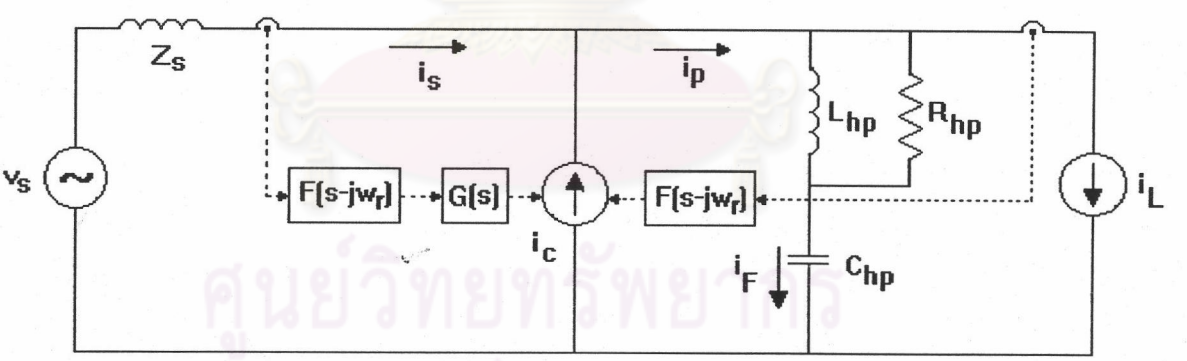
บทที่ 4

ผลการจำลองการทำงาน

เพื่อเป็นการตรวจสอบถึงความเป็นไปได้ในการทำงานของวงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริดที่ได้ออกแบบในบทที่ 3 เราจะทำการจำลองผลการทำงานของระบบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยโปรแกรม MATLAB with SIMULINK สำหรับระบบที่ใช้ในการจำลองการทำงานจะเป็นระบบสามเฟสสามสายขนาดแรงดันสาย 380 V , 50 Hz อิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่าย (Z_s) เท่ากับ j2.67 Ω (0.046 pu.) และโหลดเป็นวงจรเรียงกระแส 3 เฟสขนาด 2.5 kVA ที่จ่ายกระแสด้านออกคงตัว ซึ่งจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสฮาร์มอนิกโดยจะจ่ายกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5,7,11,13 และอันดับที่สูงกว่า วงจรสมมูลของระบบที่ใช้ในการจำลองการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.1 และพารามิเตอร์ของระบบที่ออกแบบได้ซึ่งใช้ในการจำลองการทำงานแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 วงจรสมมูลหนึ่งเฟสของระบบที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรกรองพาสซีฟ

L_{hp} = 1.85 mH	C_{hp} = 33.8 μF	R_{hp} = 10.4 Ω

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรกรองผ่านแถบที่ใช้ในการตรวจจับกระแสฮาร์มอนิก

ω_l = 300π rad/s.	ω_h = 1200π rad/s.	K_F = 1.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับผลการจำลองการทำงานที่แสดงในบทนี้จะเป็นการเปรียบเทียบผลทำงานของระบบในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

<u>กรณีที่ 1</u>. ใช้วงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริดโครงสร้างแบบที่ 1 โดยคิดว่าการควบคุมกระแสเป็นแบบอุดมคติ (รูปที่ 4.2 และ 4.3)

<u>กรณีที่ 2</u>. ใช้วงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริดโครงสร้างแบบที่ 1 โดยมีการควบคุมกระแสแบบฮีสเตอริซีส (รูปที่ 4.4 และ 4.5)

<u>กรณีที่ 3</u>. ใช้วงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริดโครงสร้างแบบที่ 2 เมื่อฟังก์ชันควบคุม $G(s) = K = 10$ (รูปที่ 4.6 และ 4.7)

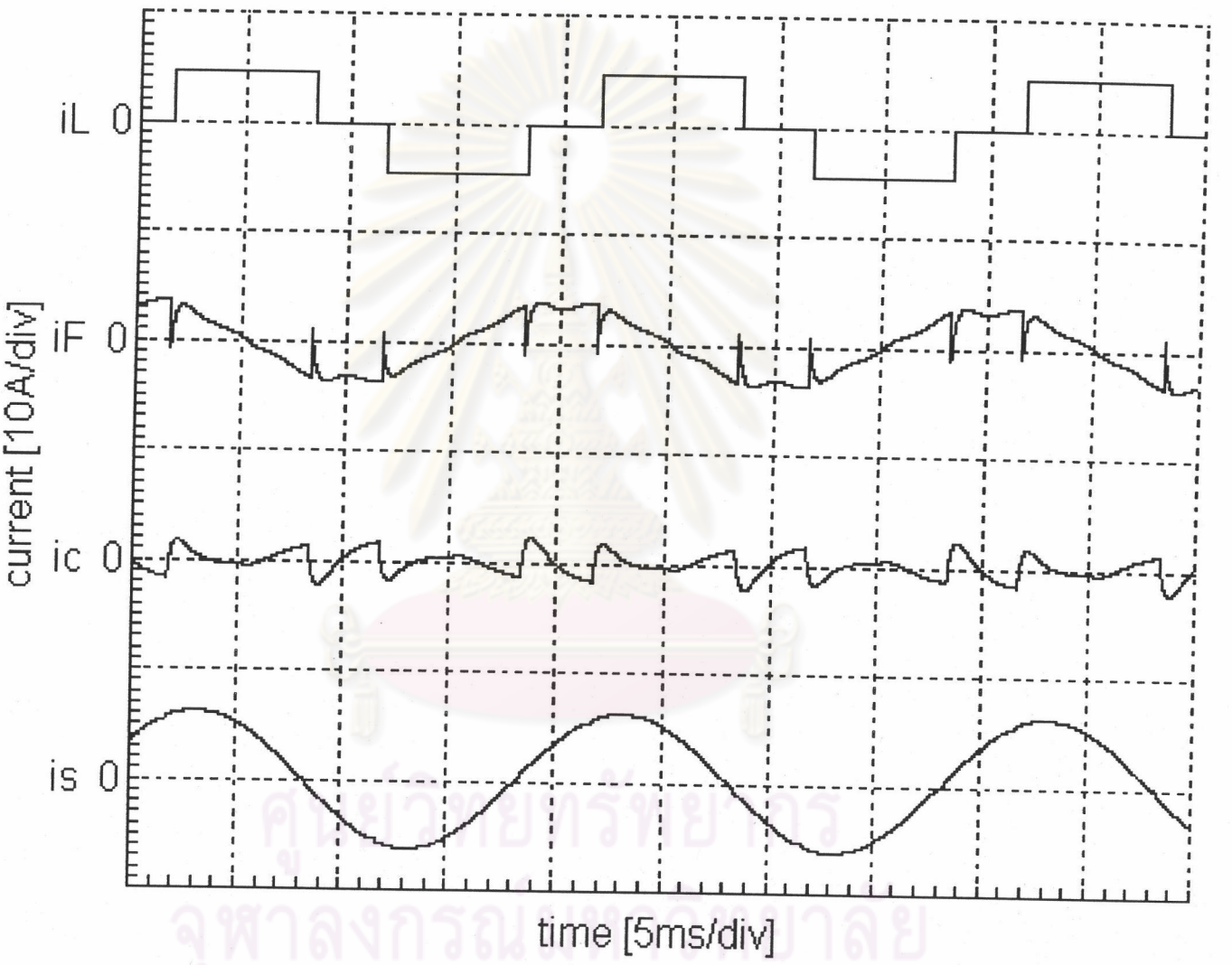
<u>กรณีที่ 4</u>. ใช้วงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริดโครงสร้างแบบที่ 2 เมื่อฟังก์ชันควบคุม $G(s) = \frac{KTs}{1+Ts}$ (K = 15 ,T = 0.5 ms.) (รูปที่ 4.8 และ 4.9)

<u>กรณีที่ 5</u>. ใช้วงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริดโครงสร้างแบบที่ 2 เมื่อฟังก์ชันควบคุม $G(s) = \frac{KTs}{1+Ts}$ (K = 20 , T = 0.2 ms.) (รูปที่ 4.10 และ 4.11)

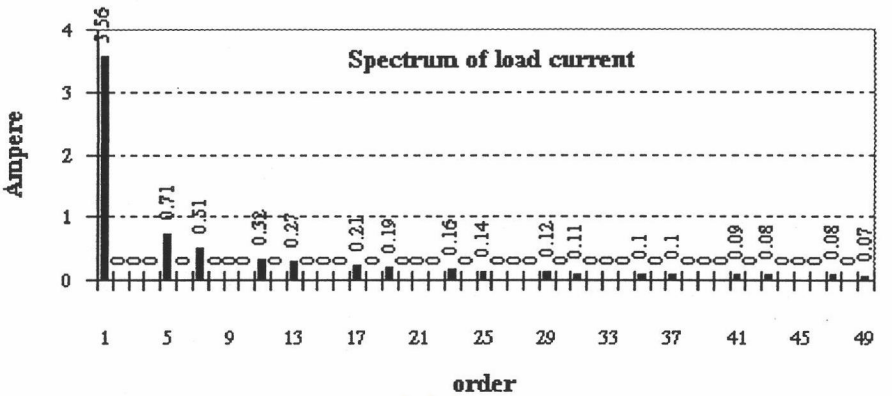
ทั้งนี้ส่วนสร้างกระแสชดเชยที่ใช้ในการจำลองผลการทำงานจะใช้การควบคุมกระแสแบบฮีสเตอริซีสที่มีขนาดความกว้างของแถบฮีสเตอริซีสเท่ากับ ±0.5 A. ยกเว้นผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 1 เท่านั้นที่คิดว่าการควบคุมกระแสเป็นแบบอุดมคติ

ตารางที่ 4.3 ค่าองค์ประกอบกระแสฮาร์มอนิกและค่าองค์ประกอบความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกรวมของกระแสทางด้านแหล่งจ่ายคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อใช้วงจรกรองในกรณีต่าง ๆ

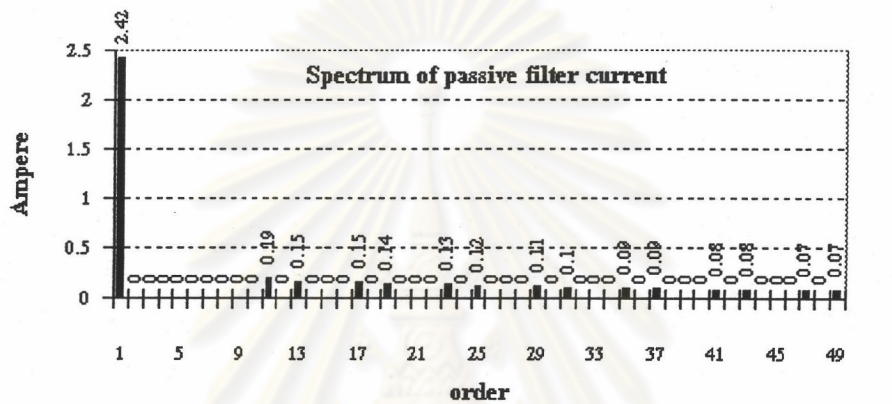
order	ไม่มีวงจรกรอง	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4	กรณีที่ 5
1	100	100	100	100	100	100
5	19.94	0.00	6.59	2.05	2.04	3.17
7	14.33	0.00	0.45	1.59	1.36	1.81
11	8.99	0.68	0.91	3.42	1.13	0.91
13	7.58	0.45	0.45	1.59	0.68	0.45
17	5.90	0.45	0.45	0.68	0.45	0.45
19	5.34	0.23	0.23	0.46	0.45	0.45
THD	29.95	1.16	7.18	4.76	3.00	3.97



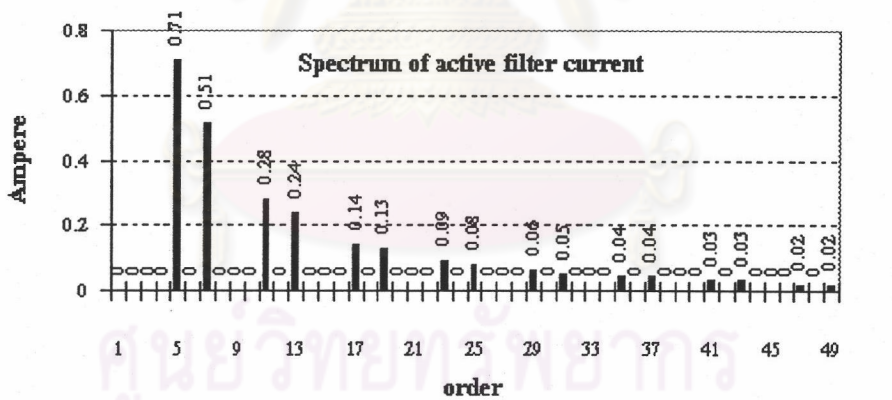
รูปที่ 4.2 ผลการจำลองการทำงานของระบบในกรณีที่ 1



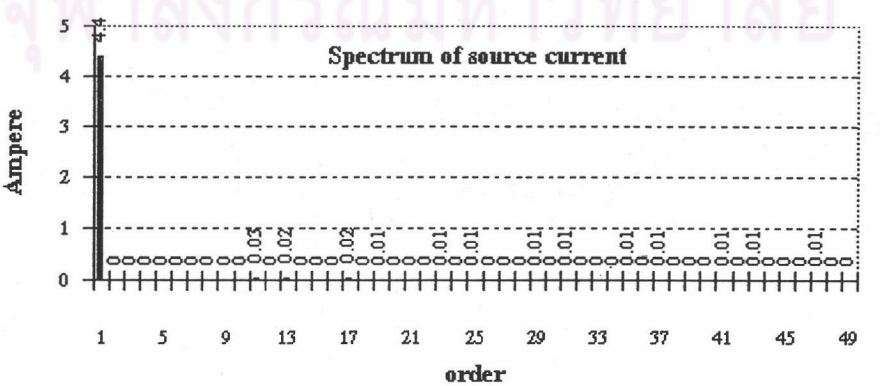
I_L = 3.72 A



I_F = 2.46 A

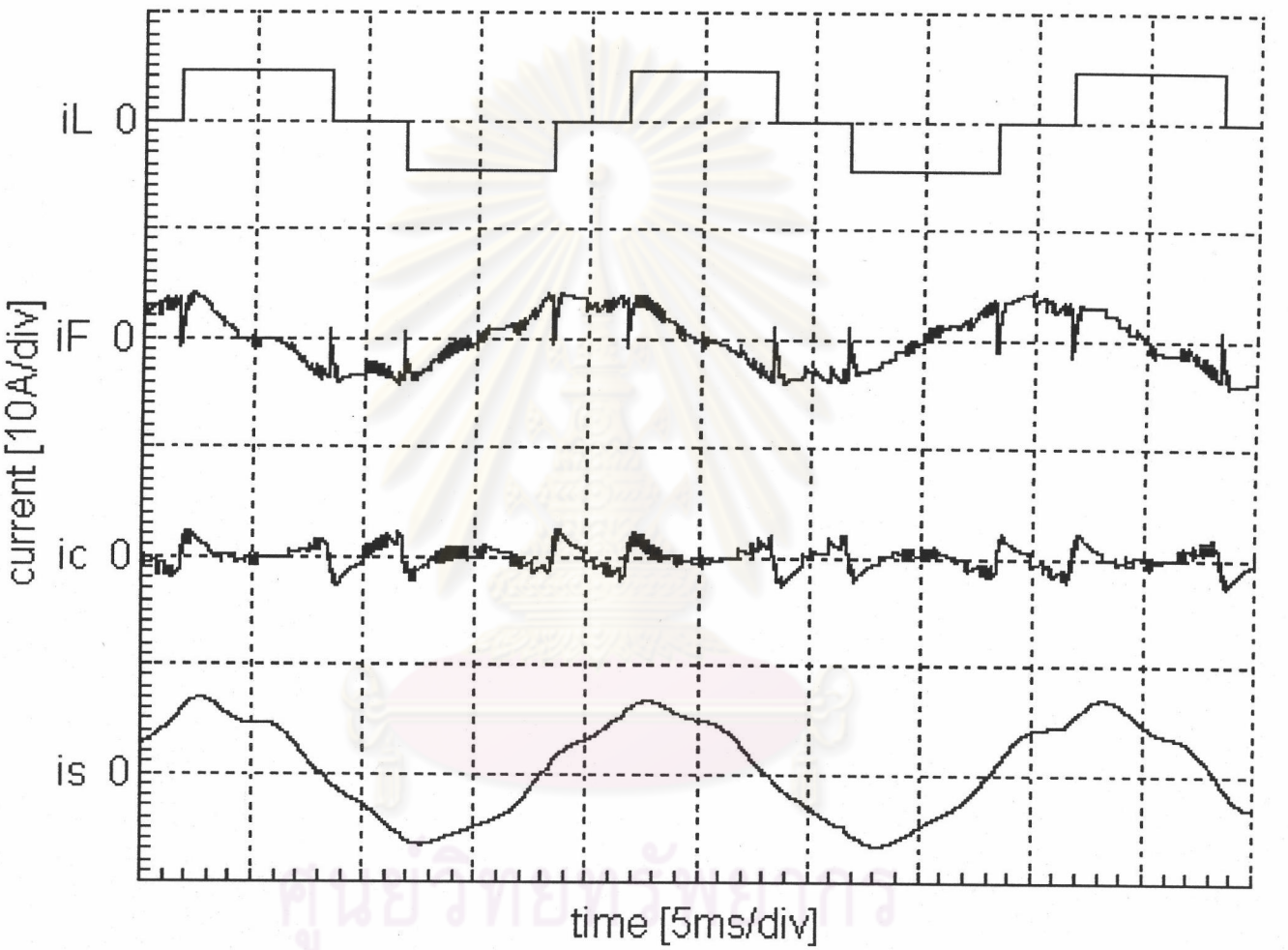


I_c = 0.98 A



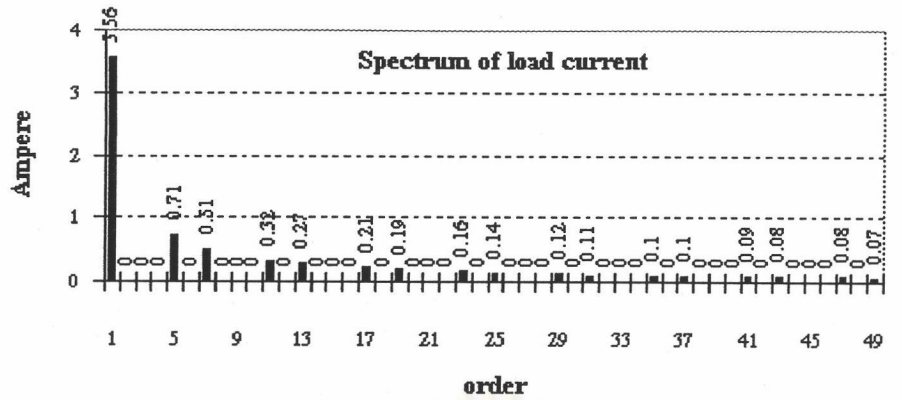
I_s = 4.40 A

รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของกระแสที่จุดต่าง ๆ ของผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 1

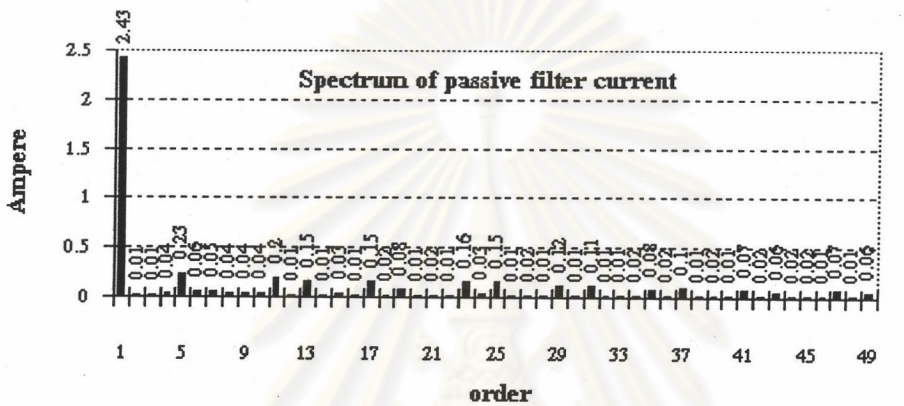


รูปที่ 4.4 ผลการจำลองการทำงานของระบบในกรณีที่ 2

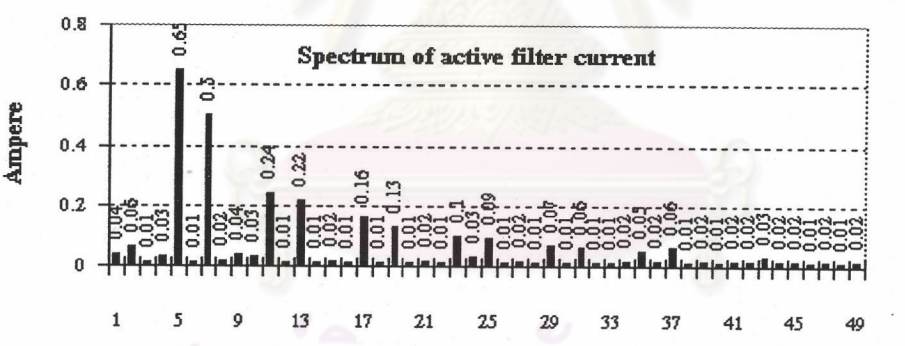
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



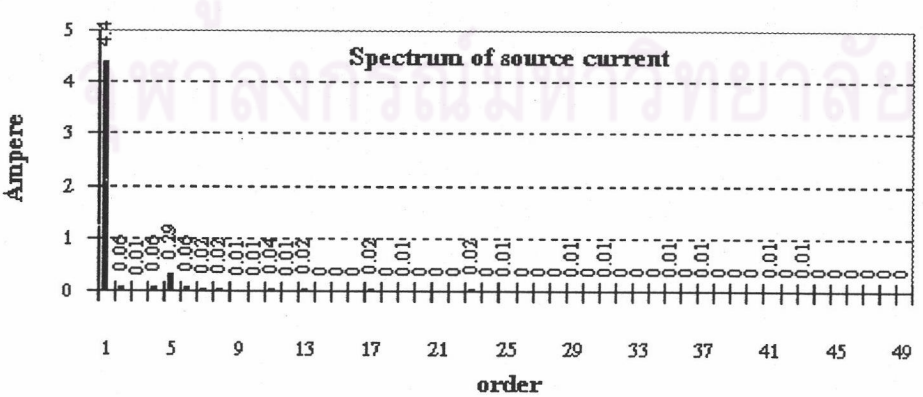
I_L = 3.72 A



I_F = 2.49 A

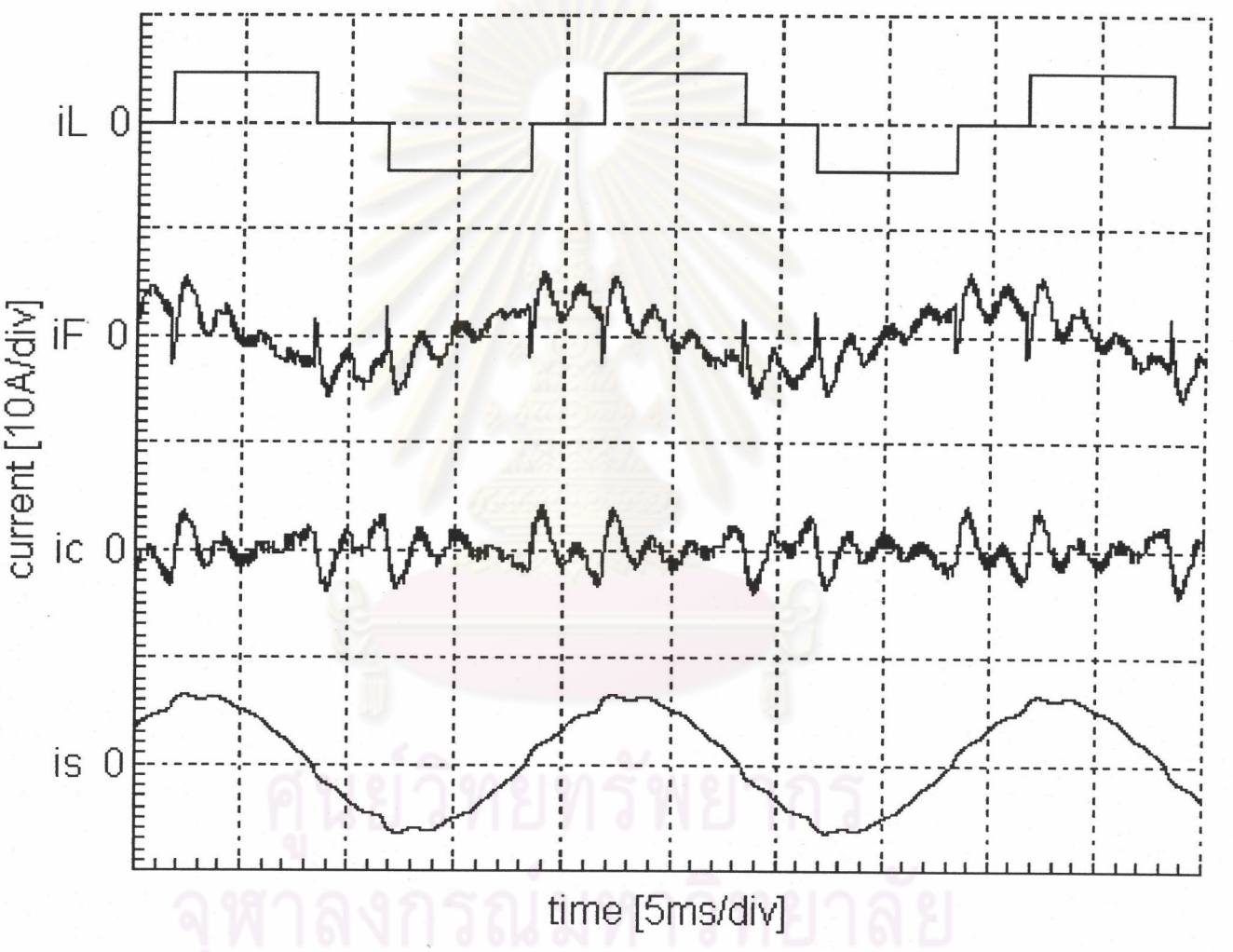


I_c = 0.93 A

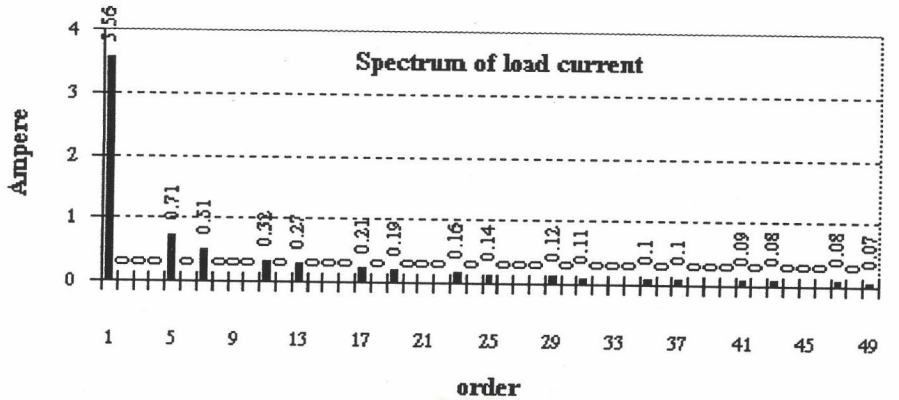


I_s = 4.41 A

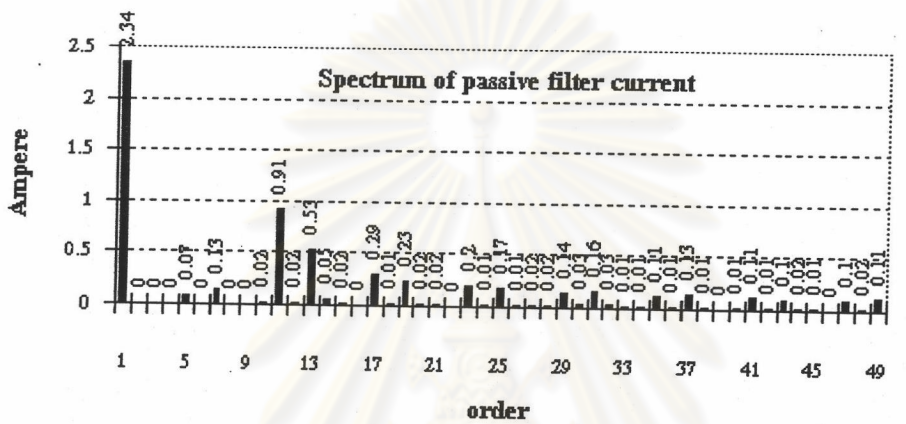
รูปที่ 4.5 สเปกตรัมของกระแสที่จุดต่าง ๆ ของผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 2



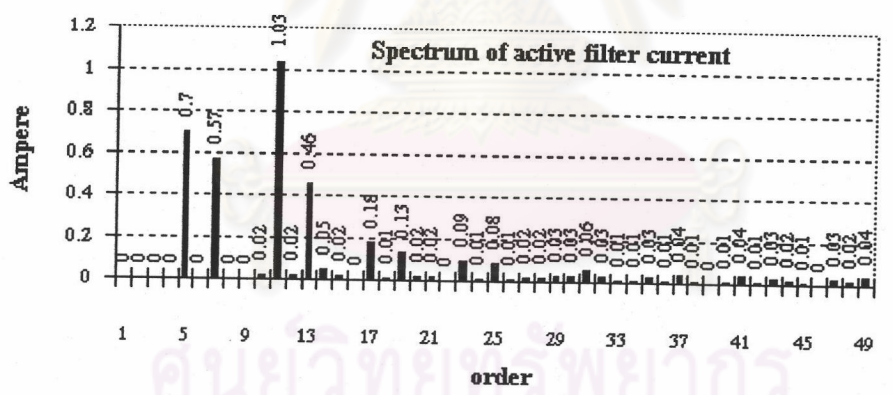
รูปที่ 4.6 ผลการจำลองการทำงานของระบบในกรณีที่ 3



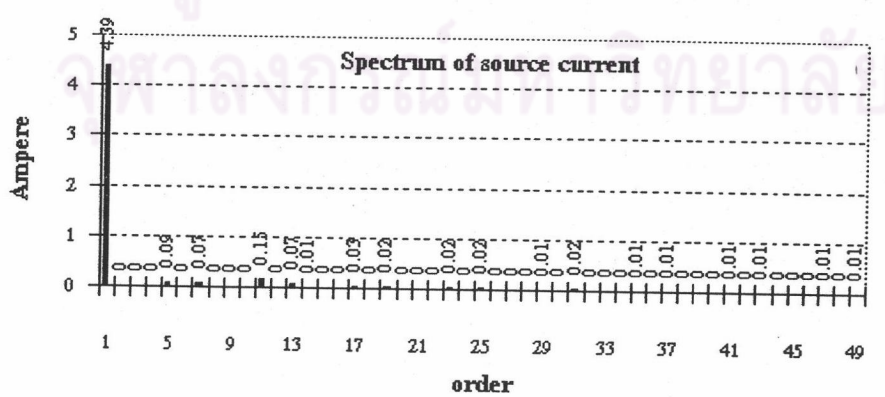
I_L = 3.72 A



I_F = 2.63 A

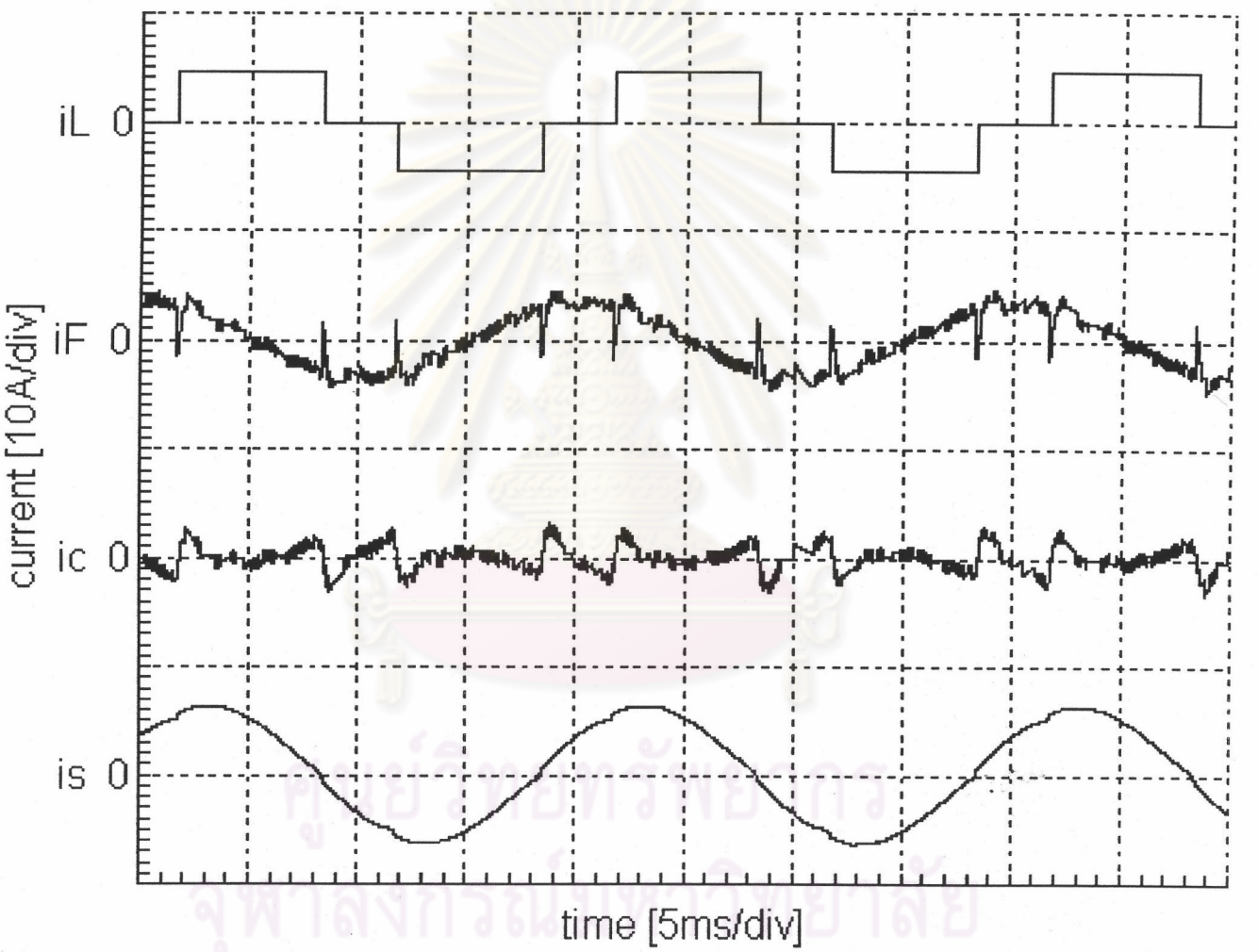


I_c = 1.47 A

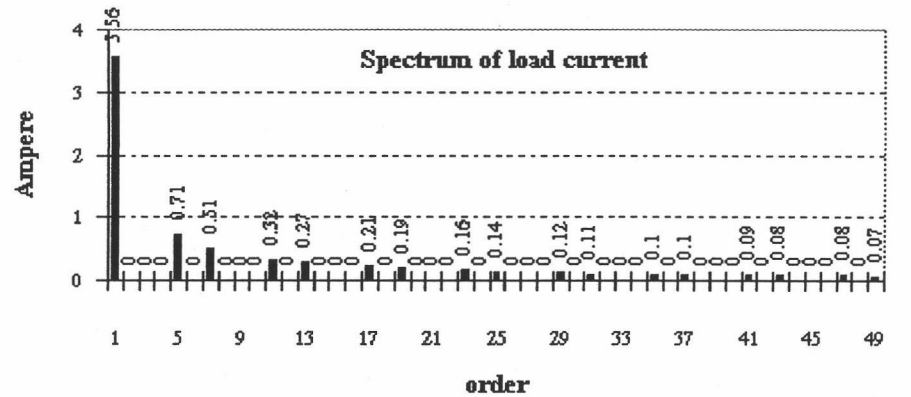


I_s = 4.39 A

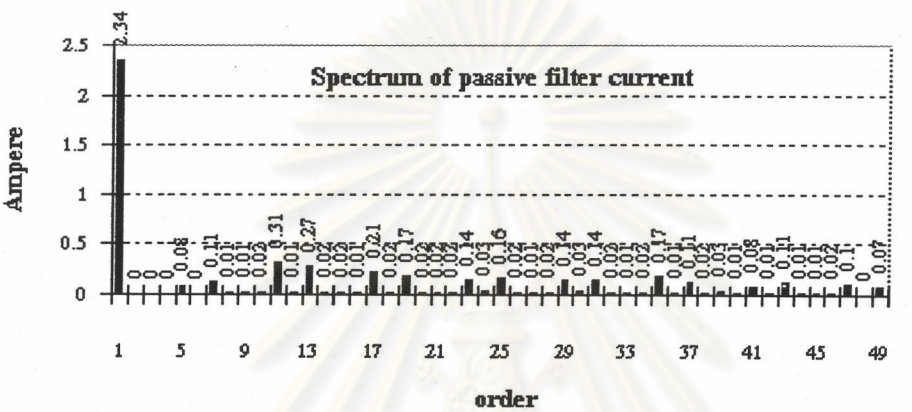
รูปที่ 4.7 สเปกตรัมของกระแส ณ จุดต่าง ๆ ในวงจรของผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 3



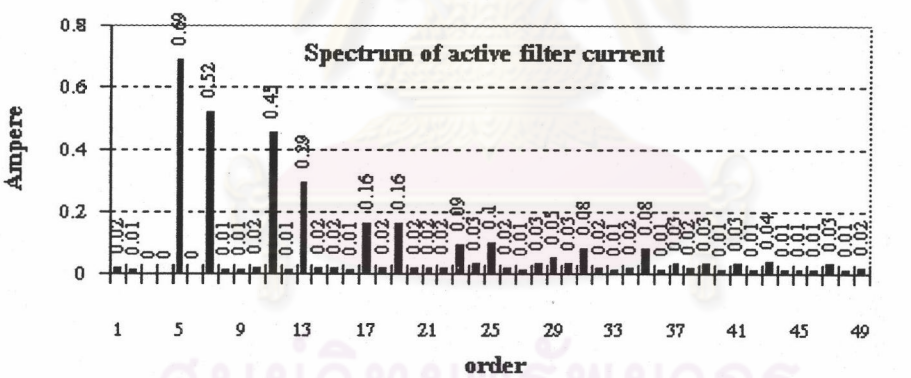
รูปที่ 4.8 ผลการจำลองการทำงานของระบบในกรณีที่ 4



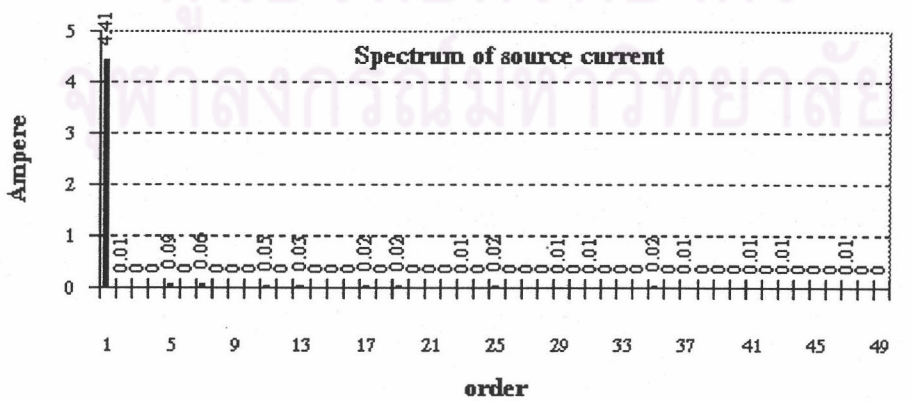
I_L = 3.72 A



I_F = 2.43 A

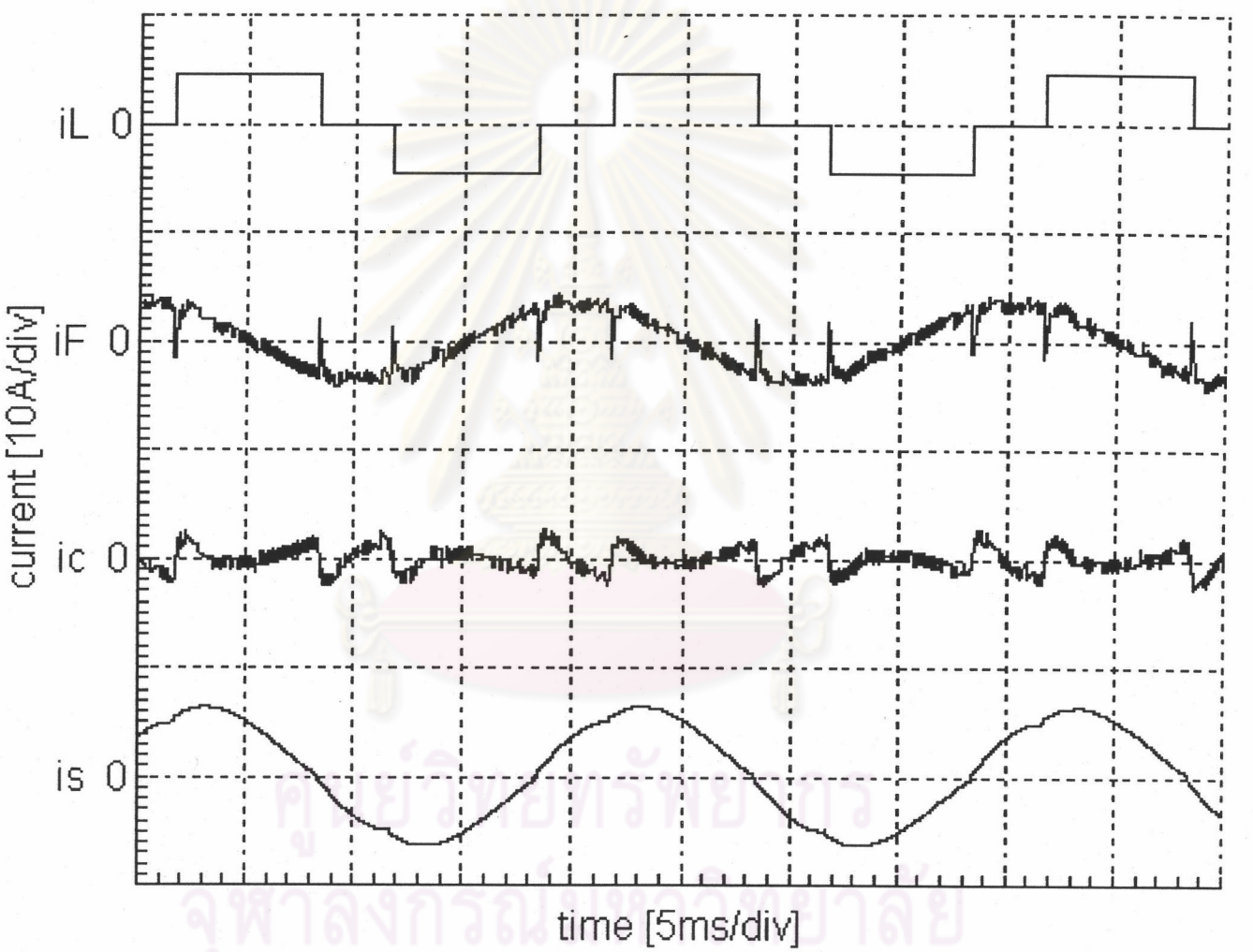


I_c = 1.06 A

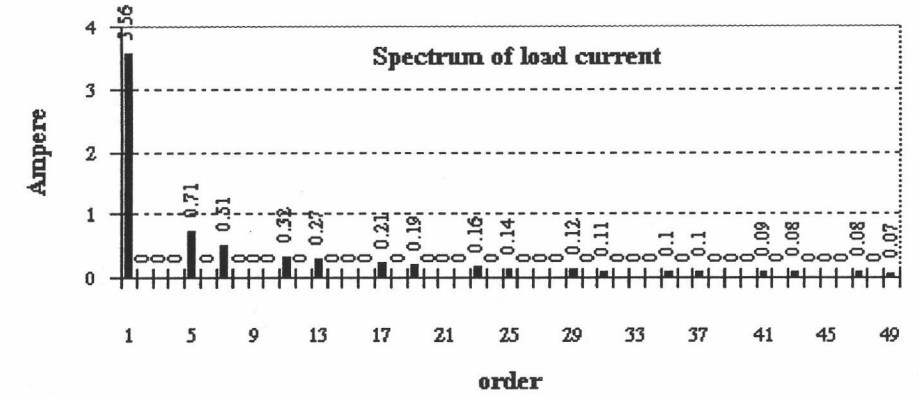


I_s = 4.41 A

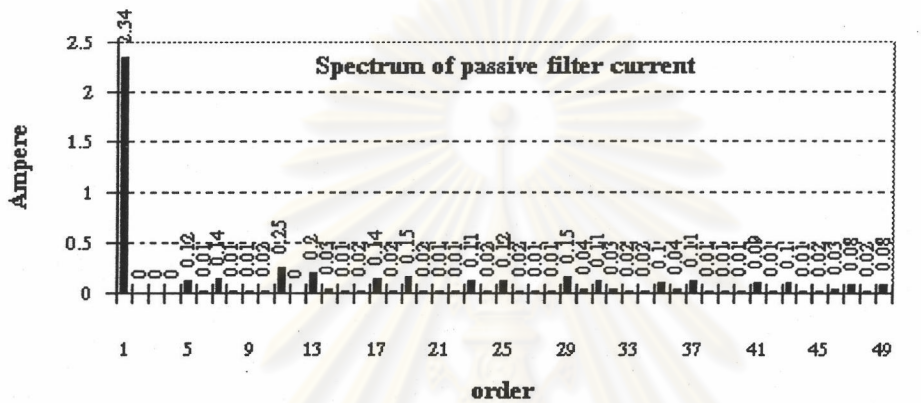
รูปที่ 4.9 สเปกตรัมของกระแส ณ จุดต่าง ๆ ในวงจรของผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 4



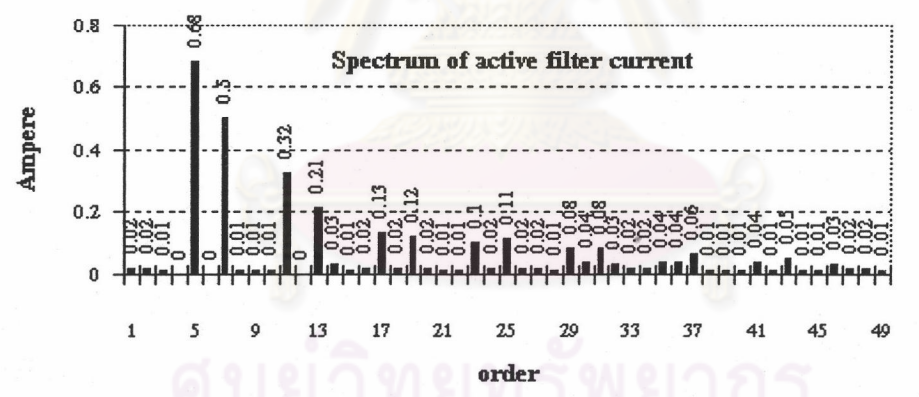
รูปที่ 4.10 ผลการจำลองการทำงานของระบบในกรณีที่ 5



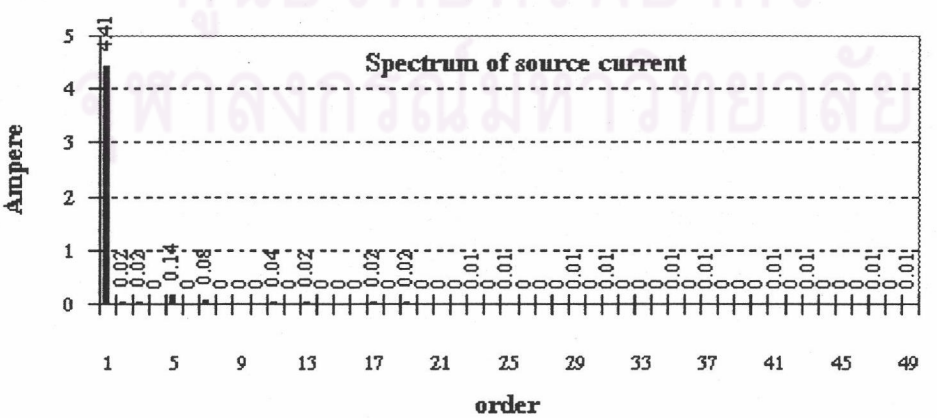
I_L = 3.72 A



I_F = 2.40 A



I_c = 0.97 A



I_s = 4.41 A

รูปที่ 4.11 สเปกตรัมของกระแส ณ จุดต่าง ๆ ในวงจรของผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 5

จากผลการจำลองการทำงานจะพบว่าระบบที่ใช้วงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริดตามโครงสร้างแบบที่ 1 (กรณีที่ 1) จะสามารถกำจัดฮาร์มอนิกได้ดีเมื่อคิดว่าการควบคุมกระแสเป็นแบบอุดมคติ สังเกตได้จากค่าองค์ประกอบความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกรวม (THD) ที่เหลือเพียง 1.16 % เท่านั้น แต่เมื่อเราจำลองการทำงานโดยใช้การควบคุมกระแสที่เป็นแบบฮีสเตอริซีสเหมือนในทางปฏิบัติแล้ว จะพบว่าโครงสร้างแบบที่ 1 นี้ไม่สามารถกำจัดฮาร์มอนิกได้ดีพอ สังเกตได้จากค่า THD ที่สูงถึง 7.18 % และเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบฮาร์มอนิกในแต่ละอันดับจะพบว่า ค่า THD ที่สูงถึง 7.18 % นั้นส่วนใหญ่มาจากองค์ประกอบฮาร์มอนิกที่ 5 ซึ่งมีอยู่สูงถึง 6.59 % การมีฮาร์มอนิกที่ 5 หลงเหลืออยู่ค่อนข้างมากนี้อธิบายได้ว่าเกิดจากการขยายสัญญาณของฮาร์มอนิกที่ 5 (ที่หลงเหลือจากการชดเชยไม่สมบูรณ์ของวงจรกรองแอกทีฟ) เนื่องจากการเกิดเรโซแนนซ์ระหว่างตัวเก็บประจุของวงจรกรองพาสซีฟ C_{hp} กับตัวเหนี่ยวนำของแหล่งจ่าย L_s ซึ่งใกล้เคียงกับความถี่ฮาร์มอนิกที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายในบทที่ 3 ที่กล่าวมาแล้ว และเมื่อพิจารณาผลการจำลองการทำงานของระบบในกรณีที่ 3-5 ซึ่งเป็นระบบที่มีโครงสร้างแบบที่ 2 จะพบว่าเราสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบที่มีโครงสร้างแบบที่ 1 ได้กล่าวคือจะสามารถกำจัดฮาร์มอนิกได้ผลดีกว่าในโครงสร้างแบบที่ 1 ดังจะเห็นได้จากค่าองค์ประกอบฮาร์มอนิกที่ 5 และค่า THD ที่ลดลงต่ำกว่า และเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบฮาร์มอนิกของกระแสทางด้านแหล่งจ่ายในผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 3-5 จะพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของ IEEE (IEEE std 519-1992) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบฮาร์มอนิกอันดับที่ 11 และ13 จะพบว่าผลการจำลองการทำงานในกรณีที่ 3 ซึ่งใช้ $G(s) = K$ จะมีองค์ประกอบฮาร์มอนิกที่ 11 และ 13 หลงเหลืออยู่มากกว่าในกรณีที่ 4 และ 5 ซึ่งใช้ $G(s)= \frac{KTs}{1+Ts}$ ซึ่งอธิบายได้ว่าการใช้ $G(s) = K$ เพื่อทำให้วงจรกรองแอกทีฟประพฤติตัวเป็นตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวนั้นไม่ทำให้เกิดการหน่วงเรโซแนนซ์ลงแต่จะเป็นการเลื่อนความถี่เรโซแนนซ์ให้สูงขึ้นเท่านั้น ซึ่งในกรณีที่ K=10 นี้จะทำให้ความถี่เรโซแนนซ์เลื่อนสูงขึ้นไปอยู่ที่ประมาณฮาร์มอนิกที่ 11 (ดูรูปที่ 3.9) ในขณะที่การใช้ $G(s) = \frac{KTs}{1+Ts}$ จะทำให้วงจรกรองแอกทีฟประพฤติตัวเป็นตัวเหนี่ยวนำที่ต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน ซึ่งตัวต้านทานเสมือนของวงจรกรองแอกทีฟนี้จะช่วยทำให้เกิดการหน่วงเรโซแนนซ์ลงมาได้นั่นเอง ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3.9-3.11 จากผลการจำลองการทำงานที่ได้แสดงให้เห็นถึงสมรรถภาพและความเป็นไปได้ของระบบที่ได้นำเสนอ