tải vào lưới cũng có thể phát sinh sóng hài. Giá trị sóng hài này có thể không lớn so với một số các thiết bị có phát sóng hài khác nhưng xét trong hệ thống điện có rất nhiều máy biến áp cùng làm việc, thì đây cũng là một vấn đề đáng quan tâm.

### **1.3.3. Máy điện quay :**

Các thành phần sóng hài điều hòa bậc cao được phát sinh trong máy điện quay liên quan chủ yếu đến các biến thiên của từ trở gây ra bởi các khe hở giữa roto và stato. Các máy điện đồng bộ cũng có thể sinh ra sóng hài do dạng từ trường, sự bão hòa trong mạch từ hay do các dây quấn không đối xứng...

### **1.3.4. Đèn huỳnh quang**

### **1.3.5. Các bộ biến đổi công suất :**

### **1.3.6. Các thiết bị tạo hồ quang :**

Đặc tính dòng và áp của lò hồ quang điện là phi tuyến. Sau khi tạo hồ quang, điện áp giảm xuống, dòng điện tăng lên, dòng điện hồ quang này chỉ được hạn chế bởi trở kháng của hệ thống. Trong các lò hồ quang, thì trở kháng hệ thống gồm tổng trở cáp và dây dẫn của lò, cùng với trở kháng của máy biến áp lò hồ quang. Thực tế, lò hồ quang điện được biểu hiện như một nguồn hài điện áp. Máy đo trên lò hồ quang điện nhận được dạng sóng gần như dạng bậc thang.

## **CHƯƠNG 2**

### **ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG HÀI VÀ CÁC GIẢI PHÁP HẠN CHẾ SÓNG HÀI NHẪM NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG**

#### **2.1. ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG HÀI**

Sóng hài ảnh hưởng đến tất cả các thiết bị trong hệ thống điện, chủ yếu tập trung ở một số vấn đề như: gây biến dạng sóng điện áp, gây ra các hiện tượng sụt giảm điện áp ngắn hạn hoặc hiện tượng chớp nháy điện áp, làm tăng phát nóng thiết bị, làm giảm tuổi thọ thiết bị...

##### **2.1.1. Máy biến áp**

Do ảnh hưởng của sóng hài sẽ làm phát nóng máy biến áp và gây ra các tổn thất công suất, tổn thất điện năng, làm giảm tuổi thọ của máy biến áp do quá trình già hóa cách điện. Sự phát nóng do sóng hài sẽ làm giảm khả năng tải, giảm tuổi thọ máy biến áp do quá trình già hóa cách điện.

##### **2.1.2. Máy điện quay**

Sự biến dạng của các sóng hài điện áp là nguyên nhân gây ra tổn thất dòng xoáy trong các động cơ tương tự như đối với các máy biến áp, một số trường hợp méo điện áp còn có ảnh hưởng nghiêm trọng hơn: đó là gây dao động momen trên trục.

Các sóng hài ảnh hưởng đến máy điện quay liên quan chủ yếu tới các biến thiên của từ trở gây ra bởi các khe hở giữa Rotor và

Stator của máy. Các máy điện đồng bộ có thể sinh ra sóng hài bởi vì từ trường của cuộn dây, sự bão hòa trong mạch từ chính và các đường rò do các bộ dây quấn dùng để giảm dao động đặt không đối xứng với nhau

### **2.1.3. Các bộ tụ điện**

Thông thường, các tụ bù được thiết kế để bù công suất phản kháng, tăng giá trị hệ số công suất, nhưng có thể làm thay đổi rất lớn trở kháng của hệ thống khi tần số thay đổi. Các tính toán cho tụ bù đều được tính ở tần số hoạt động của lưới điện mà không tính đến trong lưới điện còn tồn tại các nhiễu với các tần số khác và các thành phần điều hòa sẽ là nguyên nhân của một số hư hại cho các bộ tụ điện

Do đó, khi mắc tụ vào lưới cần đặc biệt chú ý tới khả năng cộng hưởng khi có sự tham gia của tụ và điện cảm phối hợp tổng trở. Với sự có mặt của các sóng hài trên lưới, việc lựa chọn một giá trị thích hợp cho tụ bù để vừa đảm bảo yêu cầu về cộng hưởng là rất khó. Tần số cộng hưởng giữa điện cảm và điện dung có thể được tính toán từ nhiều công thức và thường được tính dựa trên điện kháng ở tần số cơ bản và các giá trị định mức.

### **2.1.4. Ảnh hưởng của sóng hài đến các thiết bị khác**

### **2.1.5. Các ảnh hưởng khác của sóng hài**

## **2.2. CÁC GIẢI PHÁP HẠN CHẾ ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG HÀI**

Mặc dù không thể khử được hoàn toàn sóng hài nhưng có thể có những biện pháp để giảm ảnh hưởng của sóng hài lên hệ thống điện đến các giá trị giới hạn cho phép. Các biện pháp sử dụng để hạn chế sóng hài theo hai hướng:

- Sử dụng các bộ lọc sóng hài trong hệ thống
- Giảm thiểu các dòng hài sinh ra từ các phụ tải phi tuyến trong hệ thống.

### **2.2.1. Sử dụng bộ lọc sóng hài**

### **2.2.2. Các thiết bị chuyển đổi công suất:**

### 2.2.3. Máy biến áp:

Để giảm dòng điện hài trong các máy biến áp, thường dùng các tổ đấu dây thích hợp. Các máy biến áp đấu tam giác có thể ngăn chặn được các dòng hài thứ tự không (điển hình là sóng bội 3)

Ngoài ra sử dụng cách đấu zigzag máy biến áp cũng có thể hạn chế các thành phần sóng hài. Theo cách đấu zigzag (Z) mỗi pha dây quấn máy biến áp gồm hai nửa cuộn dây trên hai trụ khác nhau mắc nối tiếp và đấu ngược chiều nhau.

### 2.2.4. Máy điện quay

Đối với các máy điện quay thì dùng các máy điện có dây quấn rải, bước ngắn để giảm ảnh hưởng của sóng hài. Mặc dù dây quấn bước ngắn dẫn đến việc suy giảm các thành phần cơ bản của sức điện động cảm ứng, nhưng điều này lại trở thành tác dụng tích cực trong việc giảm thiểu điện áp hài.

### 2.2.5. Bộ tụ bù

Thay đổi vị trí các tụ bù có thể giúp thay đổi giá trị trở kháng và dung kháng của hệ thống, vì vậy tránh được hiện tượng cộng hưởng song song với nguồn cung cấp. Hay việc thay đổi giá trị đầu ra của công suất phản kháng trên bộ tụ cũng giúp thay đổi tần số cộng hưởng.

### 2.2.6. Một số giải pháp khác

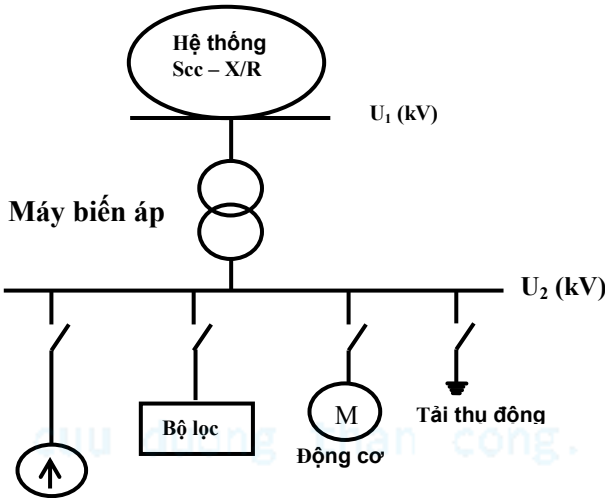
## CHƯƠNG 3

### MÔ HÌNH HÓA CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN ĐỂ TÍNH TOÁN SÓNG HÀI

Mục tiêu nghiên cứu sóng hài là tính toán giá trị điện áp hài, dòng điện hài trên nhánh và tổng độ méo điều hòa về điện áp và dòng điện (THD). Do đó, việc mô hình hóa các phần tử trong hệ thống sẽ giúp cho việc tính toán các chỉ số liên quan đến sóng hài chính xác hơn. Trong chương này sẽ nghiên cứu xây dựng mô hình

cho các phần tử trong hệ thống điện gồm: Máy phát, tụ bù nối tiếp và song song, máy biến áp, đường dây truyền tải, các động cơ, các loại tải...

### 3.1. MÔ HÌNH HÓA LƯỚI CAO ÁP



Hình 3.1. Mô hình hệ thống điện hình

Khi có xuất hiện sóng hài thì tổng trở hệ thống có dạng:

$$Z_{sys}(h) = \begin{cases} Z^0(h), & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15, \dots \\ Z^+(h), & h = 3n \pm 1 \end{cases} \quad (3.18)$$

### 3.2. MÔ HÌNH HÓA MÁY PHÁT

Khi có xuất hiện sóng hài, nếu bỏ qua hiệu ứng bề mặt thì tổng trở của máy phát có dạng sau:

$$Z = \begin{cases} Z_0(h) = R_a + jhX_0, & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15, \dots \\ Z_1(h) = R_a + jhX_d'', & h = 3n + 1 = 1, 4, 7, 10, 13, \dots \\ Z_2(h) = R_a + jhX_2, & h = 3n - 1 = 2, 5, 8, 11, 14, \end{cases} \quad (3.19)$$

### 3.3. MÔ HÌNH HÓA TẢI

#### 3.3.1. Mô hình tải nối tiếp:

Mô hình tải nối tiếp phù hợp nhất đối với các tải riêng lẻ

Khi có xuất hiện sóng hài:

$$Z_s(h) = R_s + jhX_s \quad (3.23)$$

Trong đó:  $R_s = \frac{V^2}{|S|^2} \cdot P$  , (3.21)

$$X_s = \frac{V^2}{|S|^2} \cdot Q \quad (3.22)$$

### 3.3.2. Mô hình tải song song:

Mô hình này phù hợp với tải tập trung

Khi có xuất hiện sóng hài:

$$Y_p(h) = \frac{1}{R_p} - jh \frac{1}{X_p} \quad (3.27)$$

$$R_p = \frac{V^2}{P} \quad (3.25)$$

$$X_p = \frac{V^2}{Q} \quad (3.26)$$

### 3.3.3. Mô hình tải –một pha

$$Z_L(h) = \begin{cases} Z_L^0 & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15, \\ Z_L^+(h) & h = 3n \pm 1 \end{cases} \quad (3.30)$$

$$Y_L(h) = Z_L^{-1}(h) \quad (3.31)$$

### 3.3.4. Tải nối $\Delta$

### 3.3.5. Tải nối Y

### 3.3.6. Mô hình tải tổng quát

### 3.3.7. Mô hình động cơ không đồng bộ

Khi có xuất hiện sóng hài thì tổng trở của động cơ là:

$$Z_M(h) = \begin{cases} \infty & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15, \dots \\ R_M^+ + jh.X_M^+, & h = 3n \pm 1 \end{cases}$$

### 3.4. TỤ BÙ MẮC NỐI TIẾP, SONG SONG

#### 3.5. MÔ HÌNH MÁY BIẾN ÁP

##### 3.5.1. Mô hình máy biến áp 2 cuộn dây

a. Mô hình các thành phần thứ tự không

b. Cuộn dây đầu Y

c. Cuộn dây đầu Δ:

d. Tiêu chuẩn ANSI đối với máy biến áp đầu Δ/Y hoặc Y/Δ

$$I_H = \begin{cases} I_L \angle 30^\circ, & h = 3n + 1 = 1, 4, 7, 10, 13, \dots \\ I_L \angle -30^\circ, & h = 3n - 1 = 2, 5, 8, 11, 14, \dots \end{cases} \quad (3.89)$$

Với:  $I_H$ : dòng điện phía cao áp máy biến áp

$I_L$ : dòng điện phía hạ áp máy biến áp

e. Mô hình hóa máy biến áp 1 pha 2 cuộn dây:

$$Z_T(h) = \begin{cases} Z_T^0(h), & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15, \dots \\ Z_T^+(h), & h = 3n \pm 1 \end{cases}$$

$$Z_T^+ = Z_T^- = \frac{\%Z_T}{100} \cdot \frac{S_b}{S_T} pu \quad (3.90)$$

$$Z_T^0 = Z_T^+ + \frac{3Z_g}{Z_b} pu \quad (3.91)$$

##### 3.5.2. Máy biến áp 3 cuộn dây

### 3.6. CÁC BỘ LỌC

Tại các sóng hài điều chỉnh:

$$X_{Ln} = h_n.X_{L1} = X_{Cn} = \frac{X_{C1}}{h_n} = X_n \quad (3.94)$$

Suy ra:  $X_n = \sqrt{X_{L1} \cdot X_{C1}} = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$  (3.95)

Tần số điều chỉnh:

$$f_n = h_n \cdot f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \text{ (Hz)}$$

Bậc điều chỉnh:

$$h_n = \frac{f_n}{f_0} = \frac{1}{\omega_0 \sqrt{L_1 C_1}} = \sqrt{\frac{X_{C1}}{X_{L1}}}$$

Trở kháng của cuộn dây:

$$X_{L1} = \frac{X_{C1}}{h_n^2}$$

Công suất phản kháng hấp thụ bởi cuộn kháng:

$$Q_L = \sum_{h=1} V_{L_h} I_{L_h} = \sum_{h=1} h X_L I_{L_h}^2 = \sum_{h=1} \frac{V_{L_h}^2}{h X_L}$$

(3.96)

$$\frac{Q_L}{Q_{L1}} = \sum_{h=1} \left( \frac{I_{L_h}}{I_{L1}} \right)^2 = \sum_{h=1} \frac{1}{h} \left( \frac{V_{L_h}}{V_{L1}} \right)^2 \quad (3.97)$$

Công suất phản kháng phát ra bởi tụ bù:

$$Q_C = \sum_{h=1} V_{C_h} I_{C_h} = \sum_{h=1} \frac{X_C}{h} I_{C_h}^2 = \sum_{h=1} \frac{h}{X_C} V_{C_h}^2 \quad (3.98)$$

$$\frac{Q_C}{Q_{C1}} = \sum_{h=1} \left( \frac{V_{C_h}}{V_{C1}} \right)^2 = \sum_{h=1} \frac{1}{h} \left( \frac{I_{C_h}}{I_{C1}} \right)^2 \quad (3.99)$$

**3.6.1. Bộ lọc điều chỉnh mắc nối tiếp:**

**3.6.2. Bộ lọc tắt dần cấp 2:**

### 3.7. MÔ HÌNH ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

3.7.1. Mô hình đường dây:

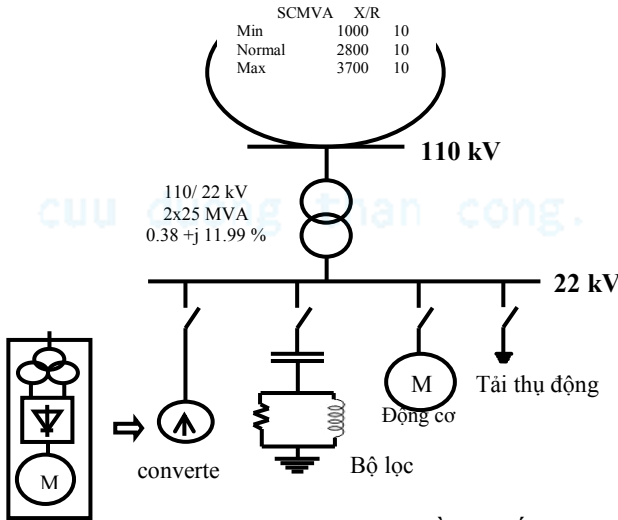
3.7.2. Tổng trở đường dây

3.7.3. Tổng dẫn đường dây

## CHƯƠNG 4

### ÁP DỤNG MÔ HÌNH CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN ĐỂ TÍNH TOÁN SÓNG HÀI

#### 4.1. TÍNH TOÁN SÓNG HÀI CHO HỆ THỐNG 110/22KV



Hình 4.1: Sơ đồ hệ thống 110/22KV

**Thông số cho biết:** Lưới cao áp, Máy biến áp, Tải động cơ, Tải thụ động, Converter, Bộ lọc.

#### 4.1.1. Tổng trở hệ thống:

##### a. Hệ thống 110kV

Khi có xuất hiện sóng hài thì tổng trở hệ thống có dạng:

$$Z_{sys}(h) = \begin{cases} Z^0(h), & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15, \dots \\ Z^+(h), & h = 3n \pm 1 \end{cases}$$

$$Z_{\text{sys}}(h) = \begin{cases} 0.0133 + j0.0133^* h(\text{pu}) & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15 \dots \\ 0.00995 + j0.0995^* h(\text{pu}), & h = 3n \pm 1 \end{cases}$$

Lấy nghịch đảo của tổng trở ta có giá trị tổng dẫn :

$$Y_{\text{sys}}(h) = Z_{\text{sys}}^{-1}(h)$$

**b. Động cơ**

$$Z_M(h) = \begin{cases} \infty \\ 0.1211 + jh.1.210 \text{ (pu)} \end{cases}$$

$$Y_M(h) = Z_M^{-1}(h)$$

**c. Tải**

Khi có sóng hài

$$Z_L(h) = \begin{cases} \infty \\ 18.7999 + j6.8236h(\text{pu}) \end{cases}$$

$$Y_L(h) = Z_L^{-1}(h)$$

**d. Bộ lọc**

$$Z_F(h) = \frac{jRhX_L}{R + jhX_L} - j\frac{X_C}{h} \quad (\Omega)$$

$$= \frac{1}{Z_{bL}} \left( \frac{jRhX_L}{R + jhX_L} - j\frac{X_C}{h} \right) \quad (\text{pu})$$

$$Y_F(h) = Z_F^{-1}(h) \quad (\text{pu})$$

**e. Máy biến áp**

Vậy: 
$$Z_T(h) = \begin{cases} Z_T^0(h), & h = 3n = 3, 6, 9, 12, 15 \dots \\ Z_T^+(h), & h = 3n \pm 1 \end{cases}$$

$$Z_T(h) = \begin{cases} 295.235 + j0.2398h, & h = 3n \\ 0.0076 + j0.2398h, & h = 3n \pm 1 \end{cases} \text{ (pu)}$$

Lấy nghịch đảo của tổng trở ta có giá trị tổng dẫn:

$$Y_T(h) = Z_T^{-1}(h)$$

#### 4.1.2. Tổng trở tính toán:

- Tại thanh góp 22kV:

$$Z_{22}(h) = Z_{sys}(h) + Z_T(h)$$

$$Y_{22}(h) = \frac{1}{Z_{22}(h)}$$

- Xét từ nguồn hài,

Tổng trở tương đương :

$$Y_{eq}(h) = Y_L(h) + Y_M(h) + Y_F(h) + Y_{22}(h)$$

$$Z_{eq}(h) = \frac{1}{Y_{eq}(h)}$$

$$\begin{aligned} Z_{22}(1) &= Z_{sys}(1) + Z_T(1) = 0.0176 + j0.3393 \text{ (pu)} \\ &= 0.3398 \angle 87.03^\circ \text{ (pu)} \end{aligned}$$

cuu duong than cong. com

### 4.1.3. Tính toán hệ thống khi xét nguồn hài:

Tổng độ méo điều hòa điện áp và dòng điện tính theo công thức:

$$THD_I = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_1}\right)^2} - 1 \quad (\%)$$

$$THD_V = \sqrt{\left(\frac{V_{rms}}{V_1}\right)^2} - 1 \quad (\%)$$

## 4.2. ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ THAY ĐỔI CÔNG SUẤT NGẮN MẠCH

\* Tính toán tương tự cho hệ thống 110/22kV với công suất ngắn mạch  $S_{cc-normal}=2800$  (MVA)

\* **Nhận xét:**

Khi công suất ngắn mạch  $S_{cc}$  tăng thì trở kháng hệ thống  $Z_{sys}$  giảm đi, vì vậy cả 2 thành phần là trở kháng nhìn từ thanh góp 22kV  $Z_{22}$  và trở kháng nhìn từ nguồn hài  $Z_{eq}$  đều giảm đi.

Với  $V_{22}(h) = Z_{eq}(h) \cdot I_{conv}(h)$  : thì nhận thấy rằng khi  $Z_{eq}$  giảm thì  $V_{22}$  giảm, nghĩa là độ biến dạng điện áp tại thanh góp 22kV sẽ giảm đi.

Tại thanh góp 110kV, thì độ biến dạng điện áp thay đổi phụ thuộc vào biểu thức:

$$V_{110}(h) = Z_{sys}(h) \cdot I_{sys}(h) = \frac{Z_{sys}(h)}{Z_{sys}(h) + Z_T(h)} \cdot V_{22}(h)$$

Bảng 4.21. Kết quả độ biến dạng điều hòa tại các giá trị Scc khác nhau

Scc - Lưới cao áp (MVA)	1000	2800	3700
% THD – V <sub>110</sub>	0.85	0.33	0.27
% THD – V <sub>22</sub>	3.02	2.73	2.74

Vậy, khi tăng dung lượng công suất ngắn mạch thì:

- Giảm độ biến dạng hài điện áp ở phía 110kV
- Giảm độ lớn của tổng trở hệ thống

Theo phân tích, khi tăng công suất ngắn mạch ở phía cao áp hệ thống có thể sẽ cải thiện độ biến dạng hài điện áp ở phía 22kV. Tuy nhiên, một số trường hợp khi tăng Scc đến giá trị nào đó sẽ gây ra hiện tượng dịch chuyển cộng hưởng đến sóng hài bậc cao hơn, gây ảnh hưởng đến hệ thống. Mô phỏng dạng sóng cộng hưởng trong hình 4.15

### 4.3. ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ CỐ MÁY BIẾN ÁP

Khi sự cố dừng 01 máy biến áp thì tổng trở  $Z_T$  tăng gấp đôi, vì vậy cả  $Z_{22}$  và  $Z_{eq}$  cũng tăng theo. Giá trị tổng độ biến dạng điện áp tại phía 22kV tăng. Phía 110kV thì giá trị tổng độ biến dạng điều hòa thay đổi phụ thuộc vào biểu thức:

$$V_{110}(h) = Z_{sys}(h) \cdot I_{sys}(h) = \frac{Z_{sys}(h)}{Z_{sys}(h) + Z_T(h)} \cdot V_{22}(h)$$

Bảng 4.23. Kết quả độ biến dạng hài điện áp khi sự cố 1MBA

	Máy biến áp 110/22kV	
	02 MBA	01 MBA
% THD – V <sub>110</sub>	0.85	1.41
% THD – V <sub>22</sub>	3.02	8.51

Vậy, khi xảy ra sự cố 01 máy biến áp, chỉ còn 01 máy biến áp vận hành thì:

- Tăng độ biến dạng hài điện áp ở phía 110kV và 22kV

- Tăng giá trị tổng trở hệ thống

Sự thay đổi tổng độ biến dạng điều hòa ứng với các giá trị

Sec khác nhau được tính trong bảng 4.24

#### 4.4. ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC TĂNG CÔNG SUẤT TẢI ĐỘNG CƠ

Xét trường hợp tăng công suất tải 100% so với trường hợp tính toán ở mục 4.2.1. với công suất ngắn mạch hệ thống là min.

Khi công suất tải động cơ tăng lên thì tổng trở tương đương nhìn từ nguồn hài  $Z_{eq}$  giảm xuống, vì vậy tổng độ biến dạng hài điện áp tại 22kV sẽ giảm đi. Tương tự,  $I_{sys}$  giảm và tổng độ biến dạng hài điện áp tại 110kV cũng giảm đi.

*Bảng 4.25. Kết quả độ biến dạng hài điện áp khi tăng tải động cơ*

	Công suất động cơ Pshaft	
	12.5 MW	25 MW
% THD – V110	0.85	0.78
% THD – V22	3.02	2.82

#### 4.5. ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC TĂNG TẢI THỤ ĐỘNG

Xét trường hợp tăng tải 100% so với trường hợp tính toán ở mục 4.1. với công suất ngắn mạch hệ thống là min.

Khi tải thụ động tăng lên thì tổng trở tương đương nhìn từ nguồn hài  $Z_{eq}$  giảm xuống, vì vậy tổng độ biến dạng hài điện áp tại 22kV sẽ giảm đi. Tương tự,  $I_{sys}$  giảm và tổng độ biến dạng hài điện áp tại 110kV cũng giảm đi.

*Bảng 4.27. Kết quả độ biến dạng hài điện áp khi tăng tải thụ động*

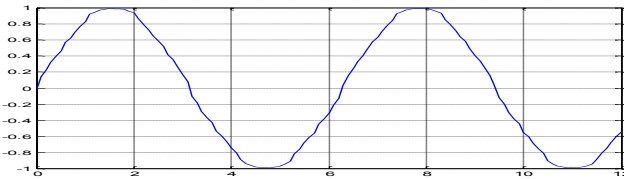
	Tải thụ động	
	5 MVA	10 MVA
% THD – V <sub>110</sub>	0.85	0.82
% THD – V <sub>22</sub>	3.02	2.93

Vậy: khi tăng tải thụ động gấp đôi: Tổng độ biến dạng hài điện áp ở 110kV và 22kV giảm đi. Sự thay đổi tổng độ biến dạng

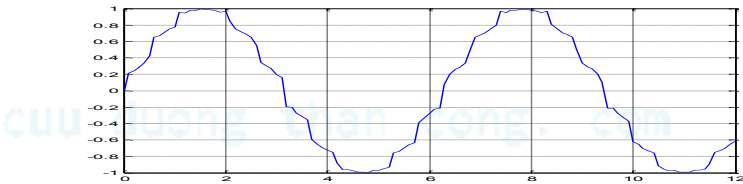
dòng điện hài ứng với các giá trị Sec khác nhau được tính trong bảng 4.28

## 4.6. MÔ PHỎNG DẠNG SÓNG ĐIỆN ÁP VÀ DÒNG ĐIỆN

### 4.6.1. Mô phỏng dạng sóng điện áp tại thanh góp 22kV :



Hình 4.2. Dạng sóng điện áp tại TG 22kV – có sử dụng bộ lọc



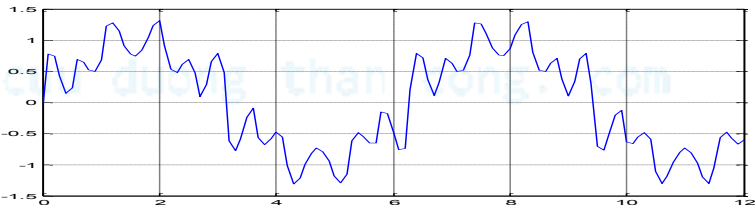
Hình 4.3. Dạng sóng điện áp tại TG 22kV – Không sử dụng bộ lọc

### 4.6.2. Mô phỏng dạng sóng dòng điện converter :

### 4.6.3. Mô phỏng dạng sóng dòng điện phụ tải :

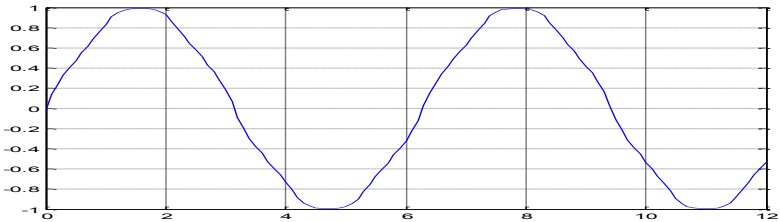
### 4.6.4. Mô phỏng dạng sóng dòng điện động cơ :

### 4.6.5. Mô phỏng dạng sóng dòng điện bộ lọc :

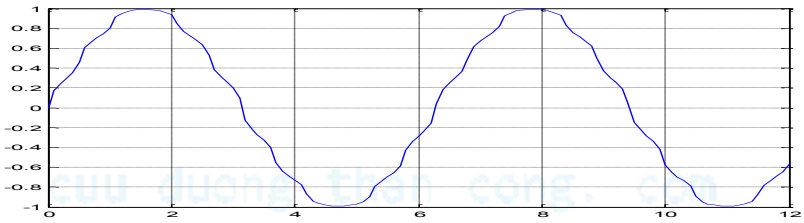


Hình 4.10. Dạng sóng dòng điện qua bộ lọc

#### 4.6.6. Mô phỏng dạng sóng dòng điện qua máy biến áp :



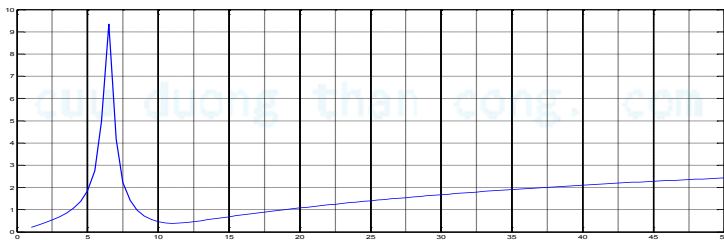
Hình 4.11. Dạng sóng dòng điện MBA – có sử dụng bộ lọc



Hình 4.12. Dạng sóng dòng điện MBA – không sử dụng bộ lọc

#### 4.6.7. Mô phỏng dạng sóng dòng điện TG cao áp :

#### 4.6.8. Mô phỏng quan hệ tổng trở tương đương $Z_{eq}$ theo bậc sóng hài :



## 4.7. TÍNH TOÁN TỔN THẤT CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG

### 4.7.1. Tổn thất công suất tại tần số cơ bản

$$\Delta S_{\text{conv}} = \frac{P_{\text{conv}}^2 + Q_{\text{conv}}^2}{U^2} \cdot R_{\text{conv}} + j \frac{P_{\text{conv}}^2 + Q_{\text{conv}}^2}{U^2} \cdot X_{\text{conv}}$$

Tổng tổn thất công suất trong phụ tải:

$$\begin{aligned} \Delta S &= \Delta S_L + \Delta S_M + \Delta S_F + \Delta S_{\text{conv}} \\ &= 0.0634 + 0.0409i \quad (\text{MVA}) \end{aligned}$$

### 4.7.2. Tổn thất công suất khi có sóng hài

Tổn thất công suất tăng thêm ở phụ tải khi có sóng hài:

$$\Delta S' = \Delta S(h) - \Delta S = 0.832 + 11.7994i \quad (\text{MVA})$$

Tổn thất công suất tăng thêm ở MBA khi có sóng hài:

$$\Delta S'_T = \Delta S_T(h) - \Delta S_T = 0.0843 + 2.6803i \quad (\text{MVA})$$

Tổng tổn thất công suất tăng thêm khi có sóng hài

$$\Delta S'_\Sigma = \Delta S'_T + \Delta S' = 0.9163 + 14.4797i \quad (\text{MVA})$$

cuu duong than cong. com

BẢNG KẾT QUẢ TỔNG ĐỘ BIẾN DẠNG ĐIỀU HÒA -Sec min

		Dòng converter	Điện áp TG 22KV	Dòng MBA	Dòng bộ lọc	Dòng động cơ	Dòng tải	Điện áp TG 110kV Vbus-110kV	Dòng hệ thống
		Iconv	Vbus-22kV	I(T)	I(F)	I(M)	I(L)		Isys
THD , %		9.1395	3.0220	2.7267	39.9884	2.2338	1.1645	0.8516	2.7267
Trị hiệu dụng	đvị thực	827.9978	21.1496	263.8868	219.2016	451.2015	136.5631	110.0039	263.8868
Sóng cơ bản	đvị thực	825	21.14	263.7887	203.5317	451.0890	136.5538	110	263.7887
Sóng cơ bản	p.u.	0.3142	0.9609	0.5026	0.0776	0.1719	0.052034	1	0.5026
h=5	% cơ bản	1.8	2.166	2.4408	13.6637	1.9996	1.02625	0.6104	2.4408
7		1.6	1.2935	1.0412	15.091	0.8529	0.46508	0.3645	1.0412
11		6.6	0.8197	0.4198	26.9534	0.3438	0.19603	0.231	0.4198
13		5.4	0.9167	0.3973	20.0242	0.3258	0.18642	0.2583	0.3973
17		0.33	0.097	0.0322	1.1308	0.0262	0.01537	0.0273	0.0322
19		0.3	0.1046	0.031	1.0135	0.0256	0.01537	0.0295	0.031
23		1.5	0.6675	0.1636	5.0209	0.1338	0.07879	0.1881	0.1636
25		1.3	0.634	0.1429	4.3569	0.1169	0.06726	0.1786	0.1429
29		0.25	0.141	0.0275	0.8446	0.0227	0.01345	0.0397	0.0275
31		0.2	0.1197	0.0217	0.6795	0.018	0.00961	0.0337	0.0217
35		0.8	0.5278	0.085	2.7541	0.0698	0.04036	0.1487	0.085
37		0.4	0.2749	0.0418	1.3861	0.0343	0.01922	0.0775	0.0418

BẢNG KẾT QUẢ TỔNG ĐỘ BIẾN DẠNG ĐIỀU HÒA -Sec min - SỰ CỐ 01 MBA

		Dòng converter	Điện áp TG 22KV	Dòng MBA	Dòng bộ lọc	Dòng động cơ	Dòng tải	Điện áp TG 110kV Vbus-110kV	Dòng hệ thống
		I <sub>conv</sub>	V <sub>bus-22kV</sub>	I(T)	I(F)	I(M)	I(L)		I <sub>sys</sub>
THD , %		9.1454	8.5118	6.7098	63.4437	7.7899	4.0042	1.4142	6.7098
Trị hiệu dụng	đvị thực	822.9952	21.3469	218.1862	242.5203	224.8459	135.8281	110.011	218.1862
Sóng cơ bản	đvị thực	820	21.27	217.6968	204.7835	224.1667	135.7193	110	217.6968
Sóng cơ bản	p.u.	0.3123	0.9668	0.4148	0.0780	0.0854	0.0517	1	0.4148
h=5	% cơ bản	1.8	8.2949	6.6775	52.3304	7.7524	3.98136	1.3782	6.6775
7		1.6	0.8259	0.475	9.6357	0.5514	0.30165	0.1372	0.475
11		6.6	0.8085	0.2958	26.5849	0.343	0.1953	0.1343	0.2958
13		5.4	0.9406	0.2912	20.5439	0.3383	0.19336	0.1563	0.2912
17		0.33	0.1026	0.0244	1.1969	0.0281	0.01547	0.0171	0.0244
19		0.3	0.1113	0.0236	1.0777	0.0269	0.01547	0.0185	0.0236
23		1.5	0.7131	0.1249	5.3644	0.1452	0.08508	0.1185	0.1249
25		1.3	0.6771	0.109	4.6532	0.1264	0.07348	0.1125	0.109
29		0.25	0.1502	0.0207	0.8996	0.0246	0.01354	0.0249	0.0207
31		0.2	0.1271	0.0164	0.7228	0.0187	0.0116	0.0211	0.0164
35		0.8	0.5583	0.0641	2.9129	0.0749	0.04447	0.0927	0.0641
37		0.4	0.2901	0.0316	1.4622	0.0363	0.02127	0.0482	0.0316

BẢNG KẾT QUẢ TỔNG ĐỘ BIẾN DẠNG ĐIỀU HÒA -Sec min-TĂNG TẢI ĐỘNG CƠ

		Dòng converter Iconv	Điện áp TG 22KV Vbus-22kV	Dòng MBA I(T)	Dòng bộ lọc I(F)	Dòng động cơ I(M)	Dòng tải I(L)	Điện áp TG 110kV Vbus-110kV	Dòng hệ thống Isys
THD , %		9.134	2.8151	1.6115	41.7328	1.7706	0.9432	0.7828	1.6115
Trị hiệu dụng	đơn vị thực	839.3252	20.8682	358.5884	217.6240	914.4325	138.3944	110.0033	358.5884
Sóng cơ bản	đơn vị thực	836	20.86	358.5418	200.8365	914.2892	138.3882	110	358.5419
Sóng cơ bản	p.u.	0.3185	0.9481	0.6831	0.0765	0.3484	0.0527	1	0.6831
h=5	% cơ bản	1.8	1.387	1.1347	8.7496	1.2466	0.64096	0.3857	1.1347
7		1.6	1.792	1.0473	20.9071	1.1507	0.62769	0.4983	1.0473
11		6.6	0.8415	0.313	27.6679	0.3439	0.19532	0.234	0.313
13		5.4	0.9231	0.2904	20.1623	0.3192	0.18395	0.2567	0.2904
17		0.33	0.0963	0.0231	1.1225	0.0255	0.01517	0.0268	0.0231
19		0.3	0.1036	0.0223	1.0035	0.0244	0.01327	0.0288	0.0223
23		1.5	0.6595	0.1173	4.9615	0.1289	0.07585	0.1834	0.1173
25		1.3	0.6264	0.1025	4.3056	0.1125	0.06637	0.1742	0.1025
29		0.25	0.1395	0.0196	0.8363	0.0215	0.01327	0.0388	0.0196
31		0.2	0.1184	0.0157	0.6729	0.0172	0.00948	0.0329	0.0157
35		0.8	0.5236	0.0612	2.7323	0.0672	0.03982	0.1456	0.0612
37		0.4	0.2732	0.0302	1.3773	0.0333	0.01896	0.0759	0.0302

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Với quy mô phát triển phụ tải ngày càng nhanh và rộng thì việc khắc phục ảnh hưởng của sóng hài trong hệ thống là rất quan trọng. Do đó, vấn đề cần thiết là phân tích tính chất của các loại phụ tải để tính toán sóng hài và đánh giá được các ảnh hưởng của sóng hài đến hệ thống, từ đó tìm giải pháp hạn chế.

Nội dung luận văn tập trung nghiên cứu và xây dựng mô hình của các phần tử trong hệ thống điện để tính toán sóng hài. Dựa vào kết quả tính toán đánh giá ảnh hưởng của sóng hài đến hệ thống điện và các phần tử trong hệ thống điện, ảnh hưởng đến chất lượng điện năng. Bên cạnh đó, sự thay đổi thông số của các phần tử trong hệ thống điện ở các điều kiện làm việc khác nhau cũng có thể dẫn đến hiện tượng cộng hưởng sóng hài, gây ảnh hưởng lớn đến hệ thống.

Hướng phát triển của đề tài: Từ mô hình tính toán sóng hài, nghiên cứu tính toán và lựa chọn tối ưu các thông số định mức của các phần tử trong hệ thống điện có xét đến sự xuất hiện của sóng hài nhằm tránh hiện tượng cộng hưởng gây khuếch đại sóng hài. Nghiên cứu về các phương pháp lọc sóng hài kết hợp điều khiển số với các thiết bị điện tử công suất, tụ điện, cuộn cảm...

Để hạn chế các ảnh hưởng của sóng hài nhằm nâng cao chất lượng điện năng thì một vấn đề cũng rất cần thiết đặt ra là cần phổ biến rộng rãi các quy định liên quan đến sóng hài và các tiêu chuẩn đánh giá sóng hài để các hộ dùng điện hiểu rõ hơn về ảnh hưởng của sóng hài.