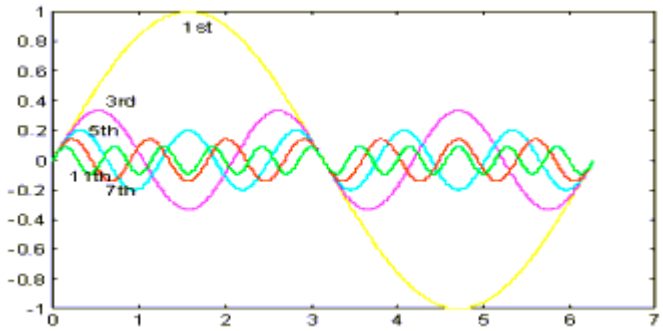
ฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้า
Harmonic in power system

ในปัจจุบันการไฟฟ้าหรือผู้ใช้ไฟฟ้าได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพไฟฟ้ามากขึ้น เนื่องจากในระบบไฟฟ้าและโดยเฉพาะ ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม ได้มีการใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีสูงกว่าเดิมในอดีต ซึ่งคุณลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อกระแสและแรงดัน คือถ้ามีขนาดและรูปร่างผิดเพี้ยน ไปจากสภาพการจ่ายไฟปกติ อาจจะทำให้อุปกรณ์มีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดการชำรุดเสียหายขึ้นได้ ซึ่งเป็นปัญหาคุณภาพไฟฟ้าที่ต้องมีการ ป้องกันและแก้ไข โดยสาเหตุหลักที่ทำให้กระแสและแรงดันในระบบไฟฟ้ามีขนาดและรูปร่างผิดเพี้ยนไปจากสภาพการจ่ายไฟปกติ มีสาเหตุเกิดจากฮาร์มอนิกที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้า ซึ่งเนื่องจากปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารพาณิชย์มีการใช้อุปกรณ์สมัยใหม่เทคโนโลยีสูงที่ทำจากอุปกรณ์ทางด้านโซลิดสเตท เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพและได้ปริมาณตามที่ต้องการและในอนาคตจะมีแนวโน้มการใช้มากขึ้นเรื่อยๆ โดยส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ที่มีการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-liner load) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก เช่น คอนเวอร์เตอร์ (Convertor) ตัวเรียงกระแสกำลัง (Power Rectifier) และชุดขับเคลื่อนปรับความเร็ว(Adjustable-Speed Drive) เป็นต้นฯ

ด้วยผลของการใช้อุปกรณ์ที่มีการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น อุปกรณ์ดังกล่าวจะจ่ายกระแสฮาร์มอนิกเข้าสู่ระบบไฟฟ้าภายในของผู้ใช้ไฟเอง หรือถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีพิกัดขนาดใหญ่กระแสฮาร์มอนิกนั้นอาจไหลเข้าสู่ระบบไฟฟ้าอื่นในบริเวณข้างเคียง จากผลกระทบของฮาร์มอนิกส์ทำให้กระแสและแรงดันในระบบมีขนาดและรูปร่างเพี้ยน(Distortion)ไปจากสภาพการจ่ายไฟปกติ ซึ่งเป็นผลทำให้อุปกรณ์มีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดการชำรุดเสียหายได้ และเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าในบ้านเรา ในบทความนี้จะกล่าวถึงความเข้าใจเบื้องต้น และภาพโดยรวมทั่วไปของฮาร์มอนิก แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกและผลกระทบที่เกิดจากปัญหาฮาร์มอนิก เพื่อเป็นความเข้าใจเบื้องต้นก่อนที่จะศึกษาและทำการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาฮาร์มอนิกขั้นต่อไปซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยทำให้ระบบไฟฟ้าในบ้านเรา มีคุณภาพยิ่งขึ้น

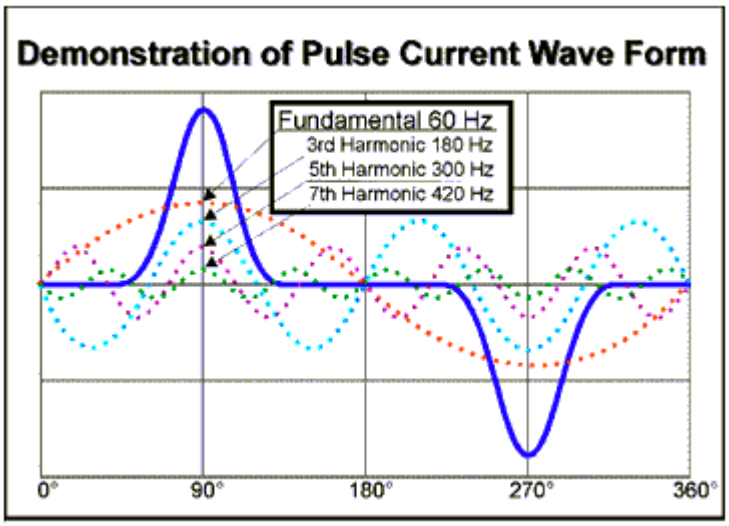
คำนิยามฮาร์มอนิก

ฮาร์มอนิก (Harmonic) คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (FundamentalFrequency ในระบบไฟฟ้าเรามีค่าเท่ากับ50Hz) เช่นฮาร์มอนิกลำดับที่ 3 มีค่าความถี่เป็น 150Hz และฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 มีค่าความถี่เป็น 250Hz ฯ แสดงดังรูปที่1



รูปที่1 ฮาร์มอนิกที่ลำดับต่างๆ

และผลของฮาร์มอนิกเมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลด้วยทางขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase Angle)ทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไปและมีรูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงถึงฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3,5 และ 7 ที่มุมต่างๆ ทำให้สัญญาณไซด์มีรูปร่างผิดเพี้ยน

ในทางคณิตศาสตร์สามารถใช้อนุกรมฟูเรียร์อธิบายคุณลักษณะของฮาร์มอนิกส์ได้ โดยสัญญาณหรือฟังก์ชัน ที่เป็นคาบใดๆสามารถกระจายให้อยู่ในรูปผลรวมของฟังก์ชันตรีโกณมิติที่ความถี่ต่างๆเป็นฟังก์ชันคาบที่เขียนแทนด้วย f (t) ดังสมการ

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n Cos(n\varpi_o t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n Sin(n\varpi_o t)$$

$$a_o = \frac{1}{T}\int f(t)dt$$

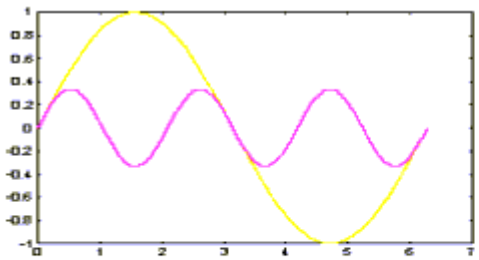
$$a_n = \frac{2}{T}\int f(t)\cos n\varpi_o t.dt$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int f(t)\sin n\varpi_o t.dt$$

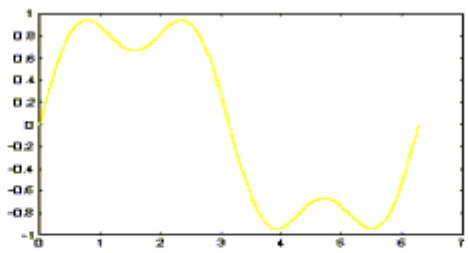
เมื่อ T คือ 1 คาบของสัญญาณและ n คือเลขจำนวนเต็มบวก

n คือจำนวนเต็มบวก

ในกรณีที่ n = 0 จะเป็นความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) หรือกรณีที่ n มีค่ามากกว่าศูนย์เราเรียกความถี่ นี้ว่าฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ n ซึ่งเป็นได้ทั้งลำดับคู่และคี่ และจากรูปที่ 3.1 ข. และรูป. 3.2ข. แสดงถึงความเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นเกิดจากการรวมสัญญาณคลื่นไซน์ที่ความถี่หลักมูลกับคลื่นไซน์ที่เป็นฮาร์มอนิกลำดับที่ 3 ดังรูปที่ 3.1ก. และรูป 3.2 ก. ตามลำดับ

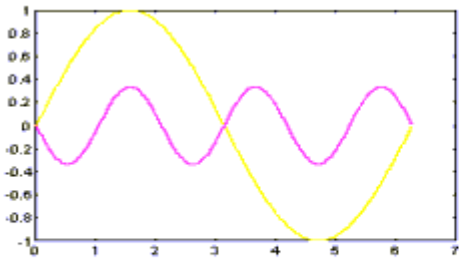


รูป 3.1 ก.

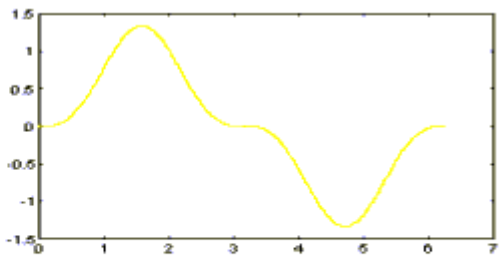


รูป 3.1 ข.

$$f(t) = \sin(x) + \frac{1}{3}\sin(3x)$$



รูป 3.2 ก.



รูป 3.2 ข.

$$f(t) = \sin(x) - \frac{1}{3}\sin(3x)$$

ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม

มาตรฐาน IEC และ IEEE ใช้ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ : %THD (Total Harmonic Distrotion) เป็นค่าบอกระดับความเพี้ยนฮาร์มอนิก โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของส่วนประกอบฮาร์มอนิก กับค่าของส่วนประกอบความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งจะแยกออกเป็นค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม และค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม

ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม(Total Harmonic Current Distrotion :THD$_I$)

$$\%THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I^2_{h(rms)}}}{I_{1(rms)}} \times 100\%$$

ค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม (Total Harmonic Voltage Distrotion :THD$_V$)

$$\%THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V^2_{h(rms)}}}{V_{1(rms)}} \times 100\%$$

Vh (rms) : ค่า rmsของแรงดันฮาร์มอนิกลำดับที่ h

Ih (rms) : ค่า rmsของกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ h

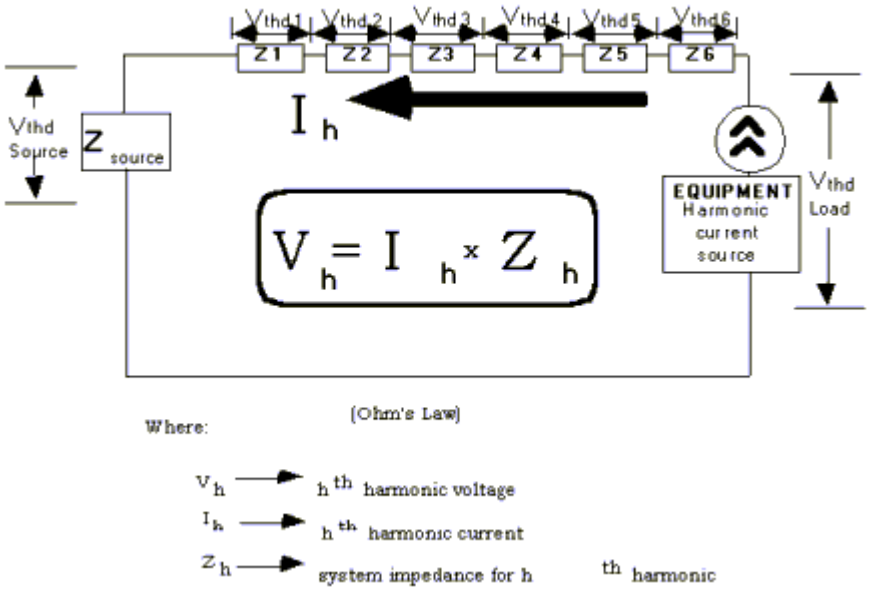
V1 (rms) : ค่า rmsของแรงดันที่ความถี่หลักมูล

I1 (rms) : ค่า rmsของกระแสที่ความถี่หลักมูล

ความสัมพันธ์ของ %THDI % THDV และ MVASC

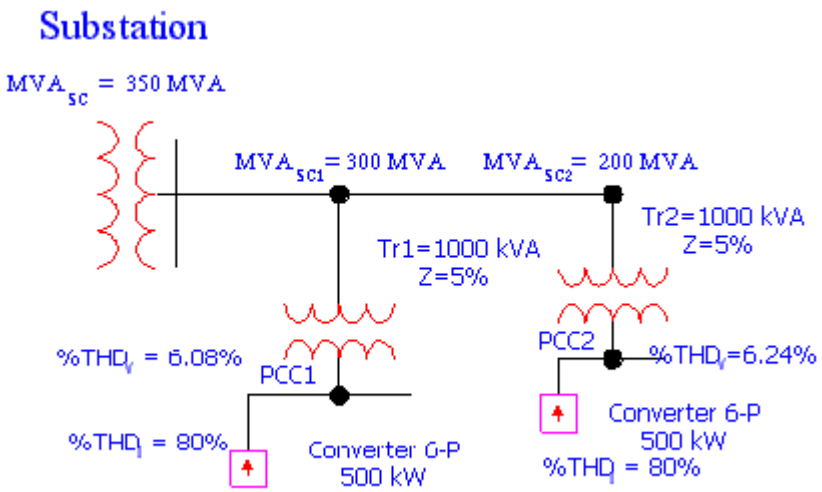
ในบางครั้งค่าของ %THDI ที่มีค่าสูงๆในระบบไฟฟ้า ระบบไฟฟ้านั้นอาจจะไม่เกิดผลกระทบจากปัญหาฮาร์มอนิกส์ได้เพราะค่า %THDI จะเป็นเพียงค่าที่บอกถึงคุณลักษณะของกระแสฮาร์มอนิกส์ของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นแต่ละชนิด (ดูจากสูตรดังข้างต้นและตารางที่ 1ประกอบ) แต่ไม่สามารถที่จะบอกถึงความรุนแรงของระดับฮาร์มอนิกส์ได้อย่างสมบูรณ์ ดังในกรณีขนาดพิกัด กำลังของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นชนิดหนึ่งตัวเดียวกัน ที่ค่าพิกัดกำลังมากหรือน้อย ค่า %THDIของโหลดดังกล่าวก็จะเป็นค่าเดียวกัน แต่ระดับความรุนแรงที่ทำให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกส์จะไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าเราจะพิจารณาค่าของ %THDI ควรจะ พิจารณาถึงพิกัดกำลังของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นประกอบกันด้วย ซึ่งค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกจะมีค่าเป็นแอมป์ THDI เราสามารถที่จะพิจารณาถึงระดับความรุนแรงของปัญหาฮาร์มอนิกส์ในระดับหนึ่งได้ ส่วนค่า % THDV นั้นสามารถที่บอกถึง ระดับความรุนแรงของปัญหาฮาร์มอนิกส์ในระบบได้ซึ่งจะ

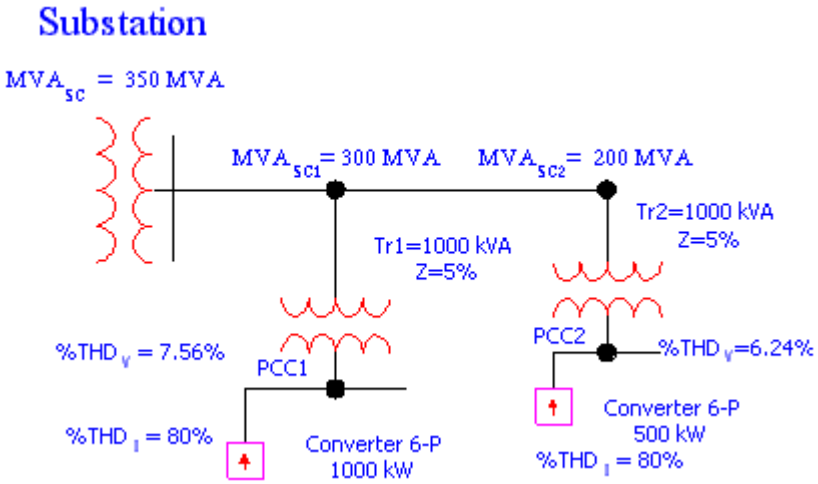
ต่างจากค่า %THDI โดยจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแรงดันฮาร์มอนิกส์ และค่าพิกัดลังวงจรของระบบ (MVASC) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของกระแส แรงดัน และค่าอิมพิแดนซ์ฮาร์มอนิก

จากรูปที่ 4 ที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า จะมีค่าอิมพิแดนซ์ค่าหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของผู้ใช้ไฟ (50 Hz) เมื่อโหลดที่ไม่เป็น เชิงเส้นทำงานจะจ่ายกระแสฮาร์มอนิกส์ที่ลำดับต่างๆ (Ih) เข้าสู่ระบบ และผ่านค่าอิมพิแดนซ์ของระบบที่ความถี่ต่างๆ(Zh)ของระบบทำให้เกิดแรงดันฮาร์มอนิกส์ที่ลำดับต่างๆ (Vh) ทำให้สัญญาณแรงดันในระบบมีขนาดและสัญญาณผิดเพี้ยนไปจากแหล่งจ่ายเดิม ตามสมการ Vh = Ih x Zh และจากสมการทำให้เราสามารถพิจารณาได้ว่าค่าความเพี้ยน แรงดันฮาร์มอนิก ที่เกิดในระบบหนึ่งนั้น (ไม่คำนึงถึงสภาวะปัญหาฮาร์มอนิกส์รีโซแนนซ์) จะขึ้นอยู่กับชนิดและพิกัด กำลังของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Ih) และค่าพิกัดกำลังลัดวงจรของระบบไฟฟ้า (Zh) นั่นคือ กรณีสถานที่ตั้งของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าฯ ซึ่งมีค่าพิกัดลัดวงจรสูงจะมีค่าอิมพิแดนซ์ของระบบต่ำ แต่ถ้าอยู่ไกลสถานีไฟฟ้าฯ ค่าพิกัดลัดวงจรสูงจะมีค่าอิมพิแดนซ์ของระบบสูง ซึ่งทำให้พิจาณาได้ว่าโรงงานที่มีโหลดไม่เป็นเชิงเส้นที่อยู่ใก้ลสถานีไฟฟ้าฯ จะได้รับผลกระทบจากปัญหาฮาร์มอนิกส์น้อยกว่าโรงงานที่อยู่ไกล สถานีไฟฟ้าฯ ในกรณีที่ระบบภายในโรงงานเหมือนกันดังรูปที่ 5





รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่า % THDVของแต่ระบบและสถานที่ตั้ง

จุดต่อร่วม (Point of Common Coupling , PCC)

คือจุดซื้อขายไฟระหว่างการไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟ หรือตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดฮาร์มอนิก

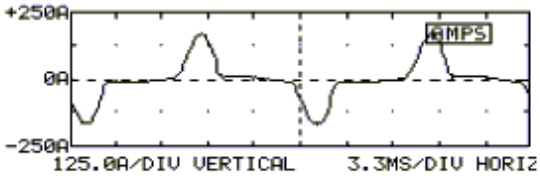
แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก

จากที่กล่าวมาโดยภาวะปกติ การไฟฟ้าจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เป็นรูปสัญญาณคลื่นไซน์ให้กับโหลดประเภทต่างๆของผู้ใช้ไฟ แต่ในกรณีในระบบไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟบางรายมีโหลดประเภทไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Load) ซึ่งโหลดดังกล่าวเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก กระแสฮาร์มอนิกนั้นจะไหลเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ไฟเองและระบบไฟฟ้าข้างเคียง ผลของกระแสฮาร์มอนิกจะทำให้เกิดแรงดันในระบบไฟฟ้าเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ ค่าความเพี้ยนของแรงดันจะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับค่าอิมพิแดนซ์ของ

ระบบและขนาดของกระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่ต่างๆ ด้วยผลของกระแสฮาร์มอนิกดังกล่าวไหลเข้าสู่ระบบใกล้เคียง อาจไปรบกวนการทำงานหรือสร้างความเสียหายแก่อุปกรณ์ของผู้ใช้ไฟรายอื่นๆและอุปกรณ์ในระบบของการไฟฟ้าได้ ดังนั้นเรามีความเป็นที่จะต้องทราบว่าโหลดที่อยู่ในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมเรานั้น มีโหลดที่เป็นแหล่งจ่ายฮาร์มอนิกส์หรือไม่ และโหลดประเภทใดเป็นโหลดที่เป็นแหล่งจ่ายฮาร์มอนิกส์ เพื่อที่ทำความใจก่อนที่จะทำการแก้ไขและป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากฮาร์มอนิกส์ต่อไป เราสามารถแบ่งแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกตามคุณลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ที่มีทั่วไปในบ้านพัก สำนักงาน ส่วนใหญ่เป็นชนิด 1เฟส

อุปกรณ์ที่มีการใช้แหล่งจ่ายกำลังแบบสวิทซ์ชิ่ง(SWITCHING MODE POWER SUPPLY:SMPS เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)

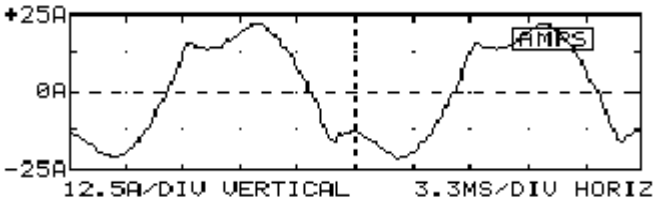


Fundamental amps: 15.2 A rms
Fundamental freq: 60.0 Hz

HARM	PCT	PHASE	HARM	PCT	PHASE
FUND	100.0%	-124°	2nd	0.2%	136°
3rd	19.9%	-144°	4th		
5th	7.4%	62°	6th		
7th	3.2%	-39°	8th		
9th	2.4%	-171°	10th		
11th	1.8%	111°	12th		
13th	0.8%	17°	14th		
15th	0.4%	-93°	16th		
17th	0.1%	-164°	18th		
19th	0.2%	-99°	20th		
21st	0.1%	160°	22nd		
23rd	0.1%	86°	24th		
25th			26th		
27th	0.1%	161°	28th		
29th			30th		
31st			32nd	0.1%	156°

บาลาสต์อิเลคทรอนิกส์ (Electronic Ballast)

2.



Fundamental amps: 15.2 A rms
Fundamental freq: 60.0 Hz

HARM	PCT	PHASE	HARM	PCT	PHASE
FUND	100.0%	-124°	2nd	0.2%	136°
3rd	19.9%	-144°	4th		
5th	7.4%	62°	6th		
7th	3.2%	-39°	8th		
9th	2.4%	-171°	10th		
11th	1.8%	111°	12th		
13th	0.8%	17°	14th		
15th	0.4%	-93°	16th		
17th	0.1%	-164°	18th		
19th	0.2%	-99°	20th		
21st	0.1%	160°	22nd		
23rd	0.1%	86°	24th		
25th			26th		
27th	0.1%	161°	28th		
29th			30th		
31st			32nd	0.1%	156°

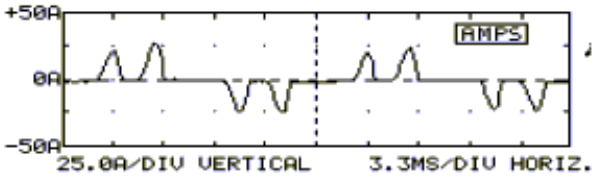
3. อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์กำลัง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

2.1 ตัวเรียงกระแสกำลัง (Power Rectifier)

2.2 เครื่องแปลงผันกำลังแบบสถิต (Static Power Converter :SPC)

2.3 ตัวโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller :PLC)

2.4 ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วได้ (Adjustable Speed Drive :ASD)



PHASE A CURRENT SPECTRUM 12:29:46 PM
Fundamental amps: 6.6 A rms
Fundamental freq: 60.0 Hz

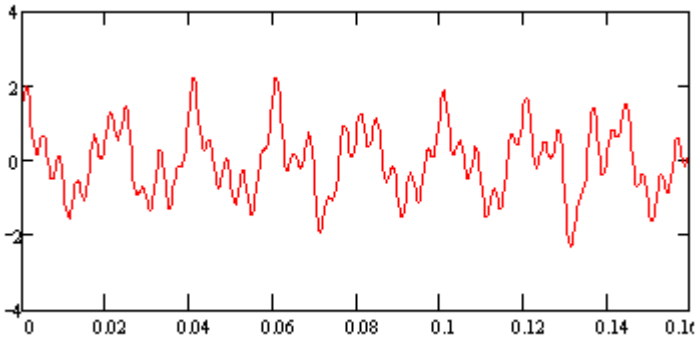
HARM	PCT	PHASE	HARM	PCT	PHASE
FUND	100.0%	-14°	2nd	3.8%	-85°
3rd	8.5%	-114°	4th	3.5%	-103°
5th	79.5%	145°	6th	0.3%	25°
7th	66.0%	124°	8th	2.5%	55°
9th	2.7%	11°	10th	1.7%	68°
11th	36.0%	-92°	12th	1.2%	132°
13th	21.8%	-118°	14th	1.2%	156°
15th	2.4%	22°	16th	0.3%	-136°
17th	10.4%	-23°	18th	0.8%	-92°
19th	8.0%	-79°	20th	0.9%	-117°
21st	1.4%	131°	22nd	0.5%	-105°
23rd	6.7%	39°	24th		
25th	4.5%	-2°	26th	0.3%	-12°
27th	0.9%	143°	28th	0.2%	76°
29th	3.7%	83°	30th	0.3%	42°
31st	3.1%	29°	32nd	0.4%	10°
33rd	0.4%	-110°	34th	0.1%	31°

4. อุปกรณ์ที่มีการทำงานประเภทอาร์ค

3.1 เตาหลอมแบบอาร์ค (Arc Furnace)

3.2 เตาหลอมแบบเหนี่ยวนำ (Induction Furnace)

3.3 เครื่องเชื่อมแบบอาร์ค/แบบสปอต (Arc Welding / Spot Welding)



4. อุปกรณ์ที่มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นของแรงดันและกระแสเนื่องจากการอิ่มตัวของแกนเหล็กทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)และเครื่องกลไฟฟ้า (Electric Machine)

ผลกระทบของฮาร์มอนิกที่มีผลต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

ปัญหาฮาร์มอนิกที่ทำให้เกิดผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าออกเป็น 2 กรณีคือ ทำให้อุปกรณ์ในระบบมีการทำงานผิดพลาดด้วยผลของค่าแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกที่มีขนาดและรูปคลื่นสัญญาณไซน์ผิดเพี้ยนไปทำให้อุปกรณ์ในระบบมีอายุการใช้งานน้อยลงหรือเกิดการชำรุดเสียหาย เนื่องจากมีค่า rms ของแรงดันหรือกระแส สูงขึ้นที่เกิดจากค่าฮาร์มอนิก หรือมีการขยายของแรงดันและกระแสฮาร์มอนิก ที่เกิดจากฮาร์มอนิกรีโซแนนซ์

ปัญหาฮาร์มอนิกที่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าดังนี้คือ

1.ผลของฮาร์มอนิกเรโซแนนซ์เกิดขึ้นในกรณีที่ความถี่เรโซแนนซ์ของระบบไปตรงกับความถี่ฮาร์มอนิกทำให้เกิด การขยายขนาดของแรงดันและกระแสฮาร์มอนิก เป็นผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหายเนื่องจากได้รับกระแสและแรงดันเกินพิกัด

2.ผลของกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลอยู่ในระบบจำหน่ายและสายส่ง ทำให้เกิดค่ากำลังสูญเสียในสายมากขึ้น ทำให้ ประสิทธิภาพ การส่งจ่ายลดลง เนื่องจากกระแสฮาร์มอนิกทำให้ค่า rms ของกระแสและความต้านทานของสายสูงขึ้น

3.ผลของกระแสฮาร์มอนิก Triplen (ลำดับที่3,6,9..) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีลำดับเป็นศูนย์ (Zero Sequence) ในระบบ 3 เฟส

4 สาย ฮาร์มอนิกกลุ่มนี้จะรวมกันกันไหลอยู่ในสายนิวตรอล อาจทำให้สายนิวตรอนหรือหม้อแปลงเสียหายได้หากไม่มี การออกแแบบรองรับไว้

5.ผลของกระแสฮาร์มอนิกทำให้กำลังสูญเสียขณะมีโหลดและกำลังสูญเสียสเตรย์ฟลักซ์ (Stray Flux Loss) ของหม้อแปลงมีค่าเพิ่มขึ้น และทำให้ประสิทธิภาพการในรับโหลดของหม้อแปลงลดลงไป (derating) ผลของแรงดันฮาร์มอนิกทำให้เกิดกำลังสูญเสียกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และกำลังสูญเสียฮิสเทอรีซีส (Hysteresis -Loss) เพิ่มขึ้น

6.ผลของกระแสฮาร์มอนิกทำให้เกิดความร้อนและความเครียดไดอิเลคตริก (Dielectric Stress) กับตัวคาปาซิเตอร์ และอาจทำให้ฟิวส์ของตัวคาปาซิเตอร์ขาดง่ายกว่าการใช้งานปกติ ผลของแรงดันฮาร์มอนิกทำให้เกิดค่ากำลังสูญเสียในคาปาซิเตอร์ และผลจากภาวะเรโซแนนซ์ที่ตัวคาปาซิเตอร์ทำให้เกิดขยายกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกขนาดใหญ่ ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานของคาปาซิเตอร์สามารถทนต่อค่ากระแสและแรงดันฮาร์มอนิก คาปาซิเตอร์ที่ออกแบบสร้างจากผู้ผลิตได้กำหนดตามมาตรฐาน มาตรฐาน IEEE Std. 18-1992

7.ผลของกระแสฮาร์มอนิกทำให้เกิดความร้อนในตัวฟิวส์เพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะเวลา-กระแส (Time-Current Characteristic) ของฟิวส์เปลี่ยนไป กรณีที่มีฟอลต์ระดับต่ำเกิดขึ้นฟิวส์จะขาดก่อนในเวลาที่กำหนด หรือในกรณีที่ฟิวส์ขาดโดยไม่ทราบสาเหตุจะเป็นเหตุมาจากฮาร์มอนิกในกรณีที่เกิดภาวะเรโซแนนซ์ได้เช่นกัน

8.ผลของฮาร์มอนิกทำให้การทำงานของรีเลย์ผิดพลาดซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการทำงานของชนิดรีเลย์ การทำงานของรีเลย์ชนิด Electromagnetic ขึ้นอยู่กับค่ากระแสและแรงดัน rms ส่วนการทำงานของรีเลย์ชนิด Digital ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันยอดคลื่น (Crest Voltage) จากการ Sampling และตรวจค่า Zero Crossing ค่ากระแสหรือแรงดันที่ศูนย์ โดยลักษณะที่ทำให้รีเลย์ทำงานผิดพลาดดังนี้

-ทำให้รีเลย์มีการทำงานช้าลง หรือทำงานด้วยค่า(Pickup Values) ที่สูง โดยปกติรีเลย์จะทำงานอย่างรวดเร็วและทำงานด้วยค่าเริ่มต่ำๆ

-กรณีที่มีกระแสฮาร์มอนิกTriplenมากพออาจทำให้กราวด์รีเลย์ทำงานผิดพลาด (False Trip)

- ทำให้รีเลย์ระยะทาง(Distance Relay)ทำงานผิดพลาด ด้วยผลของกระแสฮาร์มอนิกที่ทำให้อิมพิแดนซ์เพิ่มขึ้นต่างจากค่าอิมพิแดนซ์ที่ทำการเซทติ้งที่ความถี่หลักมูล

-ทำให้รีเลย์สถิตแบบความถี่ต่ำ (Static Underfrequency Relay) มีความไวกว่าปกติ อาจทำให้เกิดการทริปผิดพลาด

-ทำให้รีเลย์กระแสและแรงดันเกิน (Overcurrent and Overvoltage Relay) ทำงานผิดพลาดตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้

-ทำให้ความเร็วในการทำงานของรีเลย์ชนิดผลต่าง (Differential Relay) ทำงานช้าลง

9.ผลของกระแสฮาร์มอนิกมีผลกระทบต่อความสามารถใน การตัดกระแส (Current Interruption Capacity) ของอุปกรณ์

- สวิตซ์เกียร์ คือทำให้ขนาดของอัตราค่ากระแสเทียบกับเวลา di / dt มีค่าสูงในขณะที่กระแสมีค่าเป็นศูนย์ เป็นผลทำให้เซอร์กิตเบรคเกอร์ไม่สามารถตัดกระแสได้เมื่อมีฮาร์มอนิก ซึ่งปัญหานี้จะเกิดกับอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ตัดกระแสได้เช่นกัน

10.ผลของฮาร์มอนิกทำให้มิเตอร์วัดค่าไฟฟ้า (Watt - Hour Meter) ซึ่งเป็นมิเตอร์ประเภทจานเหนี่ยวนำ (Induction Disk) ทำการวัดค่าผิดพลาดได้ ซึ่งโดยปกติการปรับแต่งมิเตอร์นั้นจะทำการปรับแต่งที่ความถี่หลักมูล

11.ผลของฮาร์มอนิกต่อเครื่องจักรไฟฟ้า ทำให้กำลังสูญเสียเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้เครื่องจักรร้อนกว่าปกติ ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ สามเฟสเกิดปรากฏการณ์ค็อกกิ้ง(Cogging)คือไม่สามารถสตาร์ทมอเตอร์ได้ จากการที่ความเร็วมอเตอร์ต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัส และทำให้เกิดการออสซิเลตทางกลของเครื่องจักรไฟฟ้า ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพและแรงบิดของเครื่องจักร

12.ผลของฮาร์มอนิกทำให้เกิดสัญญาณรบกวน(Noise)ในระบบสื่อสารเช่นในระบบโทรศัพท์

สรุป

ฮาร์มอนิกที่อยู่ในระบบไฟฟ้าเป็นปัญหาคุณภาพไฟฟ้าสำคัญเรื่องหนึ่ง เพราะปัจจุบันการใช้โหลดประเภทที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่เป็นแหล่งจ่ายฮาร์มอนิก และโรงงานอุตสาหกรรมและในอาคารพาณิชย์นับวันมีการใช้โหลดดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ผลทำให้รูปคลื่นของแรงดันและกระแสเพี้ยนไปจากรูปไซด์ ซึ่งจะส่งผลกระทบให้อุปกรณ์มีการทำงานผิดพลาด หรืออาจเกิดการเสียหายได้ซึ่งในบทความนี้จะกล่าวถึงผลกระทบจากฮาร์มอนิกเพียงเบื้องต้น และจะนำเสนอในเชิงการวิเคราะห์และวิธีการแนวทางการแก้ไขต่อไปในครั้งหน้า

เอกสารอ้างอิง

1.Effects of Harmonic on Equipment "IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.8, No.2, April 1993"

2. P519A/D5Guide for Applying Harmonic Limits on Power System

3. IEC 1000-3-6 Assessment of emission limit for distoring loads in MV and HV power system

Basic EMC publication

4. IEEE Std. 18-1992 IEEE Standard for Shunt Power Capacitors

5. IEEE Std. C57.110-1986 Recommended practice for establishing transformer capability when supplying Nonsinusoidal load currents

ที่มา : ftp.psu.ac.th/pub/wunca15/harmonic/ee-harmonic.doc