



รายงานผลการวิจัย

การพัฒนาระบบแสงสว่างของหลอดแอลอีดีสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูง

โดยใช้การจ่ายไฟเป็นความถี่พัลส์ที่เหมาะสม

Developing LED lighting systems for highland community by
using appropriate pulse rate power supply

ห้องเรียน	
ชื่อผู้สอน	๕๘
ชื่อผู้ติดตาม	๑๑
จำนวนผู้ติดตาม	๑๑

โดย

ยิ่งรักษา อรรดาเวชกุล และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2560

รหัสโครงการวิจัย ๓-๕๗-๐๓๑



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาระบบแสงสว่างของหลอดแอลอีดีสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูง
โดยใช้การจ่ายไฟเป็นความถี่พัลส์ที่เหมาะสม

Developing LED Lighting Systems for Highland Community by Using
appropriate pulse rate power supply

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2557
จำนวน 50,000 บาท

หัวหน้าโครงการ
ผู้ร่วมโครงการ

นายยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล
นายชาโรมัน ใจสิน
นายเสริมสุข บัวเจริญ

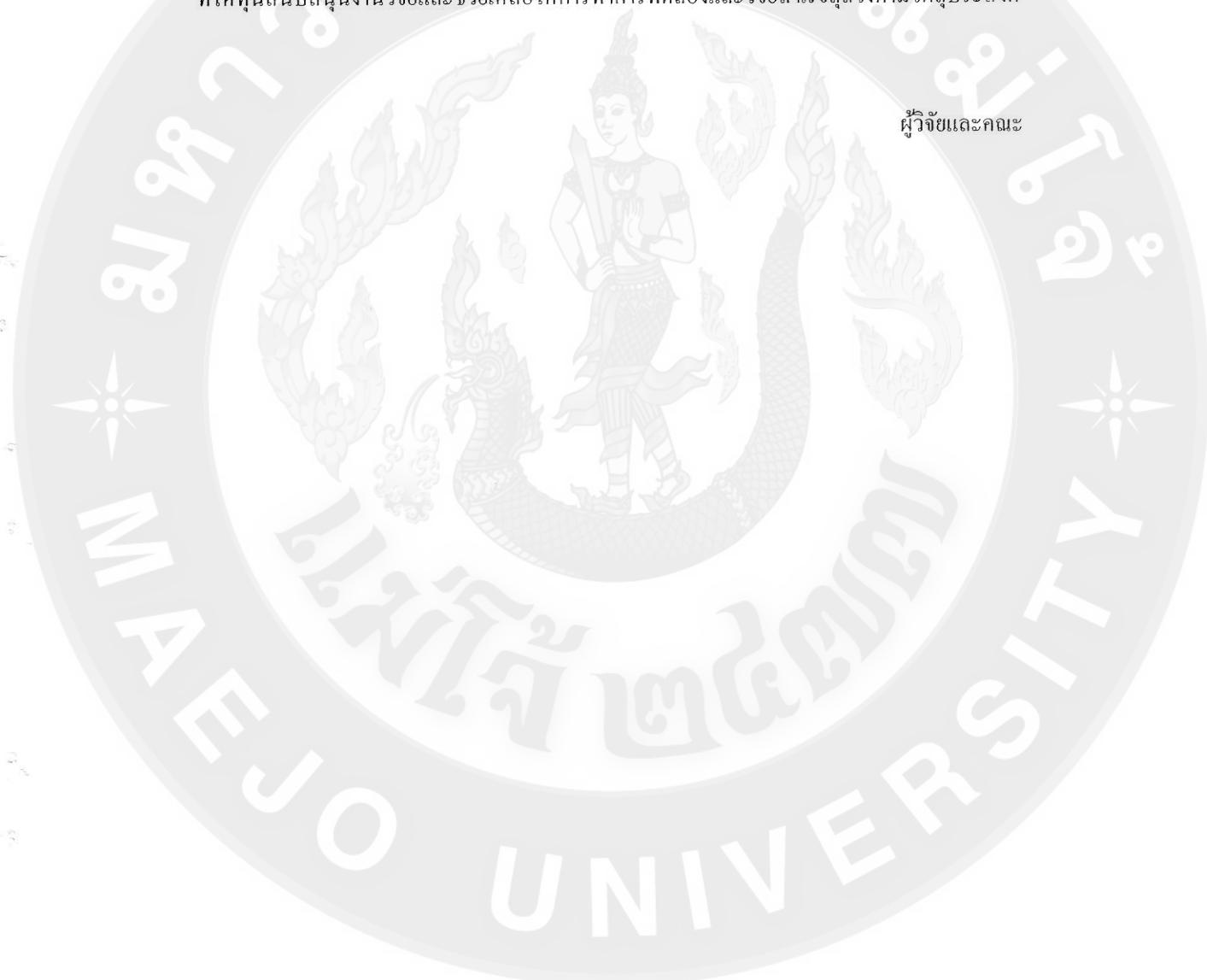
งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

19/05/2560

คำนิยม (กิตติกรรมประกาศ)

ขอขอบคุณศูนย์บริการวิชาการที่ 7 (จังหวัดเชียงใหม่) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่ให้ใช้พื้นที่ในการทำการทดลองวิจัย บุคลากรวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย นักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2557 ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยและช่วยเหลือให้การทำการทดลองและวิจัยสำเร็จสู่ด้านต่อไป

ผู้วิจัยและคณาจารย์



สารบัญ

หน้า

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญรูปภาพ

บทคัดย่อ

Abstract

คำนำ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การตรวจเอกสาร

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ผลการวิจัย

วิจารณ์ผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

๗

๘

๙

๑

๒

๓

๔

๔

๔

๕

๕

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

๖

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ชนิดของหลอดแมล็ดีประภพต่างๆ	16
ตารางที่ 2 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าความต้านทานที่ความถี่ต่างๆ	55
ตารางที่ 3 การใช้พลังงานแบบต่อเนื่องเปรียบเทียบกับแบบความถี่พัลส์	61

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ผังแสดงการทำงานของระบบแสงสว่าง	6
รูปที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	7
รูปที่ 3 กังหันน้ำแบบแบนกิ	9
รูปที่ 4 กังหันน้ำแบบเพลตัน	9
รูปที่ 5 กังหันน้ำแบบเทอร์โกร	10
รูปที่ 6 กังหันน้ำแบบฟราನชิล	11
รูปที่ 7 กังหันน้ำแบบคาปาน	11
รูปที่ 8 กังหันน้ำแบบเดเรยซ	12
รูปที่ 9 อิเล็กตรอนอิสระจาก N เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปลงหลุมที่ P	13
รูปที่ 10 การเคลื่อนที่อิเล็กตรอนอิสระที่ข้ามรอยต่อไปยังไอลเมื่อมีการต่อแบบ Forward bias	13
รูปที่ 11 สัญลักษณ์และโครงสร้างของหลอดแอลอีดี	14
รูปที่ 12 หลอดแอลอีดีทั่วไป	14
รูปที่ 13 หลอดแอลอีดีแบบ Surface mount	15
รูปที่ 14 Optocouplers รุ่น H11D1 ผลิตโดย Fairchild Semiconductor	19
รูปที่ 15 สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิดพีเอ็นพี (PNP)	20
รูปที่ 16 สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น (NPN)	20
รูปที่ 17 สมุดภาพยนตร์ที่แสดงถึงความต่อเนื่องของแผ่นภาพที่มีการเคลื่อนที่ภาพในแต่ละภาพ	21
รูปที่ 18 สัญญาณพัลส์	21
รูปที่ 19 วงจร Astable multivibrator	23
รูปที่ 20 օอสซิลโลสโคป	28
รูปที่ 21 เครื่องกำเนิดสัญญาณ	28
รูปที่ 22 AC-DC switching power supply input	29
รูปที่ 23 หลอดแอลอีดีที่ใช้ในการทดลอง	29
รูปที่ 24 NPN Epitaxial Silicon Transistor TIP31C	30
รูปที่ 25 Phototransistor Optocouples 4N33M	30
รูปที่ 26 Positive voltage regulators L7812CV	31

หน้า

รูปที่ 27 IC 555	31
รูปที่ 28 วงจรการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมสำหรับหลอดแอลอตดี	32
รูปที่ 29 อุปกรณ์การทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมสำหรับหลอดแอลอตดี	33
รูปที่ 30 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 30 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	35
รูปที่ 31 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	37
รูปที่ 32 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 50 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	39
รูปที่ 33 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 60 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	40
รูปที่ 34 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 70 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	42
รูปที่ 35 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 80 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	44
รูปที่ 36 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 90 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	45
รูปที่ 37 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 100 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	47
รูปที่ 38 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 110 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	49
รูปที่ 39 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 120 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	50
รูปที่ 40 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 130 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	52
รูปที่ 41 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 140 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40%	
(e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%	54

**การพัฒนาระบบแสงสว่างของหลอดแอลอีดีสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูง
โดยใช้การจ่ายไฟเป็นความถี่พลัตที่เหมาะสม**

**Developing LED lighting systems for highland community by
using appropriate pulse rate power supply**

ยิ่งรักษา บรรณาธิการ ชาวน้ำ ใจสิน เสริมสุข บัวเจริญ และณัฐวุฒิ คุณภู

Yingrak Autwaitkul, Chawaroj Jaisin, Sermsuk Buochareon and Natthawud Dussadee

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*ผู้อิงค์ที่ให้การติดต่อ: yingrak.mju@gmail.com

บทคัดย่อ

การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมากที่มีใช้อัตราในพื้นที่สูง มีปัญหาเกี่ยวกับแหล่งน้ำที่ไม่คงที่ ลั่งผลให้ระดับพลังงานไม่คงที่ ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่สำหรับชุมชนบนพื้นที่สูงที่ใช้ในรูปแสงสว่างซึ่งมีความสำคัญต่อการใช้ในชีวิตประจำวัน แสดงสว่างจากหลอดแอลอีดีเป็นอุปกรณ์ประยุกต์พลังงานที่มาทดแทนหลอดฟูออร์เซนต์ ที่นำมาใช้ในปัจจุบันที่สามารถประหยัดพลังงานได้ 42.86% งานวิจัยนี้นำเสนอการประหยัดพลังงานของแอลอีดีด้วยวิธีการยกระดับแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ แบบพลัตที่เหมาะสม โดยการใช้วิธีเปิดปิดหลอดแอลอีดี 6 วัตต์ ที่ความถี่ 30-140 เฮิรต ตามลำดับ ด้วยตัวไชคิล 10-99.99% มากกว่าที่ตามนิยมจะสามารถจับภาพนิ่งได้ ตามหลักการเห็นภาพติดตา ผลการทดลองพบว่า ประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น 41.67%

คำสำคัญ: การประหยัดพลังงาน ดิวตี้ไชคิล การเห็นภาพติดตา แสงสว่าง หลอดแอลอีดี

Abstract

The problems of a very small power generators used in high areas where the water supply was not constant and power users cannot justify the use of electricity. As results this, Power mostly for Highland communities in the form of light, which is vital to use on a daily basis. LED light bulbs are energy saving lamps to replace fluorescent applied current to save energy by 42.86%. This paper presents energy saving of LED 6 watts. By using elevated supply 12 volts. pulse turn on-off at the frequency 30-140 Hz. respectively. Duty Cycle 10-99.99% more than the human eye can capture still image. The results showed that Increase energy efficiency up 41.67%.

Keywords: energy saving, Duty Cycle, Persistence of Vision, lighting, LED bulb

คำนำ

พื้นที่สูงในประเทศไทย เป็นพื้นที่อุ่นคายของชาวเขาเผ่าต่างๆ หรือที่เรียกในปัจจุบันว่า ชาวไทยภูเขาหรือประชากรบนพื้นที่สูง โดยสภาพพื้นที่สูงมีความสูงกว่าระดับน้ำทะเล 500 เมตร ขึ้นไปถือว่าเป็นพื้นที่สูงในประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 66.22 ล้าน ชั่งประชากรบนพื้นที่สูง ประกอบด้วยชาวเขา 15 เผ่า มีจำนวนประชากร 964,916 คน (จากรายงานสำรวจประชากรเชิงลึกปี 2551) อาศัยกระฉับกระชากอยู่ในหมู่บ้านทั้งหมด 3,829 หมู่บ้าน ใน 20 จังหวัด ประกอบด้วย เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา ลำพูน แพร่ น่าน ลำปาง ตาก เพชรบูรณ์ พิษณุโลก เลย สุโขทัย กำแพงเพชร กาญจนบุรี อุทัยธานี สุพรรณบุรี ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบูรี โดย ส่วนใหญ่จะกระจัดกระจายอยู่ในจังหวัดภาคเหนือ 13 จังหวัด จำนวน 851,282 คนของประชากรชาวเขา ทั้งนี้พื้นที่สูงส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่ป่าดันน้ำสำราญ หมู่บ้านบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่ หรือประมาณร้อยละ 88 มีการคมนาคมยากลำบาก ทำให้หันนวยงานของรัฐเข้าไปดำเนินงานได้ไม่ทั่วถึง ทั้งเรื่องเศรษฐกิจ สังคม การศึกษา นอกจากนี้ พื้นที่สูงยังคงมีปัญหาการทำไร่เลื่อนลอย และการบุกรุกทำลายป่าอย่าง ต่อเนื่อง

ศูนย์การเรียนชุมชนบนพื้นที่สูง บ้านแม่ดี้ เป็นโครงการภายใต้โครงการพระราชดำริ ของ พระบาทสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ตั้งอยู่ที่ หมู่ 5 ต.แม่คง อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน มีภารกิจในการจัดการเรียนการสอนในระดับเด็กให้กับชนกลุ่มน้อย พื้นที่ ชายแดนระหว่างไทย-พม่า เป็นชุมชนหนึ่งในพื้นที่สูง ปัจจุบันมีนักเรียน เตรียมความพร้อมจนถึง ระดับประเทศศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน ผู้เรียนการศึกษาสูงสุด จำนวน 15 คน มีประชากรทั้งสิ้น 25 หลังคาเรือน จำนวนประชากรทั้งสิ้น 108 คน ภาษาในชุมชนมีวัด เป็นศูนย์รวมจิตใจของชุมชน และประชากรในหมู่บ้านไม่สามารถอ่าน-เขียน ภาษาไทยได้ ในปี 2554 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดย ชุมชนอาสาพัฒนาแม่โจ้ ได้รับงบประมาณจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในการจัดทำ โครงการจัดทำประปาภูเขาและไฟฟ้าพลังน้ำ ใช้สำหรับศูนย์การเรียนชุมชนบนพื้นที่สูง บ้านแม่ดี้ แต่ด้วยปัจจุบันระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำดังกล่าว ได้ชำรุดบางส่วนรวมทั้งฝายกักเก็บน้ำ สำหรับเป็นแหล่งน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้า ชำรุดเช่นเดียวกัน จึงทำให้ศูนย์การเรียนฯ มีไฟฟ้าไม่ เพียงพอสำหรับการใช้ในการจัดการเรียนการสอน นอกจากนั้นแล้ว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ยังเห็นว่า ชุมชนที่อยู่รอบข้างศูนย์การเรียนฯ จำนวน 25 ครัวเรือน ยังไม่มีระบบไฟฟ้าใช้ในหมู่บ้าน เช่นเดียวกัน จึงพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้า และต่อสายสั่งไปยังหมู่บ้านฯ จะสามารถขยายการ เรียนรู้ภาษาไทยไปสู่ชุมชนให้สามารถเรียน และอ่าน-เขียนภาษาไทยได้

หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอดแก๊สทรงกระบอกแบบกลม ด้านในหลอดเคลือบด้วยสารรีองแสง มีอายุการใช้งานยาวนานถึง 8 เท่า (6,000-20,000 ชั่วโมง) และใช้พลังงานเพียง 20% เมื่อเทียบกับหลอดไส้ มนตรี ยืนสา (2556) ศึกษาความคุ้มค่าของการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า T5 และหลอดแอลอีดี T5 โดยหลอด T5 ขนาด 14 วัตต์ เปรียบเทียบกับหลอดแอลอีดี T5 8 วัตต์ พบว่ามีแสงสว่างเท่ากัน คิดเป็นการประหยัดพลังงาน 42.86%

บทความนี้เสนอการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของหลอดแอลอีดี โดยอาศัยหลักการเห็นภาพติดตาของมนุษย์ ทำการเปิดปิดหลอดแอลอีดีด้วยสวิตซ์ทรายซิสเตอร์ที่ความถี่พัลส์ที่เหมาะสมซึ่งทำให้เห็นว่าหลอดสว่างตลอดเวลา สำหรับหลอดแอลอีดี 12 โวลต์ ขนาด 6 วัตต์ ความถี่ 30-140 เฮิรตซ์ ดิวตี้ไซเคิล 10-99.99 % ทางผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญการใช้แหล่งน้ำร่วมกับการทำประปาภูเขาเพื่อผลิตไฟฟ้าและใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิต และทำให้หมู่บ้านมีความปลอดภัยในการดำเนินชีวิตที่ดีขึ้นกว่าเดิม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของหลอดแอลอีดี ที่มีการประยุกต์ใช้ในศูนย์การเรียนรู้ชุมชนบนพื้นที่สูง บ้านแม่ดี้
- เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ลักษณะพลังงานของหลอดแอลอีดี โดยวิธีอิน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้แนวทางเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ใช้งาน จริงในชุมชนที่อยู่ห่างไกล
- เป็นแนวทางให้นักศึกษาดำเนินงานวิจัยพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยด้านพลังงานทดแทนที่ใช้พลังงานจากน้ำ
- เผยแพร่ผลงานวิจัยในการวารสารวิชาการ งานประชุมวิชาการ และบทความทั่วไป เพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับนักวิชาการ หรือผู้ที่สนใจต่อไป

การตรวจเอกสาร

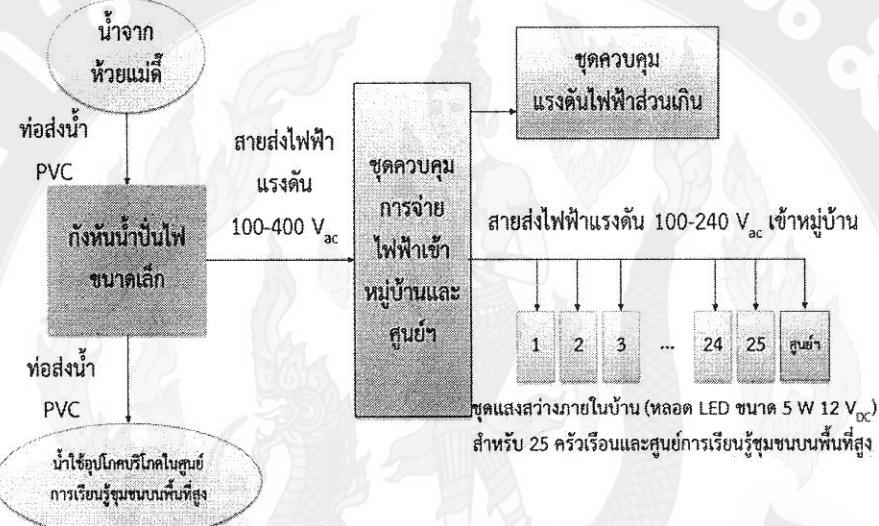
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ศูนย์การเรียนชุมชนบนพื้นที่สูง บ้านแม่ดี

ศูนย์การเรียนชุมชนบนพื้นที่สูง บ้านแม่ดี เป็นโครงการภายใต้โครงการพระราชดำริ ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ตั้งอยู่ที่ หมู่ 5 ต.แม่คง อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน มีภารกิจในการจัดการเรียนการสอนในระดับเด็กเล็กให้กับชนกลุ่มน้อย พื้นที่ชาญแคนระหว่างไทย-พม่า ปัจจุบันมีนักเรียน เตรียมความพร้อมจนถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน ผู้เรียนการศึกษาผู้ใหญ่ จำนวน 15 คน มีประชากรทั้งสิ้น 25 หลังคาเรือน จำนวนประชากรทั้งสิ้น 108 คน ภายในชุมชนมีวัด เป็นศูนย์รวมจิตใจของชุมชน และประชากรในหมู่บ้าน ไม่สามารถอ่าน-เขียน ภาษาไทยได้ เป็นพื้นที่การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้แหล่งน้ำจากระบบประปาภายนอก ด้วยข้อจำกัดของปริมาณน้ำในระบบประปาภายนอก จึงต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กมาก จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอยู่ แรงดันไฟฟ้าจะเปรียบผันตรงกับปริมาณของน้ำ เมื่อน้ำมากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะมีแรงดันที่สูง ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้แรงดันไฟฟ้ามากเกิน 220 V_{ac} ในขณะเดียวกัน แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง และเนื่องจากเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กมาก การเปลี่ยนแปลงโหลด แต่ละครั้งจะมีผลต่อแรงดันไฟฟ้ามาก ทำให้มีผลกระทบต่อการส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าที่ใช้ระบบไฟฟ้า 220 V_{ac} จากเหตุผลข้างต้น หากเราสามารถควบคุม แรงดันไฟฟ้าไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลง ได้ ก็จะลดการเกิดปัญหาด้วยระบบส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า ดังนั้นทาง ผู้จัดจึงคิดที่จะพัฒนาระบบแสงสว่างด้วยวิธีจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสตรงสำหรับกันหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ด้วยการใช้อุปกรณ์เปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์ 100–240 V_{ac} ให้เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ความต่างศักย์ 12 V_{dc} เพื่อใช้กับระบบแสงสว่างที่ใช้หลอดแอลอีดี ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิต และ ทำให้หมู่บ้านมีความปลอดภัยในการดำเนินชีวิตที่ดีขึ้นกว่าเดิม

โครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำ ศูนย์การเรียนรู้ชุมชนบ้านพื้นที่สูง
หมู่บ้านแม่ดี้ หมู่ 5 ต.แม่คง อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน

ระบบการทำงานของไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับ 25 ครัวเรือน
และศูนย์การเรียนรู้ชุมชนบ้านพื้นที่สูง

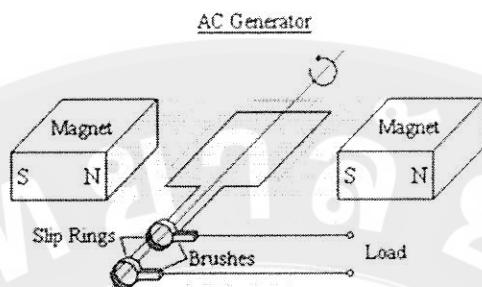


รูปที่ 1 ผังแสดงการทำงานของระบบแสงสว่าง

รูปที่ 1 ผังแสดงการทำงานของระบบแสงสว่าง ระบบนี้จะทำให้ป้องกันแรงดันไฟฟ้าส่วนเกินที่ได้ จากเครื่องปั่นไฟฟ้าพลังงานน้ำ ให้เข้าไปยังระบบไฟฟ้า ในหมู่บ้าน ไฟฟ้าที่เข้าสู่หมู่บ้านจะถูกแปลงไฟฟ้าโดยใช้สวิตช์ (Switching power supply) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 V_{dc}

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Generator หรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลไกเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงาน เมื่อมีสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวด หรือด้วยความเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กจะได้ไฟฟ้าออกมานะ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก เรียกว่าฟิลด์ (Field) และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่า อาเมเจอร์ (Armature) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ที่มา: www.dockyard.navy.mi.th/doc2/kpd_1/web/A19

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงฟิล์ดจะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ สามเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับฟิล์ดและสามเจอร์สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่หมุนโดยในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะสามารถสร้างได้ทั้งแบบฟิล์ดและสามเจอร์หมุน แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะสร้างได้แต่แบบสามเจอร์อยู่กับที่เท่านั้น เพราะจะมีปัญหาน้อยกว่า แรงดันที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญสองตัวคือ ความเร็วรอบและเส้นแรงแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้ โดยการปรับค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก และเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องกำเนิด แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การเพิ่มแรงดันโดยการเพิ่มความเร็วไม่สามารถที่จะทำได้ เพราะจะทำให้ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป สามารถทำได้เพียงการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กเท่านั้น

หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) โดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งจะมีขดลวดตัวนำฟังก์ชันร่องรอบแกน โรเตอร์ที่ทำงานแผ่นเหล็กซิลิคอน (Silicon steel sheet) ขนาดหนาประมาณ 0.35-0.5 มิลลิเมตร นำมาอัดแน่นโดยระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนจะมีปืนวนเคลือบ ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy current) ภายในแกนเหล็กของโรเตอร์ จะได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากเอ็กไซเตอร์ (Exciter) เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น อีกส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ภายในการร่องแกนสเตเตอร์ มีขดลวดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอัดแน่นเช่นเดียวกับโรเตอร์ฟังก์ชัน อาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กผ่านลวดตัวนำจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สเตเตอร์และนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้ต่อไป

หลักการง่ายๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อสนาમแม่เหล็กหมุนผ่านขดลวดบนสเตเตอร์จะเนื้อยาน้ำให้เกิดกระแสและแรงดันที่ขดลวด สนาມแม่เหล็กเกิดขึ้นได้จากการป้อนไฟฟ้า

กระแสตรงเข้าคลาดของโรเตอร์ กระแสไฟฟ้ากระแสตรงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ และเมื่อโรเตอร์หมุนจะเห็นว่านำแรงดันไฟฟ้าและไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นที่คลาดสเตเตอร์

3. กังหันน้ำ

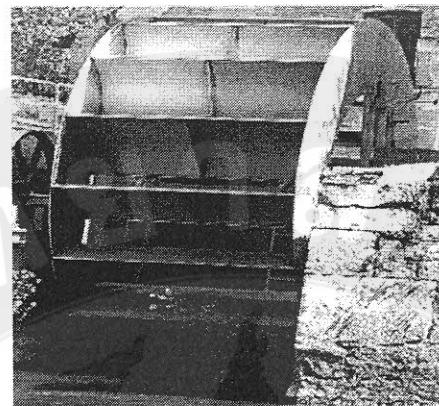
กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาจากวงล้อน้ำ ซึ่งเดิมใช้สำหรับการหดน้ำและไม่แบ่ง ในปี ก.ศ. 1832 วิศวกรชาวฝรั่งเศสชื่อเบนอย็อง ฟูเนรองซ์ (Benoit Fourneyron) ประสบความสำเร็จในการ พัฒนา กังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงในการเปลี่ยนพลังงานน้ำไปเป็นพลังงานกลโดยเรียกชื่อว่า กังหันน้ำของฟูเนรองซ์ (Fourneyron's turbine) หลังจากที่วงศ์น้ำไม่เคยมีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงมากกว่า 2,000 ปีก่อนหน้านี้ นับเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนา กังหันน้ำ ในปัจจุบัน กังหันน้ำได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกัน manifold และมีประสิทธิภาพสูง กังหันน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เพราะจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยน พลังงานของน้ำไปเป็นพลังงานกลโดยการทำให้ในพัดของ กังหันน้ำเกิดการหมุนส่งผลให้แกน ของเครื่องกำนันไฟฟ้าที่ซ่อนต่ออยู่หมุนตาม และสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ โดยทั่วไป กังหันน้ำ แบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทคือ

3.1 กังหันน้ำประเภทหัวฉีด (Impulse turbine)

กังหันน้ำประเภทหัวฉีด (Impulse turbine) หรือ กังหันน้ำแบบแรงกระแทก กังหันน้ำแบบนี้ มักใช้กับเชื้อเพลิงหรืออ่างเก็บน้ำที่มีหัวน้ำสูง (High head) เพราะต้องอาศัยแรงนีดหรือแรงกระแทก ของน้ำที่ไหลมาจากการหักห้ามท่อส่งน้ำจากเชื้อเพลิง น้ำที่ไหลลงมาตามท่อส่งน้ำจะถูกลดขนาดลง หัวนีดก่อนจะถูกฉีดเข้าไปที่ตัวของ กังหันน้ำ ลามน้ำที่พุ่งผ่านหัวนีดจะมีแรงและความเร็วสูง ดังนั้น เมื่อกระแทกเข้าไปพัดหรือว่าเลือดของ กังหันน้ำ จะทำให้ กังหันน้ำเกิดการหมุนได้ การควบคุมการ หมุนของ กังหันน้ำสามารถทำได้ โดยการปรับขนาดของหัวนีด ซึ่งสามารถเป็นการปรับปรุงขนาดน้ำ ให้มากหรือน้อยได้ตามต้องการ กังหันน้ำประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

3.1.1 กังหันน้ำแบงกิ (Banki turbine)

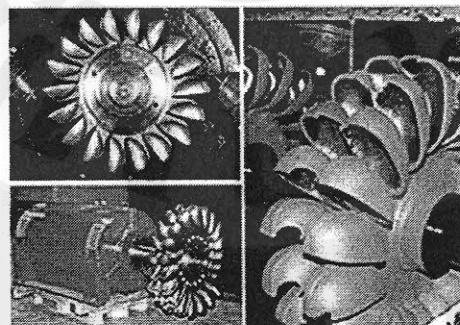
กังหันน้ำประเภทนี้หมายความว่าสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำ (Low head) และต้องการกำลังการ ผลิตค่อนข้างน้อย ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้แล้ว



รูปที่ 3 กังหันน้ำแบบแบนกิ

3.1.2 กังหันน้ำเพลตัน (Pelton turbine)

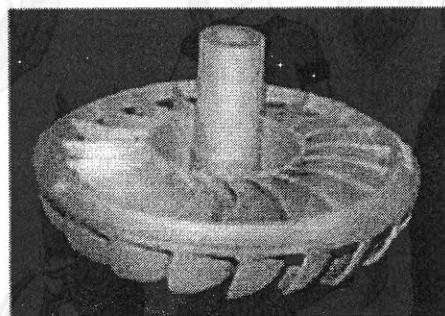
กังหันน้ำชนิดนี้ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880 โดยเลสเตอร์ เพลตัน (Lester pelton) รูปแบบของกังหันน้ำนี้ ถูกออกแบบโดยใช้ถ่านหินน้ำซึ่งติดอยู่ในวงล้อภายในตัวกังหันเป็นแบบถ่วงคู่ ดังแสดงในภาพที่ 4 และสามารถใช้กันสำหรับผู้คนมากกว่า 1 ช่อง (1-4 ช่อง) ซึ่งจะทำให้ได้รับกำลังเพิ่มขึ้นในขณะที่ขนาดของกังหันน้ำเท่าเดิม กังหันน้ำนี้เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งน้ำที่มีระดับของหัวน้ำสูง (High head) สูงกว่า 250 เมตร การทำให้กังหันน้ำชนิดนี้หมุนอาจใช้ความเร็วของลำน้ำที่ผ่านหัวน้ำที่ไม่ต้องมีความเร็วสูงนัก โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำชนิดนี้จะดีที่สุด เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการหมุนของวงล้อถ้าเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่พัดเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กังหันน้ำแบบเพลตัน

3.1.3 กังหันน้ำเทอร์โบ (Turgo turbine)

เป็นกังหันน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกังหันน้ำแบบเพลตัน เมื่อประมาณปีค.ศ. 1920 โดยภายในตัวกังหันน้ำนี้จะใช้ถ้วยรับน้ำแบบเดี่ยวและค่อนข้างดีไซน์แทนถ้วยรับน้ำแบบเดิมในกังหันน้ำแบบเพลตัน กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสมสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำที่มีระดับความสูงปานกลาง (Medium head) เพราะสามารถใช้กับลำน้ำที่ผ่านหัวน้ำซึ่งมีความเร็วไม่มากนัก และมีความสามารถในการรับปริมาณน้ำได้มากกว่ากังหันน้ำเพลตัน โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะดีที่สุดเมื่อความเร็วของการหมุนของวงล้อถ้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไปเมื่อเทียบกับกรณีของกังหันน้ำแบบเพลตัน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กังหันน้ำแบบเทอร์โบ

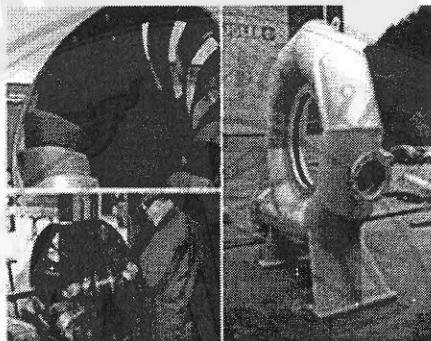
3.2 กังหันน้ำประเภทแรงปฏิกิริยา (Reaction turbine)

กังหันน้ำประเภทแรงปฏิกิริยา (Reaction turbine) เป็นกังหันน้ำที่ต้องอาศัยแรงดันของน้ำซึ่งเกิดจากความแตกต่างของระดับน้ำที่อยู่ด้านหน้าและด้านท้ายของกังหันน้ำ มาทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน น้ำที่เข้าไปในตัวกังหันจะแทรกเข้าไปในช่องระหว่างใบพัดเต็มทุกช่องพร้อมกัน ทำให้ตัวกังหันน้ำทั้งหมดจะเคลื่อนยื่นในน้ำ กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสมสำหรับการใช้กับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำถึงปานกลางโดยทั่วไปที่นิยมใช้อู่จั่งแบบงอกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

3.2.1 กังหันน้ำฟรานซิส (Francis turbine)

กังหันน้ำชนิดนี้เป็นกังหันน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถใช้กับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำตั้งแต่ 2 ถึงกว่า 300 เมตร หลักการทำงานของกังหันน้ำแบบฟรานซิสคือน้ำที่ถูกส่งเข้ามาจากท่อส่งน้ำจะไหลเข้าสู่ท่อก้นหอยที่ประดับอยู่รอบๆ ตัวกังหัน ท่อก้นหอยจะมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดเล็กลงตามความยาวของท่อเพื่อต้องการทำให้น้ำมีแรงตันและความเร็วในการไหลมากขึ้น ภายในท่อก้นหอยจะมีหน้าตัดเดิมอยู่ตลอดเวลา น้ำที่ไหลในท่อก้นหอยจะแทรกตัวผ่านลิ้นนำน้ำเข้า (Guide vane) เพื่อเข้าสู่ตัวกังหันน้ำ ทำให้วางล้อของกังหันน้ำเกิดการหมุนได้ ลิ้นนำน้ำ

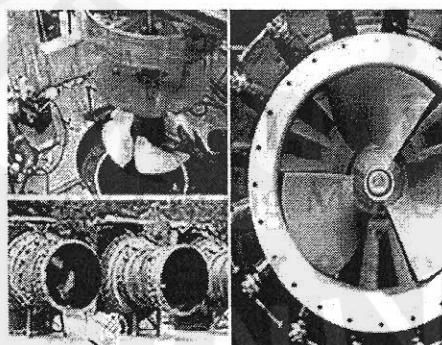
เข้าสามารถปรับแต่งมุมให้ปิดหรือเปิดได้มากน้อยตามความต้องการ ทำหน้าที่คล้ายหัวนีดของกังหันน้ำแบบเพลตัน น้ำซึ่งถ่ายพลาเจนจากน้ำให้กับใบพัดกังหันน้ำแล้วจะไหลลงสู่ท่อรับน้ำที่อยู่ด้านล่างต่อไป กังหันน้ำแบบฟرانซิส มีทั้งแบบแกนตั้งและแกนนอน การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบและขนาดของ โรงไฟฟ้า แต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบแกนตั้งมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 กังหันน้ำแบบฟرانซิส

3.2.2 กังหันน้ำคาปลาน (Kaplan turbine)

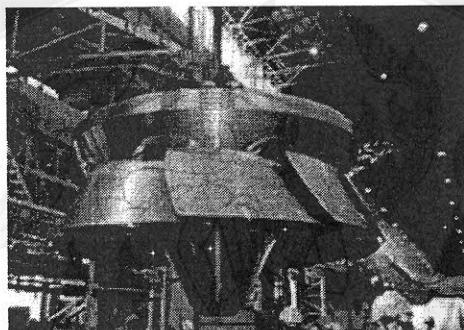
เป็นกังหันน้ำที่มีลักษณะเหมือนใบพัด เหนรากับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำต่ำตั้งแต่ 1 ถึง 70 เมตร และมีหลักการทำงานโดยน้ำไหลผ่านใบพัดในทิศทางก้มแกนของกังหันน้ำ โดยใบพัดของกังหันน้ำคาปลานสามารถปรับมุมเพื่อรับแรงอัดหรือแรงน้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนของกังหันน้ำได้ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 กังหันน้ำแบบคาปลาน

3.2.3 กังหันน้ำเดเรียช (Deriaz turbine)

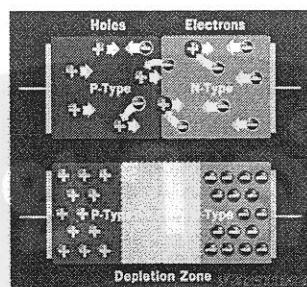
เป็นกังหันน้ำที่มีลักษณะทั่วไปคล้ายกับกังหันน้ำ Kaplan แต่ต่างกันในส่วนของรูปแบบของใบพัด ซึ่งคล้ายกับใบพัดของกังหันน้ำฟราวน์ชิส กังหันน้ำชนิดนี้จะใช้แรงดันน้ำที่เกิดจากการไหลของน้ำในทิศทางที่แรงมุ่งกันแน่ของกังหันน้ำ และการประยุกต์ใช้จะเห็นว่ากับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำสูงๆ เพราะต้องใช้แรงดันน้ำที่มีแรงดันสูง ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 กังหันน้ำแบบเดเรียช

4. เทคโนโลยีหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี

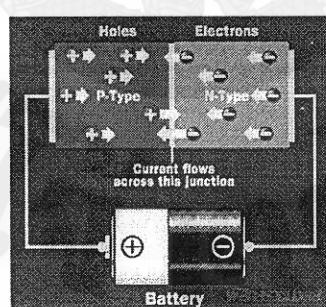
LED ย่อมาจาก Light Emitting Diode เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถปล่อยแสงสว่างเมื่อให้กระแสไฟผ่านตัวมัน ได้โดยเปล่งแสงออกมานี้เป็นมีคลื่นความถี่เดียวและไฟสดต่อเนื่องกัน และเปล่งแสงได้มีอัจจาระแสงไฟฟ้าข้ามเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนใหญ่หลอด LED ใช้สารอัลミニียมกัลเลียม อาร์เซไนด์ (Aluminum-gallium-arsenide) ย่อเป็น AlGaAs เป็นสารกึ่งตัวนำ ถ้ายังไม่ได้ใส่สารเจือปนพันธุ์ในอะตอมจะเกาะกันอย่างแข็งแรงไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ (ประจุไฟฟ้าลบ) หรือมีอยู่น้อยดังนั้นมันจึงไม่ค่อยจะนำกระแสแต่เมื่อทำการโอดิป โดยการเติมสารเจือปนทำให้ความสมดุลของวัสดุเปลี่ยนไปทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้นเรียกว่าสารประกอบชนิด N ส่วนสารกึ่งตัวนำที่ใส่สารเจือปนแล้ว มีประจุไฟฟ้านอกหรือมีหลุมและโอลเพิ่มขึ้นเรียกว่าสารประกอบชนิด P โอล (hole) แสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 อิเล็กตรอนอิสระจาก N เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปลงหลุมที่ P

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com>

เมื่อยังไม่มีการให้電流 ไฟฟ้าอิเล็กตรอนอิสระจาก N จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปที่ P กีด
โฉนดพลีชั่น (Depletion) ขึ้น โชนนี้เปรียบเทียบได้กับกำแพงบ้องกันการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน
ถ้าโชนนี้มีขนาดใหญ่ขึ้น การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจะยากขึ้นและอาจทำให้อิเล็กตรอน
หยุดการเคลื่อนที่ได้ เพื่อจะทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ผ่านโชนนี้ได้ง่ายขึ้น จึงต้องทำให้
โชนนี้แคบลงโดยการต่อขัว N ของไดโอดเข้ากับขัวลบทองแบบเตอร์และขัวบวกเข้ากับขัว P ทำให้
อิเล็กตรอนอิสระใน N ถูกดันด้วยแรงดันทางไฟฟ้าส่วนโอลขัว P จะถูกดันด้วยแรงทางไฟฟ้า
เข่นเดียวกัน ถ้าให้電流 ไฟฟ้ามากพอ โชนนี้จะแคบจนหายไปและอิเล็กตรอนอิสระสามารถ
เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อได้แสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเคลื่อนที่อิเล็กตรอนอิสระที่ข้ามรอยต่อไปยังโอลเมื่อมีการต่อแบตเตอรี่ Forward bias

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com>

4.1 โครงสร้างของแอลอีดี

โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ LED เป็นอุปกรณ์ 2 ขัว จะเปล่งแสงเมื่อมีกระแสไฟ流ผ่านตัว
ไดโอด ปกติจะใช้เป็นตัวแสดงผลยกเว้นไดโอดที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรด (Infrared) และไดโอด

ชนิดที่เปล่งแสงเลเซอร์จะเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในงานต่างๆ ซึ่งการหาข้าวของ LED อาจทำได้โดยใช้อิอยด์มินิเตอร์แสดงในรูปที่ 11



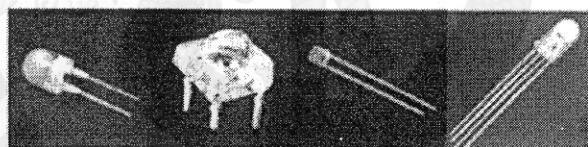
รูปที่ 11 สัญลักษณ์และโครงสร้างของหลอดแอลอีดี

ที่มา : ลีลาวดี (2551)

4.2 รูปแบบของแอลอีดี

ปัจจุบันแอลอีดีมีหลายรูปแบบหากแบ่งแอลอีดีตามลักษณะของ Packet แบ่งได้ 2 แบบคือ

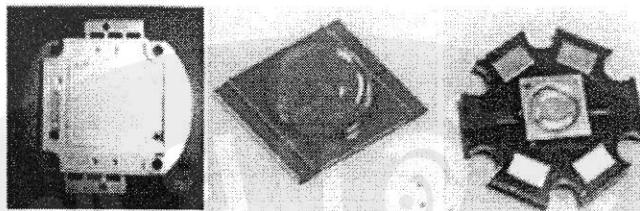
- แบบ Lamp Type (รูปที่ 12) เป็นแอลอีดีชนิดที่พับก้นอยู่ทั่วไปมีขาขึ้นออกมากจากตัว Epoxy 2 ขาหรือมากกว่า โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 mm. ขึ้นไป บริษัทผู้ผลิตจะออกแบบให้ขับกระแสได้ไม่เกิน 150 mA



รูปที่ 12 หลอดแอลอีดีทั่วไป

ที่มา: เบญจวรรณ (2554)

- แบบ Surface Mount Type (SMT) (รูปที่ 13) มีลักษณะ packet เป็นตัวบางๆ เวลาประกอบต้องใช้เครื่องมือชนิดพิเศษมีขนาดการขับกระแสตั้งแต่ 20 mA-มากกว่า 1 A สำหรับ แอลอีดีแบบ SMT ถ้าขับกระแสได้ตั้งแต่ 300 mA ขึ้นไป จะเรียกว่า power LED การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ภายในเนื้องจากสารเคลือบหน้าหลอดแอลอีดีส่วนใหญ่จะเป็นซิลิโคน ซึ่งละอองน้ำหรือความชื้นสามารถเข้มผ่านได้



รูปที่ 13 หลอดแอลอีดีแบบ Surface mount

ที่มา: เบญจวรรณ (2554)

หลอด LED มีชุดเด่นหลายอย่าง คือ ใช้พลังงานต่ำแต่ให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างที่สูงมาก ไม่มีแสง UV ไม่กระพริบขณะเปล่งแสง การเปิด - ปิดหลอดไฟ LED สามารถเปิด-ปิดได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องเสียเวลาอ่านเป็นหลอดไฟที่ประดับพลังงานมากกว่าหลอดไฟประเภทอื่นๆ ที่มีอยู่ในตลาดทั้งหมด และการประหยัดเงินค่าไฟฟ้าจากการใช้หลอดไฟ LED ตั้งแต่ 15-75% โดยเฉลี่ยแล้วมีอายุการใช้งาน สูงสุดถึง 50,000 ชั่วโมง หรือประมาณ 5 ปี ขึ้นไป

ข้อดีของหลอด LED

มีประสิทธิภาพการให้แสงสว่างสูง และพิษทางแสงสว่างของ LED จะส่องไปเฉพาะด้านหน้าเท่านั้น ลดการสูญเสียของแสงสว่าง

- ใช้พลังงานน้อย
- ทนต่อการสั่นสะเทือนและแรงกระแทก
- สามารถเปิดปิดได้บ่อยครั้ง และเมื่อเปิดจะให้แสงสว่างโดยทันที
- อายุการใช้งานยาวนานถึง 100,000 ชั่วโมง
- สามารถควบคุมคุณภาพของแสงที่ปล่อยออกมามาได้
- ปล่อยความร้อนออกมาน้อยมาก ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า
- การดูแลรักษาต่ำ
- น้ำหนักเบา, ขนาดเล็ก

ข้อจำกัดของหลอด LED

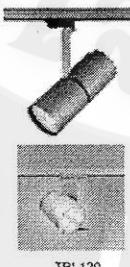
- ราคาหลอด LED ยังแพงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์

5. หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี

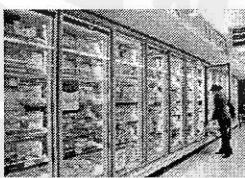
หลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดนีออน เป็นหลอดแก้วทรงกระบอกหรือแบบกลม ด้านในหลอดเคลือบด้วยสารเรืองแสง มีอายุการใช้งานยาวนานถึง 8 เท่า (6,000-20,000 ชั่วโมง) และใช้พลังงานเพียง 20% เมื่อเทียบกับหลอดไฟ หลอดแอลอีดีถือว่าเป็นทางเลือกของอนาคต มีคุณสมบัติ

การทำงานที่ไม่มีการเผาไฟสีหลอด จึงไม่เกิดความร้อน มีแสงหลายสีให้เลือกใช้งาน นำไปใช้ในด้านการตกแต่งได้ดี มีความทนทาน ไม่มีปัญหาร่องไฟสีหลอดขาด หรือหลอดแตก มีอายุการใช้งานถึง 50,000-60,000 ชั่วโมง สามารถปรับหรี่แสงได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ และที่สำคัญ ปราศจากปรอท และสารกลุ่มฮาโลเจนที่เป็นพิษ ชนิดของหลอดแอลอีดีดังแสดงในตารางที่ ๑

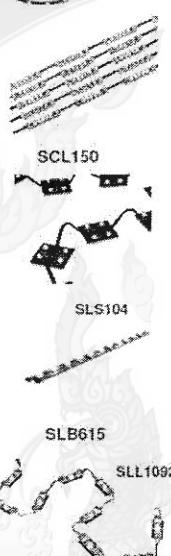
ตารางที่ ๑ ชนิดของหลอดแอลอีดีประเภทต่างๆ

ชนิด	รูปแบบ	ลักษณะเฉพาะ
Replacement Lamp	 	<ul style="list-style-type: none"> สะดวก ใช้ง่าย สามารถแทนหลอดเก่าได้ โดยทั่วไปไม่สามารถใช้งานได้เต็ม Capacity ของเม็ด LED หากเป็น Power LED ขนาด 1 วัตต์ขึ้นไปหลาย ๆ เม็ด ควรมี Heat Sink เป็นตัวระบาย Consumer Products & Cost Expectations ต้องการค่า CRI ที่สูง โดยทั่วไป ต้องการอุณหภูมิสี Warm white
Downlight	 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ตัวลงโคมเป็นตัวระบายความร้อน ต้องเปลี่ยนทั้งโคมสามารถขับกระแสได้เกือบทั้ง Capacity ของ LED หากมีการออกแบบ Heat sink ให้รองรับการระบายความร้อนได้ โดยทั่วไปจะนิยมใช้แหล่งจ่ายไฟเป็นแบบกระแสคงที่ ต้องการค่า CRI ที่สูง อุณหภูมิสี Warm white
Accent & Track light		<ul style="list-style-type: none"> สำหรับใช้แทนโคมประเภทหลอดฮาโลเจน (เริ่มนิยมการใช้งานแทนประเภทหลอดเมทัลไฮดีบีบีจี แล้ว) ต้องการค่า CRI ที่สูง ต้องการอุณหภูมิสี Warm white มุ่งกระจายของแสงมีความสำคัญ รูปร่างลักษณะของโคมมีความสำคัญในการเลือกใช้

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของหลอดแอ็ลอีดีประเภทต่างๆ (ต่อ)

ชนิด	รูปแบบ	ลักษณะเฉพาะ
Furniture Application	 SLX1300 LED Strip 7w or 14 W	<ul style="list-style-type: none"> แสงที่ออกมายังไม่ร้อนสีขาว และอินฟราเรด (ร้อนสีความร้อน) จึงไม่เป็นอันตรายต่อผลิตภัณฑ์สินค้าที่ต้องหลีกเลี่ยงรังสีนี้ เช่น รูปภาพสีน้ำมัน, ชิ้นโกและ, ยารักษาโรค, เครื่องสำอาง, นาฬิกา, กระเบื้องห้อง, เสื้อผ้า, ไวน์ เป็นต้น
	 SCS236, RGB 36 x 1W	<ul style="list-style-type: none"> ประหยัดพลังงาน เมื่อเทียบกับหลอดไส้หรือฮาโลเจน
	 SCL31 LED 3 x 3W	<ul style="list-style-type: none"> รูปร่างเล็ก โค้งงอไปตามรูปทรงต่างๆ ได้ จึงสามารถใส่ในซอกหรือซ่องแคบต่างๆ ของเฟอร์นิเจอร์ ได้ ตัวหลอดอายุยืนนาน ไม่ต้องบำรุงรักษาบ่อย กินไฟ แรงต่า เช่น 12 V. หรือ 24 V. ดังนั้น จึงมีความปลอดภัยมากต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดี แสงจาก LED ทำให้เกิดประกายที่สินค้าเป็นเครื่องประดับ เพชร พลอย นาฬิกา เป็นต้น
ตู้แช่, ตู้เย็น โชว์สินค้า		<ul style="list-style-type: none"> ความร้อนจากแสงน้อยสามารถเลือกหลอดให้มีอุณหภูมิสีเหมาะสมกับสินค้าที่โชว์ เช่น สร้อยทองใช้สี Warm white, เพชร ใช้สีขาวอุณหภูมิสูงกว่า 7,000 K เป็นต้น ออกแบบโคมไฟ LED ให้สอดคล้องกับรูปแบบตู้แช่เพื่อให้สามารถกระจายแสงได้อย่างสม่ำเสมอ ในภาวะที่อุณหภูมิต่ำ LED จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ประหยัดพลังงานและมี reliability ดีขึ้น สามารถเลือกอุณหภูมิสีของ LED ให้สอดคล้องกับสินค้าที่แสดงในตู้แช่ได้ ทำให้สินค้าดูดีขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของหลอดaledีปประกอบต่างๆ (ต่อ)

ชนิด	รูปแบบ	ลักษณะเฉพาะ
Cove light	 scx1300	<ul style="list-style-type: none"> • เหมาะสมกับพื้นที่ที่ยากแก่การเข้าไปบำรุงรักษาและต้องการเรื่อง ประดับพลังงาน การตกแต่ง Dynamic ambience ต้องการอุณหภูมิสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกิจกรรมการใช้งาน • Cove light อาจมีปัญหาความโถงหรือระหบห์ไม่ Standard
กล่องไฟ หรือ ป้ายไฟ โฆษณา	 SCL150 SLS104 SLB615 SLL1092	<ul style="list-style-type: none"> • ป้ายหรือกล่องไฟ เป็นพื้นที่ที่เข้าถึงยากเมื่อต้องบำรุงรักษาต้องการระดับแรงดันไฟที่ปลดภัย ความสม่ำเสมอของแสง และประดับพลังงาน • ป้ายมีสีที่ต้องการหลากหลายสี การใช้สีของแสง LED ให้สอดคล้องกับสีของป้าย จะทำให้สีไม่เพี้ยน การใช้ LED ให้แสดงแบบ Side Lit ทำให้กล่องไฟมีความบางและประหยัดไฟ

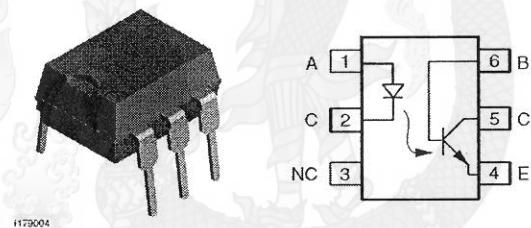
หมายเหตุ CRI (Color Rendering Index) คือ ดัชนีความถูกต้องของสี

ที่มา: <http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html>

6. อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Optocouplers) หรือ อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการเชื่อมต่อทางแสง โดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม นิยมใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจร และต้องการแยกกันทางไฟฟ้าโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจร ภายในของอุปกรณ์ประเภทนี้ ประกอบด้วย ไดโอดเปล่งแสง (ILED) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสง (Optical Transmitter) เช่น แสงอินฟราเรด (Infrared) และสำหรับตัวรับแสง (Optical receiver) ซึ่งมักนิยมใช้ไฟใต้ทรายนิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นตัวรับโดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงสามารถรับสัญญาณอินพุต (ดิจิตอล) เข้า จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้เปิด-ปิด ไดโอดเปล่งแสงที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ (ทำให้มีกระแสไฟ流ผ่านไดโอดเปล่งแสง) และทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไฟโดยทราบชิสเตอร์ด้วยแสง ดังนั้นจึงนำไปใช้ในลักษณะเป็น อุปกรณ์สวิสต์เปิด-ปิด หรือนำไปต่อ กับวงจรทรานซิสเตอร์ภายในอินพุตเพื่อให้สามารถขับกระแสไฟ ในปริมาณที่สูงขึ้น เมื่อแรงดันอินพุตอยู่ในระดับที่สูงกว่าแรงดันไบอัสตรงของไดโอดเปล่งแสง (VF) จะทำให้เกิดกระแสไฟ 流 หรือที่เรียกว่า กระแสอินพุต หรือ กระแสไบอัสตรง (IF) ทำให้ไดโอดเปล่งแสงตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหล ในการต่อวงจรจะต้องมีตัวด้านทานต่ออนุกรมอยู่ด้วย เพื่อจำกัดปริมาณของกระแสที่ไหลไม่ให้สูงเกิน ซึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ แต่โดยทั่วไป แล้ว ควรจะให้อยู่ในช่วง 5-50 มิลลิแอมป์ (mA) เมื่อไฟโดยทราบชิสเตอร์ได้รับแสงจะทำให้สามารถ นำไฟฟ้าได้ระหว่างขา C และ E ซึ่งให้ผลเหมือนในกรณีที่จ่ายกระแสเข้าที่ขาเบส (B) ของ ทรานซิสเตอร์อยู่ต่อกันแบบ NPN และถ้าเมื่อแรงดันต่ำกว่า 0V ของขา C และขา E ($V_{CE} > 0V$) ก็จะทำให้ ไม่มีกระแสเอ้าท์พุตไหล ดังแสดงในรูปที่ 14



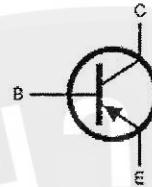
รูปที่ 14 Optocouplers รุ่น H11D1 ผลิตโดย Fairchild Semiconductor

ที่มา: <http://brushlessservocontrolr-ccar.blogspot.com/2013/08/optocouplers.html>

7. อุปกรณ์ขยายสัญญาณ Transistor

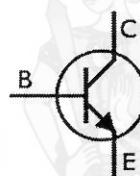
ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำ ทรานซิสเตอร์แต่ละชนิดจะมี 3 ขา ได้แก่ ขาโลหะจะถูกต่อออกมายกสารกึ่งตัวนำทึ้งสามชั้นเพื่อใช้งาน ขาที่ต่อจากชั้นสารที่อยู่ตรงกลางเรียกว่า ขาเบส (Base หรือ B) ส่วนขา rim ทั้งสอง คือขาคอลเลกเตอร์ (Collector หรือ C) และขาอีมิตเตอร์ (Emitter หรือ E) ทรานซิสเตอร์หากแบ่งประเภทตามโครงสร้างของสารที่นำมาใช้จะแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. ทรานซิสเตอร์ชนิด พีเอ็นพี (PNP) เป็นทรานซิสเตอร์ที่จ่ายไฟเข้าที่ขาเบสให้มี แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าขาอีมิตเตอร์ มีสัญลักษณ์ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิดพีอี็นพี (PNP)

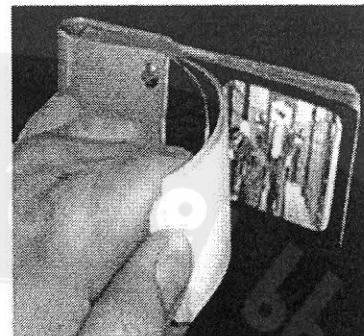
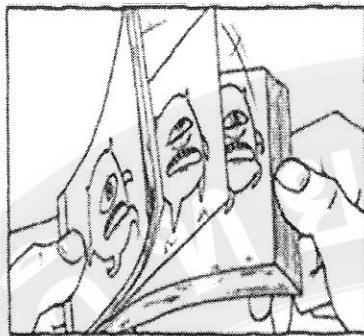
2. ทรานซิสเตอร์ชนิดເອັນພື້ນ (NPN) ເປັນທຽບກຳນົດທີ່ຈໍາໄຟເຂົ້າທີ່ບ່ານເບສໃໝ່ມີແຮງທັນໄຟພໍາສູງກວ່າຂາອົມຕເຫວົຣ ມີສัญລັກຍັນດັ່ງແສດງໃນຮູບທີ່ 16



ຮູບທີ່ 16 สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิดເອັນພື້ນ (NPN)

8. ຖຄມຢູ່ຄວາມເນື້ອຍຂອງດວງຕາ

ຫລັກກາຣ໌ທີ່ອົບຍິດກຳນົດກາພຕ່ອນັ້ນຂອງສາຍຕາມນຸ່ມຍໍ ອີເອຖຄຸມຢູ່ຄວາມເນື້ອຍຂອງດວງຕາ ຄິດຄົ່ນຂຶ້ນໃນປີ ພ.ສ. 2367 (ຄ.ສ. 1824) ໂດຍນັກທຸມຢູ່ແລະແພທຍ໌ຊາວອັກຖຸ ທີ່່ Dr. John Ayton Paris ທຸມຢູ່ດັ່ງກ່າວອົບຍິດກຳນົດກາພຕ່ອນັ້ນຂອງສາຍຕາມນຸ່ມຍໍໄວ້ວ່າ “ທຽມທາດີຂອງສາຍຕາມນຸ່ມຍໍ ມີອື່ນອົງເຫັນກາພໄດກາພທີ່ ລັບຈາກກາພນັ້ນຈະຫາຍໄປ ສາຍຕາມນຸ່ມຍໍຈະຍັ້ງກໍາງກາພນັ້ນໄວ້ທີ່ເຕີນໆໃນຫ້ວ່າມະໜີ້ນີ້ ປະມານີ້ 1/15 ວິນາທີ ແລະ ອາກໃນຮະບະເວລາດັກກ່າວມີກາພໃໝ່ ປະກຸບຢູ່ຂັ້ນມາແທນທີ່ສມອງຂອງນຸ່ມຍໍຈະເຊື່ອນໂຍງສອງກາພເຫັນດ້ວຍກັນ ແລະ ອາກນີ້ກາພຕ່ອໄປປະກຸບຢູ່ຂັ້ນໃນເວລາໄລ່ເລື່ອກັນ ກໍຈະເຊື່ອນໂຍງກາພໄປເຮືອຍາ” ໂດຍເຄີຍພາຍອ່ານຍິ່ງ ຄ້າຫຼຸກກາພນັ້ນທີ່ແຕ່ລະກາພນັ້ນມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນເພີຍງົກນ້ອຍຫຼືເປັນກາພທີ່ມີລັກຍະບັນເຄລື່ອນໄຫວຕ່ອນເນື້ອງກັນອູ່ເລົ້ວ” ມີອັນນຳເຄລື່ອນທີ່ຜ່ານຕາເຮອຍ່າງຕ່ອນເນື້ອງໃນຮະບະເວລາກະຮັບຮັດ ເຮົາຈະສາມາດເຫັນກາພນັ້ນເຄລື່ອນໄຫວໄດ້ ດັ່ງແສດງໃນຮູບທີ່ 17

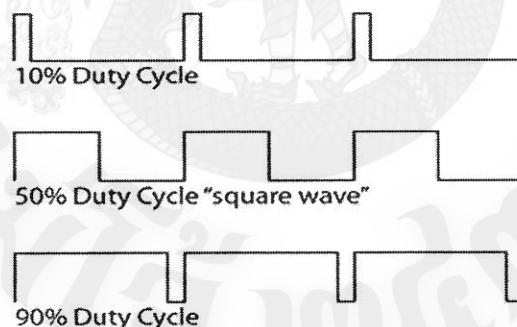


รูปที่ 17 สมุดภาพนิทรรศ์ที่แสดงถึงความต่อเนื่องของแผ่นภาพที่มีการเคลื่อนที่ภาพในแต่ละภาพ
ที่เคลื่อนที่มากกว่าตามนิยมจะสามารถจับภาพนิ่งได้ จึงทำให้เห็นเป็นภาพเคลื่อนไหว

ที่มา: <https://filmv.wordpress.com/unit-1/>

9. กลุ่มวีสัญญาณพัลส์

สัญญาณพัลสมีลักษณะเป็นรูปคลื่นเป็นสี่เหลี่ยม ที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันอย่างรวดเร็วจากระดับหนึ่งไปอีกระดับหนึ่ง และเปลี่ยนกลับลงมาอย่างรวดเร็วเข้าสู่ระดับปกติดังแสดงในรูปที่ 18 โดยที่สัญญาณพัลสนิยมนำไปใช้งานในด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้านการควบคุม และด้านคอมพิวเตอร์



รูปที่ 18 สัญญาณพัลส์

ที่มา: <http://www.rckolik.com/arduino-quick-start-guide-t6492.0.html>

การปรับเปลี่ยนที่สัดส่วนและความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเกล (Duty cycle) ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเกล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลおりกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเกลมีค่าเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลおりกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลおりกต่ออีกครึ่งหนึ่ง ดัง

ภาพที่ 10 และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะล็อกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะล็อกต่อเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิล จะสามารถหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\text{สมการที่ 1} \quad \% \text{ Duty cycle} = \left(\frac{T_{\text{ON}}}{T_{\text{ON}} + T_{\text{OFF}}} \right) \times 100\%$$

เมื่อ T_{ON} คือ ช่วงเวลาที่พัลส์เป็นบวก
 T_{OFF} คือ ช่วงเวลาที่พัลส์เป็นลบ

ลักษณะของรูปคลื่นพัลส์และการสร้างสัญญาณ

ลักษณะของรูปคลื่นพัลส์ พัลส์รูปสี่เหลี่ยมนูนจากอาการถูกสร้าง ให้หลายวิธี แต่ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นเพียงบางวิธีเท่านั้น

1. คลื่นรูปสี่เหลี่ยมนูนจากหรือคลื่นจัตุรัสของแรงดันไฟฟ้าอาจสร้างได้โดยการป้อนสัญญาณรูปไข่น์ผ่านเข้าไปในวงจรขยายประเทต A (Class A amplifier) โดยให้สัญญาณรูปไข่น์เป็นตัวกระตุ้นให้วงจรขยายทำงานเกินขอบเขต (Overdriven) กล่าวคือในช่วงครึ่งแรกของสัญญาณรูปไข่น์จะทำให้ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายทำงานในย่านอิ่มตัว (Saturation) และช่วงครึ่งหลังของสัญญาณรูปไข่น์จะทำให้ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายทำงานในย่านคัตออฟ (Cutoff) ดังนั้นที่ทางออก (Output) ของวงจรขยายจะทำให้ได้คลื่นแรงดัน ซึ่งลักษณะที่พ้อจะอนุโลมได้ว่าเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมนูนจาก หรือคลื่นจัตุรัสและการที่คลื่นแรงดันนี้จะมีลักษณะคล้ายกับคลื่นรูปสี่เหลี่ยมนูนจากหรือคลื่นจัตุรัสมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับการกำหนดจุดทำงาน (Operating point) ของทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายนั้น

2. คลื่นจัตุรัสของแรงดันอาจถูกสร้างโดยการใช้วงจรมัลติไวเบรเตอร์ (Multivibrator) แบบหนึ่งแบบใดๆ ได้ ซึ่งวงจรแบบนี้ก็คือวงจรขยาย 2 ภาคมาต่อรวมกันโดยมีตัวด้านท้ายและตัวเก็บประจุไฟฟ้าเป็นตัว “คัปปลิง” (Coupling) หรือนิยมเรียกว่า “อาร์-ซี คัปปลิงแอมป์ลิไฟร์” (R-C coupling amplifier) และผลที่ได้จากการขยายภาคแรกจะถูกป้อนเข้าที่ทางเข้า (Input) ของวงจรขยายภาคที่สองแล้วผลที่ได้จากการขยายของภาคสองนี้ก็จะถูกป้อนให้ช้อนกลับไปยังทางเข้าของวงจรขยายภาคแรกอีก การทำงานของวงจรขยายนี้จะอยู่ในลักษณะทำงานเกินขอบเขต ผลก็คือทำให้ได้สัญญาณของแรงดันที่ทางออกเป็นรูปคลื่นจัตุรัสหรือคลื่นรูปสี่เหลี่ยมนูนจาก

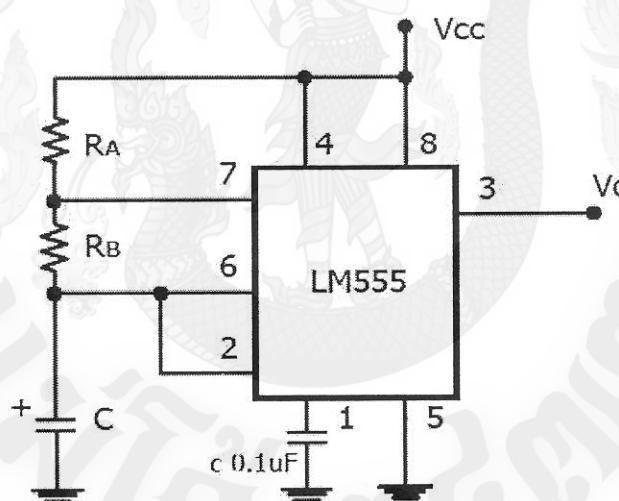
3. คลื่นจัตุรัสของแรงดันอาจถูกสร้างได้โดย การใช้แหล่งจ่ายแรงดันคลื่นรูปไข่นี้ซึ่งมีค่าความถี่หลักมูล (Fundamental frequency) ต่ำขนาดร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันคลื่นรูปไข่นั่นอีก ซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับค่าความถี่หลักคูณกับเลขค่าจำนวนเต็มใด ๆ หรือนิยมเรียกว่า “อ็อคตาร์โนนิค”

(Odd harmonic frequencies) ทั้งนี้ต้องทำให้คลื่นรูปไซน์ของแหล่งจ่ายต่าง ๆ มีขนาด (Amplitude) และเฟส (Phase) ที่ถูกต้อง ผลจากการรวมกันระหว่างคลื่นหลักและคลื่นหาร์โนนิกนี้จะทำให้ได้สัญญาณของแรงดันรูปปัจจุบัน ซึ่งอัตราการเกิดพลังสัมภ์ (ptr) หรือที่เรียกว่า “*ω*” ว่าความถี่ของพลังสัมภ์จะมีค่าเท่ากับความถี่หลัก ที่กำหนดด้าน

10. วงจรร่องสเตเบิล Astable Multivibrator

คือวงจรสร้างสัญญาณ Square wave มีความถี่ที่สามารถกำหนดได้ตามความต้องการ ด้วยค่าค่าปั๊สสเตเตอร์ C และค่าความต้านทาน R_A และ R_B ดังแสดงในรูปที่ 19

โดยในวงจรนี้ออกแบบสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณ Square wave ด้วยค่า C และค่า $R_T = R_A + R_B$ แล้วยังสามารถที่จะกำหนดช่วงเวลา “ON” และ “OFF” ของสัญญาณด้วยค่าที่แตกต่างกันของ R_A และ R_B ได้อีกด้วย



รูปที่ 19 วงจร Astable multivibrator

หลักการทำงาน

ใช้หลักการเก็บประจุ และถ่ายประจุของค่าปั๊สสเตเตอร์โดยจะทำการเก็บประจุผ่าน R_A , R_B และจะถ่ายประจุผ่าน R_B และ T_r ภายในลง GND

ขณะที่ค่าปั๊สสเตเตอร์เก็บประจุ จะถึงระดับแรงดัน $2/3V_{CC}$ ขณะนั้นแรงดันของ $V_o = V_{CC}$

ขณะที่ค่าปั๊สสเตเตอร์ถ่ายประจุออก เกิดแรงดันตกคร้อมมีช่วงจาก $2/3V_{CC}$ ถึง $V_{CC}/3$

ขณะนั้นแรงดันของ $V_o = 0$ (ศูนย์ไวลท์)

แบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 5 ช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่ทำการปิดวงจรค่าป่าชิสเตอร์จะทำการเก็บประจุจาก V_{CC} ผ่าน R_A, R_B Output ของ comparator ตัวบนและล่างจะเป็น “1” ทำให้ Output ของ Nand gate จะเป็น “0” ส่งผลให้ F/F ขา R = “0” และ S = “1” เป็นการ set F/F Output Q = “1”, \bar{Q} = “0” ค่าป่าชิสเตอร์จะทำการเก็บประจุไปเรื่อยจนมีแรงดันครึ่อมเท่ากับ $V_{CC}/3$

ช่วงที่ 2 ช่วงที่ค่าป่าชิสเตอร์ทำการเก็บประจุเกิน $V_{CC}/3$ จะทำให้ comparator (2) ตัวล่างเป็น “0” F/F ขา R = “0”, S = “0” ได้ Output V_0 เมื่อ晶เดิม

ช่วงที่ 3 เมื่อค่าป่าชิสเตอร์ถูกเก็บประจุจนกระทั่งมีค่ามากกว่า $2V_{CC}/3$ output ของ comparator (1) ตัวบน จะเปลี่ยนเป็น “0” Output ของ NAND gate จะเป็น logic “1” ดังนั้น F/F R = “1”, S = “0” เป็นการทำให้ F/F Q = “0” และ \bar{Q} = “1” Transistor จะ “ON”

ช่วงที่ 4 ค่าป่าชิสเตอร์จะทำการคายประจุผ่าน R_B และ Tr ลง GND ทำให้ Output ของ comparator (1) ตัวบน เป็น “1” comparator (2) ตัวล่างเป็น “0” ทำให้ F/F ขา R = “0”, S = “0” Output ของ F/F จะคงเดิม Q = “0”, \bar{Q} = “1”

ช่วงที่ 5 เมื่อค่าป่าชิสเตอร์ทำการคายประจุจนแรงดันครึ่อม $C = V_{CC}/3$ ทำให้ comparator (1) ตัวบน เป็น “1” comparator (2) ตัวล่าง เป็น “1” ทำให้ F/F ขา R = “0”, S = “1” เป็นการทำให้ F/F ได้ Q = “1”, \bar{Q} = “0” Tr จะ “Off” ค่าป่าชิสเตอร์จะทำการเก็บประจุใหม่อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2 และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

การวิเคราะห์เวลาในการ charge และ discharge Capacitor ดังสมการที่ 2
เวลาในการ charge C จาก 0 ถึง $V_{CC}/3$ ใช้เวลา t_1

$$\begin{aligned} v_C(t) &= V_{CC}(1 - e^{-t/RC}) \\ \frac{V_{CC}}{3} &= V_{CC}(1 - e^{-t_1/RC}) \\ -t_1/RC &= \ln 2/3 \\ &= -0.405 \\ t_1 &= 0.405 RC \end{aligned} \quad \text{สมการที่ 2}$$

เวลาในการ charge C จาก 0 ถึง $2/3V_{CC}$ ใช้เวลา t_2 ดังสมการที่ 3

$$\begin{aligned} \frac{2}{3}V_{CC} &= V_{CC}(1 - e^{-t_2/RC}) \\ -t_2/RC &= \ln 1/3 \\ &= -1.098 \\ t_2 &= 1.098 RC \\ T_1 &= t_2 - t_1 \\ &= (1.098 - 0.405)RC \end{aligned} \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$T_1 = 0.693RC$$

แต่ $R = R_A + R_B$

$$T_1 = 0.693(R_A + R_B)C$$

เวลาในการ discharge C จาก $2/3V_{CC}$ ถึง $V_{CC}/3$ ดังสมการที่ 4

สมการ $v_C(t) = V e^{-t/RC}$

$$V_{CC}/3 = 2/3V_{CC} e^{-t/RC}$$

$$T = -RC \ln 1/3$$

$$= 0.69 RC$$

$$T_2 = 0.69(RB)C$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = 0.69(R_A + 2R_B)C$$

ดังนั้น ที่ความจี่ของ square wave หาได้จากสมการที่ 5

$$F = 1/0.69(R_A + 2R_B)C$$

สมการที่ 4

สมการที่ 5

11. การวิเคราะห์ค่าเนรยสูตรศาสตร์

การประเมินค่าใช้จ่ายแบบรายปี

$$CC = P(CRF) + MO$$

สมการที่ 6

$$\text{โดยที่ } CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

สมการที่ 7

การหาอุดมทุน

$$A_E = P \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right)$$

สมการที่ 8

เมื่อ CC คือ ค่าใช้จ่ายรายปี, บาท

CRF คือ Capital Recovery Factor

MO คือ ค่าบำรุงรักษาครึ่งปี ของอัตราและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน, บาท

P คือ จำนวนเงินลงทุนขั้นต้น, บาท

A_E คือ ผลตอบแทนสุทธิรายปี, บาท

i คือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้รายปี, บาท

n คือ อายุการใช้งาน, ปี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไฟฟ้ารย์ เก่าตี และคณะ ศึกษาระบบทลิติไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิว : กรณีศึกษาบ้านท่าแพน หลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พนบัญชาส่วนใหญ่ของการใช้งานระบบไฟฟ้าพลังงานขนาดจิว คือ หลอดไฟขาดบ่อยสาเหตุมาจากการแรงดันไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า

ไวยาวย์ นาเอก และคณะ ศึกษาระบบป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินสำหรับกันหน้าผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากด้วยวิธีถ่ายโอนดอตโน้มติ จากการทดลองสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าไม่ให้เกิน 240 โวลต์ $\pm 2\%$ ลงที่ได้กำหนดค่าเริ่มต้น ที่อัตราการไฟล 380 ลิตรต่อนาที ควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้ 244 โวลต์

พิทยาและคณะ (2550) นำเสนอเทคโนโลยีการสร้างสัญญาณมดูแลดตามความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM) ด้วยเทคนิคทางดิจิตอลบน FPGA (Field Programmable Gate Array) โดยการใช้วงจรรับและวงจรเบรย์เทียบทางดิจิตอล ที่พัฒนาในรูปของซอฟต์แวร์ Verilog HDL (Verilog Hardware Description Language) ออกแบบให้วงจรรับสัญญาณนาฬิกาตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปและผลของวงจรรับดังกล่าวจะทำให้เกิดค่าของสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะเป็นขั้นบันไดเปลี่ยนแปลงตามเวลา ค่าทางดิจิตอลที่เป็นลักษณะขั้นบันได จะถูกนำไปเบรย์เทียบกับระดับสัญญาณอ้างอิงที่กำหนดมาจากการรับอิทธิพลแรงดันสัญญาณอ้างอิง ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ในช่วง 0-100% และให้สัญญาณที่เที่ยงตรง มีความละเอียดสูง การปรับเปลี่ยนความถี่ทำได้ง่าย

ยุพราชและคณะ (2554) ได้ศึกษา ออกแบบและสร้างโคมไฟอัตโนมัติที่สามารถประหัด พลังงานโดยสร้างโคมไฟอัตโนมัติโดยใช้หลอด LED การศึกษาจะประกอบไปด้วย การศึกษา คุณสมบัติของหลอด LED การศึกษาวงจรควบคุมหลอด LED การออกแบบ การสร้างโคมไฟหลอด LED ให้ได้ความสว่างมากกว่า 300 lux และการออกแบบ การสร้างวงจรควบคุมให้โคมไฟสามารถ เปิด-ปิดเองได้แบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้โคมไฟที่สามารถประหัดพลังงานได้ ซึ่งได้ผลการศึกษาคือ หลอด LED เป็นหลอดที่มีอายุการใช้งานประมาณ 50,000 ชั่วโมง ให้แสงสว่างได้สูงถึง 70 ลูเมนต์/วัตต์ และใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 70-90 mW ต่อหลอดโคมไฟหลอด LED อัตโนมัติ ให้ความสว่าง ได้ 360 lux และกินกำลังไฟฟ้าประมาณ 15.84 W

มนต์รีและคณะ (2544) ได้ออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณ PWM ที่มีลักษณะพิเศษคือ ความถี่สัญญาณเอาท์พุตจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณอินพุต โดยใช้พื้นฐานวงจรสมิตท

ริกเกอร์แบบใหม่ ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนประกอบด้วยเพียง օอฟแอนป์ 3ตัว ตัวด้านหน้าเพียง 2 ตัวและตัวเก็บประจุอีก 1 ตัว

Jin (2013) ได้พัฒนาวงจรควบคุมหลอดแอลอีดีขนาดใหญ่ที่ใช้ในเทคโนโลยีการฉายภาพโดยใช้หลักการ PWM dimming เพื่อแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของภาพที่เร็ว ซึ่งทำให้เกิดค่าความร้อนสะสม การรับกวนทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ผลที่ได้รับคือสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้น่าพอใจ โดยที่คุณภาพของภาพถ่ายไม่แตกต่างจากเดิม

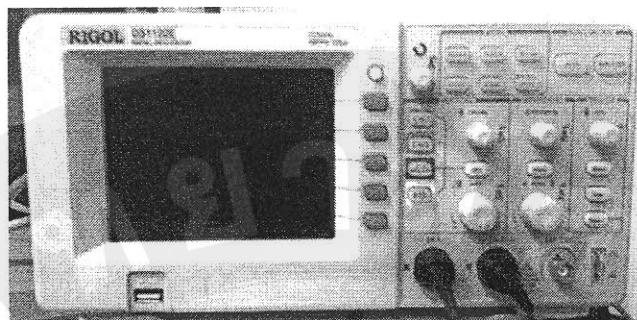
Huang (2009) ได้พัฒนาอุปกรณ์สำหรับการชาร์ตและจ่ายไฟให้กับหลอดไฟแบบแอลอีดีจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในกรอบแบบ ได้ร่วมทำการออกแบบ nMPPPO การชาร์ตแบตเตอรี่ด้วยเทคนิค PWM และการจ่ายไฟให้หลอดแอลอีดีด้วย PWM การทดลองได้ใช้หลอดไฟแบบแอลอีดี 3 ขนาดคือ 18W 100W และ 150W ทดสอบอย่างต่อเนื่อง 13,200 ชั่วโมง โดยใช้เทคนิคการจ่ายไฟไปยังหลอดแอลอีดีแบบ PWM เปรียบเทียบกับการจ่ายไฟแบบตรง ได้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ โดยมีค่าความสูญเสียที่ตัวโหลดสำหรับหลอด 18W ที่ 14.1% ในฤดูหนาว และ 0% ในฤดูร้อน สำหรับหลอด 100W มีค่าความสูญเสียที่ตัวโหลด 3.6% ในฤดูใบไม้ผลิ

Ondrej และคณะ (2013) พัฒนาส่วนควบคุมอัจฉริยะสำหรับการจ่ายไฟให้หลอดแอลอีดี แรงดันสูง เพื่อแก้ปัญหาด้านความร้อนสะสมของตัวหลอดเมื่อใช้เป็นเวลาอย่างต่อเนื่อง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

Digital Oscilloscope ยี่ห้อ Rigol รุ่น DS1102E 2 channel 100 MHz ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือวัดทาง อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดแสดงรูปคลื่นสัญญาณต่างๆ ออกแบบมาเป็นภาพ ปราศจากน้ำหนักของตัวเครื่อง ให้ใช้เป็นเวลาอย่างต่อเนื่อง แรงดันไฟฟ้า (ที่เป็นไฟ AC หรือ DC) การวัดความถี่ของ สัญญาณ การวัดเฟสของสัญญาณ และรวมถึงการวัดสัญญาณพัลส์การอ่านค่าแอนเพลจูดของสัญญาณจะเป็น พีค-ทู-พีค หรือค่าพีคและค่าเวลาเป็นวินาที ดังแสดงในรูปที่ 20



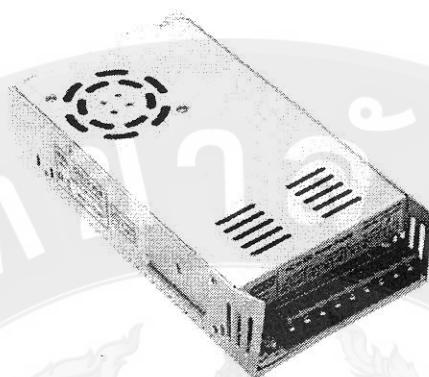
รูปที่ 20 ออสซิลโลสโคป

Function generator ยี่ห้อ Rigol รุ่น DG10222 channel 200 MHz 100 MSa/s ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ หรือเครื่องกำเนิดสัญญาณหลายแบบ เป็นเครื่องกำเนิดความถี่ที่สามารถสร้างรูปคลื่นเส้าท์พุท ได้หลายรูปคลื่น สัญญาณที่กำเนิดขึ้นมาจะต้องสามารถควบคุมได้ ทั้งการปรับแต่งรูปคลื่น ปรับแต่งความแรงและปรับแต่งความถี่ได้ เพื่อใช้เป็นสัญญาณส่งออกไปยังอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่างๆ เพื่อการตรวจสอบ ตรวจสอบปรับแต่ง หรือวัดเบริญเทียบค่า โดยถือว่า สัญญาณที่กำเนิดจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นสัญญาณมาตรฐานหรือสัญญาณอ้างอิง ดังแสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 21 เครื่องกำเนิดสัญญาณ

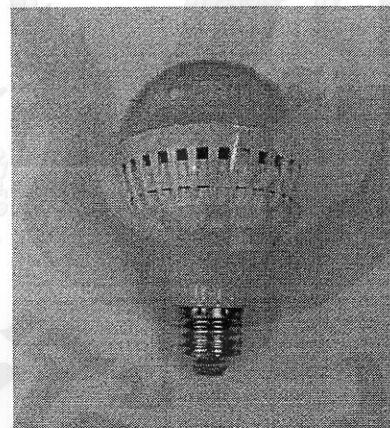
AC-DC switching power supply input 100-240 Vac output 12 Vdc ผลิตในประเทศไทย เป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันแบบหนึ่ง สามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟโวลต์ต่ำ ได้เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 22 AC-DC switching power supply input

ที่มา: http://www.aliexpress.com/price/12v-ac-dc-switching-power-supply_price.html

หลอดแอลอีดีชื่อ JMF SEB-E27W-3N ขนาด 6 W ดังแสดงในรูปที่ 23



รูปที่ 23 หลอดแอลอีดีที่ใช้ในการทดลอง

NPN Epitaxial Silicon Transistor TIP31C ผลิตโดย ST Microelectronics อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนได้ใช้ทำหน้าที่ ขยายสัญญาณไฟฟ้า เปิด-ปิดสัญญาณไฟฟ้าควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ เป็นเด่น การทำงานของทรานซิสเตอร์เบรียบ ได้กับวัลว์ควบคุมที่ทำงานด้วยสัญญาณไฟฟ้าที่ขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสไฟฟ้าขาออกที่จ่ายจากแหล่งจ่ายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 24



รูปที่ 24 NPN Epitaxial Silicon Transistor TIP31C

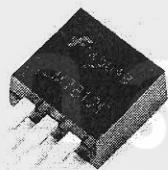
ที่มา: <http://www.baudaelectronica.com.br/transistor-npn-tip31c.html>

Phototransistor Optocouples 4N33M ผลิตโดย Fairchild Semiconductor อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงหรืออุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเชื่อมต่อทางแสง โดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม นิยมใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจร และต้องการแยกกันทางไฟฟ้าโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจร ภายในของอุปกรณ์ประกอบนี้ประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง (แอลอีดี) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสง (Optical Transmitter) เช่น แสงอินฟราเรด (Infrared) และสำหรับตัวรับแสง (Optical receiver) ซึ่งมักนิยมใช้โฟโตไทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นตัวรับโดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 25

รูปที่ 25 Phototransistor Optocouples 4N33M

ที่มา: <http://th.rs-online.com/web/p/phototransistors/7390262/>

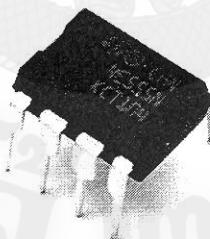
Positive voltage regulators L7812CV ผลิตโดย STMicroelectronics เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แปลงแรงดันไฟฟ้าโดย L7812CV จะสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าเมื่อผ่านตัวอุปกรณ์ได้ 12 V เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับวงจรที่ต้องการจ่ายแรงดันไฟฟ้าหลายระดับจากแหล่งจ่ายไฟแหล่งเดียว ดังแสดงในรูปที่ 26



รูปที่ 26 Positive voltage regulators L7812CV

ที่มา: <http://ictech.edu.vn/news/cung-cap-linh-kien-dien-tu.html> ยังไม่ทำอ้างอิง

IC 555 (IC 555 timer) เป็น ไอซีประเทวจรตั้งเวลา ลักษณะวงจรเบื้องต้นที่ใช้งานเป็นวงจรหน่วงเวลาหรือวงจรตั้งเวลา อาศัยหลักการประจุและคายประจุแรงดันของตัวเก็บประจุร่วมกับตัวต้านทานที่ต่อประกอบร่วมกับตัว IC 555 พร้อมกับตัวอุปกรณ์ประกอบร่วมอื่นๆ แรงดันที่ป้อนเดี่ยง IC 555 อยู่ระหว่าง 4.5 V ถึง 15 V มีกระแสไฟ流ในตัว IC ประมาณ 2-3 mA แรงดันที่ป้อนเดี่ยง IC 555 เมื่อเปลี่ยนแปลงมีผลต่อเวลาที่ตั้งให้ทำงานเปลี่ยนแปลง สามารถนำ IC 555 ไปใช้เป็นวงจรตั้งเวลา วงจรกำเนิดสัญญาณ และวงจรอื่นๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 27



รูปที่ 27 IC 555

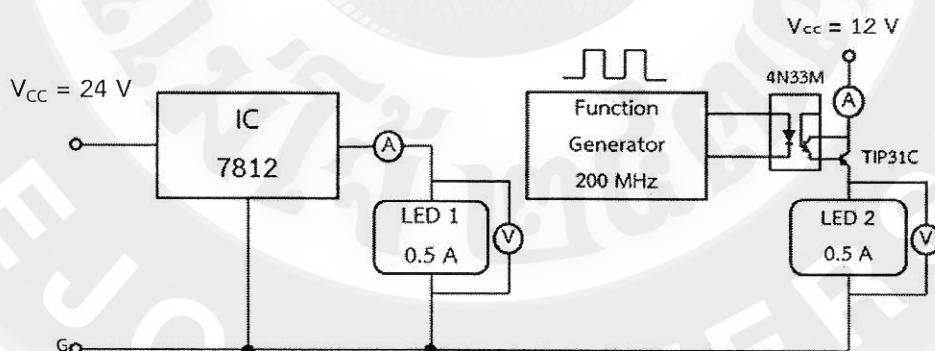
ที่มา: http://www.eazylec.com/article/36-w_ไอซี-555-ic-timer-ไอซีตั้งเวลา.html

ขั้นตอนการทดลอง

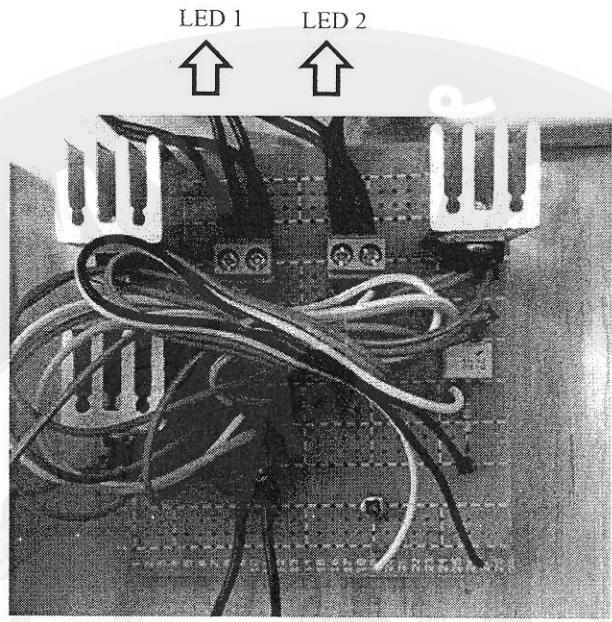
การประกอบอุปกรณ์จะทำการสร้างชุดควบคุมแหล่งจ่ายไฟให้คงที่ที่ 12 Vdc โดยใช้อุปกรณ์ Positive voltage regulators L7812CV เพื่อจ่ายไฟให้เก่าหลอดแอดอีดี 2 หลอด หลอดที่ 1 แบบต่อแหล่งจ่ายตรง และหลอดที่ 2 แบบต่อแหล่งจ่ายไฟแบบความถี่สัญญาณพัลส์

แหล่งจ่ายไฟแบบความถี่สัญญาณพัลส์ ประกอบจากการใช้ IC555 ต่อวงจร oscillators ซึ่งสามารถปรับความถี่และความกว้างของความถี่ หรือค่าดิวตี้ไซเคิลได้ ไปควบคุมแหล่งจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดีหลอดที่ 2 โดยใช้ NPN ทรานซิสเตอร์ TIP31C ผ่านตัวกลางส่งสัญญาณควบคุม Optocouples 4N33N ทำการปิดและเปิดหลอดแอลอีดีตามความเหมาะสม

การทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมหลอดแอลอีดีเป็นการทดลองเพื่อหาความถี่สัญญาณพัลส์ที่เมื่อจ่ายไฟแก่หลอดแอลอีดีแล้ว ตากองมนุษย์ไม่สามารถจับการกระพริบของหลอดแอลอีดีได้ ตามหลักของทฤษฎีภาพพิດตา โดยความถี่พัลส์ที่เหมาะสมมากที่สุดคือ ความถี่ที่น้อยที่สุดที่ทำให้หลอดไม่กระพริบ เพราะหากความถี่น้อยลงจะมีความกระพริบ แม้ว่าจะจ่ายความถี่มากขึ้นความสว่างของหลอดจะเท่าเดิม แต่สิ่งที่จะเพิ่มมากขึ้นคือกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะส่งผลให้หลอดมีกำลังไฟเพิ่มมากขึ้น เป็นการสืบเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น ใน การทดลองนี้จะใช้หลอดแอลอีดีจำนวน 2 หลอด จากการทดลองในข้อ 3.2.1 นำมาเปรียบเทียบกัน โดยมีขั้นตอนการทดลอง คือ ทำการต่อหลอดแอลอีดี 2 หลอดเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 24 Vdc โดยกำหนดให้หลอดที่ 1 เป็นหลอดมาตรฐาน จ่ายไฟผ่านวงจรบอร์ดเพื่อแปลงไฟจาก 24 Vdc เป็น 12 Vdc ให้แก่หลอดที่ 1 และหลอดที่ 2 เป็นหลอดเบรียบเทียบ จ่ายไฟ 12 Vdc ให้แก่หลอดที่ 2 ต่อเครื่องปล่อยสัญญาณความถี่พัลส์และอสซิลโลสโคปเข้ากับหลอดที่ 2 เพื่อจ่ายความถี่พัลส์และแสดงค่าอุบัติเป็นกราฟ ทำการทดลองที่ค่าดิวตี้ไซเคิลที่ 10% ช่วงความถี่ 30-140 Hz บันทึกค่าที่วัดจากหลอดที่ 2 ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (A) การกระพริบและความสว่างของหลอด พร้อมทั้งคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W) โดยมีวงจรการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 28 และอุปกรณ์การทดลองรูปที่ 29



รูปที่ 28 วงจรการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมสำหรับหลอดแอลอีดี



LED 1 LED 2



Input 12 Vdc

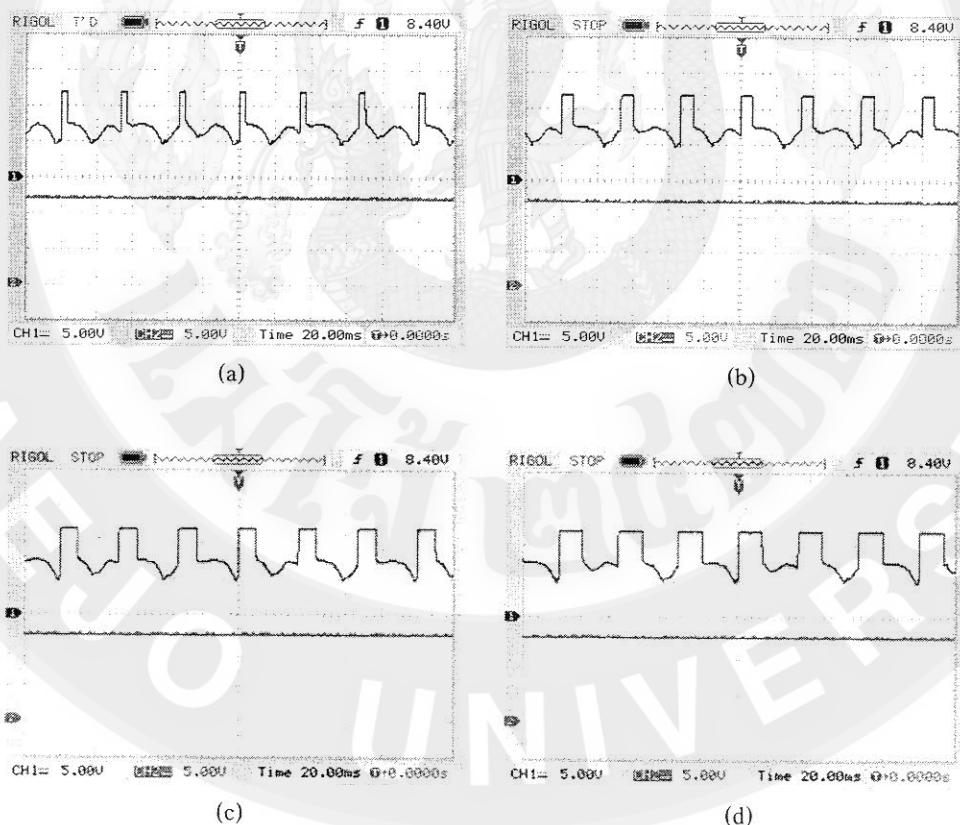
รูปที่ 29 อุปกรณ์การทดลองทำความถี่ที่เหมาะสมสำหรับหลอดแอลอีดี

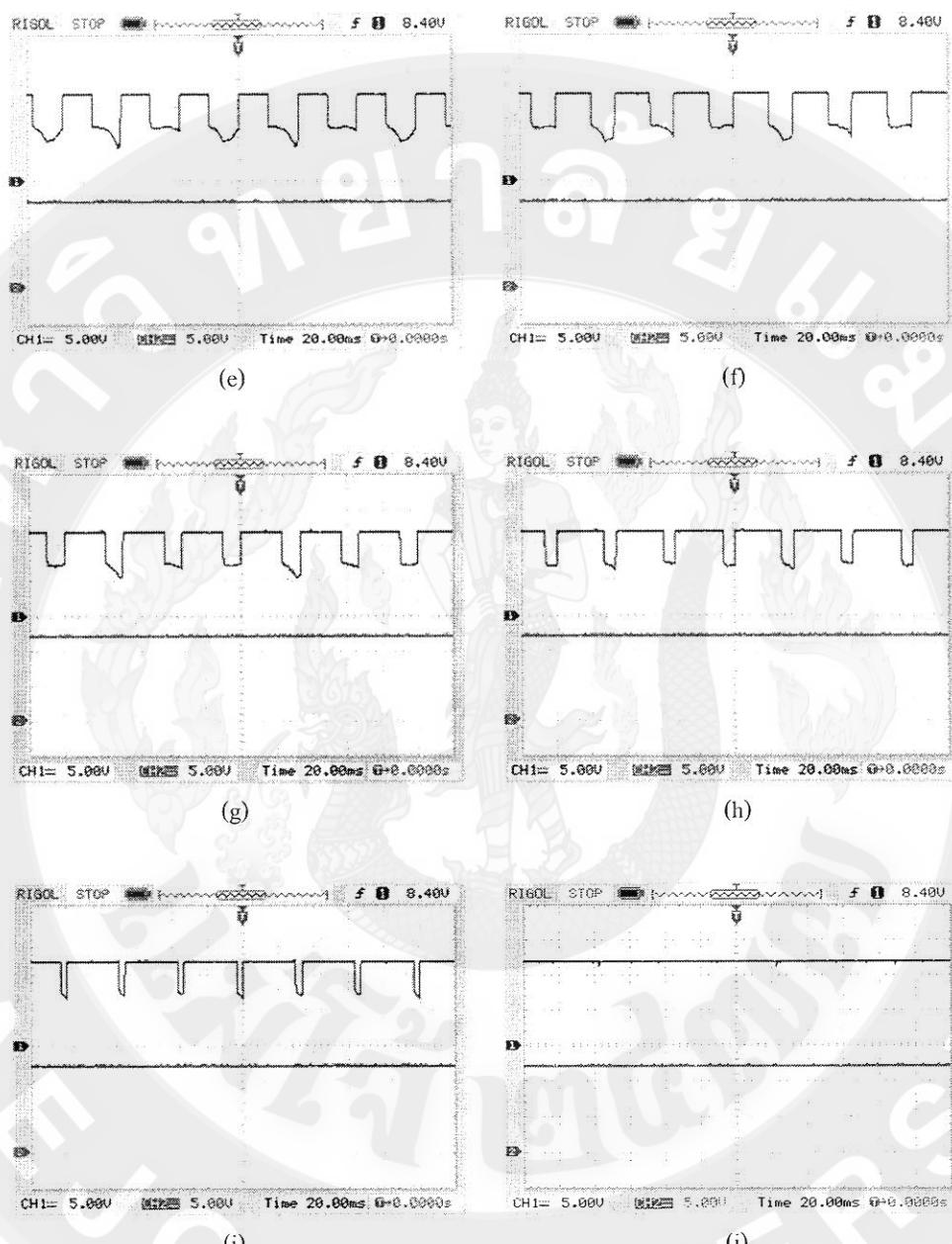
ผลการวิจัย

จากการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมสำหรับหลอดแอลอีดี โดยใช้หลอดแอลอีดีเพื่อเปรียบเทียบความสว่างและการไฟกระพริบของหลอดแอลอีดีที่จำความถี่สัญญาณพัลส์ เปรียบเทียบกับหลอดแอลอีดีที่จำไฟแบบปกติด้วยสายตาของมนุษย์ ได้ผลการทดลองเป็นกราฟสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ต่างๆ ดังต่อไปนี้

การทดลอง ประกอบด้วย การปรับความถี่ แต่ละช่วงความถี่มีการปรับค่าดิจิต์ไซเคิล การปรับความถี่จะเริ่มปรับที่ความถี่ 30 Hz เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 Hz ในแต่ละครั้ง การทดลองจะทำการปรับค่าดิจิต์ไซเคิล เริ่มต้นที่ 10% เพิ่มขึ้นครั้งละ 10% จนถึงค่าดิจิต์ไซเคิล 99.99% คล้ายกับการต่อต่องกับแหล่งจ่ายไฟ การทดลองครั้งนี้ รวมการทดลองໄได้ 12 ครั้ง โดยเริ่มที่ความถี่ 30-140 Hz

1. ที่ความถี่ 30 Hz ปรับค่าดิจิต์ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 30

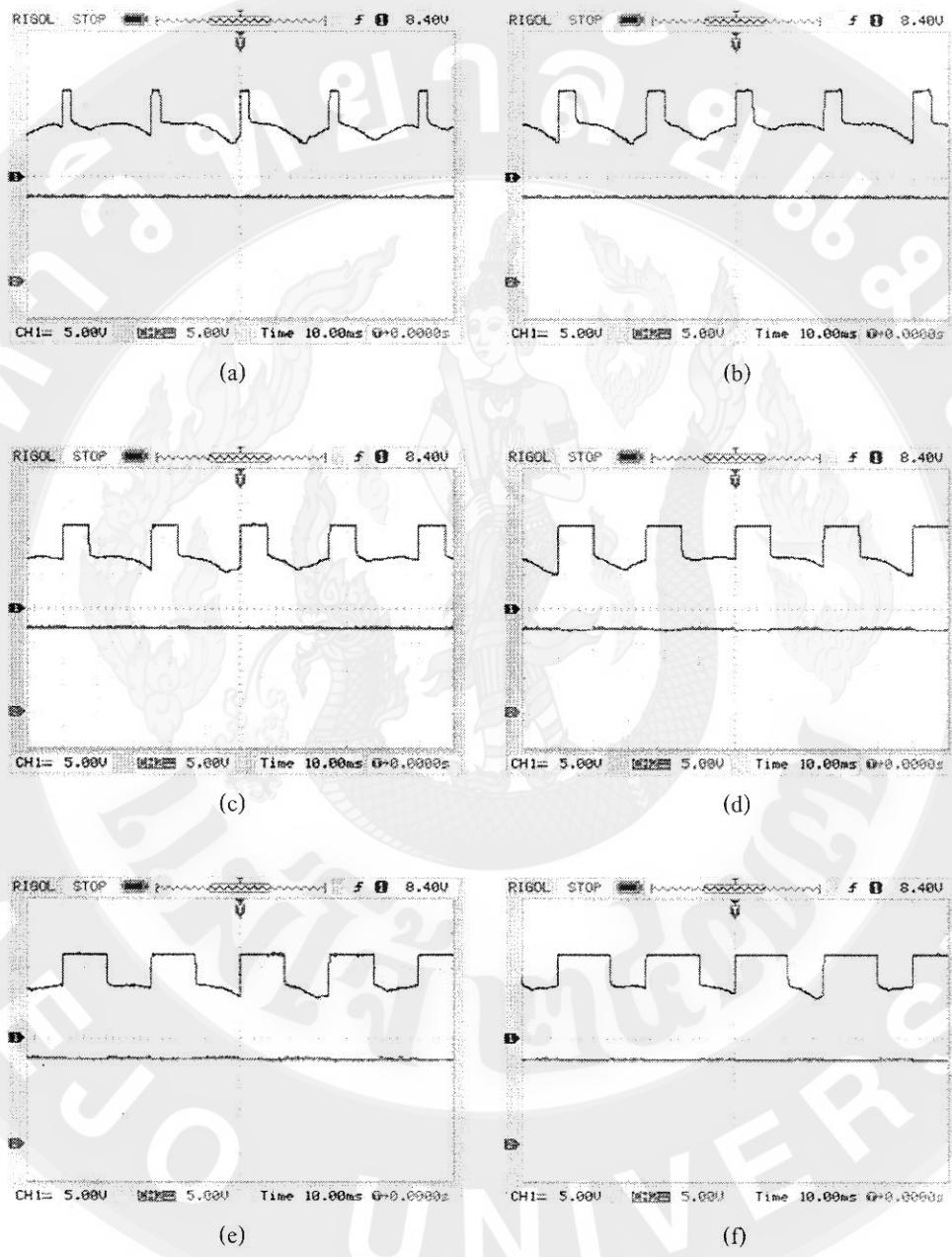


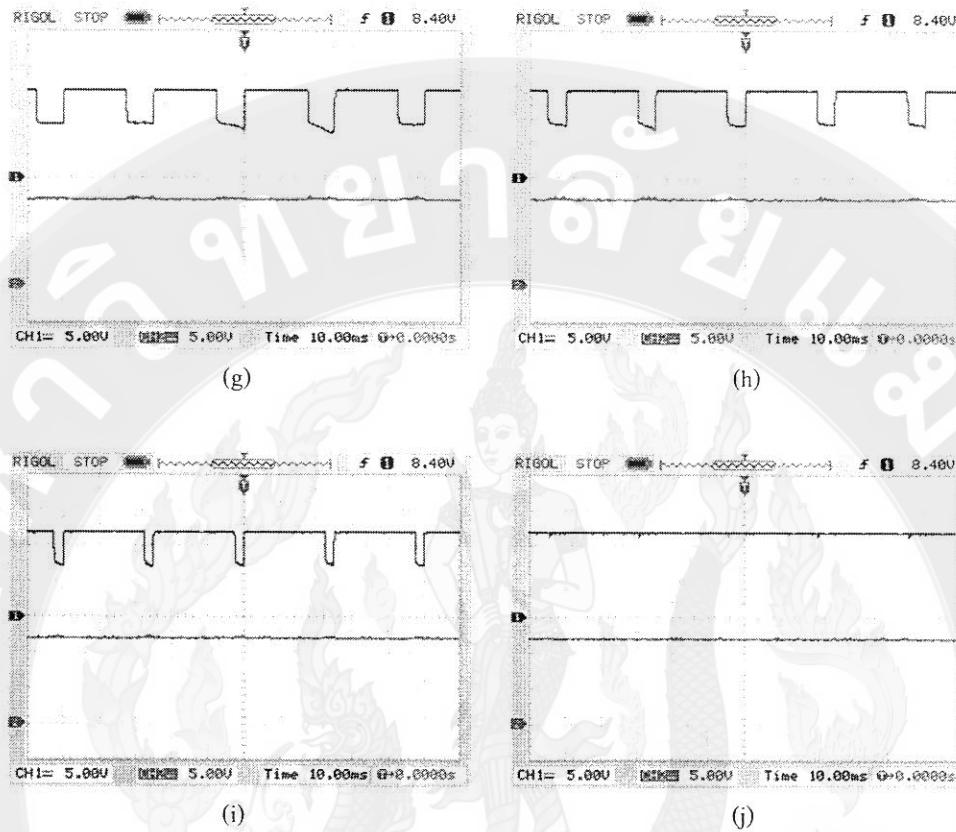


รูปที่ 30 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 30 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%

(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

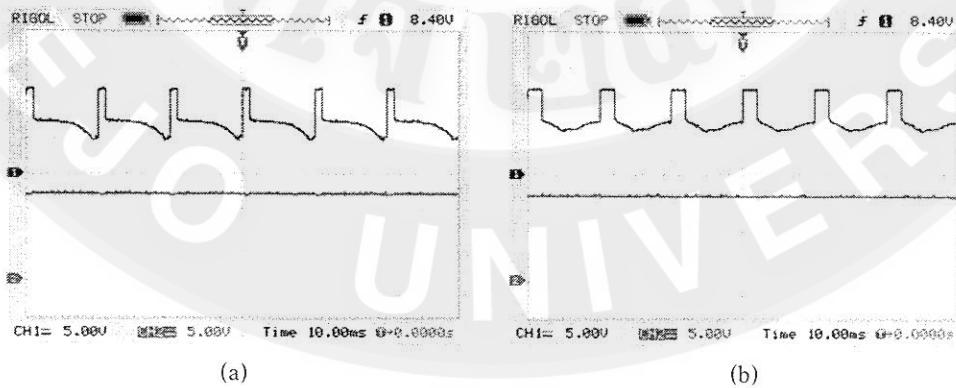
2. ที่ความถี่ 40 Hz ปรับค่าดิจิต์ไซเกิตตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 31

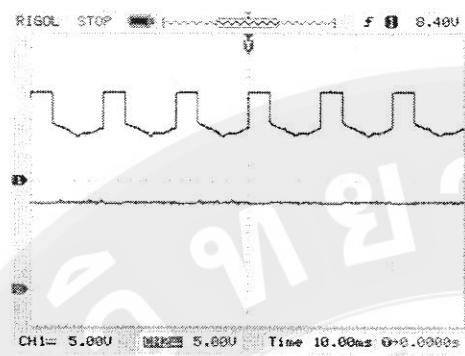




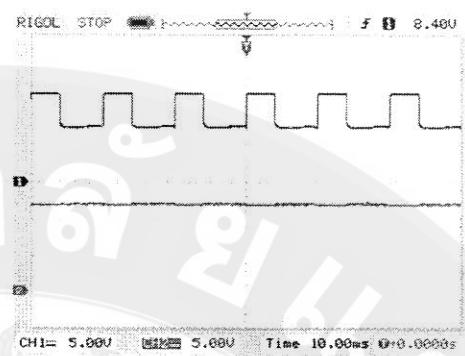
รูปที่ 31 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%
(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

3. ที่ความถี่ 50 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 32

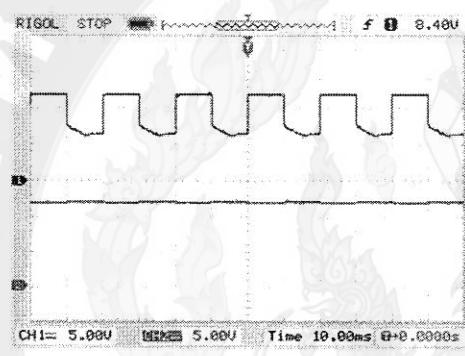




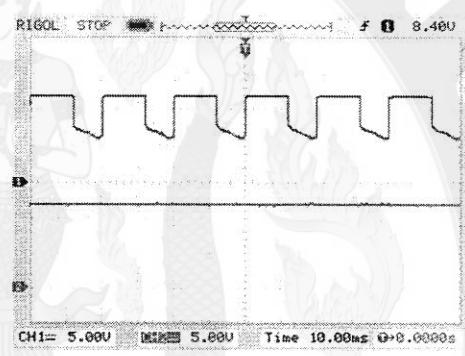
(c)



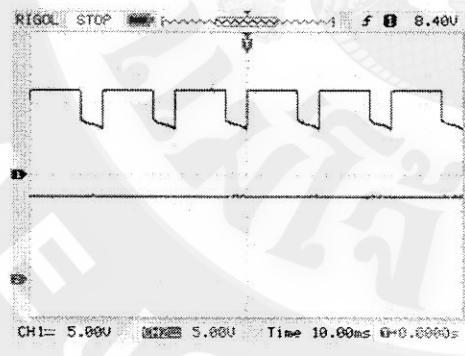
(d)



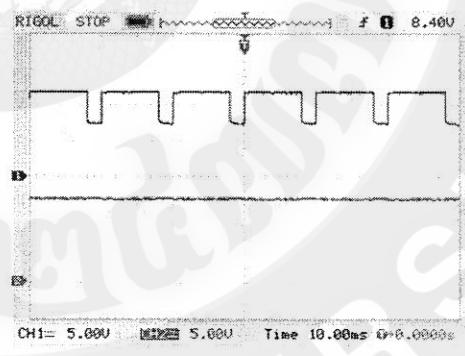
(e)



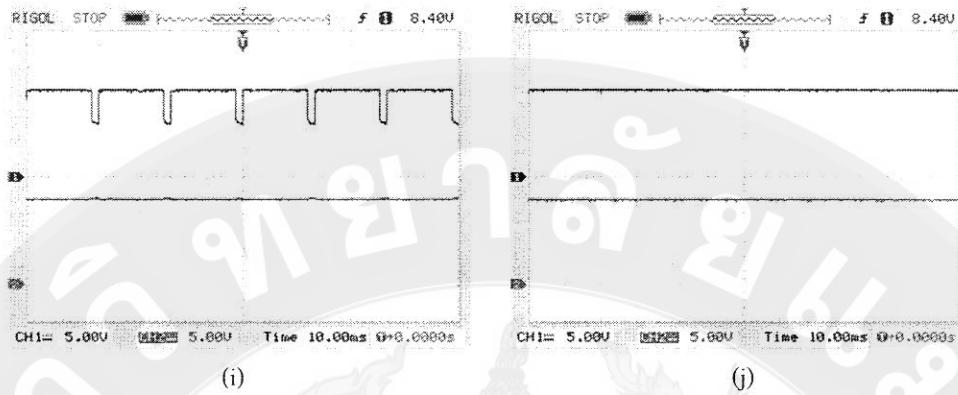
(f)



(g)



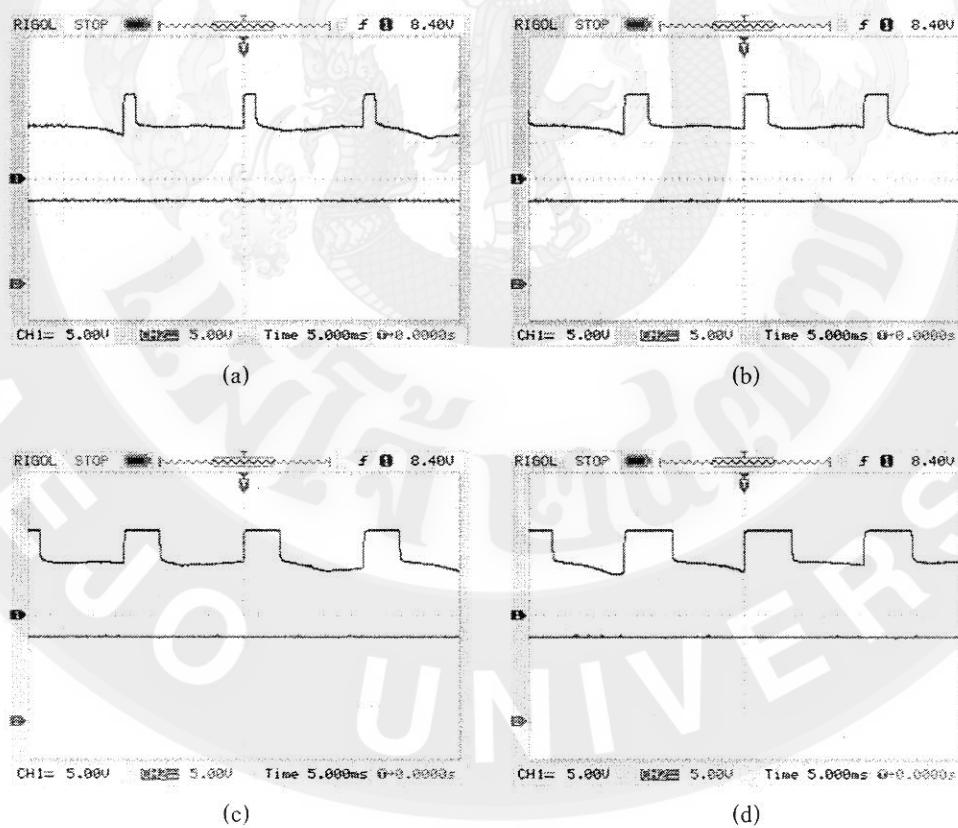
(h)

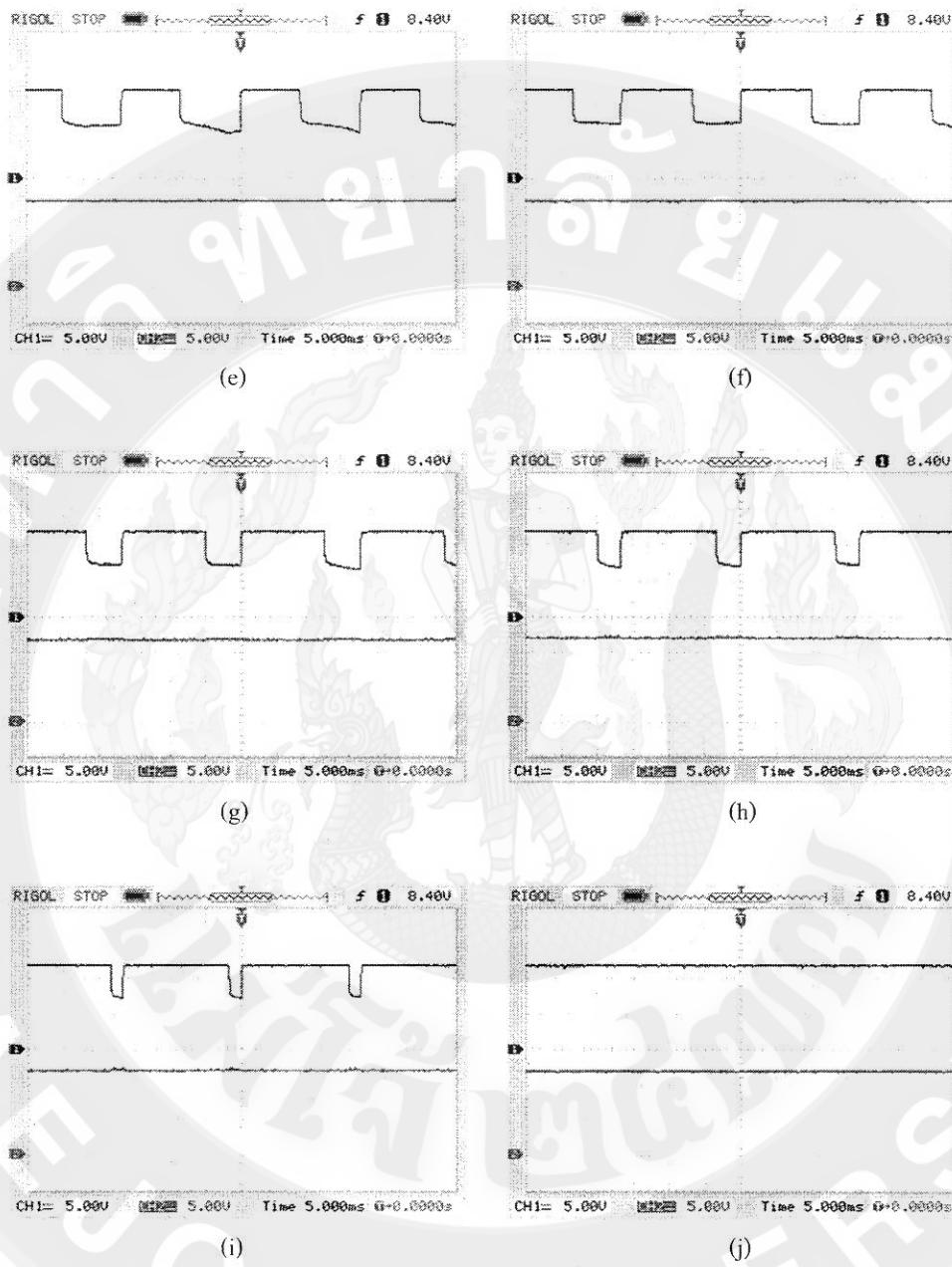


รูปที่ 32 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 50 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%

(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

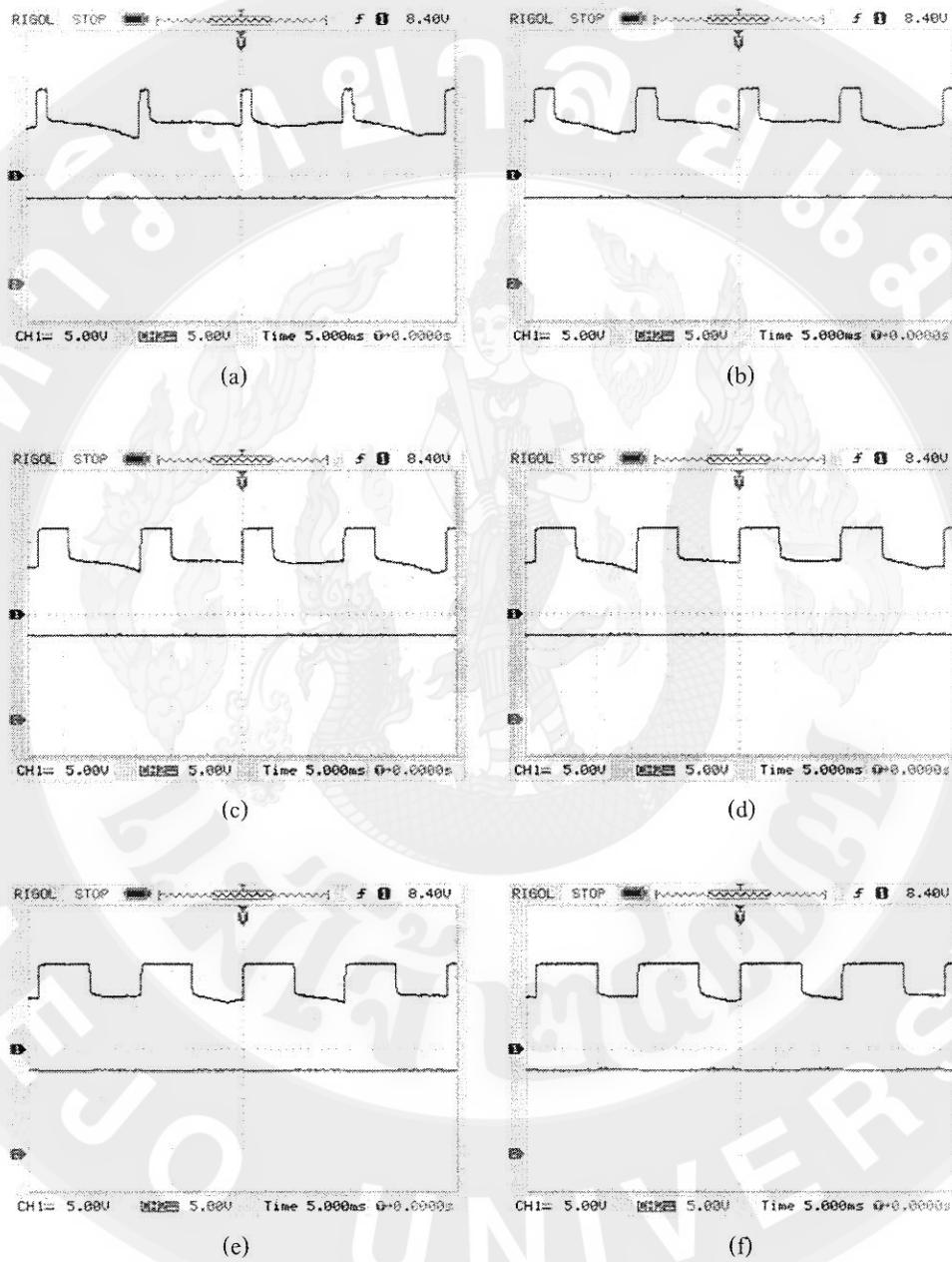
4. ที่ความถี่ 60 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ตังแสดงในรูปที่ 33

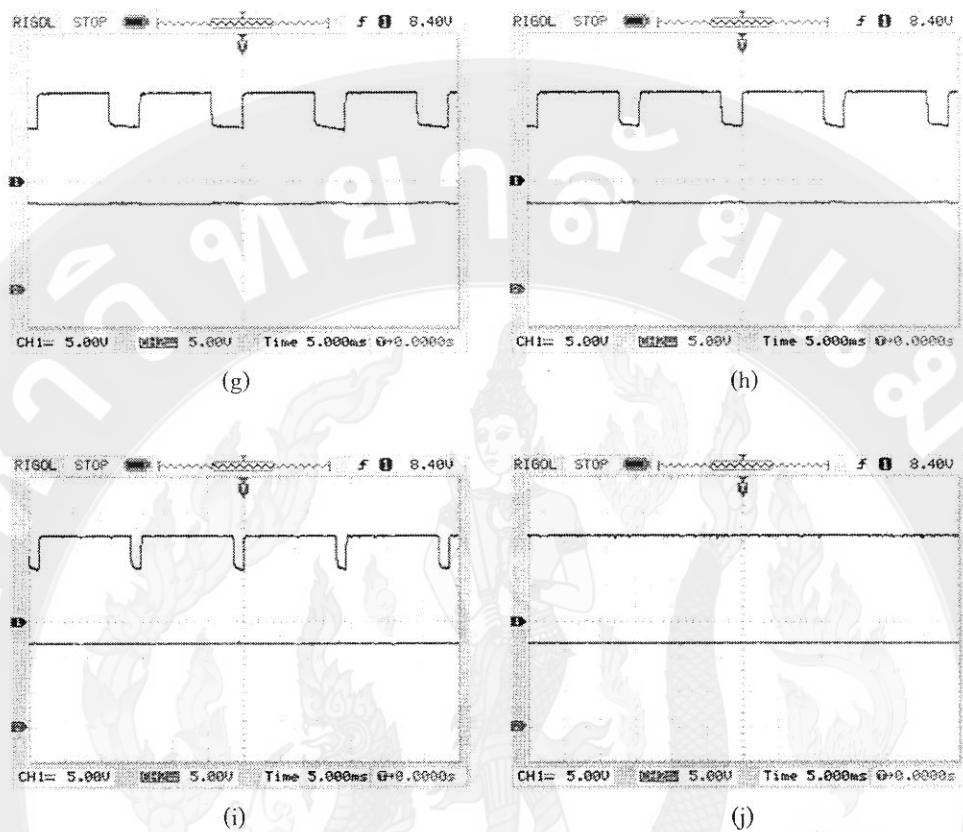




รูปที่ 33 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 60 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%
(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

5. ที่ความถี่ 70 Hz ปรับค่าดิจิต์ให้เกิดตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 34

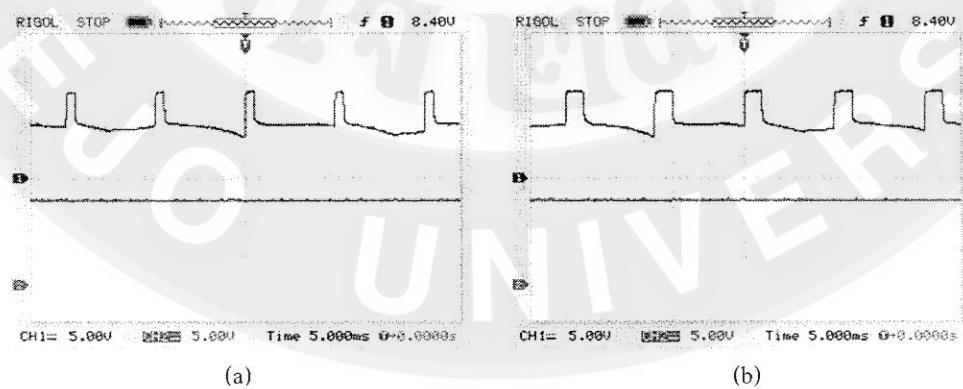


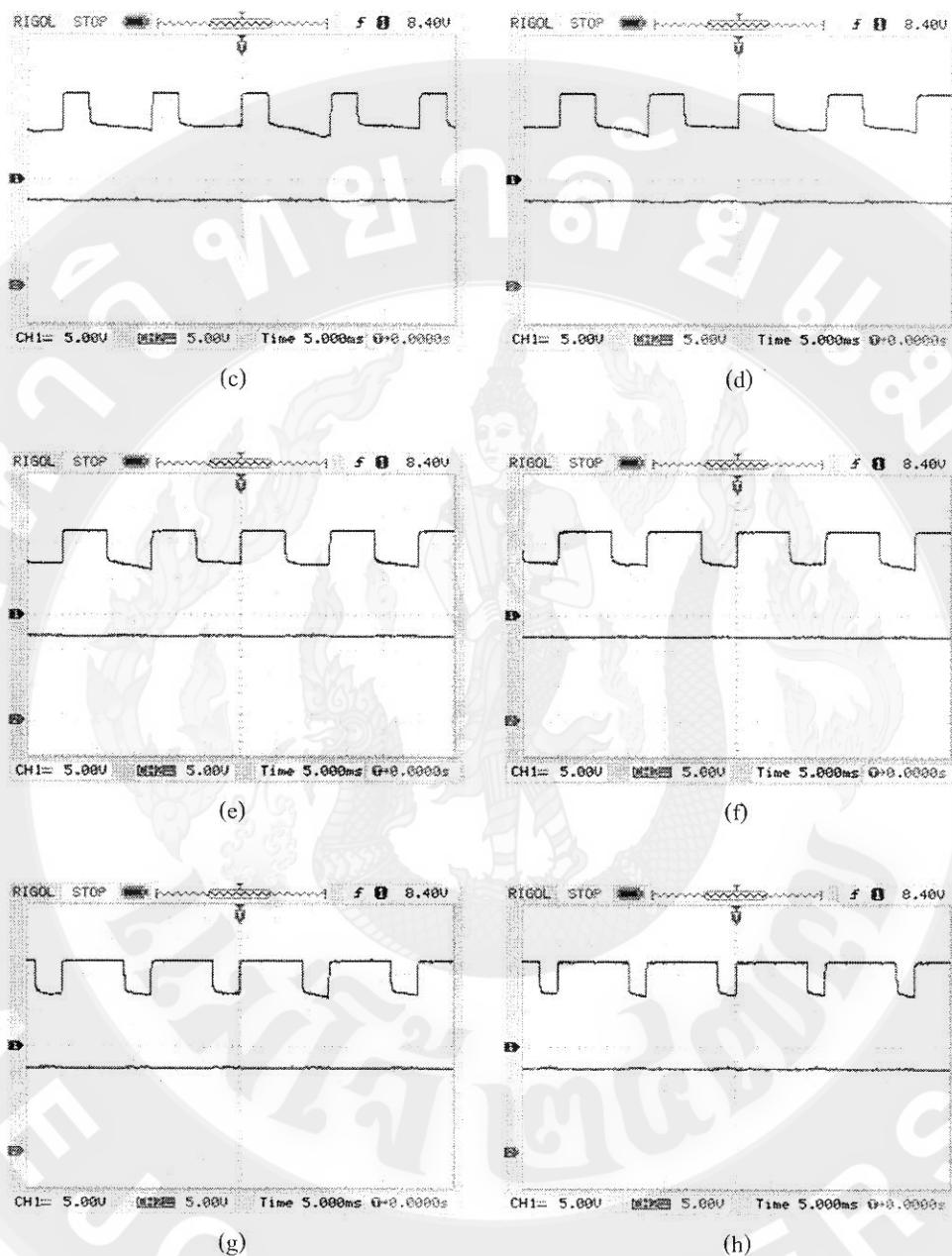


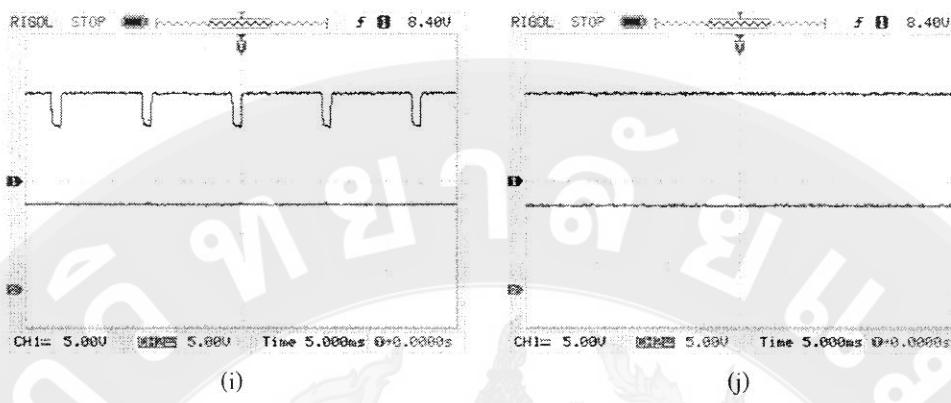
รูปที่ 34 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 70 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%

(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

6. ที่ความถี่ 80 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 35

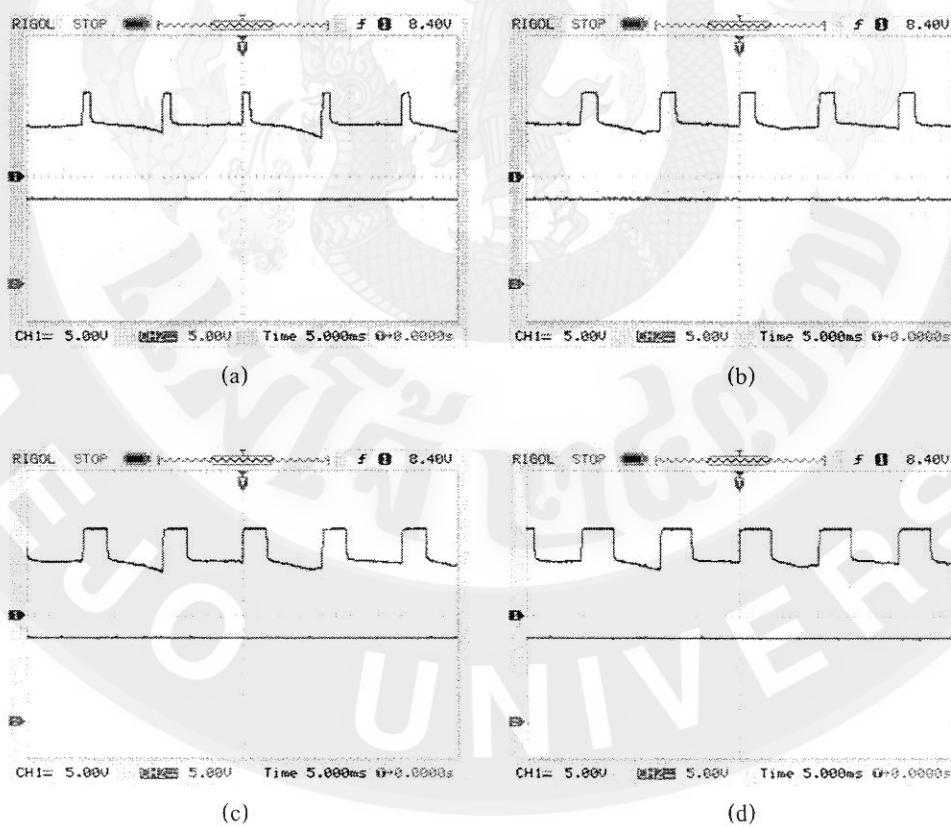


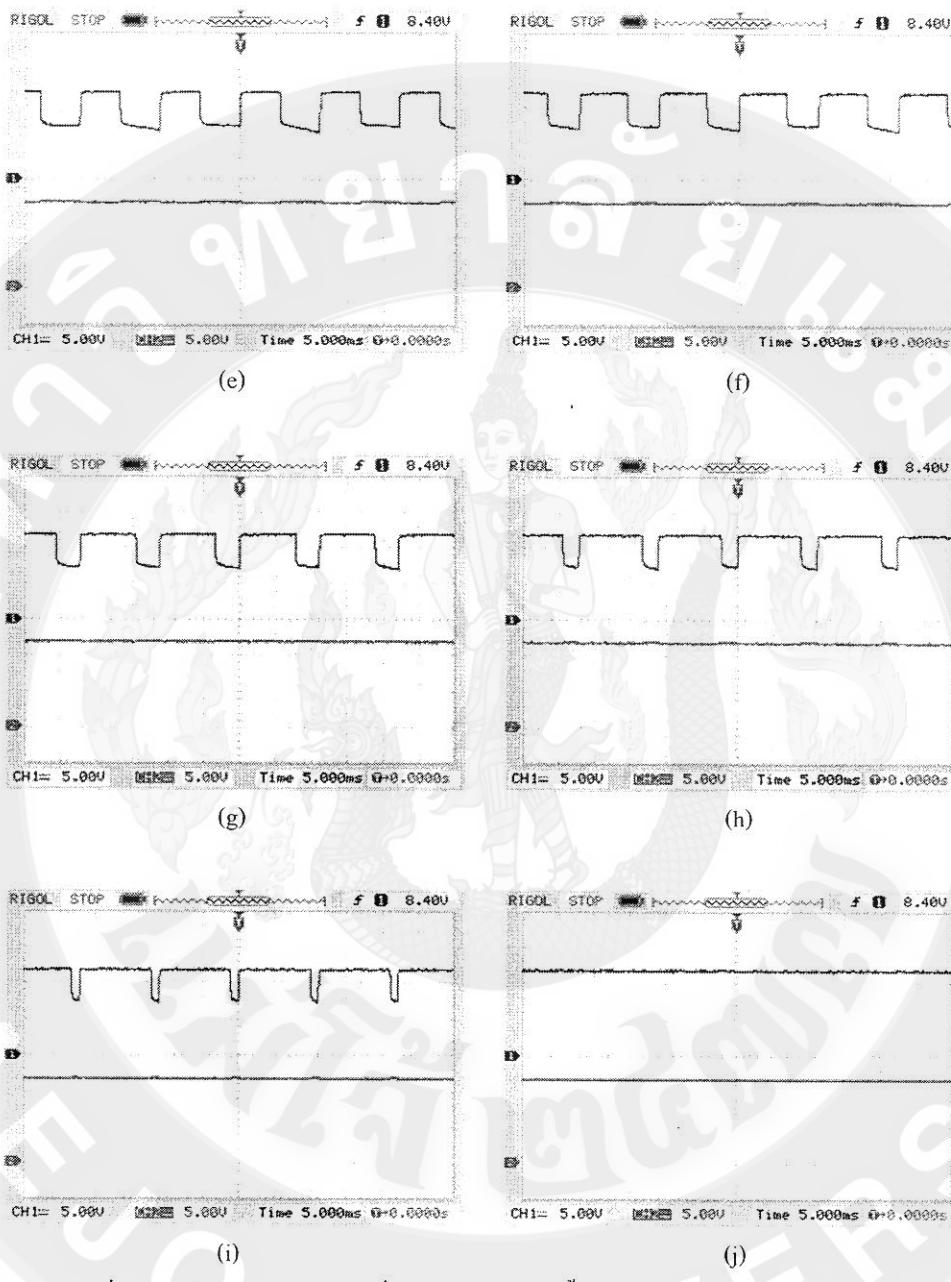




รูปที่ 35 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 80 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%
(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

7. ที่ความถี่ 90 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 36

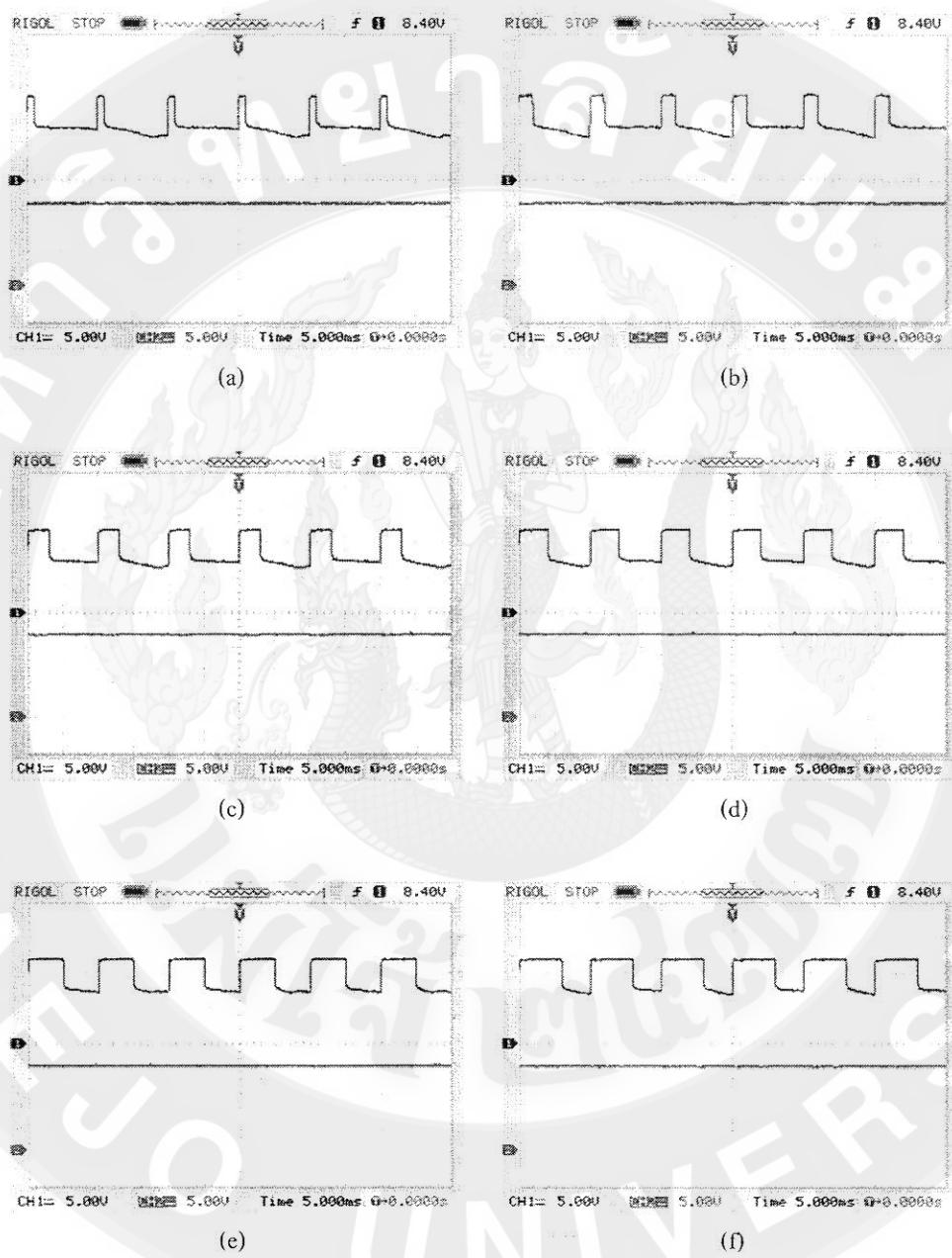


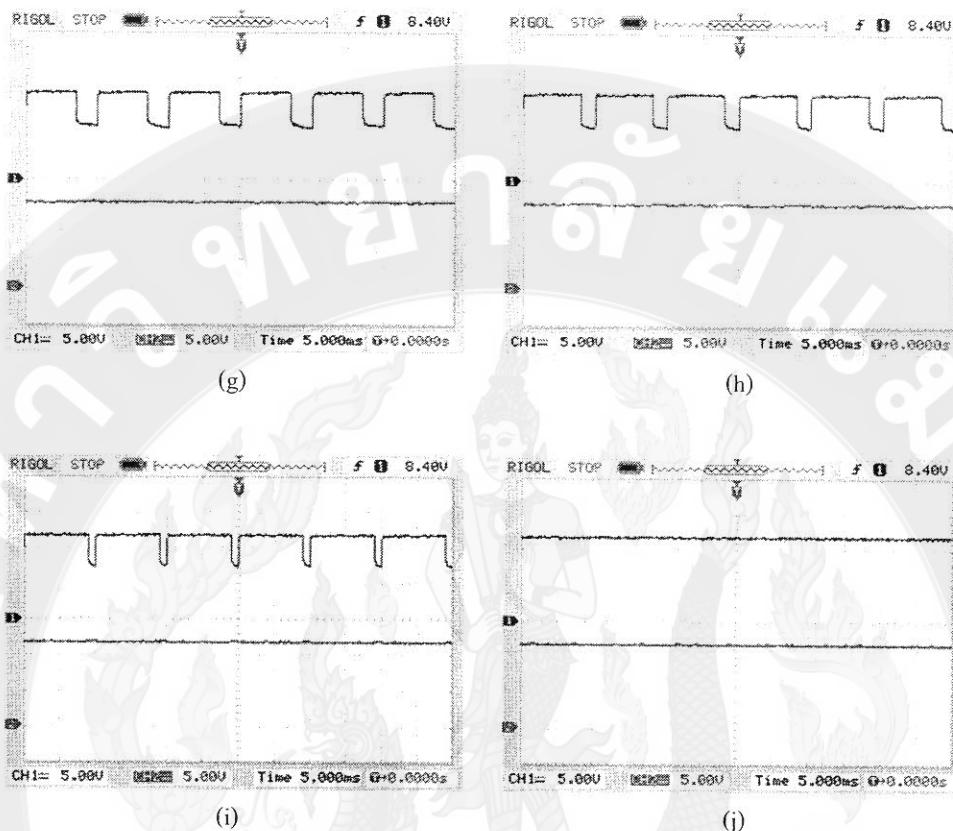


รูปที่ 36 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 90 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซคลิค (a) 10% (b) 20% (c) 30%

(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

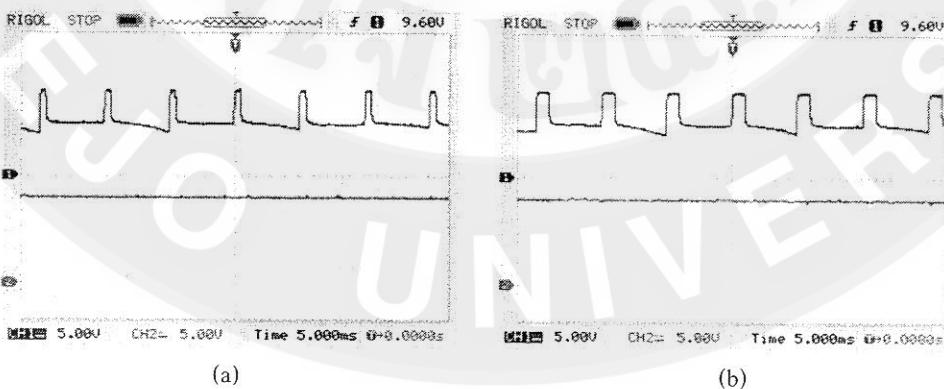
8. ที่ความถี่ 100 Hz ปรับกำคิดวัดใช้เกลิดังต่อ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 37

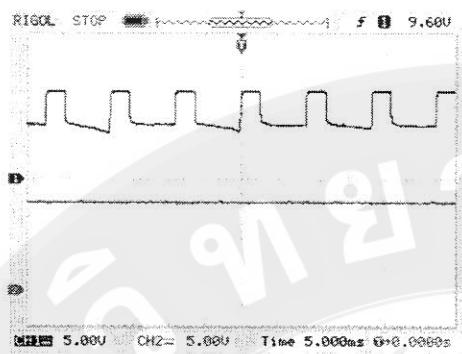




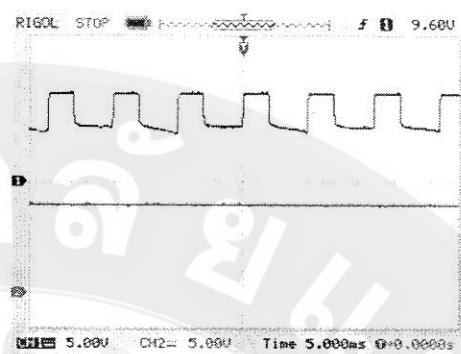
รูปที่ 37 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 100 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%
(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

9. ที่ความถี่ 110 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 38

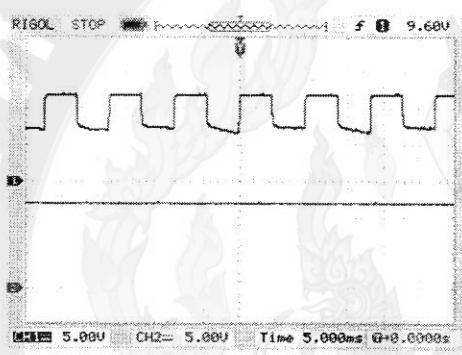




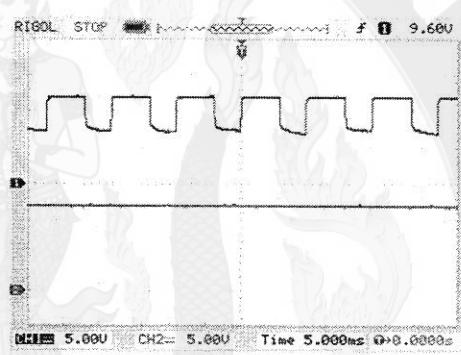
(c)



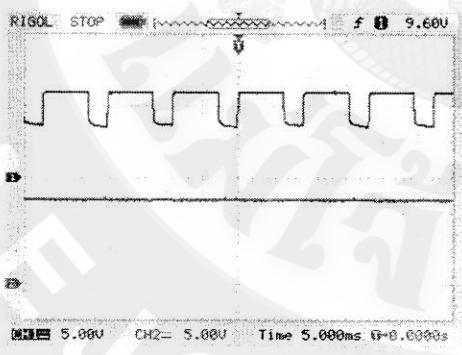
(d)



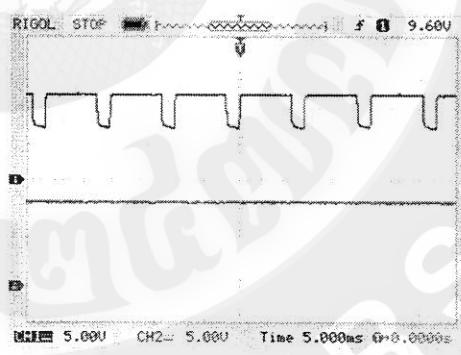
(e)



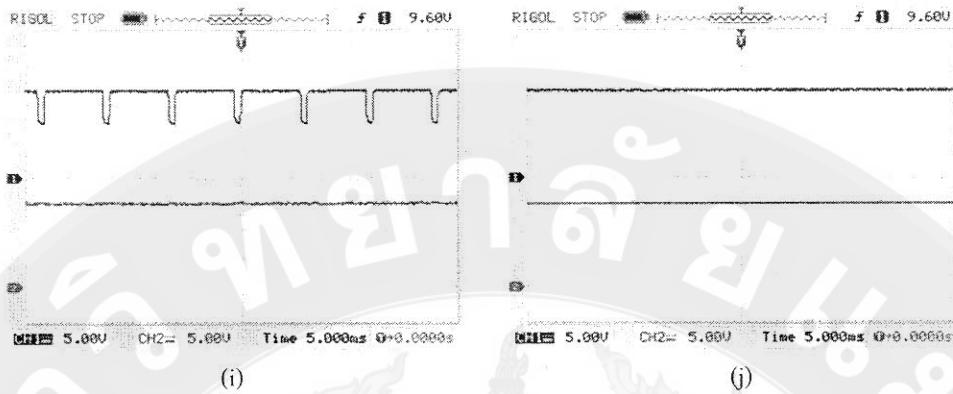
(f)



(g)



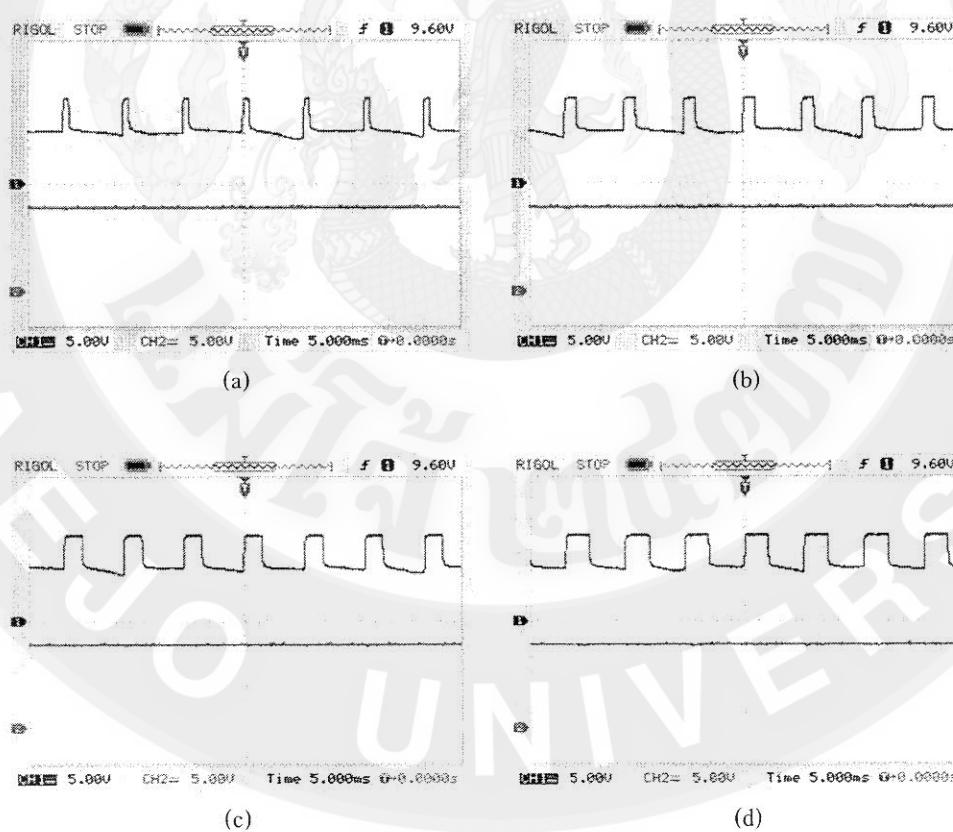
(h)

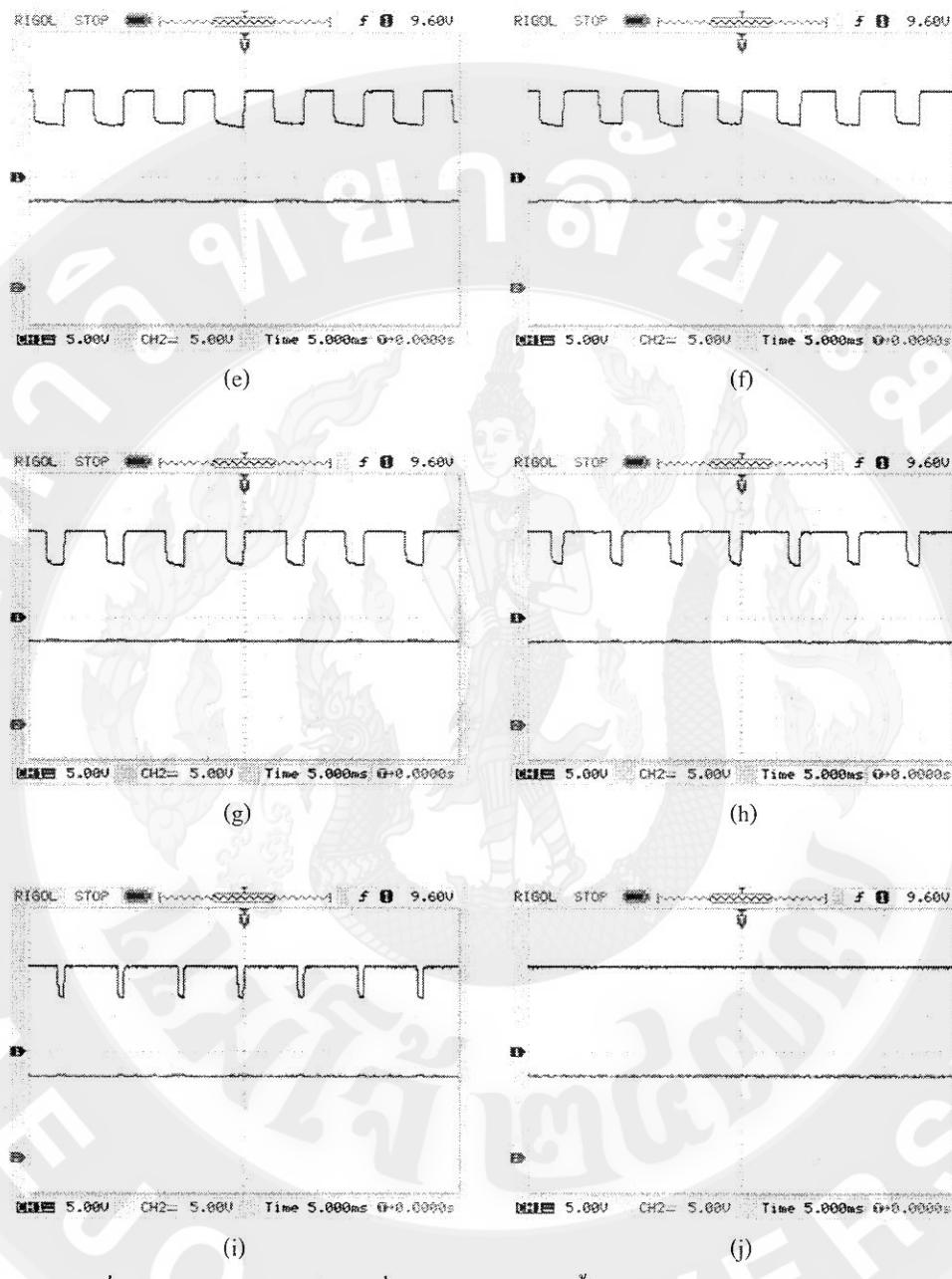


รูปที่ 38 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 110 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%

(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

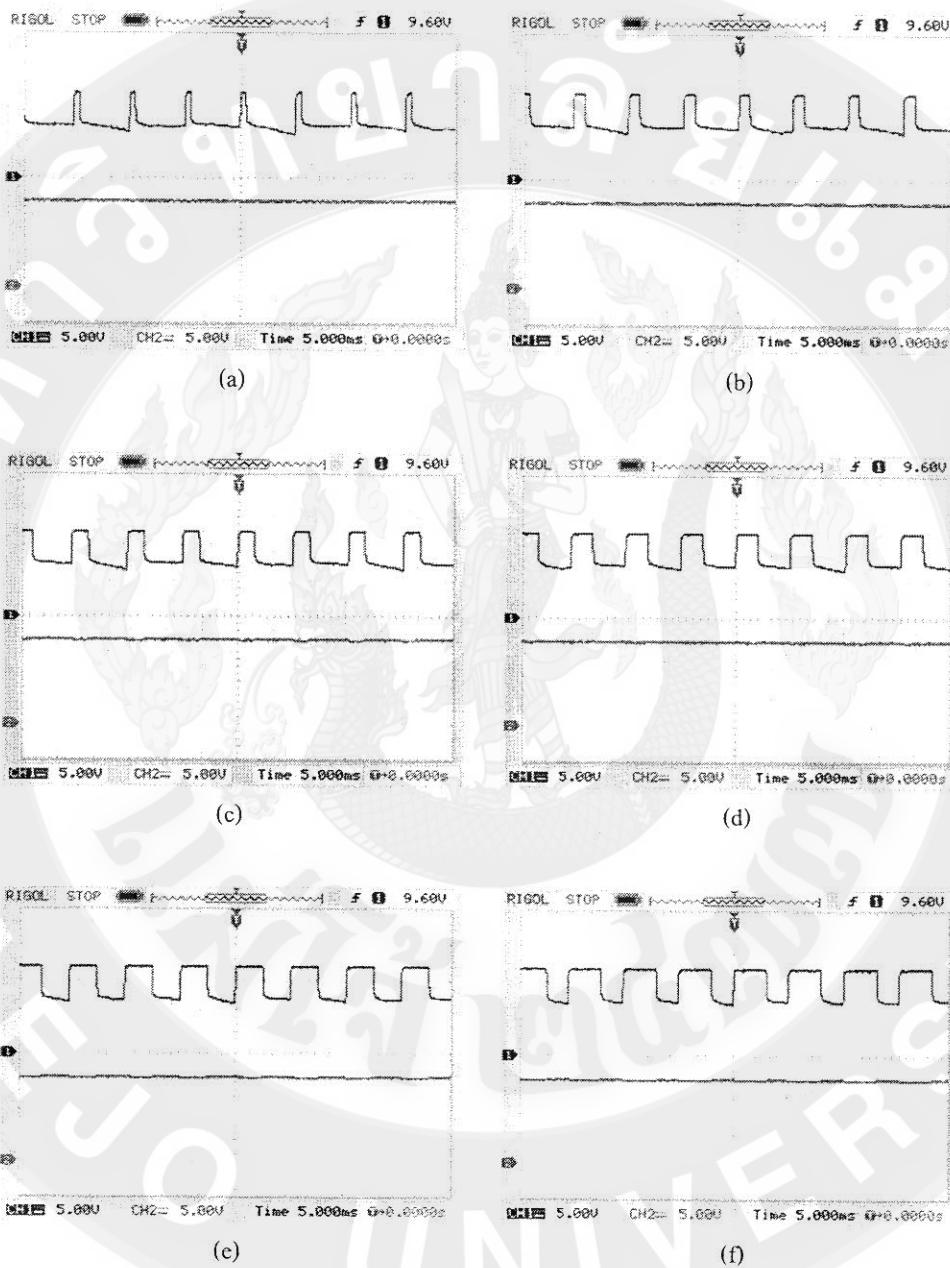
10. ที่ความถี่ 120 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 39

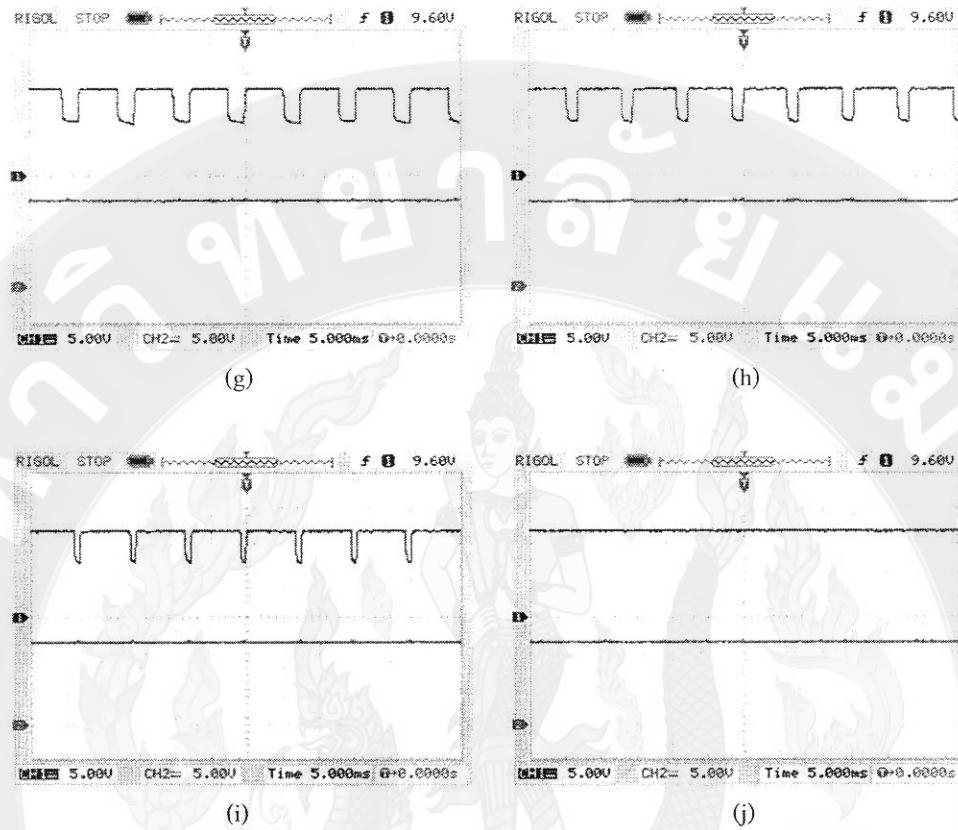




รูปที่ 39 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 120 Hz ปรับค่าดิจิต์ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%
(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

11. ที่ความถี่ 130 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 40

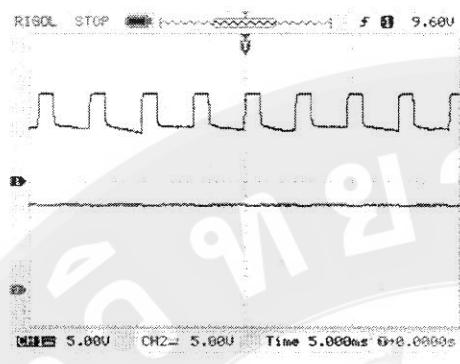




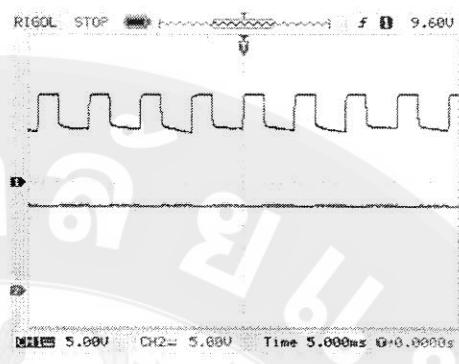
รูปที่ 40 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 130 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิล (a) 10% (b) 20% (c) 30%
(d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

12. ที่ความถี่ 140 Hz ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 10-99.99% ดังแสดงในรูปที่ 41

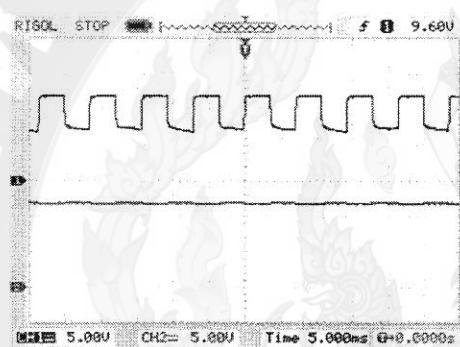




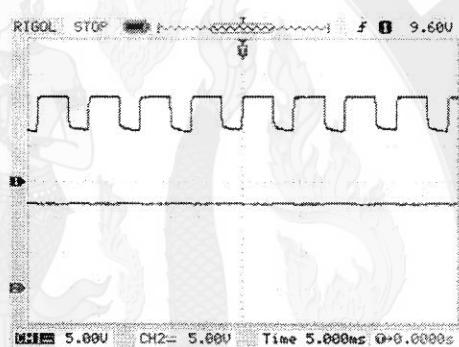
(c)



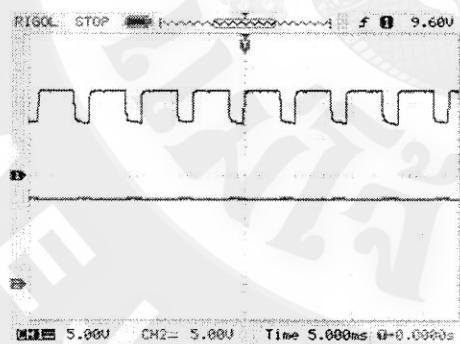
(d)



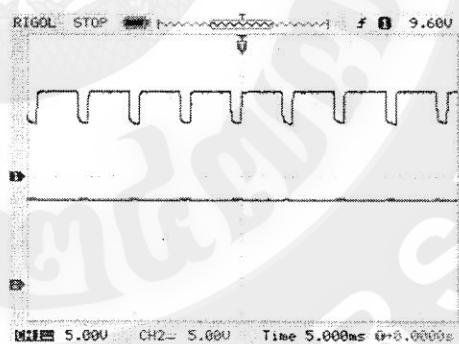
(e)



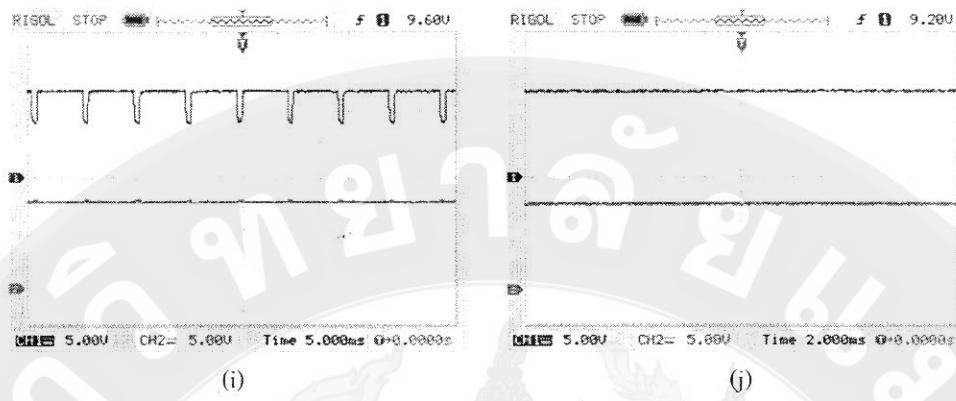
(f)



(g)



(h)



รูปที่ 41 จ่ายสัญญาณพัลส์ความถี่ 140 Hz ปรับค่าดิจิตาล (a) 10% (b) 20% (c) 30%
 (d) 40% (e) 50% (f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90% และ (j) 99.99%

การทดลองที่ความถี่ต่างๆ 12 ครั้ง แต่ละครั้งปรับค่าดิวตี้ไซเกล 10 ครั้ง กราฟสัญญาณที่แสดง คือ กราฟสัญญาณของความต่างศักย์ของไฟฟ้าที่ตอกคร่อมหลอดแอลอีดี 2 หลอด โดยกราฟเส้นบนเป็นหลอดที่ 2 จะเห็นว่าสัญญาณเป็นรูปพัลส์ที่มีความกว้างของพัลส์เป็นไปตามค่าดิวตี้ไซเกลที่ทำการทดลอง หากค่าดิวตี้ไซเกลน้อยความกว้างของสัญญาณพัลส์ก็จะน้อย และถ้าค่าดิวตี้ไซเกลมากความกว้างของสัญญาณพัลส์ก็จะกว้างเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ กราฟเส้นล่างเป็นกราฟของความต่างศักย์ที่จ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดแอลอีดีหลอดที่ 1 แบบต่อ串 จะเห็นว่ากราฟเป็นเส้นตรงตลอดที่ 12 Vdc

กราฟเส้นบนและเส้นล่างที่ความถี่ต่างๆ ในการทดสอบที่ค่าดิวตี้ไซเคิล 99.99% กราฟเหลือเป็นเส้นตรง หมายถึง หากค่าดิวตี้ไซเคิลมาก กราฟเหลลงจ่ายไฟฟ้าก็เข้าใกล้การต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบตรง

ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และการพิจารณาความสว่างและการปรับของหลอดเทียนกับหลอดแอลอีดีแบบจ่ายไฟปกติโดยการมองด้วยตาเปล่า สามารถแสดงค่าผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเบลี่ยนค่าดิจิต์ไซเคิลที่ความถี่ต่างๆ

แหล่งจ่าย 12 V	ดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 30 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.06	7.69	8.26	8.84	9.39	9.93	10.46	10.98	11.48	11.90
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.073	0.141	0.211	0.283	0.356	0.428	0.509	0.588	0.671	0.750
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.52	1.08	1.74	2.50	3.34	4.25	5.32	6.46	7.70	8.93
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	-
แหล่งจ่าย 12 V	ดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 40 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.14	7.77	8.36	8.92	9.48	9.99	10.49	10.97	11.44	11.87
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.074	0.146	0.217	0.289	0.361	0.433	0.507	0.584	0.662	0.740
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.53	1.13	1.81	2.58	3.42	4.33	5.32	6.41	7.57	8.78
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	-

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าดิจิต์ไซเคิลที่ความถี่ต่างๆ (ต่อ)

แหล่งจ่าย 12 V	ค่าดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 50 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.16	7.46	8.74	8.89	9.45	10.07	10.50	10.92	11.41	11.84
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.073	0.143	0.213	0.285	0.33	0.428	0.502	0.574	0.658	0.734
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.52	1.07	1.86	2.53	3.12	4.31	5.27	6.27	7.51	8.69
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	กระพริบ	-	-
แหล่งจ่าย 12 V	ค่าดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 60 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.38	7.97	8.51	9.04	9.55	10.03	10.49	10.98	11.43	11.84
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.072	0.143	0.213	0.285	0.357	0.429	0.501	0.582	0.659	0.731
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.53	1.14	1.81	2.58	3.41	4.30	5.26	6.39	7.53	8.66
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	I>2	I>2	I>2	I>2	I>2	I>2	=	=	=	=

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลที่ความถี่ต่างๆ (ต่อ)

แหล่งจ่าย 12 V	ดิวตี้ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 70 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.44	8.02	8.55	9.07	9.57	10.05	10.52	10.97	11.42	11.84
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.072	0.143	0.214	0.286	0.358	0.430	0.505	0.579	0.654	0.732
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.54	1.15	1.83	2.59	3.43	4.32	5.31	6.35	7.47	8.67
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	1>2	1>2	1>2	1>2	1>2	=	=	=	=	=
แหล่งจ่าย 12 V	ดิวตี้ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 80 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.50	8.06	8.59	9.10	9.59	10.06	10.52	10.97	11.40	11.82
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.071	0.143	0.215	0.286	0.359	0.430	0.504	0.578	0.651	0.725
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.53	1.15	1.85	2.60	3.44	4.33	5.30	6.34	7.42	8.57
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	1>2	1>2	1>2	1>2	=	=	=	=	=	=

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าดิจิต์ไซเคิลที่ความถี่ต่างๆ (ต่อ)

แหล่งจ่าย 12 V	ดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 90 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.56	8.11	8.63	9.12	9.60	10.07	10.52	10.96	11.40	11.81
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.071	0.144	0.214	0.286	0.358	0.429	0.501	0.573	0.648	0.724
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.54	1.17	1.85	2.61	3.44	4.32	5.27	6.28	7.39	8.55
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	I>2	I>2	I>2	=	=	=	=	=	=	=
แหล่งจ่าย 12 V	ดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 100 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.61	8.19	8.61	9.15	9.62	10.06	10.52	10.96	11.40	11.80
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.071	0.142	0.212	0.284	0.356	0.427	0.500	0.571	0.648	0.724
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.54	1.16	1.83	2.60	3.42	4.30	5.26	6.26	7.39	8.54
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	I>2	I>2	I>2	=	=	=	=	=	=	=

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลที่ความถี่ต่างๆ (ต่อ)

แหล่งจ่าย 12 V	ดิวตี้ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 110 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.63	8.18	8.69	9.18	9.66	10.13	10.59	11.04	11.46	11.83
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.072	0.144	0.216	0.288	0.363	0.437	0.513	0.589	0.660	0.732
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.55	1.18	1.88	2.64	3.51	4.43	5.43	6.50	7.56	8.66
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	>2	>2	>2	=	=	=	=	=	=	=
แหล่งจ่าย 12 V	ดิวตี้ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 120 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.65	8.19	8.69	9.17	9.65	10.11	10.57	11.01	11.43	11.84
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.073	0.143	0.216	0.288	0.361	0.435	0.510	0.584	0.657	0.736
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.56	1.17	1.88	2.64	3.48	4.40	5.39	6.43	7.51	8.71
ความสว่างเทียบกับหลอด 12 V	>2	>2	>2	>2	=	=	=	=	=	=

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าดิจิต์ไซเคิลที่ความถี่ต่างๆ (ต่อ)

แหล่งจ่าย 12 V	ค่าดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 130 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.69	8.22	8.71	9.19	9.65	10.11	10.56	11.00	11.43	11.74
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.073	0.145	0.216	0.288	0.361	0.433	0.508	0.582	0.657	0.736
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.56	1.19	1.88	2.65	3.48	4.38	5.36	6.40	7.51	8.64
ความสว่างที่ยึนกับหลอด 12 V	>2	>2	>2	>2	=	=	=	=	=	=
แหล่งจ่าย 12 V	ค่าดิจิต์ไซเคิล (%) ที่ความถี่ 140 Hz									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99.99
แรงดันไฟฟ้าที่หลอด (V)	7.71	8.23	8.73	9.21	9.67	10.12	10.56	10.99	11.43	11.81
กระแสไฟฟ้าที่หลอด (A)	0.073	0.143	0.217	0.289	0.361	0.434	0.577	0.582	0.658	0.732
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (W)	0.56	1.18	1.89	2.66	3.49	4.39	6.09	6.40	7.52	8.64
ความสว่างที่ยึนกับหลอด 12 V	>2	>2	>2	>2	=	=	=	=	=	=

การวิเคราะห์ด้านการประหยัดพลังงาน

การวิเคราะห์ด้านการประหยัดพลังงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคุ้มค่าของโครงการ จากการทดลองการประหยัดพลังงานของแหล่งไฟฟ้าที่ต้องเปลี่ยนแปลงจาก 12 V แบบพลัสดี ให้เป็น 6 W ที่ความถี่ 30-140 Hz ตามลำดับ ด้วยตัวชี้วัดค่าใช้คิด 10-99.99%

ตารางที่ 3 การใช้พลังงานแบบต่อเนื่องเปรียบเทียบกับแบบความถี่พลัสดี

หลอดไฟ 6 W		
	แบบต่อเนื่อง	แบบพลัสดี
กระแสไฟฟ้า (A)	0.43	0.288
แรงดันไฟฟ้า (V)	12	24
กำลังไฟฟ้า (W)	5.16	3.01
ประหยัด (%)	-	41.67

หมายเหตุ: พลังงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ที่ 24 Vdc ร้อยละ 20% และ 7.07, 7.17 Vdc ร้อยละ 80%

สมมติทำการเปลี่ยนระบบการจ่ายไฟแบบความถี่พลัสดีให้แก่หลอดแหล่งที่จำนวน 100 หลอด กำหนดช่วงเวลาในการทำงาน 6 hr/s ทำงาน 365 d/y ต่ำไฟฟ้า 3.62 Baht/kWh (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2559)

$$\begin{aligned}
 \text{ไฟที่ประหยัดได้} &= 5.16 - 3.01 \\
 &= 2.15 \quad \text{W/หลอด} \\
 \text{หลอดแหล่งที่จำนวน 100 หลอด} &= 2.15 [\text{W}/\text{หลอด}] \times 100 [\text{หลอด}] \\
 &= 215 \quad \text{W} \\
 \text{คิดเป็นชั่วโมงการทำงาน} &= 215 [\text{W}] \times 6 [\text{hr/d}] \times 365 [\text{d/y}] \\
 &= 470.85 \quad \text{kWh/y} \\
 \text{คิดเป็นเงิน} &= 470.85 [\text{kWh/y}] \times 3.62 [\text{Baht/kWh}] \\
 &= 1,704.48 \quad \text{Baht/y}
 \end{aligned}$$

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองหาความถี่ที่เหมาะสมสำหรับหลอดแอลอีดี โดยใช้หลอดแอลอีดีเพื่อเปรียบเทียบความสว่างและการไม่กระพริบของหลอดแอลอีดีที่じゃ้งความถี่สัมภูณ์พัลส์เบรย์เทียนกับหลอดแอลอีดีที่じゃ้งไฟแบบปกติถ่ายสายตาของมนุษย์ที่แสดงค่าดังตารางที่ 2 พบว่า

ที่ความถี่ 30-50 Hz ค่าดิวตี้ไซเคิล 10-80% ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เนื่องจากหลอดแอลอีดีในการทดลองเกิดการกระพริบถือว่าหิ้งเห็นได้ชัด เมื่อปรับค่าดิวตี้ไซเคิล 90-99.99% เปรียบเสมือนการจ่ายไฟแก่หลอดแอลอีดีปกติ หลอดจึงไม่เกิดการกระพริบ ซึ่งไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการทดลองนี้

ที่ความถี่ 60 Hz ค่าดิวตี้ไซเคิล 70% หลอดแอลอีดีที่ใช้ในการทดลองหยุดกระพริบ ดวงตามองเห็นคล้ายหลอดปกติ แต่ความสว่างยังน้อยกว่าหลอดแอลอีดีปกติ ทำการทดลองต่อเพื่อหาความถี่และค่าดิวตี้ไซเคิลที่เหมาะสม โดยที่ความถี่ 70 80 และ 90 Hz ค่าดิวตี้ไซเคิล 60% 50% และ 40% ตามลำดับ ทำให้หลอดแอลอีดีที่ใช้ในการทดลองหยุดกระพริบ ดวงตามองเห็นคล้ายหลอดปกติ แต่ความสว่างยังน้อยกว่าหลอดแอลอีดีปกติ จึงได้ทำการทดลองต่อเนื่องจากค่าดิวตี้ไซเคิลยังไม่แน่นอน

ที่ความถี่ 100 Hz ค่าดิวตี้ไซเคิล 40% หลอดแอลอีดีที่ใช้ในการทดลองหยุดกระพริบ เมื่อว่าความสว่างจะน้อยกว่าหลอดแอลอีดีปกติ แต่ก็เพียงพอต่อการใช้งาน และเมื่อทำการทดลองเพิ่มความถี่ 110-140 Hz หลอดแอลอีดีก็หยุดกระพริบที่ค่าดิวตี้ไซเคิล 40% เช่นกัน ดังนั้น ค่าดิวตี้ไซเคิลที่เหมาะสม คือ 40% ที่ความถี่ 100 Hz เนื่องจากหากทำการเพิ่มความถี่ขึ้นเรื่อยๆ ก็จะทำให้เกิดการสั่นเปลือยพลังงานมากขึ้น แต่ความสว่างที่ได้จะยังเท่าเดิม

สรุปผลการวิจัย

ความถี่ที่เหมาะสมสำหรับหลอดแอลอีดี กือ 100 Hz ค่าความต้านทาน 40% ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้หลอดแอลอีดีที่ใช้ในการทดลองหุ่นกระพิรินเมื่อนองด้วยความต้านทานบุญย์ แม้จะส่องสว่างจะสว่างน้อยกว่าหลอดแอลอีดีแบบปกติเล็กน้อย แต่ก็เพียงพอต่อการใช้งาน เมื่อทำการเพิ่มความถี่ขึ้นเรื่อยๆ ก็จะทำให้เกิดการสั่นเปลือยพลังงานมากขึ้น แต่ความสว่างที่ได้จะยังเท่าเดิม

การวิเคราะห์ด้านการประหยัดพลังงาน สามารถประหยัดพลังงานได้ 470.85 kWh/y คิดเป็นเงิน 1,704.48 Baht/y ต่อจำนวนหลอดแอลอีดี 100 หลอด

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2556. Energy in Thailand Facts & Figures.

กระทรวงพลังงาน.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2559). อัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://www2.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html> (3 มิถุนายน 2559).

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า. 2551. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.savemotor.com>. (3 พฤษภาคม

2559).

บรัส บุณยธรรม. ไดโอด. พิสิกส์รัชมกูล. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล.

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/how>

stuffwork/led/thaiLED.htm (3 พฤษภาคม 2559).

ชนิดของหลอด LED. ม.ป.ป. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html> (9 มิถุนายน 2559).

ทฤษฎีการมองเห็นภาพติดตา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://filmv.wordpress.com> (9 มิถุนายน

2559).

เบญจารรณ เลิศวิจิตรรัช. 2554. หลอดไฟแอลอีดี. จดหมายข่าว กลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์

พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีที่ 12 ฉบับที่ 1.

พงศ์ธนวัช ชีพพินลชัย และ อโน โซตินมี. ม.ป.ป. สวิตชิ่งเพาเวอร์ชัพพลายเบื้องต้น. [ระบบ

ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator.html (3 พฤษภาคม 2559).

พลังวัชร์ แพ็งธีระสุขนัย. 2554. กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พิพยา ปานนิล อาภาพร สายธิไชยไสว พงศ์สวัสดิ์ และประภาย อุคคกิมานพันธุ์. 2550. เทคนิคการ

สร้างสัญญาณ PWM แบบดิจิตอลด้วย FPGA. วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 34 ฉบับที่

3 (333 - 341).

มนตรี ศิริปรัชญาณนันท์ และปราโมทย์ วงศ์เจียน. 2544. การกำหนดผลสัญญาณอนุพันธ์ PWM ที่มี

ความถี่คงที่โดยใช้วงจรสมิตรทริกเกอร์แบบใหม่. การประชุมวิชาการทาง

วิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 24 สถาบันเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุพราช ประไนล์ และอภิชาติ อุ่มรัมย์. 2554. โคมไฟอัตโนมัติหลอด LED. ปริญญาบัณฑิต ภาควิชา

วิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ລືລາວຕີ ກາງຍໍ ແລະ ທ້າພຣ ພ່ວງຍຶ່ງ. 2551. ກາຮຄວນຄຸມກາຮຜສນສຶກຂອງຫລວດໄດ້ໂດດເປັ່ນແສງກຳສັ່ງ
ສູງ. ປະໂຫຍວຸນນິພනຂໍກາວົວວິສາກຮຽນໄຟຟ້າ ຄະະວິສາກຮຽນສາສຕ່ຽນທາວິທຍາລັບ
ນູ້ຮາ

2558. ระบบป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินสำหรับกังหันน้ำผลิตไฟฟ้านำเดลีมาก
ด้วยวิธีถ่าย荷ลดอตตอนมัตติ. ชลบุรี. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่ง^๑
ประเทศไทย ครั้งที่ 11.

หนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ ม.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. ทราบชีสเตอร์ (Transistor). [ร ะ บ บ อ օ ն ໄ լ ն ់]. ॥ អ ត ់ ង ព ិ ម ា <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/287/1/pic4/electronic/transistor.html> (27 និត្យាយន 2559).

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนบอร์ด IPST-MicroBOX (ทราบชิสเตอร์). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://ipstbox.programming.in.th/microbox/1_2_3_4.html. (27 มิถุนายน 2559).

Generator. 2552. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dockyard.navy.mi.th/doc2/kpd_1/web/A1. (3 พฤษภาคม 2559).

Huang B.J., M.S. Wu, P.C. Hsu, J.W. Chen, K.Y. Chen. 2010. **Development of high-performance solar LED lighting system.** Energy Conversion and Management, Volume 51, Issue 8, August 2010, Pages 1669-1675.

Jin-Ho Ahn. 2013. **Implementation of an LED tile controller for high-quality image display.**
Displays, Volume 34, Issue 1, January 2013, Pages 17-26.

Ondrej Krejcar and Robert Frischer. 2013. Smart intelligent control of current source for high power LED diodes. Microelectronics Journal, Volume 44, Issue 4, April 2013, Pages 307-314.

Optocoupler. ม.ป.ป. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://brushlessservocontrolr-ccar.blogspot.com/2013/08/op_tocouplers.html. (2 มิถุนายน 2559).

RS. no date A. Fairchild Semiconductor 4N33M IR Phototransistor, Through Hole 6-Pin

PDIP package. [Online]. Available http://th.rsonline.com/web/p/photo_transistors/7390262/ (21 June 2016).

_____. no date C. STMicroelectronics L7812CV, Single Linear Voltage Regulator, 1.5A 9

V, 2%, 3-Pin TO-220. [Online]. Available <http://ictech.edu.vn/news/cung-cap-linh-kien-dien-tu.html> (21 June 2016).