

การออกแบบสร้างตัวกรองฮาร์มอนิกส์ไฮบริดจ์แอกทีฟฟิลเตอร์แบบ 1 เฟส

เทียนไชย นกครุฑ¹⁾ พิสนันท์ ถิรวิน²⁾

1) ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

2) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร*

51 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530 โทร. 0 2988 3655 ต่อ 286

โทรสาร. 0 2988 4040 อีเมลล์ : tpisan@mut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับวงจรกรองฮาร์มอนิกส์แบบไฮบริดจ์แอกทีฟฟิลเตอร์ (1เฟส) โดยอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างวงจรกรองแอกทีฟกับวงจรกรองพาสซีฟ ซึ่งวงจรกรองแอกทีฟจะต่ออนุกรมกับระบบส่วนวงจรกรองพาสซีฟจะต่อขนานกับระบบ วงจรกรองแอกทีฟฟิลเตอร์จะทำหน้าที่เสมือนเป็นอิมพีแดนซ์สูงที่ความถี่ฮาร์มอนิกส์ซึ่งทำให้กระแสฮาร์มอนิกส์จากโหลดไม่สามารถไหลเข้าสู่แหล่งจ่ายและจากแหล่งจ่ายไม่สามารถไหลไปยังโหลด ส่วนวงจรกรองพาสซีฟจะเป็นตัวสร้างอิมพีแดนซ์ต่ำในความถี่ที่กำหนด ทำให้กระแสฮาร์มอนิกส์ไหลลงในส่วนของวงจรกรองพาสซีฟฟิลเตอร์ โดยจะเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของกระแสฮาร์มอนิกส์ขณะมีและไม่มีวงจรกรองฮาร์มอนิกส์

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการพัฒนางานด้านอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวางทางด้านเทคโนโลยีและอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ จึงมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ จึงเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกส์อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรม เช่น วงจรเรียงกระแส อุปกรณ์อาร์ค หลอดฟลูออเรสเซนต์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง ฯลฯ การทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ทำให้รูปคลื่นขาเข้าของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดฮาร์มอนิกส์ และทำให้ Power factor ในระบบมีค่าต่ำ รวมทั้งการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ผิดพลาดและอายุการใช้งานสั้นลง จึงต้องมีการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ อีกทั้งปัญหาเกี่ยวกับฮาร์มอนิกส์ยังมีผลกระทบอื่นๆ ตามมาอีกมากมายในโครงข่ายของระบบไฟฟ้าเราจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาเหล่านี้ และพยายามที่จะศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้เพื่อแก้ปัญหาโดยมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบฟิลเตอร์สำหรับกรองฮาร์มอนิกส์ ดังนั้นจึงต้องศึกษาและทำความเข้าใจเรื่องของฮาร์มอนิกส์ ตั้งแต่ความรู้พื้นฐานของฮาร์มอนิกส์ ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์

ไฟฟ้าหรือระบบไฟฟ้าและแนวทางการแก้ไขหรือการควบคุมปริมาณของฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นให้มีค่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าในระดับที่สูงจนเกินไป

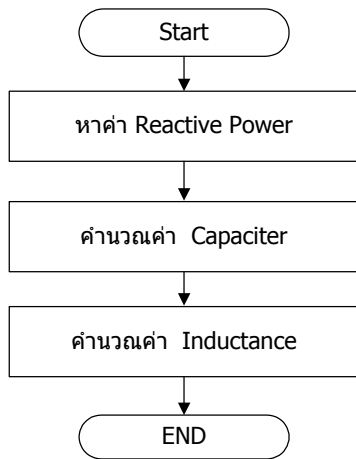
2. การคำนวณและออกแบบ

การคำนวณและออกแบบตัวกรองฮาร์มอนิกส์ไฮบริดจ์แอกทีฟฟิลเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

- พาสซีฟฟิลเตอร์
- แอกทีฟฟิลเตอร์

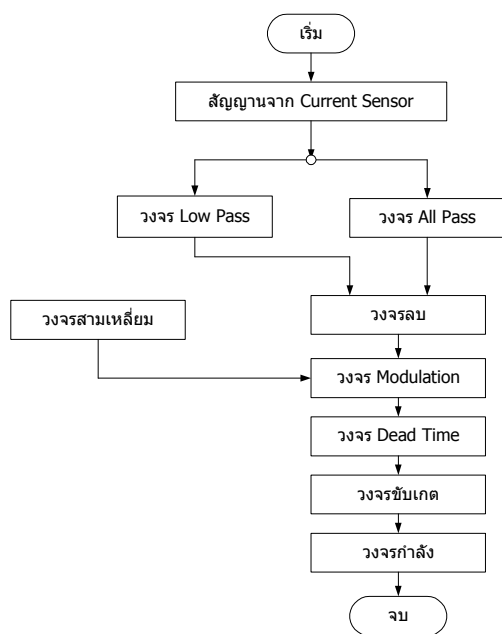
2.1 การออกแบบพาสซีฟฟิลเตอร์

การออกแบบพาสซีฟฟิลเตอร์นั้นจะเลือกทำการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาฮาร์มอนิกส์อันดับที่ 3, 5, 7 ที่มีอยู่มากในระบบ โดยมีขั้นตอนการออกแบบฟิลเตอร์ในส่วนต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้



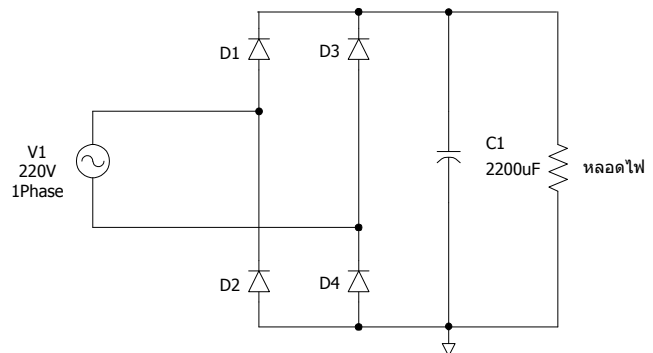
รูปที่ 2.1 Flow Chart ขั้นตอนการออกแบบพาสซีฟฟิลเตอร์

2.2 การออกแบบแอคทีฟฟิลเตอร์



รูปที่ 2.2 รูป Flow chat การออกแบบแอคทีฟฟิลเตอร์

3. การทดลองและผลการทดลอง



รูปที่ 3.1 รูปโหลด Bridge Rectifier

ในการทดลองเราจะใช้โหลดฮาร์มอนิกส์ชนิด Bridge Rectifier ประกอบด้วยไดโอด 4 ตัว คาปาซิเตอร์ขนาด 2200 μF และโหลดไฟขนาด 400 W โดยแบ่งขั้นตอนการทดลองเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. ทดลองเก็บผลในขณะที่จ่ายโหลดอย่างเดียว
2. ทดลองเก็บผลในขณะที่จ่ายโหลดร่วมกับ Active Filter
3. ทดลองเก็บผลในขณะที่จ่ายโหลดร่วมกับ Passive Filter
4. ทดลองเก็บผลในขณะที่จ่ายโหลดร่วมกับ Passive Filterc และ Active Filter

4. บทสรุป

จากผลการทดลองการสร้างวงจรกรองฮาร์มอนิกส์โดยใช้วงจรไฮบริดแอคทีฟฟิลเตอร์ ซึ่งจะใช้วงจรกรองแอคทีฟฟิลเตอร์ต่อขนานกับวงจรกรองพาสซีฟฟิลเตอร์ต่อเข้ากับระบบที่มีโหลด Bridge, Capacitor 2200uF 1 ตัว, โหลด 4×100 วัตต์ จะเห็นได้ว่าเมื่อต่อวงจรกรองพาสซีฟฟิลเตอร์เข้ากับโหลดกระแสฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3, 5, 7, 11 มีค่าลดลง 23%, 42%, 65%, 93% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับโหลด และเมื่อต่อวงจรกรองแอคทีฟฟิลเตอร์เข้ากับโหลด กระแส

ฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3, 5, 7, 11 มีค่าลดลง 80%, 84%, 96%, 98% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับโหลด และเมื่อต่อวงจรกรองแอกซีฟฟิลเตอร์กับวงจรพาสซีฟฟิลเตอร์เข้ากับโหลดกระแสฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3, 5, 7, 11 มีค่าลดลง 71%, 80%, 92%, 99% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับโหลด ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระแสฮาร์มอนิกส์จะลดลงเมื่อต่อวงจรกรองแอกทีฟกับวงจรพาสซีฟ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2547

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ไชยะ แซ่มซอย , "การออกแบบตัวกรองฮาร์มอนิกส์" , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [2] รศ.กฤษณดา วิชาชีรรานนท์ , "Inverter หลักการทำงาน และเทคนิคการใช้งาน" , พิมพ์ครั้งที่ 3 , 2538
- [3] สุวัฒน์ ดั่น , "เทคนิคและการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย" , ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท เอนเทลไทย จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1 มกราคม 2537
- [4] Muhammad H. Rashid , "Power Electronics" , Prentice - Hall, Inc A Simon & Schuster Company New Jersey , 1993
- [5] Ned Mohan , "Power Electronics : Converters , Applications and design" Second edition , John Wiley & Sons , Inc.
- [6] John G Kasakian , Martin F.Sshiect , George C.Verghese , "Principles of Power Electronics" , Addison Wesley Publishing Company.
- [7] Andrzej M. Trzynadlowski , " Introduction to Modern Power Electronics" John Wiley & Sons, Inc

- [8] Fang Zheng Peng , "Application Issues of Active Power Filters" , Conference on Harmonics and Quality of Power, and IEEE Industry Applications Magazine , 7th Int'l , September/October 1998.
- [9] "A Simple Frequency Independent Method for Calculating the Reactive and Harmonic Current in a Nonlinear Load" , IEEE Transactions on Industrial Electronics , pp.894 – 899 , 1995.
- [10] "New trends in Active Filter for Improving Power Quality" , IEEE pp.417 - 425 ,1999
- [11] Jianping Ying , "An Improved Control Method for Three Phase Active Power Filter" , International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PED' 99 , IEEE pp.905-909 , July 1999 , Hongkong

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลองที่ (LOAD)

LOAD: Bridge + หลอด 4 × 100 วัตต์ + Capacitor 2200uF 1 ตัว

V1	V3	V5	V7	V9	V11	Vrms	%THDV	I1	I3	I5	I7	I9	I11	Irms	%THDi	P	KVA	PF	DPF
232	0	4	2	1	0	233	1.9	2.87	2.44	1.93	1.28	0.7	0.21	4.5	121.6	600	1.05	0.63	1.00

ตารางที่ 2 บันทึกผลการทดลองที่ (LOAD + ACTIVE)

LOAD: Bridge + หลอด 4 × 100 วัตต์ + Capacitor 2200uF 1 ตัว (ปรับแรงดันที่จ่ายให้ DC Link = 40 V)

V1	V3	V5	V7	V9	V11	Vrms	%THDV	I1	I3	I5	I7	I9	I11	Irms	%THDi	P	KVA	PF	DPF
232	1	3	2	0	0	233	1.8	2.29	0.58	0.46	0.11	0.08	0.06	2.41	36.5	520	0.56	0.93	1.00
%การลดของกระแสเมื่อเปรียบเทียบกับโหลด = $\frac{(I_l - I_{hn}) \times 100}{I_l}$									80%	84%	96%	97%	78%						

ตารางที่ 3 บันทึกผลการทดลองที่ (LOAD + PASSIVE)

LOAD: Bridge + หลอด 4 × 100 วัตต์ + Capacitor 2200uF 1 ตัว

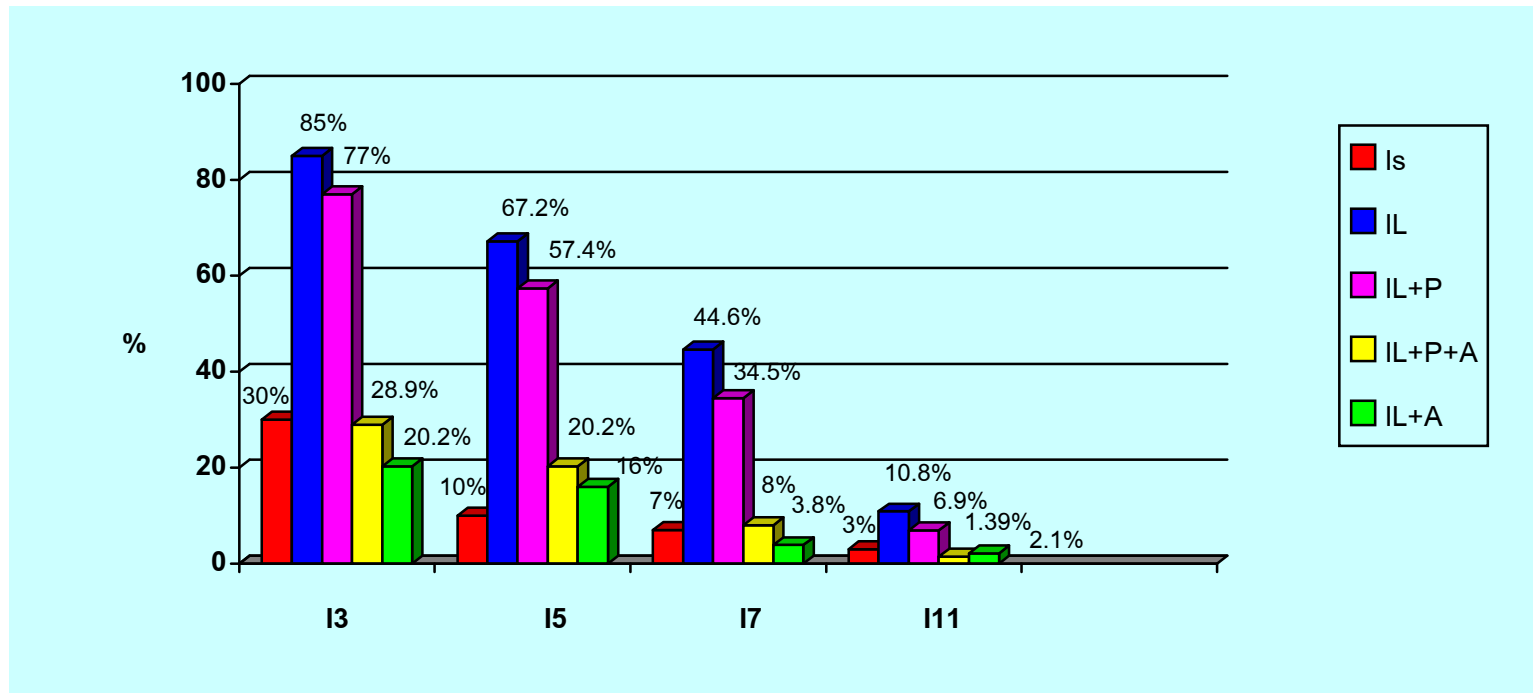
V1	V3	V5	V7	V9	V11	Vrms	%THDV	I1	I3	I5	I7	I9	I11	Irms	%THDi	P	KVA	PF	DPF
232	0	4	2	1	0	233	1.9	4.28	2.22	1.65	0.99	0.59	0.2	5.45	78	630	1.26	0.50	0.62
%การลดของกระแสเมื่อเปรียบเทียบกับโหลด $= \frac{(I_l - I_{hn}) \times 100}{I_l}$									23%	42%	65%	79%	93%						

ตารางที่ 4 บันทึกผลการทดลองที่ (LOAD+ACTIVE+PASSIVE)

LOAD: Bridge + หลอด 4 × 100 วัตต์ + Capacitor 2200uF 1 ตัว (ปรับแรงดันที่จ่ายให้ DC Link = 40 V)

V1	V3	V5	V7	V9	V11	Vrms	%THDV	I1	I3	I5	I7	I9	I11	Irms	%THDi	P	KVA	PF	DPF
233	1	4	2	0	0	234	1.5	4.05	0.83	0.58	0.23	0.08	0.04	4.14	26.6	530	0.97	0.54	0.56
%การลดของกระแสเมื่อเปรียบเทียบกับโหลด $= \frac{(I_l - I_{hn}) \times 100}{I_l}$									71%	80%	92%	97%	99%						

แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบกระแสฮาร์โมนิกส์



หมายเหตุ

- Is = กระแสฮาร์โมนิกส์ตามมาตรฐาน มอก 1506-2541
- IL = กระแสฮาร์โมนิกส์ของโหลด
- IL+P = กระแสฮาร์โมนิกส์เมื่อต่อโหลดกับวงจรกรองพาสซีฟ
- IL+P+A = กระแสฮาร์โมนิกส์เมื่อต่อโหลดกับวงจรกรองพาสซีฟกับวงจรกรองแอกทีฟ
- IL+A = กระแสฮาร์โมนิกส์เมื่อต่อโหลดกับวงจรกรองแอกทีฟ