



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงสำหรับการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊ส  
ไฮโดรเจนซัลไฟด์

A STUDY OF DC HIGH VOLTAGE FOR HYDROGEN SULFIDE GAS  
TREATMENT

มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

พศวีร์ ศรีโหมด

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2549

## คำนำ

รายงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการสนับสนุนให้บุคลากรภายในมหาวิทยาลัยศรีปทุมได้มีโอกาสผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพและเผยแพร่ออกสู่ภายนอก โดยให้อาจารย์เสนอโครงการที่สำนักวิจัยซึ่งมีทั้งการวิจัยวิชาการและการวิจัยสถาบัน ทั้งนี้เพื่อให้คณาจารย์ได้พัฒนาความรู้และประสบการณ์ทางวิชาการอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้เป็นการจัดสร้างต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงสำหรับการศึกษาระบบขับเคลื่อนที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนเซลล์ไฟต์ด้วยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิชาการในด้านการประยุกต์ใช้เทคนิคการสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงต่อไป และหากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย และยินดีน้อมรับคำแนะนำ เพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

นายพศวีร์ ศรีโหมด

ผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2551

มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมอย่างสูงที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณทั้งหมด และได้ให้เวลาในการทำโครงการวิจัยนี้ และขอขอบคุณ รศ.ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษางานวิจัย และ ดร.สมเกียรติ กรวยสวัสดิ์ ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงตลอดการดำเนินงานและการเขียนรายงานวิจัยนี้



มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย : การศึกษาการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงสำหรับการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

ผู้วิจัย : นายพศวีร์ ศรีโหมค

หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2551

---

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและจัดสร้างต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อใช้ในการศึกษาการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง เนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นแก๊สตัวหลักที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนต่อสิ่งแวดล้อมและถ้ามีความเข้มข้นปริมาณมากพออาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต โดยการบำบัดกลิ่นจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์นี้ใช้วิธีการให้พลังงานสนามไฟฟ้ากับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแก๊สนี้ไปเป็นแก๊สในรูปอื่นที่ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นได้ โดยแหล่งพลังงานสนามไฟฟ้าจะได้อาจมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง การออกแบบและจัดสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงใช้หลักการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งค่าความเหนี่ยวนำในวงจรเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง จากการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้ ทำการสวิตซ์วงจรที่ความถี่ 30 kHz สามารถจ่ายค่าระดับแรงดันเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 0 - 30 kV. โดยทำการปรับค่าแรงดันทางด้านอินพุตที่ 0 - 30 Vdc.

คำสำคัญ : ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง, สนามไฟฟ้า, กระบวนการไอออไนซ์, แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

**Research Title** : A Study of DC High Voltage for Hydrogen Sulfide Gas Treatment  
**Name of Researcher** : Mr. Pasawee Srimode  
**Name of Institution** : Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,  
Sripatum University  
**Year of Publication** : B.E. 2551

---

### ABSTRACT

This research designs and develops a prototype of high voltage DC generator for hydrogen sulfide gas treatment. Hydrogen sulfide gas produce smell pollution to the environment and harm the human or animal lives in case of high content in the air. The developed technic eliminate the smell of hydrogen sulfide gas by injecting the electric field energy into the gas for a chemical reaction. The electric field is generated by the high voltage DC generator. The principle of flyback converter for stepping up DC voltage is used in design and development of the high voltage DC generator. The inductance in the circuit is the high frequency transformer. The developed high voltage DC generator is tested by switching the circuit at the frequency of 30 kHz. It can produce the voltage output from 0 to 30 kV., by vary the input voltage from 0 to 30 Vdc.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

Keywords : DC High Voltage, Electric Fields , Ionization, Hydrogen Sulfide

## สารบัญ

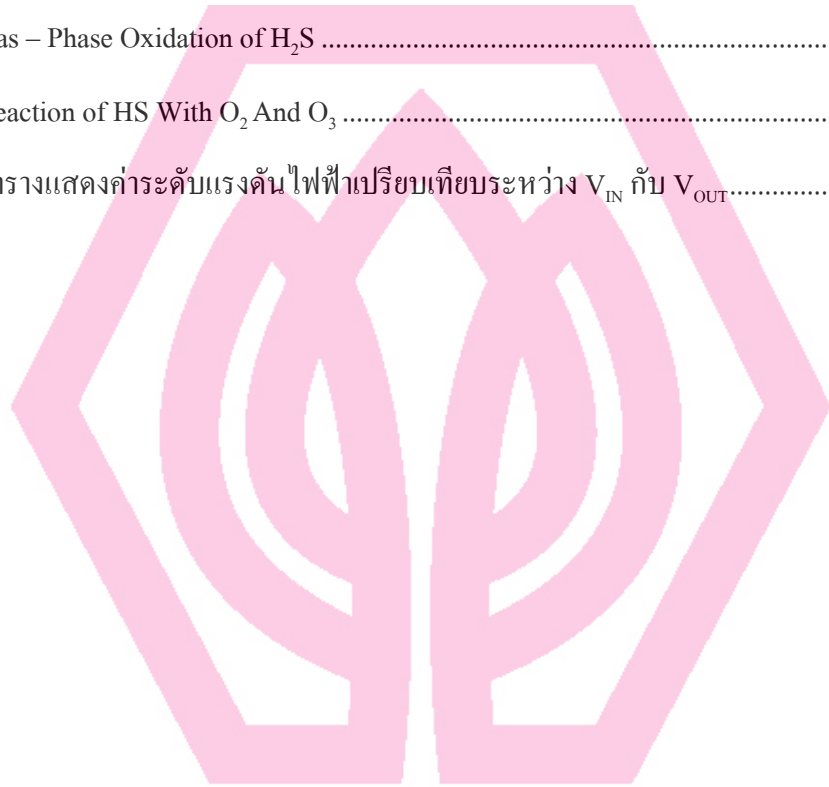
บทที่	หน้า
1	บทนำ.....1
1.1	ความสำคัญและที่มาของการวิจัย.....1
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....1
1.3	คำถามการวิจัย.....2
1.4	สมมุติฐานการวิจัย.....2
1.5	ขอบเขตของการวิจัย.....2
1.6	นิยามศัพท์เฉพาะ.....2
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1	ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ.....4
2.2	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า.....9
2.3	การเกิดไอออนเซชัน.....10
2.4	กลไกการกำจัดวัฏภาคแก๊ส.....11
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
2.6	สรุป.....13
3	ระเบียบวิธีวิจัย.....14
3.1	วิธีวิจัย.....14
3.2	การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....15
3.3	การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์.....22
4	ผลการทดลอง.....24
4.1	การทดลองวงจรสวิตซ์ความถี่สูง.....24
4.2	การทดลองความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันอินพุทและค่าแรงดันเอาต์พุทของเครื่องสร้าง ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....26
5	สรุป.....30

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	31
ภาคผนวก.....	33
ภาคผนวก ก.....	34
รูปลักษณะต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง.....	35
รูปการทดลองเครื่องมือวัดสัญญาณและระดับแรงดันไฟฟ้า.....	36
ภาคผนวก ข.....	37
Data sheet IRFP460.....	38
Data sheet SG2525A.....	45
Data sheet Flyback Transformer 6174V-6006E LG (MC-019A).....	57
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	58

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 Gas – Phase Oxidation of H <sub>2</sub> S .....	11
2.2 Reaction of HS With O <sub>2</sub> And O <sub>3</sub> .....	11
4.1 ตารางแสดงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่าง V <sub>IN</sub> กับ V <sub>OUT</sub> .....	27



มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY



## สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 ระบบเผาไหม้โดยตรง.....	4
2.2 ระบบออกซิเดชันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา.....	5
2.3 ระบบออกซิเดชันด้วยไอโซน.....	6
2.4 ระบบออกซิเดชันด้วยไอโซนและตัวเร่งปฏิกิริยา.....	6
2.5 ระบบกำจัดกลิ่นด้วยกระบวนการชีวภาพ.....	7
2.6 ระบบสกร๊บบิง.....	8
2.7 ระบบดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์.....	8
2.8 เวกเตอร์ความเข้มของสนามไฟฟ้า $E$ เกิดจากประจุชนิดจุด Q ที่จุด P.....	9
2.9 อิเล็กโตรดที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบต่าง ๆ กัน.....	10
2.10 ภาพจำลองการเกิดไอออไนเซชัน(Ionization).....	10
2.11 แสดงปฏิกิริยาและเส้นทางที่เป็นไปได้เพื่อนำไปสู่การทำลาย $H_2S$ .....	12
3.1 แผงผังวิธีการวิจัยโครงการ.....	14
3.2 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	15
3.3 บล็อกไดอะแกรมวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	16
3.4 วงจรเรกติไฟเออร์.....	16
3.5 ภาพวงจรเรกติไฟเออร์ที่ใช้งานวิจัย.....	17
3.6 การหาค่า $R_T$ และค่าคาปาซิเตอร์ $C_T$ จาก Datasheet.....	17
3.7 ตัวอย่างมอสเฟตและสัญลักษณ์ชนิด N-Channel Enhancement Mode.....	18
3.8 วงจรรวมชุดขับเกทและเพาเวอร์มอสเฟต.....	18
3.9 ภาพวงจรส่วนการสวิตซ์ซึ่งในงานวิจัย.....	19
3.10 (ก) วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ที่สวิตซ์ด้วยทรานซิสเตอร์และ (ข) ภาพคลื่นสัญญาณของ วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์.....	19

## สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.11 วงจรของฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ในงานวิจัย.....	20
3.11 หม้อแปลงฟลายแบค LG 6174V-6006E.....	20
3.12 วงจรรวมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	21
3.13 ขนาดและความยาวของอิเล็กทรอนิกส์.....	22
3.14 โครงสร้างของอิเล็กทรอนิกส์.....	22
4.1 ตำแหน่งการวัดสัญญาณทางไฟฟ้าของวงจรสวิตช์ความถี่สูง.....	24
4.2 สัญญาณพัลส์ของ SG 3525ขา 14 ที่ความถี่ 20 kHz และ 30 kHz.....	25
4.3 สัญญาณการนำกระแสสเฟดตัวที่1และ2ที่ความถี่ 20kHz และ 30kHz.....	25
4.4 สัญญาณการนำกระแสสเฟดตัวที่3และ4ที่ความถี่ 20kHz และ 30kHz.....	26
4.5 สัญญาณการนำกระแสสเฟดตัวที่5และ6ที่ความถี่ 20kHz และ 30kHz.....	26
4.6 กราฟแสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตในวงจรสร้างกระแสตรงแรงดันสูง.....	28
4.7 สัญญาณเอาต์พุตแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงที่ 400 โวลท์.....	28
4.8 สัญญาณเอาต์พุตแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงที่ 600 โวลท์.....	29
4.9 สัญญาณเอาต์พุตแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงที่ 860 โวลท์.....	29
ก.1 ด้านหน้าและด้านหลังเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	35
ก.2 ด้านข้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	35
ก.3 ด้านข้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	35
ก.4 การใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณวงจรและโพรบวัดแรงดันสูง.....	36
ก.5 การวัดระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	36
ก.6 การทดลองต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อบำบัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์.....	36

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

แก๊สชนิดต่างๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหรือกลิ่นรบกวนนั้น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์( $H_2S$ ) จัดเป็นแก๊สที่เป็นตัวหลักในการก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนและกลิ่นเหม็นจากแก๊สชนิดนี้มักพบได้บ่อยจากแหล่งต่าง ๆ ในสภาวะแวดล้อม โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานปุ๋ย โรงงานแปรรูปอาหาร โรงงานอุตสาหกรรมแก๊สและเคมีต่างๆ และนอกจากโรงงานแล้ว แหล่งกำเนิดกลิ่นเหม็นรบกวนยังรวมถึง ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ บ่อบำบัดน้ำเสีย บ่อฝังกลบขยะมูลฝอย และท่อน้ำทิ้ง

ในปัจจุบัน ทางเลือกในการบำบัดกลิ่นนี้มีอยู่หลายแนวทาง แต่ละแนวทางก็ยังมีข้อจำกัดทางเทคนิคและระบบ เช่น การใช้การดูดซับ(adsorption) หรืออุปกรณ์ที่เรียกว่า wet scrubber เพื่อใช้สารละลายดูดซับแก๊สที่ทำให้เกิดกลิ่นนั้น จะทำให้เกิดน้ำเสียที่ต้องทำการบำบัดอีกต่อหนึ่ง การใช้ตัวกรองชีวภาพ (biofilter) ก็มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ขนาดของระบบใหญ่มากจึงจะได้ประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีและตัวกรองก็อาจมีปัญหาการอุดตัน

จากข้อจำกัดที่ยกตัวอย่างข้างต้น จึงควรมีการศึกษาเพื่อหาแนวทางใหม่ในการบำบัดกลิ่น โดยในงานวิจัยนี้ จะศึกษาการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงสร้างสนามไฟฟ้าขึ้นในบริเวณที่มีแก๊สอยู่ พลังงานจากสนามไฟฟ้านี้จะทำให้เกิดกระบวนการที่ทำให้ไอเล็กตรอนแตกตัวออกจากโมเลกุลของแก๊ส ซึ่งเรียกว่ากระบวนการไอออไนซ์(ionization) กระบวนการนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแก๊สที่ทำให้เกิดกลิ่นและจะนำไปสู่การบำบัดกลิ่นที่เกิดขึ้นจากแก๊สได้ โดยประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น ระดับแรงดันไฟฟ้าหรือพลังงานจากสนามไฟฟ้า ระยะทางหรือระยะเวลาที่แก๊สอยู่ในเครื่องจ่ายแรงดันสูงและอัตราการไหลของแก๊สที่ผ่านเข้ามาในเครื่องจ่ายแรงดันสูง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการพิจารณาปัจจัยต่างๆ เพื่อหาแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องบำบัดกลิ่นที่เกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์( $H_2S$ ) โดยใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง ให้มีประสิทธิภาพดีและเหมาะสมกับการใช้งานจริง

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงที่เหมาะสมกับการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์( $H_2S$ )
2. เพื่อจัดสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่สามารถใช้ในการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์( $H_2S$ )

3. เพื่อศึกษาหาแนวทางในการสร้างเครื่องบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) โดยใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง ให้มีประสิทธิภาพดี

### 1.3 คำถามการวิจัย

การใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงเพื่อทำให้เกิดกระบวนการไอออไนซ์ (ionization) กับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแก๊ส และจะนำไปสู่การบำบัดกลิ่นที่เกิดขึ้นจากแก๊สได้ จะต้องใช้ค่าระดับแรงดันสูงกระแสตรง ระยะทางหรือระยะเวลาและอัตราการไหลของแก๊สที่ผ่านเข้ามาในเครื่องจ่ายแรงดันสูง ในปริมาณเท่าใดจึงจะเหมาะสมในการบำบัดกลิ่นได้

### 1.4 สมมุติฐานการวิจัย

แก๊สทุกชนิดสามารถเกิดกระบวนการไอออไนซ์ได้เมื่อได้รับพลังงานหรือความเครียดจากสนามไฟฟ้าที่เหมาะสม ดังนั้นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ก็สามารถถูกทำให้เปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ด้วยขบวนการไอออไนซ์ ไปสู่แก๊สในภาพอื่นที่ไม่ทำให้เกิดกลิ่นได้

### 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์
2. ออกแบบวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่มีขนาดเหมาะสมกับการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่านั้น
3. ทำการจัดสร้างต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง
4. ทำการทดสอบระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงของเครื่องต้นแบบให้ได้แรงดันแรงดันที่เหมาะสมกับการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่านั้น

### 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

#### DC High Voltage

สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในด้านบวกหรือด้านลบเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น และมีระดับแรงดันตั้งแต่ 1000 โวลต์ขึ้นไป

#### Electric Fields

ปริมาณซึ่งใช้แสดงการที่ประจุไฟฟ้าทำให้เกิดแรงกระทำกับประจุอื่นภายในบริเวณโดยรอบ หน่วยของสนามไฟฟ้าคือ นิวตันต่อคูลอมบ์ หรือ โวลต์ต่อเมตร

### **Ionization**

กระบวนการที่ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลของแก๊สรับพลังงานในระดับที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกไปหนึ่งอิเล็กตรอน และทำให้อะตอมหรือโมเลกุลมีไอออนบวกมากขึ้น

### **Hydrogen Sulfide**

แก๊สชนิดหนึ่ง ไม่มีสี มีกลิ่นเหม็นเหมือนไข่เน่าเป็นแก๊สพิษประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและกำมะถัน เกิดขึ้นในธรรมชาติ



มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ

หลักการในการเลือกเทคนิคหรือวิธีการควบคุมกลิ่นที่ระบายจากขบวนการหรือปล่องจากอุตสาหกรรมขึ้นกับปัจจัยดังต่อไปนี้

- ปริมาณของแก๊สและอัตราการไหล
- องค์ประกอบของสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่น
- อุณหภูมิ
- ปริมาณของน้ำในแก๊สไอเสีย

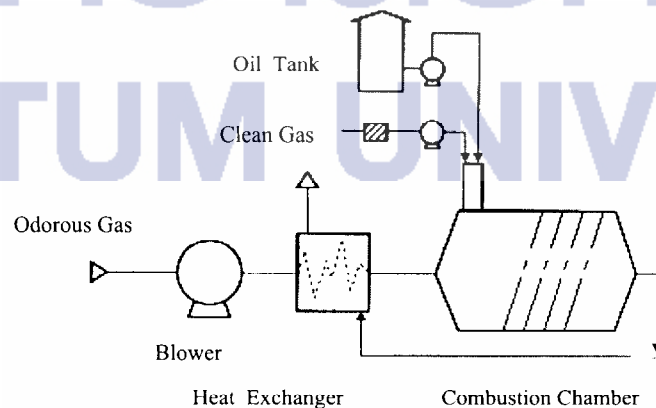
ระบบกำจัดกลิ่นที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่

##### 2.1.1. ระบบการเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion Process) แสดงดังภาพประกอบ

2.1 ใช้หลักการกำจัดกลิ่นโดยอากาศเสียที่มีแก๊สก่อให้เกิดกลิ่นถูกทำให้ร้อนอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 750– 800 °C เพื่อออกซิไดซ์(oxidize) และสลาย(decompose) ซึ่งจะทำการกลิ่นเจือจางลงหรือไม่มีกลิ่นเลย

- ข้อดี
1. ใช้ได้กว้างขวางสามารถกำจัดกลิ่นได้มากที่สุด
  2. ระบบนี้ใช้ได้กับสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นที่มีความเข้มข้นสูงๆ
  3. วิธีนี้ค่อนข้างง่ายและในขณะเดียวกันมีผลในการกำจัดสูง ๆ

- ข้อเสีย
1. มีค่าใช้จ่ายเรื่องเชื้อเพลิงสูง
  2. ไม่สามารถกำจัดสารก่อให้เกิดกลิ่นจำพวกอนินทรีย์ที่ไม่สามารถเผาได้
  3. ไนโตรเจนออกไซด์( $\text{NO}_x$ ) และซัลเฟอร์ออกไซด์( $\text{SO}_x$ ) อาจเกิดขึ้นได้จากการที่ใช้แก๊ส น้ำมันก๊าด และน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง



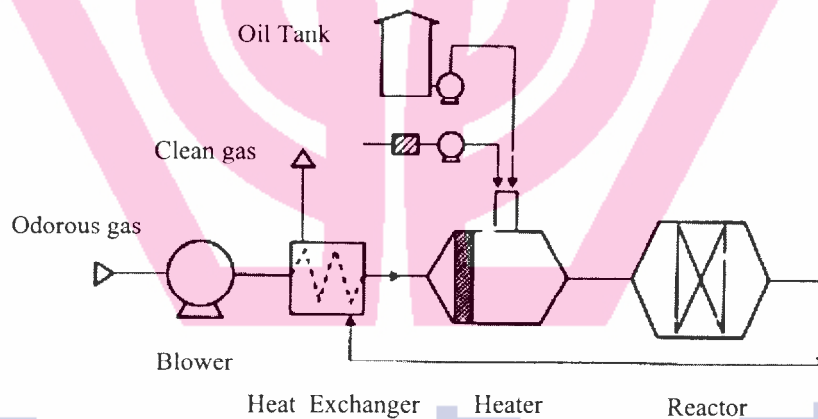
ภาพประกอบที่ 2.1 ระบบเผาไหม้โดยตรง

### 2.1.2. ระบบออกซิเดชัน แบ่งออกเป็น 6 ระบบด้วยกันคือ

1. ระบบออกซิเดชันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา แสดงดังภาพประกอบ 2.2 ใช้หลักการกำจัดกลิ่นด้วยอากาศเสียที่มีแก๊สทำให้เกิดกลิ่นถูกทำให้ร้อนอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 250-350 °C และผ่านคาตาลิสต์ เบด (catalyst bed) ดังนั้นสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นจะอยู่ภายใต้สภาวะที่ถูกออกซิเดชัน (catalytic oxidation) ซึ่งจะถูกเผาไหม้ให้มีกลิ่นเจือจางหรือไม่มีกลิ่นเลย

- ข้อดี**
1. การใช้ตัวเร่ง คาตาลิสต์ ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะทำให้การเผาไหม้ของ สารที่มีกลิ่นใช้อุณหภูมิต่ำกว่าปกติ ทำให้เสียค่าเชื้อเพลิงน้อยกว่าการเผาไหม้โดยตรง
  2. สามารถกำจัดแก๊สที่เป็นอันตรายในความเข้มข้นต่ำได้ดี
  3. ระบบมีขนาดเล็กใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยและง่ายต่อการบำรุงรักษา

- ข้อเสีย**
1. ไม่สามารถกำจัดสารก่อให้เกิดกลิ่นจำพวกอินทรีย์ที่ไม่สามารถเผาได้
  2. ตัวเร่งปฏิกิริยา จะมีอายุการใช้งานต่ำ ถ้าอากาศเสียมีสาร โลหะหนักเจือปนอยู่
  3. ทำให้เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา



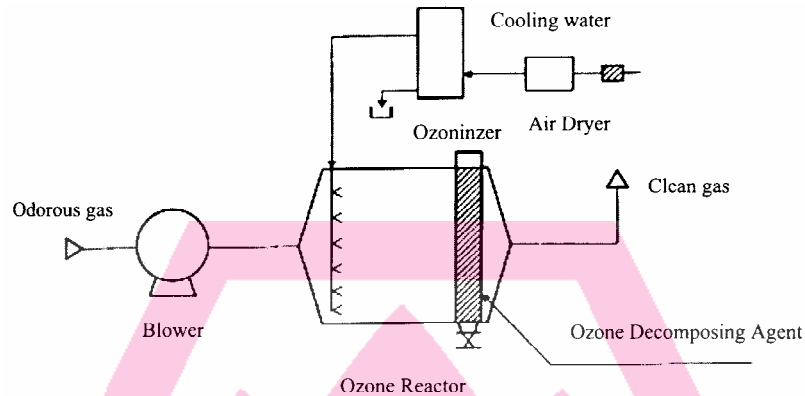
ภาพประกอบที่ 2.2 ระบบออกซิเดชันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา

2. ระบบออกซิเดชันด้วยโอโซน แสดงดังภาพประกอบ 2.3 ใช้หลักการกำจัดกลิ่นโดยโอโซนจะถูกฉีดสู่อากาศเสียที่มีสารก่อให้เกิดกลิ่น เพื่อออกซิไดซ์ สารที่มีกลิ่น โดยที่โอโซนเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรง (strong oxidizing) จึงทำให้อากาศเสียเจือจางลง

- ข้อดี**
1. วิธีนี้ใช้อะไรก็ได้เป็นหัวฉีดแบบธรรมดา เพื่อให้โอโซนเข้าสู่อากาศเสีย
  2. ระบบไม่ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่ระบบ ซึ่งง่ายในการเดินระบบ และการซ่อมบำรุง
  3. สามารถใช้ร่วมกับวิธีการกำจัดกลิ่นแบบอื่น ๆ ได้

- ข้อเสีย**
1. ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับแอมโมเนียและการใช้ร่วมกับวิธีการอื่น ๆ
  2. อาจต้องใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อกำจัดโอโซนที่เหลือ

3. การป้อนโอโซนต้องมีการปรับปริมาณให้เหมาะสม โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกลิ่น

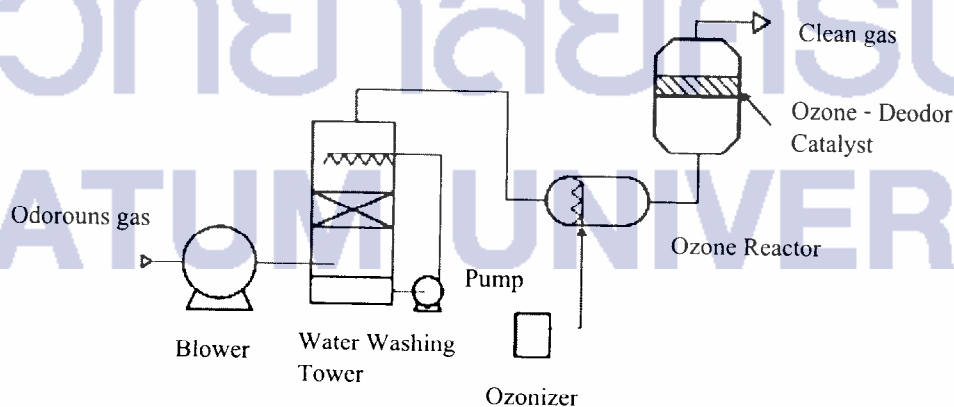


ภาพประกอบที่ 2.3 ระบบออกซิเดชั่นด้วยโอโซน

3. ระบบออกซิเดชั่นด้วยโอโซนและตัวเร่งปฏิกิริยา แสดงดังภาพประกอบ 2.4 มีกระบวนการกำจัดกลิ่นโดยโอโซนจะถูกฉีดสู่อากาศเสียที่มีสารก่อให้เกิดกลิ่น เพื่อออกซิไดซ์สารนั้น รวมทั้งการเร่งปฏิกิริยาของสารคาตาลิสต์ ทำให้อากาศเสียมักกลิ่นเจือจางลง

- ข้อดี**
1. การเพิ่มคาตาลิสต์ เบด ในระบบออกซิเดชั่นด้วยโอโซน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดให้สูงขึ้น
  2. โอโซนที่เหลือจะถูกกำจัดไปพร้อมกันในคาตาลิสต์ เบด และการกำจัดกลิ่นที่รุนแรงสามารถดำเนินการได้โดยใช้ระบบนี้
  3. สามารถใช้ร่วมกับระบบกำจัดน้ำเสียด้วยโอโซน โดยใช้เครื่องผลิตโอโซนร่วมกันได้

- ข้อเสีย**
1. การป้อนโอโซนต้องปรับตามความเข้มข้นของกลิ่น
  2. คาตาลิสต์ ต้องปรับเปลี่ยนเสริมตลอดเวลา



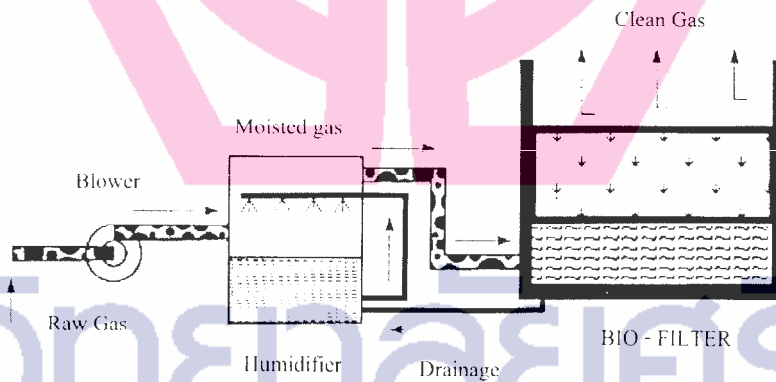
ภาพประกอบที่ 2.4 ระบบออกซิเดชั่นด้วยโอโซนและตัวเร่งปฏิกิริยา



4. ระบบกำจัดกลิ่นด้วยกระบวนการทางชีวภาพ แสดงดังภาพประกอบ 2.5 มีกระบวนการนี้ได้อาศัย จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้กลายเป็นสารที่ไม่เป็นมลพิษต่อไป ตัวระบบของตัวกรองชีวภาพจะประกอบด้วย ตัวกลางที่มีรูพรุนซึ่งอาจเป็นวัสดุที่เป็นสารประเภทอินทรีย์ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปความหนาของตัวกลางควรจะน้อยกว่า 1 เมตร เมื่อผ่านอากาศที่มีสารปนเปื้อนที่ต้องการบำบัดผ่านเข้าสู่ตัวกลางซึ่งมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่นั้น จุลินทรีย์จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารปนเปื้อนให้กลายเป็นสารประกอบขนาดเล็กได้แก่ แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

- ข้อดี**
1. เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้สารเคมี แต่อาจจะมีการเติมเกลือแร่และสารอาหารบางอย่างเพื่อให้จุลินทรีย์เติบโตในกรณีที่สารปนเปื้อนในอากาศไม่เพียงพอที่จะเลี้ยงจุลินทรีย์
  2. เป็นเทคโนโลยีที่ไม่เป็นอันตรายและไม่ก่อให้เกิดมลพิษข้างเคียงอื่นๆ
  3. ค่าใช้จ่ายในการทำงานของระบบกำจัดกลิ่นต่ำ

- ข้อเสีย**
1. ก่อนข้างจะอ่อนไหวต่อความเปลี่ยนแปลงของสารปนเปื้อน หากมีสารพิษเข้ามาในระบบมาก ระบบอาจจะล้มเหลว
  2. ใช้เวลาในช่วงแรกก่อนที่จะกำจัดอย่างมีประสิทธิภาพนานกว่าระบบอื่น เนื่องจากต้องรอจนมีปริมาณของจุลินทรีย์เพียงพอ



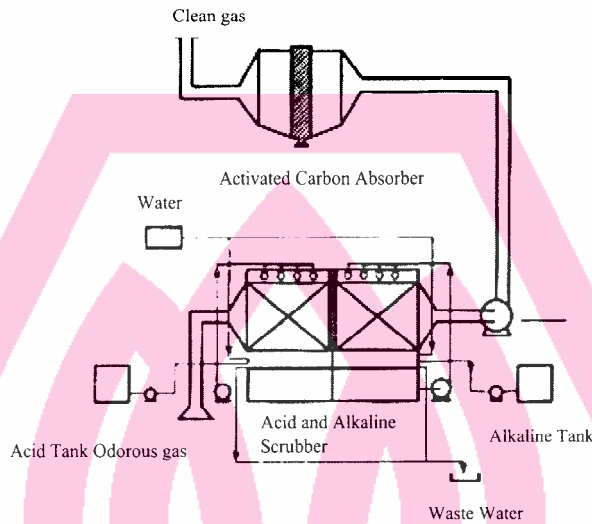
ภาพประกอบที่ 2.5 ระบบกำจัดกลิ่นด้วยกระบวนการชีวภาพ

5. ระบบสตรัมบิง แสดงดังภาพประกอบ 2.6 มีกระบวนการกำจัดกลิ่นในกรณีที่ส่วนหนึ่งของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นที่มีสภาพเป็นด่าง เช่น แอมโมเนีย เป็นต้น ทำปฏิกิริยากับสารละลายกรด จะได้สารประกอบต่าง ๆ ที่ไม่มีกลิ่น ส่วนในกรณีที่สารที่ก่อให้เกิดกลิ่นมีสภาพเป็นกรด เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ทำปฏิกิริยากับสารละลายด่าง ได้เป็นสารประกอบต่าง ๆ ที่ไม่มีกลิ่นหรือมีกลิ่นน้อยลง

- ข้อดี**
1. สามารถกำจัดกลิ่นที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ได้
  2. การลงทุนก่อสร้างระบบต่ำ

3. สามารถกำจัดตะออง และฝุ่น ได้พร้อม ๆ กัน

- ข้อเสีย
1. ไม่สามารถกำจัดสารประกอบที่เป็นกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ
  2. จะมีน้ำเสียเกิดขึ้นจากการใช้ระบบนี้
  3. ผู้ควบคุมต้องมีความชำนาญในการควบคุมและบำรุงรักษา

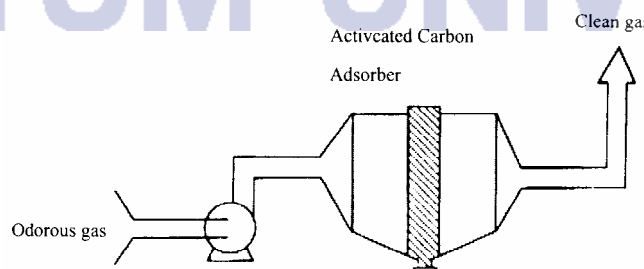


ภาพประกอบที่ 2.6 ระบบสครับบิง

6 ระบบดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ แสดงดังภาพประกอบ 2.7 มีกระบวนการกำจัดกลิ่นโดยสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นจะถูกดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ระบบนี้ใช้เสริมการกำจัดกลิ่นร่วมกับระบบอื่นๆ

- ข้อดี
1. เป็นระบบพื้นฐานและง่ายต่อการควบคุมและบำรุงรักษา
  2. มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสารอินทรีย์ และสามารถดูดซับสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นได้มาก
  3. เหมาะสมในการกำจัดอากาศเสียที่มีปริมาณมากและความเข้มข้นของกลิ่นต่ำ

- ข้อเสีย
1. มีประสิทธิภาพต่ำสำหรับการกำจัดสารแอมโมเนีย เอมีน และอัลดีไฮด์
  2. แก๊สที่มีกลิ่นความเข้มข้นสูง ต้องทำการเปลี่ยนผงถ่านกัมมันต์บ่อย หรือต้องทำการปรับสภาพ บ่อยครั้ง
  3. ช่วงเวลาที่ใช้สัมผัส ต้องปรับตามสภาพของอัตราการดูดซับกลิ่น



ภาพประกอบที่ 2.7 ระบบดูดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์

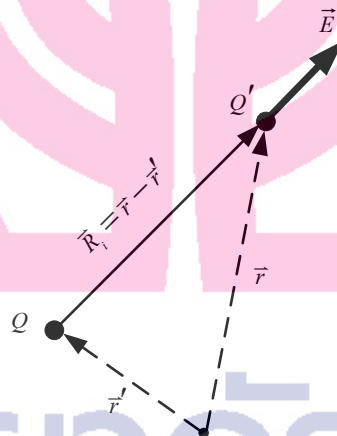
## 2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า

เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในหลักการของการใช้แรงดันไฟฟ้าสูงในการกำจัดแก๊ส จึงขอกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าก่อนพอสังเขป

2.2.1 สนามไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไรสามารถอธิบายได้ดังนี้ โดยบริเวณรอบประจุไฟฟ้า ( $Q_i$ ) มีอะไรสิ่งหนึ่งที่เมื่อนำเอาประจุอื่น ( $Q'$ ) เข้ามาในบริเวณนั้นแล้ว ทำให้เกิดแรงกระทำต่อประจุที่นำเข้ามา สิ่งนั้นที่เกิดจากประจุเรียกว่าสนามไฟฟ้า จะมีปริมาณมากหรือน้อยอาจแสดงหรือวัดในภาพของแรงที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งหน่วยประจุ ซึ่งค่านี้เราเรียกว่าความเข้มสนามไฟฟ้า (electric field intensity:  $\vec{E}$ ) ซึ่งเขียนค่าแรงกระทำได้ว่า  $\vec{F} = Q'\vec{E}$  ทั้งค่าแรง  $\vec{F}$  และค่าความเข้มสนามไฟฟ้า  $\vec{E}$  เป็นเวกเตอร์ในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นค่า  $\vec{E}$  คือ

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q'} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{4\pi\epsilon R_i^2} \vec{a}_{Ri} \quad \text{V/m} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $\vec{a}_{Ri}$  = เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทางจากประจุถึงจุดพิจารณาค่า  $\vec{E}$   
 $R_i$  = ระยะทางจากประจุถึงจุดพิจารณาค่า  $\vec{E}$  หน่วยเป็นเมตร  
 $\epsilon$  = เปรอิมิตติวิตีของตัวกลางรอบประจุ  $Q_i$



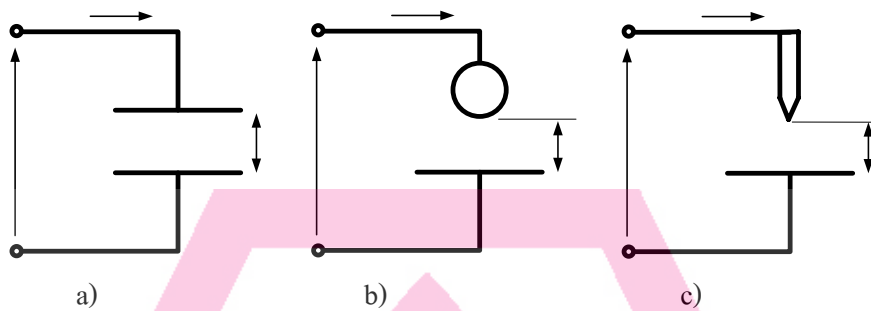
ภาพประกอบที่ 2.8 เวกเตอร์ความเข้มของสนามไฟฟ้า  $\vec{E}$  เกิดจากประจุดิจจุด Q ที่จุด P

จากสมการที่(2.1) แสดงให้เห็นว่าค่าความเคียดของสนามไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับค่าเปอร์มิตติวิตีหรือค่าความคงตัวไดอิเล็กตริกของตัวกลาง  $\epsilon$

### 2.2.2 ลักษณะภาพแบบของสนามไฟฟ้า อาจแบ่งได้เป็น -2 ชนิดคือ

1. สนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ หมายถึง ค่าสนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากันทุกจุด ดังเช่นสนามไฟฟ้าในบริเวณช่องว่างในอิเล็กโทรดแบบระนาบ-ระนาบ(plate-to-plate)
2. สนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอ คือค่าสนามไฟฟ้าแต่ละจุดมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดนั้นๆ ความแตกต่างของค่าสนามไฟฟ้าในแต่ละจุดจะมีแตกต่างกันมากหรือน้อยจะ

ขึ้นอยู่กับลักษณะทางเรขาคณิตของอิเล็กโทรด ดังนั้นสนามแบบไม่สม่ำเสมอจึงแบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย และแบบไม่สม่ำเสมอสูง



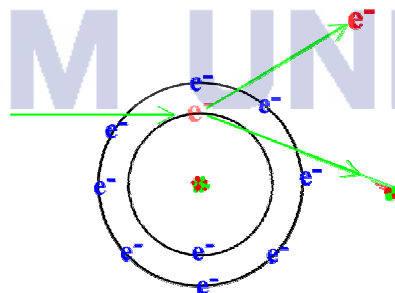
ภาพประกอบที่ 2.9 อิเล็กโทรดที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบต่าง ๆ กัน

- a) สนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ (uniform field)
- b) สนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย (slightly nonuniform field)
- c) สนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอสูง (highly nonuniform field)

จากหัวข้อที่ผ่านมาสรุปได้ว่า ถ้าเราจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วอิเล็กโทรด จะทำให้มีประจุไฟฟ้าที่ขั้วอิเล็กโทรดขึ้น และทำให้เกิดสนามไฟฟ้าระหว่างขั้ว ซึ่งค่าสนามไฟฟ้านี้จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับ 2 ประการคือ 1. คุณลักษณะตัวกลางหรือฉนวนที่กั้นระหว่างขั้วอิเล็กโทรดซึ่งอาจจะเป็นอากาศ, แก๊ส, ของแข็ง หรือค่าความคงตัวไดอิเล็กตริกของตัวกลาง  $\epsilon$  นั้นเอง และ ประการที่ 2 ลักษณะทางเรขาคณิตของอิเล็กโทรด

### 2.3 การเกิดไอออนในเซชัน

ถ้าให้ตัวกลางระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเป็นแก๊ส อะตอมหรือโมเลกุลของแก๊สจะได้รับพลังงานจากค่าสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เมื่อได้รับพลังงานที่เพียงพอค่าหนึ่ง จะทำให้อิเล็กตรอนของแก๊สหลุดออกไปหนึ่งอิเล็กตรอน อะตอมหรือโมเลกุลของแก๊สนั้นๆ จึงมีประจุบวก ปฏิกิริยานี้เรียกว่าเกิดการไอออนในเซชัน และถ้าทำให้เกิดกระบวนการที่แยกอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของแก๊ส และมีไอออนบวกเพิ่มมากขึ้นเรียกว่าไอออนในเซชัน (ionization) หรือการแตกตัวของอิเล็กตรอนจากโมเลกุล



ภาพประกอบที่ 2.10 ภาพจำลองการเกิดไอออนในเซชัน (ionization)

ส่วนกระบวนการที่ทำให้ไอเล็กตรอนหลุดออกจากของแข็ง เรียกว่า การปล่อยอิเล็กตรอน (electron emission) ในที่นี้คือการที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากอิเล็กโทโรด ซึ่งกระบวนการทั้งสองมีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่ทำให้แก๊สมีสภาพนำไฟฟ้าขึ้นได้

ซึ่งจากหลักการของไอออไนเซชันนั้น จึงเป็นแนวคิดในการที่จะสร้างสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มสูงค่าหนึ่ง ที่สามารถทำให้โมเลกุลของแก๊สเกิดการเปลี่ยนแปลงไป และมีการเปลี่ยนภาพทางเคมีของแก๊สที่ทำให้เกิดกลิ่นและจะนำไปสู่การบำบัดกลิ่นที่เกิดขึ้นจากแก๊สได้

#### 2.4 กลไกการกำจัดวัฏภาคแก๊ส

ในการบำบัดกลิ่นที่เกิดขึ้น จะใช้หลักการให้พลังงานจากสนามไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงกับอากาศในบริเวณที่มีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) ซึ่งจะทำให้ไอเล็กตรอนแตกตัวออกจากโมเลกุลของแก๊สซึ่งเรียกว่ากระบวนการไอออไนซ์ (ionization) กระบวนการนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนภาพทางเคมีของแก๊สที่ทำให้เกิดกลิ่นเปลี่ยนไปเป็นแก๊สในภาพแบบอื่นๆ และจะนำไปสู่การบำบัดกลิ่นที่เกิดขึ้นจากแก๊สได้ โดยเส้นทางการเปลี่ยนภาพทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) เมื่อเกิดกระบวนการไอออไนซ์ดังนี้

การกำจัด  $H_2S$  ที่อยู่ในวัฏภาคแก๊ส โดยการออกซิเดชันกับ  $H_2O$  ในภาพอนุโมลอิสระของ  $OH$  และ  $O$  ตามที่แสดงไว้ในตาราง 2.1 ซึ่งแสดงเป็นค่าคงที่ของปฏิกิริยา (reaction rate constants  $k$   $cm^3/molecule$ ) ที่สภาวะ 1 atm และ  $25^\circ C$  ส่วนอนุโมลอิสระ  $HS$  สามารถทำปฏิกิริยากับ  $O_2$  และ  $O_3$  โดยการสร้างโคโรนา เพื่อสร้างอนุโมลอิสระของ  $SO$  และ  $HSO$  ตามลำดับในตาราง 2.2

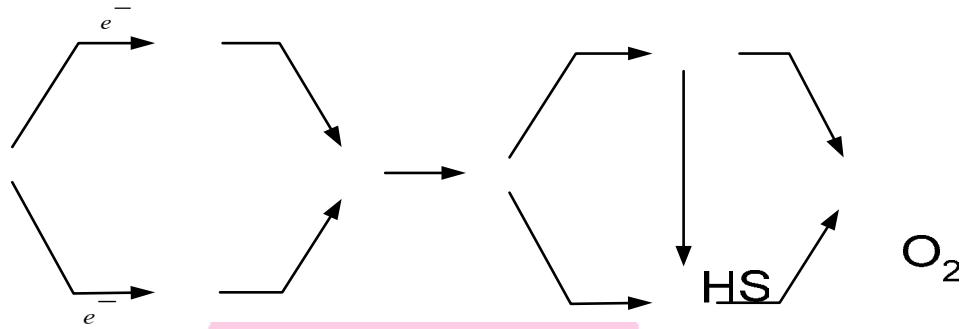
ตาราง 2.1 Gas – Phase Oxidation of  $H_2S$

Reaction Mechanism	$k(cm^3/molecule-s)$
$OH + H_2S \rightarrow HS + H_2O$	$4.8 \times 10^{-12}$
$O + H_2S \rightarrow HS + OH$	$2.2 \times 10^{-14}$

ตาราง 2.2 Reaction of  $HS$  With  $O_2$  And  $O_3$

Reaction Mechanism	$k(cm^3/molecule-s)$
$HS + O_2 \rightarrow OH + SO$	$4.0 \times 10^{-19}$
$HS + O_3 \rightarrow HSO + O_2$	$3.6 \times 10^{-12}$

จากตาราง 2.2  $SO$  และ  $HSO$  ถูกออกซิไดซ์กลายเป็น  $SO_2$  และถูกออกซิไดซ์กลายเป็น  $H_2SO_4$  (คุณภาพประกอบที่ 2.11)



ภาพประกอบที่ 2.11 แสดงปฏิกิริยาและเส้นทางที่เป็นไปได้ซึ่งนำไปสู่การทำลาย  $H_2S$

$HSO$  สามารถถูกออกซิไดซ์กลายเป็น  $SO_2$  และถูกออกซิไดซ์ต่อไปกลายเป็น  $H_2SO$  ในกรณีที่มีแก๊สหลงเหลืออยู่ ภาพประกอบที่ 2.11 แสดงความเป็นไปได้ของเส้นทางปฏิกิริยาทั้งหมดในการทำลาย  $H_2S$  ด้วยโคโรนา ในภาพประกอบที่ 2.11 ไม่ได้แสดงปฏิกิริยาทั้งหมดในการทำลาย  $H_2S$  ด้วยโคโรนา ทั้งนี้ปฏิกิริยาอื่นๆ อาจเกิดร่วมด้วยจากการจัดโดยผ่านปฏิกิริยาสารอนุมูลอิสระ ซึ่ง  $HS$  สามารถถูกสร้างขึ้นได้เช่นกัน ถ้าหากว่าอิเล็กตรอนที่วิ่งเข้าชนโมเลกุล  $H_2S$  มีพลังงานมากเกินกว่า 4.0 eV

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากข้อมูลทางสถิติในการร้องเรียนปัญหาด้านมลพิษในปี 2550 ของกรมควบคุมมลพิษพบว่าปัญหาด้านกลิ่นเหม็นเป็นปัญหาที่ถูกร้องเรียนมากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 41 ของปัญหาทั้งหมด(www.pcd.go.th) และจากการศึกษาก๊าซที่ปลดปล่อยจากขยะชุมชนเมืองพบว่าแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นแก๊สหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นโดยจะมีปริมาณมากในช่วง 2-3 วัน (อรอนงค์ ผิวนิลและคณะ, 2549) และที่ผ่านมามีการศึกษาและประยุกต์ใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสดตรงในงานบำบัดด้านสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่นการกรองอากาศระบบไฟฟ้าสถิตแรงดันสูง โดยการทำให้อากาศที่ปนเปื้อนฝุ่นละอองบริเวณรอบๆ อิเล็กโทรดที่ป้อนด้วยไฟฟ้ากระแสดตรงแรงดันสูง เกิดการไอออไนซ์ จะทำให้อนุภาคของฝุ่นละอองนี้มีประจุเป็นบวก และเคลื่อนที่เข้าหาชุดแผ่นดักฝุ่นที่ป้อนประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามหรือประจุลบไว้ และอากาศที่ปราศจากฝุ่นละอองจะเคลื่อนที่ผ่านไป(โชคดี เสนขวัญแก้วและคณะ, 2543) และการผลิตแก๊สโอโซนโดยใช้ไฟฟ้ากระแสดตรงแรงดันสูง แบบแรงดันกระเพื่อมแรงสูง ความถี่สูง เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสดตรงเพื่อผลิตแก๊สโอโซน โดยทั่วไปการใช้แรงดันสูงกระแสดตรงในการผลิตแก๊สโอโซนจะต้องใช้ระดับแรงดันสูงกว่าการใช้แรงดันสูงกระแสดสลับ จึงมีการตั้งสมมติฐานว่า ถ้าสามารถทำให้ไฟฟ้ากระแสดตรงแรงดันสูงมีภาพสัญญาณใกล้เคียงกับสัญญาณไฟฟ้ากระแสดสลับได้ ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนโดยใช้ไฟฟ้ากระแสดตรงแรงดันสูงน่าจะดีขึ้น(พงษ์ศักดิ์ พงษ์ปานและคณะ, 2543), และงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากอากาศ ด้วยวิธีการ ไอออไนซ์ โดยผู้วิจัยได้แสดงปฏิกิริยา

และเส้นทางที่เป็นไปได้เพื่อนำไปสู่การทำลายแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ดังภาพประกอบที่ 2.11 (Chang,M.B. and Tseng, T.D.,1996)

## 2.6 สรุป

การบำบัดกลิ่นนั้นมีหลายหลายวิธี แต่ละวิธีการก็มีข้อจำกัดในการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงสร้างสนามไฟฟ้าขึ้นเพื่อทำให้เกิดกระบวนการไอออไนซ์ (ionization) เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่มีแนวทางจะนำไปสู่การบำบัดกลิ่นที่เกิดขึ้นจากแก๊สได้ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น ระดับแรงดันไฟฟ้าหรือพลังงานจากสนามไฟฟ้า ระยะทางหรือระยะเวลาที่แก๊สอยู่ในเครื่องจ่ายแรงดันสูงและอัตราการไหลของแก๊ส



มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

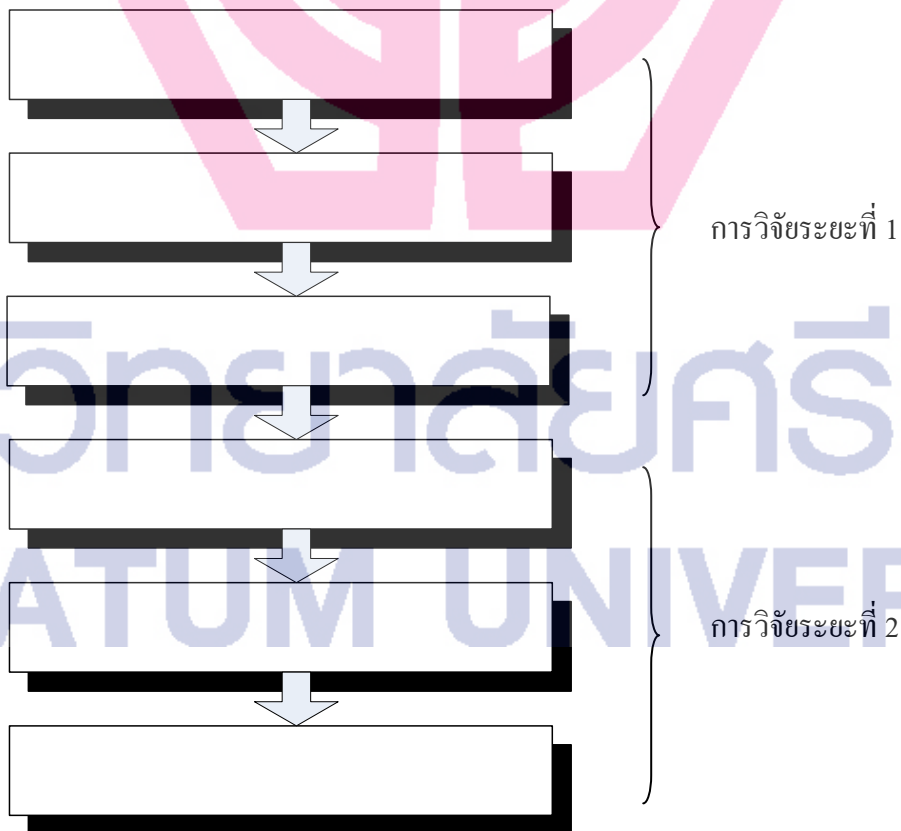
### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีวิจัย

##### 3.1 วิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและจัดสร้างต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางใหม่ในการบำบัดกลิ่นที่เกิดจากการเกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) โดยใช้พลังงานจากสนามไฟฟ้าทำให้เกิดกระบวนการที่ทำให้ไอเล็กตรอนแตกตัวออกจากโมเลกุลของแก๊ส ซึ่งเรียกว่ากระบวนการไอออไนซ์ (ionization) กระบวนการนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) ที่ทำให้เกิดกลิ่นเปลี่ยนไปเป็นแก๊สในรูปแบบอื่นๆ และจะนำไปสู่การบำบัดกลิ่นที่เกิดขึ้นจากแก๊สได้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่จะจัดสร้างขึ้นนี้ กำหนดให้มีแรงดันสูงกระแสตรงที่สามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 0 – 30 kV. เพื่อให้เหมาะสมกับการศึกษาการบำบัดกลิ่นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

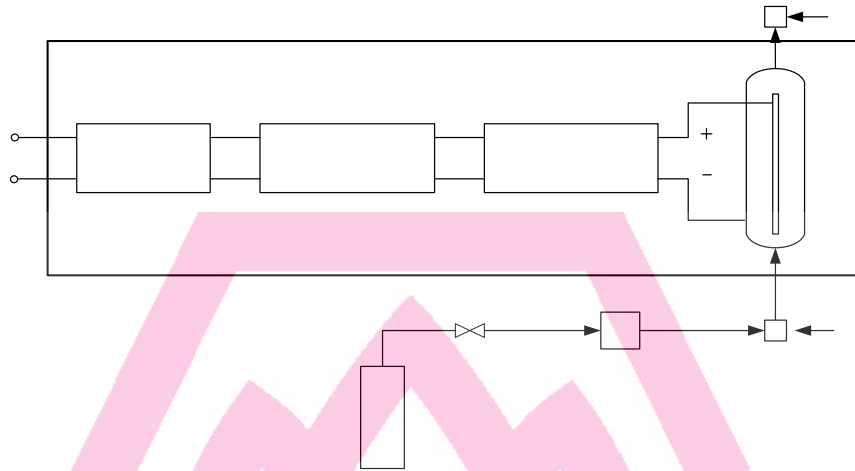
การวิจัยแนวทางการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อบำบัดกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยมีขั้นตอนดังแผนผังภาพประกอบที่ 3.1



ภาพประกอบที่ 3.1 แผนผังวิธีการวิจัยโครงการ



### 3.2 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง



ภาพประกอบที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

หลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ใช้หลักการเพิ่มแรงดันทางด้าน High frequency  
เอาท์พุทด้วยวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ โดยในโครงงานนี้ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูงทำ switching  
หน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำในวงจร ดังแสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแส  
ตรงแรงดันสูงได้ดังภาพประกอบที่ 3.2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ DC High Voltage Generator

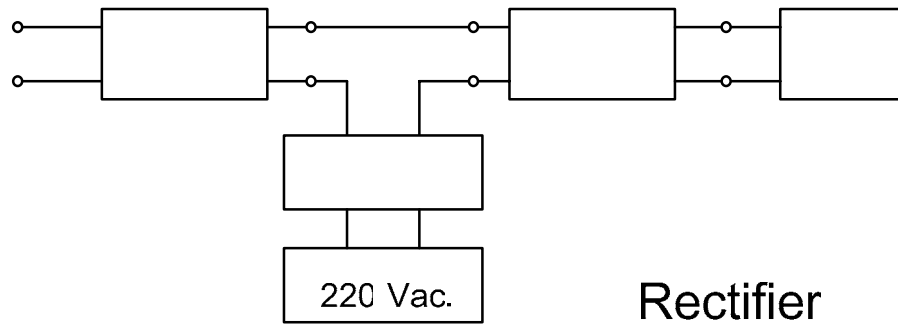
1. วงจรเรกติไฟเออร์(rectifier) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Vac. ให้เป็น  
ไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ 0-30 Vdc. เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่าย  
แรงดันให้กับวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

2. วงจรการสวิตช์ความถี่สูง(high frequency switching) ประกอบไปด้วยวงจรควบคุมการ  
จับเกต(gate drive) ที่สร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 30 kHz. และวงจรการสวิตช์ซึ่งด้วยเพาเวอร์  
มอสเฟต(power mosfet) ทำหน้าที่สวิตช์ซึ่งวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ Mixture Gas H<sub>2</sub>S

3. วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ เป็นวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งทำหน้าที่เพิ่ม  
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูงเป็นตัวเหนี่ยวนำในวงจร โดยมีแรงดัน  
ทางด้านเอาท์พุทสามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 0-30 kV.

4. ชุดอิเล็กทรอนิกส์ เป็นส่วนรับแรงดันสูงเพื่อสร้างสนามไฟฟ้าและทำให้เกิดในการไอออน  
ไนเซชันกับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

รายละเอียดในการออกแบบวงจรแต่ละส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง  
สามารถอธิบายได้ดังเนื้อหาต่อไปนี้



Rectifier

0-30 Vdc.

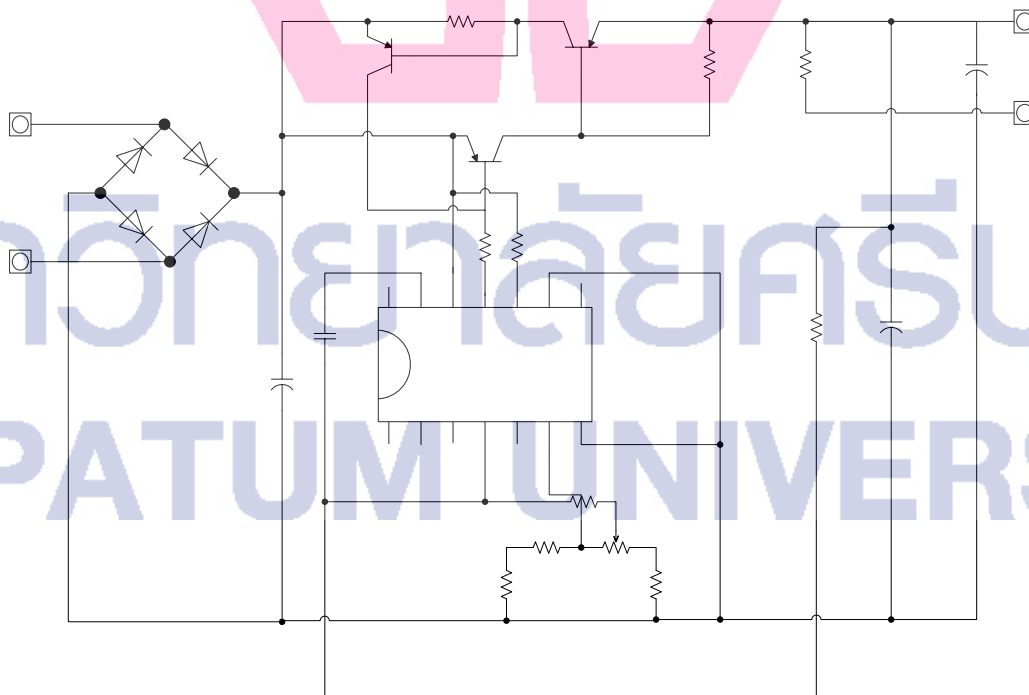
ภาพประกอบที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

### 3.2.1 วงจรเรกติไฟเออร์

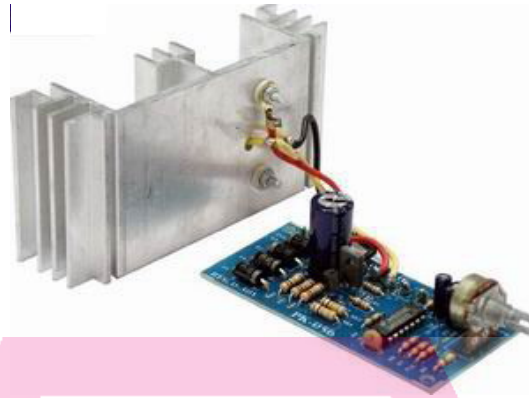
วงจรเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V. และแปลงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับระดับแรงดันได้ 0-30 V. โดยภายในวงจรเรกติไฟเออร์ แสดงดังวงจรภาพประกอบที่ 3.4 จะรับแรงดันจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V. ให้เป็น 24 V. และชุดไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์แปลงไฟกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง และส่งเข้าวงจรเรกกูเรเตอร์(U4 # LM723CM) โดยสามารถปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ตามต้องการที่ความต้านทาน(VR1) โดยรูปการประกอบวงจรส่วนเรกติไฟเออร์แสดงดังภาพประกอบที่ 3.5

Power Mos

Gate Drive



ภาพประกอบที่ 3.4 วงจรเรกติไฟเออร์



ภาพประกอบที่ 3.5 ภาพวงจรเรกติไฟเออร์ที่ใช้งานวิจัย

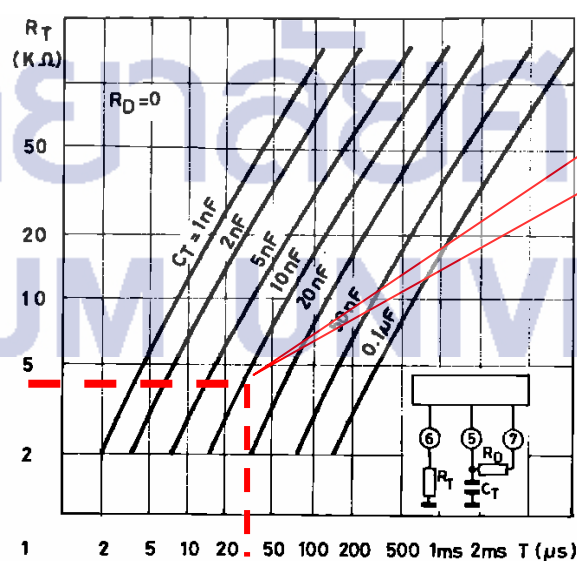
### 3.2.2 วงจรควบคุมการขับเคลื่อน

ในวงจรควบคุมการขับเคลื่อนเป็นวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ควบคุมการสวิตช์ซึ่งของเพาเวอร์ MOSFET ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ IC # SG3525 ทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ ( $f$ ) ของสัญญาณสามารถกำหนดได้จากค่าความต้านทาน  $R_T$  และค่าคาปาซิเตอร์  $C_T$  ดังสมการต่อไปนี้

$$T = R_T \times C_T \quad (3.1)$$

เมื่อ  $T$  คือคาบของสัญญาณคั้งนั้น  $f = \frac{1}{T} \quad (3.2)$

หรือทำการเลือกค่าความต้านทาน  $R_T$  และค่าคาปาซิเตอร์  $C_T$  จากตารางใน Data Sheet ของ ไอซี ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดค่าความถี่ที่เหมาะสมกับการสร้างกระแสตรงแรงดันสูงไว้ที่ 30 kHz. ( $T = 33.33 \mu s$ .) และทำการคำนวณหาค่าความต้านทาน  $R_T$  และค่าคาปาซิเตอร์  $C_T$  ด้วยวิธีการเปิดตารางใน Data Sheet ของไอซี ซึ่งจะได้ค่า  $R_T = 5 k\Omega$ . และค่า  $C_T = 10 nF$ . ดังแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 3.6

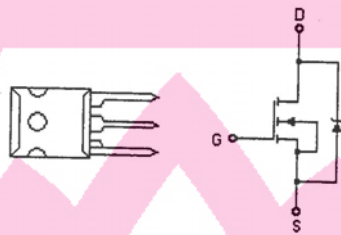


จุดหาค่า  $R_T$  และ  $C_T$  ในการใช้งาน

ภาพประกอบที่ 3.6 การหาค่า  $R_T$  และค่าคาปาซิเตอร์  $C_T$  จาก Datasheet

### 3.2.3 เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ในการสวิตช์ซึ่งที่ควบคุมด้วยแรงดันและต้องการกระแสอินพุตต่ำมากๆ ความเร็วในการสวิตช์ซึ่งสูง เวลาในการสวิตช์ซึ่งต่ำมากเป็นนาโนวินาที เพาเวอร์มอสเฟตได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานด้าน คอนเวอร์เตอร์ที่กำลังต่ำแต่ความถี่สูง ในงานวิจัยนี้ใช้เพาเวอร์มอสเฟต ทำหน้าที่สวิตช์ในวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ โดยเลือกเพาเวอร์มอสเฟต แบบ N – Channel

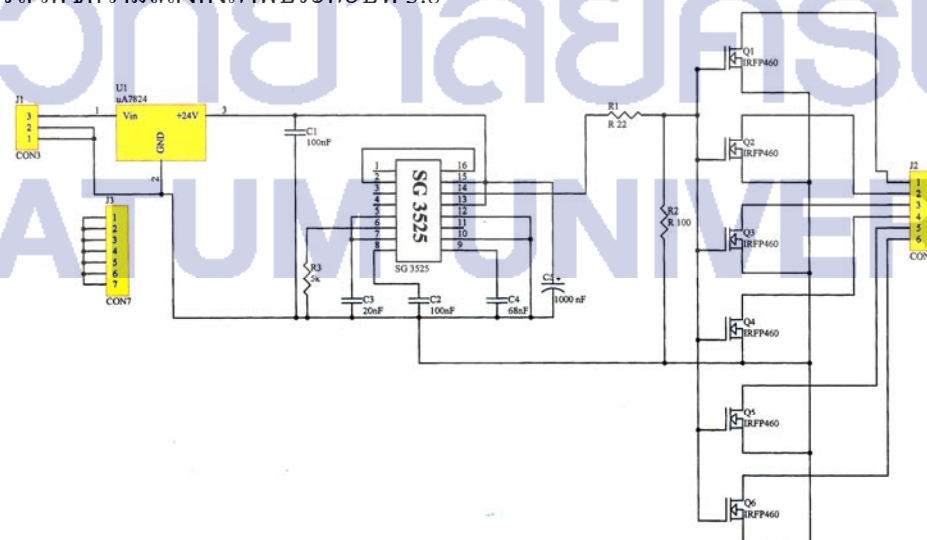


ภาพประกอบที่ 3.7 ตัวอย่างมอสเฟตและสัญลักษณ์ชนิด N-Channel Enhancement Mode

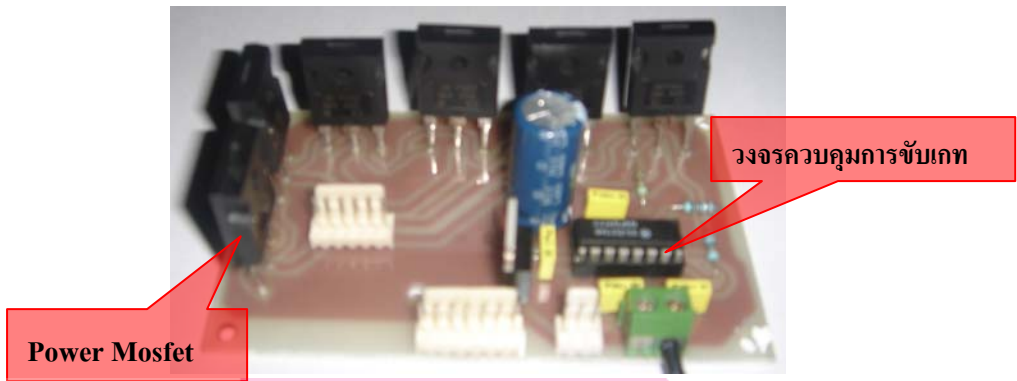
#### 3.2.3.1 หลักการเลือกเพาเวอร์มอสเฟต

เนื่องจากในที่นี้ใช้เพาเวอร์มอสเฟต ในการสวิตช์ซึ่งแรงดันสูง ด้วยสาเหตุเองนี้เพาเวอร์มอสเฟตที่ใช้ต้องทนแรงดันได้สูงดังนั้นเบอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานคือ IREFP 460 ซึ่งเป็นมอสเฟตแบบ เพาเวอร์ ที่สวิตช์ซึ่งความถี่สูง สามารถทนแรงดัน 500 V และที่พิกัดกระแส 20A

จากที่ต้องการออกแบบให้ระดับแรงดันเอาท์พุทของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง กระแสตรงมีขนาดสูงสุดที่ 30 kV. จึงต้องนำหม้อแปลงแรงดันความถี่ในวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์มาต่ออนุกรมกันทั้งสิ้น 6 ชุดด้วยกัน ดังนั้นในวงจรส่วนการสวิตช์ซึ่งนี้จึงต้องใช้เพาเวอร์มอสเฟต 6 ตัว ควบคุมแยกอิสระกันในแต่ละหม้อแปลงแรงดันความถี่ แต่สัญญาณในการขับเกทนั้นจะเป็นสัญญาณเดียวกันหรือเวลาในการสวิตช์ซึ่งนั้นจะเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 6 วงจร แสดงวงจรส่วนวงจรการสวิตช์ซึ่งความถี่ดังภาพประกอบที่ 3.8



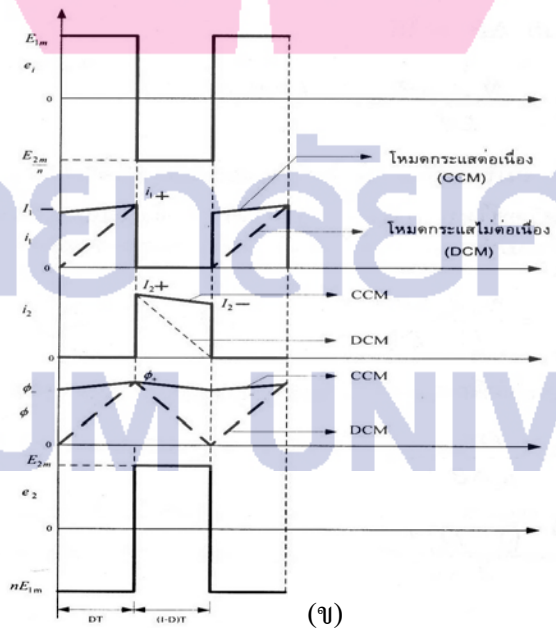
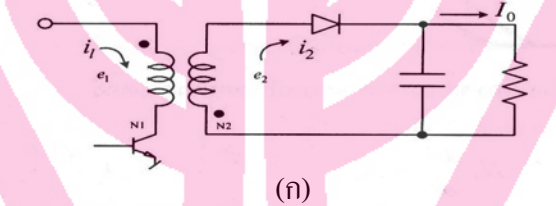
ภาพประกอบที่ 3.8 วงจรรวมชุดขับเกทและเพาเวอร์มอสเฟต



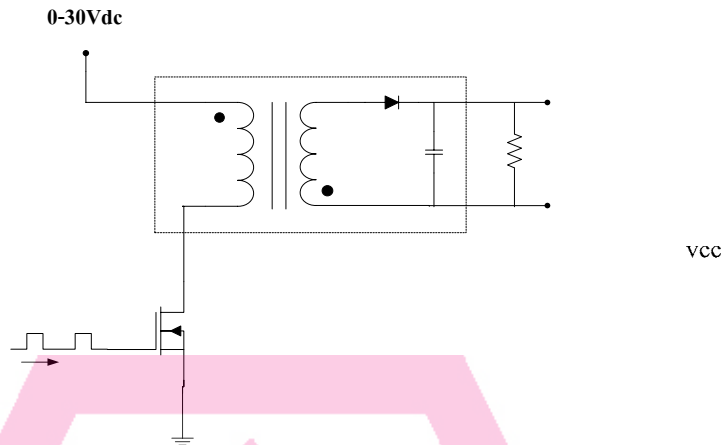
ภาพประกอบที่ 3.9 ภาพวงจรส่วนการสวิตช์ซึ่งในงานวิจัย

### 3.2.4 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)

ฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ เป็นวงจรลักษณะบัสต์คอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งทำหน้าที่เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรวงจรเรกติไฟเออร์ให้มีระดับแรงดันสูงขึ้น โดยใช้หลักการเก็บสะสมพลังงานในตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าขณะสวิตช์นำกระแส ( $DT$ ) และจะคายพลังงานไปยังโหลดขณะสวิตช์ไม่นำกระแส ( $(1-D)T$ ) ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์แบบมีการแยกกันทางไฟฟ้า คือใช้หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง ทำหน้าที่เหมือนตัวเหนี่ยวนำและยังแยกการเชื่อมโยงกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของวงจร ดังภาพประกอบที่ 3.10



ภาพประกอบที่ 3.10 (ก) วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ที่สวิตช์ด้วยทรานซิสเตอร์และ (ข) ภาพคลื่นสัญญาณของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์



ภาพประกอบที่ 3.11 วงจรของฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ในงานวิจัย

จากภาพประกอบที่ 3.11 เพาเวอร์มอสเฟส IRF P460 ในวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์จะทำงานเป็นสวิตช์ ให้กับวงจร โดยจะทำงานตามสัญญาณพัลส์ที่ได้จากวงจรควบคุมการขับเคลื่อน เนื่องจากหม้อแปลงความถี่สูงจะกำหนดขดไฟโพรมารี่และขดเซคันดารีให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อเพาเวอร์มอสเฟตนำกระแสไดโอดจึงอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส จึงมีการสะสมพลังงานในตัวเหนี่ยวนำของขดลวดด้านไฟโพรมารี่ เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตหยุดนำกระแสสนามแม่เหล็กที่ขดลวดขดตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดลวดไฟโพรมารี่และขดลวดเซคันดารี ดังนั้นไดโอดก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดลวดไฟโพรมารี่ของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดลวดเซคันดารี และมีกระแสไหลผ่านไดโอดไปยังโหลดได้ ค่าระดับแรงดันเอาท์พุทของฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ขึ้นอยู่กับค่าความถี่ในสวิตช์ของเพาเวอร์มอสเฟตหรือช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต , อัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงและค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านอินพุต

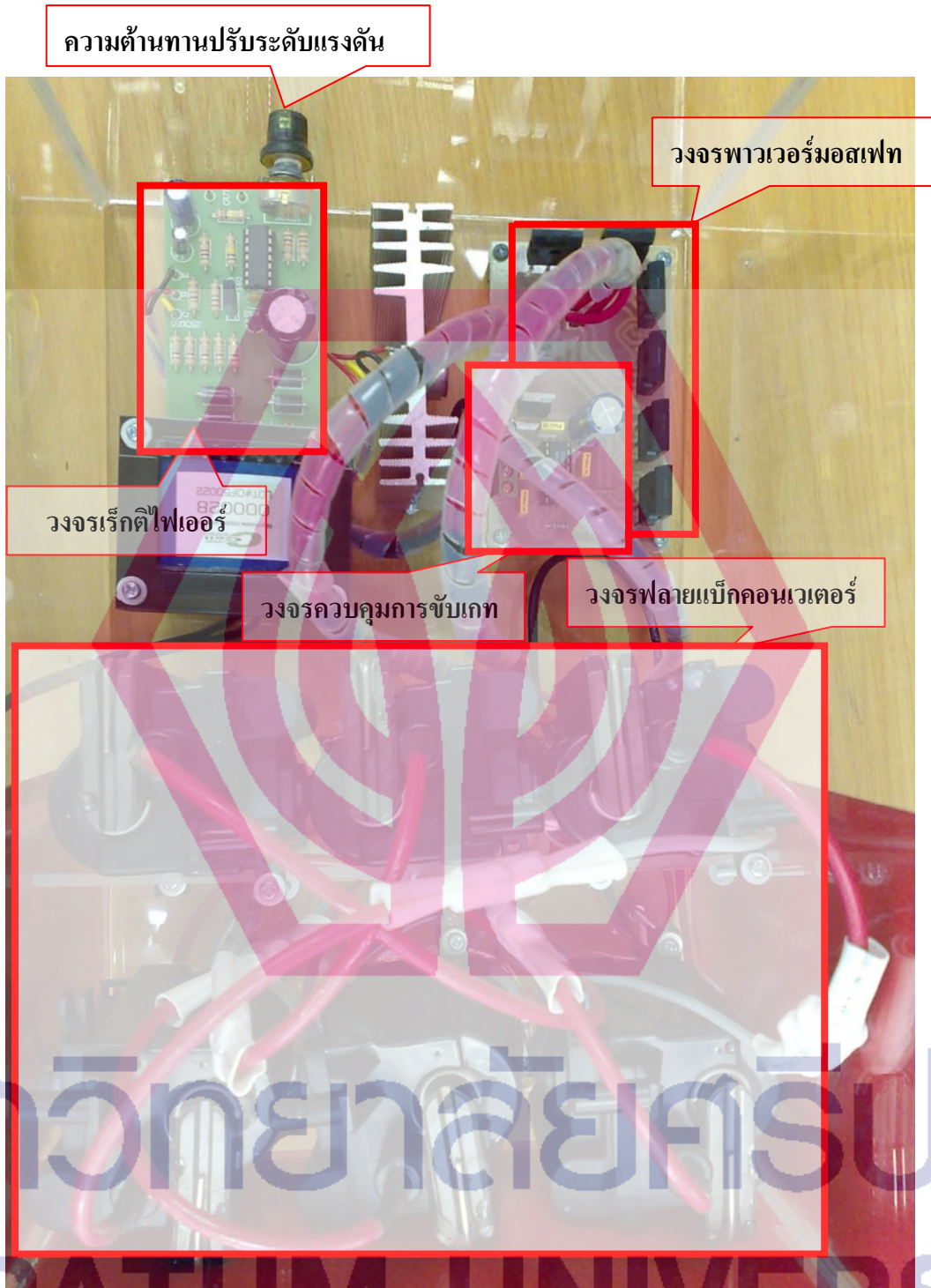
Power mosfet  
IRF P460

### 3.2.4.1 หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง (Flyback Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูงหรือหม้อแปลงฟลายแบ็ก ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ และเพิ่มระดับแรงดัน(step-up transformer) โดยภายในตัวหม้อแปลงฟลายแบ็กมีไดโอดแรงดันสูงสามารถรับแรงดันทางเอาท์พุทได้ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้หม้อแปลงความถี่สูงสำเร็จภาพ เบอร์ LG 6174V-6006E มาใช้ดังภาพประกอบที่ 3.11



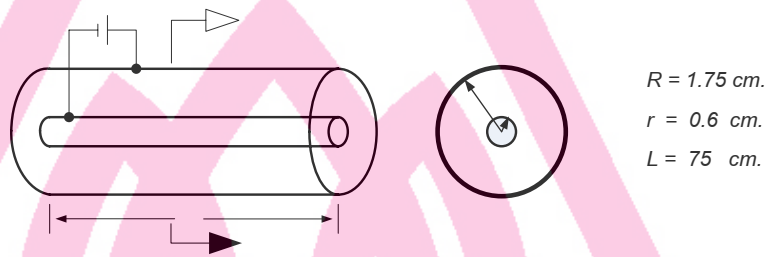
ภาพประกอบที่ 3.11 หม้อแปลงฟลายแบ็ก LG 6174V-6006E



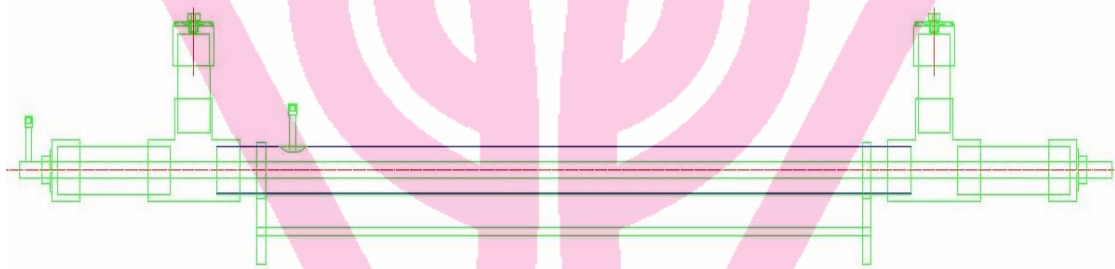
ภาพประกอบที่ 3.12 วงจรวมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

### 3.3 การออกแบบอิลีกโทรด

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองออกแบบและจัดสร้างอิลีกโทรดสำหรับทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงและใช้ทดสอบการบำบัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เบื้องต้น โดยได้ออกแบบเป็นลักษณะอิลีกโทรดทรงกระบอก ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.11 ซึ่งมีขนาดความยาวของท่ออิลีกโทรดคือขนาด 3.5x75 ซม. (diameter x length) โดยใช้ท่อสแตนเลสเป็นขั้วแอโนด และแกนสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. เป็นขั้วแคโทด ดังแสดงในภาพประกอบ 3.13



ภาพประกอบที่ 3.13 ขนาดและความยาวของอิลีกโทรด



ภาพประกอบที่ 3.14 โครงสร้างของอิลีกโทรด

จากภาพประกอบที่ 3.14 สามารถคำนวณหาค่าเกรเดียนต์สูงสุด ( $E_{max}$ ) ที่เกิดขึ้นที่ผิวลวดตัวนำ ภายใน (inner conductor) ได้ดังสมการที่ 3.1

$$E_{max} = \frac{V}{r \ln \frac{R}{r}} \quad (3.3)$$

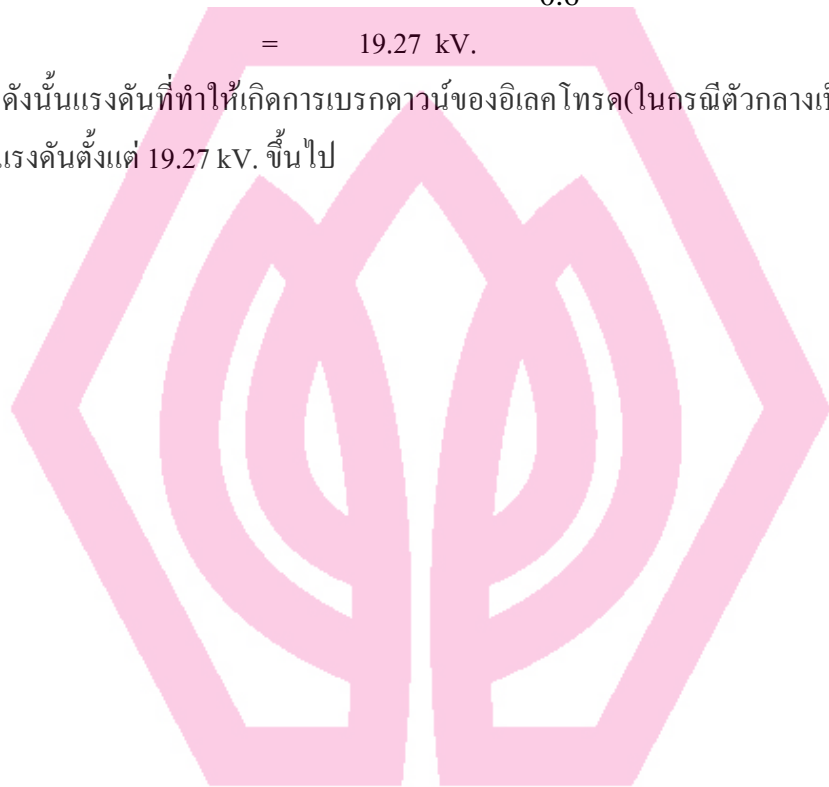
โดยที่	$E_{max}$	คือ	ค่าเกรเดียนต์สูงสุด (โวลต์/เซนติเมตร)
	V	คือ	แรงดันไฟฟ้าระหว่างแท่งตัวนำภายในและทรงกระบอกนอก (โวลต์)
	R	คือ	รัศมีภายนอก (ขั้วแอโนด) (เซนติเมตร)
	r	คือ	รัศมีของแท่งตัวนำ (ขั้วแคโทด) (เซนติเมตร)



เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ระหว่างแท่งตัวนำภายในและทรงกระบอกนอกที่ทำให้ค่า  
เกรเดียนต์สูงสุดเกิดขึ้นที่ผิวของแท่งตัวนำภายในมีค่าเกิน breakdown strength ของอากาศพอดิ  
(อากาศมีค่า breakdown strength เท่ากับ 30 kV/ ซม.) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} V &= E_{\max} \cdot r \ln \frac{R}{r} \\ V &= 30 \text{ kV} \times 0.6 \ln \frac{1.75}{0.6} \\ &= 19.27 \text{ kV.} \end{aligned}$$

ดังนั้นแรงดันที่ทำให้เกิดการเบรกดาวน์ของอิเล็กโทรด(ในกรณีตัวกลางเป็นอากาศ) จะ  
อยู่ที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 19.27 kV. ขึ้นไป



มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การทดลองต้นแบบเครื่องสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงจะทำการทดลอง 2 ส่วนดังนี้

1. การทดลองการทำงานของวงจรสวิตช์ความถี่สูงคือส่วนวงจรควบคุมการขับเคลื่อนที่สร้างสัญญาณพัลส์ และวงจรการสวิตช์ซึ่งด้วยเพาเวอร์มอสเฟต

2. การทดลองความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันอินพุทและค่าแรงดันเอาต์พุทของเครื่องสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

#### 4.1 การทดลองวงจรสวิตช์ความถี่สูง

##### 4.1.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

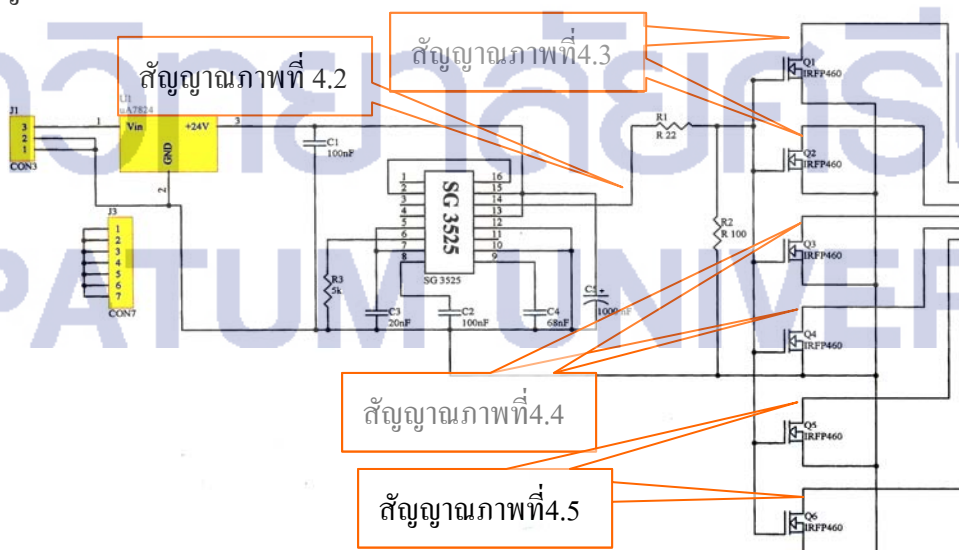
1. เพื่อทำการวัดสัญญาณทางไฟฟ้าในส่วนของวงจรควบคุมการขับเคลื่อนที่มีความถี่ต่างๆ
2. เพื่อทำการวัดสัญญาณทางไฟฟ้าในส่วนของวงจรการสวิตช์ของพาวเวอร์มอสเฟต

##### 4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรควบคุมการขับเคลื่อนกับพาวเวอร์มอสเฟตตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 ซึ่งแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 4.1

2. ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุทของวงจรควบคุมการขับเคลื่อน โดยทำการทดลองปรับค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์ให้ได้ที่ 20kHz และ 30kHz

3. ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุทของวงจรพาวเวอร์มอสเฟตที่ขาสวิตช์ ที่ทำการขับเคลื่อนด้วยสัญญาณพัลส์ความถี่ 20kHz และ 30kHz

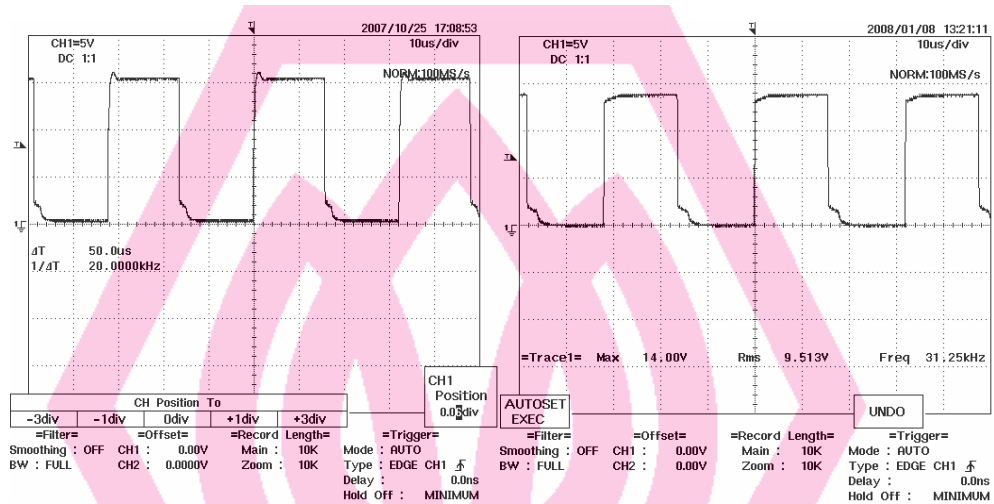


ภาพประกอบที่ 4.1 ตำแหน่งการวัดสัญญาณทางไฟฟ้าของวงจรสวิตช์ความถี่สูง

### 4.1.3 ผลการทดลองวงจรสวิตซ์ความถี่สูง

#### 4.1.3.1 สัญญาณพัลส์ของ SG3525

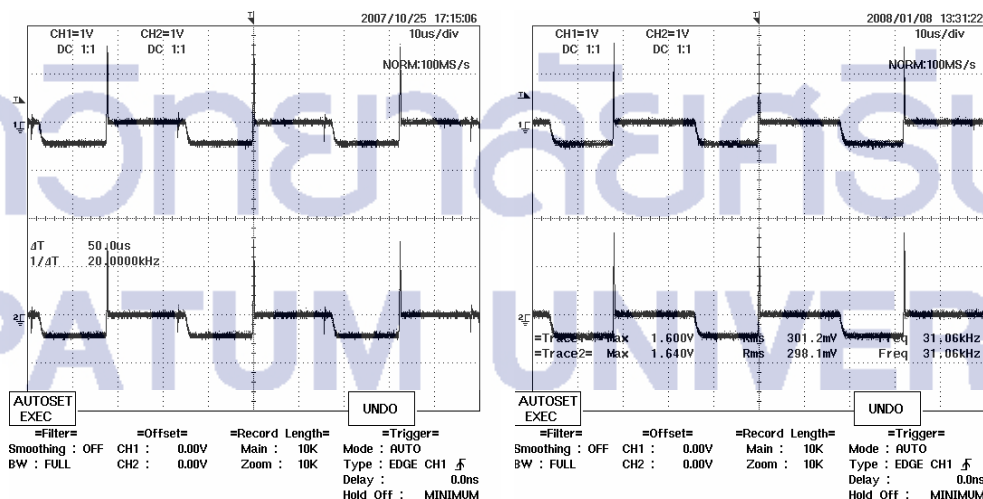
จากการทดลองวัดสัญญาณจากขา 14 ของ IC #SG3525 เพื่อไปควบคุมการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟต สัญญาณพัลส์จะมี 2 เฮิร์ตซ์ คือ ที่ขา 11 และ 14 จะสลับการทำงานกันซึ่งจะควบคุมสัญญาณพัลส์ได้โดยการปรับ  $R_T$  และ  $C_T$  แสดงดังภาพประกอบที่ 4.2



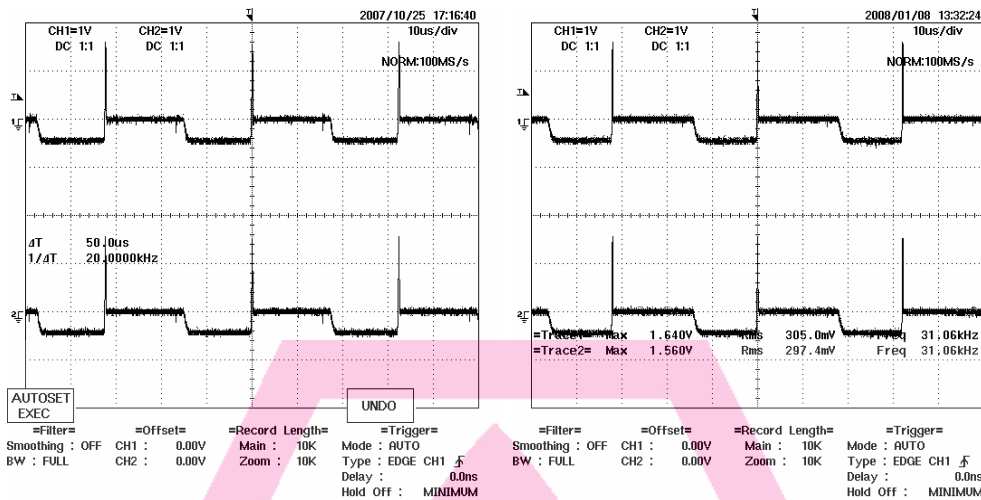
ภาพประกอบที่ 4.2 สัญญาณพัลส์ของ SG 3525ขา 14 ที่ความถี่ 20 kHz และ 30 kHz

#### 4.1.3.2 สัญญาณเอาต์พุตเพาเวอร์มอสเฟต (Power Mosfet)

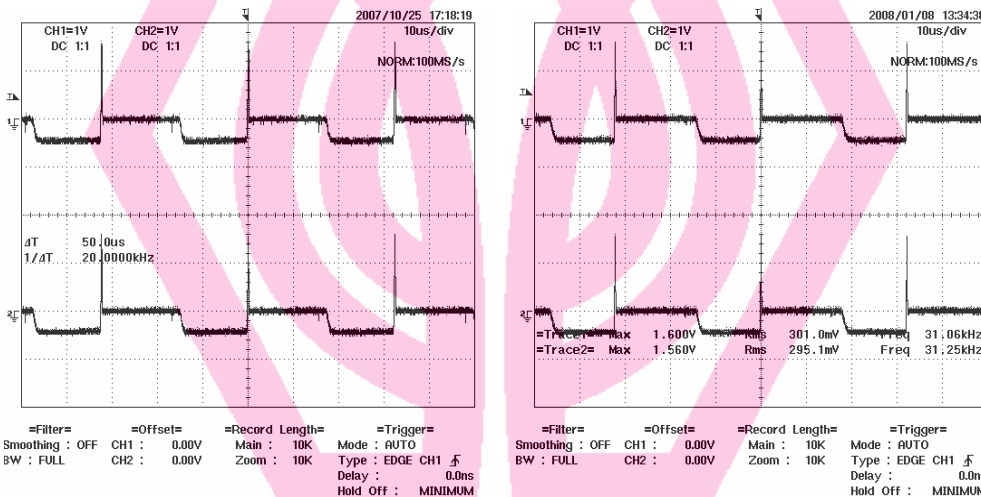
เมื่อนำสัญญาณพัลส์จากวงจรควบคุมการขับเคลื่อน มาทำการสวิตซ์เพาเวอร์มอสเฟต และทำการวัดสัญญาณการนำกระแส จะแสดงในภาพประกอบที่ 4.3 ถึง 4.5



ภาพประกอบที่ 4.3 สัญญาณการนำกระแสของมอสเฟตตัวที่1และที่ความถี่ 20kHz และ 30kHz



ภาพประกอบที่ 4.4 สัญญาณการนำกระแสสเฟดตัวที่3และ4ที่ความถี่ 20kHz และ 30kHz



ภาพประกอบที่ 4.5 สัญญาณการนำกระแสสเฟดตัวที่5และ6ที่ความถี่ 20kHz และ 30kHz

## 4.2 การทดลองความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันอินพุตและค่าแรงดันเอาต์พุตของเครื่องสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

การทดสอบการจ่ายแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง จะทำการทดลองโดยให้วงจรควบคุมการขับเคลื่อนทำการสวิตช์ ที่ความถี่ 30 kHz. เพราะจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้พิสูจน์ว่าเป็นย่านความถี่ที่ให้แรงดันด้านเอาต์พุตมีค่าสูงสุดและเป็นมีแรงดันเอาต์พุตมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นเชิงเส้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับแรงดันอินพุต

### 4.2.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทำการแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันไฟฟ้าในส่วนของอินพุตและเอาต์พุต
2. เพื่อทำการวัดสัญญาณของแรงดันสูงกระแสตรงของเครื่อง

#### 4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

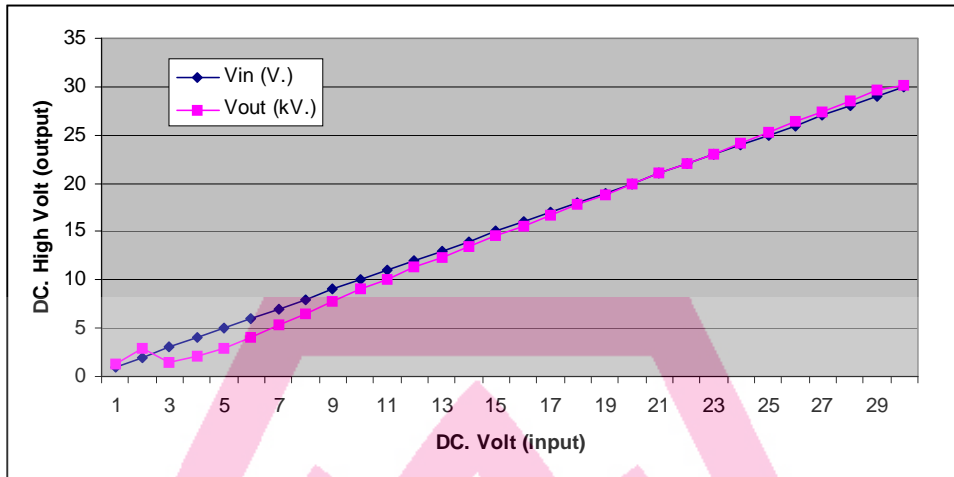
1. ทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (เอาท์พุทของวงจรเรกติไฟเออร์) ที่จ่ายให้วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ โดยให้ห้มีค่าเพิ่มขึ้นทีละ 1 Vdc. จากค่าแรงดัน 1- 30 Vdc.
2. ทำการวัดระดับแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงด้วย high voltage probe meter
3. ทำการวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงด้วย oscilloscope

#### 4.2.3 ผลการทดลอง

4.2.3.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระดับแรงดันไฟฟ้าในส่วนของอินพุต( $V_{in}$ ) และเอาท์พุท ( $V_{out}$ ) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงแสดงได้ดังตาราง 4.1 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ดังภาพประกอบที่ 4.6

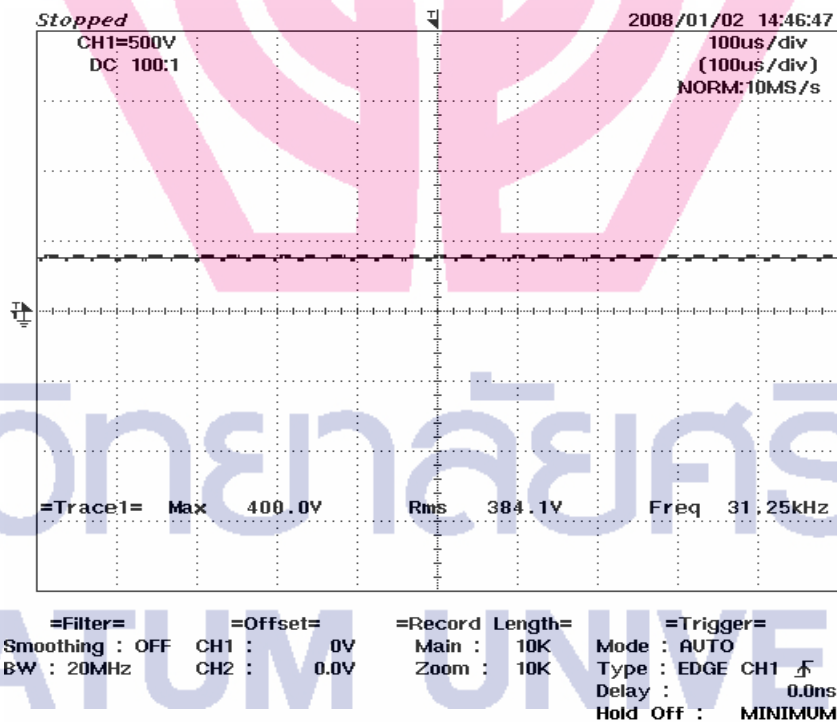
ตาราง 4.1 ตารางแสดงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่าง  $V_{in}$  กับ  $V_{out}$

$V_{in}$ (Vdc.)	$V_{out}$ (kVdc.)	$V_{in}$ (Vdc.)	$V_{out}$ (kVdc.)
1	1.23	16	15.62
2	2.92	17	16.76
3	1.53	18	17.79
4	2.12	19	18.78
5	2.90	20	19.96
6	4.03	21	21.11
7	5.35	22	22.01
8	6.55	23	23.06
9	7.82	24	24.13
10	9.02	25	25.26
11	10.07	26	26.41
12	11.32	27	27.41
13	12.36	28	28.48
14	13.48	29	29.63
15	14.60	30	30.21

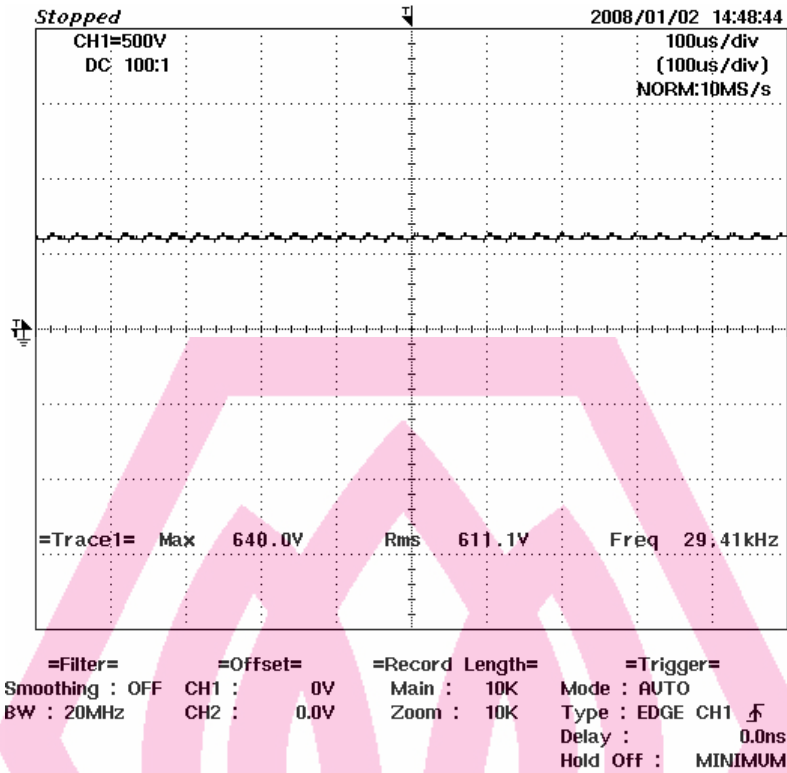


ภาพประกอบที่ 4.6 กราฟแสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตในวงจรสร้างกระแสตรงแรงดันสูง

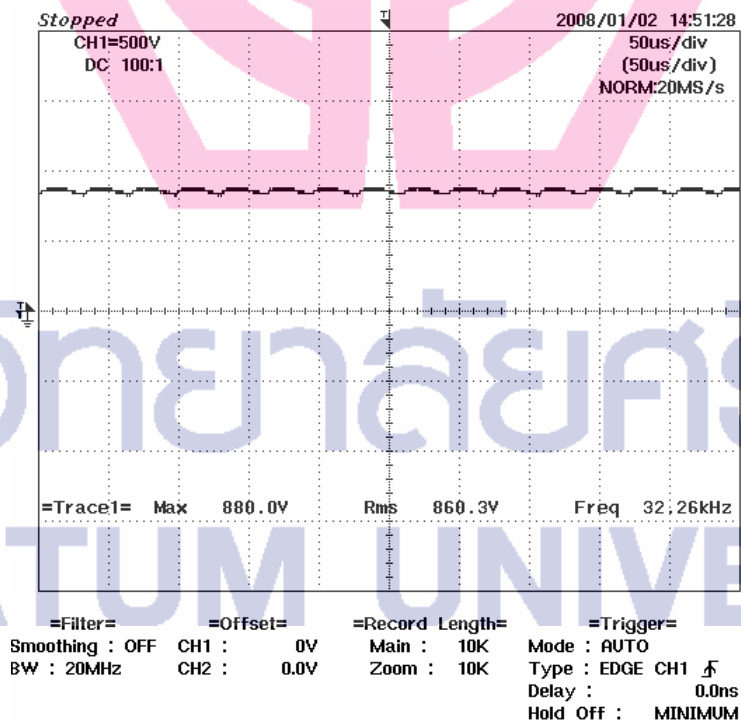
4.2.3.2 ผลการวัดภาพสัญญาณเอาต์พุต ( $V_{out}$ ) แรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงของเครื่องกำเนิดแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 4.7 ถึง 4.9



ภาพประกอบที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงที่ 400 โวลท์



ภาพประกอบที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงที่ 600 โวลท์



ภาพประกอบที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุตแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงที่ 860 โวลท์

## บทที่ 5

### สรุป

#### 5.1 สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้จัดสร้างต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงสำหรับการศึกษาคำบับดกลืนที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง โดยใช้หลักการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งค่าความเหนี่ยวนำในวงจรเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง (flyback transformer) และทำการสวิตช์วงจรด้วยมอสเฟตสัญญาณพลัสต์ในการสวิตช์ควบคุมด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ (IC # SG3525)

ในการออกแบบวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อให้ได้ค่าระดับแรงดันทางด้านเอาต์พุตได้สูงสุด 30 kV. ตามวัตถุประสงค์ จึงได้นำหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูงมาต่ออนุกรมกันในวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์รวมกัน 6 ชุด และจากการทดสอบ วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ ทำการสวิตช์ที่ความถี่ 30 kHz เครื่องต้นแบบสามารถจ่ายแรงดันสูงไฟฟ้ากระแสตรงด้านเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 0 - 30 kV. โดยทำการปรับค่าแรงดันทางด้านอินพุตที่ 0 - 30 Vdc.

ทั้งนี้จะได้มีการนำเอาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่ได้จัดสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางการบำบัดกลืนที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงในการวิจัยต่อไปภายหน้า





บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

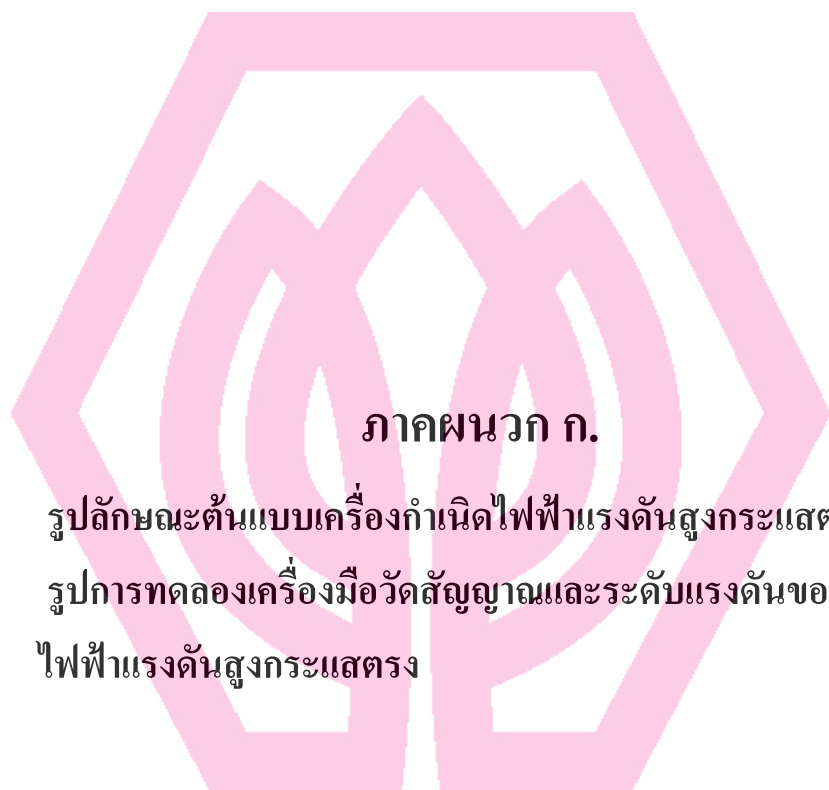
## บรรณานุกรม

- โชคดี เสนขวัญแก้ว , พิเชฐ รัตนเทพี และ สัญญา รัตนโสภา. เครื่องกรองอากาศแบบไฟฟ้าสถิตแรงดันสูงโดยประยุกต์ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2543.
- นพภาพร พานิชและคณะ. ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- พงษ์ศักดิ์ พงษ์ปาน และคณะ. เครื่องผลิตก๊าซโอโซนโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันกระเพื่อมแรงสูงความถี่สูง. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.
- พรพิมล รัตนวิเชียร. เครื่องผลิตก๊าซโอโซนพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.
- วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ชาราธิรเศรษฐ์. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549.
- ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุลและคณะ . “เครื่องผลิตโอโซนพลังงานแสงอาทิตย์”, วารสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 19. 19(1) : 48-53 ; ตุลาคม , 2539.
- ศิริโรตม์ เกตุแก้ว. “การศึกษาการออกแบบเครื่องผลิตก๊าซโอโซนโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าสวิตซ์แรงดันสูงความถี่สูงแบบฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์”, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง. 8(1) : 55-63 ; มกราคม - เมษายน, 2548
- สำรวย สังข์สะอาด. วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
- Chang M.B. and Tseng T.D. “Gas - phase removal of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> with dielectric barrier discharges”, *Journal of Environmental Engineering* . 122(1); 1996.



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY



ภาคผนวก ก.

รูปลักษณะต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง  
รูปการทดลองเครื่องมือวัดสัญญาณและระดับแรงดันของเครื่องกำเนิด  
ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY

รูปลักษณะต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง



ภาพประกอบที่ ก.1 ด้านหน้าและด้านหลังเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

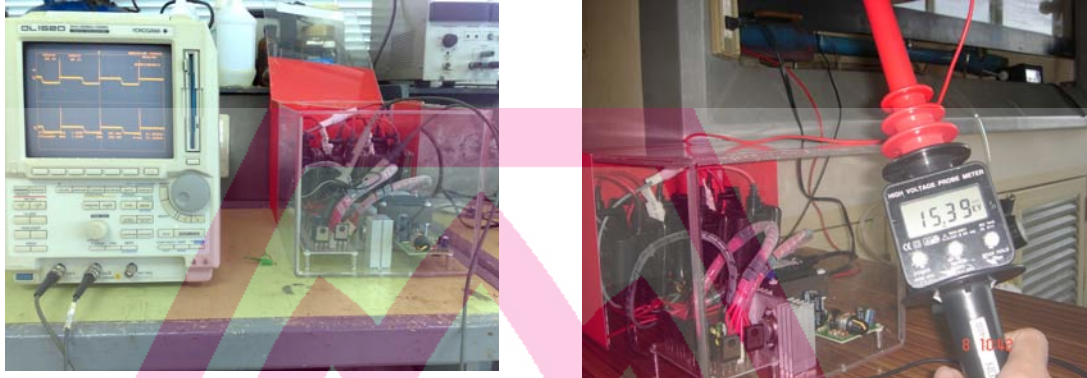


ภาพประกอบที่ ก.2 ด้านข้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

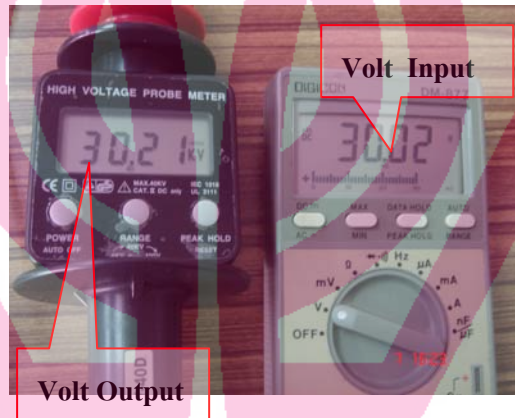


ภาพประกอบที่ ก.3 ด้านข้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

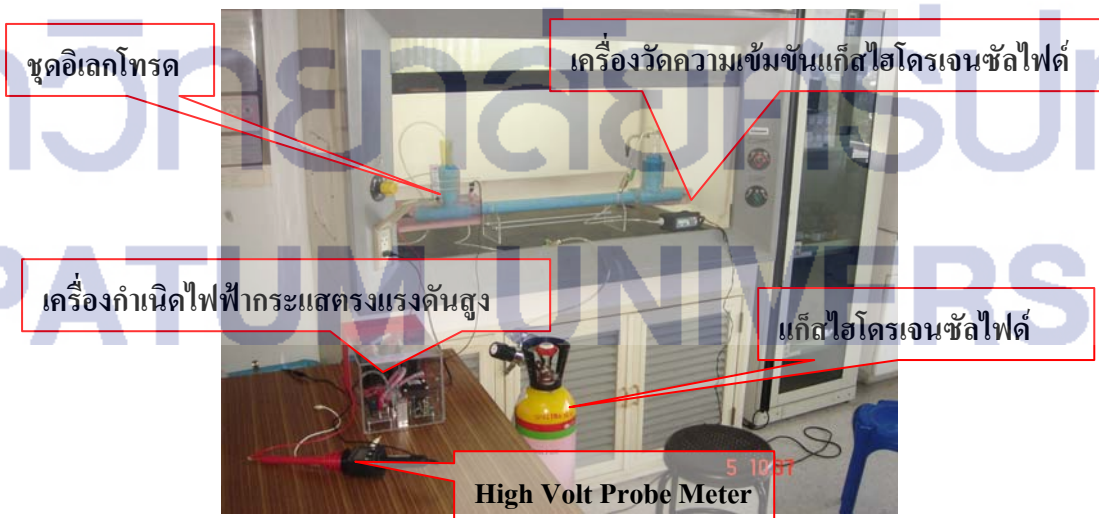
รูปการทดลองเครื่องมือวัดสัญญาณและระดับแรงดันไฟฟ้า



ภาพประกอบที่ ก.4 การใช้ฮอสซิลอสโคปวัดสัญญาณวงจรและโพรบวัดแรงดันสูง



ภาพประกอบที่ ก.5 การวัดระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง



ภาพประกอบที่ ก.6 การทดลองต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อบำบัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์



**ภาคผนวก ข.**

**Data Sheet**

**มหาวิทยาลัยศรีปทุม**  
**SRIPATUM UNIVERSITY**

**20A, 500V, 0.270 Ohm, N-Channel Power MOSFET**

This N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17465.

**Ordering Information**

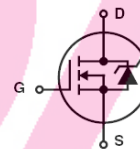
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRFP460	TO-247	IRFP460

NOTE: When ordering, use the entire part number.

**Features**

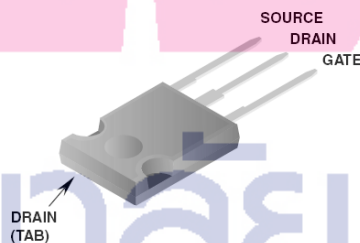
- 20A, 500V
- $r_{DS(ON)} = 0.270\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
  - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

**Symbol**



**Packaging**

JEDEC STYLE TO-247



มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY



## IRFP460

### Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

	IRFP460	UNITS
Drain to Source Voltage (Note 1) . . . . .	$V_{DS}$ 500	V
Drain to Gate Voltage ( $R_{GS} = 20k\Omega$ ) (Note 1) . . . . .	$V_{DGR}$ 500	V
Continuous Drain Current . . . . .	$I_D$ 20	A
$T_C = 100^\circ\text{C}$ . . . . .	$I_D$ 12	A
Pulsed Drain Current (Note 3) . . . . .	$I_{DM}$ 80	A
Gate to Source Voltage . . . . .	$V_{GS}$ $\pm 20$	V
Maximum Power Dissipation . . . . .	$P_D$ 250	W
Linear Derating Factor . . . . .	2.0	W/ $^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4). . . . .	$E_{AS}$ 960	mJ
Operating and Storage Temperature . . . . .	$T_J, T_{STG}$ -55 to 150	$^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s . . . . .	$T_L$ 300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334 . . . . .	$T_{pkg}$ 260	$^\circ\text{C}$

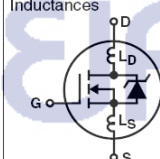
CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

**NOTE:**

- $T_J = 25^\circ\text{C}$  to  $T_J = 125^\circ\text{C}$ .

### Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	$BV_{DSS}$	$I_D = 250\mu\text{A}, V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 10)	500	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250\mu\text{A}$	2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	25	$\mu\text{A}$
		$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0\text{V}, T_J = 125^\circ\text{C}$	-	-	250	$\mu\text{A}$
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}, V_{GS} = 10\text{V}$	20	-	-	A
Gate to Source Leakage Current	$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20\text{V}$	-	-	$\pm 100$	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 11\text{A}, V_{GS} = 10\text{V}$ (Figures 8, 9)	-	0.24	0.27	$\Omega$
Forward Transconductance (Note 2)	$g_{fs}$	$V_{DS} \geq 50\text{V}, I_{DS} > 11\text{A}$ (Figure 12)	13	19	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{DD} = 250\text{V}, I_D = 21\text{A}, R_{GS} = 4.3\Omega, R_D = 12\Omega, V_{GS} = 10\text{V}$ MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	23	35	ns
Rise Time	$t_r$		-	81	120	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	85	130	ns
Fall Time	$t_f$		-	65	98	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate-Drain)	$Q_{g(TOT)}$	$V_{GS} = 10\text{V}, I_D = 21\text{A}, V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}, I_{G(REF)} = 1.5\text{mA}$ (Figure 14). Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	120	190	nC
Gate to Source Charge	$Q_{gs}$		-	18	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	$Q_{gd}$		-	62	-	nC
Input Capacitance	$C_{ISS}$	$V_{DS} = 25\text{V}, V_{GS} = 0\text{V}, f = 1\text{MHz}$ (Figure 10)	-	4100	-	pF
Output Capacitance	$C_{OSS}$		-	480	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	$C_{RSS}$		-	84	-	pF
Internal Drain Inductance	$L_D$	Measured from the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	-	5.0	-	nH
Internal Source Inductance	$L_S$	Measured from the Source Lead, 6mm (0.25in) from Header to Source Bonding Pad	-	13	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	0.50	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	30	$^\circ\text{C/W}$



# IRFP460

## Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	$I_{SD}$	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Rectifier	-	-	20	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	$I_{SDM}$		-	-	80	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	$V_{SD}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 21\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)	-	-	1.8	V
Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 21\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	280	580	1200	ns
Reverse Recovery Charge	$Q_{RR}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 21\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	3.8	8.1	18	$\mu\text{C}$

**NOTES:**

- Pulse test: pulse width  $\leq 300\mu\text{s}$ , duty cycle  $\leq 2\%$ .
- Repetitive rating: pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
- $V_{DD} = 50\text{V}$ , starting  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $L = 4.3\text{mH}$ ,  $R_{GS} = 25\Omega$ , Peak  $I_{AS} = 20\text{A}$ .

## Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

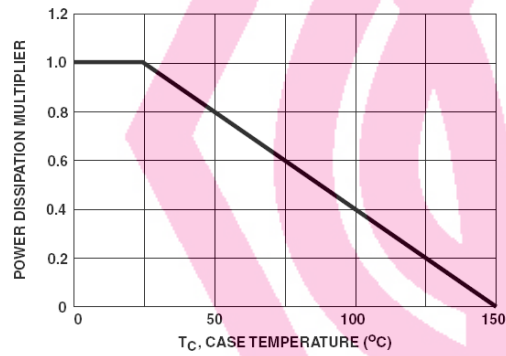


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

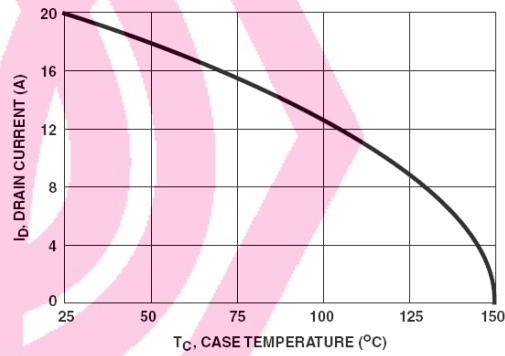


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

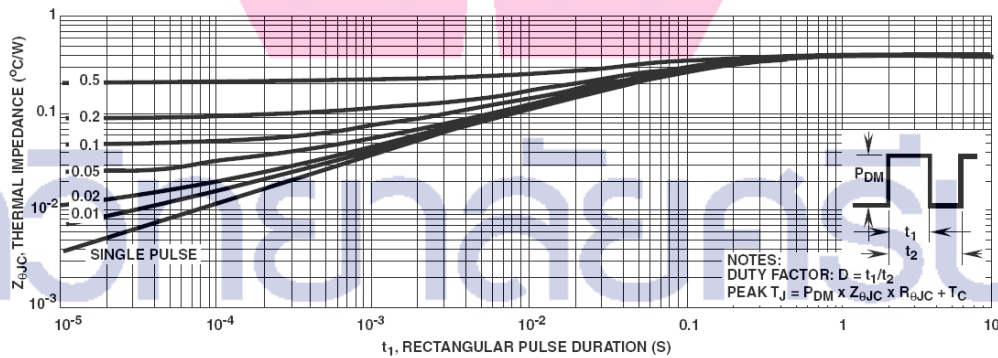


FIGURE 3. MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

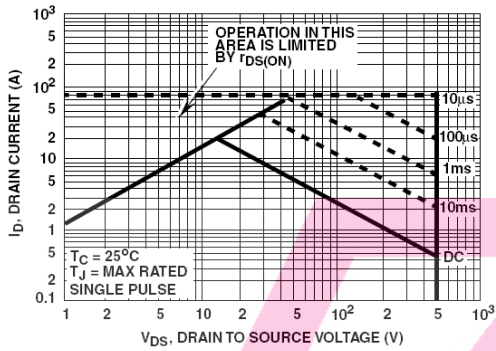


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

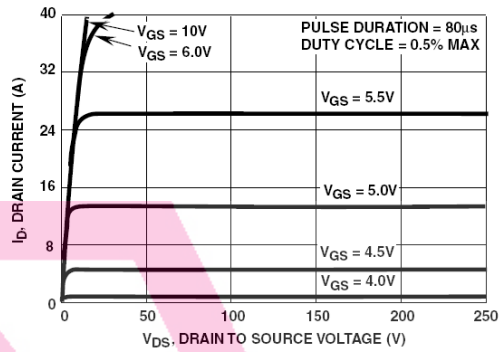


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

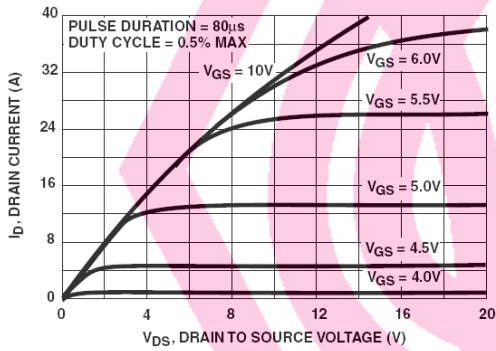


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

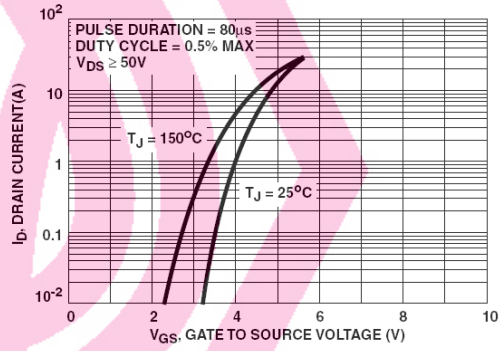


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

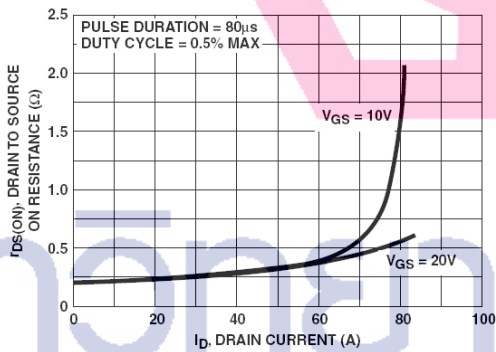


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

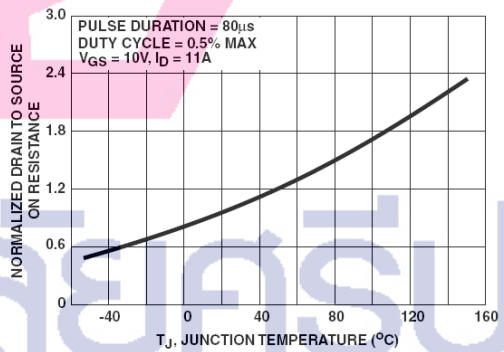


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

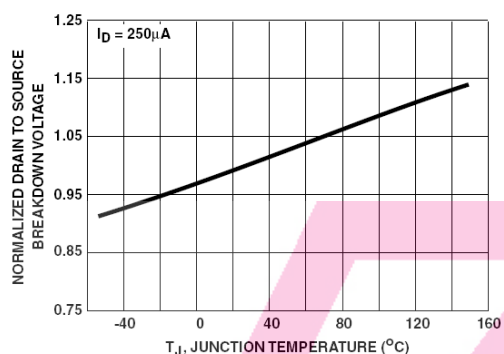


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

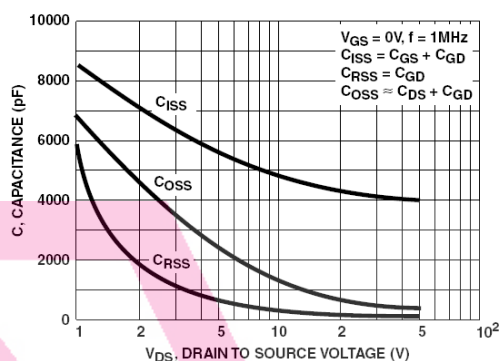


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

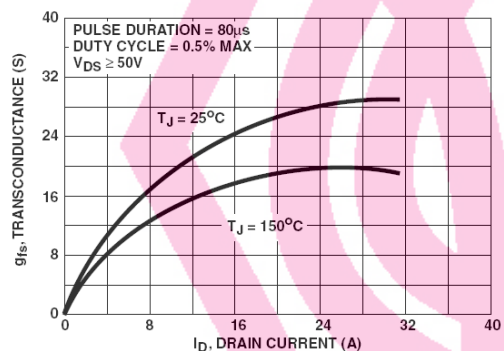


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

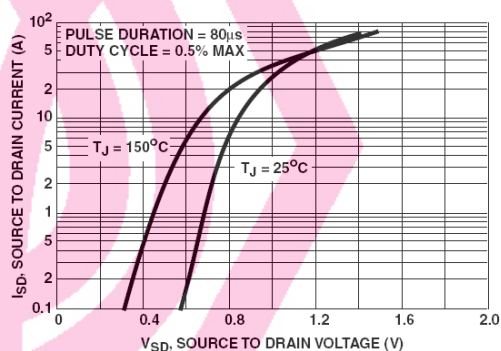


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

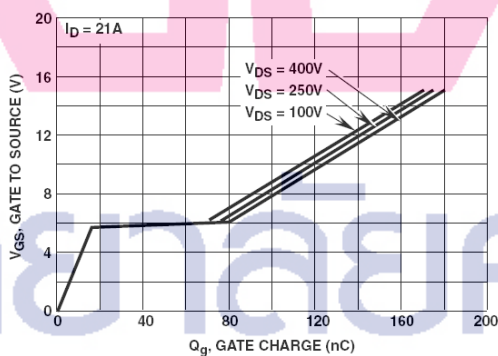


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

Test Circuits and Waveforms

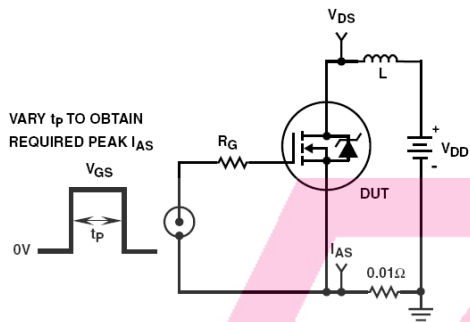


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

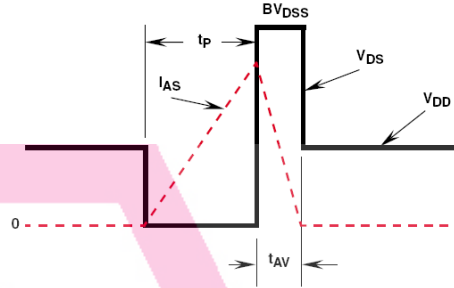


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

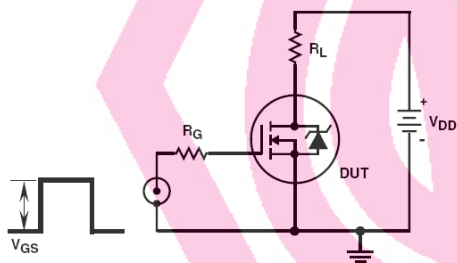


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

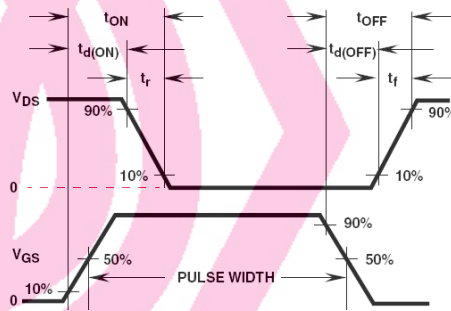


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

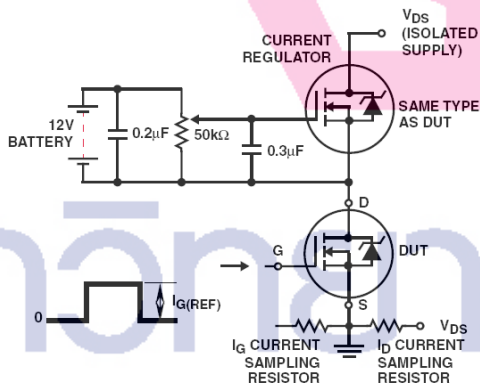


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

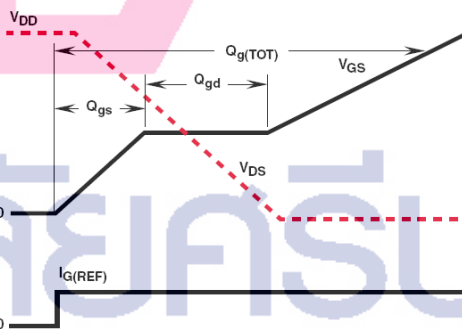


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS

## TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE <sub>x</sub> <sup>™</sup>	FAST <sup>®</sup>	OPTOLOGIC <sup>™</sup>	SMART START <sup>™</sup>	VCX <sup>™</sup>
Bottomless <sup>™</sup>	FAST <sub>r</sub> <sup>™</sup>	OPTOPLANAR <sup>™</sup>	STAR*POWER <sup>™</sup>	
CoolFET <sup>™</sup>	FRFET <sup>™</sup>	PACMAN <sup>™</sup>	Stealth <sup>™</sup>	
CROSSVOLT <sup>™</sup>	GlobalOptoisolator <sup>™</sup>	POP <sup>™</sup>	SuperSOT <sup>™</sup> -3	
DenseTrench <sup>™</sup>	GTO <sup>™</sup>	Power247 <sup>™</sup>	SuperSOT <sup>™</sup> -6	
DOME <sup>™</sup>	HiSeC <sup>™</sup>	PowerTrench <sup>®</sup>	SuperSOT <sup>™</sup> -8	
EcoSPARK <sup>™</sup>	ISOPLANAR <sup>™</sup>	QFET <sup>™</sup>	SyncFET <sup>™</sup>	
E <sup>2</sup> C MOS <sup>™</sup>	LittleFET <sup>™</sup>	QS <sup>™</sup>	TinyLogic <sup>™</sup>	
EnSigna <sup>™</sup>	MicroFET <sup>™</sup>	QT Optoelectronics <sup>™</sup>	TruTranslation <sup>™</sup>	
FACT <sup>™</sup>	MicroPak <sup>™</sup>	Quiet Series <sup>™</sup>	UHC <sup>™</sup>	
FACT Quiet Series <sup>™</sup>	MICROWIRE <sup>™</sup>	SILENT SWITCHER <sup>®</sup>	UltraFET <sup>®</sup>	

STAR\*POWER is used under license

## DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

## LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. H4



## SG2525A-SG3525A

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

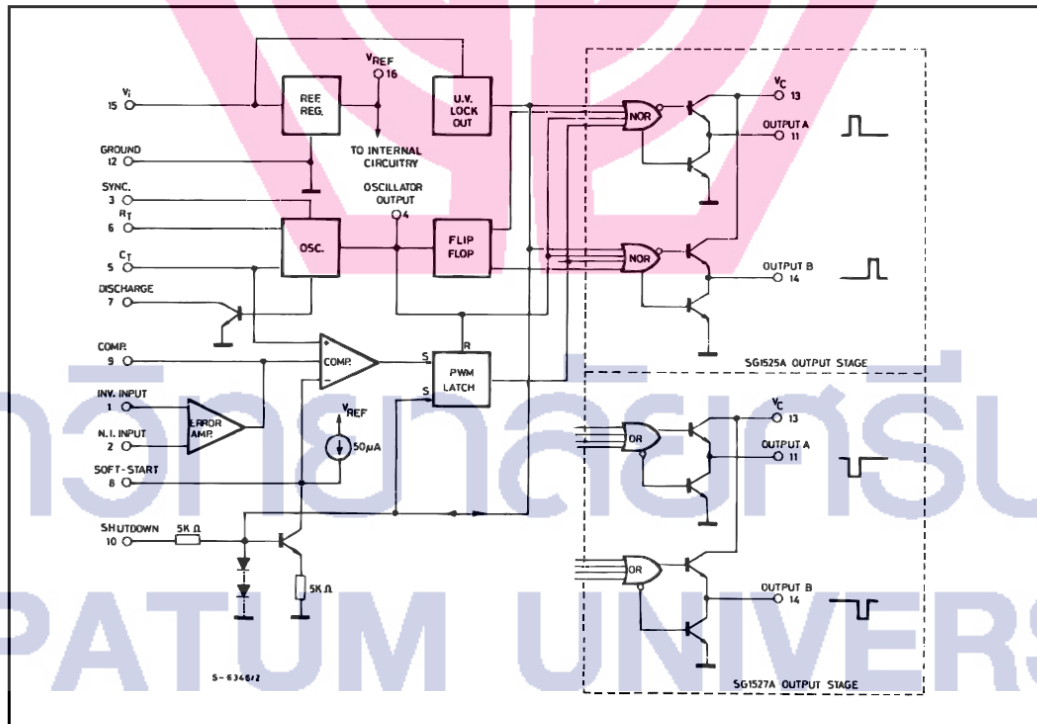
Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_i$	Supply Voltage	40	V
$V_C$	Collector Supply Voltage	40	V
$I_{OSC}$	Oscillator Charging Current	5	mA
$I_o$	Output Current, Source or Sink	500	mA
$I_R$	Reference Output Current	50	mA
$I_T$	Current through $C_T$ Terminal	5	mA
	Logic Inputs	- 0.3 to + 5.5	V
	Analog Inputs	- 0.3 to $V_i$	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation at $T_{amb} = 70^\circ\text{C}$	1000	mW
$T_j$	Junction Temperature Range	- 55 to 150	$^\circ\text{C}$
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	- 65 to 150	$^\circ\text{C}$
$T_{op}$	Operating Ambient Temperature : SG2525A SG3525A	- 25 to 85 0 to 70	$^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$

### THERMAL DATA

Symbol	Parameter	SO16	DIP16	Unit
$R_{th\ j-pins}$	Thermal Resistance Junction-pins	Max	50	$^\circ\text{C/W}$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	80	$^\circ\text{C/W}$
$R_{th\ j-alumina}$	Thermal Resistance Junction-alumina (*)	Max	50	$^\circ\text{C/W}$

\* Thermal resistance junction-alumina with the device soldered on the middle of an alumina supporting substrate measuring 15 x 20 mm ; 0.65 mm thickness with infinite heatsink.

### BLOCK DIAGRAM





**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

(V# i = 20 V, and over operating temperature, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	SG2525A			SG3525A			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
<b>REFERENCE SECTION</b>									
V <sub>REF</sub>	Output Voltage	T <sub>J</sub> = 25 °C	5.05	5.1	5.15	5	5.1	5.2	V
ΔV <sub>REF</sub>	Line Regulation	V <sub>I</sub> = 8 to 35 V		10	20		10	20	mV
ΔV <sub>REF</sub>	Load Regulation	I <sub>L</sub> = 0 to 20 mA		20	50		20	50	mV
ΔV <sub>REF</sub> /ΔT*	Temp. Stability	Over Operating Range		20	50		20	50	mV
*	Total Output Variation	Line, Load and Temperature	5		5.2	4.95		5.25	V
	Short Circuit Current	V <sub>REF</sub> = 0 T <sub>J</sub> = 25 °C		80	100		80	100	mA
*	Output Noise Voltage	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz, T <sub>J</sub> = 25 °C		40	200		40	200	μVrms
ΔV <sub>REF</sub> *	Long Term Stability	T <sub>J</sub> = 125 °C, 1000 hrs		20	50		20	50	mV
<b>OSCILLATOR SECTION **</b>									
*, •	Initial Accuracy	T <sub>J</sub> = 25 °C		± 2	± 6		± 2	± 6	%
*, •	Voltage Stability	V <sub>I</sub> = 8 to 35 V		± 0.3	± 1		± 1	± 2	%
Δf/ΔT*	Temperature Stability	Over Operating Range		± 3	± 6		± 3	± 6	%
f <sub>MIN</sub>	Minimum Frequency	R <sub>T</sub> = 200 KΩ C <sub>T</sub> = 0.1 μF			120			120	Hz
f <sub>MAX</sub>	Maximum Frequency	R <sub>T</sub> = 2 KΩ C <sub>T</sub> = 470 pF	400			400			KHz
	Current Mirror	I <sub>RT</sub> = 2 mA	1.7	2	2.2	1.7	2	2.2	mA
*, •	Clock Amplitude		3	3.5		3	3.5		V
*, •	Clock Width	T <sub>J</sub> = 25 °C	0.3	0.5	1	0.3	0.5	1	μs
	Sync Threshold		1.2	2	2.8	1.2	2	2.8	V
	Sync Input Current	Sync Voltage = 3.5 V		1	2.5		1	2.5	mA
<b>ERROR AMPLIFIER SECTION (V<sub>CM</sub> = 5.1 V)</b>									
V <sub>OS</sub>	Input Offset Voltage			0.5	5		2	10	mV
I <sub>b</sub>	Input Bias Current			1	10		1	10	μA
I <sub>os</sub>	Input Offset Current				1			1	μA
	DC Open Loop Gain	R <sub>L</sub> ≥ 10 MΩ	60	75		60	75		dB
*	Gain Bandwidth Product	G <sub>v</sub> = 0 dB T <sub>J</sub> = 25 °C	1	2		1	2		MHz
*, I	DC Transconduct.	30 KΩ ≤ R <sub>L</sub> ≤ 1 MΩ T <sub>J</sub> = 25 °C	1.1	1.5		1.1	1.5		ms
	Output Low Level			0.2	0.5		0.2	0.5	V
	Output High Level		3.8	5.6		3.8	5.6		V
CMR	Comm. Mode Reject.	V <sub>CM</sub> = 1.5 to 5.2 V	60	75		60	75		dB
PSR	Supply Voltage Rejection	V <sub>I</sub> = 8 to 35 V	50	60		50	60		dB

## SG2525A-SG3525A

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	SG2525A			SG3525A			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
<b>PWM COMPARATOR</b>									
	Minimum Duty-cycle				0			0	%
•	Maximum Duty-cycle		45	49		45	49		%
•	Input Threshold	Zero Duty-cycle	0.7	0.9		0.7	0.9		V
		Maximum Duty-cycle		3.3	3.6		3.3	3.6	V
*	Input Bias Current			0.05	1		0.05	1	μA
<b>SHUTDOWN SECTION</b>									
	Soft Start Current	V <sub>SD</sub> = 0 V, V <sub>SS</sub> = 0 V	25	50	80	25	50	80	μA
	Soft Start Low Level	V <sub>SD</sub> = 2.5 V		0.4	0.7		0.4	0.7	V
	Shutdown Threshold	To outputs, V <sub>SS</sub> = 5.1 V T <sub>J</sub> = 25 °C	0.6	0.8	1	0.6	0.8	1	V
	Shutdown Input Current	V <sub>SD</sub> = 2.5 V		0.4	1		0.4	1	mA
*	Shutdown Delay	V <sub>SD</sub> = 2.5 V T <sub>J</sub> = 25 °C		0.2	0.5		0.2	0.5	μs
<b>OUTPUT DRIVERS (each output) (V<sub>C</sub> = 20 V)</b>									
	Output Low Level	I <sub>sink</sub> = 20 mA		0.2	0.4		0.2	0.4	V
		I <sub>sink</sub> = 100 mA		1	2		1	2	V
	Output High Level	I <sub>source</sub> = 20 mA	18	19		18	19		V
		I <sub>source</sub> = 100 mA	17	18		17	18		V
	Under-Voltage Lockout	V <sub>comp</sub> and V <sub>SS</sub> = High	6	7	8	6	7	8	V
I <sub>C</sub>	Collector Leakage	V <sub>C</sub> = 35 V			200			200	μA
t <sub>r</sub> *	Rise Time	C <sub>L</sub> = 1 nF, T <sub>J</sub> = 25 °C		100	600		100	600	ns
t <sub>f</sub> *	Fall Time	C <sub>L</sub> = 1 nF, T <sub>J</sub> = 25 °C		50	300		50	300	ns
<b>TOTAL STANDBY CURRENT</b>									
I <sub>s</sub>	Supply Current	V <sub>I</sub> = 35 V		14	20		14	20	mA

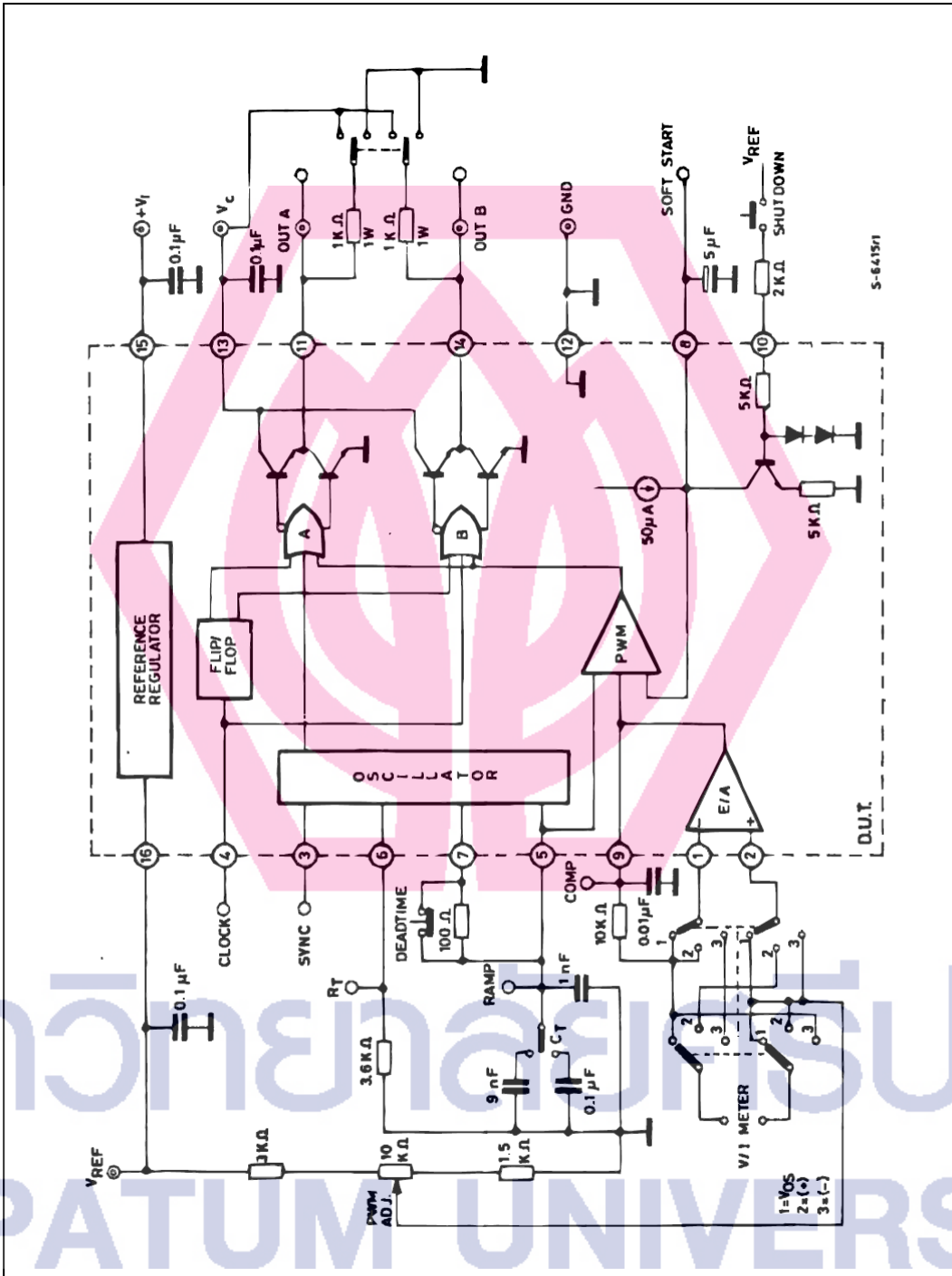
\* These parameters, although guaranteed over the recommended operating conditions, are not 100 % tested in production.

• Tested at f<sub>osc</sub> = 40 KHz (R<sub>T</sub> = 3.6 KΩ, C<sub>T</sub> = 10nF, R<sub>D</sub> = 0 Ω). Approximate oscillator frequency is defined by :

$$f = \frac{1}{C_T(0.7 R_T + 3 R_D)}$$

■ DC transconductance (g<sub>m</sub>) relates to DC open-loop voltage gain (G<sub>v</sub>) according to the following equation : G<sub>v</sub> = g<sub>m</sub> R<sub>L</sub> where R<sub>L</sub> is the resistance from pin 9 to ground. The minimum g<sub>m</sub> specification is used to calculate minimum G<sub>v</sub> when the error amplifier output is loaded.

TEST CIRCUIT



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS (•)

Parameter	Value
Input Voltage ( $V_i$ )	8 to 35 V
Collector Supply Voltage ( $V_C$ )	4.5 to 35 V
Sink/Source Load Current (steady state)	0 to 100 mA
Sink/Source Load Current (peak)	0 to 400 mA
Reference Load Current	0 to 20 mA
Oscillator Frequency Range	100 Hz to 400 KHz
Oscillator Timing Resistor	2 K $\Omega$ to 150 K $\Omega$
Oscillator Timing Capacitor	0.001 $\mu$ F to 0.1 $\mu$ F
Dead Time Resistor Range	0 to 500 $\Omega$

(•) Range over which the device is functional and parameter limits are guaranteed.

Figure 1 : Oscillator Charge Time vs.  $R_T$  and  $C_T$ .

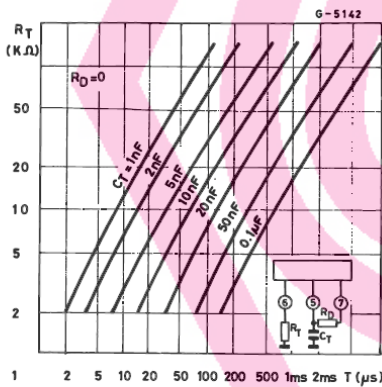


Figure 2 : Oscillator Discharge Time vs.  $R_D$  and  $C_T$ .

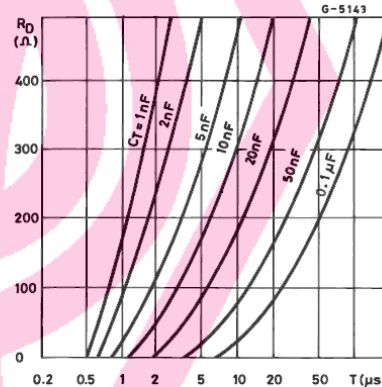


Figure 3 : Output Saturation Characteristics.

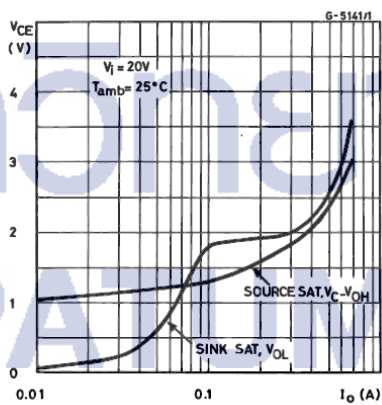


Figure 4 : Error Amplifier Voltage Gain and Phase vs. Frequency.

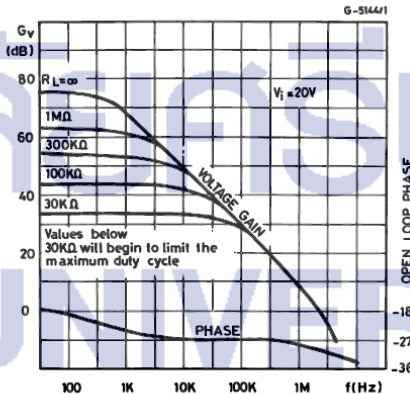
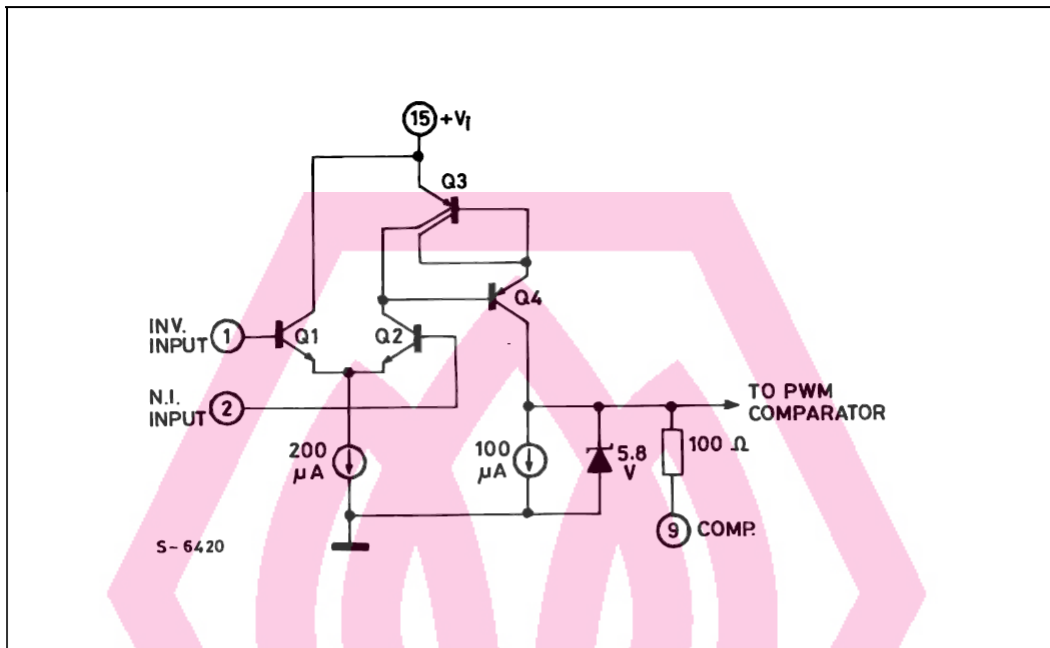


Figure 5 : Error Amplifier.



### PRINCIPLES OF OPERATION

#### SHUTDOWN OPTIONS (see Block Diagram)

Since both the compensation and soft-start terminals (Pins 9 and 8) have current source pull-ups, either can readily accept a pull-down signal which only has to sink a maximum of 100  $\mu\text{A}$  to turn off the outputs. This is subject to the added requirement of discharging whatever external capacitance may be attached to these pins.

An alternate approach is the use of the shutdown circuitry of Pin 10 which has been improved to enhance the available shutdown options. Activating this circuit by applying a positive signal on Pin 10 performs two functions : the PWM latch is immedi-

ately set providing the fastest turn-off signal to the outputs ; and a 150  $\mu\text{A}$  current sink begins to discharge the external soft-start capacitor. If the shutdown command is short, the PWM signal is terminated without significant discharge of the soft-start capacitor, thus, allowing, for example, a convenient implementation of pulse-by-pulse current limiting. Holding Pin 10 high for a longer duration, however, will ultimately discharge this external capacitor, recycling slow turn-on upon release.

Pin 10 should not be left floating as noise pickup could conceivably interrupt normal operation.

Figure 6 : Oscillator Schematic.

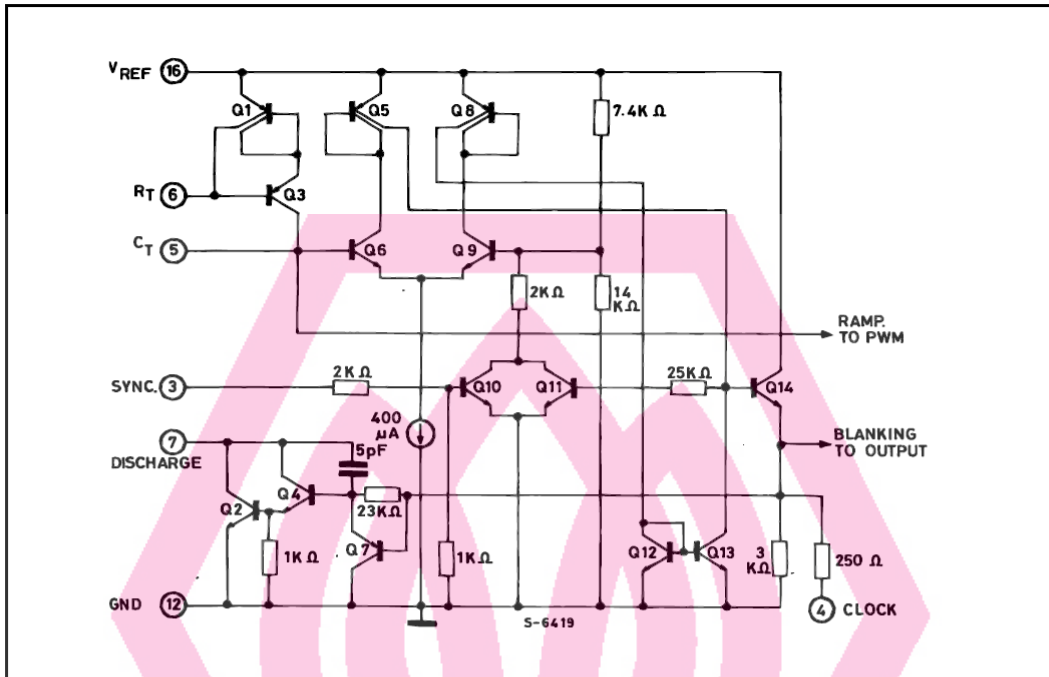


Figure 7 : Output Circuit (1/2 circuit shown).

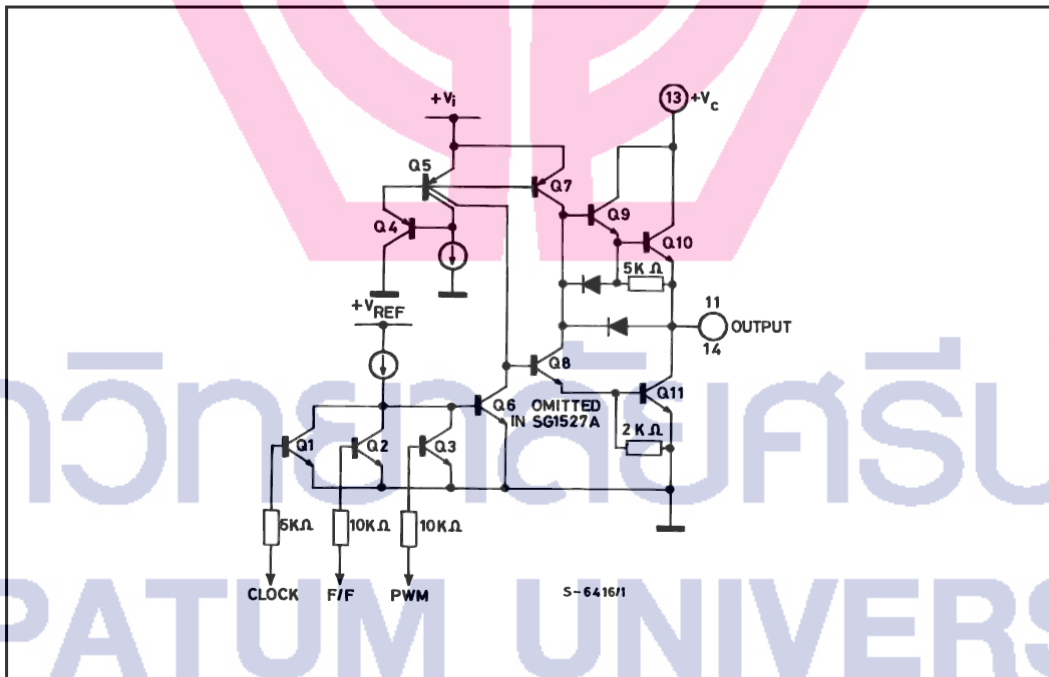
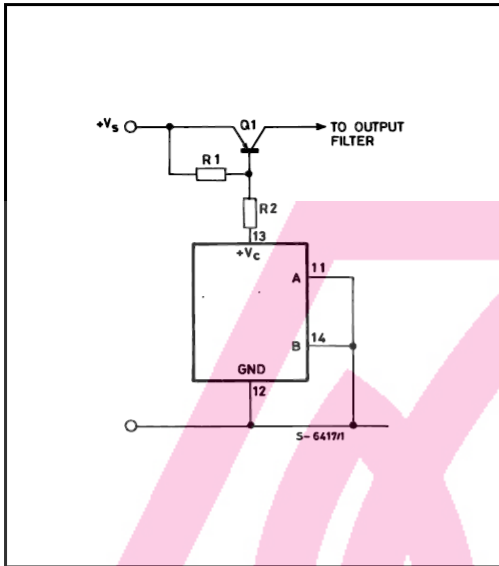
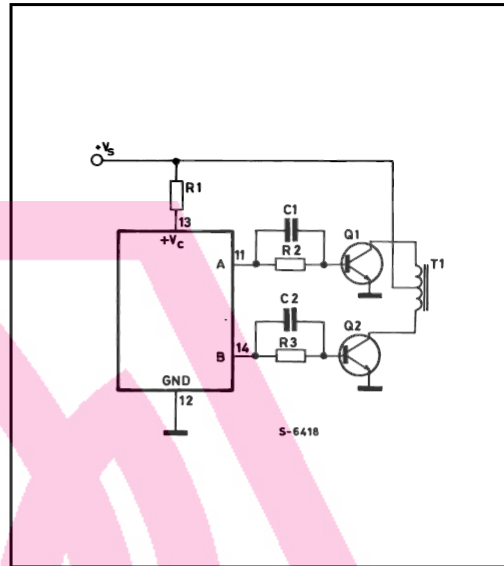


Figure 8.



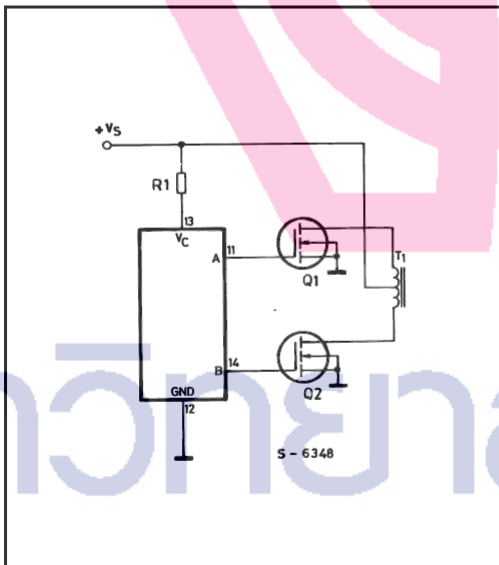
For single-ended supplies, the driver outputs are grounded. The  $V_C$  terminal is switched to ground by the totem-pole source transistors on alternate oscillator cycles.

Figure 9.



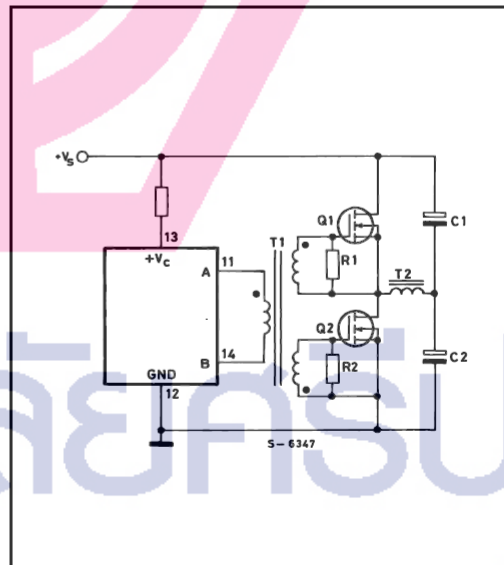
In conventional push-pull bipolar designs, forward base drive is controlled by  $R_1 - R_3$ . Rapid turn-off times for the power devices are achieved with speed-up capacitors  $C_1$  and  $C_2$ .

Figure 10.



The low source impedance of the output drivers provides rapid charging of Power Mos input capacitance while minimizing external components.

Figure 11.

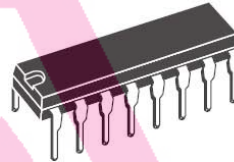


Low power transformers can be driven directly. Automatic reset occurs during dead time, when both ends of the primary winding are switched to ground.

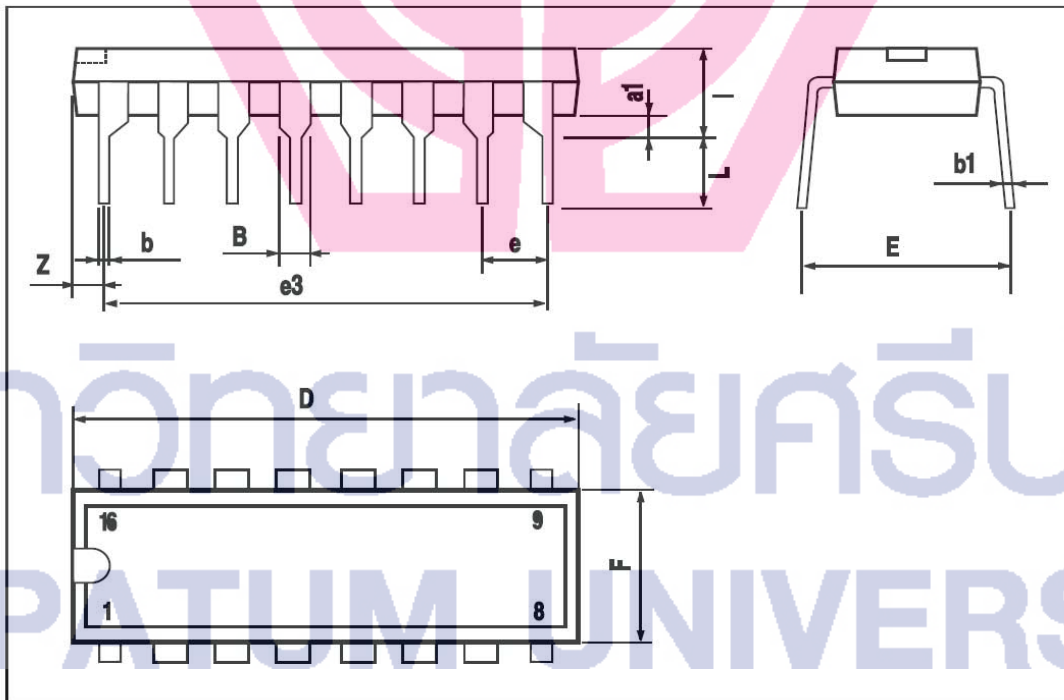
SG2525A-SG3525A

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



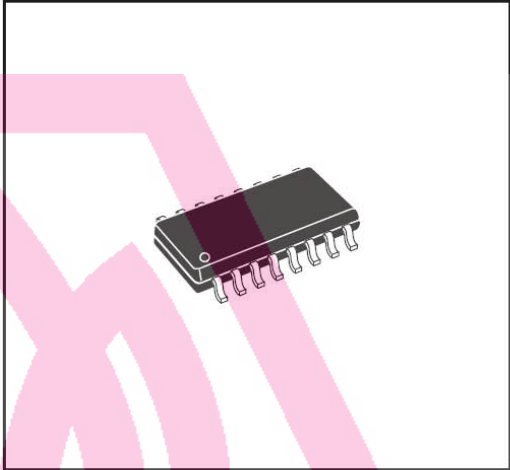
DIP16





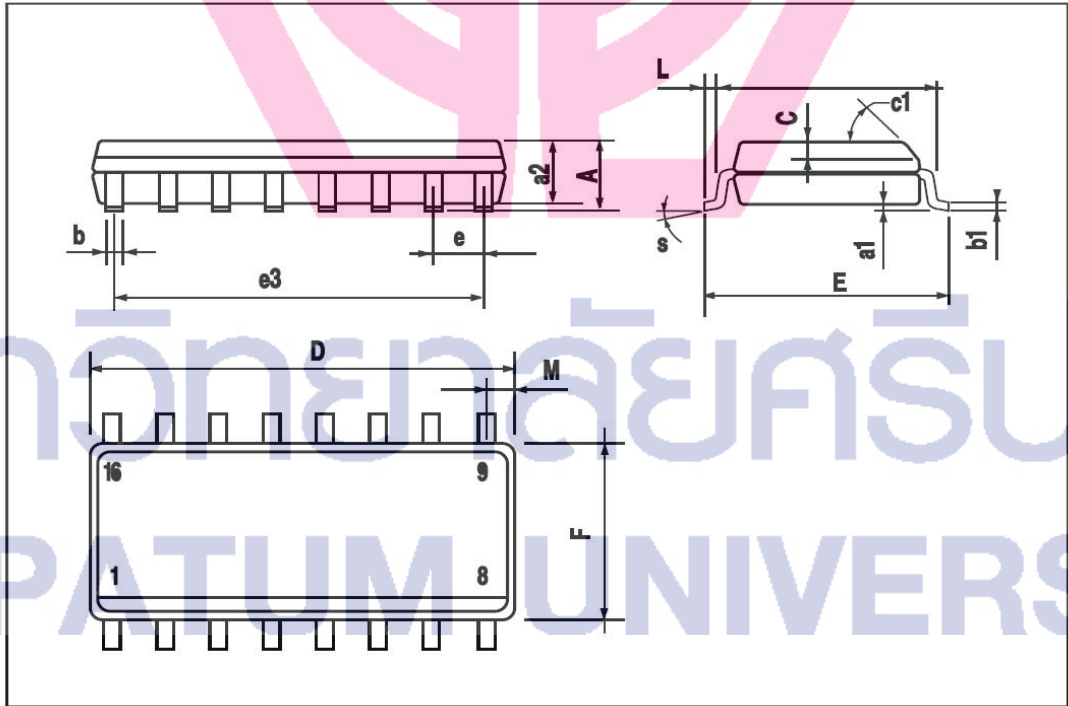
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F (1)	3.8		4	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.209
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8°(max.)					

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**



**SO16 Narrow**

(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

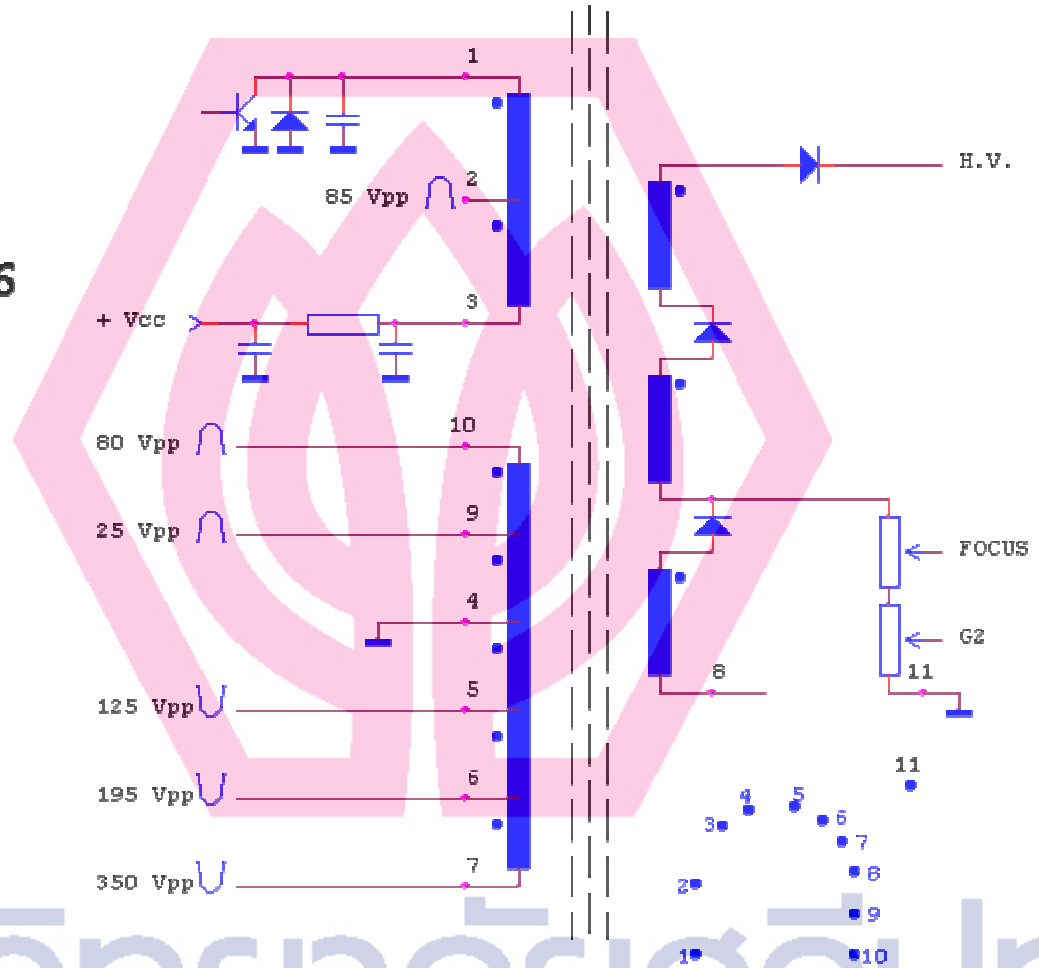
The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics  
© 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved  
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -  
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

<http://www.st.com>



HR 7906



INSTRUM.	MAT	+	COL	J A	J 1	J 2	J 3	TYPE
STVDST-01	21.4	3	1	8	11	4		90

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายพศวีร์ ศรีโหมด
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 16 ธันวาคม 2514
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 263/3 ซอยประจักษ์ ถนนเดชะวณิช แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2538 วศ.บ. จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2544 วศ.ม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
SRIPATUM UNIVERSITY