

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบใช้หม้อแปลงออโต้  
Single Phase Voltage Sags Generator Using Autotransformer



โดย

นายทศพร เงินวง  
นายพงษ์สิน เก้าเอียน  
นายสุรนาท บัสนาลังค์  
นายอนุทัศน์ บูทอง



อาจารย์ที่ปรึกษา  
รศ.ดร. วิริยะ พิเชฐจำเริญ  
ดร.สมภพ ผลไม้

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **61868**  
วัน,เดือน,ปี **24 ก.ค. 2549**

b. ....  
i. ....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบใช้หม้อแปลงออโต้  
Single Phase Voltage Sags Generator Using Autotransformer

ผู้จัดทำ

|                |            |          |      |
|----------------|------------|----------|------|
| 1. นายทศพร     | เงินยวง    | 45015099 | 3W/1 |
| 2. นายพงษ์สิน  | เก้าเอียน  | 45015113 | 3W/1 |
| 3. นายสุรนาท   | บัลนาลังก์ | 45015127 | 3W/1 |
| 4. นายอนุทัสน์ | ปูทอง      | 45015130 | 3W/1 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบใช้หม้อแปลงอโต้

นายทศพร เงินขาว 45015099  
นายพงษ์สิน เก้าเอี้ยน 45015113  
นายสุรนาท บัลนาลิ่งก์ 45015127  
นายอนุทัศนีย์ ปูทอง 45015130  
รศ.ดร. วิริยะ พิเชฐจำริญอาจารย์ที่ปรึกษา  
ดร.สมภพ ผลไม้้ออาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2547

### บทคัดย่อ

แรงดันไฟฟ้าตก เป็นการรบกวนที่เกิดจากระบบไฟฟ้าซึ่งมักจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ทำงานผิดพลาด ระบบการควบคุมทำงานไม่ตรงตามเป้าหมายที่ได้กำหนด ส่งผลให้มีผลกระทบต่อการค้าดำเนินงานทางด้านอุตสาหกรรมหรือในการผลิตในโรงงานหุคขะงักก่อให้เกิดความสูญเสีย ดังนั้นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารกึ่งตัวนำ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่อ่อนไหวต่อแรงดันไฟฟ้าตก จึงจำเป็นที่จะต้องมีความสามารถทนแรงดันไฟฟ้าตกได้ในขนาดและเวลาที่เหมาะสม มาตรฐาน SEMI F47 – 0200 ได้กำหนดถึงความทนทานแรงดันไฟฟ้าตกสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ใน โรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้เช่นกัน การทดสอบความสามารถทนแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ สำหรับอุปกรณ์เหล่านี้มีความสำคัญทั้งในขั้นตอนการจัดซื้ออุปกรณ์หรือทดสอบหาอุปกรณ์ที่มีปัญหาในระบบ เพื่อหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสมและประหยัดได้อย่างถูกต้อง

โครงการนี้นำเสนอเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะขึ้น เพื่อใช้ทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะที่นำเสนอมี ส่วนประกอบที่สำคัญคือ หม้อแปลงอโต้และสวิตช์ ไอจีบีที (IGBT) และมีความสามารถในการปรับระดับแรงดัน ได้อย่างต่อเนื่อง, สามารถปรับมุมและระยะเวลาในการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกได้

การสร้างแรงดันไฟฟ้าตกจากเครื่องต้นแบบในกรณีต่าง ๆ ได้ถูกทดสอบเพื่อตรวจสอบความสามารถของเครื่องตามจุดมุ่งหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Single Phase Voltage Sags Generator Using Autotransformer

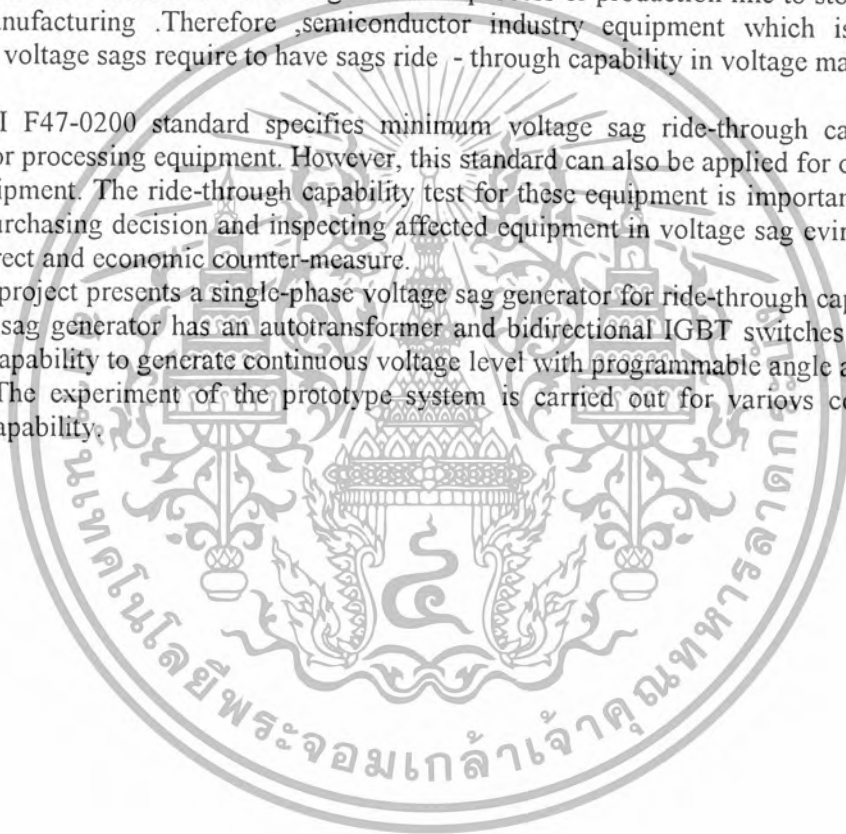
Tossaporn Ngaenyuang  
 Pongsin Kaoien  
 Suranart Bannalang  
 Anutouch Poothong  
 Asst. Prof. Dr. Viriya Phichetjamraen Advisor  
 Dr. Sompob Polmai Advisor

### ABSTRACT

Voltage sags are caused by disturbance in power system which result in equipment failures and control malfunctions effecting industrial process or production line to stop leading to loss in manufacturing .Therefore ,semiconductor industry equipment which is especially vulnerable to voltage sags require to have sags ride - through capability in voltage magnitude and duration .

SEMI F47-0200 standard specifies minimum voltage sag ride-through capability for semiconductor processing equipment. However, this standard can also be applied for other type of sensitive equipment. The ride-through capability test for these equipment is important because it could help purchasing decision and inspecting affected equipment in voltage sag evironment and choosing correct and economic counter-measure.

This project presents a single-phase voltage sag generator for ride-through capability test. This voltage sag generator has an autotransformer and bidirectional IGBT switches as its main parts. It has capability to generate continuous voltage level with programmable angle and duration adjustment. The experiment of the prototype system is carried out for variouvs conditions to evaluate its capability.



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญช่วยให้ความรู้ คำแนะนำที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ กับ ดร.สมภพ ผลไม้ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อนๆ และพี่ทุกคนที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



นายทศพร เงินขวง  
นายพงษ์สิน แก้วเอี่ยม  
นายสุรนาท บัลนาลิ่งก์  
นายอนุทัศน์ ปูทอง

## สารบัญ

หน้าที่

|  |     |
|--|-----|
| บทคัดย่อภาษาไทย  | I   |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ   | II  |
| กิตติกรรมประกาศ  | III |
| สารบัญ   | IV  |
| สารบัญตาราง  | VI  |
| สารบัญรูป  | VII |
| บทที่ 1 บทนำ   | 1   |
| 1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย                        | 1   |
| 1.2 เป้าหมายและวัตถุประสงค์                                  | 2   |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย  | 2   |
| บทที่ 2 ทฤษฎี บทนิยาม มาตรฐานและคำจำกัดความของแรงดัน ไฟฟ้าตก | 3   |
| 2.1 คุณลักษณะของแรงดัน ไฟฟ้าตก                               | 3   |
| 2.2 สาเหตุของแรงดัน ไฟฟ้าตก                                  | 3   |
| 2.3 ผลกระทบจากการเกิดแรงดัน ไฟฟ้าตก                          | 5   |
| 2.4 มาตรฐานกราฟต่าง ๆ ของแรงดัน ไฟฟ้าตก                      | 9   |
| 2.5 มาตรฐาน SEMI F42-0600                                    | 13  |
| 2.6 มาตรฐาน SEMI F47-0200                                    | 23  |
| บทที่ 3 อุปกรณ์หลักของ เครื่องงาน                            | 29  |
| 3.1 รายละเอียดของชุด ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ใน เครื่องงาน    | 29  |
| 3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (T89C51AC2)                   | 29  |
| 3.1.2 คุณสมบัติของบอร์ด CP-JR51AC2                           | 36  |
| 3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบอโต้                                     | 39  |
| 3.3 ไอจีบีที (IGBT)  | 42  |
| บทที่ 4 การออกแบบและการสร้าง                                 | 47  |
| 4.1 แนวความคิดเบื้องต้นและรูปแบบจำลอง                        | 47  |
| 4.2 วงจรกำลัง  | 49  |
| 4.3 วงจรควบคุมในส่วนของฮาร์ดแวร์                             | 50  |
| 4.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน                                    | 55  |
| บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง                                | 56  |
| 5.1 รูปแบบวิธีการทดลอง                                       | 56  |

5.2 รูปแบบการทดลองแบบต่างๆ

57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลอกแบบต่างๆขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

|                                   | หน้าที่ |
|-----------------------------------|---------|
| บทที่ 6 บทสรุปวิจารณ์             | 78      |
| 6.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง      | 78      |
| 6.2 ปัญหาและการแก้ไขในโครงการ     | 78      |
| 6.3 แนวทางในการพัฒนาสำหรับโครงการ | 79      |
| ภาคผนวก                           |         |



## สารบัญตาราง

|  | หน้าที่ |
|--|---------|
| ตารางที่ 2-1 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะและช่วงเวลาที่อยู่ปรนัยต่าง ๆ<br>ยังทำงานได้โดยปกติ  | 3       |
| ตารางที่ 2-2 เวลาขจัดความผิดปกติพร้อมจากแรงดันตกของอุปกรณ์ขจัดความผิดปกติชนิดต่าง ๆ  | 6       |
| ตารางที่ 2-3 Data Acquisition System Performance Requirements  | 15      |
| ตารางที่ 2-4 Sag Generator Performance Requirements  | 15      |
| ตารางที่ 2-5 Typical Data Acquisition Measurement Points   | 18      |
| ตารางที่ 2-6 แสดงช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกและเปอร์เซ็นต์ที่ผิดปกติ<br>จากแรงดันไฟฟ้าใช้งานของอุปกรณ์                             | 27      |
| ตารางที่ 3-1 แสดงหน้าที่แต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2  | 31      |
| ตารางที่ 3-2 แสดงหน้าที่แต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2 (ต่อ)  | 32      |
| ตารางที่ 3-3 แสดงการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2   | 34      |
| ตารางที่ 5-1 แสดงผลการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของเครื่องเล่น VCD player<br>T&P รุ่น VCD – T116 /IP 180-250VAC , 50/60 Hz    | 85      |
| ตารางที่ 5-2 แสดงผลการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของ Computer Adapter<br>ของ Notebook Advent 5365 , /P : 100-240VAC , 50/60 Hz | 96      |



## สารบัญรูป

|  | หน้าที่ |
|--|---------|
| รูปที่ 2-1 รูปคลื่นแสดงการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกที่มุม 0 องศา ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาทีและขนาดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 154 v | 3       |
| รูปที่ 2-2 ขนาดและช่วงเวลาของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม  | 5       |
| รูปที่ 2-3 CBEMA-Computer Business Equipment Manufacturer Association  | 9       |
| รูปที่ 2-4 ITIC Curve  | 10      |
| รูปที่ 2-5 กราฟมาตรฐาน SEMI F74-0200   | 11      |
| รูปที่ 2-6 กราฟมาตรฐาน SEMI F47-0200 (ต่อ)   | 12      |
| รูปที่ 2-7 Test Setup  | 17      |
| รูปที่ 2-8 เส้นโค้งที่แสดงความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำภายใต้สถานะแรงดันไฟฟ้าตกที่ต้องการตามมาตรฐาน                             | 27      |
| รูปที่ 3-1 แสดง Block Diagram ของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2   | 30      |
| รูปที่ 3-2 แสดงการกำหนดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2   | 33      |
| รูปที่ 3-3 รูปแสดงลักษณะของบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0   | 36      |
| รูปที่ 3-4 รูปแสดงโครงสร้างของบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0  | 37      |
| รูปที่ 3-5 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด  | 40      |
| รูปที่ 3-6 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบอโต้ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น (step-up)   | 40      |
| รูปที่ 3-7 หม้อแปลงไฟฟ้าอโต้ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง (step-down)  | 41      |
| รูปที่ 3-8 หม้อแปลงไฟฟ้าอโต้ แบบที่มีการต่อขั้วให้มึแรงดันไฟฟ้าหักล้างกัน  | 41      |
| รูปที่ 3-9 หม้อแปลงไฟฟ้าอโต้ แบบที่มีการต่อขั้วให้มึแรงดันไฟฟ้าหักล้างกัน  | 42      |
| รูปที่ 3-10 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ ไอจีบีที  | 43      |
| รูปที่ 3-11 (ก) กราฟแสดงลักษณะคุณสมบัติระหว่างกระแสและแรงดันของ ไอจีบีที<br>(ข) กราฟแสดงลักษณะสมบัติการถ่ายโอนของ ไอจีบีที                   | 43      |
| รูปที่ 3-12 (ก) วงจรสมมูลสำหรับการทำงานสภาพปกติของ ไอจีบีที<br>(ข) วงจรสมมูลที่แสดงส่วนของไทรสเตอร์ที่แฝงอยู่ใน ไอจีบีที                     | 45      |
| รูปที่ 4-1 แบบจำลองของ โครงสร้างชุดเครื่องสร้างแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ  | 47      |
| รูปที่ 4-2 ไดอะแกรมการต่อสาย(Wiring diagram)   | 48      |
| รูปที่ 4-3 รูปคลื่นแสดงหลักการทำงาน  | 49      |
| รูปที่ 4-4 หม้อแปลงอโต้  | 49      |
| รูปที่ 4-5 วงจรกำลังหลัก   | 50      |
| รูปที่ 4-6 วงจรควบคุมไอจีบีที  | 50      |
| รูปที่ 4-7 วงจรควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์   | 51      |
| รูปที่ 4-8 วงจรอินเวอร์เตอร์   | 52      |

## สารบัญรูป(ต่อ)

|   | หน้าที่ |
|---|---------|
| รูปที่ 4-9 วงจร Zero-Crossing   | 53      |
| รูปที่ 4-10 ผลการทดสอบวงจร Zero-Crossing Detector   | 53      |
| รูปที่ 4-11 วงจรควบคุมเมคเนติกคอนแทคเตอร์ของวงจรกำลัง (K1,K2)   | 54      |
| รูปที่ 4-12 ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์                                      | 55      |
| รูปที่ 5-1 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 150 ไมโครวินาที | 57      |
| รูปที่ 5-2 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 120 ไมโครวินาที | 58      |
| รูปที่ 5-3 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 80 ไมโครวินาที  | 58      |
| รูปที่ 5-4 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 50 ไมโครวินาที  | 59      |
| รูปที่ 5-5 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 30 ไมโครวินาที  | 59      |
| รูปที่ 5-6 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 10 ไมโครวินาที  | 60      |
| รูปที่ 5-7 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 2 ไมโครวินาที   | 60      |
| รูปที่ 5-8 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 1/4 ไมโครวินาที | 61      |
| รูปที่ 5-9 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 0 องศา           | 62      |
| รูปที่ 5-10 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 30 องศา         | 63      |
| รูปที่ 5-11 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 60 องศา         | 63      |
| รูปที่ 5-12 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 90 องศา         | 64      |
| รูปที่ 5-13 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 120 องศา        | 64      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|   | หน้าที่ |
|---|---------|
| รูปที่ 5-14 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 150 องศา  | 65      |
| รูปที่ 5-15 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 180 องศา  | 65      |
| รูปที่ 5-16 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 270 องศา  | 66      |
| รูปที่ 5-17 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 300 องศา  | 66      |
| รูปที่ 5-18 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>เท่ากับ 330 องศา  | 67      |
| รูปที่ 5-19 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 90 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 68      |
| รูปที่ 5-20 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 80 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 69      |
| รูปที่ 5-21 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 70 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 69      |
| รูปที่ 5-22 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 60 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 70      |
| รูปที่ 5-23 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 50 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 70      |
| รูปที่ 5-24 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 40 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 71      |
| รูปที่ 5-25 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 30 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 71      |
| รูปที่ 5-26 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 20 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 72      |
| รูปที่ 5-27 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 10 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา | 72      |
| รูปที่ 5-28 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 5 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก<br>10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา  | 73      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|   | หน้าที่ |
|---|---------|
| รูปที่ 5-29 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 0 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา   | 73      |
| รูปที่ 5-30 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าใช้งานปกติ 220 V   | 74      |
| รูปที่ 5-31 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าใช้งานปกติ 220 V  | 74      |
| รูปที่ 5-32 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 95%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศาและระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที               | 74      |
| รูปที่ 5-33 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 95% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที | 74      |
| รูปที่ 5-34 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 90%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศาและระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที               | 75      |
| รูปที่ 5-35 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 90% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที | 75      |
| รูปที่ 5-36 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 85%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศาและระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที               | 75      |
| รูปที่ 5-37 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 85% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที | 75      |
| รูปที่ 5-38 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศาและระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที               | 76      |
| รูปที่ 5-39 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที | 76      |
| รูปที่ 5-40 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศาและระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที               | 76      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|   | หน้าที่ |
|---|---------|
| รูปที่ 5-41 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที   | 76      |
| รูปที่ 5-42 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1.2 วินาที                    | 77      |
| รูปที่ 5-43 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1.2 วินาที | 77      |
| รูปที่ 5-44 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที                      | 77      |
| รูปที่ 5-45 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที   | 77      |
| รูปที่ 5-46 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที                    | 78      |
| รูปที่ 5-47 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที | 78      |
| รูปที่ 5-48 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที                    | 78      |
| รูปที่ 5-49 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที | 78      |
| รูปที่ 5-50 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที                    | 79      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|  | หน้าที่ |
|--|---------|
| รูปที่ 5-51 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที  | 79      |
| รูปที่ 5-52 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.44วินาที                     | 79      |
| รูปที่ 5-53 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.44 วินาที | 79      |
| รูปที่ 5-54 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 60%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที                    | 80      |
| รูปที่ 5-55 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 60% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที | 80      |
| รูปที่ 5-56 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 55%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที                    | 80      |
| รูปที่ 5-57 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 55% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที | 80      |
| รูปที่ 5-58 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที                    | 81      |
| รูปที่ 5-59 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที | 81      |
| รูปที่ 5-60 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที                    | 81      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|   | หน้าที่ |
|---|---------|
| รูปที่ 5-61 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที  | 81      |
| รูปที่ 5-62 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที                       | 82      |
| รูปที่ 5-63 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที     | 82      |
| รูปที่ 5-64 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที                     | 82      |
| รูปที่ 5-65 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที   | 82      |
| รูปที่ 5-66 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที                   | 83      |
| รูปที่ 5-67 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที | 83      |
| รูปที่ 5-68 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที                    | 83      |
| รูปที่ 5-69 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที  | 83      |
| รูปที่ 5-70 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.06 วินาที                     | 84      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|   | หน้าที่ |
|---|---------|
| รูปที่ 5-71 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.06 วินาที | 84      |
| รูปที่ 5-72 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที                    | 84      |
| รูปที่ 5-73 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที | 84      |
| รูปที่ 5-74 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบ VCD player T&P รุ่น VCD – TH16 I/P 180-250 VAC , 50/60 Hz ตามมาตรฐาน SEMI F47-0200  | 86      |
| รูปที่ 5-75 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 85%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที                      | 87      |
| รูปที่ 5-76 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 85% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที   | 87      |
| รูปที่ 5-77 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที                      | 87      |
| รูปที่ 5-78 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที   | 87      |
| รูปที่ 5-79 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที                      | 88      |
| รูปที่ 5-80 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที   | 88      |
| รูปที่ 5-81 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก                                      | 88      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|  | หน้าที่ |
|--|---------|
| รูปที่ 5-82 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1.2 วินาที  | 88      |
| รูปที่ 5-83 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที                       | 89      |
| รูปที่ 5-84 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที    | 89      |
| รูปที่ 5-85 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที                     | 89      |
| รูปที่ 5-86 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที  | 89      |
| รูปที่ 5-87 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที                     | 90      |
| รูปที่ 5-88 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที  | 90      |
| รูปที่ 5-89 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที                     | 90      |
| รูปที่ 5-90 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลา ของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที | 90      |
| รูปที่ 5-91 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.04 วินาที                    | 91      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|  | หน้าที่ |
|--|---------|
| รูปที่ 5-92 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.04 วินาที | 91      |
| รูปที่ 5-93 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 60%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที                   | 91      |
| รูปที่ 5-94 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 60% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที | 91      |
| รูปที่ 5-95 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 55%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที                   | 92      |
| รูปที่ 5-96 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 55% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที | 92      |
| รูปที่ 5-97 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที                    | 92      |
| รูปที่ 5-98 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที  | 92      |
| รูปที่ 5-99 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที                      | 93      |
| รูปที่ 5-100 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที   | 93      |
| รูปที่ 5-101 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที                   | 93      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

|  | หน้าที่ |
|--|---------|
| รูปที่ 5-102 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที   | 93      |
| รูปที่ 5-103 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที                    | 94      |
| รูปที่ 5-104 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที | 94      |
| รูปที่ 5-105 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที                     | 94      |
| รูปที่ 5-106 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที  | 94      |
| รูปที่ 5-107 รูปขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที                      | 95      |
| รูปที่ 5-108 รูปขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติมุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที   | 95      |
| รูปที่ 5-109 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบ Notebook Advent 5365<br>I/P 100-240 VAC , 50/60 Hz ตามมาตรฐาน SEMI F47- 0200  | 97      |

# บทที่ 1

## บทนำ

### Introduction

#### 1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ปัจจุบันแรงดันตกชั่วขณะเป็นปัญหาทางด้านคุณภาพไฟฟ้าที่สำคัญ ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า โดยสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะคือ การเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้า ส่งผลให้อุปกรณ์ประเภทที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันและกระแส (Sensitive Load) เช่น ASD (Adjustable speed Drive), PLC (Programmable Logic Controller) และ Relay ต่าง ๆ ที่มีการใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เกิดการหยุดทำงาน อาจทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีชื่อเสียงเกิดขึ้นมาในกระบวนการผลิต และเวลาที่ต้องเสียไป ซึ่งในบางครั้งอาจต้องมีการเริ่มต้นกระบวนการผลิตใหม่

ในการให้คำจำกัดความของปัญหาแรงดันตกชั่วขณะ ยังคงมีความไม่ชัดเจนในหลาย ๆ ประเด็น ทั้งในส่วนของระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์และขนาดที่ใช้บ่งชี้ความรุนแรงของปัญหาแรงดันตก จึงพบว่าหลาย ๆ มาตรฐานมีการกำหนดนิยามที่แตกต่างกันดังกรณีของมาตรฐาน IEC Standard และ IEEE Standard

IEC Standard แรงดันตกชั่วขณะ คือ ปรากฏการณ์ที่แรงดันลดลงของระดับปกติอย่างทันทีทันใด และคืนกลับสู่ภาวะปกติภายในระยะเวลา 0.5 cycle ถึงประมาณ 2 – 3 วินาที โดยระดับความดันที่ลดลงจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับแรงดันปกติ

IEEE Standard แรงดันตกชั่วขณะคือ ระดับแรงดันที่ลดลงระหว่าง 0.1–0.9 pu จากระดับความดัน RMS ปกติภายในระยะเวลา 0.5 cycle – 1 นาที ตามประเภทของแรงดันตก ดังนี้

-Instantaneous : 0.5 - 30 cycles (ทันทีทันใด)

-Momentary : 30 cycles - 3 sec (ชั่วขณะ)

-Temporary : 3 sec - 1 min (ชั่วคราว)

#### 1.2 เป้าหมายและวัตถุประสงค์

##### เป้าหมาย

แรงดัน ไฟฟ้าตกชั่วขณะเป็นปัญหาสำคัญทางด้านคุณภาพของระบบไฟฟ้าที่สำคัญ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีสารกึ่งตัวนำเป็นส่วนประกอบในการทำงานจำเป็นต้องทนต่อสภาวะแรงดัน ไฟฟ้าตกชั่วขณะตามมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องและได้รับการยอมรับ ดังนั้นจึงจำลองเหตุการณ์สภาวะที่เกิดแรงดัน ไฟตกชั่วขณะโดย สร้างเครื่องกำเนิดแรงดัน ไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิด 1 เฟส แบบใช้หม้อแปลงออดิ ซึ่งหม้อแปลงเป็นตัวกำหนดขนาดของแรงดัน ไฟฟ้าตก และใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์กับ IGBT ทำหน้าที่สับเปลี่ยนสภาวะการทำงานระหว่างแรงดัน ไฟฟ้าปกติไปสู่แรงดัน ไฟฟ้าตก ซึ่งสามารถกำหนดมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดัน ไฟฟ้าตกและระยะเวลาของแรงดัน ไฟฟ้าตก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวรับค่าและควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วัตถุประสงค์

เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าในการทำงานว่าสามารถทนต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะได้ตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (SEMI F47) กำหนดไว้

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในการปรับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ตกทำการปรับได้ตั้งแต่ 0-220 v. โดยที่ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ตกนี้จะขึ้นอยู่กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการปรับ ระยะเวลาที่แรงดันไฟฟ้าตกสามารถปรับได้ตั้งแต่ 1/4 cycle – 150 cycle หรือ 3 วินาที โดยระยะเวลาที่แรงดันไฟฟ้าตกนั้นจะขึ้นอยู่กับการควบคุมในไมโครคอนโทรลเลอร์ และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกสามารถปรับได้ตั้งแต่ 0-359 องศา

ขอบเขตของงานที่สามารถปรับได้ทั้ง 3 อย่างคือ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ตก ระยะเวลาของแรงดันไฟฟ้าที่ตก และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกสามารถควบคุมการทำงานที่เป็นกวดได้เลย และค่าจะแสดงผลที่จอแอลซีดีโมดูลที่ได้ติดตั้งไว้



## บทที่ 2

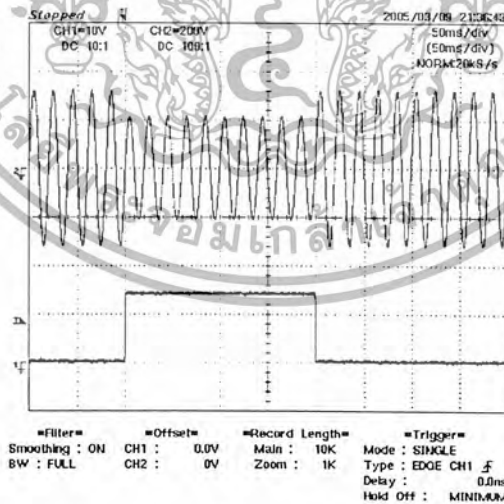
### ทฤษฎี บทนิยาม มาตรฐานและค่าจำกัดความของแรงดันไฟฟ้าตก

#### 2.1 คุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าตก

Voltage sags (dips) หมายถึงแรงดันตกชั่วขณะ คือค่าแรงดันปกติที่ลดลงตั้งแต่ 0.1 – 0.9 pu ของแรงดัน RMS ซึ่งอยู่ช่วงระหว่าง 0.5 cycle – 1 sec (50cycles) สำหรับค่าที่ปกติที่ใช้งาน (50 Hz)

จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ คือ การลดลงอย่างทันทีทันใดของแรงดันประสิทธิผล (rms) โดยทั่วไปจะถูกกำหนดในรูปแบบของ 3 องค์ประกอบด้วยกันดังนี้ คือ

1. ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ (amplitude of voltage sags) คือ ระดับของค่าแรงดันที่เกิดขึ้น ผลของขนาดที่ลดลงย่อมกระทบต่อความสามารถในการทำงานของกลุ่มอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า
2. คาบเวลาของการเกิด (duration of voltage sags) คาบเวลาของการเกิด คือ ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเกิดการลดลงของแรงดันจนกระทั่งกลับสู่สภาวะปกติ ซึ่งจะยาวนานเพียงใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าว่า บริเวณดังกล่าวมีความสำคัญต่อระบบโดยรวมมากน้อยเท่าใด
3. ตำแหน่งที่ลูกคลื่นขณะเริ่มเกิด (phase angle beginning of voltage sags) คือค่ามุมเฟสในการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ จะมีผลต่ออุปกรณ์ในช่วงที่ยังไม่คงตัว (dynamic behavior) เนื่องจากเกิดในช่วงเวลาสั้น ๆ อย่างกะทันหัน ส่งผลให้เกิดความผิดปกติขึ้นในรูปแบบสภาวะชั่วคราว (transient response) แบบต่าง ๆ ตัวอย่างรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะแสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 รูปคลื่นแสดงการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกที่มุม 0 องศา ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาทีและขนาดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 154 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 สาเหตุของแรงดันไฟฟ้าตก

ปัญหาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะเป็นปัญหาทางด้านคุณภาพไฟฟ้าที่มีผลต่อผู้ใช้งาน ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนมากเนื่องจากในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้นั้น โรงงานส่วนใหญ่เป็นประเภทควบคุมกระบวนการผลิต (process control), ควบคุมลอจิก (programmable logic controller equipments), ปรับความเร็วมอเตอร์ (adjustable speed drive), หุ่นยนต์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

เราทราบว่าแรงดันไฟฟ้าตกมีผลต่อความเชื่อมั่นในระบบไฟฟ้ากำลัง (Reliability) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุปกรณ์ที่มีความไวต่อการตอบสนอง ที่เกิดจากการผิดปกติของแหล่งจ่ายอันเนื่องมาจากความไม่มั่นคงของแรงดันไฟฟ้า เช่น การเกิดการเปลี่ยนแปลงจากโหลดข้างเคียงต่าง ๆ เกิดการลัดวงจรทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง และกระแสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ปรารถนาก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบและวงจรต่าง ๆ ที่ใช้งานอยู่ขณะนั้น ในระบบไฟฟ้าการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกมีอยู่หลายสาเหตุด้วยกัน

สาเหตุที่ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ากำลังมีค่าอิมพีแดนซ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์ ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของกระแสย่อมส่งผลไปยังให้แรงดันไฟฟ้าลดลงเมื่อพิจารณาให้กำลังไฟฟ้าคงที่ ส่วนมากแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงนี้มีค่าน้อย ซึ่งระดับแรงดันไฟฟ้ายังใกล้เคียงกับภาวะปกติ แต่ถ้าหากมีกระแสเพิ่มขึ้นสูงแรงดันที่ลดลงจะมีขนาดที่จะส่งผลกระทบต่อโหลดได้

สาเหตุหลักสำคัญที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคือ

- การเพิ่มขึ้นสูงของกระแสอย่างทันทีทันใด (Large increases in current)
- การเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์ในระบบ (Increases in system impedance)

ในทางปฏิบัติการเกิดแรงดันไฟฟ้าส่วนมาก มักจะเกิดจากการเพิ่มขึ้นของกระแสอย่างทันทีทันใด สมมุติให้ระบบกำลังไฟฟ้าเปรียบเสมือนต้นไม้ ซึ่งกระแสไฟฟ้าประเภทที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าและแรงดันได้ถูกต่ออยู่ที่ปลายกิ่งของต้นไม้ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าตกเกิดขึ้นที่ลำต้นหรือว่ากิ่งใหญ่จะส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกที่กระแสไฟฟ้าที่ต่อไว้ที่จุดด้วย

แรงดันไฟฟ้าตกส่วนใหญ่จะเกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

ซึ่งมีสาเหตุหลัก 3 ประการ ที่เป็นต้นเหตุทำให้แรงดันไฟฟ้าตก ได้แก่

1. การเริ่มต้นโหลดที่มีขนาดใหญ่ เช่น มอเตอร์, ฮีตเตอร์ เป็นต้น มอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะดึงกระแส 150 % - 500% ของกระแสฟลักซ์เพื่อที่จะสร้างความเร็วให้ได้ตามฟลักซ์ ส่วนฮีตเตอร์จะดึงกระแส 150% ของฟลักซ์จนกระทั่งตัวมันอยู่ในภาวะที่สร้างความร้อนได้พอสมควร

2. ความบกพร่องของสายไฟ เช่น การขันเชื่อมติดต่อของตัวนำไฟฟ้าไม่แน่นพอ เป็นผลให้เกิดค่าอิมพีแดนซ์เพิ่มสูงขึ้นในระบบไฟฟ้าและทำให้การใช้กระแสเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปกติในขณะที่อิมพีแดนซ์สูงขึ้นและต้องการกระแสที่คงที่ ทำให้แรงดันตกและกระแสสูงขึ้นกว่าปกติ ในภาวะที่กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านตามสายคงที่

3. เกิดฟอลต์หรือลัดวงจร ก่อนที่จุดที่ผิดปกติถูกตัดออกด้วย Fuse และ CB ก็จะมีการดึงแรงดันไฟฟ้าให้ตกจนกว่าอุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน ซึ่งต้องใช้เวลาตั้งแต่ไม่กี่คาบถึง 2-3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะอาจเกิดจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

ซึ่งมีสาเหตุหลัก 2 ประการ ที่เป็นต้นเหตุทำให้แรงดันไฟฟ้าตก ได้แก่

1. เกิดความผิดปกติที่ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกในวงจรไฟฟ้า ปกติแล้วความผิดปกติเหล่านี้จะถูกแยกออกโดย “Reclosers” หรือ Self – Resetting CB ซึ่ง Recloser เหล่านี้ปกติจะมีช่วง delay 1-5 วินาที ก่อนที่จะ reset ตัวเองสู่ภาวะปกติถ้าฟอลต์ยังคงเกิดอยู่ขณะที่ Reclosers reset ตัวเอง จะเกิดแรงดันตกต่อเนื่องซึ่งมีระยะห่าง 1 - 5 วินาที

2. Voltage regulator ทำงานผิดพลาด utility จะมีระบบปรับระดับแรงดันไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เช่น หม้อแปลงที่สามารถเปลี่ยนแท่งได้ ซึ่งเกิดการทำงานผิดพลาดเป็นระยะ ๆ

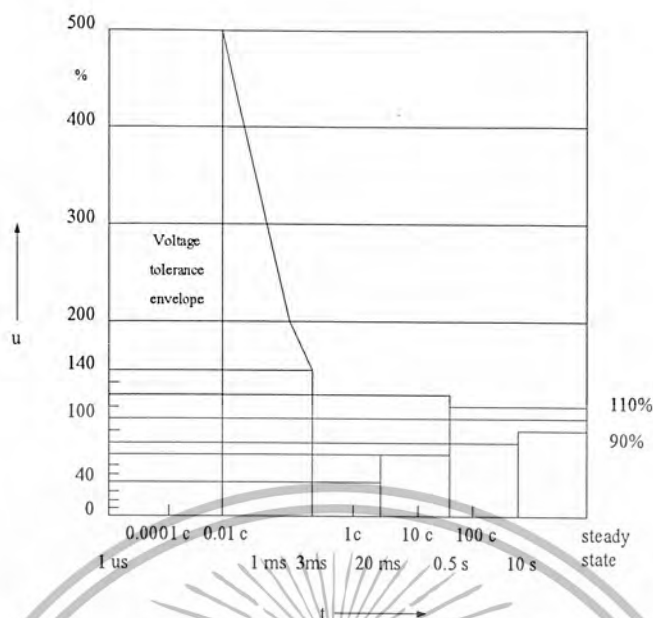
### 2.3 ผลกระทบจากการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก

สำหรับอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแล้วจะเป็นระบบ 3 เฟส และมีบางส่วนที่เป็นระบบ 1 เฟส

ตัวอย่างของอุปกรณ์ ที่มีผลกระทบปัญหาในการทำงานจากผลของแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ได้แก่

1. กลุ่มอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (computer equipments)
2. กลุ่มอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุม (process control equipments)
3. กลุ่มอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ (consumer electronics)
4. กลุ่มอุปกรณ์ปรับความเร็ว (adjustable speed drive)
5. กลุ่มอุปกรณ์ประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor)
6. กลุ่มอุปกรณ์หลอดแก๊สดีสชาร์จ (gas discharges lamp)

กลุ่มอุปกรณ์เหล่านี้พบว่า เมื่อมีความผิดปกติจากแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ บ่อยครั้งที่จะเกิดความล้มเหลวในการทำงานได้ เนื่องจากความสามารถของการทนต่อความผิดปกติในอุปกรณ์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังนั้นการศึกษาความทนทานต่อความผิดปกติทางด้านแรงดันไฟฟ้า จึงนิยมทำการศึกษาในลักษณะต่างๆ กันไป เช่น กลุ่มผู้ผลิตอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เชิงธุรกิจ (CBEMA) ได้นำเสนอข้อมูลในรูปของกราฟขนาดและช่วงเวลา (amplitude and duration plot) การได้รับค่าความผิดปกติ



รูปที่ 2-2 ขนาดและช่วงเวลาของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

จากกราฟรูปที่ 2-2 ซึ่งเป็นกราฟของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถอธิบายได้ว่า หากอุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับค่าขนาดแรงดันไฟฟ้าและช่วงเวลา การรับค่าดังกล่าวถ้าอยู่ระหว่างเส้นโค้งทั้งสองเส้น จะทำให้อุปกรณ์ยังสามารถทำงานได้อย่างปกติ ซึ่งเรียกว่าพื้นที่ที่ยอมรับได้ (acceptable zone) แต่หากอุปกรณ์ไฟฟ้าดังกล่าวได้รับค่าแรงดันและช่วงเวลา ซึ่งอยู่เหนือเส้นบนหรือต่ำกว่าเส้นล่าง จะทำให้อุปกรณ์เกิดการทำงานที่ผิดปกติ เราเรียกว่าพื้นที่อันตราย (dangerous zone) เส้นโค้งนี้ใช้ในการอ้างอิงเพื่อแสดงถึงความสามารถในการทน (withstand capability) ของโหลดต่างๆ จากการรวบรวมคุณภาพไฟฟ้า

จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์เนื่องมาจากการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ คือ ขนาดของแรงดันไฟฟ้า และช่วงระยะเวลาของการเกิด ที่อุปกรณ์ต่างๆ เหล่านั้นได้รับ มีบางเหตุการณ์ที่เครื่องจักรสามารถทำงานต่อไปได้แต่จะส่งผลถึงคุณภาพของการผลิตได้ตัวอย่างขอบเขตความสามารถของอุปกรณ์ที่จะทำงานหรือทนได้ ในขณะที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะแสดงในตารางที่ 2-1 และช่วงเวลาในการขจัดความผิดปกติของอุปกรณ์ป้องกันชนิดต่างๆ ที่สำคัญแสดงในตารางที่ 2-2

| ตัวอย่างอุปกรณ์            | แรงดันต่ำสุดที่ทนได้<br>(เทียบกับแรงดันไฟฟ้าใช้งานปกติ) | เวลาสูงสุดที่ยังทำงานได้<br>(ms) |
|----------------------------|---|----------------------------------|
| Variable speed motor       | 85%   | 10                               |
| Relays and Contactors      | 50-60%  | 15-40                            |
| Ferro-resonant transformer | 50%   | 0.5                              |
| PLC I/O device             | 90%   | 20                               |
| Process controller         | 70%   | 8                                |
| Personal computer          | 50-70%  | 60-100                           |
| ASD inverter               | 82%   | 1.5                              |
| Contactors                 | 60%   | 20                               |

ตารางที่ 2-1 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะและช่วงเวลาที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ยังทำงานได้โดยปกติ

| ชนิดของอุปกรณ์ขจัด             | ช่วงเวลาในการขจัดความผิดปกติ (Cycle) |               |                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------------|----------------------|
|                                | ชนิดต่ำสุด                           | ชนิดหน่วงเวลา | จำนวนไซเคิลที่คืนตัว |
| ความผิดปกติ                    |                                      |               |                      |
| Expansion fuse                 | 0.5                                  | 0.5 ถึง 60    | ไม่มี                |
| Current limit fuse             | < 0.25                               | 0.5 ถึง 60    | ไม่มี                |
| Electronic recloser            | 3                                    | 0. ถึง 256    | 0 ถึง 4              |
| Oil circuit breaker            | 3                                    | 1 ถึง 60      | 0 ถึง 4              |
| SF <sub>6</sub> vacuum breaker | 3                                    | 1 ถึง 60      | 0 ถึง 4              |

ตารางที่ 2-2 เวลาขจัดความผิดปกติจากแรงดันตกของอุปกรณ์ขจัดความผิดปกติชนิดต่าง ๆ

### ความไวของอุปกรณ์ต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

#### 1. อุปกรณ์ทำงานล้มเหลวเนื่องจากได้รับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่พอ

เป็นประเด็นสำคัญเกิดขึ้นแน่นอน ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไม่เพียงพอกับความต้องการหรือขนาดแรงดันที่อุปกรณ์ต้องการจะทำให้อุปกรณ์ทำงานล้มเหลว โดยปกติการะไฟฟ้าที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสและแรงดันจะประกอบด้วยวงจรเรียงกระแส ซึ่งแปลงจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง ซึ่งพัลส์ที่ได้เป็น 2 เท่าของความถี่กระแสสลับถ้าเรียงกระแสเป็นแบบ full – bridge สำหรับ 1 เฟส และ 6 เท่าสำหรับ 3 เฟส ซึ่งพัลส์ของ DC จะถูกเก็บไว้ใน filter capacitor ซึ่งทำให้ DC ที่ออกมาเรียบขึ้นเพื่อที่จะจ่ายให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงาน

ถ้าแรงดันที่จ่ายออกมาจาก filter capacitor ตกลงมาจากระดับวิกฤต regulator จะไม่สามารถจ่าย

แรงดันที่เราได้ออกแบบไว้และระบบจะผิดพลาดซึ่ง filter capacitor จะเป็นตัวเก็บพลังงาน ดังนั้นจะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะยังทนทำงานในขณะที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับตกได้ในบางช่วง ระบบไฟฟ้ากระแสสลับจะจ่ายแรงดันศูนย์ออกมา 100 ครั้ง สำหรับ 50 HZ 120 ครั้งสำหรับ 60 HZ ใน 1 วินาที แต่ถ้าหากแรงดันตกมากและนานพอแรงดันที่ออกมาจาก filter capacitor จะตกต่ำกว่าระดับวิกฤต อุปกรณ์ก็ไม่สามารถทำงานได้หรือล้มเหลวเนื่องจากมีแรงดันไม่พอเพียงในการทำงาน

## 2. อุปกรณ์ทำงานล้มเหลวเนื่องจากวงจร undervoltage trips (Equipment fails because an undervoltage circuit trips)

นักออกแบบระบบที่รอบคอบมักจะนำเอาวงจรที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสำหรับตรวจว่ามีแรงดันพอหรือเปล่า แต่ “ระดับแรงดันที่เพียงพอต่อการทำงาน (adequate voltage) บางครั้งไม่ได้กำหนดไว้เหมาะสมหรือไม่ได้เข้าใจมันอย่างเพียงพอเช่นในระบบที่ (ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันและกระแส) กำลังทำงานที่ภาระครึ่งหนึ่งของที่ักัดบางครั้งสามารถทำงานได้ที่แรงดัน 70% ของแรงดันที่กัก แต่กำหนดค่าแรงดันใช้งานเพียงพอที่ 90% หน่วยงานจรรยาบรรณจับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าปกติ วัดค่าแล้วทำให้ตัดระบบไฟฟ้าออกจากอุปกรณ์ ใดๆ ที่แรงดันตกเหลือ 70% ก็ยังสามารถทำงานได้

## 3. อุปกรณ์ทำงานล้มเหลวเนื่องจาก unbalance relay trips (Equipment fails because an unbalance relay trips)

ในระบบ 3 เฟส แรงดันไฟฟ้าตกมักจะเกิดแบบไม่สมมาตร (เกิดจาก 1 หรือ 2 เฟส) ซึ่งมอเตอร์ 3 เฟส และหม้อแปลงสามารถเสียหายได้ ผลจากแรงดันที่ไม่สามารถเนื่องจากแรงดันตกทำให้มอเตอร์และหม้อแปลงเกิดความร้อนเกินปกติ ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำรีเลย์ชนิดไม่สมดุล เพื่อป้องกันเหตุดังกล่าวที่จะเกิดขึ้นซึ่งจะตัดอุปกรณ์ออกจากระบบ ถ้าแรงดันที่ไม่สามารถเกิดต่ำกว่าที่กำหนดปกติไม่กี่เปอร์เซ็นต์

แต่แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะส่งผลให้เกิด unbalance หรือไม่สมมาตร ในเฟสใดเฟสหนึ่งประมาณ 20-50% ,1-2 วินาที จึงไม่ส่งผลให้เกิดความร้อนเกินปกติในเครื่องจักรไฟฟ้า เพราะไม่นานพอแต่รีเลย์ชนิดไม่สมดุล มีเวลาหน่วง (delay) ไม่เหมาะสมพอทำให้ระบบที่ออกแบบมา shut down แม้กระทั่งแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในเวลาอันสั้น ๆ

## 4. รีเลย์แบบทำงานรวดเร็วตัดระบบออกโดยปกติมักจะอยู่ในวงจร EMO

(A quick –acting relay shuts the systems down, typically in the EMO circuit)

วงจร EMO (เปิดฉุกเฉิน, Emergency Off) ภาระไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมปกติจะประกอบไปด้วยสวิตช์ปกติปิด (Normally-Closed ,NC) ซึ่งสามารถแยกกำลังไฟฟ้าออกไปยังขดลวดของ latching relay ถ้ารีเลย์ทำงานได้ไวพอมันจะสามารถรับรู้ถึงแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะซึ่งเป็นผลให้ ในเวลาที่ผู้ปฏิบัติงานกดปุ่ม EMO ระบบทั้งหมดจะถูกปิดลงโดยไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจร reset ทำงานพลาดที่จุดสิ้นสุดของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

(A reset circuit may incorrectly trip at the end of the voltage sag)

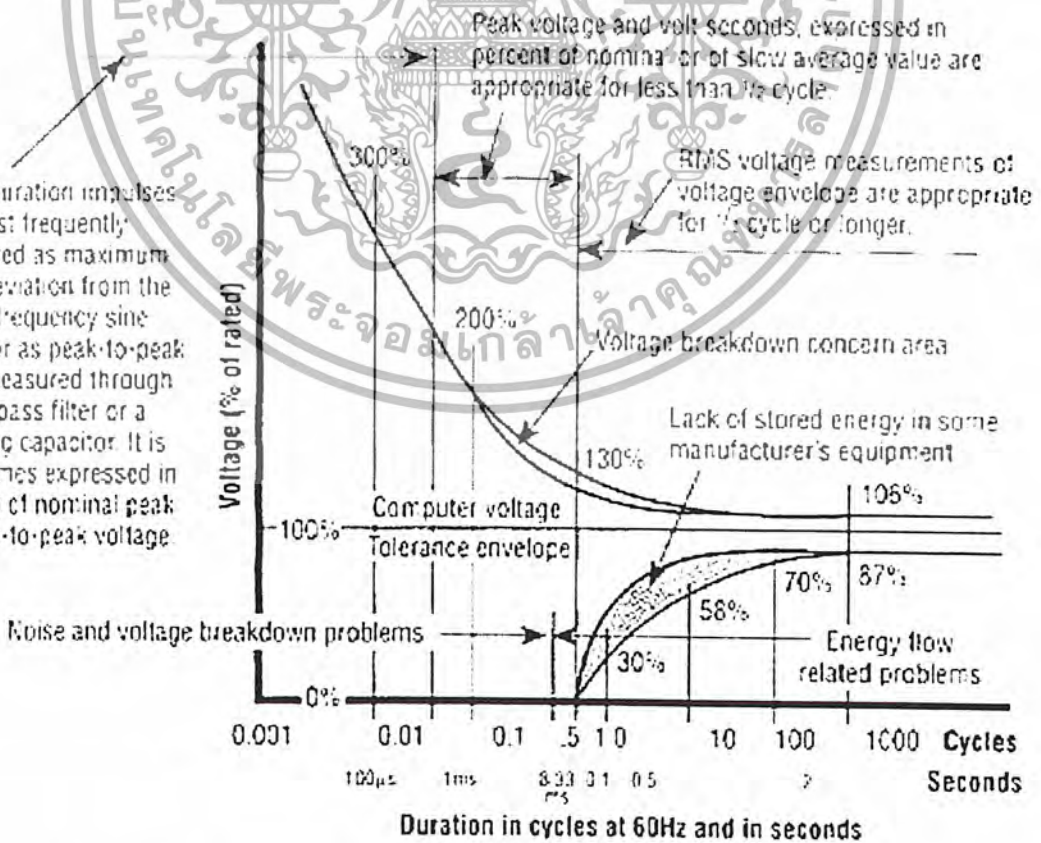
เป็นปัญหาที่ละเอียดอ่อนข้อหนึ่งที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าตก วงจร reset แบบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากถูกออกแบบให้ทำงานที่ “Power up” วงจรนี้จะทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำงานแน่นอน วงจรที่เกี่ยวข้องที่ได้รับคำสั่งจากไมโครโปรเซสเซอร์ จะเริ่มต้นทำงานตาม display ต่างทำงานตามปกติ วงจรนี้ยากที่จะออกแบบเพราะว่าจะต้องทำงานได้ปกติเมื่อกำลังไฟฟ้าอยู่ในสภาวะผิดปกติ

การออกแบบส่วนมากจะตรวจพบแรงดันที่เพิ่มขึ้นซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อเราเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่บางครั้งมันสามารถเกิดขึ้นที่จุดสิ้นสุดของแรงดันตก ไฟฟ้าตก ถ้าวงจร reset เข้าใจผิด (misinterprets) ว่าจุดนั้นเป็นจุดที่เริ่มเปิดใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ในช่วงที่แรงดันไฟฟ้าตกอุปกรณ์จะยังคงทำงานได้ตามปกติ แต่จะถูก reset เมื่อจุดสิ้นสุดของแรงดันไฟฟ้าตกเกิดขึ้น

เพื่อที่จะทำปัญหานี้ให้ยากขึ้นมันเป็นปกติที่ส่วนต่างๆของระบบจะมีวงจร reset ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นมันอาจจะเป็นไปได้ว่าส่วนหนึ่งของระบบจะถูก reset แม้ว่าระบบทั้งหมดจะไม่ถูก reset ด้วยก็ตาม หากไม่มีเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกซึ่งมีระบบรับข้อมูลที่ดี ปัญหานี้ยากที่จะตรวจสอบและแก้ไข

2.4 มาตรฐานกราฟต่าง ๆ ของแรงดันไฟฟ้าตก

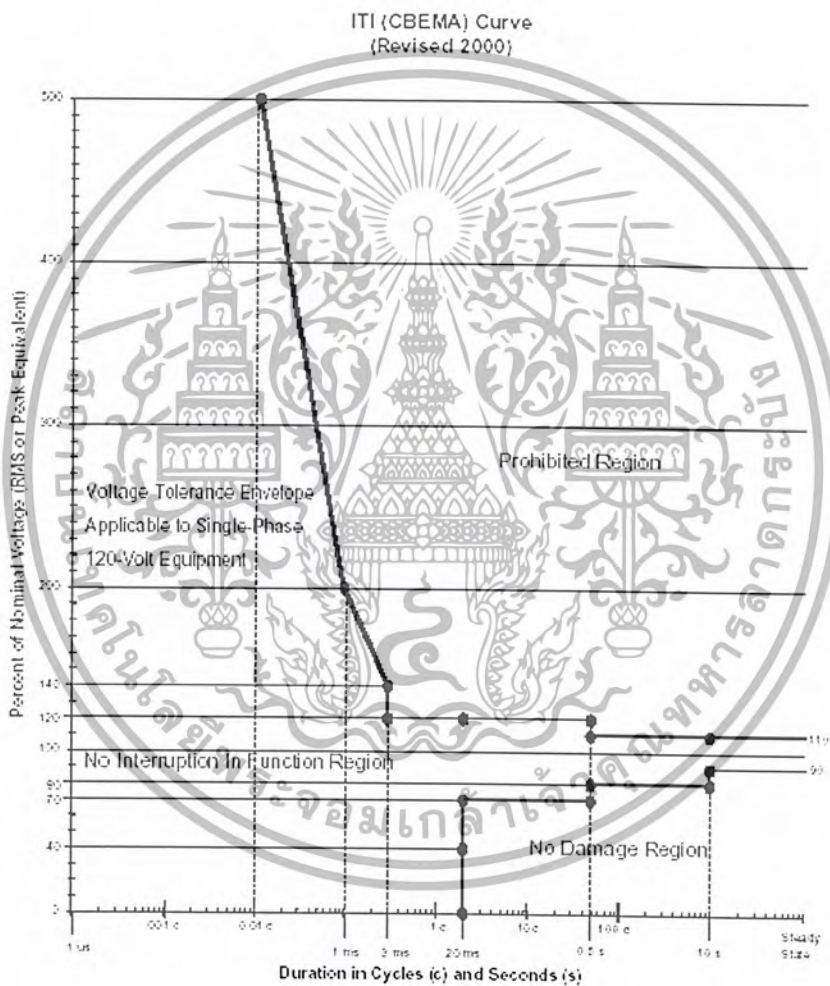
Short duration impulses are most frequently measured as maximum volts deviation from the power frequency sine wave, or as peak-to-peak volts measured through a high-pass filter or a coupling capacitor. It is sometimes expressed in percent of nominal peak or peak-to-peak voltage



### CBEMA Curve

ใช้ในการประเมินค่าคุณภาพของแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ารวมถึง voltage interruption - sag , แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ , แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงกว่าปกติเป็นต้นถูกออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ power supply สำหรับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของสมาชิกเมื่อปี 1977 และได้รับการรับรองโดย ANSI/IEEE Std.446-1987

### ITIC – Information Technology Industry Council



รูปที่ 2-4 ITIC Curve

เส้นโค้ง ITIC ได้มาแทนที่เส้นโค้ง CBEMA เพื่อที่จะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมได้กว้างขวาง คาดว่าจะได้รับการยอมรับโดยองค์กรมาตรฐานต่างๆในอนาคต ปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางทั่วไปใน IEEE Std.1100-1999 ซึ่งได้อธิบายกรณีรบกวน 7 ประการที่เป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**NOTE**

ทั้ง CBEMA และ ITIC ได้มาจากการ ใช้ไฟฟ้าระบบ 120V,60 Hz แต่ยังไม่ได้และวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้ระบบ 240 V,50 Hz

**SEMI – Semiconductor Equipment and Material International**

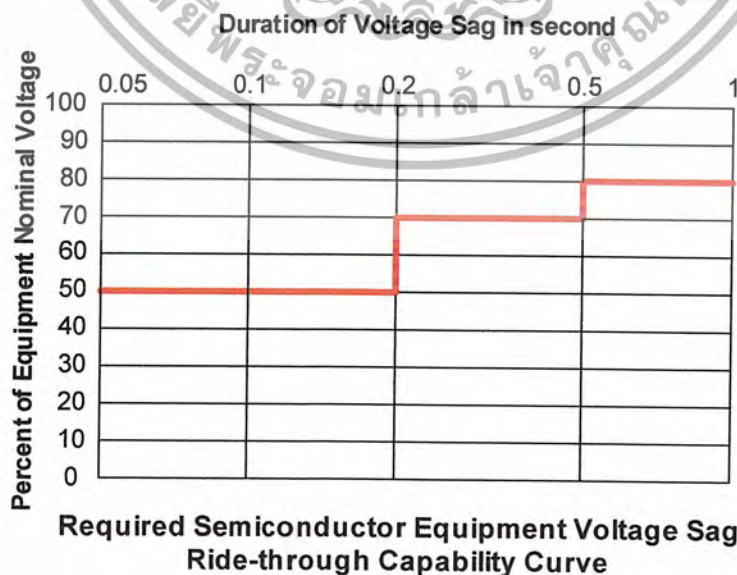
SEMI Curve ถูกสร้างขึ้นจากการรวมกลุ่มหน่วยงานมาตรฐานและผู้ผลิตอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับ semiconductor ซึ่งมีชื่อว่า “task 24” ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ข้อ ได้แก่

- 1.การทดสอบอุปกรณ์
- 2.งานคุณภาพพลังงาน(power quality workshop)
- 3.มาตรฐาน SEMI

โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะมากกว่า 1000 ครั้ง จากโรงงานผลิตสารกึ่งตัวนำ 15 แห่ง ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับเวลาและแรงดันไฟฟ้าตกจะถูกบันทึกในรูปแบบสถิติ แล้วนำมาวิเคราะห์ในการกำหนดคุณลักษณะทั่วไปในการใช้ประโยชน์เพื่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวก ที่ใช้สารกึ่งตัวนำ

**Voltage Sag Duration and Percent Deviation from Equipment Nominal Voltage**

| Seconds (s)   | VOLTAGE DURATION  |                 |                  | VOLTAGE SAG<br>Percent (%) of<br>Equipment Nominal<br>voltage |
|---------------|-------------------|-----------------|------------------|---|
|               | Milliseconds (ms) | Cycle at 60 hz  | Cycle at 50 hz   |   |
| < 0.05 s      | < 0.05 s          | < 3 cycles      | < 2.5 cycles     | Not specified   |
| 0.05 to 0.2 s | 50 to 200 ms      | 3 to 12 cycles  | 2.5 to 10 cycles | 50%   |
| 0.2 to 0.5 s  | 200 to 500 ms     | 12 to 30 cycles | 10 to 25 cycles  | 70%   |
| 0.5 to 1.0 s  | 500 to 1000 ms    | 30 to 60 cycles | 25 to 50 cycles  | 80%   |
| > 1.0 s       | > 1000 ms         | > 60 cycles     | > 50 cycles      | Not specified   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2-5 กราฟมาตรฐาน SEMI F74-0200 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา: SEMI F47-0200 (spec)

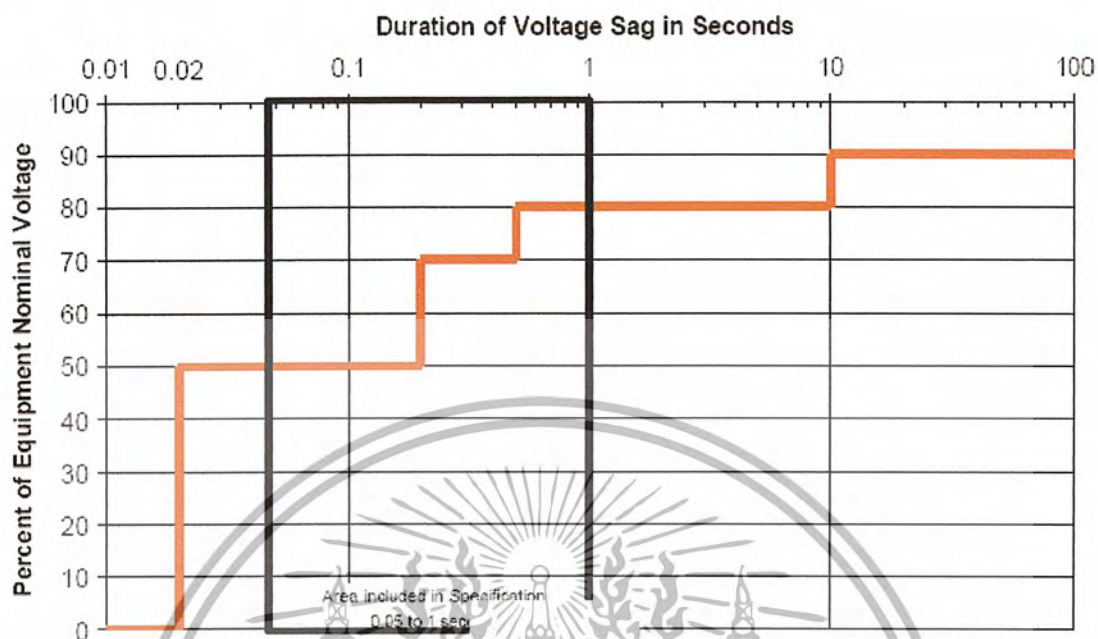


Figure R1-1  
Recommended Semiconductor Equipment Voltage Sag Ride-Through Capability Curve  
from 0 to 100 Seconds

รูปที่ 2-6 กราฟมาตรฐาน SEMI F47-0200 (ต่อ)

SEMI Curve มีมาตรฐานที่อยู่ในระดับที่สูงกว่า ITIC Curve ซึ่งในการนำไปใช้ทดสอบได้กว้างขวาง และมีข้อกำหนดที่เหมาะสมกว่า

#### **NOTE**

SEMI F47 ได้สร้าง ride-through curve ซึ่งได้ดำเนินการพัฒนาควบคู่กับกลุ่มงาน IEEE โดยทั่วไปให้ความสนใจกับ sag ride-through และได้มีการสร้างมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์เพื่อบรรเทาปัญหาด้านเศรษฐกิจศาสตร์ของ sag ride-through IEEE Std.1346-1998

## 2.5 มาตรฐาน SEMI F42-0600

### 1. จุดประสงค์

เป้าหมายของเอกสารฉบับนี้เพื่ออธิบายวิธีทดสอบที่ใช้ในการบอกคุณลักษณะที่มีความรู้สึกไวของการทำงานของสารกึ่งตัวนำ, การวัดขั้วนำหนักและการทดสอบอุปกรณ์โดยอัตโนมัติของแรงดันตก

### 2. ขอบเขต

2.1 เอกสารฉบับนี้อธิบายถึงวิธีการทดสอบและอุปกรณ์ทดสอบที่จะใช้ในการบ่งบอกถึงคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่มีความรู้สึกไวต่อแรงดันไฟฟ้าตก โดยการแสดงให้เห็นถึงระยะและขนาดของกระแสไฟฟ้าตกในรูปแบบของข้อมูลสำหรับอุปกรณ์

หมายเหตุ 1 : การบ่งบอกถึงคุณลักษณะความทนทานของอุปกรณ์ต่อกระแสไฟฟ้าตก ทำให้แสดงถึงความทนทาน หากมีซึ่งอาจจะมึระหว่างความต้านทานของอุปกรณ์ที่แท้จริงและอย่างอื่น หรือการทำงานเฉพาะของกระแสไฟฟ้าตกมากขึ้น

2.2 วิธีทดสอบจะจงสำหรับแต่ไม่จำกัดถึงอุปกรณ์ประเภทที่พูดถึงข้างล่างนี้

- Etch equipment (Dry & Wet)
- Film deposition equipment (CVD & PVD)
- Thermal equipment
- Surface prep and clean
- Photolithography equipment (Skipper & Tracks)
- Chemical Mechanical Polishing equipment
- Iron Implant equipment
- Metrology equipment
- Automated test equipment

2.3 มาตรฐานนี้ไม่ตั้งใจที่จะพูดถึงมาตรฐานความปลอดภัย หากมีเกี่ยวข้องกับการใช้งาน มันเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้มาตรฐานนี้ที่จะสร้างกฎสุขภาพและความปลอดภัยที่เหมาะสม และตัดสินใจข้อจำกัดของกฎก่อนที่จะใช้

### 3. ข้อจำกัด

3.1 มาตรฐานนี้ไม่เอ่ยถึงหัวข้อการทดสอบสำหรับข้อกำหนดของแรงดันไฟฟ้าเกิน

3.2 กฎ ระเบียบและกฎหมายนานาชาติและท้องถิ่น ควรจะถูกปรึกษาเพื่อให้มั่นใจว่าข้อกำหนดในการใช้อุปกรณ์เหมือนกันในแต่ละที่ที่ใช้

### 4. มาตรฐานอ้างอิง

#### 4.1 มาตรฐาน SEMI

SEMI S2 → ชื่อนำด้านความปลอดภัยสำหรับการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

#### 4.2 IEEE มาตรฐาน

IEEE 1250 → ชื่อนำสำหรับการบริการอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อการรบกวนของกระแสชั่วขณะ

หมายเหตุ 2 : อย่างที่บันทึกหรือปรับปรุงเอกสารทั้งหมดที่พูดถึง ควรจะเป็นที่ตีพิมพ์ของมาตรฐานใช้ฉบับล่าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. คำศัพท์

### 5.1 ความหมาย

- 5.1.1 device under test (DUT) อุปกรณ์อยู่ภายใต้การทดสอบ  
กระบวนการของสารกึ่งตัวนำ การซิงค์น้ำหนัก หรือการทดสอบอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ  
มีจุดประสงค์ที่จะทดสอบ รวมถึงโครงสร้างหลักของอุปกรณ์และระบบย่อยทั้งหมด  
ซึ่งพลังงานไฟฟ้าได้รับผลกระทบโดยตรง การดำเนินงานของระบบอุปกรณ์ EMO
- 5.1.2 emergency off circuit (EMO) วงจรปิดฉุกเฉิน  
วงจรควบคุมซึ่งเมื่อไม่ทำงานจะทำให้อุปกรณ์อยู่ในสภาวะปิดอย่างปลอดภัยและจะจำกัด  
ความเป็นไปได้ที่ร้ายแรงในการปิดของกำลังไฟฟ้านี้คือสภาวะที่กระแสที่ร้ายแรงถูกจำกัด  
จากอุปกรณ์และการไหลของวัตต์อันตรายที่ผลิตหยุดลง, พลังงานรังสีหยุดกระตุ้นหรือ  
อุปกรณ์ที่แสดงให้เห็นว่ามีความร้ายแรงน้อยต่อบุคลากร หรือสิ่งอำนวยความสะดวก
- 5.1.3 point of connection (POC) จุดเชื่อมต่อ  
จุดที่อุปกรณ์อำนวยความสะดวกเชื่อมไปยังอุปกรณ์ภายนอก
- 5.1.4 ride-through capability ความคงทน  
ความสามารถของอุปกรณ์ที่จะทนการรบกวนชั่วขณะหรือกระแสไฟฟ้าตก ซึ่งสามารถเรียก  
อีกอย่างว่า ความทนทานของแรงดันไฟฟ้าตก
- 5.1.5 Sag generator  
อุปกรณ์ทดสอบที่สามารถลดการจ่ายแรงดันไปยังอุปกรณ์อยู่ภายใต้การทดสอบสำหรับ  
ระยะเวลาที่ระบุ
- 5.1.6 Voltage sag (แรงดันไฟฟ้าตก)  
การลดของค่าประสิทธิผล ที่พลังงานความถี่สำหรับระยะเวลาครึ่งหนึ่งของวงจรต่อไม่ก็  
วินาที (IEEE 1250) รู้ในอีกชื่อหนึ่งว่า “voltage dip”

## 6. อุปกรณ์ทดสอบ

### 6.1 ระบบข้อมูลที่ได้มา Data Acquisition System (DAS)

DAS จะอนุญาตให้มีการควบคุมของอุปกรณ์อยู่ภายใต้การทดสอบและเลือกระบบย่อยระหว่างการ  
ทดสอบ DAS จะวัดแรงดันและกระแสอย่างน้อย 2 วงจร (40/33 ms) ก่อน, ระหว่าง, และอย่าง  
น้อย 2 วงจร 2 วงจร (40/33 ms) หลังจากเกิดแรงดันตก DAS จะต้องทำงานตามคุณลักษณะที่  
ถูกจำกัดในตารางที่ 2-3

หมายเหตุ 3 : (40/33 ms) หมายถึง 40 ms ที่ 50 Hz หรือ 33 ms ที่ 60 Hz

| Parameter                       | Requirements                                      |
|---------------------------------|---|
| Measurement Accuracy            | $\pm 3$ percent of reading                        |
| Minimum Sample Rate             | 900 Hz  |
| Minimum Number of Analog Inputs | As required By the Test Plan (see Section 10.1.4) |

ตารางที่ 2-3 Data Acquisition System Performance Requirements

### 6.2 Digital Volt Meter (DVM)

Digital Meter กับแรงดันและกระแสการทดสอบวัด การทำงานต่ำสุดต้องการความแม่นยำ 1%, ค่าประสิทธิภาพที่แท้จริง และ resolution ของ 3 ½ digits

### 6.3 Sag Generator

Sag Generator จะต้องสามารถจัดหาแรงดันไฟฟ้าตกของการควบคุมขนาดและเวลาเปรียบเทียบ การจัดหาแรงดันของ DUT Sag Generator จะต้องสามารถสร้างแรงดันตกบนระยะเวลาและขนาดที่ต้องการ Sag Generator จะต้องสามารถสร้างแรงดันที่เป็นเอาต์พุตได้เองบนระยะ โหลดแต่ละอัน Sag Generator จะต้องทำงานตามคุณลักษณะใน ตารางที่ 2-4

| Parameter  | Requirements  |
|--|---|
| Insertion loss (the difference between sag generator input and output voltages when set to 100 % of nominal) | Less than 1.5 %   |
| Change in output voltage as load is varied from 0-100 % (steady state load regulation)                       | $\pm 5$ %   |
| Output current capability  | As required By the DUT                                    |
| Capability to supply inrush current  | Not to be limited by the sag generator                    |
| Under all conditions, the maximum deviation from required voltage (dynamic load regulation)                  | Less than $\pm 10$ % for not more than 1 cycle (20/17 ms) |

ตารางที่ 2-4 Sag Generator Performance Requirements

## 7. คำเตือนด้านความปลอดภัย

**หมายเหตุ 4 :** คำเตือนเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับการทดสอบแรงดันไฟฟ้าตกและควรจะคำนึงถึงว่าเป็นการแนะนำเท่านั้น เนื่องจากกฎด้านความปลอดภัยแต่ละท้องถิ่นแตกต่างกัน กฎระเบียบและกฎหมายนานาชาติ, ประจำชาติและท้องถิ่น ควรจะปรึกษาเพื่อให้มั่นใจว่าข้อกำหนดในการใช้อุปกรณ์เหมือนกันในแต่ละที่ที่ใช้

7.1 การทำงานควรจะเป็นไปตามกฎระเบียบมาตรฐานความปลอดภัยของอุตสาหกรรม แผงควบคุมไฟฟ้าอาจจะถูกเปิดออกเพื่อที่จะต่อการทดสอบแรงดัน และวางเส้นสายพลังงานไปยังและจาก sag generator งานนี้ได้ถูกจัดเป็น Type 2 Energized Electrical work per SEMI S2 การทดสอบอุปกรณ์ผู้ผลิตด้านความปลอดภัยควรจะถูกทำตาม

### 7.2 ความปลอดภัยของคนงาน

7.2.1 ระหว่างทดสอบ lock และ Tag (lockout/tag out) ขั้นตอนควรจะถูกทำตามเพื่อควบคุมพลังงานอันตราย วงจรไม่ควรจะถูกเชื่อมต่อหรือต่อสายเมื่อยังมีไฟอยู่ รวมถึงการต่อพลังงานและการต่อเชื่อมของอุปกรณ์ควบคุมการทดสอบต่าง ๆ

7.2.2 บริเวณรอบ ๆ อุปกรณ์ที่อยู่ภายใต้การทดสอบ (DUT) ควรล้อมรอบออกและควรมีสัญลักษณ์ที่เหมาะสม ดิคประกาศ "Test In Progress"

7.2.3 คนงานควรจะสามารถใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยที่เหมาะสมตลอดเวลา

7.2.4 บุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่จะสามารถเข้าไปในบริเวณที่ถูกล้อมรอบออก

7.2.5 งานจะถูกทำตามขั้นตอนการทดสอบ

7.2.6 การเชื่อมต่อกันควรจะถูกสมบูรณ์แบบก่อนเริ่มทำงาน

### 7.3 ความปลอดภัยของอุปกรณ์

7.3.1 sag generator ควรจะมีป้ายประกาศไม่ผ่านด้านความปลอดภัย

**หมายเหตุ 5 :** อุปกรณ์ที่ถูกกระแสไฟตกผ่านซ้ำ ๆ กัน ไม่น้อยกว่า 80% ของปกติมากกว่า 3 วินาที อาจจะทำให้เกิดความเสียหายได้

7.3.2 sag generator ควรจะถูกปกป้องโดยขนาดของ branch circuit breaker ที่เหมาะสมที่แหล่งพลังงานที่ใช้และมันจะปกป้อง sag generator และ DUT จากการลัดวงจรและการทำงานเกินพิกัด

7.3.3 ควรจะปกป้อง DUT อย่างที่สุดและอุปกรณ์ทดสอบอื่นเช่นกัน ซึ่งจะสามารถมีผลเสียหายไปยัง DUT แม้มีความเป็นไปได้เล็กน้อยก็ตาม เจ้าของอุปกรณ์ควรจะรับรู้ถึงความเป็นไปได้ของความเสียหาย

## 8. ตัวอย่างและข้อมูลการทดสอบ

8.1 คุณลักษณะของการทดสอบถูกทำบนตัวอย่างของการผลิตไม่ใช้บนผลผลิตแต่ละชิ้น คุณลักษณะการทดสอบจะถูกใช้กับอุปกรณ์ที่ถูกผลิตในแต่ละการออกแบบ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนมากหรือหนึ่งในล้าน อุปกรณ์ที่จะเลือกสำหรับการทดสอบควรจะสะท้อนตัวอย่างการผลิตในปัจจุบันของผู้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 เอกสารฉบับนี้ได้พยายามทดสอบการดำเนินการของสารกึ่งตัวนำ, การวัดน้ำหนักร และ การทดสอบ อุปกรณ์แบบอัตโนมัติในรูปแบบการทำงานสมบูรณ์แบบภายใต้สภาวะที่จริงของการใช้เพื่อที่จำลอง สภาวะร้ายแรงที่สุด การทดสอบที่ถูกอธิบายในเอกสารนี้ควรจะถูกทำระหว่างการทำงานที่อ่อนไหว สุดของอุปกรณ์ตามที่ผู้จัดหาอุปกรณ์ตัดสินใจ

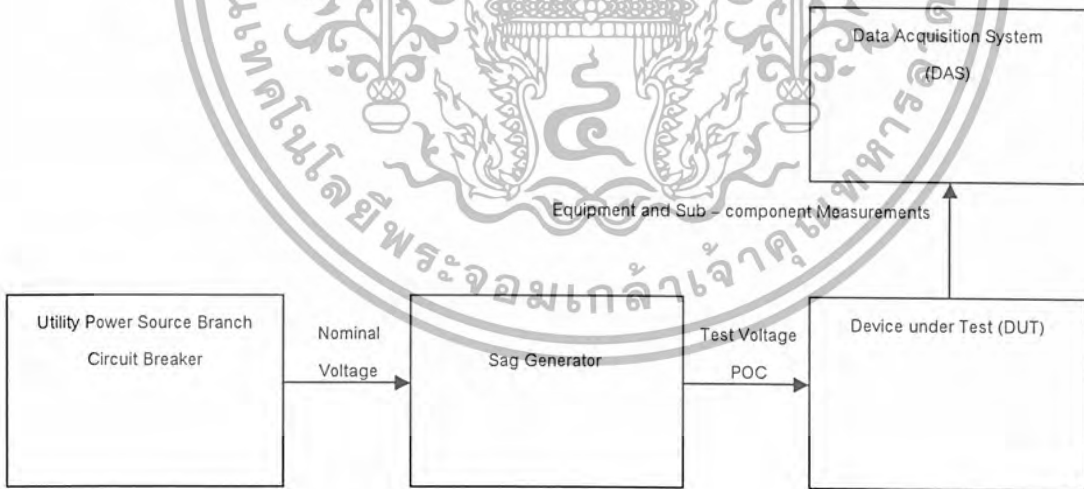
9. การตั้งการทดสอบ

9.1 การตั้งการทดสอบควรมี sag generator และ DAS

9.2 เมื่อกระแสที่ต้องการ โดย DUT อยู่ในอัตราของ sag generator, sag generator ควรจะถูกต่อ ระหว่างพลังงานที่เข้ามาและ POC บน DUT หากกระแสที่ต้องการ โดย DUT มากกว่าอัตราของ sag generator ดังนั้นแต่ละระบบย่อยของ DUT ควรจะถูกทดสอบต่างหาก

9.2.1 หากระบบย่อยของ DUT ถูกทดสอบต้องการเนื่องจากข้อจำกัดของ sag generator แต่ละ ระบบย่อยจะถูกทดสอบแต่ละตัวกับส่วนประกอบ ชิ้นของการทำงานของ DUT การทดสอบ ในรูปแบบนี้ interlocks หรือ สัญญาณเตือนภัยที่อาจจะทำงานระหว่างทดสอบจะเห็นอย่าง แน่ชัด ทดสอบ main power ของ DUT อาจจำเป็นจะต้องจัดหาพลังงานไปยัง main power เท่านั้น และระบบย่อยปิด เพื่อคุณลักษณะของวงจร main power ของ DUT module EMO เป็นที่รู้จักแล้ว การทดสอบระบบย่อยของ DUT จะถูกทดสอบได้ตามที่ อธิบาย

9.2.2 พลังงานลงไปยัง DUT



รูปที่ 2-7 Test Setup

หมายเหตุ : การทดสอบแบบ Single – phase จะถูกใช้นำมาอธิบายเพื่อความเข้าใจ

9.2.3 พลังงานที่ไม่ทำงาน และ lock out / tag out the DOT. POC.

9.2.4 พลังงานที่ไม่ทำงาน และ lockout / tag out ของแรงดันที่จัดหาที่จุดใช้งาน DUT branch circuit breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 9.2.5 ชีตั่วพลังงานที่ใช้ branch circuit breaker ที่จะใช้เป็นพลังงานของ sag generator หลังจากนั้นปิดอุปกรณ์นั้น โดย lockout / tag out
- 9.2.6 ทำตามคำแนะนำของผู้ผลิต sag generator เชื่อมต่อ input ของ sag generator สำหรับแต่ละ phase , ground และ neutral (หากจำเป็น) ไปยังจุดพลังงาน branch circuit breaker
- 9.2.7 ทำตามคำแนะนำของผู้ผลิต sag generator เชื่อมต่อ output ของ sag generator ไปยัง DUT POC
- 9.2.8 ทำตามคำแนะนำของผู้ผลิต DAS เชื่อมต่อช่อง DAS ไปยังจุดวัดที่เหมาะสมบน DUT จุดวัดข้อมูลที่ได้มาควรจะถูกอธิบายในแผนการทดสอบ (10.1.4) จุดวัดข้อมูลที่ได้มาโดยทั่วไปสำหรับอุปกรณ์ สารกึ่งตัวนำได้ถูกจดในตารางที่ 2-5

| No | Data Acquisition Measurement Points                |
|----|--|
| 1  | Ia, phase A current                                |
| 2  | Ib, phase B current                                |
| 3  | Ic, phase C current                                |
| 4  | Va - n ,phase a - n voltage                        |
| 5  | Vb - n ,phase b - n voltage                        |
| 6  | Vc - n ,phase c - n voltage                        |
| 7  | Instrument Power Supplies output voltage           |
| 8  | Emergency off Relay Contact                        |
| 9  | Equipment power Contractor contact                 |
| 10 | Equipment controller power supplies output voltage |

ตารางที่ 2-5 Typical Data Acquisition Measurement Points

- 9.2.9 ระหว่างการทดสอบแรงดันไฟฟ้าตก output ของ sag generator จะต้องถูกควบคุมโดยระบบ DAS ขนาดของ DAS monitored sag waveform จะต้องถูกใช้ในการตัดสินใจขนาดของสถานการณ์จริงเมื่อขนาดอาจแตกต่างกันสภาวะตกที่จัดตั้งบนอุปกรณ์ทดสอบ
- 9.2.10 ตรวจสอบการต่อทั้งหมดด้วยสายตา
- 9.2.11 เอา lockout / tag out ออกจาก sag generator utility power supply branch circuit breaker
- 9.2.12 ส่งพลังงานไฟฟ้าไปยัง sag generator's utility power source branch circuit
- 9.2.13 เริ่มระบบ sag generator และตั้ง output สำหรับ 100% ของค่าแรงดันปกติของ DUT
- 9.2.14 ใช้ digital voltmeter วัดและจดแรงดันตามลำดับที่ output ของ sag generator
- 9.2.15 เอา lockout / tag out ออกจาก DUT POC
- 9.2.16 ส่งพลังงานไปยัง DUT
- 9.2.17 ให้ DUT online แต่อยู่ในสภาวะไม่ทำงาน
- 9.2.18 ใช้ digital voltmeter วัดและจดระยะแรงดันที่จุด output ของ sag generator หากต้องการเคลื่อน output ของ sag generator สำหรับ 100% ของแรงดันปกติของ DUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 9.2.19 ตั้ง sag generator สำหรับ 95% ของ DUT ปกติ 10 รอบ (200/167 ms) แรงดันตกบน 1 phase
- 9.2.20 จากการควบคุมของ sag generator เริ่มสภาวะแรงดันไฟฟ้าตก
- 9.2.21 จาก DAS ตรวจสอบว่าการทดสอบสภาวะแรงดันไฟฟ้าตกอยู่ในความต้านทานที่ระบุ
- 9.2.22 จาก DAS ตรวจสอบว่าจุดควบคุมดูแลได้จดสภาพข้อมูลที่คาดหวัง

## 10. ขั้นตอนการทดสอบ

10.1 ในการที่จะได้ผลลัพธ์ที่มีความหมาย และเปรียบเทียบได้จากการทดสอบความต้านทานแรงดันไฟฟ้าตกบนอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ขั้นตอนต่อไปนี้จะนำมาใช้

- 10.1.1 วิศวกรผู้ทดสอบควรศึกษาและเข้าใจพลังงานที่ไหลของ DUT และ ระบบ safety interlocking ของ DUT
- 10.1.2 วิศวกรผู้ทดสอบควรจะตัดสินใจจุดประสงค์ของการทดสอบ (อย่างเช่น เพื่อบอกถึงคุณลักษณะความไวของ DUT ต่อแรงดันไฟฟ้าตกในระยะเวลาที่กำหนดและอธิบายขนาดของแรงดันต่ำสุด)
- 10.1.2.1 วิศวกรผู้ทดสอบควรอธิบายขนาดของเวลาต่ำสุดและสูงสุดซึ่งทดสอบแรงดันไฟฟ้าตกควรจะจัดไปยัง DUT (อย่างเช่น 0.05 วินาที ถึง 1 วินาที ซึ่งได้กำหนดไว้ใน ride through ของแรงดันไฟฟ้าตก ฯลฯ)
- 10.1.2.2 วิศวกรผู้ทดสอบควรอธิบายขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกขนาดต่ำสุด ซึ่งจะถูกใช้กับ DUT ในขนาดของระยะเวลาทดสอบ (อย่างเช่น ปกติ 0 V สำหรับระยะเวลาสูงสุด ซึ่งได้กำหนดไว้ใน ride through ของแรงดันไฟฟ้าตก ฯลฯ)
- 10.1.3 วิศวกรผู้ทดสอบควรอธิบายว่าการทดสอบสมบูรณแบบสำหรับแต่ละ phase mode เพื่อไม่ว่าจะเป็นการรบกวนของอุปกรณ์เกิดขึ้นที่ระยะเวลาการทดสอบต่ำสุดไม่สนใจถึงขนาดของแรงดัน หรือการทดสอบได้ทำตามแรงดันต่ำสุด โดยไม่มีการรบกวนของอุปกรณ์
- 10.1.4 บนความรู้ที่ได้รับในการศึกษา DUT และจุดประสงค์ของการทดสอบ วิศวกรผู้ทดสอบควรเตรียมแผนการทดสอบที่แน่นอนที่อ้างอิงวิธีการทดสอบนี้กับวันและหัวข้อและรวมหัวข้อต่างๆ เหล่านี้เป็นอย่างน้อย
- ชื่อขั้นตอนการทำที่อ่อนไหวที่สุด และขั้นตอนที่จะใช้ในการทดสอบ
  - แรงดันไฟฟ้าตกต่ำสุดที่จะใช้ (อย่างเช่น 0% ,50% ฯลฯ)
  - แรงดันไฟฟ้าตกที่จะเปลี่ยนมากขึ้นไม่มากกว่า 5% (อย่างเช่น 5% ฯลฯ)
  - ระยะเวลาตกที่มากที่สุดในแต่ละแรงดันไฟฟ้าตก (อย่างเช่น โดยการตัดสินใจโดยข้อกำหนดของ ride through ของแรงดันไฟฟ้าตก ซึ่งอาจสร้างความเสียหายสำหรับ DUT ฯลฯ)
  - ระยะเวลาการทดสอบการตก (อย่างเช่น 0.05 ,0.2 ,0.5 , 1.0 วินาที)
  - รูปแบบ mode ที่ต้องใช้ (อย่างเช่น phase - to - neutral ,phase - to - phase)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตำแหน่งมุมที่เริ่มเกิดแรงดันไฟฟ้าหากควบคุมได้ ให้เริ่มที่ 0 องศา หากควบคุมไม่ได้ ให้จัดบันทึกไว้
- Data Acquisition Measurement Points (คูตารางของมาตรฐาน SEMI F42 ในภาคผนวก)

10.2 ขั้นตอนการทดสอบต่อไปนี้จะควรทำควบคู่ขณะ DUT ไม่ทำงานและในขณะที่ DUT กำลังทำงานในรูปแบบอ่อนไหวสุด

10.3 ขั้นตอนการทดสอบต่อไปนี้จะควรทำกับการตกที่ใช้ใน แต่ละรูปแบบ phase ที่ระบุไว้ในแผนการทดสอบ

10.3.1 สำหรับ single - phase - loads ,การตกควรจะใช้จาก phase - to - neutral ใช้เพียงโหมดเดียวในรูปแบบทั้งหมด

10.3.2 สำหรับภาระไฟฟ้าสามเฟส โดยไม่มี neutral conductor แรงดันไฟฟ้าตกควรจะถูกใช้จาก phase - to - neutral ระหว่าง phase แต่ละคู่ สำหรับ 3 รูปแบบทั้งหมด

10.3.3 สำหรับภาระไฟฟ้าสามเฟส กับ neutral conductor แรงดันไฟฟ้าตกควรจะถูกใช้จาก phase - to - neutral (สำหรับ phase แต่ละตัว และจาก phase - to - phase ระหว่าง phase แต่ละคู่ สำหรับรูปแบบทั้งหมด 6 แบบ

10.4 ใช้ DVM วัดและจดแรงดันที่เห็นจริงในที่ทดสอบฝั่งเส้นของ sag generator ,phase - to - neutral (หากมี) และ phase - to - phase(หากมี)

10.5 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าการตั้งการทดสอบสมบูรณ์แบบแล้ว

10.6 ตั้ง sag generator ถึง 100% ของแรงดันปกติของ DUT วิ่งตามขั้นตอนการทดสอบต่อไป

10.6.1 ตั้ง sag generator ไปยังแรงดันไปยังค่าต่อไปนี้ต่ำกว่าตามที่ ได้ตัดสินใจในการเพิ่มแรงดันไปยังตกในแผนการทดสอบซึ่งไม่มากกว่า 5%

10.6.2 ตั้ง sag generator ให้มีระยะเวลาตกต่ำสุดสำหรับแรงดันไฟฟ้าตกนี้ในแผนการทดสอบ

10.6.3 เริ่มสภาวะการตรวจสอบผลรอบคืนขนาด (sag depth) และระยะเวลา

หมายเหตุ 6: จะเป็นผลดีหากจะคล้ายลักษณะเพิ่มเติม เช่น รูปคลื่นของ DAS หากมีการรบกวนของ DUT 15 ครั้ง

10.6.4 ตั้ง sag generator ไปยังแรงดันไฟฟ้าตกขนาดที่ต่ำกว่าตามแผนการทดสอบ

10.6.5 เริ่มสภาวะการตกจากผลรวมคืนขนาด (sag depth) และระยะเวลา

10.6.6 ถ้าหัวข้อ 10.6.4 ถึงหัวข้อ 10.6.5 ชำนาญกว่าระยะเวลาทั้งหมดสมบูรณ์แบบสำหรับขนาดแรงดันไฟฟ้าตกตามแผนการทดสอบแล้วทำตามหัวข้อ 10.6.7 ต่อ

10.6.7 ถ้าหัวข้อ 10.6.1 ถึงหัวข้อ 10.6.6 จนกว่าขนาดแรงดันไฟฟ้าตกทั้งหมดสมบูรณ์แบบสำหรับ phase รูปแบบนี้ตามแผนการทดสอบแล้ว ทำตามหัวข้อ 10.6.8 ต่อ

10.6.8 หากต้องการปรับเปลี่ยนการทดสอบสำหรับรูปแบบ phase รูปแบบเดิมและทำตามหัวข้อ

10.6.1 ถึงหัวข้อ 10.6.7 ชำนาญกว่าการทดสอบจะสมบูรณ์แบบสำหรับรูปแบบ phase

ทั้งหมดนี้ทำตามหัวข้อ 10.6.9 ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 10.6.9 หากต้องการกลับไปตั้งการทดสอบตามการเริ่มต้นแรกของ phase รูปแบบเดิมและทำหัวข้อ 10.6.1 ถึงหัวข้อ 10.6.9 ซ้ำจนกว่าการทดสอบสำหรับรูปแบบการทำงานทั้งหมด (อย่างเช่น ขนาดไม่ทำงาน , รูปแบบเวลาอ่อนไหวสุด)

## 11. การตีความหมายของผลการทดสอบ

- 11.1 การฉีดแรงดันไฟฟ้าตกไปยังอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสามารถทำให้เกิดการปิดตัวลงของกลไกอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่แรงดันไฟฟ้าตกกลไกปิดลงร่วมกับ EMO circuiting , อุปกรณ์และที่ควบคุมการจัดส่งพลังงาน , motion control drives และ voltage monitoring relays
- 11.2 การปิดตัวลง หรือ drop out ขององค์ประกอบสามารถอธิบายได้ว่าเกิดเมื่อ Monitored โดย DAS ได้ coupled อย่างแน่นไปควบคุมของ sag generator ตามรูปที่ 2-3 (ดูในภาคผนวก)แสดงถึงการปิดตัวลงของการจัดส่งพลังงานระหว่าง 55% ของ 10 วงจรปกติ (200/167 ms) แรงดันไฟฟ้าตก
- 11.3 รูปที่ 2 (ดูในภาคผนวก) แสดงถึง output ของแรงดัน ไฟฟ้าตกที่แท้จริงหลังจาก sag generator และ รูปที่ 3 (ดูในภาคผนวก) แสดงถึง output ของพลังงานที่จัดส่ง กับ DAS สามารถเห็นว่าพลังงาน output ที่จัดส่งเริ่มตกลง 3 วงจร (60/50 ms) ไปยัง 55% ของสภาวะตกตามปกติ ทำให้ DUT เกิดการรบกวน

## 12. รายงานผลการทดสอบ

- 12.1 รายงานแบบการทดสอบที่ระบุ และ หากใช้, ระบุ wide through ของแรงดัน ไฟฟ้าตก
- 12.2 รายงานผู้ผลิต, รหัสรุ่น, การปรับปรุง (หากมี) และขั้นตอนการทำงานสำหรับ DUT
- 12.3 รายงานประเภทของ sag generator และ ความแม่นยำของอุปกรณ์ทดสอบ
- 12.4 รายงานผลของการทดสอบแรงดันไฟฟ้าตกในรูปแบบที่ตาราง (ดูตารางที่ 4 และ 5 ในภาคผนวก) และจุดกราฟ, ขนาดของแรงดัน (y) และระยะเวลา (x) - กราฟควรจะถูกแยกออกเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลของการทดสอบ single - phase และการทดสอบของ phase - to - phase หากใช้เพิ่มจุดของ ride - through ของ แรงดัน ไฟฟ้าตกบนกราฟการทดสอบ ผลของแรงดันตก (รูปที่ 4 และ 5 ในภาคผนวก)
- 12.5 รายงานผลของสภาวะตรวถึงสาเหตุของการรบกวนของ DUT (อย่างเช่น EMO relay dropped out, การปิดตัวลงของการจัดส่งพลังงาน ฯลฯ)
- 12.6 ผลสรุปรายงานของการทดสอบความต้านทานแรงดันไฟฟ้าของ DUT (อย่างเช่น Key immunity data point , ที่ยอมหรือไม่ยอมกับการ ride - through ของแรงดัน ไฟฟ้าตกที่ระบุไว้ , การปฏิบัติที่ถูกต้อง ฯลฯ)

## 13. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

### 13.1 มาตรฐาน IEC

- 13.2 IEC 61000-4-11 Electromagnetic Capability (EMC) ส่วนที่ 4 เทคนิคการทดสอบและวัด ตอนที่ 11 แรงดัน ไฟฟ้าตก, การรบกวนชั่วขณะ, และการทดสอบความต้านทานของแรงดันที่ต่างกัน ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง Sag Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### R1-1 ประเภทของ sag generator

R1-1.1 อย่างที่ได้อธิบายในวิธีการทดสอบในส่วนของ IEC-61000-4-11 มีอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้าตก sag generator ที่ใช้ส่วนใหญ่ 2 ประเภท

- 1) Variable transformer switch
- 2) Power amplifier

R1-1.2 ทั้งสองหน่วยที่แสดงในส่วนนี้สามารถฉีด phase – shifting ไปยัง output ของรูปแบบคลื่นหน่วยทั้งหมด นอกเสียจาก Contactor base transformer – switch type ซึ่งสามารถควบคุมบนบางจุดของคลื่น

### R1-2 ประเภทของ Transformer – Switch

R1-2.1 ประเภทของ sag generator ที่ได้ถูกสร้างกับ insulated gate bipolar transistor (IGBT) , silicon control rectifier (SCR) , หรือ Contactor ใช้เป็นอุปกรณ์ switching IGBT Switch ควบคุมได้มากที่สุดกับความสามารที่จะควบคุมได้แม่นยำบนรูปแบบคลื่นซึ่งเริ่มจากและการจบลงของแรงดันไฟฟ้าตก (0-360 องศา) กับ SCR switch จุดบนคลื่นของการเริ่มของแรงดันไฟฟ้าตกสามารถควบคุมได้ แต่จุดตัดออกของแรงดันไฟฟ้าตกจะถูกตั้งที่ไว้ที่ 0 องศา ในระบบพลังงานที่เป็นจริงจุดบนคลื่นที่แรงดันไฟฟ้าตกเกิดจะเป็นการสุมและคาดเกณฑ์ไม่ได้ ผู้รับเหมาจะตั้งสมมติฐานของการสุมในระบบพลังงานที่เป็นจริงบนจุดคลื่นที่แรงดันไฟฟ้าตกเริ่มและควบคุมไม่ได้ แต่ขึ้นอยู่กับเวลา (lag time) ระหว่างเริ่มการทำงานของขดลวดของ contactor และการปิดของ contactor รูปที่ R1-1 (ดูในภาคผนวก) แสดงถึง three – phase sag generator test กับ data congestion

R1-2.3 ตามที่เห็นจาก R1-1 แรงดันไฟฟ้าตกได้ถูกฉีดไปยัง load ซึ่งอ้างอิงว่าเป็น routed เมื่อ three variable transformers แสดงให้เห็นเพียงว่าต้องใช้กระแสระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกพวกมัน ไม่ต้องใช้อัตรากระแสต่อเนื่อง

### R1-3 Power Amplifier Type

ระบบการใช้ประเภทนี้ใช้การควบคุม wave form generator , data acquisition system และ ส่วนของ power amplifier เมื่อ Amplifier ประเภทนี้สามารถตั้งได้สูงจนสามารถกระตุ้นได้สูงบนจุดบนคลื่นหรือ phase – shift ตามต้องการ Power amplifier base sag generator จากปกติจะหนักและพกพาอย่างมากกว่าตัว transformers switch รูปแบบการทดสอบของ three – phase ของ sag generator ประเภทนี้แสดงใน รูปที่ R1-2 (ดูในภาคผนวก)

## 2.6 มาตรฐาน SEMI F47-0200

### ข้อกำหนดของดำเนินการ

ข้อกำหนดนี้ได้ถูกรับรองทางเทคนิคโดย Global Facilities Committee และมีหน้าที่รับผิดชอบ โดยจาก North American Facilities Committee ฉบับปัจจุบันได้ถูกรับรองจาก North America Regional Standards Committee วันที่ 15/12/92 และให้คู่มือที่ [www.semi.org](http://www.semi.org) ในเดือนมกราคม 2000 และจะถูกพิมพ์ในเดือน กุมภาพันธ์ 2000

#### 1. วัตถุประสงค์

1. อุตสาหกรรมที่มีการนำเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำเป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตซึ่งต้องการคุณภาพของพลังงานไฟฟ้าสูงเนื่องจากความอ่อนไหวของอุปกรณ์และการควบคุมการใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจะอ่อนไหวต่อแรงดันไฟฟ้าตก เอกสารนี้อธิบายถึงความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ภายใต้แรงดันไฟฟ้าตกที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินการดำเนินการสารกึ่งตัวนำ วิทยาศาสตร์แห่งการวัดช่วงและดวงและเครื่องทดสอบอัตโนมัติ

2. จุดประสงค์ของมาตรฐานสากลถูกสร้างขึ้นเพื่อที่จะสร้างความพอใจให้กับความต้องการในภาคอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ ซึ่งจะมีความสลับสนมากกว่ามาตรฐานทั่วไป ที่มีอยู่ (ข้อกำหนดของอุตสาหกรรมนี้ไม่ขัดแย้งกับกฎเกณฑ์อุปกรณ์ทั่วไปซึ่งรู้ชื่อจากที่อื่นหรือมาตรฐานอุปกรณ์ทั่วไปจากองค์กรอื่น คู่มือที่ Related Information Section)

3. มาตรฐานถูกเจตนาจัดขึ้นเพื่อกำหนดการดำเนินการอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งจะนำไปซึ่งการพัฒนาในการออกแบบระบบอุปกรณ์ ในขณะที่รู้กันว่าในบางเรื่อง หรือ การกำหนดการใช้งานของระบบอุปกรณ์การเก็บรักษาแบตเตอรี่ที่อาจจะเหมาะสมซึ่งมาตรฐานที่ไม่ได้เจตนาที่จะเพิ่มขนาดหรือการใช้อุปกรณ์เก็บรักษาแบตเตอรี่ซึ่งมีให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าสในจุดพัฒนาองค์ประกอบของอุปกรณ์ และระบบออกแบบซึ่งควรจะนำมาถึงการลดและกำจัดการใช้อุปกรณ์เก็บรักษาแบตเตอรี่ซึ่งจะได้รับความไว้วางใจของอุปกรณ์ระหว่างสถานการณ์แรงดันไฟฟ้าตก

#### 2. ขอบเขต

1. เอกสารนี้กำหนดความสามารถขั้นต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดผ่าน ไปยัง ข้อกำหนดของการออกแบบสำหรับอุปกรณ์อุตสาหกรรมของสารกึ่งตัวนำ ความสามารถการทำงานของอุปกรณ์จะถูกแสดงผ่านกราฟบนอาร์ตแสดงระยะแรงดันไฟฟ้าตกและเปอร์เซ็นต์ผิดปกติของอุปกรณ์แรงดันปกติ มาตรฐานและวิธีการทดสอบการประเมินค่าจะมีอยู่ด้วย

2. โฟกัสแรกของข้อกำหนดของการใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจะถูกรวมและจำกัดตามประเภทของอุปกรณ์ต่อไปนี้

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการล้างฟิล์ม
- อุปกรณ์ที่ให้ความร้อน
- งานเทคนิคการพิมพ์ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ทางบริษัทให้การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ทางเคมี
- อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทางไฟฟ้าสถิตย์
- เครื่องมือวัด
- อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบแบบอัตโนมัติ

3. ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำรวมถึงอุปกรณ์หลักและระบบย่อยซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงจากการทำงานของระบบปิดฉุกเฉิน (EMO system) ในอุปกรณ์

4. มาตรฐานมีจุดประสงค์ที่จะกล่าวถึงปัญหาความปลอดภัย หากมีจะเกี่ยวข้องกับการใช้มัน อันเป็นหน้าที่ของผู้ใช้ของมาตรฐานนี้จะสร้างความปลอดภัยและการวางแผนด้านสุขภาพเพื่อจะตัดสินใจเกณฑ์และข้อกำหนดก่อนที่จะใช้

### 3. ข้อกำหนด

1. ในมาตรฐานนี้จะไม่รวมสภาวะแรงดันไฟฟ้า ระยะเวลาแรงดันไฟฟ้าตกซึ่งน้อยกว่า 0.05 วินาที (50 ms) และระยะเวลาแรงดันไฟฟ้าตกซึ่งมากกว่า 1.0 วินาที หากจำเป็นให้ใช้เส้นโค้ง CBEMA ซึ่งมีใน IEEE 446, IEEE 1100 และ MC SEMI E51 สามารถใช้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมซึ่งจำเป็นต้องใช้นอกเหนือจากเอกสารนี้

2. ข้อกำหนดนี้จะไม่พูดถึงคุณภาพของเวเฟอร์ (wafer) คำนี้ถึงถึงการเปลี่ยนแปลงในการดำเนินการเกิดจากแรงดันไฟฟ้าตก ถูกเสนอแนะว่าอุปกรณ์ แต่ละตัวที่ผู้จัดส่งจะมีผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าตกบนอุปกรณ์การดำเนินการของผู้จัดส่งหรือแรงดันไฟฟ้าตกมากกว่าเส้นที่จำกัดสามารถส่งผลไปยังปัญหาคุณภาพของเวเฟอร์ดังนั้น แบบแผนการแจ้งที่เหมาะสมเท่านั้นที่ควรจะถูกนำมาในการออกแบบอุปกรณ์ เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐาน แบบแผนการแจ้งจะ ไม่ถูกแบ่งเป็นอุปกรณ์รับความต่อ SEMI 10

3. มาตรฐานนี้จะไม่พูดถึงข้อกำหนด ลำดับอุปกรณ์การดำเนินการของสารกึ่งตัวนำของความต้านทานแรงดันไฟฟ้าตก ระบบโรงงานความต้านทานแรงดันไฟฟ้าตกและประโยชน์การทำงานของแรงดันไฟฟ้าจะถูกค้นพบในมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

4. มาตรฐานนี้มีจุดประสงค์การทำงาน ไม่มีจุดประสงค์ที่จะพูดถึงปัญหาการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยซึ่งจะมีอยู่ในมาตรฐานอื่นใน SEMI

5. หลักเกณฑ์นานาชาติท้องถิ่น กฎเกณฑ์และกฎหมาย ควรปรึกษาทำให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ตรงตามมาตรฐานกำหนดในแต่ละตำแหน่งที่ตั้ง

#### 4. มาตรฐานอ้างอิง

##### 1. มาตรฐาน SEMI

SEMI E 10 : มาตรฐานสำหรับการจำกัดความและวัดความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ การหาได้และการซ่อมแซม

SEMI E 51 : ข้อเสนอแนะสำหรับ Typical Facilities และ Termination Matrix

SEMI F42 : วิธีทดสอบการดำเนินการอุปกรณ์ สารกึ่งตัวนำของความต้านทานแรงดันไฟฟ้าตก

SEMI S2 : สิ่งแวดล้อม สุขภาพ และนโยบายความปลอดภัยของอุปกรณ์ผลิตสารกึ่งตัวนำ

##### 2. มาตรฐาน IEEE

IEEE 446 : ข้อเสนอแนะของ IEEE การปฏิบัติยามฉุกเฉิน และระบบไฟสำรองสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมและการค้า

IEEE 1100 : ข้อเสนอแนะของ IEEE สำหรับการจ่ายกำลังไฟฟ้าและการต่อลงดินของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงขอลกระแสไฟฟ้า

IEEE 1250 : ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางในการบริการอุปกรณ์ที่ไวต่อการรบกวนของแรงดันในเวลาชั่วครู่

หมายเหตุตามรายการหรือปรับปรุงใหม่ เอกสารทั้งหมดที่อ้างอิงควรเป็นมาตรฐานที่พิมพ์ที่ใช้

#### 5. ศัพท์

1. ช่วยเหลือ – สภาวะที่ถูกขัดขวางที่ไม่ได้ตั้งใจซึ่งเกิดขึ้นระหว่างวงจรอุปกรณ์ซึ่งมีเงื่อนไขของสภาวะทั้งสามจะถูกใช้ดังนี้

- วงจรถูกขัดขวางจะคืนสู่สภาพเดิมโดยจะถูกขัดขวางระหว่างวงจรอุปกรณ์จากภายนอก(อย่างเช่นโอเพอเรเตอร์ใช้ไม่ว่าจะเป็นคนหรือคอมพิวเตอร์)

- ไม่มีส่วนเปลี่ยนแปลงนอกเสียจากขั้นที่คำนวณว่าใช้ได้

- ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนอกเสียจากของอุปกรณ์ที่ทำงาน

2. ความล้มเหลว การขัดจังหวะที่ไม่ได้คาดหวังหรือตัวแปรที่มาจากข้อกำหนดของอุปกรณ์ที่ทำงานนอกเสียจากตัวช่วย

3. การขัดจังหวะ จากตัวช่วยหรือความล้มเหลว

4. ความคงทน ความสามารถของอุปกรณ์ที่จะทนการขัดจังหวะชั่วขณะ หรือตก และมีชื่อเรียกอีกอย่างว่าด้วยความทนทานแรงดันไฟฟ้าตก

5. แรงดันไฟฟ้าตก การลดค่าแรงดันประสิทธิผล ความถี่ใช้งานปกติสำหรับระยะเวลาจากครึ่งไซเคิลถึงหนึ่งวินาทีเรียกอีกอย่างว่า Voltage dips

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. ข้อมูลการสั่ง

1. ผู้ผลิตสารกึ่งตัวนำอาจสามารถใช้มาตรฐานนี้เพื่อจัดหาอุปกรณ์ดำเนินการเพื่อกำหนดความสามารถหรือแรงทนทานของอุปกรณ์ไปยังผู้จัดส่ง เอกสารยังสามารถใช้โดยผู้จัดส่งการดำเนินการอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเพื่อกำหนดความคงทนที่จะต้องใช้ในการประกอบและเกณฑ์วัดของผู้จัดส่ง

2. สิ่งอุปกรณ์ตามมาตรฐานควรรวมถึง

ก. เบอร์และวันที่ส่งตามข้อกำหนด

ข. คุณสมบัติที่จำเป็นเพื่อที่จะทดสอบ SEMI F 42

ค. บัตรแสดงการผ่านการทดสอบคุณสมบัติที่จำเป็นต้องใช้ (ตัวเลือก)

ง. ไม่ว่าผลทดสอบที่ต้องการรวมถึงรายงานที่จะนำเสนอ (ตัวเลือก)

## 7. สิ่งที่ต้องการ

1. การดำเนินการของสารกึ่งตัวนำ, การวัดและเครื่องทดสอบอัตโนมัติ จะต้องถูกออกแบบและสร้างให้เข้ากับความสามารถด้านแรงดันไฟฟ้าตก ตามรูปแบบใน รูปที่ 2-8 อุปกรณ์จะต้องดำเนินงานต่อ โดยไม่มีการขัดจังหวะระหว่างสภาวะที่หรือบริเวณที่ได้กำหนด

2. สิ่งที่ต้องการ ได้ถูกกำหนดในข้อกำหนดซึ่งจะถูกใช้ใน 2 เฟส (phase-to-phase) และ 1 เฟส (phase-to-neutral) เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงดัน

3. โด่งการทำงานจะถูกจำกัดโดยค่าที่ถูกแสดงในตารางที่ 2-1 ช่วงการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก และเปอร์เซ็นต์ของแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ

**หมายเหตุ 3:** สำหรับข้อเสนอแนะอุปกรณ์มีความสามารถที่คงทนต่ำกว่า 0.05 วินาที (50 ms) หรือ มากกว่า 10 วินาที ดูข้อมูลที่เกี่ยวข้องท้ายสุดของเอกสารนี้

## 8. วิธีทดสอบ

1. วิธีนี้ทดสอบคุณสมบัติจะถูกกระทำขึ้นบนตัวสินค้า ตัวอย่าง ไม่ใช่สินค้าแต่ละชิ้นที่ผลิต วิธีทดสอบคุณภาพของอุปกรณ์ที่จะพบข้อกำหนดควรจะมีประสิทธิภาพตาม SEMI F42

## 9. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1 มาตรฐาน SEMI S9 ทดสอบไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ถูกผลิต

2. มาตรฐาน CENELEC

EN 50082-2 ความสามารถในภาวะแม่เหล็กไฟฟ้า มาตรฐานความต้านทานที่จัดทะเบียน ส่วนที่ 2

3. มาตรฐาน IEC

IEC 61000-21-11 ความสามารถในภาวะแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) ส่วนที่ 4 ทดสอบและวัดเทคนิค ส่วนที่ 11 แรงดันไฟฟ้าตกการขัดจังหวะชั่วขณะและวิธีทดสอบความทนทานแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง

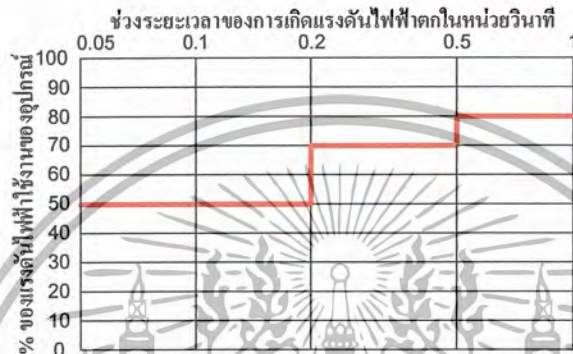
4. มาตรฐาน IEEE

IEEE 1346 ระบบความสามารถของแรงดันไฟฟ้า กับ การดำเนินการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-6 ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกและเปอร์เซ็นต์ที่ผิดปกติจากแรงดันไฟฟ้าใช้งานของอุปกรณ์

| VOLTAGE DURATION |                   |                 |                  | VOLTAGE SAG                              |
|------------------|-------------------|-----------------|------------------|--|
| Seconds (s)      | Milliseconds (ms) | Cycle at 60 hz  | Cycle at 50 hz   | Percent (%) of Equipment Nominal voltage |
| < 0.05 s         | < 0.05 s          | < 3 cycles      | < 2.5 cycles     | Not specified                            |
| 0.05 to 0.2 s    | 50 to 200 ms      | 3 to 12 cycles  | 2.5 to 10 cycles | 50%                                      |
| 0.2 to 0.5 s     | 200 to 500 ms     | 12 to 30 cycles | 10 to 25 cycles  | 70%                                      |
| 0.5 to 1.0 s     | 500 to 1000 ms    | 30 to 60 cycles | 25 to 50 cycles  | 80%                                      |
| > 1.0 s          | > 1000 ms         | > 60 cycles     | > 50 cycles      | Not specified                            |



รูปที่ 2-8 เส้นโค้งที่แสดงความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำภายใต้สภาวะแรงดันไฟฟ้าตกที่ต้องการตามมาตรฐาน

**หมายเหตุ :** SEMI ไม่ได้ประกันหรือเสนอถึงความเหมาะสมของมาตรฐานที่ได้ถูกจัดทำขึ้นไม่ว่าจะเป็นการใช้แบบไหน ข้อตัดสินของความเหมาะสมของมาตรฐานเป็นหน้าที่ของผู้ใช้เพียงผู้เดียว คนใช้ควรดูคำแนะนำของผู้ผลิต ฉลากของผลิตภัณฑ์ เป็นข้อมูลของผลิตภัณฑ์และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเอกสารที่ถูกต้องขึ้นในนี้มาตรฐานที่จะถูกเปลี่ยนโดยไม่ต้องบอกกล่าว เจตนาของผู้ใช้เรียกความเป็นไปได้ที่จะสอดคล้องกับมาตรฐานนี้อาจจะต้องใช้ลิขสิทธิ์หรือสิ่งบังคับตามลิขสิทธิ์และเครื่องหมายการค้าที่มีอยู่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่างๆ ที่ถูกกล่าวถึงในมาตรฐานนี้ ผู้ใช้มาตรฐานนี้ควรจะระวังการละเมิดลิขสิทธิ์และละเมิดหน้าที่ของผู้ใช้เท่านั้น

**ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 1 ความสัมพันธ์กับมาตรฐานไฟฟ้า**

**หมายเหตุ :** ข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้ยังไม่เป็นส่วนประกอบทางการของ SEMI F47 และไม่มีเจตนาที่จะแก้ไขทดแทนด้วยมาตรฐานที่เป็นทางการ ซึ่งได้มาจากกลุ่มงานต้นฉบับ การตัดสินใจของความเหมาะสมส่วนประกอบเป็นหน้าที่ของผู้ใช้เท่านั้น

**ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 1 ฐานสำหรับมาตรฐานของอุตสาหกรรมสารวัตต์กึ่งนำ**

R1-1.1 ITIC “เส้นโค้ง CBEMA” ซึ่งมี IEEE 446, IEEE 1100, และ SEMI E51 ได้ถูกใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างคำนำของความคงทน เส้นโค้งที่จะตามมา (ดูรูปที่ R1-1 ในภาคผนวก) ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อที่จะจำกัดความคงทนแรงดันไฟฟ้าตกสำหรับการใช้กับสารกึ่งตัวนำ การทดสอบในจุดแรกที่มีความจำกัดบางส่วน ระหว่าง 0.05 วินาที (50 ms) และ 1.0 วินาทีเท่านั้นการดำเนินการของอุปกรณ์ที่ถูกเลือกเพื่อที่จะ

รวมในข้อกำหนด อุปกรณ์ทดสอบต่อไป วิธีและข้อมูลได้ถูกสร้างในเวลาจำกัดที่ถูกกำหนด ความสามารถของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในข้อกำหนด อุปกรณ์ทดสอบต่อไป วิธี และ ข้อมูล ได้ถูกสร้างในเวลาจำกัดที่ถูกกำหนด ความสามารถของ ความคงทนแรงดันไฟฟ้าตกที่แนะนำจาก 0 ถึง 100 วินาที ได้ถูกรวมในบทอ้างอิงนี้ (ดูรูปที่ R1-1 ใน ภาคผนวก) ระหว่างที่ไม่ถูกรวมในข้อกำหนดของ SEMI ในระยะที่กว้างขึ้นควรถูกไตร่ตรองในเวลาถูก ออกแบบอุปกรณ์และเลือกองค์ประกอบ

R1-1.2 สภาวะแรงดันไฟฟ้าสูงยังคงควบคุมในเส้นโค้ง CBEMA ซึ่งอยู่ใน IEEE 446, IEEE 1100, และ SEMI E 51, ยังไม่ได้คำนึงว่าอยู่ในขอบเขตของข้อกำหนดจากอุตสาหกรรม จุดแรกก็เพราะอุปกรณ์ สาร กิ่งตัวนำที่ถูกขัดจังหวะที่สามารถให้เกิดสภาวะแรงดันไฟฟ้าสูง ระหว่างที่ขอบเขตของข้อกำหนดนี้ ของ สภาวะแรงดันไฟฟ้าสูงไม่ควรถูกละเลยและการใช้อุปกรณ์เทคนิคที่มีอยู่แล้วควรจะใช้ต่อไป (ดู SEMI E51 หรือ IEEE 446 สำหรับอุปกรณ์ทั่วไป ของข้อกำหนดแรงดัน ไฟฟ้าคงทน

#### R1-2 ความสัมพันธ์ทั่วไปของมาตรฐานไฟฟ้า

R1-2 มาตรฐาน SEMI นี้ได้ถูกตั้งใจที่จะประสานงานกับมาตรฐาน SEMI ที่เกี่ยวข้อง IEC และ IEEE ความสัมพันธ์ของข้อกำหนด SEMI นี้ยังมาตรฐานอื่นอีกมากมายที่เอ่ยถึงความต้านทานของอุปกรณ์ วิธี ทดสอบและความปลอดภัยในการสร้างข้อกำหนดนี้ควรถูกพิจารณา อย่างเช่น การเกิดขึ้นของมาตรฐาน IEC Generic Immunity สำหรับสภาวะแวดล้อมของอุตสาหกรรมซึ่งพิมพ์โดย CENELEC เหมือน RN 50082-2 แนะนำการใช้อุปกรณ์ทั่วไปที่มีความทนทานจำกัดสำหรับยุโรป เพื่อที่พิมพ์โดย IEC มาตรฐานนี้จะนำมาซึ่ง ของข้อจำกัดของอุปกรณ์ทั่วไปของแรงต้านทาน ไฟฟ้าตก อีกตัวอย่าง คือ สมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ สหรัฐอเมริกาในอุตสาหกรรมเครื่องจักรซึ่งตั้งข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่จดทะเบียนความทนทานต่อแรงดัน ไฟฟ้า ตกในอเมริกา

R1-2.2 ข้อจำกัดทั่วไปที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ ได้ถูกคำนึงในการสร้างข้อจำกัดในความคงทนของอุปกรณ์ สารกิ่งตัวนำ แม้จะเป็นอย่างนั้นก็ตาม อุปกรณ์จดทะเบียนส่วนใหญ่จะถูกจำกัดเพื่อที่เข้มงวดจากที่มีอยู่แล้ว เส้นโค้ง CBEMA ได้ถูกอ้างอิงใน SEMI E51 สำหรับการหบปะติดตั้งส่วนใหญ่ของข้อจำกัด CBEMA (ข้อกำหนดซึ่งถูกสร้างสำหรับธุรกิจอุปกรณ์คอมพิวเตอร์) ซึ่งส่งผลในจำนวนของอุปกรณ์สารกิ่งตัวนำที่ ขัดจังหวะและยังยอมรับไม่ได้ ดังนั้นความต้องการของมาตรฐานสากล ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับธุรกิจ สารกิ่งตัวนำในขณะที่เข้มงวด ข้อกำหนดของอุตสาหกรรม ยังได้ขัดแย้งกับกฎอุปกรณ์จดทะเบียนจากส่วนอื่น หรืออุปกรณ์จดทะเบียน ตามมาตรฐานจากองค์กรอื่น

R1-2.3 มาตรฐานอันที่ตีพิมพ์ใน IEC ได้ถูกจำกัดวิธีทดสอบแรงต้านทานที่ถูกจดทะเบียนสำหรับ แรงดันไฟฟ้าตก (dips) IEC61000-4-11 มาตรฐานนี้ยังไม่นำมาซึ่งข้อจำกัดแต่นำมาซึ่งยังวิธีทดสอบ แรงดันไฟฟ้าตกสำหรับอุปกรณ์ single-phase อัตราน้อยกว่า 16 amps ได้ถูกคำนึงในการจำกัดความของแรง ทนทานตัวแปรแรงดันไฟฟ้าตกและมันอาจจะนำมาซึ่งวิธีทดสอบแรงต้านทานแรงดัน ไฟฟ้าตกกระหว่างเวลา อย่างที่เห็นในเอกสารวิธีทดสอบสำหรับอุปกรณ์ 3 phase ซึ่งมากกว่า 16 amps คือการสร้างเพื่อที่จะใช้กับ อุปกรณ์สารกิ่งตัวนำ

R1-2. ประเภทมาตรฐานจดทะเบียนถูกสร้างสำหรับอุตสาหกรรมหรืออุปกรณ์แต่ผู้บริโภคโดยองค์กร อย่าง IEC, ITIC และ IEEE ซึ่งนำมาซึ่งรากฐานสำหรับข้อกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรมอย่างที่ถูกพิมพ์

โดยมาตรฐาน SEMI การรับรู้ของการเก็บเป็นขั้นถึงมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์หลักของโครงการ

#### 3.1 รายละเอียดของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงการ

##### 3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ( T89C51AC2 )

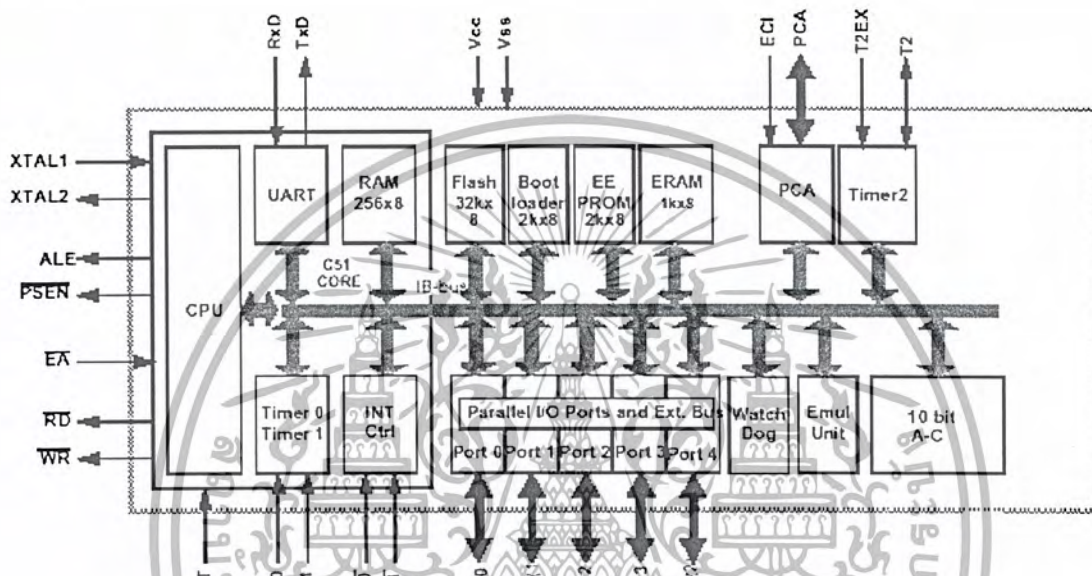
###### 1. คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ

###### คุณสมบัติทางเทคนิคที่โดดเด่นของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อนุกรมนี้ มีดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 8 บิต ที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐานของอินเทล
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึงหนึ่งหมื่นครั้ง จึงสามารถงานในรูปแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวโดยไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมสูงถึง 32 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์
- สามารถเขียนหรือโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร หรือในระบบ ( ISP : In-system programming) โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำโปรแกรมหรือเรียกว่า บูตโรม (boot ROM) ทำหน้าที่ในส่วนนี้ แรงดันที่ใช้ในการโปรแกรมแบบ ISP ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 20 MHz ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 12 ลูกต่อเมกเฮิรตซ์ และ 40 MHz ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อเมกเฮิรตซ์ T89C51AC2 ได้รับการกำหนดให้ทำงานเบื้องต้นในโหมดสัญญาณนาฬิกา 12 ลูกต่อเมกเฮิรตซ์ และสามารถเลือกเปลี่ยนเป็น 6 ลูกต่อเมกเฮิรตซ์ได้ ด้วยคำสั่ง โปรแกรม
- ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ขายอื่นไม่ว่าจะเป็น Intel, Siemens หรือ Dallas Semiconductor
- ขาพอร์ต 8 บิต จำนวน 4 พอร์ตเป็นแบบกึ่งสองทิศทาง (quasi – bi-directional) สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต และอีก 1 พอร์ตขนาด 2 บิต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว
- มีรีจิสเตอร์ตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลหรือ DTPR 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 14 ประเภท
- กำหนดนัยสำคัญของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ
- สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีวอตช์ด็อกไทมเมอร์
- มีวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลในตัว ขนาด 8 บิตหรือ10 บิต
- มีโมดูลวงจรรนับโปรแกรมได้ (PCA : Programmable Counter Array) ซึ่งบรรจุ วงจรตรวจจับสัญญาณ,เปรียบเทียบสัญญาณ,วงจร โมดูลชั้นทางความกว้างพัลส์ (PWM) โมดูลและวอตช์ด็อกไทมเมอร์(watchdog timer)



รูปที่ 3-1 แสดง Block Diagram ของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Pin Description

| Pin Name | Type | Description  |
|----------|------|--|
| VSS      | GND  | Circuit ground   |
| VCC      |      | Supply Voltage   |
| VAREF    |      | Reference Voltage for ADC  |
| VAGND    |      | Reference Ground for ADC   |
| P0.0-7   | I/O  | Port 0:<br>is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. Port 0 pins that have 1's written to them float, and in this state can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external Program and Data Memory. In this application it uses strong internal pull-ups when emitting 1's.<br>Port 0 also outputs the code bytes during program validation. External pull-ups are required during program verification.  |
| P1.0-7   | I/O  | Port 1:<br>is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 1 pins can be used for digital input/output or as analog inputs for the Analog Digital Converter (ADC). Port 1 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pull-up transistors and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 1 pins that are being pulled low externally will be the source of current (I <sub>I</sub> , see section "Electrical Characteristics") because of the internal pull-ups. Port 1 pins are assigned to be used as analog inputs via the ADSCF register (in this case the internal pull-ups are disconnected).<br>As a secondary digital function, port 1 contains the Timer 2 external trigger and clock input; the PCA external clock input and the PCA module I/O:<br>P1.0:AN0/T2<br>Analog input, channel 0,<br>External clock input for Timer-counter2.<br>P1.1:AN1/T2EX<br>Analog input, channel 1,<br>Trigger input for Timer-counter2.<br>P1.2:AN2/EC1<br>Analog input, channel 2,<br>PCA external clock input.<br>P1.3:AN3/CEX0<br>Analog input, channel 3,<br>PCA module 0 Entry of Input/PWM output.<br>P1.4:AN4/CEX1<br>Analog input, channel 4,<br>PCA module 1 Entry of Input/PWM output.<br>P1.5:AN5/CEX2<br>Analog input, channel 5,<br>PCA module 2 Entry of Input/PWM output.<br>P1.6:AN6/CEX3<br>Analog input, channel 6,<br>PCA module 3 Entry of Input/PWM output.<br>P1.7:AN7/CEX4<br>Analog input, channel 7,<br>PCA module 4 Entry of Input/PWM output.<br>Port 1 receives the low-order address byte during EPROM programming and program verification.<br>It can drive CMOS inputs without external pull-ups. |
| P2.0-7   | I/O  | Port 2:<br>is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 2 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as outputs in this state. As inputs, Port 2 pins that are being pulled low externally will be a source of current (I <sub>I</sub> , see section "Electrical Characteristics") because of the internal pull-ups. Port 2 emits the high-order address byte during accesses to the external Program Memory and during accesses to external Data Memory that uses 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application it uses strong internal pull-ups when emitting 1's. During accesses to external Data Memory that use 8-bit addresses (MOVX @R1), Port 2 transmits the contents of the P2 special function register.<br>It also receives high-order addresses and control signals during program verification.<br>It can drive CMOS inputs without external pull-ups.  |

ตารางที่ 3-1 แสดงหน้าที่แต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Pin Description (Continued)

| Pin Name | Type | Description   |
|----------|------|---|
| P3.C7    | I/O  | <p><b>Port 3:</b><br/>is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 3 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-up transistors and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 3 pins that are being pulled low externally will be a source of current (I<sub>OL</sub>, see section "Electrical Characteristics"); because of the internal pull-ups. The output latch corresponding to a secondary function must be programmed to one for that function to operate (except for Tx0 and W<sub>R</sub>). The secondary functions are assigned to the pins of port 3 as follows:</p> <p><b>P3.0/RxD:</b><br/>Receiver data input (asynchronous) or data input/output (synchronous) of the serial interface</p> <p><b>P3.1/TxD:</b><br/>Transmitter data output (asynchronous) or clock output (synchronous) of the serial interface</p> <p><b>P3.2/INT<sup>0</sup>:</b><br/>External Interrupt 0 Input/timer 0 gate control input.</p> <p><b>P3.3/INT<sup>1</sup>:</b><br/>External Interrupt 1 Input/timer 1 gate control input.</p> <p><b>P3.4/T<sub>0</sub>:</b><br/>Timer 0 counter input.</p> <p><b>P3.5/T<sub>1</sub>:</b><br/>Timer 1 counter input.</p> <p><b>P3.6/W<sub>R</sub>:</b><br/>External Data Memory write strobe. Latches the data byte from port 0 into the external data memory.</p> <p><b>P3.7/R<sub>D</sub>:</b><br/>External Data Memory read strobe. Enables the external data memory. It can drive CMOS inputs without external pull-ups.</p> |
| P4.C1    | I/O  | <p><b>Port 4:</b><br/>is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 4 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 4 pins that are being pulled low externally will be a source of current (I<sub>OL</sub> or the datasheet) because of the internal pull-up transistor.</p> <p><b>P4.0:</b><br/>It can drive CMOS inputs without external pull-ups.</p>  |
| RESET    | I/O  | <p><b>Reset:</b><br/>A high level on this pin during two machine cycles while the oscillator is running resets the device. An internal pull-down resistor to VDD permits power-on reset using only an external capacitor to VDD.</p>  |
| ALE      | O    | <p><b>ALE:</b><br/>An Address Latch Enable output for latching the 16-bit address during accesses to the external memory. The ALE is activated every 16 oscillator periods (100 ns X2 mode), except during an external data memory access. When instructions are executed from an internal Flash (EA = 1), ALE generation can be disabled by the software.</p>  |
| PSEN     | O    | <p><b>PSEN:</b><br/>The Program Store Enable output is a control signal that enables the external program memory of the bus during external fetch operations. It is activated twice each machine cycle during fetches from the external program memory. However, when executing from the external program memory, two activations of PSEN are skipped during each access to the external Data Memory. The PSEN is not activated for internal fetches.</p>   |
| EA       | I    | <p><b>EA:</b><br/>When External Address is held at the high level, instructions are fetched from the internal Flash when the program counter is less than 3000H. When held at the low level, T89C51AC2 fetches all instructions from the external program memory.</p>   |
| XTAL1    | I    | <p><b>XTAL1:</b><br/>Input of the inverting oscillator amplifier and input of the internal clock generator circuit. To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be driven, while XTAL2 is left unconnected. To operate above a frequency of 12 MHz, a duty cycle of 50% should be maintained.</p>   |
| XTAL2    | O    | <p><b>XTAL2:</b><br/>Output from the inverting oscillator amplifier.</p>  |

### ตารางที่ 3-2 แสดงหน้าที่แต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2 (ต่อ)

#### 2. ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2

T89C51AC2 ได้รับการกำหนดให้ทำงานเบื้องต้นในโหมดสัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ต่อเมซินไซเคิล และสามารถเลือกเปลี่ยนเป็น 6 ลูก ต่อเมซินไซเคิลได้ ด้วยคำสั่งโปรแกรม

ในการทำงาน 1 รอบ หรือ 1 เมซินไซเคิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2 จะใช้เวลา 6 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ ที่ความถี่ 12 MHz เวลาในการทำงาน 1 เมซินไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.5  $\mu$ s หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 2 MHz

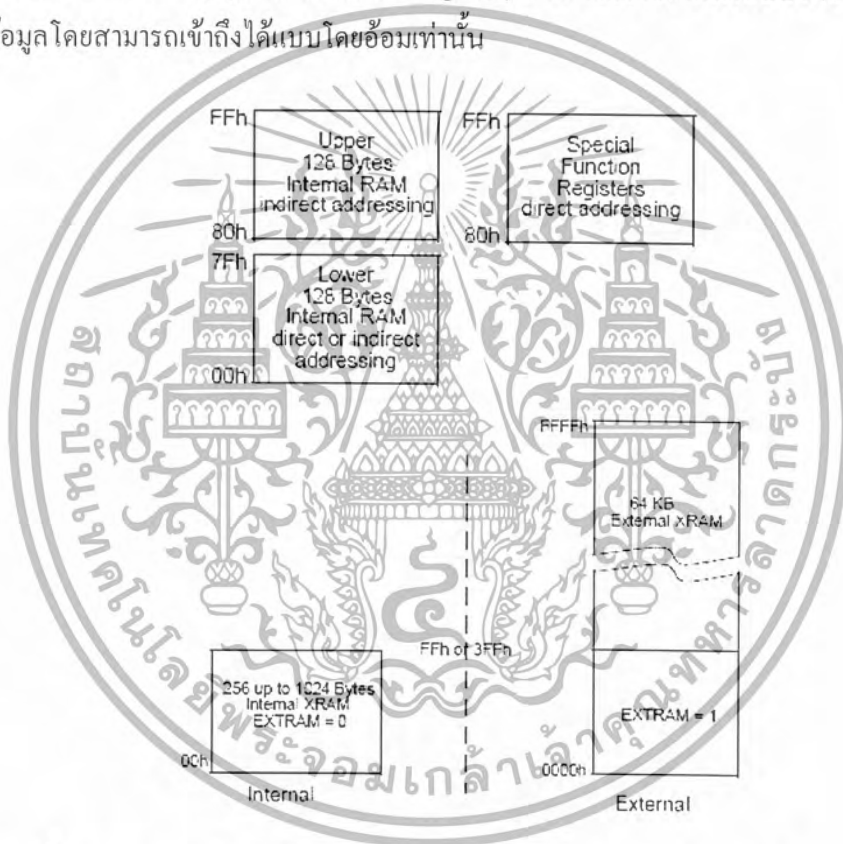
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 แบบเฟลชของ Philips เบอร์นี้ มีหน่วยความจำภายในหลักๆ 3 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) ขนาด 32 กิโลไบต์, หน่วยความจำข้อมูล (data memory) 1 กิโลไบต์ และ หน่วยความจำบูตโรม (boot ROM) ขนาด 2 กิโลไบต์

สำหรับหน่วยความจำข้อมูล 1 กิโลไบต์นั้นยังแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลแรมส่วนล่าง 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H – 7FH สามารถเข้าถึงได้ทั้งแบบโดยตรงและโดยอ้อม โดยส่วนนี้เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

หน่วยความจำข้อมูลแรมส่วนบน 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H – FFH โดยส่วนนี้เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษหรือ SFR (Special Function Register) สามารถเข้าถึงได้ทั้งแบบโดยตรงและยังใช้เป็นพื้นที่เก็บข้อมูล โดยสามารถเข้าถึงได้แบบโดยอ้อมเท่านั้น



รูปที่ 3-2 แสดงการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2

### 4. รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษหรือ SFR (Special Function Register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H – FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ควบคุมการทำงานในหน้าที่พิเศษ

Table 11. SFR Mapping

|      | 0x1F               | 1/9                | 2/A                 | 3/B                 | 4/C                 | 5/D                 | 6/E                 | 7/F                 |     |
|------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|
| 0x3F | IFL1<br>xxxx xxCx  | CH<br>0000 0000    | CCAP0H<br>0000 0000 | CCAP1H<br>0000 0000 | CCAP2H<br>0000 0000 | CCAP3H<br>0000 0000 | CCAP4H<br>0000 0000 |                     | FFh |
| 0x0F | S<br>0000 0000     |                    | ADCLK<br>xxxx 0000  | ADCON<br>x000 0000  | ADDL<br>0000 0000   | ADDH<br>0000 0000   | ADCF<br>0000 0000   | IP41<br>xxxx xxCx   | 7Fh |
| 0x5F | EN1<br>xxxx xxCx   | CL<br>0000 0000    | CCAF0L<br>0000 0000 | CCAP1L<br>0000 0000 | CCAP2L<br>0000 0000 | CCAP3L<br>0000 0000 | CCAF4L<br>0000 0000 |                     | EFh |
| 0x4F | ACC<br>0000 0000   |                    |                     |                     |                     |                     |                     |                     | E7h |
| 0xD1 | CCON<br>0000 0000  | CIAD0<br>00xx x000 | CCAPM0<br>x000 0000 | CCAFM1<br>x000 0000 | CCAPM2<br>x000 0000 | CCAPM3<br>x000 0000 | CCAPM4<br>x000 0000 |                     | DFh |
| 0xC7 | FSW<br>0000 0000   | FCON<br>0000 0000  | ECON<br>xxxx xx00   |                     |                     |                     |                     |                     | D7h |
| 0xC1 | T2CON<br>0000 0000 | T2MOD<br>xxxx xx00 | RCAP2L<br>0000 0000 | RCAP2H<br>0000 0000 | TL2<br>0000 0000    | TH2<br>0000 0000    |                     |                     | CFh |
| 0xC0 | P4<br>xxxx xx11    |                    |                     |                     |                     |                     |                     |                     | C7h |
| 0x50 | IFL0<br>x000 0000  | SADEN<br>0000 0000 |                     |                     |                     |                     |                     |                     | B7h |
| 0x5F | P2<br>1111 1111    |                    |                     |                     |                     |                     |                     | IP40<br>x000 0000   | B7h |
| 0xA0 | END<br>0000 0000   | SADDR<br>0000 0000 |                     |                     |                     |                     |                     |                     | A7h |
| 0xA7 | P2<br>1111 1111    |                    | AUXR1<br>xxxx 00xC  |                     |                     |                     | WDTRST<br>1111 1111 | WDTPRS<br>xxxx x000 | A7h |
| 0x9F | SCON<br>0000 0000  | DEJF<br>0000 0000  |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 9Fh |
| 0x07 | P1<br>1111 1111    |                    |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 07h |
| 0x8F | TCON<br>0000 0000  | TMOD<br>0000 0000  | TL0<br>0000 0000    | TL1<br>0000 0000    | TH0<br>0000 0000    | TH1<br>0000 0000    | AUXR<br>x00x 1100   | OKCON<br>0000 0000  | 8Fh |
| 0x0F | P0<br>1111 1111    | SP<br>0000 0111    | DPL<br>0000 0000    | DPH<br>0000 0000    |                     |                     | PCON<br>00x1 0000   |                     | 0Fh |
| 0x0F | 1/9                | 2/A                | 3/B                 | 4/C                 | 5/D                 | 6/E                 | 7/F                 |                     |     |

Reserved

Note: 1. These registers are bit-addressable.  
Sixteen addresses in the SFR space are both byte-addressable and bit-addressable. The bit-addressable SFRs are those whose address ends in C and E. The byte-addressable, in this area, are 0x80 through to 0xFF.

ตารางที่ 3-3 แสดงรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษหรือ SFR (Special Function Register)

5. ความสามารถพิเศษที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2

5.1 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2 มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว ซึ่งสามารถกำหนดให้ทำงานได้อย่างอิสระต่อกัน

การใช้งานเป็นไทเมอร์ การกำหนดให้ทำงานเป็นไทเมอร์ ค่าของรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นในทุกๆ แมกซ์ไซเคิล และเนื่องจากแมกซ์ไซเคิลประกอบด้วยคาบเวลาของวงจรถูกกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 6 คาบเวลา ดังนั้นในการนับของรีจิสเตอร์จึงเท่ากับ 1/6 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

การใช้งานเป็นเคาน์เตอร์ ในกระบวนการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตที่ขา ไทเมอร์จะต้องใช้ 2 แมกซ์ไซเคิล อัตราการนับของเคาน์เตอร์จึงเท่ากับ 1/12 ของความถี่นาฬิกา เช่น T89C51AC2 ซึ่งใช้ความถี่สูงสุด 20 MHz จะสามารถตรวจจับความถี่ได้สูงสุดประมาณ 1.667 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในไทมเมอร์ 2 นี้จะมีรีจิสเตอร์ T2MOD เพิ่มเข้ามาทำให้เราสามารถเลือกโหมดการทำงานของไทมเมอร์เคาน์เตอร์ 2 ได้ 3 โหมด คือ โหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณ (capture) , โหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติและโหมดกำเนิดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรืออัตราบอด

### 5.2 ความสามารถที่เพิ่มเติมในพอร์ตอนุกรมของ T89C51AC2

ในพอร์ตอนุกรมของ T89C51AC2 ได้มีการเพิ่มเติมความสามารถพิเศษอีก 2 อย่างคือ ตรวจจับการหายไปของบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย ซึ่งเรียกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า ความผิดพลาดของเฟรมข้อมูล และสามารถเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าด้วยกันหลายๆตัว หรือที่เรียกว่า มัลติ-โปรเซสเซอร์ โดยใช้ความสามารถรับรู้อะแดคเรสในการติดต่ออัตโนมัติ โดยมีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องในความสามารถนี้คือ SCON

### 5.3 วอตซ์ด็อกไทมเมอร์ทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2

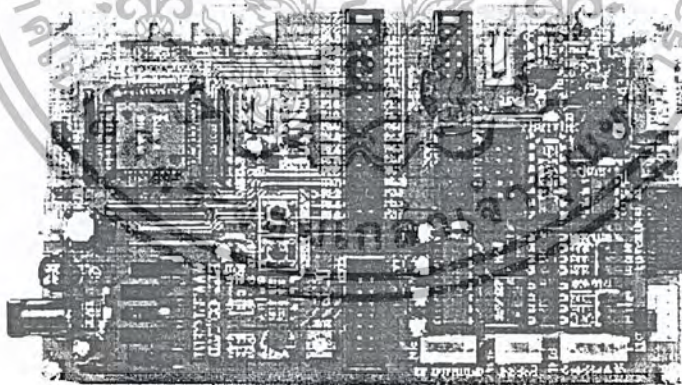
โดยมีหน้าที่หลักคือ คอยตรวจสอบซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ายังทำงานเป็นปกติต่อเนื่องหรือไม่ หากซีพียูหยุดทำงาน วอตซ์ด็อกไทมเมอร์จะทำการส่งสัญญาณไปรีเซ็ตเพื่อให้ซีพียูกลับมาทำงาน ส่งผลให้ระบบไมโครหุขะงัก



### 3.1.2 คุณสมบัติของบอร์ด CP-JR51AC2

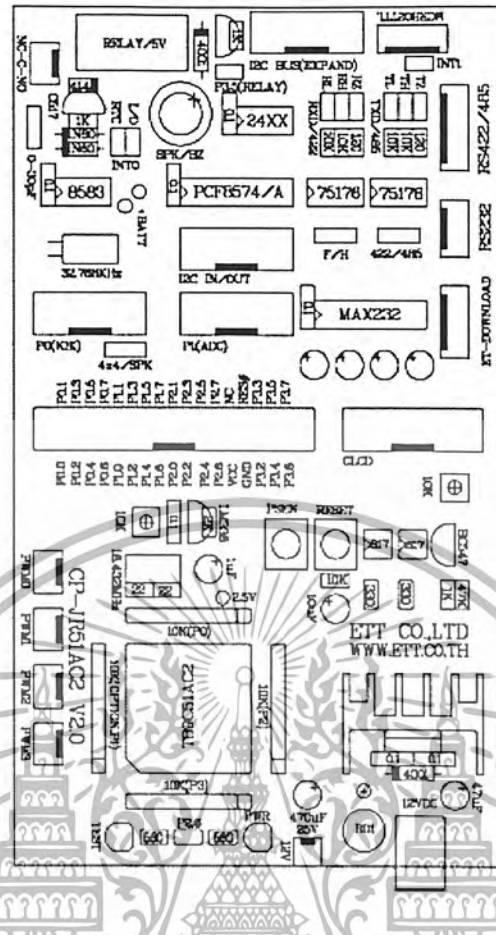
ลักษณะโดยทั่วไปบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด CP-JR51AC2 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดกลาง โดยเลือกหน่วยประมวลผลกลาง ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ของ ATMEL ในตระกูล MCS51 เบอร์ T89C51AC2 เป็น หน่วยประมวลผลกลางประจำบอร์ด ซึ่งหน่วยประมวลผลกลาง ตัวนี้บรรจุอยู่ในตัวถังแบบ PLCC ขนาด 44 ขา และมีทรัพยากรต่างๆบรรจุไว้ภายในตัว หน่วยประมวลผลกลางอย่างครบถ้วนไม่ว่าจะเป็น ADC/TIMER/COUNTER/PWM หรือ PORT I/O ต่าง ๆ ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสถาปัตยกรรมทางด้านฮาร์ดแวร์ของหน่วยประมวลผลกลาง เบอร์นี้ จะมีความอ่อนตัวในการใช้งานได้ค่อนข้างดี กล่าวคือ ฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ของฮาร์ดแวร์สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้ด้วยโปรแกรม ดังนั้นผู้ใช้งานจึงสามารถนำระบบฮาร์ดแวร์แบบเดียวกันไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กันได้โดยไม่ยากนัก โดยการปรับเปลี่ยนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของบอร์ดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

CP-JR51AC2 V2.0 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการออกแบบวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ I/O ภายนอกอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นไว้รองรับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำบอร์ดไปใช้งานในลักษณะงานที่แตกต่างกันได้ โดยไม่ต้องคิดแปลงวงจร หรือ อาจดัดแปลงวงจรเพียงเล็กน้อยสำหรับงานบางอย่าง ซึ่งบอร์ดรุ่นนี้เหมาะสำหรับกลุ่มผู้ที่ต้องการนำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานจริง ๆ แต่ไม่สะดวกที่จะสร้างบอร์ดเอง



รูปที่ 3-3 รูปแสดงลักษณะของบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-4 รูปแสดงโครงสร้างของบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0

#### แหล่งจ่ายไฟ (POWER SUPPLY)

สำหรับแหล่งจ่ายไฟของบอร์ดในกลุ่ม CP-JR51AC2 นั้น จะสามารถต่อใช้งานได้ทั้งกับไฟกระแสตรงและกระแสสลับ เนื่องจากในบอร์ดได้จัดเตรียมวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (BRIDGE) พร้อมวงจรและวงจรรักษาแรงดัน - ขนาด +5V ไว้ให้อย่างครบถ้วนอยู่แล้ว โดยผู้ใช้สามารถป้อนแรงดันไฟตรงหรือไฟสลับที่มีระดับแรงดันประมาณ 9-12V ให้กับบอร์ด โดยสามารถเลือกต่อกับขั้วคอนเนคเตอร์ แบบ CPA ขนาด 2 ขา หรือจะต่อผ่านขั้วคอนเนคเตอร์ สำหรับ ADAPTER จ่ายไฟก็ได้เช่นกัน โดยการทำงานของแหล่งจ่ายไฟจะมีหลอดแสดงผล LED “PWR” สำหรับแสดงผลการทำงานให้ทราบด้วย

#### สัญญาณนาฬิกา (CLOCK)

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับหน่วยประมวลผลกลาง เบอร์ T89C51AC2 นั้น ตามปกติทั่วไปแล้ว จะสามารถป้อนค่าความถี่ของคริสตัล ได้มากถึง 40MHz ในกรณีที่โปรแกรมโมดการดำเนินงานของหน่วยประมวลผลกลาง ให้ทำงานใน Standard Mode (12 Clock/1 Machine Cycle) แต่ในกรณีที่โปรแกรมโมดการดำเนินงานของหน่วยประมวลผลกลาง ใน X2 Mode (6 Clock/1 Machine Cycle) จะสามารถใช้ความถี่สูงสุดได้ 20MHz ซึ่งเทียบเท่ากับความเร็ว 40 MHz ใน Standard Mode แต่สำหรับบอร์ด CP-JR51AC2 นั้นจะกำหนดให้ใช้ค่าความถี่ของคริสตัล ที่ป้อนให้กับหน่วยประมวลผลกลาง ด้วยค่าความถี่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คริสตัล เป็น 18.432MHz เพื่อให้การใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม สามารถหารค่าอัตราการส่งผ่านข้อมูล ได้ลงตัวตามมาตรฐานของการสื่อสารอนุกรมทั่ว ๆ ไป ซึ่งค่าความเร็วการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางในบอร์ดจะอ้างอิงการทำงานจากความถี่ 18.432MHz นี้เป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามค่าความเร็วในการปฏิบัติงานของหน่วยประมวลผลกลาง สามารถปรับเปลี่ยนได้จากโปรแกรมเพื่อให้การทำงานเร็วขึ้นเป็น 2 เท่า โดยกำหนดให้การทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง ทำงานใน X2 Mode ซึ่งจะเปรียบเทียบกับการทำงานด้วยความเร็วเท่ากับความถี่ 36.864MHz ใน Standard Mode โดยคุณสมบัติการทำงานของ สัญญาณนาฬิกาชนิดนี้

- กำหนดให้หน่วยประมวลผลกลาง ทำงานใน Standard Mode หรือ 12 Clock/1 Machine Cycle ซึ่งคุณสมบัตินี้จะเหมือนกับหน่วยประมวลผลกลาง ในตระกูล MCS51 มาตรฐานทั่วไป
- กำหนดให้หน่วยประมวลผลกลาง ทำงานใน X2 Mode หรือ 6 Clock/1 Machine Cycle ซึ่งจะทำการการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง เร็วกว่าหน่วยประมวลผลกลาง ในตระกูล MCS51 มาตรฐานทั่ว ๆ ไปถึง 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่าความถี่ของคริสตัล (Crystal) ด้วยค่าความถี่เดียวกัน

การจัดสรร I/O ของบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0

บอร์ด CP-JR51AC2 V2.0 จะใช้หน่วยประมวลผลกลาง เบอร์ T89C51AC2 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ประจำบอร์ด โดยตัวหน่วยประมวลผลกลาง เบอร์นี้จะมีขาสัญญาณที่สามารถนำมาใช้งาน เป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ต ได้ทั้งหมด 34 เส้นสัญญาณ ประกอบด้วย

- PO [0.7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P1 [0.7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P2 [0.7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P3 [0.7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P4 [0.1] จำนวน 2 เส้นสัญญาณ

โดยการออกแบบวงจรของบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0 นั้น ได้พยายามออกแบบวงจรโดยวางโครงสร้างของบอร์ด ให้มีความอ่อนตัวในการใช้งานมากที่สุด เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำบอร์ดไปประยุกต์ใช้งานในหลาย ๆ ลักษณะได้โดยไม่ต้องคิดแปลงโครงสร้างวงจรของบอร์ดไปจากเดิมมากนัก ดังนั้นจึงได้มีการจัดสรรขาสัญญาณพอร์ตอินพุท/เอาต์พุทของหน่วยประมวลผลกลาง ให้สามารถทำงานได้หลายหน้าที่ โดยให้ผู้ใช้สามารถเลือกได้ตามต้องการ โดยบางขาสัญญาณสามารถกำหนดได้จากโปรแกรม แต่บางขาสัญญาณก็อาจต้องกำหนดจากตัวกระโดดด้วย โดยหน้าที่การใช้งานอินพุท/เอาต์พุทของหน่วยประมวลผลกลาง ในบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0 นั้น สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

P0.0-P0.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้สามารถใช้งานเป็นอินพุทหรือเอาต์พุทได้ตามต้องการ โดยในบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0 นั้น ขาสัญญาณของ P0 ทั้งหมด จะถูกเชื่อมต่อไปยังขั้วต่อ 34 ขา และขั้วต่อ PO (KBI) ไว้ด้วย โดยที่ P0.0-P0.6 จะต่อตรงไปยังขั้วต่อ P0(KBI) ทั้งหมด แต่ P0.7 นั้นจะต่อผ่านตัวกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4X4/SPK โดยถ้าเลือกตัวกระโดดไว้ด้าน 4x4 สัญญาณ P0.7 ก็จะต่อไปยังขั้ว PO(KBI) ด้วย แต่ถ้าตัวกระโดด 4x4 /SPK ถูกเลือกไว้ทางด้าน SPK สัญญาณ P0.7 ก็จะถูกต่อไปควบคุมการทำงานของลำโพงแทน

P1.0-P1.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้จะสามารถใช้งานได้หลายหน้าที่ เช่น ใช้งานเป็น ADC ใช้งานเป็นอินพุทหรือเอาต์พุทและบางขายังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Timer และ PCA) ได้อีกด้วย โดยขาสัญญาณทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อไปยังขั้วต่อ 34 และขั้วต่อ PI(ADC) ไว้ให้เลือกใช้งานตามต้องการ นอกจากนี้แล้วยังมีขาสัญญาณบางขาของ P1 ถูกจัดสรรไปยังวงจรอื่น ๆ ด้วยดังนี้

- P1.3 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM0
- P1.4 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM1
- P1.5 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM2
- P1.6 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM3

P2.0-P2.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้จะสามารถใช้งานได้ทั้งเป็นอินพุทและเอาต์พุทโดยขาสัญญาณทั้งหมดของ P2 จะถูกต่อไปยังขั้วต่อ 34 ขา ส่วน P2.0-P2.5 นั้นนอกจากจะต่อไปยังขั้วต่อ 34 ขาแล้วยังต่อไปยังขั้วต่อ CKCD เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของแอลซีดี (LCD) อีกด้วยดังนี้

- P2.0 ทำหน้าที่เป็น D4 ของ LCD
- P2.1 ทำหน้าที่เป็น D5 ของ LCD
- P2.2 ทำหน้าที่เป็น D6 ของ LCD
- P2.3 ทำหน้าที่เป็น D7 ของ LCD
- P2.4 ทำหน้าที่เป็น EN ของ LCD
- P2.5 ทำหน้าที่เป็น RS ของ LCD

P3.0 ทำหน้าที่เป็น RXD ของวงจรถ่ายโอนข้อมูล RS232/422/485

P3.1 ทำหน้าที่เป็น TXD ของวงจรถ่ายโอนข้อมูล RS232/422/485

P3.2-P3.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้จะสามารถใช้งานได้ทั้งเป็นอินพุทและเอาต์พุทโดยขาสัญญาณทั้งหมดของ P3 ทั้ง 6 เส้นนี้ จะถูกต่อไปยังขั้วต่อ 34 ขา ทั้งหมด แต่ยังมีขาสัญญาณของ P3 อีกบางขาที่มีการจัดสรรหน้าที่ออกไปใช้งานยังส่วนอื่น ๆ ด้วยดังนี้

- P3.3 ถูกต่อไปยังขั้วต่อของเครื่องอ่านบัตรแถบแม่เหล็กโดยทำหน้าที่เป็น PRESENT
- P3.4 ถูกต่อไปควบคุมทิศทางการ รับ-ส่ง ข้อมูลของ RS485 โดยผ่านตัวกระโดด 422/485
- P3.5 ถูกต่อไปควบคุมการทำงานของรีเลย์โดยเลือกผ่านตัวกระโดด P3.5 (RELAY)
- P3.6 ถูกต่อไปยังขั้วต่อเครื่องอ่านบัตรแถบแม่เหล็กโดยทำหน้าที่เป็นข้อมูล

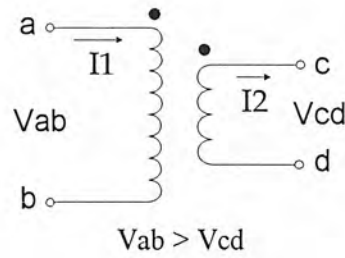
### 3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ (Auto Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้เป็นหม้อแปลงที่มีขดลวดเพียงชุดเดียว ที่ทำหน้าที่เป็นทั้งขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ ดังนั้นจึงทำให้ประหยัดขดลวดและมีราคาถูกกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด ส่วนการทำงานก็มีหลักการเช่นเดียวกับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้นี้ มักจะนำไปใช้งานการจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในบ้านเรือน หรือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในบ้านเรือน หรือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในบ้านเรือน หรือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่มีอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า (Ratio) ที่ผิดแผกไปจากหนึ่งเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 3-5 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด สามารถเปลี่ยนให้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ในแบบหม้อแปลงไฟฟ้าลง หรือหม้อแปลงไฟฟ้าขึ้นได้ ดังรูปที่ 3-5 จากรูปจะเห็นว่าจะต้องมีการกำหนดขั้วของหม้อแปลงด้วย เช่น หม้อแปลง 20 kVA, 2400/240 V.

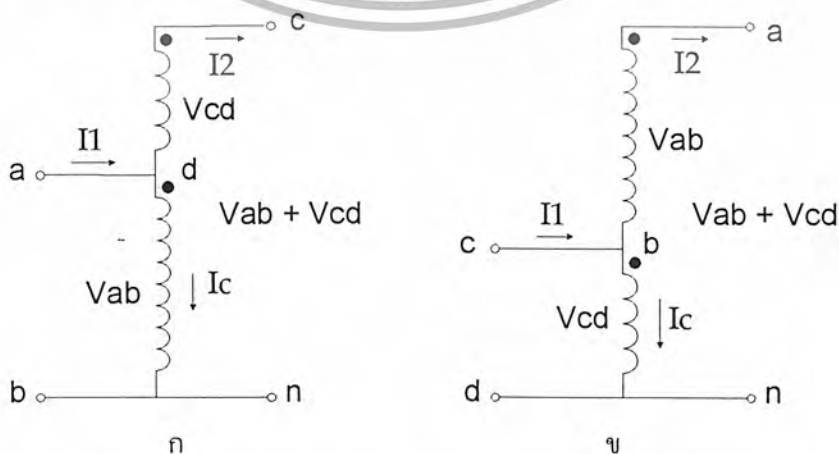
หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการต่อขั้วของหม้อแปลง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ที่มีการต่อขั้วแบบเสริมกัน ดังรูปที่ 3-6 และ 3-7
2. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ที่มีการต่อขั้วแบบหักล้างกัน ดังรูปที่ 3-8 และ 3-9

ซึ่งการต่อขั้วหม้อแปลงในแต่ละแบบ จะสามารถทำเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ได้ 2 ชนิด คือ ชนิดแปลงไฟฟ้าขึ้น (Step-up auto-transformer) และชนิดแปลงไฟฟ้าลง (Step-down auto-transformer)

จากรูปที่ 3-5 :  $I_1 = VA/V_{ab}$   
 $I_2 = VA/V_{cd}$

การต่อขั้วให้มีการเสริมกัน ดังรูปที่ 3-6 และ 3-7 จะมีค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าดังนี้



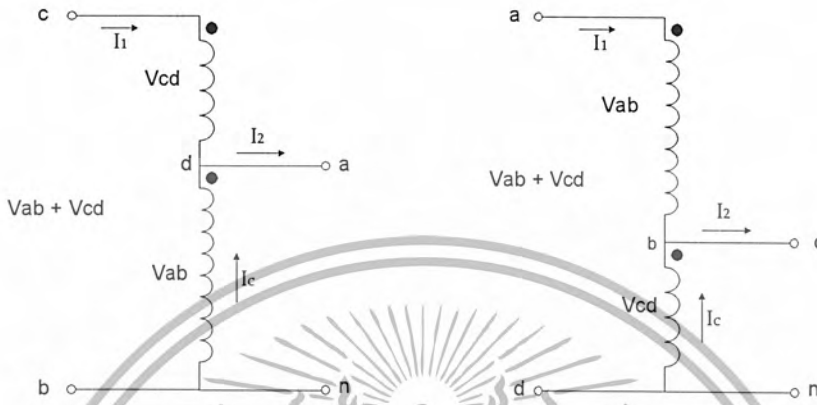
รูปที่ 3-6 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น (step-up)

จากรูปที่ 3-6 ก ;  $V_{ab}.I_1 = (V_{ab} + V_{cd}).I_2$

$$I_1 = I_2 + I_c$$

จากรูปที่ 3-6 ข ;  $V_{cd}.I_1 = (V_{ab} + V_{cd}).I_2$

$$I_1 = I_2 + I_c$$



รูปที่ 3-7 หม้อแปลงไฟฟ้าออโต้ชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้าลง (step-down)

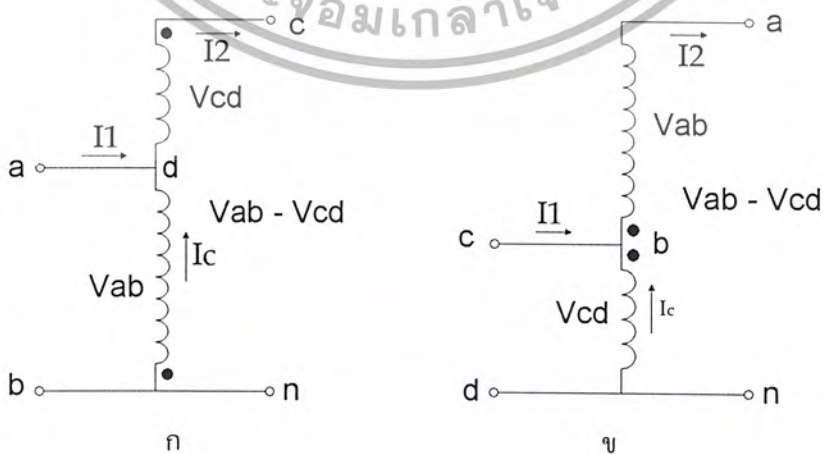
จากรูปที่ 3-7 ก ;  $(V_{ab} + V_{cd}).I_1 = V_{cd}.I_2$

$$I_2 = I_1 + I_c$$

จากรูปที่ 3-7 ข ;  $(V_{ab} + V_{cd}).I_1 = V_{ab}.I_2$

$$I_2 = I_1 + I_c$$

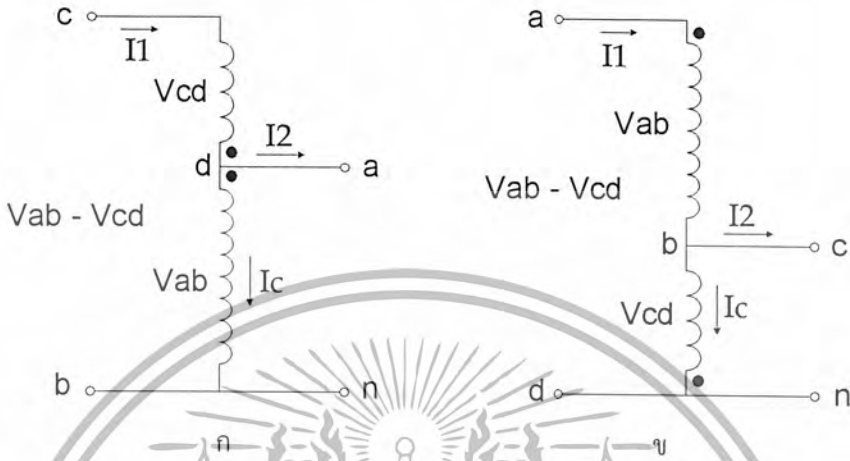
การต่อขั้วให้มีการหักล้างกัน ดังรูปที่ 3-8 และ 3-9 จะมีค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ดังนี้



รูปที่ 3-8 หม้อแปลงไฟฟ้าออโต้ แบบที่มีการต่อขั้วให้มีการหักล้างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3-8 ก ;  $V_{ab}.I_1 = (V_{ab} - V_{cd}).I_2$   
 $I_2 = I_1 + I_c$   
 จากรูปที่ 3-8 ข ;  $V_{cd}.I_2 = (V_{ab} - V_{cd}).I_1$   
 $I_2 = I_1 + I_c$



รูปที่ 3-9 หม้อแปลงไฟฟ้าออโต้แบบที่มีการต่อขั้วให้มีแรงดันไฟฟ้าหักล้างกัน

จากรูปที่ 3-9 ก ;  $(V_{ab}-V_{cd}).I_1 = V_{ab}.I_2$   
 $I_1 = I_2 + I_c$   
 จากรูปที่ 3-9 ข ;  $(V_{ab}- V_{cd}).I_1 = V_{cd}.I_2$   
 $I_1 = I_2 + I_c$

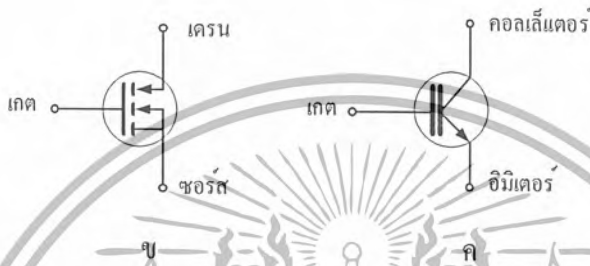
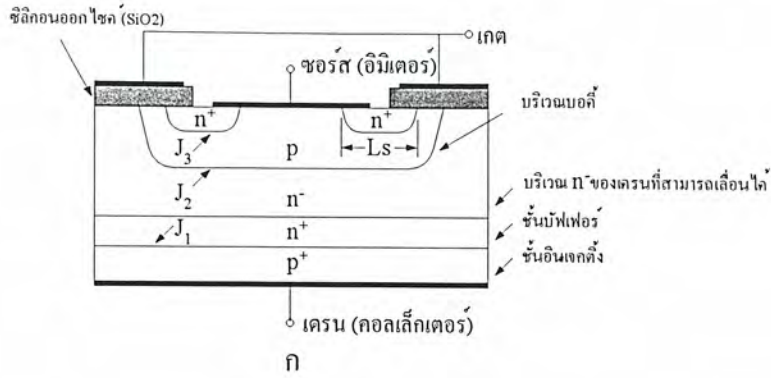
### 3.3 Insulate Gate bipolar Transistor : IGBT

โครงสร้างและสัญลักษณ์

ไอจีบีที (IGBT) มี 2 ชนิด คือแบบ ที แชนแนล และ เอ็น แชนแนล ซึ่งสัญลักษณ์ของไอจีบีที ที่พบบ่อยมากที่สุดมีอยู่ 2 แบบด้วยกันดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-10 จากรูปที่ 3-10 (ข) จะเห็นว่า มีลักษณะคล้ายกับสัญลักษณ์ของมอสเฟตมาก เพียงแต่สัญลักษณ์ของไอจีบีที นั้นจะมีลูกศรเพิ่มขึ้นมาตรงขาเดรน ลักษณะของลูกศรจะชี้เข้าหาตัวไอจีบีที ส่วนสัญลักษณ์ในรูปที่ 3-10 (ค) จะเหมือนกับสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ แต่ตรงขาเกต (หรือเบสของทรานซิสเตอร์) จะเพิ่มขีดขึ้นมามากขีดหนึ่ง เพื่อชี้ให้เห็นว่าขีดที่เพิ่มขึ้นมานี้ไม่ได้ต่อถึงกันโดยตรงกับขาที่ต่อออกมาภายนอก

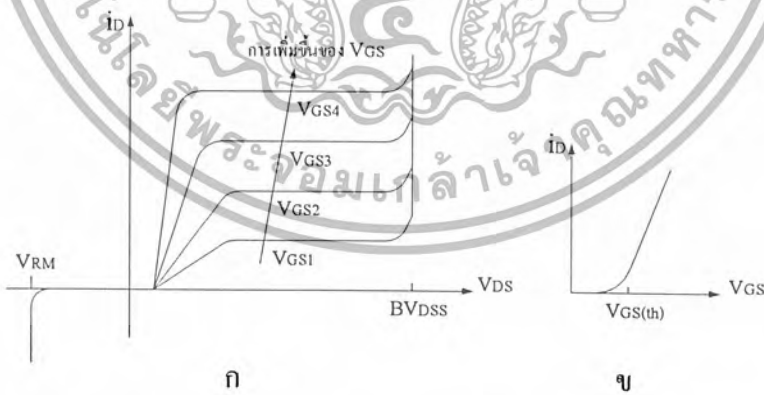
โครงสร้างของไอจีบีที มีลักษณะคล้ายกับมอสเฟตมาก จะแตกต่างกันตรงที่ไอจีบีที จะมีชั้น P<sup>+</sup> หรือชั้น injecting ต่ออยู่ระหว่างขาเดรน ซึ่งในมอสเฟตนั้นไม่มี และจากการที่ขาเกตถูกกันด้วยซิลิคอนออกไซด์ (SiO<sub>2</sub>) เป็นผลทำให้ความต้านทานอินพุต ที่ขาเกตมีค่าสูงมากเหมือนเพาเวอร์มอสเฟต โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 10<sup>9</sup> โอห์ม ดังรูปที่ 3-10 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ ไอจีบีที

จากผลดังกล่าวทำให้ลักษณะของกราฟแสดงคุณสมบัติของกระแสและแรงดันของ ไอจีบีทีที่มีลักษณะคล้ายกับกราฟของทรานซิสเตอร์ แต่การควบคุมกระแสทรานจะอาศัยการควบคุมแรงดันระหว่างขาเกตกับขาซอร์สมากกว่า การควบคุมกระแสที่ขาเบสเหมือนกับทรานซิสเตอร์ ซึ่งกราฟแสดงคุณสมบัติของกระแสและแรงดันของ ไอจีบีที และกราฟคุณสมบัติการถ่ายโอนกระแสและแรงดัน แสดงไว้ในรูปที่ 3-11 (ก) และ (ข)



รูปที่ 3-11 (ก) กราฟแสดงลักษณะคุณสมบัติระหว่างกระแสและแรงดันของ ไอจีบีที  
(ข) กราฟแสดงลักษณะสมบัติการถ่ายโอนของ ไอจีบีที

กระแสทรานมีค่าต่ำ ๆ นั่นก็คือจุดที่แรงดันระหว่างขาเกตและขาซอร์สต่ำลงใกล้แรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนสภาวะการทำงาน (จุด thertshold voltage :  $V_{GS(th)}$  โดยถ้าแรงดันระหว่างเกตและซอร์สนี้ต่ำกว่าแรงดันที่จุด  $V_{GS(th)}$  แล้ว ไอจีบีทีจะอยู่ในสภาวะหยุดนำกระแสหรือคัตออฟ ในกรณีของ ไอจีบีที ชนิดพีแชนแนลนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติจะคล้ายกับเอ็นเซนเนล แต่โครงสร้างและสัญลักษณ์จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับเอ็นเซนเนล เช่น ชนิดของสารที่โด๊ปจากเอ็นเซนเนลก็จะเปลี่ยนเป็นตรงกันข้าม, สัญลักษณ์ลูกศรก็จะกลับเอาหัวลูกศรกลับไป ในทางตรงกันข้าม

### หลักการทํางานของไอจีบีทีที่มีสภาวะการทํางานดังนี้

#### สภาวะนำกระแส

เมื่อขาแตรนได้รับแรงดันไบเอสตรงคือเป็นบวกเมื่อเทียบกับซอร์สและแรงดันระหว่างเกตกับซอร์สมีค่าเกิน  $V_{GS(th)}$  ประจุไฟฟ้าบวกที่เกิดจากแรงดันที่ขาเกตจะดึงเอาอิเล็กตรอนให้มารวมกันอยู่ในบริเวณภายใต้เกต ทำให้ชั้นบอดี้ (body layer) ตรงส่วนใต้เกตแปรสภาพเป็น  $n$  ทำให้เกิดการต่อกันของบริเวณ  $n^-$  (drift region) เข้ากับบริเวณบริเวณซอร์ส  $n^+$  (source region) ซึ่งลักษณะเช่นนั้นเหมือนกับทํางานของ มอสเฟต กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลจากซอร์สผ่านบริเวณใต้เกตมายังบริเวณลอยเลื่อน  $n^-$  จะรวมกับโฮลที่เป็นพาหะข้างน้อยที่ถูกฉีดมาจากชั้นอินเจ็คติง  $p^-$  (ดูรูปโครงสร้างในรูปที่ 3-10 (ก) ) เพราะรอยต่อ  $J_1$  ได้รับแรงดันไบเอสตรง ทำให้ไอจีบีที อยู่ในสภาวะนำกระแส เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจากแตรนไปซอร์สได้ การรวมกันของโฮลและอิเล็กตรอนภายในบริเวณ  $n^-$  เรียกว่าการมอดูเลตสภาพนำ (conductivity modulation)

ผลของการมอดูเลตนี้จะทำให้ความต้านทานของบริเวณ  $n^-$  มีค่าต่ำลงเป็นการเพิ่มความสามารถในการขับผ่านกระแสได้สูงขึ้น ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับทรานซิสเตอร์กำลัง ผลของความต้านทานที่ลดลง ทำให้แรงดันตกคร่อมที่สภาวะนำกระแสลดต่ำลง การสูญเสียกำลังงานขณะนำกระแสจึงลดลงด้วยทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนและโฮล

#### สภาวะหยุดนำกระแส

เมื่อแรงดันระหว่างเกตและซอร์สลดลงต่ำกว่าแรงดัน  $V_{GS(th)}$  จะทำให้มีแรงดันไม่เพียงพอสำหรับการแปรสภาพชั้นบอดี้  $p$  เป็น  $n^-$  ได้ ทำให้บริเวณ  $n^-$  ไม่ต่อกับบริเวณซอร์ส  $n^+$  ไอจีบีทีจึงอยู่ในสภาวะหยุดนำกระแส ในสภาวะนี้รอยต่อ  $J_2$  ที่ได้รับแรงดันไบเอสกลับจะทำให้เกิดกระแสรั่วไหลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดบริเวณปลอดพาหะ (depletion region) ขึ้นที่รอยต่อ  $J_2$  ด้วย

บริเวณปลอดพาหะนี้จะขยายบริเวณกว้างขึ้นจนเกินเข้ามายังบริเวณ  $n^-$  มากกว่าที่จะขยายไปยังบริเวณชั้นบอดี้  $p$  ทั้งนี้เพราะชั้นบอดี้  $p$  มีความหนาแน่นในการโด๊ปสารมากกว่า ถ้าความหนาแน่นของสารที่โด๊ปไปในบริเวณลอยเลื่อน  $n^-$  มากเพียงพอ ก็จะทำให้การขยายบริเวณปลอดพาหะไม่สามารถแตะกับชั้นอินเจ็คติง  $p^-$  ได้ ชั้นบัฟเฟอร์  $n^+$  (buffer layer) (ดังในรูปที่ 3-10 (ก) ) ก็ไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดขึ้น หรือไม่จำเป็นต้องโด๊ปสาร

ทั้งนี้เพราะการแตะกันของบริเวณทั้งสองจะทำให้เกิดการพังทลายทางด้านไบเอสตรง สำหรับ ไอจีบีที ที่ไม่มีการโด๊ปสารในชั้นบัฟเฟอร์  $n^+$  นี้ จะเรียกว่าไอจีบีที แบบสมมาตร ซึ่งจะมีอัตราทนแรงดันย้อนกลับ ( $V_{RM}$  หรือ  $BV_{SDS}$ ) สูงพอ ๆ กับอัตราทนแรงดันไหลตรง ( $BV_{SDS}$ ) เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ใน

เอกสารนี้แจ้งฟรีไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดความหนาของบริเวณ  $n^-$  ลงแต่ยังคงความสามารถของอัตราทันแรงดันไหลตรงไว้ สามารถทำได้โดยเพิ่มชั้นบัฟเฟอร์  $n^+$  เข้าไป เพื่อป้องกันการแตะกันของบริเวณปลอดพาหะกับบริเวณอินเจกต์ดิง  $p^+$  ซึ่งจะเรียกไอจีบีที ชนิดนี้ว่าไอจีบีที แบบไม่สมมาตร และจากการลดความหนาของบริเวณลอยเลื่อน  $n^-$  ลง จะช่วยส่งผลให้เกิดข้อดีสองประการคือ

- ทำให้แรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสต่ำลง เป็นผลให้การสูญเสียกำลังงานน้อยลงด้วย
- ช่วยลดช่วงเวลาหยุดนำกระแสให้สั้นลงได้

แต่ข้อเสียของการเพิ่มชั้นบัฟเฟอร์  $n^+$  ก็มี คือจะลดความสามารถของอัตราทันแรงดันย้อนกลับให้น้อยลงเหลือเพียงไม่กี่สิบลวัตต์ ทั้งนี้เพราะเมื่อไอจีบีที ได้รับแรงดันไบแอสกลับที่ขาแครน รอยต่อ  $J_1$  ซึ่งทั้งสองข้างมีความหนาแน่นในการโด๊ปของสารมาก จะไม่สามารถทนแรงดันย้อนกลับได้สูง ดังนั้น ไอจีบีที ชนิดนี้จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

วงจรมูลของไอจีบีที

วงจรมูลของไอจีบีที แสดงไว้ในรูปที่ 3-12 ซึ่งในรูปที่ 3-10 (ก) นั้นจะเห็นว่าในบริเวณบอดี  $p$  ชั้นบริเวณ  $n^-$  และชั้นอินเจกต์ดิง  $p^+$  จะคล้ายกับทรานซิสเตอร์ชนิดพีเอ็นพี โดยแทนได้ด้วยชาคอลลีเกเตอร์, เบส และอิมิตเตอร์ ตามลำดับ และบริเวณภายใต้เกดก็จะแทนได้ด้วยมอสเฟตซึ่งจะมีความต้านทานบริเวณ  $n^-$  เชื่อมขาเบสของทรานซิสเตอร์พีเอ็นพีเข้ากับขาแครนของมอสเฟต ซึ่งเมื่อเขียนวงจรมูลออกมาจะได้วงจรงดรูปที่ 3 (ก)



รูปที่ 3-12 (ก) วงจรมูลสำหรับการทำงานสภาพปกติของ ไอจีบีที

(ข) วงจรมูลที่แสดงส่วนของไทริสเตอร์ที่แฝงอยู่ใน ไอจีบีที

จากรูปที่ 3-12 (ก) จะเห็นว่า เป็นวงจรรีลิ่งตัน โดยมีมอสเฟตเป็นตัวขับทรานซิสเตอร์พีเอ็นพี แต่มีจุดพิเศษที่แตกต่างจากวงจรทั่วไป คือกระแสครนส่วนใหญ่จะไหลจากอิมิตเตอร์มายังเบส ผ่านความต้านทานบริเวณลอยเลื่อน และผ่านขาแครนของมอสเฟตมาจบลงที่ขาชอรัส จะมีกระแสส่วนน้อยเท่านั้นที่ไหลจากอิมิตเตอร์มายังคอลเลกเตอร์และขาชอรัส สำหรับวงจรมูลในรูปที่ 3-12 (ข) จะแสดงให้เห็นว่าภายใน ไอจีบีที มีไทริสเตอร์แฝงอยู่ด้วย โดยดูได้จากกรทิทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็นและพีเอ็นพีต่อเข้าด้วยกันในลักษณะ

ที่มีการป้อนกลับ ทำให้เห็นได้ชัดถึงเหตุที่ทำให้เกิดการแลตซ์ของ ไอจีบีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยถ้ากระแสส่วนน้อยที่ไหลผ่านจากอิมิตเตอร์มายังคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์พีเอ็นพี ผ่านความต้านทานข้างเคียงแล้วทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมความต้านทานสูงกว่า 0.7 โวลต์ ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็นจะนำกระแส ส่งผลให้เกิดการแลคซ์ขึ้นในไอจีบีที สำหรับแรงดันตกคร่อมขาแครนและซอร์สของไอจีบีที ขณะนำกระแส ( $V_{DS(on)}$ ) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_{DS(on)} = V_{J1} + V_{drift} + I_D R_{channel} \quad \dots(1)$$

เมื่อ  $V_{J1}$  เป็นแรงดันไปเอสตรงที่ตกคร่อมรอยต่อพีเอ็น จึงมีค่าค่อนข้างคงที่ จะมีการเปลี่ยนแปลงบ้างก็เพียงเล็กน้อย เพราะมีความสัมพันธ์โดยตรงในลักษณะเอ็กซ์โปเนนเชียลกับกระแส ทำให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7-1 โวลต์

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า  $V_{DS(on)}$  จะมีค่าสูงมากขึ้นตามค่ากระแสแครนที่สูงขึ้น โดยทั่วไปไอจีบีที จะสามารถทำงานได้ในอุณหภูมิรอยต่อสูงสุดถึง 150 องศาเซลเซียส และผลของการเปลี่ยนอุณหภูมิจากค่าอุณหภูมิห้องไปถึงค่าสูงสุดนี้ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า  $V_{DS(on)}$  เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะไอจีบีทีมีค่า  $V_{DS(on)}$  เป็นผลรวมระหว่างแรงดันตกคร่อมมอสเฟตที่มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นบวก (หมายถึงอุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันตกคร่อมก็จะสูงขึ้นตาม) กับแรงดันตกคร่อมความต้านทานบริเวณรอยต่อที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ

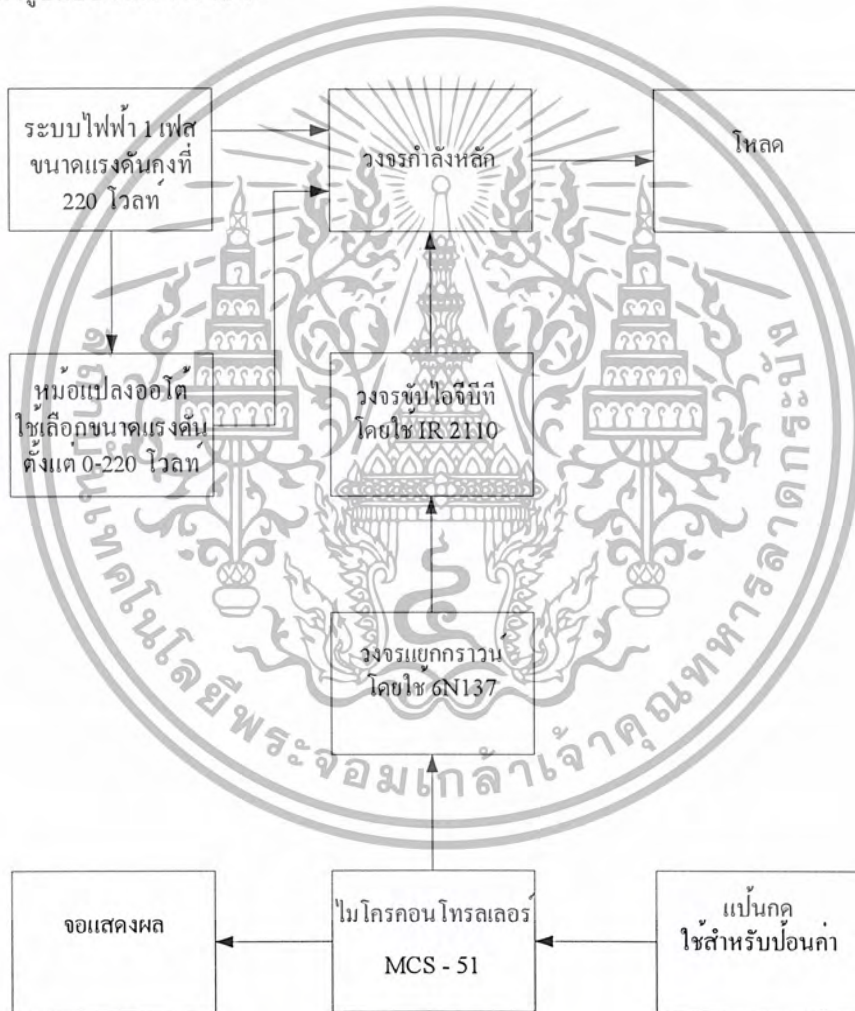


## บทที่ 4

### การออกแบบและการสร้าง

#### 4.1 แนวความคิดเบื้องต้นและรูปแบบจำลอง

สำหรับรูปแบบของวงจรที่ออกแบบขึ้นนี้ เราสามารถที่จะแสดงให้เห็นว่า ได้ใช้หลักการเปลี่ยนระดับของแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าของขนาดที่ลดลงจากระดับ 100 เปรอร์เซ็นต์หรือ 220 โวลต์ จนถึงค่าที่เราต้องการคือตั้งแต่ 0 ถึง 220 โวลต์ โดยอาศัยคุณสมบัติของหม้อแปลงอโต้ มาใช้ในการเลือกขนาดของแรงดัน โดยจะขอแสดงรูปแบบจำลองต่อไปนี้



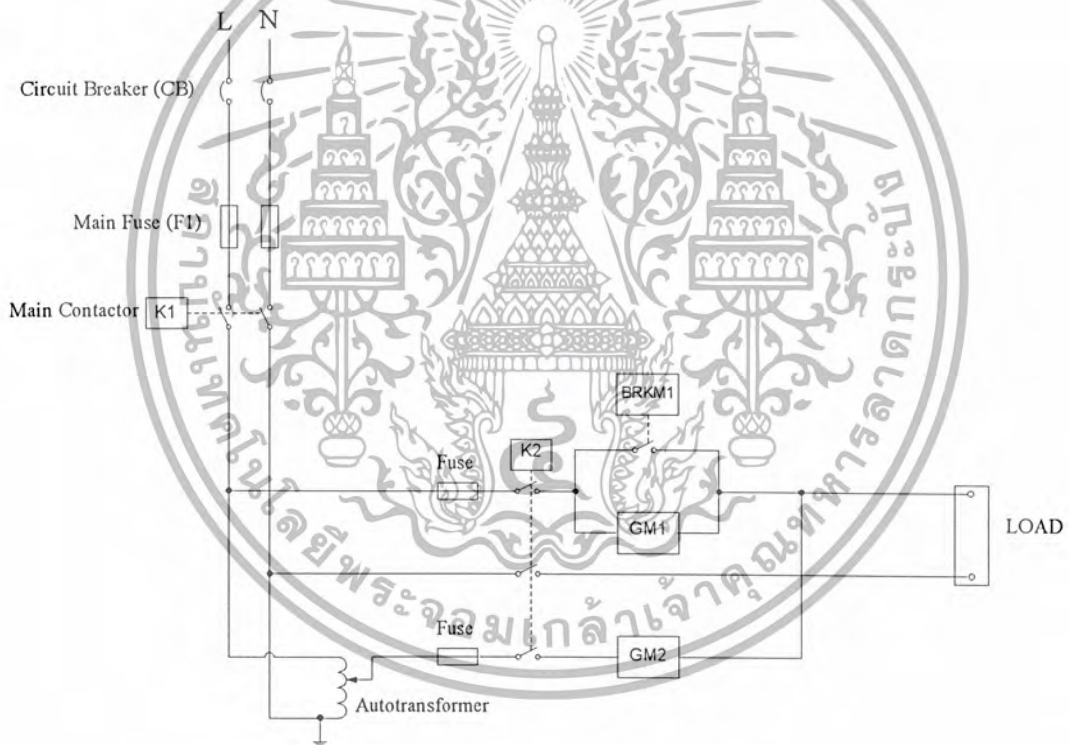
รูปที่ 4-1 แบบจำลองของโครงสร้างชุดเครื่องสร้างแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแบบจำลองชุดเครื่องสร้างแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ จะแบ่งส่วนของวงจรหลัก ๆ ออกเป็น วงจรกำลังและวงจรควบคุม โดยวงจรกำลังจะประกอบด้วยส่วนของหม้อแปลงออตโตที่ใช้สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้ามาเป็นแรงดันไฟฟ้าระดับต่างๆ และส่วนของวงจรกำลังหลักที่ใช้ในการเลือกระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างแหล่งจ่ายไฟที่มีขนาดคงที่ กับแหล่งจ่ายไฟที่ได้รับจากหม้อแปลงออตโต สำหรับในส่วนของวงจรควบคุมจะแบ่งออกเป็นในส่วนของฮาร์ดแวร์กับส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดทั้งหมดดังนี้

## 4.2 วงจรกำลัง

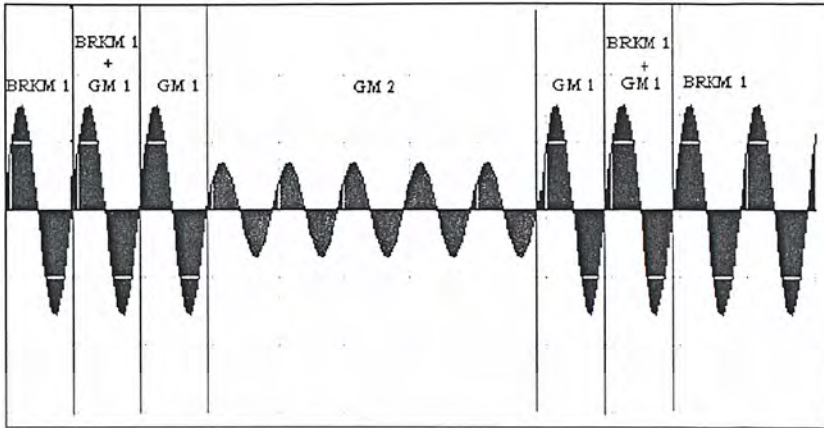
ส่วนของวงจรกำลังที่ใช้ประกอบไปด้วยส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส และส่วนของไอจีบีที โดยในส่วนของวงจรกำลังทางด้านอินพุตจะเป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส โดยมีเซอร์กิตเบรกเกอร์และฟิวส์เป็นตัวป้องกันระบบ โดยวงจรกำลังจะแสดงไว้ดังรูป



รูปที่ 4-2 ไดอะแกรมการต่อสาย (Wiring diagram)

### หลักการทำงาน

- ก่อน Sag
1. BRKM1 ON
  2. BRKM1 ON , GM1 ON
  3. BRKM1 OFF , GM1 ON
- ช่วง Sag
4. GM1 OFF , GM2 ON
- หลัง Sag
5. GM2 OFF , GM1 ON
  6. GM1 ON , BRKM1 ON
  7. GM1 OFF , BRKM1 ON



รูปที่ 4-3 รูปคลื่นแสดงหลักการทำงาน

4.2.1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ ทำหน้าที่เป็น สวิตช์ ในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรต่างๆ โดยจะมี แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (K1) ทำหน้าที่ปิด - เปิดไฟฟ้าให้กับวงจรควบคุมต่างๆและแมกเนติกคอนแทคเตอร์(K2) ทำหน้าที่ปิด - เปิดไฟฟ้าก่อนเข้าวงจร ไอจีบีที

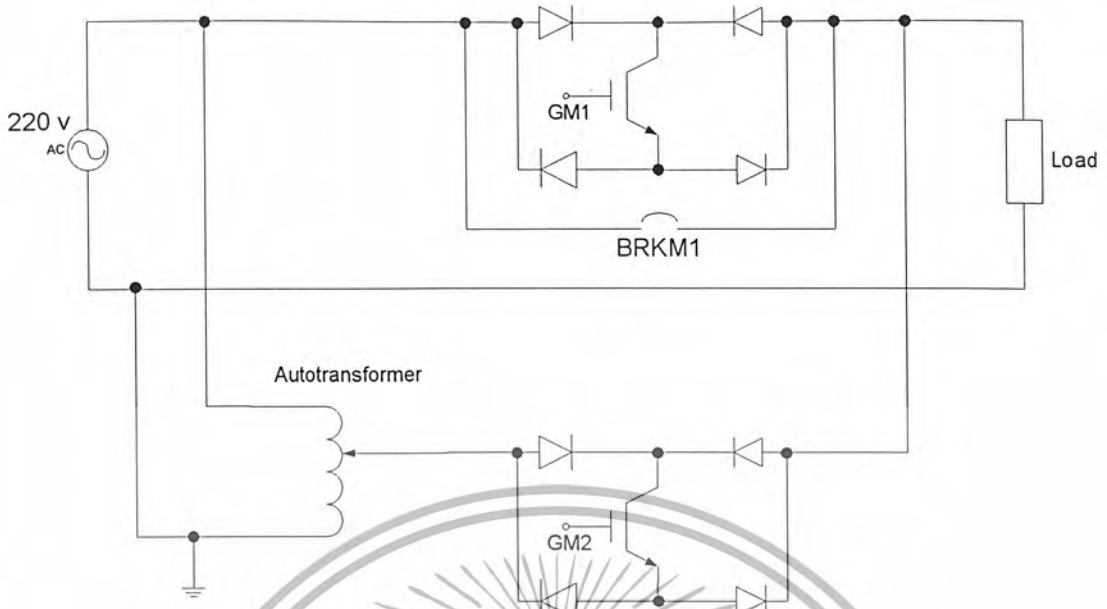
4.2.2 หม้อแปลงออโต้ (Auto transformer) ใช้ในการปรับเลือกขนาดของระดับแรงดันไฟฟ้า ในขณะที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก



รูปที่ 4-4 หม้อแปลงออโต้

4.2.3 วงจรกำลังหลัก ทำหน้าที่ในการสลับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดคงที่ กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่สามารถปรับขนาดแรงดันไฟฟ้าได้ จากรูปวงจรถูกกำลังหลักจะมีไดโอด 4 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่เรียงกระแสที่ไหลผ่านไอจีบีที ให้ไหลไปทิศทางเดียว ซึ่งในส่วนของวงจรถูกกำลังหลักที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าคงที่ จะมีแมกเนติกคอนแทคเตอร์ต่อขนานกับวงจรอยู่ด้วย เพื่อให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำงานในช่วงตอนเริ่มต้นการทำงานของโหลด เพื่อป้องกันกระแสเกิน หรือเพื่อให้โหลดเข้าสู่เสถียรภาพก่อนทำการทดสอบ

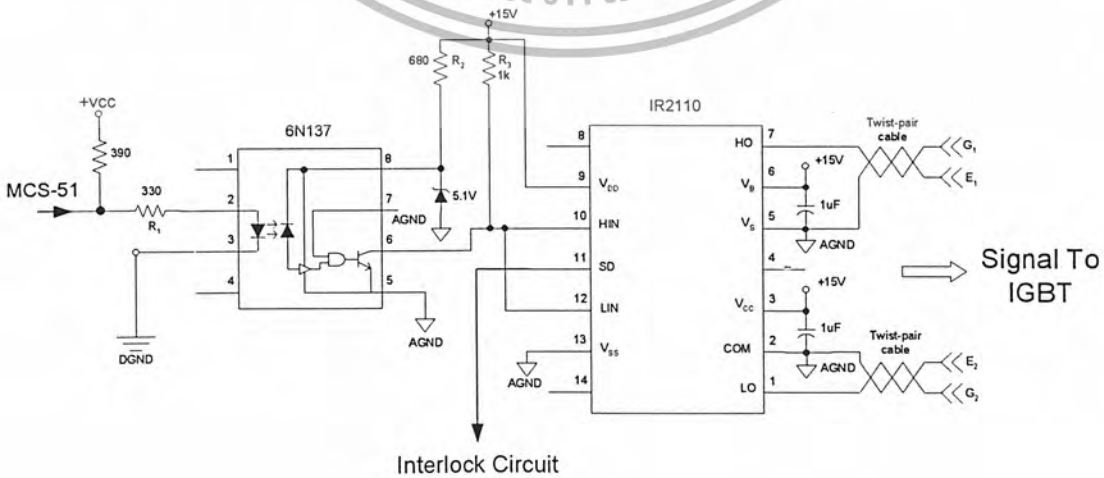
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 วงจรกำลังหลัก

4.3 วงจรควบคุมในส่วนของฮาร์ดแวร์ วงจรควบคุมการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดแรงดันตกสามารถแบ่งออกได้เป็นวงจรแต่ละส่วนดังต่อไปนี้ คือ

4.3.1 วงจรควบคุมไอจีบีที ทำหน้าที่ควบคุมการปิด-เปิดไอจีบีที โดยเลือกใช้ไอซีเบอร์ IR2110 ทำหน้าที่ควบคุมไอจีบีที และไอซี 6N137 ทำหน้าที่แยกกราวด์ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแหล่งจ่ายไฟที่ควบคุมไอจีบีที จากวงจรรูป 4-6 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จ่ายแรงดันศูนย์ เข้ามาที่ขา 2 ของไอซี 6N137 จะทำให้มีแรงดันไฟฟ้าขนาด 15 โวลท์ที่ขา 10 กับ ขา 12 ของไอซี IR2110 แต่ไอซีจะยังคงไม่ทำงานจนกว่าจะได้รับแรงดันศูนย์โวลท์ที่ขา 11 ของ IR2110 จากวงจรอินเตอร์ล๊อค โดยเมื่อ IR2110 ทำงานจะจ่ายแรงดันขนาด 15 โวลท์ออกมาทางขา 1 กับ ขา 7 เพื่อใช้ควบคุมให้ไอจีบีทีทำงาน

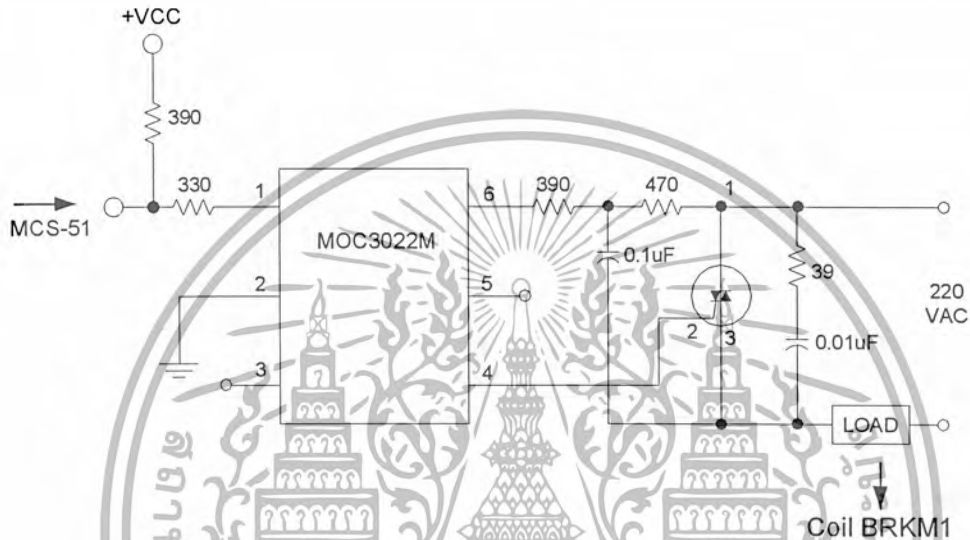


Interlock Circuit

รูปที่ 4-6 วงจรควบคุมไอจีบีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

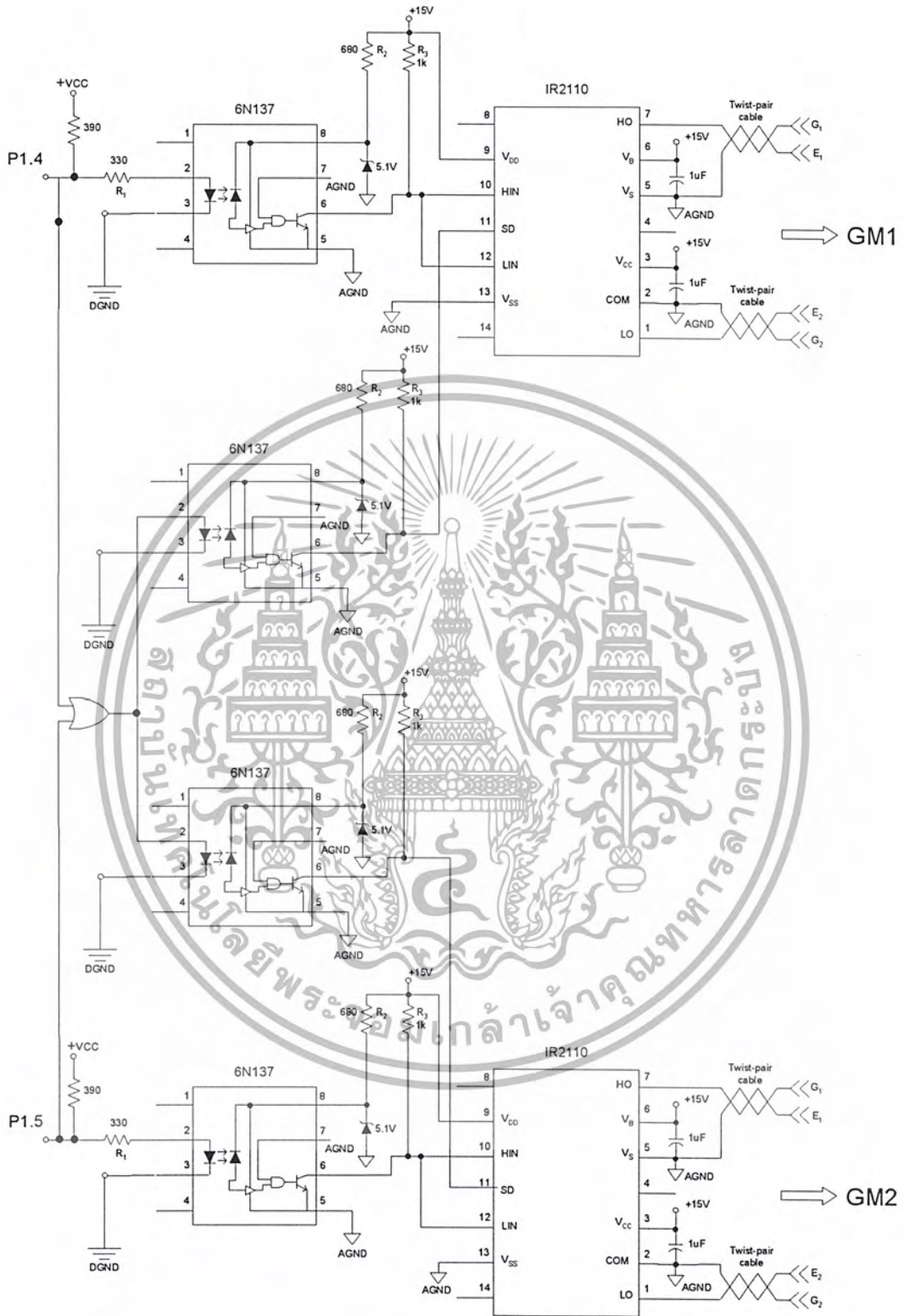
4.3.2 วงจรควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์ (BRKM1) จากวงจรดังรูปที่ 4-7 เราจะใช้ไอซี MOC3020 ทำการแยกกราวด์ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแหล่งจ่ายไฟขนาด 220 โวลท์ และมีใช้ไดรแอกทำหน้าที่ควบคุมการปิด - เปิดของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ โดยมีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่อมีแรงดันขนาดประมาณ 5 โวลท์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้าที่ขา 1 ของไอซี MOC3020 จะทำให้มีแรงดันออกไปควบคุมขาเกตของไดรแอก และไดรแอกจะนำกระแสเพื่อให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำงาน



รูปที่ 4-7 วงจรควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์

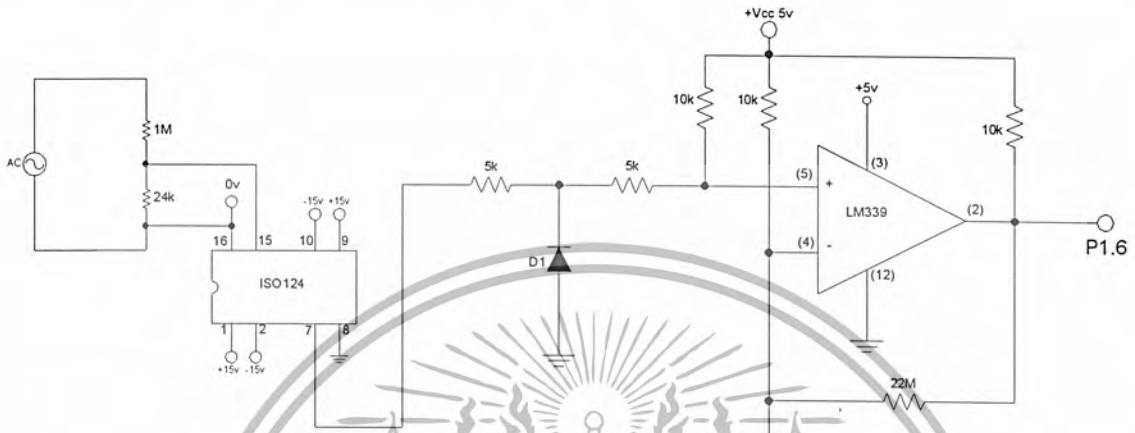
4.3.3 วงจรอินเทอร์ล็อก จากรูปที่ 4-8 วงจรจะประกอบด้วยไอซีอเกต เบอร์ 74LS32 และไอซี 6N137 ทำหน้าที่แยกกราวด์ระหว่างวงจรควบคุมกับวงจรกำลัง และนำเอาขา 6 ของไอซี 6N137 วงจรอินเทอร์ล็อกไปต่อเข้ากับขา 11 ของไอซี IR2110 ในวงจรควบคุมไอจีบีที โดยวงจรอินเทอร์ล็อกจะทำหน้าที่ป้องกันไอจีบีทีทั้งสองชุดทำงานพร้อมกัน ซึ่งมีหลักการทำงานคือ เมื่อทำการต่อ ขา 1 กับ ขา 2 ของไอซี 74LS32 ต่อเข้ากับขา P1.4 และ P1.5 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อขา 1 กับ ขา 2 ของไอซี 74LS32 ได้รับแรงดันศูนย์ทั้งคู่ จะทำให้เกิดแรงดันศูนย์ที่ขา 3 ของไอซี 74LS32 และทำให้เกิดแรงดันขนาด 15 โวลท์ที่ขา 6 ของไอซี 6N137 ของวงจรอินเทอร์ล็อก ซึ่งต่อเข้ากับขา 11 ของไอซี IR2110 โดยไอซี IR2110 เมื่อได้รับแรงดัน 15 โวลท์ที่ขา 11 จะทำให้ไม่มีแรงดันออกทางขา 7 กับ ขา 1 ของไอซี IR2110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

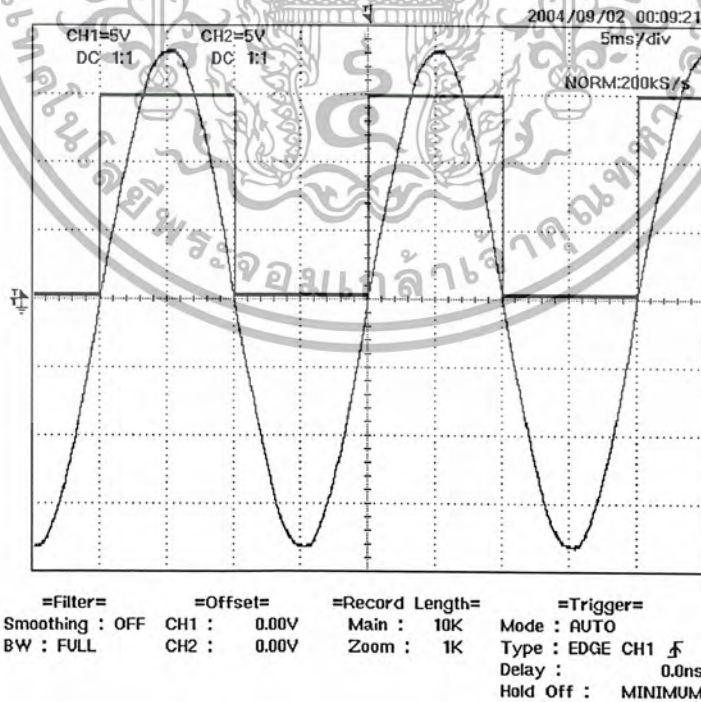


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 4-8 วงจรอินเวอร์เตอร์ ที่ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 วงจร zero crossing ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันรูปคลื่นไซน์ เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม จากวงจรดังรูปที่ 4-9 เมื่อมีแรงดันรูปคลื่นไซน์ผ่านเข้ามาในวงจรแรงดันจะถูกกรองเหลือครึ่งไซเคิลบวก จากนั้นจะผ่านเข้าวงจรออปแอม โดยเมื่อแรงดันมากกว่าศูนย์โวลต์เอาท์พุทจะออกมาเป็น 5 โวลต์ และเมื่อแรงดันต่ำกว่าหรือเท่ากับศูนย์ แรงดันเอาท์พุทจะออกมาเป็นศูนย์โวลต์



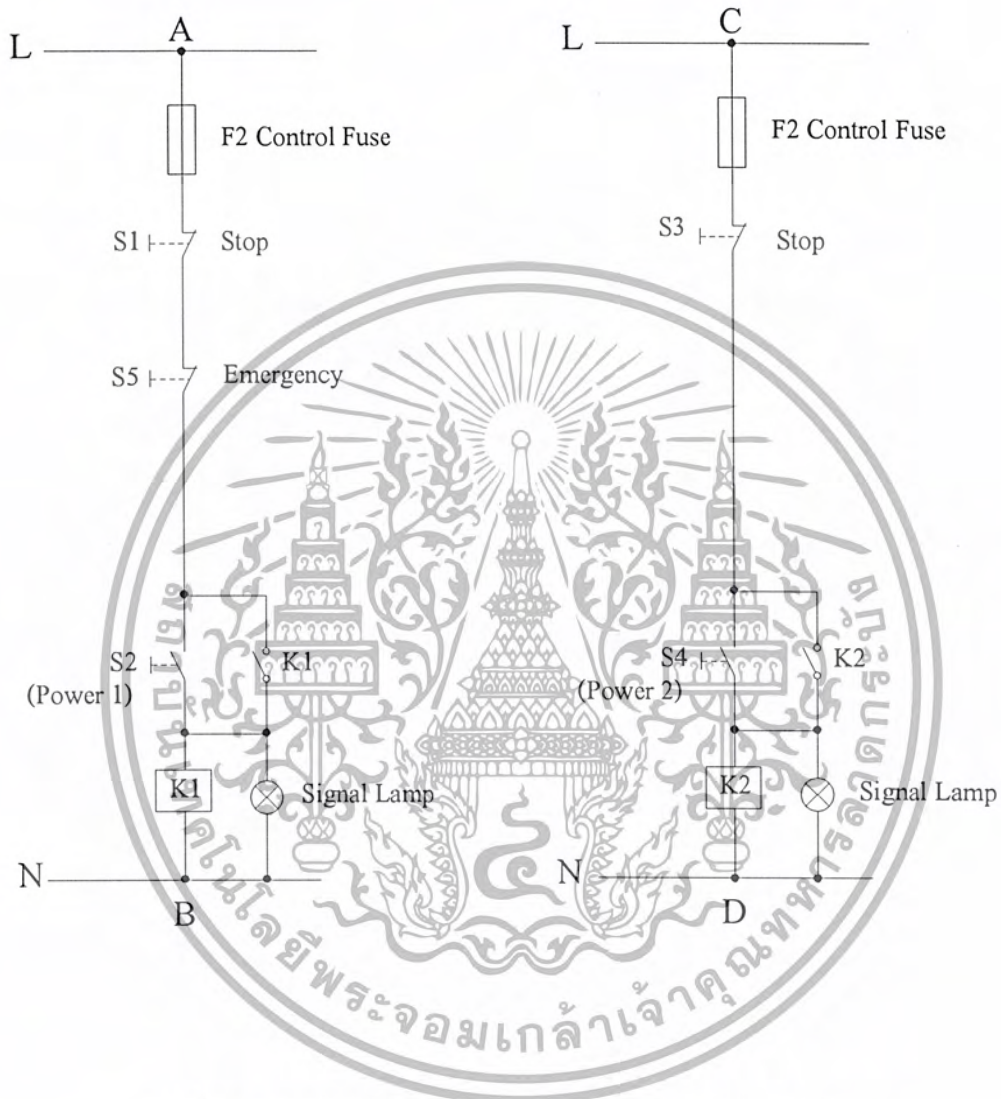
รูปที่ 4-9 วงจร Zero-Crossing



รูปที่ 4-10 ผลการทดสอบวงจร Zero-Crossing Detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 วงจรควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์ของวงจรกำลัง (K1,K2) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ของวงจรกำลัง (K1,K2) โดยมีวงจรดังรูปที่ 4-11

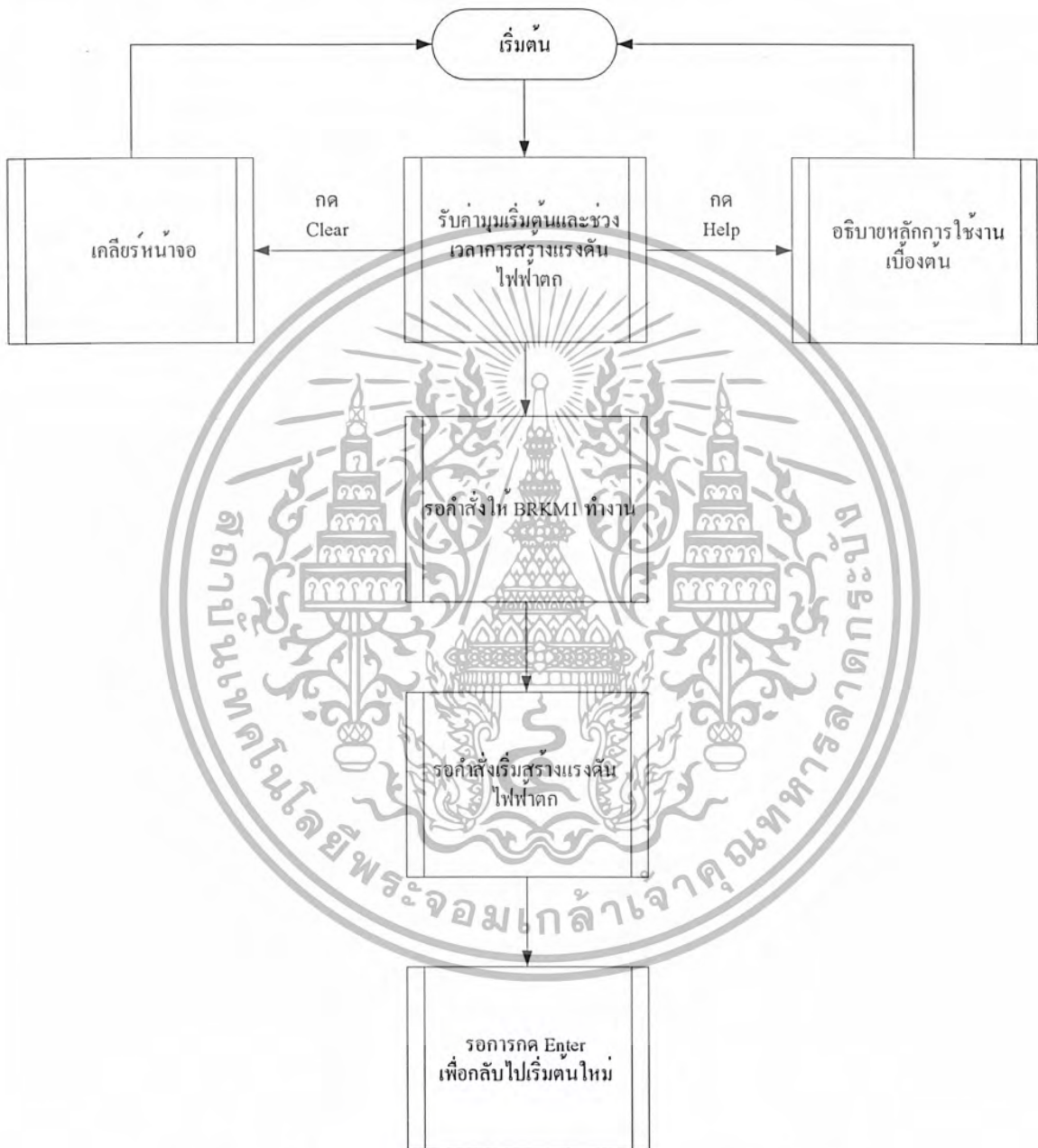


รูปที่ 4-11 วงจรควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์ของวงจรกำลัง (K1,K2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

โดยในส่วนของการทำงานของวงจรนั้นได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม เพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำในการทำงาน ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานได้นั้นจะต้องมีส่วน โปรแกรมเป็นตัวสั่งการทำงาน โดยในส่วนใหญ่จะเป็นโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี



รูปที่ 4-12 ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานตามโปรแกรม ซึ่งจะรับค่าต่างๆเข้ามาเก็บไว้ใน หน่วยความจำ จากนั้นก็จะทำการประมวลผล และตรวจสอบค่าต่างๆ หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ก็จะกลับมา รับค่าใหม่ แต่ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรอคำสั่งเพื่อเริ่มทำการสร้าง

แรงดันตกไฟฟ้าชั่วขณะ และเมื่อทำงานเสร็จแล้วก็ก็จะกลับมารอรับอีกคำสั่ง เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การทดลองและผลการทดลอง

เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ 1 เฟส ได้รับการออกแบบให้สร้างแรงดันไฟฟ้าตกได้โดยการปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่หม้อแปลงไฟฟ้าวาริแอก (VARIAC) โดยทำการเลือกมุมที่ต้องการทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกได้และสามารถเลือกระยะเวลาในการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกได้

#### 5.1 รูปแบบวิธีการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ชุดนี้ได้ทำการออกแบบสำหรับการประยุกต์ใช้งานในระบบไฟฟ้า 1 เฟส เพื่อทดสอบอุปกรณ์ต่างๆในระบบไฟฟ้า รูปแบบในการทดสอบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับการทดสอบ ผ่านการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการวัดค่าต่างๆ ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

#### วัตถุประสงค์ในการทดลอง

- เพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่างๆเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ
- เพื่อศึกษาถึงผลที่เกิดขึ้นจากการลดลงอย่างทันทีทันใดของแรงดัน

#### คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะแบบหนึ่งเฟส

- สร้างแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะได้ในระบบไฟฟ้า 1 เฟส
- สามารถกำหนดระดับการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ได้ตั้งแต่ 0 - 219 V โดยการปรับแรงดันที่หม้อแปลงไฟฟ้าวาริแอก (VARIAC)
- สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ได้ตั้งแต่ 5ms – 3s หรือหนึ่งส่วนสี่ลูกคลื่น (1/4 cycle) ถึงหนึ่งร้อยห้าสิบลูกคลื่น (150 cycles) ในระบบไฟฟ้าที่มีความถี่มูลฐาน 50 Hz
- สามารถกำหนดมุมของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ได้ตั้งแต่มุม 0° - 359°
- ทนกระแสสูงสุดที่พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าวาริแอก (VARIAC) 15 A

#### อุปกรณ์ในการทดลอง

1. ชุดเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ
2. หม้อแปลงไฟฟ้าวาริแอก (VARIAC) 1 เฟส ขนาด 0 - 220 VAC
3. อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ เช่น หลอดไฟฟ้า 2 x100 วัตต์
4. เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) , โพรบ (Probe) , Digital meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทดลอง

1. เริ่มทำการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับชุดควบคุมและเลือกปุ่ม DISCONNECT ให้เปลี่ยนเป็น CONNECT เพื่อติดต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

2. เลือกระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกแล้วทำการต่อภาระทางไฟฟ้าที่ต้องการ ทดสอบเข้ากับทางด้านเอาต์พุตชุดเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

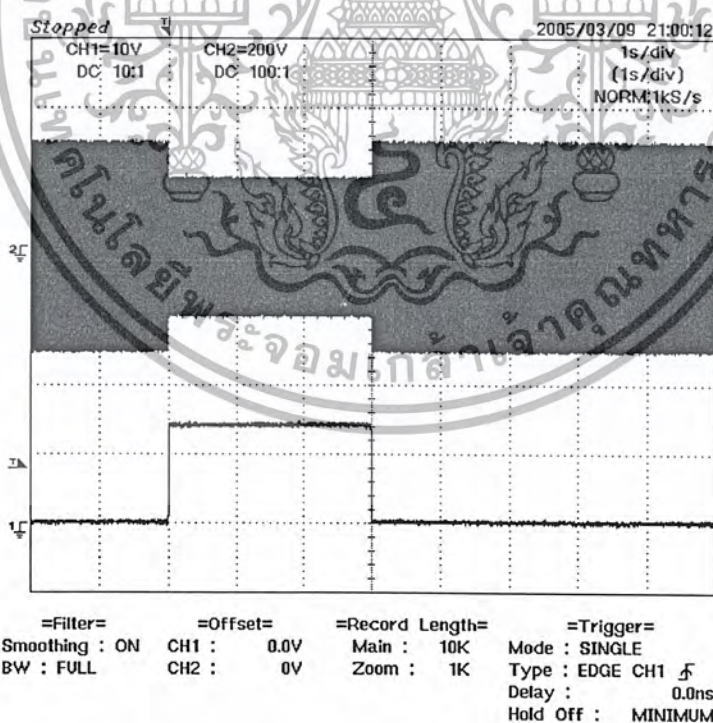
3. เริ่มทำการจ่ายกำลังไฟฟ้า 1 เฟส ให้แก่เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะทางด้านอินพุต

4. เริ่มทำการทดสอบตามรูปแบบที่ต้องการตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ โดยการป้อนค่าต่างๆที่ต้องการ ทดสอบผ่านทางแป้นกด และจะแสดงค่าต่างๆที่ได้ป้อนลงไปบนหน้าจอแสดงผล

## 5.2 รูปแบบการทดลองแบบต่างๆ

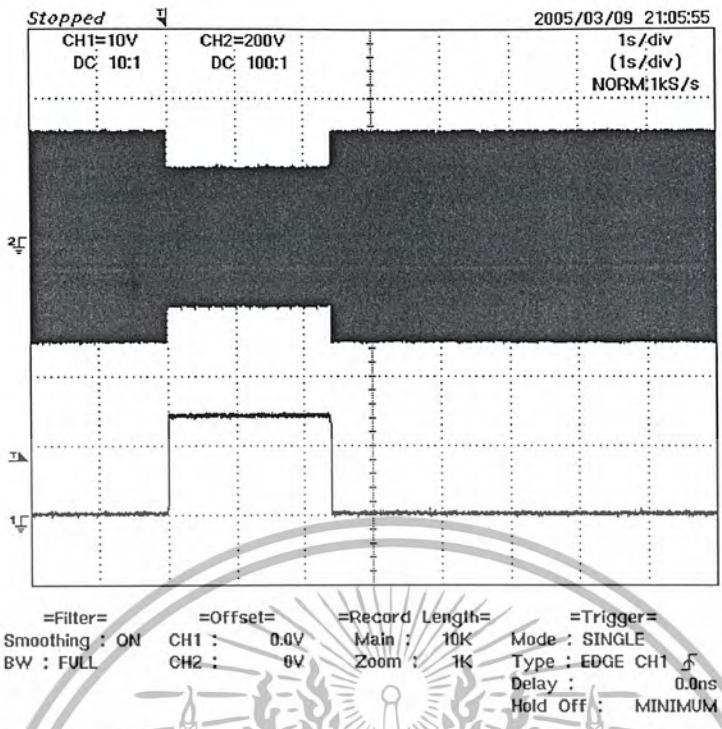
### รูปแบบที่ 1

กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าปกติ , แรงดันไฟฟ้าตกและมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกมีค่าคงที่เท่ากับ 220 V , 154 V (70 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ) และ 0° ตามลำดับ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก โดยที่กัลลิ่งไฟฟ้าของโพลมีค่าคงที่ ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังนี้

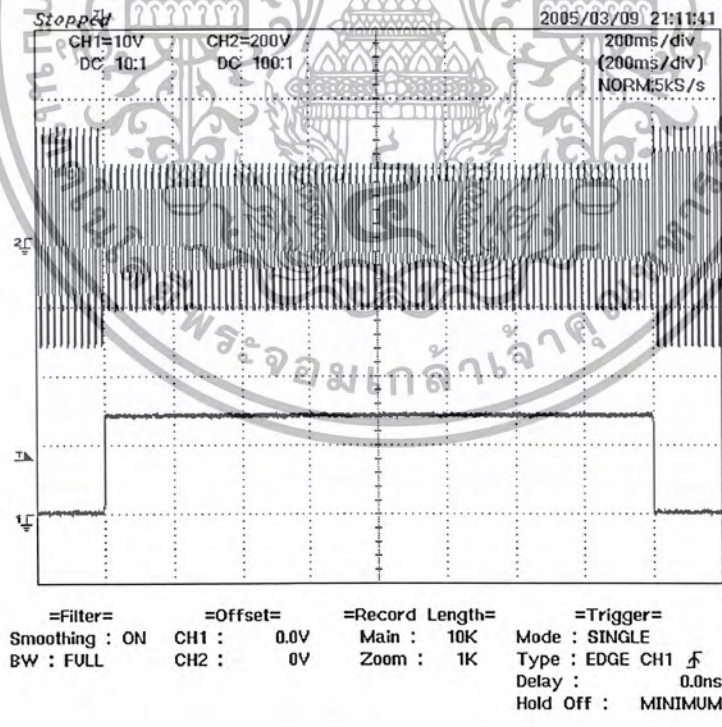


รูปที่ 5 -1 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 150 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

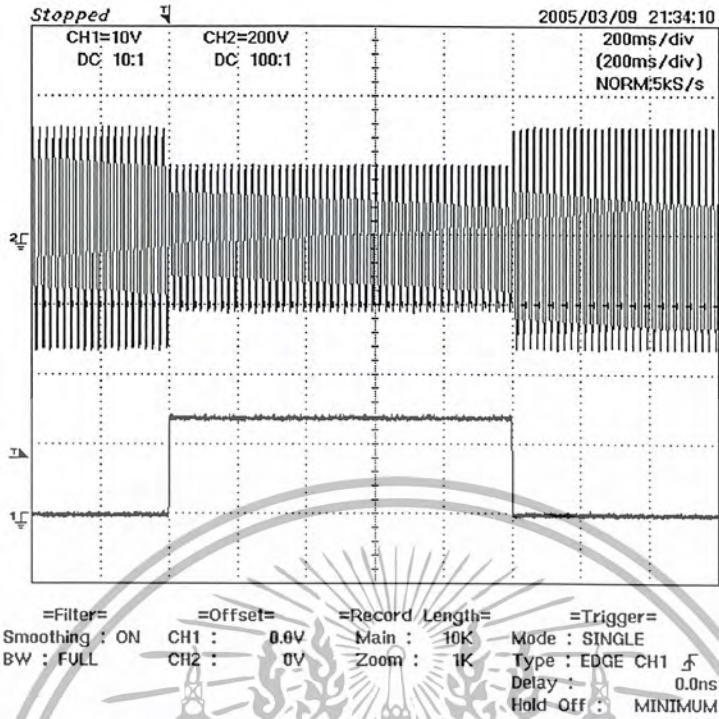


รูปที่ 5-2 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 120 ไมโครวินาที

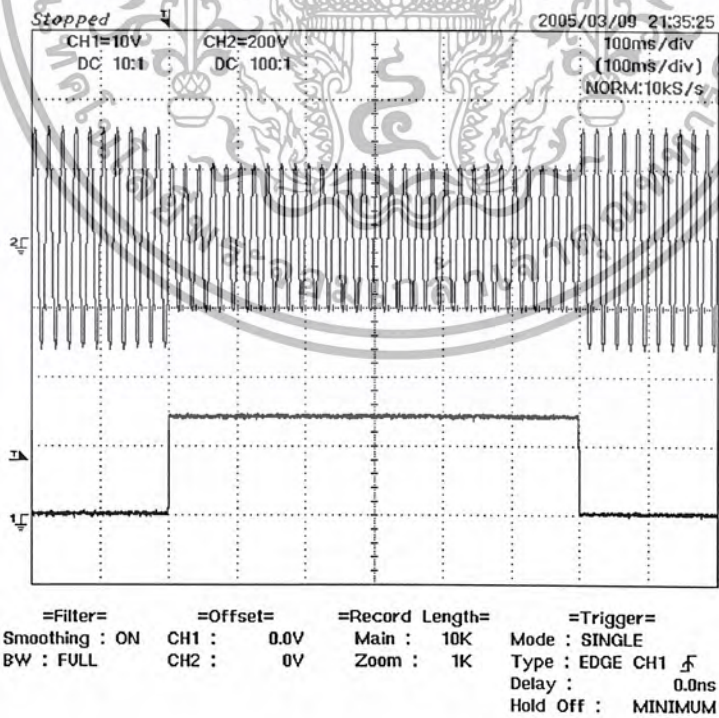


รูปที่ 5-3 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 80 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

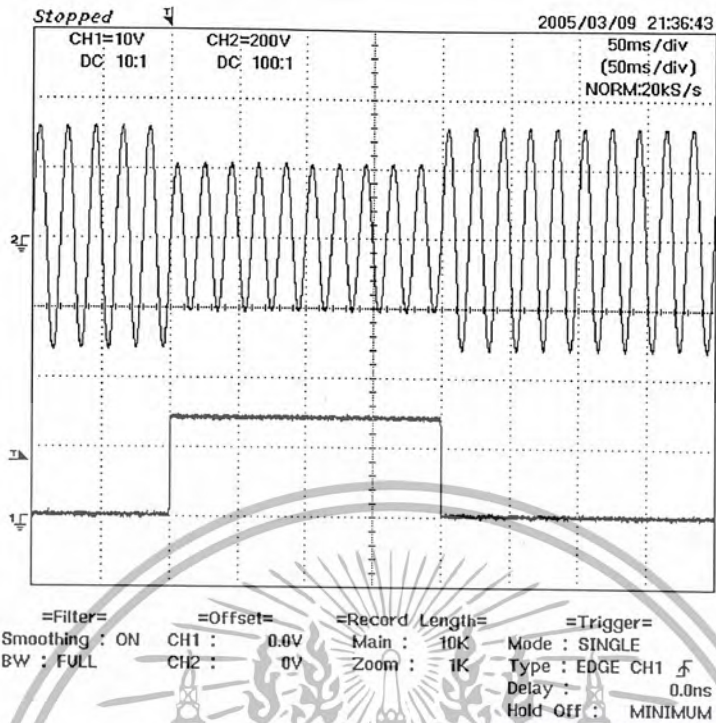


รูปที่ 5-4 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 50 ไซเคิล

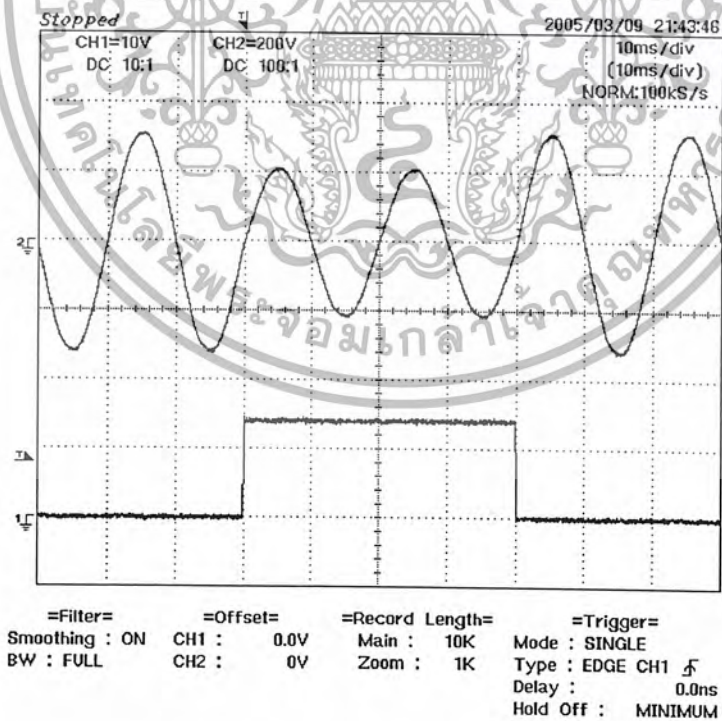


รูปที่ 5-5 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 30 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

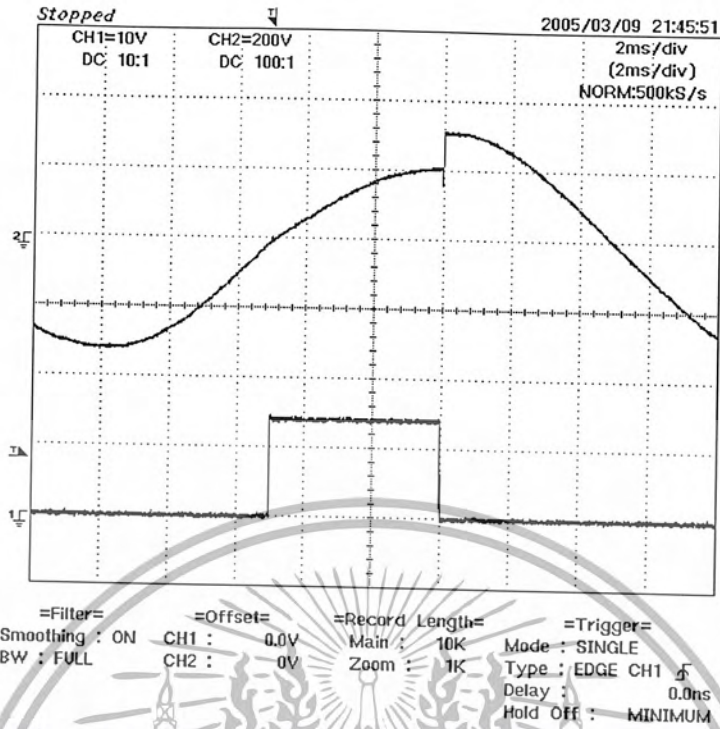


รูปที่ 5-6 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 10 ไมโครวินาที



รูปที่ 5-7 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 2 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



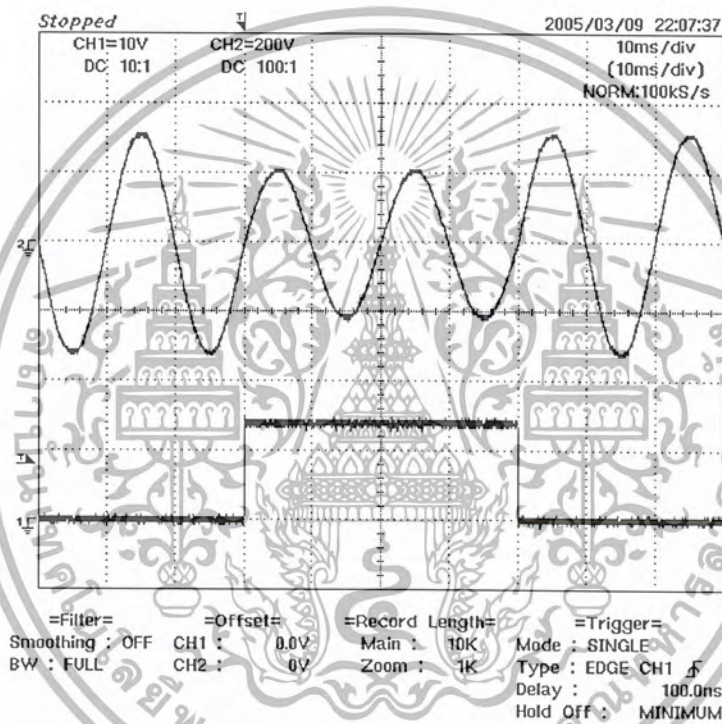
รูปที่ 5 - 8 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส ช่วงระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1/4 ไซเคิล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

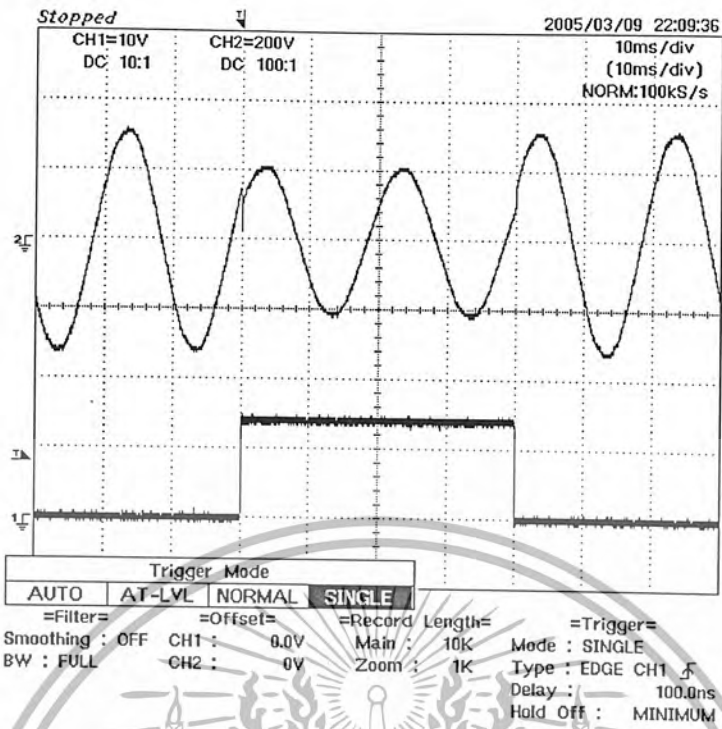
## รูปแบบที่ 2

กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าปกติ ,แรงดันไฟฟ้าตกและระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกมีค่าคงที่เท่ากับ 220 V ,154 V ( 70 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ) และ 40 ms ( 2 ไซเคิล) ตามลำดับ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก โดยพิกัดกำลังไฟฟ้าของโหลดมีค่าคงที่ ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังนี้

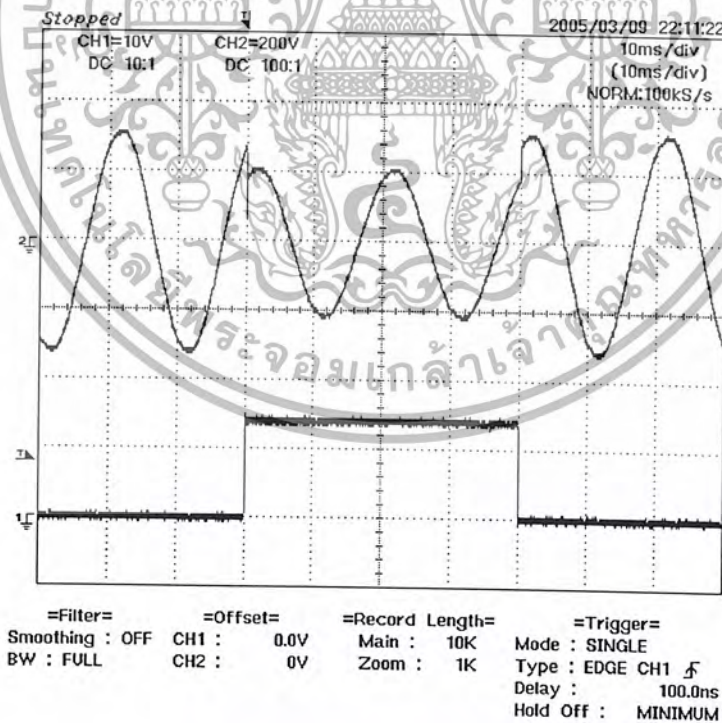


รูปที่ 5 -9 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

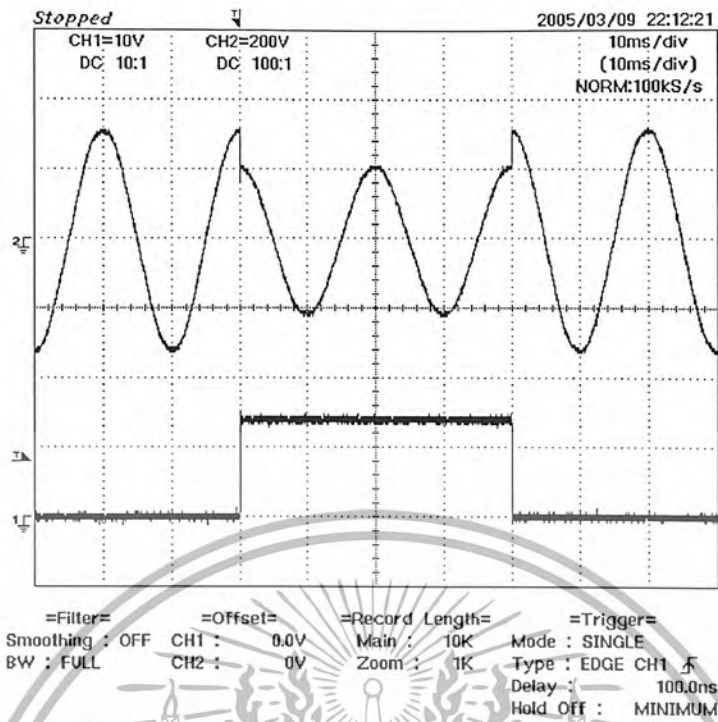


รูปที่ 5-10 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 30 องศา

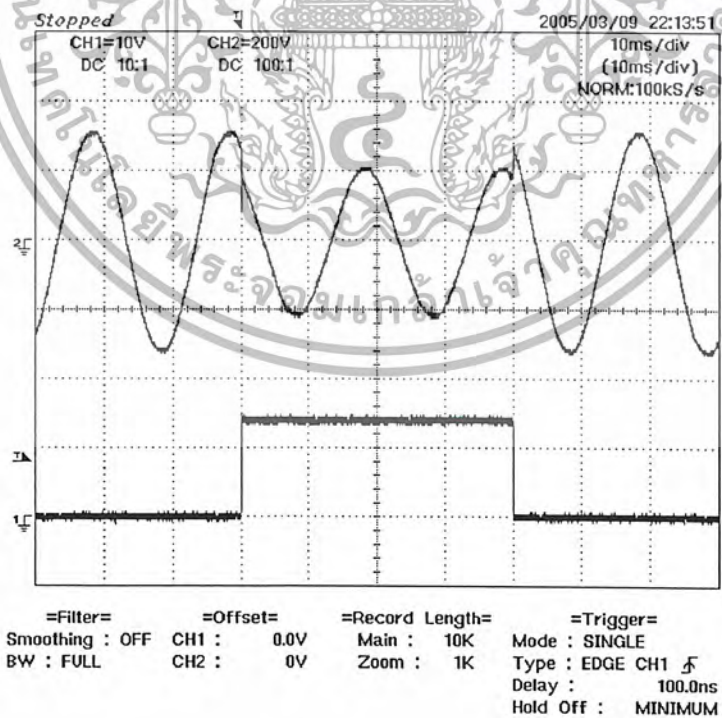


รูปที่ 5-11 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

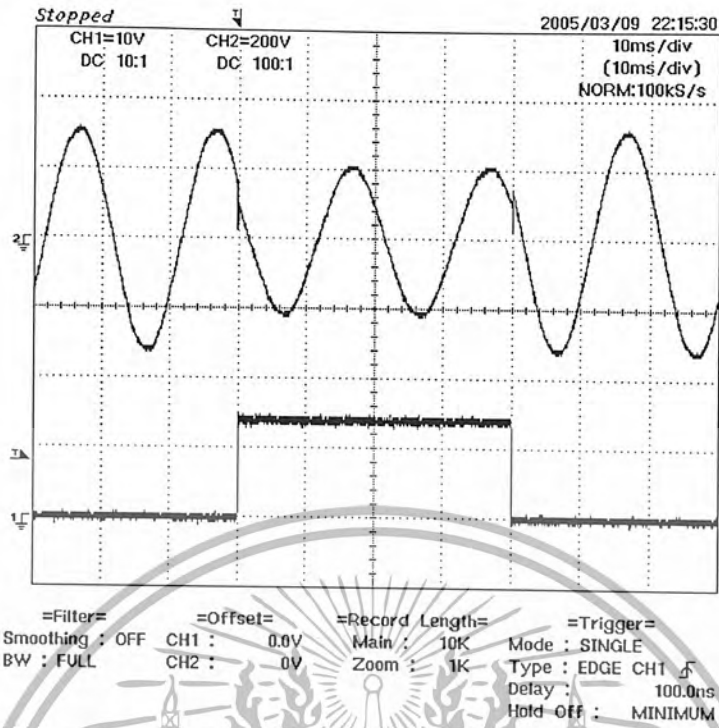


รูปที่ 5 -12 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 90 องศา

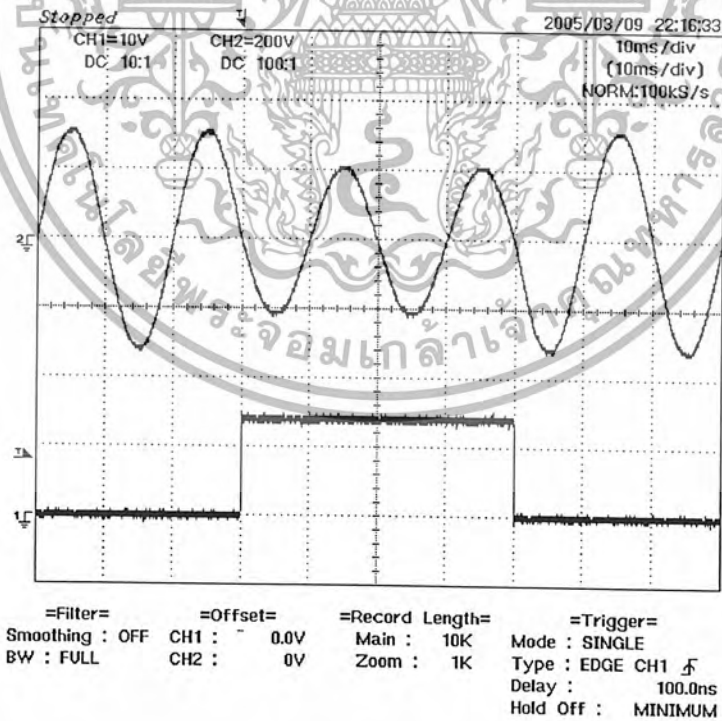


รูปที่ 5 -13 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 120 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

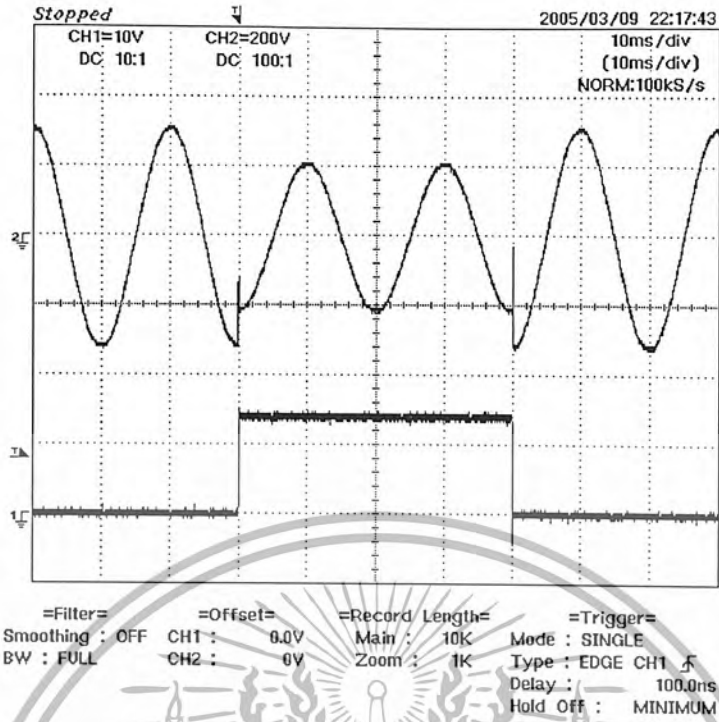


รูปที่ 5 -14 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 150 องศา

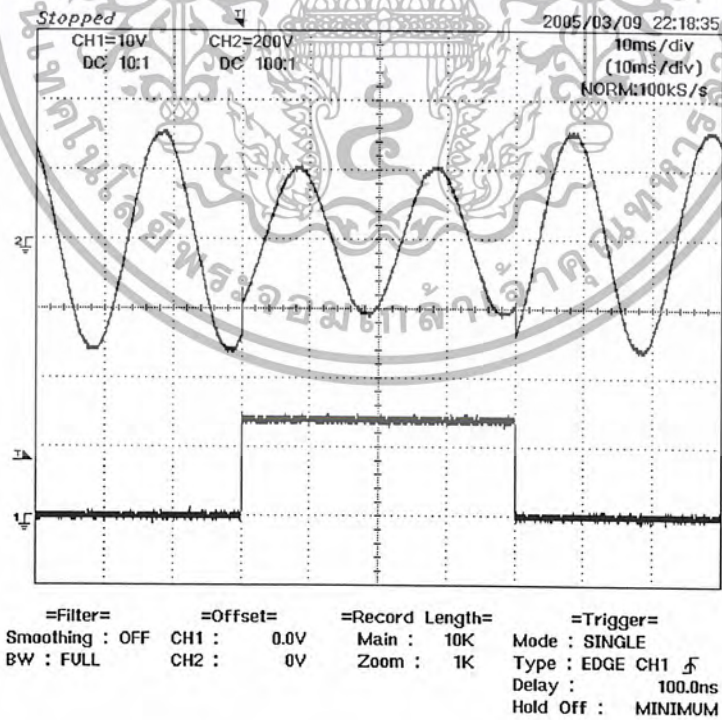


รูปที่ 5 -15 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

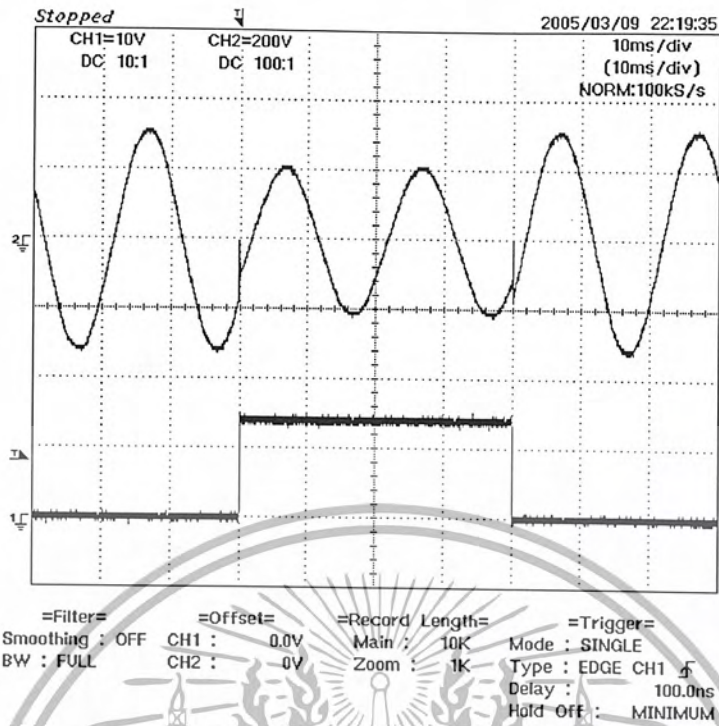


รูปที่ 5-16 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 270 องศา

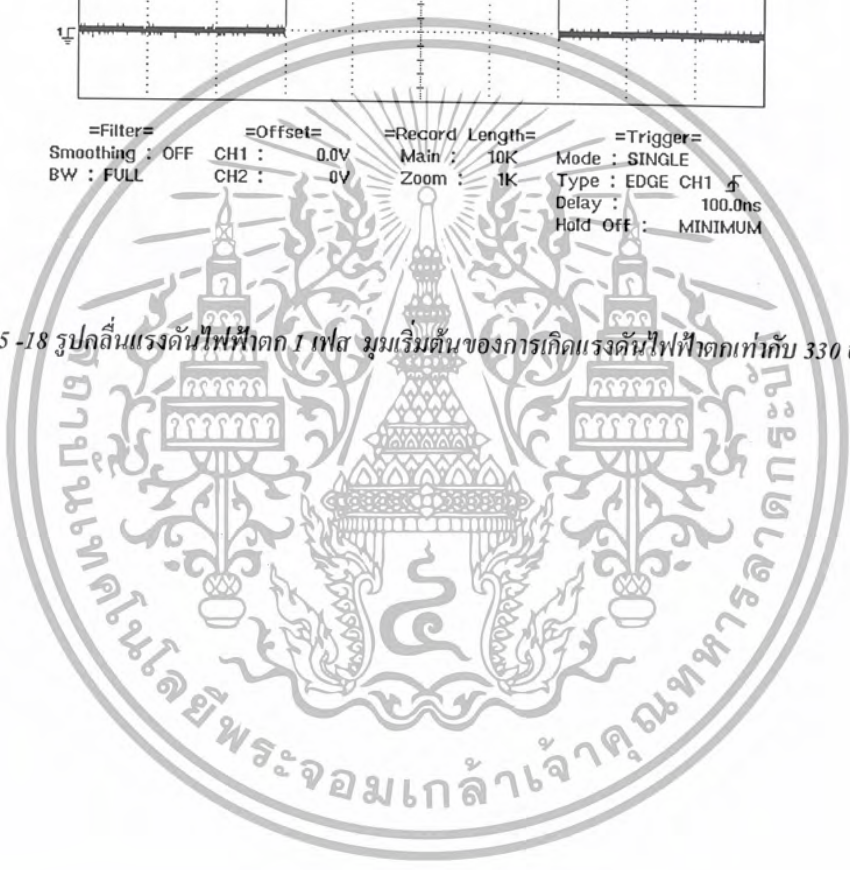


รูปที่ 5-17 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 300 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



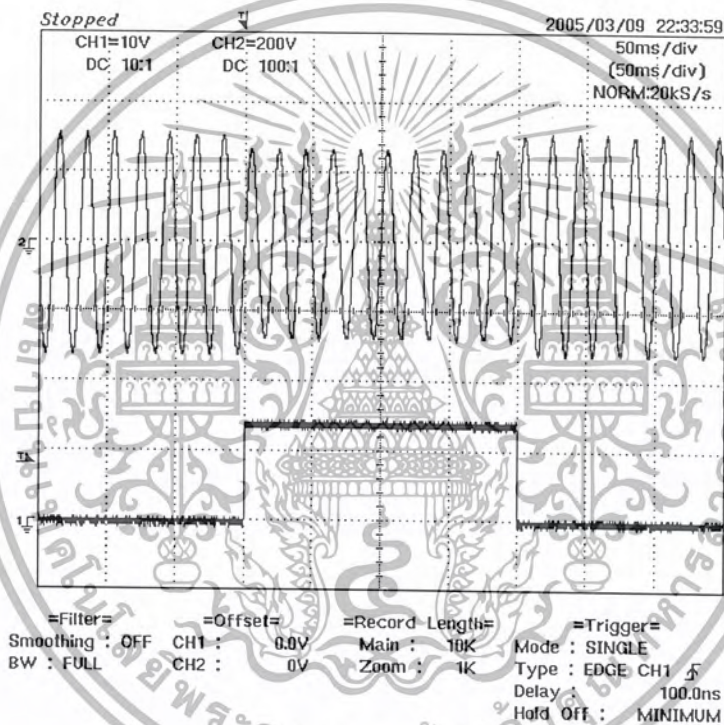
รูปที่ 5-18 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตก 1 เฟส มุมเริ่มต้นของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 330 องศา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รูปแบบที่ 3

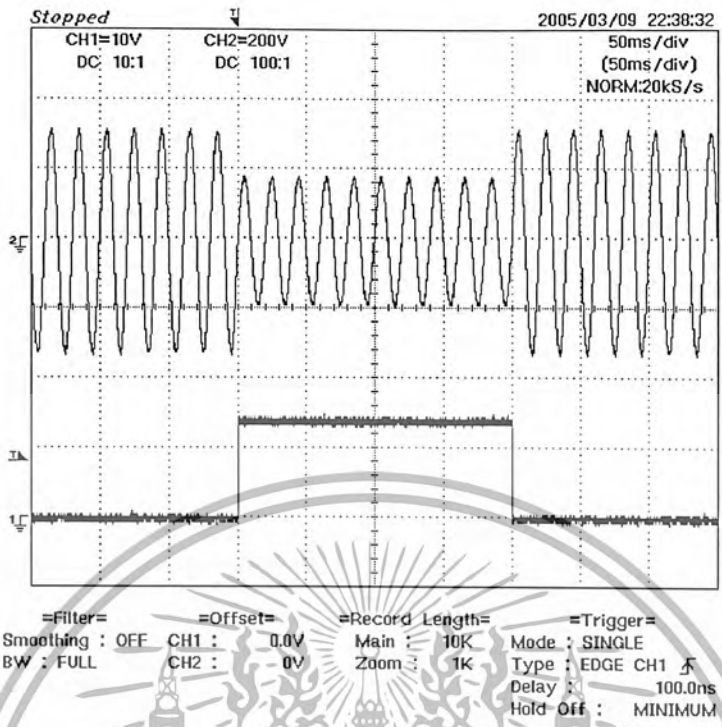
กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าปกติ ,ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกและมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกมีค่าคงที่เท่ากับ 220V ,200 ms (10 ไซเคิล) และ 0° ตามลำดับ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงขนาดแรงดันไฟฟ้าตก โดยพิกัดกำลังไฟฟ้าของโหลดมีค่าคงที่ ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังนี้



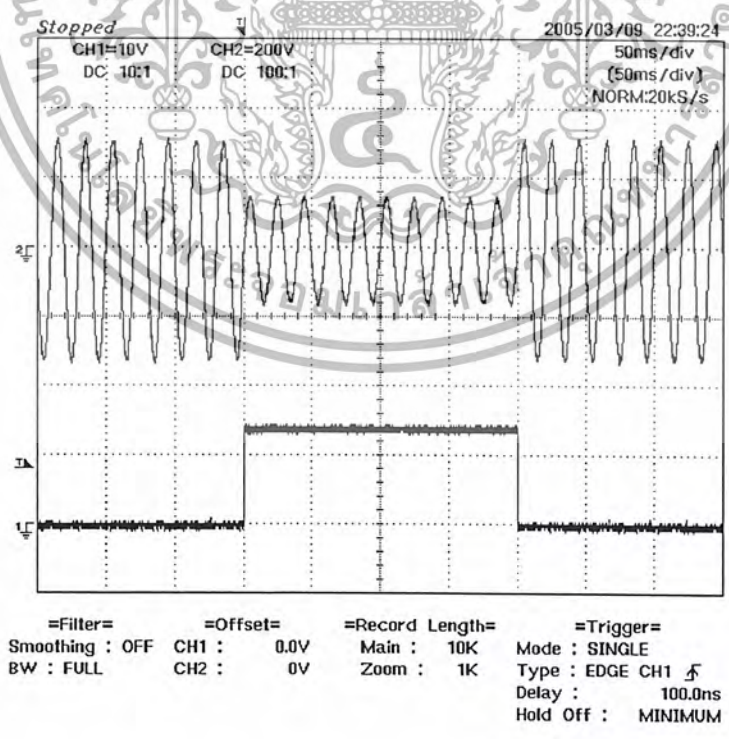
รูปที่ 5-19 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 90% , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไซเคิล และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



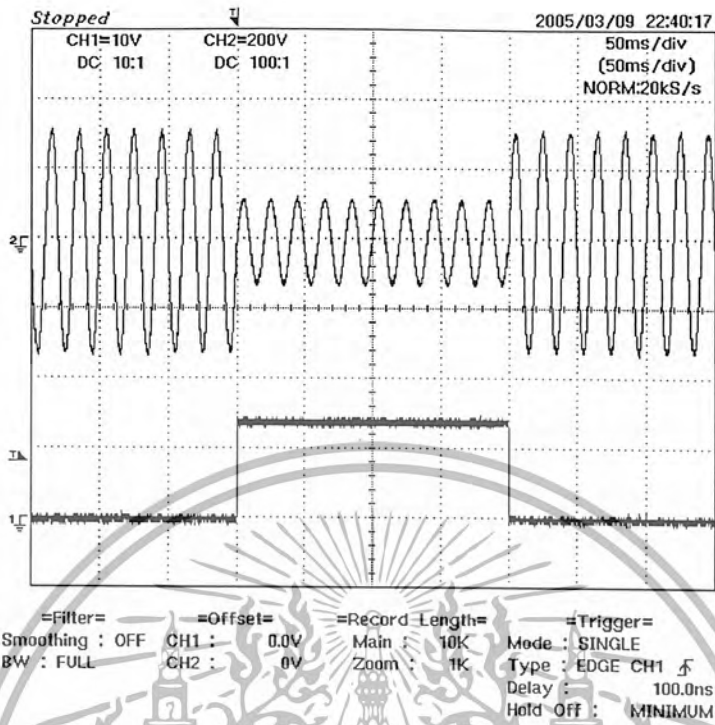


รูปที่ 5 -22 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 60 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไซเกิล และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา

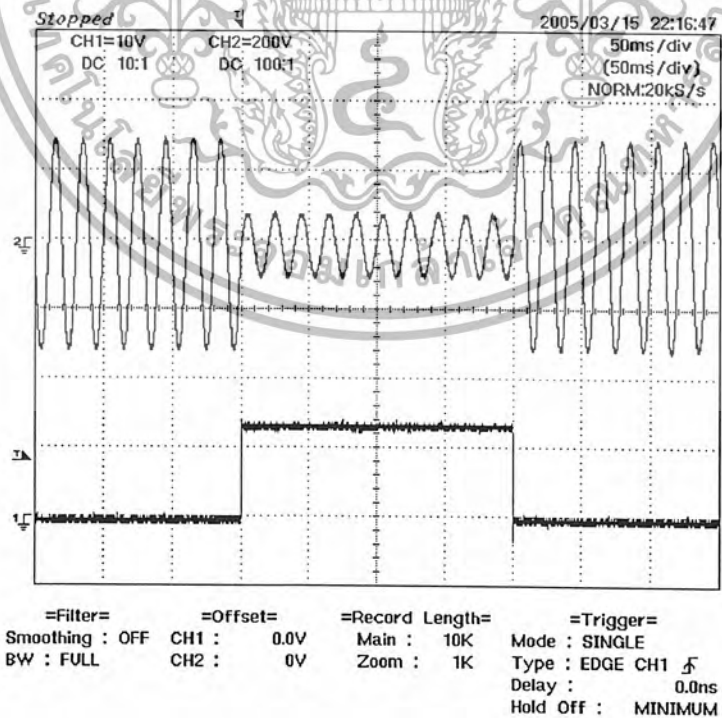


รูปที่ 5 -23 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 50 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไซเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

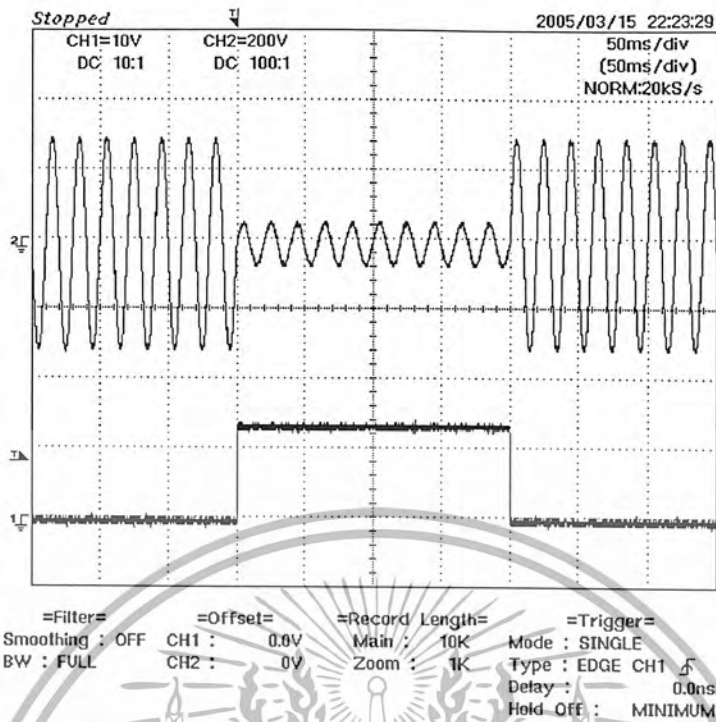


รูปที่ 5-24 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตักขนาด 40 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตัก 10 ไซเกิล และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตัก 0 องศา

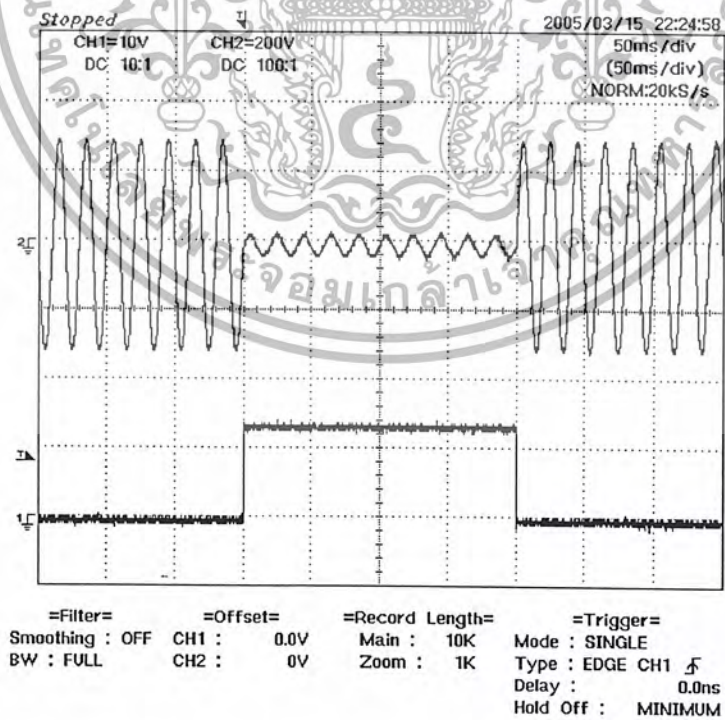


รูปที่ 5-25 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตักขนาด 30 % , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตัก 10 ไซเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรในองค์กรที่อนุญาตเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตัก 0 องศา  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

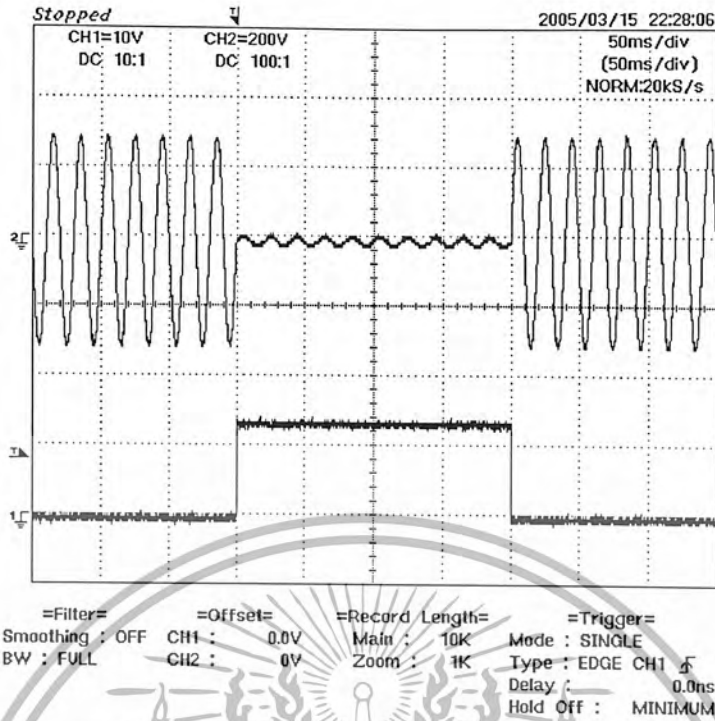


รูปที่ 5-26 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 20% , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไซเคิล และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา

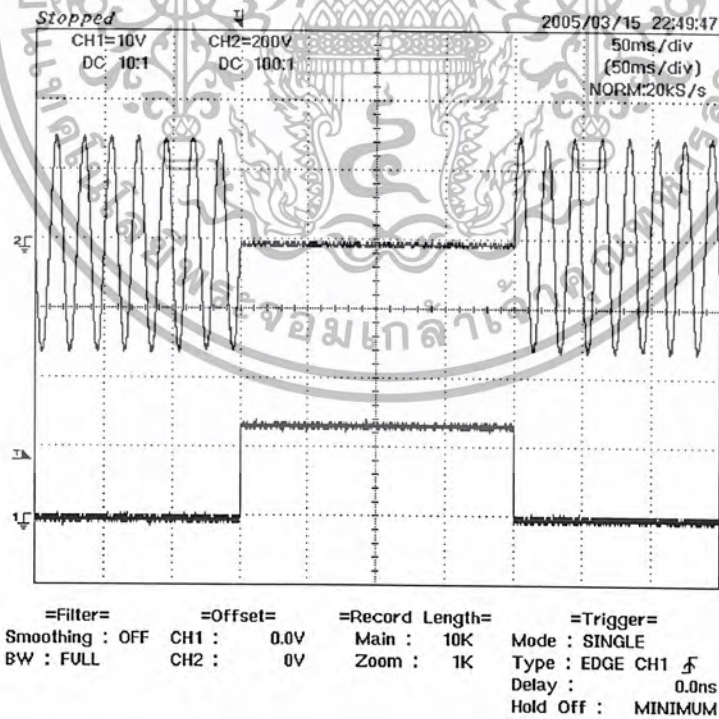


รูปที่ 5-27 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 10% , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับองค์กรที่ซื้อลิขสิทธิ์การใช้งาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-28 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 5% , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา



รูปที่ 5-29 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกขนาด 0% , ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 10 ไมโครวินาที และมุมเริ่มต้นที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก 0 องศา

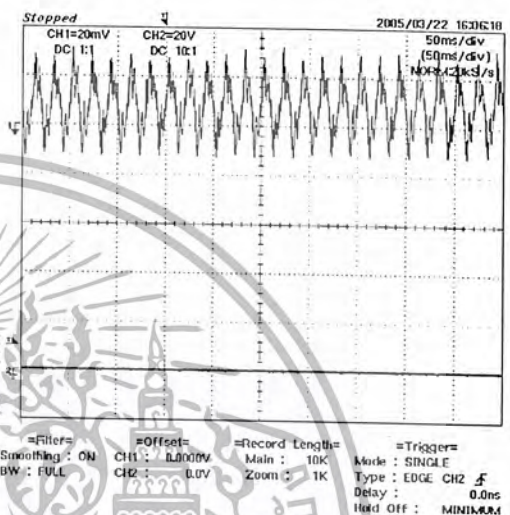
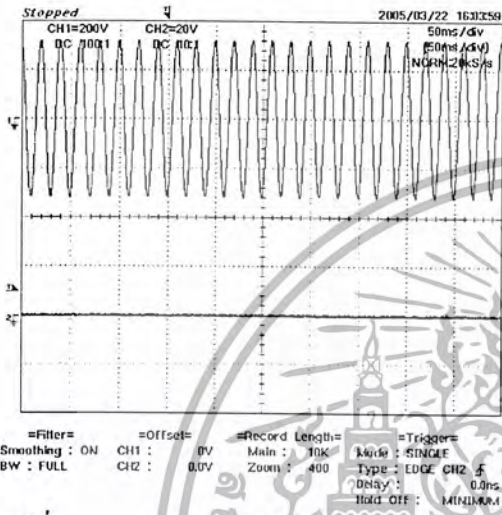
หมายเหตุ : จากรูปที่ 5-29 ทดลองในที่สถานะ High Impedance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รูปแบบที่ 4

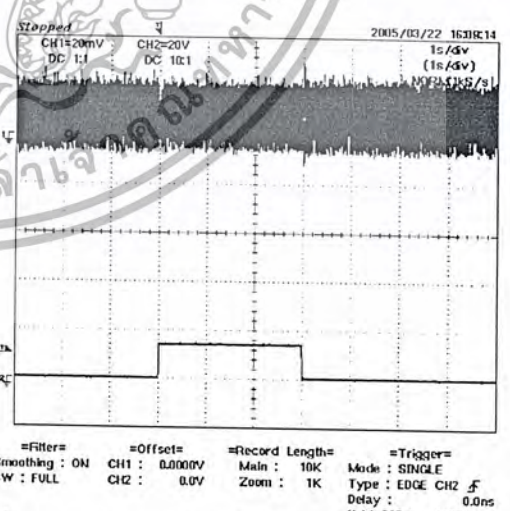
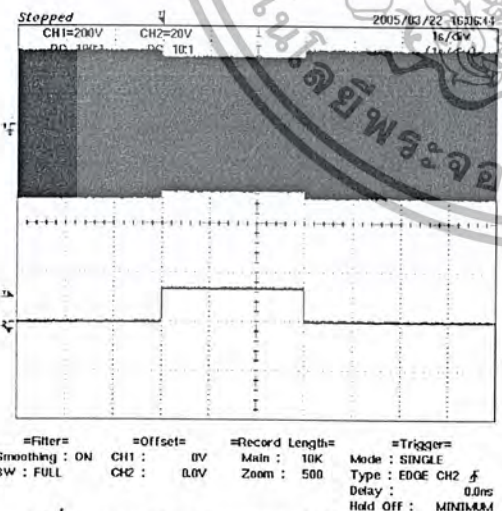
การนำเครื่องงานประยุกต์ใช้งาน เพื่อทำการทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำในการทำงานว่าสามารถทนต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะได้ตามมาตรฐาน SEMI F47-0200 ที่กำหนดไว้ได้หรือไม่ โดยอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบ คือ

1.VCD player T&P รุ่น VCD – T116 I/P: 180-250VAC , 50/60 Hz โดยทดสอบตามค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีอยู่ในตารางที่ 5 - 1



รูปที่ 5 - 30 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 100%ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0 วินาที

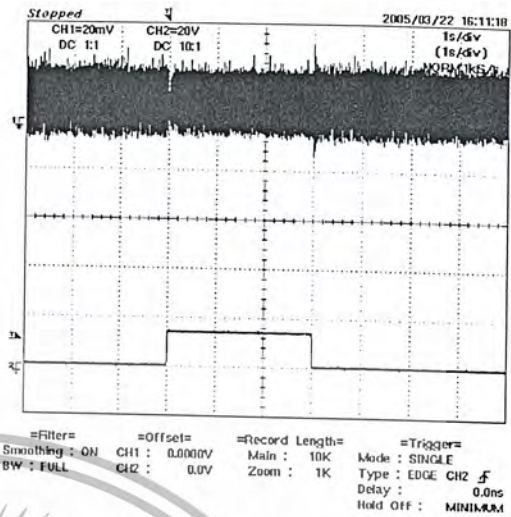
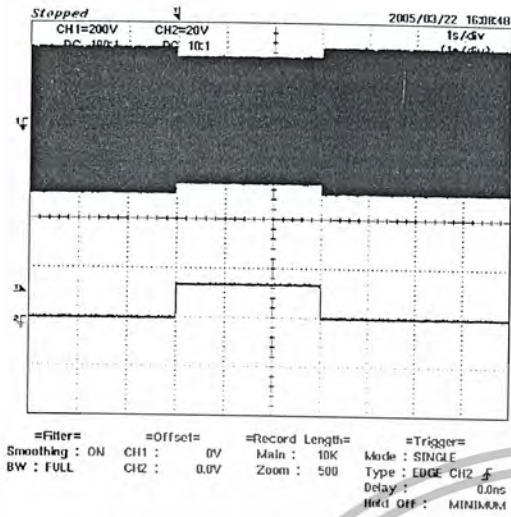
รูปที่ 5 - 31 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 100% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 10 วินาที



รูปที่ 5 - 32 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 95% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

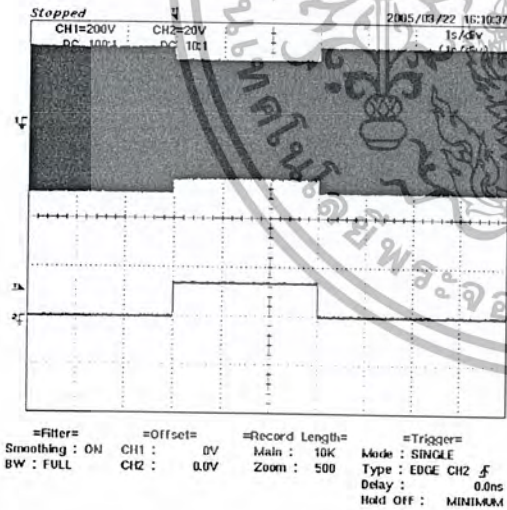
รูปที่ 5 - 33 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 95% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

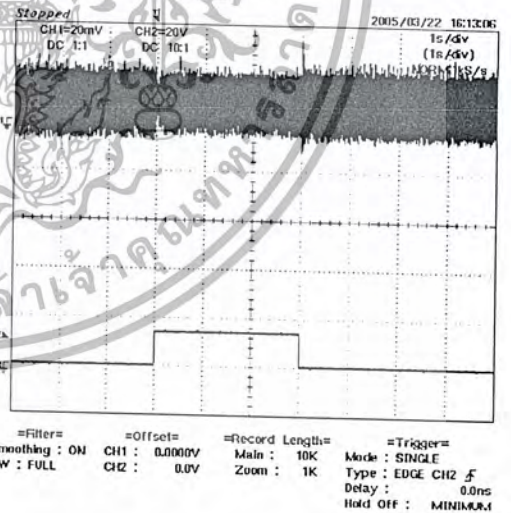


รูปที่ 5 – 34 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 90% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดัน ไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลา ช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

รูปที่ 5 – 35 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้า ตกคงเหลือเท่ากับ 90% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และ ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

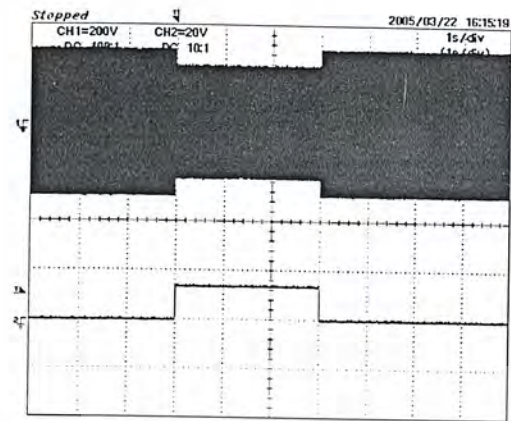


รูปที่ 5 – 36 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 85% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดัน ไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลา ช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที



รูปที่ 5 – 37 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตก คงเหลือเท่ากับ 85% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และ ระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

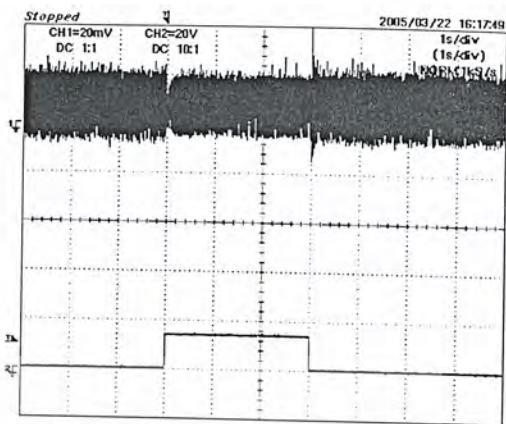


=Filter=  
Smoothing : ON  
BW : FULL

=Offset=  
CH1 : 0V  
CH2 : 0.0V

=Record Length=  
Main : 10K  
Zoom : 500

=Trigger=  
Mode : SINGLE  
Type : EDGE CH2 F  
Delay : 0.0ns  
Hold Off : MINIMUM



=Filter=  
Smoothing : ON  
BW : FULL

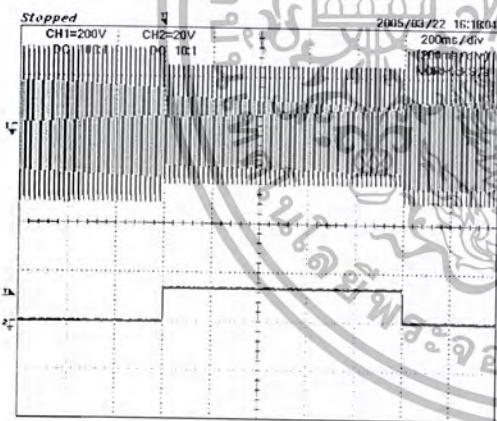
=Offset=  
CH1 : 0.0000V  
CH2 : 0.0V

=Record Length=  
Main : 10K  
Zoom : 1K

=Trigger=  
Mode : SINGLE  
Type : EDGE CH2 F  
Delay : 0.0ns  
Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 5 - 38 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

รูปที่ 5 - 39 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

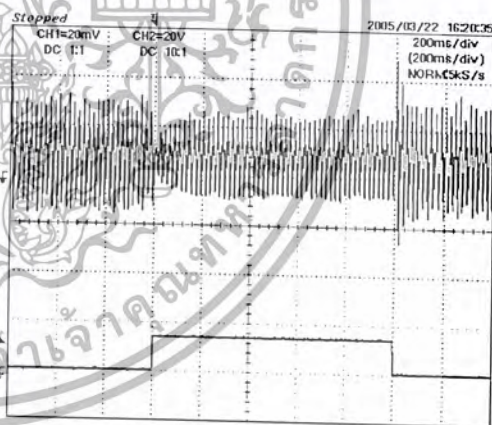


=Filter=  
Smoothing : ON  
BW : FULL

=Offset=  
CH1 : 0V  
CH2 : 0.0V

=Record Length=  
Main : 10K  
Zoom : 500

=Trigger=  
Mode : SINGLE  
Type : EDGE CH2 F  
Delay : 0.0ns  
Hold Off : MINIMUM



=Filter=  
Smoothing : ON  
BW : FULL

=Offset=  
CH1 : 0.0000V  
CH2 : 0.0V

=Record Length=  
Main : 10K  
Zoom : 1K

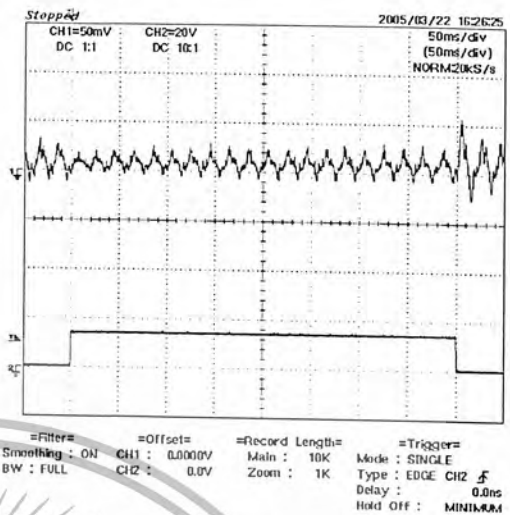
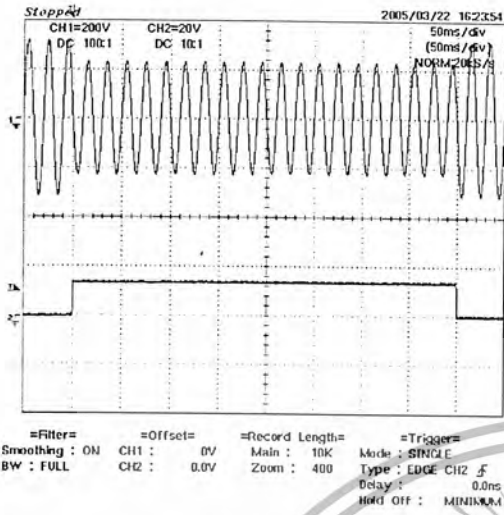
=Trigger=  
Mode : SINGLE  
Type : EDGE CH2 F  
Delay : 0.0ns  
Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 5 - 40 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที

รูปที่ 5 - 41 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที

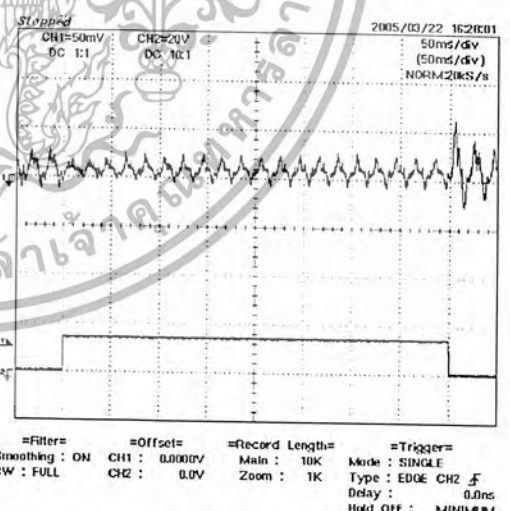
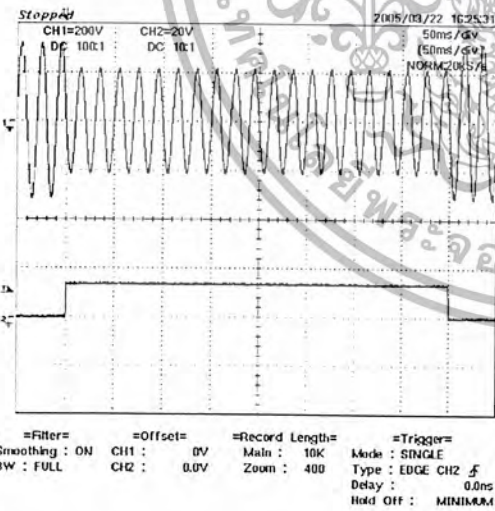
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5 - 46 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที

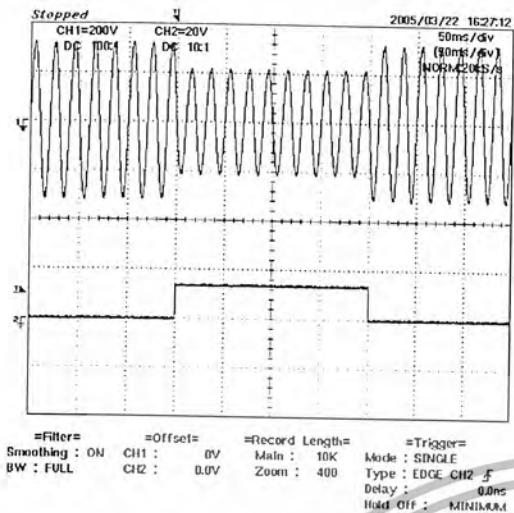
รูปที่ 5 - 47 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที



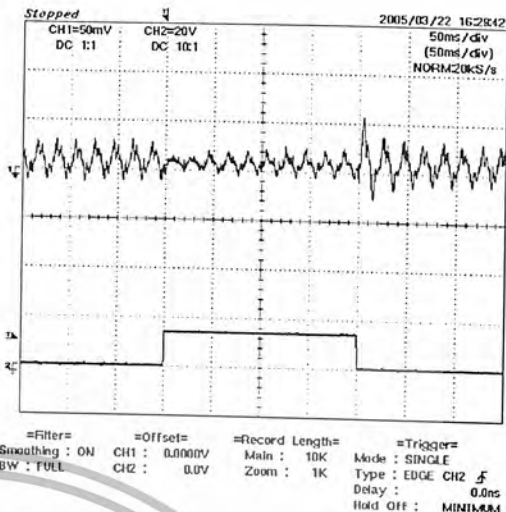
รูปที่ 5 - 48 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที

รูปที่ 5 - 49 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที

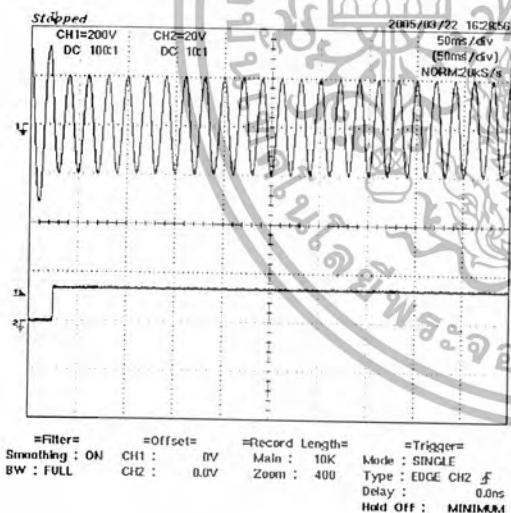
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



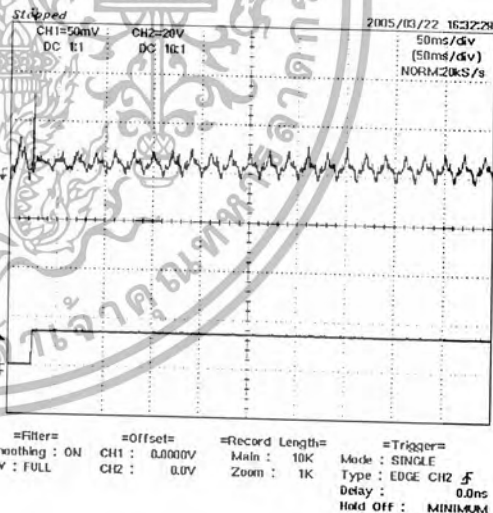
รูปที่ 5 - 50 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที



รูปที่ 5 - 51 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 70% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที



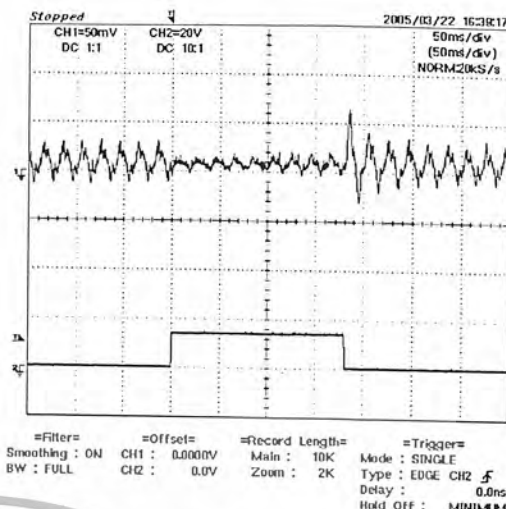
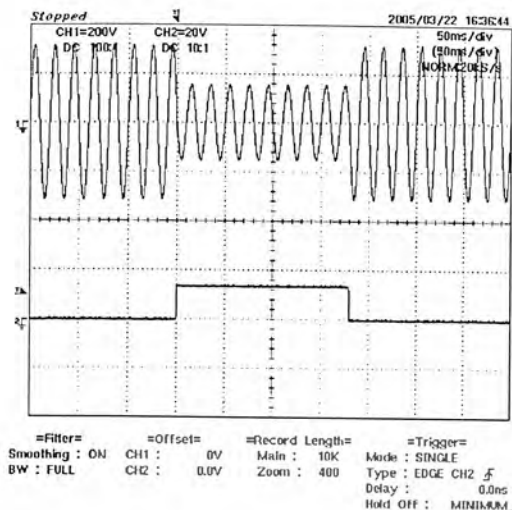
รูปที่ 5 - 52 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.44 วินาที



รูปที่ 5 - 53 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.44 วินาที

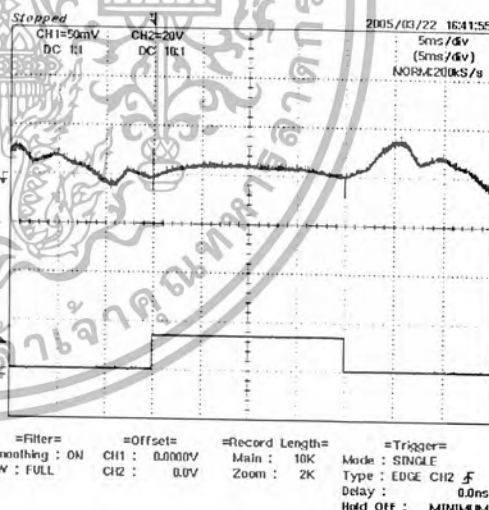
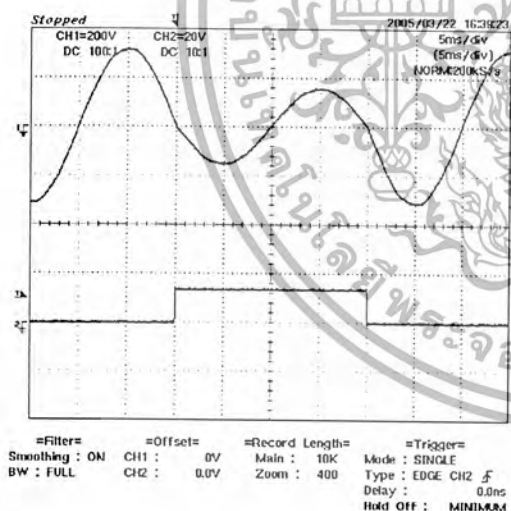
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5 – 58 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที

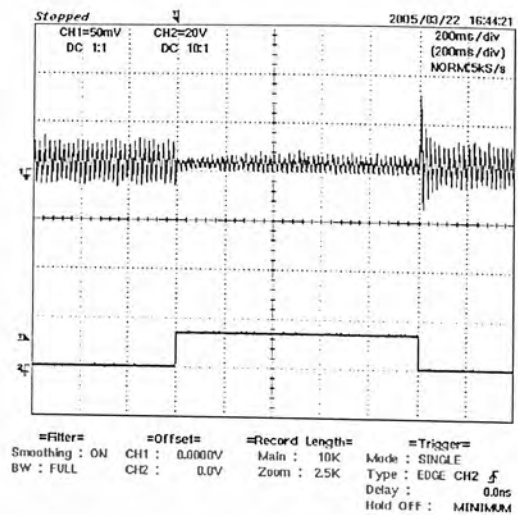
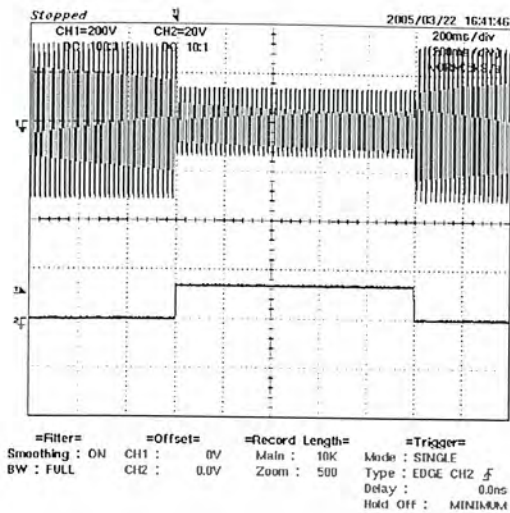
รูปที่ 5 – 59 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที



รูปที่ 5 – 60 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

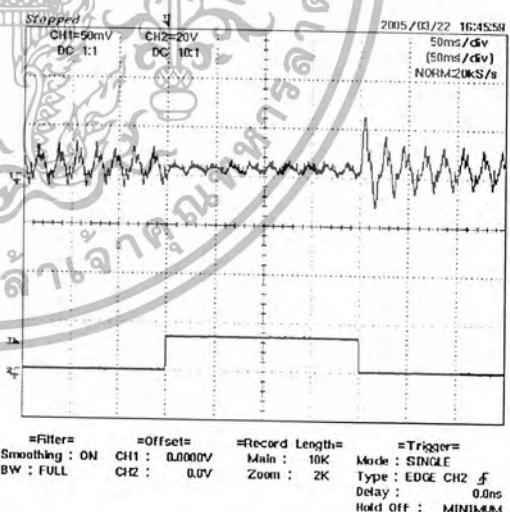
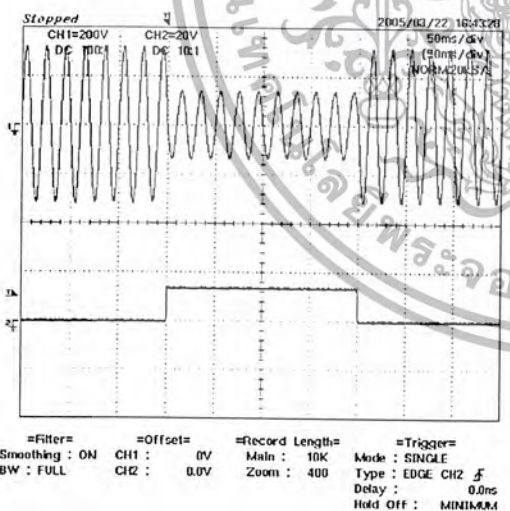
รูปที่ 5 – 61 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 62 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที

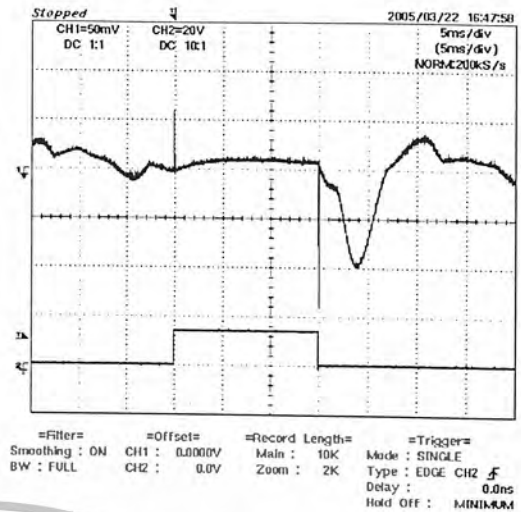
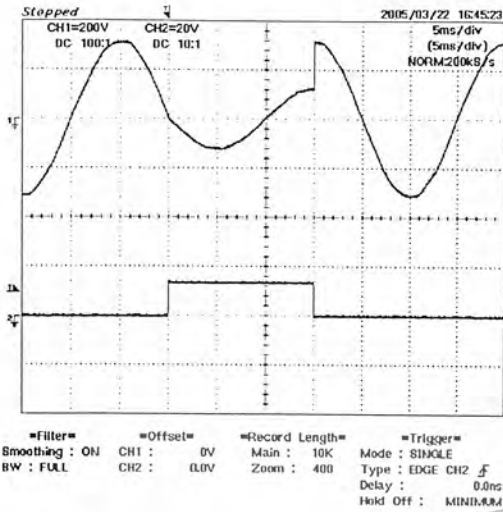
รูปที่ 5 - 63 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที



รูปที่ 5 - 64 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที

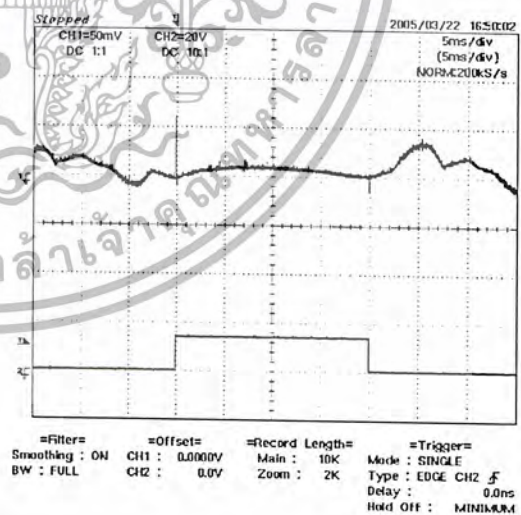
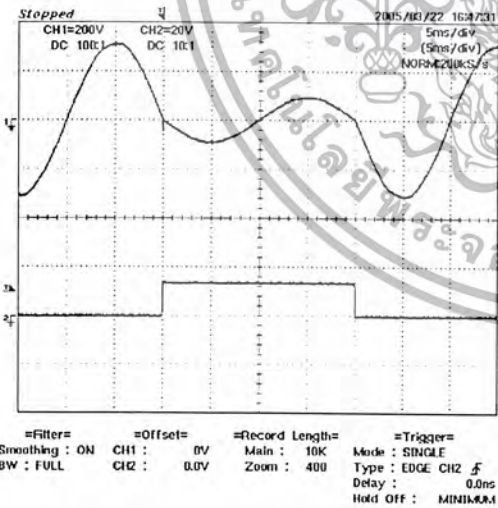
รูปที่ 5 - 65 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-66 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที

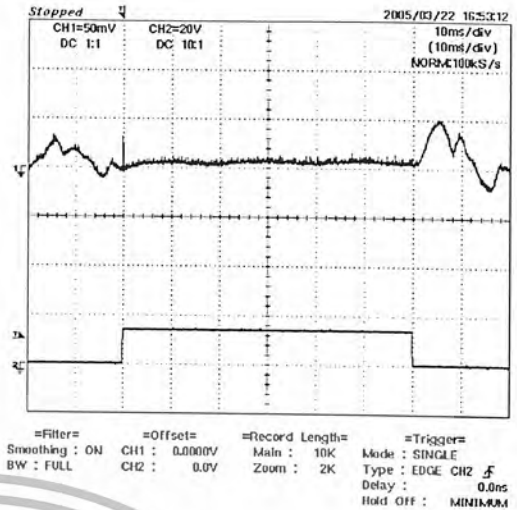
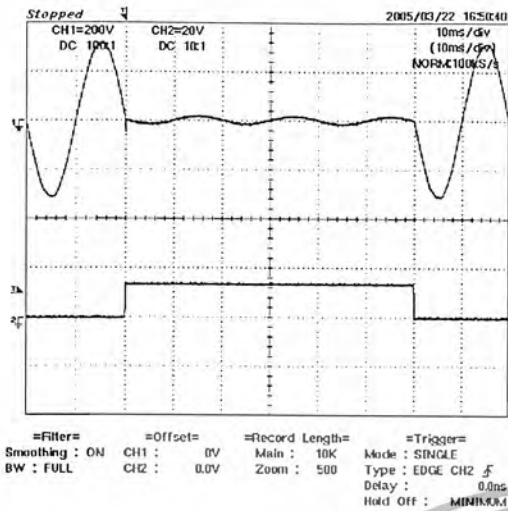
รูปที่ 5-67 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที



รูปที่ 5-68 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

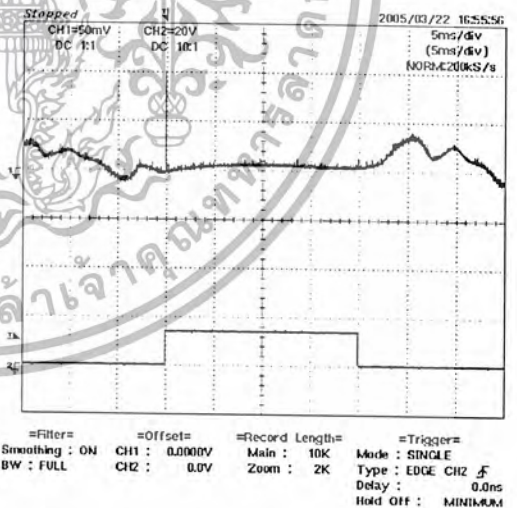
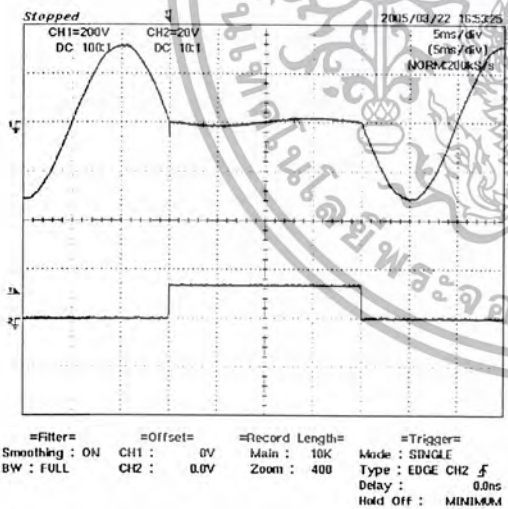
รูปที่ 5-69 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 – 70 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.06 วินาที

รูปที่ 5 – 71 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลา ช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.06 วินาที



รูปที่ 5 – 72 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

รูปที่ 5 – 73 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางผลการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

VCD player T&P รุ่น VCD-T116  
I/P 180-250 VAC , 50/60 Hz

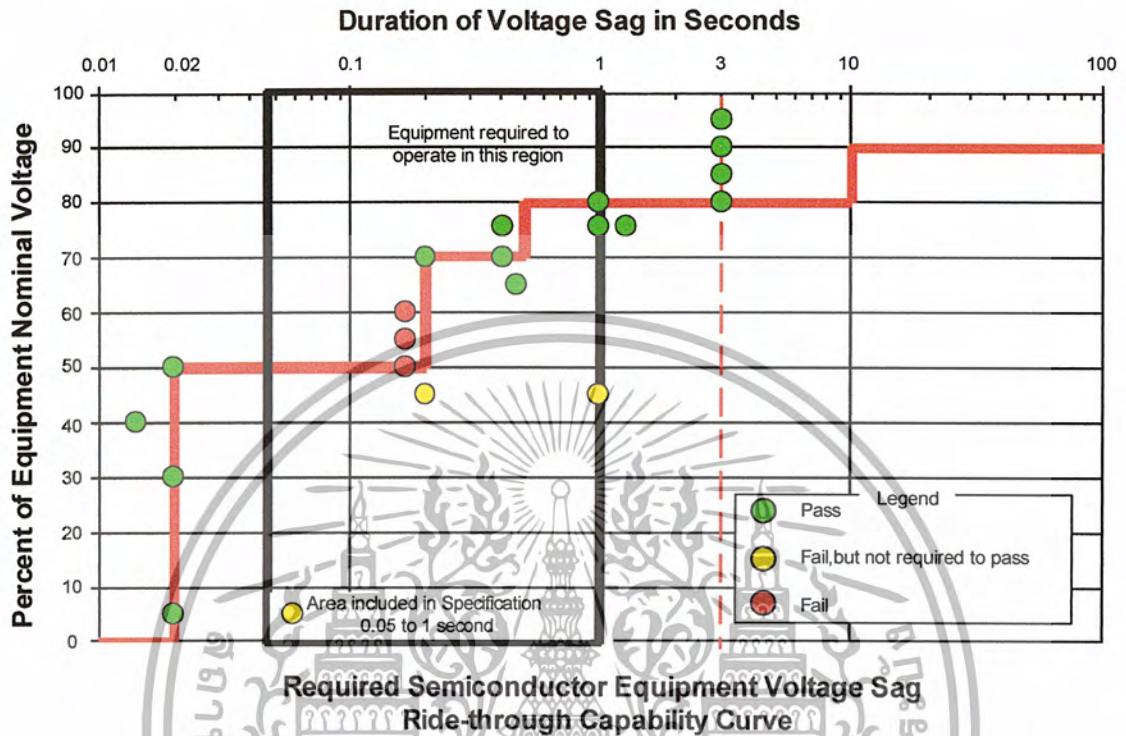
| การทดสอบครั้งที่ | % แรงดันไฟฟ้าตกเทียบกับแรงดันไฟฟ้าปกติ | แรงดันไฟฟ้าตก (RMS) | สภาวะการทำงานของโหลดทดสอบ | ระยะเวลาเกิดแรงดันไฟฟ้าตก |        |      | ผลลัพธ์ | หมายเหตุ       |
|------------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------------|--------|------|---------|----------------|
|                  |  |                     |                           | λ                         | second | Unit |         |                |
| 1                | 95                                     | 209                 | Oper.                     | 150                       | 3      | 600  | Pass    |                |
| 2                | 90                                     | 198                 | Oper.                     | 150                       | 3      | 600  | Pass    |                |
| 3                | 85                                     | 187                 | Oper.                     | 150                       | 3      | 600  | Pass    |                |
| 4                | 80                                     | 176                 | Oper.                     | 150                       | 3      | 600  | Pass    |                |
| 5                | 80                                     | 176                 | Oper.                     | 50                        | 1      | 200  | Pass    |                |
| 6                | 75                                     | 165                 | Oper.                     | 60                        | 1.2    | 240  | Pass    |                |
| 7                | 75                                     | 165                 | Oper.                     | 50                        | 1      | 200  | Pass    |                |
| 8                | 75                                     | 165                 | Oper.                     | 20                        | 0.4    | 080  | Pass    |                |
| 9                | 70                                     | 154                 | Oper.                     | 20                        | 0.4    | 080  | Pass    |                |
| 10               | 70                                     | 154                 | Oper.                     | 10                        | 0.2    | 040  | Pass    |                |
| 11               | 65                                     | 143                 | Oper.                     | 24                        | 0.44   | 096  | Pass    |                |
| 12               | 60                                     | 132                 | Oper.                     | 9                         | 0.18   | 036  | Fail    | เริ่มทำงานใหม่ |
| 13               | 55                                     | 121                 | Oper.                     | 9                         | 0.18   | 036  | Fail    | เริ่มทำงานใหม่ |
| 14               | 50                                     | 110                 | Oper.                     | 10                        | 0.18   | 040  | Fail    | เริ่มทำงานใหม่ |
| 15               | 50                                     | 110                 | Oper.                     | 1                         | 0.02   | 004  | Pass    |                |
| 16               | 45                                     | 99                  | Oper.                     | 50                        | 1      | 200  | Fail    | เริ่มทำงานใหม่ |
| 17               | 45                                     | 99                  | Oper.                     | 10                        | 0.2    | 040  | Fail    | เริ่มทำงานใหม่ |
| 18               | 40                                     | 88                  | Oper.                     | 3/4                       | 0.015  | 003  | Pass    |                |
| 19               | 30                                     | 66                  | Oper.                     | 1                         | 0.02   | 004  | Pass    |                |
| 20               | 5                                      | 11                  | Oper.                     | 3                         | 0.06   | 012  | Fail    | เริ่มทำงานใหม่ |
| 21               | 5                                      | 11                  | Oper.                     | 1                         | 0.02   | 004  | Pass    |                |
|                  |  |                     |                           |                           |        |      |         |                |

ตารางที่ 5 - 1 แสดงผลการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของเครื่องเล่น VCD player T&P

รุ่น VCD - T116 I/P 180-250VAC , 50/60 Hz

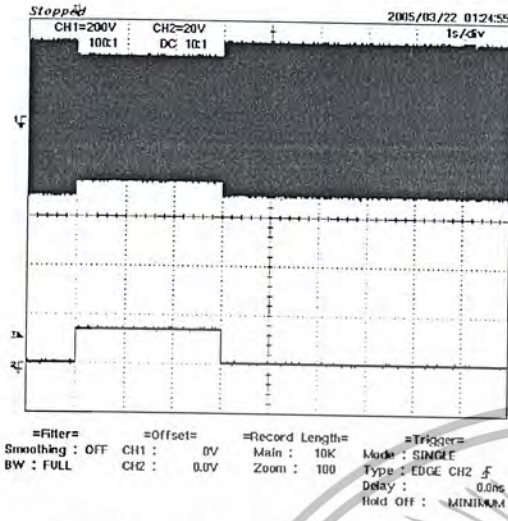
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-1 แสดงผลการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของเครื่องเล่น VCD player T&P รุ่น VCD - T116 I/P 180-250VAC , 50/60 Hz

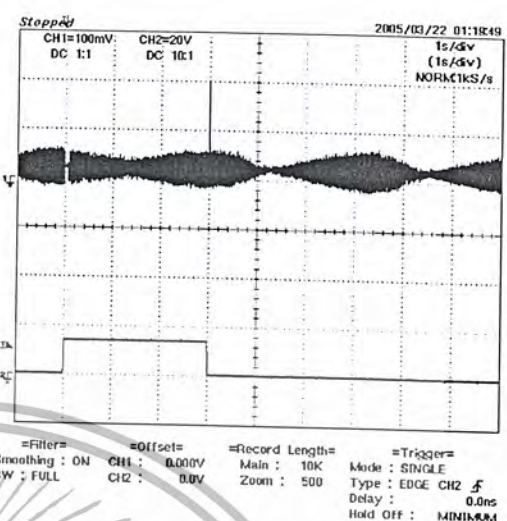


รูปที่ 5-74 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบ VCD player T&P รุ่น VCD - T116 I/P 180-250VAC , 50/60 Hz ตามมาตรฐาน F47-0200

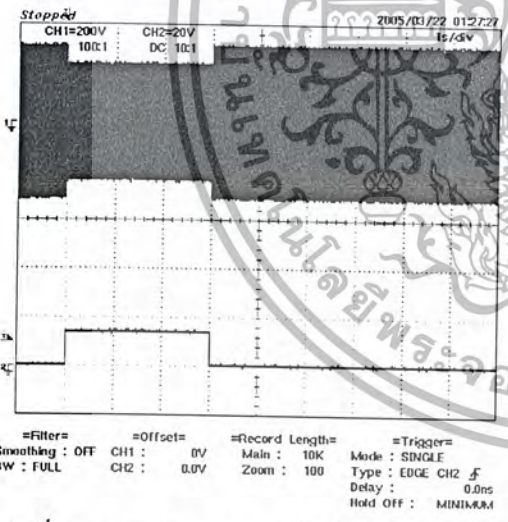
2.Computer Adapter ของ Notebook Advent 5365 , I/P : 100-240VAC , 50/60 Hz โดยทดสอบตามค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีอยู่ในตารางที่ 5 - 2



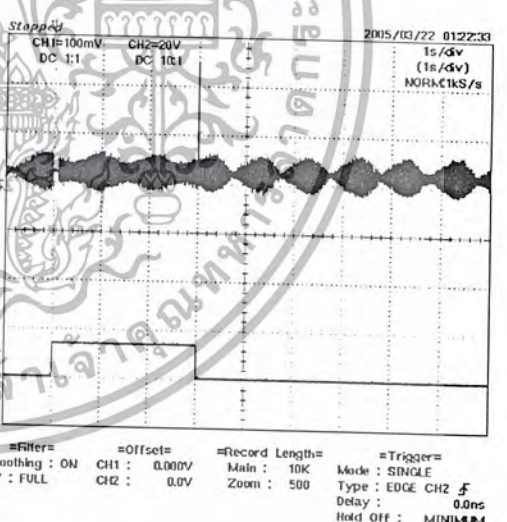
รูปที่ 5 - 75 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 85% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที



รูปที่ 5 - 76 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 85% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

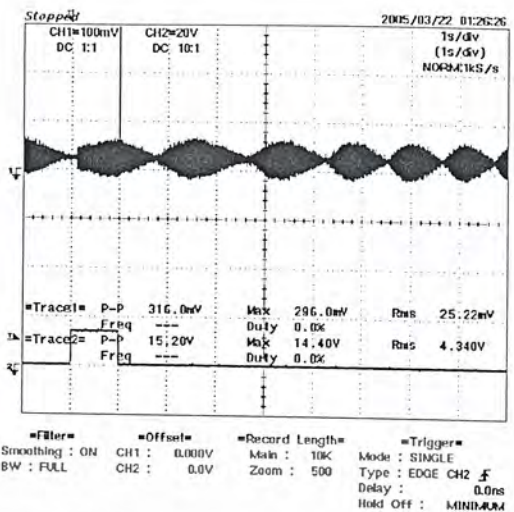
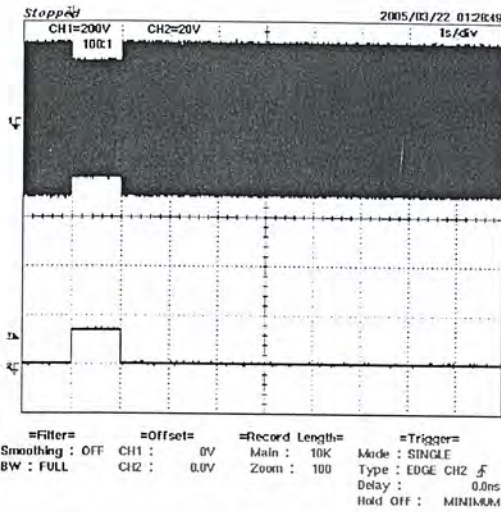


รูปที่ 5 - 77 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที



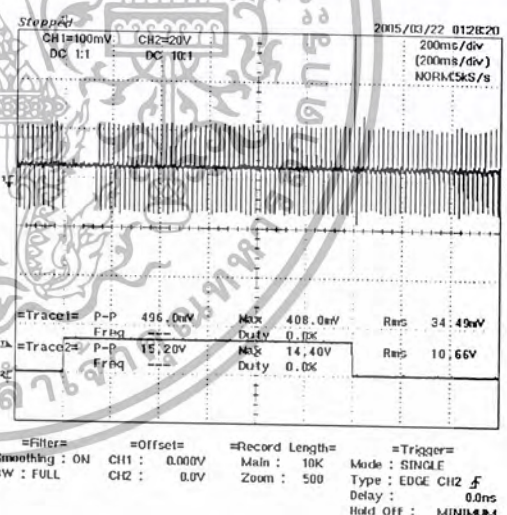
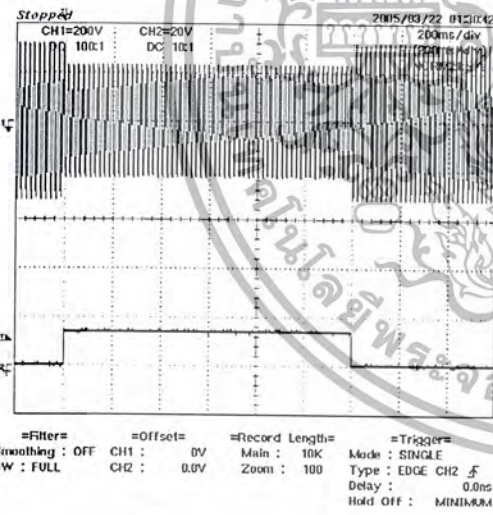
รูปที่ 5 - 78 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 79 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที

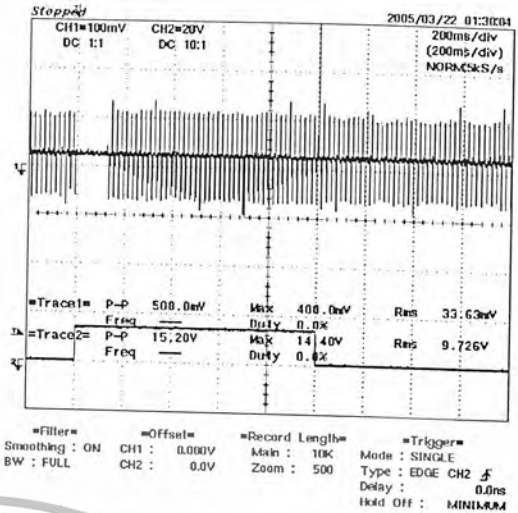
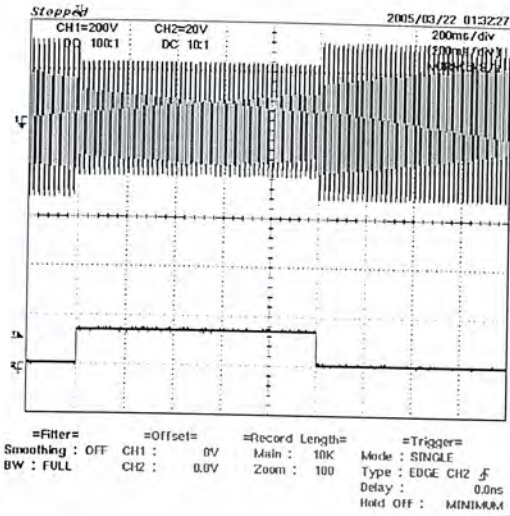
รูปที่ 5 - 80 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 80% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที



รูปที่ 5 - 81 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1.2 วินาที

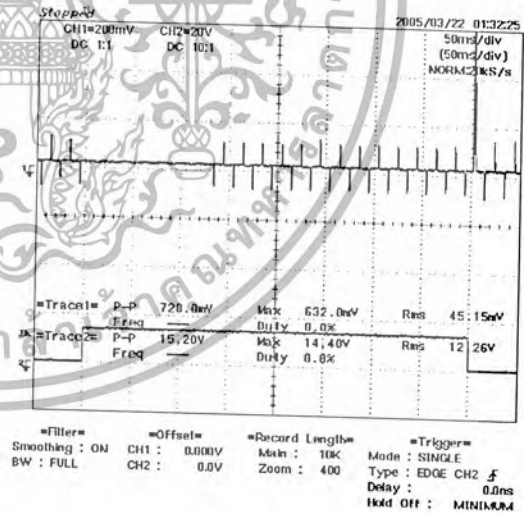
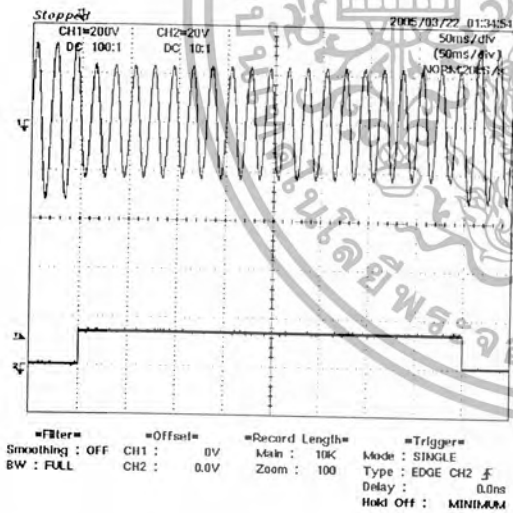
รูปที่ 5 - 82 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1.2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 83 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดัน ไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลา ช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที

รูปที่ 5 - 84 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที

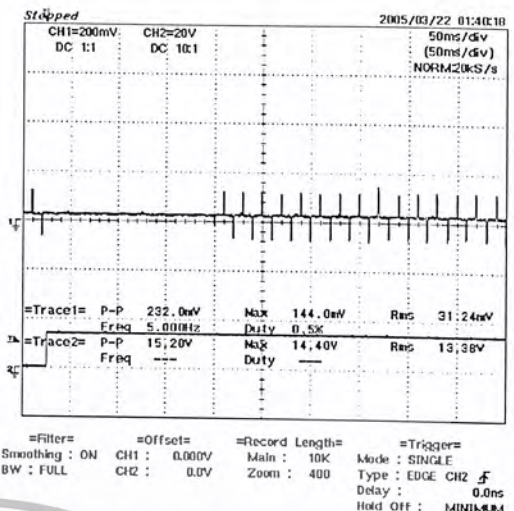
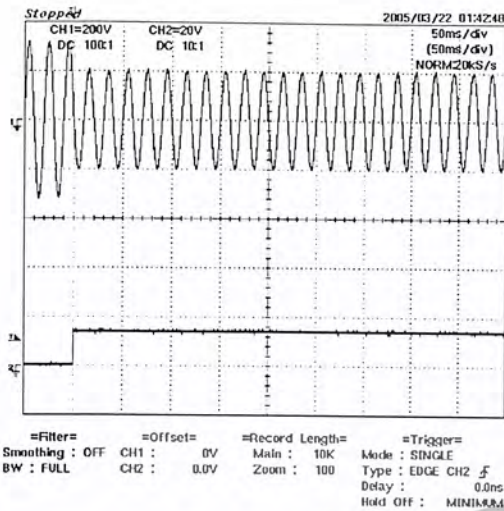


รูปที่ 5 - 85 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลา ช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที

รูปที่ 5 - 86 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 75% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.4 วินาที

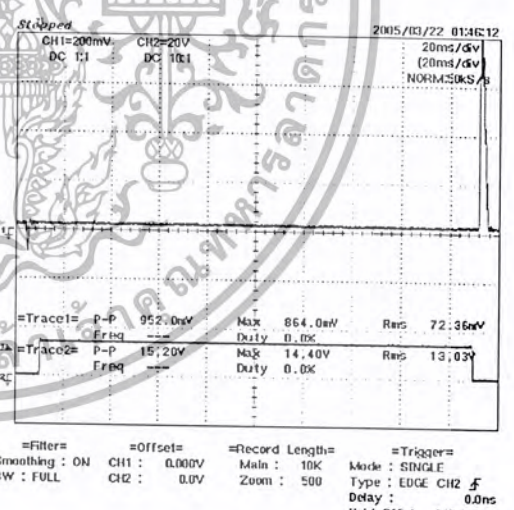
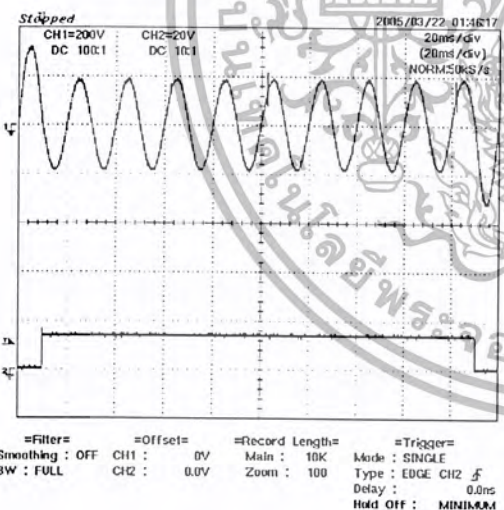
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5 - 91 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.44 วินาที

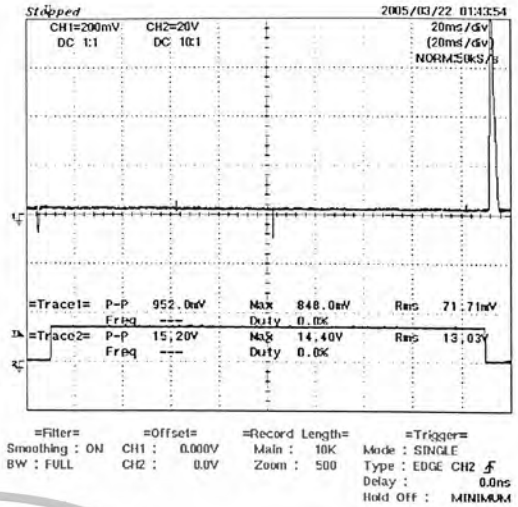
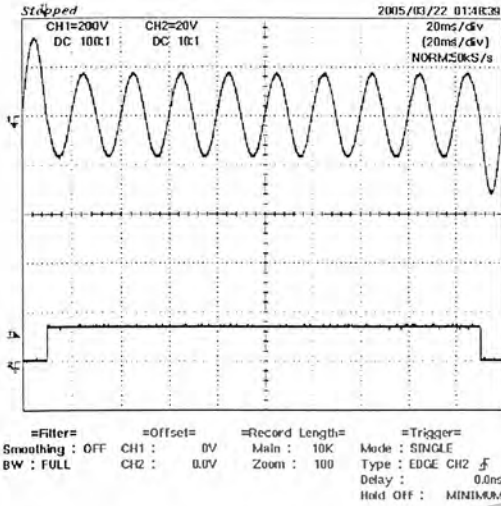
รูปที่ 5 - 92 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 65% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.44 วินาที



รูปที่ 5 - 93 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 60% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที

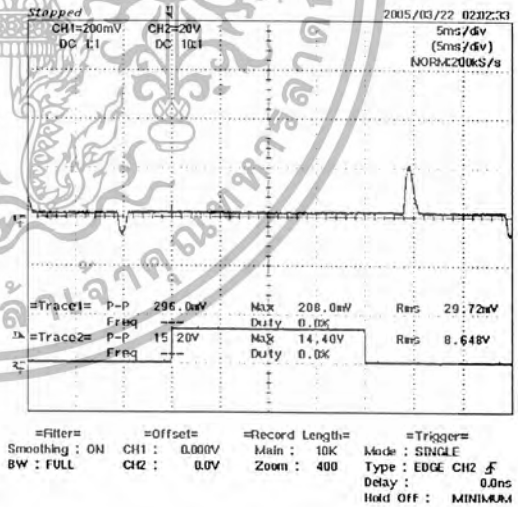
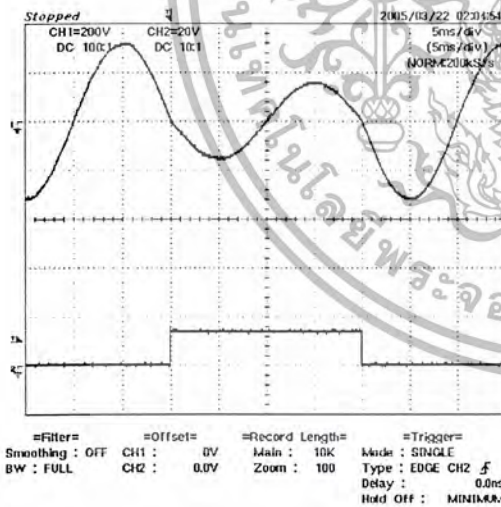
รูปที่ 5 - 94 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 60% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 – 95 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 55% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที

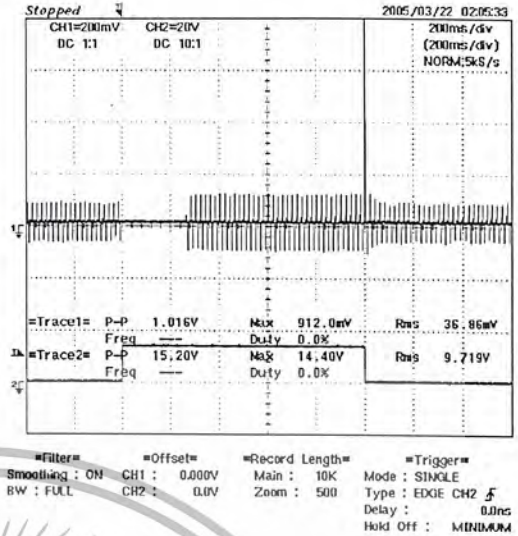
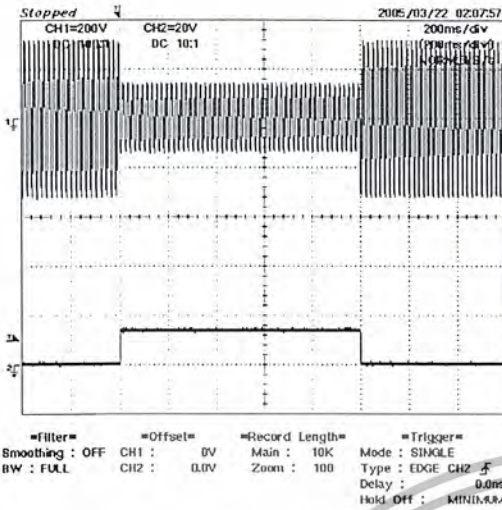
รูปที่ 5 – 96 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 55% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.18 วินาที



รูปที่ 5 – 97 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

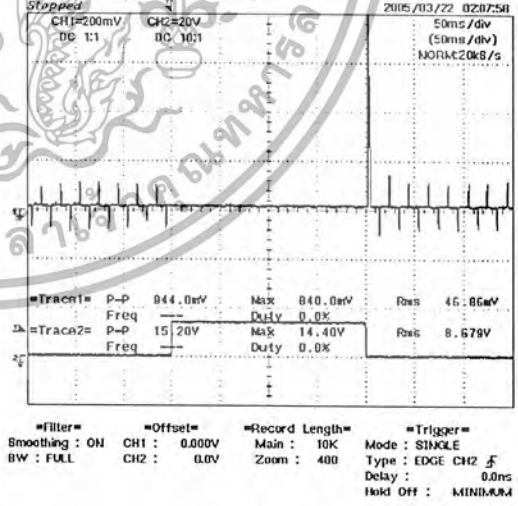
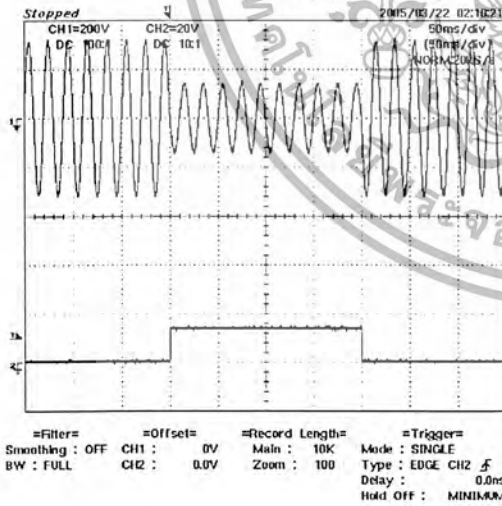
รูปที่ 5 – 98 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 50% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-99 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที

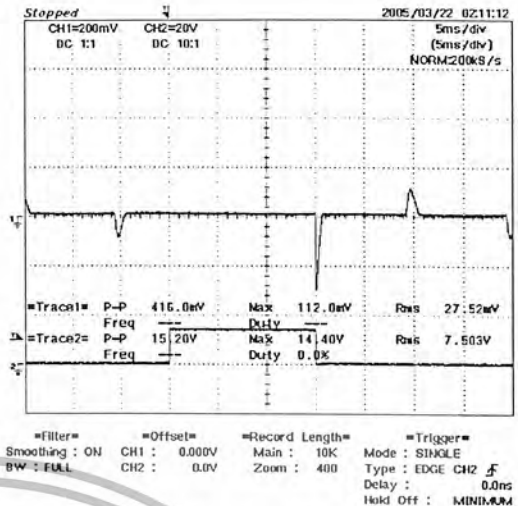
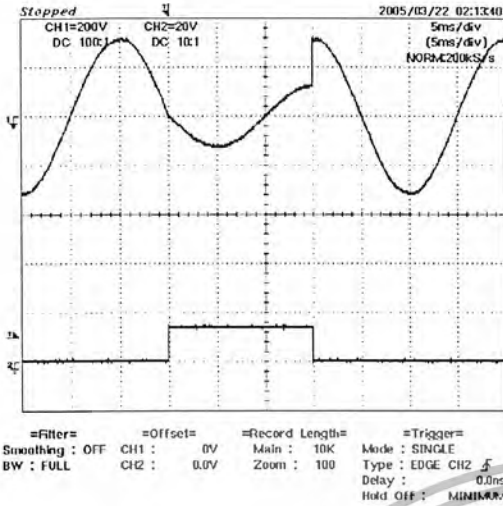
รูปที่ 5-100 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 1 วินาที



รูปที่ 5-101 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที

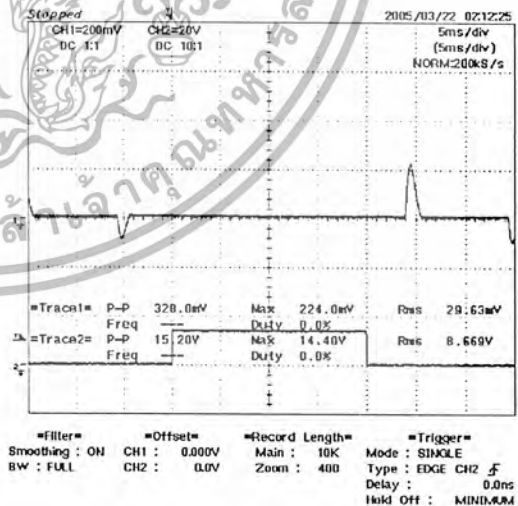
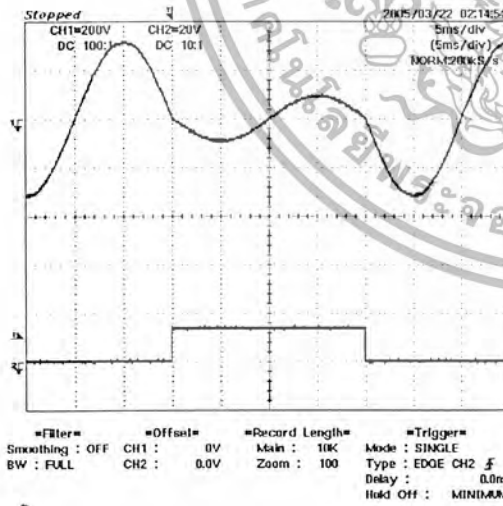
รูปที่ 5-102 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 45% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 103 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที

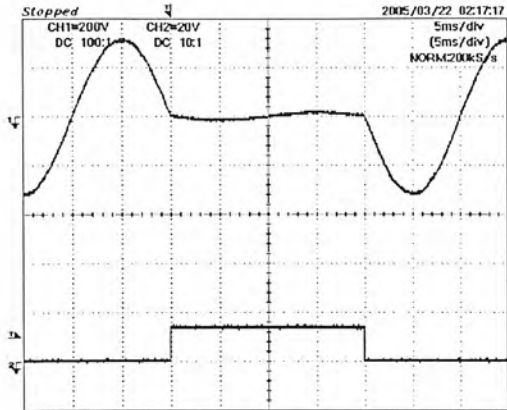
รูปที่ 5 - 104 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 40% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.015 วินาที



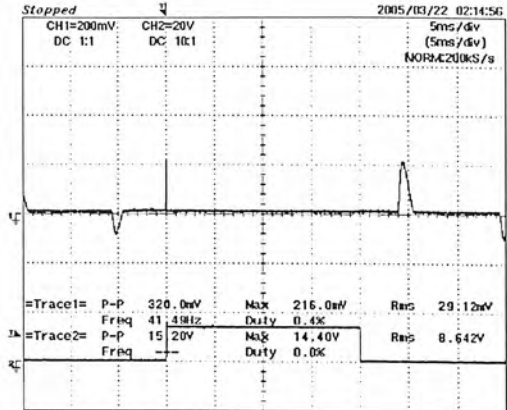
รูปที่ 5 - 105 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

รูปที่ 5 - 106 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 30% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Filter= Smoothing : OFF BW : FULL  
 Offset= CH1 : 0V CH2 : 0.0V  
 Record Length= Main : 10K Zoom : 100  
 Trigger= Mode : SINGLE Type : EDGE CH2 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM



Filter= Smoothing : ON BW : FULL  
 Offset= CH1 : 0.000V CH2 : 0.0V  
 Record Length= Main : 10K Zoom : 400  
 Trigger= Mode : SINGLE Type : EDGE CH2 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 5 - 107 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที

รูปที่ 5 - 108 ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะแรงดันไฟฟ้าตกคงเหลือเท่ากับ 5% ของขนาดของแรงดันไฟฟ้าปกติ มุมเริ่มต้นเกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 180 องศา และระยะเวลาช่วงที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกเท่ากับ 0.02 วินาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผลการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าตก

Computer Adapter ของ Notebook Advent 5365 I/P 100-240VAC , 50/60 Hz

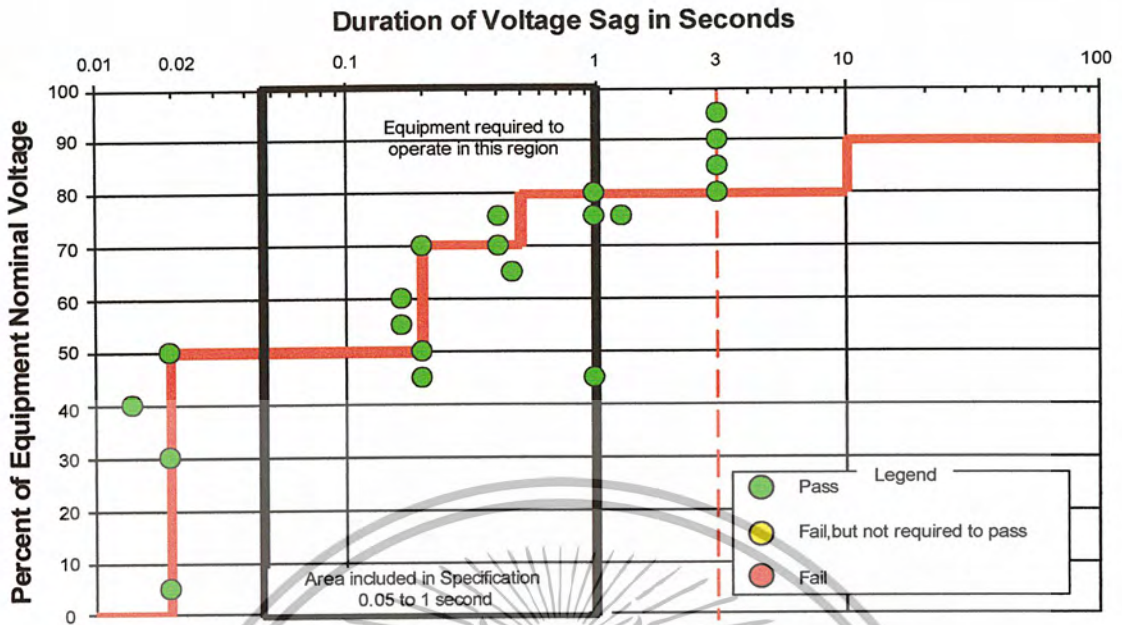
| การทดสอบครั้งที่ | % แรงดันไฟฟ้าตกเทียบกับแรงดันไฟฟ้าปกติ | แรงดันไฟฟ้าตก (RMS) | สภาวะการทำงานของโวลต์ทดสอบ | ระยะเวลาเกิดแรงดันไฟฟ้าตก |        |      | ผลลัพธ์ | หมายเหตุ |
|------------------|--|---------------------|----------------------------|---------------------------|--------|------|---------|----------|
|                  |  |                     |                            | λ                         | second | Unit |         |          |
| 1                | 95                                     | 209                 | Oper.                      | 150                       | 3      | 600  | Pass    |          |
| 2                | 90                                     | 198                 | Oper.                      | 150                       | 3      | 600  | Pass    |          |
| 3                | 85                                     | 187                 | Oper.                      | 150                       | 3      | 600  | Pass    |          |
| 4                | 80                                     | 176                 | Oper.                      | 150                       | 3      | 600  | Pass    |          |
| 5                | 80                                     | 176                 | Oper.                      | 50                        | 1      | 200  | Pass    |          |
| 6                | 75                                     | 165                 | Oper.                      | 60                        | 1.2    | 240  | Pass    |          |
| 7                | 75                                     | 165                 | Oper.                      | 50                        | 1      | 200  | Pass    |          |
| 8                | 75                                     | 165                 | Oper.                      | 20                        | 0.4    | 080  | Pass    |          |
| 9                | 70                                     | 154                 | Oper.                      | 20                        | 0.4    | 080  | Pass    |          |
| 10               | 70                                     | 154                 | Oper.                      | 10                        | 0.2    | 040  | Pass    |          |
| 11               | 65                                     | 143                 | Oper.                      | 24                        | 0.44   | 096  | Pass    |          |
| 12               | 60                                     | 132                 | Oper.                      | 9                         | 0.18   | 036  | Pass    |          |
| 13               | 55                                     | 121                 | Oper.                      | 9                         | 0.18   | 036  | Pass    |          |
| 14               | 50                                     | 110                 | Oper.                      | 10                        | 0.2    | 040  | Pass    |          |
| 15               | 50                                     | 110                 | Oper.                      | 1                         | 0.02   | 004  | Pass    |          |
| 16               | 45                                     | 99                  | Oper.                      | 50                        | 1      | 200  | Pass    |          |
| 17               | 45                                     | 99                  | Oper.                      | 10                        | 0.2    | 040  | Pass    |          |
| 18               | 40                                     | 88                  | Oper.                      | ¼                         | 0.015  | 003  | Pass    |          |
| 19               | 30                                     | 66                  | Oper.                      | 1                         | 0.02   | 004  | Pass    |          |
| 20               | 5                                      | 11                  | Oper.                      | 1                         | 0.02   | 004  | Pass    |          |
|                  |  |                     |                            |                           |        |      |         |          |
|                  |  |                     |                            |                           |        |      |         |          |

ตารางที่ 5 - 2 แสดงผลการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของเครื่องเล่น Computer Adapter

ของ Notebook ADVENT 5365 , I/P 100-240VAC , 50/60 Hz

หมายเหตุ: ทดสอบที่แรงดันปกติใช้งานที่ 220 VAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Required Semiconductor Equipment Voltage Sag Ride-through Capability Curve**

รูปที่ 5-109 รูปกราฟแสดงผลการทดสอบ Computer Adapter ของ Notebook ADVENT 5365, I/P 100-240VAC, 50/60 Hz ตามมาตรฐาน SEMI F-47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### บทสรุปวิจารณ์

#### 6.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สำหรับผลการทดลองที่ได้นั้น ผลการออกแบบและแนวทางการใช้งานเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบใช้หม้อแปลงออโตมีความสามารถ สร้างแรงดันไฟฟ้าตกได้ตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยน (Variable) ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกได้โดยใช้วารีแอกซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตก
2. สามารถควบคุมระยะเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก โดยการโปรแกรมผ่านแป้นกด ส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าแล้วทำการประมวลผล เพื่อควบคุมการทำงานของวงจรควบคุมการเปิด - ปิด ไอจีบีที (IGBT) และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ตามที่ได้กำหนด
3. สามารถเลือกมุมเฟสเริ่มต้นของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าตก โดยการป้อนข้อมูลผ่านทางแป้นกด
4. สามารถนำไปทดสอบกับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่มีสารกึ่งตัวนำเป็นตัวประมวลผลหลักว่ามีความต้านทานต่อแรงดันไฟฟ้าตกได้มากน้อยเพียงใด

#### 6.2 ปัญหาและการแก้ไขในโครงการ

ในกรณีที่วงจรขั้วเกต (Gate) ของไอจีบีทีซึ่งใช้ไอซี IR 2110 ได้รับไฟเลี้ยงพร้อมตลอดเวลาแต่ถ้าหากเกิดเหตุผิดปกติ คือ

1. เมื่อกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงาน
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขาดช่วงเนื่องจากความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน เช่น สายไฟฟ้าหลุด
3. การเปิด - ปิด แมกเนติกคอนแทกเตอร์จะเกิดสไปก์ของแรงดันไฟฟ้า

จากสาเหตุข้างต้นจะส่งผลให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ผิดพลาดเนื่องจากคำสั่งที่ควบคุมและสั่งงานวงจรขั้วเกตของไอจีบีทีผิดพลาดส่งผลให้ไอจีบีทีทำงานพร้อมกันเป็นผลให้เกิดการลัดวงจร ทำการแก้ไขโดย

1. จัดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับไฟเลี้ยงก่อนอุปกรณ์อื่นๆทั้งหมด ได้แก่ วงจรขั้วเกต เป็นต้น
2. สร้างวงจรอินเตอร์ล๊อค (Interlock) ป้องกันการทำงานพร้อมกันของไอจีบีที

### 6.3 แนวทางในการพัฒนาสำหรับโครงการ

แนวทางการพัฒนาออกแบบเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ในอนาคตที่ควรจะสามารถสร้างสัญญาณที่ผู้ทดสอบต้องการจะใช้เพิ่มขึ้น เช่น

1. ขยายขีดความสามารถให้สร้างแรงดันไฟฟ้าตกเป็นสามเฟส
2. ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกควรที่จะกำหนดได้หลายระดับ เพื่อเลียนแบบสภาวะแรงดันไฟฟ้าตกตามธรรมชาติในระบบไฟฟ้าที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าคงที่
3. พัฒนาอุปกรณ์การป้องกันรวมถึงเครื่องวัดให้มีประสิทธิภาพ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานและทดสอบ
4. พัฒนาการ โปรแกรมควบคุมและการแสดงผลโดยผ่านทางคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลที่หน้าจอแบบเวลาจริง
5. พัฒนาการออกแบบให้สามารถใช้งานระดับที่กระแสและแรงดันสูง ๆ ได้





# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ลำดับขั้นตอนการใช้งานเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบใช้หม้อแปลงอโต้

1. กดปุ่ม ON POWER 1 เมื่อจ่ายไฟเลี้ยง MCU และวงจรขับ IGBT ,BRKM1 และ LCD
2. ตรวจสอบการทำงานของ LCD ว่าแสดงหน้าจอตามปกติหรือไม่?
3. ถ้าไม่ ให้ OFF POWER 1 แล้วทำการ ON ใหม่ ถ้าปกติให้ ON POWER 2 เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าวิ่งเข้าสู่ Main Circuit
4. ตรวจสอบการทำงานของ MCU ถ้าไม่ปกติให้ OFF POWER 2 ถ้าปกติให้ ON Neutral
5. ตรวจสอบการทำงานของ MCU ว่า LCD แสดงผลตามปกติหรือไม่?
6. ถ้าปกติให้ป้อนค่า Parameter ที่ใช้ในการทดสอบได้แก่
  - 1. Degcon คือ มุมเริ่มเกิดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าตก (000 - 359 องศา)
  - 2. Sag Dur คือ ช่วงเวลาของการเกิดแรงดันไฟฟ้าตก (000 – 600 unit , 1 unit =  $\frac{1}{4}$  λ)

\*ในการป้อนค่า Parameter ต้องใส่เลขให้ครบทั้ง 3 หลักเท่านั้น\*

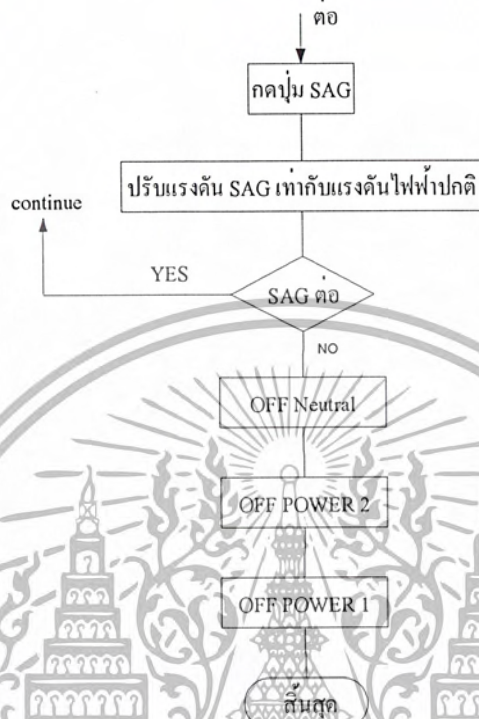
ถ้าไม่ปกติ ให้ OFF Neutral แล้วกลับไปขั้นตอนที่ 4
7. ตรวจสอบการทำงานของ MCU ถ้าทำงานปกติให้ปรับขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกที่ต้องการนำไปทดสอบจาก VARIAC ถ้าไม่ให้กลับไป OFF POWER 2 แล้ว Reset MCU โดยกดปุ่ม Reset แล้วทำการ ON POWER 2 และย้อนกลับไปทำงานตามลำดับข้างต้นอีกครั้ง (ขั้นตอนที่ 3)
8. กด ENT ที่ key pad เพื่อ ON BRKM1 ในขณะนี้แรงดันไฟฟ้าปกติจะไหลผ่านเข้าสู่โหลดที่นำมาทดสอบ
9. ให้ปรับตั้งที่ oscilloscope และ Load ให้พร้อมก่อนที่จะเริ่มดำเนินการขั้นตอนต่อไป
10. กดปุ่ม SAG เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะตามขนาด มุมเริ่มต้นและช่วงเวลาการเกิดของแรงดันไฟฟ้าที่ได้กำหนดไว้
11. บันทึกผลโดยให้สังเกตที่ Load ที่นำมาทดสอบว่าทำงานอย่างไร
12. ปรับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ VARIAC ให้เท่ากับแรงดันไฟฟ้าปกติ ก็ต้องการทดสอบต่อ ให้ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 7
13. ทำการ OFF Neutral ของ Main Circuit
14. OFF POWER 2 เพื่อตัดวงจรไฟฟ้าออกจากวงจร Main Circuit
15. OFF POWER 1 เพื่อสิ้นสุดการทดสอบ

**หมายเหตุ** การใช้งานตัวโครงการควรทำตามลำดับขั้นมีการข้ามขั้นตอนสำหรับปุ่ม EMER หากไม่จำเป็นหรือฉุกเฉินก็ไม่ควรกด เพราะจะสามารถทำให้เกิดการลัดวงจรที่ Main Circuit ได้ง่าย

## Flow Chart แสดงขั้นตอนและลำดับการใช้งานโครงงานเพื่อทดสอบอุปกรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

-----  
:Main Program  
-----

```

CKCON      EQU    08FH
LCD_ADDR   EQU    030H
LCD_DATA   EQU    031H
P4         EQU    0C0H
T2CON      EQU    0C8H
T2MOD      EQU    0C9H
RCAP2L     EQU    0CAH
RCAP2H     EQU    0CBH
TL2        EQU    0CCH
TH2        EQU    0CDH
    
```

```

T2         BIT    P1.0
SW_SAG     BIT    P1.2
B1         BIT    P1.3
G1         BIT    P1.4
G2         BIT    P1.5
ZERO_C     BIT    P1.6
SW_ON      BIT    P3.3
T1         BIT    P3.5
LCD_EN     BIT    P3.6
LCD_RS     BIT    P3.7
SOUNDA     BIT    P4.0
CT_CUT     BIT    P4.1

CP_RL2     BIT    0C8H
C_T2       BIT    0C9H
TR2        BIT    0CAH
EXEN2      BIT    0CBH
TCLK       BIT    0CCH

RCLK       BIT    0CDH
EXF2       BIT    0CEH
TF2        BIT    0CFH
    
```

```

ORG    0000H
ORL    CKCON,#00000001B
CLR    B1
MOV    SP,#050H
CLR    EA
MOV    P0,#11111111B
MOV    P2,#00000000B
MOV    P3,#00111111B
    
```

```

LCALL  INIT_LCD
MOV    LCD_ADDR,#000H
LCALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_1
LCALL  WRLINE_LCD
    
```



```
MOV LCD_ADDR,#040H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_2
LCALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#014H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_3
LCALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#054H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_4
LCALL WRLINE_LCD
```

```
CLR P0.4
JB P0.0,$
LCALL SOUND
LCALL DELAY_20ms
JNB P0.0,$
```

ONE:

```
MOV T2MOD,#02H
MOV R0,#018H
LCALL LCD_CLR ;TO MENU
LCALL DELAY_20ms
```

```
MOV LCD_ADDR,#000H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_5
LCALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#040H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_6
LCALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#014H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_7
LCALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#054H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_8
LCALL WRLINE_LCD
```

```
-----
;DEGCON*****
-----
```

```
MOV 44H,#3 ;TO DEGCON
MOV R1,#20H
MOV LCD_ADDR,#049H CLR 3 Character For Rom
LCALL SET_ADDR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV DPTR,#TITLE_A
LCALL WRLINE_LCD3
```

```
MOV LCD_ADDR,#049H
LCALL SET_ADDR_LCD
LCALL LCD_BLINK
```

```
AAA: LCALL KEY_TO_LCD ; SCAN KEY AND SHOW AT LCD
LCALL DELAY
INC R1
DJNZ 44H,AAA
MOV R0,#18H
LCALL TO_HEX
```

```
-----
; DETECT DEGREE RANGE 000 TO 359
-----
```

```
CLR CY
MOV A,19H ;19H high
```

```
CJNE A,#02H,TOS_1
LJMP ONE
```

```
TOS_1: JNC TOS_4
MOV A,19H
```

```
CJNE A,#01H,TOS_3
MOV A,18H ;18H low
```

```
CJNE A,#68H,TOS_2
LJMP ONE
```

```
TOS_2: JNC TOS_4
```

```
TOS_3: LJMP NEW
```

```
TOS_4: LJMP ONE
```

```
LJMP NEW
```

```
-----
; SAGDUR*****
-----
```

```
NEW: MOV 44H,#3 ;TO SAGDUR
MOV R1,#20H
MOV LCD_ADDR,#01DH ;CLR 3 Character For Rom
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_A
LCALL WRLINE_LCD3
```

```
MOV LCD_ADDR,#01DH
LCALL SET_ADDR_LCD
LCALL LCD_BLINK
```

```
AW: LCALL KEY_TO_LCD
LCALL DELAY
INC R1
DJNZ 44H,AW
MOV R0,#1AH
LCALL TO_HEX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-----  
; DETECT DURATION RANGE 001 TO 600  
-----

```
MOV A,1BH
CJNE A,#00H,TOS_5
MOV A,1AH
CJNE A,#00H,LOP
AJMP NEW
TOS_5: CJNE A,#02H,TOS_6
MOV A,1AH
CJNE A,#59H,TOS_7
AJMP NEW
TOS_6: JNC TOS_8
AJMP LOP
TOS_8: AJMP NEW
TOS_7: JNC TOS_8
AJMP LOP
```

-----  
; TO\_SUB  
-----

```
LOP: CLR CY
MOV A,#00H
SUBB A,1AH
MOV 25H,A
MOV A,#00H
SUBB A,1BH
MOV 26H,A

CLR CY
MOV A,#00H
SUBB A,18H
MOV 27H,A
MOV A,#00H
SUBB A,19H
MOV 28H,A
```

-----  
; DRIVE IGBT AND BRKM1  
-----

```
CLR T2
CLR TF1
LOP_1: CLR P0.4
JB P0.0,$
LCALL DELAY_20ms
JB P0.0,LOP_1 ;WAIT PRESS 'ENTER(POWER2)'
JNB P0.0,$
LCALL SOUND
JB ZERO_C,$
MOV 47H,#53H
DJNZ 47H,$
```



```

JNB     ZERO_C,$
LCALL  DELAY_5ms
SETB   B1      ; B1  ON

```

```

LOP_2: JB     SW_SAG,$
LCALL  DELAY_20ms
JB     SW_SAG,LOP_2  ; WAIT PRESS 'ENTER(SAG)'
JNB    SW_SAG,$
LCALL  SOUND
SETB   P0.4
CLR    G1      ; B1+G1 ON

```

```

MOV    A,19H
JB     ZERO_C,$
MOV    47H,#53H
DJNZ   47H,$
JNB    ZERO_C,$
LCALL  DELAY_5ms
CLR    B1      ; B1 OFF G1 ON
LCALL  DELAY_20ms
LCALL  DELAY_20ms
CJNE   A,#00H,POWER14_02

```

```

MOV    A,18H
CJNE   A,#00H,POWER14_02
JB     ZERO_C,$
MOV    47H,#53H
DJNZ   47H,$
MOV    TH2,#04CH
MOV    TL2,#00H
MOV    RCAP2H,#04CH
MOV    RCAP2L,#00H
MOV    TMOD,#55H
MOV    TH1,26H
MOV    TL1,25H

```

```

JNB    ZERO_C,$
SETB   G1      ; B1 OFF G1 OFF
NOP    ; dead time 10MC -> 4.88 MICRO SEC
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
NOP    ;
AJMP   POWER14_03 ;

```

POWER14\_02: JB ZERO\_C,\$  
MOV 47H,#53H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DJNZ 47H,$
MOV TH2,#0FEH
MOV TL2,#00H
MOV RCAP2H,#0FEH
MOV RCAP2L,#00H
MOV TMOD,#55H
MOV TH1,28H
MOV TL1,27H

JNB ZERO_C,$

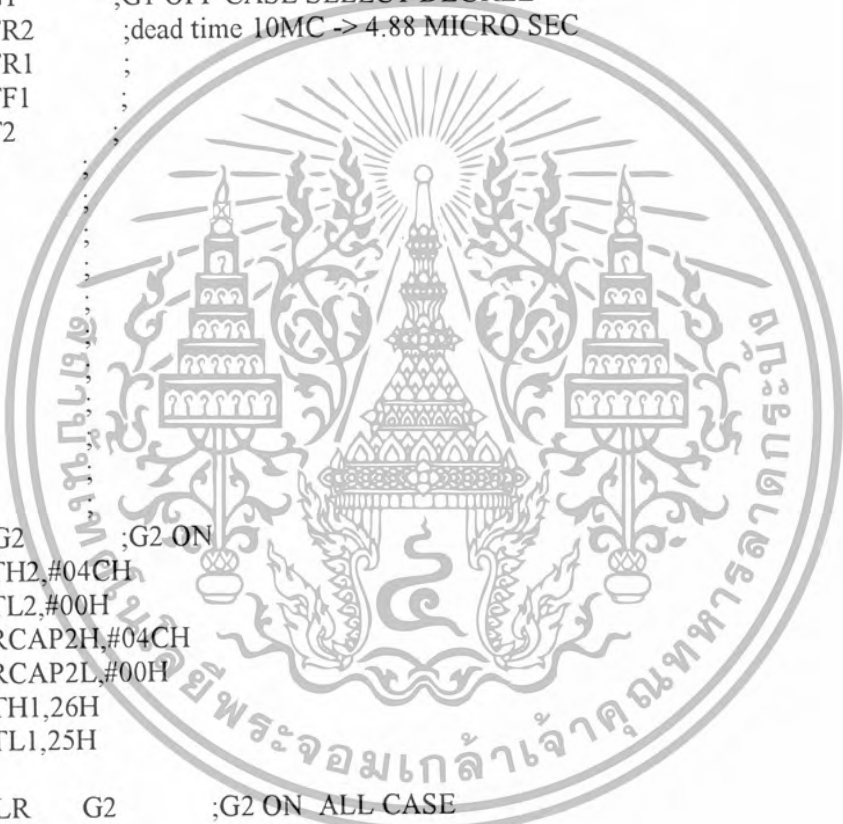
SETB TR2
SETB TR1
JNB TF1,$
SETB G1 ;G1 OFF CASE SELECT DEGREE
CLR TR2 ;dead time 10MC -> 4.88 MICRO SEC
CLR TR1 ;
CLR TF1 ;
CLR T2 ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
CLR G2 ;G2 ON
MOV TH2,#04CH
MOV TL2,#00H
MOV RCAP2H,#04CH
MOV RCAP2L,#00H
MOV TH1,26H
MOV TL1,25H

```

```

POWER14_03: CLR G2 ;G2 ON ALL CASE
SETB TR1
SETB TR2
JNB TF1,$
SETB G2 ;G2 OFF ALL CASE
CLR TR2 ;dead time 10MC -> 4.88 MICRO SEC
CLR TR1 ;
CLR TF1 ;
CLR T2 ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;
NOP ;

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP      ;
NOP      ;
NOP      ;
CLR      G1      ;G1 ON

JB       ZERO_C,$
MOV      47H,#53H
DJNZ    47H,$
JNB     ZERO_C,$
LCALL   DELAY_5ms

SETB    B1      ;B1 ON
LCALL   DELAY_20ms
LCALL   DELAY_20ms
SETB    G1      ;G1 OFF
LJMP    ONE

```

```

;-----;
; KEY_TO_LCD ---> (SCAN KEY AND SHOW AT LCD)
;-----;

```

```

KEY_TO_LCD: LCALL  SCAN_KEY
            CJNE  A,#0FFH,KEY_L0
            AJMP  KEY_TO_LCD
KEY_L0: CJNE  A,#00H,KEY_L1
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'0'
        MOV   @R1,#00H
        ACALL WRCHAR_LCD
        ACALL LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1

```

```

KEY_L1: CJNE  A,#01H,KEY_L2
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'1'
        MOV   @R1,#01H
        ACALL WRCHAR_LCD
        ACALL LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1

```

```

KEY_L2: CJNE  A,#02H,KEY_L3
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'2'
        MOV   @R1,#02H
        ACALL WRCHAR_LCD
        ACALL LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1

```

```

KEY_L3: CJNE  A,#03H,KEY_L4
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'3'
        MOV   @R1,#03H
        ACALL WRCHAR_LCD
        ACALL LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KEY_L4: CJNE  A,#04H,KEY_L5
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'4'
        MOV   @R1,#04H
        ACALL  WRCHAR_LCD
        ACALL  LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1
```

```
KEY_L5: CJNE  A,#05H,KEY_L6
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'5'
        MOV   @R1,#05H
        ACALL  WRCHAR_LCD
        ACALL  LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1
```

```
KEY_L6: CJNE  A,#06H,KEY_L7
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'6'
        MOV   @R1,#06H
        ACALL  WRCHAR_LCD
        ACALL  LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1
```

```
KEY_L7: CJNE  A,#07H,KEY_L8
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'7'
        MOV   @R1,#07H
        ACALL  WRCHAR_LCD
        ACALL  LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1
```

```
KEY_L8: CJNE  A,#08H,KEY_L9
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'8'
        MOV   @R1,#08H
        ACALL  WRCHAR_LCD
        ACALL  LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1
```

```
KEY_L9: CJNE  A,#09H,KEY_LA
        ACALL  SOUND
        MOV   LCD_DATA,#'9'
        MOV   @R1,#09H
        ACALL  WRCHAR_LCD
        ACALL  LCD_BLINK
        AJMP  OFF_1
```

```
KEY_LA: CJNE  A,#0AH,KEY_LB      ;LCD Clear Display to menu
        ACALL  SOUND
        CJMP  OFF_1
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

KEY_LB: CJNE  A,#0BH,OFF_1  ;HELP !
        ACALL SOUND
        LJMP  HELP

```

```

OFF_1: ACALL  KEY_OFF
        RET

```

```

-----
;TO_HEX
-----

```

```

TO_HEX:  MOV A,#100
        MOV 0F0H,20H
        MUL AB
        MOV 11H,A  ;LOW
        MOV 10H,0F0H ;HI

        MOV A,#10
        MOV 0F0H,21H
        MUL AB
        MOV 13H,A  ;LOW
        MOV 12H,0F0H ;HIGH

        MOV A,13H
        ADD A,11H
        MOV 15H,A  ;LOW

        MOV A,10H
        ADDC A,12H
        MOV 14H,A  ;HIGH

        CLR CY
        MOV A,15H
        ADD A,22H
        MOV @R0,A  ;LOW

        INC R0
        MOV A,14H
        ADDC A,#00H
        MOV @R0,A  ;HIGH
        INC R0
        RET

```

```

-----
;TO_HELP*****
-----

```

```

HELP: ACALL LCD_CLR
        MOV DPTR,#000H
        MOV LCD_ADDR,#000H
        ACALL SET_ADDR_LCD
        MOV DPTR,#TITLE_B
        ACALL WRLINE_LCD

```

```

MOV LCD_ADDR,#040H
ACALL SET_ADDR_LCD

```

```
MOV DPTR,#TITLE_C
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#014H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_D
ACALL WRLINE_LCD
```

```
CLR P0.4
JB P0.0,$ ;Enter
ACALL SOUND
ACALL LCD_CLR
JNB P0.0,$
ACALL DELAY_20ms
```

```
MOV DPTR,#000H
MOV LCD_ADDR,#000H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_E
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#040H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_F
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#014H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_G
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#054H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_H
ACALL WRLINE_LCD
```

```
CLR P0.4
JB P0.0,$ ;Enter
ACALL SOUND
ACALL LCD_CLR
JNB P0.0,$
ACALL DELAY_20ms
```

```
MOV DPTR,#000H
MOV LCD_ADDR,#000H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_I
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#040H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_J
ACALL WRLINE_LCD
```



```
MOV LCD_ADDR,#014H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_K
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#054H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_L
ACALL WRLINE_LCD
```

```
CLR P0.4
JB P0.0,$ ;Enter
ACALL SOUND
ACALL LCD_CLR
JNB P0.0,$
ACALL DELAY_20ms
```

```
MOV DPTR,#000H
MOV LCD_ADDR,#000H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_M
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#040H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_N
ACALL WRLINE_LCD
```

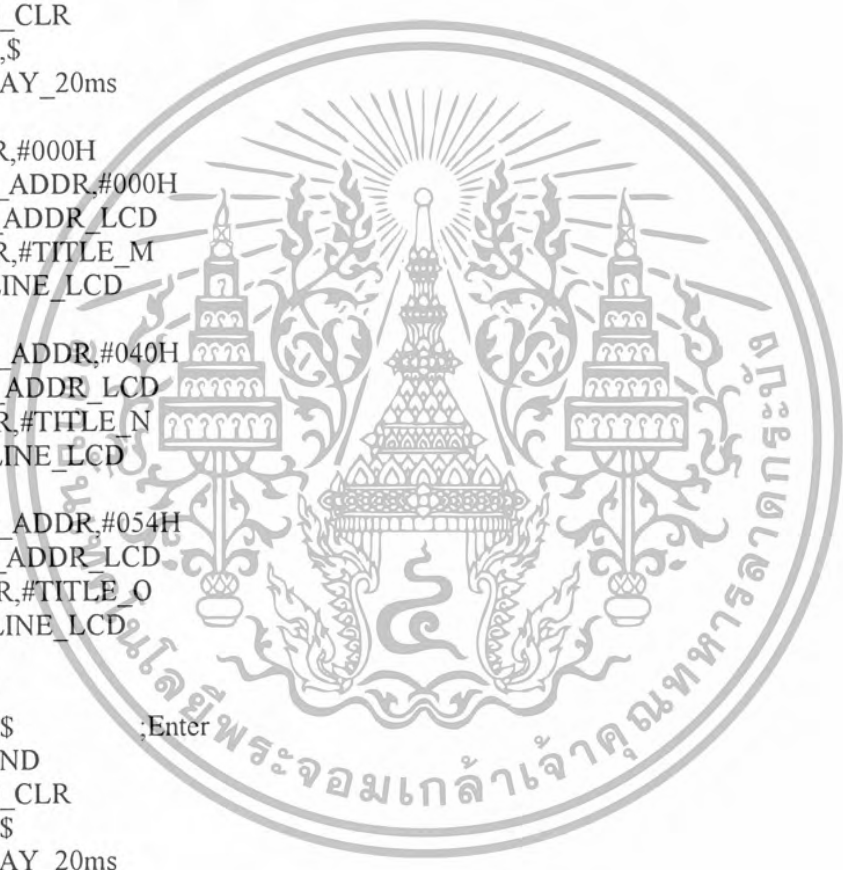
```
MOV LCD_ADDR,#054H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_O
ACALL WRLINE_LCD
```

```
CLR P0.4
JB P0.0,$ ;Enter
ACALL SOUND
ACALL LCD_CLR
JNB P0.0,$
ACALL DELAY_20ms
```

```
MOV DPTR,#000H
MOV LCD_ADDR,#000H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_P
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#040H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_Q
ACALL WRLINE_LCD
```

```
MOV LCD_ADDR,#014H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_R
```



```

ACALL  WRLINE_LCD

MOV    LCD_ADDR,#054H
ACALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_S
ACALL  WRLINE_LCD

CLR    P0.4
JB     P0.0,$      ;Enter
ACALL  SOUND
ACALL  LCD_CLR
JNB    P0.0,$
ACALL  DELAY_20ms

```

```

MOV    DPTR,#000H
MOV    LCD_ADDR,#000H
ACALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_T
ACALL  WRLINE_LCD

```

```

MOV    LCD_ADDR,#040H
ACALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_U
ACALL  WRLINE_LCD

```

```

MOV    LCD_ADDR,#014H
ACALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_V
ACALL  WRLINE_LCD

```

```

MOV    LCD_ADDR,#054H
ACALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_W
ACALL  WRLINE_LCD

```

```

CLR    P0.4
JB     P0.0,$      ;Enter
ACALL  SOUND
ACALL  LCD_CLR
JNB    P0.0,$
ACALL  DELAY_20ms

```

```

MOV    DPTR,#000H
MOV    LCD_ADDR,#000H
ACALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_X
ACALL  WRLINE_LCD

```

```

MOV    LCD_ADDR,#040H
ACALL  SET_ADDR_LCD
MOV    DPTR,#TITLE_Y
ACALL  WRLINE_LCD

```

```

MOV    LCD_ADDR,#014H
ACALL  SET_ADDR_LCD

```



```

MOV DPTR,#TITLE_Z
ACALL WRLINE_LCD

CLR P0.4
JB P0.0,$ ;Enter
ACALL SOUND
ACALL LCD_CLR
JNB P0.0,$
ACALL DELAY_20ms

```

```

MOV DPTR,#000H
MOV LCD_ADDR,#000H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_a
ACALL WRLINE_LCD

```

```

MOV LCD_ADDR,#040H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_b
ACALL WRLINE_LCD

```

```

MOV LCD_ADDR,#054H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_c
ACALL WRLINE_LCD

```

```

CLR P0.4
JB P0.0,$ ;Enter
ACALL SOUND
LJMP ONE
JNB P0.0,$
ACALL DELAY_20ms

```

```

;-----
;SCAN KEY
;-----

```

```

SCAN_KEY: MOV A,#0FFH
MOV P0,#0FFH
CLR P0.7

```

```

KEY_1: JB P0.3,KEY_4
MOV A,#01H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.3,$
AJMP EXIT_KEY

```

```

KEY_4: JB P0.2,KEY_7
MOV A,#04H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.2,$
AJMP EXIT_KEY

```

```

KEY_7: JB P0.1,KEY_A
MOV A,#07H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.1,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_A: JB P0.0,KEY_R1
MOV A,#0AH
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.0,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_R1: SETB P0.7
CLR P0.6
KEY_2: JB P0.3,KEY_5
MOV A,#02H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.3,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_5: JB P0.2,KEY_8
MOV A,#05H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.2,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_8: JB P0.1,KEY_0
MOV A,#08H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.1,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_0: JB P0.0,KEY_R2
MOV A,#00H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.0,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_R2: SETB P0.6
CLR P0.5
```

```
KEY_3: JB P0.3,KEY_6
MOV A,#03H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.3,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_6: JB P0.2,KEY_9
MOV A,#06H
ACALL DELAY_20ms
JNB P0.2,$
AJMP EXIT_KEY
```

```
KEY_9: JB P0.1,KEY_B
MOV A,#09H
ACALL DELAY_20ms
```



```
JNB     P0.1,$
AJMP    EXIT_KEY
```

```
KEY_B:  JB     P0.0,KEY_R3
        MOV     A,#0BH
        ACALL  DELAY_20ms
        JNB     P0.0,$
        AJMP    EXIT_KEY
```

```
KEY_R3: SETB   P0.5
EXIT_KEY: RET
```

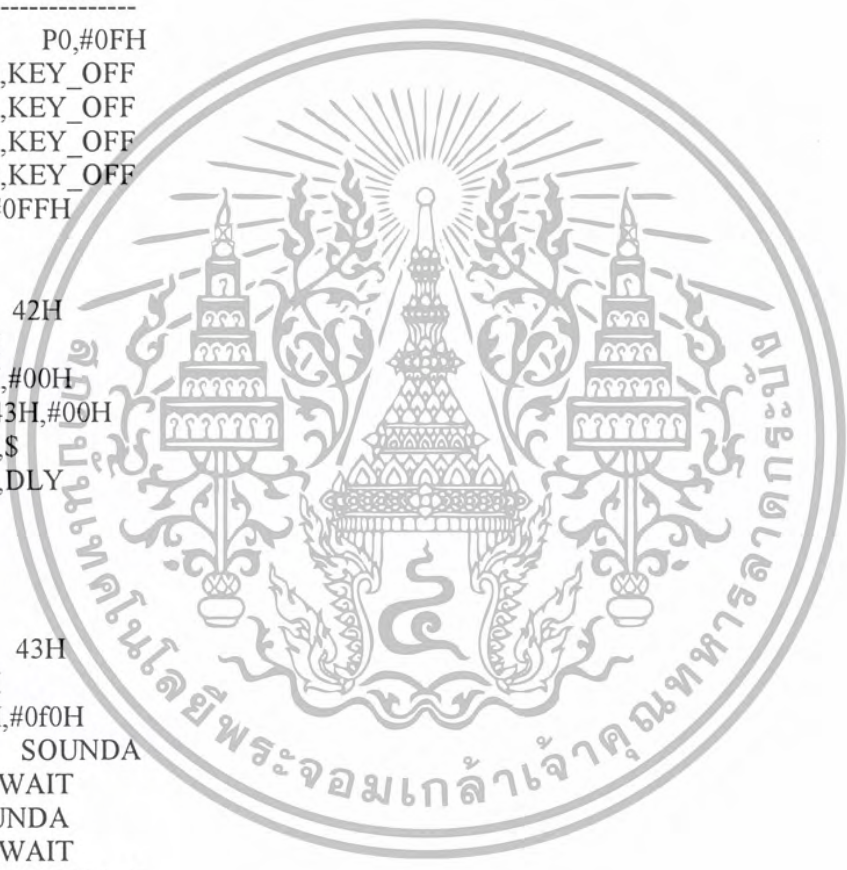
```
-----
KEY_OFF: MOV     P0,#0FH
        JNB     P0.0,KEY_OFF
        JNB     P0.1,KEY_OFF
        JNB     P0.2,KEY_OFF
        JNB     P0.3,KEY_OFF
        MOV     P0,#0FFH
        RET
```

```
DELAY:  PUSH   42H
        PUSH   43H
        MOV    42H,#00H
DLY:    MOV    43H,#00H
        DJNZ   43H,$
        DJNZ   42H,DLY
        POP    43H
        POP    42H
        RET
```

```
SOUND:  PUSH   43H
        PUSH   42H
        MOV    43H,#0f0H
```

```
SOUND_1: CLR    SOUNDA
        ACALL  S_WAIT
        SETB   SOUNDA
        ACALL  S_WAIT
        DJNZ   43H,SOUND_1
        POP    43H
        POP    42H
        RET
```

```
S_WAIT: MOV    42H,#070H
        DJNZ   42H,$
        RET
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-----  
;LCD Initialize  
-----

```
INIT_LCD: CLR LCD_RS
MOV P2,#00111000B
ACALL LCD_CLK
ACALL DELAY_10ms

ACALL LCD_OFF
ACALL LCD_CLR

MOV P2,#00000110B
ACALL LCD_CLK

ACALL LCD_HOME
```

-----  
;LCD Clear Display  
-----

```
LCD_CLR: CLR LCD_RS
MOV P2,#00000001B
ACALL LCD_CLK
RET
```

-----  
;LCD Return Home  
-----

```
LCD_HOME: CLR LCD_RS
MOV P2,#00000010B
ACALL LCD_CLK
RET
```

-----  
;LCD Display off  
-----

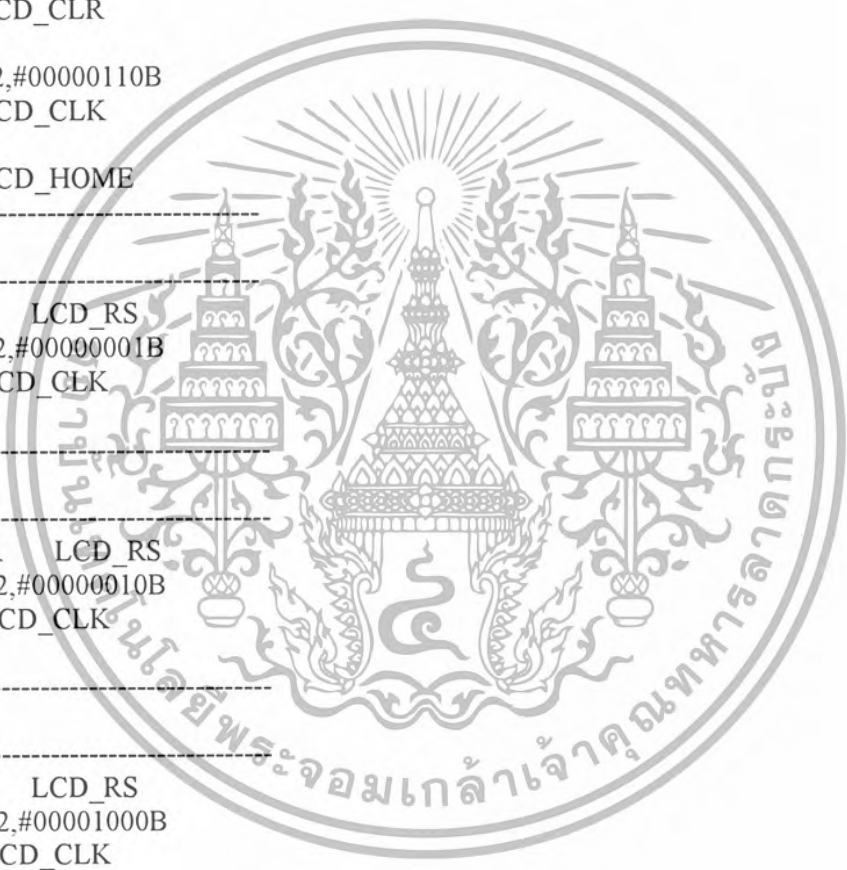
```
LCD_OFF: CLR LCD_RS
MOV P2,#00001000B
ACALL LCD_CLK
RET
```

-----  
;LCD clk  
-----

```
LCD_CLK: SETB LCD_EN
ACALL LCD_DELAY
CLR LCD_EN
ACALL LCD_DELAY
RET
```

-----  
;LCD Display on  
-----

```
LCD_ON: CLR LCD_RS
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV    P2,#00001100B
ACALL  LCD_CLK
RET
```

```
-----
;LCD Cursor on
-----
```

```
LCD_BLINK:  CLR    LCD_RS
            MOV    P2,#00001111B
            ACALL  LCD_CLK
            RET
```

```
-----
;LCD Left Shift Display
-----
```

```
LCD_LSHF:  CLR    LCD_RS
            MOV    P2,#00011000B
            ACALL  LCD_CLK
            RET
```

```
-----
;LCD Right Shift Display
-----
```

```
LCD_RSHF:  CLR    LCD_RS
            MOV    P2,#00011100B
            ACALL  LCD_CLK
            RET
```

```
-----
; Set LCD Address
; I/P:    LCD_ADDR
-----
```

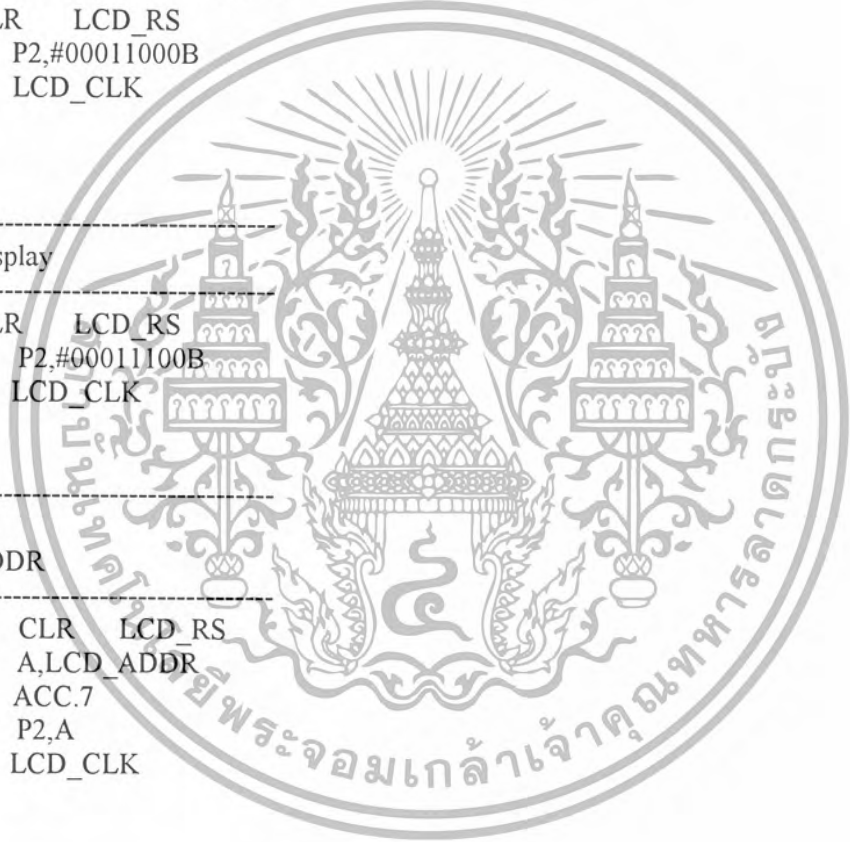
```
SET_ADDR_LCD:  CLR    LCD_RS
               MOV    A,LCD_ADDR
               SETB   ACC.7
               MOV    P2,A
               ACALL  LCD_CLK
               RET
```

```
-----
; Write character to shw LCD
; I/P:    LCD_DATA
-----
```

```
WRCHAR_LCD:  SETB   LCD_RS
               MOV    P2,LCD_DATA
               ACALL  LCD_CLK
               ACALL  LCD_ON
               RET
```

```
-----
;write Line of 20 Character from ROM
; I/P:    DPTR : Locate ROM Address
-----
```

```
WRLINE_LCD:  MOV    R2,#0
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WRLINE_LCD_1: SETB  LCD_RS
                CLR   A
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   P2,A
                ACALL LCD_CLK
                INC   DPTR
                INC   R2
                CJNE  R2,#20,WRLINE_LCD_1
                ACALL LCD_ON
                RET

```

```

;-----
;write Line of 3 Character from ROM
; I/P:      DPTR : Locate ROM Address
;-----

```

```

WRLINE_LCD3:  MOV   R2,#0
WRLINE_LCD_3: SETB  LCD_RS
                CLR   A
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   P2,A
                ACALL LCD_CLK
                INC   DPTR
                INC   R2
                CJNE  R2,#3,WRLINE_LCD_3
                ACALL LCD_ON
                RET

```

```

;-----
;Dummy delay time LCD_DELAY,10m,100m,1s
;-----

```

```

LCD_DELAY:     MOV   47H,#002
LCD_DELAY_1:   MOV   46H,#0FFH
LCD_DELAY_2:   NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                DJNZ 46H,LCD_DELAY_2
                DJNZ 47H,LCD_DELAY_1
                RET

```

```

DELAY_5ms:     MOV   47H,#05
DELAY_5ms_1:   MOV   46H,#0FFH
DELAY_5ms_2:   NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
NOP
DJNZ 46H,DELAY_5ms_2
DJNZ 47H,DELAY_5ms_1
RET

```

```

DELAY_20ms: MOV 47H,#020
DELAY_20ms_1: MOV 46H,#0FFH
DELAY_20ms_2: NOP

```

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
DJNZ 46H,DELAY_20ms_2
DJNZ 47H,DELAY_20ms_1
RET

```

```

DELAY_10ms: MOV 47H,#010
DELAY_10ms_1: MOV 46H,#0FFH
DELAY_10ms_2: NOP

```

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
DJNZ 46H,DELAY_10ms_2
DJNZ 47H,DELAY_10ms_1
RET

```

```

DELAY_100ms: MOV 47H,#100
DELAY_100ms_1: MOV 46H,#0FFH
DELAY_100ms_2: NOP

```

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
DJNZ 46H,DELAY_100ms_2
DJNZ 47H,DELAY_100ms_1
RET

```



```

DELAY_1s:    MOV    45H,#100
DELAY_1s_1:  ACALL  DELAY_10ms
             DJNZ   45H,DELAY_1s_1
             RET

```

-----  
; Define Constant < Store in Flash EEPOROM Program Memory >  
-----

```

;
; 01234567890123456789
TITLE_1:  DB    ' Single '
TITLE_2:  DB    ' Phase Voltage Sags '
TITLE_3:  DB    ' Generator Using '
TITLE_4:  DB    ' Autotransformer '
TITLE_5:  DB    ' Project '
TITLE_6:  DB    ' DegCon = Degree '
TITLE_7:  DB    ' SagDur = Unit '
TITLE_8:  DB    ' Sagmag = Voltage '
TITLE_9:  DB    0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH
          DB    0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH
;
          01234567890123456789
TITLE_A:  DB    ' '
TITLE_B:  DB    ' How to operate '
TITLE_C:  DB    ' voltage sag '
TITLE_D:  DB    ' generator !!! '
TITLE_E:  DB    ' 1. Type the value '
TITLE_F:  DB    ' of Degcon: '
TITLE_G:  DB    ' Degcon Minimum = 000 '
TITLE_H:  DB    ' Maximum = 359 '
TITLE_I:  DB    ' 2. Type the value '
TITLE_J:  DB    ' of Units. '
TITLE_K:  DB    ' Units Minimum = 001 '
TITLE_L:  DB    ' Maximum = 600 '
TITLE_M:  DB    ' Note '
TITLE_N:  DB    ' 1 Units = 1/4 Cycle '
TITLE_O:  DB    ' 3. Then press Enter '
TITLE_P:  DB    ' 4. Switch on the '
TITLE_Q:  DB    ' "POWER 2." '
TITLE_R:  DB    ' 5. Variation your '
TITLE_S:  DB    ' desired voltage by '
TITLE_T:  DB    ' autotransformer. '
TITLE_U:  DB    ' 6. Wait a moment for '
TITLE_V:  DB    ' MCU varify the '
TITLE_W:  DB    ' parameter. '
TITLE_X:  DB    ' 7. Check your '
TITLE_Y:  DB    ' desired voltage '
TITLE_Z:  DB    ' again. '
TITLE_a:  DB    ' 8. Press Enter for '
TITLE_b:  DB    ' starting procedure. '
TITLE_c:  DB    ' KMITL KMITL KMITL '

```

END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SEMI F42-0600

## TEST METHOD FOR SEMICONDUCTOR PROCESSING EQUIPMENT VOLTAGE SAG IMMUNITY

This test method was technically approved by the Global Facilities Committee and is the direct responsibility of the North American Facilities Committee. Current edition approved by the North American Regional Standards Committee on March 2 and April 10, 2000. Initially available on www.semi.org May 2000; to be published June 2000. Originally published June 1999.

### 1 Purpose

1.1 The purpose of this document is to define the test method used to characterize the susceptibility of semiconductor processing, metrology, and automated test equipment to voltage sags.

### 2 Scope

2.1 This document defines the testing procedures and test equipment required to characterize the susceptibility of equipment to voltage sags by showing voltage sag duration and magnitude performance data for the equipment.

NOTE 1: Characterizing equipment voltage sag immunity allows for the identification of tolerances, if any, that may exist between the actual equipment immunity and any one or more voltage sag performance specifications.

2.2 This test method is intended for, but not limited to, the following equipment types:

- Etch equipment (Dry & Wet)
- Film deposition equipment (CVD & PVD)
- Thermal equipment
- Surface prep and clean
- Photolithography equipment (Stepper & Tracks)
- Chemical Mechanical Polishing equipment
- Ion Implant equipment
- Metrology equipment
- Automated test equipment

2.3 This standard does not purport to address safety issues, if any, associated with its use. It is the responsibility of the users of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

### 3 Limitations

3.1 This standard does not address testing for over-voltage conditions.

3.2 International, national and local codes, regulations and laws should be consulted to ensure that the

equipment and procedures meets regulatory requirements in each location.

### 4 Referenced Standards

#### 4.1 SEMI Standard

SEMI S2 — Safety Guidelines for Semiconductor Manufacturing Equipment

#### 4.2 IEEE Standard<sup>1</sup>

IEEE 1250 — Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances

NOTE 2: As listed or revised, all documents cited shall be the latest publications of adopted standards.

### 5 Terminology

#### 5.1 Definitions

5.1.1 *device under test (DUT)* — the semiconductor process, metrology, or automated test equipment intended to be tested, including the equipment mainframe and all subsystems whose electrical power is directly affected by the operation of the equipment's EMO system.

5.1.2 *emergency off circuit (EMO)* — a control circuit which when de-activated, places the equipment into a safe shut down condition and will restrict all hazardous potentials to the main power enclosure. This is a state in which all hazardous voltage has been removed from the equipment, all hazardous production materials flow has been stopped, any radiation sources de-energized or totally contained, any capacitors grounded, all moving parts stopped, internal and external heat sources shut off, and the equipment presents minimum hazard to personnel or the facility. [SEMI S2]

5.1.3 *point of connection (POC)* — the point where the facility utility connects to the exterior of the equipment.

5.1.4 *ride-through capability* — the ability of equipment to withstand momentary interruptions or sags [IEEE 1250]. Also known as voltage sag immunity.

<sup>1</sup> The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc., 345 East 47th Street, New York, NY 10017-2394, USA

5.1.5 *sag generator* — test apparatus capable of reducing voltage supplied to the device under test for specific time durations.

5.1.6 *voltage sag* — an rms reduction in the ac voltage, at power frequency, for durations from half-cycle to a few seconds [IEEE 1250]. Also known as voltage dip.

## 6 Test Apparatus

6.1 *Data Acquisition System (DAS)*: The DAS will allow monitoring of the device under test and selected subsystems during the test. The DAS must measure the voltage and current at least two cycles (40/33 ms) before, during, and at least two cycles (40/33 ms) after the voltage sag event. The DAS must have the performance characteristics defined in Table 1.

NOTE 3: (40/33 ms) refers to 40 ms at 50 Hz or 33 ms at 60 Hz.

**Table 1 Data Acquisition System Performance Requirements**

| Parameter                       | Requirement                                       |
|---------------------------------|---|
| Measurement Accuracy            | ± 3 percent of reading                            |
| Minimum Sample Rate             | 900 Hz  |
| Minimum Number of Analog Inputs | As required by the Test Plan (see Section 10.1.4) |

6.2 *Digital Volt Meter (DVM)* — A digital meter with current and voltage measurement probes. Minimum performance requirements of 1% accuracy, true rms, and resolution of 3 1/2 digits.

6.3 *Sag Generator* — The sag generator must be capable of providing voltage sags of controlled magnitude and duration relative to the nominal supply voltage of the DUT. The sag generator must be able to create voltage sags over the range of durations and magnitudes as required. The sag generator must be capable of producing independent output voltages on each phase of the load. The sag generator must have the performance characteristics in Table 2 (see Related Information 1).

**Table 2 Sag Generator Performance Requirements**

| Parameter   | Requirement   |
|---|---|
| Insertion loss (the difference between sag generator input and output voltages when set to 100% of nominal) | Less than 1.5%  |
| Change in output voltage as load is varied from 0–100% (steady state load regulation)                       | ± 5%  |
| Output current capability   | As required by the DUT.                               |
| Capability to supply inrush current   | Not to be limited by the sag generator.               |
| Under all conditions, the maximum deviation from required voltage (dynamic load regulation)                 | Less than ± 10% for not more than 1 cycle (20/17 ms). |

## 7 Safety Precautions

NOTE 4: The following are safety guidelines for voltage sag testing and as such should be considered only recommendations since regional safety regulations vary. International, national and local codes, regulations and laws should be consulted to ensure that the equipment and procedures meet regulatory requirements in each testing location.

7.1 Work should be conducted in accordance with industry standard safety procedures. Since panels may need to be open in order to connect voltage probes and route power leads to and from the sag generator, this work is classified as Type 2 Energized Electrical Work per SEMI S2. Test equipment manufacturer's safety recommendations should be followed.

### 7.2 Worker Safety

7.2.1 During testing lock and tag (lockout/tagout) procedures should be followed to control hazardous energy (reference appropriate regional regulations and requirements). No circuit should be connected or wired when electricity is present. This includes power connections as well as the connection of various monitoring probes.

7.2.2 The area immediately surrounding the device under test (DUT) should be cordoned off and appropriate signs like "Test In Progress" should be posted.

7.2.3 Appropriate personal protective equipment should be worn at all times.

7.2.4 Only authorized personnel should be allowed within the cordoned off test area.

7.2.5 Work should be done as described in the test procedure (see Section 10).

7.2.6 Proper connections should be traced and verified before energizing.

### 7.3 Equipment Safety

7.3.1 The sag generator should have a fail-safe design.

NOTE 5: Subjecting equipment to repeated voltage sags of less than 80% nominal for longer than 3 seconds may damage equipment.

7.3.2 The sag generator should be protected by an appropriately sized branch circuit breaker at the utility power source. This will protect the sag generator and DUT from short circuits and overcurrent conditions.

7.3.3 Every effort should be made to protect the DUT. As with other equipment tests damage to the DUT is possible. Although only a remote possibility, the equipment owner should be made aware of the potential for damage.

## 8 Sampling and Test Specimens

8.1 Characterization tests are conducted on samples of production articles, not on each item produced. Characterization tests apply to equipment that is manufactured to a single design either in multiple quantities or one-of-a-kind. The equipment selected for testing should reflect current production models of the supplier.

8.2 The intent of this document is to make reasonable efforts to test the semiconductor process, metrology, and automated test equipment as a complete operating

system under the actual intended conditions of end use. To simulate the worst-case condition, the tests described in this document should be performed during the most sensitive process mode of the equipment as determined by the equipment supplier.

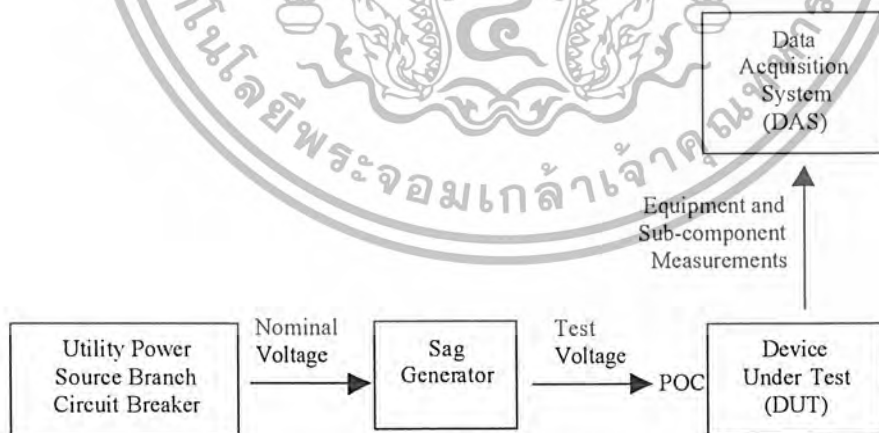
## 9 Test Setup

9.1 The test setup should consist of a sag generator and a data acquisition system as shown in Figure 1.

9.2 When the current required by the DUT is within the sag generator's rating, the sag generator shall be connected between the incoming utility power source and the point of connection (POC) on the DUT. If the current required by the DUT is greater than the rating of the sag generator, then individual subsystems of the DUT can be tested separately.

9.2.1 If DUT subsystem testing is required due to the limitation of the sag generator, each subsystem must be tested independently with the other parts of the DUT operating. Tested in this manner, any interlocks or alarms that might activate during the test will be apparent. Testing the DUT main power module may require providing power to only the main power module, leaving the subsystems turned off. After the characteristics of the DUT main power module EMO circuit are known, testing of DUT subsystems can begin as described.

9.2.2 Power down the DUT.



NOTE: Single-phase test fixture is shown for clarity.

Figure 1  
Test Setup

9.2.3 De-energize and lockout/tagout the DUT POC.

9.2.4 De-energize and lockout/tagout the voltage supply at the DUT utility power source branch circuit breaker.

9.2.5 Identify the utility power source branch circuit breaker to be used to power the sag generator, then, turn off and lockout/tagout this device.

9.2.6 Following the sag generator manufacturer's instructions, connect the input of the sag generator for each phase, ground, and neutral (if required) to the utility power source branch circuit breaker identified in Section 9.2.5.

9.2.7 Following the sag generator manufacturer's instructions, connect the output of the sag generator to the DUT POC.

9.2.8 Following the DAS manufacturer's instructions, connect the DAS channels to the appropriate measurement points on the DUT. The data acquisition measurement points should be defined in the test plan (see Section 10.1.4). Typical data acquisition measurement points for semiconductor equipment are listed in Table 3.

**Table 3 Typical Data Acquisition Measurement Points**

| No | Data Acquisition Measurement Points                |
|----|--|
| 1  | Ia, phase A current                                |
| 2  | Ib, phase B current                                |
| 3  | Ic, phase C current                                |
| 4  | Va-n, phase a-n voltage                            |
| 5  | Vb-n, phase b-n voltage                            |
| 6  | Vc-n, phase c-n voltage                            |
| 7  | Instrument Power Supplies output voltage           |
| 8  | Emergency Off Relay contact                        |
| 9  | Equipment power contactor contact                  |
| 10 | Equipment controller power supplies output voltage |

9.2.9 During all voltage sag tests, the output of the sag generator must be monitored by the DAS system. The magnitude of the DAS monitored sag waveform must be used to determine the magnitude of the actual event since the magnitude may vary from the pre-sag setting on the test equipment.

9.2.10 Visually inspect all connections.

9.2.11 Remove the lockout/tagout at the sag generator utility power supply branch circuit breaker.

9.2.12 Energize the sag generator's utility power source branch circuit.

9.2.13 Initialize the sag generator system and set the output for 100% of the DUT nameplate nominal voltage.

9.2.14 Using a digital voltmeter, measure and record the phase voltage(s) at the output of the sag generator.

9.2.15 Remove lockout/tagout at the DUT POC.

9.2.16 Energize the DUT.

9.2.17 Bring the DUT on-line in an idle state.

9.2.18 Using a digital voltmeter, measure and record the phase voltage(s) at the output of the sag generator. If needed, adjust the output of the sag generator for 100% of the DUT nameplate nominal voltage.

9.2.19 Set the sag generator for a 95% of DUT nominal, 10 cycle (200/167 ms) sag voltage on one phase.

9.2.20 From the sag generator controller, trigger the sag event.

9.2.21 From the DAS, verify that the test sag event is within the specified tolerance.

9.2.22 From the DAS, verify that all monitoring points are recording the expected status information.

## 10 Test Procedure

10.1 In order to arrive at meaningful and comparable results from voltage sag immunity testing on semiconductor equipment the following steps should be followed.

10.1.1 The test engineer should first study and understand the DUT power flow and safety interlocking systems of the DUT.

10.1.2 The test engineer should then determine the purpose of the test (e.g. To characterize the susceptibility of the DUT to voltage sags within a defined duration range and to a defined minimum voltage magnitude).

10.1.2.1 The test engineer should define the duration range minimum and maximum over which the test voltage sag should be applied to the DUT (e.g. 0.05 seconds to 1.0 seconds, as described in voltage sag ride-through specification, etc.).

10.1.2.2 The test engineer should define the voltage magnitude minimum(s) that should be applied to the DUT over the test duration range (e.g. 0 volts nominal for maximum duration, as described in voltage sag ride-through specification, etc.).

10.1.3 The test engineer should define that testing is complete for each phase mode when either an equipment interrupt occurs at the minimum test

duration regardless of the voltage magnitude, or, the test is conducted at the defined minimum voltage magnitude without equipment interrupt.

10.1.4 Based on the knowledge gained in the study of the DUT and the purpose of the test, the test engineer should prepare a specific Test Plan that references this test method with date of issue and includes, at a minimum:

- identify the most sensitive process mode and the process mode(s) to be used during tests
- minimum sag voltage to be applied (e.g. 0%, 50%, etc.)
- sag voltage incremental change not greater than 5% (e.g. 5%)
- maximum sag duration at each sag voltage (e.g. determined by voltage sag ride-through specification, potential for DUT damage, etc.)
- sag test durations (e.g. 0.05, 0.2, 0.5, 1.0 seconds)
- phase modes required (e.g. phase-to-neutral, phase-to-phase)
- point-on-wave of the sags (location on the sine wave where voltage sag begins): if controllable, set at 0°. If not controllable, noted as such.
- data acquisition measurement points (e.g. Table 3).

10.2 The following test procedure should be conducted in both the DUT idle state and the DUT's most sensitive process mode (see Section 8.2).

10.3 The following test procedure should be conducted with the sags applied in each phase mode identified in the Test Plan (see Section 10.1.4).

10.3.1 For single-phase loads, the sags should be applied from phase-to-neutral, for a total of one mode.

10.3.2 For three-phase loads without a neutral conductor, the sags should be applied from phase-to-phase between each pair of phases, for a total of three modes.

10.3.3 For three-phase loads with a neutral conductor, the sags should be applied from phase-to-neutral for each phase, and from phase-to-phase between each pair of phases, for a total of six modes.

10.4 Using a DVM, measure and record the actual test site voltages at the line side of the sag generator, phase-to-neutral (if available) and phase-to-phase (if available).

10.5 Verify that the test setup is complete (see Section 9).

10.6 Set the sag generator to 100% of the DUT nameplate nominal voltage. Cycle through the following test procedure.

10.6.1 Set the sag generator to the next lower sag voltage based on the sag voltage increment determined in the Test Plan, not greater than 5% (see Section 10.1.4).

10.6.2 Set the sag generator to the minimum sag duration for this sag voltage in the Test Plan (see Section 10.1.4).

10.6.3 Trigger the sag event. Record the results, including the magnitude (sag depth) and duration.

NOTE 6: It is advantageous to record additional detail, such as DAS waveforms, if a DUT interruption occurs.

10.6.4 Set the sag generator to the next longer sag duration for this sag voltage in the Test Plan (see Section 10.1.4).

10.6.5 Trigger the sag event. Record the results, including the magnitude (sag depth) and duration.

10.6.6 Repeat Sections 10.6.4 thru 10.6.5 until all durations are complete for this sag voltage magnitude per the Test Plan, then, continue to Section 10.6.7.

10.6.7 Repeat Sections 10.6.1 thru 10.6.6 until all sag voltage magnitudes are complete for this phase mode per the Test Plan, then, continue to Section 10.6.8.

10.6.8 If required, reconfigure the test setup for the next phase mode and repeat Sections 10.6.1 thru 10.6.7 until the test is complete for all phase modes, then, continue to Section 10.6.9.

10.6.9 If required, return the test setup to the original phase mode and repeat Sections 10.6.1 thru 10.6.8 until the test is complete for all process modes (e.g. idle state, most sensitive process mode).

## 11 Interpretation of Test Results

11.1 The injection of voltage sags into semiconductor equipment can lead to numerous shutdown mechanisms. Typical semiconductor equipment voltage sag shutdown mechanisms include EMO circuitry, instrument and controller power supplies, motion control drives, and voltage monitoring relays.

11.2 The shutdown or dropout of equipment components is best identified when monitored by a DAS that is tightly coupled to the control of the sag generator. Figures 2 and 3 display the shutdown of a power supply during a 55% of nominal 10-cycle (200/167 ms) voltage sag.

11.3 Figure 2 displays the actual voltage sag output from the sag generator and Figure 3 displays the output of the power supply. With the DAS it can be seen that

the power supply output begins to decay 3 cycles (60/50 ms) into the 55% of nominal sag event, causing the DUT to interrupt.

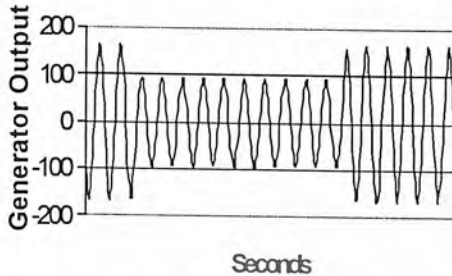


Figure 2  
Sag Generator Output

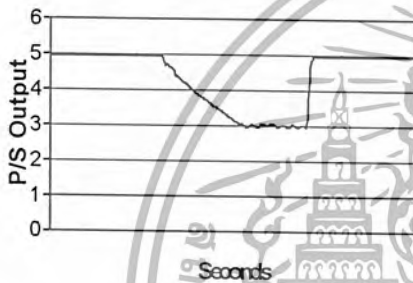


Figure 3  
Power Supply Voltage Sag Shut Down Example

## 12 Reporting Test Results

12.1 Report the specific test plan used and, if used, the voltage sag ride-through specification.

12.2 Report the manufacturer, model number, revision (if known) and process application for the DUT.

12.3 Report the type of sag generator and the accuracy of the test apparatus.

12.4 Report the outcome of the voltage sag testing in both a tabular form (see Tables 4 and 5) and plotted on a graph(s), voltage magnitude (Y axis) and duration (X axis). Separate graphs should be plotted in order to represent the results of the single-phase testing and the phase-to-phase testing. If used, overlay a plot of the voltage sag ride-through specification onto the voltage sag testing outcome graph(s) (see Figures 4 and 5).

12.5 Report the outcome of the sag event including the cause of the DUT interrupt (e.g., EMO relay dropped out, power supply shutdown, etc.).

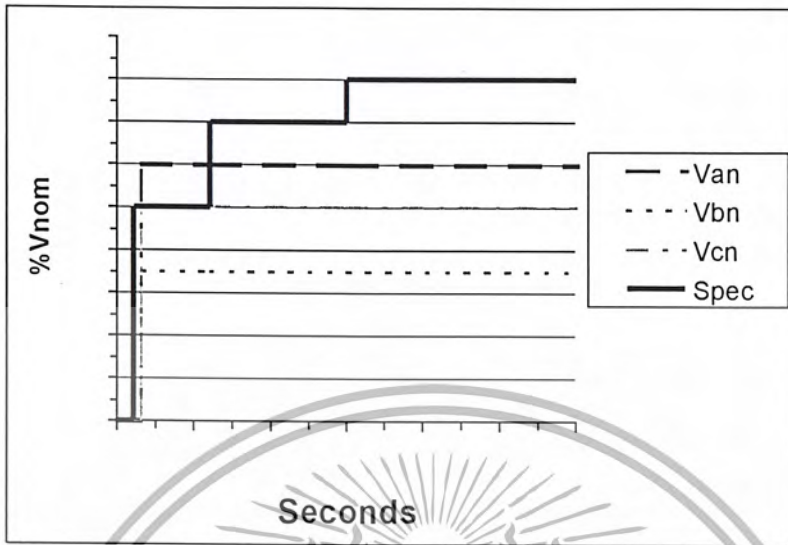
12.6 Report conclusions of voltage sag immunity testing of the DUT (e.g., Key immunity data points, compliance/non-compliance with voltage sag ride-through specification, corrective actions taken, etc.).

**Table 4 Example of Test Data Sheet for Characterizing to Voltage Sag Ride-Through Specification Limits**

| Event | % Va-n | % Vb-n | % Vc-n | DUT Mode<br>(Idle or Processing) | Voltage Sag Duration | Result                             |   |
|-------|--------|--------|--------|----------------------------------|----------------------|------------------------------------|---|
|       |        |        |        |                                  |                      | Actual Time to Interrupt (Seconds) | Comments                                  |
| 1     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 2     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 0.20                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 3     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 0.50                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 4     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 1.00                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 5     | 90     | 100    | 100    | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 6     | 90     | 100    | 100    | Processing                       | 0.20                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 7     | 90     | 100    | 100    | Processing                       | 0.50                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 8     | 90     | 100    | 100    | Processing                       | 1.00                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| ↓     | ↓      | ↓      | ↓      | ↓                                | ↓                    | ↓                                  | ↓   |
| 34    | 55     | 100    | 100    | Processing                       | 0.20                 | 0.16                               | Equipment Shutdown: EMO Relay CR1 dropout |
| 35    | 55     | 100    | 100    | Processing                       | 0.50                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| 36    | 55     | 100    | 100    | Processing                       | 1.00                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| 37    | 50     | 100    | 100    | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 38    | 50     | 100    | 100    | Processing                       | 0.20                 | 0.16                               | Same result as event 34.                  |
| ↓     | ↓      | ↓      | ↓      | ↓                                | ↓                    | ↓                                  | ↓   |
| 77    | 100    | 50     | 100    | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 78    | 100    | 50     | 100    | Processing                       | 0.20                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 79    | 100    | 50     | 100    | Processing                       | 0.50                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 80    | 100    | 50     | 100    | Processing                       | 1.00                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| ↓     | ↓      | ↓      | ↓      | ↓                                | ↓                    | ↓                                  | ↓   |
| 117   | 100    | 100    | 50     | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 118   | 100    | 100    | 50     | Processing                       | 0.20                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 119   | 100    | 100    | 50     | Processing                       | 0.50                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 120   | 100    | 100    | 50     | Processing                       | 1.00                 | OK                                 | Equipment OK.                             |

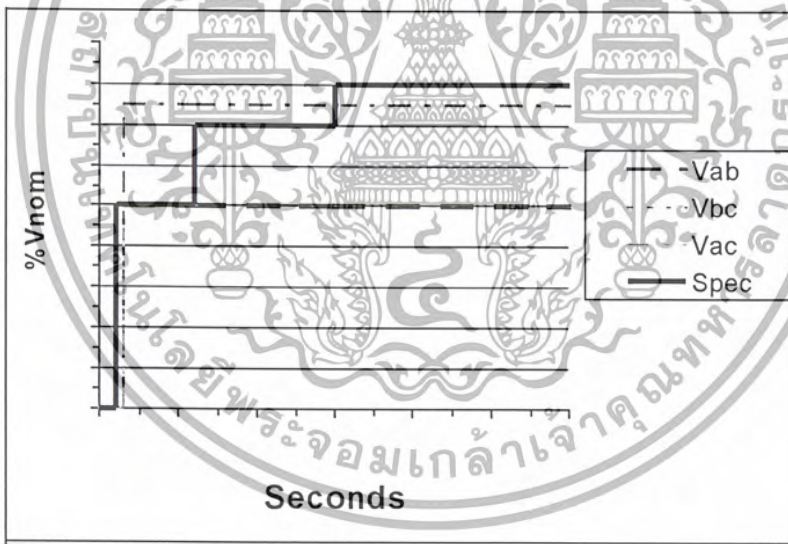
**Table 5 Example of Test Data Sheet for Characterizing Equipment Susceptibility to Voltage Sags**

| Event | % Va-n | % Vb-n | % Vc-n | DUT Mode<br>(Idle or Processing) | Voltage Sag Duration | Result                             |   |
|-------|--------|--------|--------|----------------------------------|----------------------|------------------------------------|---|
|       |        |        |        |                                  |                      | Actual Time to Interrupt (Seconds) | Comments                                  |
| 1     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 2     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 0.20                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 3     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 0.50                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 4     | 95     | 100    | 100    | Processing                       | 1.00                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| ↓     | ↓      | ↓      | ↓      | ↓                                | ↓                    | ↓                                  | ↓   |
| 53    | 30     | 100    | 100    | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 54    | 30     | 100    | 100    | Processing                       | 0.20                 | 0.16                               | Equipment Shutdown: EMO Relay CRI dropout |
| 55    | 30     | 100    | 100    | Processing                       | 0.50                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| 56    | 30     | 100    | 100    | Processing                       | 1.00                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| ↓     | ↓      | ↓      | ↓      | ↓                                | ↓                    | ↓                                  | ↓   |
| 129   | 100    | 35     | 100    | Processing                       | 0.20                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 130   | 100    | 35     | 100    | Processing                       | 0.50                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 131   | 100    | 35     | 100    | Processing                       | 1.00                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 132   | 100    | 30     | 100    | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 133   | 100    | 30     | 100    | Processing                       | 0.20                 | 0.16                               | Power Supply PS1 dropout                  |
| ↓     | ↓      | ↓      | ↓      | ↓                                | ↓                    | ↓                                  | ↓   |
| 233   | 100    | 100    | 5      | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 234   | 100    | 100    | 5      | Processing                       | 0.20                 | 0.16                               | Equipment Shutdown: EMO Relay CRI dropout |
| 235   | 100    | 100    | 5      | Processing                       | 0.50                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| 236   | 100    | 100    | 5      | Processing                       | 1.00                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| 237   | 100    | 100    | 0      | Processing                       | 0.05                 | OK                                 | Equipment OK.                             |
| 238   | 100    | 100    | 0      | Processing                       | 0.20                 | 0.16                               | Same result as event 234.                 |
| 239   | 100    | 100    | 0      | Processing                       | 0.50                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| 240   | 100    | 100    | 0      | Processing                       | 1.00                 | INT                                | No Test - Beyond Interrupt                |
| .     | .      | .      | .      | .                                | .                    | .                                  | .   |



NOTE: Equipment did not meet standard during A to neutral sag events.

Figure 4  
Example of Single-Phase Test Results



NOTE: Equipment did not meet specification during A-C to sag events.

Figure 5  
Example of Phase-to-Phase Test Results

### 13 Related Documents

#### 13.1 IEC Standard<sup>2</sup>

13.1.1 IEC 61000-4-11 — Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measuring Techniques - Section 11: Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests.

**NOTICE:** SEMI makes no warranties or representations as to the suitability of the test method set forth herein for any particular application. The determination of the suitability of the test method is solely the responsibility of the user. Users are cautioned to refer to manufacturer's instructions, product labels, product data sheets, and other relevant literature respecting any materials mentioned herein. These test methods are subject to change without notice.

The user's attention is called to the possibility that compliance with this test method may require use of copyrighted material or of an invention covered by patent rights. By publication of this test method, SEMI takes no position respecting the validity of any patent rights or copyrights asserted in connection with any item mentioned in this test method. Users of this test method are expressly advised that determination of any such patent rights or copyrights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.



<sup>2</sup> International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe PO  
Box 131, 1211 Geneva 20 Switzerland

## RELATED INFORMATION 1 SAG GENERATORS

NOTE: This related information is not an official part of SEMI F42 and has been derived from the work of the originating task force. This related information was approved for publication by full letter ballot procedures on December 18, 1998. Determination of the suitability of the material is solely the responsibility of the user.

### R1-1 Types of Sag Generators

R1-1.1 As defined in the test instrumentation section of IEC-61000-4-11, there are two common types of voltage sag generator devices – variable transformer-switch type and the power amplifier type.

R1-1.2 Both units shown in this section can inject phase-shifting into the output waveform. All units except the contactor based transformer-switch type are capable of some point-on-wave controllability.

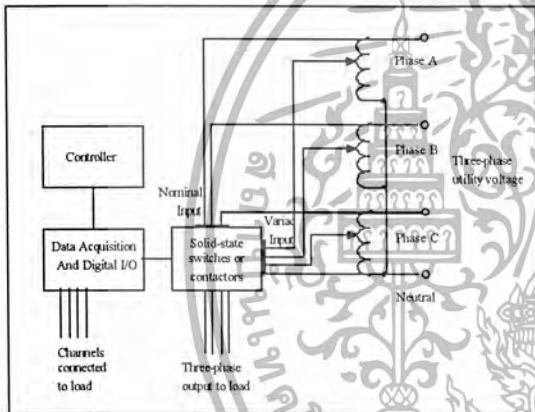


Figure R1-1  
Transformer-Switch Type Sag Generator

### R1-2 Transformer-Switch Type

R1-2.1 This type of sag generator has been built with either insulated gate bipolar transistor (IGBT), silicon control rectifier (SCR), or contactors used as the switching devices. The IGBT based switch is the most controllable with the ability to precisely control the point on the waveform in which the voltage sag starts and finishes (0-360 degrees). With an SCR switch, the point on wave of the voltage sag starts can be controlled, but the cutoff point of the voltage sag will be fixed at zero degrees. In real power systems, the point-on-wave in which the voltage sag occurs is somewhat random and unpredictable. A contactor based unit simulates the randomness of a real power system in that the point-on-wave in which the voltage sag begins is not controllable, but is dependent on the lag time between energizing the coil of the contactor and contactor closure. Figure R1-1 below displays a

three-phase sag generator test fixture with data acquisition.

R1-2.2 As shown in Figure R1-1, voltage sags are injected into the load referenced to the neutral. Since the three variable transformers shown only need to carry current during the voltage sag, they do not need to be rated for continuous current.

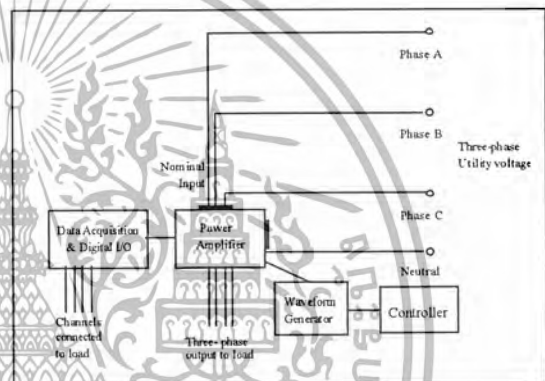
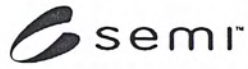


Figure R1-2  
Power Amplifier Type Sag Generator

### R1-3 Power Amplifier Type

R1-3.1 This type of system utilizes a controller, waveform generator, data acquisition systems, and power amplifier section. Since this type of amplifier can be highly configurable, it can simulate most any point-on-wave or phase-shift desired. The power amplifier-based sag generator will be typically heavier and less portable than its transformer-switch counterpart. A conceptual three-phase version of this type of sag generator test fixture is shown in Figure R1-2.

**NOTICE:** SEMI makes no warranties or representations as to the suitability of the test method set forth herein for any particular application. The determination of the suitability of the test method is solely the responsibility of the user. Users are cautioned to refer to manufacturer's instructions, product labels, product data sheets, and other relevant literature respecting any materials mentioned herein. These test methods are subject to change without notice.



The user's attention is called to the possibility that compliance with this test method may require use of copyrighted material or of an invention covered by patent rights. By publication of this test method, SEMI takes no position respecting the validity of any patent rights or copyrights asserted in connection with any item mentioned in this test method. Users of this test method are expressly advised that determination of any such patent rights or copyrights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.



# SEMI F47-0200

## SPECIFICATION FOR SEMICONDUCTOR PROCESSING EQUIPMENT

### VOLTAGE SAG IMMUNITY

This specification was technically approved by the Global Facilities Committee and is the direct responsibility of the North American Facilities Committee. Current edition approved by the North American Regional Standards Committee on December 15, 1999. Initially available on www.semi.org January 2000; to be published February 2000. Originally published September 1999.

#### 1 Purpose

1.1 Semiconductor factories require high levels of power quality due to the sensitivity of equipment and process controls. Semiconductor processing equipment is especially vulnerable to voltage sags. This document defines the voltage sag ride-through capability required for semiconductor processing, metrology, and automated test equipment.

1.2 The requirements in this international standard were developed to satisfy semiconductor industry needs. While more stringent than existing generic standards, this industry-specific specification is not in conflict with known generic equipment regulations from other regions or generic equipment standards from other organizations (see Related Information section).

1.3 It is the intent of this standard to provide specifications for semiconductor processing equipment that will lead to improved selection criteria for sub-components and improvements in equipment systems design. While it is recognized that in certain extreme cases or for specific functions battery storage devices may be appropriate, it is not the intent of this standard to increase the size or use of battery storage devices provided with equipment. Focus on improvements in equipment component and system design should lead to a reduction or elimination in the use of battery storage devices to achieve equipment reliability during voltage sag events.

#### 2 Scope

2.1 This document specifies the minimum voltage sag ride-through capability design requirements for equipment used in the semiconductor industry. The expected equipment performance capability is shown graphically on a chart representing voltage sag duration and percent deviation of equipment nominal voltage. Standard evaluation test method references are also included.

2.2 The primary focus for this specification is semiconductor processing equipment including but not limited to the following tool types:

- Etch equipment (Dry & Wet),
- Film deposition equipment (CVD & PVD),

- Thermal equipment,
- Surface prep and clean,
- Photolithography equipment (Stepper & Tracks),
- Chemical Mechanical Polishing equipment,
- Ion Implant equipment,
- Metrology equipment, and
- Automated test equipment.

2.3 This specification applies to semiconductor processing equipment to include the equipment mainframe and all subsystems whose electrical power is directly affected by the operation of the equipment's EMO system.

2.4 This standard does not purport to address safety issues, if any, associated with its use. It is the responsibility of the users of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

#### 3 Limitations

3.1 Not included in this standard are over voltage conditions, voltage sag duration of less than 0.05 seconds (50 milliseconds), and voltage sag duration of greater than 1.0 seconds. If necessary, the Information Technology Industry Council (ITIC) "CBEMA-curve" contained in IEEE 446, IEEE 1100, and SEMI E51 can be used to specify additional requirements outside the range of this document (see Related Information, Section R1-1).

3.2 This specification does not address wafer quality with regard to processing variation caused by voltage sags. It is recommended that each equipment supplier consider the effects of voltage sags on their equipment processes. If voltage sags above the defined line can result in known wafer quality problems, then an appropriate notification-only scheme should be considered in the equipment design. To be in conformance with this standard that notification scheme should not be classified as an equipment interrupt per SEMI E10.

3.3 This standard addresses specifications for semiconductor processing equipment voltage sag immunity. Factory systems voltage sag immunity and electric utility voltage sag performance are covered in

other related standards.

3.4 This standard is intended to be a performance specification, it is not intended to address design issues related to safety which are covered elsewhere in the SEMI Standards (see SEMI S2).

NOTE 1: Safety related systems may require ride-through capability for conditions up to and including full power failure. Further, if hazards could result from voltage sags greater than those allowable in Table 1, provisions should be made to negate or eliminate such hazards.

3.5 International, national and local codes, regulations and laws should be consulted to ensure that the equipment meets regulatory requirements in each location.

#### 4 Referenced Standards

##### 4.1 SEMI Standards

SEMI E10 — Standard for Definition and Measurement of Equipment Reliability, Availability, and Maintainability (RAM)

SEMI E51 — Guide for Typical Facilities Services and Termination Matrix

SEMI F42 — Test Method for Semiconductor Processing Equipment Voltage Sag Immunity

SEMI S2 — Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment

##### 4.2 IEEE Standards<sup>1</sup>

IEEE 446 — IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications (IEEE Orange Book)

IEEE 1100 — IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment (IEEE Emerald Book)

IEEE 1250 — IEEE Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances

NOTE 2: As listed or revised, all documents cited shall be the latest publications of adopted standards.

#### 5 Terminology

5.1 *assist* — an unplanned interruption that occurs during an equipment cycle where all three of the following conditions apply:

- The interrupted equipment cycle is resumed through external intervention (e.g., by an operator or user, either human or host computer).
- There is no replacement of a part, other than specified consumables.

- There is no further variation from specification of equipment operation [SEMI E10].

5.2 *failure* — any unplanned interruption or variance from the specifications of equipment operation other than assists [SEMI E10].

5.3 *interrupt* — any assist or failure [SEMI E10].

5.4 *ride-through capability* — the ability of equipment to withstand momentary interruptions or sags [IEEE 1250]. Also known as voltage sag immunity.

5.5 *voltage sag* — an rms reduction in the ac voltage at power frequency for durations from half-cycle to a few seconds [IEEE 1250]. Also known as voltage dip.

#### 6 Ordering Information

6.1 Semiconductor manufacturers may use this standard when procuring processing equipment to specify equipment ride-through requirements capability to the equipment supplier. This document may also be used by semiconductor processing equipment suppliers to specify ride-through requirements to component and module suppliers.

6.2 Orders for equipment in accordance with this standard shall include:

- This specification number and date of issue.
- Requirements for qualification testing per SEMI F42.
- Any certification showing passage of qualification tests required to be provided (optional).
- Any test results required to be included in reports to be provided (optional).

#### 7 Requirements

7.1 Semiconductor processing, metrology, and automated test equipment must be designed and built to conform to the voltage sag ride-through capability shown in Figure 1. Equipment must continue to operate without interrupt (see Terminology) during conditions identified in the area above the defined line.

7.2 The requirements defined in this specification apply to two phase (phase-to-phase) and single phase (phase-to-neutral) voltage incidents.

7.3 The performance curve is defined by values shown in Table 1—voltage sag duration and percent deviation from equipment nominal voltage.

NOTE 3: For recommendations on equipment ride-through capability below 0.05 seconds (50 milliseconds) and above 1.0 seconds, see Related Information at the end of this document.

<sup>1</sup> The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc., 345 East 47th Street, New York, NY 10017-2394, USA

## 8 Test Methods

8.1 Qualification tests are conducted on samples of production articles, not each item produced. Qualification testing of equipment to requirements in this specification should be performed per SEMI F42.

## 9 Related Documents

### 9.1 SEMI Standard

SEMI S9 — Electrical Test Methods for Semiconductor Manufacturing Equipment

### 9.2 CENELEC Standard<sup>2</sup>

EN 50082-2 — Electromagnetic Compatibility — Generic Immunity Standard, Part 2: Industrial Environments

### 9.3 IEC Standard<sup>3</sup>

IEC 61000-4-11 — Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4: Testing and Measuring Techniques — Section 11: Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests

### 9.4 IEEE Standard<sup>1</sup>

IEEE 1346 — Electric Power System Compatibility with Electronic Process Equipment

NOTE 4: As listed or revised, all documents cited shall be the latest publications of adopted standards.

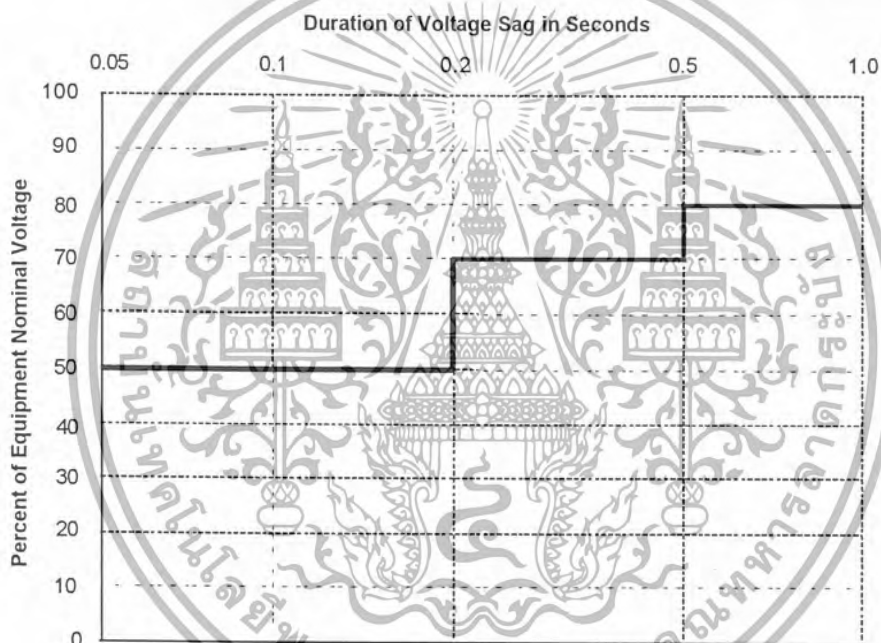


<sup>2</sup> European Committee for Electrotechnical Standardization, Rue de Stassart, 35, B - 1050, Brussels

<sup>3</sup> International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, P.O. Box 131, 1211 Geneva 20, Switzerland

**Table 1 Voltage Sag Duration and Percent Deviation from Equipment Nominal Voltage**

| VOLTAGE SAG DURATION |                   |                 |                  | VOLTAGE SAG                              |
|----------------------|-------------------|-----------------|------------------|--|
| Seconds (s)          | Milliseconds (ms) | Cycles at 60 Hz | Cycles at 50 Hz  | Percent (%) of Equipment Nominal Voltage |
| < 0.05 s             | < 50 ms           | < 3 cycles      | < 2.5 cycles     | Not specified                            |
| 0.05 to 0.2 s        | 50 to 200 ms      | 3 to 12 cycles  | 2.5 to 10 cycles | 50%                                      |
| 0.2 to 0.5 s         | 200 to 500 ms     | 12 to 30 cycles | 10 to 25 cycles  | 70%                                      |
| 0.5 to 1.0 s         | 500 to 1000 ms    | 30 to 60 cycles | 25 to 50 cycles  | 80%                                      |
| > 1.0 s              | > 1000 ms         | > 60 cycles     | > 50 cycles      | Not specified                            |



NOTE: Equipment must continue to operate without interrupt during voltage sags above the line.

Figure 1

Required Semiconductor Equipment Voltage Sag Ride-Through Capability Curve

**NOTICE:** SEMI makes no warranties or representations as to the suitability of the standards set forth herein for any particular application. The determination of the suitability of the standard is solely the responsibility of the user. Users are cautioned to refer to manufacturer's instructions, product labels, product data sheets, and other relevant literature respecting any materials mentioned herein. These standards are subject to change without notice.

The user's attention is called to the possibility that compliance with this standard may require use of copyrighted material or of an invention covered by patent rights. By publication of this standard, SEMI takes no position respecting the validity of any patent rights or copyrights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of any such patent rights or copyrights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

## RELATED INFORMATION 1 RELATIONSHIP TO OTHER ELECTRICAL STANDARDS

NOTE: This related information is not an official part of SEMI F47 and is not intended to modify or supersede the official standard. It has been derived from the work of the originating task force. Determination of the suitability of the material is solely the responsibility of the user.

### R1-1 Basis for this Industry-Specific Semiconductor Standard

R1-1.1 The Information Technology Industry Council (ITIC) "CBEMA-curve," contained in IEEE 446, IEEE 1100, and SEMI E51, was used as a starting point in establishing recommended ride-through limits. The following curve (see Figure R1-1) was developed to define voltage sag ride-through for use with semiconductor processing equipment. Primarily due to testing limitations, only the portion between 0.05 seconds (50 milliseconds) and 1.0 seconds was selected for inclusion in the specification. As future test equipment, methods, and data are developed the specified duration limits may be expanded. Recommended voltage sag ride-through capability limits from zero to 100 seconds are included here for reference (see Figure R1-1). While not currently included in this SEMI specification the wider range should be considered when designing equipment and selecting components.

R1-1.2 Over voltage conditions also covered in the ITIC CBEMA-curve contained in IEEE 446, IEEE 1100, and SEMI E51, are not considered in the scope of this industry-specific specification primarily due to the extremely low number of semiconductor equipment interruptions caused by over voltage events. While not in the scope of this specification, over voltage conditions should not be ignored and use of existing equipment protection techniques should be continued (see SEMI E51 or IEEE 446 for generic equipment over voltage ride-through specifications).

### R1-2 Relationship to Generic Electrical Standards

R1-2.1 This SEMI standard is intended to be coordinated with related SEMI, IEC and IEEE standards. The relationship of this SEMI specification to many other standards that address equipment immunity, test methods, and safety was

considered in development of this specification. For example, the emerging IEC Generic Immunity standard for industrial environments currently published by CENELEC as EN 50082-2 recommends a generic equipment immunity limit for Europe. When published by IEC, this standard will provide a generic equipment voltage sag immunity limit. Another example is the US National Fire Protection Association on Industrial Machinery (NFPA 79), which sets a generic equipment voltage sag immunity limit for the United States.

R1-2.2 These emerging generic limits were considered in the establishment of ride-through limits for semiconductor equipment. However, most generic equipment limits are less stringent than the existing CBEMA-curve currently referenced in SEMI E51. For most installations meeting the CBEMA limits (a specification which was developed for computer business equipment) still results in an unacceptable number of semiconductor equipment interrupts. Therefore, the requirements in this international standard were developed to better suit the semiconductor industry. While more stringent, this industry-specific specification is not in conflict with known generic equipment regulations from other regions or generic equipment standards from other organizations.

R1-2.3 Another published IEC standard defines a generic immunity test method for voltage sags (dips), IEC 61000-4-11. This standard does not provide limits but does provide a voltage sag test method for single-phase equipment rated less than 16 amps. It has been considered in defining voltage sag ride-through parameters and it may provide an interim voltage sag immunity test method. As noted in this document, a test method for three-phase equipment greater than 16 amps is being developed for use with semiconductor equipment.

R1-2.4 The generic type standards developed for industrial or consumer equipment by organizations like IEC, ITIC, and IEEE provide a foundation for industry-specific standards like those published by SEMI Standards. In acknowledgement of this tiered approach to standardization there are provisions for recognizing industry-specific or product-type standards by organizations like IEC. Typically, product-type standards when developed by industry-specific organizations take precedent over the broader based generic industrial standards.

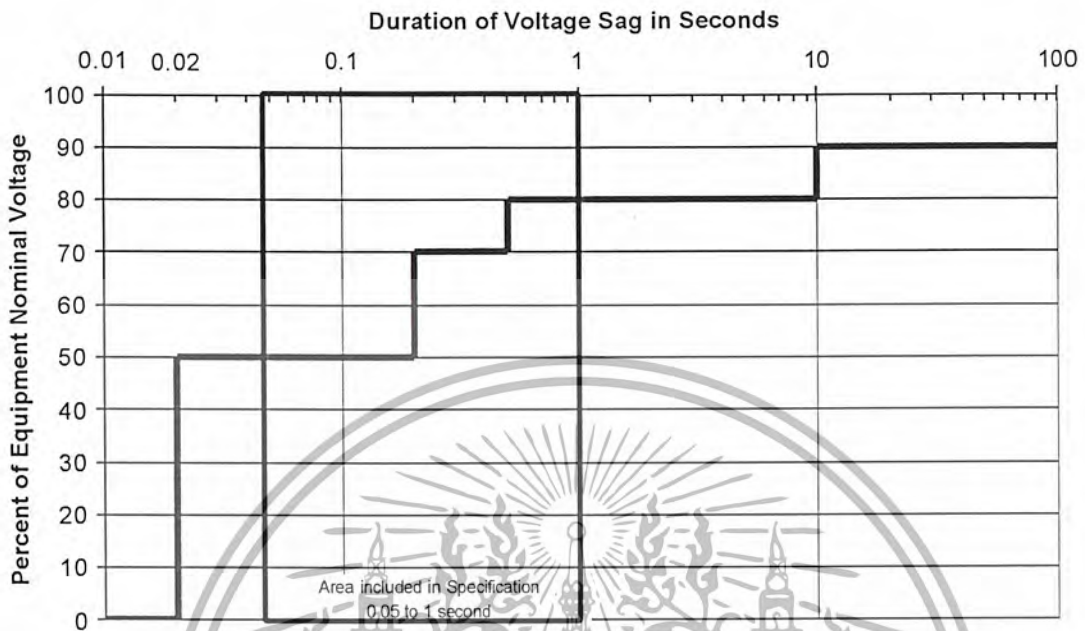


Figure R1-1  
Recommended Semiconductor Equipment Voltage Sag Ride-Through Capability Curve from 0 to 100 Seconds

**NOTICE:** SEMI makes no warranties or representations as to the suitability of the standards set forth herein for any particular application. The determination of the suitability of the standard is solely the responsibility of the user. Users are cautioned to refer to manufacturer's instructions, product labels, product data sheets, and other relevant literature respecting any materials mentioned herein. These standards are subject to change without notice.

The user's attention is called to the possibility that compliance with this standard may require use of copyrighted material or of an invention covered by patent rights. By publication of this standard, SEMI takes no position respecting the validity of any patent rights or copyrights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of any such patent rights or copyrights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

# International IR Rectifier

INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR

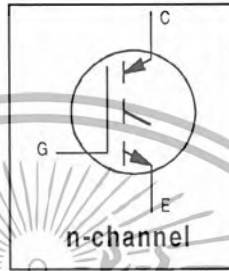
PD - 91581A

## IRG4PC50S

Standard Speed IGBT

### Features

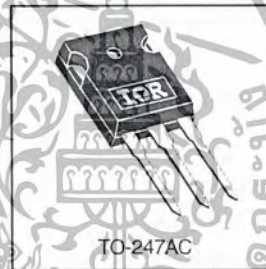
- Standard: Optimized for minimum saturation voltage and low operating frequencies ( $< 1\text{kHz}$ )
- Generation 4 IGBT design provides tighter parameter distribution and higher efficiency than Generation 3
- Industry standard TO-247AC package



|   |
|---|
| $V_{CES} = 600\text{V}$                   |
| $V_{CE(on)} \text{ typ.} = 1.28\text{V}$  |
| @ $V_{GE} = 15\text{V}, I_C = 41\text{A}$ |

### Benefits

- Generation 4 IGBT's offer highest efficiency available
- IGBT's optimized for specified application conditions
- Designed to be a "drop-in" replacement for equivalent industry-standard Generation 3 IR IGBT's



### Absolute Maximum Ratings

| Parameter  | Max.                              | Units            |
|--|-----------------------------------|------------------|
| $V_{CES}$ Collector-to-Emitter Breakdown Voltage             | 600                               | V                |
| $I_C @ T_C = 25^\circ\text{C}$ Continuous Collector Current  | 70                                | A                |
| $I_C @ T_C = 100^\circ\text{C}$ Continuous Collector Current | 41                                |                  |
| $I_{CM}$ Pulsed Collector Current ①                          | 140                               |                  |
| $I_{LM}$ Clamped Inductive Load Current ②                    | 140                               |                  |
| $V_{GE}$ Gate-to-Emitter Voltage                             | $\pm 20$                          | V                |
| $E_{ARV}$ Reverse Voltage Avalanche Energy ③                 | 20                                | mJ               |
| $P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$ Maximum Power Dissipation     | 200                               | W                |
| $P_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$ Maximum Power Dissipation    | 78                                |                  |
| $T_J$ Operating Junction and Storage Temperature Range       | -55 to +150                       | $^\circ\text{C}$ |
| Soldering Temperature, for 10 seconds                        | 300 (0.063 in. (1.6mm) from case) |                  |
| Mounting torque, 6-32 or M3 screw.                           | 10 lbf*in (1.1N*m)                |                  |

### Thermal Resistance

| Parameter   | Typ.       | Max. | Units              |
|---|------------|------|--------------------|
| $R_{\theta JC}$ Junction-to-Case                          | —          | 0.64 | $^\circ\text{C/W}$ |
| $R_{\theta CS}$ Case-to-Sink, Flat, Greased Surface       | 0.24       | —    |                    |
| $R_{\theta JA}$ Junction-to-Ambient, typical socket mount | —          | 40   |                    |
| $Wt$ Weight   | 6.0 (0.21) | —    | g (oz)             |

# IRG4PC50S

International  
IR Rectifier

## Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

|                                 | Parameter                                | Min. | Typ. | Max.      | Units   | Conditions   |
|---------------------------------|--|------|------|-----------|---------|--|
| $V_{(BR)CES}$                   | Collector-to-Emitter Breakdown Voltage   | 600  | —    | —         | V       | $V_{GE} = 0V, I_C = 250\mu A$  |
| $V_{(BR)ECS}$                   | Emitter-to-Collector Breakdown Voltage ④ | 18   | —    | —         | V       | $V_{GE} = 0V, I_C = 1.0A$  |
| $\Delta V_{(BR)CES}/\Delta T_J$ | Temperature Coeff. of Breakdown Voltage  | —    | 0.75 | —         | V/°C    | $V_{GE} = 0V, I_C = 1.0mA$   |
| $V_{CE(ON)}$                    | Collector-to-Emitter Saturation Voltage  | —    | 1.28 | 1.36      | V       | $I_C = 41A, V_{GE} = 15V$<br>See Fig.2, 5  |
|                                 |  | —    | 1.62 | —         |         |  |
|                                 |  | —    | 1.28 | —         |         |  |
| $V_{GE(th)}$                    | Gate Threshold Voltage                   | 3.0  | —    | 6.0       |         | $V_{CE} = V_{GE}, I_C = 250\mu A$  |
| $\Delta V_{GE(th)}/\Delta T_J$  | Temperature Coeff. of Threshold Voltage  | —    | -9.3 | —         | mV/°C   | $V_{CE} = V_{GE}, I_C = 250\mu A$  |
| $g_{fe}$                        | Forward Transconductance ⑤               | 17   | 34   | —         | S       | $V_{CE} = 100V, I_C = 41A$   |
| $I_{CES}$                       | Zero Gate Voltage Collector Current      | —    | —    | 250       | $\mu A$ | $V_{GE} = 0V, V_{CE} = 600V$<br>$V_{GE} = 0V, V_{CE} = 10V, T_J = 25^\circ C$<br>$V_{GE} = 0V, V_{CE} = 600V, T_J = 150^\circ C$ |
|                                 |  | —    | —    | 2.0       |         |  |
|                                 |  | —    | —    | 1000      |         |  |
| $I_{GES}$                       | Gate-to-Emitter Leakage Current          | —    | —    | $\pm 100$ | nA      | $V_{GE} = \pm 20V$   |

## Switching Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

|              | Parameter                         | Min. | Typ. | Max. | Units | Conditions   |
|--------------|-----------------------------------|------|------|------|-------|--|
| $Q_g$        | Total Gate Charge (turn-on)       | —    | 180  | 280  | nC    | $I_C = 41A, V_{CC} = 400V, V_{GE} = 15V$<br>See Fig. 8                       |
| $Q_{ge}$     | Gate - Emitter Charge (turn-on)   | —    | 24   | 37   |       |  |
| $Q_{gc}$     | Gate - Collector Charge (turn-on) | —    | 61   | 92   |       |  |
| $t_{d(on)}$  | Turn-On Delay Time                | —    | 33   | —    | ns    | $T_J = 25^\circ C, I_C = 41A, V_{CC} = 480V, V_{GE} = 15V, R_G = 5.0\Omega$  |
| $t_r$        | Rise Time                         | —    | 30   | —    |       |  |
| $t_{d(off)}$ | Turn-Off Delay Time               | —    | 650  | 980  |       |  |
| $t_f$        | Fall Time                         | —    | 400  | 600  | mJ    | Energy losses include "tail"<br>See Fig. 9, 10, 14                           |
| $E_{on}$     | Turn-On Switching Loss            | —    | 0.72 | —    |       |  |
| $E_{off}$    | Turn-Off Switching Loss           | —    | 8.27 | —    |       |  |
| $E_{ts}$     | Total Switching Loss              | —    | 8.99 | 13   | ns    | $T_J = 150^\circ C, I_C = 41A, V_{CC} = 480V, V_{GE} = 15V, R_G = 5.0\Omega$ |
| $t_{d(on)}$  | Turn-On Delay Time                | —    | 31   | —    |       |  |
| $t_r$        | Rise Time                         | —    | 31   | —    |       |  |
| $t_{d(off)}$ | Turn-Off Delay Time               | —    | 1080 | —    | mJ    | Energy losses include "tail"<br>See Fig. 11, 14                              |
| $t_f$        | Fall Time                         | —    | 620  | —    |       |  |
| $E_{ts}$     | Total Switching Loss              | —    | 15   | —    |       |  |
| $L_E$        | Internal Emitter Inductance       | —    | 13   | —    | nH    | Measured 5mm from package  |
| $C_{ies}$    | Input Capacitance                 | —    | 4100 | —    | pF    | $V_{GE} = 0V, V_{CC} = 30V, f = 1.0MHz$<br>See Fig. 7                        |
| $C_{oes}$    | Output Capacitance                | —    | 250  | —    |       |  |
| $C_{res}$    | Reverse Transfer Capacitance      | —    | 48   | —    |       |  |

### Notes:

- ① Repetitive rating;  $V_{GE} = 20V$ , pulse width limited by max. junction temperature. ( See fig. 13b )
- ②  $V_{CC} = 80\%(V_{CES}), V_{GE} = 20V, L = 10\mu H, R_G = 5.0\Omega$ , (See fig. 13a)
- ③ Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature.
- ④ Pulse width  $\leq 80\mu s$ ; duty factor  $\leq 0.1\%$ .
- ⑤ Pulse width  $5.0\mu s$ , single shot.

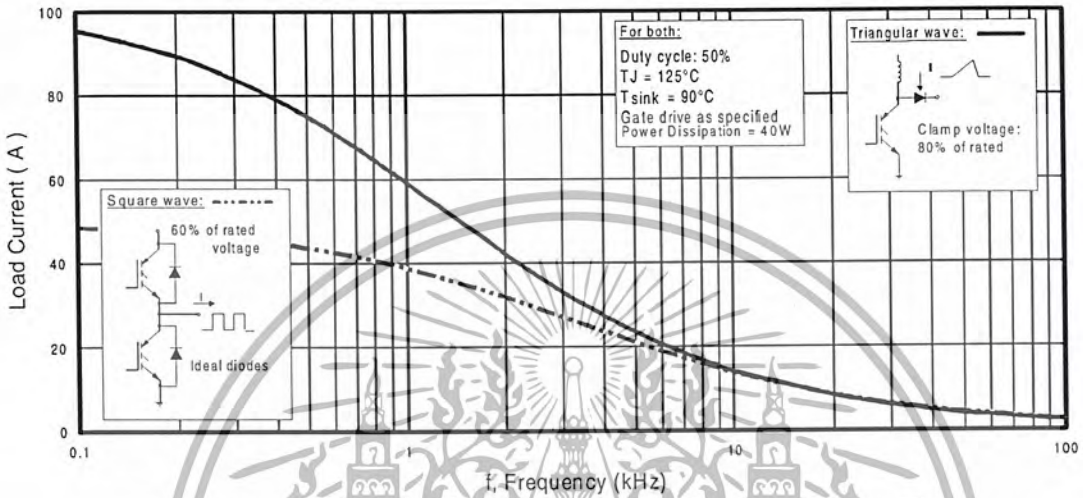


Fig. 1 - Typical Load Current vs. Frequency  
(Load Current =  $I_{RMS}$  of fundamental)

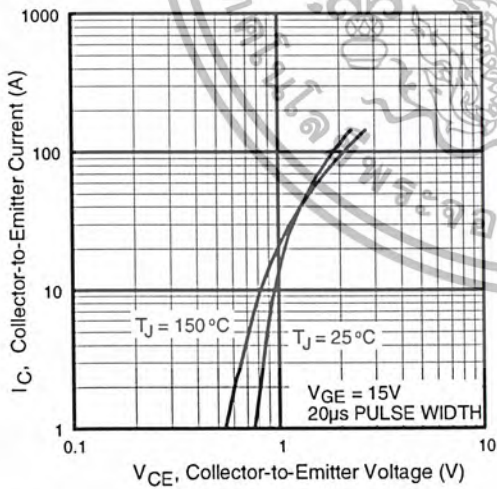


Fig. 2 - Typical Output Characteristics

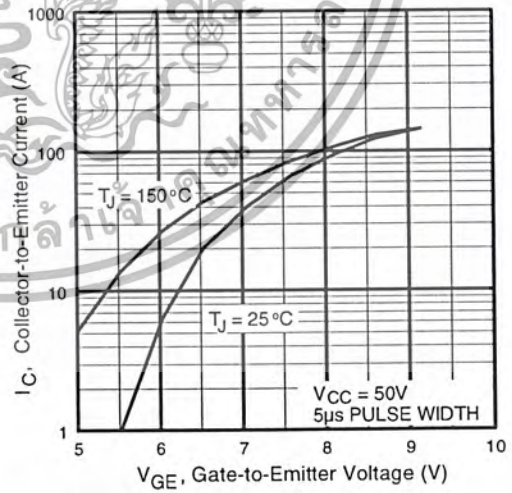


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

# IRG4PC50S

International  
IR Rectifier

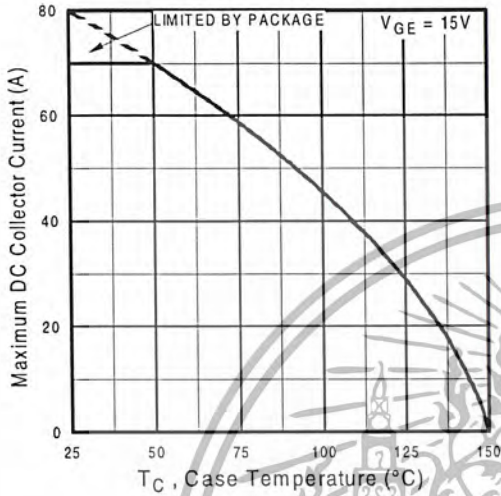


Fig. 4 - Maximum Collector Current vs. Case Temperature

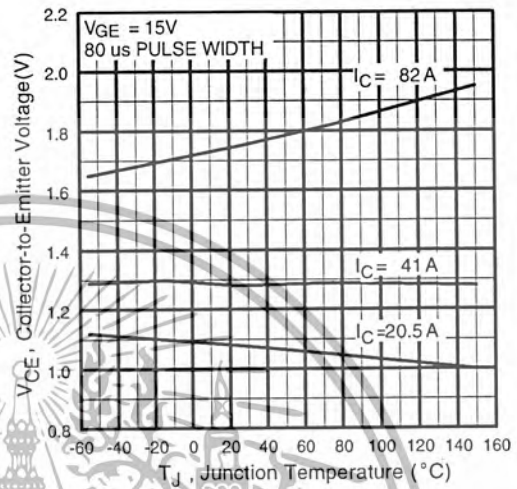


Fig. 5 - Typical Collector-to-Emitter Voltage vs. Junction Temperature

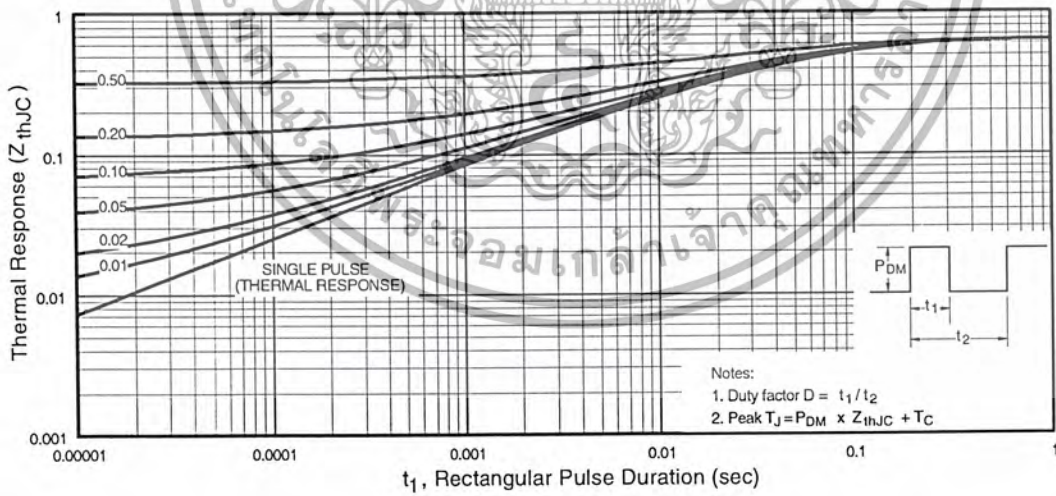


Fig. 6 - Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

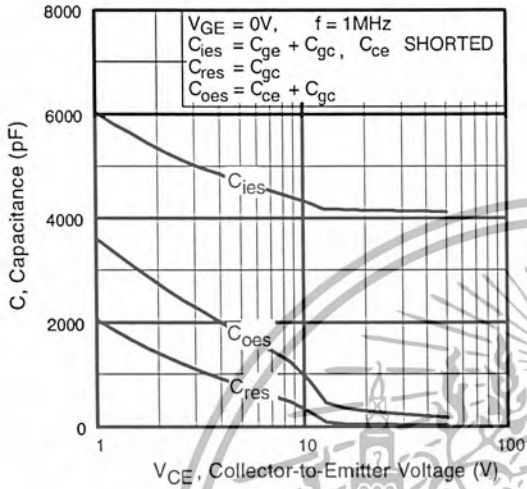


Fig. 7 - Typical Capacitance vs. Collector-to-Emitter Voltage

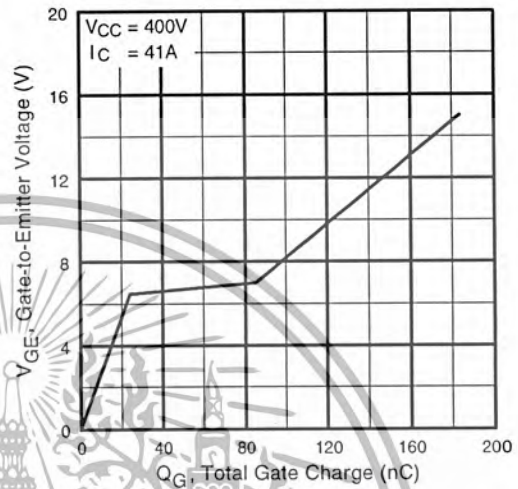


Fig. 8 - Typical Gate Charge vs. Gate-to-Emitter Voltage

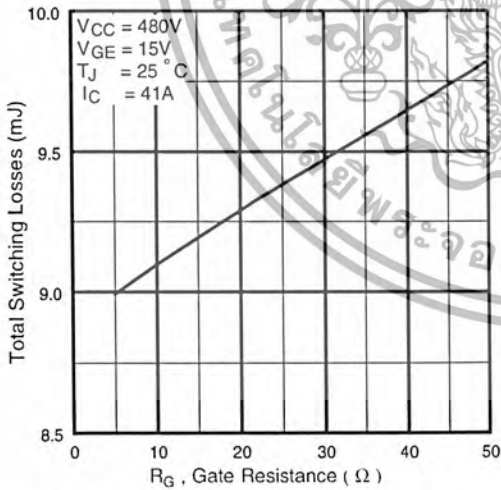


Fig. 9 - Typical Switching Losses vs. Gate Resistance

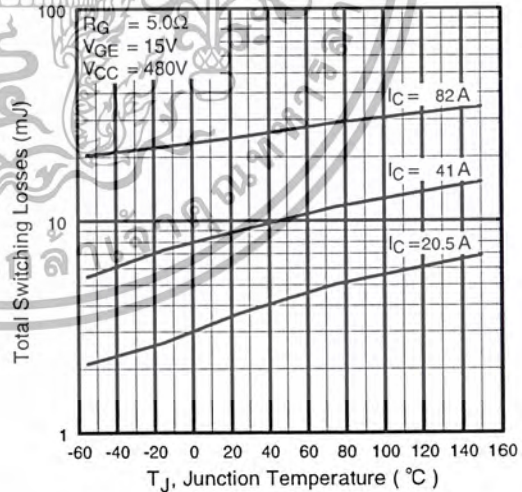


Fig. 10 - Typical Switching Losses vs. Junction Temperature

# IRG4PC50S

International  
IR Rectifier

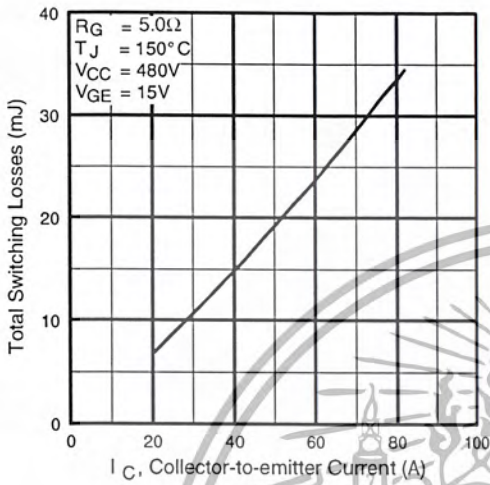


Fig. 11 - Typical Switching Losses vs. Collector-to-Emitter Current

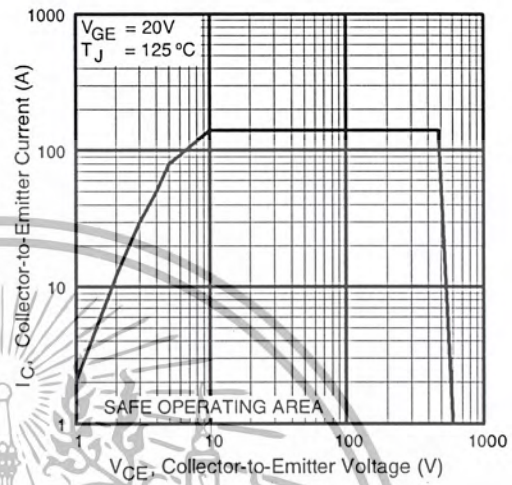
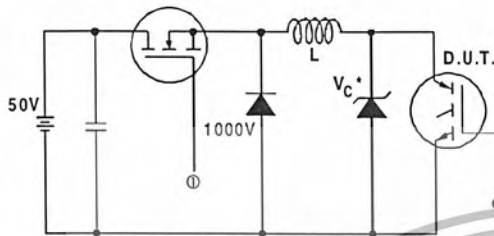


Fig. 12 - Turn-Off SOA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



\* Driver same type as D.U.T.;  $V_c = 80\%$  of  $V_{ce(max)}$   
\* Note: Due to the 50V power supply, pulse width and inductor will increase to obtain rated  $I_d$ .

Fig. 13a - Clamped Inductive Load Test Circuit

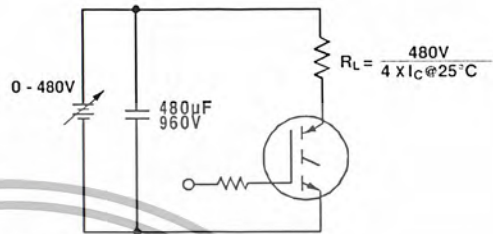


Fig. 13b - Pulsed Collector Current Test Circuit

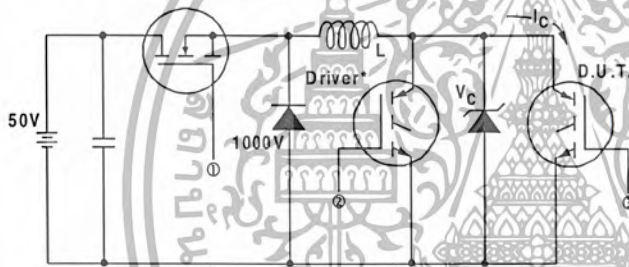


Fig. 14a - Switching Loss Test Circuit

\* Driver same type as D.U.T.,  $V_C = 480V$

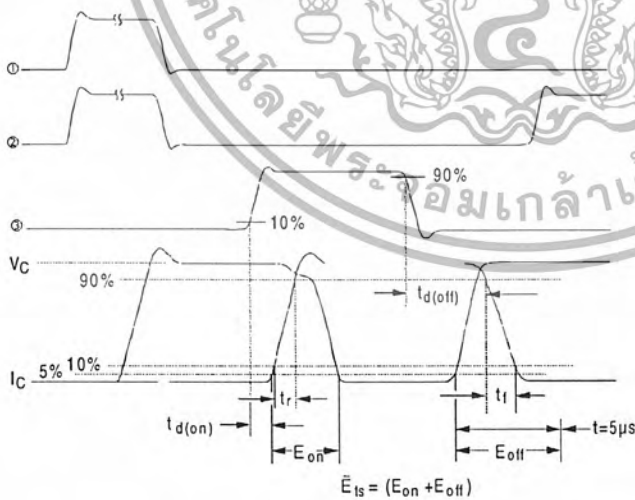
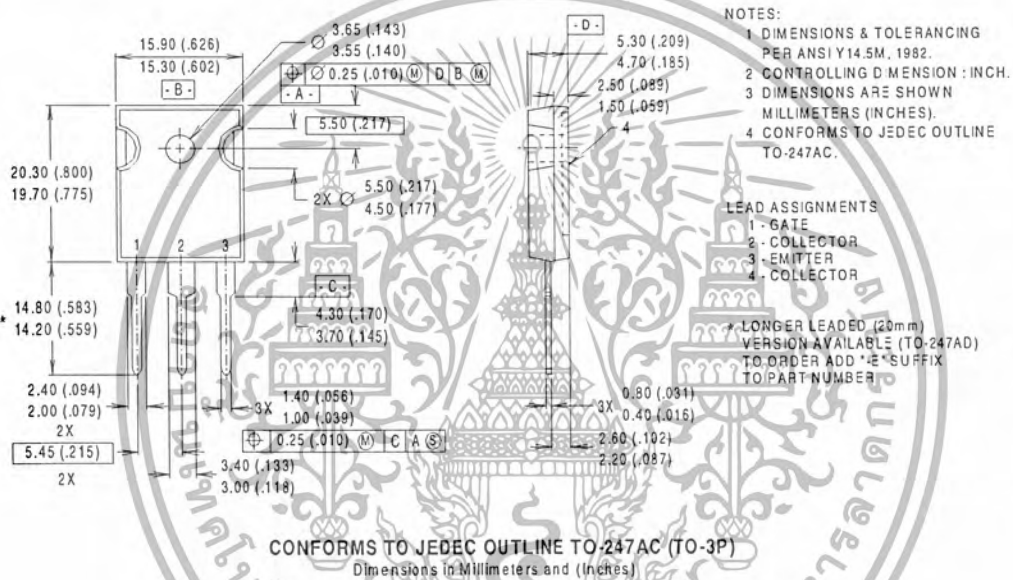


Fig. 14b - Switching Loss Waveforms

# IRG4PC50S

International  
**IR** Rectifier

## Case Outline and Dimensions — TO-247AC



International  
**IR** Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105  
 IR EUROPEAN REGIONAL CENTRE: 439/445 Godstone Rd, Whyteleafe, Surrey CR3 OBL, UK Tel: ++ 44 (0)20 8645 8000  
 IR CANADA: 15 Lincoln Court, Brampton, Ontario L6T3Z2, Tel: (905) 453 2200  
 IR GERMANY: Saalburgstrasse 157, 61350 Bad Homburg Tel: ++ 49 (0) 6172 96590  
 IR ITALY: Via Liguria 49, 10071 Borgaro, Torino Tel: ++ 39 011 451 0111  
 IR JAPAN: K&H Bldg., 2F, 30-4 Nishi-Ikebukuro 3-Chome, Toshima-Ku, Tokyo 171 Tel: 81 (0)3 3983 0086  
 IR SOUTHEAST ASIA: 1 Kim Seng Promenade, Great World City West Tower, 13-11, Singapore 237994 Tel: ++ 65 (0)838 4630  
 IR TAIWAN: 16 Fl. Suite D. 207, Sec. 2, Tun Haw South Road, Taipei, 10673 Tel: 886-(0)2 2377 9936  
 Data and specifications subject to change without notice. 6/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# IR2110/IR2113

## HIGH AND LOW SIDE DRIVER

### Features

- Floating channel designed for bootstrap operation Fully operational to +500V or +600V Tolerant to negative transient voltage dV/dt immune
- Gate drive supply range from 10 to 20V
- Undervoltage lockout for both channels
- Separate logic supply range from 5 to 20V Logic and power ground  $\pm 5V$  offset
- CMOS Schmitt-triggered inputs with pull-down
- Cycle by cycle edge-triggered shutdown logic
- Matched propagation delay for both channels
- Outputs in phase with inputs

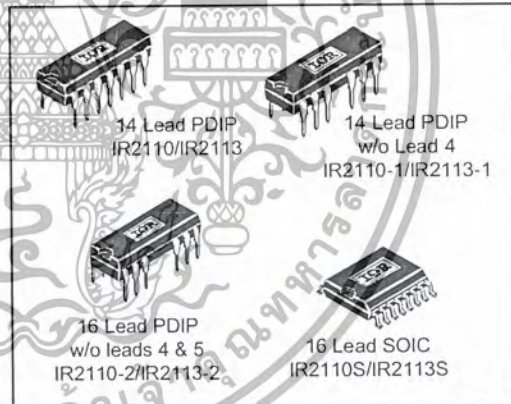
### Description

The IR2110/IR2113 are high voltage, high speed power MOSFET and IGBT drivers with independent high and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch-immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. Logic inputs are compatible with standard CMOS or LSTTL output. The output drivers feature a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays are matched to simplify use in high frequency applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration which operates up to 500 or 600 volts.

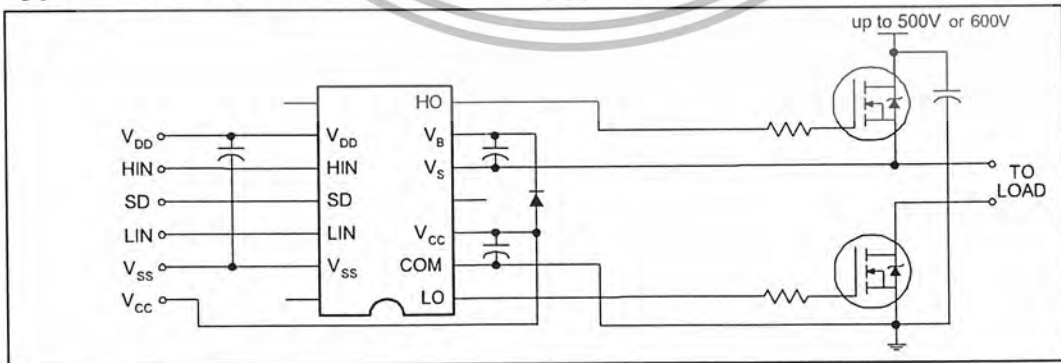
### Product Summary

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| $V_{\text{OFFSET}}$ (IR2110) | 500V max.   |
| (IR2113)                     | 600V max.   |
| $I_{\text{O+/-}}$            | 2A / 2A     |
| $V_{\text{OUT}}$             | 10 - 20V    |
| $t_{\text{on/off}}$ (typ.)   | 120 & 94 ns |
| Delay Matching               | 10 ns       |

### Packages



### Typical Connection



# IR2110/IR2113

## Absolute Maximum Ratings

International  
IR Rectifier

Absolute maximum ratings indicate sustained limits beyond which damage to the device may occur. All voltage parameters are absolute voltages referenced to COM. The thermal resistance and power dissipation ratings are measured under board mounted and still air conditions. Additional information is shown in Figures 28 through 35.

| Symbol              | Definition   | Min.                  | Max.                  | Units |
|---------------------|--|-----------------------|-----------------------|-------|
| V <sub>B</sub>      | High side floating supply voltage (IR2110)                       | -0.3                  | 525                   | V     |
|                     | (IR2113)   | -0.3                  | 625                   |       |
| V <sub>S</sub>      | High side floating supply offset voltage                         | V <sub>B</sub> - 25   | V <sub>B</sub> + 0.3  |       |
| V <sub>HO</sub>     | High side floating output voltage                                | V <sub>S</sub> - 0.3  | V <sub>B</sub> + 0.3  |       |
| V <sub>CC</sub>     | Low side fixed supply voltage                                    | -0.3                  | 25                    |       |
| V <sub>LO</sub>     | Low side output voltage  | -0.3                  | V <sub>CC</sub> + 0.3 |       |
| V <sub>DD</sub>     | Logic supply voltage   | -0.3                  | V <sub>SS</sub> + 25  |       |
| V <sub>SS</sub>     | Logic supply offset voltage                                      | V <sub>CC</sub> - 25  | V <sub>CC</sub> + 0.3 |       |
| V <sub>IN</sub>     | Logic input voltage (HIN, LIN & SD)                              | V <sub>SS</sub> - 0.3 | V <sub>DD</sub> + 0.3 |       |
| dV <sub>S</sub> /dt | Allowable offset supply voltage transient (figure 2)             |                       | 50                    |       |
| P <sub>D</sub>      | Package power dissipation @ T <sub>A</sub> ≤ +25°C (14 lead DIP) |                       | 1.6                   | W     |
|                     | (14 lead DIP w/o lead 4)   |                       | 1.5                   |       |
|                     | (16 lead DIP w/o leads 5 & 6)                                    |                       | 1.6                   |       |
|                     | (16 lead SOIC)   |                       | 1.25                  |       |
| R <sub>THJA</sub>   | Thermal resistance, junction to ambient (14 lead DIP)            |                       | 75                    | °C/W  |
|                     | (14 lead DIP w/o lead 4)   |                       | 85                    |       |
|                     | (16 lead DIP w/o leads 5 & 6)                                    |                       | 75                    |       |
|                     | (16 Lead SOIC)   |                       | 100                   |       |
| T <sub>J</sub>      | Junction temperature   |                       | 150                   | °C    |
| T <sub>S</sub>      | Storage temperature  | -55                   | 150                   |       |
| T <sub>L</sub>      | Lead temperature (soldering, 10 seconds)                         |                       | 300                   |       |

## Recommended Operating Conditions

The input/output logic timing diagram is shown in figure 1. For proper operation the device should be used within the recommended conditions. The V<sub>S</sub> and V<sub>SS</sub> offset ratings are tested with all supplies biased at 15V differential. Typical ratings at other bias conditions are shown in figures 36 and 37.

| Symbol          | Definition  | Min.                  | Max.                 | Units |
|-----------------|---|-----------------------|----------------------|-------|
| V <sub>B</sub>  | High side floating supply absolute voltage        | V <sub>S</sub> + 10   | V <sub>S</sub> + 20  | V     |
| V <sub>S</sub>  | High side floating supply offset voltage (IR2110) | Note 1                | 500                  |       |
|                 | (IR2113)  | Note 1                | 600                  |       |
| V <sub>HO</sub> | High side floating output voltage                 | V <sub>S</sub>        | V <sub>B</sub>       |       |
| V <sub>CC</sub> | Low side fixed supply voltage                     | 10                    | 20                   |       |
| V <sub>LO</sub> | Low side output voltage                           | 0                     | V <sub>CC</sub>      |       |
| V <sub>DD</sub> | Logic supply voltage                              | V <sub>SS</sub> + 4.5 | V <sub>SS</sub> + 20 |       |
| V <sub>SS</sub> | Logic supply offset voltage                       | -5                    | 5                    |       |
| V <sub>IN</sub> | Logic input voltage (HIN, LIN & SD)               | V <sub>SS</sub>       | V <sub>DD</sub>      |       |
| T <sub>A</sub>  | Ambient temperature                               | -40                   | 125                  | °C    |

Note 1: Logic operational for V<sub>S</sub> of -4 to +500V. Logic state held for V<sub>S</sub> of -4V to -V<sub>BS</sub>.

**Dynamic Electrical Characteristics**

$V_{BIAS}$  ( $V_{CC}$ ,  $V_{BS}$ ,  $V_{DD}$ ) = 15V,  $C_L$  = 1000 pF,  $T_A$  = 25°C and  $V_{SS}$  = COM unless otherwise specified. The dynamic electrical characteristics are measured using the test circuit shown in Figure 3.

| Symbol    | Definition                          | Figure | Min. | Typ. | Max. | Units | Test Conditions   |
|-----------|-------------------------------------|--------|------|------|------|-------|-------------------|
| $t_{on}$  | Turn-on propagation delay           | 7      | —    | 120  | 150  | ns    | $V_S = 0V$        |
| $t_{off}$ | Turn-off propagation delay          | 8      | —    | 94   | 125  |       | $V_S = 500V/600V$ |
| $t_{sd}$  | Shutdown propagation delay          | 9      | —    | 110  | 140  |       | $V_S = 500V/600V$ |
| $t_r$     | Turn-on rise time                   | 10     | —    | 25   | 35   |       |                   |
| $t_f$     | Turn-off fall time                  | 11     | —    | 17   | 25   |       |                   |
| MT        | Delay matching, HS & LS turn-on/off | —      | —    | —    | 10   |       |                   |

**Static Electrical Characteristics**

$V_{BIAS}$  ( $V_{CC}$ ,  $V_{BS}$ ,  $V_{DD}$ ) = 15V,  $T_A$  = 25°C and  $V_{SS}$  = COM unless otherwise specified. The  $V_{IH}$ ,  $V_{TH}$  and  $I_{IN}$  parameters are referenced to  $V_{SS}$  and are applicable to all three logic input leads: HIN, LIN and SD. The  $V_{O}$  and  $I_{O}$  parameters are referenced to COM and are applicable to the respective output leads: HO or LO.

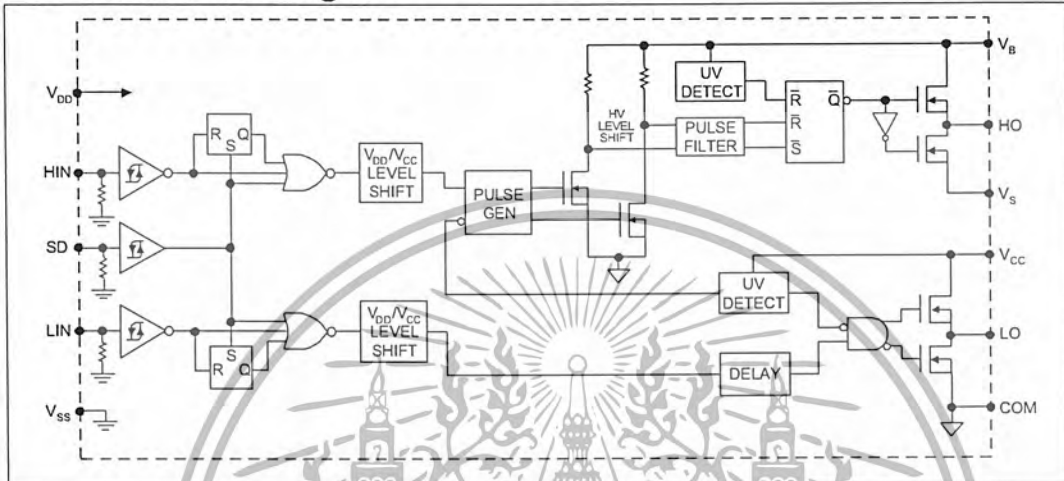
| Symbol      | Definition  | Figure | Min. | Typ. | Max. | Units   | Test Conditions                                   |  |
|-------------|---|--------|------|------|------|---------|---|--|
| $V_{IH}$    | Logic "1" input voltage                               | 12     | 9.5  | —    | —    | V       |   |  |
| $V_{IL}$    | Logic "0" input voltage                               | 13     | —    | —    | 6.0  |         |   |  |
| $V_{OH}$    | High level output voltage, $V_{BIAS} - V_O$           | 14     | —    | —    | 1.2  |         | $I_O = 0A$  |  |
| $V_{OL}$    | Low level output voltage, $V_O$                       | 15     | —    | —    | 0.1  |         | $I_O = 0A$  |  |
| $I_{LK}$    | Offset supply leakage current                         | 16     | —    | —    | 50   | $\mu A$ | $V_B = V_S = 500V/600V$                           |  |
| $I_{QBS}$   | Quiescent $V_{BS}$ supply current                     | 17     | —    | 125  | 230  |         | $V_{IN} = 0V$ or $V_{DD}$                         |  |
| $I_{QCC}$   | Quiescent $V_{CC}$ supply current                     | 18     | —    | 180  | 340  |         | $V_{IN} = 0V$ or $V_{DD}$                         |  |
| $I_{QDD}$   | Quiescent $V_{DD}$ supply current                     | 19     | —    | 15   | 30   |         | $V_{IN} = 0V$ or $V_{DD}$                         |  |
| $I_{IN+}$   | Logic "1" input bias current                          | 20     | —    | 20   | 40   |         | $V_{IN} = V_{DD}$                                 |  |
| $I_{IN-}$   | Logic "0" input bias current                          | 21     | —    | —    | 1.0  |         | $V_{IN} = 0V$                                     |  |
| $V_{BSUV+}$ | $V_{BS}$ supply undervoltage positive going threshold | 22     | 7.5  | 8.6  | 9.7  |         | V   |  |
| $V_{BSUV-}$ | $V_{BS}$ supply undervoltage negative going threshold | 23     | 7.0  | 8.2  | 9.4  |         |   |  |
| $V_{CCUV+}$ | $V_{CC}$ supply undervoltage positive going threshold | 24     | 7.4  | 8.5  | 9.6  |         |   |  |
| $V_{CCUV-}$ | $V_{CC}$ supply undervoltage negative going threshold | 25     | 7.0  | 8.2  | 9.4  |         |   |  |
| $I_{O+}$    | Output high short circuit pulsed current              | 26     | 2.0  | 2.5  | —    | A       | $V_O = 0V, V_{IN} = V_{DD}$<br>$PW \leq 10 \mu s$ |  |
| $I_{O-}$    | Output low short circuit pulsed current               | 27     | 2.0  | 2.5  | —    |         | $V_O = 15V, V_{IN} = 0V$<br>$PW \leq 10 \mu s$    |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# IR2110/IR2113

International  
 Rectifier

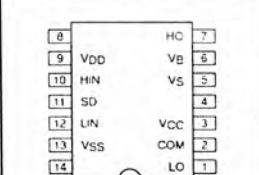
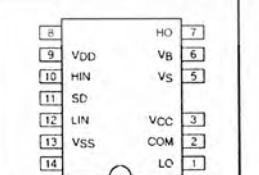
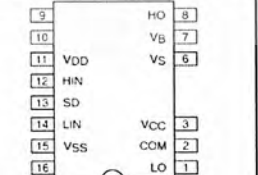
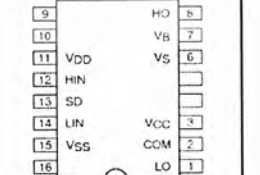
## Functional Block Diagram



## Lead Definitions

| Symbol | Description   |
|--------|---|
| VDD    | Logic supply  |
| HIN    | Logic input for high side gate driver output (HO), in phase |
| SD     | Logic input for shutdown                                    |
| LIN    | Logic input for low side gate driver output (LO), in phase  |
| VSS    | Logic ground  |
| VB     | High side floating supply                                   |
| HO     | High side gate drive output                                 |
| VS     | High side floating supply return                            |
| VCC    | Low side supply   |
| LO     | Low side gate drive output                                  |
| COM    | Low side return   |

## Lead Assignments

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  <p>14 Lead PDIP</p> |  <p>14 Lead PDIP w/o Lead 4</p> |  <p>16 Lead PDIP w/o Leads 4 &amp; 5</p> |  <p>16 Lead SOIC (Wide Body)</p> |
| <b>IR2110/IR2113</b>  | <b>IR2110-1/IR2113-1</b>   | <b>IR2110-2/IR2113-2</b>  | <b>IR2110S/IR2113S</b>   |
| <b>Part Number</b>  |  |   |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

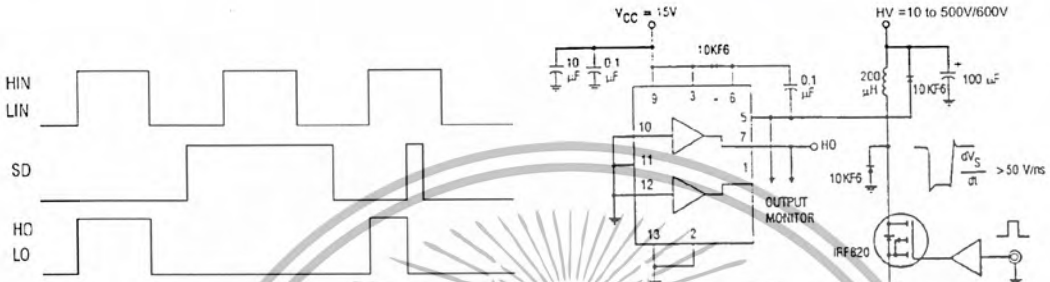


Figure 1. Input/Output Timing Diagram

Figure 2. Floating Supply Voltage Transient Test Circuit

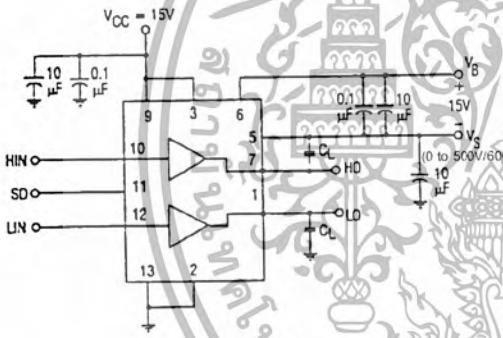


Figure 3. Switching Time Test Circuit

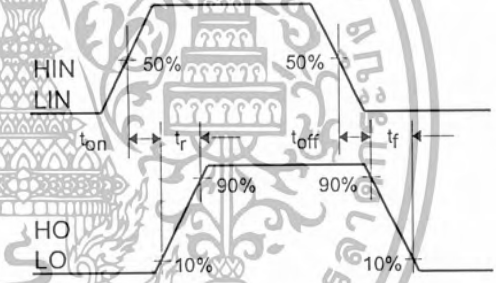


Figure 4. Switching Time Waveform Definition

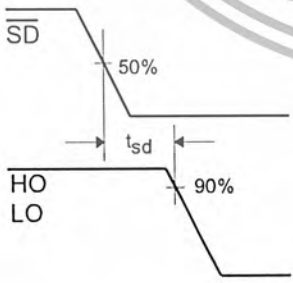


Figure 3. Shutdown Waveform Definitions

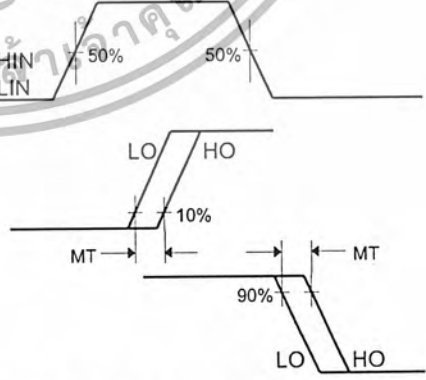
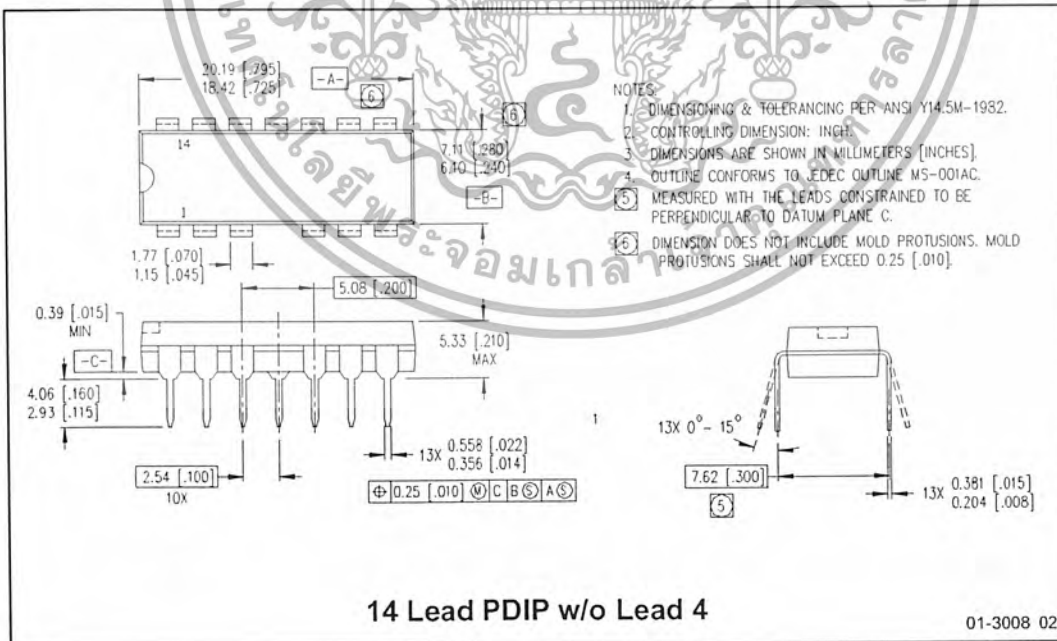
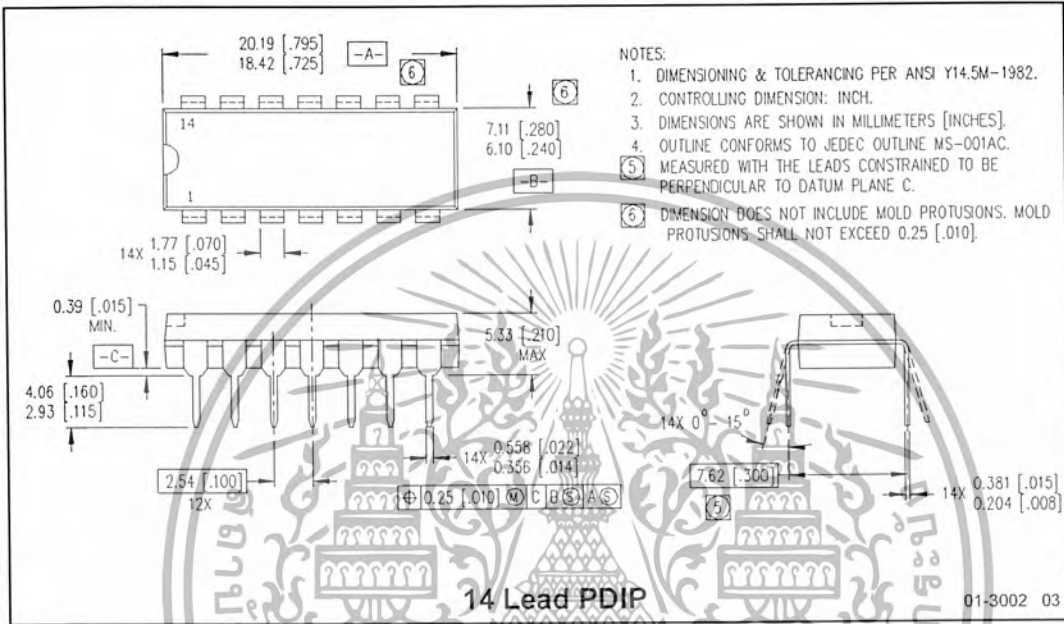


Figure 6. Delay Matching Waveform Definitions

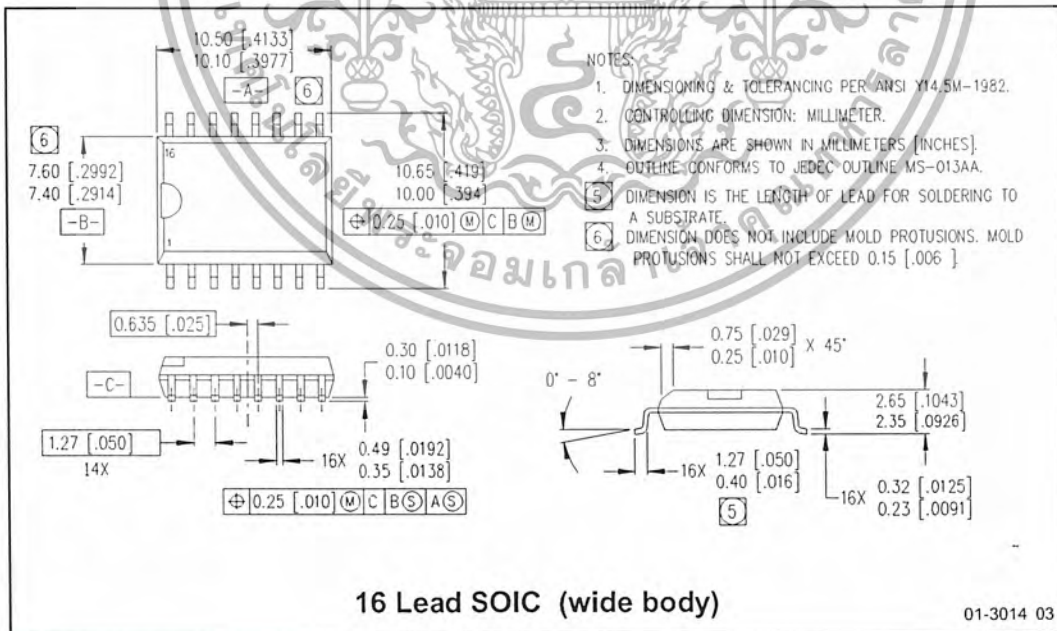
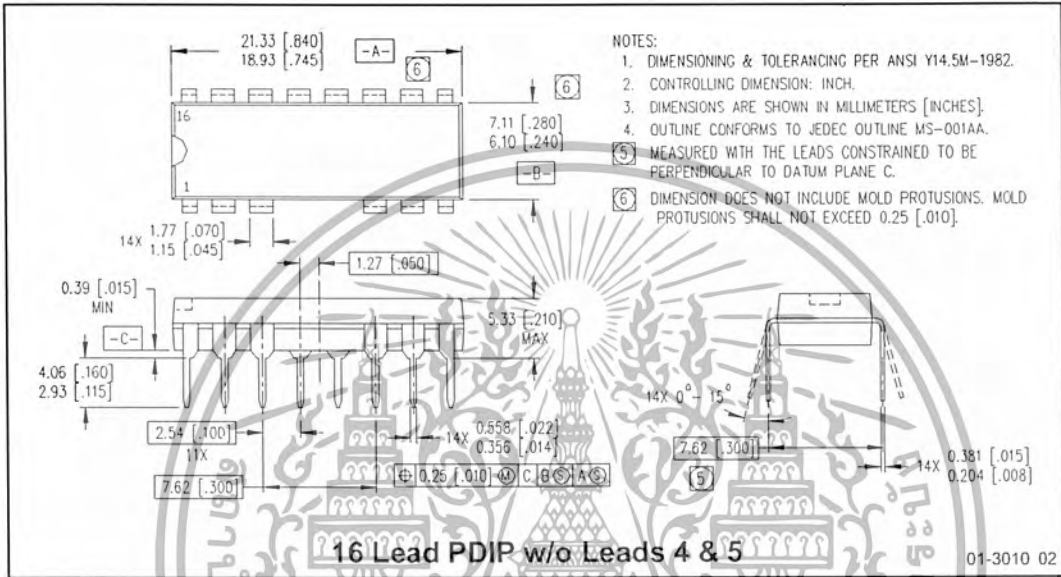
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# IR2110/IR2113

International  
**IR** Rectifier



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



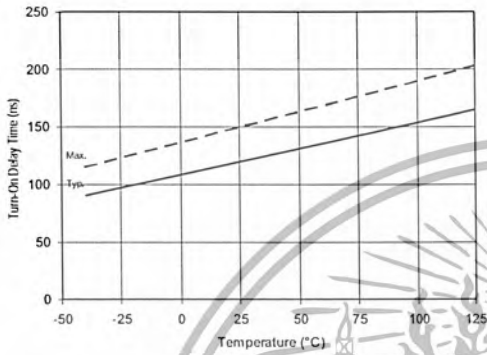


Figure 7A. Turn-On Time vs. Temperature

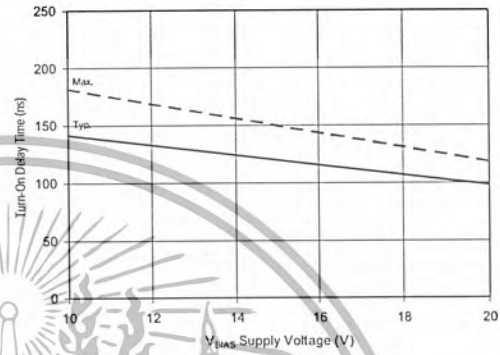


Figure 7B. Turn-On Time vs. Voltage

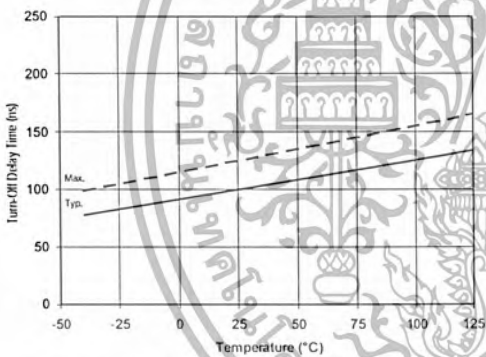


Figure 8A. Turn-Off Time vs. Temperature

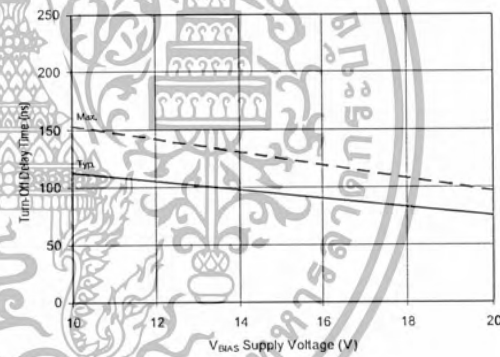


Figure 8B. Turn-Off Time vs. Voltage

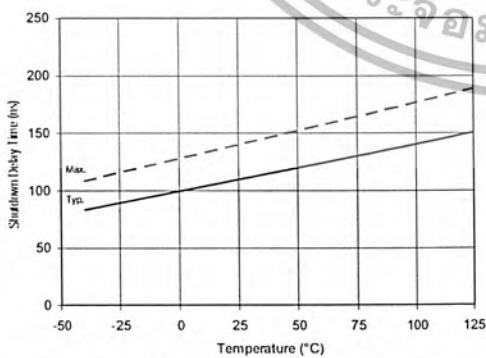


Figure 9A. Shutdown Time vs. Temperature

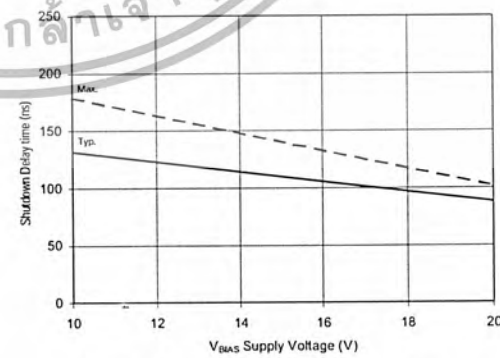


Figure 9B. Shutdown Time vs. Voltage

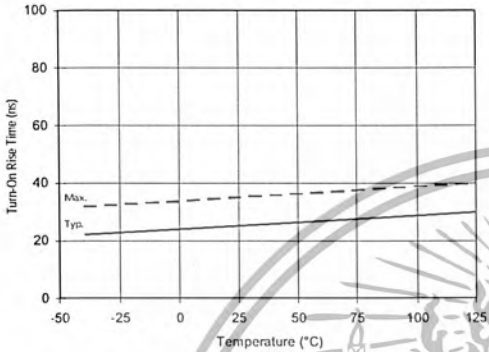


Figure 10A. Turn-On Rise Time vs. Temperature

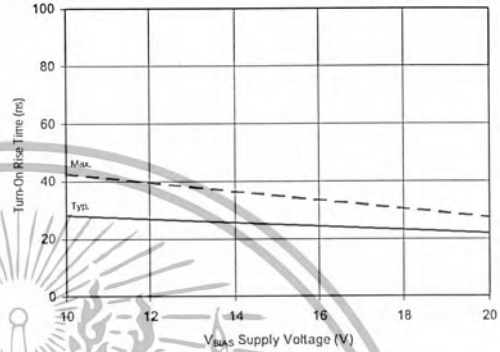


Figure 10B. Turn-On Rise Time vs. Voltage

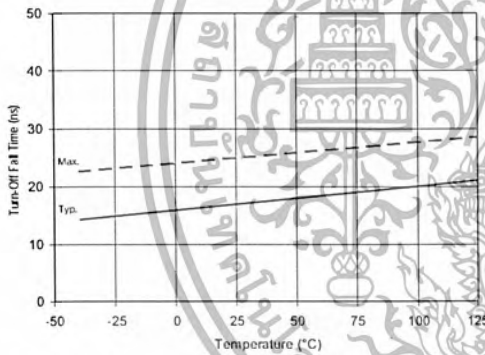


Figure 11A. Turn-Off Fall Time vs. Temperature

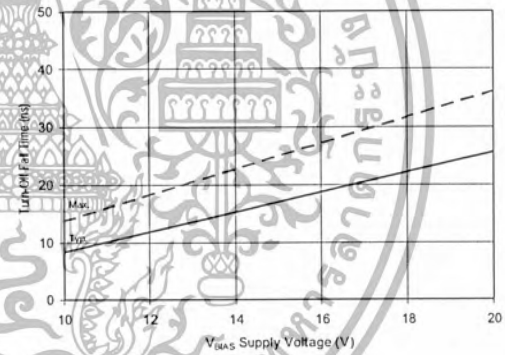


Figure 11B. Turn-Off Fall Time vs. Voltage

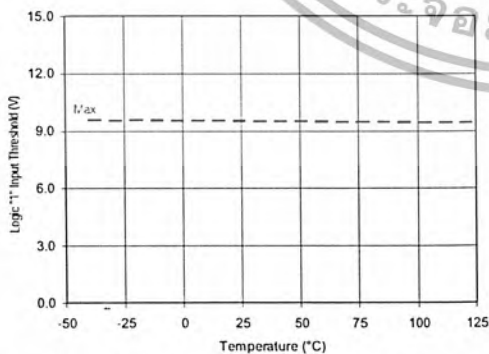


Figure 12A. Logic "1" Input Threshold vs. Temperature

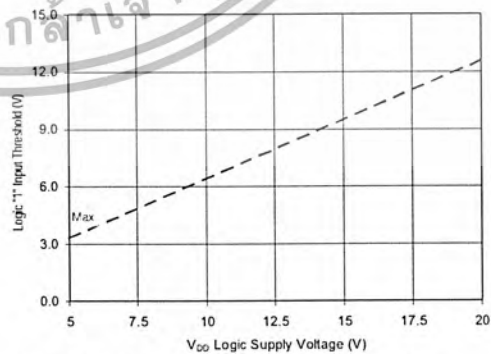


Figure 12B. Logic "1" Input Threshold vs. Voltage

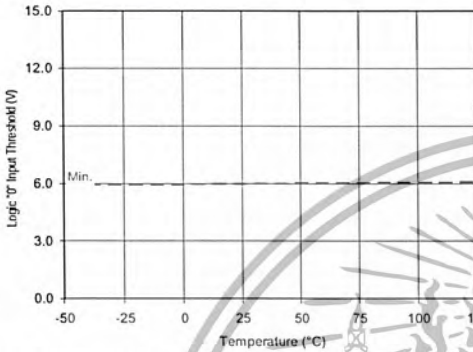


Figure 13A. Logic "0" Input Threshold vs. Temperature

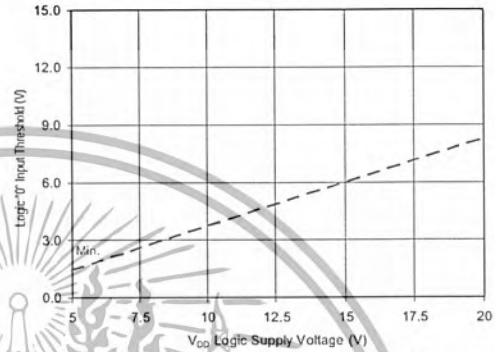


Figure 13B. Logic "0" Input Threshold vs. Voltage

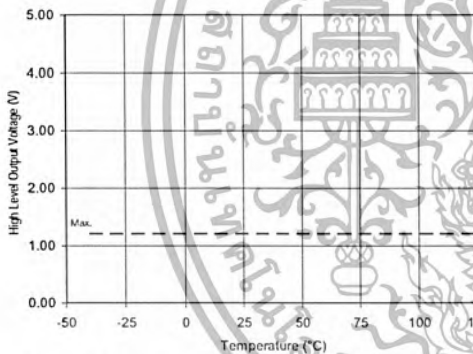


Figure 14A. High Level Output vs. Temperature

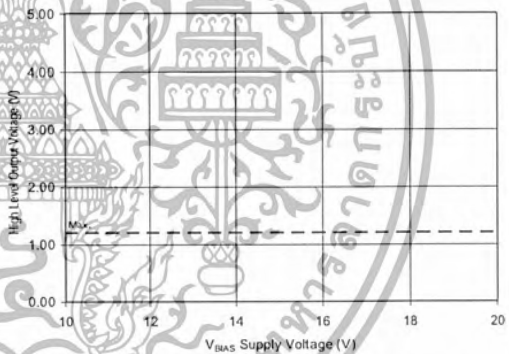


Figure 14B. High Level Output vs. Voltage

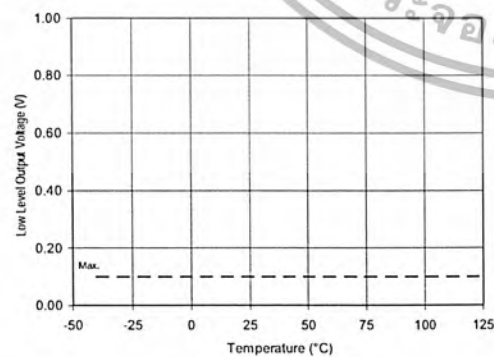


Figure 15A. Low Level Output vs. Temperature

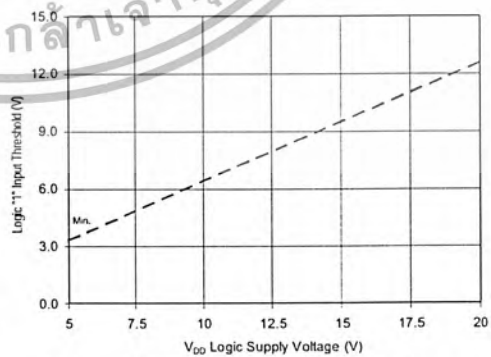


Figure 15B. Low Level Output vs. Voltage

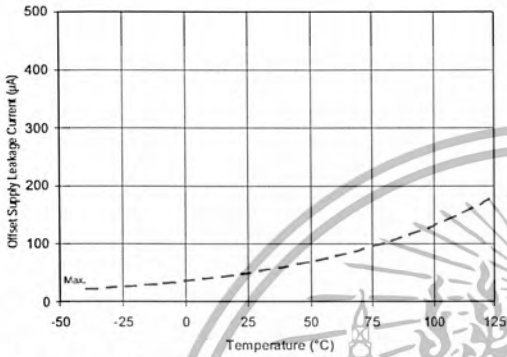


Figure 16A. Offset Supply Current vs. Temperature

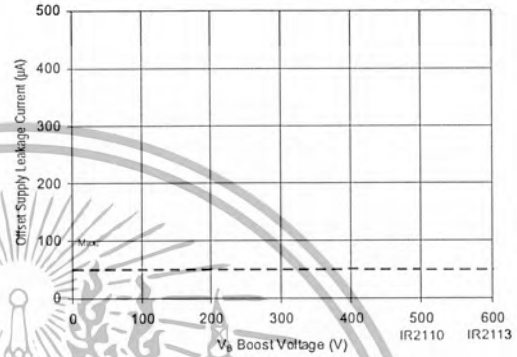


Figure 16B. Offset Supply Current vs. Voltage

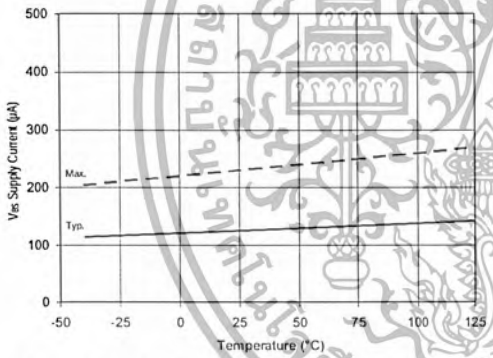


Figure 17A. VBS Supply Current vs. Temperature



Figure 17B. VBS Supply Current vs. Voltage

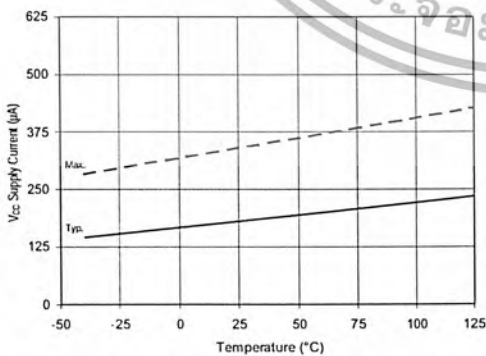


Figure 18A. VCC Supply Current vs. Temperature

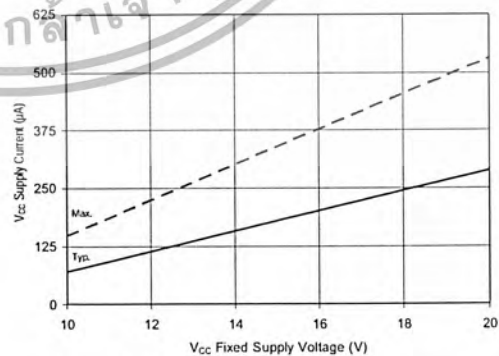


Figure 18B. VCC Supply Current vs. Voltage

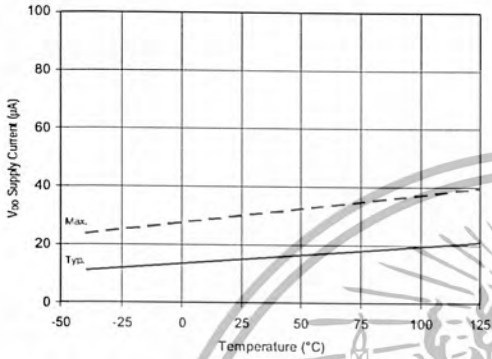


Figure 19A. V<sub>DD</sub> Supply Current vs. Temperature

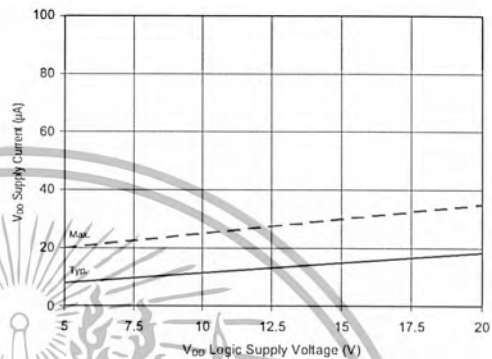


Figure 19B. V<sub>DD</sub> Supply Current vs. Voltage

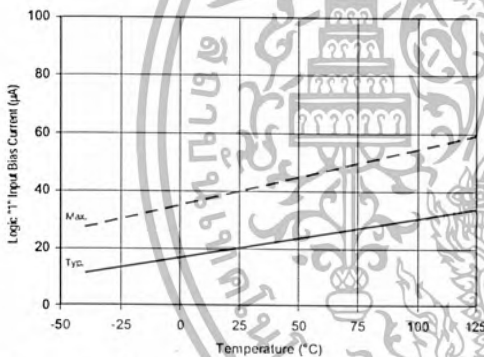


Figure 20A. Logic "1" Input Current vs. Temperature



Figure 20B. Logic "1" Input Current vs. Voltage

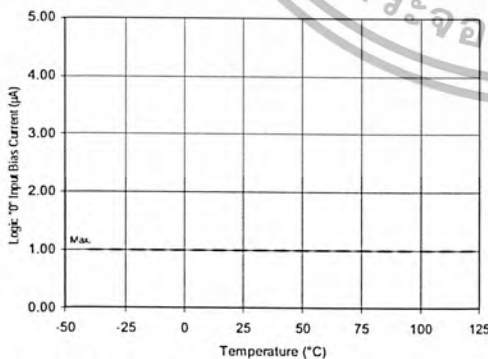


Figure 21A. Logic "0" Input Current vs. Temperature

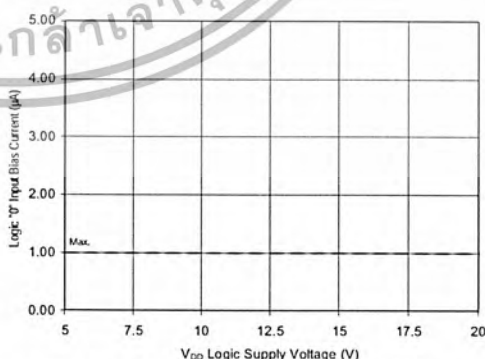


Figure 21B. Logic "0" Input Current vs. Voltage

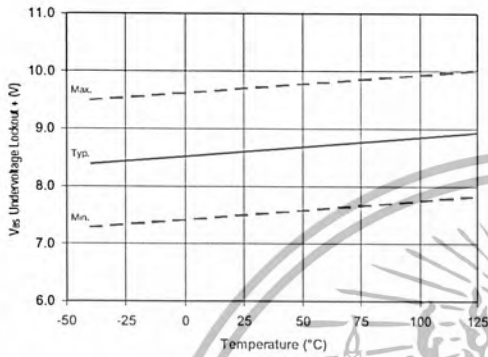


Figure 22. V<sub>BS</sub> Undervoltage (+) vs. Temperature

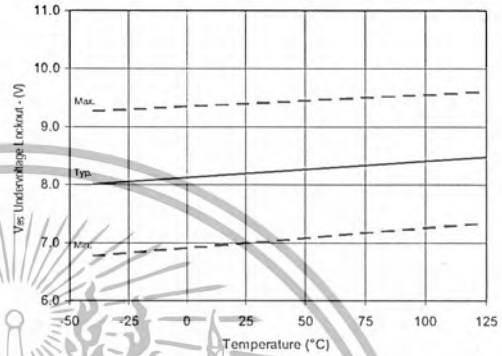


Figure 23. V<sub>BS</sub> Undervoltage (-) vs. Temperature

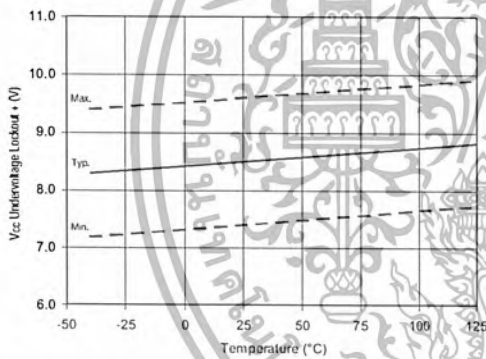


Figure 24. V<sub>CC</sub> Undervoltage (+) vs. Temperature

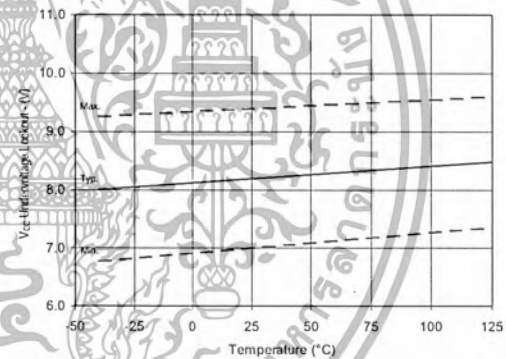


Figure 25. V<sub>CC</sub> Undervoltage (-) vs. Temperature

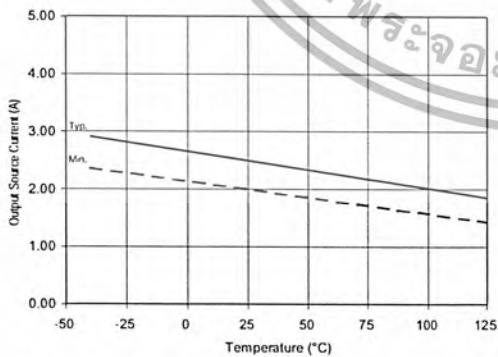


Figure 26A. Output Source Current vs. Temperature

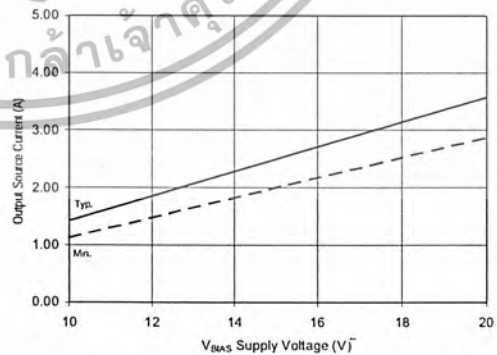


Figure 26B. Output Source Current vs. Voltage

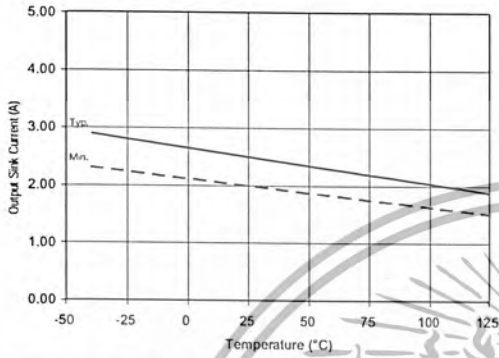


Figure 27A. Output Sink Current vs. Temperature

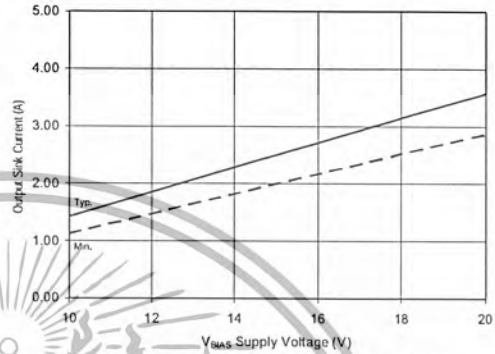


Figure 27B. Output Sink Current vs. Voltage

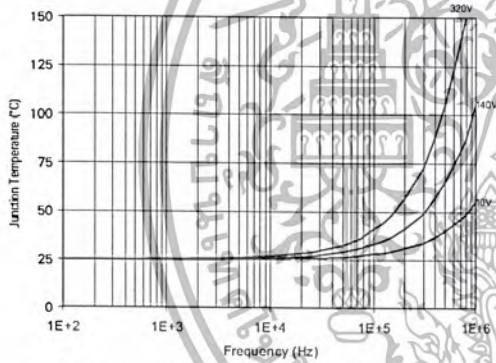


Figure 28. IR2110/IR2113  $T_J$  vs. Frequency (IRFBC20)  $R_{GATE} = 33\Omega$ ,  $V_{CC} = 15V$

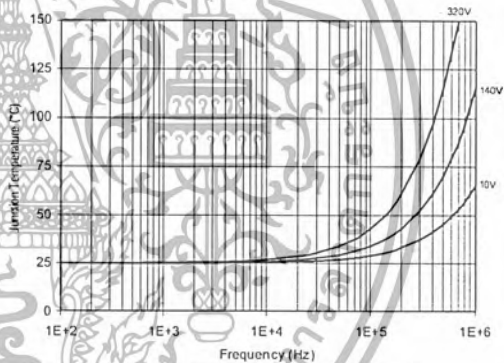


Figure 29. IR2110/IR2113  $T_J$  vs. Frequency (IRFBC30)  $R_{GATE} = 22\Omega$ ,  $V_{CC} = 15V$

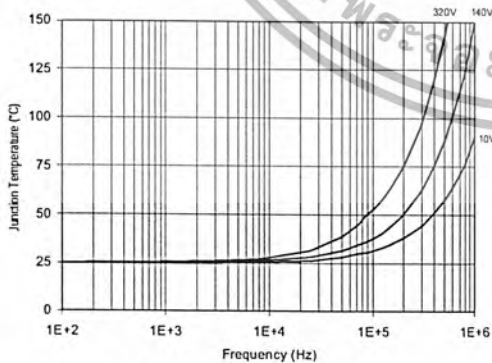


Figure 30. IR2110/IR2113  $T_J$  vs. Frequency (IRFBC40)  $R_{GATE} = 15\Omega$ ,  $V_{CC} = 15V$

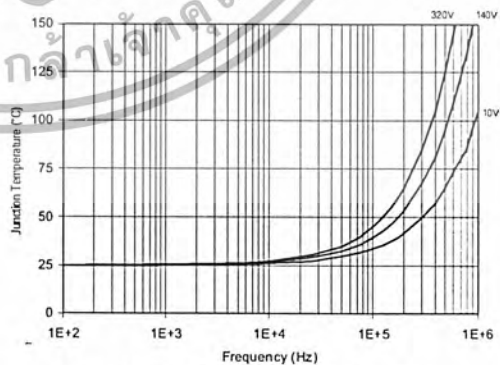


Figure 31. IR2110/IR2113  $T_J$  vs. Frequency (IRFPE50)  $R_{GATE} = 10\Omega$ ,  $V_{CC} = 15V$

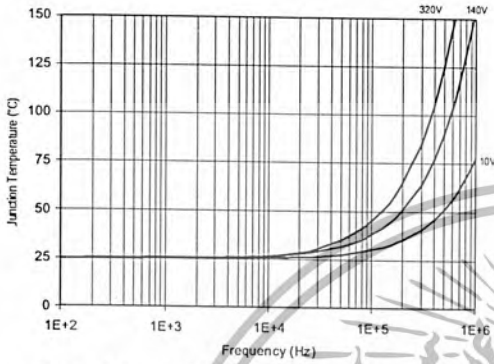


Figure 32. IR2110S/IR2113S  $T_J$  vs. Frequency (IRFBC20)  $R_{GATE} = 33\Omega, V_{CC} = 15V$

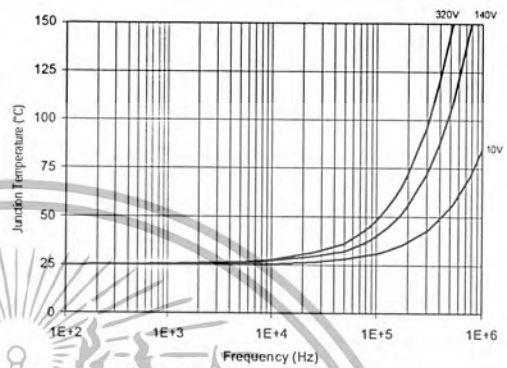


Figure 33. IR2110S/IR2113S  $T_J$  vs. Frequency (IRFBC30)  $R_{GATE} = 22\Omega, V_{CC} = 15V$

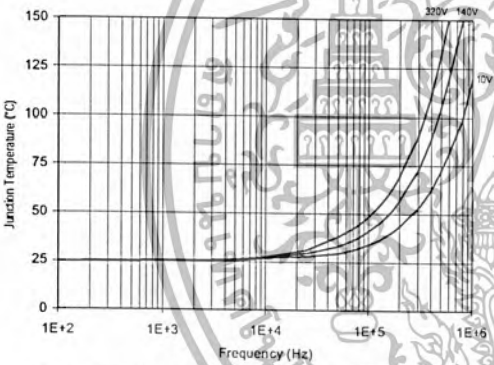


Figure 34. IR2110S/IR2113S  $T_J$  vs. Frequency (IRFBC40)  $R_{GATE} = 15\Omega, V_{CC} = 15V$

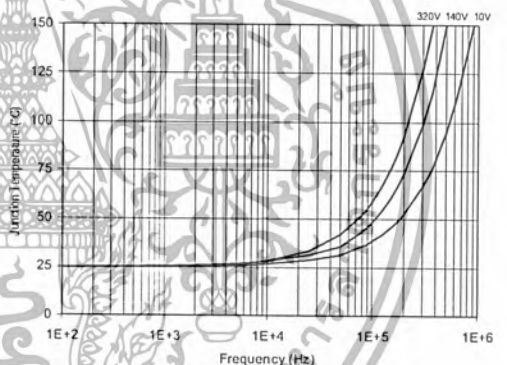


Figure 35. IR2110S/IR2113S  $T_J$  vs. Frequency (IRFPE50)  $R_{GATE} = 10\Omega, V_{CC} = 15V$

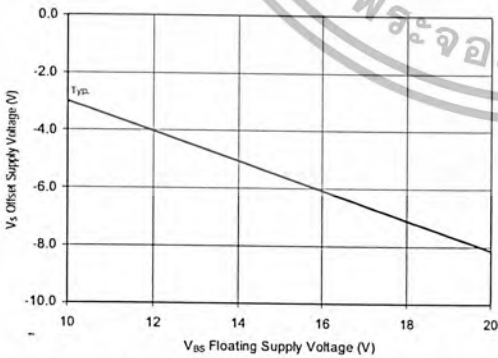


Figure 36. Maximum  $V_S$  Negative Offset vs.  $V_{BS}$  Supply Voltage

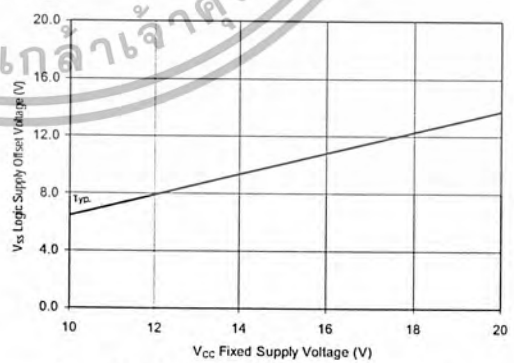


Figure 37. Maximum  $V_{SS}$  Positive Offset vs.  $V_{CC}$  Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR2110/IR2113

International  
**IOR** Rectifier



International  
**IOR** Rectifier

**WORLD HEADQUARTERS:** 233 Kansas St., El Segundo, California 90245 Tel: (310) 322 3331

**IR GREAT BRITAIN:** Hurst Green, Oxted, Surrey RH8 9BB, UK Tel: ++ 44 1883 732020

**IR CANADA:** 15 Lincoln Court, Brampton, Ontario L6T 3Z2 Tel: (905) 453-2200

**IR GERMANY:** Saalburgstrasse 157, 61350 Bad Homburg Tel: ++ 49 6172 96590

**IR ITALY:** Via Liguria 49, 10071 Borgaro, Torino Tel: ++ 39 11 451 0111

**IR FAR EAST:** K&H Bldg., 2F, 30-4 Nishi-Ikebukuro 3-Chome, Toshima-Ku, Tokyo, Japan 171 Tel: 81 3 3983 0086

**IR SOUTHEAST ASIA:** 1 Kim Seng Promenade, Great World City West Tower, 13-11, Singapore 237994 Tel: 65 838 4630

**IR TAIWAN:** 16 Fl. Suite D..207, Sec.2, Tun Haw South Road, Taipei, 10673, Taiwan Tel: 886-2-2377-9936

<http://www.irf.com/>

*Data and specifications subject to change without notice. 4/19/99*



ISO124



## Precision Lowest Cost ISOLATION AMPLIFIER

### FEATURES

- 100% TESTED FOR HIGH-VOLTAGE BREAKDOWN
- RATED 1500Vrms
- HIGH IMR: 140dB at 60Hz
- 0.010% max NONLINEARITY
- BIPOLAR OPERATION:  $V_O = \pm 10V$
- 16-PIN PLASTIC DIP AND 28-LEAD SOIC
- EASE OF USE: Fixed Unity Gain Configuration
- $\pm 4.5V$  to  $\pm 18V$  SUPPLY RANGE

### APPLICATIONS

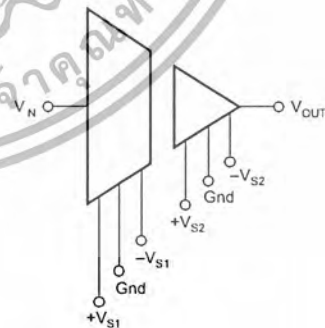
- INDUSTRIAL PROCESS CONTROL: Transducer Isolator, Isolator for Thermocouples, RTDs, Pressure Bridges, and Flow Meters, 4mA to 20mA Loop Isolation
- GROUND LOOP ELIMINATION
- MOTOR AND SCR CONTROL
- POWER MONITORING
- PC-BASED DATA ACQUISITION
- TEST EQUIPMENT

### DESCRIPTION

The ISO124 is a precision isolation amplifier incorporating a novel duty cycle modulation-demodulation technique. The signal is transmitted digitally across a 2pF differential capacitive barrier. With digital modulation the barrier characteristics do not affect signal integrity, resulting in excellent reliability and good high frequency transient immunity across the barrier. Both barrier capacitors are imbedded in the plastic body of the package.

The ISO124 is easy to use. No external components are required for operation. The key specifications are 0.010% max nonlinearity, 50kHz signal bandwidth, and  $200\mu V/^\circ C$   $V_{OS}$  drift. A power supply range of  $\pm 4.5V$  to  $\pm 18V$  and quiescent currents of  $\pm 5.0mA$  on  $V_{S1}$  and  $\pm 5.5mA$  on  $V_{S2}$  make these amplifiers ideal for a wide range of applications.

The ISO124 is available in 16-pin plastic DIP and 28-lead plastic surface mount packages.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111  
Internet: <http://www.burr-brown.com/> • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6431 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

©1997 Burr-Brown Corporation

PDS-1405A

Printed in U.S.A. September, 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
DS074  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SPECIFICATIONS

At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{S1} = V_{S2} = \pm 15\text{V}$ , and  $R_L = 2\text{k}\Omega$ , unless otherwise noted.

| PARAMETER  | CONDITIONS   | ISO124P, U          |  |                                    | UNITS  |
|--|--|---------------------|--|------------------------------------|--|
|  |  | MIN                 | TYP  | MAX                                |  |
| <b>ISOLATION</b><br>Rated Voltage, continuous ac 60Hz<br>100% Test (1)<br>Isolation Mode Rejection<br>Barrier Impedance<br>Leakage Current at 60Hz | 1s, 5pc PD<br>60Hz<br><br>$V_{ISO} = 240\text{Vrms}$ | 1500<br>2400        | 140<br>$10^{14} \parallel 2$<br>0.18       | 0.5                                | Vac<br>Vac<br>dB<br>$\Omega \parallel \text{pF}$<br>$\mu\text{Arms}$   |
| <b>GAIN</b><br>Nominal Gain<br>Gain Error<br>Gain vs Temperature<br>Nonlinearity(2)  | $V_O = \pm 10\text{V}$                               |                     | 1<br>$\pm 0.05$<br>$\pm 10$<br>$\pm 0.005$ | $\pm 0.50$<br><br>$\pm 0.010$      | V/V<br>%FSR<br>ppm/ $^\circ\text{C}$<br>%FSR   |
| <b>INPUT OFFSET VOLTAGE</b><br>Initial Offset<br>vs Temperature<br>vs Supply<br>Noise  |  |                     | $\pm 20$<br>$\pm 200$<br>$\pm 2$<br>4      | $\pm 50$                           | mV<br>$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$<br>mV/V<br>$\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$                                       |
| <b>INPUT</b><br>Voltage Range<br>Resistance  |  | $\pm 10$            | $\pm 12.5$<br>200                          |                                    | V<br>k $\Omega$  |
| <b>OUTPUT</b><br>Voltage Range<br>Current Drive<br>Capacitive Load Drive<br>Ripple Voltage(3)  |  | $\pm 10$<br>$\pm 5$ | $\pm 12.5$<br>$\pm 15$<br>0.1<br>20        |                                    | V<br>mA<br>$\mu\text{F}$<br>mVp-p  |
| <b>FREQUENCY RESPONSE</b><br>Small Signal Bandwidth<br>Slew Rate<br>Settling Time<br>0.1%<br>0.01%<br>Overload Recovery Time                       | $V_O = \pm 10\text{V}$                               |                     | 50<br>2<br><br>50<br>350<br>150            |                                    | kHz<br>V/ $\mu\text{s}$<br>$\mu\text{s}$<br>$\mu\text{s}$<br>$\mu\text{s}$   |
| <b>POWER SUPPLIES</b><br>Rated Voltage<br>Voltage Range<br>Quiescent Current: $V_{S1}$<br>$V_{S2}$   |  | $\pm 14.5$          | $\pm 15$<br>$\pm 5.0$<br>$\pm 5.5$         | $\pm 18$<br>$\pm 7.0$<br>$\pm 7.0$ | V<br>V<br>mA<br>mA   |
| <b>TEMPERATURE RANGE</b><br>Specification<br>Operating<br>Storage<br>Thermal Resistance, $\theta_{JA}$<br>$\theta_{JC}$                            |  | -25<br>-25<br>-40   | 100<br>65                                  | +85<br>+85<br>+85                  | $^\circ\text{C}$<br>$^\circ\text{C}$<br>$^\circ\text{C}$<br>$^\circ\text{C}/\text{W}$<br>$^\circ\text{C}/\text{W}$ |

NOTES: (1) Tested at 1.6 X rated, fail on 5pC partial discharge. (2) Nonlinearity is the peak deviation of the output voltage from the best-fit straight line. It is expressed as the ratio of deviation to FSR. (3) Ripple frequency is at carrier frequency (500kHz).

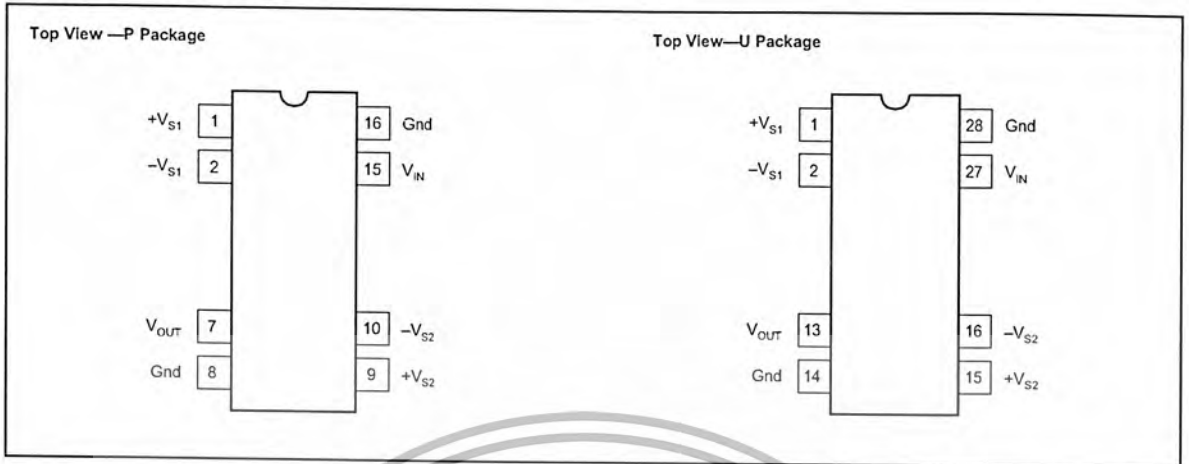
The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.



ISO124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CONNECTION DIAGRAM**



**PACKAGE INFORMATION**

| PRODUCT | PACKAGE              | PACKAGE DRAWING NUMBER <sup>(1)</sup> |
|---------|----------------------|---------------------------------------|
| ISO124P | 16-Pin Plastic DIP   | 238                                   |
| ISO124U | 28-Lead Plastic SOIC | 217-1                                 |

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book.

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)</sup>**

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| Supply Voltage                    | ±18V       |
| V <sub>IN</sub>                   | ±100V      |
| Continuous Isolation Voltage      | 1500Vrms   |
| Junction Temperature              | +150°C     |
| Storage Temperature               | +85°C      |
| Lead Temperature (soldering, 10s) | +300°C     |
| Output Short to Common            | Continuous |

NOTE: (1) Stresses above these ratings may cause permanent damage.

**ORDERING INFORMATION**

| PRODUCT | PACKAGE              | NONLINEARITY MAX %FSR |
|---------|----------------------|-----------------------|
| ISO124P | 16-Pin Plastic DIP   | ±0.010                |
| ISO124U | 28-Lead Plastic SOIC | ±0.010                |



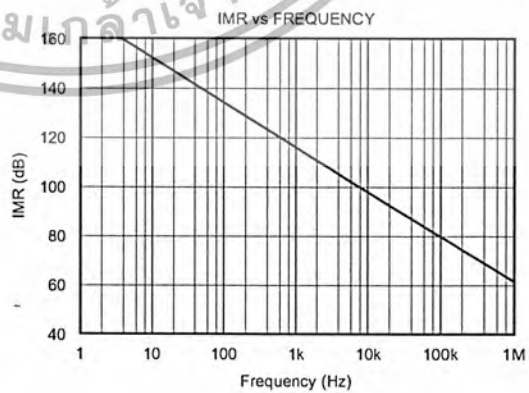
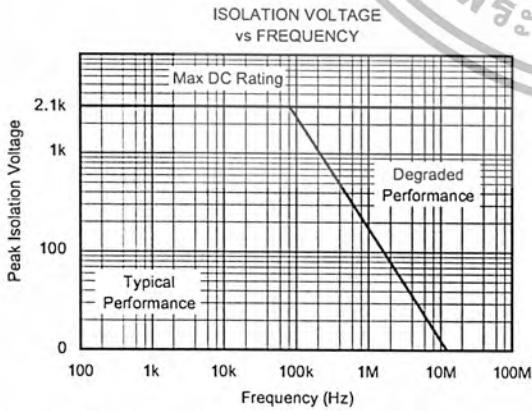
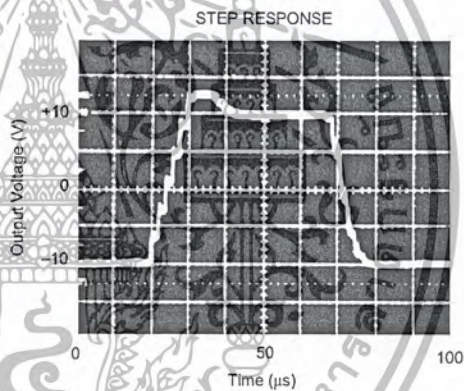
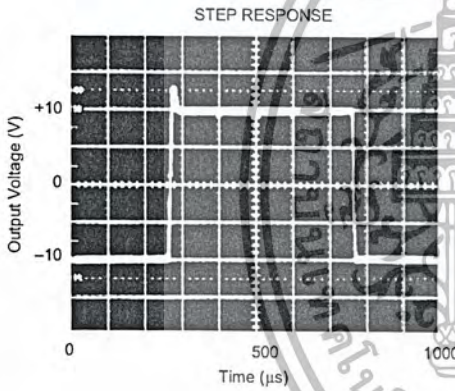
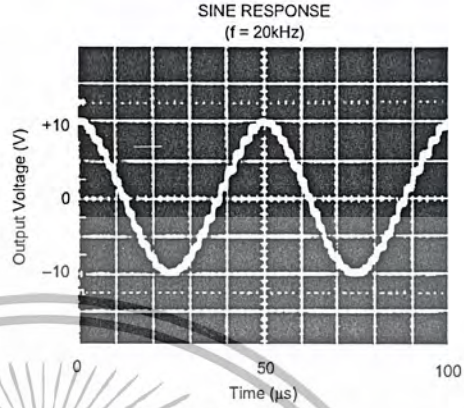
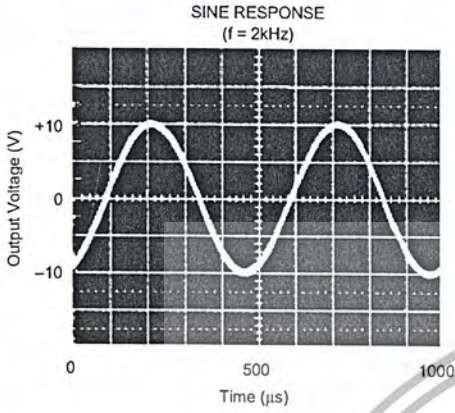
**ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY**

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

# TYPICAL PERFORMANCE CURVES

At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , and  $V_S = \pm 15\text{V}$ , unless otherwise noted.

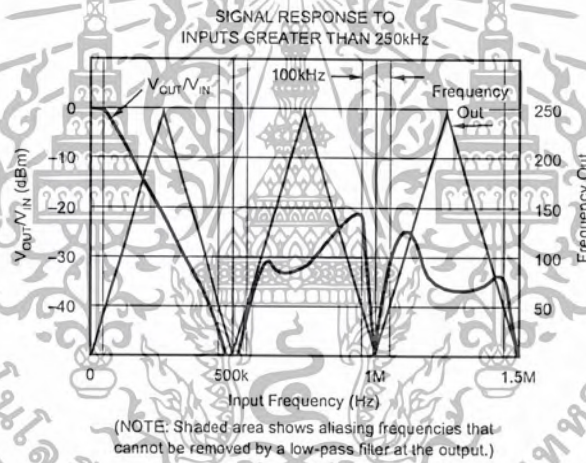
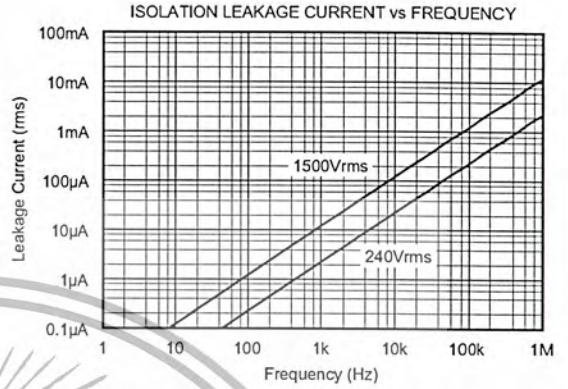
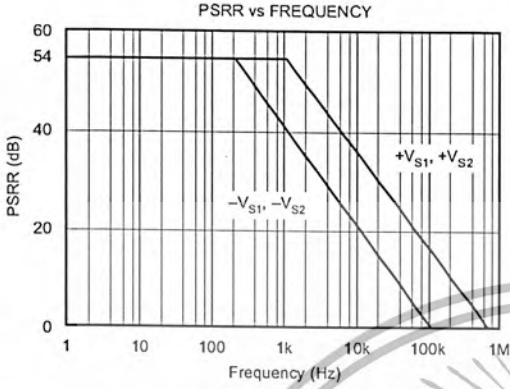


ISO124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , and  $V_S = \pm 15\text{V}$ , unless otherwise noted.





above 250kHz, the behavior is similar to that of a sampling amplifier. The signal response to inputs greater than 250kHz performance curve shows this behavior graphically; at input frequencies above 250kHz the device generates an output signal component of reduced magnitude at a frequency below 250kHz. This is the aliasing effect of sampling at frequencies less than 2 times the signal frequency (the Nyquist frequency). Note that at the carrier frequency and its harmonics, both the frequency and amplitude of the aliasing go to zero.

**ISOLATION MODE VOLTAGE INDUCED ERRORS**

IMV can induce errors at the output as indicated by the plots of IMV vs Frequency. It should be noted that if the IMV frequency exceeds 250kHz, the output also will display spurious outputs (aliasing) in a manner similar to that for  $V_{IN} > 250\text{kHz}$  and the amplifier response will be identical to that shown in the "Signal Response to Inputs Greater Than 250kHz" typical performance curve. This occurs because IMV-induced errors behave like input-referred error signals. To predict the total error, divide the isolation voltage by the IMR shown in the "IMR versus Frequency" typical performance curve and compute the amplifier response to this input-referred error signal from the data given in the "Signal Response to Inputs Greater Than 250kHz" typical performance curve. For example, if a 800kHz 1000Vrms IMR is present, then a total of  $[(-60\text{dB}) + (-30\text{dB})] \times (1000\text{V}) \approx 32\text{mV}$  error signal at 200kHz plus a 1V, 800kHz error signal will be present at the output.

**HIGH IMV dV/dt ERRORS**

As the IMV frequency increases and the dV/dt exceeds 1000V/ $\mu\text{s}$ , the sense amp may start to false trigger, and the output will display spurious errors. The common-mode current being sent across the barrier by the high slew rate is the cause of the false triggering of the sense amplifier. Lowering the power supply voltages below  $\pm 15\text{V}$  may decrease the dV/dt to 500V/ $\mu\text{s}$  for typical performance.

**HIGH VOLTAGE TESTING**

Burr-Brown Corporation has adopted a partial discharge test criterion that conforms to the German VDE0884 Optocoupler Standards. This method requires the measurement of minute current pulses ( $<5\text{pC}$ ) while applying 2400Vrms, 60Hz high voltage stress across every ISO124 isolation barrier. No partial discharge may be initiated to pass this test. This criterion confirms transient overvoltage ( $1.6 \times 1500\text{Vrms}$ ) protection without damage to the ISO124. Lifetest results verify the absence of failure under continuous rated voltage and maximum temperature.

This new test method represents the "state-of-the-art" for non-destructive high voltage reliability testing. It is based on the effects of non-uniform fields that exist in heterogeneous dielectric material during barrier degradation. In the case of void non-uniformities, electric field stress begins to ionize the void region before bridging the entire high voltage barrier. The transient conduction of charge during and after the ionization can be detected externally as a burst of 0.01-0.1 $\mu\text{s}$  current pulses that repeat on each ac voltage cycle. The minimum ac barrier voltage that initiates partial discharge is defined as the "inception voltage." Decreasing the barrier voltage to a lower level is required before partial discharge ceases and is defined as the "extinction voltage." We have characterized and developed the package insulation processes to yield an inception voltage in excess of 2400Vrms so that transient overvoltages below this level will not damage the ISO124. The extinction voltage is above 1500Vrms so that even overvoltage induced partial discharge will cease once the barrier voltage is reduced to the 1500Vrms (rated) level. Older high voltage test methods relied on applying a large enough overvoltage (above rating) to break down marginal parts, but not so high as to damage good ones. Our new partial discharge testing gives us more confidence in barrier reliability than breakdown/no breakdown criteria.

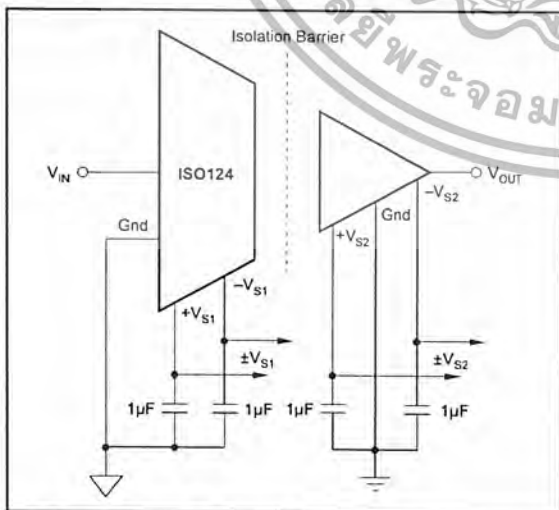


FIGURE 2. Basic Signal and Power Connections.

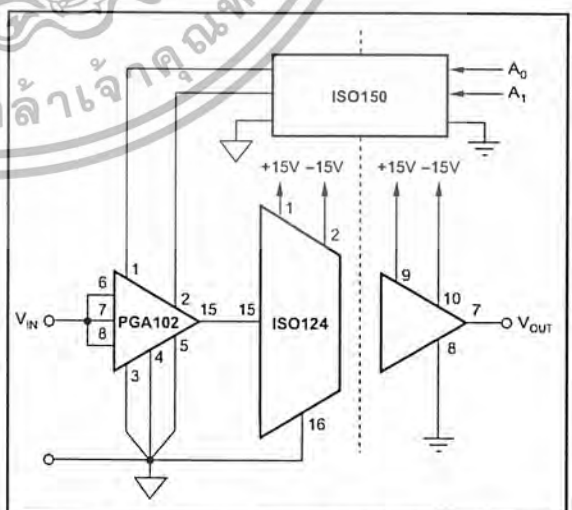


FIGURE 3. Programmable-Gain Isolation Channel with Gains of 1, 10, and 100.

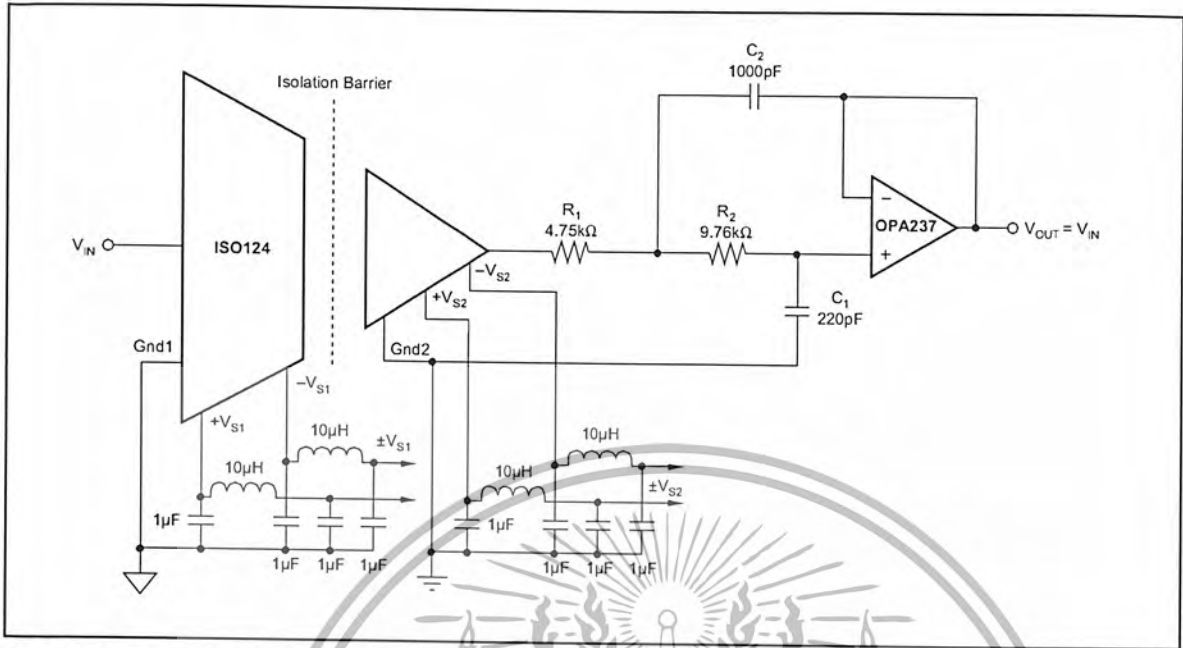


FIGURE 4. Optional  $\pi$  Filter to Minimize Power Supply Feedthrough Noise; Output Filter to Remove 500kHz Carrier Ripple. For more information concerning output filter refer to AB-023 and AB-034.

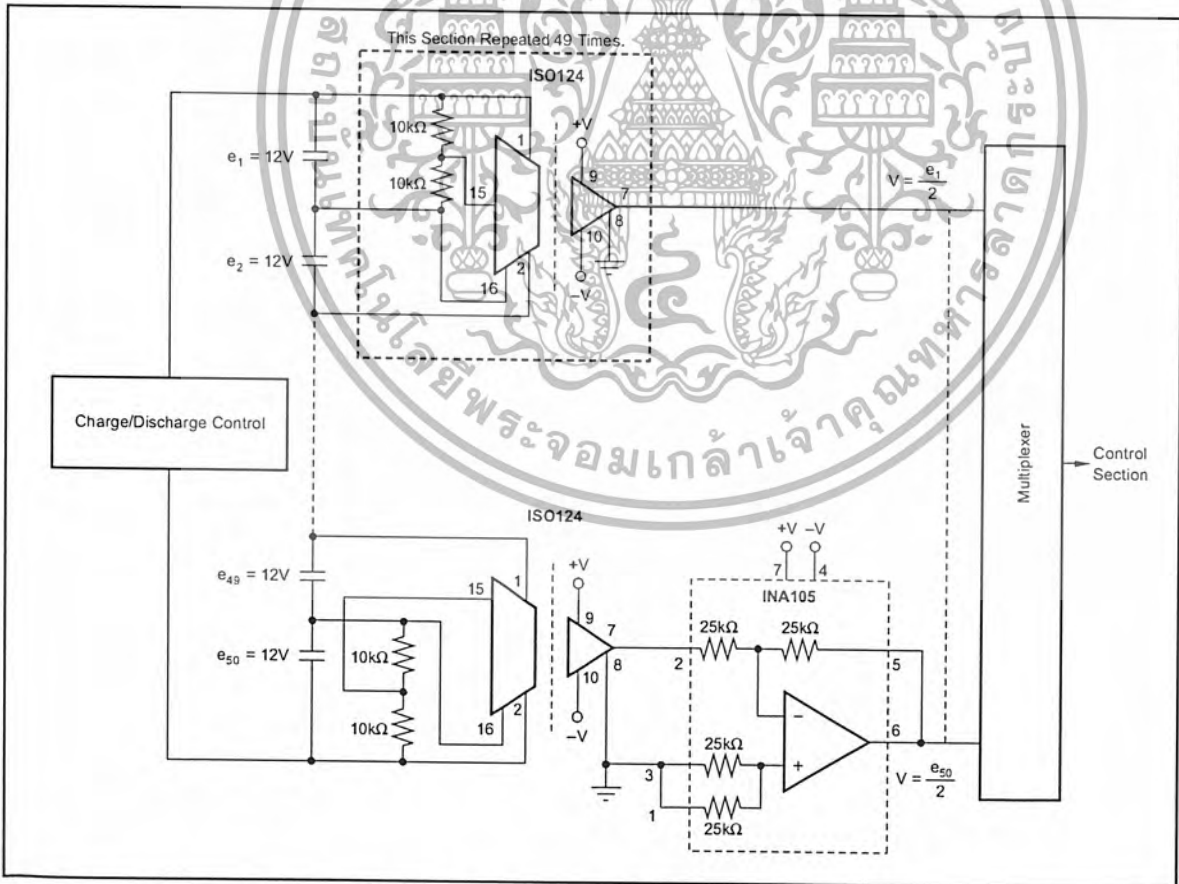


FIGURE 5. Battery Monitor for a 600V Battery Power System. (Derives input power from the battery.)

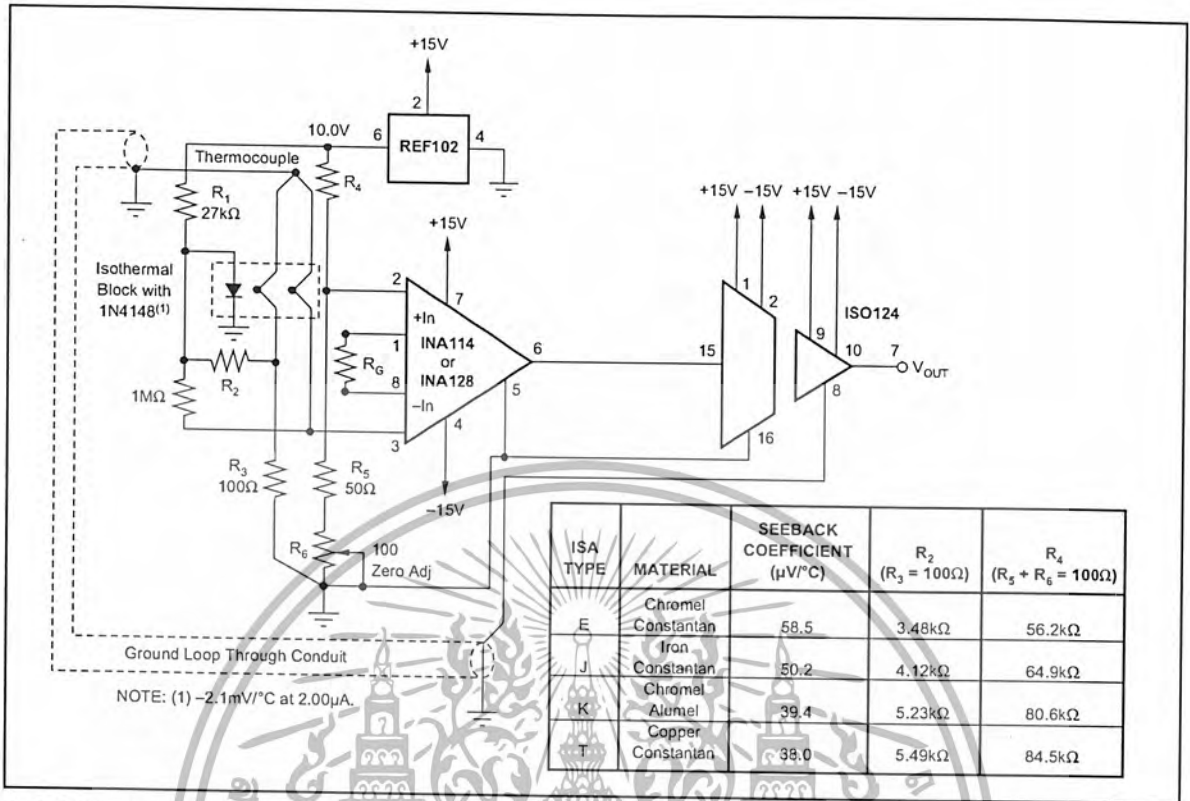


FIGURE 6. Thermocouple Amplifier with Ground Loop Elimination, Cold Junction Compensation, and Up-scale Burn-out.

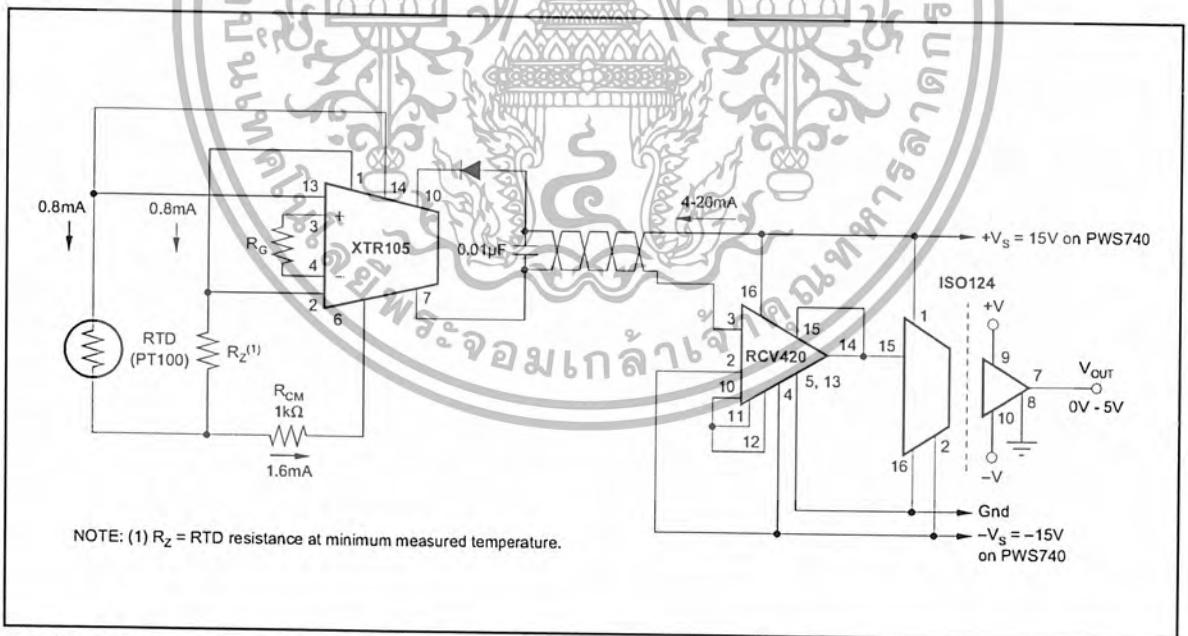


FIGURE 7. Isolated 4-20mA Instrument Loop. (RTD shown.)

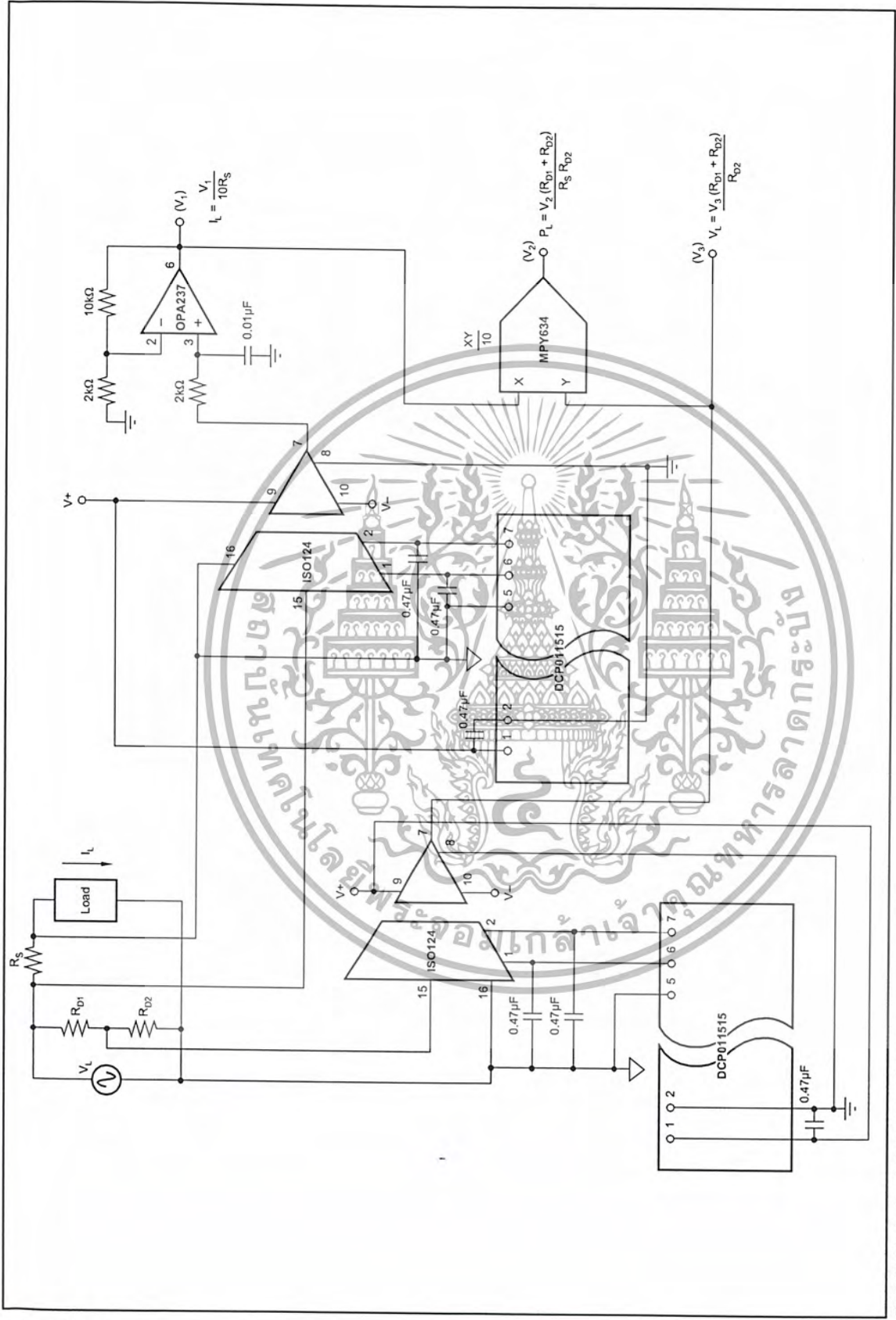


FIGURE 8. Isolated Power Line Monitor.

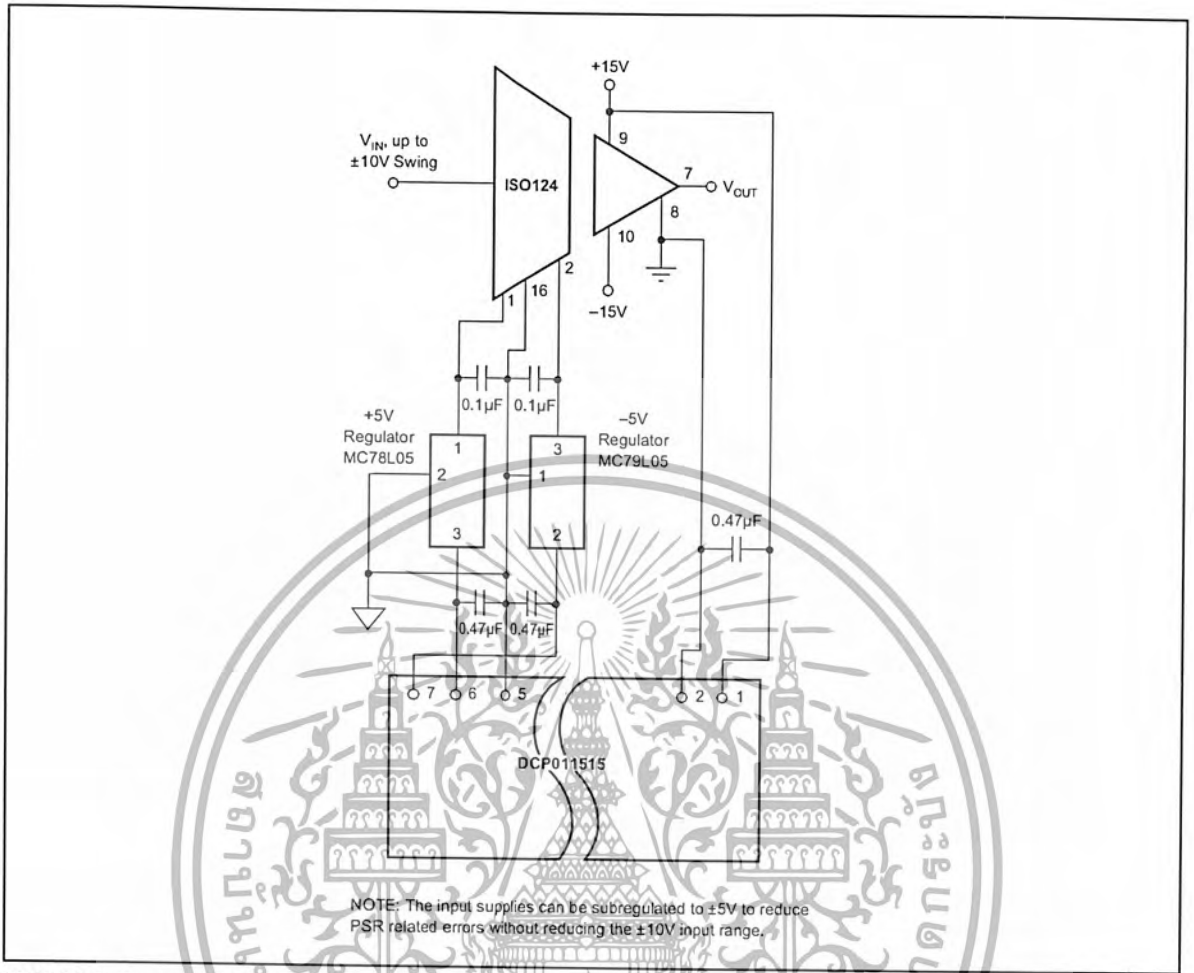


FIGURE 9. Improved PSR Using External Regulator

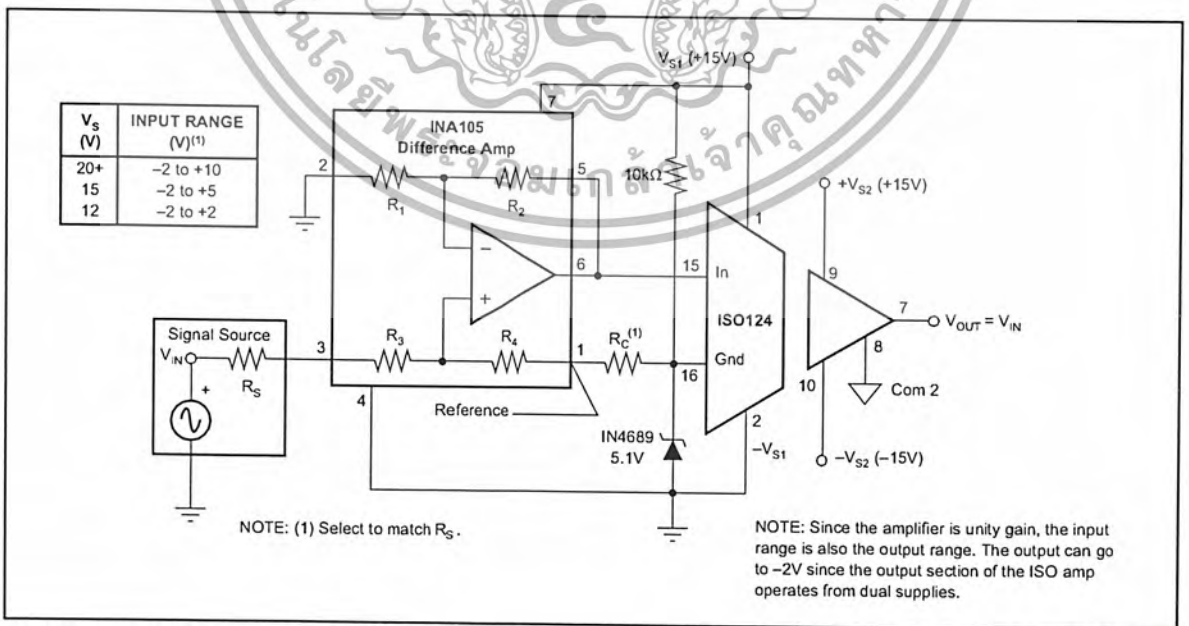


FIGURE 10. Single Supply Operation of the ISO124 Isolation Amplifier. For additional information refer to AB-009.

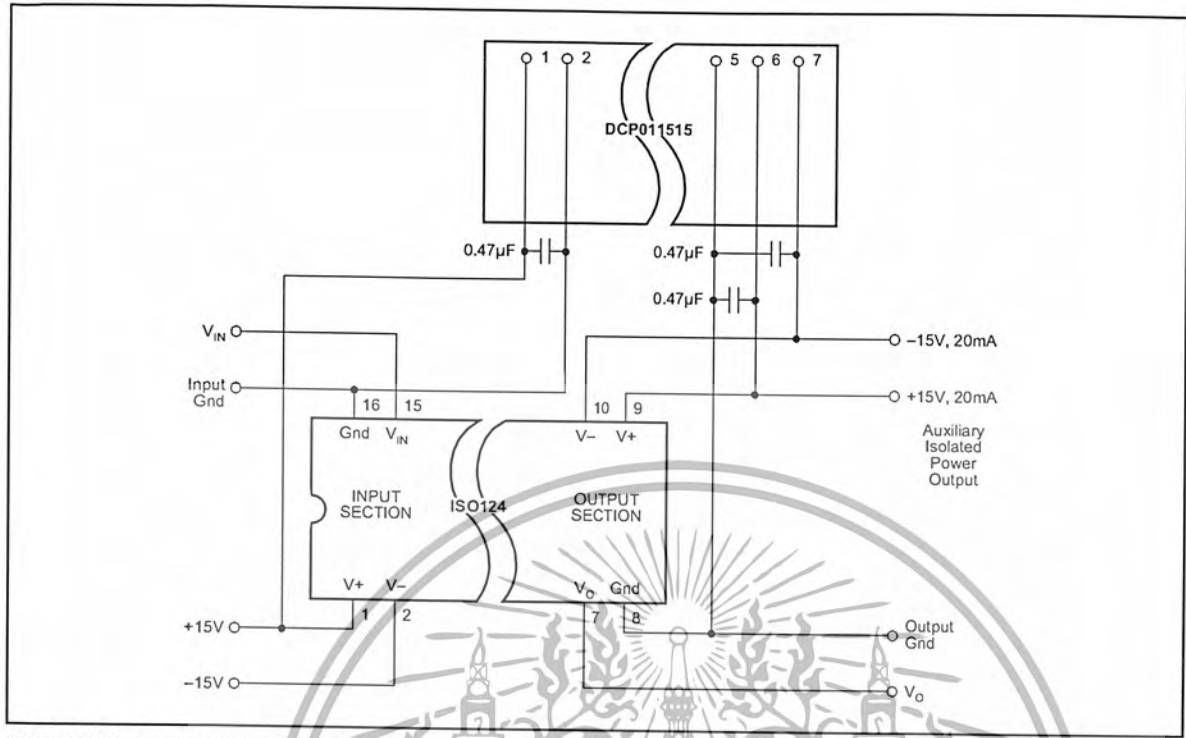


FIGURE 11. Input-Side Powered ISO Amp.

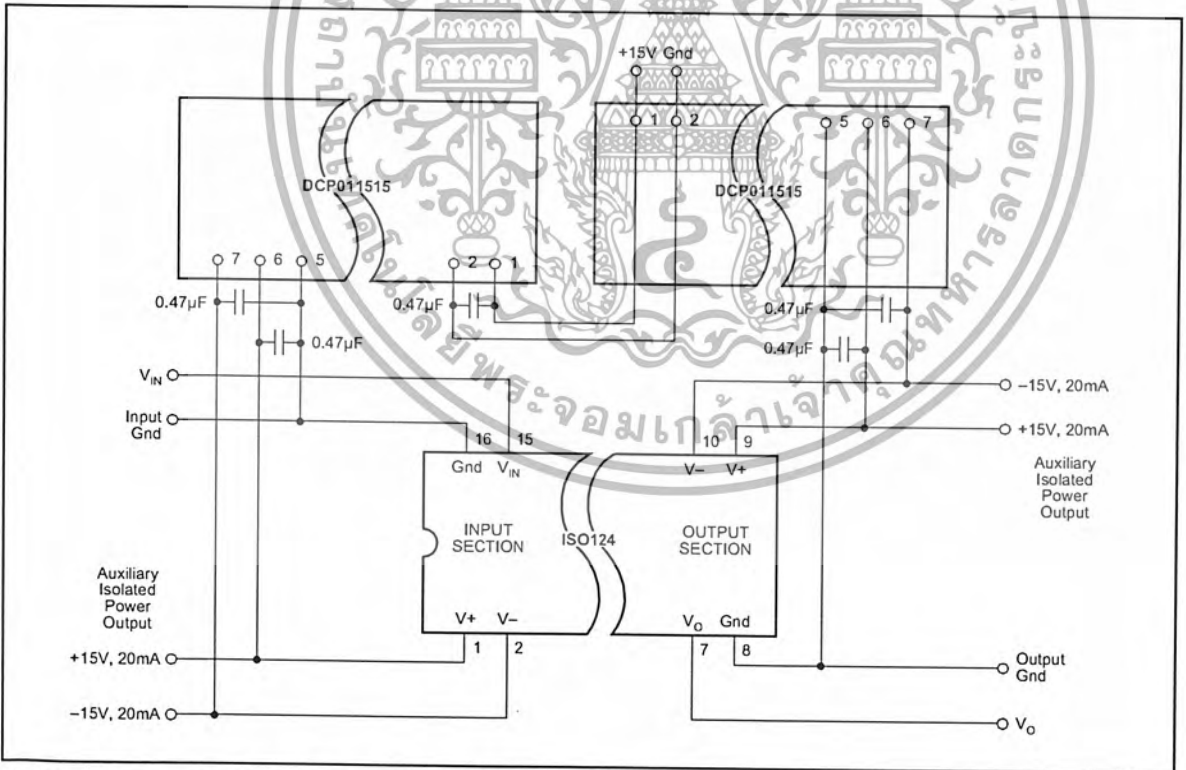


FIGURE 12. Powered ISO Amp with Three-Port Isolation.

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Customers are responsible for their applications using TI components.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 2000, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้