



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ศึกษาและวิเคราะห์แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกของอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
(วิทยาเขตบางเขน)

Study and Analysis of Harmonic Sources of Buildings in Kasetsart University
(Bang Khen Campus)

นามผู้วิจัย นายวีรพงศ์ แยมสระโส

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์เกียรติคุณ กวีญาณ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์มงคล รักษาพัชรวงค์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ศึกษาและวิเคราะห์แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกของอาคารใน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน)

Study and Analysis of Harmonic Sources of Buildings in
Kasetsart University (Bang Khen Campus)

โดย

นายวีรพงศ์ เข้มสระโส

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2552

วีรพงศ์ เข้มสระโส 2552: ศึกษาและวิเคราะห์แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกของอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ปรินูญวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เกียรติคุณ กวีญาณ, Ph.D. 143 หน้า

ปัจจุบันในอาคารสำนักงานและอาคารของสถาบันการศึกษา มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งเฟส (Single Phase) ที่มีคุณสมบัติโหลดไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการใช้งาน โดยปราศจากการควบคุมปริมาณฮาร์มอนิก ส่งผลให้เกิดแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกที่มีนัยสำคัญมากต่อระบบไฟฟ้ากำลัง ด้วยเหตุนี้แนวทางของการศึกษาแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังจึงทำการตรวจวัดปริมาณฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นของอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) จากพื้นที่ตัวอย่างได้มีการจำแนกลักษณะการใช้งานของประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้าออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มห้องสำนักงาน, กลุ่มห้องที่ใช้งานรวมกัน, กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์, กลุ่มห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการ

จากกรณีศึกษาพบว่า ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ, ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี, ห้องผ่าตัด และห้องพักฟื้นสัตว์มีกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสใกล้เคียงกันและต่างกัน โดยที่มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม (THD_r) น้อยกว่าขีดจำกัด เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้งานส่วนใหญ่มีคุณสมบัติโหลดประเภทเชิงเส้น ส่วนห้องบรรยาย 100, 200, 300 ที่นั่ง, ห้องพักอาจารย์ และสำนักงาน (ตรวจรักษาสัตว์, ฝ่ายบริหาร) พบว่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสมีค่าต่างกันที่มีค่า $\%THD_r$ เกินขีดจำกัดบางเฟส ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการกระจายอุปกรณ์ประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นให้เกิดความสมดุลกัน สำหรับส่วนอื่นๆ ถ้าแก้ไขด้วยวิธีดังกล่าวแล้วยังมีค่า $\%THD_r$ เกินขีดจำกัดอยู่ โดยเฉพาะศูนย์บริการคอมพิวเตอร์อาจต้องติดตั้งอุปกรณ์กรองฮาร์มอนิกเพื่อลดค่ากระแสฮาร์มอนิกลง โดยเฉพาะกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 ซึ่งปัญหาและผลกระทบจากการวิเคราะห์ได้ถูกกล่าวถึงในงานวิจัยนี้

Weeraphong Yaemsraso 2009: Study and Analysis of Harmonic Sources of Buildings in Kasetsart University (Bang Khen Campus). Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Kiatiyuth Kveeyam, Ph.D. 143 pages.

Nowadays, nonlinear single phase loads are utilized and tend to be increased by without harmonic quantity supervision. There are harmonic sources in power system. For this reason, the harmonic sources education in power system, by measure of harmonic content in a different type of buildings at Kasetsart University, Bang Khen Campus. From example area, equipments are classified in 4 groups. Room offices each types, room offices and other room (collaborative utilizable), computers center, lecture room and laboratory room.

The case study shows that equipments sterilizes room, blood test room and emergency room have total current harmonic distortion(THD_I), not exceed the limitation of even balanced and unbalanced phase, because most the equipment are linear type. For the lecture rooms of 100, 200, 300 seats, teacher offices and general office, such as pet's medical examination, administrative section, it was found unbalanced which some phase have the value $\%THD_I$ exceeded the limitation. The adjustment of the load to balance is applied. For the others, even though it is balanced, but still has the $\%THD_I$ exceed, especially computer center, the installation of filter is necessary. The problem and result is mentioned in this study.

_____/_____/_____
Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์เกียรติคุณ กวีญาณ, Ph.D. ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก โดยได้ให้ คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการทำวิทยานิพนธ์มาด้วยดีตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบ และแก้ไขจนสำเร็จเรียบร้อย ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วิชัย สุระพัฒน์ ประธานการ สอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สำเริง อินทาม่า ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาในการ สอบวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คณะเจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลังและบุคลากรที่ดูแลระบบ ไฟฟ้าจากพื้นที่ตัวอย่างของอาคาร ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ทุกท่าน ที่ให้ ความช่วยเหลือและเสียสละเวลาอันมีค่ามาให้ความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา รวมทั้งพี่สาวทั้งสองคนที่ได้ให้กำลังใจ เสมอมาและทุกๆ ท่านที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

วีรพงษ์ แยมสระโส

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	72
ผลการวิเคราะห์	72
วิจารณ์	80
สรุปและข้อเสนอแนะ	83
สรุป	83
ข้อเสนอแนะ	84
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	85
ภาคผนวก	87
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	143

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเปรียบเทียบค่าจำกัดแรงดันฮาร์มอนิกจากมาตรฐานจำนวน 5 ฉบับ	21
2	ขีดจำกัดความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารายใดๆ ที่มาตรฐานของการไฟฟ้า (PRC-PQG-01/1998)	21
3	ปริมาณสูงสุดค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม	22
4	ตัวประกอบการลดทอนพิกัด (De-rating factors) ของสายเคเบิลในกรณีที่มีกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่เป็นจำนวนเท่าของสาม (Triple-N)	23
5	ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทห้องสำนักงาน	26
6	ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทห้องที่ใช้งานรวมกัน	28
7	ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทศูนย์บริการคอมพิวเตอร์	30
8	ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการ	30
9	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 1	33
10	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 2	36
11	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 3	39
12	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 4	40
13	ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 1	42
14	ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 2	46
15	ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 3	48
16	ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 4	50
17	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรัลของกลุ่มที่ 1	52
18	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรัลของกลุ่มที่ 2	56
19	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรัลของกลุ่มที่ 3	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดพลาดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรอลของ กลุ่มที่ 4	59
21	สรุปปริมาณกระแสและค่าความผิดพลาดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม กลุ่มที่ 1- 4	67
22	สรุปปริมาณแรงดันและค่าความผิดพลาดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม กลุ่มที่ 1- 4	70
23	แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบกระแสฮาร์มอนิกในสายนิวทรอล กลุ่มที่ 1-4	81
ตารางผนวกที่		
1	ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 1	113
2	ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 2	119
3	ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 3	122
4	ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 4	124
5	ข้อมูลปริมาณแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 1	128
6	ข้อมูลปริมาณแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 2	134
7	ข้อมูลปริมาณแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 3	137
8	ข้อมูลปริมาณแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 4	139

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ฮาร์มอนิกแฝงในลำดับต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปคลื่นความถี่มูลฐาน	3
2	จำลองสภาวะที่การไฟฟ้าฯ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดแบบเชิงเส้น	4
3	จำลองสภาวะที่การไฟฟ้าฯ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดแบบไม่เชิงเส้น	5
4	การเกิดแรงดันฮาร์มอนิก	11
5	กระแสไหลในสายนิวทรอลในระบบที่สมดุลที่ไม่มีฮาร์มอนิกและที่มีฮาร์มอนิก	13
6	แสดงลักษณะการตรวจวัดปริมาณฮาร์มอนิก	32
7	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (บริการการศึกษาและ หน่วยงานสารบัญ)	61
8	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (เลขานุการ บว., งาน บริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา)	61
9	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ฝ่ายบริหาร)	62
10	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (สารสนเทศ)	62
11	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (เลขานุการ วศ.)	62
12	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ฝ่ายบริหารและห้อง ประชุม)	62
13	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ตรวจรักษาสัตว์)	62
14	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ห้องผ่าตัดและพักฟื้นสัตว์)	63
15	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี)	63
16	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของบริการทั่วไป(สำนักหอสมุด) และ สำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ	63
17	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยายและสำนักงานห้อง โครงการ ป.ตรีนานาชาติ	63
18	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้อง ธุรการ	64
19	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ	64

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย	64
21	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการคอมพิวเตอร์	64
22	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป	65
23	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการ Edutainment Zone	65
24	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าและห้องไมโครโพรเซสเซอร์	65
25	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	65
26	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง	66
27	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง	66
28	รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง	66
29	แสดงลักษณะของสำนักงานประเภทห้องบริการการศึกษา, ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี	68
30	แสดงลักษณะของสำนักงาน (ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)	68
31	ลักษณะศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป (สำนักหอสมุด)	69
32	ลักษณะของห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าฯ และห้องคอมพิวเตอร์	69
33	แสดงกระแสฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)	72
34	แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรอลของสำนักงาน (ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)	73
35	แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน(ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)	73
36	แสดงกระแสฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป	74
37	แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรอลของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป	75
38	แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป	76

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
39	แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรอลของ สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี	76
40	แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงานประเภทห้อง ตรวจเลือดและชีวเคมี	77
41	แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรอลของห้องพัก อาจารย์และห้องบรรยาย	78
42	แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องพักอาจารย์และห้อง บรรยาย	78

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

THD_V	=	ค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม
THD_I	=	ค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม
$V_{(t)}$	=	แรงดันไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบฮาร์มอนิกในสถานะคงตัว
$i_{(t)}$	=	กระแสไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบฮาร์มอนิกในสถานะคงตัว
h	=	ค่าลำดับที่ของฮาร์มอนิก (Harmonic Order)
I_h	=	ขนาดของกระแสที่มีความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency)
P_L	=	กำลังสูญเสียในระบบ
PCC	=	จุดต่อร่วม (Point of Common Coupling)
IEC	=	มาตรฐานยุโรป (International Electrotechnical Commission)
$IEEE$	=	มาตรฐานประเทศสหรัฐอเมริกา (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
$SECWA$	=	มาตรฐานประเทศออสเตรเลีย (The State Energy Commission of Western Australia)

ศึกษาและวิเคราะห์แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกของอาคารใน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน)

Study and Analysis of Harmonic Sources of Buildings in
Kasetsart University (Bang Khen Campus)

คำนำ

ฮาร์มอนิกเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดสาเหตุหนึ่งในคุณภาพของระบบไฟฟ้ากำลังและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน สาเหตุของการเกิดฮาร์มอนิกนั้นมักเกิดจากการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก (Harmonic Sources) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอาคารสำนักงาน, อาคารของสถาบันการศึกษา และบ้านเรือน ตัวอย่างของอุปกรณ์เหล่านี้ อันได้แก่ วงจรจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตซ์ซิ่ง (Switch Mode Power Supply) ที่ใช้งานกับคอมพิวเตอร์, อุปกรณ์อำนวยความสะดวกในสำนักงาน และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางประเภท เป็นต้น อุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้จะทำให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้นและส่งเข้าสู่ระบบไฟฟ้า ส่งผลเสียต่อระบบไฟฟ้าและในอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้นว่า สร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า ลดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ลดประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ เพิ่มกำลังไฟฟ้าสูญเสียในอุปกรณ์และระบบไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันในระบบไฟฟ้าทำงานผิดพลาด สร้างสัญญาณรบกวนต่อระบบไฟฟ้าสื่อสาร ฯลฯ ดังนั้น หากไม่มีการแก้ไขหรือควบคุมปริมาณฮาร์มอนิกให้อยู่ในระดับขีดจำกัดและมาตรฐานที่เหมาะสมแล้วก็จะอาจส่งผลเสียต่อระบบไฟฟ้าได้

ด้วยเหตุนี้แนวทางของการวิจัยฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังจึงทำการตรวจวัดปริมาณฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นของอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ซึ่งทำกรณีศึกษา อาคารสารสนเทศบัณฑิตศึกษา, อาคารชูชาติ กำภู (วิศวกรรมศาสตร์ 60 ปี), อาคารเทพรัตน์วิทยาโชติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.), อาคารโรงพยาบาลสัตว์และพัฒนาวิชาการสัตวแพทย์, อาคารอินทรีจันทร์สถิตย์ (ศูนย์เรียนรวม 1) และศูนย์คอมพิวเตอร์ Kasetsart IT Square เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวอาจมีแนวโน้มที่จะเกิดปัญหาจากฮาร์มอนิก อย่างไรก็ตาม สิ่งที่สำคัญคือ ต้องทราบข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะทำให้ทราบว่าพื้นที่ใดมีแนวโน้มจะเกิดผลกระทบจากฮาร์มอนิกทั้งปริมาณและอันดับของฮาร์มอนิก นอกจากนี้ยังมีแนวทางแก้ไขและป้องกันอีกด้วย

วัตถุประสงค์

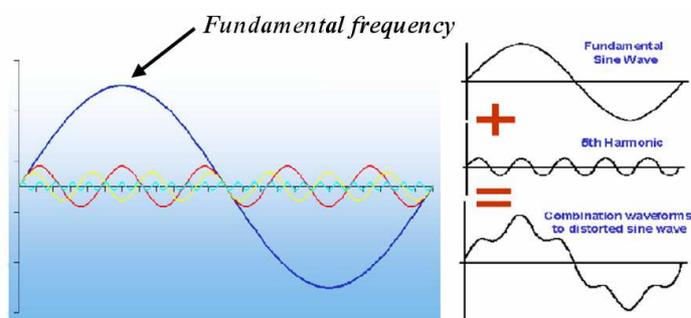
1. ทำให้ทราบถึงคุณลักษณะของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งเฟส (Single Phase) ที่ใช้งานอยู่ของอาคารในปัจจุบัน
2. ทำให้ทราบถึงพื้นที่ที่มีแนวโน้มจะเกิดแหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกในระบบไฟฟ้า
3. เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาและพัฒนางานวิจัยทางด้านการวิเคราะห์ของแหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกในระบบไฟฟ้ากำลัง
4. สามารถนำไปวางแผนในการพัฒนาหรือขยายระบบไฟฟ้าในอนาคตได้

ตรวจเอกสาร

ฮาร์มอนิกและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม

ระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังหรือการไฟฟ้าฯ ได้ออกแบบให้ผลิตแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่หลักมูลเท่ากับ 50 Hz แต่ผลจากการดึงกำลังไฟฟ้าของโหลดบางชนิดได้ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล ซึ่งความถี่ที่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูลเหล่านี้จะก่อให้เกิดภาวะมลพิษทางไฟฟ้าขึ้น (Electrical pollution) โดยจะเรียกว่า “ฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้า” (Power System Harmonics) (W. Mack Grady *et al.*, 2000) และด้วยผลของฮาร์มอนิกเหล่านี้ที่ทำให้รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าและรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังหรือการไฟฟ้าฯ จะไม่ได้เป็นรูปไซน์โดยสมบูรณ์แต่จะได้รูปคลื่นที่ผิดเพี้ยนไปจากไซน์แทน (Distorted waveform) (Pacific *et al.*, 1993)

ฮาร์มอนิก (Harmonic) คือ ส่วนประกอบรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ของสัญญาณเป็นจำนวนเต็มเท่าของสัญญาณความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) ในเวลาเดียวกันเมื่อความถี่หลักมูลรวมกับความถี่ฮาร์มอนิกจะทำให้เกิดคลื่นที่ทำให้ไม่เป็นรูปไซน์ หรือคลื่นบิดเบี้ยว สัญญาณที่ประกอบขึ้นจากผลรวมระหว่างสัญญาณความถี่หลักมูลกับสัญญาณฮาร์มอนิก สัญญาณที่ได้จะมีรูปร่างของสัญญาณแตกต่างจากสัญญาณความถี่มูล ดังแสดงในภาพที่ 1 ความผิดเพี้ยนจากฮาร์มอนิกส์ (Harmonics Distortion) นี้เป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาในระบบไฟฟ้ากำลัง เนื่องจากทำให้เกิดความสูญเสียกำลังไฟฟ้า หรือมีผลกระทบต่อปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality)



ภาพที่ 1 ฮาร์มอนิกแฝงในลำดับต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปคลื่นความถี่มูลฐาน

ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม (Total Harmonic Distortion: THD) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสอง (Root-Sum-Square) ของค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) ของส่วนประกอบฮาร์มอนิก (Harmonic Component) กับค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) ของส่วนประกอบความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ดังแสดงในสมการที่ (1) (วิบูลย์, 2541)

$$THD_X = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} X_h^2}}{X_1} \times 100\% \quad (1)$$

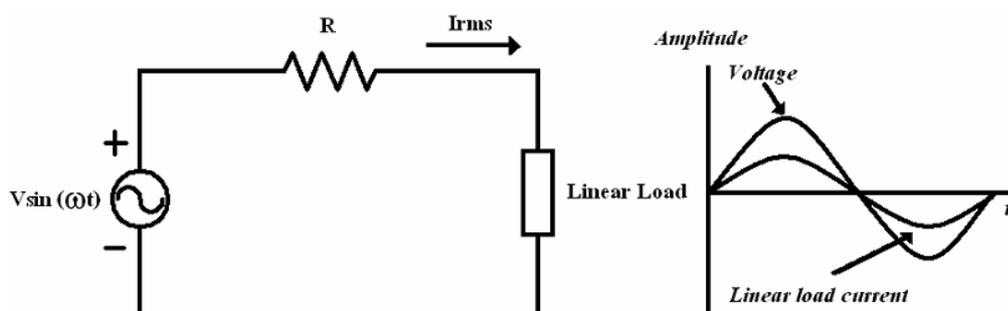
โดยที่ X แทนด้วย แรงดัน (V) หรือกระแส (I), X_1 คือแรงดันหรือกระแสที่ความถี่หลักมูล และ h คืออันดับฮาร์มอนิก

ในกรณีที่ไม่มีฮาร์มอนิก จากสมการที่ (1) จะได้ว่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมเท่ากับศูนย์ ซึ่งจะหมายถึงรูปคลื่นดังกล่าวคือสัญญาณไซน์ (Sinusoidal Waveform) นั่นเอง

โหลดทางไฟฟ้า

ในทางปฏิบัติแล้วภาระทางไฟฟ้าหรือโหลดทางไฟฟ้าจะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบด้วยกันคือ แบบเชิงเส้น (Linear load) และแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear load)

1. โหลดแบบเชิงเส้น (Linear load)



ภาพที่ 2 จำลองสถานะที่การไฟฟ้าฯ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดแบบเชิงเส้น

โหลดแบบเชิงเส้น คืออุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ขณะทำงานในช่วงเวลาคงตัว (Steady State) มีค่าความต้านทานของภาระคงที่ตลอดคาบเวลาของรูปคลื่นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่น ค่าความต้านทาน ค่าเหนี่ยวนำ และค่าเก็บประจุ

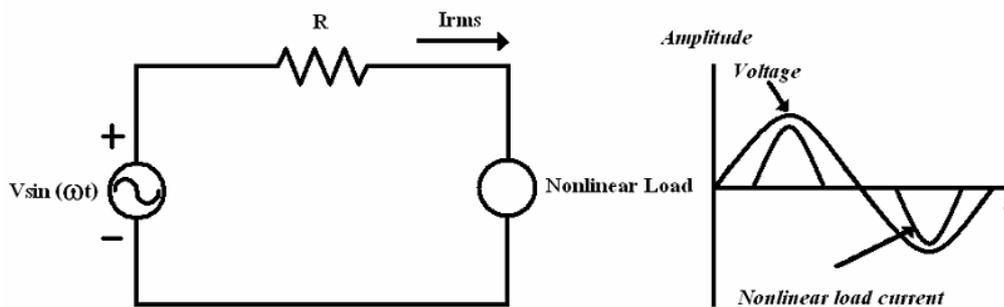
เนื่องจากเป็นโหลดแบบเชิงเส้น (Linear Load) ดังนั้นค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่โหลดเท่ากับ

$$V_{(t)} = V_1 \sin(\omega_0 t + \delta_1) \quad (2)$$

$$i_{(t)} = I_1 \sin(\omega_0 t + \theta_1) \quad (3)$$

โดย V_1 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดสูงสุด (peak value) ที่ความถี่ 50 Hz
 I_1 = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดสูงสุด (peak value) ที่ความถี่ 50 Hz
 δ_1 = ค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลด
 θ_1 = ค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด

2. โหลดแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear load)



ภาพที่ 3 จำลองสถานะที่การไฟฟ้าฯ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดแบบไม่เชิงเส้น

โหลดแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Load) จะเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกโดยตรงและสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มด้วยกันคือ เกิดจากการอิมิตัวของอุปกรณ์ (Storable devices) และเกิดจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic devices) การเกิดฮาร์มอนิกจากการอิมิตัวของอุปกรณ์โดยมากจะเกิดจากการอิมิตัวของแกนเหล็ก (Iron saturation) ในหม้อแปลงไฟฟ้า

เครื่องจักรกลไฟฟ้า และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้วัสดุแบบแกนเหล็ก สาเหตุโดยส่วนใหญ่ มักจะเกิดจากการที่ต้องการลดต้นทุนในการผลิต จึงนิยมที่จะออกแบบให้จุดทำงานของอุปกรณ์ เหล่านี้เลยจุดอิ่มตัวของแกนเหล็กมาเล็กน้อย (Knee of the iron core saturation curve) เป็นผลทำให้ กระแสกระตุ้นแม่เหล็ก (Magnetizing current) จะมีค่าสูงและมีฮาร์มอนิกที่ 3 ปนอยู่ด้วยมาก ยกตัวอย่างเช่นในกรณีของเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัสเมื่อเกิดการอิ่มตัวจะทำให้เกิดกระแส ฮาร์มอนิกที่ 3 ที่มีขนาดประมาณ 30% ของส่วนประกอบความถี่หลักมูล เป็นต้น

ส่วนในกรณีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังซึ่งจะควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยการดึง กระแสไฟฟ้าเฉพาะเป็นบางช่วงของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ 50 Hz ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ดึงโดยโหลดแบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังจะไม่ใช่รูปคลื่นไซน์โดยสมบูรณ์ แต่จะมีลักษณะขาดเป็นช่วงๆ (chopped) หรือ แบบราบ (flattened) ตัวอย่างของโหลดประเภทนี้ ได้แก่ สวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switch Mode Power Supply) หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ อิเล็กทรอนิกส์กำลัง ฟีดแบ็คลิแวมคอนเวอร์เตอร์แบบต่างๆ (Pulse-Width-Modulated (PWM) Converter) เป็นต้น

$$V_{(t)} = \sum_{k=1}^{\infty} V_k \sin(k\omega_0 t + \delta_k) \quad (4)$$

$$i_{(t)} = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k) \quad (5)$$

ดังนั้นเมื่อพิจารณากรณีโหลดไม่เป็นเชิงเส้นจะได้รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เป็นไซน์โดยสมบูรณ์แต่จะมีฮาร์มอนิกปนอยู่ด้วยและฮาร์มอนิกที่มีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า กำลังเป็นอย่างมากจะได้แก่ฮาร์มอนิกอันดับที่ 3, 5, 7 และเป็นจำนวนเท่าของความถี่หลักมูล (50 Hz) ไปจนกระทั่งถึงความถี่ในย่านที่หูคนได้ยิน (low-audible range) อนุกรมฟูริเยร์ของแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบฮาร์มอนิกในสภาวะคงตัว (Steady state) ได้แสดงไว้ในสมการที่ (4) และ (5) ตามลำดับ

แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกและผลกระทบของฮาร์มอนิก

สาเหตุของการเกิดฮาร์มอนิก มีสาเหตุมาจากการติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็น แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกไว้ภายในระบบไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้จะเป็นอุปกรณ์ที่มีค่า

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงดันไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Current-Voltage) หรือที่นิยมเรียกว่า “โหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น” (Nonlinear Load) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกนี้ได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิด, คอมพิวเตอร์, เครื่องรับโทรทัศน์, ระบบแสงสว่างที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์, วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เป็นต้น

สามารถสรุปรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทต่างๆที่เป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก (อ้างอิงจากมาตรฐาน *IEEE Std. 519-1992*, (*American et al.*, 1993) และบทความต่างๆได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ควบคุมเฟสแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Phase Control) เป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการนำกระแสที่มุมต่างๆของแต่ละไซเคิล โดยความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จะมีค่าคงเดิม อุปกรณ์ควบคุมเฟสแบบอิเล็กทรอนิกส์นี้จะประกอบด้วย วงจร Phase-Controlled Rectifiers ซึ่งจะใช้ตัวไทรสเตอร์ประกอบในวงจรเรียงกระแส อุปกรณ์ควบคุมเฟสมี 2 ชนิดคือ Half-Wave Rectifiers และ Full-Wave Rectifiers ฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากการทำงานของวงจรเรียงกระแสจะมีการนำและหยุดนำกระแสของตัวไทรสเตอร์ซึ่งจะทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของกระแสไฟฟ้าใน AC Input จึงทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกขึ้น ตัวอย่างการใช้งานของอุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ ใช้ในการควบคุมความร้อนที่จ่ายออกมาจากฮีตเตอร์และควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นต้น อันดับของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นฮาร์มอนิกเลขคี่ (Odd-Order Harmonics)

2. วงจรขับแบบ PWM (Pulse Width Modulated Drive) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ PWM Converter DC Machine Drive และ Current-Fed PWM Inverter Induction Motor Drive วงจรขับแบบ PWM จะประกอบด้วยวงจรต่างๆ คือ วงจรเรียงกระแสแบบไดโอดควบคุมด้วย PWM และตัวเก็บประจุขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการจำกัดขนาดของแรงดันในส่วน DC Link ของวงจรขับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลไปยังโหลดได้เฉพาะเมื่อค่าแรงดัน Output จากวงจรเรียงกระแสแบบไดโอดมีค่าสูงกว่าศักดการจำกัดของตัวเก็บประจุนั้น ด้วยเหตุนี้ในขณะที่มีโหลดต่ำ (Light Load) กระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในวงจรจึงมีความไม่ต่อเนื่องก่อให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้น ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ Speed Control of DC Machines, Induction Motor Drive เป็นต้น

3. วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสแตติก (Static Converter) คอนเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง (AC to DC) มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ คอนเวอร์เตอร์แบบสแตติก (Static Converter) และคอนเวอร์เตอร์แบบไดนามิก (Dynamic Converter) โดยคอนเวอร์เตอร์แบบสแตติกจะเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก เนื่องจากวงจรของคอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำพวกใช้ไทรสเตอร์ เช่น SCR, TRIAC มาต่อใช้งานเป็นวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อที่จะสามารถควบคุมการนำกระแสภายในวงจรได้ ซึ่งทำให้รูปของสัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนไป หรือเกิดฮาร์มอนิกขึ้นนั่นเอง วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสแตติกนี้มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมและอาคารสำนักงานบางส่วน โดยมักจะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ Electro mechanic, วงจรอินเวอร์เตอร์, มอเตอร์กระแสตรง, เครื่องรับโทรทัศน์, คอมพิวเตอร์, ใช้ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสแตติกสามารถแบ่งแยกตามจำนวนพัลส์ที่ส่งไปควบคุมการทำงานของไทรสเตอร์ เช่น 3, 6, 12, 18, 24 พัลส์ เป็นต้น ค่าอันดับและขนาดของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจากวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสแตติกนี้จะขึ้นอยู่กับสมการดังต่อไปนี้ (Task *et al.*, 1992)

$$h = kq \pm 1 \quad (6)$$

$$I_h = \frac{I_1}{h} \quad (7)$$

โดยที่ h คือค่าอันดับของฮาร์มอนิก (Harmonic Order), k คือเลขจำนวนเต็มบวกใดๆ (1, 2, 3 ...), q คือจำนวนพัลส์ของวงจรเรียงกระแส, I_h คือขนาดของกระแสฮาร์มอนิกที่อันดับ h และ I_1 คือขนาดของกระแสที่ความถี่หลักมูล

4. วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverters for Dispersed Generation) เป็นวงจรไฟฟ้าอย่างหนึ่งซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ (DC to AC) เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทต่างๆ หรืออาจจะใช้ประกอบภายในวงจร DC to AC เพื่อควบคุมแรงดันของไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับกรณีที่ใช้งานวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกให้กับระบบไฟฟ้า แต่หากวงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ตัวอย่างเช่น Solar Cell, Wind Mill ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายไฟกลับ (เพื่อนำไปใช้หรือขายไฟฟ้า) ให้กับ

ระบบไฟฟ้า (Dispersed Generation) จะก่อให้เกิดปัญหาด้านฮาร์มอนิกขึ้น เนื่องจากวงจรอินเวอร์เตอร์ประกอบด้วย ไทริสเตอร์ต่อเป็นวงจรเพื่อใช้ในการควบคุมการนำกระแสทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของกระแส เกิดเป็นฮาร์มอนิกขึ้น วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้สำหรับการแปลงไฟฟ้าเพื่อจ่ายกลับให้กับระบบนี้จะมี 2 ชนิดคือ อินเวอร์เตอร์เฟสเดียว และอินเวอร์เตอร์สามเฟส โดยอินเวอร์เตอร์สามเฟสจะก่อให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกมากกว่าอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว เนื่องจากขนาดของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงกว่ามาก ส่วนอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวขนาดฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นมีค่าไม่สูงมาก แต่หากมีการต่อใช้งานเป็นจำนวนมากภายใต้สายป้อน (feeder) ชุดเดียวกันก็จะก่อให้เกิดปัญหาได้เช่นกัน

5. อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแบบสวิตซ์ซิงโหมด (Switch Mode Power Supplies) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของ Output ให้มีค่าคงที่หรือมีค่าใกล้เคียงค่าคงที่มากที่สุด วงจรนี้จะประกอบด้วยวงจรเรียงกระแส, ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ และวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ DC-to-DC โดยวงจรต่าง ๆ นี้จะมีไทริสเตอร์เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย ฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นนอกจากวงจรเรียงกระแสแบบ ไทริสเตอร์ และวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ DC-to-DC แล้วเนื่องจากตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรมีขนาดใหญ่ ส่งผลให้กระแสที่เข้าสู่วงจรสวิตซ์ซิงมีความไม่ต่อเนื่องจึงทำให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้น ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ, คอมพิวเตอร์, เครื่องใช้ไฟฟ้าในสำนักงาน, อุปกรณ์เครื่องมือสื่อสาร เป็นต้น อันดับฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะเป็นฮาร์มอนิกเลขคี่ และผลจากการทดสอบพบว่าขนาดของฮาร์มอนิก กลุ่มอันดับศูนย์ (Triple Harmonics) จะมีค่าสูงมาก ดังนั้นปริมาณการใช้งานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ที่มีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันส่งผลให้ฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ SMPS นี้มีผลกระทบที่สำคัญต่อระบบไฟฟ้ากำลัง

6. อุปกรณ์แสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lighting) ระบบแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดา และหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กสำเร็จรูป (Compact Fluorescent) ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตามจะต้องมีการใช้งานบาลาสต์ เพื่อควบคุมการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟ บาลาสต์ที่ใช้งานจะมี 2 แบบคือ แบบแกนแม่เหล็ก และแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Magnetic and Electronic Ballast) บาลาสต์ทั้ง 2 แบบ ต่างทำให้เกิดความผิ่ขื่นของกระแสขึ้น ในขณะที่เปิดไฟ จะเกิดอาร์คขึ้นที่ขั้วหลอดไฟฟ้า แรงดันที่ตกคร่อมขั้วหลอดจะมีค่าไม่เป็นเชิงเส้น จึงทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกขึ้น ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าบาลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์จะทำให้เกิดฮาร์มอนิก

สูงมากกว่าบาลาสต์แบบแมกเนติก และจากผลการทดสอบพบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ Compact Fluorescent จะก่อให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกมากที่สุดในบรรดาหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้งหลาย อันดับของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจากระบบแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์นี้โดยมากจะเป็นฮาร์มอนิกเลขคี่ ขนาดของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่สูงมากนักแต่ปริมาณการใช้งานค่อนข้างมาก เนื่องจากมีการใช้งานโดยทั่วไป แต่เนื่องจากปัญหาอันเนื่องมาจากบาลาสต์ได้รับการแก้ไขไปบ้างแล้วบางส่วนประกอบกับการใช้งานที่จำกัดอยู่ของ Compact Fluorescent จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนัก

7. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Magnetization Nonlinear ties) หม้อแปลงไฟฟ้าหากทำงานภายใต้สภาวะอยู่ตัวปกติ (Normal Steady State) จะก่อให้เกิดปัญหาความผิดเพี้ยนจากฮาร์มอนิกไม่มากนัก แต่หากหม้อแปลงนั้นทำงานนอกพิสัยปกติหรือถูกรบกวนจาก ทรานเซียนท์ (Transient Disturbance) จะส่งผลให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฮาร์มอนิกในหม้อแปลงที่ต้องพิจารณา ได้แก่ กระแสกระตุ้น, Hysterisis Loss, over voltage Saturation, กระแส Inrush Current และชนิดของ โหลด เป็นต้น อันดับฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะเป็นฮาร์มอนิกเลขคี่ ขนาดของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะมีค่าขึ้นอยู่กับ Rating ของหม้อแปลง ปริมาณการใช้งานค่อนข้างมากแต่เนื่องจากโดยมากอุปกรณ์จะทำงานภายใต้สภาวะอยู่ตัวปกติจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาที่สำคัญมากนัก

8. เครื่องจักรกลไฟฟ้า (Rotating Machine) ในทำนองเช่นเดียวกับหม้อแปลงไฟฟ้าจะเกิดความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกขึ้นหากเครื่องจักรนั้นทำงานอยู่นอกพิสัยปกติหรือถูกรบกวนจากทรานเซียนท์ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดขึ้นของฮาร์มอนิก ได้แก่ แรงเคลื่อนแม่เหล็ก MMF ในขดลวด AC, ค่าปัจจัย Distribution Factor, จำนวน Slot ของเครื่องจักร และความไม่สมมาตรในระบบไฟฟ้า (Electrical Asymmetry) เป็นต้น ขนาดของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะมีค่าขึ้นกับ Rating ของเครื่องจักรกลไฟฟ้านั้น ปริมาณการใช้งานค่อนข้างมากแต่ไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนัก เช่นเดียวกับหม้อแปลงไฟฟ้า

ผลกระทบจากฮาร์มอนิก

ฮาร์มอนิกที่เกิดจากแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกประเภทต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (คู่มือการจัดการกับปัญหาเรื่องฮาร์มอนิก, 2538) ก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆต่อระบบไฟฟ้ากำลัง อันได้แก่ ทำให้เกิดการผลิต, การส่งจ่าย และการใช้กำลังไฟฟ้า (Generation, Transmission and Utilization) มี

ประสิทธิภาพลดลง, ทำให้จำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าเสื่อมสภาพ ส่งผลให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นสั้นลง นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าดังต่อไปนี้

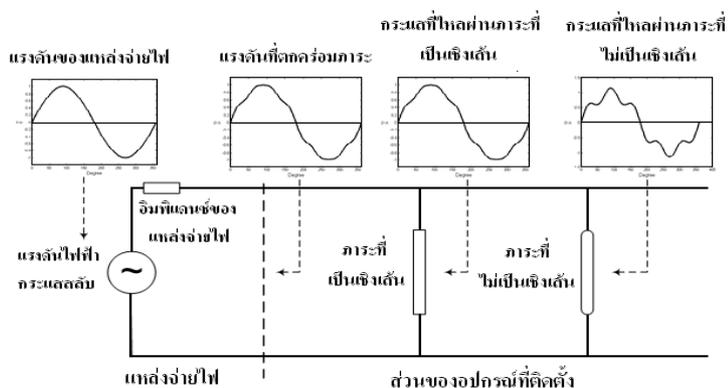
1. ระบบสายส่ง (Transmission Lines) เมื่อมีกระแสฮาร์มอนิกในระบบสายส่ง ทำให้เกิดผลเสียมีดังนี้

ทำให้กำลังสูญเสียในระบบเพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (RMS) ของรูปคลื่นกระแสตามสมการ

$$P_L = \sum_{h=2}^{\infty} I_h^2 R_h \tag{8}$$

โดยที่ h คือค่าอันดับของฮาร์มอนิก (Harmonic Order), P_L คือกำลังสูญเสียภายในระบบ, I_h คือกระแส (RMS) ฮาร์มอนิก อันดับที่ h และ R_h คือความต้านทานระบบที่ความถี่ฮาร์มอนิก

ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมอิมพีแดนซ์ของวงจร (Circuit Impedance) โดยเป็นผลจากกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลในวงจร (ตามภาพที่ 4) ในกรณีที่ระบบไม่มั่นคง (Weak System) ซึ่งก็คือระบบที่มีอิมพีแดนซ์สูงและมีระดับความผิดพลาด (Fault Level) ต่ำ จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมมากเป็นผลให้เกิดการผิดเพี้ยนของแรงดัน แต่หากในกรณีที่ระบบมั่นคง (Stiff System) แรงดันตกคร่อมจะมีค่าไม่สูงมาก เนื่องจากระบบจะมีอิมพีแดนซ์ต่ำและมีระดับความผิดพลาดสูง แรงดันตกคร่อมนี้จะมีผลต่อสายเคเบิลซึ่งจะทำให้เกิดความเครียดไดอิเล็กตริกสูงขึ้น



ภาพที่ 4 การเกิดแรงดันฮาร์มอนิก

2. หม้อแปลง (Transformer)

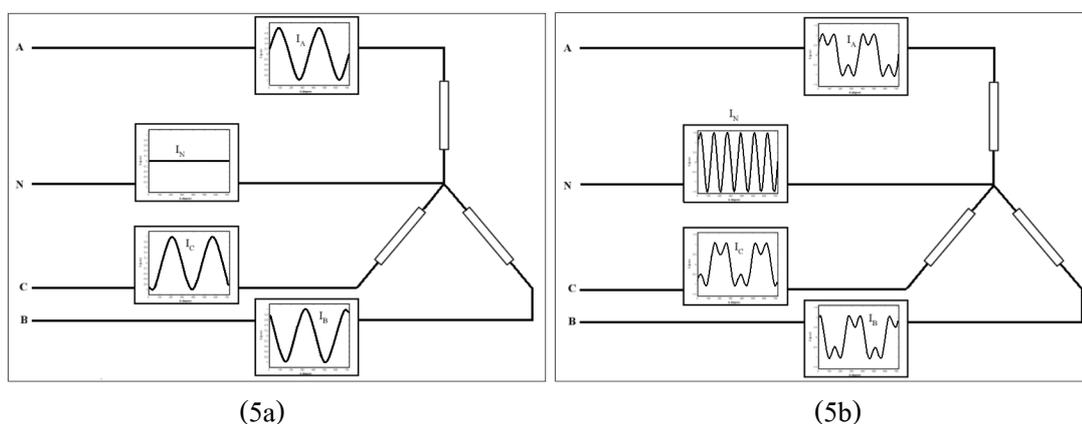
ผลกระทบของฮาร์มอนิกที่มีต่อหม้อแปลงคือ กระแสฮาร์มอนิกทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากโหลดเพิ่มขึ้น และเกิดการสูญเสียเพิ่มขึ้นจากสเตรย์ฟลักซ์ (Stray Flux Loss), แรงแดันฮาร์มอนิกทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และจากฮิสเทอรีซิส (Hysteresis Loss) และทำให้เกิดเรโซแนนซ์ (ที่ความถี่ฮาร์มอนิก) ระหว่างขดลวดหม้อแปลงกับค่าความจุไฟฟ้าของสายไฟฟ้า (Line Capacitance) อีกด้วย จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในหม้อแปลงเกิดจากกระแสและแรงแดันฮาร์มอนิกที่ความถี่ต่างๆ โดยกำลังสูญเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นที่ฮาร์มอนิกอันดับสูงๆ จะทำให้เกิดความร้อนแก่หม้อแปลงมากกว่าที่ฮาร์มอนิกอันดับต่ำๆ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าต่ำลง (Derating) ผลกระทบอื่นๆ นอกจากที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ได้แก่ ผลจากกลุ่มฮาร์มอนิกอันดับสาม (Triple Harmonic) ในสายนิวทรอล กล่าวคือเนื่องจากลักษณะของการต่อหม้อแปลงสามเฟสเพื่อจ่ายให้กับอาคารสำนักงาน หรือโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท จะเป็นการต่อแบบเดลต้า-วาย (Delta-Wye) หากโหลดที่ใช้งานเป็นโหลดแบบไม่เป็นเชิงเส้นแบบเฟสเดียว ซึ่งจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกกลุ่มอันดับสามขึ้นภายในสายนิวทรอล เมื่อรวมโหลดหลายๆ ชนิดเข้าด้วยกัน ฮาร์มอนิกกลุ่มอันดับสามที่เกิดขึ้นก็จะมีค่าสูงมากและเมื่อไหลมาถึงหม้อแปลงทางด้านวาย ก็จะทำให้เกิดกระแสไหลวนในหม้อแปลงด้านเดลต้าซึ่งทำให้เกิดความร้อนเกินขึ้นและทำให้หม้อแปลงเกิดความเสียหายได้

3. เครื่องจักรไฟฟ้า (Electrical Machines)

ผลกระทบของฮาร์มอนิกที่มีต่อเครื่องจักรไฟฟ้า คือทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทั้งขณะที่มีโหลดหรือไม่มีโหลด เป็นผลให้เครื่องจักรร้อนกว่าปกตินอกจากนี้ฮาร์มอนิกยังมีผลต่อประสิทธิภาพและแรงบิดของเครื่องจักรอีกด้วย มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ (Nonsinusoidal Supply) จะสร้างคลื่นความหนาแน่นฟลักซ์ (Flux Density Wave) ออกมาทำให้เกิดสัญญาณรบกวนอย่างมาก (Higher Noise Emission) เมื่อเทียบกับกับในกรณีที่แหล่งจ่ายเป็นรูปคลื่นไซน์ฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่เป็นรูปคลื่นไซน์นี้จะทำให้เกิดฟลักซ์ผลลัพธ์ (Resultant Flux) กระจายในช่องอากาศ (Air Gap) และจะทำให้เกิดการสั่นเพราะซี่ (Cogging) ทำให้ไม่สามารถเดินเครื่องมอเตอร์ได้หรืออาจเกิดการเคลื่อนอืด (Crawling) ซึ่งทำให้ความเร็วของมอเตอร์ต่ำลง

4. สายนิวทรัล (Neutral Conductors)

ในระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส 4 สาย ถ้าระบบไฟฟ้าในสถานะปกติโหลดที่ใช้งานเป็นแบบเชิงเส้นและทั้งสามเฟสจ่ายภาระที่เท่ากันหรือเป็นแบบสามเฟสสมดุลแล้ว จะไม่มีกระแสไหลในสายนิวทรัลมีค่าเป็นศูนย์ (แสดงตามรูปที่ 5a) แต่หากในกรณีที่ระบบไฟฟ้ามีโหลดแบบไม่เป็นเชิงเส้นชนิดเฟสเดียวต่ออยู่ ถึงแม้ว่าจะออกแบบให้มีความสมดุลของเฟสทั้งสามเป็นอย่างดีก็ตาม จะมีฮาร์โมนิกที่เรียกว่า Triple Harmonic หรือฮาร์โมนิกอันดับที่เป็นจำนวนเท่าของสาม เช่น อันดับที่ 3, 9, 15 เป็นต้น เกิดขึ้นและมีกระแสไหลในสายนิวทรัล (แสดงตามรูปที่ 5b) และถ้าระบบไฟฟ้าประกอบไปด้วยโหลดชนิดนี้จำนวนมาก ทำให้เกิดความร้อนขึ้นเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายนิวทรัลมีค่าสูงขึ้น (ซึ่งอาจจะมากกว่ากระแสเฟสได้) และทำให้เกิดความเสียหายในสายนิวทรัลได้ นอกจากนี้แล้วการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลมากขึ้นในสายนิวทรัลยังเป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันตกมากขึ้นอีกด้วย (T. M. Gruz et al., 1900)



ภาพที่ 5 กระแสไหลในสายนิวทรัลในระบบที่สมดุลที่ไม่มีฮาร์โมนิกและที่มีฮาร์โมนิก

5. แผงควบคุม (Panel Boards)

แผงควบคุมถูกออกแบบมาให้ใช้กับกระแสไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ หากมีฮาร์โมนิกเกิดขึ้นก็อาจทำให้เกิดเรโซแนนซ์ซึ่งเป็นผลให้แผงควบคุมสั่นและเกิดเสียงขึ้นตามความถี่ฮาร์โมนิกได้ สำหรับเบรกเกอร์ที่มีขดลวดทรูปอยู่ในตัว นอกเหนือจากปัญหาของ Skin Effect และ Proximity Effect ซึ่งทำให้เกิดความร้อนมากเกินไปในอุปกรณ์ที่นำกระแสหลัก ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้อุณหภูมิภายในของเบรกเกอร์สูงขึ้นซึ่งจะทำให้การตั้งการทริปของเบรกเกอร์ผิดพลาด

แล้ว ก็ยังมีปัญหาเพิ่มขึ้นเนื่องจากอุปกรณ์การทรีปภายในเบรกเกอร์จะไวต่อคลื่นฮาร์โมนิก เพราะประสิทธิภาพของการส่งกำลังไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์การทรีปจะเพิ่มขึ้นตามความถี่อีกด้วย

6. บัสบาร์และขั้วต่อ (Bus Bar and Connecting Lugs)

บัสบาร์และขั้วต่อถูกออกแบบมาให้รับขนาดกระแสเต็มพิกัดค่าหนึ่ง หากกระแสมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากฮาร์โมนิก อาจก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์จากความร้อนที่เพิ่มขึ้นได้ โดยเฉพาะในสายนิวทรัลอุปกรณ์อาจเสียหายเนื่องจาก Triple Harmonic ได้

7. เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers)

เบรกเกอร์ที่นิยมใช้ในระบบไฟฟ้ามีอยู่ 2 ประเภท คือ เบรกเกอร์แบบ Thermal-Magnetic และเบรกเกอร์แบบ Solid State สำหรับเบรกเกอร์แบบ Thermal-Magnetic จะไม่ได้รับผลกระทบจากฮาร์โมนิกเนื่องจาก กลไกในการทรีปในการตรวจสอบการเกิดกระแสเกินของวงจรจะทำงานตามอุณหภูมิโดยใช้วัสดุจำพวก bi-metal เบรกเกอร์จะทำงานได้ถูกต้องเนื่องจากค่ากระแสที่ตรวจสอบได้จะเป็นค่า True RMS นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบรกเกอร์แบบ Solid State ซึ่งทำงานตามสัญญาณสูงสุด (Peaking Sensing) ที่ตรวจสอบได้ อาจเกิดการดำเนินงานผิดพลาด (False Trip) เนื่องจากสัญญาณฮาร์โมนิกได้

8. ฟิวส์ (Fuse)

ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความร้อนอย่างมากในตัวฟิวส์ ซึ่งอาจทำให้ฟิวส์ขาดได้ สามารถอธิบายได้ดังนี้ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระแสฮาร์โมนิกจะทำให้คุณลักษณะของกระแสและเวลา (Time-Current Characteristics) ของฟิวส์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก โดยเฉพาะในกรณีที่มีระดับความผิดพลาด (Low Magnitude Fault) ฮาร์โมนิกจะทำให้เวลาในการหลอมละลายของฟิวส์ลดลง

9. ผลกระทบฮาร์โมนิกต่อรีเลย์

ฮาร์โมนิกจะทำให้การทำงานของรีเลย์ผิดพลาด การทำงานของรีเลย์ขึ้นกับแรงดันยอด

คลื่น (Crest voltage) การที่มีกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 มากเกินไปทำให้กราวด์รีเลย์ (Ground Relay) ทริปผิดพลาด ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อรีเลย์สามารถสรุปได้ดังนี้

9.1 ฮาร์มอนิกทำให้รีเลย์มีแนวโน้มที่จะทำงานช้าลงและทำงานด้วยค่าเริ่ม (Pickup Value) ที่สูง แทนที่จะทำงานอย่างรวดเร็วและทำงานด้วยค่าเริ่มต่ำๆ

9.2 ฮาร์มอนิกทำให้รีเลย์กระแสและแรงดันเกิน (Over current and Overvoltage Relays) เปลี่ยนลักษณะการทำงาน

9.3 ฮาร์มอนิกทำให้อิมพีแดนซ์รีเลย์ชนิดคานสมดุล (Balanced Beam Impedance Relay) วัดระยะที่เกิดฟอลต์ผิดพลาดมาก (Overreach) หรือน้อยเกินไป (Under reach)

โดยทั่วไประดับฮาร์มอนิกที่ทำให้รีเลย์ทำงานผิดพลาดจะสูงกว่าอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่ดจำกัดฮาร์มอนิกต้องมีค่า 10-20% จึงจะเกิดปัญหากับรีเลย์

10. มาตรวัดไฟฟ้า (Meters)

มาตรวัดไฟฟ้าและเครื่องมือวัดประเภทต่างๆ ก่อนที่จะนำไปใช้งานจะต้องมีการปรับเทียบ (Calibration) ที่กระแสไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์ความถี่หลักมูล ดังนั้นหากนำมามาตรวัดไฟฟ้ามาใช้กับระบบที่มีฮาร์มอนิก ค่าที่วัดได้จะมีความผิดพลาด หรือในกรณีที่เกิดเรโซแนนซ์ในระบบจะส่งผลทำให้แรงดันฮาร์มอนิกมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้มาตรวัดประเภทจานเหนี่ยวนำ (Induction Disk) ได้แก่ มาตรวัดวัตต์-ชั่วโมง (Watt-hour Meters) ทำงานผิดพลาดได้โดยทั่วไปหากฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นมีความผิดเพี้ยนมากกว่า 20% จึงจะมีผลต่อมาตรวัด

11. อุปกรณ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า (Electrical Appliance) ฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ของผู้ใช้ตัวอย่างเช่น

11.1 คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะไวต่อความเพี้ยนจากฮาร์มอนิกเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะถ้ารูปคลื่นแรงดันเพี้ยนจนมียอดคลื่นแบนราบ (Flat Topping) และกระแสฮาร์มอนิกภายในวงจรมีค่าสูงจนทำให้เกิดแรงดันคร่อมระหว่าง Neutral-Ground สูงมาก ซึ่งอาจทำให้

คอมพิวเตอร์เกิดความเสียหาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขีดจำกัดฮาร์โมนิกที่เครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะทนได้ตามที่ออกแบบมา

11.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดเมอร์คิวไรต์ การทำงานของหลอดชนิดนี้ต้องมีบัลลาสต์ และบางครั้งต้องมีตัวเก็บประจุด้วย จึงอาจเกิดเรโซแนนซ์กับความเหนี่ยวนำของบัลลาสต์และวงจร ทำให้หลอดเกิดความร้อนสูงจนเกิดความเสียหายกับตัวหลอดได้

11.3 เครื่องรับโทรทัศน์ ฮาร์โมนิกจะมีผลต่อค่าแรงดันยอด (Peak Voltage) ทำให้ขนาด และความสว่างของภาพเปลี่ยนไป

12. ระบบสื่อสาร (Telecommunication Systems)

สายสื่อสารโดยทั่วไปจะมีการเดินคู่กันกับสายไฟฟ้ากำลัง และโดยมากมักจะให้สายสื่อสารอยู่ใกล้กันกับสายนิวทรัลเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากการเหนี่ยวนำจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในสายเฟส สัญญาณรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้คุณภาพของการส่งสัญญาณในระบบสื่อสารลดลง ถ้าเป็นสัญญาณรบกวนระดับต่ำ (Low Level Noise) จะก่อให้เกิดความรำคาญ เช่น ในระบบโทรศัพท์สัญญาณรบกวนจะทำให้เสียงที่พูดได้ยินเบากว่าปกติหรือได้ยินเป็นสัญญาณรบกวน แต่หากเป็นสัญญาณรบกวนระดับสูง (High Level Noise) จะทำให้คุณภาพของการส่งสัญญาณลดลงและอาจทำให้เกิดการสูญเสียข้อมูล หรือทำให้ระบบสื่อสารใช้การไม่ได้ อย่างไรก็ตามหากมีฮาร์โมนิก Triples Harmonic เกิดขึ้นภายในสายนิวทรัลก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดสัญญาณรบกวนในสายสื่อสารได้เช่นกัน

การวิเคราะห์แหล่งกำเนิดฮาร์โมนิก

การวิเคราะห์แหล่งกำเนิดฮาร์โมนิก เป็นการค้นหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกภายในระบบไฟฟ้า โดยอาศัยข้อมูลจากการวัด (Harmonic Measurement) ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง จึงต้องมีการพิจารณาถึงเครื่องมือวัด วิธีการวัด และจุดตรวจวัดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับระบบและชนิดของฮาร์โมนิก เพื่อที่จะสามารถหาแนวทางแก้ไขและป้องกันจากปัญหาด้านฮาร์โมนิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปนี้

1. เครื่องวิเคราะห์ Power Harmonic มัลติมิเตอร์และสโคป รุ่น *FLUKE 43B POWER QUALITY ANALYZER* มีคุณสมบัติดังนี้

- วัดและวิเคราะห์ได้ทั้งเฟสเดียว และ 3 เฟส (Balance)
- บันทึกค่า sag & swell ได้ ทั้งแรงดันและกระแสตลอด 24 ชั่วโมง ละเอียดชนิดลูกคลื่นต่อลูกคลื่น

- วัดและค่าฮาร์มอนิกได้ถึงลำดับที่ 51 ทั้งของแรงดัน กระแส และกำลัง
- เป็นออสซิลโลสโคปขนาด 20 MHz ใช้ดูรูปคลื่นของแรงดันและกระแสได้ที่อินพุตแยกช่องกัน

- ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน
- วัดค่าฮาร์มอนิก *THD* และคองสาเฟสของฮาร์มอนิกได้
- จับทรานเซียนต์ และบันทึกค่าได้ถึง 40 ค่า พร้อมแสดงวันเวลาที่เกิด
- สามารถจับกระแสกระชากพร้อมแสดงเวลาที่เกิดว่ายาวนานแค่ไหน
- มีซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพของกำลังไฟฟ้า แอมให้ด้วยฟรี
- สามารถต่อคอมพิวเตอร์ทำการบันทึกได้

2. จุดตรวจวัด โดยทั่วไปการวัดฮาร์มอนิกมีจุดตรวจวัดที่สำคัญคือ จุดต่อร่วม (*PCC*) มีจุดต่อร่วมอยู่ 2 ลักษณะดังนี้ (*PRC-PQG-01/1998; Farach et al., 1993*)

จุดต่อร่วมที่อยู่ทางด้านหน้าหม้อแปลง จุดต่อรวมนี้จะใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดแรงดัน 22, 33 และ 115 kV ที่มีหม้อแปลงเฉพาะราย และจุดต่อร่วมดังกล่าวนี้อยู่ทางด้านแรงสูง

จุดต่อร่วมที่อยู่ทางด้านหลังหม้อแปลง จุดต่อรวมนี้จะใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดแรงดันไม่เกิน 400 V ซึ่งเป็นผู้ใช้ไฟขนาดเล็กไม่มีหม้อแปลงเฉพาะราย โดยใช้หม้อแปลงในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (เป็นจุดที่ตรวจวัดในงานวิจัยนี้)

3. ช่วงเวลาและระยะเวลาการวัด

เนื่องจากระบบไฟฟ้าของอาคารแต่ละอาคารมีการใช้งานของโหลดแต่ละช่วงเวลาไม่คงที่และไม่แน่นอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานโหลดของผู้ใช้ไฟ ซึ่งในการประเมินระดับฮาร์มอ

นิก จากการตรวจวัดในช่วงเวลาสั้นๆ นั้น จึงต้องมีการกำหนดช่วงเวลาการวัดที่เหมาะสมสำหรับ ช่วงเวลาการทำงานของโหลดดังกล่าว (ตามมาตรฐาน PRC - PQG – 1998 จากข้อกำหนดของการ ไฟฟ้าฯ) ระยะเวลาการดำเนินการ โดยทำการวัดในเวลาราชการระหว่างเดือน ธันวาคม 2550 ถึง มิถุนายน 2551

4. ค่าที่ตรวจวัดระดับของฮาร์มอนิก

แรงดันไฟฟ้า(Voltage) เฟส เฉลี่ย 15 นาที, กระแสไฟฟ้า (Current) เฟส เฉลี่ย 20-30 นาที, กระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัล (Neutral Current) เฉลี่ย 10 นาที

ขอบเขตและมาตรฐานของฮาร์มอนิก

หลายประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญกับปัญหาคุณภาพไฟฟ้าโดยเฉพาะฮาร์มอนิก จึงมีการ ออกมาตรฐานบังคับใช้ในการจำกัดปริมาณฮาร์มอนิกที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ข้อกำหนดทางด้านฮาร์มอนิกเพื่อจำกัดปริมาณฮาร์มอนิกที่ผู้ใช้ไฟฟ้าปล่อยเข้ามาในระบบไฟฟ้า (Harmonic et al., 1998; Single et al., 2002) ได้มีการพัฒนาข้อกำหนดเรื่อยมาจนกลายเป็น มาตรฐานที่ใช้ในหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาประกาศใช้มาตรฐาน *IEEE Std.519* ตั้งแต่ปี 1981 และมีการพัฒนาเรื่อยมา ฉบับที่ใช้ปัจจุบันคือ *IEEE Std.519-1992*, ประเทศอังกฤษ ประกาศใช้มาตรฐาน G.5/3-1976 ในปี 1976 ฉบับปัจจุบันมีการปรับปรุง เป็น G.5/4-2001, สำหรับ ประเทศไทย คณะกรรมการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้ร่วมกันจัดทำข้อกำหนดกฎเกณฑ์เกี่ยวกับฮาร์มอนิกและแรงดันกระเพื่อม สำหรับธุรกิจ อุตสาหกรรมและบ้านอยู่อาศัย โดยอ้างอิงจากมาตรฐานสากล เช่น มาตรฐาน *IEC* มาตรฐานของ ประเทศอังกฤษ (G.5/3) และมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย (*SECWA*)

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับฮาร์มอนิก จะกำหนดค่าจำกัดของฮาร์มอนิกไว้เป็น 2 ลักษณะคือ ค่าจำกัดแรงดันฮาร์มอนิก และค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิก มาตรฐานที่สำคัญมีดังนี้

มาตรฐาน *IEEE Std. 519-1992* มาตรฐานฉบับนี้เป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกาศใช้ตั้งแต่ปี 1981 และมีการปรับปรุงเรื่อยมา มีชื่อเต็มว่า *IEEE Recommended Practices and*

Requirement for Harmonic Control in Electricity Supply System (American *et al.*, 1993) และบางประเทศนำไปประยุกต์ใช้เป็นมาตรฐานของประเทศตัวเองด้วย จากค่าจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐาน *IEEE Std.519-1992* พบว่าจะยอมให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปล่อยกระแสฮาร์โมนิกเข้าสู่ระบบได้มากหรือน้อยขึ้นกับแรงดันของระบบไฟฟ้าและขนาดของกระแสโหลด เช่น ถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ามีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับระบบจะยอมให้มีค่าจำกัดได้สูงกว่า (คิดเป็นร้อยละ) ผู้ใช้ไฟขนาดใหญ่เมื่ออยู่ที่ระบบเดียวกัน

มาตรฐาน *IEC 61000 Series of Standards* มาตรฐานของ *IEC* ถือเป็นมาตรฐานสากลที่หลายประเทศยอมรับ มีมาตรฐานเกี่ยวกับหลายเรื่อง รวมทั้งในเรื่องข้อกำหนดคุณภาพกำลังไฟฟ้าทางด้านฮาร์โมนิกจะมีอยู่ในมาตรฐาน *IEC 6100-2-2: 1990* (Compatibility levels for individual harmonic voltage in low voltage networks) และ *IEC 6100-2-4: 1994* (Compatibility levels for individual harmonic voltage in 3 classes of environments)

มาตรฐาน *IEC 1000-3-2 (EN 61000-3-2)* จัดอยู่ในการรบกวนทางสายตัวนำย่านความถี่ต่ำ (Conducted low frequency) โดยสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบสำหรับบริษัทที่มีขนาดเล็กกว่า 16 แอมแปร์ต่อเฟส จะเท่ากับ 230 โวลต์ (Nominal Line and Single-Phase) และ 400 โวลต์ (nominal line and three-phase) ที่ความถี่ 50 Hz ตามลำดับ โดยพิจารณาส่วนประกอบฮาร์โมนิกตั้งแต่ฮาร์โมนิกอันดับที่ 2 จนกระทั่งถึงอันดับ 50 (*IEC 1000-3-2 et al.*, 1995) นอกจากนี้ สำหรับประเทศไทย มาตรฐานในการจำกัดส่วนประกอบฮาร์โมนิกของกระแสไฟฟ้า ได้แก่ มอก. 1448-2540 ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนเฉพาะปกนอกให้เป็นภาษาไทย เท่านั้น แต่เนื้อหาภายในจะยังคงเหมือนต้นฉบับ *IEC 1000-3-2*

มาตรฐาน *IEC 61000-2-2: 1990* ข้อกำหนดทางด้านฮาร์โมนิกของมาตรฐาน *IEC 61000-2-2: 1990* ใช้กับระบบแรงดันต่ำไม่เกิน 240 โวลต์ สำหรับระบบ 1 เฟส และไม่เกิน 415 โวลต์ สำหรับระบบ 3 เฟส โดยกำหนดค่าความผิดเพี้ยนด้านแรงดันรวม (*THDv*) ไม่เกิน 8 %

IEC 61000-2-4: 1994 เป็นมาตรฐานที่ใช้กับระบบไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้กับโรงงานอุตสาหกรรมทั้งจุดต่อร่วม (*PCC*) และจุดที่อยู่ภายในระบบ โรงงานหรือจุดติดตั้งอุปกรณ์ (*IPC: In-Plant of coupling*) แต่ไม่รวมระบบไฟฟ้าในเรือ ในเครื่องบินและบนฐานนอกชายฝั่ง (non-public networks) โดยแบ่งระบบออกเป็น 3 Class ดังนี้

Class 1 สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่ไวต่อสิ่งรบกวนจากระบบไฟฟ้า (Very sensitive to disturbances) เช่น เครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ป้องกันในระบบสื่อสารหรือคอมพิวเตอร์

Class 2 ระบบไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปทั้งที่ PCC และ IPC

Class 3 ระบบไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอุปกรณ์ที่สร้างสิ่งรบกวนในระบบไฟฟ้าได้ง่าย เช่น เครื่องเชื่อม มอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีการสตาร์ทที่อยู่บ่อยๆ และการทำงานของโหลดเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

จากค่าจำกัดของ IEC 61000-2-4-1994 นั้นจะขึ้นกับประเภทของ Class และมีค่าลดลงเมื่อลำดับฮาร์มอนิกเพิ่มขึ้น และมาตรฐาน IEC นั้น จะกำหนดค่าจำกัดไปถึงจุดที่แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกต่อใช้งานอยู่

มาตรฐาน G.5/4-2001 มาตรฐาน G.5/4-2001 (Planning Levels for Harmonic Voltage Distortion and The Connection of Nonlinear Equipment to Transmission System and Distribution Networks in The United Kingdom) กำหนดค่าจำกัดของฮาร์มอนิกตามระดับแรงดัน (Limits *et al.*, 2001) โดยแบ่งแรงดันออกเป็น 4 กลุ่ม

แรงดัน 400 V กำหนดค่าจำกัด $THD_v \leq 5.0\%$

แรงดัน 6.6 kV, 11 kV และ 20 kV เรียก Final Distribution System กำหนดค่าจำกัด $THD_v \leq 4.0\%$

แรงดันสูงกว่า 20 kV ถึงต่ำกว่า 145 kV เรียกว่า Primary Distribution System และ Sub-transmission System กำหนดค่าจำกัด $THD_v \leq 3.0\%$

แรงดัน 275 kV และ 400kV เรียก Transmission System กำหนดค่าจำกัด $THD_v \leq 3.0\%$

มาตรฐาน EN 50160 – 1994 แบ่งระดับแรงดันออกเป็น 2 กลุ่ม คือระบบแรงดันต่ำไม่เกิน 1000 โวลต์ และระบบแรงดันปานกลาง สูงกว่า 1 กิโลโวลต์ จนถึง 35 กิโลโวลต์ ทั้ง 2 กลุ่ม กำหนดให้ค่าจำกัดความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม THD_V ไม่เกิน 8%

เมื่อเปรียบเทียบมาตรฐานที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าจำกัดแรงดันฮาร์มอนิกจากมาตรฐานจำนวน 5 ฉบับ

IEEE 519-1992		IEC 61000-2-2-1990		IEC 61000-2-4-1994		G5/4 - 2001		EN 50160-1994	
V_s (V)	THD (%)	V_s (V)	THD (%)	CLSS	THD (%)	V_s (V)	THD (%)	V_s (kv)	THD (%)
400	5%	415	8%	1	5%	400	5%	≤1	8%

สำหรับประเทศไทยขีดจำกัดความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารายใด ๆ ที่มาตรฐานของการไฟฟ้ากำหนด ดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขีดจำกัดความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารายใด ๆ ที่มาตรฐานของการไฟฟ้า (PRC-PQG-01/1998)

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ จุดต่อร่วม (kV)	ค่าความผิดเพี้ยน แรงดันฮาร์มอนิกรวม (%)	ค่าความผิดเพี้ยนแรงดัน ฮาร์มอนิกในแต่ละลำดับ (%)	
		ลำดับที่	ลำดับคู่
0.400	5	4	2
11, 12, 22 และ 24	4	3	1.75
33	3	2	1
69	2.45	1.63	0.82
115 และ มากกว่า	1.5	1	0.5

สำหรับความต้องการสูงสุดสำหรับค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม (THD_I) มาตรการความต้องการของค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวมนั้น สำหรับขีดจำกัดควรจะไม่

เกินกว่าหรือที่เหมาะสมแสดงในตารางที่ 3 (Standards *et al.*, 2003) ที่สามารถยอมรับร่วมกันถึงปริมาณและลักษณะของอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ที่ติดตั้งสำหรับในอาคาร

ในกรณีที่เป็นขีดจำกัดของมอเตอร์ซึ่งความเร็วไม่แน่นอน โดยมีเงื่อนไขว่า จำนวนสูงสุดที่อนุญาตในลำดับที่ 5 ของความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิก VSD input terminal ในระหว่างการทำงานหรือมีการเปลี่ยนแปลงของความเร็วจะต้องน้อยกว่า 35%

ตารางที่ 3 ปริมาณสูงสุดค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม

ขอบเขตและเงื่อนไขของกระแสโหลด “กระแส (I)”	ปริมาณสูงสุดค่าความผิดเพี้ยน กระแสฮาร์มอนิกรวม (THDi)
$I < 40A$	20.0%
$40A \leq I < 400A$	15.0%
$400A \leq I < 800A$	12.0%
$800A \leq I < 2000A$	8.0%
$I \geq 2000A$	5.0%

มาตรฐานในการเลือกขนาดตัวนำนิวทรอล มาตรฐาน IEC 60364-5-52:2001 เป็นมาตรฐานในการเลือกขนาดของสายตัวนำตามขนาดที่ภาระต้องการรวมถึงชนิดของฉนวนและการติดตั้ง หลักในการพิจารณาของมาตรฐานนี้จะคำนึงถึงการติดตั้งด้วย เช่น ติดตั้งร้อยท่อหรือในราง เป็นต้น ซึ่งการติดตั้งแต่ละวิธีจะทำให้เกิดความร้อนในสายไฟฟ้าที่แตกต่างกันและจะมีตัวคูณเพื่อลดทอนค่าพิคคของสายเคเบิลที่แตกต่างกัน สรุปได้ว่าขนาดของสายตัวนำขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านและความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำนั่นเอง ในขณะเดียวกันความร้อนที่เกิดขึ้นจะต้องไม่ทำให้อุณหภูมิเกินกว่าที่ฉนวนจะทนได้ เช่น ฉนวนพีวีซีจะทนได้ไม่เกิน 70 องศาเซนเซียส ในขณะที่สายเอ็กแอลพีอีจะทนได้ถึงประมาณ 90 องศาเซนเซียส ทั้งนี้ในกรณีที่ระบบมีฮาร์มอนิก (โดยเฉพาะกลุ่ม Triple-N) อยู่ นั่น การเลือกขนาดของสายเคเบิลจะต้องมีการพิจารณาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

วิธีการที่ง่ายที่สุดคือการใช้ตัวคูณลดทอนพิคคของตัวนำ โดยในมาตรฐาน IEC60364-5-52 ได้แนะนำไว้ในตารางที่ 4 ในมาตรฐานนี้เป็นการพิจารณาภายใต้เงื่อนไขบางอย่างคือ เป็นระบบ

ไฟฟ้าสามเฟสที่สมดุล มีกระแสฮาร์โมนิกที่มากคือฮาร์โมนิกอันดับที่สาม ส่วนฮาร์โมนิกอันดับอื่นๆ มีค่าน้อยมาก สายเคเบิลเป็นแบบ 4-5 ตัวนำมีขนาดของตัวนำเท่ากันและใช้วัสดุเดียวกันทั้งหมด และไม่คิดผลของการไหลของกระแสบริเวณผิว (Skin effect)

ตารางที่ 4 ตัวประกอบการลดทอนพิกัด (De-rating factors) ของสายเคเบิลในกรณีที่มีกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่เป็นจำนวนเท่าของสาม (Triple-N) (IEC 60364-5-52, 2001)

กระแสฮาร์โมนิกอันดับสามในสายตัวนำเฟส (% ของความถี่มูลฐาน)	ค่าสำหรับสายตัวนำเฟส	ค่าสำหรับสายตัวนำนิวทรัล
0 - 15	1.00	-
15 - 33	0.86	-
33 - 45	-	0.86
> 45	-	1.00

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window XP
3. เครื่องตรวจวัดฮาร์มอนิกกรุ่น FLUKE 43B POWER QUALITY ANALYZER พร้อม
ด้วยโปรแกรม Fluke (Power Quality Analyzer 3.0 English)
4. โปรแกรม Microsoft Office

วิธีการ

วิทยานิพนธ์นี้เริ่มต้นจากการสำรวจอาคารที่คาดว่ามีความถี่ของการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Load) จำนวนมากในระบบไฟฟ้า จากพื้นที่ตัวอย่างอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) และรวบรวมข้อมูลแบบแปลนระบบไฟฟ้าของอาคาร เมื่อได้ข้อมูลเรียบร้อยแล้วก็ดำเนินการหาพื้นที่ที่มีแนวโน้มจะเกิดผลกระทบจากฮาร์มอนิกซึ่งสามารถจำแนกลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าจากพื้นที่ตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มห้องสำนักงาน, กลุ่มห้องที่ใช้งานร่วมกัน, กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ และกลุ่มห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการ จากนั้นทำการตรวจวัดแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกที่เป็นไปตามข้อบังคับและมาตรฐานของฮาร์มอนิก แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์สามารถแบ่งเป็น 4 กรณีคือ กรณีที่ 1 กระแสในแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกันที่มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมน้อยกว่าขีดจำกัด, กรณีที่ 2 กระแสในแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมสูงกว่าขีดจำกัด, กรณีที่ 3 กระแสในแต่ละเฟสมีค่าต่างกันที่มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมน้อยกว่าขีดจำกัด และกรณีที่ 4 กระแสในแต่ละเฟสมีค่าต่างกันและมีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมสูงกว่าขีดจำกัดหรือเกินขีดจำกัดบางเฟส โดยที่จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แหล่งที่มาและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลแบบแปลนระบบไฟฟ้าของอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) จากเจ้าหน้าที่แต่ละอาคาร จากการสำรวจอาคารซึ่งพบว่า มีลักษณะการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้น (Linear Load) และไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Load) จำนวนมากติดตั้งอยู่ในระบบไฟฟ้า ดังนั้นจึงได้มีการจำแนกลักษณะการใช้งานของประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้าออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่คือ

กลุ่มที่ 1 ห้องสำนักงาน

กลุ่มที่ 2 ห้องที่ใช้งานรวมกัน

กลุ่มที่ 3 ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์และบริการทั่วไป (สำนักหอสมุด)

กลุ่มที่ 4 ห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการ

ซึ่งมีข้อมูลที่น่ามาประกอบการวิจัยนี้ คือ

1. ข้อมูลแบบแปลนระบบไฟฟ้าของอาคารจากพื้นที่ตัวอย่าง

ระบบไฟฟ้ากำลังของอาคารมีการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่หม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่แผงไฟฟ้า (Distribution Panel) โดยแผงไฟฟ้าเหล่านี้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่วงจรย่อย ซึ่งสามารถนำตารางโหลดและแปลนประเภทห้องที่ใช้งานของวงจรย่อย (แสดงข้อมูลในภาคผนวก ก) นำมาใช้เพื่อประกอบการพิจารณาจำนวนการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น อีกทั้งใช้ประกอบการพิจารณาลักษณะกลุ่มประเภทอุปกรณ์ได้อีกด้วย

2. ข้อมูลจำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้า

โดยแสดงข้อมูลเฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งเฟส (Single Phase) ที่มีการใช้งานเป็นประจำในแต่ละวันและพิจารณาอุปกรณ์ที่ใช้งานบางครั้งเล็กน้อย แบ่งเป็นชนิด, ยี่ห้อ, รุ่น (Modal No) และจำนวนในแต่ละเฟส กลุ่มที่ 1 แสดงข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องสำนักงาน, กลุ่มที่ 2 ลักษณะอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานรวมกัน, กลุ่มที่ 3 แสดงข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่และมีจำนวนมาก ดังนั้นประเภทอุปกรณ์ที่ใช้งานจึงมี

ลักษณะเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน และกลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานประเภทห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในตารางที่ 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทห้องสำนักงาน

ข้อมูลการใช้งานของโหนดในแต่ละเฟส กลุ่มที่ 1										
Phase	Lighting		Printer			Computer			UPS	อื่นๆ
	PHILIPS, OSRAM	HP LaserJet	HP	EPSON	Acer	Samsung	LG	Loonies	ผู้เขียน, พัฒมฯ	
	FL.36/40W	DL.25W	1020, 1320	Q5959A	LQ300	FC379CX	AL1716	FL1515		525VA
สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ										
A	36	5				2	1		2	>5
B	12		1			2		1		>5
C	26		2	1	1	3	2	1	1	>5
สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ										
A	88	5	2	1			3	2	1	>5
B	51		3		2	5	3	3	3	>5
C	42		1	1	1	4	3	3	1	>5
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหาร										
A	9	5				1				>5
B	16		1		1	2		1		>5
C	36			1			1	1		>5
สำนักงานประเภทสารสนเทศ										
A	48	5			1	2	1		1	>5
B	33		1				3	1		>5
C	24			1	1	3	1	2	1	>5
สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์										
A	65		1	1		1	2	1		>5

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Phase	Lighting		Printer		Computer			UPS	อื่นๆ	
	PHILIPS, OSRAM	HP LaserJet	HP	EPSON	Acer	Samsung	LG	Loonies	ตู้เย็น, พัดลม ฯ	
	FL.36/40W DL.25W	1020, 1320	Q5959A	LQ300	FC379CX	AL1716	FL1515	525VA		
สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ต่อ)										
B	36	1		1	2	3	2	2	>5	
C	49		1	1	1		2		>5	
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหารและห้องประชุม										
A	15		1		1		2	1	>5	
B	21					1	1		>5	
C	27		1		1	3		1	>5	
Phase	Lighting		Printer, Slide Projector		Computer			อุปกรณ์ทางการแพทย์		อื่นๆ
	TOSHIBA	HP LaserJet	EPSON	PHILIPS	DELL	LG			ตู้เย็น, พัดลม ฯ	
	FL.36/40W DL.25W	1320, D2360	STYLUSC	170S	E551	563N	กล้องจุลทรรศน์	ตู้อบแก๊ส 3M		
สำนักงานประเภทตรวจรักษาสัตว์										
A	44		1	2			3		>5	
B	32	1			1		5		>5	
C	35	1		1		1	2		>5	
สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องฟักฟืนสัตว์										
A	69	1	1	1	1		2		>5	
B	62	1				1	1		>5	
C	81		1						>5	

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Phase	Lighting		Printer, Slide Projector		Computer		อุปกรณ์ทางการแพทย์			อื่นๆ	
	TOSHIBA	HP LaserJet	EPSON	PHILIPS	DELL	LG	กล้องจุลทรรศน์	ตู้อบแก๊ส 3M	ตู้ปรับอากาศ	ตู้แช่เย็น, พัดลม ฯ	
	FL.36/40W	DL.25W	1320, D2360	STYLUSC	170S	E551					563N
สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี											
A	68				1				9		>5
B	64		1			1			5		>5
C	60		1					1	6		>5

ตารางที่ 6 ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทห้องที่ใช้งานรวมกัน

ข้อมูลการใช้งานของโหลดในแต่ละเฟส กลุ่มที่ 2											
Phase	Lighting		Printer, Slide Projector			Computer			UPS	อื่นๆ	
	PHILIPS, TOSHIBA	HP LaserJet	SANYO	HP	Acer	Samsung	DELL	Prince	ตู้แช่เย็น, พัดลม ฯ		
	FL.36/40W	DL.25W	1021, 1320, M4345	PLC550EA	Q6502A	AN1716	AN17KS	GX280		500 Ap	
บริการทั่วไป (สำนักหอสมุด) และสำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ											
A	28	18		1				1	2		>5
B	39	21	2		1	2	2	3	1		>5
C	36	18				3	1	1	1		>5
ห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ											
A	128		1	1				1	2		>5
B	109		1		1				2		>5
C	118			1	2	2	1	3	1		>5

ตารางที่ 7 ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทศูนย์บริการคอมพิวเตอร์

ข้อมูลการใช้งานของโหนดในแต่ละเฟส กลุ่มที่ 3						
Phase	Lighting		Printer		Computer	อื่นๆ
	PHILIPS, TOSHIBA		HP LaserJet		DELL	ถังน้ำดื่ม, โพรเจกต์, เครื่องเป่ามือ ฯ
	FL.36/40W	DL.25W	1020, M4345		GX280	
ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์						
A					58	
B					51	
C					32	
ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป						
A	42	15			26	>5
B	38	9	2		24	>5
C	58	14			26	>5
ศูนย์บริการ Edutainment Zone						
A	42	10			24	>5
B	65	18			22	>5
C	82	16			23	>5

ตารางที่ 8 ข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเภทห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการ

ข้อมูลการใช้งานของโหนดในแต่ละเฟส กลุ่มที่ 4										
Phase	Lighting		Printer			Computer			UPS	อื่นๆ
	PHILIPS		Canon	Epson	Sanyo	Acer	Samsung	TCL	True	อุปกรณ์การทดลองฯ
	FL.36/40W	DL.25W	VISRE450	82IP	PLC550EA	VER580	AN17KS	BD170S	5KVA	
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโคร โปรเซสเซอร์										

ตารางที่ 8 (ต่อ)

Phase	Lighting		Printer				Computer			UPS	อื่นๆ
	PHILIPS		Canon	Epson	Sanyo	Acer	Samsung	TCL	True	เครื่องขายเสียง, พัดลมฯ	
	FL.36/40W	DL.25W	VISRE450	821P	PLC550EA	VER580	AN17KS	BD170S	5KVA		
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโปรเซสเซอร์ (ต่อ)											
A	28			1		2	3			>5	
B	24			1			4			>5	
C	36						3			>5	
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์											
A					1			15		<5	
B							1	14		<5	
C								11		<5	
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง											
A	36									<5	
B	48									<5	
C			2		2	2				<5	
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง											
A	45									<5	
B	43									<5	
C			1		1	1				<5	
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง											
A	56	10								<5	
B	28	5								<5	
C	36	5	1		1	1				<5	

3. การตรวจวัดแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก

วิธีการบันทึกข้อมูล โดยการใช้เครื่องตรวจวัดฮาร์มอนิกรุ่น FLUKE 43B ที่บริเวณจุดต่อรวม (PCC) แผงไฟฟ้าวงจรย่อยของอาคารซึ่งเราสามารถบันทึกรูปคลื่นและฮาร์มอนิกสเปกตรัม รวมถึงค่าฮาร์มอนิกแต่ละอันดับได้ แบ่งการตรวจวัดเป็นกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกในสายเฟส A, เฟส B และเฟส C รวมถึงพิจารณาผลกระทบของกระแสฮาร์มอนิกในสายนิวทรัล ซึ่งจากการตรวจวัดเราสามารถดูการเปรียบเทียบปริมาณกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกได้ในแต่ละชั่วโมงและในช่วงวัน เนื่องจากมีการใช้งานของอุปกรณ์ประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นที่ต่างกัน

จากเครื่องบันทึก Fluke 43B เครื่องวิเคราะห์ฮาร์มอนิกมัลติมิเตอร์และสโคปที่ใช้ในการตรวจวัดนี้มีคุณสมบัติและข้อกำหนดฮาร์มอนิก (Harmonic Specification) ดังนี้

- วัดและวิเคราะห์ได้ทั้งเฟสเดียวและ 3 เฟส
- วัดค่าฮาร์มอนิก *THD* และดูค่าฮาร์มอนิกได้ถึงอันดับที่ 51 ทั้งแรงดันและกระแสได้
- Input แรงดัน, กระแส [Fundamental $\pm (3\% + 2 \text{ counts})$, 2-31st Harmonic $\pm (5\% + 3 \text{ counts})$, 32- 51st Harmonic $\pm (15\% + 5 \text{ counts})$]
- Input ของความถี่หลักมูล (40 Hz - 70Hz, $\pm 0.25 \text{ Hz}$)
- Input *THD* [0.00 – 99.99, $\pm (3\% + 8 \text{ counts})$]

การบันทึกข้อมูลการตรวจวัดแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกตามภาพที่ 6



กระแสฮาร์มอนิก



แรงดันฮาร์มอนิก



กระแสฮาร์มอนิกในสายนิวทรัล

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะการตรวจวัดปริมาณฮาร์มอนิก

การบันทึกข้อมูลทั้งหมด แยกเป็นประเภทห้องสำนักงาน, ห้องที่ใช้งานร่วมกัน, ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ และห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการ ตามลำดับ

ข้อมูลผลการวัดปริมาณกระแสและค่าความผิดพลาดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม ดังตารางที่ 9, 10, 11 และ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดพลาดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 1

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญญ												
8.30	10.9	18.2	4.62	58.3	12.79	44.3	19.9	15.8	2.28	58.3	11.75	51.6
9.30	12.52	19.8	3.18	61.9	10.32	55.7	16.65	20.4	4.33	53	10.65	57.6
10.30	11.24	22.5	3.23	61.5	12.6	45.2	10.33	22.4	3.88	62	8.59	61.9
11.30	18.39	19.4	6.24	38.9	8.81	59.8	14.49	20.5	2.29	62.4	11.48	52.8
12.30	12.64	19.9	2.29	63.4	13.44	41.5	16.45	19.9	2.32	57.5	14.31	45.1
13.30	13.49	20.4	3.19	64.2	10.05	55.1	15.15	20.2	2.74	55.3	13.45	51.2
14.30	18.26	16.1	4.12	54.9	10.26	56.6	13.85	20.7	4.31	58.5	12.92	52.4
15.30	13.59	21.1	3.94	63.4	10.35	57.5	19.84	16.7	2.98	53.4	13.47	52.7
16.30	15.61	18.4	6.56	38.7	10.22	57	10.9	18.2	2.79	51.1	12.6	55.2
สำนักงานประเภทเลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา												
8.30	22.27	20.4	23.58	38.5	17.23	31.9	21.1	19.7	24.45	38.9	13.49	38.5
9.30	19.07	21.5	21.1	40.2	13.29	39.7	19.5	21.2	23.58	39	11.43	47.6
10.30	19.72	20.7	21.34	39.1	13.1	40.5	19.53	21.1	22.96	40.1	13.31	40.3
11.30	21.57	20.5	21.84	38.8	10.49	42.4	21.43	20.1	23.45	39.3	13.61	40.1
12.30	18.68	21.3	20.6	37.6	13.25	39.7	21.57	19.9	19.36	41.9	13.33	40.4
13.30	21.76	20.7	24.7	36.5	11.06	38.5	22.35	20.4	23.58	39.6	13.3	40.3
14.30	22.69	20.8	24.45	39.5	13.49	40.5	22.5	20.1	24.07	38.5	13.36	40.5
15.30	22.58	20.7	24.45	38.9	13.66	40.2	24.32	18.3	21.22	39.9	13.25	39.7
16.30	23.84	19.2	24.7	37.7	13.24	41.2	18.68	21.3	14.21	37.7	8.66	38.9

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหาร												
8.30	2.89	26.6	8.87	15.6	8.77	13.5	2.93	34.1	6.28	21.7	8.87	13.6
9.30	3.69	31.8	6.06	23.3	8.71	13.5	2.81	34.4	6.31	23.3	8.87	13.5
10.30	2.79	29.9	6.12	22.3	8.74	13.6	2.96	34.2	6.84	23.9	8.83	13.6
11.30	2.99	30.8	6.52	22.1	8.71	13.7	2.85	34.4	6.15	23.6	8.87	13.6
12.30	2.78	33.5	6.84	23.9	8.62	12.1	3	33.6	6.06	23.9	8.77	13.5
13.30	3	31.2	6.06	24.2	8.71	13.8	2.77	33.2	6.74	22.9	8.9	13.6
14.30	3.62	29	6.15	22.6	11.86	12.4	4.21	30.4	6.28	23.1	8.8	13.7
15.30	3.05	30.9	6.09	22.7	8.77	13.5	2.68	34.9	6.21	23	8.83	13.6
16.30	2.98	30.9	6.77	24	8.83	13.7	2.77	33.8	6.59	23.7	8.8	13.6
สำนักงานประเภทสารสนเทศ												
8.30	14.71	24.9	6.56	28.4	13.02	31.9	12.52	20.7	12.2	25.7	8.59	39.1
9.30	13.98	26.1	6.88	28.1	13.45	29.5	11.05	21.4	13.79	24.6	8.77	38.5
10.30	15.33	25.7	6.56	28.5	12.92	33.6	12.31	25.1	7.06	27.4	13.1	31.3
11.30	12.45	26.9	6.45	28.4	11.54	34.5	10.93	27.6	11.93	25.7	8.21	41.6
12.30	9.68	22.5	7.31	25.5	8.59	29.1	9.3	18.7	6.56	27.9	9.93	39.5
13.30	13.99	26.4	7.11	25.6	9.14	36.5	15.04	26.8	7.31	26.4	12.93	33.6
14.30	14.56	25.5	7.56	25.1	5.71	44.5	15.32	26.5	6.56	28.5	6.74	44.2
15.30	14.15	25.2	7.25	25.5	6.51	44.1	15.23	26.3	7.43	26	13.03	31.2
16.30	14.18	25.2	7.31	25	5.4	44.7	13.63	23.2	6.65	28.4	13.05	31.1
สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์												
8.30	13.33	17.8	14.45	28.4	12.44	19.5	11.36	22.2	10.47	34.4	12.48	24.2
9.30	11.43	25.5	12.62	31.5	13.5	19.4	14.21	19	14.84	29.4	9.33	26.5
10.30	11.18	25.6	13.41	30.8	12.74	20.6	9.55	27.2	10.47	35.8	12.58	24.6
11.30	14.7	22.4	11.97	32.7	12.35	21.5	10.43	25.2	12.19	32.9	12.69	24.1
12.30	10.8	24.9	13.47	30.4	12.01	24.9	11.18	23.9	5.34	19.3	4.93	17.6
13.30	13.25	22.8	10.54	35.2	12.69	24.4	12.81	21.2	12.75	32.3	7.84	21.9

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ต่อ)												
14.30	13.24	22.4	13.99	30.1	12.87	24.1	13.06	20.8	12.41	32.4	7.65	22.6
15.30	13.1	22.5	14.14	29.5	12.04	24.5	14.33	19.3	12.55	31.5	12.61	23.8
16.30	12.79	23.2	12.01	32.5	12.7	23.7	9.87	27.1	13.77	30.6	12.67	23.6
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหารและห้องประชุม												
8.30	7.71	49.1	3.87	39.6	11.86	28.4	5.56	62.2	4.34	38.7	14.28	26.1
9.30	6.99	52.8	4.02	38.4	12.02	28.2	8.74	48.9	4.02	39.8	11.74	30.4
10.30	7.68	53.5	3.97	39.7	13.84	27.2	8.62	48.2	4.02	39.1	11.64	30.2
11.30	5.49	62.9	4.49	38.5	11.11	31.7	8.57	48.7	3.99	40.5	11.68	30.5
12.30	5.49	62.6	4.41	38.1	11.71	31.3	7.68	52.5	3.97	40.7	13.84	27.2
13.30	5.56	62.3	4.34	38.2	14.28	26.1	7.6	52.2	3.93	40.7	12.14	29.4
14.30	4.93	63.1	4.75	37.6	14.22	26.4	7.34	53.5	4.54	37.8	11.74	30.7
15.30	4.87	63.4	4.87	37.4	14.38	26.1	7.71	52.5	3.97	40.1	11.58	30.9
16.30	4.41	64.1	3.77	37.1	11.68	30.9	6.99	55.8	4.04	38.4	12.02	29.6
สำนักงานประเภทตรวจรักษาสัตว์												
8.30	19.08	13.4	26.43	21.3	16.5	12.2	17.95	14.9	26.68	26.3	14.64	12
9.30	16.29	15.8	26.68	21.2	8.28	16.3	18.9	14.1	15.81	34.4	19.7	10.8
10.30	17.95	14.9	26.68	21.3	14.64	12	21.99	12.4	20.1	31.1	12.64	13.9
11.30	20.69	11.9	28.67	20.2	12.21	13.7	15.15	16.9	20.1	31.3	8.18	16.4
12.30	10.7	18.8	18.87	33.1	9.58	14.7	19.12	13.5	17.3	32.4	19.68	10.8
13.30	18.34	14.8	18.13	33.1	9.46	15.2	19.79	13.2	21.97	28.1	11.68	14.4
14.30	9.71	18.8	16.34	34.3	17.8	11.9	18.08	14.2	27.43	24.1	21.89	8.8
15.30	18.76	14.6	25.32	21.5	7.15	18.1	19.28	13.5	29.16	22.5	17.35	11.8
16.30	18.68	14.9	23.21	22.5	8.52	16.1	19.05	13.9	25.07	21.7	18.65	11.4
สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องฟักฟืนสัตว์												
8.30	31.52	12.8	22.63	10	27.05	8.5	24.7	17.9	19.76	11.5	19.15	10.7
9.30	28.54	15.5	20.44	11.9	25.81	9.8	25.94	16.7	11.24	15.5	19.97	9.9

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องฟักฟื้นสัตว์ (ต่อ)												
10.30	31.77	11.5	20.48	11.5	20.39	10.3	30.53	13.7	13.65	13.9	15.98	11.1
11.30	26.44	15.4	18.47	13.1	18.49	11.1	31.52	11.1	17.18	11.5	18.38	10.9
12.30	25.56	15.7	19.76	12.5	16.79	12.7	25.07	16.6	21.36	10.9	27.05	8.5
13.30	31.41	11.5	20.47	11.2	20.42	10.2	30.16	13.4	16.25	13.8	15.72	11.5
14.30	33.26	10.5	21.36	10.7	21.19	9.6	30.53	13.2	18.26	11.8	19.84	9.5
15.30	31.52	11.5	21.59	10.8	21.54	9.5	22.21	19.4	12.05	14.7	11.33	13.7
16.30	31.52	11.6	22.83	10.1	20.35	10.6	21.34	20.2	12.24	14.6	15.52	11.6
สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี												
8.30	42.32	8.1	12.89	10.6	13.94	10.7	44.67	7.6	13.82	11.1	9.57	10.7
9.30	40.58	8.4	16.88	9.5	11.1	14.8	45.05	6.2	13.56	11.2	14.99	14.2
10.30	40.7	8.1	14.32	10.2	22.59	10	42.19	8.3	19.32	10.1	14.83	15.5
11.30	43.93	7.3	11.89	10.9	21.05	10.6	43.43	7.8	18.43	10.1	14.83	15.1
12.30	44.67	7.1	13.82	10.1	14.47	15.3	44.3	6.9	14.97	11	12.05	13.8
13.30	41.7	8	4.15	7.2	20.08	14	42.19	8.1	11.21	12.1	20.41	10.1
14.30	39.34	9.1	6.49	9.2	15.73	14.1	45.17	6.9	15.24	10.1	17.2	12.8
15.30	44.3	7.1	14.97	11	12.05	15.8	40.08	9.3	17.16	9.3	22.63	9.4
16.30	39.59	9.1	16.68	10.2	16.69	13.7	40.58	9.1	16.88	10.1	11.05	12.8

ตารางที่ 10 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดพลาดเพิ่มขึ้นฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 2

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
บริการทั่วไป (สำนักหอสมุด) และสำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ												
8.30	9.4	25.1	15.74	37.1	12.44	29.3	9.65	24.1	16.85	35.5	12.54	29.9
9.30	8.96	26.1	14.33	37.4	12.54	29.6	8.59	26.6	15.4	37.3	13.53	29.9
10.30	8.62	26.1	15.41	37.1	12.25	29.8	6.4	27.4	17.31	34.1	12.29	29.7
11.30	8.59	26.1	15.48	36.9	14.82	26.7	8.96	26.1	13.85	37.5	11.9	28.2
12.30	8.96	26	14.58	37.1	13.74	28.3	9.33	24.9	14.39	37	11.44	28.2
13.30	6.49	27.3	15.47	36.5	11.89	29.9	10.3	23.7	16.49	36.8	13.2	28.8
14.30	6.31	27.6	15.4	36.3	12.29	29.7	9.21	24.1	9.21	39.1	14.19	27.4
15.30	6.4	26.7	16.85	35.5	12.13	29.3	9.4	24.8	15.28	37.1	12.04	28.2
16.30	6.87	26.4	17.36	33.6	11.8	29.5	9.8	24.2	15.74	37.1	12.28	28.5
ห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ												
8.30	19.42	16.4	18.64	20.4	21.2	22.3	18.49	18.4	14.56	16.4	28.43	24.4
9.30	22.17	19.7	18.97	20.1	24.57	26.1	21.55	19.1	22.64	18.2	29.66	23.5
10.30	26.65	16.8	21.59	19.1	28.98	25.4	22.67	18.6	21.88	17.6	30.42	22.9
11.30	29.04	21	20.96	20.9	30.65	25.1	28.51	17.1	20.69	18.5	31.55	22.4
12.30	15.48	17.9	17.12	16.2	19.99	19.1	29.62	16.5	21.67	17.3	28.4	24.5
13.30	28.68	21.1	22.74	18.1	31.21	24.2	30.4	16.5	20.47	18.3	26.47	25.1
14.30	30.51	19.2	20.65	19.5	31.45	24.8	28.42	17.5	18.62	21.5	28.14	24.8
15.30	29.24	19.7	20.94	19.9	30.01	24.4	29.44	18.5	19.47	20.7	29.88	23.8
16.30	29.44	20.4	19.88	20.4	29.45	24.8	30.47	16.9	20.44	18.1	30.11	22
ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ												
8.30	8.52	22.7	10.54	58.7	16.88	24.6	13.18	35.3	7.24	62.5	12.43	12.5
9.30	11.05	38.6	13.79	55.6	21.92	20.2	11.18	38.1	9.65	59.8	14.43	24.4
10.30	15.04	35.1	12.11	56.7	23.09	19.6	14.28	37.5	12.53	57.4	13.98	25.7
11.30	15.97	35.5	11.93	57.7	22.99	19.9	13.89	37.2	12.98	57.7	15.08	23.6
12.30	10.7	34.9	6.56	64.2	17.52	22.5	10.33	38.8	9.51	59.4	14.63	24.4
13.30	14.21	37.6	9.26	60.5	14.18	25.6	15.99	36.7	13.54	56.3	22.51	18.8

ตารางที่ 10 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ (ต่อ)												
14.30	15.32	35.6	13.34	55.5	21.45	19.8	16.08	35.7	13.43	55.6	23.02	18.5
15.30	15.23	35.6	12.98	56	21.56	20.1	15.12	37.1	14.03	54.1	22.56	18.2
16.30	13.63	37.3	12.65	56.9	23.51	19.4	16.03	36.6	13.87	56.5	22.66	18.1
ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ												
8.30	36.11	3	39.6	1.8	39.34	1.4	35.62	3.4	39.59	1.9	38.54	1.5
9.30	41.57	2.9	42.94	1.5	41.57	1.3	36.98	3.3	39.96	1.9	40.11	1.3
10.30	36.36	2.8	39.83	1.9	40.95	1.3	40.33	2.7	44.8	1.3	39.45	1.4
11.30	36.11	2.9	39.96	1.9	39.86	1.4	37.23	2.9	38.84	1.9	42.34	1.1
12.30	35.62	3	38.84	2	39.42	1.4	40.95	2.8	40.58	1.8	38.87	1.4
13.30	37.35	2.9	41.82	1.7	36.11	1.8	38.1	3	44.18	1.6	38.23	1.5
14.30	38.47	2.9	42.78	1.6	42.31	1.1	37.73	2.9	42.56	1.7	39.52	1.4
15.30	36.98	3.2	39.96	2	40.62	1.3	37.35	3	41.82	1.8	40.13	1.2
16.30	40.95	2.8	40.58	1.9	41.12	1.2	38.97	3.1	41.7	2	39.59	1.4
ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย												
8.30	13.46	12.7	7.37	23.1	17.72	13.7	7.56	15.4	10.15	17.2	13.13	16.1
9.30	12.71	14.5	10.15	22.2	13.13	18.1	11.33	15.1	6.09	22.1	15.37	15.1
10.30	15.66	12.2	12.33	19.4	24.45	11.3	19.61	16.3	12.99	16.9	25.07	10.8
11.30	17.2	10.2	13.61	17	20.53	13.4	10.49	15.9	5.56	23.5	15.46	14.6
12.30	12.46	13.2	6.06	9	12.3	10.5	12.71	9.5	5.96	9.4	12.86	14.2
13.30	18.71	11	11.18	16.2	17.08	16.9	8.93	10.4	5.68	9.2	14.8	15.2
14.30	7.56	16.4	5	24.5	17.56	17.4	12.46	10.2	6.06	9	12.3	15.5
15.30	7.41	15.9	5.78	23.1	16.36	17.6	18.71	11	11.18	16.2	13.08	14.9
16.30	7.96	15.7	3.3	9.6	8.83	13.6	9.18	10.4	5.78	10.1	14.66	14

ตารางที่ 11 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 3

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์												
8.30	19.86	27.1	15.15	27.9	18.26	28.3	25.07	27.5	29.53	27.3	19.58	28.1
9.30	20.6	27.4	20.23	26	18.11	28.2	27.43	26.1	30.03	25.7	19.32	27.4
10.30	28.67	26.8	20.35	26.5	18.57	28.1	32.02	23.4	27.67	27.3	19.83	27.8
11.30	31.4	24	19.73	28.1	19.22	27.9	32.26	23.5	28.54	27.3	17.15	28
12.30	30.53	25.4	18.35	28.1	19.48	27.4	31.27	24.1	26.31	28.1	19.83	28.3
13.30	28.67	26.4	19.98	27.6	19.27	27.3	24.2	27.4	27.8	28.2	18.36	28.5
14.30	28.42	27.2	19.73	28.1	19.5	27.6	30.65	25.3	26.68	28.5	18.48	28.4
15.30	28.05	25.4	21.1	27.4	19.61	27.1	27.8	26.7	30.03	26.1	19.81	27.9
16.30	24.32	27.4	20.48	27.4	19.17	27.1	24.2	27.4	30.03	26.6	18.63	28.2
ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป												
8.30	9.27	26.3	4.22	27.7	13.54	31	8.37	29.6	4.22	27.7	13.57	30.1
9.30	8.59	30	4.11	26.2	13.47	30.9	9.27	26.2	4.25	23.7	13	30.5
10.30	22.59	29.6	19.71	33.9	23.95	29.3	22.07	32	19.52	33.6	23.95	30.5
11.30	22.07	32	19.23	33.5	24.13	29.6	22.27	30.1	19.33	33.9	24.2	30.3
12.30	23.06	30.1	18.71	33.3	24.45	29.8	23.06	30.9	19.77	33.5	24.57	30.9
13.30	23.7	30.3	19.41	33.9	23.2	30.4	23.38	30.2	17.95	32.6	25.32	30.1
14.30	22.75	30.4	19.11	33.9	22.52	30.9	22.52	30.9	17.5	33.2	24.44	30.2
15.30	23.7	29.7	20.4	32	24.57	29.5	23.01	29.9	17.47	31.9	18.46	30.1
16.30	22.79	28.8	20.2	32.8	23.98	29.2	23.7	30.3	20.35	33	24.57	30.1
ศูนย์บริการ Edutainment Zone												
8.30	18.58	22.2	20.69	24.4	28.54	19.5	28.58	24.2	24.79	21.4	32.51	17.4
9.30	26.54	20.1	21.11	24.1	27.45	20.4	25.97	23	23.64	24.2	30.9	19.1
10.30	20.09	23.7	24.04	22.5	29.18	18.3	25.01	23.4	26.1	23.9	30.4	19.1
11.30	25.44	21.3	22.65	23.6	26.71	20.5	27.09	24.1	24.45	23.6	29.66	18.2
12.30	23.33	22.1	23.07	22.3	28.91	19.5	18.11	23.1	21.72	23.5	28.54	19.7
13.30	24.58	22.1	23.54	22.2	29.45	18.4	21.61	23.5	24.82	21.3	33.88	18.4

ตารางที่ 11 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
ศูนย์บริการ Edutainment Zone (ต่อ)												
14.30	20.99	23.2	24.65	21.6	31.02	16.7	19	23.3	24.39	22.5	35.37	16.3
15.30	16.45	25.4	23.54	22.1	28.11	18.9	20.36	23.2	24.33	21.6	32.02	18.3
16.30	18.07	24.3	23.62	22.6	30.9	17.9	20.98	24.2	23.07	24.3	27.55	21.8

ตารางที่ 12 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 4

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโพรเซสเซอร์												
8.30	7.56	25.5	8.45	29.5	11.55	20.3	6.23	18.5	9.58	26.3	12.55	20.1
9.30	8.22	24.2	9.11	28.4	10.56	21.5	6.11	19.4	9.21	27.9	11.46	21.4
10.30	8.14	23.6	9.14	27.3	11.87	22.1	8.43	25.1	8.68	29.6	12.03	22.2
11.30	8.26	23.5	7.58	26.9	12.56	16.8	8.37	25.8	9.02	28.6	12.61	21.8
12.30	7.98	25.1	7.64	26.5	10.11	19.8	6.88	27.1	9.08	28.8	12.11	22.1
13.30	7.56	26.9	9.23	27.4	9.56	19.4	8.55	25.9	8.37	29.3	12.77	21.8
14.30	8.12	24.4	9.21	27.1	9.45	19.6	8.74	25.6	8.71	30.1	12.13	22.3
15.30	7.99	27.5	9.01	28.1	9.88	18.5	8.12	26.9	7.62	30.7	12.11	22.5
16.30	8.14	25.9	7.45	29.6	9.65	19.5	7.43	27	7.84	30.1	11.89	22.4
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์												
8.30	12.27	72.2	12.01	74.5	8.31	77.3	12.02	72.4	12.36	75.3	8.93	77.2
9.30	12.22	71.4	8.89	77.4	8.24	77.3	12.64	71.8	12.09	76.9	8.46	77.4
10.30	11.29	72	8.01	77.2	8.34	76.9	12.4	71.9	12.44	75.1	8.71	77.3

ตารางที่ 12 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD ₁ (%)										
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)												
11.30	12.36	72.3	11.85	76.3	8.01	79.2	12.65	71.3	11.64	73.4	8.99	76
12.30	3.57	15.1	4.65	16	4.01	14.1	12.15	72.2	12.59	73	7.37	79.1
13.30	11.39	73.1	9.95	74.7	8.43	78.2	12.65	71.5	12.4	73.6	7.12	79.3
14.30	12.13	71.8	11.85	76.3	8.43	78.1	12.78	71.9	12.43	75.7	7.37	77.7
15.30	12.18	71.2	8.17	77.4	8.09	79.1	12.27	71.1	12.6	75.8	8.8	77.1
16.30	12.95	72.2	5.53	77	8.18	78.1	12.03	72.1	7.41	76.1	8.68	77.1
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง												
8.30	10.68	11.1	14.04	10.4	4.38	46.1	6.4	13.5	12.08	11.5	4.18	49.9
9.30	10.43	11.2	14.2	10.5	4.84	50.2	6.56	13.4	12.62	11.6	4.22	50.4
10.30	11.08	10.9	13.72	11.5	4.26	50.7	6.46	13.3	12.23	11.6	2.98	15.7
11.30	10.49	11.1	13.7	11.3	4.22	50	7.09	12.4	12.56	11.5	2.9	16.8
12.30	11.05	10.9	13.47	11.5	4.26	50	6.59	13.5	12.6	11.2	2.9	17.1
13.30	6.4	14.5	13.33	11.4	3.92	17.2	6.49	13.9	12.73	11.6	2.9	16.9
14.30	5.37	14.6	13.54	11.5	3.72	17.4	6.96	13.5	13.69	11.7	2.95	17.1
15.30	4.81	16	13.83	11.4	3.91	17.3	5.96	14.8	13.87	11.5	4.26	50.7
16.30	5.06	14.9	14.2	10.1	3.92	17.5	10.96	11.1	14.03	10.4	4.2	50
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง												
8.30	7.46	12.5	8.09	13.1	3.27	31.1	7.68	12.7	7.74	13	3.43	28.9
9.30	7.68	12.6	8.24	12.4	3.15	30.7	7.68	12.8	8.02	12.2	3.17	31.2
10.30	7.59	12.6	7.93	12.4	3.11	31.4	7.56	12.7	8.59	12.1	3.17	30.9
11.30	7.62	12.6	7.93	12.4	3.47	30.9	7.68	12.1	8.55	12.8	3.13	31.1
12.30	7.62	12.8	7.99	12.2	3.19	30.4	7.31	12.2	7.4	13.1	3.18	31
13.30	7.65	12.7	8.05	13	2.83	32.7	7.34	12.6	8.21	12.1	3.18	31.1
14.30	7.8	12.7	7.99	13	3.24	31.2	7.34	12.2	8.17	12.1	3.07	28.8
15.30	7.84	12.7	8.05	13.1	2.84	32.2	7.31	12.1	8.4	12.1	3.07	29.3
16.30	7.84	12.8	8.18	12.2	2.84	32.9	7.49	12.7	8.21	13.1	3.06	29.1

ตารางที่ 12 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส (A)	THD _r (%)										
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง												
8.30	15.93	9.1	8.55	11.9	7.45	29.2	14.79	9.2	8.87	11.2	6.77	30.9
9.30	14.99	9.1	8.25	11.1	6.41	31.2	16.09	8.9	8.9	11.2	6.74	30.9
10.30	15.57	9.1	8.62	11.8	6.22	30.5	15.45	9.1	8.93	11.2	7.05	29
11.30	15.23	9	8.54	11.2	6.14	31.4	15.73	9.1	8.87	11.7	6.83	30
12.30	15.66	9.1	8.55	11.9	7.32	29.5	15.66	9.1	8.87	11.1	6.93	30.8
13.30	15.21	8.8	8.62	11.1	7.11	29.2	15.76	9	8.28	11	6.87	30.9
14.30	15.6	8.9	8.65	11.8	7.31	29.1	15.71	9.1	8.8	11.8	5.4	32.2
15.30	15.41	9	8.25	11.2	7.15	29.1	15.45	9.1	8.28	11	7.12	29.8
16.30	15.58	9.1	8.71	11.7	7.65	29.3	15.51	9.1	8.24	11.2	6.9	31.8

ข้อมูลผลการวัดปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม ดังตารางที่ 13, 14, 15 และ 16 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 1

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _r (%)										
สำนักงานประเทภบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญญ												
8.30	235.1	1.5	238.2	1.6	237.6	1.8	237.1	1.5	239.4	1.7	239	1.6
9.30	237.6	1.6	240.1	1.6	239.7	1.7	237.4	1.6	240.4	1.7	239.9	1.5
10.30	237.1	1.6	239.6	1.7	239.3	1.8	236.3	1.6	238.6	1.8	238.3	1.6
11.30	238.3	1.5	241.1	1.6	240.5	1.7	239.6	1.5	242.9	1.6	242.3	1.4

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _r (%)										
สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ (ต่อ)												
12.30	236.6	1.6	242.9	1.5	238.1	1.8	237.4	1.5	239.7	1.7	239	1.6
13.30	236.4	1.6	239.4	1.6	239.3	1.8	238.3	1.6	240.9	1.6	240.1	1.5
14.30	236.8	1.5	240.3	1.6	239.6	1.8	236.6	1.6	239.8	1.7	239.6	1.6
15.30	237.4	1.6	240.3	1.6	239.9	1.8	238.5	1.4	241.2	1.6	240.8	1.5
16.30	239.4	1.5	242.4	1.5	241.9	1.7	236.5	1.5	240.1	1.6	239.4	1.6
สำนักงานประเภทเลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา												
8.30	236.6	1.9	238.2	1.9	239.9	1.6	237.9	1.8	239.7	1.8	239.1	1.7
9.30	238.4	1.8	240.6	1.8	239.9	1.7	237.7	1.8	239.4	1.9	238.5	1.8
10.30	238.4	1.8	240.3	1.8	240.1	1.7	237.8	1.8	239.6	1.9	239.1	1.7
11.30	238.5	1.8	240.5	1.8	239.6	1.7	237.6	1.8	239.7	1.9	238.9	1.8
12.30	238.6	1.8	240.2	1.8	238.6	1.8	237.6	1.8	239.4	1.9	238.8	1.8
13.30	238.9	1.8	240.4	1.8	239.9	1.8	237.9	1.8	239.6	1.9	239.4	1.7
14.30	237.3	1.7	239	1.8	238.6	1.7	238.5	1.8	240.3	1.8	239.4	1.7
15.30	236.4	1.9	238.4	1.9	237.8	1.8	239.4	1.7	240.9	1.8	240.7	1.6
16.30	239.4	1.8	241.4	1.7	241.1	1.6	238.4	1.8	239.7	1.8	238.9	1.8
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหาร												
8.30	237.9	1.4	239.7	1.3	239.6	1.2	237.8	1.4	240.2	1.3	239.9	1.2
9.30	238.1	1.4	240.2	1.3	239.9	1.2	235.8	1.4	238.3	1.4	237.1	1.3
10.30	239	1.3	239.1	1.4	238.8	1.2	238.1	1.4	240.3	1.4	239.9	1.2
11.30	236.9	1.4	237.1	1.4	237.1	1.3	235.5	1.5	238.4	1.3	237.9	1.3
12.30	239.6	1.3	242.3	1.4	239.9	1.1	236	1.5	238.7	1.4	237.8	1.2
13.30	237.8	1.4	240.2	1.3	239.9	1.1	238.1	1.4	240.2	1.3	239.9	1.2
14.30	238.1	1.4	240.3	1.4	239.9	1.2	238.7	1.4	241.2	1.4	240.5	1.1
15.30	239.6	1.3	239.6	1.4	239.7	1.2	239.4	1.3	238.1	1.3	238.1	1.2
16.30	238.7	1.4	241.2	1.3	240.5	1.1	236.9	1.4	237.1	1.4	237.1	1.2

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _r (%)										
สำนักงานประเภตสารสนเทศ												
8.30	237.8	1.3	240.3	1.5	239.6	1.4	237.2	1.5	239.4	1.5	239	1.5
9.30	237.2	1.4	240.2	1.5	239.5	1.3	238.2	1.5	239.2	1.5	239.5	1.4
10.30	239	1.5	241.8	1.5	241.1	1.5	238.3	1.5	241	1.5	240.5	1.5
11.30	239.7	1.4	241.4	1.4	241.1	1.4	238.5	1.4	240	1.4	240.1	1.4
12.30	238.6	1.4	240.7	1.5	240.1	1.3	239.2	1.3	241.7	1.3	241.4	1.4
13.30	238.6	1.4	240.2	1.4	239.7	1.4	239.2	1.4	239.9	1.5	241.3	1.4
14.30	237.9	1.4	240.1	1.4	239.5	1.3	239.5	1.5	239.4	1.5	240.4	1.6
15.30	238.3	1.4	240.6	1.3	239.9	1.4	238.6	1.4	238.9	1.4	241.2	1.3
16.30	238.7	1.5	241.2	1.4	240	1.2	238.6	1.5	240.9	1.5	240.4	1.4
สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์												
8.30	222.6	1.6	226.2	1.5	223.9	1.7	223.9	1.6	225.5	1.6	224.9	1.5
9.30	224.9	1.7	223	1.8	222.3	1.8	225.9	1.6	223	1.7	225.9	1.5
10.30	227.2	1.6	225.3	1.7	224.7	1.6	225.9	1.7	225.9	1.6	224.9	1.6
11.30	225.1	1.5	228.3	1.6	222.4	1.7	228.3	1.6	225.1	1.6	225.9	1.6
12.30	225.5	1.5	222.7	1.9	223.5	1.7	228.3	1.6	228.1	1.5	225.1	1.5
13.30	225.5	1.5	222.2	1.8	224.4	1.6	224.9	1.7	228.3	1.5	224.9	1.6
14.30	225.9	1.5	224.7	1.7	228.3	1.6	225.6	1.7	225.9	1.6	225.9	1.5
15.30	222.1	1.7	226.2	1.7	226.2	1.6	226.3	1.6	225.1	1.6	225.1	1.5
16.30	228.1	1.4	228.1	1.6	228.3	1.5	228.3	1.6	228.3	1.5	228.3	1.5
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหารและห้องประชุม												
8.30	223.5	1.5	224.5	1.6	222.3	1.7	222.3	1.6	224.3	1.6	223.4	1.6
9.30	222.2	1.6	223.6	1.6	224.1	1.7	222	1.5	224.1	1.6	222.7	1.7
10.30	224.2	1.5	224.1	1.6	223.6	1.6	222.3	1.6	224.7	1.6	223.6	1.6
11.30	222.9	1.6	224.9	1.6	224.5	1.7	224.5	1.5	227.8	1.5	224.2	1.6
12.30	222.9	1.6	224.2	1.6	222.7	1.7	224.7	1.6	226.3	1.5	224.4	1.6
13.30	225.5	1.5	228.2	1.5	223.9	1.6	222.6	1.6	224.6	1.6	223.8	1.7

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _r (%)										
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหารและห้องประชุม (ต่อ)												
14.30	225.7	1.5	227.4	1.5	225.7	1.6	222.3	1.4	224.4	1.6	223.2	1.7
15.30	226	1.5	228.1	1.5	227.2	1.5	223.6	1.5	225.7	1.5	222.7	1.7
16.30	224.7	1.6	227	1.5	225.3	1.6	224.1	1.6	226.7	1.5	225.2	1.6
สำนักงานประเภทตรวจรักษาสัตว์												
8.30	225.9	1.2	227	1.4	225.9	1.3	224.2	1.4	226.3	1.4	225.4	1.3
9.30	226.2	1.4	227.5	1.5	226.4	1.2	225.1	1.3	224.9	1.5	224.2	1.3
10.30	224.6	1.3	226.7	1.5	226.5	1.2	224.3	1.4	226.2	1.3	225.5	1.2
11.30	225	1.3	226.5	1.4	226.2	1.2	224.5	1.4	225.1	1.5	224.8	1.4
12.30	223.8	1.4	225.1	1.5	224.6	1.3	224	1.3	225.6	1.5	224.6	1.3
13.30	224.1	1.4	226.6	1.3	226	1.2	223.8	1.3	225.1	1.4	224.2	1.2
14.30	224	1.2	225.6	1.5	224.6	1.3	223.8	1.3	225.1	1.5	224.6	1.3
15.30	225.3	1.2	226.4	1.5	225.9	1.3	223.4	1.3	224.8	1.3	225.2	1.3
16.30	224.7	1.3	227	1.4	227.1	1.2	224.6	1.3	225.2	1.4	225.7	1.3
สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นสัตว์												
8.30	226.1	1.2	228.3	1.2	226.9	1.2	225.7	1.4	227.2	1.2	228	1.2
9.30	223.6	1.4	225.7	1.3	225.1	1.2	225.2	1.3	226.7	1.2	225.2	1.1
10.30	225.7	1.2	227.4	1.2	226.8	1.1	226.7	1.2	228.5	1.3	227.5	1.2
11.30	225.3	1.3	227.2	1.3	227.2	1.2	224.8	1.2	227.1	1.3	226.2	1.2
12.30	223.7	1.3	228.3	1.2	225.1	1.1	223.7	1.3	225.5	1.2	224.9	1.1
13.30	226.9	1.3	228.6	1.2	228.3	1.2	226.1	1.3	227.7	1.2	226.7	1.2
14.30	225.5	1.2	227.2	1.3	226.7	1.2	226.4	1.2	228	1.2	226.8	1.1
15.30	225	1.2	226.4	1.3	226.4	1.2	225.3	1.4	227.3	1.3	226.9	1.3
16.30	226.5	1.4	228.2	1.2	227.5	1.2	226.1	1.3	227.7	1.3	227.2	1.2

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี												
8.30	223	1.2	225.4	1.2	224.7	1.3	226.3	1.2	229	1.2	228.7	1.2
9.30	227.2	1.1	227.3	1.1	227	1.2	225.2	1.2	227.9	1.2	227	1.3
10.30	224.7	1.2	227	1.1	226.5	1.2	227.3	1.2	229.4	1.2	228.7	1.3
11.30	224.4	1.2	227.4	1.2	226.7	1.2	226.4	1.2	228.8	1.2	227.7	1.2
12.30	226.3	1.2	229	1.1	228.7	1.2	225.6	1.2	226	1.3	225.4	1.3
13.30	222.2	1.2	225.3	1.2	224.9	1.1	226.4	1.2	228.8	1.2	228.2	1.1
14.30	223.9	1.2	227	1.1	226.4	1.2	227.3	1.2	228.6	1.2	226.7	1.2
15.30	225.6	1.2	226	1.2	225.4	1.3	225.5	1.2	227.5	1.2	227.3	1.2
16.30	224.7	1.2	227.2	1.1	226.8	1.2	227.2	1.2	227.3	1.2	227	1.2

ตารางที่ 14 ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 2

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
บริการทั่วไป (สำนักหอสมุด) และสำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ												
8.30	224.1	1.6	225.7	1.8	227.1	1.6	222.9	1.7	224.8	1.8	226.5	1.6
9.30	226.6	1.6	226.8	1.7	226.5	1.6	223.9	1.7	226.8	1.8	223.9	1.7
10.30	223.5	1.7	225.2	1.8	223.4	1.7	223.5	1.7	224.7	1.8	223.3	1.7
11.30	223.9	1.7	225.3	1.8	223.4	1.7	222.5	1.7	222.9	1.9	223.3	1.7
12.30	222.5	1.7	223.2	1.8	223.4	1.7	225	1.6	224.7	1.8	224.9	1.6
13.30	224.7	1.7	224.7	1.8	224.7	1.7	223.4	1.7	224.2	1.8	223.2	1.7
14.30	222.9	1.7	222.5	1.8	223.9	1.7	226	1.6	225.6	1.8	226	1.5

ตารางที่ 14 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
บริการทั่วไป (สำนักหอสมุด) และสำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ (ต่อ)												
15.30	223.9	1.7	224.8	1.8	224.2	1.7	226.2	1.6	226.3	1.7	224.5	1.6
16.30	226.4	1.6	226.6	1.7	226.9	1.5	224.1	1.7	225.7	1.8	225.4	1.6
ห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ												
8.30	225.4	1.4	224.6	1.3	227	1.4	226.4	1.2	227.7	1.3	227	1.5
9.30	227.4	1.4	227.1	1.3	226.1	1.4	225.8	1.4	226.4	1.2	226.1	1.5
10.30	226.1	1.3	225.1	1.4	225.5	1.5	224.9	1.3	226.8	1.4	225.5	1.5
11.30	225.5	1.4	225.4	1.4	224.6	1.5	225.4	1.3	224.6	1.4	225.1	1.2
12.30	226.8	1.4	227.4	1.4	227.1	1.6	227.4	1.3	227.1	1.3	228.2	1.7
13.30	227.5	1.2	223.9	1.3	226.5	1.7	227.1	1.4	224.3	1.4	227.5	1.2
14.30	226.2	1.2	223.1	1.3	225.9	1.7	227.5	1.2	223.9	1.4	226.2	1.2
15.30	223.4	1.4	225.2	1.4	226.8	1.3	226.2	1.2	223.1	1.3	226.8	1.3
16.30	223.4	1.3	223.4	1.3	225.4	1.6	223.4	1.3	223.4	1.4	225.4	1.6
ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ												
8.30	222.2	1.6	225.3	1.4	224.9	1.3	226.4	1.5	228.8	1.4	228.2	1.4
9.30	223.9	1.5	227	1.5	226.4	1.5	227.3	1.5	228.6	1.5	226.7	1.5
10.30	225.5	1.5	227.2	1.5	221.4	1.4	220.9	1.6	228	1.5	226.8	1.6
11.30	227.5	1.5	229	1.4	226.5	1.5	225.5	1.6	221.1	1.3	219.8	1.3
12.30	228.6	1.4	228.9	1.4	228	1.5	220	1.5	219.7	1.5	217.8	1.5
13.30	225.9	1.6	226.8	1.5	224.9	1.5	223.9	1.5	221.4	1.4	220.9	1.6
14.30	221.4	1.4	220.9	1.5	228.3	1.4	225.2	1.6	226.5	1.5	225.5	1.5
15.30	226.5	1.5	225.5	1.5	224.9	1.3	226.4	1.4	228.8	1.4	228.2	1.5
16.30	223.9	1.5	227	1.5	226.4	1.5	227.3	1.5	228.6	1.4	226.7	1.6
ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ												
8.30	225.8	1.2	227.9	1.2	227.4	1.2	226.4	1.1	228.2	1.1	227.4	1.2
9.30	224.3	1.2	226.4	1.2	226.1	1.2	226.4	1.2	228.2	1.2	225.6	1.2
10.30	227.4	1.2	228.7	1.2	228.8	1.1	225.1	1.2	227.1	1.2	227.6	1.2

ตารางที่ 14 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ (ต่อ)												
11.30	225.8	1.2	227.9	1.2	227.4	1.2	224.9	1.2	226.5	1.2	225.1	1.2
12.30	225.2	1.2	226.4	1.2	226.3	1.2	224.3	1.2	226.4	1.2	226.3	1.2
13.30	227.7	1.2	229.3	1.1	228.8	1.1	224.8	1.2	224.1	1.2	224.9	1.2
14.30	225.3	1.2	228	1.2	227.6	1.2	225	1.2	227.8	1.2	227.9	1.2
15.30	226.4	1.2	227.6	1.2	227.9	1.2	224.1	1.2	225.1	1.2	226.1	1.2
16.30	226.4	1.2	228.2	1.1	227.4	1.2	225.8	1.2	227.9	1.2	227.4	1.2
ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย												
8.30	225.6	1.4	227	1.5	226	1.6	227.2	1.4	228.6	1.5	227.7	1.6
9.30	224.7	1.4	225.4	1.5	224.9	1.6	226.8	1.4	229.7	1.5	228.2	1.5
10.30	224.2	1.4	224.4	1.6	225.2	1.6	224.9	1.5	226.2	1.6	225.5	1.5
11.30	226	1.4	227.2	1.5	227.1	1.5	225.8	1.4	228.5	1.5	227	1.5
12.30	224.9	1.5	228.3	1.5	225.9	1.6	223.9	1.5	227.2	1.6	225.6	1.5
13.30	224.4	1.4	226.5	1.6	225.9	1.5	222.2	1.4	225.3	1.6	222.9	1.6
14.30	227.2	1.4	228.6	1.6	227.7	1.6	224.9	1.4	228.3	1.5	225.9	1.5
15.30	226.5	1.4	227.9	1.6	227	1.6	224.4	1.4	226.5	1.6	225.9	1.5
16.30	223.6	1.4	226.4	1.5	224.4	1.5	224.9	1.4	226.8	1.6	225.5	1.4

ตารางที่ 15 ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 3

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์												
8.30	221.5	2.0	222.6	2.1	222.9	2.0	225.5	1.9	228.2	1.9	223.9	2.0

ตารางที่ 15 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)												
9.30	224.1	2.0	226.7	2.0	225.2	1.9	222	2.0	224.1	2.1	222.7	2.1
10.30	224.7	2.0	226.3	2.0	224.4	1.9	222.3	2.0	224.7	2.1	223.6	2.0
11.30	222.9	2.1	224.9	2.1	224.5	2.0	224.5	2.0	227.8	2.0	224.2	2.0
12.30	222.9	2.0	224.2	2.1	222.7	2.0	224.7	1.9	226.3	2.0	224.4	2.0
13.30	225.5	1.9	228.2	1.8	223.9	2.0	222.6	2.0	224.6	2.1	223.8	2.0
14.30	225.7	1.9	227.4	1.9	225.7	1.9	222.3	2.0	224.4	1.8	223.2	2.0
15.30	226	1.9	228.1	1.9	227.2	1.9	223.6	2.0	225.7	2.0	222.7	2.0
16.30	224.7	2.0	227	1.9	225.3	2.0	224.1	1.9	226.7	2.1	225.2	1.9
ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป												
8.30	229.3	1.6	232.2	1.9	230.5	1.9	229.2	1.8	232.2	1.9	230.5	1.9
9.30	229.6	1.7	232.6	1.9	230.7	1.8	229.3	1.7	231.8	1.8	229.2	1.8
10.30	223.7	2	225.4	2.1	224.1	1.9	225.3	2.1	224.4	2.1	224.1	2
11.30	225.3	2.1	223.9	2.3	223.1	2.1	223.5	2	225.3	2.2	224.4	2
12.30	223.7	2.1	224.6	2.2	224.2	2.1	223.7	2.1	227	2.2	226	2.1
13.30	222.6	2	223.8	2	222.4	2	224.7	2.3	227.1	2.2	225.4	2
14.30	223.4	2.1	225.6	2.2	226	2.1	222.4	2.2	225.6	2	222.7	2.1
15.30	225.2	1.9	227.2	2.1	226.7	2.2	229.4	2	234.1	2.1	227.4	2.2
16.30	221.4	1.9	223.7	2.1	221.4	2.1	222.6	1.9	223.9	2.1	226.7	2.3
ศูนย์บริการ Edutainment Zone												
8.30	223.8	1.8	226.4	1.6	227.1	1.8	224.3	1.9	226.5	1.7	225.9	1.8
9.30	225.8	1.8	226.4	1.8	226.5	1.9	224.2	1.9	225.9	1.7	225.2	1.8
10.30	226	1.8	225.8	1.9	223.4	1.8	225.2	1.9	226.8	1.9	225.9	1.8
11.30	226.4	1.9	227.1	1.8	223.4	1.7	223.4	1.9	225.4	1.8	225.1	1.8
12.30	225.3	1.9	227.4	1.7	223.4	1.7	220.6	1.9	225.4	1.8	225.3	1.8
13.30	227.7	1.8	226.4	1.8	224.7	1.8	223.1	1.9	224.9	1.8	224.1	1.8
14.30	224.3	1.8	227.7	1.8	223.9	1.9	224.4	1.9	226	1.8	224.8	1.8

ตารางที่ 15 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
ศูนย์บริการ Edutainment Zone (ต่อ)												
15.30	225.4	1.9	225	1.9	224.2	1.8	224.6	1.9	226.2	1.8	225.7	1.8
16.30	225.2	1.7	224.7	1.8	226.9	1.8	223.8	1.9	225.4	1.8	224.6	1.8

ตารางที่ 16 ข้อมูลปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 4

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโพรเซสเซอร์												
8.30	227.1	1.4	228.2	1.4	227.9	1.4	225.1	1.5	227.1	1.4	227.6	1.4
9.30	225.4	1.5	226.9	1.5	226.5	1.4	224.9	1.5	226.5	1.5	225.1	1.5
10.30	223.4	1.5	225.4	1.6	223.4	1.5	225.4	1.5	226.4	1.5	226.3	1.4
11.30	220.6	1.5	225.4	1.7	220.6	1.6	225.4	1.5	224.1	1.6	224.9	1.5
12.30	224.7	1.6	225.9	1.6	225.4	1.5	225	1.5	227.8	1.5	227.9	1.4
13.30	226.4	1.3	227.6	1.4	225.5	1.5	226.4	1.4	228.2	1.5	225.6	1.5
14.30	220.9	1.4	228	1.5	226.8	1.4	227.2	1.4	228	1.5	223.6	1.5
15.30	228	1.5	223.6	1.6	219.8	1.5	226.7	1.5	225.2	1.6	223.1	1.5
16.30	225.2	1.5	223.1	1.6	217.8	1.5	221.4	1.5	221.4	1.6	220.2	1.5
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์												
8.30	226.1	1.9	228.3	2.0	226.9	2.1	225.7	2.0	227.2	1.9	228	2.0
9.30	223.6	2.0	225.7	2.1	225.1	2.1	225.2	2.0	226.7	2.0	225.2	2.1
10.30	225.7	2.0	227.4	2.0	226.8	2.1	226.7	1.9	228.5	1.9	227.5	2.1
11.30	225.3	2.0	227.2	2.0	227.2	2.1	224.8	2.0	227.1	1.9	226.2	2.1
12.30	223.7	1.1	228.3	1.1	225.1	1.1	223.7	2.0	225.5	2.0	224.9	2.1

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)												
13.30	226.9	1.9	228.6	1.9	228.3	2.0	226.1	1.9	227.7	1.9	226.7	2.0
14.30	225.5	2.0	227.2	1.9	226.7	2.2	226.4	2.0	228	1.9	226.8	2.1
15.30	225	2.0	226.4	2.0	226.4	2.1	225.3	2.0	227.3	1.9	226.9	2.0
16.30	226.5	1.9	228.2	1.9	227.5	2.0	222.9	2.0	223.4	2.0	222.4	2.1
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง												
8.30	225.9	1.1	226.8	1.1	224.9	1.5	229	1.2	229.8	1.2	228.3	1.4
9.30	227.2	1.2	227.4	1.2	226.1	1.5	228.5	1.2	225.5	1.2	227.4	1.5
10.30	227.6	1.2	227	1.2	226.1	1.5	225.8	1.2	226.1	1.2	225.7	1.3
11.30	224.2	1.2	226	1.2	224.1	1.5	226.8	1.3	227.1	1.2	225.5	1.2
12.30	226.1	1.2	226.3	1.2	224.2	1.4	227.7	1.3	228.5	1.1	226.8	1.2
13.30	226.6	1.2	225.2	1.2	223.8	1.2	228	1.2	227.5	1.2	226.4	1.2
14.30	225.1	1.2	223.7	1.2	223.8	1.2	228.7	1.2	228.4	1.1	227.7	1.3
15.30	227.9	1.2	227.9	1.2	227.1	1.3	227.1	1.3	227.5	1.2	227.1	1.5
16.30	227.5	1.2	229	1.2	227.1	1.2	227.7	1.3	227.7	1.2	227.3	1.5
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง												
8.30	224.6	1.1	226.7	1.2	226.5	1.3	227.2	1.1	228.6	1.1	227.7	1.4
9.30	226.2	1.2	227.9	1.2	227	1.4	226.8	1.2	229.7	1.1	228.2	1.4
10.30	228	1.2	227.2	1.2	224.9	1.5	224.9	1.2	226.2	1.2	225.5	1.3
11.30	224.2	1.2	225	1.2	225.7	1.3	225.8	1.2	228.5	1.2	227	1.3
12.30	223.4	1.2	225.2	1.2	223.9	1.4	223.9	1.1	227.2	1.1	225.6	1.3
13.30	225.2	1.2	227.2	1.1	224.7	1.5	222.2	1.2	225.3	1.2	222.9	1.4
14.30	225	1.2	227	1.2	226.7	1.4	224.9	1.2	228.3	1.2	225.9	1.3
15.30	226.8	1.1	226.9	1.2	227.4	1.4	224.4	1.2	226.5	1.1	225.9	1.4
16.30	227.2	1.2	228.6	1.1	228.5	1.3	224.9	1.2	226.8	1.2	225.5	1.3

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1						วันที่ 2					
	เฟส A		เฟส B		เฟส C		เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	THD _v (%)										
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง												
8.30	228.7	1.1	228.4	1.1	227.7	1.2	221.3	1.1	220	1.1	219.3	1.2
9.30	227.5	1.1	229	1.1	227.1	1.3	221.3	1.1	221.1	1.1	219.8	1.2
10.30	228.6	1.1	228.9	1.2	228	1.2	220	1.1	219.7	1	217.8	1.1
11.30	225.9	1.1	226.8	1.1	224.9	1.2	223.9	1.1	222.8	1.1	223.4	1.3
12.30	229	1.1	229.8	1.1	228.3	1.2	225.2	1.2	223.9	1.1	223.9	1.2
13.30	227.4	1.1	227.7	1.1	226.7	1.3	221.4	1.1	219.8	1.1	220.5	1.2
14.30	225.1	1.1	223.7	1.1	223.8	1.2	221.3	1.1	220	1.1	220.3	1.3
15.30	227.7	1.1	228.5	1.1	226.8	1.2	221.6	1.1	220.2	1.1	220.4	1.3
16.30	227.6	1.2	227.9	1.2	227	1.3	221.6	1.1	220.3	1.2	220.3	1.3

ข้อมูลผลการวัดปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรอล ดังตารางที่ 17, 18, 19 และ 20 ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรอลของกลุ่มที่ 1

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD _{IN} (%)	กระแส (A)	THD _{IN} (%)
สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ				
8.30	12.54	62.3	9.21	61.2
9.30	9.37	66.6	10.18	55.7
10.30	13.79	58.4	8.05	68.6
11.30	9.43	65.6	9.49	67.6
12.30	11.05	47.2	8.65	69.7
13.30	9.46	54.5	11.05	47.2
14.30	10.86	57	11.74	58.2

ตารางที่ 17 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแสด (A)	THD _{IN} (%)	กระแสด (A)	THD _{IN} (%)
สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ (ต่อ)				
15.30	9.49	67.3	15.15	50.4
16.30	11.21	53.9	9.43	68.6
สำนักงานประเภทเลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา				
8.30	19.98	68.6	19.11	72.2
9.30	19.36	73.7	18.76	71.4
10.30	20.97	68.1	18.39	69.6
11.30	19.48	72.5	19.48	72.4
12.30	15.52	73.3	17.99	75.6
13.30	20.35	69.7	20.35	66.8
14.30	19.36	74	20.6	67.3
15.30	19.86	72.1	18.99	73.4
16.30	21.84	65.5	15.52	76.3
สำนักงานประเภทฝ่ายบริหาร				
8.30	8.71	23.3	6.28	30.7
9.30	6.4	31.4	5.68	33.4
10.30	6.09	35	5.74	34.2
11.30	6.62	33	5.71	33.4
12.30	6.15	30.9	6.4	31.4
13.30	6.43	31.4	6.15	30.9
14.30	5.9	34.2	6.34	30.8
15.30	5.84	33.8	5.84	33.1
16.30	5.84	33.5	5.84	33.4
สำนักงานประเภทสารสนเทศ				
8.30	10.11	44.3	7.46	48.8
9.30	7.77	49.6	6.25	55.2
10.30	6.43	55.8	7.65	49.9
11.30	8.09	47.8	7.24	48.9
12.30	5.56	56.1	5.87	45.1

ตารางที่ 17 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD _{IN} (%)	กระแส (A)	THD _{IN} (%)
สำนักงานประเภตสารสนเทศ (ต่อ)				
13.30	7.37	43.5	6.89	52.5
14.30	7.59	44.8	7.18	54.3
15.30	7.74	49.8	8.14	44.5
16.30	8.21	47.6	7.52	52.1
สำนักงานประเภตเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์				
8.30	8.22	62.4	11.11	58.1
9.30	11.34	58.6	12.04	57.4
10.30	10.5	60.7	10.02	66.3
11.30	11.8	59.6	10.54	61.1
12.30	12.49	58.1	9.87	66.4
13.30	11.47	59.4	10.54	62.4
14.30	11.06	61.2	10.07	64.3
15.30	9.45	64.5	10.99	62
16.30	9.97	63.4	9.97	65.1
สำนักงานประเภตฝ่ายบริหารและห้องประชุม				
8.30	4.05	62.8	4.9	38.2
9.30	10.35	34.4	4.06	54.1
10.30	4.71	60.1	7.49	48
11.30	9.32	56.8	8.03	53.6
12.30	9.09	49.1	10.18	50.3
13.30	9.99	54.1	8.05	52.8
14.30	9.62	54.9	8.43	55.4
15.30	9.06	54.1	10.99	46.1
16.30	9.18	50.3	9.99	54.7
สำนักงานประเภตตรวจรักษาสัตว์				
8.30	10.19	50.9	10.19	44.9
9.30	17.41	36.4	9.25	58.4
10.30	8.79	57.2	7.65	61.4

ตารางที่ 17 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD _{IN} (%)	กระแส (A)	THD _{IN} (%)
สำนักงานประเภทตรวจรักษาสัตว์ (ต่อ)				
11.30	14.82	42.1	10.77	52
12.30	10.77	51.4	10.52	49.2
13.30	7.6	52.2	9.45	45.1
14.30	7.52	59.2	9.71	45.8
15.30	11.76	47.8	10.25	44.1
16.30	11.33	51.7	11.76	42.8
สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นสัตว์				
8.30	7.18	34.7	12.93	24
9.30	10.58	29.7	15.79	20.2
10.30	11.08	27.3	12.52	23.8
11.30	10.24	27.5	9.34	29.4
12.30	9.3	30.4	7.18	32.7
13.30	12.05	25.9	12.77	23.3
14.30	8.59	31.6	12.52	23.7
15.30	10.28	25.2	9.3	30
16.30	4.81	40.8	9.99	30.7
สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี				
8.30	11.58	22.6	11.7	22.9
9.30	11.4	23.9	12.97	21.1
10.30	13.89	24.5	9.99	26.7
11.30	12.2	24.9	10.58	25.9
12.30	10.7	25.9	13.63	23.5
13.30	11.69	21.7	12.31	25.6
14.30	9.15	26.5	10.84	25.6
15.30	9.63	25.5	9.95	26.8
16.30	8.31	27	11.4	23.9

ตารางที่ 18 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรอลของกลุ่มที่ 2

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD_{IN} (%)	กระแส (A)	THD_{IN} (%)
บริการทั่วไป (สำนักหอสมุด) และสำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ				
8.30	10.93	74.3	12.5	72
9.30	11.9	72	11.2	73.9
10.30	12.07	72.3	11.74	72.7
11.30	11.77	73.6	11.65	71.6
12.30	12.84	72.4	10.99	74.5
13.30	10.38	74.4	12.17	72.5
14.30	10.73	74.8	12.02	71.1
15.30	12.5	73	11.84	72.4
16.30	11.3	73.3	11.92	72.9
ห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ				
8.30	6.54	41.5	6.15	40.5
9.30	7.15	42.1	7.51	42.2
10.30	7.82	42.2	8.14	41.3
11.30	7.4	43	9.25	40.6
12.30	9.25	41.7	9.39	40.2
13.30	9.15	42.1	7.44	42.3
14.30	8.14	42.8	8.02	41.9
15.30	7.41	42.9	7.65	42.9
16.30	7.17	43.2	8.04	42.1
ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ				
8.30	9.87	54.5	14.87	60.9
9.30	13.24	61.8	14.25	61.2
10.30	14.25	61.1	15.21	60.1
11.30	14.05	61.7	13.25	62.4
12.30	16.21	60.7	14.89	61.1
13.30	15.08	61.4	14.05	62
14.30	16.45	60.2	15.24	59.7
15.30	16.24	60.4	16.04	59.4

ตารางที่ 18 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD_{IN} (%)	กระแส (A)	THD_{IN} (%)
ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ (ต่อ)				
16.30	14.66	61.2	14.44	61.2
ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ				
8.30	25.22	8.2	23.22	8.2
9.30	24.87	8.6	23.96	8.3
10.30	22.14	8.7	23.64	8.1
11.30	24.63	8.8	25.4	7.9
12.30	23.68	9	24.12	8.2
13.30	23.87	9	24.25	8.4
14.30	22.99	9.5	23.66	8.9
15.30	23.45	9.1	23.45	9.2
16.30	21.57	9.6	23.95	9.1
ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย				
8.30	9.68	36.9	10.62	33
9.30	7.24	39.2	9.62	36.2
10.30	10.49	34.3	13.08	32.4
11.30	9.89	37.9	8.49	40.3
12.30	8.37	40.7	6.65	39.2
13.30	9.68	36.6	7.65	41.5
14.30	9.96	37.3	8.37	40.7
15.30	5.12	25.3	9.68	37.6
16.30	6.15	38.1	7.77	41.9

ตารางที่ 19 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวโทรลของกลุ่มที่ 3

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD_{IN} (%)	กระแส (A)	THD_{IN} (%)
ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์				
8.30	13.46	84.3	18.69	85.7

ตารางที่ 19 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD _{IN} (%)	กระแส (A)	THD _{IN} (%)
ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)				
9.30	15.88	87.6	19.36	87.4
10.30	18.99	80.2	20.85	81
11.30	20.72	74.4	20.6	81.8
12.30	20.72	71.8	20.72	79.6
13.30	18.79	86.4	19.61	88.4
14.30	18.99	87.8	19.98	84.9
15.30	18.22	87.8	19.48	87.8
16.30	16.21	85.5	18.84	85.5
ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป				
8.30	11.38	61.1	11.66	61.9
9.30	11.95	60.6	11.38	61.1
10.30	19.86	93.3	20.48	93.2
11.30	19.61	93.6	19.86	93.3
12.30	20.1	93.7	19.73	92.9
13.30	19.86	92.5	19.73	92.9
14.30	20.23	93.5	20.1	91.7
15.30	20.85	92.5	18.23	93.3
16.30	20.48	93.2	19.86	92.5
ศูนย์บริการ Edutainment Zone				
8.30	15.03	46.4	14.2	83.6
9.30	12.76	85.8	14.25	85.6
10.30	15.23	76.1	16.89	82
11.30	13.37	86.8	14.43	84.3
12.30	14.3	82.3	15.09	85.9
13.30	15.19	77.1	16.84	76.8
14.30	14.96	84	17.59	77.2
15.30	13.6	85.4	17.17	75
16.30	14.55	84.3	13.78	86.5

ตารางที่ 20 ข้อมูลปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรอลของกลุ่มที่ 4

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD_{IN} (%)	กระแส (A)	THD_{IN} (%)
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโพรเซสเซอร์				
8.30	9.98	58.9	9.24	58.1
9.30	9.23	59.3	9.11	58.1
10.30	9.35	59.2	10.08	60
11.30	10.04	58	10.23	59.3
12.30	9.98	59.7	9.76	62.1
13.30	9.54	59.5	10.23	61.1
14.30	9.43	60.1	10.41	59.0
15.30	9.23	60.2	9.66	62.4
16.30	9.21	60.4	9.78	61.4
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์				
8.30	12.81	80.9	12.9	80.3
9.30	12.59	79.5	12.75	80.3
10.30	12.74	78.6	13.48	78.4
11.30	12.45	81	12.18	80.7
12.30	3.83	38	12.27	80.5
13.30	12.05	80.4	12.26	78.5
14.30	12.47	80.5	12.02	80
15.30	12.19	81.1	12.08	80.6
16.30	12.99	79.3	12.67	79.7
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง				
8.30	10.44	47.4	8.64	38.9
9.30	9.94	49.1	8.98	38.7
10.30	10.5	48	9.08	38.4
11.30	10.25	48.7	8.75	38.4
12.30	9.01	49.1	8.67	37.4
13.30	9.96	37.3	8.73	38.5
14.30	9.26	37.9	9.67	37.3
15.30	8.2	38.1	10.35	48.9

ตารางที่ 20 (ต่อ)

เวลา (น.)	วันที่ 1		วันที่ 2	
	กระแส (A)	THD _{IN} (%)	กระแส (A)	THD _{IN} (%)
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง (ต่อ)				
16.30	9.36	37.7	10.31	48
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง				
8.30	7.65	36	7.41	36
9.30	8.86	34.4	8.23	34.3
10.30	8.68	34.9	8.28	34.2
11.30	7.89	36.1	8.19	34.6
12.30	8.35	34.5	7.21	36.2
13.30	8.09	35.5	7.54	36.1
14.30	6.15	38.1	8.26	34
15.30	8.39	35.5	8.31	34.3
16.30	7.15	36.3	7.88	35.9
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง				
8.30	6.21	20.1	5.24	22.3
9.30	6.18	20.3	6.12	19.6
10.30	6.12	20.4	6.12	19.7
11.30	6.12	20.2	6.09	20.4
12.30	5.28	22.7	5.31	22.6
13.30	6.12	20.3	6.15	19.3
14.30	6.09	20.8	5.21	22.9
15.30	6.15	20.1	6.24	19.1
16.30	6.15	20.3	6.28	19.4

4. สรุปข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์

โดยใช้แบบระบบไฟฟ้าวงจรร้อยเพื่อเป็นข้อมูลการสำรวจจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นที่มีใช้งานเป็นประจำในแต่ละวัน มาใช้ประกอบกับผลการตรวจวัดปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในแต่ละกลุ่ม ซึ่งสามารถเปรียบเทียบจำนวนการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นรวมถึงปริมาณค่าความผิดเพี้ยน

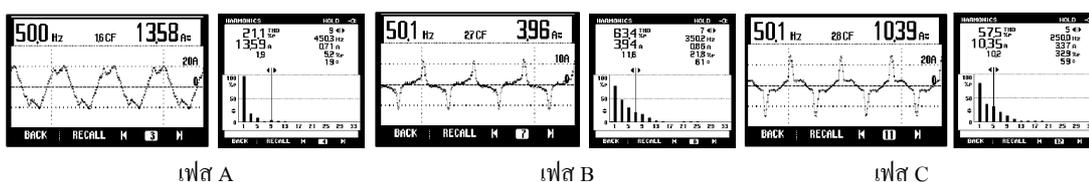
กระแสฮาร์โมนิกรวม (THD_r) ในแต่ละวันได้ และข้อมูลการตรวจวัดปริมาณค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกทั้งกลุ่มที่ 4 สามารถพิจารณาค่าปริมาณค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกรวมในสายนิวทรอล (THD_N) ที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นข้อมูลการใช้งานในปัจจุบันที่ได้ไปสำรวจมา

การวิเคราะห์ข้อมูล

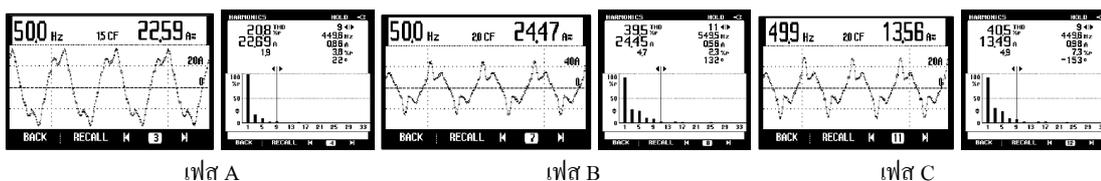
1. การวิเคราะห์ผลการตรวจวัดปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกรวม

จากการวิเคราะห์ผลการวัดปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกรวม (THD_r) ในแต่ละเฟส พบว่า มีค่ากระแสและปริมาณ THD_r แตกต่างกัน เนื่องจากการวัดในช่วงเวลาสั้นๆ และมีการใช้งานอุปกรณ์แต่ละช่วงเวลาไม่แน่นอน ดังนั้นจากกรณีศึกษาและวิเคราะห์แหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกจึงพิจารณาข้อมูลจากการตรวจวัดที่มีผลกระทบของปริมาณ THD_r ที่ส่งผลกระทบต่อในเฟสต่างๆ มากที่สุด และตรวจสอบค่าดังกล่าวว่าอยู่ในเกณฑ์ขีดจำกัดข้อบังคับมาตรฐานฮาร์โมนิกหรือไม่ ซึ่งสามารถแสดงผลของรูปคลื่นและฮาร์โมนิกสเปกตรัมของกระแสในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

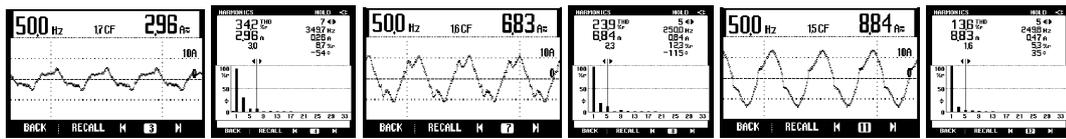
1.1 ข้อมูลรูปคลื่นกระแสและฮาร์โมนิกสเปกตรัมของ กลุ่มที่ 1 ดังแสดงภาพที่ 7 – 15



ภาพที่ 7 รูปคลื่นกระแสและฮาร์โมนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (บริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ)



ภาพที่ 8 รูปคลื่นกระแสและฮาร์โมนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (เลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา)

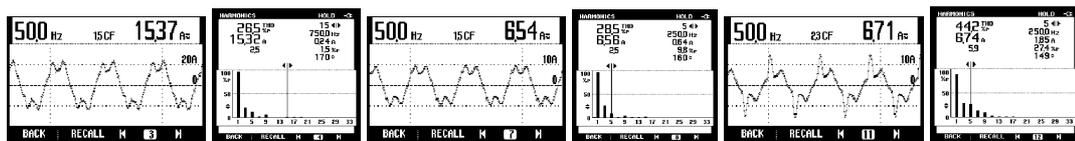


เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 9 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ฝ่ายบริหาร)

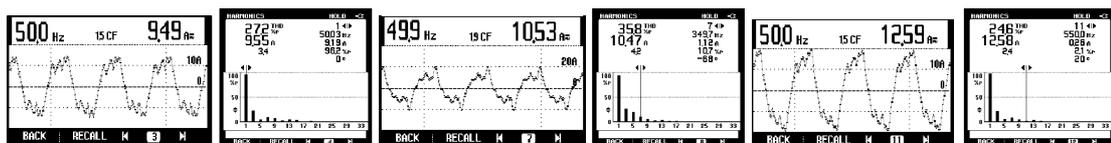


เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 10 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (สาขาสงเกต)

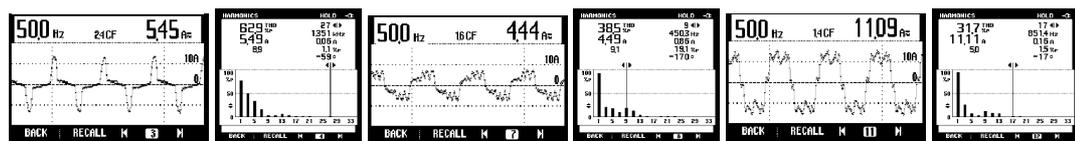


เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 11 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (เลขานุการ วศ.)

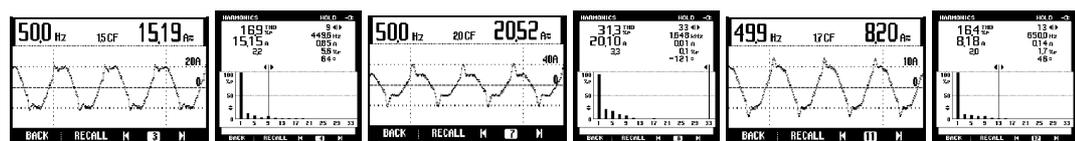


เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 12 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ฝ่ายบริหารและห้องประชุม)

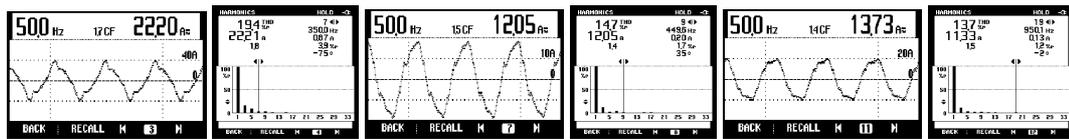


เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 13 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ตรวจรักษาสัตว์)

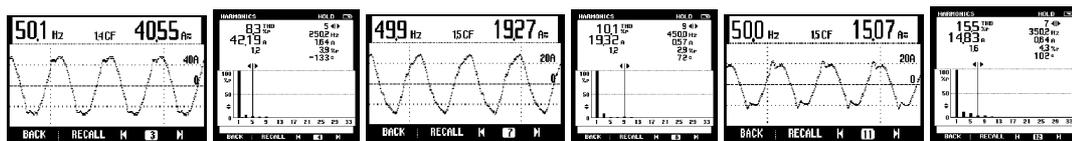


เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 14 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นสัตว์)



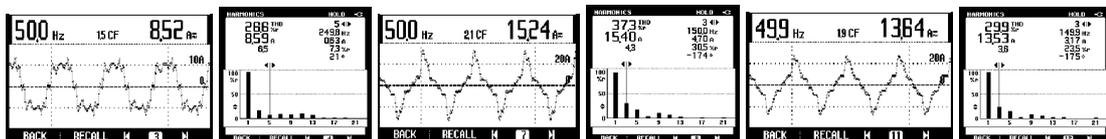
เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 15 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี)

1.2 ข้อมูลรูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของ กลุ่มที่ 2 ดังแสดงภาพที่ 16 – 20 ตามลำดับ

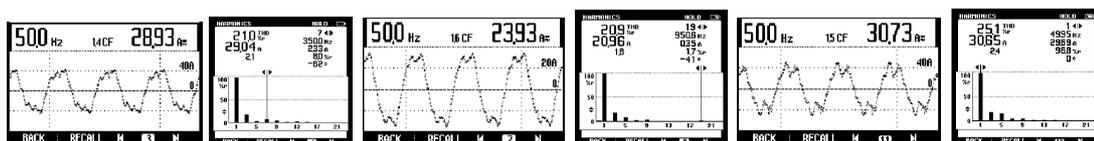


เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 16 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของบริการทั่วไป (สำนักหอสมุด) และสำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ

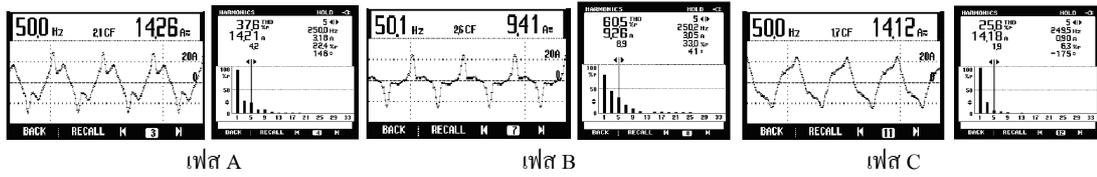


เฟส A

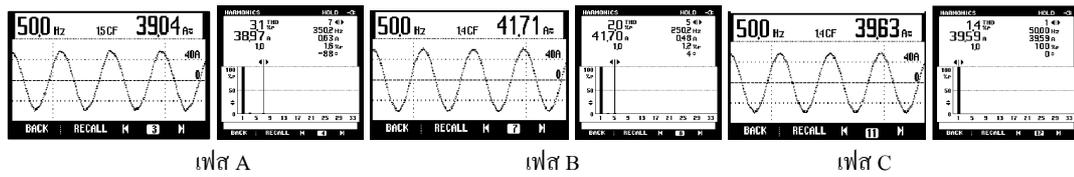
เฟส B

เฟส C

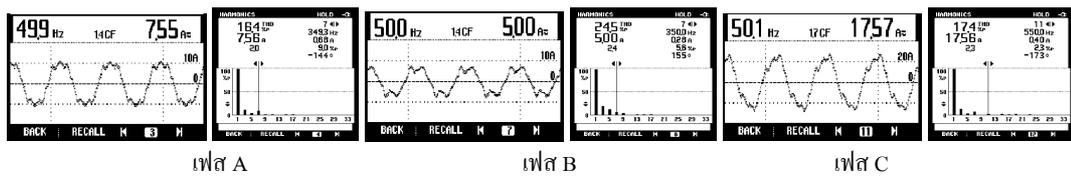
ภาพที่ 17 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ



ภาพที่ 18 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ

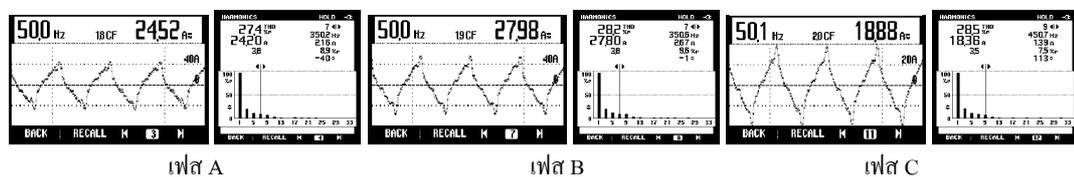


ภาพที่ 19 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ

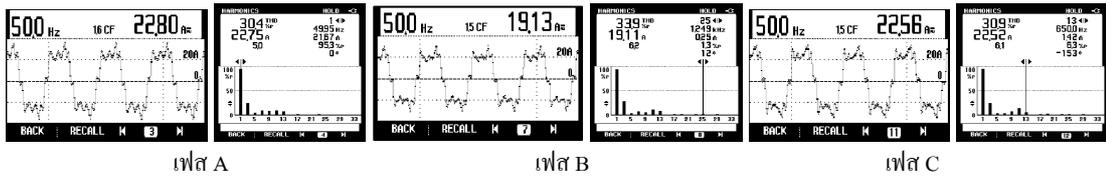


ภาพที่ 20 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย

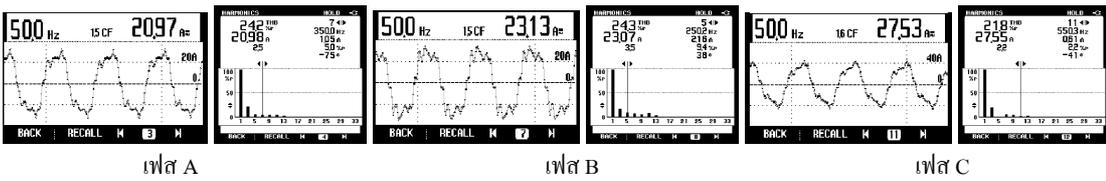
1.3 ข้อมูลรูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของ กลุ่มที่ 3 ดังแสดงภาพที่ 21 – 23 ตามลำดับ



ภาพที่ 21 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการคอมพิวเตอร์

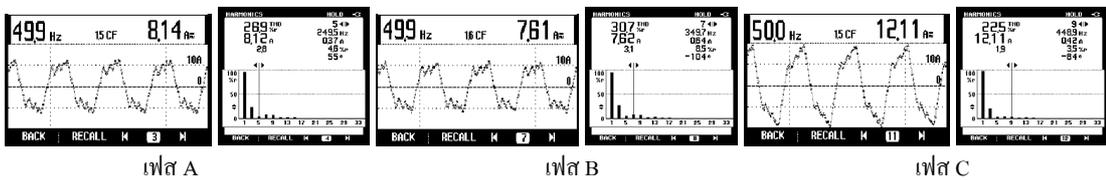


ภาพที่ 22 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป

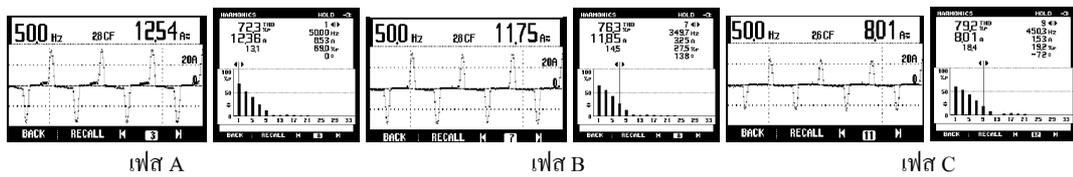


ภาพที่ 23 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการ Edutainment Zone

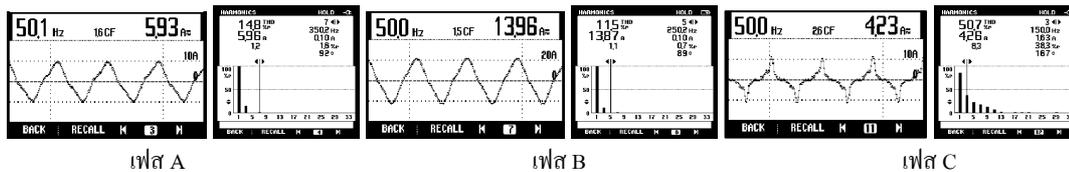
1.4 ข้อมูลรูปคลื่นและกระแสฮาร์มอนิกสเปกตรัมของ กลุ่มที่ 4 ดังแสดงภาพที่ 24 – 28 ตามลำดับ



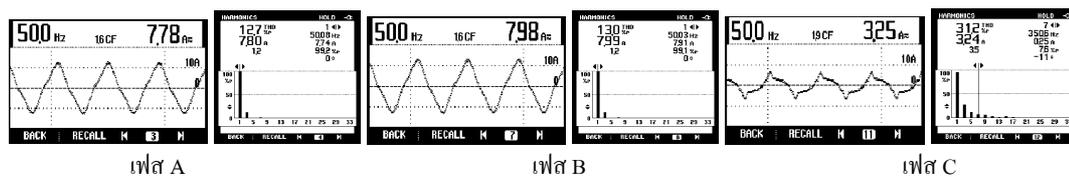
ภาพที่ 24 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าและห้องไมโครโปรเซสเซอร์



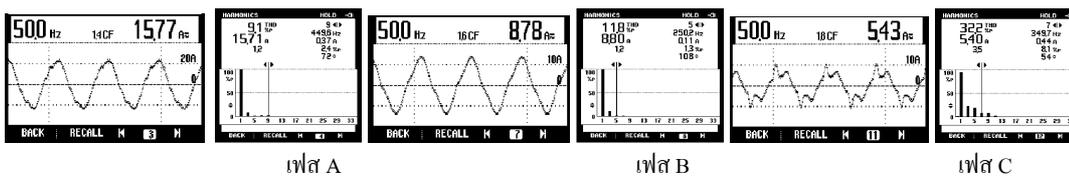
ภาพที่ 25 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 26 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง



ภาพที่ 27 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง



ภาพที่ 28 รูปคลื่นกระแสและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง

จากตารางที่ 21 แสดงข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด เมื่อพิจารณาผลของปริมาณฮาร์มอนิกในเฟสต่างๆ พบว่ามีค่ากระแสรวมและ%THD_rแตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มที่ 1 ถ้าเป็นสำนักงานประเภทบริการการศึกษาฯ, เลขานุการ บว.ฯ, ฝ่ายบริหาร, สารสนเทศ, เลขานุการ วศ., ฝ่ายบริหารและห้องประชุม (แสดงดังภาพที่ 29) ซึ่งมีลักษณะการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร, UPS, เครื่องปลั๊กเตอร์, เครื่องสแกนเนอร์, เครื่องทำลายเอกสาร และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยเฉพาะสำนักงาน (เลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา) มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนมาก ซึ่งพบว่าจำนวนในเฟส A ปลั๊กเตอร์ 3 เครื่อง, คอมพิวเตอร์ 5 เครื่อง, UPS(525VA) 1 เครื่อง เฟส B ปลั๊กเตอร์ 5 เครื่อง, คอมพิวเตอร์ 11 เครื่อง, UPS(525VA) 3 เครื่อง และเฟส C ปลั๊กเตอร์ 3 เครื่อง, คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง, UPS(525VA) 1 เครื่อง เป็นต้น ส่วนอุปกรณ์แสงสว่างใช้งานมากในเฟส A, เฟส B และเฟส C ตามลำดับ ทำให้ปริมาณ%THD_r มีค่าสูงกว่าขีดจำกัดในแต่ละเฟส

ตารางที่ 21 สรุปปริมาณกระแสและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม กลุ่มที่ 1- 4

อุปกรณ์ประเภท	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	กระแส(A)	THD _i (%)	กระแส(A)	THD _i (%)	กระแส(A)	THD _i (%)
กลุ่มห้องสำนักงาน						
สำนักงาน (บริการการศึกษา ฯ)	13.59	21.1*	3.94	63.4*	10.35	57.5*
สำนักงาน (เลขานุการ บว.ฯ)	22.69	20.8*	24.45	39.5*	13.49	40.5*
สำนักงาน (ฝ่ายบริหาร)	2.96	34.2*	6.84	23.9*	8.83	13.6
สำนักงาน (สารสนเทศ)	15.32	26.5*	6.56	28.5*	6.74	44.2*
สำนักงาน (เลขานุการ วศ.)	9.55	27.2*	10.47	35.8*	12.58	24.6*
สำนักงาน (ฝ่ายบริหาร ฯ)	5.49	62.9*	4.49	38.5*	11.11	31.7*
สำนักงาน (ตรวจรักษาสัตว์)	15.15	16.9	20.1	31.3*	8.18	16.4
สำนักงาน(ห้องผ่าตัด ฯ)	22.21	19.4	12.05	14.7	11.33	13.7
สำนักงาน (ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี)	42.19	8.3	19.32	10.1	14.83	15.5
กลุ่มห้องที่ใช้งานร่วมกัน						
บริการทั่วไป, สำนักงาน ฯ	8.59	26.6*	15.4	37.3*	13.53	29.9*
ห้องบรรยาย, สำนักงาน ฯ	29.04	21.0*	20.96	20.9*	30.65	25.1*
ห้องคอมพิวเตอร์, สำนักงาน ฯ	14.21	37.6*	9.26	60.5*	14.18	25.6*
ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ	38.97	3.1	41.7	2.0	39.59	1.4
ห้องพักอาจารย์, บรรยาย	7.56	16.4	5.0	24.5*	17.56	17.4
กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์						
ศูนย์คอมพิวเตอร์	24.2	27.4*	27.8	28.2*	18.36	28.5*
บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป	22.75	30.4*	19.11	33.9*	22.52	30.9*
บริการ Edutainment Zone	20.98	24.2*	23.07	24.3*	27.55	21.8*
กลุ่มห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการ						
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ฯ	8.12	26.9*	7.62	30.7*	12.11	22.5*
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	12.36	72.3*	11.85	76.3*	8.01	79.2*
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง	5.96	14.8	13.87	11.5	4.26	50.7*
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง	7.8	12.7	7.99	13.0	3.24	31.2*
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง	15.71	9.1	8.8	11.8	5.4	32.2*

หมายเหตุ * แสดงว่าเกินขีดจำกัดข้อบังคับมาตรฐานฮาร์มอนิกที่ I<40A, THD = 20% และ

40A ≤ I<400A, THD = 15%

ซึ่งแตกต่างกับสำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นสัตว์, ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี(ภาพที่ 29) ปริมาณ %THD_r จะมีค่าน้อย เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้งานประกอบด้วยอุปกรณ์แสงสว่าง, ตู้แช่เย็น, กล้องจุลทรรศน์ และมีการใช้งานคอมพิวเตอร์จำนวนน้อยจึงทำให้ปริมาณ %THD_r มีค่าน้อยกว่าขีดจำกัด ซึ่งปริมาณ %THD_r ที่เกิดขึ้น เมื่อสังเกตจะพบว่าถ้ากระแสที่ความถี่หลักมูล (50Hz) มีค่าสูงปริมาณ %THD_r จะต่ำกว่ากระแสที่มีความถี่หลักมูลต่ำ



ภาพที่ 29 ลักษณะของสำนักงานประเภทห้องบริการการศึกษา, ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี

กลุ่มที่ 2 เมื่อพิจารณาห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ (ตามภาพที่ 30) พบว่า ในแต่ละเฟสมีค่ากระแสสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากมีลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ประเภทซักล้างด้วยเครื่อง, เครื่องอบและฆ่าเชื้อ รวมถึงอุปกรณ์แสงสว่าง ซึ่งพบว่าปริมาณ %THD_r ที่วัดได้มีค่าน้อยมาก เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้งานหลักไม่ใช่แหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกและมีค่ากระแสที่ความถี่หลักมูลสูง



ภาพที่ 30 ลักษณะของสำนักงาน (ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)

ส่วนห้องพักอาจารย์และห้องบรรยายพบว่า บางเฟสมีการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซ์ซึ่ง จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานในเฟส A, เฟส C อุปกรณ์ส่วนใหญ่เป็นแสงสว่าง และในเฟส B ปลั๊กเตอร์ 1 เครื่อง, คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องค่าปริมาณ %THD_r ที่เกิดขึ้นคือ ในเฟส A เท่ากับ 16.4%, เฟส B เท่ากับ 24.5% และเฟส C เท่ากับ 17.4% ตามลำดับ สำหรับส่วนอื่นๆ พบว่าเมื่อมีการ

ใช้งานอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สำนักงานต่างๆ ทำให้ปริมาณ %THD_r มีค่าสูง ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดกระแสฮาร์โมนิกโดยเฉพาะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จำนวนมากซึ่งพบว่าอุปกรณ์เหล่านี้จะสร้างกระแสฮาร์โมนิกที่สูงมาก โดยเฉพาะกระแสฮาร์โมนิกอันดับสาม (Triple Harmonic) ซึ่งในกลุ่มนี้มีค่าปริมาณ %THD_r สูงกว่าขีดจำกัดทั้งหมด และเมื่อพิจารณาศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป (ในภาพที่ 31) ซึ่งพบว่ามีอุปกรณ์เต้ารับที่ใช้งานกับคอมพิวเตอร์และยังมีการใช้งานหลอดไฟชนิดที่มีบัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์จึงทำให้ปริมาณ %THD_r สูงกว่าศูนย์คอมพิวเตอร์ที่มีการใช้งานคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 31 ลักษณะศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป (สำนักหอสมุด)

กลุ่มที่ 4 จะเห็นว่าปริมาณ %THD_r ของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีค่าสูงกว่าห้องปฏิบัติการวางจรรยาไฟฟ้า ฯ ทั้งนี้เนื่องจากประเภทอุปกรณ์ที่ใช้งานในเฟส A คอมพิวเตอร์ 15 เครื่อง, อุปกรณ์ฉายสไลด์ 1 เครื่อง เฟส B คอมพิวเตอร์ 15 เครื่อง และเฟส C คอมพิวเตอร์ 11 เครื่อง ผลที่ตามมาคือทำให้ในแต่ละเฟสมีค่าปริมาณ %THD_r สูงมาก เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดกระแสฮาร์โมนิกโดยตรง



ภาพที่ 32 ลักษณะของห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการวางจรรยาไฟฟ้าและห้องคอมพิวเตอร์

สำหรับห้องบรรยาย 100, 200 และ 300 ที่นั่ง ในเฟส A และเฟส B อุปกรณ์ที่ใช้งานเป็นอุปกรณ์แสงสว่าง ส่วนเฟส C เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกับเต้ารับ ดังนั้นปริมาณ %THD_r ในเฟส C จึงมีค่าสูงกว่าเฟส A และเฟส B สำหรับกลุ่มนี้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก ได้แก่ Analog Oscilloscope, Digital Multimeter, ชุดทดลอง RLC, คอมพิวเตอร์และเครื่องฉายสไลด์ แสดงในภาพที่ 32

2. การวิเคราะห์ผลการตรวจวัดปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม

สำหรับผลการตรวจวัดปริมาณค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม (THD_v) พบว่าในกรณีที่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนมาก เป็นผลให้ในเฟสต่างๆ มีค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวมในปริมาณสูงกว่าขีดจำกัดและทำให้เกิดกระแสไหลในสายตัวนำนิวทอลที่สูงแล้ว ยังส่งผลทำให้ค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวมในเฟสต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีค่า %THD_v ที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ระหว่าง 1.1% - 2.3% อย่างไรก็ตามจากผลการตรวจวัดปริมาณ %THD_v อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ที่ระดับแรงดัน 400V, $THD_v = 5\%$ ดังนั้นสามารถเปรียบเทียบข้อมูลค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวมของกลุ่มที่ 1, กลุ่มที่ 2, กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 ได้ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 สรุปปริมาณแรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม กลุ่มที่ 1-4

อุปกรณ์ประเภท	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน(V)	THD _r (%)	แรงดัน(V)	THD _r (%)	แรงดัน(V)	THD _r (%)
กลุ่มห้องสำนักงาน						
สำนักงาน (บริการการศึกษา ๑)	237.4	1.6	240.3	1.6	239.9	1.8
สำนักงาน (เลขานุการ บว.๑)	237.3	1.7	239	1.8	238.6	1.7
สำนักงาน (ฝ่ายบริหาร)	238.1	1.4	240.3	1.4	239.9	1.2
สำนักงาน (สารสนเทศ)	239.5	1.5	239.4	1.5	240.4	1.6
สำนักงาน (เลขานุการ วศ.)	225.9	1.7	225.9	1.6	224.9	1.6
สำนักงาน (ฝ่ายบริหาร ๑)	222.9	1.6	224.9	1.6	224.5	1.7
สำนักงาน (ตรวจรักษาสัตว์)	224.5	1.4	225.1	1.5	224.8	1.4
สำนักงาน(ห้องผ่าตัด ๑)	225.3	1.4	227.3	1.3	226.9	1.3
สำนักงาน (ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี)	227.3	1.2	229.4	1.2	228.7	1.3

ตารางที่ 22 (ต่อ)

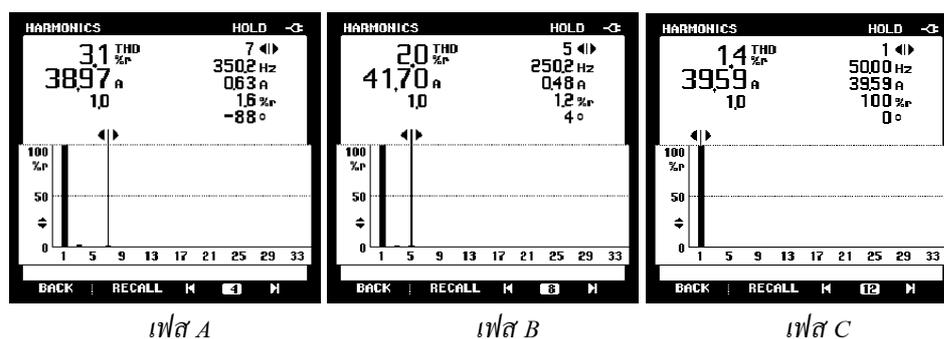
อุปกรณ์ประเภท	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน(V)	THD _v (%)	แรงดัน(V)	THD _v (%)	แรงดัน(V)	THD _v (%)
กลุ่มห้องสำนักงานและห้องอื่นๆ ที่ใช้งานรวมกัน						
บริการทั่วไป, สำนักงาน ฯ	223.9	1.7	226.8	1.8	223.9	1.7
ห้องบรรยาย, สำนักงาน ฯ	225.5	1.4	225.4	1.4	224.6	1.5
ห้องคอมพิวเตอร์, สำนักงาน ฯ	225.9	1.6	226.8	1.5	224.9	1.5
ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ	225.8	1.2	227.9	1.2	227.4	1.2
ห้องพักอาจารย์, บรรยาย	227.2	1.4	228.6	1.6	227.7	1.6
กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์						
ศูนย์คอมพิวเตอร์	222.6	2.0	224.6	2.1	223.8	2.0
บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป	223.4	2.1	225.6	2.2	226	2.1
บริการ Edutainment Zone	223.8	1.9	225.4	1.8	224.6	1.8
กลุ่มห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการ						
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ฯ	226.7	1.5	225.2	1.6	223.1	1.5
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	225.3	2.0	227.2	2.0	227.2	2.1
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง	227.1	1.3	227.5	1.2	227.1	1.5
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง	225	1.2	227	1.2	226.7	1.4
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง	221.3	1.1	220	1.1	220.3	1.3

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์

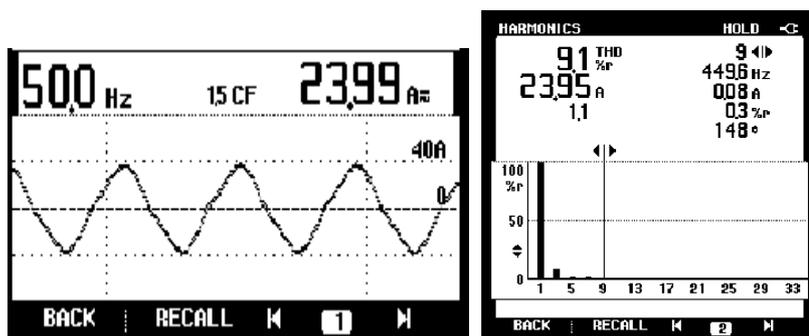
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลกระแสไฟฟ้าและค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม (THD_r) ในเฟสต่างๆ ของกลุ่มห้องสำนักงาน, กลุ่มห้องที่ใช้งานรวมกัน, กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ และกลุ่มห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการที่ใช้งานในอาคาร สามารถแยกการวิเคราะห์เป็น 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 กระแสไฟฟ้ารวมในแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกันที่มีค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวมน้อยกว่าขีดจำกัด จากตารางที่ 21 แสดงข้อมูลกระแสไฟฟ้ารวมและค่า $\%THD_r$ ในแต่ละกลุ่ม จากภาพที่ 33 แสดงฮาร์มอนิกสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าในเฟส A, เฟส B และเฟส C ที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งที่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น (กลุ่มที่ 2 ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)



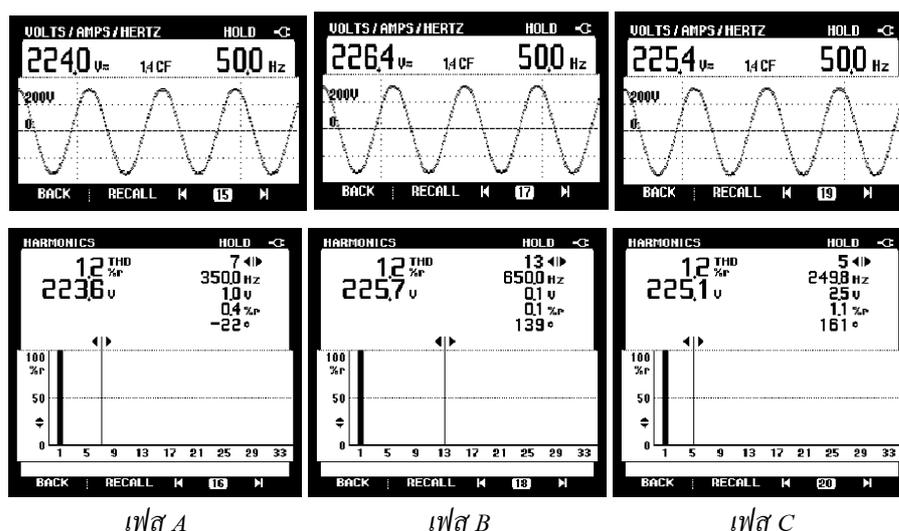
ภาพที่ 33 แสดงกระแสฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)

พบว่า ปริมาณ $\%THD_r$ ในแต่ละเฟสนี้น้อยกว่าขีดจำกัด ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานหลักส่วนใหญ่เป็นประเภทเชิงเส้นหรือที่ไม่ใช่แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซ์ ซึ่งจะเห็นว่ากระแสฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นในแต่ละอันดับมีค่าน้อยมาก ยกตัวอย่างเช่น กระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 ในเฟส A เท่ากับ 0.91 A ในเฟส B เท่ากับ 0.59 A และในเฟส C เท่ากับ 0.29 A



ภาพที่ 34 แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรัลของสำนักงาน (ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)

สำหรับกรณีนี้ เมื่อพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นในสายนิวทรัล พบว่า มีค่ากระแสไฟฟ้ารวมในสายนิวทรัลในปริมาณที่สูงแต่มีค่าปริมาณ %THD_{IN} ต่ำ (แสดงดังภาพที่ 34) โดยผลของสัญญาณรูปคลื่นกระแสไฟฟ้ามีลักษณะใกล้เคียงรูปคลื่นไซน์มาก (Sinusoidal Waveform) ซึ่งถ้าพิจารณาฮาร์มอนิกสเปกตรัมของกระแสในสายนิวทรัล จะพบว่า มีค่ากระแสฮาร์มอนิกในแต่ละอันดับน้อยมาก โดยเฉพาะกลุ่มกระแสฮาร์มอนิกอันดับศูนย์ (Triple Harmonic) คือ $I_3 = 2.11A$, $I_9 = 0.08A$, $I_{15} = 0.05A$, $I_{21} = 0.03A$ และอันดับอื่นๆ มีค่าน้อยลงตามลำดับ และมีค่ากระแสที่ความถี่หลักมูล (50 Hz) เท่ากับ 23.85A



เฟส A

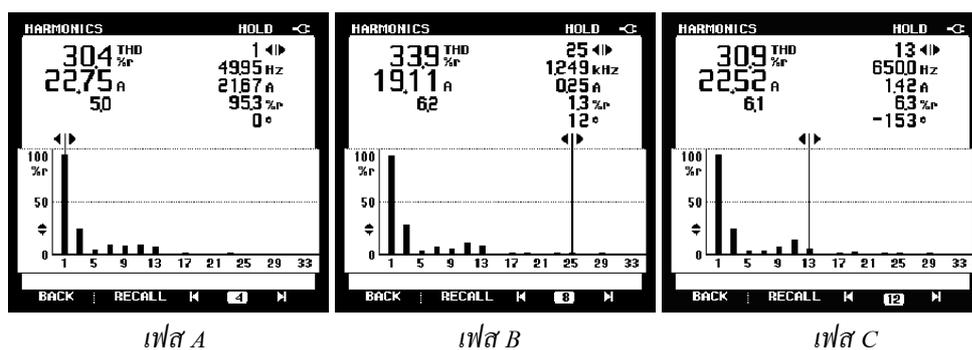
เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 35 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงาน (ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ)

ส่วนค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกรวม(THD_v) พบว่า ปริมาณ $\%THD_v$ ที่เกิดขึ้น จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์ของระบบ และขนาดของกระแสฮาร์โมนิกที่ความถี่ต่างๆ สำหรับกรณีนี้ผลกระทบของกระแสฮาร์โมนิกในอันดับต่างๆ มีค่าเกิดขึ้นน้อย ทำให้ปริมาณค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกรวมจึงมีค่าน้อย โดยที่ในเฟส A เท่ากับ 1.2% ในเฟส B เท่ากับ 1.2% และในเฟส C เท่ากับ 1.2% (แสดงดังภาพที่ 35)

กรณีที่ 2 กระแสไฟฟ้ารวมในแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกันที่มีค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกสูงกว่าขีดจำกัด กรณีนี้จะพบมากเมื่อในระบบไฟฟ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทไม่เชิงเส้น (Nonlinear Load) จำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น กลุ่มที่ 3 (ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป) ซึ่งพบว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ดังนั้น ลักษณะการใช้งานของแต่ละเฟสจึงมีกระแสไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน (แสดงดังภาพที่ 36)

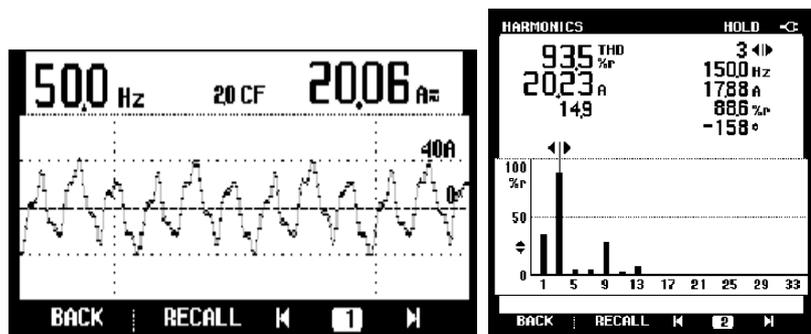


ภาพที่ 36 แสดงกระแสฮาร์โมนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป

จากฮาร์โมนิกสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้า ในเฟส A, ในเฟส B และในเฟส C พบว่า แหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จำนวนมาก ส่งผลให้ปริมาณ $\%THD_v$ ที่เกิดขึ้นในแต่ละเฟสมีค่าสูงกว่าขีดจำกัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 1 จะพบว่า กระแสฮาร์โมนิกในแต่ละอันดับมีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะกระแสฮาร์โมนิกที่มีผลกระทบสูงที่สุดคือ อันดับที่ 3 ในเฟส A เท่ากับ 5.57 A ในเฟส B เท่ากับ 5.47 A และในเฟส C เท่ากับ 5.54 A

จะเห็นว่ากรณีนี้ ถึงแม้ว่าจะมีการจัดโหลดให้แต่ละเฟสเกิดความสมดุลกัน แต่เนื่องจากว่า กระแสเฟสมีฮาร์โมนิกอันดับที่ 3 ที่สูง ทำให้เกิดกระแสนิวทรอลที่สูง และมีกระแสฮาร์โมนิกในปริมาณที่สูงมากอีกด้วย จากภาพที่ 37 แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและแสดงฮาร์โมนิกสเปกตรัม

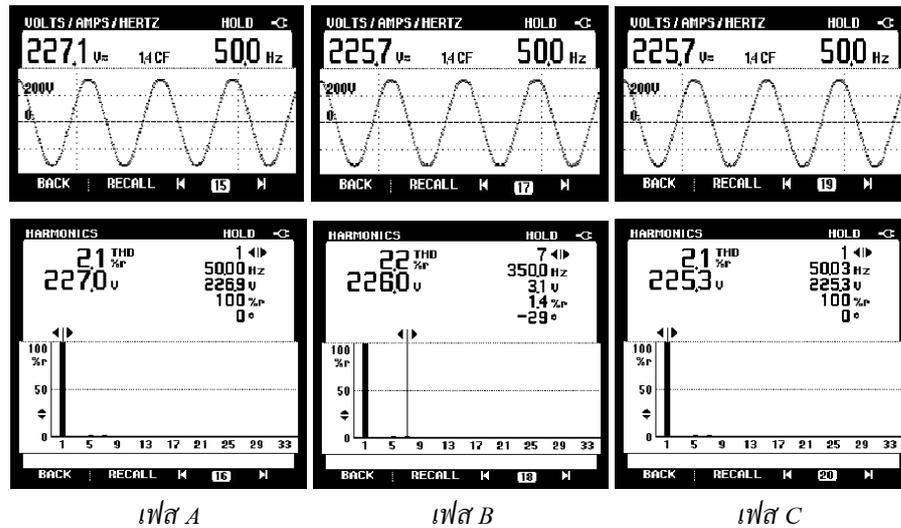
ของกระแสในสายนิวทรอล พบว่า มีสัญญาณรูปคลื่นที่ผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์มาก ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่ประกอบขึ้นจากผลรวมระหว่างสัญญาณความถี่หลักมูล(50 Hz) กับสัญญาณฮาร์มอนิก ดังนั้นสัญญาณที่ได้จึงมีรูปร่างผิดเพี้ยนต่างจากสัญญาณรูปคลื่นไซน์



ภาพที่ 37 แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรอลของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป

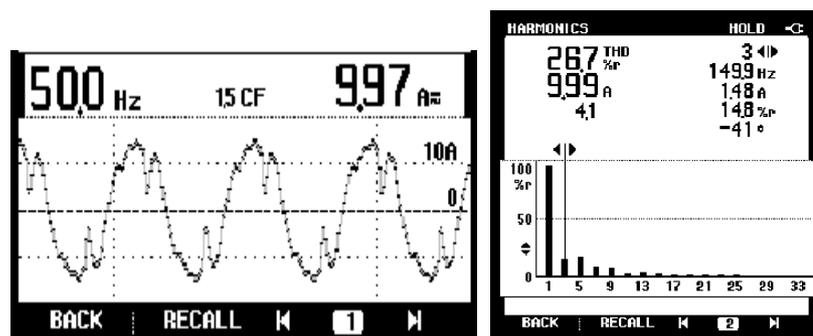
ส่วนฮาร์มอนิกสเปกตรัมของกระแสในสายนิวทรอล เมื่อพิจารณาในกลุ่มกระแสฮาร์มอนิกอันดับศูนย์ที่เกิดขึ้น $I_3 = 17.88A$, $I_9 = 5.64A$, $I_{15} = 0.21A$ และอันดับอื่นๆ มีค่าน้อยลงตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า กระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 ปนอยู่มาก แต่ในขณะที่ค่ากระแสที่ความถี่หลักมูล เท่ากับ $7.14A$ เมื่อเปรียบเทียบกับกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 จะมิก่าน้อยกว่ามาก ดังนั้น ทำให้เกิดค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมในสายนิวทรอลสูงมากคือ $THD_{IN} = 93.5\%$ เมื่อพิจารณาต่อไปอีกสำหรับกรณีนี้ ยังพบอีกว่า กระแสรวมที่เกิดขึ้นในสายนิวทรอล(20.23A) มีค่าสูงกว่ากระแสรวมในเฟส B (19.11A) อีกด้วย

สำหรับปริมาณค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม(THD_V) ที่เกิดขึ้นของเฟส A, เฟส B และเฟส C (แสดงดังภาพที่ 38) จะเห็นว่า เมื่อปริมาณของกระแสฮาร์มอนิกในแต่ละอันดับเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลทำให้ค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวมในเฟสต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยผลของการวัดในเฟส A, $THD_V = 2.1\%$ ในเฟส B, $THD_V = 2.2\%$ และในเฟส C, $THD_V = 2.1\%$ ตามลำดับ



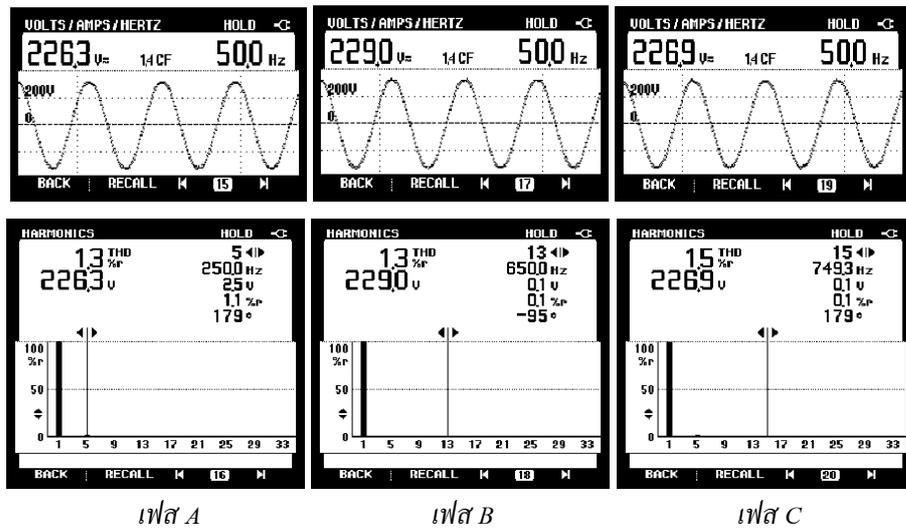
ภาพที่ 38 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและบริการทั่วไป

กรณีที่ 3 กระแสไฟฟ้ารวมในแต่ละเฟสมีค่าต่างกันที่มีค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิก รวมน้อยกว่าขีดจำกัด ซึ่งพบว่าจะแตกต่างจากกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 คือกระแสไฟฟ้ารวมในแต่ละเฟสมีค่าต่างกัน จากตารางที่ 21 เช่น กลุ่มที่ 1 (สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี) มีปริมาณ %THD_r ในแต่ละเฟสน้อยกว่าขีดจำกัด อันเนื่องมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานได้แก่ กล้องจุลทรรศน์, ตู้แช่เย็น และอุปกรณ์แสงสว่าง เป็นต้น



ภาพที่ 39 แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรอลของสำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี

จากภาพที่ 39 พบว่า สัญญาณรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าในสายนิวทรอลมีรูปคลื่นที่ผิดเพี้ยนจากสัญญาณรูปไซน์ไม่มากนัก และฮาร์มอนิกสเปกตรัมของกระแสที่เกิดขึ้นในแต่ละอันดับคือ $I_1 = 9.63 \text{ A}$, $I_3 = 1.48 \text{ A}$, $I_5 = 1.77 \text{ A}$, $I_7 = 0.85 \text{ A}$, $I_9 = 0.77 \text{ A}$ และอันดับอื่นๆ มีค่าน้อยลงตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า กระแสฮาร์มอนิกกลุ่มอันดับศูนย์จะมีค่าน้อย โดยผลของกระแสฮาร์มอนิกที่มีค่าสูงที่สุด จะเป็นกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อค่ากระแสที่ความถี่หลักมูลสูง ทำให้ปริมาณ $\%THD_{IN}$ มีค่าต่ำกว่าเมื่อมีกระแสที่ความถี่หลักมูลต่ำ

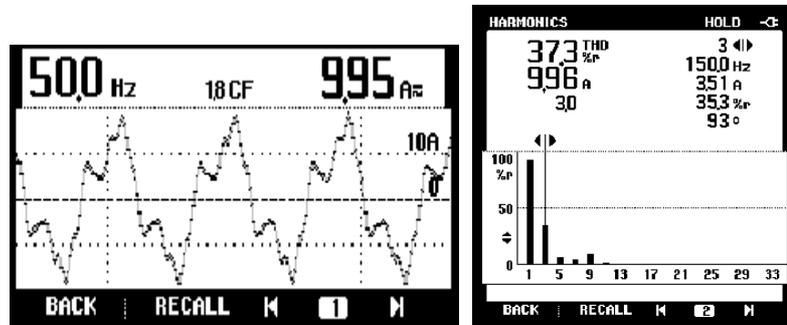


ภาพที่ 40 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของสำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี

จะเห็นว่าผลกระทบของปริมาณค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม (THD_V) กรณีที่กระแสรวมในแต่ละเฟสมีค่าต่างกัน (จ่ายภาระที่ไม่สมดุลกัน) ที่มีปริมาณ $\%THD_V$ น้อยกว่าขีดจำกัดพบว่า เมื่อปริมาณกระแสฮาร์มอนิกในแต่ละอันดับหรือที่ความถี่ต่างๆ มีค่าน้อยลง จะเห็นว่าปริมาณ $\%THD_V$ ในเฟสต่างๆ จึงมีค่าลดลงด้วย ผลจากการวัดในเฟส A เท่ากับ 1.3% ในเฟส B เท่ากับ 1.3% และเฟส C เท่ากับ 1.5% ตามลำดับ (แสดงดังภาพที่ 40)

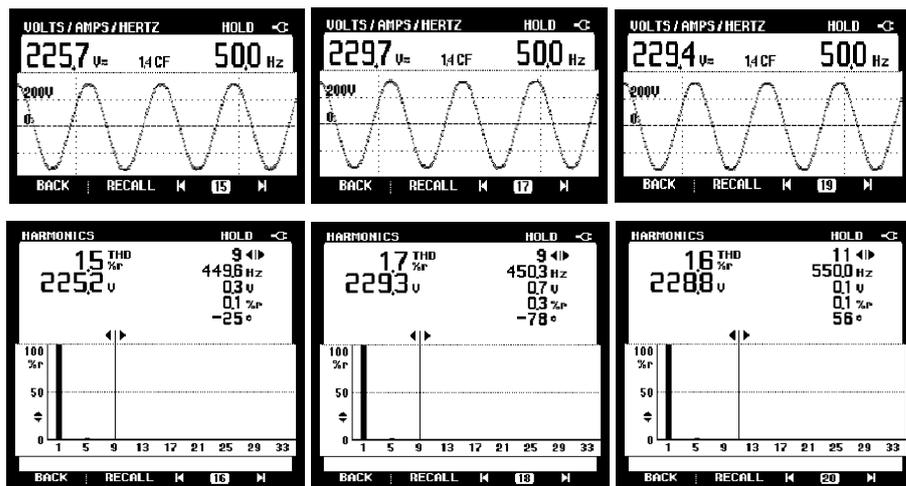
กรณีที่ 4 กระแสไฟฟ้ารวมในแต่ละเฟสมีค่าต่างกันที่มีค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวมสูงกว่าขีดจำกัดหรือเกินขีดจำกัดบางเฟส จากตารางที่ 21 พบว่า กลุ่มที่ 2 (ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย) มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นในแต่ละเฟสแตกต่างกัน จะเห็นว่าในเฟส B อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิก ทำให้มี

ปริมาณ %THD_r สูงกว่าขีดจำกัด ซึ่งจะแตกต่างกับเฟส A และเฟส C ที่มีค่าปริมาณ %THD_r น้อยกว่าขีดจำกัด



ภาพที่ 41 แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมในสายนิวทรัลของห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย

จากภาพที่ 41 แสดงผลกระทบของสัญญาณรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัล พบว่ามีรูปคลื่นที่ผิดเพี้ยนจากรูปคลื่นไซน์ ซึ่งฮาร์มอนิกสเปกตรัมที่เกิดขึ้น จะเห็นว่ามีค่ากระแสในแต่ละอันดับ คือ $I_1 = 9.25A, I_3 = 3.51A, I_5 = 0.66A, I_7 = 0.45A, I_9 = 0.88A$ และอันดับอื่นๆ มีค่าน้อยลงตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า กระแสฮาร์มอนิกกลุ่มอันดับศูนย์จะมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกระแสฮาร์มอนิกอันดับอื่นๆ โดยผลของกระแสฮาร์มอนิกที่ปนอยู่มากคือ อันดับที่ 3 และอันดับที่ 9



เฟส A

เฟส B

เฟส C

ภาพที่ 42 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและฮาร์มอนิกสเปกตรัมของห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย

เมื่อพิจารณาปริมาณแรงดันฮาร์โมนิกจากภาพที่ 42 จะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 3 (% THD_v มีค่าน้อยกว่าขีดจำกัด) พบว่าแรงดันฮาร์โมนิกรวมมีค่าสูงกว่าอันเนื่องมาจากผลกระทบของฮาร์โมนิก โดยในเฟส A $THD_v = 1.5%$ ในเฟส B $THD_v = 1.7%$ และในเฟส C $THD_v = 1.6%$

สรุปผลกรณีที่ 1 พบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานส่วนใหญ่เป็นประเภทแบบเชิงเส้น จะเห็นว่าลักษณะกระแสรวมที่เกิดขึ้นทำให้ทราบว่ามีการกระจายการใช้งานของอุปกรณ์ประเภทเชิงเส้นและไม่ใช่เชิงเส้นให้เกิดความสมดุลกันจึงทำให้ปริมาณ % THD_v ในแต่ละเฟสมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัด ซึ่งไม่ก่อให้เกิดปัญหาฮาร์โมนิกในระบบไฟฟ้าและทำให้คุณภาพไฟฟ้าโดยรวมของอาคารทำงานไม่ผิดพลาดอีกด้วย สำหรับในกรณีนี้จึงไม่ต้องดำเนินการแก้ไข

สรุปผลกรณีที่ 2 พบว่า เมื่อมีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติโหลดประเภทไม่ใช่เชิงเส้น (Nonlinear Load) เช่น คอมพิวเตอร์จำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซ์ซิ่ง (Switch-Mode Power Supply) ทำให้เกิดแหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกขึ้นในระบบไฟฟ้าในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 3 (3rd Order Harmonic Current) ถึงแม้ว่าลักษณะการใช้งานจะมีการจัดโหลดให้แต่ละเฟสมีความสมดุลกันก็ตาม เพื่อทำให้กระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัลจะได้มีค่าเป็นศูนย์ แต่เนื่องจากว่าปริมาณกระแสฮาร์โมนิกที่พบในในแต่ละอันดับของเฟสต่างๆ ทำให้เกิดการรวมตัวของกระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัลไม่เป็นศูนย์ และมีกลุ่มกระแสฮาร์โมนิกอันดับศูนย์ในปริมาณที่สูงมาก ดังนั้น กรณีนี้อาจต้องป้องกันด้วยการติดตั้งอุปกรณ์กรองฮาร์โมนิก (Harmonic Filters) เพื่อลดค่ากระแสโดยเฉพาะอันดับที่ 3

สรุปผลกรณีที่ 3 (กลุ่มที่ 1, ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี, ห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นสัตว์) สำหรับค่าปริมาณ % THD_v ที่วัดได้ในแต่ละเฟสนั้นบางเฟสอยู่ในระดับเกือบถึงขีดจำกัดและมีแนวโน้มอาจจะเกินขีดจำกัดได้ ทั้งนี้เนื่องจากโหลดที่เป็นแหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกเหล่านี้จะเป็นโหลดขนาดเล็กๆ จะเพิ่มขึ้นตามความต้องการใช้งาน โดยเฉพาะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์โดยปราศจากการควบคุมปริมาณฮาร์โมนิก ดังนั้นทางป้องกันปัญหาจากฮาร์โมนิกควรปรับปรุงโดยการกระจายการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นประเภทเชิงเส้นและไม่ใช่เชิงเส้นให้เกิดความสมดุลกันและควรเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องระมัดระวังถึงผลกระทบจากฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นด้วย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาฮาร์โมนิกในระบบไฟฟ้าตามมา

สรุปผลกรณีที่ 4 จะเห็นว่าในกรณีนี้พบมากที่สุด โดยปกติการออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้า จะถูกออกแบบให้แต่ละเฟสมีความสมดุลกัน แต่เนื่องจากว่าลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้งที่เป็นประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นของห้องต่างๆในอาคาร มีจำนวนการใช้งานที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณกระแสไฟฟ้ารวมและปริมาณ % THD_I ในเฟสต่างๆ มีค่าต่างกัน สำหรับกรณีที่ กระแสไฟฟ้ารวมในแต่ละเฟสมีค่าต่างกันที่มีปริมาณ % THD_I สูงกว่าขีดจำกัดหรือเกินขีดจำกัดบาง เฟส สามารถปรับปรุงและแก้ไขโดยการกระจายอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น ให้เกิดสมดุลกัน เพื่อให้ปริมาณ % THD_I ลดลง อย่างไรก็ตาม สำหรับกรณีที่แก้ไขด้วยวิธี ดังกล่าวแล้วยังพบว่าปริมาณ % THD_I เกินขีดจำกัดอยู่ อาจต้องป้องกันด้วยการติดตั้งอุปกรณ์กรอง ฮาร์มอนิกเพื่อควบคุมปริมาณ % THD_I ให้อยู่ในระดับขีดจำกัดและมาตรฐานที่เหมาะสม

สรุปผลปริมาณค่าแรงดันฮาร์มอนิกรวม (THD_V) ทั้ง 4 กรณี จากพื้นที่กลุ่มห้องสำนักงาน, กลุ่มห้องที่ใช้งานรวมกัน, กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ และกลุ่มห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการที่ใช้ งานในอาคาร แสดงให้เห็นว่า การติดตั้งโหลดไฟฟ้าประเภทไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Load) เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากในระบบไฟฟ้า นอกจากทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกในแต่ละอันดับ สูงแล้ว ยังส่งผลให้ปริมาณ % THD_V เพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย อย่างไรก็ตาม จากการตรวจวัด ปริมาณ % THD_V พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

วิจารณ์

จากการวิเคราะห์ผลการสำรวจแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกจากพื้นที่ตัวอย่างที่มีลักษณะการใช้ งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น พบว่ากลุ่มกระแสฮาร์มอนิกที่มี ผลกระทบต่อสายนิวทรัลมากที่สุดคือ กระแสฮาร์มอนิกที่มีอันดับเป็นจำนวนเท่าของสามหรือ เรียกว่า กระแสฮาร์มอนิกกลุ่มอันดับศูนย์ (3, 9, 15, 21...) ซึ่งผลการเปรียบเทียบค่ากระแสฮาร์ มอนิกอันดับที่ 3 ในสายนิวทรัลของกลุ่มที่ 1, กลุ่มที่ 2, กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 ได้ผลสรุปดังตารางที่ 24 ดังนี้

จากตารางที่ 24 แสดงข้อมูลการสำรวจกระแสฮาร์มอนิกในสายนิวทรัล ถ้าหากแบ่ง ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าจากพื้นที่ตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มห้องสำนักงาน, กลุ่ม ห้องที่ใช้งานรวมกัน, กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ และกลุ่มห้องบรรยาย, ห้องปฏิบัติการ จะเห็นว่า กลุ่มห้องสำนักงานพบ % THD_{IN} อยู่ระหว่าง 26.7% - 74% กลุ่มห้องที่ใช้งานรวมกันพบ % THD_{IN} อยู่

ระหว่าง 9.1% - 73.9% กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์พบ %*THD_{IN}* อยู่ระหว่าง 86.5% - 93.5% ส่วนกลุ่มห้องบรรยายประเภทต่างๆ จะพบ %*THD_{IN}* อยู่ระหว่าง 22.9% - 81%

ตารางที่ 24 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบกระแสฮาร์มอนิกในสายนิวทรัล กลุ่มที่ 1-4

อุปกรณ์ประเภท	กระแส (Amps)	<i>THD_{IN}</i> (%)	ฮาร์มอนิกอันดับที่ กระแสสูงสุด	กระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ สูงสุด (Amps)
กลุ่มห้องสำนักงาน				
สำนักงาน (บริการการศึกษา ๓)	9.49	67.3	3	5.68
สำนักงาน (เลขานุการ บว.๓)	19.36	74	3	13.23
สำนักงาน (ฝ่ายบริหาร)	5.74	34.2	3	1.78
สำนักงาน (สารสนเทศ)	7.18	54.3	3	3.59
สำนักงาน (เลขานุการ วศ.)	10.02	66.3	3	8.78
สำนักงาน (ฝ่ายบริหารและห้องประชุม)	9.32	56.8	3	4.65
สำนักงาน (ตรวจรักษาสัตว์)	10.77	52	3	4.91
สำนักงาน (ห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นสัตว์)	9.3	30	5	1.8
สำนักงาน (ห้องตรวจเลือดและชีวเคมี)	9.99	26.7	5	1.77
กลุ่มห้องที่ใช้งานร่วมกัน				
บริการทั่วไป, สำนักงานฝ่ายงานสารสนเทศ	11.2	73.9	3	7.54
ห้องบรรยาย, สำนักงาน ๓	7.4	43	3	2.26
ห้องคอมพิวเตอร์, สำนักงานห้องธุรการ	15.08	61.4	3	8.44
ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ	23.95	9.1	3	2.11
ห้องพักอาจารย์, บรรยาย	9.96	37.3	3	3.51
กลุ่มศูนย์บริการคอมพิวเตอร์				
ศูนย์คอมพิวเตอร์	19.61	88.4	3	15.82
บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป	20.23	93.5	3	17.88
บริการ Edutainment Zone	13.78	86.5	3	11.11
กลุ่มห้องบรรยายและห้องปฏิบัติการ				
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ๓	9.66	62.4	3	5.47
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	12.45	81	3	9.09
ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง	10.35	48.9	3	4.86
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง	6.15	38.1	3	2.31
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง	5.21	22.9	3	1.1

สำหรับกระแสร์มอนิกที่มีค่าสูงสุดส่วนใหญ่จะเป็นกระแสร์มอนิกอันดับที่ 3 และกระแสร์มอนิกอันดับที่ 5 ตามลำดับ กระแสร์มอนิกอันดับที่ 3 มีค่าสูงสุด 17.88 แอมแปร์ และอันดับที่ 5 มีค่าสูงสุด 1.8 แอมแปร์ สำหรับค่าความผิดเพี้ยนกระแสร์มอนิกรวม ($\%THD_{IN}$) จะอยู่ระหว่าง 9.1% - 93.5% ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อจะมี $\%THD_{IN}$ ต่ำที่สุดคือ 9.1% และศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป (สำนักหอสมุด) มี $\%THD_{IN}$ สูงที่สุดคือ 93.5%

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลจากการตรวจวัดและสำรวจอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งโหลดประเภทไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Load) จำนวนมากในระบบไฟฟ้าของอาคาร จะทำให้เกิดปริมาณกระแสฮาร์มอนิกที่สูงได้ โดยเฉพาะกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 (150 Hz)

จากข้อมูลผลการสำรวจจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งเฟส (Single Phase) ทั้งที่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น สามารถเป็นดัชนีชี้วัดปริมาณและอันดับของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งจากสำรวจแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกโดยการตรวจวัดปริมาณฮาร์มอนิกชี้ให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีแนวโน้มจะเกิดผลกระทบจากปัญหาฮาร์มอนิกมากที่สุดคือ พื้นที่ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์และพื้นที่สำนักงานที่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตช์จำนวนมากในระบบไฟฟ้า

จากกรณีศึกษาพบว่า บางอาคารมีค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม (THD_r) ของแต่ละเฟสต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น โดยเฉพาะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะมีค่ากระแสฮาร์มอนิกเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงมาก ทำให้มีค่า THD_r สูงกว่าขีดจำกัดหรือเกินขีดจำกัดบางเฟส ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการกระจายอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นให้เกิดความสมดุลกัน สำหรับกรณีที่กระแสในแต่ละเฟสใกล้เคียงกันที่มีค่า THD_r สูงกว่าขีดจำกัด พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้ารวมในสายนิวทรัลในปริมาณที่สูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้สายตัวนำเกิดความร้อนจนอาจเกิดความเสียหายได้ ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีเบรกเกอร์ช่วยจำกัดกระแสในสายนิวทรัล ดังนั้น จึงควรรหาทางป้องกันโดยการติดตั้งอุปกรณ์กรองฮาร์มอนิกเพื่อลดค่ากระแสฮาร์มอนิกลง โดยเฉพาะกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 เพราะฉะนั้นแล้วควรที่จะตระหนักถึงปัญหาจากฮาร์มอนิก เพื่อวางแผนในการปรับปรุง และบำรุงระบบไฟฟ้าของอาคารต่อไป

ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการสำรวจข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์และศึกษาแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกนั้น ผู้วิจัยได้พบปัญหาและอุปสรรคในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเบรบบไฟฟ้าที่ไม่ตรงกับการใช้งานในปัจจุบัน เนื่องจากการเพิ่มเติมหรือปรับปรุงระบบไฟฟ้าจำนวนมาก ซึ่งพบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าจะกระจายอยู่เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการใช้งาน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สำนักงานต่างๆ ฯลฯ โดยปราศจากการควบคุมปริมาณฮาร์มอนิก

ดังนั้นเพื่อบรรเทาและลดปัญหาตลอดจนป้องกันระบบไฟฟ้าไว้ด้วยการกำจัดหรือจำกัดปริมาณฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขน้อยที่สุดและให้ผลของการแก้ไขอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ นอกจากการป้องกันและแก้ไขที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ควรลดจำนวนการใช้งานเต้ารับ 1-2 วงจร ใช้ตัวนำและท่อร้อยสายให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อกระจายความร้อน ถ้าสายนิวทรอลทำงานเกินพิกัดอาจต้องเปลี่ยนสายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและเบรกเกอร์หลักที่ใช้งานอยู่ก็อาจจะต้องเปลี่ยนมาใช้แบบที่ใช้งานกับโหลดชนิดแบบไม่เป็นเชิงเส้นแทนเพื่อให้คุณภาพไฟฟ้าในอาคารผิดพลาดน้อยลง ส่วนระบบไฟฟ้าของอาคารที่จะทำการติดตั้งใหม่ควรได้รับการพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นในการออกแบบเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกในระบบตามมา

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะกรรมการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า, “ข้อกำหนดคกฏเกณฑ์ฮาร์มอนิกเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม ” **PRC-PQG-01/1998**

คณะผู้จัดทำ MGE Electronic Siam. 2538. คู่มือการจัดการกับปัญหาเรื่องฮาร์มอนิก. เอ็มจีอี อิเล็กทรอนิกส์ สยาม, 46 หน้า.

นพดล หงส์บุญ. 2548. การสำรวจกระแสฮาร์มอนิกในสถานที่ราชการ กรณีศึกษาสถานที่ราชการในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

วิบูลย์ ชื่นแขก. 2541. เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง ฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลัง. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

American National Standards Institute. **IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Power Systems: Std. 519-1992.** USA: IEEE, 1993.

Farach, J.E., Grady, W.M. and Arapostathis, A., 1993, “ An Optimal Procedure for Placing Sensors and Estimating Locations of Harmonic Sources in Power System ” **IEEE Transactions on Power Delivery**, Vol. 8, No. 3, pp. 1303-1310.

Harmonic Distortion, ENGINEERING Standards and Technical Support Department, Date: 9 Jun 98

IEC 1000-3-2 “ Limits for harmonic current emissions (equipment input current <16A) ”, 1995.

IEC 60364-5-52- Electrical Installation in Building – Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment – Wiring System, 2001

Limits for Harmonic in The United Kingdom Electricity Supply System. **Engineering Recommendation G.5/4-2001**. February 2001.

Pacific Gas and Electric Company, “ **Power System Harmonics** ”, January 1993.

Pollution Effects Caused by Office and Laboratory Equipment in University Building.

Gerhard P Hancke, Department of Electrical and Electronic Engineering University of Pretoria, Pretoria 0002. South Africa, *E-mail: ghancke@eng.up.ac.za* *Włodzimierz Koczara*, Institute of Control and Industrial Electronics Technical University of Warsaw, 00-662 Warszawa, Poland, *E-mail: koczara@isep.pw.edu.pl*

Single Phase Harmonic Limits, 2002 Wichita State University.

Standards of Power Quality with reference to the Code of Practice for Energy Efficiency of Electrical Installations Ir. Martin WU Kwok-tin, Energy Efficiency Office, Electrical & Mechanical Services Department September 2003

Task Force by Working Group on Power System Harmonic, 1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power System-IEEE Sts 519-1992, New York, IEEE Published, 100 p.

T. M. Gruz, “ A Survey of Neutral Currents in Three-Phase Computer Power System ”, **IEEE** Transaction on Industry Application, Vol. 26, No. 4, 1990.

W. Mack Grady, “ **Understanding Power System Harmonics** ”, Lecture note, University of Texas at Austin, September 2000.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์เครื่องมือวัดและตารางโหลด, แปลนประเภทห้องที่ใช้งาน

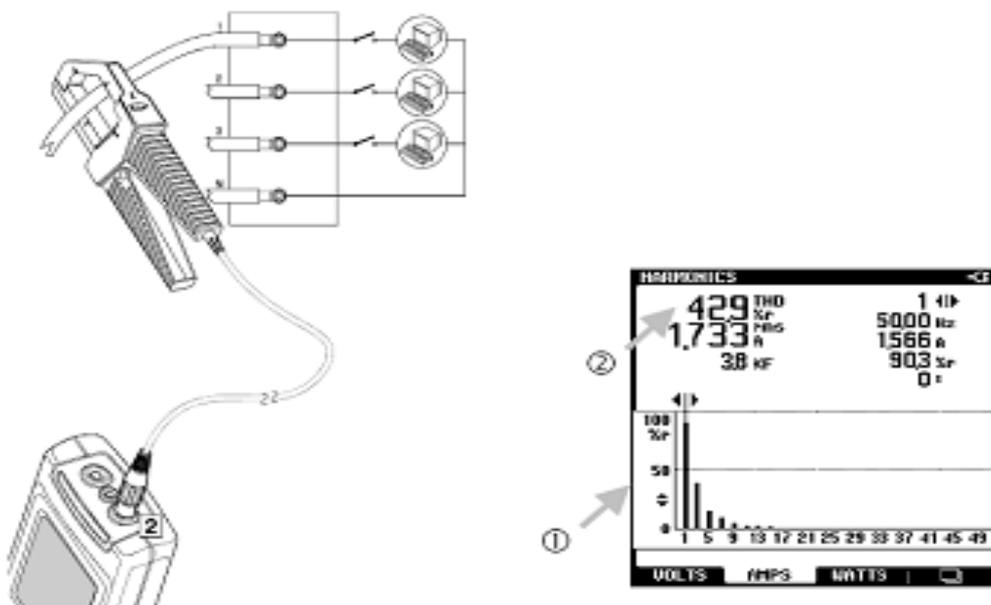
คุณสมบัติเฉพาะของเครื่องมือวัด

Fluke 43B Applications Manual

Measuring Current Harmonics

Non-linear loads produce current harmonics which may cause voltage distortion.

- 1  Open the main menu.
- 2   
- 3  Select AMPS.
- 4 Make connections as shown below:



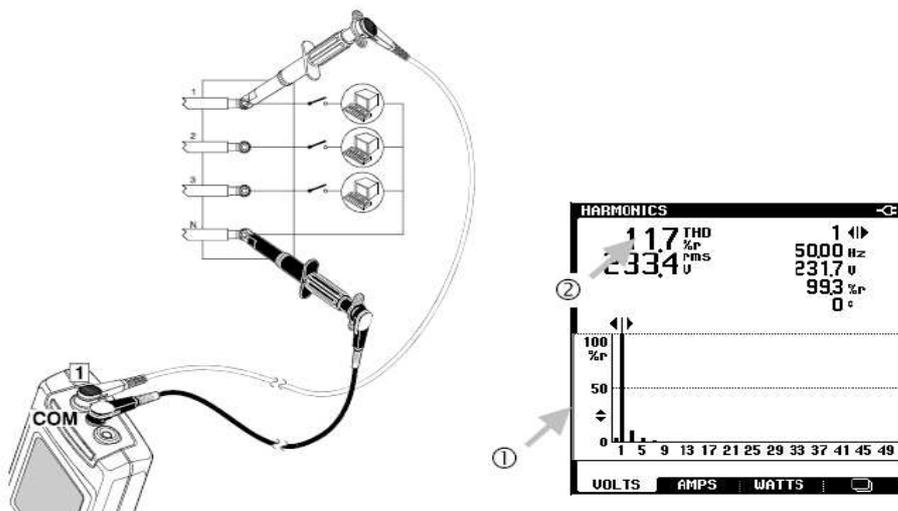
- (5)  Scale the harmonics spectrum screen to see more or less details.

- ① Look at the harmonics spectrum screen. Check the spectrum for severe harmonics.
- ② Read the THD. It indicates the harmonic distortion on the current signal. Usually, the current signal can tolerate more harmonics than the voltage signal.

Measuring Voltage Harmonics

You can perform a quick check on harmonics in a power distribution system by measuring the Total Harmonic Distortion on the voltage.

- 1  Open the main menu.
- 2   
- 3  Select volts.
- 4 Make connections as shown below:



- (5)  Scale the harmonics spectrum screen to see more or less details.
- ① Look at the harmonics spectrum screen. Check the spectrum for severe harmonics.
- ② If the THD is lower than 5%, the voltage distortion level is probably acceptable.

Tip

Measure harmonic currents at the point of common coupling to check whether the THD and individual harmonics comply with national standards (like IEEE-519). It is incorrect to apply such standards to specific loads.

Zero-sequence harmonics (3rd, 9th, 15th, ...) add in neutral conductors or bus bars. This can cause overheating in neutral wires.

By measuring current harmonics at several places in a distribution system, you can track the harmonic source. The closer you get to the source, the more severe the current THD will be.

With FlukeView[®] software you can record Harmonics over time and export data to popular spreadsheet programs such as Excel.

Specifications

Accuracies are stated as ± (percentage of reading + counts) without probes unless otherwise noted.

Specifications are valid for signals with a fundamental between 40 and 70 Hz.



- Continuously measure volts and amps on a cycle-by-cycle basis for up to 24 hours
- Use cursors to read time and date of sags and swells

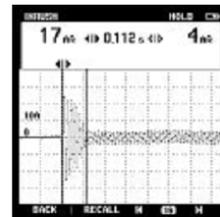


- Catch voltage transients and waveform distortion
- Catch and save up to 40 transients
- Correlate the cause of transients with time and date stamps

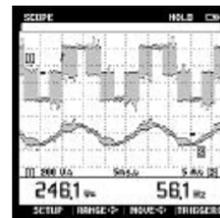
Input Characteristics	Ranges	Accuracy
Input impedance	1 MΩ, 20 pF	
Voltage rating	600 Vrms, CAT III	
Volt / Amps / Hertz		
True-rms voltage [AC+DC]	5,000 V, 500.0 V, 500.0 V, 1250 V*	± (1% + 10 counts)
True-rms current [AC+DC]	50.00 A, 500.0 A, 5,000 kA, 50.00 kA, 1250 kA	± (1% + 10 counts)
Frequency	10.0 Hz to 15.0 kHz	± (0.5% + 2 counts)
CF Crest Factor	1.0 to 10.0	± (5% + 1 count)
Power		
W, VA, VAR Reactive Power	250 W, 2.50 kW, 25.0 kW, 250kW, 2.50 MW, 25 MW, 250 MW, 625 MW, 1.56 GW	± (2% + 6 counts) Total Power ± (4% + 4 counts) Fundamental Power
PF Power Factor	0.00 to 1.00	± 0.04
DPF Displacement Power Factor	0.00 to 0.25 0.25 to 0.90 0.90 to 1.00	not specified ± 0.04 ± 0.03
Hz Frequency fundamental	40.0 to 70.0 Hz	± (0.5% + 2 counts)
Harmonics		
Volts, Amps, Watts	Fundamental	VA ± (3% + 2 counts), W ± (5% + 2 counts)
	2 to 31st Harmonic	VA ± (5% + 3 counts), W ± (10% + 3 counts)
	32 to 51st Harmonic	VA ± (15% + 5 counts), W ± (30% + 5 counts)
Frequency of fundamental	40 Hz to 70 Hz	± 0.25 Hz
Phase	Volt & Amps [between Fund. & Harmonic]	2nd [± 3°] ... 51st [±15°]
	Watts [between Volt Fund. & Amps Harmonic]	Fund [± 5°] ... 51st [±15°]
K-Factor (Amps & Watts)	1.0 to 30.0	±10%
THD	0.00 to 99.99	± (3% + 8 counts)
Sags & Swells		
Recording times (selectable)	4 min to 16 days	
Vrms actual, Vrms max, min (AC + DC)	5,000 V, 500.0 V, 500.0 V, 1250 V*	Readings ± (2% + 10 counts) Cursor readings ± (2% + 12 counts) Cursor Readings Average ± (2% + 10 counts)
Arms actual, Arms max, min (AC + DC)	50.00 A, 500.0 A, 5,000 kA, 50.00 kA	
Recording		
Recording times (selectable)	4 min to 16 days	
Parameters	Choose one or two parameters from one of the groups below	
V/A/Hz	Line Voltage, Current, Frequency	
Power	Watts, VA, VAR, PF, DPF, Frequency	
Harmonics	THD, Volts (Fund. & Harmonic), Amps (Fund. & Harmonic), Watts (Fund. & Harmonic), Freq. (H), % (H) of total, Phase (H), K/F	
Ohms	Ohms, Diodes, Continuity, Capacitance	
Temperature	°C or °F	
Scope	DC Voltage, DC Current, AC Voltage, AC Current, Frequency, Pulse Width + or -, Phase, Duty cycle + or -, Peak max, Peak min, Peak min-max, Crest Factor	
Transients		
Minimum pulse width	40 ns	
Useful bandwidth input 1	DC to 1 MHz (with test leads TL24)	
Number of transients	40	
Voltage threshold settings	20%, 50%, 100%, 200% above or below reference signal	
Reference signal	After START, the Vrms and frequency of the signal are measured. From these data a pure sine wave is calculated as reference for threshold setting.	
Vpeak min, Vpeak max at cursor	10 V, 25 V, 50 V, 125 V, 250 V, 500 V, 1250 V	± 5% of full scale

*Rated 600V CAT III

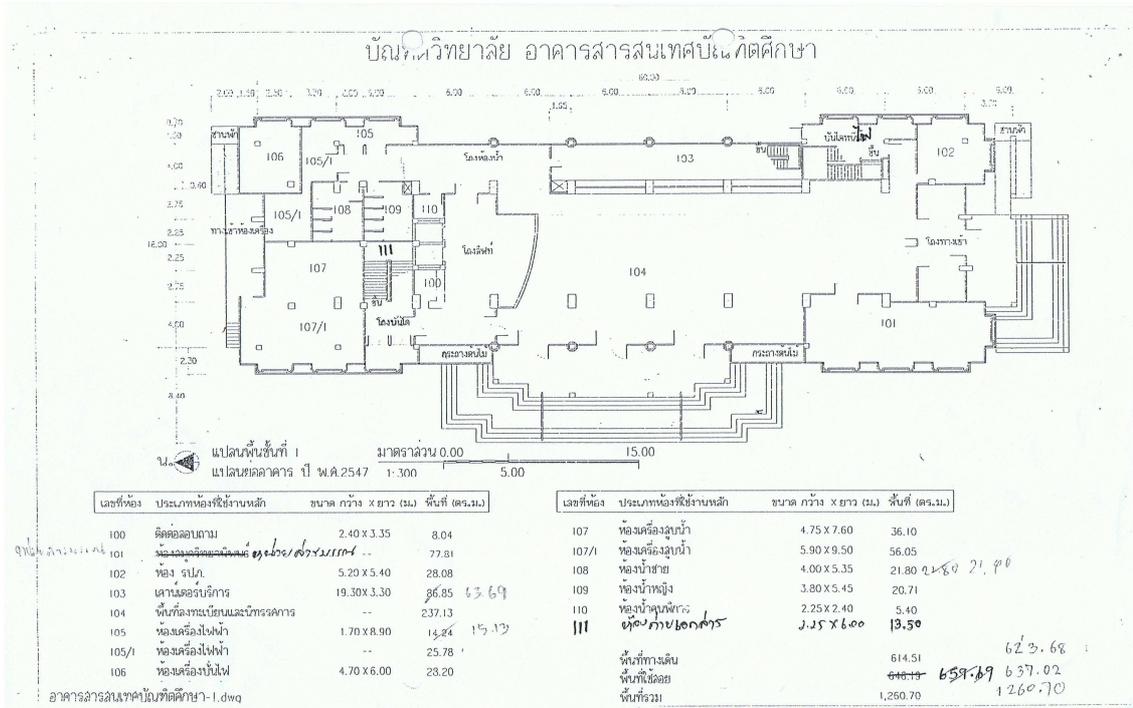
Inrush Current	Ranges	Accuracy
Current ranges (selectable)	1 A, 5 A, 10 A, 50 A, 100 A, 500 A, 1000 A	
Inrush times (selectable)	1 s, 5 s, 10 s, 50 s, 100 s, 5 min	
Cursor readings	A peak max at cursor 1 and cursor 2	± 9% of full scale
Time between cursors**	4 to 235 pixels	± (0.2% + 2 pixels)
Scope, dual channel scope with measurement reading		
Input impedance		
Input 1	1 MΩ/12 pF; with BB120: 20 pF	± 2 pF; with BB120 ±3 pF
Input 2	1 MΩ/10 pF; with BB120: 18 pF	± 2 pF; with BB120 ±3 pF
Vertical		
Voltage ranges	50 mV/div to 300V/div	± (1% + 2 pixels)
Vertical sensitivity, resolution	5 mV/div to 500V/div, 8 bit (256 levels)	
Bandwidth input 1 (voltage)	DC to 20 MHz at inputs, or with BB120 and VPS 100-R probe (Opt); 1 MHz with TL24 Leads	
Bandwidth input 2 (current)	DC to 15 kHz at inputs; 10 kHz with 800-500s Current Clamp	
Coupling	DC, AC (10 Hz-3 dB)	
Horizontal		
Timebase modes	Normal, roll, single	
Timebase ranges	60 s/div to 20 ns/div	± (0.4% + 1 pixel)
Sampling rate	25 MS/s	
Record length (min / max samples)	512 per channel	
Trigger source	Input 1 or Input 2 or Automatic selection	
Trigger mode	Automatic Connect-and-View™, Free Run, Single Shot	
Connect-and-View™	Advanced automatic triggering that recognizes signal patterns and automatically adjusts triggering, timebase and amplitude. Automatically displays stable pictures of complex and dynamic signals like motor drive and control signals.	
Pre-trigger	Up to 30 divisions	
Measurement readings, per channel selectable	Volts & Amps (DC, AC, AC + DCrms, Peak max, Peak min, Peak min / max), Frequency, Duty cycle + or -, Phase, Pulse Width + or -, Crest Factor	
Ohms, Diode, Continuity, Capacitance		
Ohms	500.0 Ω, 5,000 kΩ, 50.00 kΩ, 500.0 kΩ, 5,000 MΩ, 30.00 MΩ	± (0.6% + 5 counts)
Diode voltage	0 to 3,000 V	± (2% + 5 counts)
Continuity, shorts > 1 ms	Beeper on at < 30Ω ± 5Ω	



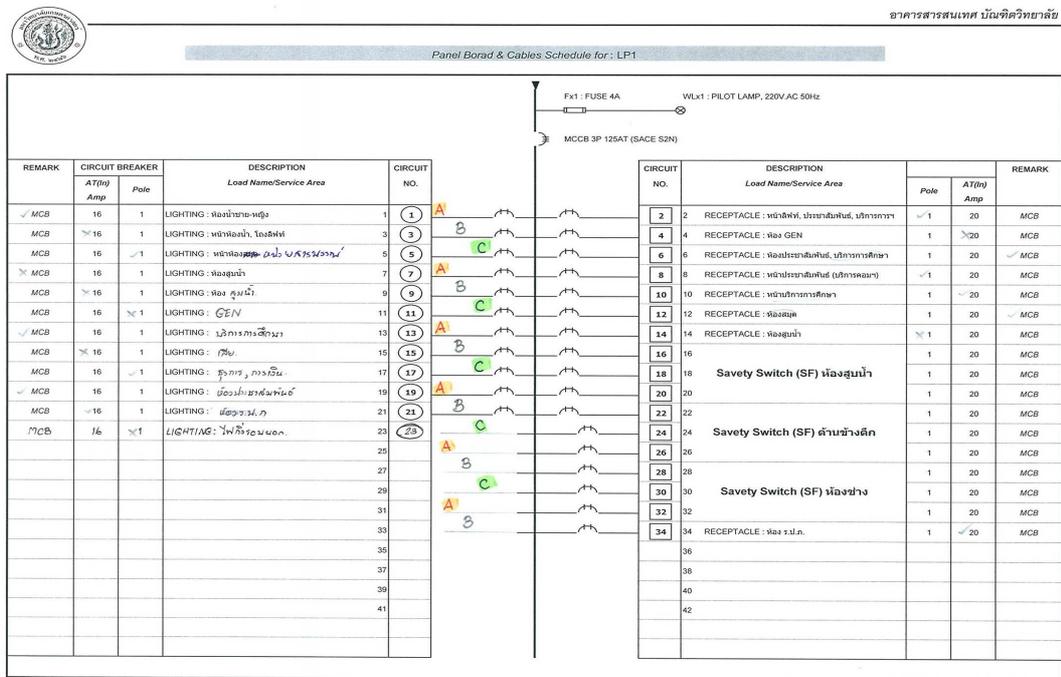
- Inrush current up to 500A with supplied current probe
- Use cursors to measure inrush current timing



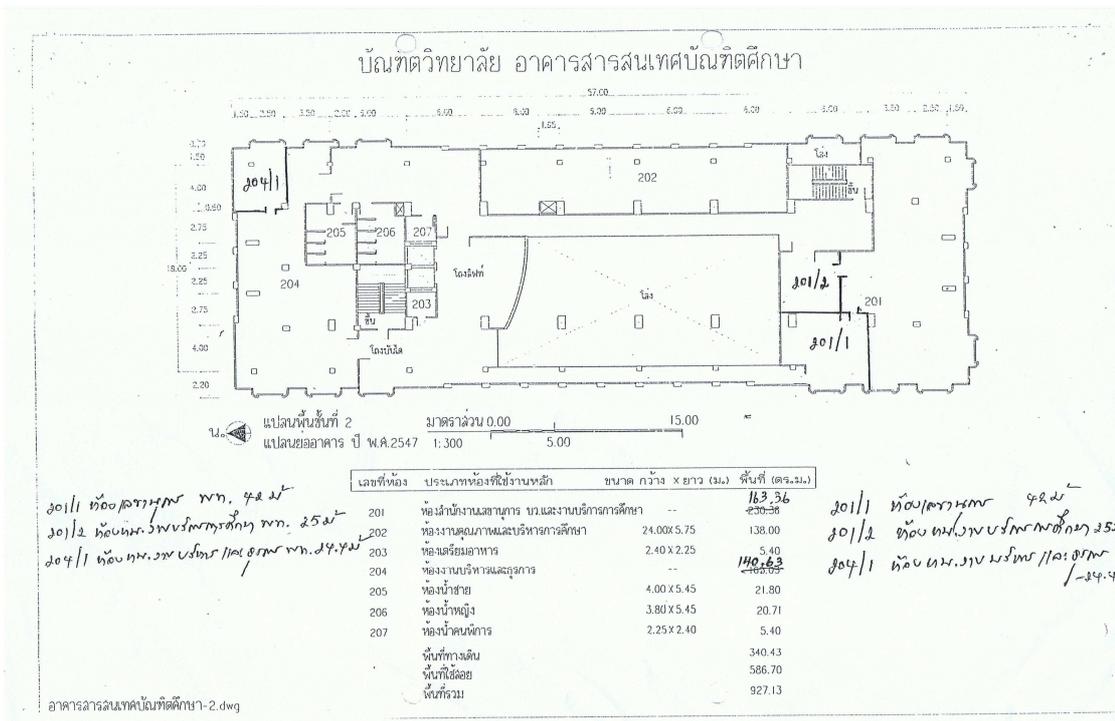
ข้อมูลแปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารและตารางโหลด (Load Schedule)



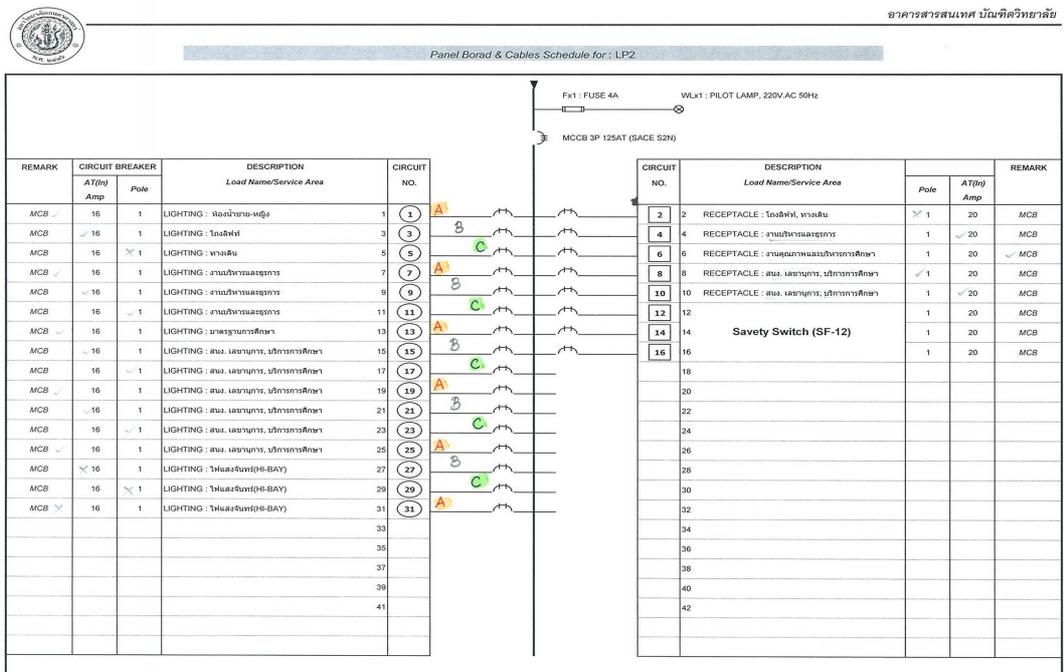
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารสารสนเทศบัณฑิตศึกษา (ชั้นที่ 1)



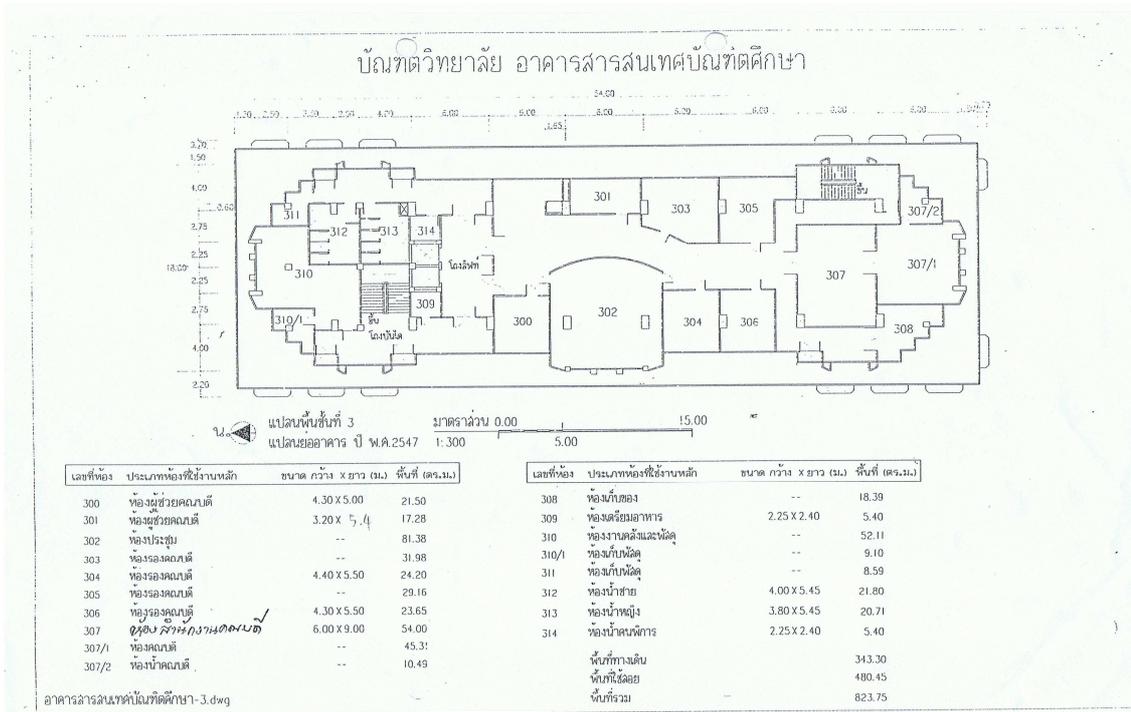
ตารางโหลด (Load Schedule)



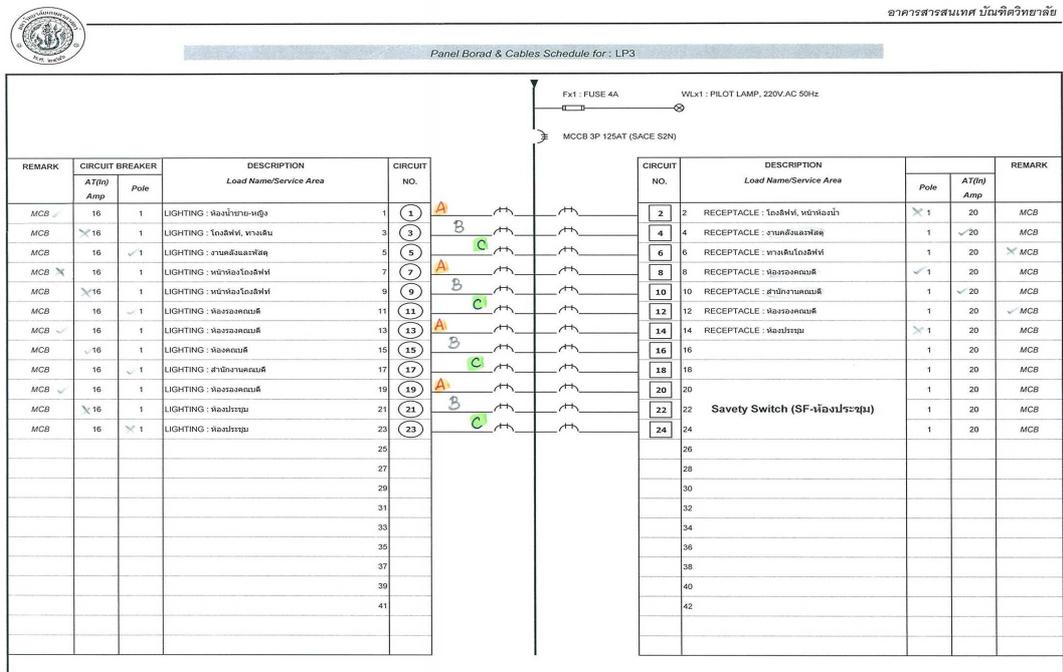
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารสารสนเทศบัณฑิตศึกษา (ชั้นที่ 2)



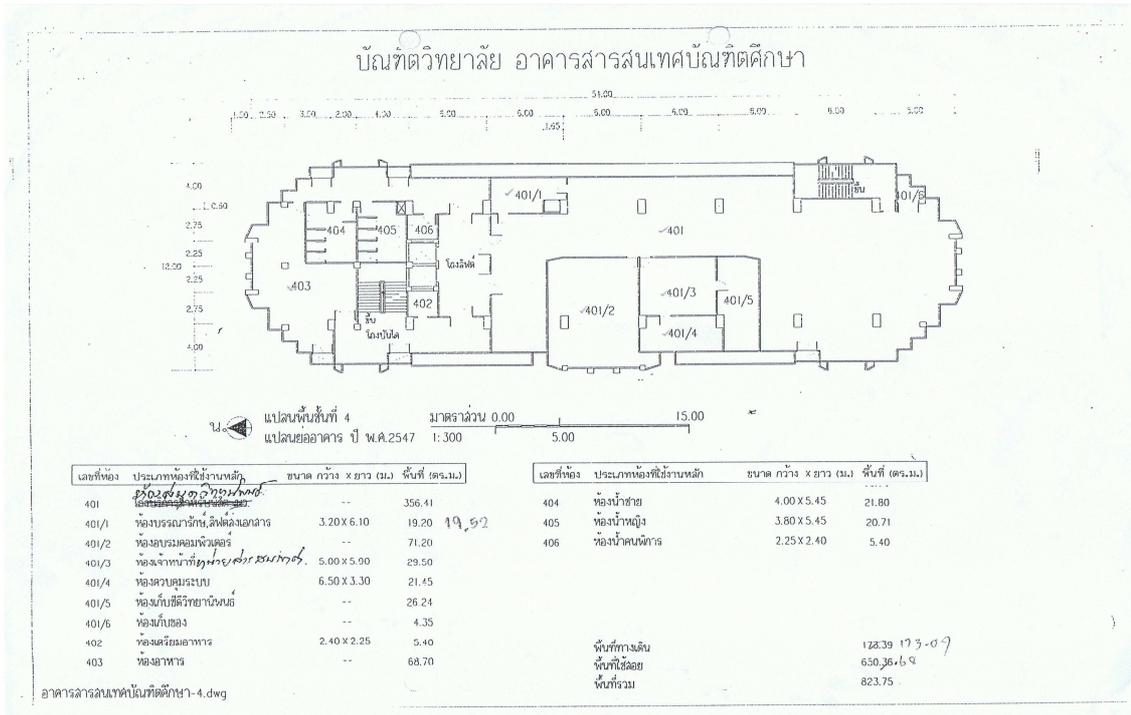
ตารางโหลด (Load Schedule)



แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารสารสนเทศบัณฑิตศึกษา (ชั้นที่ 3)



ตารางโหลด (Load Schedule)



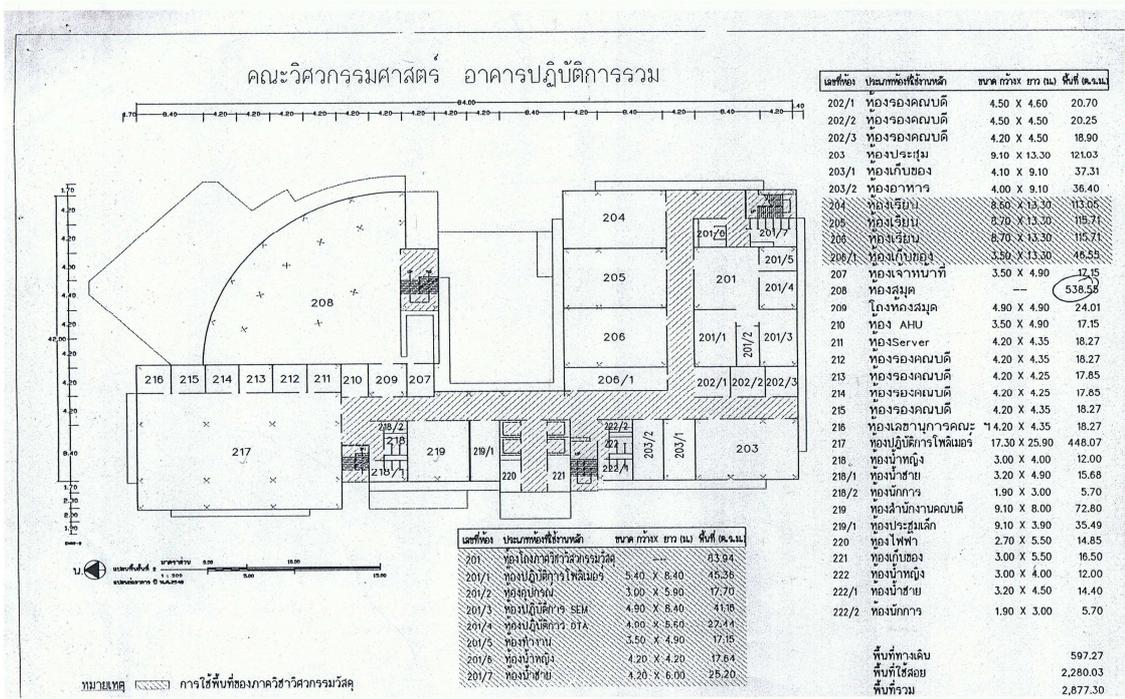
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารสารสนเทศบัณฑิตศึกษา (ชั้นที่ 4)

อาคารสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย

Panel Board & Cables Schedule for : LP4

REMARK	CIRCUIT BREAKER		DESCRIPTION Load Name/Service Area	CIRCUIT NO.	CIRCUIT	CIRCUIT NO.	DESCRIPTION Load Name/Service Area	Pole	AT(In) Amp	REMARK
	AT(In) Amp	Pole								
MCB ✓	16	1	LIGHTING : ห้องน้ำชายหญิง	1	A	2	RECEPTACLE : โคมไฟ	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : โคมไฟ, ทางเดิน	3	B	4	RECEPTACLE : ห้องอาหาร	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : ห้องอาหาร	5	C	6	RECEPTACLE : ห้องบรรณารักษ์	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : ห้องโคมไฟ	7	A	8	RECEPTACLE : ห้องสมุด	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : บริเวณที่จอดรถ	9	B	10	RECEPTACLE : ห้องคอมพิวเตอร์	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : ห้องโคมไฟห้องสมุด	11	C	12	RECEPTACLE : ห้องงานสารสนเทศ	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : ห้องสมุด	13	A	14	RECEPTACLE : ห้องงานสารสนเทศ	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : ห้องสมุด	15	B	16	RECEPTACLE : ห้องสมุด	1	20	MCB
MCB ✓	16	1	LIGHTING : ห้องสมุด	17	C	18	RECEPTACLE : ห้องสมุด	1	20	MCB
				19	A	20	RECEPTACLE : ห้องสมุด	1	20	MCB
				21						
				23						
				25						
				27						
				29						
				31						
				33						
				35						
				37						
				39						
				41						

ตารางโหลด (Load Schedule)



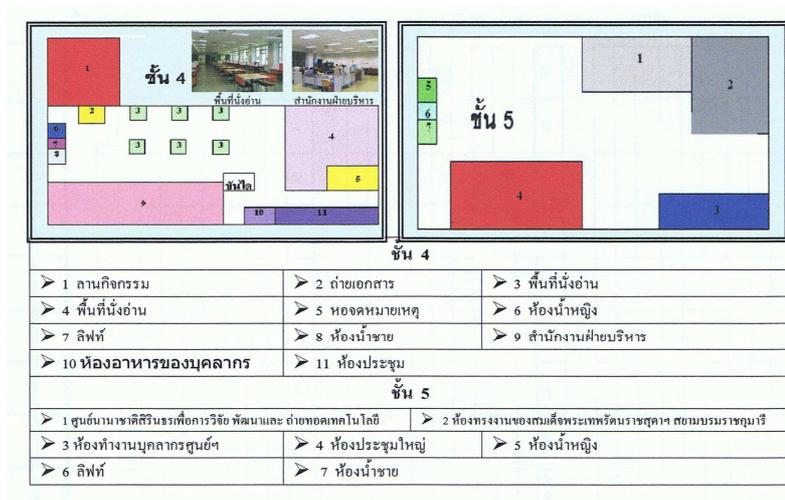
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารชุมชน กำภู (วิศวกรรมศาสตร์ 60 ปี) (ชั้นที่ 2)

อาคารวิศวกรรม 60 ปี

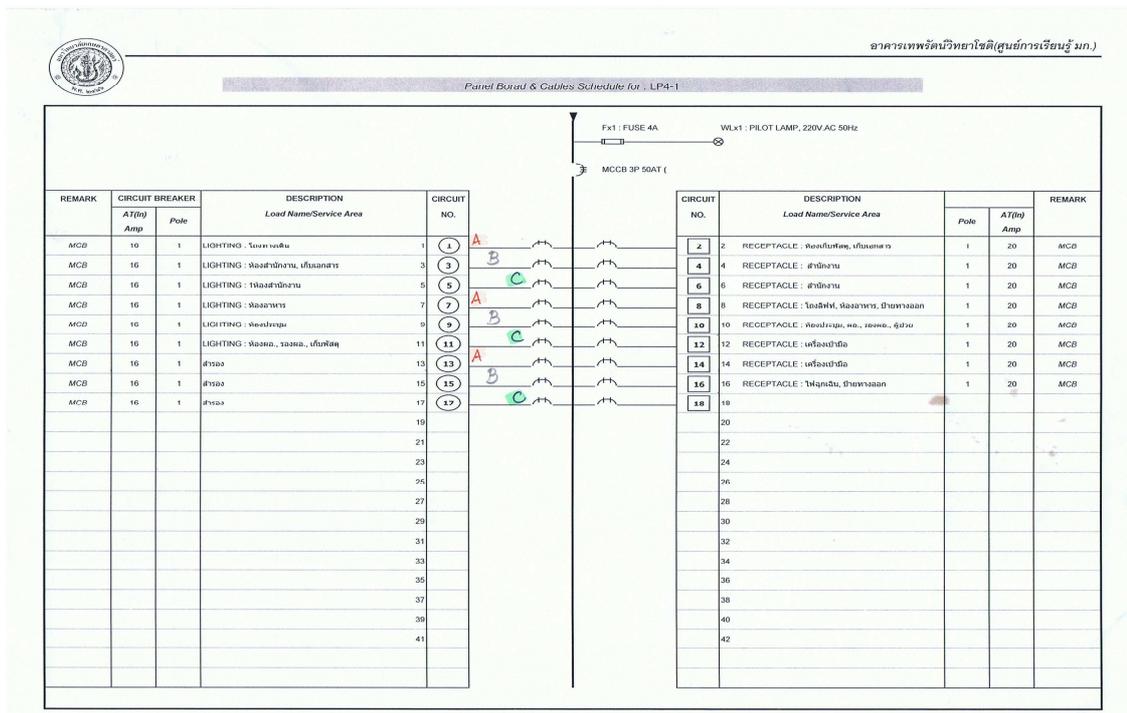
Panel Board & Cables Schedule for: LC2A

REMARK	CIRCUIT BREAKER		DESCRIPTION Load Name/Service Area	CIRCUIT NO.	CIRCUIT	CIRCUIT NO.	DESCRIPTION Load Name/Service Area	Pole	A/T(No) Amp	REMARK
	A/T(No) Amp	Pole								
✓ MCB	16	1	LIGHTING : ห้อง LR + Shift	1	(1) A	2	RECEPTACLE : ห้อง LR+SRM	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ทางเดิน	3	(3) B	4	RECEPTACLE : ทางเดิน, 207 ห้องจำพวกที่	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 207 ห้องจำพวกที่, 209 ห้องผสม	5	(5) C	6	RECEPTACLE : 219 ห้องสำนักงานคณบดี	1	20	MCB
✓ MCB	16	1	LIGHTING : 219 ห้องสำนักงานคณบดี	7	(7) A	8	RECEPTACLE : 219 Server, 212 ห้อง AHU	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 219 ห้องสำนักงานคณบดี	9	(9) B	10	RECEPTACLE : 213, 214 ห้องรองคณบดี	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 219 ห้องสำนักงานคณบดี	11	(11) C	12	RECEPTACLE : 215, 216 ห้องรองคณบดี	1	20	MCB
✓ MCB	16	1	LIGHTING : 218 ห้องน้ำชาย-หญิง	13	(13) A	14	RECEPTACLE : 217 ห้องเลขานุการคณะฯ	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	15	(15) B	16	RECEPTACLE : 217 ห้องเลขานุการคณะฯ	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	17	(17) C	18	RECEPTACLE : 217 ห้องเลขานุการคณะฯ	1	20	MCB
✓ MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	19	(19) A	20	RECEPTACLE : 201 โถงหน้าบันวิศวกรรมวัสดุ	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	21	(21) B	22	SPARE	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	23	(23) C	24	SPARE	1	20	MCB
✓ MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	25	(25) A	26	SPARE	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	27	(27) B	28	SPACE			
MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	29	(29) C	30	SPACE			
✓ MCB	16	1	LIGHTING : 217 ห้องเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์	31	(31) A	32	SPACE			
MCB	16	1	LIGHTING : 215, 216 ห้องรองคณบดี	33	(33) B	34	SPACE			
MCB	16	1	LIGHTING : 213, 214 ห้องรองคณบดี	35	(35) C	36	SPACE			
✓ MCB	16	1	LIGHTING : 211 ห้อง Server, 210 ห้อง AHU	37	(37) A	38	SPACE			
			SPACE	39		40	SPACE			
			SPACE	41		42	SPACE			

ตารางโหลด (Load Schedule)



แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารเทพรตน์วิทยาโชติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.) (ชั้นที่ 4)



ตารางโหลด (Load Schedule)

อาคารโรงพยาบาลสัตว์และพัฒนาวชิการสัตวแพทย์

เลขที่ห้อง	ประเภทห้องใช้งานหลัก	ขนาด กว้าง x ยาว (ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	เลขที่ห้อง	ประเภทห้องใช้งานหลัก	ขนาด กว้าง x ยาว (ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	เลขที่ห้อง	ประเภทห้องใช้งานหลัก	ขนาด กว้าง x ยาว (ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
9201	ห้องผ่าตัด	7.10 x 9.90	70.29	9216	ห้องอ่านฟิล์มX-RAY	7.10 x 9.90	70.29	9230	ห้องทันตกรรม	-	22.22
9201/1	ห้องน้ำ	-	9.60	9216/1	ห้องเก็บของ	-	9.60	9231	ห้องกล้องตรวจกล้องภายใน	3.55 x 6.40	22.72
9202	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9217	ห้องเก็บฟิล์ม X-RAY	6.50 x 6.90	44.85	9232	ห้องซักฟอกสัตว์	5.90 x 6.40	37.76
9203	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9217/1	ห้องเก็บของ	-	9.60	9233	ห้องตรวจคลื่นวิทยุ	6.40 x 6.50	41.60
9204	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9218	ห้องจักษุวิทยา	6.50 x 6.90	44.85	9234	ห้องว่าง	6.40 x 6.50	41.60
9205	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9219	ห้องฉาย X-RAY	-	48.49	9235	ห้องพัสดุสัตวแพทย์	6.40 x 7.10	45.44
9206	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9220	ห้องประชาสัมพันธ์	3.10 x 3.50	10.85	9236	ห้องน้ำหญิง	-	22.95
9207	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9221	ห้องทำงานสัตวแพทย์	-	29.54	9237	ห้องน้ำชาย	-	20.40
9208	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9222	ห้องซักฟอก	-	33.64	9237/1	ห้องน้ำชาย	-	9.60
9209	ห้องผ่าตัด	3.90 x 6.50	25.35	9223	ห้องน้ำชาย	-	33.57				
9210	ห้องผ่าตัดสัตวแพทย์	3.90 x 6.50	25.35	9223/1	ห้องซักฟอก	1.20 x 1.50	1.80				
9211	ห้องเตรียมเครื่องมีดผ่าตัด	-	103.35	9224	ห้องว่าง	-	8.46				
9212	ห้องเตรียมมีดผ่าตัด	5.90 x 9.90	58.41	9226	ห้องว่าง	-	147.00				
9213	ห้องฉาย X-RAY และชุดตรวจชีวมาตร	6.50 x 9.90	64.35	9227	ห้องโถง	-	218.50				
9214	ห้องฉีด	4.90 x 6.50	31.85	9228	ห้องว่าง	-	22.20				
9215	ห้องอุปกรณ์ X-RAY	5.00 x 6.50	32.50	9229	ห้องดูผลการ	-	29.50				

พื้นที่ทางเดิน 653.18 ตร.จ.ม.
พื้นที่ใช้สอย 1625.53 ตร.จ.ม.
รวม 2278.71 ตร.จ.ม.

แปลนย่ออาคาร ปี พ.ศ.2546

แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารโรงพยาบาลสัตว์และพัฒนาวชิการสัตวแพทย์ (ชั้นที่ 2)



อาคารเฉลิมพระเกียรติ ๖ รอบ พระชนมพรรษา(รพ.สัตว์)

Panel Board & Cables Schedule for : ELPZ

REMARK	CIRCUIT BREAKER		DESCRIPTION Load Name/Service Area	CIRCUIT NO.	Diagram	CIRCUIT NO.	DESCRIPTION Load Name/Service Area	Pole	AT(In) Amp	REMARK
	AT(In) Amp	Pole								
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	1	A	2	LIGHTING : ห้องเก็บฟิล์ม X-RAY, เก็บของ	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	3	B	4	LIGHTING : ห้องรังสีรักษา, ฐาน X-RAY	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	5	C	6	LIGHTING : ห้องตรวจคลื่นวิทยุ	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	7	A	8	LIGHTING : ห้องสัตวศาสตร์	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	9	B	10	LIGHTING : ห้องสัตวศาสตร์, รางเดิน	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	11	C	12	LIGHTING : ห้องสัตวศาสตร์, รางเดิน	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	13	A	14	LIGHTING : รางเดิน	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องโถง	15	B	16	LIGHTING : ห้องผ่าตัด	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องจำหน่ายชุด 1	17	C	18	LIGHTING : ห้องผ่าตัด	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : รางเดิน	19	A	20	LIGHTING : ห้องผ่าตัด	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องทันตกรรม, พักฟื้นสัตว์	21	B	22	LIGHTING : ห้องผ่าตัด	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องเก็บฟิล์ม X-RAY, เก็บของ	23	C	25	LIGHTING : ห้องผ่าตัด, รางน้ำ	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องสัตวศาสตร์	26	A	26	LIGHTING : ห้องว่าง	1	16	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องจำหน่ายสัตวแพทย์	27	B	28	RECEPTACLE : ห้องโถง	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : รางเดิน	29	C	30	RECEPTACLE : รางเดิน	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องฉีด, ชุดหุ้ม X-RAY	31	A	32	RECEPTACLE : ห้องกล้องตรวจกล้องภายใน	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องสัตวศาสตร์, ห้องผ่าตัด	33	B	34	RECEPTACLE : ห้องสัตวศาสตร์	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องสัตวศาสตร์, ห้องมีดผ่าตัด	35	C	36	RECEPTACLE : ห้องจำหน่ายสัตวแพทย์	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องสัตวศาสตร์	37	A	38	RECEPTACLE : ห้องทันตกรรม, พักฟื้นสัตว์	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องฉาย X-RAY และชุดตรวจชีวมาตร	39	B	40	RECEPTACLE : ห้องฉีด, ชุดหุ้ม X-RAY	1	20	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องน้ำชาย-ห้อง 2	41	C	42	RECEPTACLE : ห้องสัตวศาสตร์, ห้องมีดผ่าตัด	1	20	MCB

ตารางโหลด (Load Schedule)

อาคารโรงพยาบาลสัตว์และพัฒนาวิชาการสัตวแพทย์

ลำดับ	ประเภทสิ่งปลูกสร้าง	ขนาด	รวม	ใช้	ลำดับ	ประเภทสิ่งปลูกสร้าง	ขนาด	รวม	ใช้	ลำดับ	ประเภทสิ่งปลูกสร้าง	ขนาด	รวม	ใช้
9301	ห้องชันสูตร	4.00 x 6.00	24.00	9301/1	ห้องชันสูตร	3.55 x 4.00	14.20	9301	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	33.57
9302	ห้องชันสูตร	4.00 x 4.00	16.00	9301/2	ห้องชันสูตร	3.55 x 4.00	14.20	9302	ห้องชันสูตร	1.20 x 1.50	1.80	-	-	1.80
9303	ห้องชันสูตร	2.50 x 4.50	11.25	9301/3	ห้องชันสูตร	2.70 x 4.00	10.80	9303	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	8.46
9303/1	ห้องชันสูตร	5.00	5.00	9301/4	ห้องชันสูตร	3.70 x 4.00	14.80	9304	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	22.20
9304	ห้องชันสูตร	6.50 x 6.00	39.00	9301/5	ห้องชันสูตร	6.00 x 4.00	24.00	9305	ห้องชันสูตร	2.00 x 2.00	4.00	-	-	5.00
9305	ห้องชันสูตร	3.10 x 6.80	21.08	9301/6	ห้องชันสูตร	3.00 x 6.00	18.00	9306	ห้องชันสูตร	3.75 x 7.20	27.00	-	-	35.50
9305/1	ห้องชันสูตร	2.80 x 4.80	13.44	9301/7	ห้องชันสูตร	6.90 x 6.00	41.40	9307	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	37.50
9306	ห้องชันสูตร	2.80 x 5.00	14.00	9301/8	ห้องชันสูตร	5.90 x 6.50	38.35	9308	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	13.50
9307	ห้องชันสูตร	6.70 x 9.90	66.33	9301/9	ห้องชันสูตร	4.00 x 6.50	26.00	9309	ห้องชันสูตร	6.00 x 8.20	49.20	-	-	39.00
9308	ห้องชันสูตร	3.50 x 4.50	15.75	9301/10	ห้องชันสูตร	6.00 x 7.50	45.00	9310	ห้องชันสูตร	6.00 x 6.50	39.00	-	-	42.80
9308/1	ห้องชันสูตร	3.50 x 4.00	14.00	9301/11	ห้องชันสูตร	-	-	9311	ห้องชันสูตร	6.00 x 7.10	42.60	-	-	22.15
9308/2	ห้องชันสูตร	2.95 x 4.00	11.80	9301/12	ห้องชันสูตร	6.00 x 4.00	24.00	9312	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	28.80
9308/3	ห้องชันสูตร	2.95 x 4.00	11.80	9301/13	ห้องชันสูตร	6.00 x 4.00	24.00	9313	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	9.60
9308/4	ห้องชันสูตร	3.55 x 4.00	14.20	9301/14	ห้องชันสูตร	-	-	9314	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	48.24
9308/5	ห้องชันสูตร	3.55 x 4.00	14.20	9301/15	ห้องชันสูตร	-	-	9315	ห้องชันสูตร	-	-	-	-	33.64

แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคาร โรงพยาบาลสัตว์และพัฒนาวิชาการสัตวแพทย์ (ชั้นที่ 3)



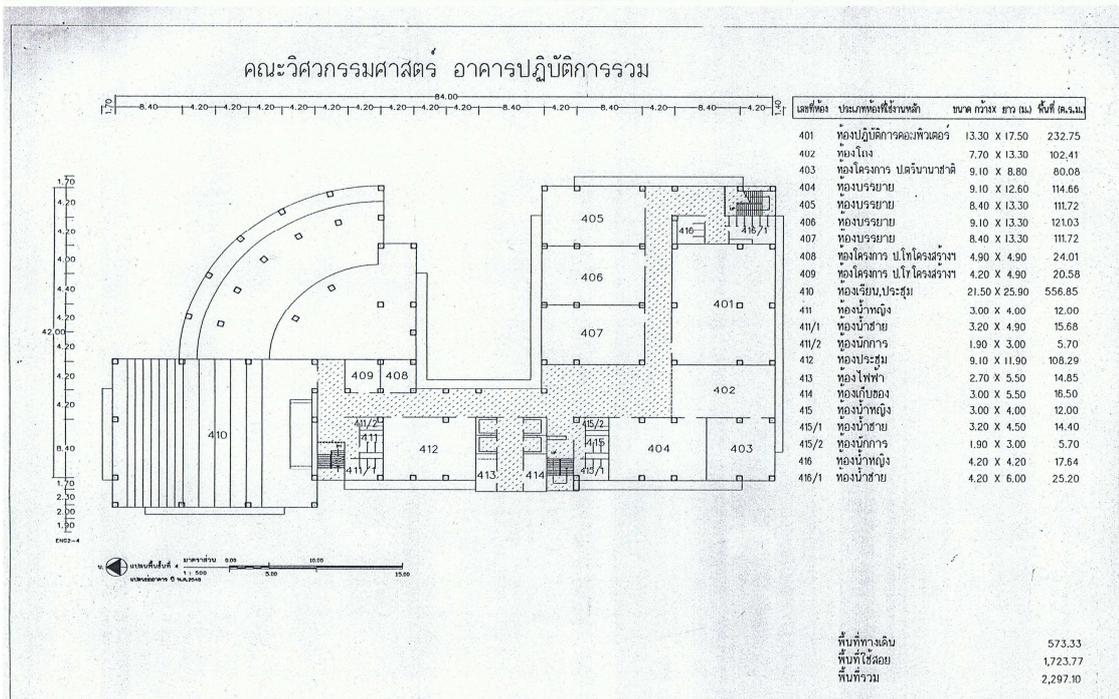
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคาร เพชรรัตน์วิทยาโชติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.) (ชั้นที่ 3)

อาคารเพชรรัตน์วิทยาโชติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.)

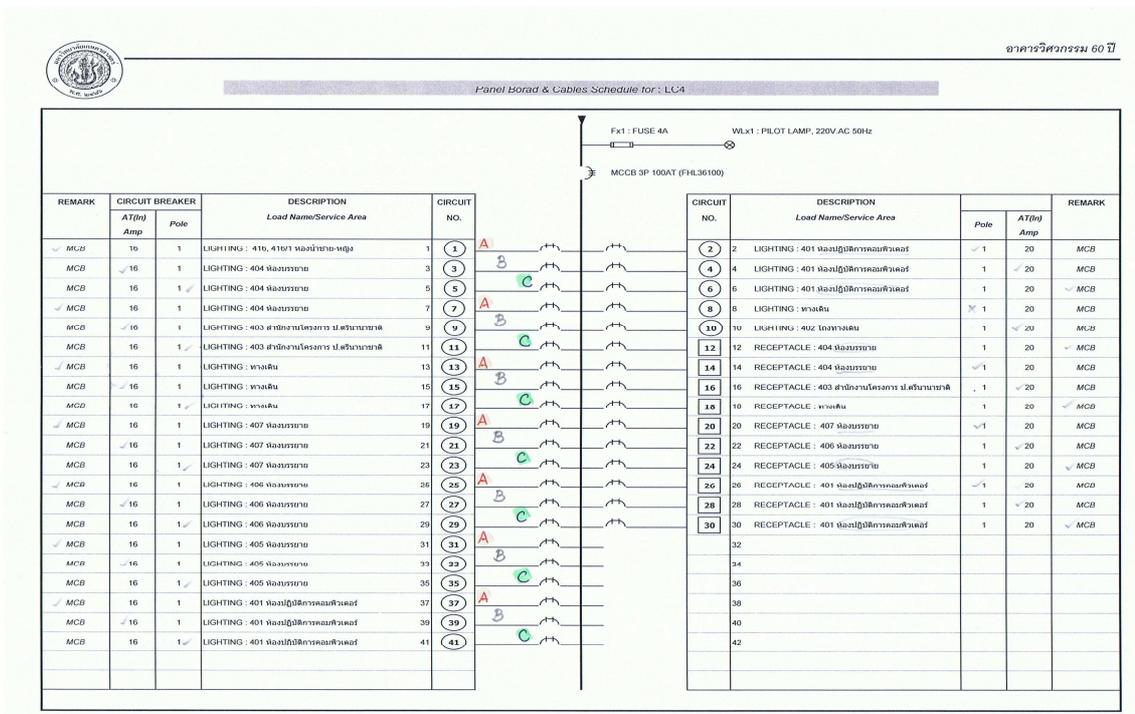
Panel Board & Cable Schedule for LP2-1

REMARK	CIRCUIT BREAKER	DESCRIPTION	CIRCUIT NO.	CIRCUIT	CIRCUIT NO.	DESCRIPTION	REMARK
	A (In) Amp	Pole	Load Name/Service Area			Load Name/Service Area	
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	1	2	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	3	4	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	5	6	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	7	8	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	9	10	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	11	12	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	13	14	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	LIGHTING : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	15	16	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	17	18	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
MCB	16	1	ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	19	20	RECEPTACLE : ห้องปฏิบัติการสัตวบาล	MCB
				21			
				22			
				23			
				24			
				25			
				26			
				27			
				28			
				29			
				30			
				31			
				32			
				33			
				34			
				35			
				36			
				37			
				38			
				39			
				40			
				41			
				42			

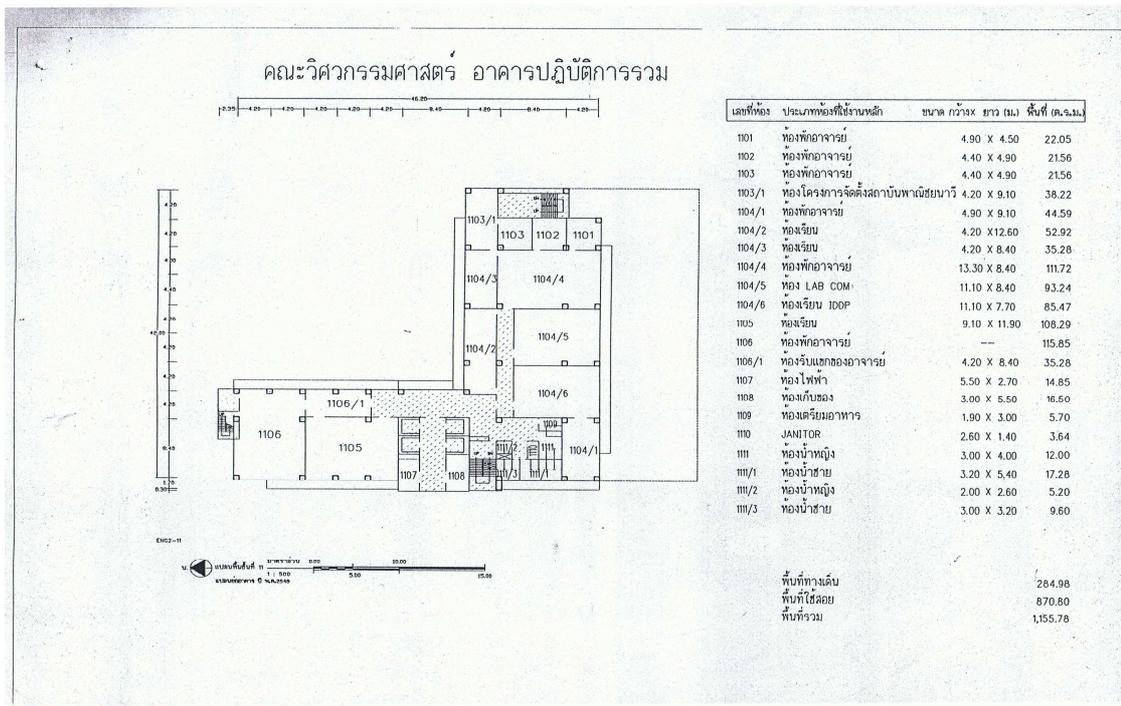
ตารางโหลด (Load Schedule)



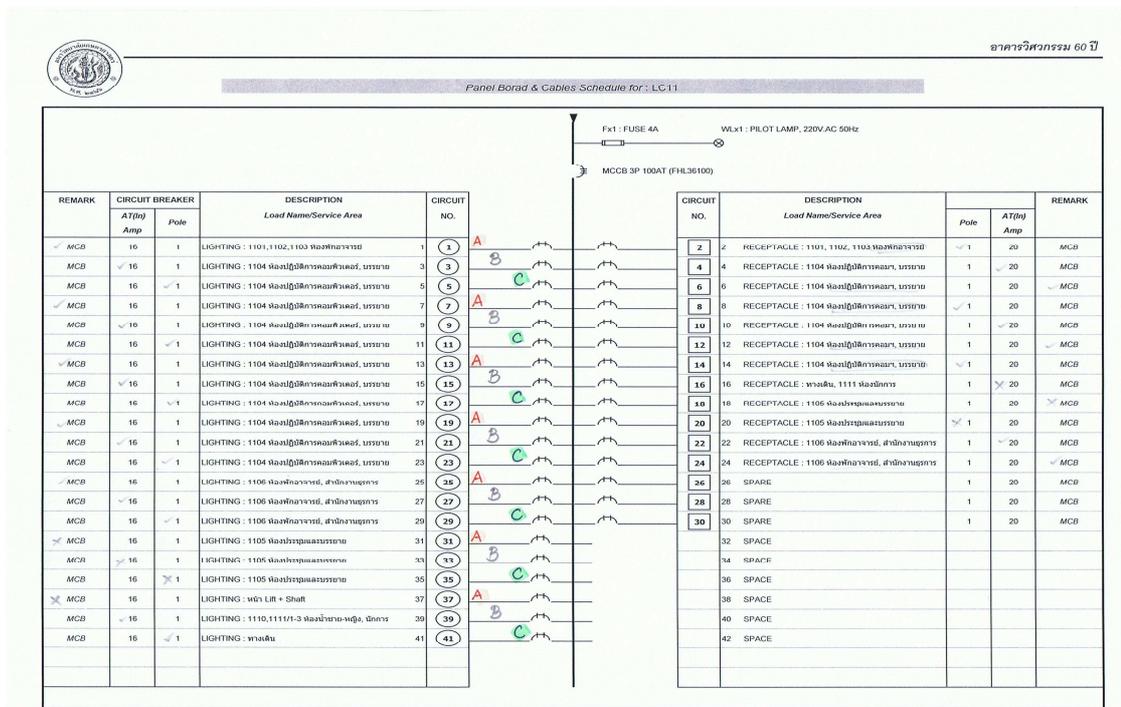
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารชุนชาติ กำภู (วิศวกรรมศาสตร์ 60 ปี) (ชั้นที่ 4)



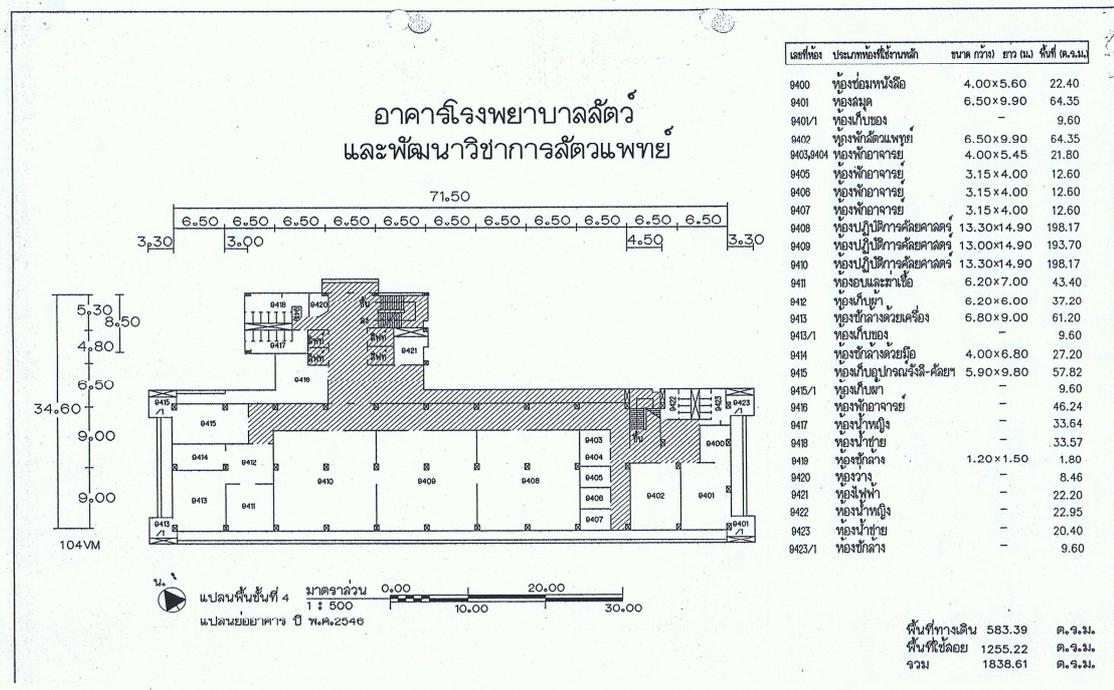
ตารางโหลด (Load Schedule)



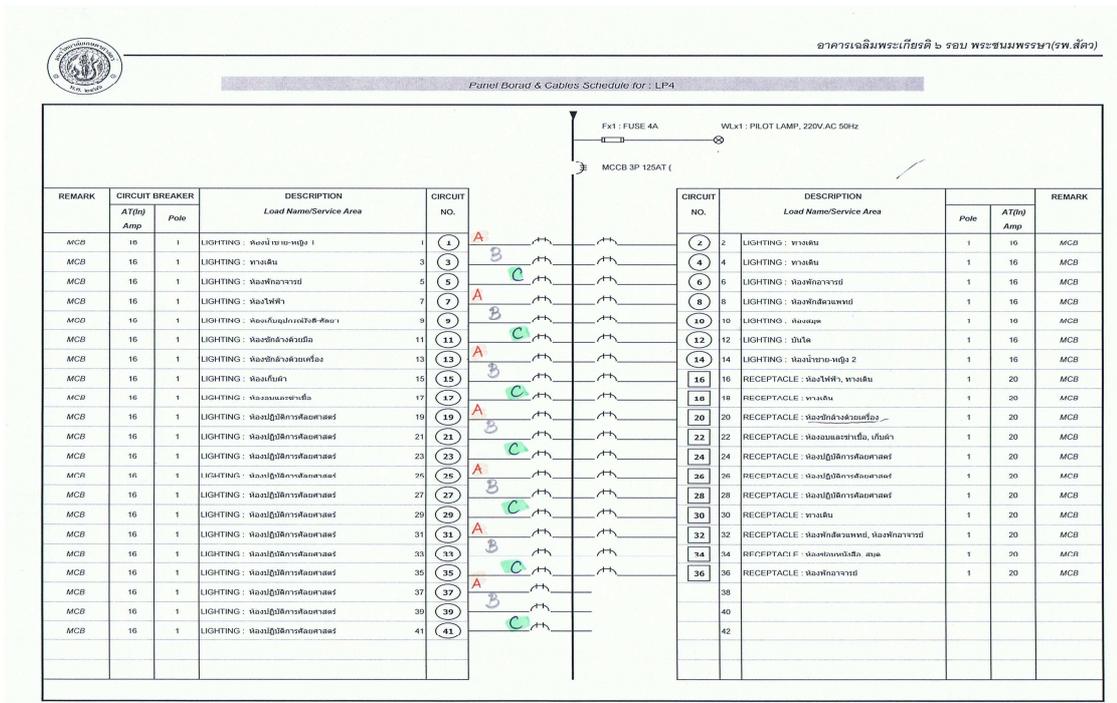
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารชุดชาติ กำภู (วิศวกรรมศาสตร์ 60 ปี) (ชั้นที่ 11)



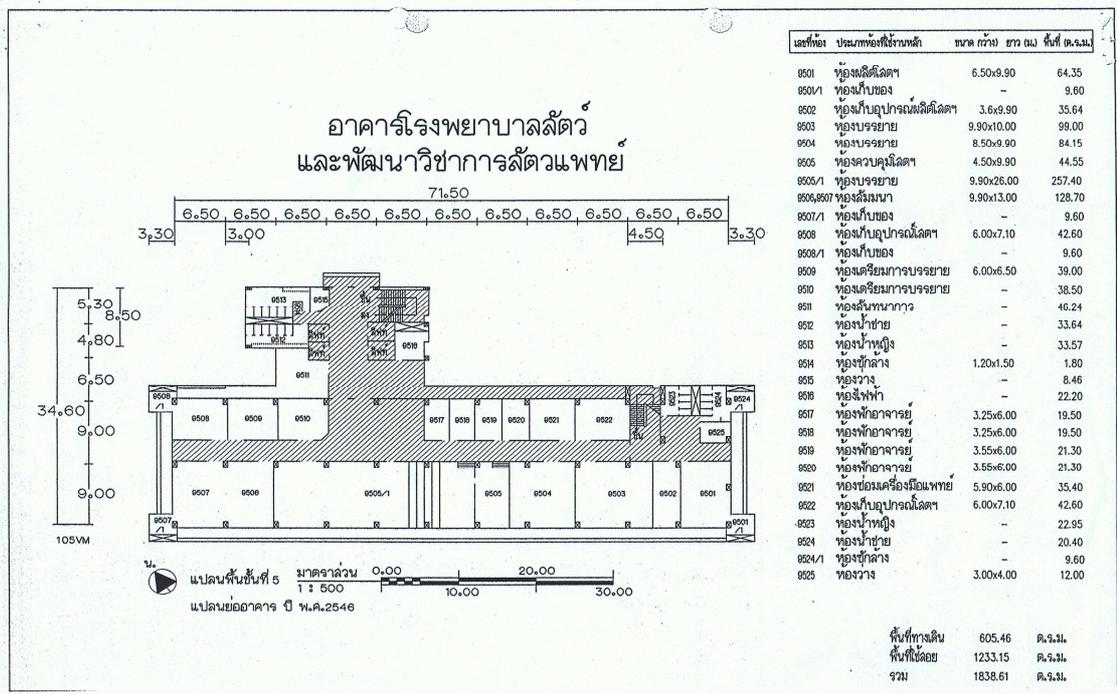
ตารางโหลด (Load Schedule)



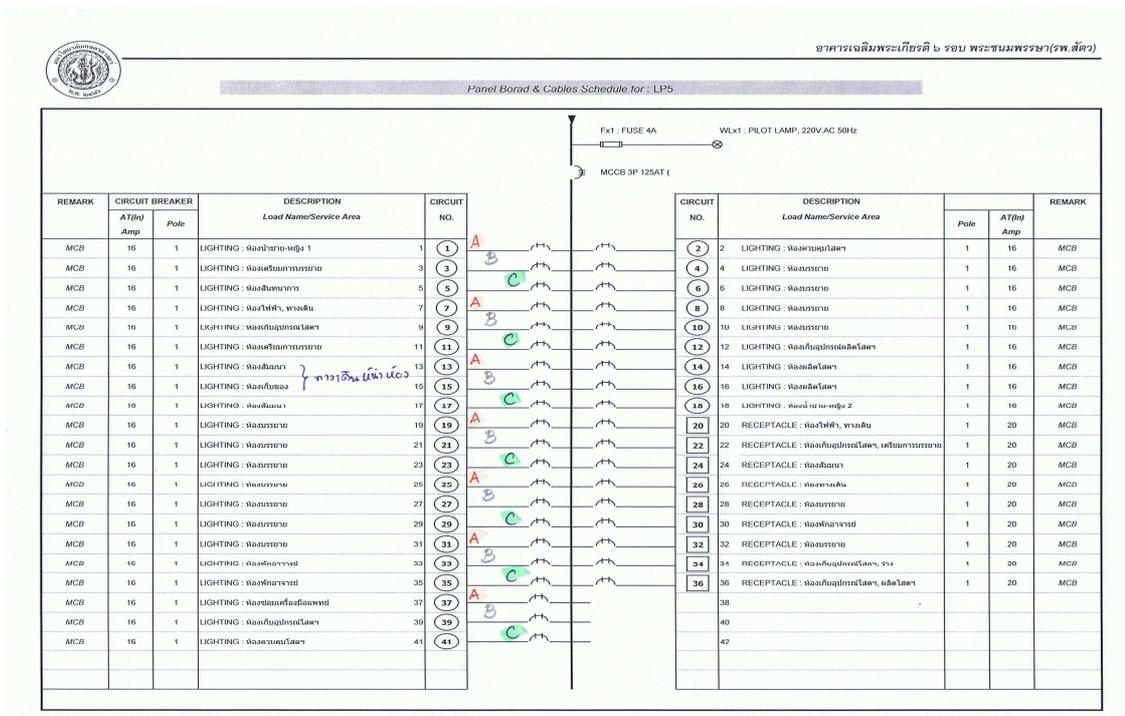
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารโรงพยาบาลสัตว์และพัฒนาวินิจฉัยการสัตวแพทย์ (ชั้นที่ 4)



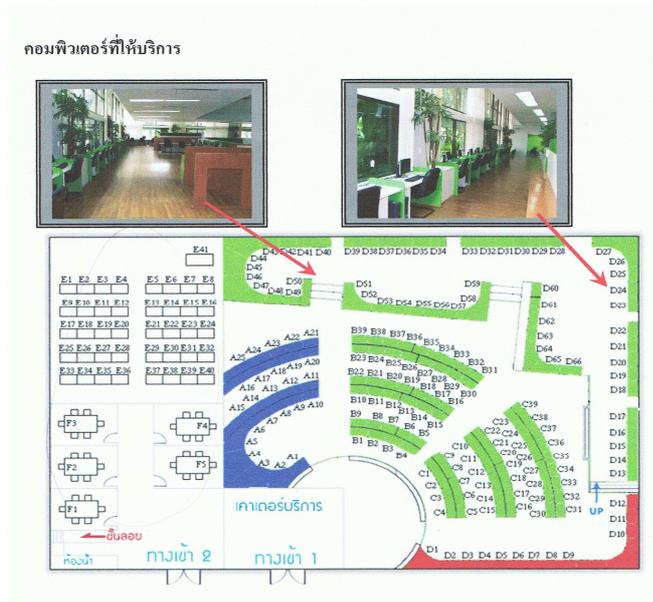
ตารางโหลด (Load Schedule)



แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคาร โรงพยาบาลสัตว์และพัฒนาวชิการสัตวแพทย (ชั้นที่ 5)



ตารางโหลด (Load Schedule)



แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ Kasetart IT Square (KITS)

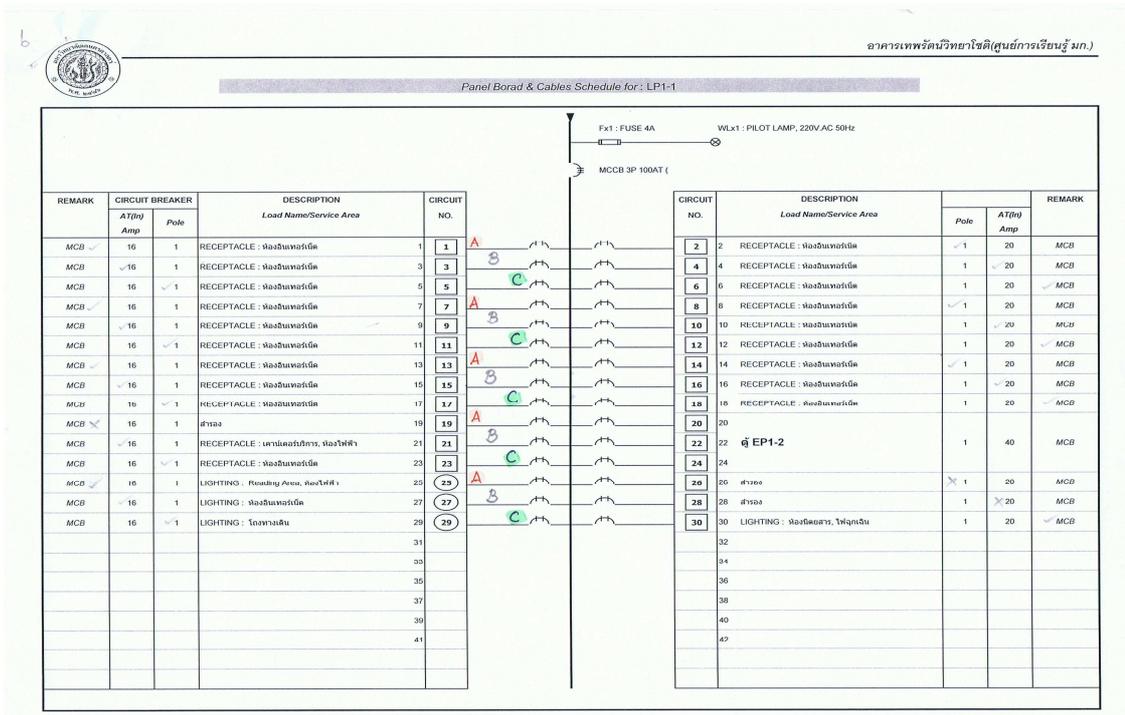
ศูนย์คอมพิวเตอร์ Kasetart Square IT (KITS)

Panel Board & Cables Schedule for: P11/2 *ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ KITS*

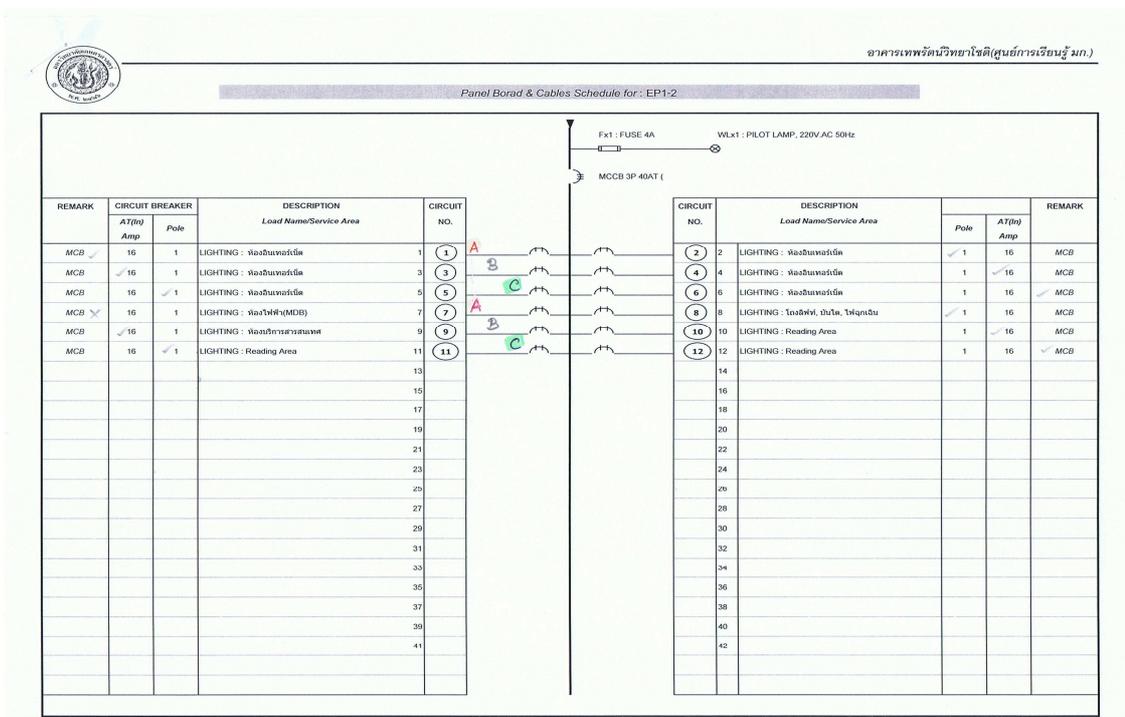
REMARK	CIRCUIT BREAKER		DESCRIPTION Load Name/Service Area	CIRCUIT NO.	CIRCUIT	CIRCUIT NO.	DESCRIPTION Load Name/Service Area	Pole	AT(In) Amp	REMARK
	AT(In) Amp	Pole								
✓ MCB	20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ A1-A10	10	1	2	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ A11-A15	✓ 1	20	MCB
MCB	✓ 20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ B1-B9	9	3	4	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ B10-B22	1	✓ 20	MCB
MCB	20	✓ 1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ B23-B39	14	5	6	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ C1-C9	1	20	✓ MCB
✓ MCB	20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ C10-C22	10	7	8	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ C23-C30	✓ 1	20	MCB
MCB	✓ 20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ C31-C39	9	9	10	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D1-D12	1	✓ 20	MCB
MCB	20	✓ 1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D51-D59	9	11	12	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D60-D66	1	20	✓ MCB
✓ MCB	20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D28-D33	6	13	14	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D23-D27	✓ 1	20	MCB
MCB	✓ 20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D34-D39	6	15	16	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ A16-A25	1	✓ 20	MCB
MCB	20	✓ 1	RECEPTACLE : ใ้ทางขึ้น		17	18	RECEPTACLE : ใ้รถทางเข้า	1	20	✓ MCB
✓ MCB	20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D40-D50	11	19	20				
MCB	✓ 20	1	RECEPTACLE : ใ้คอมพิวเตอร์ D13-D22	10	21	22				
				23						
				25						
				27						
				29						
				31						
				33						
				35						
				37						
				39						
				41						

A = 58 ใ้คอม.
B = 69 ใ้คอม.
C = 19 ใ้คอม.

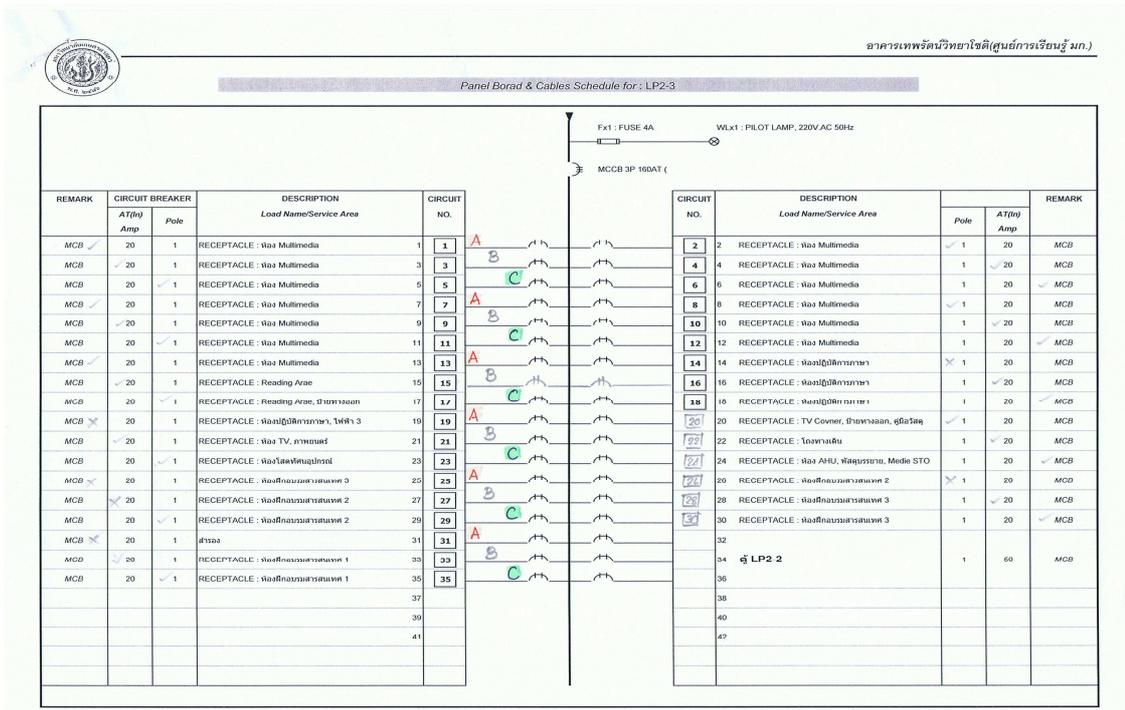
ตารางโหลด (Load Schedule)



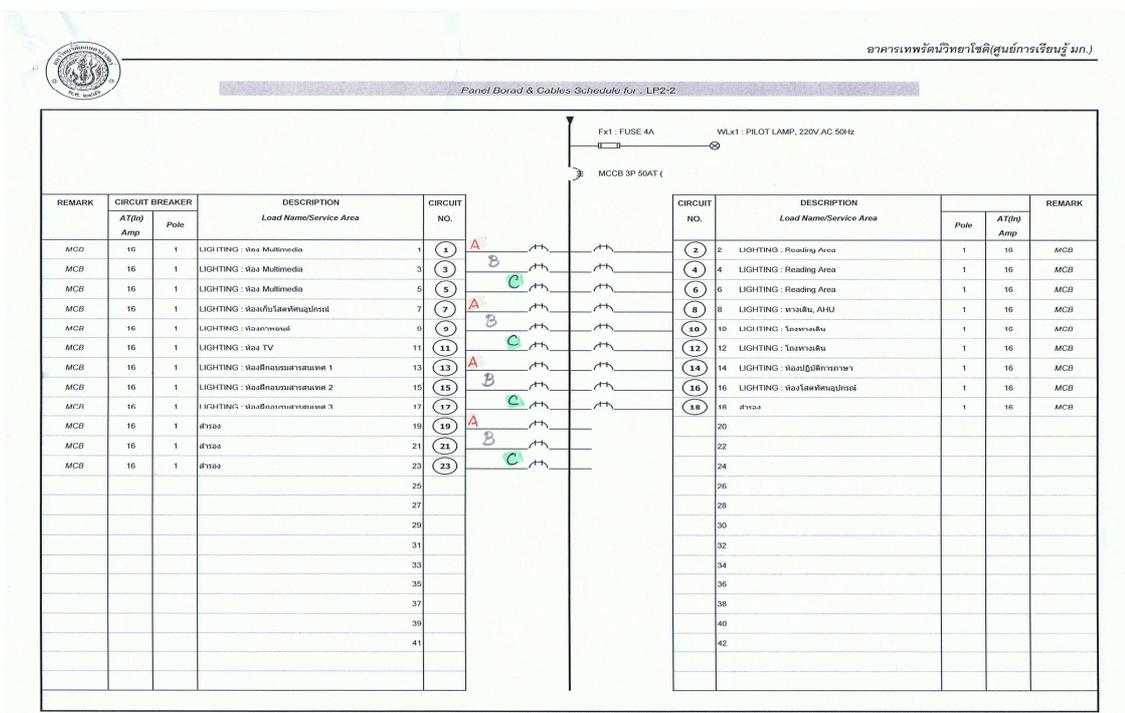
ตารางโหลดของอาคารแพรรัดอนวิททยาไซติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.) ชั้นที่ 1 ตู้ LP1-1



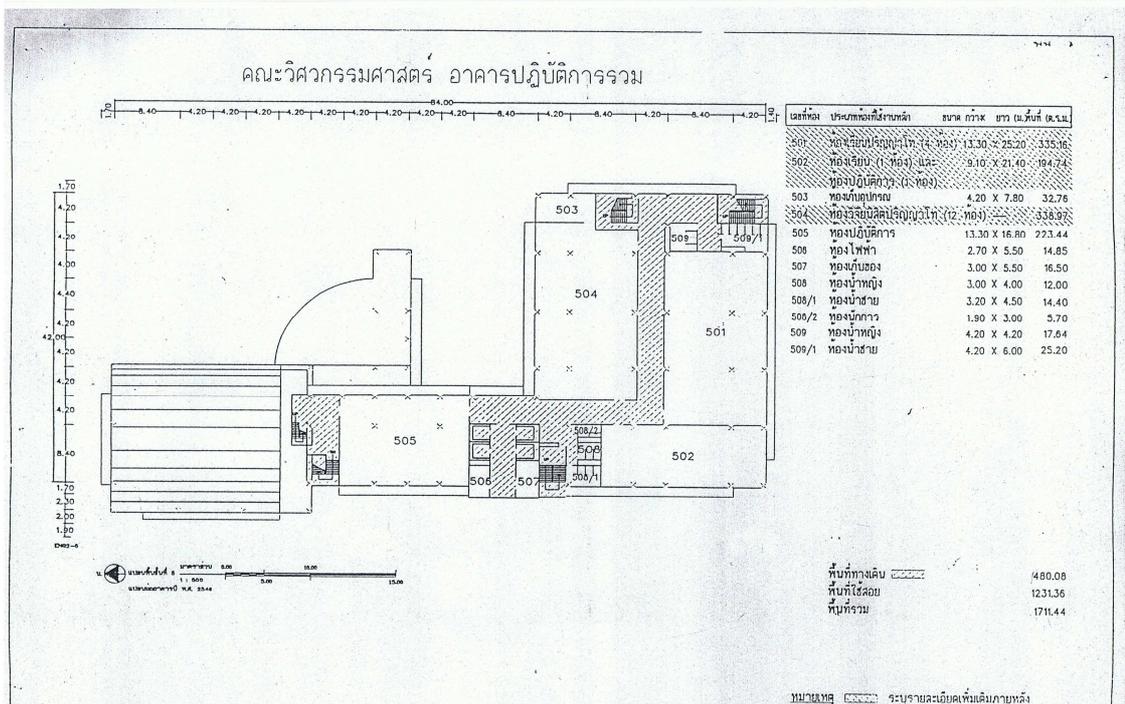
ตารางโหลดของอาคารแพรรัดอนวิททยาไซติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.) ชั้นที่ 1 ตู้ EP1-2



ตารางโหลดของอาคารแพร์ดน์วิทยาโชติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.) ชั้นที่ 2 ตู้ LP2-3



ตารางโหลดของอาคารแพร์ดน์วิทยาโชติ (ศูนย์การเรียนรู้ มก.) ชั้นที่ 2 ตู้ LP2-2



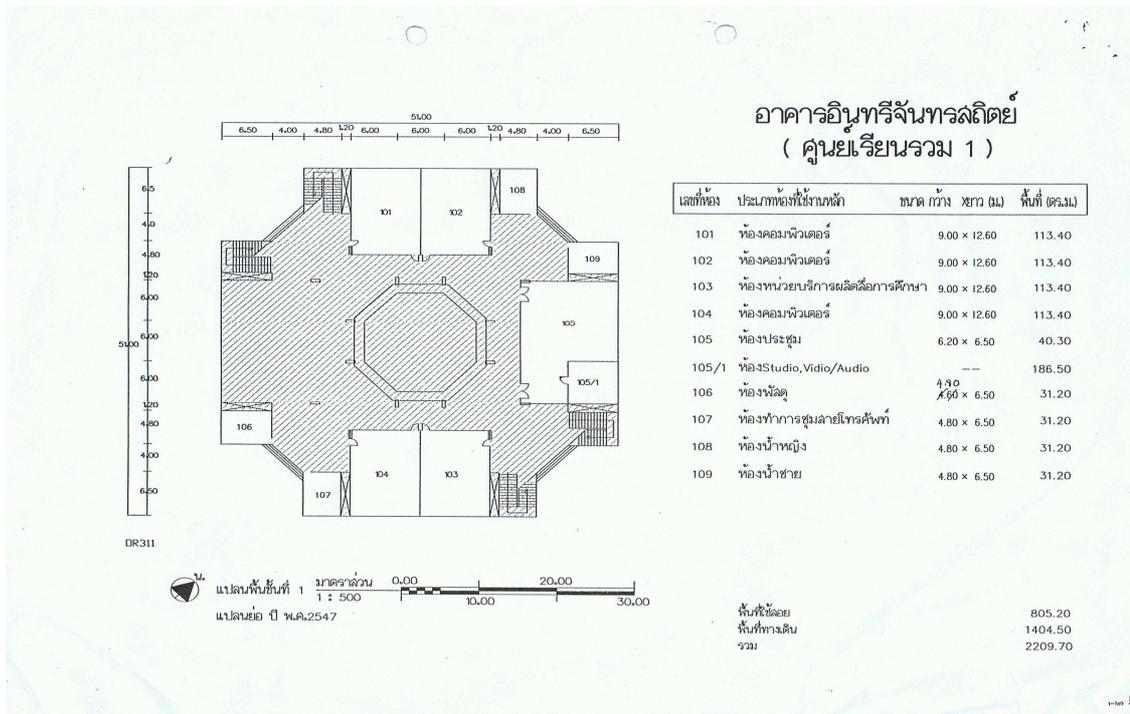
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารชุนชาติ กำภู (วิศวกรรมศาสตร์ 60 ปี) (ชั้นที่ 5)

อาคารวิศวกรรม 60 ปี

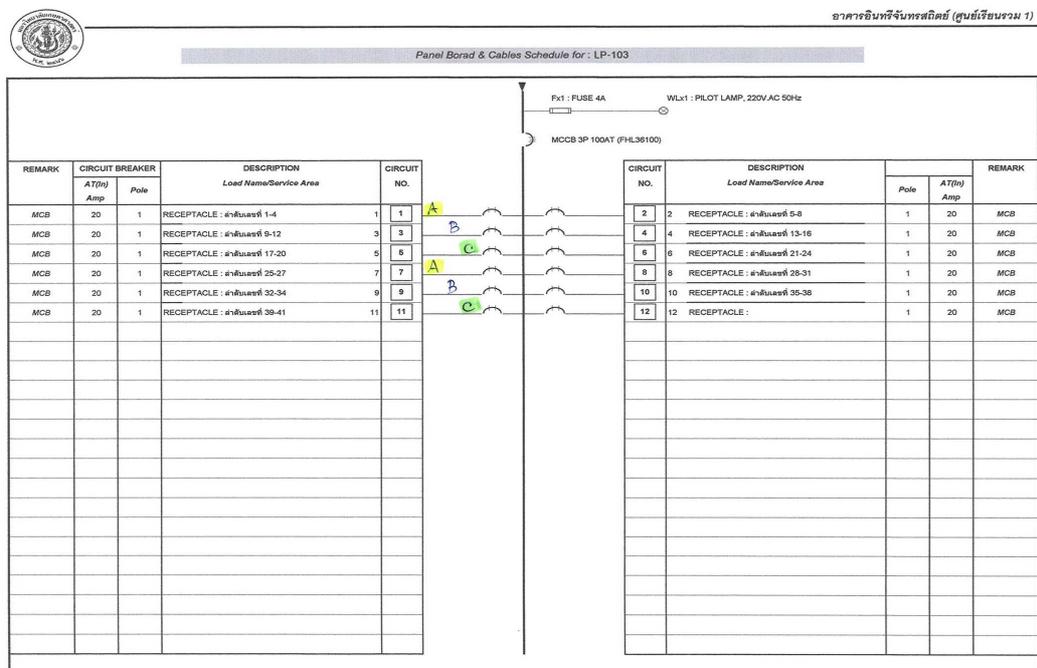
Panel Board & Cables Schedule for : LC5

REMARK	CIRCUIT BREAKER		DESCRIPTION Load Name/Service Area	CIRCUIT NO.	CIRCUIT	CIRCUIT NO.	DESCRIPTION Load Name/Service Area	Pole	A/T(Tr) Amp	REMARK
	A/T(Tr) Amp	Pole								
✗ MCB	16	1	LIGHTING : หน้า Lift + Shaft	1	(1)	2	RECEPTACLE : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	3	(3)	4	RECEPTACLE : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	5	(5)	6	RECEPTACLE : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	1	20	MCB
✓ MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	7	(7)	8	RECEPTACLE : หน้า Lift + Shaft	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	9	(9)	10	RECEPTACLE : ห้อง 508, 502 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	11	(11)	12	RECEPTACLE : 502 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า	1	20	MCB
✓ MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	13	(13)	14	RECEPTACLE : 502 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 506 ห้องปฏิบัติการรวมไฟฟ้า	15	(15)	16	SPARE	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : STB ลิฟท์	17	(17)	18	SPARE	1	20	MCB
✓ MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 502 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า	19	(19)	20	SPACE	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 502 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า	21	(21)	22	SPACE	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 502 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า	23	(23)	24	SPACE	1	20	MCB
✓ MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 502 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้า	25	(25)	26	SPACE	1	20	MCB
MCB	✗ 16	1	LIGHTING : ทางเดิน	27	(27)	28	SPACE	1	20	MCB
MCB	✓ 16	1	LIGHTING : 508, 508/1 ห้องน้ำดื่ม	29	(29)	30	SPACE	1	20	MCB
				31		32				
				33		34				
				35		36				
				37		38				
				39		40				
				41		42				

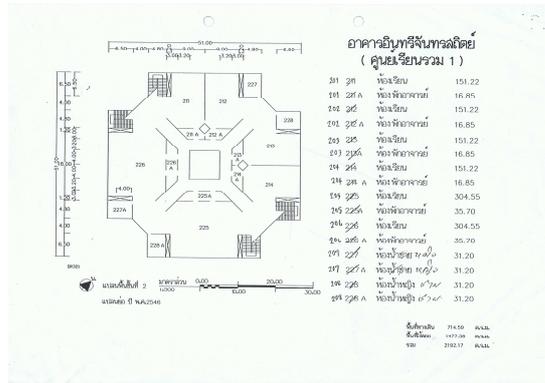
ตารางโหลด (Load Schedule)



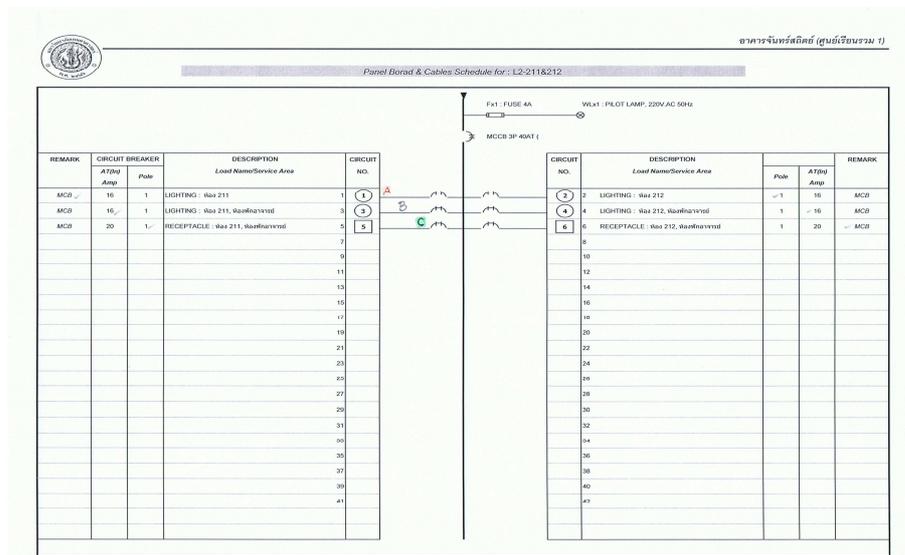
แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารอินทรีจันทรสถิตย์ (สร. ๑) (ชั้นที่ 1 ห้อง 103)



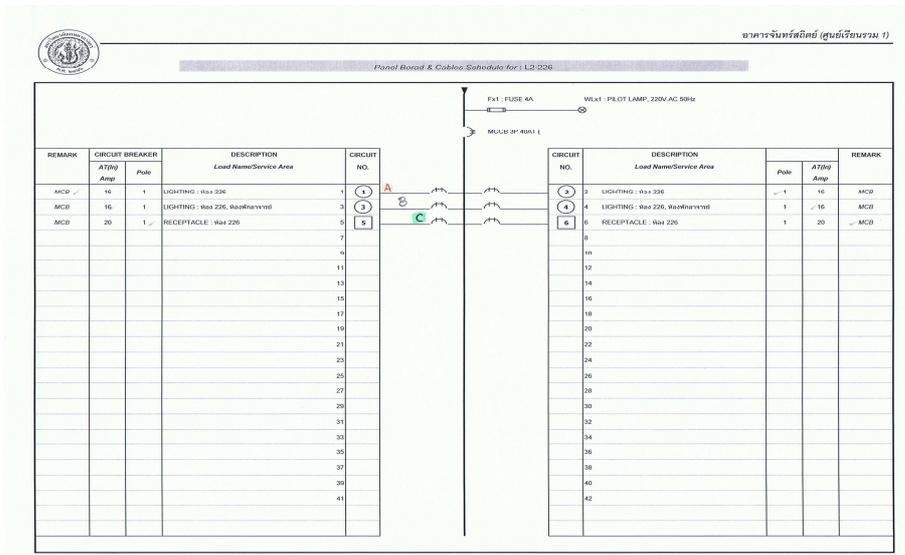
ตารางโหลด (Load Schedule)



แปลนประเภทห้องที่ใช้งานของอาคารอินทรีจันทรสถิตย์ (สร. ๑) (ชั้นที่ 2 ห้อง 211&212)



ห้อง 211&212



ห้อง 226

ภาคผนวก ข

ข้อมูลกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ

ตารางภาคผนวกที่ 1 ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 1

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรัล		
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _{N,rms}	
<i>สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ</i>									
1(50Hz)	13.28	97.7	3.85	77.30	10.25	81.80	9.43	73.90	
3(150Hz)	2.43	17.9	1.86	47.20	3.95	38.50	3	5.68	59.80
5(250Hz)	1.24	9.1	1.20	30.40	3.37	32.90		1.23	12.90
7(350Hz)	0.18	1.4	0.86	21.80	2.19	21.40		1.25	13.20
9(450Hz)	0.71	5.2	0.66	16.70	1.48	14.40	9	2.31	24.20
11(550Hz)	0.35	2.6	0.35	9.00	0.62	6.10		0.16	1.70
13(650Hz)	0.26	1.9	0.17	4.40	0.25	2.40		0.05	0.50
15(750Hz)	0.13	1.0	0.07	1.80	0.32	3.10	15	0.37	3.90
17(850Hz)	0.08	0.6	0.01	0.40	0.32	3.10		0.13	1.30
19(950Hz)	0.06	0.5	0.04	0.80	0.25	2.40		0.22	2.30
21(1.05kHz)	0.04	0.3	0.06	1.60	0.09	0.90	21	0.13	1.30
23(1.15kHz)	0.06	0.5	0.04	1.10	0.04	0.30		0.07	0.80
25(1.25kHz)	0.04	0.3	0.04	1.10	0.10	0.90		0.16	1.60
27(1.35kHz)	0.03	0.2	0.04	0.90	0.08	0.90	27	0.01	0.20
29(1.45kHz)	0.01	0.1	0.04	0.90	0.04	0.40		0.05	0.50
31(1.55kHz)	0.01	0.1	0.02	0.60	0.02	0.20		0.01	0.20
33(1.65kHz)	0.01	0.1	0.01	0.30	0.01	0.20	33	0.04	0.30
<i>สำนักงานประเภทเลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา</i>									
1(50Hz)	22.19	97.80	24.36	91.90	12.33	91.5		19.31	67.20
3(150Hz)	4.00	17.60	6.73	27.50	4.05	30	3	13.23	68.50
5(250Hz)	2.19	9.60	6.03	24.60	3.2	23.8		3.03	15.70
7(350Hz)	0.65	2.90	2.52	10.30	1.24	9.2		2.16	11.20
9(450Hz)	0.86	3.80	2.11	8.60	0.98	7.3	9	3.52	18.20
11(550Hz)	0.12	0.50	0.56	2.30	0.39	2.9		0.25	1.30
13(650Hz)	0.08	0.30	0.16	0.60	0.1	0.7		0.10	0.50
15(750Hz)	0.45	2.00	0.56	2.30	0.45	3.3	15	1.56	8.10
17(850Hz)	0.23	1.00	0.40	1.60	0.32	2.4		0.22	1.10

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล		
	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{N,rms}	
<i>สำนักงานประเภทเลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา (ต่อ)</i>									
19(950Hz)	0.14	0.60	0.18	0.80	0.13	0.9		0.07	0.40
21(1.05kHz)	0.05	0.20	0.18	0.80	0.13	1	21	0.24	1.20
23(1.15kHz)	0.17	0.70	0.21	0.80	0.21	1.6		0.06	0.30
25(1.25kHz)	0.16	0.70	0.33	1.40	0.06	0.5		0.12	0.60
27(1.35kHz)	0.05	0.20	0.11	0.40	0.08	0.6	27	0.08	0.40
29(1.45kHz)	0.04	0.20	0.12	0.50	0.1	0.7		0.10	0.50
31(1.55kHz)	0.05	0.20	0.04	0.20	0.08	0.7		0.04	0.20
33(1.65kHz)	0.04	0.20	0.05	0.20	0.04	0.3	33	0.08	0.50
<i>สำนักงานประเภทฝ่ายบริหาร</i>									
1(50Hz)	2.95	94.00	6.81	97.10	8.82	99.10		5.71	94.00
3(150Hz)	0.94	31.70	1.32	19.40	1.00	11.30	3	1.78	31.00
5(250Hz)	0.25	8.40	0.84	12.30	0.47	5.30		0.37	6.60
7(350Hz)	0.26	8.70	0.13	1.90	0.33	3.60		0.47	8.20
9(450Hz)	0.06	1.90	0.32	4.70	0.20	2.20	9	0.45	7.80
11(550Hz)	0.07	2.40	0.18	2.70	0.19	2.10		0.09	1.60
13(650Hz)	0.04	1.40	0.12	1.70	0.13	1.40		0.21	3.50
15(750Hz)	0.04	1.40	0.13	1.90	0.08	0.90	15	0.21	3.70
17(850Hz)	0.04	1.10	0.10	1.50	0.10	1.10		0.08	1.30
19(950Hz)	0.03	1.00	0.09	1.40	0.08	0.90		0.07	1.20
21(1.05kHz)	0.01	0.60	0.05	0.80	0.06	0.70	21	0.11	1.90
23(1.15kHz)	0.01	0.30	0.02	0.30	0.05	0.60		0.04	0.60
25(1.25kHz)	0.01	0.10	0.01	0.30	0.04	0.50		0.02	0.40
27(1.35kHz)	0.01	0.50	0.01	0.10	0.03	0.30	27	0.01	0.20
29(1.45kHz)	0.01	0.10	0.01	0.20	0.03	0.30		0.01	0.20
31(1.55kHz)	0.01	0.40	0.02	0.30	0.03	0.30		0.04	0.60
33(1.65kHz)	0.01	0.10	0.01	0.30	0.02	0.20	33	0.05	0.90

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรัล	
	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>สำนักงานประเภทสารสนเทศ</i>								
1(50Hz)	15.28	96.40	6.54	95.90	6.71	89.70	7.15	84.00
3(150Hz)	3.35	21.90	1.70	25.90	1.99	29.40	3	3.59 50.00
5(250Hz)	2.02	13.10	0.64	9.80	1.85	27.40		0.98 13.70
7(350Hz)	0.35	2.30	0.13	2.00	0.94	14.00		0.63 8.70
9(450Hz)	0.90	5.90	0.30	4.60	0.71	10.60	9	0.93 13.00
11(550Hz)	0.11	0.70	0.13	2.00	0.28	4.20		0.11 1.50
13(650Hz)	0.08	0.50	0.11	1.60	0.08	1.20		0.13 1.90
15(750Hz)	0.24	1.50	0.16	2.30	0.11	1.60	15	0.14 1.90
17(850Hz)	0.21	1.30	0.07	1.00	0.10	1.40		0.11 1.60
19(950Hz)	0.25	1.60	0.06	0.90	0.06	0.90		0.03 0.40
21(1.05kHz)	0.08	0.50	0.03	0.50	0.02	0.30	21	0.03 0.40
23(1.15kHz)	0.11	0.70	0.03	0.40	0.03	0.40		0.03 0.40
25(1.25kHz)	0.11	0.70	0.05	0.80	0.04	0.50		0.06 0.80
27(1.35kHz)	0.05	0.30	0.05	0.70	0.03	0.40	27	0.04 0.50
29(1.45kHz)	0.05	0.30	0.03	0.40	0.04	0.50		0.04 0.60
31(1.55kHz)	0.06	0.40	0.04	0.70	0.04	0.50		0.01 0.20
33(1.65kHz)	0.04	0.30	0.02	0.40	0.04	0.60	33	0.03 0.40
<i>สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์</i>								
1(50Hz)	9.19	96.20	10.45	93.40	12.58	96.90		10.02 74.90
3(150Hz)	2.16	22.60	2.76	26.40	2.69	21.30	3	8.78 58.50
5(250Hz)	0.51	5.30	2.09	19.90	0.76	6.00		0.68 4.50
7(350Hz)	0.95	9.90	1.12	10.70	1.00	8.00		0.24 1.60
9(450Hz)	0.68	7.10	0.64	6.20	0.64	5.10	9	4.28 28.50
11(550Hz)	0.26	2.70	0.31	3.00	0.26	2.10		0.81 5.40
13(650Hz)	0.49	5.10	0.40	3.80	0.50	4.00		0.69 4.60
15(750Hz)	0.35	3.60	0.16	1.60	0.17	1.40	15	1.02 6.80
17(850Hz)	0.06	0.60	0.23	2.20	0.06	0.40		0.19 1.30

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ต่อ)</i>								
19(950Hz)	0.12	1.20	0.11	1.10	0.06	0.50	0.25	1.70
21(1.05kHz)	0.08	0.90	0.08	0.70	0.08	0.70	21	0.20 1.30
23(1.15kHz)	0.06	0.60	0.02	0.20	0.10	0.80		0.40
25(1.25kHz)	0.02	0.20	0.08	0.70	0.04	0.30		0.60
27(1.35kHz)	0.04	0.30	0.06	0.60	0.01	0.10	27	0.03 0.20
29(1.45kHz)	0.04	0.30	0.08	0.80	0.05	0.40		0.20
31(1.55kHz)	0.02	0.20	0.03	0.30	0.03	0.20		0.60
33(1.65kHz)	0.01	0.00	0.03	0.30	0.02	0.20	33	0.03 0.20
<i>สำนักงานประเภทฝ่ายบริหารและห้องประชุม</i>								
1(50Hz)	4.98	71.00	4.45	92.30	11.08	94.80		9.29 82.30
3(150Hz)	2.72	50.10	0.95	21.20	2.85	25.60	3	4.65 50.00
5(250Hz)	1.87	37.90	0.81	18.00	0.81	7.30		5.90
7(350Hz)	0.92	18.70	0.48	10.70	0.41	3.70		2.30
9(450Hz)	0.23	4.70	0.86	19.10	1.39	12.50	9	2.33 25.10
11(550Hz)	0.23	4.80	0.61	13.50	0.94	8.50		4.40
13(650Hz)	0.36	7.30	0.23	5.20	0.75	6.70		5.80
15(750Hz)	0.24	4.90	0.08	1.80	0.05	0.40	15	0.11 1.20
17(850Hz)	0.09	1.90	0.02	0.50	0.16	1.50		0.70
19(950Hz)	0.08	1.70	0.10	2.20	0.16	1.50		1.30
21(1.05kHz)	0.08	1.70	0.06	1.30	0.10	0.90	21	0.10 1.00
23(1.15kHz)	0.05	0.90	0.09	2.10	0.11	1.00		1.70
25(1.25kHz)	0.05	0.90	0.04	0.80	0.11	1.00		1.30
27(1.35kHz)	0.06	1.1	0.01	0.10	0.01	0.10	27	0.06 0.60
29(1.45kHz)	0.04	0.70	0.03	0.60	0.03	0.30		0.70
31(1.55kHz)	0.01	0.20	0.04	0.90	0.08	0.70		0.30
33(1.65kHz)	0.03	0.50	0.01	0.20	0.03	0.30	33	0.01 0.10

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรัล	
	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>สำนักงานประเภทตรวจรักษาสัตว์</i>								
1(50Hz)	15.14	98.50	20.49	95.00	8.16	98.70	9.32	85.3
3(150Hz)	1.89	12.50	4.45	22.10	0.89	10.90	3	4.91 45.6
5(250Hz)	1.16	7.60	3.54	17.60	0.66	8.10		8.1
7(350Hz)	0.64	4.30	2.12	10.60	0.46	5.60		21.7
9(450Hz)	0.85	5.60	1.47	7.30	0.49	6.00	9	0.32 2.8
11(550Hz)	0.41	2.70	0.61	3.00	0.25	3.00		0.4
13(650Hz)	0.28	1.80	0.14	0.70	0.14	1.70		4.5
15(750Hz)	0.28	1.80	0.22	1.10	0.09	1.10	15	0.17 1.6
17(850Hz)	0.28	1.90	0.23	1.10	0.04	0.40		1.5
19(950Hz)	0.28	1.80	0.16	0.80	0.06	0.70		2.9
21(1.05kHz)	0.09	0.60	0.11	0.50	0.04	0.50	21	0.15 1.4
23(1.15kHz)	0.11	0.80	0.04	0.20	0.04	0.40		0.3
25(1.25kHz)	0.04	0.30	0.03	0.10	0.03	0.30		1.4
27(1.35kHz)	0.06	0.40	0.01	0.10	0.01	0.20	27	0.01 0.1
29(1.45kHz)	0.40	0.30	0.01	0.10	0.01	0.20		0.2
31(1.55kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.04	0.40		0.1
33(1.65kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	33	0.06 0.6
<i>สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องฟักพื้นสัตว์</i>								
1(50Hz)	22.19	98.10	12.04	98.90	11.21	99.10		8.87 95.4
3(150Hz)	3.50	15.80	1.59	13.20	1.38	12.20	3	1.68 18.1
5(250Hz)	2.16	9.70	0.30	2.50	0.40	3.50		1.8 19.4
7(350Hz)	0.87	3.90	0.64	5.30	0.35	3.10		0.66 7.1
9(450Hz)	0.74	3.40	0.20	1.70	0.34	3.00	9	0.93 10
11(550Hz)	0.30	1.30	0.05	0.40	0.14	1.30		0.34 3.7
13(650Hz)	0.21	0.90	0.11	1.00	0.16	1.30		0.28 3.1
15(750Hz)	0.26	1.20	0.15	1.20	0.11	1.00	15	0.28 3.0
17(850Hz)	0.05	0.20	0.15	1.20	0.05	0.40		0.16 1.7

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องฟกพื้นสัตว์ (ต่อ)</i>								
19(950Hz)	0.14	0.60	0.03	0.20	0.13	1.20	0.21	2.2
21(1.05kHz)	0.08	0.40	0.04	0.30	0.08	0.80	21	0.12 1.3
23(1.15kHz)	0.11	0.50	0.04	0.30	0.01	0.10		1.6
25(1.25kHz)	0.06	0.30	0.10	0.10	0.03	0.20		0.5
27(1.35kHz)	0.04	0.20	0.01	0.10	0.03	0.30	27	0.02 0.3
29(1.45kHz)	0.05	0.20	0.01	0.10	0.05	0.40		0.9
31(1.55kHz)	0.01	0.00	0.01	0.10	0.01	0.10		0.3
33(1.65kHz)	0.05	0.20	0.01	0.10	0.01	0.20	33	0.01 0.1
<i>สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี</i>								
1(50Hz)	41.10	99.70	19.30	99.50	14.65	98.80		9.63 96.4
3(150Hz)	2.58	6.10	1.78	9.20	1.70	11.50	3	1.48 14.8
5(250Hz)	1.64	3.90	0.29	1.50	1.22	8.30		1.77 17.7
7(350Hz)	0.98	2.30	0.33	1.70	0.64	4.30		0.85 8.5
9(450Hz)	0.98	2.30	0.57	2.90	0.59	3.90	9	0.77 7.7
11(550Hz)	0.34	0.80	0.23	1.20	0.24	1.60		0.28 2.8
13(650Hz)	0.11	0.20	0.16	0.80	0.06	0.40		0.35 3.5
15(750Hz)	0.25	0.60	0.15	0.80	0.08	0.50	15	0.3 3.1
17(850Hz)	0.25	0.60	0.15	0.80	0.11	0.70		0.22 2.2
19(950Hz)	0.13	0.30	0.04	0.20	0.08	0.50		0.2 2.0
21(1.05kHz)	0.14	0.30	0.03	0.10	0.03	0.20	21	0.11 1.1
23(1.15kHz)	0.21	0.50	0.06	0.30	0.03	0.20		0.16 1.5
25(1.25kHz)	0.08	0.20	0.01	0.00	0.03	0.20		0.13 1.4
27(1.35kHz)	0.05	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	27	0.04 0.4
29(1.45kHz)	0.04	0.10	0.04	0.20	0.01	0.10		0.09 0.9
31(1.55kHz)	0.04	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10		0.04 0.4
33(1.65kHz)	0.01	0.00	0.01	0.10	0.01	0.10	33	0.04 0.4

ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 2

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรัล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>บริการทั่วไป (สำนักหอสมุด) และสำนักงานห้องฝ่ายงานสารสนเทศ</i>								
1(50Hz)	8.55	96.40	15.21	92.80	13.50	95.40	7.54	67.4
3(150Hz)	1.51	17.60	4.70	30.50	3.17	23.50	3	7.54 67.4
5(250Hz)	0.63	7.30	2.58	16.80	1.98	14.60		15.7
7(350Hz)	0.78	9.10	0.54	3.50	0.37	2.70		6.3
9(450Hz)	0.73	8.50	1.58	10.30	1.16	8.60	9	2.69 24.0
11(550Hz)	0.95	11.10	1.03	6.70	0.76	5.60		5.3
13(650Hz)	0.58	6.80	0.39	2.50	0.35	2.60		2.1
15(750Hz)	0.12	1.40	0.17	1.10	0.30	2.20	15	0.36 3.2
17(850Hz)	0.18	2.20	0.18	1.10	0.13	1.00		1.0
19(950Hz)	0.11	1.30	0.16	1.00	0.06	0.50		0.3
21(1.05kHz)	0.07	0.80	0.24	1.50	0.16	1.20	21	0.41 3.7
23(1.15kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
25(1.25kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
27(1.35kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27	0.00 0.00
29(1.45kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
31(1.55kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
33(1.65Hz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00 0.00
<i>ห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ</i>								
1(50Hz)	28.43	97.30	20.50	97.60	29.69	96.80		90.3
3(150Hz)	5.20	17.90	3.84	18.30	5.72	18.60	3	2.26 30.5
5(250Hz)	1.21	4.20	1.75	8.40	4.48	14.60		26.7
7(350Hz)	2.33	8.00	0.62	3.00	1.70	5.50		9.7
9(450Hz)	1.39	4.80	0.83	4.00	1.51	4.90	9	0.63 8.5
11(550Hz)	0.50	1.70	0.16	0.70	0.64	2.10		1.6
13(650Hz)	0.73	2.50	0.12	0.60	0.46	1.50		2.8
15(750Hz)	0.56	1.90	0.12	0.60	0.62	2.00	15	0.33 4.4
17(850Hz)	0.15	0.50	0.16	0.80	0.07	0.20		1.9

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>ห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ (ต่อ)</i>								
19(950Hz)	0.21	0.70	0.35	1.70	0.04	0.10	0.06	0.7
21(1.05kHz)	0.18	0.60	0.11	0.50	0.19	0.60	21	0.08 1.0
23(1.15kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25(1.25kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27(1.35kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27	0.00 0.00
29(1.45kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31(1.55kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33(1.65kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00 0.00
<i>ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ</i>								
1(50Hz)	13.17	92.6	7.38	79.6	13.71	96.7	12.26	79
3(150Hz)	3.9	27.4	4.27	46.2	3.39	23.9	3	8.97 57.8
5(250Hz)	3.18	22.4	3.05	33	0.9	6.3	1.05	6.8
7(350Hz)	1.22	8.5	1.59	17.2	0.77	5.5	0.91	5.8
9(450Hz)	1.17	8.2	0.93	10	0.35	2.5	9	2.72 17.5
11(550Hz)	0.5	3.5	0.35	3.7	0.11	0.8	0.54	3.5
13(650Hz)	0.17	1.2	0.04	0.5	0.16	1.1	0.28	1.8
15(750Hz)	0.21	1.5	0.3	3.3	0.13	1	15	0.52 3.3
17(850Hz)	0.21	1.5	0.29	3.1	0.05	0.4	0.08	0.5
19(950Hz)	0.16	1.1	0.11	1.2	0.09	0.7	0.03	0.2
21(1.05kHz)	0.03	0.2	0.12	1.3	0.06	0.4	21	0.11 0.7
23(1.15kHz)	0.1	0.7	0.19	2.1	0.05	0.4	0.11	0.7
25(1.25kHz)	0.1	0.7	0.12	1.3	0.05	0.4	0.12	0.8
27(1.35kHz)	0.01	0.1	0.04	0.5	0.04	0.2	27	0.15 1.0
29(1.45kHz)	0.08	0.6	0.07	0.8	0.01	0.1	0.08	0.5
31(1.55kHz)	0.08	0.6	0.04	0.4	0.03	0.2	0.06	0.4
33(1.65kHz)	0.01	0.1	0.01	0.1	0.01	0.1	33	0.04 0.3

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล		
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _N rms	
<i>ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ</i>									
1(50Hz)	38.95	100.00	41.62	100.00	39.59	100		23.85	99.6
3(150Hz)	0.91	2.30	0.59	1.40	0.29	0.7	3	2.11	8.8
5(250Hz)	0.27	0.70	0.48	1.20	0.39	1.0		0.34	1.4
7(350Hz)	0.63	1.60	0.22	0.50	0.25	0.6		0.3	1.3
9(450Hz)	0.22	0.60	0.08	0.20	0.01	0.0	9	0.08	0.3
11(550Hz)	0.07	0.20	0.05	0.10	0.04	0.1		0.1	0.4
13(650Hz)	0.08	0.20	0.03	0.10	0.03	0.1		0.04	0.1
15(750Hz)	0.16	0.40	0.04	0.10	0.04	0.1	15	0.05	0.2
17(850Hz)	0.10	0.20	0.04	0.10	0.01	0.0		0.04	0.1
19(950Hz)	0.11	0.30	0.03	0.10	0.03	0.1		0.01	0.0
21(1.05kHz)	0.06	0.20	0.03	0.10	0.04	0.1	21	0.03	0.1
23(1.15kHz)	0.04	0.10	0.06	0.10	0.01	0.0		0.01	0.1
25(1.25kHz)	0.04	0.10	0.01	0.00	0.03	0.1		0.03	0.1
27(1.35kHz)	0.04	0.10	0.03	0.10	0.01	0.0	27	0.03	0.1
29(1.45kHz)	0.04	0.10	0.03	0.10	0.01	0.0		0.01	0.0
31(1.55kHz)	0.03	0.10	0.03	0.10	0.01	0.0		0.01	0.1
33(1.65kHz)	0.03	0.10	0.01	0.00	0.03	0.1	33	0.03	0.1
<i>ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย</i>									
1(50Hz)	7.45	98.70	4.85	97.00	17.30	98.50		9.25	92.8
3(150Hz)	0.92	12.20	0.97	19.30	2.50	14.20	3	3.51	35.3
5(250Hz)	0.37	4.80	0.64	12.80	0.65	3.70		0.66	6.6
7(350Hz)	0.68	9.00	0.28	5.60	1.34	7.60		0.45	4.5
9(450Hz)	0.13	1.80	0.23	4.50	0.13	0.80	9	0.88	8.9
11(550Hz)	0.12	1.60	0.04	0.90	0.40	2.30		0.12	1.2
13(650Hz)	0.08	1.10	0.07	1.50	0.17	1.00		0.06	0.6
15(750Hz)	0.16	2.20	0.08	1.50	0.41	2.40	15	0.03	0.3
17(850Hz)	0.13	1.70	0.09	1.90	0.21	1.20		0.01	0.2

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย (ต่อ)</i>								
19(950Hz)	0.07	1.00	0.01	0.40	0.54	3.10	0.05	0.5
21(1.05kHz)	0.02	0.30	0.03	0.50	0.10	0.60	21	0.05 0.5
23(1.15kHz)	0.05	0.60	0.05	0.90	0.25	1.40	0.04	0.4
25(1.25kHz)	0.04	0.50	0.04	0.80	0.08	0.50	0.02	0.2
27(1.35kHz)	0.01	0.10	0.01	0.30	0.10	0.60	27	0.01 0.1
29(1.45kHz)	0.02	0.30	0.01	0.30	0.11	0.60	0.03	0.3
31(1.55kHz)	0.01	0.20	0.02	0.40	0.03	0.20	0.01	0.1
33(1.65kHz)	0.02	0.30	0.01	0.30	0.05	0.30	33	0.02 0.2

ตารางภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 3

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์</i>								
1(50Hz)	23.34	96.20	26.62	95.90	17.60	95.90	9.15	46.80
3(150Hz)	4.99	20.50	5.60	20.20	4.07	22.20	3	15.82 80.90
5(250Hz)	2.94	12.10	3.68	13.20	2.17	11.80	2.00	10.20
7(350Hz)	2.16	8.90	2.67	9.60	1.78	9.70	0.69	3.50
9(450Hz)	1.83	7.60	2.58	9.30	1.39	7.50	9	6.34 32.40
11(550Hz)	0.99	4.10	0.98	3.50	0.68	3.70	0.76	3.90
13(650Hz)	0.52	2.20	0.86	3.10	0.40	2.20	0.43	2.20
15(750Hz)	0.52	1.00	0.26	0.90	0.09	0.50	15	0.47 2.40
17(850Hz)	0.55	2.30	0.43	1.50	0.22	1.20	0.79	4.00
19(950Hz)	0.45	1.80	0.43	1.50	0.05	0.30	0.25	1.30
21(1.05kHz)	0.45	1.80	0.51	1.80	0.24	1.30	21	1.20 6.10
23(1.15kHz)	0.50	2.10	0.32	1.10	0.18	1.00	0.63	3.20

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)</i>								
25(1.25kHz)	0.25	1.00	0.13	0.50	0.22	1.20	0.05	0.30
27(1.35kHz)	0.26	1.10	0.33	1.20	0.05	0.30	27	0.50 2.60
29(1.45kHz)	0.05	0.20	0.07	0.30	0.16	0.90	0.15	0.80
31(1.55kHz)	0.19	0.80	0.14	0.50	0.21	1.10	0.16	0.08
33(1.65kHz)	0.08	0.30	0.08	0.30	0.10	0.60	33	0.18 0.90
<i>ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป (สำนักหอสมุด)</i>								
1(50Hz)	21.67	95.30	17.98	94.10	21.42	95.1	7.14	35.40
3(150Hz)	5.57	24.50	5.47	28.60	5.54	24.6	3	17.88 88.60
5(250Hz)	1.02	4.50	0.73	3.80	0.89	3.9	1.08	5.30
7(350Hz)	2.07	9.10	1.42	7.40	0.9	4.0	1.00	5.00
9(450Hz)	1.89	8.30	1.23	6.40	1.73	7.7	9	5.64 28.00
11(550Hz)	2.17	9.50	2.24	11.70	3.19	14.2	0.54	2.70
13(650Hz)	1.55	6.80	1.56	8.20	1.42	6.3	1.45	7.20
15(750Hz)	0.09	0.40	0.20	1.00	0.06	0.3	15	0.21 1.00
17(850Hz)	0.45	2.00	0.33	1.70	0.42	1.9	0.08	0.40
19(950Hz)	0.11	0.50	0.36	1.90	0.52	2.3	0.21	1.00
21(1.05kHz)	0.12	0.50	0.18	0.90	0.11	0.5	21	0.11 0.50
23(1.15kHz)	0.41	1.80	0.30	1.60	0.28	1.3	0.10	0.50
25(1.25kHz)	0.22	1.00	0.25	1.30	0.28	1.2	0.22	1.10
27(1.35kHz)	0.08	0.30	0.06	0.30	0.05	0.2	27	0.11 0.40
29(1.45kHz)	0.15	0.70	0.30	1.50	0.28	1.2	0.08	0.10
31(1.55kHz)	0.18	0.80	0.17	0.90	0.21	0.9	0.01	0.10
33(1.65kHz)	0.03	0.10	0.05	0.30	0.03	0.1	33	0.05 0.30
<i>ศูนย์บริการ Edutainment Zone</i>								
1(50Hz)	20.35	97.0	22.37	97.00	26.92	97.60	6.92	50.20
3(150Hz)	4.48	21.3	4.07	17.60	5.51	20.00	3	11.11 80.60
5(250Hz)	1.33	6.3	2.16	9.40	0.25	0.90	1.53	11.10

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% $I_{N,rms}$
<i>ศูนย์บริการ Edutainment Zone (ต่อ)</i>								
7(350Hz)	1.05	5.0	1.73	7.50	1.60	5.80	1.10	8.00
9(450Hz)	1.03	4.9	1.49	6.50	1.38	5.00	9	3.67 26.60
11(550Hz)	1.15	5.4	2.04	8.80	0.61	2.20	0.84	6.10
13(650Hz)	0.52	2.5	0.88	3.80	0.70	2.50	0.59	4.30
15(750Hz)	0.21	1.0	0.11	0.50	0.22	0.80	15	0.52 3.80
17(850Hz)	0.16	0.8	0.13	0.60	0.23	0.80	0.28	2.00
19(950Hz)	0.16	0.7	0.13	0.60	0.01	0.00	0.13	0.90
21(1.05kHz)	0.06	0.3	0.05	0.20	0.13	0.50	21	0.27 1.90
23(1.15kHz)	0.22	1.0	0.17	0.70	0.14	0.50	0.16	1.10
25(1.25kHz)	0.11	0.5	0.06	0.30	0.19	0.70	0.04	0.30
27(1.35kHz)	0.04	0.2	0.08	0.30	0.10	0.30	27	0.08 0.50
29(1.45kHz)	0.07	0.3	0.13	0.60	0.07	0.30	0.07	0.50
31(1.55kHz)	0.12	0.6	0.08	0.30	0.21	0.80	0.07	0.50
33(1.65kHz)	0.03	0.1	0.04	0.20	0.05	0.20	33	0.01 0.10

ตารางภาคผนวกที่ 4 ข้อมูลปริมาณกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 4

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% $I_{N,rms}$
<i>ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโปรเซสเซอร์</i>								
1(50Hz)	7.83	96.30	7.26	95.20	11.79	97.40	7.55	78.10
3(150Hz)	1.91	23.50	2.07	27.20	2.54	21.00	3	5.47 56.70
5(250Hz)	0.37	4.60	0.48	6.30	0.46	3.80	1.03	10.70
7(350Hz)	0.71	8.70	0.64	8.50	0.63	5.20	1.59	16.50
9(450Hz)	0.57	7.00	0.59	7.80	0.42	3.50	9	0.35 3.60
11(550Hz)	0.25	3.20	0.18	2.40	0.25	2.10	0.53	5.50

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _{N,rms}
ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโพรเซสเซอร์ (ต่อ)								
13(650Hz)	0.20	3.00	0.30	4.00	0.28	2.30	0.66	6.80
15(750Hz)	0.22	2.70	0.09	1.20	0.18	1.50	15	0.26 2.70
17(850Hz)	0.06	0.80	0.09	1.20	0.03	0.40	0.26	2.70
19(950Hz)	0.04	0.50	0.02	0.30	0.05	0.40	0.12	1.20
21(1.05kHz)	0.04	0.50	0.04	0.40	0.04	0.30	21	0.28 2.80
23(1.15kHz)	0.02	0.20	0.07	1.00	0.06	0.50	0.21	2.10
25(1.25kHz)	0.04	0.50	0.03	0.40	0.04	0.30	0.01	0.10
27(1.35kHz)	0.01	0.10	0.02	0.30	0.02	0.20	27	0.11 1.10
29(1.45kHz)	0.01	0.10	0.02	0.30	0.04	0.30	0.11	1.10
31(1.55kHz)	0.02	0.20	0.01	0.10	0.01	0.10	0.03	0.30
33(1.65kHz)	0.01	0.20	0.01	0.10	0.01	0.10	33	0.06 0.70
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์								
1(50Hz)	8.53	69.0	7.67	64.7	4.89	61.0	7.3	58.7
3(150Hz)	6.49	52.6	6.48	54.7	4.3	53.7	3	9.09 73.0
5(250Hz)	5.0	40.5	5.05	42.6	3.53	44.0	3.04	24.4
7(350Hz)	3.08	24.9	3.25	27.5	2.47	30.9	1.53	12.3
9(450Hz)	1.55	12.5	1.65	13.9	1.53	19.2	9	0.73 5.9
11(550Hz)	0.33	2.7	0.44	3.7	0.67	8.4	0.28	2.2
13(650Hz)	0.3	2.4	0.26	2.2	0.08	1.0	0.52	4.1
15(750Hz)	0.52	4.2	0.49	4.1	0.28	3.5	15	0.66 5.3
17(850Hz)	0.4	3.2	0.37	3.1	0.37	4.6	0.06	0.5
19(950Hz)	0.26	2.1	0.2	1.7	0.31	3.9	0.08	0.6
21(1.05kHz)	0.18	1.5	0.16	1.4	0.18	2.3	21	0.33 2.7
23(1.15kHz)	0.1	1.0	0.18	1.5	0.08	1.0	0.1	0.8
25(1.25kHz)	0.13	1.1	0.11	0.9	0.06	0.8	0.06	0.5
27(1.35kHz)	0.13	1.1	0.08	0.7	0.08	1.1	27	0.15 1.2
29(1.45kHz)	0.13	1.0	0.11	1.0	0.08	1.0	0.11	0.9

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล		
	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{rms}	กระแส (A)	% I _{N,rms}	
<i>ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)</i>									
31(1.55kHz)	0.08	0.6	0.08	0.7	0.04	0.5		0.04	0.4
33(1.65kHz)	0.06	0.5	0.04	0.4	0.02	0.3	33	0.07	0.6
<i>ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง</i>									
1(50Hz)	5.91	98.90	13.78	99.30	3.68	86.20		9.03	87.30
3(150Hz)	0.88	14.60	1.58	11.30	1.63	38.30	3	4.86	47.00
5(250Hz)	0.03	0.40	0.10	0.70	0.95	22.30		0.74	7.10
7(350Hz)	0.10	1.60	0.16	1.10	0.78	18.30		0.53	5.10
9(450Hz)	0.04	0.70	0.06	0.40	0.60	14.00	9	1.00	9.60
11(550Hz)	0.01	0.30	0.02	0.20	0.30	7.00		0.17	1.60
13(650Hz)	0.01	0.20	0.01	0.10	0.10	2.30		0.06	0.60
15(750Hz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.03	0.70	15	0.04	0.40
17(850Hz)	0.01	0.20	0.01	0.00	0.08	2.10		0.01	0.10
19(950Hz)	0.01	0.20	0.01	0.10	0.07	1.70		0.06	0.60
21(1.05kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.07	1.60	21	0.04	0.40
23(1.15kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.30		0.03	0.30
25(1.25kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.04	0.80		0.04	0.30
27(1.35kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.03	0.60	27	0.01	0.10
29(1.45kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.05	1.10		0.03	0.30
31(1.55kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.30		0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.01	0.10	0.01	0.10	0.02	0.60	33	0.04	0.30
<i>ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง</i>									
1(50Hz)	7.74	99.2	7.91	99.1	3.21	94.6		5.7	92.5
3(150Hz)	0.98	12.5	1.03	12.9	0.8	26.3	3	2.31	37.6
5(250Hz)	0.05	0.7	0.01	0.1	0.38	11.9		0.25	4.2
7(350Hz)	0.11	1.4	0.09	1.2	0.25	7.6		0.13	2.1
9(450Hz)	0.03	0.3	0.03	0.4	0.22	6.5	9	0.13	2.1
11(550Hz)	0.02	0.3	0.02	0.3	0.1	3.1		0.07	1.1

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _{N,rms}
<i>ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง (ต่อ)</i>								
13(650Hz)	0.01	0.2	0.01	0.2	0.04	1.6	0.01	0.3
15(750Hz)	0.01	0.1	0.01	0.1	0.06	2.4	15	0.13 2.0
17(850Hz)	0.01	0.2	0.01	0.1	0.05	1.4	0.04	0.7
19(950Hz)	0.01	0.2	0.01	0.1	0.01	0.1	0.03	0.5
21(1.05kHz)	0.01	0.1	0.01	0.1	0.01	0.4	21	0.04 0.5
23(1.15kHz)	0.01	0.1	0.0	0.0	0.01	0.1	0.04	0.7
25(1.25kHz)	0.01	0.1	0.0	0.0	0.02	0.8	0.04	0.7
27(1.35kHz)	0.01	0.1	0.01	0.1	0.01	0.3	27	0.01 0.2
29(1.45kHz)	0.01	0.1	0.01	0.1	0.01	0.3	0.01	0.3
31(1.55kHz)	0.01	0.1	0.01	0.1	0.01	0.4	0.01	0.3
33(1.65kHz)	0.0	0.0	0.01	0.1	0.01	0.5	33	0.01 0.2
<i>ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง</i>								
1(50Hz)	15.65	99.60	8.73	99.3	5.13	94.7	5.06	97.3
3(150Hz)	1.25	8.00	1.23	11.6	1.21	22.3	3	1.10 21.3
5(250Hz)	0.28	1.80	0.11	1.3	1.07	19.8	0.37	7.2
7(350Hz)	0.46	2.90	0.11	1.3	0.44	8.1	0.19	3.6
9(450Hz)	0.37	2.40	0.05	0.6	0.44	8.2	9	0.1 2.0
11(550Hz)	0.16	1.00	0.03	0.4	0.17	3.1	0.08	1.4
13(650Hz)	0.05	0.30	0.02	0.3	0.06	1.1	0.02	0.5
15(750Hz)	0.10	0.60	0.01	0.2	0.03	0.5	15	0.01 0.2
17(850Hz)	0.05	0.30	0.01	0.2	0.03	0.5	0.02	0.5
19(950Hz)	0.01	0.10	0.01	0.1	0.01	0.2	0.01	0.3
21(1.05kHz)	0.04	0.20	0.01	0.1	0.01	0.2	21	0.02 0.4
23(1.15kHz)	0.01	0.10	0.01	0.2	0.01	0.2	0.01	0.1
25(1.25kHz)	0.04	0.30	0.01	0.1	0.01	0.3	0.04	0.7
27(1.35kHz)	0.03	0.20	0.01	0.1	0.02	0.4	27	0.01 0.2
29(1.45kHz)	0.01	0.10	0.01	0.1	0.03	0.6	0.01	0.1

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C		กระแสในสายนิวทรอล	
	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% Irms	กระแส (A)	% I _N rms
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง (ต่อ)								
31(1.55kHz)	0.02	0.10	0.01	0.1	0.01	0.2	0.01	0.3
33(1.65kHz)	0.01	0.10	0.01	0.1	0.02	0.4	0.01	0.1

ตารางภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลปริมาณแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 1

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
สำนักงานประเภทบริการการศึกษาและหน่วยงานสารบัญ						
1(50Hz)	236.40	100.00	239.60	100.00	239.60	100.00
3(150Hz)	0.10	0.10	0.80	0.40	1.10	0.50
5(250Hz)	3.20	1.40	3.30	1.40	2.50	1.10
7(350Hz)	1.90	0.80	1.70	0.70	1.60	0.70
9(450Hz)	0.20	0.10	0.40	0.20	2.10	0.90
11(550Hz)	0.30	0.10	0.20	0.10	1.80	0.80
13(650Hz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.80	0.40
15(750Hz)	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00
17(850Hz)	0.10	0.00	0.20	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
สำนักงานประเภทเลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา						
1(50Hz)	236.60	100.00	238.60	100.00	238.60	100.00

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>สำนักงานประเภทเลขานุการ บว., งานบริการและธุรการ, งานคุณภาพและบริหารการศึกษา (ต่อ)</i>						
3(150Hz)	0.60	0.20	0.30	0.10	0.20	0.10
5(250Hz)	3.00	1.30	3.90	1.60	3.80	1.60
7(350Hz)	2.50	0.90	1.60	0.50	1.30	0.30
9(450Hz)	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10
11(550Hz)	0.40	0.20	0.60	0.30	0.50	0.20
13(650Hz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
15(750Hz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17(850Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
19(950Hz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.30	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
<i>สำนักงานประเภทฝ่ายบริหาร</i>						
1(50Hz)	238.0	100.00	238.20	100.00	239.10	100.00
3(150Hz)	0.80	0.30	0.80	0.30	0.80	0.30
5(250Hz)	2.71	1.20	2.50	1.10	1.90	0.80
7(350Hz)	1.60	0.60	1.92	0.80	1.90	0.80
9(450Hz)	0.50	0.20	0.60	0.30	0.40	0.20
11(550Hz)	0.30	0.10	0.20	0.10	0.20	0.10
13(650Hz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
15(750Hz)	0.10	0.00	0.20	0.10	0.20	0.10
17(850Hz)	0.10	0.00	0.20	0.10	0.20	0.10
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>สำนักงานประเภทฝ่ายบริหาร(ต่อ)</i>						
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.30	0.00	0.20	0.10	0.10	0.10
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.20	0.10	0.20	0.10
29(1.45kHz)	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
<i>สำนักงานประเภทสารสนเทศ</i>						
1(50Hz)	238.10	100.00	238.20	100.00	239.40	100.00
3(150Hz)	0.80	0.30	0.40	0.10	0.70	0.30
5(250Hz)	3.00	1.30	3.0	1.10	3.40	1.30
7(350Hz)	1.70	0.70	1.80	0.80	1.60	0.70
9(450Hz)	0.20	0.10	0.40	0.20	0.30	0.10
11(550Hz)	0.30	0.10	0.20	0.10	0.20	0.10
13(650Hz)	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00
15(750Hz)	0.10	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10
17(850Hz)	0.10	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
<i>สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์</i>						
1(50Hz)	222.80	100.00	224.80	100.00	224.80	100.00
3(150Hz)	1.80	0.80	0.40	0.20	0.20	0.10
5(250Hz)	2.0	0.80	3.30	1.40	2.80	1.20

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>สำนักงานประเภทเลขานุการคณะวิศวกรรมศาสตร์</i>						
7(350Hz)	0.80	0.40	1.30	0.60	2.10	0.90
9(450Hz)	2.30	1.00	0.40	0.20	0.40	0.20
11(550Hz)	1.10	0.50	0.30	0.10	0.10	0.10
13(650Hz)	0.40	0.20	0.10	0.10	0.10	0.00
15(750Hz)	0.10	0.10	0.20	0.10	0.30	0.10
17(850Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.30	0.00
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.30	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<i>สำนักงานประเภทฝ่ายบริหารและห้องประชุม</i>						
1(50Hz)	222.7	100.00	224.50	100.00	223.80	100.00
3(150Hz)	0.40	0.20	1.60	0.70	1.80	0.80
5(250Hz)	2.80	1.30	1.90	0.90	2.0	0.80
7(350Hz)	2.0	0.80	1.40	0.50	0.80	0.40
9(450Hz)	0.40	0.20	1.70	0.80	2.30	1.00
11(550Hz)	0.10	0.10	1.10	0.50	1.10	0.50
13(650Hz)	0.20	0.10	0.80	0.40	0.40	0.20
15(750Hz)	0.40	0.20	0.10	0.00	0.10	0.10
17(850Hz)	0.40	0.20	0.10	0.00	0.10	0.00
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>สำนักงานประเภทฝ่ายบริหารและห้องประชุม (ต่อ)</i>						
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<i>สำนักงานประเภทตรวจรักษาสัตว์</i>						
1(50Hz)	224.10	100.00	224.70	100.00	224.60	100.00
3(150Hz)	0.50	0.20	0.60	0.30	0.80	0.30
5(250Hz)	2.70	1.20	2.60	1.20	2.60	1.10
7(350Hz)	1.30	0.60	2.0	0.80	1.30	0.40
9(450Hz)	0.50	0.20	0.20	0.10	0.40	0.20
11(550Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.50	0.20
13(650Hz)	0.10	0.10	0.30	0.10	0.30	0.10
15(750Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.20	0.10
17(850Hz)	0.10	0.00	0.20	0.10	0.30	0.10
19(950Hz)	0.10	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
<i>สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องฟักฟืนสัตว์</i>						
1(50Hz)	224.50	100.00	227.10	100.00	226.60	100.00
3(150Hz)	0.30	0.10	0.60	0.30	0.60	0.30
5(250Hz)	2.70	1.20	2.30	1.00	2.30	1.00
7(350Hz)	1.40	0.50	1.40	0.60	1.40	0.60

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>สำนักงานประเภทห้องผ่าตัดและห้องฟักพื้นสัตว์</i>						
9(450Hz)	0.40	0.20	0.60	0.30	0.90	0.20
11(550Hz)	0.50	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10
13(650Hz)	0.10	0.00	0.30	0.10	0.10	0.10
15(750Hz)	0.10	0.10	0.40	0.20	0.10	0.00
17(850Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.20	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.20	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.30	0.10
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
<i>สำนักงานประเภทห้องตรวจเลือดและชีวเคมี</i>						
1(50Hz)	226.80	100.00	229.20	100.00	227.10	100.00
3(150Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.60	0.30
5(250Hz)	2.50	1.10	2.30	1.00	2.50	1.10
7(350Hz)	0.90	0.40	1.30	0.50	1.30	0.40
9(450Hz)	0.30	0.10	0.20	0.10	0.40	0.20
11(550Hz)	0.10	0.00	0.40	0.20	0.20	0.10
13(650Hz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
15(750Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
17(850Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10

ตารางภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ห้องบรรยายและสำนักงานห้องโครงการ ป.ตรีนานาชาติ</i>						
1(50Hz)	225.20	100.00	224.90	100.00	223.20	100.00
3(150Hz)	1.10	0.50	0.40	0.20	0.40	0.20
5(250Hz)	2.20	1.00	1.50	0.70	2.30	0.90
7(350Hz)	0.80	0.30	1.10	0.50	1.20	0.50
9(450Hz)	1.60	0.70	1.70	0.80	1.60	0.70
11(550Hz)	0.70	0.30	1.60	0.70	1.30	0.60
13(650Hz)	0.30	0.10	0.80	0.30	0.50	0.20
15(750Hz)	0.30	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
17(850Hz)	0.30	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25(1.25kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27(1.35kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29(1.45kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31(1.55kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33(1.65kHz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ</i>						
1(50Hz)	225.10	100.00	225.70	100.00	224.30	100.00
3(150Hz)	0.70	0.30	0.60	0.30	0.20	0.10
5(250Hz)	2.80	1.30	2.60	1.20	3.00	1.30
7(350Hz)	2.00	0.90	2.0	0.80	1.40	0.50
9(450Hz)	0.60	0.30	0.20	0.10	0.30	0.10
11(550Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.30	0.10
13(650Hz)	0.10	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10
15(750Hz)	0.40	0.20	0.10	0.00	0.10	0.10
17(850Hz)	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.00	0.30	0.10	0.10	0.00

ตารางภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ห้องคอมพิวเตอร์และสำนักงานห้องธุรการ(ต่อ)</i>						
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
<i>ห้องซักล้าง อบและฆ่าเชื้อ</i>						
1(50Hz)	224.80	100.00	226.20	100.00	227.10	100.00
3(150Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.30	0.10
5(250Hz)	2.50	1.10	2.40	1.00	2.40	1.00
7(350Hz)	0.90	0.40	1.10	0.50	1.20	0.50
9(450Hz)	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00
11(550Hz)	0.10	0.00	0.40	0.20	0.10	0.10
13(650Hz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
15(750Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17(850Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10
<i>ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย</i>						
1(50Hz)	226.40	100.00	227.60	100.00	227.80	100.00
3(150Hz)	0.80	0.30	0.10	0.10	0.40	0.20

ตารางภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ห้องพักอาจารย์และห้องบรรยาย</i>						
5(250Hz)	2.80	1.10	2.80	1.30	3.00	1.30
7(350Hz)	0.80	0.40	2.30	0.90	2.0	0.70
9(450Hz)	0.40	0.20	0.40	0.20	0.20	0.10
11(550Hz)	0.50	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
13(650Hz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
15(750Hz)	0.20	0.10	0.10	0.10	0.30	0.10
17(850Hz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.20	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10

ตารางภาคผนวกที่ 7 ข้อมูลปริมาณแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 3

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์</i>						
1(50Hz)	221.90	100.00	224.00	100.00	223.50	100.00
3(150Hz)	1.00	0.40	1.80	0.80	0.50	0.20
5(250Hz)	3.50	1.50	3.20	1.40	3.50	1.50
7(350Hz)	0.20	0.10	2.40	1.10	2.70	1.00
9(450Hz)	1.10	0.50	1.80	0.80	0.30	0.10
11(550Hz)	1.90	0.80	0.30	0.10	0.10	0.00
13(650Hz)	1.10	0.50	0.30	0.10	0.40	0.20

ตารางภาคผนวกที่ 7 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)</i>						
15(750Hz)	0.20	0.50	0.10	0.00	0.40	0.20
17(850Hz)	0.30	0.10	0.10	0.00	0.20	0.10
19(950Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
<i>ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตและทั่วไป (สำนักหอสมุด)</i>						
1(50Hz)	222.20	100.00	224.10	100.00	223.20	100.00
3(150Hz)	1.80	0.80	0.80	0.40	2.00	0.90
5(250Hz)	3.20	1.40	3.70	1.60	3.30	1.40
7(350Hz)	2.40	1.10	3.10	1.40	2.60	1.20
9(450Hz)	1.80	0.80	1.20	0.50	0.60	0.30
11(550Hz)	0.30	0.10	0.40	0.20	0.60	0.30
13(650Hz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.40	0.20
15(750Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
17(850Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10

ตารางภาคผนวกที่ 7 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ศูนย์บริการ Edutainment Zone</i>						
1(50Hz)	223.40	100.00	224.00	100.00	224.40	100.00
3(150Hz)	2.60	1.10	2.30	1.00	1.90	0.90
5(250Hz)	2.10	0.90	2.3	0.80	2.20	1.00
7(350Hz)	0.80	0.40	1.10	0.50	2.0	0.80
9(450Hz)	1.30	0.60	1.90	0.80	1.50	0.70
11(550Hz)	1.90	0.80	0.80	0.40	1.10	0.50
13(650Hz)	0.80	0.40	0.60	0.30	0.50	0.20
15(750Hz)	0.30	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
17(850Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
19(950Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00

ตารางภาคผนวกที่ 8 ข้อมูลปริมาณแรงดันฮาร์มอนิกแต่ละอันดับ กลุ่มที่ 4

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโปรเซสเซอร์</i>						
1(50Hz)	225.90	100.00	224.80	100.00	223.00	100.00
3(150Hz)	0.60	0.30	0.40	0.20	0.20	0.10
5(250Hz)	2.50	1.10	3.10	1.40	2.90	1.30
7(350Hz)	2.0	0.70	1.70	0.60	1.60	0.60
9(450Hz)	0.60	0.30	0.40	0.20	0.10	0.20

ตารางภาคผนวกที่ 8 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าพื้นฐานและห้องไมโครโพรเซสเซอร์ (ต่อ)</i>						
11(550Hz)	0.30	0.10	0.30	0.10	0.30	0.10
13(650Hz)	0.40	0.20	0.10	0.10	0.10	0.00
15(750Hz)	0.40	0.20	0.20	0.10	0.10	0.00
17(850Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
19(950Hz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<i>ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์</i>						
1(50Hz)	224.70	100.00	226.90	100.00	225.30	100.00
3(150Hz)	0.80	0.40	1.80	0.80	2.00	0.90
5(250Hz)	3.30	1.50	3.40	1.50	3.30	1.40
7(350Hz)	2.80	1.00	2.60	1.10	2.60	1.20
9(450Hz)	0.60	0.30	0.60	0.30	0.60	0.30
11(550Hz)	0.40	0.20	0.10	0.10	0.60	0.30
13(650Hz)	0.10	0.10	0.30	0.10	0.40	0.20
15(750Hz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17(850Hz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
19(950Hz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10

ตารางภาคผนวกที่ 8 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
<i>ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ (ต่อ)</i>						
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
<i>ห้องบรรยาย 100 ที่นั่ง 2 ห้อง</i>						
1(50Hz)	226.60	100.00	226.10	100.00	226.90	100.00
3(150Hz)	0.10	0.10	0.60	0.30	0.40	0.20
5(250Hz)	2.70	1.20	2.50	1.10	3.10	1.10
7(350Hz)	1.00	0.40	0.80	0.60	1.30	0.30
9(450Hz)	0.40	0.20	0.30	0.10	0.20	0.10
11(550Hz)	0.10	0.10	0.20	0.10	0.40	0.20
13(650Hz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
15(750Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
17(850Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
25(1.25kHz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
<i>ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง</i>						
1(50Hz)	224.90	100.00	226.80	100.00	226.20	100.00
3(150Hz)	0.60	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10
5(250Hz)	2.20	0.90	2.40	1.10	2.50	1.10
7(350Hz)	1.20	0.50	1.10	0.50	1.90	0.60
9(450Hz)	0.50	0.20	0.20	0.10	0.40	0.20
11(550Hz)	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00
13(650Hz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00

ตารางภาคผนวกที่ 8 (ต่อ)

อันดับ	เฟส A		เฟส B		เฟส C	
	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms	แรงดัน (V)	% Vrms
ห้องบรรยาย 200 ที่นั่ง (ต่อ)						
15(750Hz)	0.30	0.10	0.10	0.00	0.20	0.10
17(850Hz)	0.30	0.00	0.20	0.10	0.10	0.10
19(950Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
21(1.05kHz)	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
23(1.15kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
31(1.55kHz)	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00
33(1.65kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
ห้องบรรยาย 300 ที่นั่ง						
1(50Hz)	221.10	100.00	219.80	100.00	220.10	100.00
3(150Hz)	0.50	0.10	0.40	0.20	0.10	0.10
5(250Hz)	1.20	0.50	1.20	0.50	2.50	1.10
7(350Hz)	1.80	0.60	2.0	0.70	1.20	0.40
9(450Hz)	0.40	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10
11(550Hz)	0.60	0.30	0.40	0.20	0.60	0.30
13(650Hz)	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
15(750Hz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17(850Hz)	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00
19(950Hz)	0.40	0.20	0.10	0.10	0.10	0.00
21(1.05kHz)	0.30	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10
23(1.15kHz)	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10
25(1.25kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
27(1.35kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
29(1.45kHz)	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00
31(1.55kHz)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
33(1.65kHz)	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นายวีรพงศ์ เข้มสระโต

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 17 พฤษภาคม 2523

สถานที่เกิด

จังหวัดกาญจนบุรี

ประวัติการศึกษา

ปี 2547 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยศรีปทุม