การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกที่เกิดจาก เครื่องแปลงผันในระบบไฟฟ้ากำลัง

นาย วสันต์ จันทร์สัจจา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2531

ISBN 974-569-287-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014142

i17429274

ANALYSIS OF HARMONIC POWER FLOW CAUSED BY CONVERTERS IN ELECTRIC POWER SYSTEM

Mr. Watson Chansajcha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-287-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกที่เกิดจากเครื่องแปลงผันในระบบไฟฟ้ากำลัง
โดย	นาย วสันต์ จันทร์สัจจา
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)

.....กรรมการ

(นาย สุรพล โศภนคณาภรณ์)

วสันต์ จันทร์สัจจา : การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกที่เกิดจากเครื่องแปลง-ผันในระบบไฟฟ้ากำลัง (ANALYSIS OF HARMONIC POWER FLOW CAUSED BY CONVERTERS IN ELECTRIC POWER SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, 200 หน้า.

เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมาโหลดไม่เชิงเส้นมีจำนวนน้อย การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังจึงคิดเพียงโหลดเชิงเส้นเท่านั้น แต่ในปัจจุบันนี้โหลดไม่เชิงเส้นโดยเฉพาะเครื่องแปลงผันได้มีการขยายตัวอย่างมาก ฮาร์มอนิกจึงมีผลต่อระบบไฟฟ้ากำลังยิ่งขึ้น ทำให้เกิดการคิดค้นอัลกอริทึมโดยรวมผลของโหลดไม่เชิงเส้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาผลของฮาร์มอนิกที่เกิดจากเครื่องแปลงผันแบบ 6 หรือ 12 พัลส์ ซึ่งเป็นโหลดไม่เชิงเส้น อัลกอริทึมที่ใช้วิเคราะห์ฮาร์มอนิกประกอบด้วย 2 ส่วนคือ อัลกอริทึมแบบดั้งเดิมซึ่งใช้วิเคราะห์ที่ความถี่หลักมูลโดยใช้วิธีของนิวตัน-ราฟสันและส่วนที่สองคืออัลกอริทึมที่ความถี่ฮาร์มอนิกโดยเพิ่มโมเดลของเครื่องแปลงผันเข้าไปในอัลกอริทึม

ผลการศึกษาทำให้สามารถคำนวณแรงดันอาร์เอ็มเอส, กระแสอาร์เอ็มเอส, แรงดันยอด, กระแสยอด, และกำลังสูญที่ความถี่ฮาร์มอนิก ส่วนสำคัญคือสามารถนำไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์ระบบเพื่อทดลองว่าเมื่อติดคะแปซิเตอร์ในระบบไฟฟ้าแล้ว คะแปซิเตอร์นี้จะเหมาะสมหรือไม่และสามารถทำนายการเกิดเรโซแนนซ์ในระบบไฟฟ้า อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการกำหนดมาตราฐานค่าจำกัดของแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังในประเทศไทย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต วสันต์ จันทร์สัจจา

สาขาวิชา พลังงานไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

WATSON CHANSAJCHA : ANALYSIS OF HARMONIC POWER FLOW CAUSED BY CONVERTERS IN ELECTRIC POWER SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF.PRASIT PITTAYAPAT,Ed.D. 200 pp.

Since there was only a limited number of nonlinear loads in the past, only linear loads were used in power system analysis. At present, the utilization of nonlinear loads espectially converters increases substantially; as a result, harmonics effect the power system more significantly. Consequently, there are a lot of motivations to find an algorithm for analysing harmonics including nonlinear loads.

The objective of this thesis is to study the effect of harmonics caused by 6 pulse or 12 pulse converters which are nonlinear loads. The method is divided into two parts. The first part is based on a conventional power flow at fundamental frequency using Newton-Raphson method, whereas the second part deals with harmonic frequencies, including a model of converters in the algorithm.

These algorithms can calculate rms voltage, rms current, peak voltage, peak current and power loss at harmonic frequencies. This thesis can be applied to analyse the system whether the size and position of capacitors are suitable or not, and predict resonance condition in the system. Moreover, it can be used to guide a standard specification of voltage and current harmonic limitations in the power system in Thailand.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พลังงานไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่านด้วยกัน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร และอาจารย์ สุรพล โศภนคณาภรณ์ จากฝ่ายวิศวกรรม การไฟฟ้านครหลวง ท่านทั้งหลายได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และอำนวยความสะดวกในการวิจัยด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. มงคล เดชนครินทร์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาด้านภาษาของการเขียนวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ คมสัน เพ็ชรรักษ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำทางทฤษฎีและเทคนิคการเขียนโปรแกรม ขอขอบพระคุณ Prof. Torsten Johansson ที่อนุญาตให้ใช้เครื่อง Macintosh SE ในการพิมพ์วิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณศูนย์คอมพิวเตอร์ที่อนุญาตให้ใช้เครื่อง Prime ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา ซึ่งสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญรูปภาพ ..... ฎ
สารบัญตาราง ..... ฏ
สัญญลักษณ์ที่ใช้ ..... ฐ

บทที่

1. ความสำคัญของปัญหา 1
   1.1 บทนำ 1
   1.2 แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก 2
      1.2.1 หม้อแปลง 3
      1.2.2 เครื่องจักรไฟฟ้า 3
      1.2.3 อุปกรณ์อาร์ก 3
      1.2.4 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4
      1.2.5 เครื่องแปลงผัน 4
   1.3 ผลกระทบของฮาร์มอนิก 6
      1.3.1 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อระบบสายส่ง 7
      1.3.2 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อหม้อแปลง 8
      1.3.3 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อเครื่องจักรไฟฟ้า 9
      1.3.4 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อสวิตช์เกียร์ 9
      1.3.5 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อแบงก์คะแปซิเตอร์ 10
      1.3.6 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อฟิวส์ 11

1.3.7 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อรีเลย์ 11
1.3.8 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อมิเตอร์วัดไฟฟ้า 12
1.3.9 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่ออุปกรณ์ผู้ใช้ไฟฟ้า 13
1.3.10 ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อระบบสื่อสาร 13
2. ทฤษฎีการไหลของกำลังไฟฟ้า 14
2.1 บทนำ 14
2.2 ทฤษฎีการไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิก 14
2.3 การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า 16
2.3.1 อัลกอริทึมการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบดั้งเดิม 17
2.3.2 อัลกอริทึมการไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิก 19
3. โมเดลที่ใช้ในโปรแกรม 28
3.1 บทนำ 28
3.2 โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า 28
3.3 องค์ประกอบวงจรย่าย 28
3.3.1 โมเดลของสายส่ง 29
3.3.2 โมเดลของหม้อแปลงกำลัง 30
3.4 โมเดลของเครื่องแปลงผันแบบ 6 พัลส์ 31
3.5 โมเดลของเครื่องแปลงผันแบบ 12 พัลส์ 49
4. โครงสร้างโปรแกรม 51
4.1 บทนำ 51
4.2 ผังโปรแกรม 52
4.3 โปรแกรมย่อย 52
4.4 ชนิดของบัสที่ใช้ในโปรแกรม 54
4.5 การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวแปร 55
4.5.1 การกำหนดค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ Q 55
4.5.2 การกำหนดค่ามุมสับเปลี่ยน μ 60
4.5.3 การกำหนดค่าแรงดัน E และความต้านทาน R 60

4.5.3.1 กรณีเครื่องแปลงผันแบบพาสซีฟ 60
4.5.3.2 กรณีเครื่องแปลงผันแบบแอกทีฟ 61
4.6 การหาอนุพันธ์บางส่วนสัมพันธ์กับตัวแปรควบคุม 62
4.7 การหาค่ายอดของสัญญาณฮาร์มอนิก 63
4.8 การคอนเวิร์จของโปรแกรม 64
5. คู่มือการใช้โปรแกรม 65
5.1 บทนำ 65
5.2 การเตรียมข้อมูล 65
5.2.1 ฐานหนึ่งหน่วย 66
5.2.2 ชนิดของข้อมูลเข้า 66
5.2.3 รายละเอียดของข้อมูลเข้า 67
5.2.3.1 รหัสควบคุม 1 67
5.2.3.2 รหัสควบคุม 2 67
5.2.3.3 รหัสควบคุม 3 67
5.2.3.4 รหัสควบคุม 4 72
5.2.3.5 รหัสควบคุม 5 76
5.2.3.6 รหัสควบคุม 6 79
5.2.3.7 รหัสควบคุม 7 81
5.2.3.8 รหัสควบคุม 8 83
5.3 การแปลความหมายผลลัพธ์ที่ได้ 83
5.3.1 พารามิเตอร์ของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น 84
5.3.2 ผลสรุปของการไหลในสายส่ง 84
5.3.3 ผลสรุปของแรงดันบัส 85
5.3.4 ข้อความแสดงความผิดพลาด 85
5.3.5 ข้อความที่โปรแกรมบอกให้ผู้ใช้ทราบ 86
5.4 การหาคำตอบใหม่เมื่อไม่คอนเวิร์จ 86
5.4.1 การกำหนดค่าเริ่มต้น 87
5.4.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในความถี่หลักมูล 87

5.4.3 จำนวนการวนซ้ำ 87
5.4.4 แฟกเตอร์การเร่ง 87
5.4.5 พิมพ์ค่ารายละเอียด 87
5.4.6 มุมสับเปลี่ยนของเครื่องแปลงผัน 87
5.4.7 การเกิดเรโซแนนซ์ 88
5.4.8 การไดเวิร์จหลังจากที่ได้คำตอบฮาร์มอนิกบ้าง 88
บทที่ 6 การศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกด้วยโปรแกรมที่พัฒนา 89
6.1 บทนำ 89
6.2 การทดสอบโปรแกรม HARMONIC 89
6.3 การประยุกต์ใช้โปรแกรม HARMONIC 100
6.3.1 ระบบไฟฟ้ากำลัง 5 บัส 101
6.3.2 ระบบเรเดียล 103
บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ 110
7.1 บทสรุป 110
7.2 ข้อเสนอแนะ 111
บรรณานุกรม 112
ภาคผนวก ก 115
ภาคผนวก ข 118
ภาคผนวก ค 121
ภาคผนวก ง 123
ภาคผนวก จ 127
ภาคผนวก ฉ 129
ภาคผนวก ช 138
ภาคผนวก ซ 140
ภาคผนวก ฌ 146
ภาคผนวก ญ 157
ประวัติผู้เขียน 200

สารบัญรูปภาพ

รูปที่

1.1 ผลของมุมเฟสต่อรูปคลื่นรวม 2

2.1 การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่หลักมูลและที่ความถี่ฮาร์มอนิก 15

2.2 การไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูล 15

2.3 การไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิก 16

2.4 การคำนวณการไม่รับกันของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูล 19

3.1 โมเดลของสายส่ง 29

3.2 โมเดลของหม้อแปลงกำลัง 30

3.3 โมเดลของเครื่องแปลงผันแบบ 6 พัลส์ 31

3.4 การทำงานของเครื่องแปลงผันแบบ 6 พัลส์ 36

3.5 วงจรสมมูลของเครื่องแปลงผัน ช่วงที่ 1 39

3.6 วงจรสมมูลของเครื่องแปลงผัน ช่วงที่ 2 41

3.7 โมเดลเครื่องแปลงผันแบบ 12 พัลส์ 50

6.1 ระบบไฟฟ้ากำลัง 5 บัส 90

6.2 แรงดันฮาร์เอ็มเอสกับการเปลี่ยนขนาดคะแปซิเตอร์ที่บัส 5 97

6.3 กระแสฮาร์เอ็มเอสกับการเปลี่ยนขนาดคะแปซิเตอร์ที่บัส 5 97

6.4 ขนาดแรงดันฮาร์มอนิกอันดับ5กับการเปลี่ยนขนาดคะแปซิเตอร์ที่บัส5 ..98

6.5 แรงดันฮาร์เอ็มเอสกับการเปลี่ยนขนาดคะแปซิเตอร์ที่บัส 3 98

6.6 กระแสฮาร์เอ็มเอสกับการเปลี่ยนขนาดคะแปซิเตอร์ที่บัส 3 99

6.7 ขนาดแรงดันฮาร์มอนิกอันดับ5กับการเปลี่ยนขนาดคะแปซิเตอร์ที่บัส3 ..99

6.8 ระบบเรเดียล 104

6.9 พารามิเตอร์มุมเทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 107

6.10 ความเพี้ยนฮาร์มอนิกที่บัส 8 เทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 107

6.11 ขนาดแรงดันฮาร์มอนิกที่บัส 8 เทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 108

6.12 ขนาดกระแสฮาร์มอนิกที่บัส 8 เทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 108

สารบัญตาราง

ตารางที่

2.1 มิติของเมตริกซ์ยาโคบีที่ความถี่ฮาร์มอนิก 26

3.1 สมการกระแสของเครื่องแปลงผันแบบ 6 พัลส์ (ไม่เกิดการสับเปลี่ยน) 48

3.2 สมการกระแสของเครื่องแปลงผันแบบ 6 พัลส์ (เกิดการสับเปลี่ยน) 49

4.1 โปรแกรมย่อยใน HARMONIC 53

5.1 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของรหัสควบคุม 3 68

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบัสและชนิดย่อยของบัส 69

5.3 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของรหัสควบคุม 4 72

5.4 แบบการต่อหม้อแปลง 74

5.5 การเลือกหาคำตอบ 76

5.6 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของรหัสควบคุม 6 และ 7 79

5.7 การกำหนดพารามิเตอร์ของเครื่องแปลงผัน 83

6.1 ขนาดแรงดันบัสแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 91

6.2 ขนาดกระแสแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 92

6.3 ขนาดแรงดันฮาร์มอนิกแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 93

6.4 ขนาดแรงดันบัสแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 94

6.5 ขนาดกระแสแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 95

6.6 ขนาดแรงดันฮาร์มอนิกแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 96

6.7 ขนาดแรงดันบัสที่ความถี่หลักมูลแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 101

6.8 ขนาดแรงดันบัสและกระแสสายแปรตามขนาดคะแปซิเตอร์ 102

6.9 พารามิเตอร์มุมเทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 105

6.10 ความเพี้ยนฮาร์มอนิกที่บัส 8 เทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 105

6.11 ขนาดแรงดันฮาร์มอนิกที่บัส 8 เทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 106

6.12 ขนาดกระแสฮาร์มอนิกที่บัส 8 เทียบกับกำลังไฟฟ้าโหลด 106

สัญญลักษณ์ที่ใช้

a	=	สัมประสิทธิ์ฟูริเยร์ของแรงดัน
A	=	ค่าคงที่ของคำตอบเครื่องแปลงผัน
$Arg(\cdot)$	=	มุมของเวกเตอร์ในหน่วยเรเดียน
B	=	ค่าคงที่ของคำตอบเครื่องแปลงผัน
B_l	=	ลิมิตอินทีกรัล
BAC	=	ค่าฐาน (Base Value)ด้าน AC
BDC	=	ค่าฐานด้าน DC
c	=	สัมประสิทธิ์ฟูริเยร์ของกระแส
C	=	ค่าคงที่ของคำตอบเครื่องแปลงผัน, ค่าตัวเก็บประจุ
$C^{(1)}$	=	พจน์คำตอบของกระแสเครื่องแปลงผัน
D	=	โวลต์แอมแปร์เนื่องจากความเพี้ยน, ค่าคงที่ของคำตอบเครื่องแปลงผัน
DF	=	แฟกเตอร์เนื่องจากความเพี้ยน
E	=	แรงดันเครื่องแปลงผันด้าน DC
$E^{(1)}$	=	พจน์คำตอบของกระแสเครื่องแปลงผัน
f	=	ความถี่, แรงดันสายกระแสสลับของเครื่องแปลงผัน, ฟังก์ชันบังคับของเครื่องแปลงผัน
f'	=	แรงดันเฟสกระแสสลับของเครื่องแปลงผัน, ค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันบังคับของเครื่องแปลงผัน
f_r, f_i	=	กำลังไฟฟ้าแอกทีฟและรีแอกทีฟที่คำนวณได้
F	=	อินดักแตนซ์ของเครื่องแปลงผัน
$F^{(1)}$	=	พจน์คำตอบของกระแสเครื่องแปลงผัน
g_r, g_i	=	กระแสจริงและจินตภาพของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น
G	=	อนุพันธ์บางส่วนของกระแสที่เกิดจากเครื่องแปลงผัน
h	=	ฮาร์มอนิกสูงสุด

H	=	เมตริกซ์ของอนุพันธ์บางส่วนของกระแสเครื่องแปลงผัน, ค่าคงที่ของคำตอบเครื่องแปลงผัน
i, I	=	กระแส
I_{rms}	=	กระแสอาร์เอ็มเอส
$I_i^{(l)}, I_r^{(l)}$	=	ส่วนจินตภาพและส่วนจริงของกระแสฮาร์มอนิกช่วงที่ l
J	=	ยาโคบีเมตริกซ์
k	=	อันดับฮาร์มอนิก
K	=	ตัวแปรคำตอบของเครื่องแปลงผัน
L	=	ตัวคูณจำนวนของฮาร์มอนิก (ไม่รวมความถี่หลักมูล), รีแอกแตนซ์ของหม้อแปลง, ค่าความเหนี่ยวนำ
m	=	จำนวนบัสไม่เชิงเส้น
M	=	บัสไม่เชิงเส้นบัสแรก
n	=	จำนวนของบัส
N	=	จำนวนของบัสเชิงเส้น
p	=	ค่าคงที่เวลา, $\frac{d}{dt}$
PF	=	ตัวประกอบกำลัง
pu	=	หนึ่งหน่วย (Per Unit)
P	=	กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ
PQ	=	บัสที่มีกำลังไฟฟ้าแอกทีฟและรีแอกทีฟ (Active and Reactive Power bus)
PS	=	บัสที่มีกำลังไฟฟ้าแอกทีฟและเสมือน (Active and Apparent Power bus)
PV	=	บัสที่มีกำลังไฟฟ้าแอกทีฟและขนาดแรงดัน (Active Power and Voltage Magnitude bus)
Q	=	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ
R	=	ความต้านทานของเครื่องแปลงผัน, ความต้านทาน
RMS	=	ค่ากำลังสองประสิทธิภาพ

S = กำลังไฟฟ้าเสมือน

t = เวลา, แทปของหม้อแปลง

T = เมตริกซ์แสดงอนุพันธ์บางส่วนของกระแสฮาร์มอนิก

T_l = ลิมิตอินทิกรัล

T_o = คาบเวลาของความถี่หลักมูล

TG = ผลรวมของเมตริกซ์ T และ G

u = สัมประสิทธิ์ฟูริเยร์ของขนาดแรงดันกระแสสลับของเครื่องแปลงผัน

$u_{an}, u_{bn}, u_{cn}, u_{ab}, u_{bc}, u_{ca}$ = แรงดันกระแสสลับของเครื่องแปลงผัน

v = แรงดัน

V = ขนาดแรงดัน

X, x = รีแอกแตนซ์

Y = แอดมิตแตนซ์เมตริกซ์, แบบการต่อหม้อแปลง

z, Z = อิมพีแดนซ์

$0_{j,k}$ = แถวของศูนย์ $(j \times k)$

α = มุมประวิง

β = ตัวแปรควบคุมของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น

γ = ตัวแปรควบคุมของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น

δ = มุมเฟสของแรงดัน, มุมเฟสเลื่อนของหม้อแปลง

Δ = คำตอบใหม่ของนิวตัน-ราฟสัน, ส่วนเพิ่ม, แบบการต่อหม้อแปลง

Δw = เวกเตอร์การไม่รับกันของกำลังไฟฟ้า

$\Delta\phi$ = ตัวแปรควบคุมที่ต้องการให้ถูกต้องของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น

θ = มุมเฟส

μ = มุมสับเปลี่ยน

$\sum_k$ = ผลรวมตั้งแต่ $k=1$ ถึง h

ϕ = มุมแรงดันกระแสสลับของเครื่องแปลงผัน

ω_0 = ความถี่หลักมูล