

เครื่องกำจัดฝุ่น
DUST COLLECTOR



นายวิระพันธ์ หอมนาน รหัส 51382358
นายชาญวิทย์ ภูมั่ง รหัส 51384840

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 12 / ก.ย. 2556
เลขทะเบียน..... 1637 5364
เลขเรียกหนังสือ..... ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๑๘๒๖ ๑

2๖๕๖

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ เครื่องกำจัดฝุ่น
ผู้ดำเนินโครงการ นายวีระพันธ์ หอมนาน รหัส 51382358
นายชาญวิทย์ ภูขัง รหัส 51384840
ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บงกช ชนบดีเฉลิมรุ่ง
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บงกช ชนบดีเฉลิมรุ่ง)

Sunil Kiravittaya.....กรรมการ
(ดร. สุวิทย์ กิระวิทยา)

Susanna San.....กรรมการ
(ดร. สุพรรณนิภา วัฒนา)

ชื่อหัวข้อโครงการ	เครื่องกำจัดฝุ่น
ผู้ดำเนินโครงการ	นายวีระพันธ์ หอมนาน รหัส 51382358 นายชาญวิทย์ ภูงัง รหัส 51384840
ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการสร้างเครื่องกำจัดฝุ่น โดยประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านไฟฟ้าสถิตและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งกำจัดฝุ่นโดยอาศัยแรงที่เกิดจากสนามไฟฟ้า ในโครงการนี้ได้ออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ระดับแรงดันประมาณ 9000 โวลต์ โดยต่อขั้วลบเข้ากับแท่งโลหะแกนกลาง และต่อขั้วบวกเข้ากับแผ่นโลหะ ซึ่งจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่มากพอจะทำให้ฝุ่นที่ผ่านเข้ามาได้รับอิเล็กตรอนจากแท่งโลหะแกนกลาง และเคลื่อนที่ไปติดแผ่นโลหะ นอกจากนี้ยังสร้างเครื่องกำจัดฝุ่นทั้งหมด 3 เครื่อง ที่มีขนาดและระยะห่างระหว่างแท่งแกนกลางกับแผ่นโลหะที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาว่าระยะห่างที่มากขึ้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่นอย่างไร ซึ่งได้ผลการทดลองว่า เมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างแท่งโลหะแกนกลางกับแผ่นโลหะจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่นลดลง

Project Title Dust Collector
Name Mr. Weeraphan Homnan ID 51382358
Mr. Chanwit Phukhang ID 51384840
Project Advisor Assistant Professor Yongyut Chonbodeechalermroong, Ph.D.
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic Year 2012

Abstract

This project presents the way how to build a dust collector by applying knowledge in static electric and electronic aspects, which eliminates the dust by using effects caused by strong electric fields. In this project the direct-current power supply was designed about 9000 volts by attaching the negative electrode with the central core metal piece and attaching the positive electrode with the outer metal plate of a tube. This causes an electric field that is enough and can make the dust coming through receive electrons from the central core metal piece and move to attach with the outer metal plate. Besides, 3 sizes of dust collector tubes with distance differences between the central core metal piece and the outer metal plate are built to study the performance of dust collectors. The results show that increase in the distance between the central core metal piece and the outer metal plate will decrease the performance of the dust collector.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเครื่องกำจัดฝุ่นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ชนบดีเจติมรุ่ง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาทุกเรื่องเกี่ยวกับการทำโครงการนี้ นอกจากนี้ยังมี ดร. สุวิทย์ กิระวิทยา และ ดร. สุพรรณนิภา วัฒนา ซึ่งเป็นอาจารย์กรรมการโครงการและให้คำแนะนำในการปรับปรุงโครงการ คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในทุกๆ สาขาที่เป็นประโยชน์ ทั้งที่เกี่ยวข้องในด้านของสาขาอาชีพและที่เกี่ยวข้องในด้านของการดำเนินชีวิตในสังคมให้กับคณะผู้ดำเนินโครงการ

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆ คนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายวีระพันธ์ หอมนาน

นายชาญวิทย์ ภูขันธ์

สารบัญ

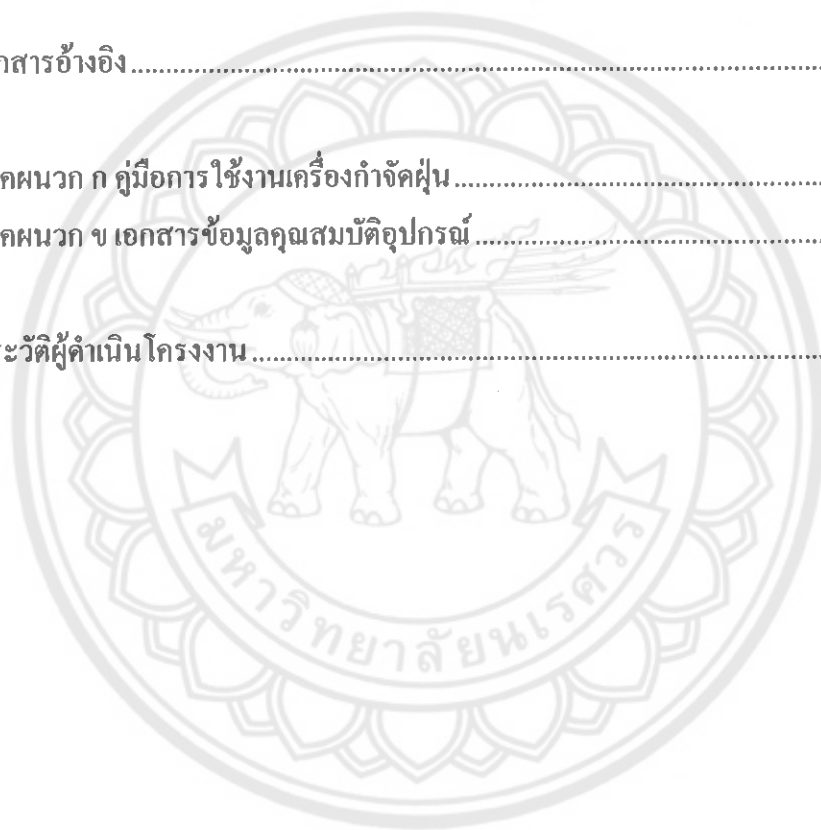
	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 วิธีดำเนินการ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงานโครงการ.....	2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 งบประมาณของโครงการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไฟฟ้าสถิต(Static Electricity).....	4
2.1.1 การเกิดไฟฟ้าสถิต.....	4
2.1.2 ตัวนำ(Conductor).....	4
2.1.3 ฉนวน(Insulator).....	5
2.1.4 การเหนี่ยวนำหรือการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต(Induction).....	5
2.1.5 ความหนาแน่นประจุ(Surface Density).....	6
2.1.6 กิริยาที่ปลายแหลม(Point Action).....	6
2.2 สนามไฟฟ้า(Electric Field).....	6
2.2.1 การหาสนามไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนาม Q	7
2.2.2 การหาสนามไฟฟ้าจากแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q	8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน	9
2.2.4 สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม	10
2.3 โคโรน่า(Corona)	12
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	15
3.1 ชนิดของเครื่องกำเนิดคลื่นไฟฟ้าสถิต	15
3.2 การออกแบบและการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง	17
3.2.1 หลักการทำงานของ Astable Multivibrator	17
3.2.2 ออกแบบค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	19
3.2.3 วงจรสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง	22
3.3 โครงสร้างในการคักจับฝุ่น	24
3.3.1 ปล่องทางเข้าของฝุ่นและที่เก็บสะสมฝุ่น	25
3.3.2 แผ่นคักจับฝุ่น	25
3.3.3 ปล่องทางออกของฝุ่นและแกนกลาง	27
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	29
4.1 ทดลองวงจรสร้างพัลส์และการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง	29
4.1.1 ผลการทดลองวงจรสร้างพัลส์และการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง	29
4.2 ทดลองระดับแรงดันที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบค	31
4.2.1 สร้างวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	31
4.2.2 ผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบค	33
4.3 ทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดคลื่น	34
4.3.1 ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดคลื่น	35
4.4 ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดคลื่น	36
4.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	37
4.4.2 วิธีทำการทดลองประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดคลื่น	37
4.4.3 ผลการทดลองประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดคลื่น	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
5.1 สรุปผลการดำเนินงานโครงการ	42
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	42
5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานเครื่องกำจัดฝุ่น	45
ภาคผนวก ข เอกสารข้อมูลคุณสมบัติอุปกรณ์	54
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	77



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ขนาดของสังกะสีที่ใช้ทำแผ่นค้ำจับฝุ่น.....	26
3.2 ขนาดแผ่นอะคริลิก.....	28
4.1 ผลการทดลองวงจรสร้างพัลส์.....	29
4.2 ผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงหลายแบบ.....	33
4.3 ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่น.....	35
4.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	37
4.5 ผลการชั่งกระดามกรองก่อนทำการทดลอง.....	38
4.6 ผลการชั่งกระดามกรองหลังทำการทดลอง.....	38
4.7 น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของกระดามกรอง.....	39
4.8 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดฝุ่น.....	40

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำให้ตัวนำมีประจุใหม่โดยการเหนี่ยวนำ.....	5
2.2 ความหนาแน่นประจุที่บริเวณต่างๆ.....	6
2.3 ความหมายของตัวแปรของสมการหาสนามไฟฟ้า.....	7
2.4 ทิศของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากจุดประจุต้นกำเนิดสนาม q	8
2.5 ทิศของสนามไฟฟ้าจากแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q	8
2.6 เปรียบเทียบทิศของสนามไฟฟ้า.....	9
2.7 สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนานมีแผ่นตัวนำโลหะ 2 แผ่น วางขนานกัน.....	9
2.8 การหาขนาดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ.....	10
2.9 ประจุของตัวนำทรงกลม.....	11
2.10 สนามไฟฟ้าภายในทรงกลมเป็นศูนย์.....	11
2.11 สนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมมีค่ามากที่สุด.....	11
2.12 กราฟสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม.....	12
2.13 สนามไฟฟ้าตั้งฉากกับผิวทรงกลมเสมอ.....	12
2.14 สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ.....	13
2.15 สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ.....	13
3.1 เครื่องกำเนิดฝุ่นไฟฟ้าสถิตชนิดแบบท่อทรงกระบอก.....	15
3.2 เครื่องกำเนิดฝุ่นไฟฟ้าสถิตชนิดแบบแผ่นบาง.....	16
3.3 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดฝุ่น.....	16
3.4 Astable Multivibrator.....	17
3.5 วงจรสร้างพัลส์ที่ได้ออกแบบ.....	21
3.6 วงจรสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง.....	22
3.7 วงจรจ่ายไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงฟลายแบค.....	23
3.8 ต้นแบบ โครงสร้างเครื่องกำเนิดฝุ่น.....	24
3.9 ปล่องทางเข้าของฝุ่นและที่เก็บสะสมฝุ่น.....	25
3.10 แผ่นสังกะสีที่ใช้ทำเป็นแผ่นดักจับฝุ่น.....	26
3.11 การม้วนสังกะสีติดข้างในท่อ.....	26
3.12 การเจาะรูท่อ PVC และสังกะสี.....	27

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 ด้านในของส่วนที่เป็นแผ่นค้ำจับฝุ่น	27
3.14 ลักษณะของแผ่นอะคริลิก.....	28
3.15 ปล่องทางออกและแกนกลาง.....	28
3.16 การเชื่อมต่อไฟฟ้าเข้ากับแกนกลาง.....	28
4.1 สัญญาณ output ของวงจรสร้างพัลส์.....	30
4.2 แรงดันที่ขาเกตของมอสเฟต.....	30
4.3 แรงดันที่ขาเดรนของมอสเฟต.....	30
4.4 แรงดันประมุขของหม้อแปลงฟลายแบค.....	31
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{dc} และ V'	32
4.6 วงจรแบ่งแรงดันที่ได้ออกแบบ.....	33
4.7 แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม.....	34
4.8 ตำแหน่งการวัดแรงดันและกระแส.....	34
4.9 โครงสร้างในการทดลอง.....	36
4.10 ผลการทดลองเครื่องกำเนิดฝุ่นขนาดเล็ก(ท่อ 2 นิ้ว).....	39
4.11 ผลการทดลองเครื่องกำเนิดฝุ่นขนาดกลาง(ท่อ 3 นิ้ว).....	39
4.12 ผลการทดลองเครื่องกำเนิดฝุ่นขนาดใหญ่(ท่อ 4 นิ้ว).....	40
4.13 กราฟแสดงประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดฝุ่น.....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ฝุ่นและควันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง ฝุ่นและควันมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของเราซึ่งนอกจากฝุ่นและควันจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตาแล้ว ยังทำอันตรายต่อระบบหายใจ เมื่อเราสูดเอาอากาศที่มีฝุ่นละอองเข้าไป ฝุ่นที่มีขนาดเล็กนั้นสามารถเล็ดลอดเข้าไปในระบบหายใจ ทำให้ระคายเคือง แสบจมูก ไอ จาม มีเสมหะ หรือมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง โดยทั่วไปแล้ว ฝุ่น ควันจะมีแหล่งที่มาแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฝุ่นหรือควันที่เกิดจากธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ปัจจุบันฝุ่นและควันส่วนใหญ่่นั้นเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมที่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่นและควันที่เพิ่มมากขึ้น รวมถึงการปล่อยฝุ่นและควัน ที่เผาไหม้ออกมาจากบ้านเรือน ที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของเรา เช่น ควันจากการทำอาหาร เป็นต้น ซึ่งฝุ่นและควันเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาตามมามากมาย เราจึงออกแบบเครื่องกำจัดฝุ่น ควัน มาเพื่อกำจัดฝุ่นและควัน ที่ปล่อยออกมาฟุ้งกระจายในอากาศ

จากปัญหาฝุ่นและควันเหล่านี้ เราจึงได้ศึกษาและประยุกต์ใช้หลักการของการเคลื่อนที่ประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้า เพื่อมาออกแบบเครื่องกำจัดฝุ่นที่มีความสามารถในการกำจัดฝุ่นและควันที่มีอนุภาคเล็ก ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

ออกแบบและสร้างเครื่องกำจัดฝุ่นเพื่อกำจัดฝุ่นและควัน โดยจะออกแบบและสร้างทั้งหมด 3 ขนาด ที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง สร้างวงจรวัดไฟฟ้าแรงดันสูง สร้างเครื่องกำจัดฝุ่นและศึกษาว่าระยะห่างระหว่างแท่งโลหะแกนกลางกับแผ่นโลหะดักจับฝุ่นมีผลต่อประสิทธิภาพอย่างไร

1.4 วิธีดำเนินการ

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการเกิดโคโรนาดีสชาร์จ
- 1.4.2 ศึกษาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- 1.4.3 ออกแบบวงจรและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง
- 1.4.4 ออกแบบและทำการสร้างเครื่องกำจัดฝุ่น
- 1.4.5 ทดลองเครื่องกำจัดฝุ่นที่ได้ออกแบบไว้
- 1.4.6 ปรับปรุงและแก้ไข
- 1.4.7 จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการ

แผนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2555						พ.ศ. 2556			
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการเกิดโคโรนาดีสชาร์จ										
2. ศึกษาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์										
3. ออกแบบวงจรและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง										
4. ออกแบบและทำการสร้างเครื่องกำจัดฝุ่น										

5. ทดลองเครื่องกำจัดฝุ่นที่ได้ ออกแบบไว้									
6. ปรับปรุงและแก้ไข									
7. จัดทำรูปเล่มรายงาน									

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องกำจัดฝุ่นที่ออกแบบสามารถกำจัดฝุ่นได้ และทราบว่าระยะห่างที่มากขึ้นระหว่างแท่งโลหะแกนกลางกับแผ่นโลหะดักจับฝุ่นมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่นอย่างไร

1.7 งบประมาณของโครงการ

1.7.1 ค่าวัสดุอุปกรณ์	3,000 บาท
1.7.2 ค่าเอกสาร	1,000 บาท
1.7.3 อื่น ๆ	1,000 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	<u>5,000</u> บาท

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การกำจัดฝุ่นและควันของเครื่องกำจัดฝุ่นนี้จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานหลายส่วนมาประกอบกันเพื่อให้การประมวลผลมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องมากที่สุด จึงต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.1 ไฟฟ้าสถิต (Static electricity)

ไฟฟ้าสถิต (Static electricity) เป็นปรากฏการณ์ที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากัน ปกติจะแสดงในรูปการดึงดูด การผลักกัน และเกิดประกายไฟ

2.1.1 การเกิดไฟฟ้าสถิต

กฎข้อที่ 1 ของไฟฟ้าสถิต (First Law of Electrostatics) ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันผลักกัน ส่วนประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันดึงดูดกัน อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะดึงดูดอนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ

การที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากันทำให้เกิดแรงดึงดูดเมื่อวัตถุทั้ง 2 ชั้นมีประจุต่างชนิดกัน หรือเกิดแรงผลักกันเมื่อวัสดุทั้ง 2 ชั้นมีประจุชนิดเดียวกัน เราสามารถสร้างไฟฟ้าสถิตโดยการนำผิวสัมผัสของวัสดุ 2 ชั้นมาขัดสีกัน พลังงานที่เกิดจากการขัดสีกันทำให้ประจุไฟฟ้าบนผิววัสดุจะเกิดการแลกเปลี่ยนกัน โดยจะเกิดกับวัสดุประเภทที่ไม่นำไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า ฉนวน ตัวเช่น ยาง พลาสติก และแก้ว สำหรับวัสดุประเภทที่นำไฟฟ้านั้น โอกาสเกิดปรากฏการณ์ประจุไฟฟ้าบนผิววัสดุไม่เท่ากันนั้นยากแต่ก็สามารถเกิดขึ้นได้ เช่น กรณีที่ผิวโลหะถูกกระทบด้วยของแข็งหรือของเหลวที่ไม่เป็นตัวนำ ประจุที่เกิดการเคลื่อนย้ายระหว่างการสัมผัสจะถูกเก็บบนผิวของวัสดุทั้ง 2 ชั้น

2.1.2 ตัวนำ (Conductor)

วัตถุที่มีอิเล็กตรอนจำนวนมาก ซึ่งเคลื่อนที่อย่างอิสระ ดังนั้นตัวนำจึงให้กระแสไฟฟ้า โลหะเป็นตัวนำที่ดี เช่น ทองแดง อลูมิเนียม และทองคำ

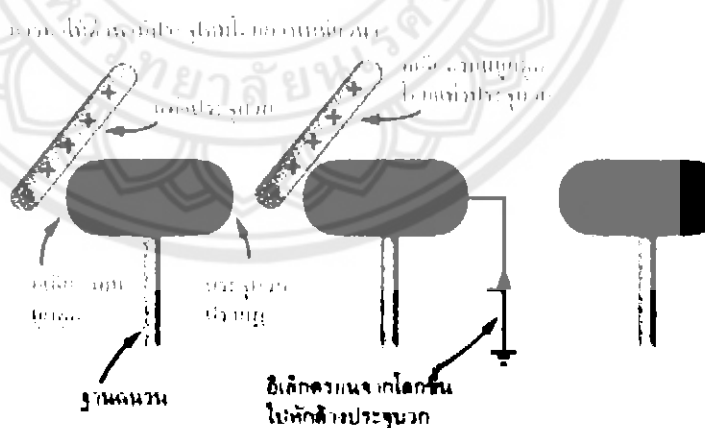
2.1.3 ฉนวน (Insulator)

วัตถุที่มีอิเล็กตรอนอิสระในการเคลื่อนที่น้อยมากหรือไม่มีเลย(เป็นตัวนำที่ไม่ดี) ฉนวนบางชนิดมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อถูกลูเนื่องจากอิเล็กตรอนในอะตอมที่ผิวของวัตถุเคลื่อนที่จากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งแต่ประจุไฟฟ้าจะยังคงอยู่ที่ผิววัตถุนั้น

2.1.4 การเหนี่ยวนำหรือการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต (Induction)

เป็นวิธีการทำให้ตัวนำมีประจุไฟฟ้าโดยใช้ประจุไฟฟ้าจากวัตถุอื่นซึ่งไม่แตะกัน ปกติแล้วประจุไฟฟ้าจะถูกเหนี่ยวนำตามส่วนต่างๆของวัตถุเนื่องจากการดึงดูดและผลักรัน ถ้าเคลื่อนประจุชนิดหนึ่งออกไป วัตถุนั้นจะมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามคงอยู่อย่างถาวร

จากรูปที่ 2.1 การทำให้ตัวนำมีประจุใหม่โดยการเหนี่ยวนำนั้น เมื่อนำแท่งประจุบวกเข้าใกล้ตัวนำ จะเกิดการดูดกันระหว่างประจุบวกของแท่งประจุบวกกับประจุลบหรืออิเล็กตรอนของตัวนำ และเกิดการผลักรันระหว่างประจุบวกของแท่งประจุบวกกับประจุบวกของตัวนำ ซึ่งการดูดและผลักรันระหว่างประจุนี้ทำให้เกิดการแบ่งแยกกันระหว่างประจุลบและประจุบวก เมื่อนำด้านที่มีประจุบวกอยู่ของตัวนำต่อลงกับพื้นโลก อิเล็กตรอนจากพื้นโลกจะไปหักล้างประจุบวก จึงทำให้ตัวนำนั้นมีแต่ประจุลบ

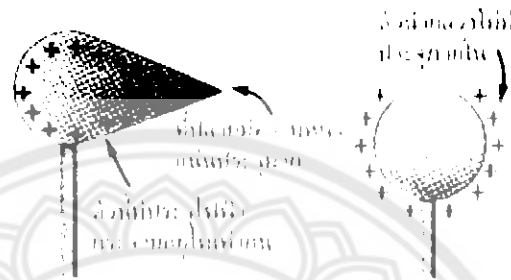


รูปที่ 2.1 การทำให้ตัวนำมีประจุใหม่โดยการเหนี่ยวนำ

(ที่มา : http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric1/Static_electricity.htm)

2.1.5 ความหนาแน่นประจุ (Surface density)

ความหนาแน่นประจุ (Surface density) คือ ประจุไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่บนผิววัตถุ ความหนาแน่นประจุจะมากถ้าผิวโค้งมาก ที่ส่วนแหลมของผิวจะมีประจุไฟฟ้าหนาแน่นมาก และ วัตถุทรงกลมมีความหนาแน่นประจุคงที่ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความหนาแน่นประจุที่บริเวณผิวต่างๆ

(ที่มา : http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric1/Static_electricity.htm)

2.1.6 กิริยาที่ปลายแหลม (Point action)

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นรอบๆปลายแหลมที่ผิวของวัตถุซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวก ไอออนบวกในอากาศจะถูกผลักร โดยประจุไฟฟ้าบวกที่ปลายแหลมให้เคลื่อนที่ไปชน โมเลกุลของอากาศ และทำให้มีอิเล็กตรอนกระเด็นออกไป เป็นการเพิ่มประจุบวกขึ้นอีก และถูกผลักรออกไป มีผลให้เกิดลมไฟฟ้าของโมเลกุลอากาศ

2.2 สนามไฟฟ้า (electric field)

สนามไฟฟ้า หมายถึง บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้า สามารถส่งอำนาจไปถึง หรือบริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น ตามจุดต่างๆในบริเวณสนาม ไฟฟ้าย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้า ต้นกำเนิดสนามจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ ห่างไกลออกไป สนามไฟฟ้ามีหน่วย คือ นิวตันต่อคูลอมบ์ หรือ โวลต์ต่อเมตร

2.2.1 การหาสนามไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนาม Q

ค่าสนามไฟฟ้า หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นบนประจุ +1 คูลอมบ์ ที่เอาไปวางในสนามไฟฟ้านั้น สนามไฟฟ้าจากประจุ Q ใด ๆ มีค่าดังนี้

$$F = \frac{KQq}{r^2}$$

แทนค่า $q = 1 \text{ C}$ ได้

$$F = \frac{KQ \times 1}{r^2}$$

แรงที่ทำต่อประจุ 1 C มีค่า $F = KQq / r^2$

แรงที่ทำต่อประจุ +1 C = สนามไฟฟ้า E

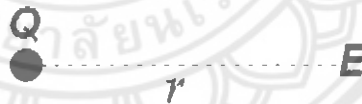
ดังนั้น จึงสามารถหาสนามไฟฟ้าได้จากสมการ

$$E = \frac{KQ}{r^2}$$

(2.1)

ค่า Q ไม่ต้องแทนเครื่องหมาย บวกหรือลบ

$$K \approx 9.1 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}$$



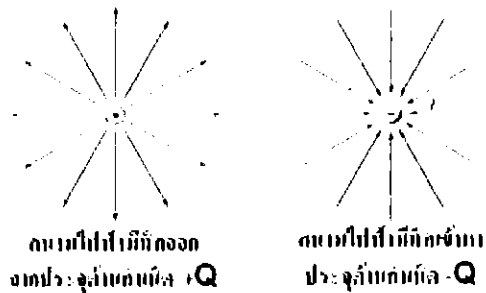
รูปที่ 2.3 ความหมายของตัวแปรของสมการการหาสนามไฟฟ้า

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

E = สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุ Q หน่วยนิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

Q = ประจุแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า หน่วยคูลอมบ์ (C)

R = ระยะจากแหล่งกำเนิดถึงจุดที่ต้องการรู้ค่าสนามไฟฟ้า หน่วย เมตร (m)



รูปที่ 2.4 ทิศของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากจุดประจุนำมาเนกสนาม Q

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

2.2.2 การหาสนามไฟฟ้าจากแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q

ในการหาสนามไฟฟ้า ให้นำประจุทดสอบ q ไปวาง ณ จุดที่เราต้องการหาสนามไฟฟ้า เมื่อมีแรง F ที่กระทำบนประจุทดสอบ หาค่าสนามไฟฟ้าจากอัตราส่วนแรงกระทำต่อประจุ ซึ่งสนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับแรงที่กระทำต่อประจุ 1 คูลอมน์ หาได้จากสมการ

$$E = \frac{F}{q} \quad (2.2)$$

หรือแรงที่กระทำต่อประจุ q ในสนามไฟฟ้า E หาได้จาก

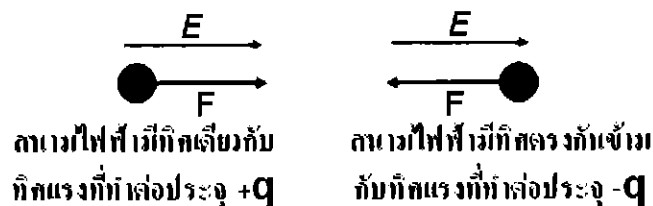
$$F = qE \quad (2.3)$$

F = แรงที่กระทำบนประจุ หน่วยนิวตัน (N)

E = สนามไฟฟ้า หน่วยนิวตันต่อคูลอมน์ (N/C)

q = ประจุทดสอบ หน่วยคูลอมน์ (C)

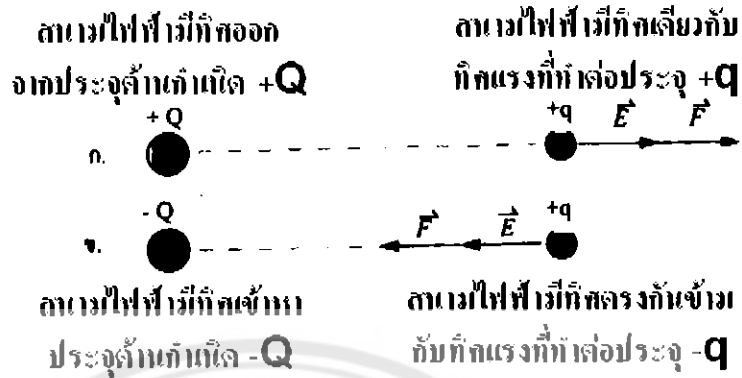
การหาทิศของสนามไฟฟ้าจากแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q



รูปที่ 2.5 ทิศของสนามไฟฟ้าจากแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทิศของสนามไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ



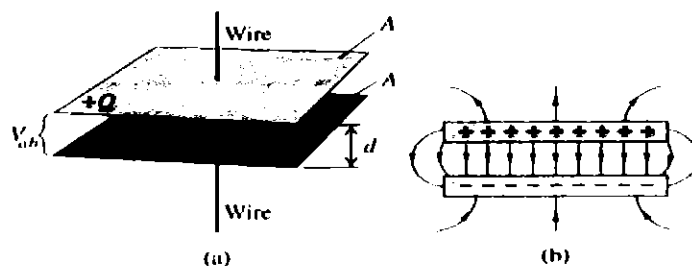
รูปที่ 2.6 เปรียบเทียบทิศของสนามไฟฟ้า

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

2.2.3 สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน

สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนานมีแผ่นตัวนำโลหะ 2 แผ่นวางขนานกัน เมื่อทำให้แผ่นหนึ่งมีประจุไฟฟ้า $+Q$ และอีกแผ่นหนึ่งมีประจุไฟฟ้า $-Q$ จะมีสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นทั้งสอง สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่น โลหะขนานจะมีค่าคงตัวทั้งขนาดและทิศทาง ขนาดของสนาม E หาได้จากขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุ $+1C$ ที่วาง ในสนามไฟฟ้านั้น หรือหาจากความต่างศักย์ระหว่างแผ่นขนาน/ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน

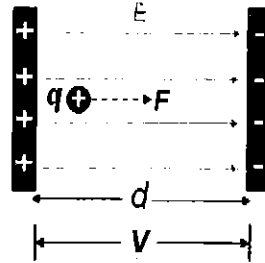
ทิศของสนาม หากจากทิศของแรง เมื่อนำประจุทดสอบวางลงในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ โดยทิศของสนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับทิศแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ $+1 C$ ที่วางลงในสนามไฟฟ้านี้ และทิศสนามมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของแรงที่กระทำต่อประจุลบ หรือสนามไฟฟ้ามีทิศจากแผ่นบวกไปยังแผ่นลบ



รูปที่ 2.7 สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนานมีแผ่นตัวนำโลหะ 2 แผ่นวางขนานกัน

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

การหาขนาดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.8 การหาขนาดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

สามารถหาขนาดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอได้จากสมการ

$$E = \frac{F}{q} \quad (2.4)$$

หรือสมการ

$$E = \frac{V}{d} \quad (2.5)$$

E = สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หน่วยนิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C) หรือ โวลต์ต่อเมตร (V/m)

F = แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q หน่วยนิวตัน (N)

q = ประจุทดสอบ ซึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้า หน่วยคูลอมบ์ (C)

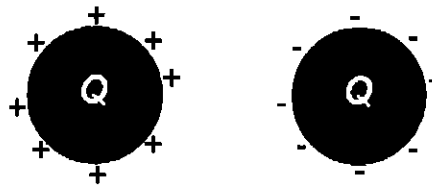
V = ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำขนาน หน่วยโวลต์ (V)

d = ระยะห่างระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า วัดขนานกับสนามไฟฟ้า หน่วยเมตร (m)

ข้อสังเกต จากสมการหาสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน ระยะห่างระหว่างแผ่นขนานจะแปรผกผันกับสนามไฟฟ้า

2.2.4 สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม

พิจารณาตัวนำทรงกลมกลวงหรือตันที่มีประจุไฟฟ้าอิสระ ประจุจะกระจายอยู่ที่ผิวของตัวนำทรงกลมสม่ำเสมอ ซึ่งพบว่าทรงกลมที่มีประจุนี้ จะแผ่สนามไฟฟ้าไปโดยรอบ และเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอนี้ ทำให้เราอาจหาสนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลมได้ โดยพิจารณาว่าทรงกลมนี้ประพฤติตัวเหมือนจุดประจุ รวมกันอยู่ตรงกลางทรงกลม



รูปที่ 2.9 ประจุของตัวนำทรงกลม

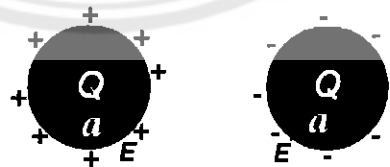
(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

การหาสนามไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมเป็นระยะ r คิดเสมือนว่าประจุ Q ทั้งหมดรวมกันที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม ดังนั้น การหาขนาดของสนามไฟฟ้า ณ จุดซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมเป็นระยะ r หาได้จาก เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าตั้งฉากกับผิวของตัวนำ และไม่สามารถผ่านทะลุไปในตัวนำได้ ดังนั้นภายในตัวนำ ค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าจึงมีค่าเป็นศูนย์เสมอ และที่ผิวของตัวนำทรงกลมมีความเข้มสนามไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 2.10-2.13



รูปที่ 2.10 สนามไฟฟ้าภายในทรงกลมเป็นศูนย์

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)



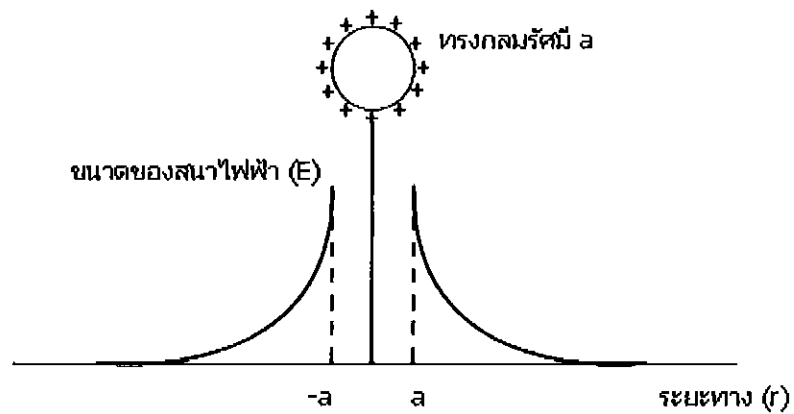
$E_{ผิว} =$ มีค่ามากที่สุด

$$E_{ผิว} = \frac{KQ}{a^2}$$

ทรงกลม รัศมี a

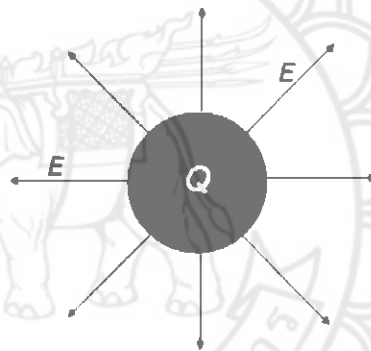
รูปที่ 2.11 สนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมมีค่ามากที่สุด

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)



รูปที่ 2.12 กราฟสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

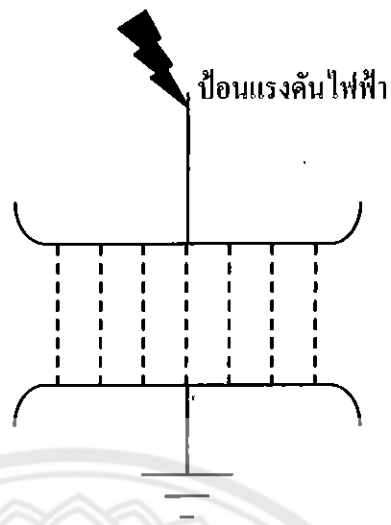


รูปที่ 2.13 สนามไฟฟ้าตั้งฉากกับผิวทรงกลมเสมอ

(ที่มา : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>)

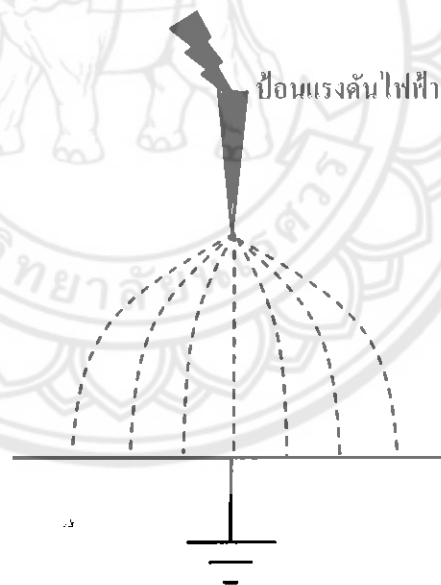
2.3 โครีน่า (Corona)

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดเบรกดาวน์บางส่วน (partial breakdown) โดยมีสนามไฟฟ้าบางส่วนสูงจนเกินกว่าสนามไฟฟ้าวิกฤติของอากาศ (30 kV/ชม. ที่ 760 มม.ปรอท 20°C ที่ ความชื้น 11 กรัม/ตารางเมตร) ทำให้อากาศเปลี่ยนสภาพจากฉนวนเป็นตัวนำ แต่อากาศไม่ได้เปลี่ยนสภาพเป็นตัวนำทั้งหมดจึงไม่เกิดเบรกดาวน์ แต่เกิดโครีน่า



รูปที่ 2.14 สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

(ที่มา : http://psdp.eng.ku.ac.th/file_source/108-3.pdf)



รูปที่ 2.15 สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

(ที่มา : http://psdp.eng.ku.ac.th/file_source/108-3.pdf)

รูปที่ 2.14 แสดงสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอสำหรับระนาบขนาน (parallel plane) พิจารณาจากจำนวนเส้นแรงสนามไฟฟ้าไม่ว่าที่จุดใดๆจะมีจำนวนเส้นสนามไฟฟ้าเท่ากัน นั่นก็คือ สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากันในทุกจุด เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นเรื่อยๆจนสนามไฟฟ้าในช่องว่างสูงกว่า

สนามไฟฟ้าวิกฤติของอากาศ (สมมติให้มีค่า 30 kV/ซม.) ก็จะทำให้สนามไฟฟ้าทุกจุดในช่องว่างเกินกว่าสนามไฟฟ้าวิกฤติอากาศก็เปลี่ยนสภาพจากฉนวนเป็นตัวนำทั้งหมดในช่องว่าง และเกิดเบรกดาวน์โดยไม่เกิดโคโรน่า

รูปที่ 2.15 แสดงสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสำหรับตัวอย่างระนาบแบบก้าน-ระนาบ (rod-plane gap) ซึ่งพิจารณาจากจำนวนเส้นสนามไฟฟ้ามีจำนวนมากที่ปลายแหลม และมีจำนวนเบาบางลงที่ระนาบเรียบที่ปลายอีกข้าง นั่นคือ สนามไฟฟ้าที่ปลายแหลมมีค่าสูง เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นเรื่อยๆจนสนามไฟฟ้าที่ปลายแหลมสูงเกินกว่าสนามไฟฟ้าวิกฤติของอากาศ โดยสนามไฟฟ้าในส่วนอื่นของช่องว่างต่ำกว่าสนามไฟฟ้าวิกฤติของอากาศ ก็ทำให้อากาศเฉพาะบริเวณปลายแหลมเปลี่ยนสภาพจากฉนวนเป็นตัวนำ หรือที่เรียกว่าเกิดไอออไนเซชัน (ionization) ส่วนอากาศบริเวณอื่นๆยังเป็นตัวนำอยู่ อย่างนี้เราเรียกว่าเกิดเบรกดาวน์บางส่วน (partial breakdown) ไม่เกิดอาร์กหรือสปาร์กทั้งหมด แต่อากาศบริเวณปลายแหลมแตกตัว ได้ยินเสียง เห็นแสงโคโรน่า และโดยทั่วไปการเกิดโคโรน่าจะมีโอโซน หรือ O_3 เกิดขึ้น



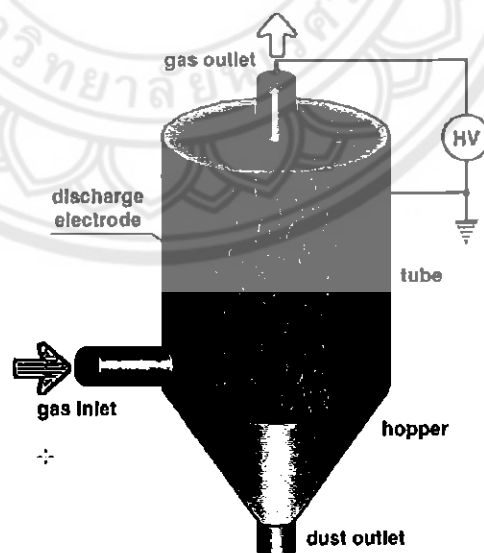
บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

ข้อมูลและรายละเอียดทางทฤษฎีและหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ ผู้จัดทำได้ชี้แจงในบทที่ผ่านมาแล้ว ดังนั้นในบทนี้ผู้จัดทำจึงได้เริ่มออกแบบสร้างเครื่องกำจัดฝุ่น โดยใช้ความต่างศักย์สูงจากไฟกระแสตรง โดยต่อขั้วลบเข้ากับแท่งโลหะแกนกลาง และต่อขั้วบวกเข้ากับแผ่นโลหะที่ม้วนเป็นทรงกระบอกล้อมรอบแท่งโลหะที่ต่อกับขั้วลบ โดยให้มีช่องว่างระหว่างแผ่นโลหะขั้วบวกกับแท่งโลหะขั้วลบ ซึ่งจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่มีค่าสูงมากพอที่จะทำให้อนุภาคในอากาศสกปรกที่ผ่านเข้ามาได้รับอิเล็กตรอนจากแกนกลางจนกลายเป็นอนุภาคประจุลบ และถูกดูดเข้าไปติดที่แผ่นโลหะที่ต่อเข้ากับขั้วบวกซึ่ง โครงสร้างของเครื่องกำจัดฝุ่นประกอบไปด้วยส่วนหลักได้แก่ 1. ส่วนของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง และ 2. ส่วนของโครงสร้างในการดักจับฝุ่น

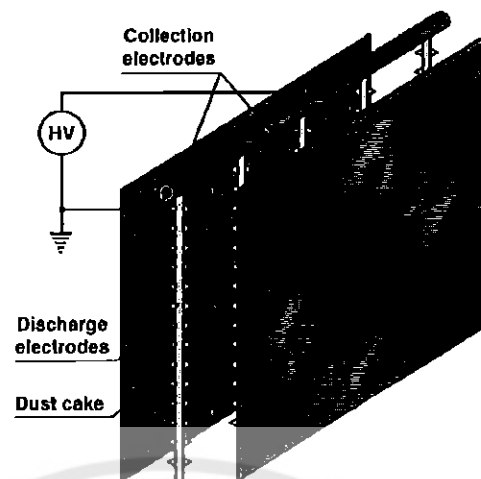
3.1 ชนิดของเครื่องกำจัดฝุ่นไฟฟ้าสถิต

เครื่องกำจัดฝุ่นไฟฟ้าสถิตสามารถแบ่งตาม โครงสร้าง ได้เป็น 2 ชนิด คือ 1.แบบท่อทรงกระบอก และ 2.แบบแผ่นบาง



รูปที่ 3.1 เครื่องกำจัดฝุ่นไฟฟ้าสถิตชนิดแบบท่อทรงกระบอก

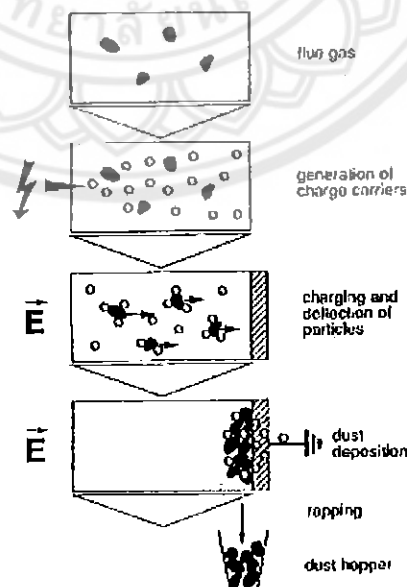
(ที่มา : http://www.nstda.or.th/nac2011/presentation/ppt_nac2011_phoon.pdf)



รูปที่ 3.2 เครื่องกำจัดฝุ่นไฟฟ้าสถิตชนิดแบบแผ่นบาง

(ที่มา : http://www.nstda.or.th/nac2011/presentation/ppt_nac2011_phoon.pdf)

เครื่องกำจัดฝุ่นไฟฟ้าสถิตทั้ง 2 ชนิด มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน แต่หลักการทำงานของเครื่องนั้นใช้หลักการทำงานเดียวกันคือจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างแกนกลางกับแผ่นดักจับฝุ่น เพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าที่มีค่าสูงมากพอที่จะทำให้มีอิเล็กตรอนบางส่วนหลุดมาจากแกนกลาง เมื่อฝุ่นผ่านเข้ามา อิเล็กตรอนจะไปเกาะฝุ่น ทำให้ฝุ่นมีอนุภาคเป็นลบและวิ่งเข้าไปติดแผ่นบวกดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

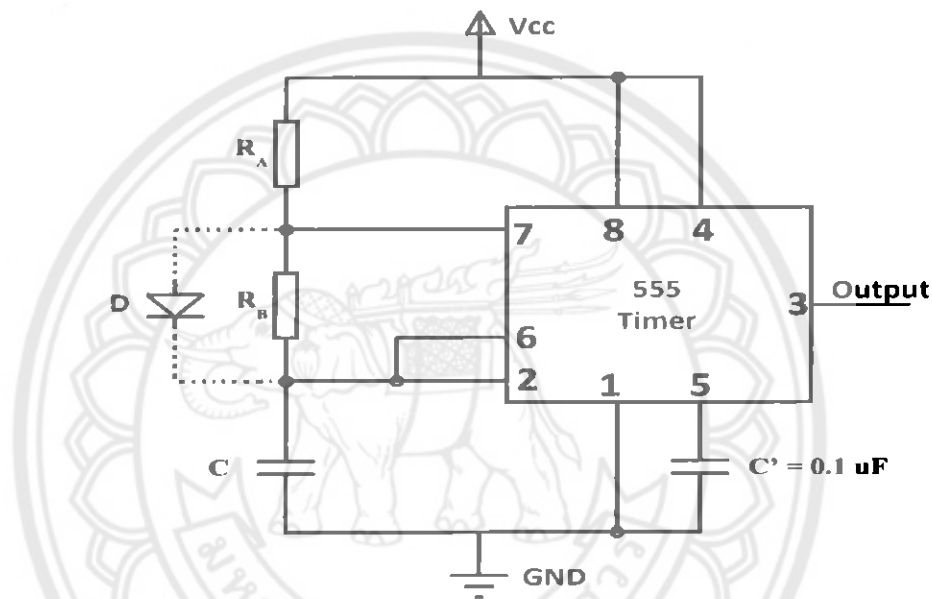


รูปที่ 3.3 หลักการทำงานของเครื่องกำจัดฝุ่น

(ที่มา : http://www.nstda.or.th/nac2011/presentation/ppt_nac2011_phoon.pdf)

3.2 การออกแบบและการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

ในการสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงนั้น ผู้จัดทำได้ใช้หม้อแปลงฟลายแบคในการสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงโดยใช้วงจรสร้างพัลส์เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งที่ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงฟลายแบค ซึ่งใช้หลักการ Astable Multivibrator ที่ใช้ไอซี 555 เป็นวงจรสร้างพัลส์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่ง



รูปที่ 3.4 Astable Multivibrator

3.2.1 หลักการทำงานของ Astable Multivibrator

ใช้หลักการเก็บประจุ และคายประจุของคาปาซิเตอร์ โดยจะทำการเก็บประจุผ่าน R_A , R_B (กรณีที่ไม่ต่อ ไดโอดขนานกับ R_B) หรือเก็บประจุผ่าน R_A (กรณีต่อ ไดโอดขนานกับ R_B) และจะคายประจุผ่าน R_B และ T_r ภายในลง GND ในกรณีที่ไม่ต่อ ไดโอดขนานกับ R_B

ขณะที่คาปาซิเตอร์ทำการเก็บประจุจนถึงระดับแรงดัน $\frac{2}{3}V_{cc}$ ขณะนั้นแรงดันเอาต์พุตมี

ค่าเท่ากับแรงดัน V_{cc} ($V_{Output} = V_{cc}$)

ขณะที่คาปาซิเตอร์คายประจุออก เกิดแรงดันตกคร่อมมีช่วงจาก $\frac{2}{3}V_{cc}$ ถึง $V_{cc} / 3$

ขณะนั้นแรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ ($V_{Output} = 0$)

การวิเคราะห์เวลาในการ Charge และ Discharge Capacitor

เวลาในการ charge- C จาก 0 ถึง $V_{cc} / 3$ ใช้เวลา t_1

$$V_c(t) = V_{cc}(1 - e^{-t/RC})$$

$$V_{cc} / 3 = V_{cc}(1 - e^{-t_1/RC})$$

$$-t_1 / RC = \ln 2 / 3 = -0.405$$

$$t_1 = 0.405RC$$

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

$$2 / 3V_{cc} = V_{cc}(1 - e^{-t_2/RC})$$

$$-t_2 / RC = \ln 1 / 3 = -1.098$$

$$t_2 = 1.098RC$$

$$T_1 = t_2 - t_1 = (1.098 - 0.405)RC$$

$$T_1 = 0.693RC$$

(3.1)

เมื่อไม่มีการต่อไดโอดขนาน R_b จะได้ $R = R_A + R_b$ ดังนั้น

$$T_1 = 0.69(R_A + R_b)C$$

(3.2)

เมื่อมีการต่อไดโอดขนาน R_b จะได้ว่า $R = R_A$

$$T_1 = 0.693R_A C$$

(3.3)

เวลาในการ discharge C จาก $2 / 3V_{cc}$ ถึง $V_{cc} / 3$

$$V_c(t) = V e^{-t/RC}$$

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

$$T = -RC \ln 1 / 3 = 0.69RC$$

$$T_2 = 0.69(R_b)C$$

(3.4)

เมื่อ $T = T_1 + T_2$ ดังนั้น

ค่าคาบเวลากรณีไม่มีไดโอดต่อขนานกับ R_b สามารถหาได้จากสมการ

$$T = 0.69(R_A + 2R_B)C \quad (3.5)$$

และค่าคาบเวลากรณีที่มีไดโอดต่อขนานกับ R_b สามารถหาได้จากสมการ

$$T = 0.69(R_A + R_B)C \quad (3.6)$$

สามารถคำนวณค่าความถี่ของ square wave ได้ดังนี้

กรณีไม่มีไดโอดขนานกับ R_b จะหาค่าความถี่ได้จากสมการ

$$F = 1 / 0.69(R_A + 2R_B)C \quad (3.7)$$

กรณีที่มีไดโอดขนานกับ R_b จะหาค่าความถี่ได้จากสมการ

$$F = 1 / 0.69(R_A + R_B)C \quad (3.8)$$

3.2.2 ออกแบบค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

ผู้จัดทำได้ออกแบบให้หม้อแปลงฟลายแบคทำงานที่ความถี่ 18 KHz ดังนั้นจึงต้องสร้างพัลส์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง จากสมการที่ 3.8 เมื่อต้องการสร้างพัลส์ที่ความถี่ 18 KHz และ Duty Cycle 25% จะได้ว่า

$$18K = 1 / 0.69(R_A + R_B)C$$

เนื่องจากค่าตัวต้านทานมีค่าให้เลือกหลากหลายกว่าตัวเก็บประจุ จึงเลือกค่าตัวเก็บประจุเป็นอันดับแรก ในที่นี้ได้เลือกใช้ $0.1 \mu F$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} 18K &= 1 / 0.69(R_A + R_B)0.1\mu \\ (R_A + R_B) &= 805.153 \Omega \end{aligned} \quad (3.6)$$

หาค่าคาบเวลาที่ 18 KHz จาก

$$F = 1/T$$

จะได้

$$18K = 1/T$$

$$T = 55.556 \mu s$$

กำหนดให้ช่วงเวลา T_1 ทำงานคิดเป็นเวลา 25% ของเวลาค่า T จะได้ว่า

$$T_1 = 0.25 \cdot T$$

$$T_1 = 0.25 \cdot 55.556 \mu$$

$$T_1 = 13.889 \mu s$$

หาค่า R_A จากสมการ 3.3

$$T_1 = 0.69(R_A)C$$

แทนค่า C และ T_1 จะได้

$$13.889 \mu = 0.69 R_A \cdot 0.1 \mu$$

$$R_A = 201.29 \Omega$$

กำหนดให้ช่วงเวลา T_2 ทำงานคิดเป็นเวลา 75% ของเวลาค่า T จะได้ว่า

$$T_2 = 0.75 \cdot T$$

$$T_2 = 0.75 \cdot 55.556 \mu$$

$$T_2 = 41.667 \mu s$$

หาค่า R_B จากสมการ 3.4

$$T_2 = 0.69(R_B)C$$

แทนค่า C และ T_2 จะได้

$$41.667 \mu = 0.69(R_B) \cdot 0.1 \mu$$

$$R_B = 603.87 \Omega$$

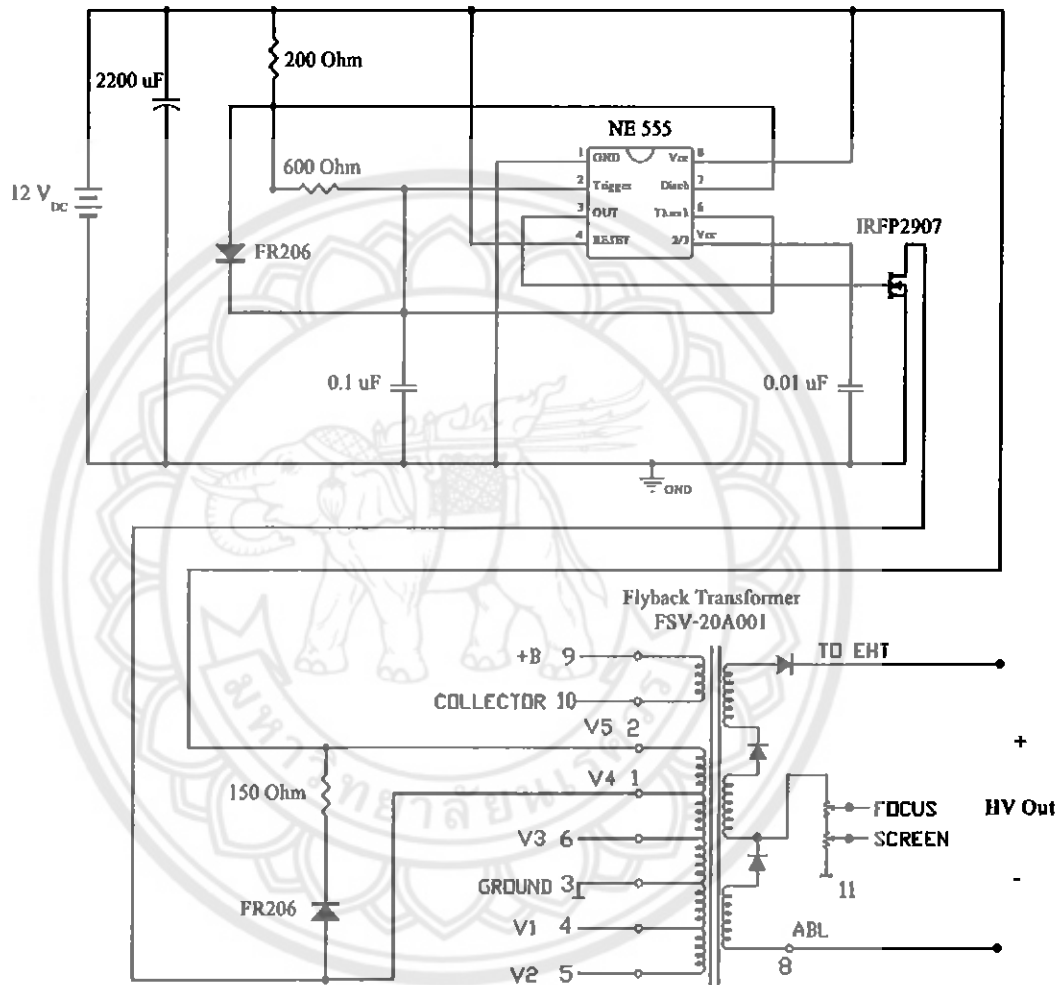
จะได้ค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุดังนี้ $R_A = 201.29 \Omega$, $R_B = 603.87 \Omega$ และ $C = 0.1 \mu F$

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ได้ไม่มีขายตามท้องตลาด ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ค่าความต้านทานที่มีขายตามท้องตลาดที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้ $R_A = 200 \Omega$, $R_B = 600 \Omega$ และ $C = 0.1 \mu F$

นำค่า $R_A = 200 \Omega$, $R_B = 600 \Omega$ และ $C = 0.1 \mu F$ เพื่อหาค่าความถี่ไอซี 555 สร้างขึ้น จากสมการ 3.8 จะได้ว่า

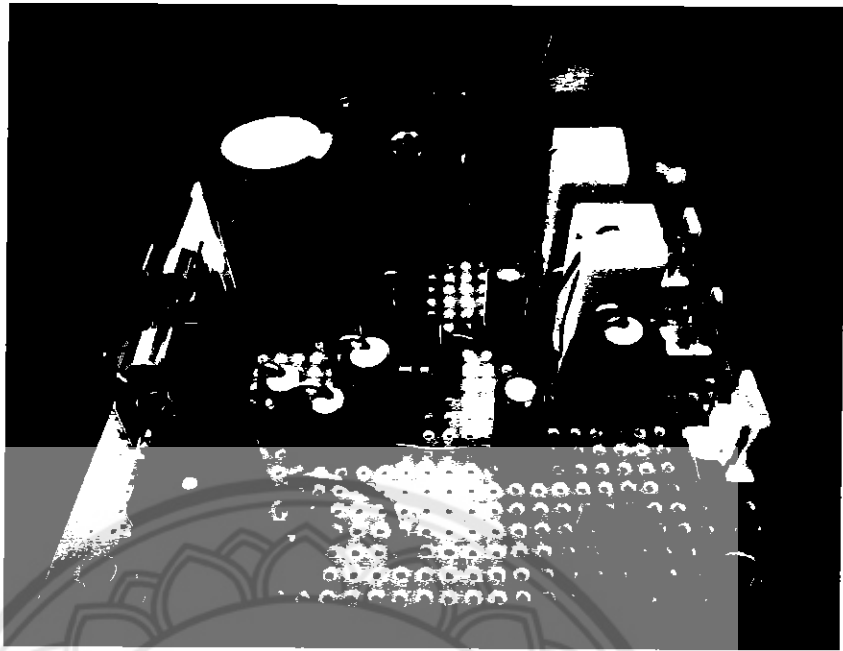
3.2.3 วงจรสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงนี้ ผู้จัดทำได้สร้างแหล่งจ่ายที่สามารถจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงที่ประมาณ 9000 โวลต์



รูปที่ 3.6 วงจรสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

จากที่ได้ออกแบบวงจรสร้างพัลส์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง โดยใช้ไอซี 555 แล้ว จากนั้นนำพัลส์ที่ได้มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง โดยผู้จัดทำได้จ่ายไฟฟ้าขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ให้กับวงจร โดยเลือกใช้มอสเฟตเบอร์ IRFP2907 เป็นอุปกรณ์สวิตชิง และทำการเพิ่มให้เป็นแรงดันสูงโดยใช้หม้อแปลงฟลายแบคสำเร็จรูป ซึ่งหม้อแปลงฟลายแบคสำเร็จรูปนี้จะมีไดโอดในตัวหม้อแปลงที่ทำหน้าที่เรียงกระแส ดังนั้นไฟฟ้าที่ได้จึงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ในที่นี้ผู้จัดทำได้เลือกใช้หม้อแปลงฟลายแบคเบอร์ FSV-20A001



รูปที่ 3.7 วงจรจ่ายไฟฟ้าให้หม้อแปลงฟลายแบค

“1” คือ DC Power Adapter Barrel Jack ใช้สำหรับเป็นตัวรับไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจร

“2” คือ พอร์ตเอาต์พุต 12 โวลต์ สำหรับจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ให้กับพัดลมระบายอากาศของฮีทซิงค์

“3” คือ พอร์ตเอาต์พุต 12 โวลต์ สำหรับจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ให้กับพัดลมระบายอากาศของกล่องใส่วงจร

“4” คือ พอร์ตเอาต์พุต 12 โวลต์ ที่ความถี่ประมาณ 17.674 KHz สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงฟลายแบค

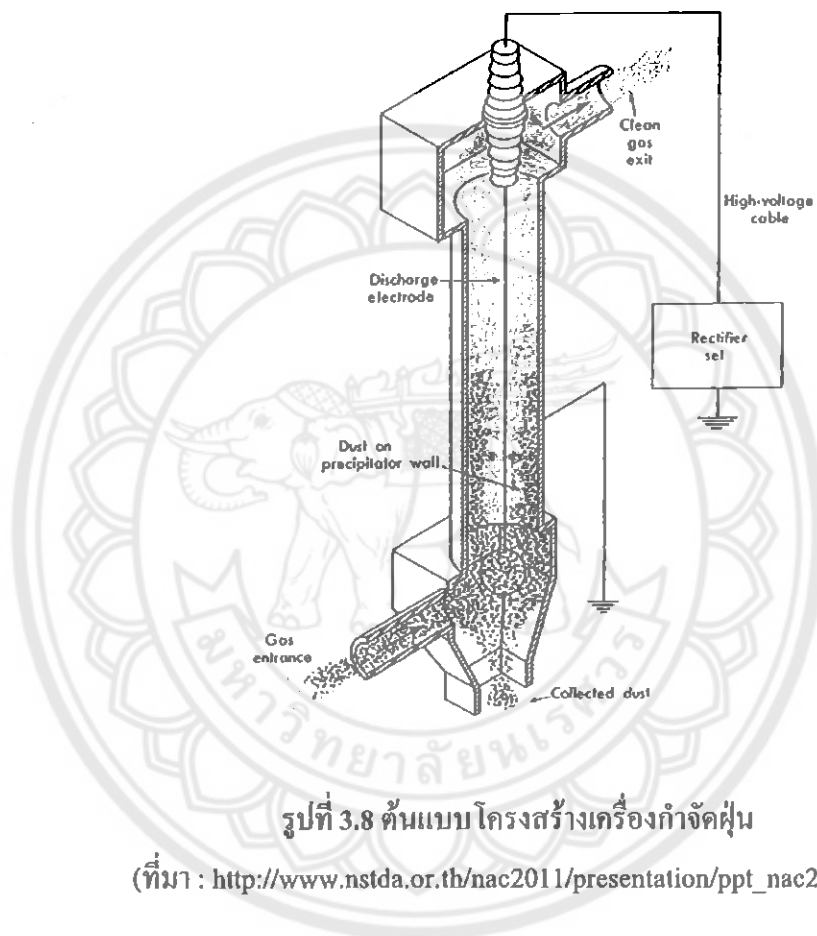
“5” คือ ไฟแสดงสถานะทำงานของวงจร เพื่อให้ทราบว่าวงจรมีไฟฟ้าอยู่ในวงจรหรือไม่

“6” คือ ฟิวส์ขนาด 5 A สำหรับป้องกันวงจร

“7” คือ ฮีทซิงค์และพัดลมฮีทซิงค์ สำหรับระบายความร้อนของมอสเฟต

3.3 โครงสร้างในการดักจับฝุ่น

ส่วนของโครงสร้างดักจับฝุ่นนั้น ผู้จัดทำได้ออกแบบโครงสร้างให้เป็นเครื่องกำจัดฝุ่นชนิดแบบท่อ ในการออกแบบโครงสร้างนั้นได้แสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ต้นแบบ โครงสร้างเครื่องกำจัดฝุ่น

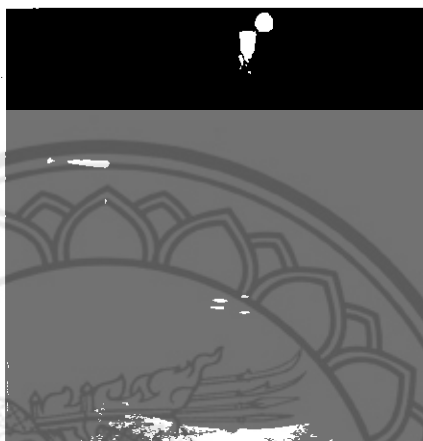
(ที่มา : http://www.nstda.or.th/nac2011/presentation/ppt_nac2011_phoon.pdf)

โครงสร้างในการดักจับฝุ่นนั้น ผู้จัดทำได้ใช้ท่อพีวีซีเป็นตัวโครงสร้างหลัก เนื่องจากท่อพีวีซีสามารถหาซื้อได้ง่าย นำมาประกอบให้มีลักษณะเหมือนต้นแบบได้ง่าย และยังไม่นำไฟฟ้าจึงทำให้เพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน โดยจะใช้สังกะสีเป็นแผ่นดักจับฝุ่น และใช้สกรูตัวหนอนเป็นแกนกลาง การเลือกขนาดท่อต้องระวังไม่ให้เกิดการอาร์คระหว่างแท่งแกนกลางกับแผ่นดักจับฝุ่น

ผู้จัดทำได้ออกแบบให้โครงสร้างในการดักจับฝุ่นนั้นแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักคือ 1.ปล่องทางเข้าของฝุ่นและที่เก็บสะสมฝุ่น 2.แผ่นดักจับฝุ่น 3.ปล่องทางออกของฝุ่นและแกนกลาง

3.3.1 ปล่องทางเข้าของฝุ่นและที่เก็บสะสมฝุ่น

ปล่องทางเข้าของฝุ่นทำหน้าที่เป็นปล่องสำหรับนำฝุ่นเข้ามายังเครื่องกำจัดฝุ่น โดยผู้จัดทำได้ใช้ข้อต่อสามทางของท่อพีวีซีมาทำเป็นปล่องทางเข้า ปล่องด้านข้างจะเชื่อมต่อกับท่อภายนอกที่ปล่อยฝุ่นออกมา ด้านบนเชื่อมต่อกับส่วนของแผ่นดักจับฝุ่น ด้านล่างจะเชื่อมต่อกับที่เก็บสะสมฝุ่น

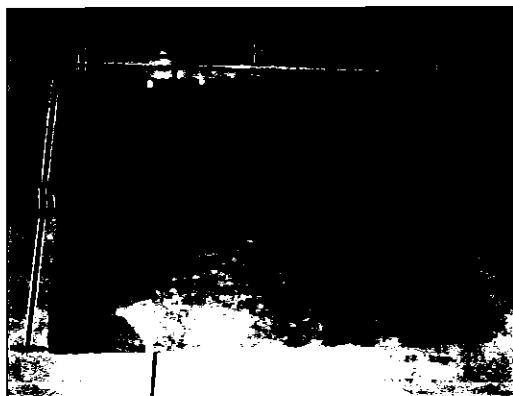


รูปที่ 3.9 ปล่องทางเข้าของฝุ่นและที่เก็บสะสมฝุ่น

3.3.2 แผ่นดักจับฝุ่น

แผ่นดักจับฝุ่นเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของโครงสร้างดักจับฝุ่น เนื่องจากต้องเป็นตัวดักจับฝุ่นที่ต้องการกำจัดและผ่านเข้ามายังเครื่องกำจัดฝุ่น โดยแผ่นดักจับฝุ่นนี้จะเชื่อมต่อกับขั้วบวกของวงจรสร้างไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ในส่วนของแผ่นดักจับฝุ่นนี้ด้านนอกจะทำจากท่อพีวีซี ส่วนด้านในที่เป็นแผ่นดักจับฝุ่นจะทำจากแผ่นสังกะสี โดยจะตัดสังกะสีให้มีขนาดที่สามารถม้วนไปติดด้านในท่อพีวีซีได้ โดยจะต้องมีส่วนที่ทับกันพอประมาณเพื่อเกาะรูเชื่อมกับไฟฟ้าแรงดันสูงขั้วบวกจากวงจรด้านนอก วิธีการทำแผ่นดักจับฝุ่นมีดังต่อไปนี้

1. ตัดสังกะสีให้มีขนาดที่สามารถม้วนติดข้างในท่อพีวีซีโดยให้มีส่วนที่ทับกันพอประมาณ ดังในรูปที่ 3.10 โดยมีขนาดดังที่แสดงในตารางที่ 3.1

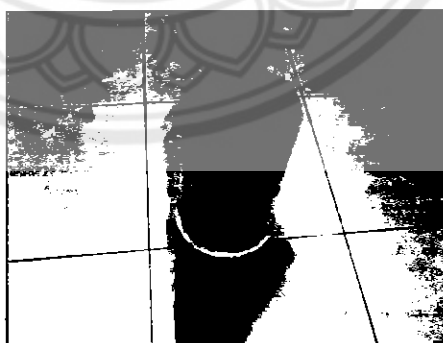


รูปที่ 3.10 แผ่นสังกะสีที่ใช้ทำเป็นแผ่นดักจับฝุ่น

ตารางที่ 3.1 ขนาดของสังกะสีที่ใช้ทำแผ่นดักจับฝุ่น

ขนาดของท่อพีวีซี (นิ้ว)	ความยาวด้าน h (ซม.)	ความยาวด้าน L (ซม.)
2	23	21
3	23	29
4	23	37

2. ม้วนสังกะสีที่ได้ตัดไว้ติดตั้งไปในท่อ ดังในรูปที่ 3.11

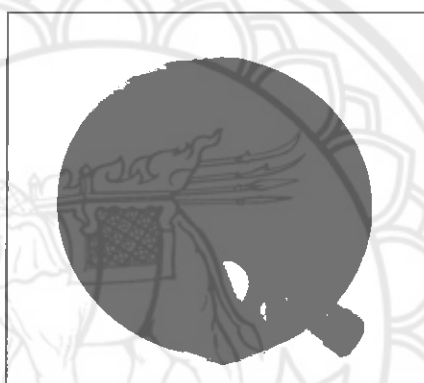


รูปที่ 3.11 การม้วนสังกะสีติดข้างในท่อ

3. เจาะรูท่อพีวีซีและสังกะสีเพื่อเชื่อมต่อกับไฟฟ้าแรงดันสูงจากวงจรที่อยู่ภายนอก และเพื่อยึดให้แผ่นสังกะสีส่วนที่เชื่อมกันอยู่นั้นติดกัน ดังในรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 การเจาะรูท่อพีวีซีและสังกะสี



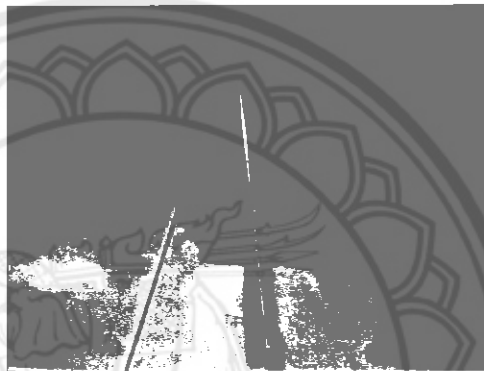
รูปที่ 3.13 ด้านในของส่วนที่เป็นแผ่นดักจับผึ้ง

3.3.3 ปล่องทางออกของผึ้งและแกนกลาง

ปล่องทางออกของผึ้งเป็นปล่องที่ทำหน้าที่นำอากาศที่ถูกดักจับผึ้งแล้ว ออกไปยังภายนอก ปล่องทางออกนี้ทำมาจากข้อต่อสามทางของท่อพีวีซี ปล่องด้านล่างจะเชื่อมต่อกับแผ่นดักจับผึ้ง ปล่องด้านข้างจะเป็นปล่องนำอากาศที่ผ่านการดักจับผึ้งแล้วออกสู่ภายนอก ปล่องด้านบนจะเชื่อมต่อกับแท่งแกนกลาง โดยแท่งแกนกลางจะอยู่กลางท่อซึ่งจะมีความยาวเลยลงมาจากส่วนของแผ่นดักจับผึ้งซึ่งจะถูกยึดอยู่กลับแผ่นอะคริลิกที่มีลักษณะเป็นวงกลมและมีรูอยู่กึ่งกลางซึ่งมีขนาดดังตารางที่ 3.2 แผ่นอะคริลิกนี้มีหน้าที่สำหรับยึดแท่งโลหะแกนกลางให้อยู่กึ่งกลางของท่อ เมื่อต่อส่วนของปล่องด้านบนเข้ากับส่วนของแผ่นดักจับผึ้ง แกนกลางนี้จะต้องเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากวงจรภายนอก

ตารางที่ 3.2 ขนาดแผ่นอะคริลิก

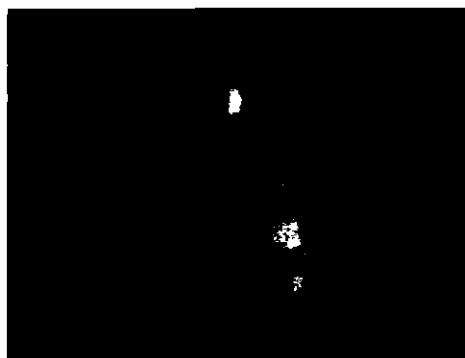
ขนาดของท่อพีวีซี (นิ้ว)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแผ่นอะคริลิก (นิ้ว)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูที่ กึ่งกลาง (มม.)
2	2.5	8
3	3.5	8
4	4.5	8



รูปที่ 3.14 ลักษณะของแผ่นอะคริลิก



รูปที่ 3.15 ปล่องทางออกและแกนกลาง



รูปที่ 3.16 การเชื่อมต่อไฟฟ้าเข้ากับแกนกลาง

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จากการที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดคลื่นแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างชุดทดลอง การทดลอง และผลการทดลอง โดยได้ออกแบบการทดลองไว้ดังนี้

1. ทดลองความถี่ของวงจรสร้างพัลส์และการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง
2. ทดลองแรงดันไฟฟ้าหลังออกจากหม้อแปลงฟลายแบค
3. ทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดคลื่น
4. ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดคลื่น โดยทดลองทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (ทอพีวีซี 2 นิ้ว) ขนาดกลาง (ทอพีวีซี 3 นิ้ว) และขนาดใหญ่ (ทอพีวีซี 4 นิ้ว)

4.1 ทดลองวงจรสร้างพัลส์และการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง

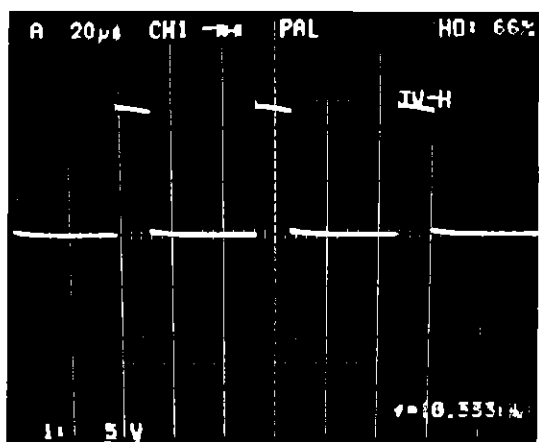
ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อคุณลักษณะสัญญาณของแรงดัน และความถี่ที่สร้างขึ้น นี้ เป็นตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยใช้เครื่องออสซิลโลสโคปในการทดลอง ซึ่งจะทำให้การ ทดลองวงจรสร้างพัลส์เพื่อควบคุมอุปกรณ์สวิตชิงและการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง

4.1.1 ผลการทดลองวงจรสร้างพัลส์และการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง

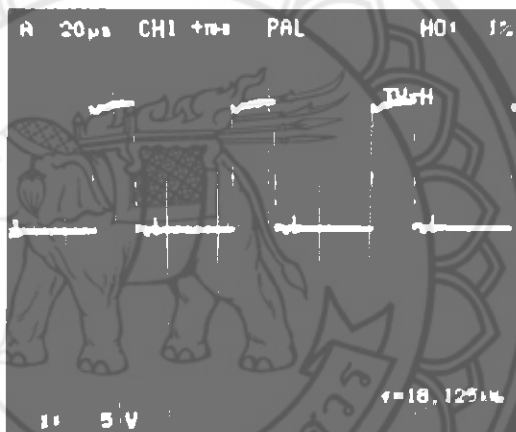
ผู้จัดทำได้ใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดค่าความถี่และรูปสัญญาณแรงดันของวงจรสร้าง พัลส์ การทำงานของอุปกรณ์สวิตชิง และแรงดันอินพุตด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงฟลายแบค โดย ความถี่และรูปสัญญาณแรงดันนั้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1-4.4 และตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรสร้างพัลส์

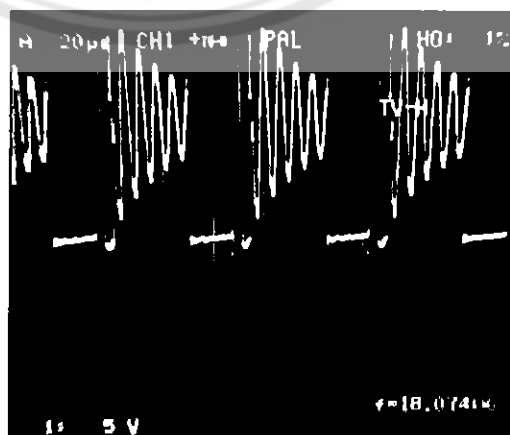
ผลการทดลองวงจรสร้างพัลส์				
ครั้งที่	ความถี่ที่สร้างขึ้น (KHz)	คาบเวลาทั้งหมด (μ s)	คาบเวลาช่วง T_{on} (μ s)	Duty Cycle (%)
1	18.333	54	13	24.07
2	18.336	54	13	24.07
3	18.341	54	13	24.07



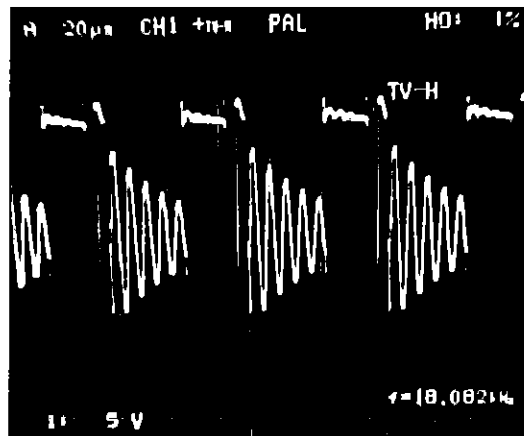
รูปที่ 4.1 สัญญาณ Output ของวงจรสร้างพัลส์



รูปที่ 4.2 แรงดันที่ขาเกตของมอสเฟต



รูปที่ 4.3 แรงดันที่ขาเดรนของมอสเฟต



รูปที่ 4.4 แรงดันค่านปรุณภูมิของหม้อแปลงฟลายแบค

4.2 ทดลองระดับแรงดันที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบค

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบคนั้นเป็นไฟฟ้าแรงดันสูง จึงจำเป็นต้องใช้โวลต์มิเตอร์แรงสูงในการวัด แต่ทางผู้จัดทำไม่มีโวลต์มิเตอร์แรงสูง จึงจำเป็นต้องสร้างวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

4.2.1 สร้างวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

ผู้จัดทำได้ออกแบบให้วัดแรงดันสูงสุดที่ 30,000 โวลต์ โดยใช้ความต้านทานค่ออนุกรมกัน ซึ่งความต้านทานทานจะต้องมีค่าสูงมากพอที่จะจำกัดกระแสที่ไหลผ่านให้มีค่าไม่เกิน 1mA ตัวต้านทานที่ใช้มีขนาด $1 M\Omega$ และ $1 K\Omega$ โดยออกแบบดังนี้

จาก

$$R = V / I$$

ที่แรงดัน กระแส 1 mA จะได้ว่า

$$R = \frac{30 \times 10^3}{1 \times 10^{-3}}$$

$$R = 30 M\Omega$$

ดังนั้นจะใช้ตัวต้านทาน $1 M\Omega$ จำนวน 30 ตัว และ $1 K\Omega$ จำนวน 1 ตัว

หาอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานแต่ละตัวดังนี้

$$P = V^2 / R \quad (4.1)$$

หาแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน $1 K\Omega$ ที่ระดับแรงดันสูงสุด 30,000 โวลต์ จะได้ว่า

$$V_{1K} = \frac{1K}{30M + 1K} \times 30K$$

$$V_{RIK} = 1 V$$

จากสมการ 4.1 ตัวต้านทาน $1 K\Omega$ จะต้องทนกำลังไฟฟ้าได้

$$P_{RIK} = I^2 / 1K$$

$$P_{RIK} = 1 mW$$

ดังนั้น จึงเลือกใช้ตัวต้านทาน $1 K\Omega$ $1W$ จำนวน 1 ตัว

หาแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน $1 M\Omega$ ที่ระดับแรงดันสูงสุด $30,000$ โวลต์ จะได้ว่า

$$V_{RIM} = \frac{1M}{29M + 1K + 1M} \times 30K$$

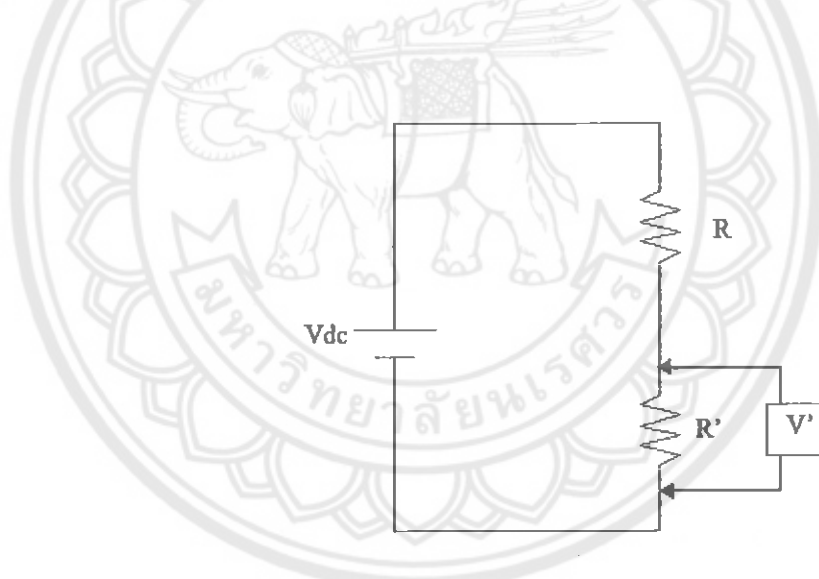
$$V_{RIM} = 999.97 V$$

จากสมการ 4.1 ตัวต้านทาน $1 M\Omega$ จะต้องทนกำลังไฟฟ้าได้

$$P_{RIM} = 999.97^2 / 1M$$

$$P_{RIM} = 1 W$$

ดังนั้น จึงเลือกใช้ตัวต้านทาน $1 M\Omega$ $1W$ จำนวน 30 ตัว

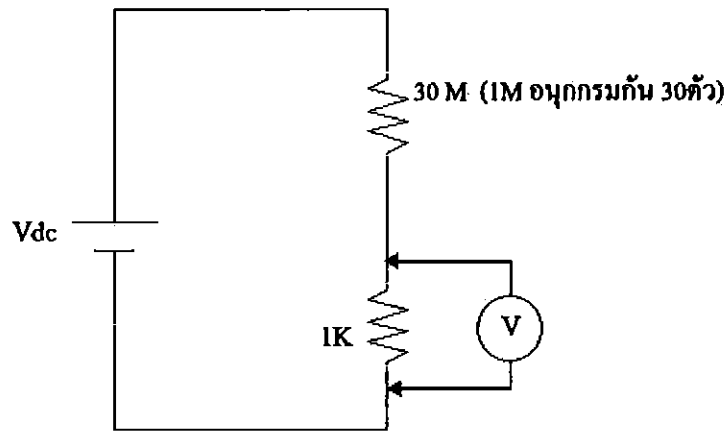


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{dc} และ V'

จากรูปที่ 4.5 สามารถหาแรงดัน V' ได้จากสมการ

$$V' = \left(\frac{R'}{R' + R} \right) V_{dc}$$

$$V_{dc} = \left(\frac{R + R'}{R'} \right) V'$$



รูปที่ 4.6 วงจรแบ่งแรงดันที่ได้ออกแบบ

จากรูปที่ 4.6 สามารถหาแรงดัน Vdc ได้จากสมการ

$$V_{dc} = \left(\frac{30M + 1K}{1K} \right) V$$

$$V_{dc} = 30001V$$

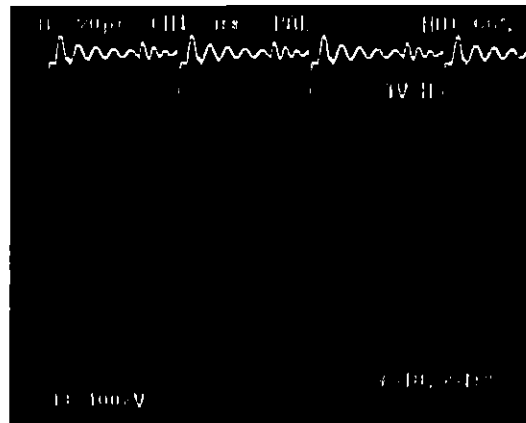
ดังนั้นวงจรแบ่งแรงดันเมื่อเอาไปใช้วัดจะมีอัตราส่วน 1 : 30,001 โวลต์

4.2.2 ผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบค

วัดแรงดัน ไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบค เพื่อให้ทราบว่าแรงดันที่จ่ายให้ระหว่างแท่งโลหะแกนกลางกับแผ่น โลหะคักจับฝุ่นมีระดับแรงดันเท่าไร ซึ่งในวงจรได้ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V และได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดแรงดัน ไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบค

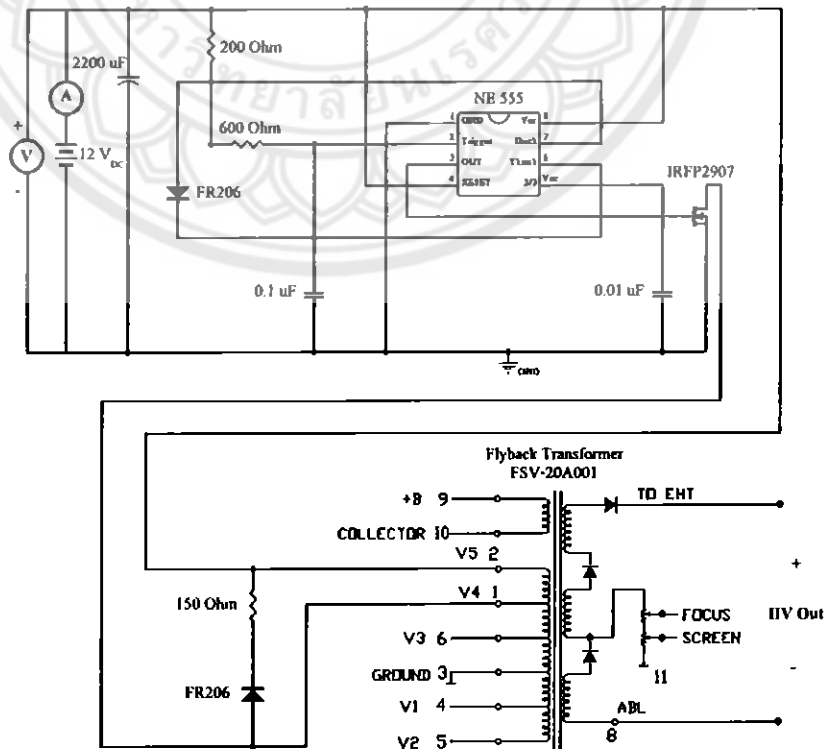
ผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงฟลายแบค		
ครั้งที่	แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน 1KΩ (โวลต์)	แรงดันออกจากหม้อแปลงฟลายแบค (โวลต์)
1	0.318	9540.318
2	0.318	9540.318
3	0.318	9540.318



รูปที่ 4.7 แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม

4.3 ทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่น

การทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่นนั้น เป็นการทดลองเพื่อให้ทราบว่า เครื่องกำเนิดฝุ่นมีกำลังสูญเสียเท่าไร มีกระแสไหลผ่านในวงจรเท่าไร ซึ่งการวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย จะใช้การวัดแรงดันอินพุตของวงจร และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร เพื่อนำมาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียจาก $P = V \cdot I$



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งการวัดแรงดันและกระแส

4.3.1 ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่น

ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่นนั้น คำนวณได้จากการวัดค่ากระแสและแรงดันอินพุตของวงจร โดยผลการวัดกระแส แรงดันอินพุต และการคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่น

ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของเครื่องกำเนิดฝุ่น			
ครั้งที่	แรงดันอินพุตของวงจร (โวลต์)	กระแสที่ใช้ในวงจร (แอมป์)	กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของวงจร (วัตต์)
1	12.02	1.07	12.861
2	12.01	1.07	12.851
3	12.02	1.07	12.861

หมายเหตุ ค่ากระแสที่วัดได้เป็นค่ากระแสที่ใช้จริง ที่รวมพัดลมระบายความร้อนของฮีทซิงค์ และพัดลมระบายอากาศของกล่องใส่วงจร ดังนั้นค่ากำลังสูญเสียที่ได้ จะเป็นค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของเครื่องกำเนิดฝุ่น

4.4 ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่น

การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่นนั้น เป็นการทดลองที่สำคัญที่สุดเนื่องจากจะทำให้ทราบว่าเครื่องกำจัดฝุ่นทั้ง 3 ขนาด ที่ได้สร้างขึ้น ขนาดใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยใช้การชั่งกระดาษกรองในการหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่น



รูปที่ 4.9 โครงสร้างในการทดลอง

“1” คือ เตาเผาเชื้อเพลิง ใช้ในการเผาเชื้อเพลิงและควบคุมให้ควันลอยไปยังด้านบนที่มีทางออก 2 ทาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 20.32 เซนติเมตร สูง 1 เมตร และมีรูด้านบน 2 รู ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร

“2” คือ ท่อลำเลียงควันไปยังกระดาษกรองโดยตรง ซึ่งปริมาณควันที่ได้จะแสดงถึงปริมาณควันก่อนเข้าเครื่องกำจัดฝุ่น

“3” คือ ทางออกของอากาศที่ผ่านจากเครื่องกำจัดฝุ่นไปยังกระดาษกรอง ซึ่งปริมาณควันที่ได้จะแสดงถึงปริมาณของควันหลังจากผ่านเครื่องกำจัดฝุ่น

4.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองประสิทธิภาพเครื่องกำจัดฝุ่นนี้ ผู้จัดทำได้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง		
ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	เตาเผาเชื้อเพลิง (มีปล่อง 2 ปล่อง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว)	1 เตา
2	กระดาษกรอง (ขนาดรูพรุน 2.5 ไมครอน)	6 แผ่น
3	ตู้ดูดความชื้น	1 ตู้
4	เครื่องซั่งกระดาษกรอง (ทศนิยม 5 ตำแหน่ง)	1 เครื่อง
5	เครื่องดูดอากาศ	1 เครื่อง

4.3.2 วิธีการทดลองประสิทธิภาพเครื่องกำจัดฝุ่น

1. ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองและบันทึกที่ถ่วงลงในตารางที่ 4.5
2. ติดตั้งชุดทดลองให้เรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.9
3. นำกระดาษกรองไปค้ำจับฝุ่นและควันที่ปล่องทางออกที่ไม่ได้ผ่านเครื่อง (ตำแหน่งหมายเลข “2” ในรูปที่ 4.9) และนำกระดาษกรองอีกแผ่นไปค้ำจับฝุ่นและควันที่ปล่องทางออกของเครื่องกำจัดฝุ่น (ตำแหน่งหมายเลข “3” ในรูปที่ 4.9)
4. เผาเชื้อเพลิงในเตาเผาเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดควันเป็นระยะเวลาประมาณ 10 นาที
5. นำกระดาษกรองทั้ง 2 แผ่น ไปเข้าตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. นำกระดาษกรองที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วไปทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกถ่วงลงในตารางที่ 4.6
7. กำหนดหาประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่น
8. ทำการทดลองตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1-7 โดยเปลี่ยนขนาดของเครื่องกำจัดฝุ่น ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง (ท่อ 2 นิ้ว ท่อ 3 นิ้ว และท่อ 4 นิ้ว)

4.3.3 ผลการทดลองประสิทธิภาพเครื่องกำจัดฝุ่น

ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่นนั้น ค่าต่างๆที่ได้จากการทดลอง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 - 4.8

ตารางที่ 4.5 ผลการชั่งกระดาศกรงก่อนทำการทดลอง

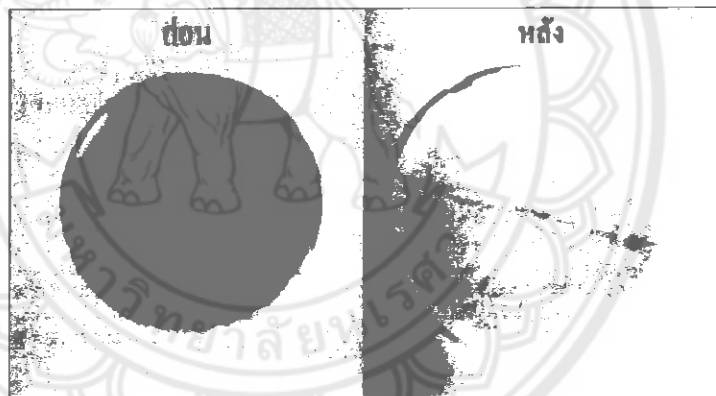
ผลการชั่งกระดาศกรงก่อนทำการทดลอง					
ตำแหน่งในการทดลอง		การชั่งน้ำหนัก			
ขนาดเครื่องกำจัดฝุ่น	ก่อน-หลังออกเครื่องกำจัดฝุ่น	ครั้งที่ 1 (กรัม)	ครั้งที่ 2 (กรัม)	ครั้งที่ 3 (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)
เล็ก (2 นิ้ว)	ก่อน	0.06869	0.06869	0.06870	0.06869
เล็ก (2 นิ้ว)	หลัง	0.06872	0.06875	0.06872	0.06873
กลาง (3 นิ้ว)	ก่อน	0.06875	0.06875	0.06877	0.06876
กลาง (3 นิ้ว)	หลัง	0.06865	0.06870	0.06867	0.06867
ใหญ่ (4 นิ้ว)	ก่อน	0.06867	0.06870	0.06870	0.06869
ใหญ่ (4 นิ้ว)	หลัง	0.06873	0.06871	0.06868	0.06871

ตารางที่ 4.6 ผลการชั่งกระดาศกรงหลังทำการทดลอง

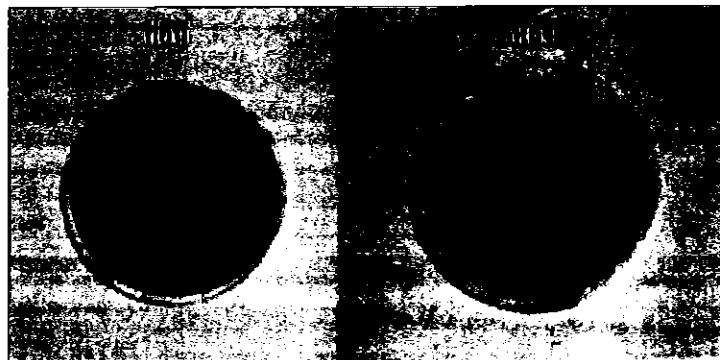
ผลการชั่งกระดาศกรงหลังทำการทดลอง					
ตำแหน่งในการทดลอง		การชั่งน้ำหนัก			
ขนาดเครื่องกำจัดฝุ่น	ก่อน-หลังออกเครื่องกำจัดฝุ่น	ครั้งที่ 1 (กรัม)	ครั้งที่ 2 (กรัม)	ครั้งที่ 3 (กรัม)	น้ำหนักจริง (กรัม)
เล็ก (2 นิ้ว)	ก่อน	0.08135	0.08135	0.08142	0.08137
เล็ก (2 นิ้ว)	หลัง	0.06977	0.06975	0.06975	0.06976
กลาง (3 นิ้ว)	ก่อน	0.08260	0.08256	0.08256	0.08257
กลาง (3 นิ้ว)	หลัง	0.0705	0.07043	0.07052	0.07048
ใหญ่ (4 นิ้ว)	ก่อน	0.08178	0.08183	0.08175	0.08179
ใหญ่ (4 นิ้ว)	หลัง	0.07093	0.07096	0.07096	0.07095

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของกระดาษกรอง

น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของกระดาษกรอง				
ตำแหน่งในการทดลอง		น้ำหนัก	น้ำหนัก	ผลต่าง (กรัม)
ขนาดเครื่อง กำจัดฝุ่น	ก่อน-หลัง เครื่องกำจัดฝุ่น	ก่อนการทดลอง (กรัม)	หลังการทดลอง (กรัม)	
เล็ก (2 นิ้ว)	ก่อน	0.06869	0.08137	0.01268
เล็ก (2 นิ้ว)	หลัง	0.06873	0.06976	0.00103
กลาง (3 นิ้ว)	ก่อน	0.06876	0.08257	0.01381
กลาง (3 นิ้ว)	หลัง	0.06867	0.07048	0.00181
ใหญ่ (4 นิ้ว)	ก่อน	0.06869	0.08179	0.01310
ใหญ่ (4 นิ้ว)	หลัง	0.06871	0.07095	0.00224



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองเครื่องกำจัดฝุ่นขนาดเล็ก (ท่อ 2 นิ้ว)



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองเครื่องกำจัดฝุ่นขนาดกลาง (ท่อ 3 นิ้ว)



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองเครื่องกำจัดฝุ่นขนาดใหญ่ (ท่อ 4 นิ้ว)

จากการทดลองจะทำให้ทราบค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของกระดวยกรอง ซึ่งสามารถนำมาหาประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่นได้ ดังนี้

$$\% \eta = \frac{\Delta m_1 - \Delta m_2}{\Delta m_1} \times 100$$

โดย

$\% \eta$ คือ เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่น

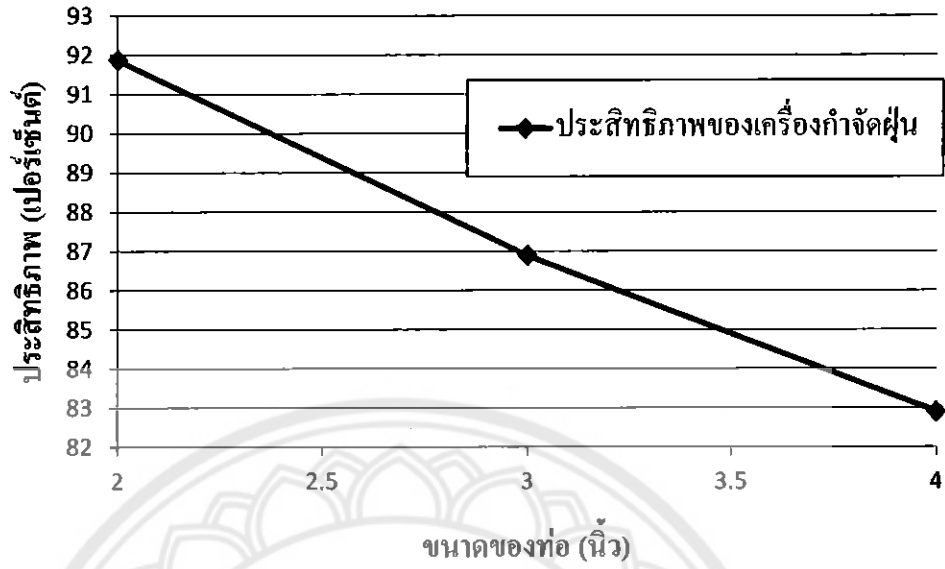
Δm_1 คือ น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของกระดวยกรองที่นำไปวัดปริมาณควันที่ไม่ผ่านเครื่องกำจัดฝุ่น

Δm_2 คือ น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของกระดวยกรองที่นำไปวัดปริมาณควันที่ผ่านเครื่องกำจัดฝุ่น

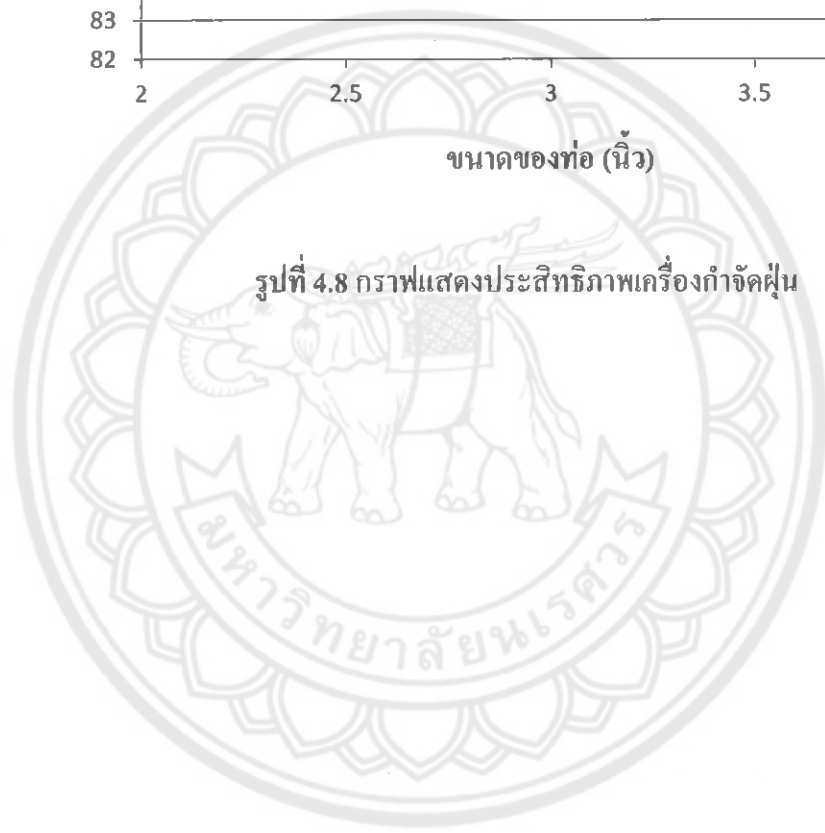
ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพเครื่องกำจัดฝุ่น

ขนาดเครื่องกำจัดฝุ่น	ประสิทธิภาพเครื่องกำจัดฝุ่น		ประสิทธิภาพ (เปอร์เซนต์)
	ผลต่างของน้ำหนักกระดวยกรอง ก่อน	หลัง	
ขนาดเล็ก (ท่อ 2 นิ้ว)	0.01268	0.00103	91.877
ขนาดกลาง (ท่อ 3 นิ้ว)	0.01381	0.00181	86.894
ขนาดใหญ่ (ท่อ 4 นิ้ว)	0.01310	0.00224	82.901

ประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่น



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงประสิทธิภาพเครื่องกำจัดฝุ่น



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการดำเนินงานโครงการงาน

จากโครงการงานเครื่องกำจัดฝุ่นสามารถหาข้อสรุปจากผลการดำเนินงานดังนี้

1. วงจรสร้างพัลส์เพื่อควบคุมอุปกรณ์สวิตซ์ชิ่งที่ออกแบบ จะสร้างพัลส์ที่มีความถี่ 18.337 KHz และมีค่า Duty Cycle 24.07%
2. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่สร้างขึ้นสามารถจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ระดับแรงดัน 9540.318 โวลต์
3. เครื่องกำจัดฝุ่นขนาดเล็ก (ท่อ 2 นิ้ว) มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น 91.877%
4. เครื่องกำจัดฝุ่นขนาดกลาง (ท่อ 3 นิ้ว) มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น 86.894%
5. เครื่องกำจัดฝุ่นขนาดใหญ่ (ท่อ 4 นิ้ว) มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น 82.901%
6. เครื่องกำจัดฝุ่นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ เครื่องกำจัดฝุ่นขนาดเล็ก (ท่อ 2 นิ้ว) และ เครื่องกำจัดฝุ่นที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดคือ เครื่องกำจัดฝุ่นขนาดใหญ่ (ท่อ 4 นิ้ว)
7. ระยะห่างระหว่างแกนกลางกับแผ่นดักจับฝุ่นจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่น เมื่อระยะห่างระหว่างแกนกลางกับแผ่นดักจับฝุ่นเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดฝุ่นต่ำลง

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

จากการทำโครงการงานเครื่องกำจัดฝุ่นพบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่ทำให้การดำเนินงานมีความล่าช้า ดังนี้

1. ขาดความรู้ความเข้าใจในการออกแบบสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง แก้ไขโดยการศึกษาถึงวิธีการสร้างแรงดันสูงด้วยวิธีต่างๆ
2. มอสเฟตมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากในระยะเวลาอันรวดเร็วและอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้ แก้ไขปัญหาโดยการนำฮีทซิงค์และพัดลมระบายความร้อนมาใช้ในการระบายความร้อนออกจากมอสเฟต
3. ปัญหาในการออกแบบ การจัดหาอุปกรณ์ และการเลือกอุปกรณ์ในส่วนของ โครงสร้างเครื่องกำจัดฝุ่น แก้ไขโดยการทดลองเบื้องต้นและปรับปรุงแก้ไข

5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ

1. พัฒนาในการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องกำจัดฝุ่น เพื่อให้มีความแข็งแรงและได้มาตรฐานมากยิ่งขึ้น
2. เพิ่มขนาดของท่อและแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้สามารถกำจัดฝุ่นปริมาณมากที่ผ่านเข้ามายังเครื่องกำจัดฝุ่น
3. พัฒนาในด้านการบำรุงรักษา ให้เครื่องกำจัดฝุ่นนั้นไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก



เอกสารอ้างอิง

- [1] ไฟฟ้าสถิต : http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric1/Static_electricity.htm
- [2] รศ.ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. การเกิดโคโรน่าและการป้องกัน : http://psdp.eng.ku.ac.th/file_source/108-3.pdf
- [3] สนามไฟฟ้า : <http://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/สนามไฟฟ้า-electric-field.html>
- [4] หลักการออกแบบวงจรและการทำงานของไอซีเบอร์ 555 : <http://dtv.mcot.net/data/manual/book1155178943.pdf>
- [5] ดร.พานิช อินต๊ะ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. มลพิษทางอากาศและแนวทางการจัดการด้วยเทคนิคไฟฟ้าสถิต : http://www.nstda.or.th/nac2011/presentation/ppt_nac2011_phoon.pdf



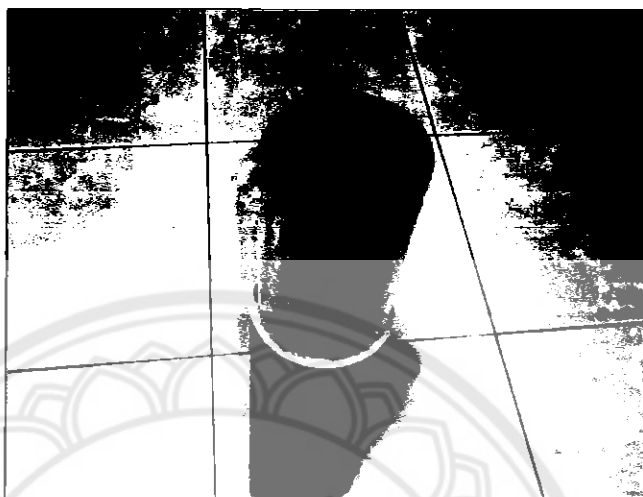


ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานเครื่องกำจัดฝุ่น

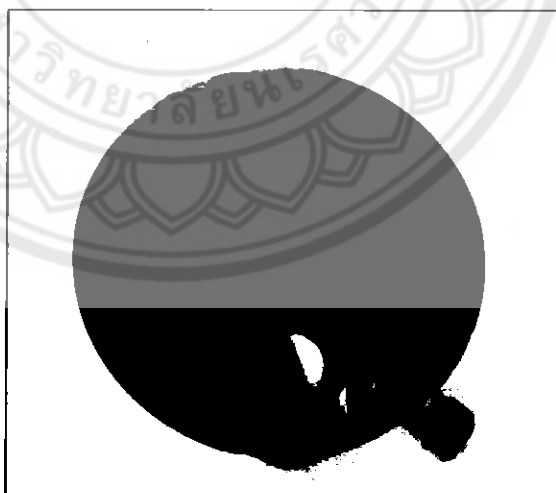
1. การติดตั้งเครื่องกำจัดฝุ่น

1. ติดตั้งแผ่นดักจับฝุ่นด้วยการม้วนแผ่นสังกะสีเข้าด้านในของท่อ ดังแสดงในรูป 1.1



รูปที่ 1.1 ติดตั้งแผ่นดักจับฝุ่น

2. ต่อ binding post เข้ากับแผ่นสังกะสี ดังแสดงในรูปที่ 1.2



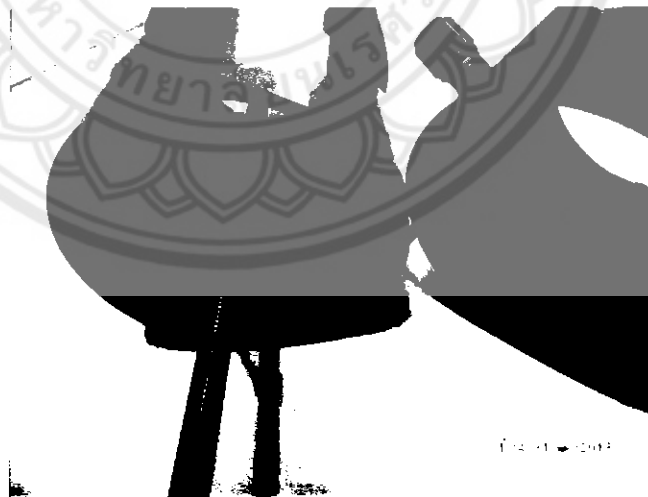
รูปที่ 1.2 ต่อ binding post เข้ากับแผ่นสังกะสี

3. ติดตั้งแท่งโลหะแกนกลางด้วยการใช้น็อตตัวเมียในการยึดแท่งโลหะแกนกลางติดกับแผ่นอะคริลิก ดังแสดงในรูปที่ 1.3



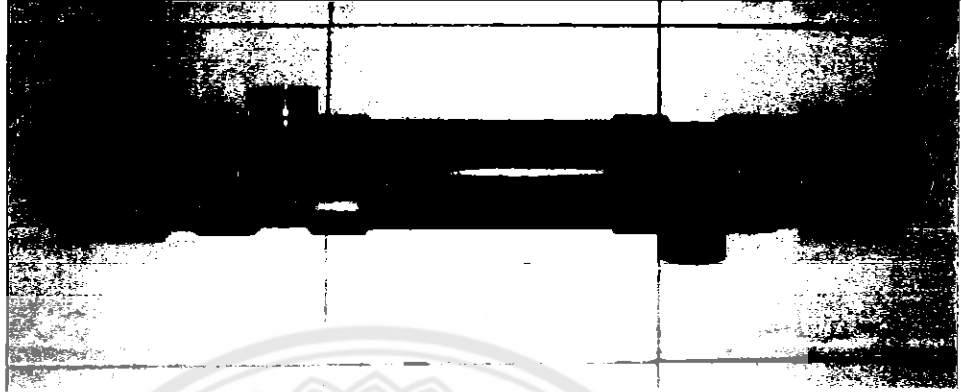
รูปที่ 1.3 ติดตั้งแท่งโลหะแกนกลาง

4. ต่อสายไฟจากแท่งโลหะแกนกลางไปยัง binding post ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ต่อสายไฟจากแท่งโลหะแกนกลางไปยัง binding post

5. ประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.5



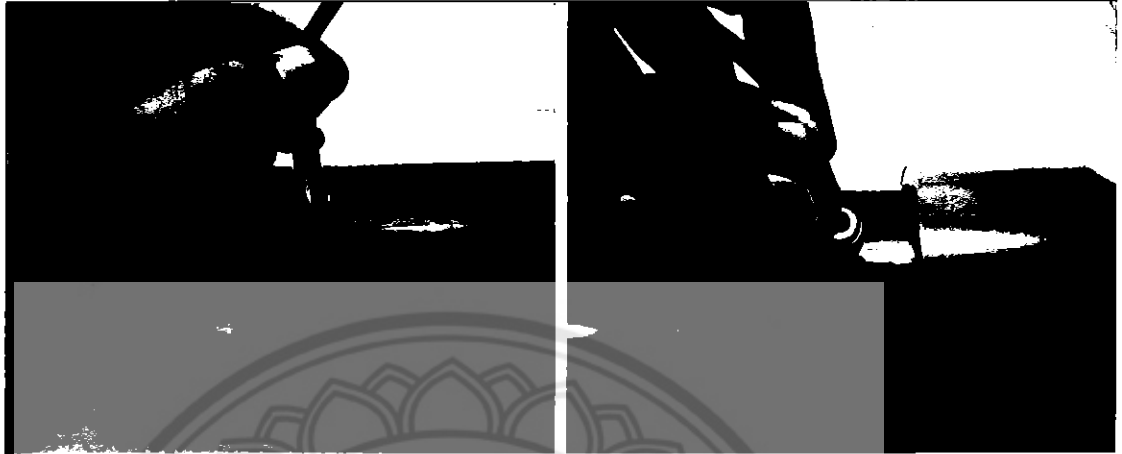
รูปที่ 1.5 ประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

6. ต่อท่อปล่องควันที่ต้องการกำจัดควันนั้นเข้ากับเครื่องกำจัดฝุ่นที่ด้านล่างของเครื่อง ซึ่ง
จะผ่านเครื่องกำจัดฝุ่นออกด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 1.6



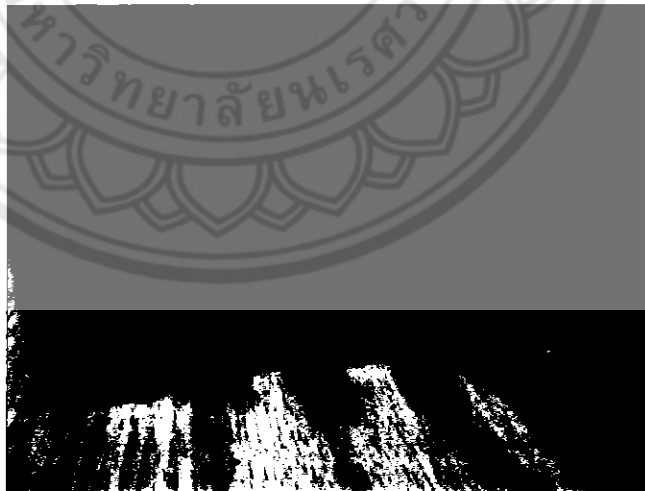
รูปที่ 1.6 เชื่อมต่อปล่องควันเข้ากับเครื่องกำจัดฝุ่น

7. ต่อ banana plug เข้ากับ binding post แสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ต่อ banana plug เข้ากับ binding post

8. เสียบปลั๊กเข้ากับเต้ารับไฟฟ้า 220 V หรือเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12V 2A เข้ากับวงจรสร้างแรงดันไฟฟ้าแรงดันสูง (กรณีมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V 2A เท่านั้น)



รูปที่ 1.8 เชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

หมายเหตุ สวิตช์ที่เครื่องจะควบคุมเฉพาะการเสียบเข้ากับไฟฟ้า 220 V ในกรณีที่จ่าย 12 V จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง จะควบคุมการทำงานเปิดหรือปิดโดยควบคุมการจ่ายไฟของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

2. การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษานั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก เนื่องจากฝุ่นจะไปติดที่แผ่นดักจับฝุ่นและฝุ่นนั้นจะไปเป็นฉนวนระหว่างแท่งโลหะแกนกลางกับแผ่นดักจับฝุ่น ทำให้ประสิทธิภาพลดลงได้ ดังนั้นจึงต้องบำรุงรักษาดังต่อไปนี้

2.1 การบำรุงรักษาแบบง่าย

การบำรุงรักษาแบบง่ายเป็นการบำรุงรักษาเบื้องต้นเท่านั้น โดยการเคาะที่เครื่องกำจัดฝุ่น บริเวณที่มีแผ่นดักจับฝุ่นไว้อยู่ด้านใน ดังแสดงในรูปที่ 1.9 จากนั้นฝุ่นที่มีขนาดใหญ่หรือฝุ่นที่ไม่ติดฝังแน่นกับแผ่นดักจับฝุ่นนั้นจะหล่นร่วงมาอยู่ที่เก็บสะสมฝุ่น ซึ่งการบำรุงรักษาแบบนี้ควรทำทุกครั้งหลังจากใช้งานเครื่องกำจัดฝุ่นแล้ว

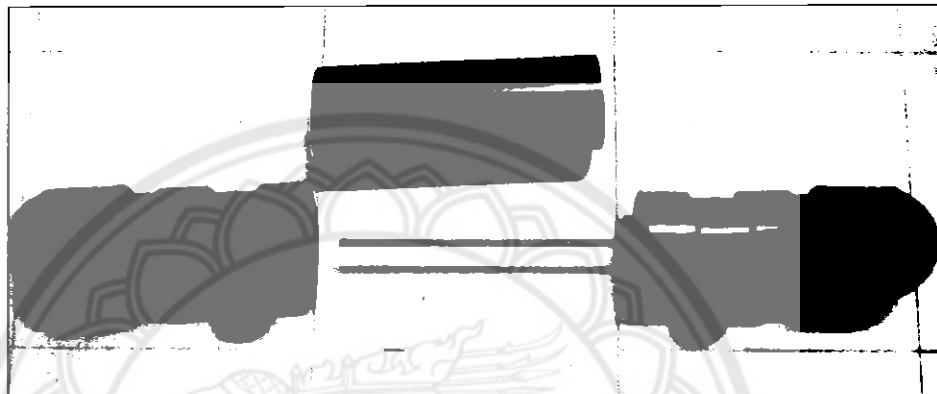


รูปที่ 1.9 การบำรุงรักษาแบบง่าย

2.2 การบำรุงรักษาหลัก

การบำรุงรักษาหลักนี้ เป็นการบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องกำจัดฝุ่นสามารถกลับมาทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการบำรุงรักษาดังนี้

1. แยกส่วนประกอบต่างๆออกจากกัน โดยจะแยกเป็น 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 1.10



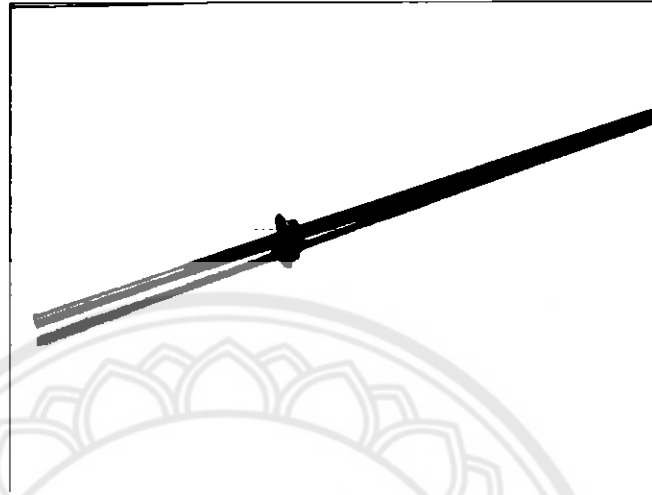
รูปที่ 1.10 แยกชิ้นส่วนเครื่องกำจัดฝุ่น

2. นำแผ่นดักจับฝุ่นออกจากท่อ โดยจะได้แผ่นดักจับฝุ่นดังแสดงในรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 นำแผ่นดักจับฝุ่นออกจากท่อ

3. ถอดสายเชื่อมจากแท่งโลหะแกนกลางที่ต่อเข้ากับ binding post ออก และขันน็อตที่ยึดแท่งโลหะแกนกลางออกจากแผ่นอะคริลิก โดยจะได้แท่งโลหะแกนกลางดังแสดงในรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 นำแท่งโลหะแกนกลางออกจากแผ่นอะคริลิก

4. ทำความสะอาดแผ่นค้ำจับฝุ่นและแท่งโลหะแกนกลาง ดังแสดงในรูปที่ 1.13



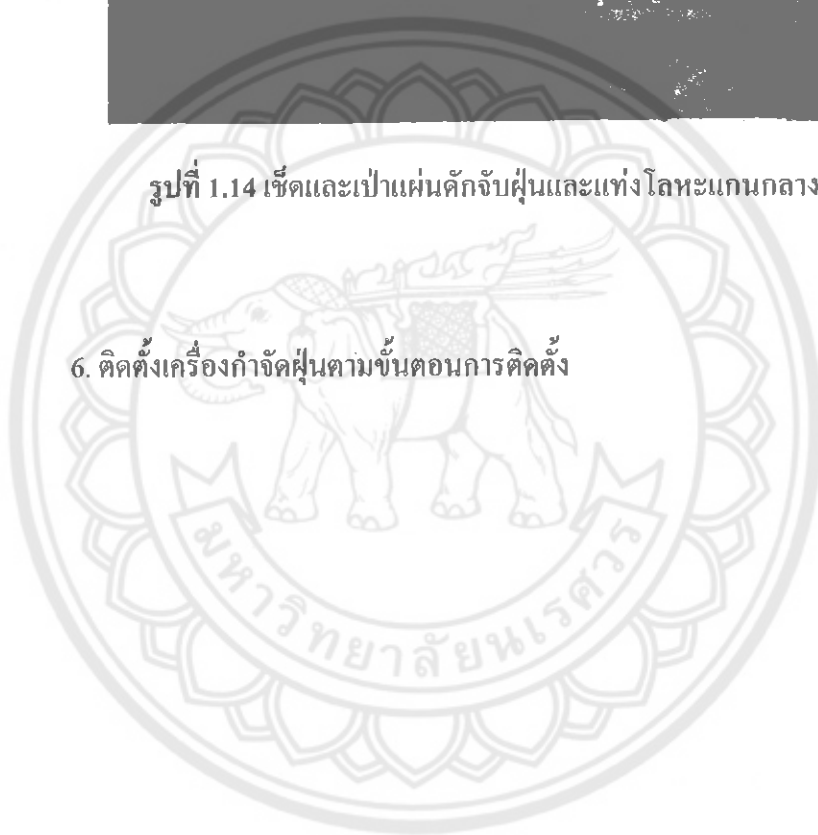
รูปที่ 1.13 ทำความสะอาดแผ่นค้ำจับฝุ่นและแท่งโลหะแกนกลาง

5. เช็ดและเป่าแผ่นคักจับฝุ่นและแท่งโลหะแกนกลางให้แห้ง ดังแสดงในรูปที่ 1.14



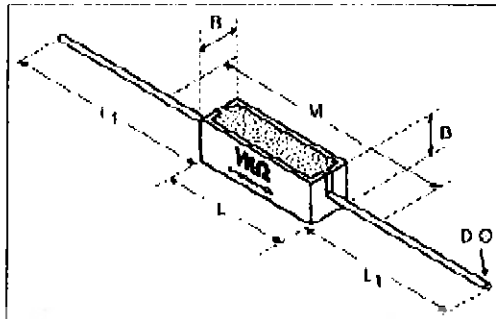
รูปที่ 1.14 เช็ดและเป่าแผ่นคักจับฝุ่นและแท่งโลหะแกนกลางให้แห้ง

6. ติดตั้งเครื่องกำจัดฝุ่นตามขั้นตอนการติดตั้ง





Power Wirewound Resistors Series: K-8/KM-8/KS-8

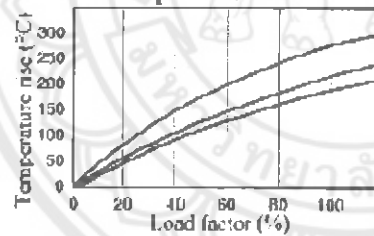


Description

The power wirewound resistors are imbedded in a steatite case with a ceramic substance, producing a resistor with high electrical qualities and great mechanical strength. The resistor element is wound in a single layer on a glass fibre rod, and the connection to the terminals is all welded. The terminals are made of nickel silver, and are hot-tinned to secure excellent solderability and low heat transfer to the P.C.B.

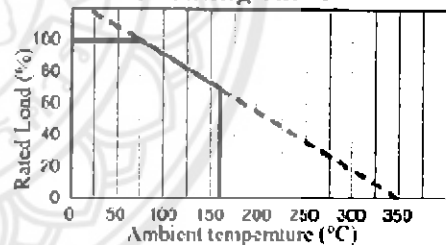
Type	Rated Power P70 (W)	Resistance Range R	Dimensions (mm)				
			L	L ₁	B	D Ø	M
5W-KS-8	5	R1 - 10K	25	36	7	0,8	45
5W-KM-8	5	R1 - 8K2	22	36	8	0,8	42
7W-KM-8	7	R1 - 47R	22	36	10	0,8	42
5W-K-8	5	56R - 8K2	22	36	10	0,8	
10W-KM-8	10	R27 - 100R	36	36	10	0,8	
7W-K-8	7	120R - 18R	36	36	10	0,8	
12W-KM-8	12	1R - 180R	48	36	10	0,8	
10W-K-8	10	220R - 22K	48	36	10	0,8	

Temperature rise



- 1) = 7 - 10 - 12 W KM
- 2) = 5 W KS - 5 W KM - 7 W - 10 W
- 3) = 5 W

Derating curve



Tolerance: ± 5% or 10%
Range: E - 12 series

Applications:

For consumer appliances and industrial equipment.

Data sheet

Carbon Film Leaded Resistor - RS Series

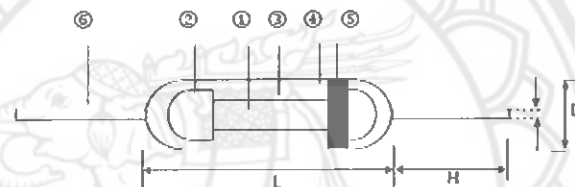
■Features

- The most economic industrial investment
- Standard tolerance: $\pm 5\%$
- Excellent long term stability
- Termination: Standard solder-plated copper lead

■Applications

- Automotive
- Telecommunication
- Medical Equipment

■Construction



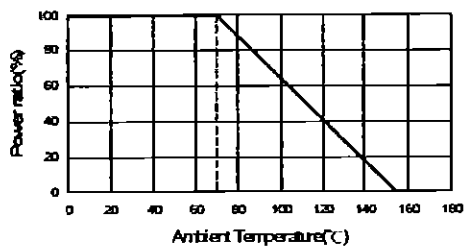
① Ceramic Rod	④ Non-flame Paint With Sol Vent-proof
② Tinned Iron Caps	⑤ Colour Code
③ Carbon Film	⑥ Lead Wire

■Dimensions

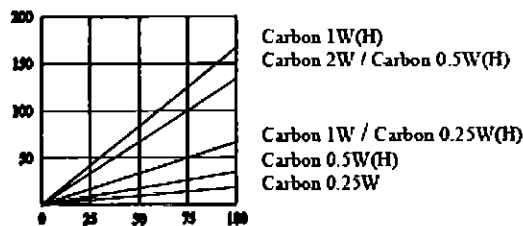
Unit: mm

Type	L	D	H	d	Weight (g) (1000pcs)
Carbon 0.25W	6.3 \pm 0.5	2.3 \pm 0.3	28 \pm 2.0	0.55 \pm 0.03	155
Carbon 0.5W	9.0 \pm 0.5	3.2 \pm 0.5	26 \pm 2.0	0.65 \pm 0.03	352
Carbon 1W	11.5 \pm 1.0	4.5 \pm 0.5	35 \pm 2.0	0.78 \pm 0.03	775
Carbon 2W	15.5 \pm 1.0	5.0 \pm 0.5	32 \pm 2.0	0.78 \pm 0.03	1042

■Derating Curve



■Hop-Spot Temperature



■Part Numbering

RS-	Carbon-	1R-	5%-	0.25W
Series	Type Carbon	Resistance 1R: 1Ω 10R: 10Ω 10K: 10KΩ 100K: 100KΩ	Tolerance ±5%	Power rating @ 70°C 0.25W 0.5W 1W 2W

■Standard Electrical Specifications

Type	Item	Power Rating at 70°C	Operating Temp. Range	Max. Working Voltage	Max. Overload Voltage	Dielectric Withstanding Voltage	Resistance Range
Carbon		0.25W	-55 ~ +155°C	250V	500V	500V	±5% 1Ω - 10MΩ
Carbon		0.5W		350V	700V	700V	1Ω - 10MΩ
Carbon		1W		450V	1000V	1000V	0.1Ω - 10MΩ
Carbon		2W		500V	1000V	1000V	1Ω - 10MΩ

■High Power Rating Electrical Specifications

Type	Item	Power Rating at 70°C	Operating Temp. Range	Max. Working Voltage	Max. Overload Voltage	Dielectric Withstanding Voltage	Resistance Range
Carbon		0.25W	-55 ~ +155°C	200V	400V	400V	±5% 1Ω - 10MΩ
Carbon		0.5W		300V	500V	500V	0.1Ω - 22MΩ
Carbon		1W		400V	800V	800V	1Ω - 10MΩ
Carbon		2W		500V	1000V	1000V	0.1Ω - 10MΩ

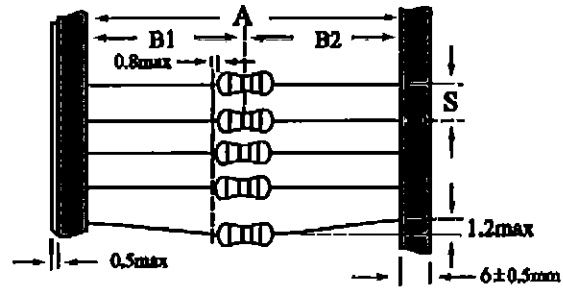
■ Resistor body colour: Standard power rating: Light Brown High power rating: Pink

Item	Requirement	Test Method
Short Time Overload	$\pm(0.75\%+0.05\Omega)$	JIS-C-5201-1 5.5 RCWV*2.5 or Max. overload voltage for 5 seconds
Insulation Resistance	> 1000M Ω	JIS-C-5201-1 5.6 Apply 100V _{dc} for 1 minute
Endurance	$\pm(3\%+0.05\Omega)$	JIS-C-5201-1 7.10 70 \pm 2°C, Max. working voltage for 1000 hrs with 1.5 hrs "ON" and 0.5 hrs "OFF"
Damp Heat with Load	100K Ω \pm 3% 100K Ω \pm 5%	JIS-C-5201-1 7.9 40 \pm 2°C, 90-95% R.H. Max. working voltage for 1000 hrs with 1.5 hrs "ON" and 0.5 hrs "OFF"
Solderability	90% min. Coverage	JIS-C-5201-1 6.5 245 \pm 5°C for 3 seconds
Dielectric Withstanding Voltage	By Type	JIS-C-5201-1 5.7 Apply Max. Overload Voltage for 1 minute
Temperature Coefficient	< 100K Ω +350ppm~-500ppm 100K Ω -1M Ω -0ppm~-700ppm > 1 M Ω -0ppm~-1500ppm	Resistance value at room temperature and room Temperature+100°C
Pulse Overload	$\pm(1\%+0.05\Omega)$	JIS-C-5201-1 5.8 4 times RCWV for 10000 cycles with 1 second "ON" and 25 seconds "OFF"
Resistance To Solvent	No deterioration of coatings and markings	JIS-C-5201-1 6.9 Trichroethane for 1 min with ultrasonic
Terminal Strength	Tensile: 2.5 kg	Direct Load for 10 seconds In the direction off the terminal leads

■ Rated Continuous Working Voltage(RCWV) = $\sqrt{P \cdot R}$

■ Storage Temperature: 25 \pm 3°C; Humidity < 80%RH

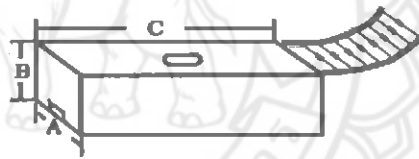
Packing Methods (Ammo)



Unit: mm

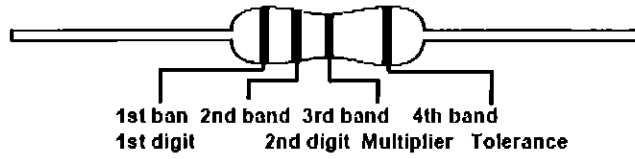
Packaging Type	Packing Methods		
	A	B1-B2	S
Carbon 0.25W	52+1/-0	1.2	5
Carbon 0.5W	52+1/-0	1.2	5
Carbon 1W	52+1/-0	1.5	5
Carbon 2W	52+1/-0	1.5	10

Ammo Packing



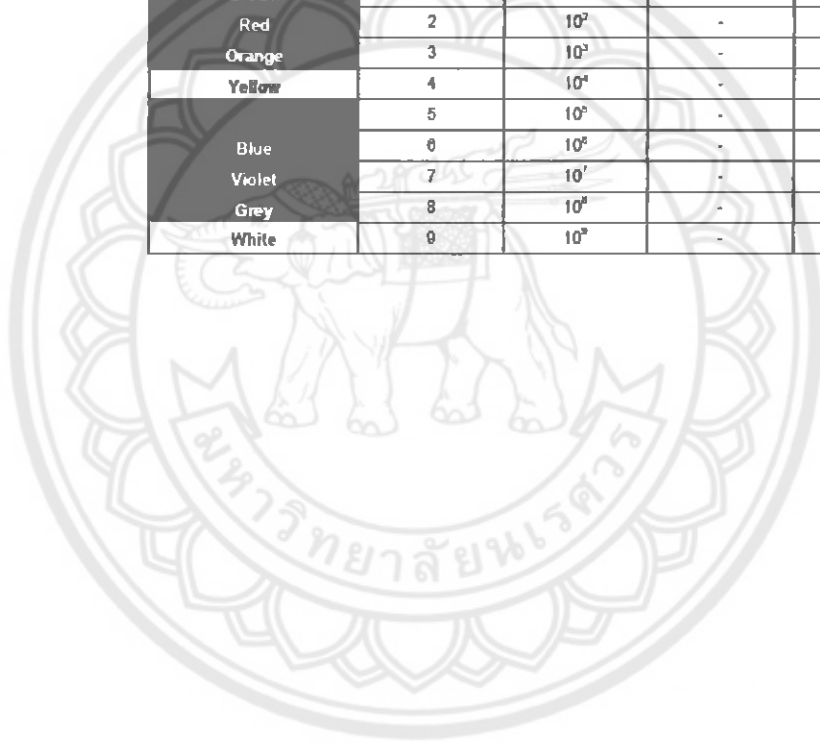
Unit: mm

Packaging Type	Packing Methods			Ammo Packing			
	A	B1-B2	S	A	B	C	Qty
Carbon 0.25W	26+1/-0	1.0	5	80	105	264	5,000
Carbon 0.5W	52+1/-0	1.2	5	80	46	264	1,000
Carbon 1W	73+1/-0	1.5	5	103	82	265	1,000
Carbon 2W	73+1/-0	1.5	10	103	98	265	1,000



±5%	E-24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Color	Digit	Multiplier	Tolerance	
Without	-	-	-	-
Silver	-	10 ⁻²	-	-
Gold	-	10 ⁻¹	±5.0%	J
Black	0	10 ⁰	-	-
Brown	1	10 ¹	-	-
Red	2	10 ²	-	-
Orange	3	10 ³	-	-
Yellow	4	10 ⁴	-	-
	5	10 ⁵	-	-
Blue	6	10 ⁶	-	-
Violet	7	10 ⁷	-	-
Grey	8	10 ⁸	-	-
White	9	10 ⁹	-	-



Typical Applications

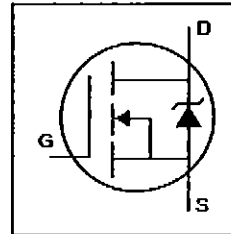
- Integrated Starter Alternator
- 42 Volts Automotive Electrical Systems

Benefits

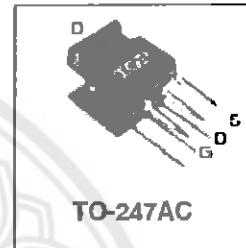
- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Repetitive Avalanche Allowed up to Tjmax

Description

Specifically designed for Automotive applications, this Stripe Planar design of HEXFET® Power MOSFETs utilizes the latest processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. Additional features of this HEXFET power MOSFET are a 175°C junction operating temperature, fast switching speed and improved repetitive avalanche rating. These benefits combine to make this design an extremely efficient and reliable device for use in Automotive applications and a wide variety of other applications.



$V_{DSS} = 75V$
$R_{DS(on)} = 4.5m\Omega$
$I_D = 209A\text{ @}$



G	D	S
Gate	Drain	Source

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
$I_D \text{ @ } T_C = 25^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} \text{ @ } 10V$	209	A
$I_D \text{ @ } T_C = 100^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} \text{ @ } 10V$	146	A
I_{DM} Pulsed Drain Current	840	A
$P_D \text{ @ } T_C = 25^\circ C$ Power Dissipation	470	W
Linear Derating Factor	3.1	W/°C
V_{GS} Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS} Single Pulse Avalanche Energy	1970	mJ
I_{AR} Avalanche Current	See Fig.12a, 12b, 15, 18	A
E_{AR} Repetitive Avalanche Energy		mJ
dv/dt Peak Diode Recovery dv/dt	5.0	V/ns
T_J Operating Junction and	-55 to + 175	°C
T_{STG} Storage Temperature Range		
Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (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	—	0.32	°C/W
$R_{\theta CS}$ Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.24	—	
$R_{\theta JA}$ Junction-to-Ambient	—	40	

IRFP2907

International
IR RectifierElectrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	75	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.085	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	3.6	4.5	mΩ	$V_{GS} = 10V, I_D = 125A$ Ⓞ
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = 10V, I_D = 250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	130	—	—	S	$V_{GS} = 25V, I_D = 125A$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	20	μA	$V_{GS} = 75V, V_{DS} = 0V$
		—	—	250	μA	$V_{DS} = 60V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{DSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	200	nA	$V_{DS} = 20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-200	nA	$V_{DS} = -20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	410	820	nC	$I_D = 125A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	92	140	nC	$V_{DS} = 60V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	140	210	nC	$V_{DS} = 10V$ Ⓞ
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	23	—	ns	$V_{DD} = 38V$
t_r	Rise Time	—	180	—	ns	$I_D = 125A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	130	—	ns	$R_{\theta} = 1.2\Omega$
t_f	Fall Time	—	130	—	ns	$V_{GS} = 10V$ Ⓞ
L_D	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	13	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	13000	—	pF	$V_{DS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	2100	—	pF	$V_{GS} = 25V$
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance	—	500	—	pF	$f = 1.0MHz$, See Fig. 5
C_{oss}	Output Capacitance	—	8780	—	pF	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 1.0V, f = 1.0MHz$
C_{oss}	Output Capacitance	—	1380	—	pF	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 60V, f = 1.0MHz$
$C_{oss, eff.}$	Effective Output Capacitance Ⓞ	—	2320	—	pF	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 0V$ to $60V$

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	209 Ⓞ	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) Ⓞ	—	—	840	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 125A, V_{GS} = 0V$ Ⓞ
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	140	210	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 125A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	880	1320	nC	$dV/dt = 100A/\mu s$ Ⓞ
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S + L_D$)				

Notes:

- Ⓞ Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11).
- Ⓞ Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 0.25mH$, $R_{\theta} = 25\Omega$, $I_{AS} = 125A$. (See Figure 12).
- Ⓞ $I_{SD} \leq 125A$, $dI/dt \leq 280A/\mu s$, $V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}$, $T_J \leq 175^\circ\text{C}$.
- Ⓞ Pulse width $\leq 400\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.
- Ⓞ $C_{oss, eff.}$ is a fixed capacitance that gives the same charging time as C_{oss} while V_{DS} is rising from 0 to 80% V_{DS} .
- Ⓞ Calculated continuous current based on maximum allowable junction temperature. Package limitation current is 80A.
- Ⓞ Limited by T_{Jmax} . see Fig.12a, 12b, 15, 16 for typical repetitive avalanche performance.

www.irf.com

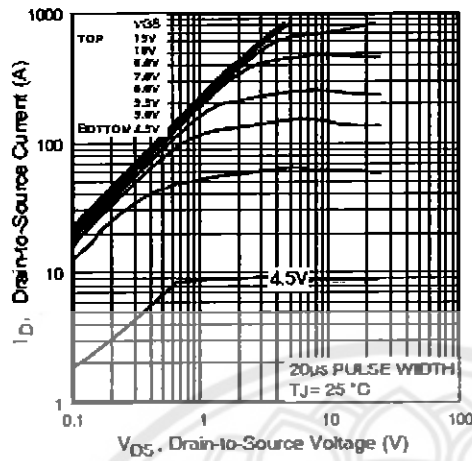


Fig 1. Typical Output Characteristics

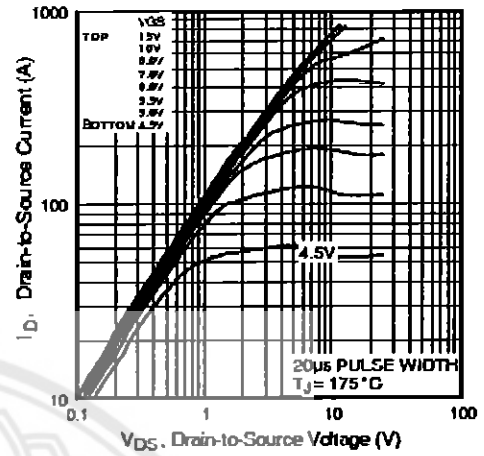


Fig 2. Typical Output Characteristics

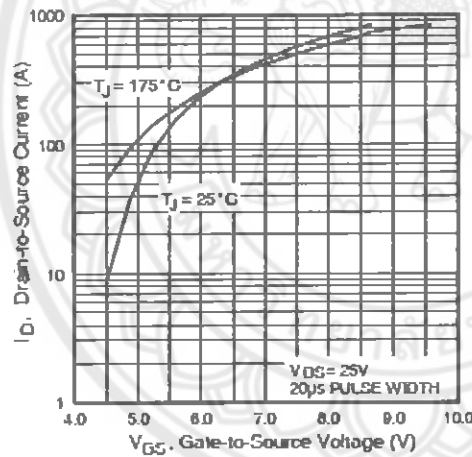


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

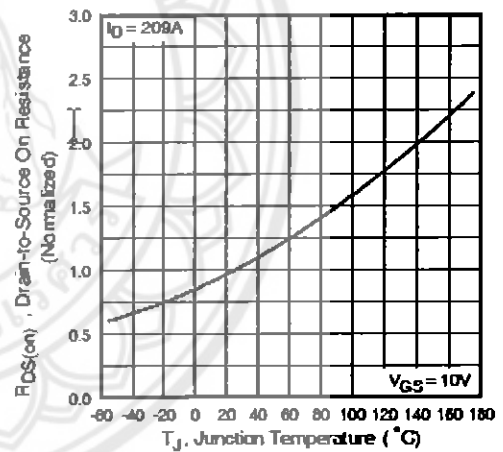


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

IRFP2907

International
IGBT Rectifier

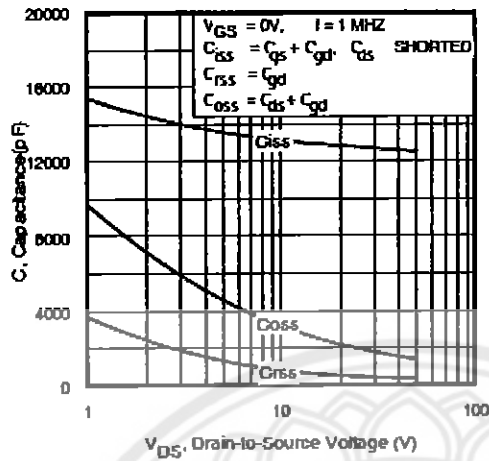


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

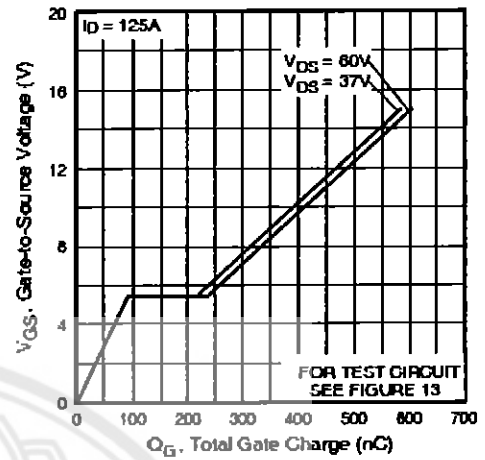


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

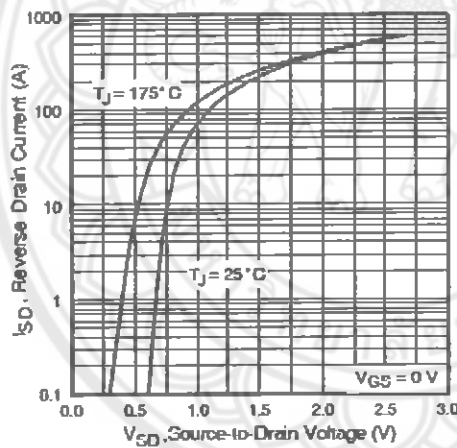


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

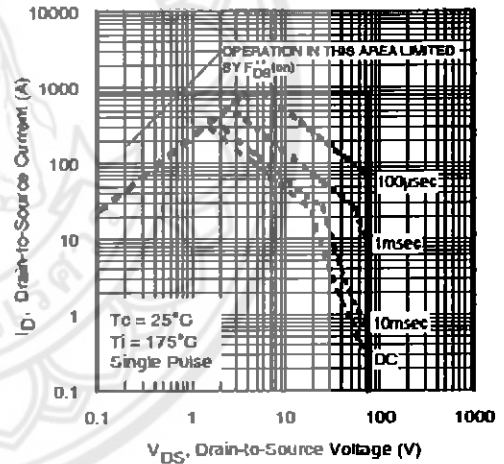


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

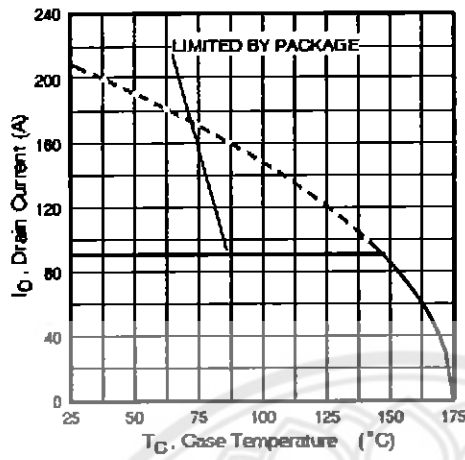


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

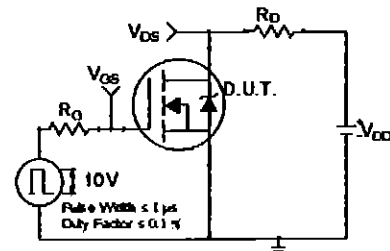


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

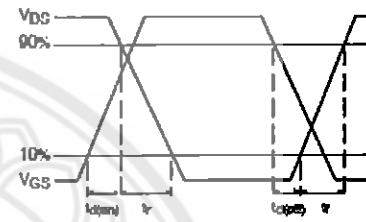


Fig 10b. Switching Time Waveforms

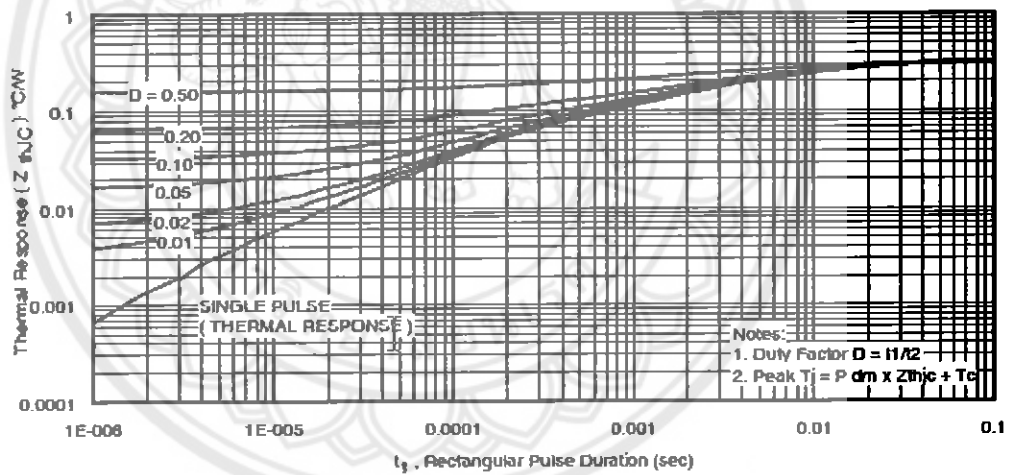


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

IRFP2907

International
IR Rectifier

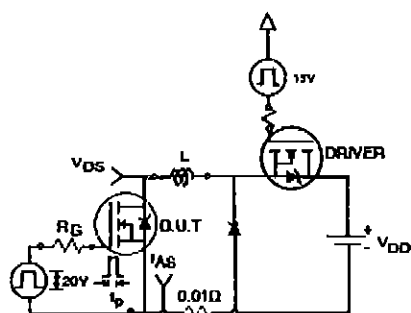


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

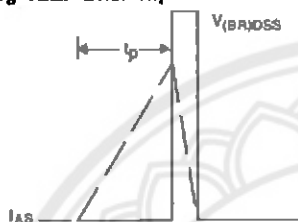


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

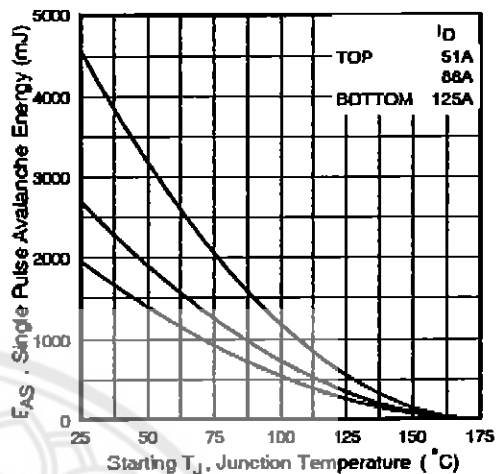


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

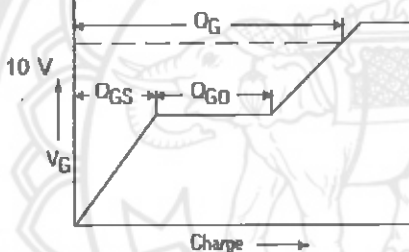


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

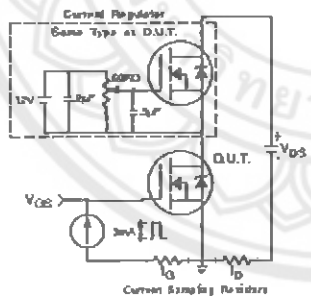


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

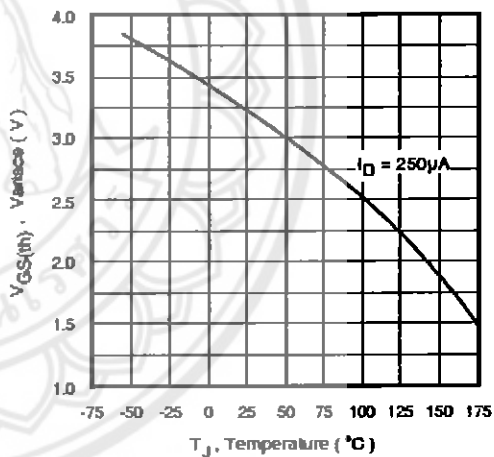


Fig 14. Threshold Voltage Vs. Temperature
www.irf.com

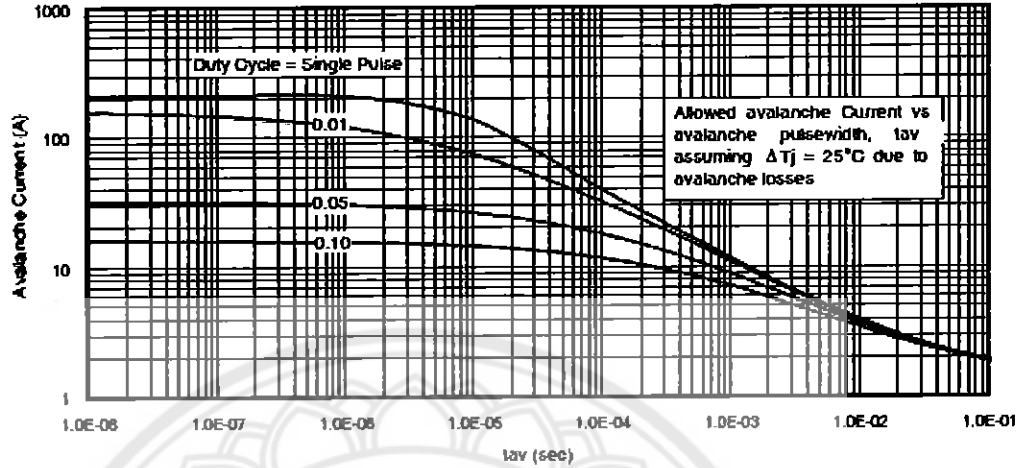
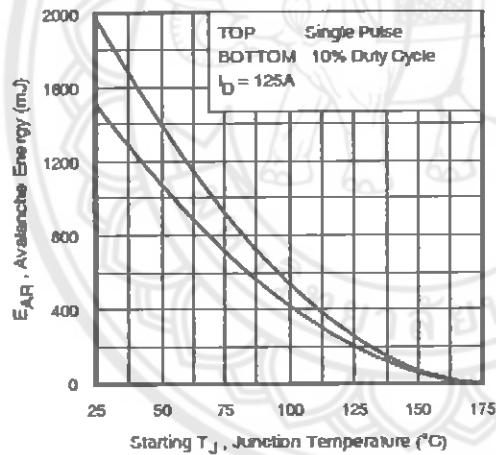


Fig 15. Typical Avalanche Current Vs. Pulsewidth



Notes on Repetitive Avalanche Curves, Figures 15, 16:
(For further info, see AN-1005 at www.irf.com)

1. Avalanche failures assumption: Purely a thermal phenomenon and failure occurs at a temperature far in excess of T_{jmax} . This is validated for every part type.
2. Safe operation in Avalanche is allowed as long as T_{jmax} is not exceeded.
3. Equation below based on circuit and waveforms shown in Figures 12a, 12b.
4. $P_{D(av)}$ = Average power dissipation per single avalanche pulse.
5. BV = Rated breakdown voltage (1.3 factor accounts for voltage increase during avalanche).
6. I_{AV} = Allowable avalanche current.
7. ΔT = Allowable rise in junction temperature, not to exceed T_{jmax} (assumed as 25°C in Figure 15, 16).
- t_{AV} = Average time in avalanche.
- D = Duty cycle in avalanche = $t_{AV} \cdot f$
- $Z_{th(jc)}(t_{AV})$ = Transient thermal resistance, see figure 11)

$$P_{D(av)} = 1/2 (1.3 \cdot BV \cdot I_{AV}) = \Delta T / Z_{th(jc)}$$

$$I_{AV} = 2\Delta T / [1.3 \cdot BV \cdot Z_{th(jc)}]$$

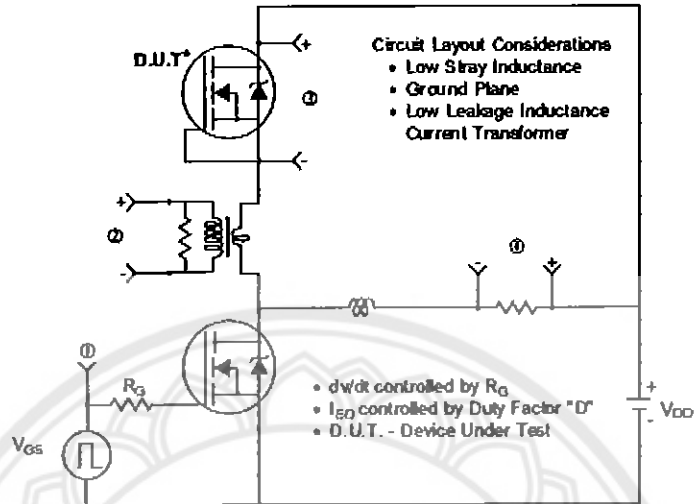
$$E_{AS(AV)} = P_{D(av)} \cdot t_{AV}$$

Fig 16. Maximum Avalanche Energy Vs. Temperature

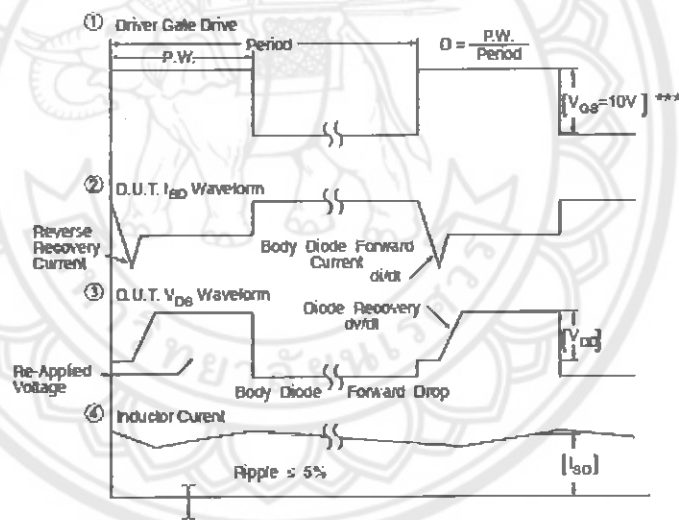
IRFP2907

International
IOR Rectifier

Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit



* Reverse Polarity of D.U.T for P-Channel

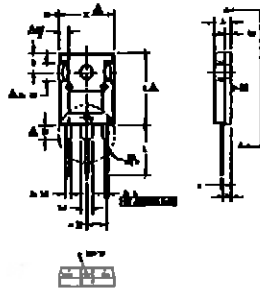


*** $V_{GS} = 5.0V$ for Logic Level and 3V Drive Devices

Fig 17. For N-channel HEXFET® power MOSFETs

International
IR Rectifier
TO-247AC Package Outline
 Dimensions are shown in millimeters (inches)

IRFP2907



- 1. Dimensions are shown in millimeters (inches).
- 2. Dimensions are shown in inches.
- 3. Dimensions in a 2-D view indicate that plane that plane is to be used for that dimension.
- 4. Dimensions in a 3-D view indicate that plane that plane is to be used for that dimension.
- 5. Dimensions in a 3-D view indicate that plane that plane is to be used for that dimension.
- 6. Dimensions in a 3-D view indicate that plane that plane is to be used for that dimension.

PARAMETER	MILLIMETERS		INCHES		NOTES
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
A	0.50	0.50	0.019	0.019	
B	0.50	0.50	0.019	0.019	
C	0.50	0.50	0.019	0.019	
D	0.50	0.50	0.019	0.019	
E	0.50	0.50	0.019	0.019	
F	0.50	0.50	0.019	0.019	
G	0.50	0.50	0.019	0.019	
H	0.50	0.50	0.019	0.019	
I	0.50	0.50	0.019	0.019	
J	0.50	0.50	0.019	0.019	
K	0.50	0.50	0.019	0.019	
L	0.50	0.50	0.019	0.019	
M	0.50	0.50	0.019	0.019	
N	0.50	0.50	0.019	0.019	
O	0.50	0.50	0.019	0.019	
P	0.50	0.50	0.019	0.019	
Q	0.50	0.50	0.019	0.019	
R	0.50	0.50	0.019	0.019	
S	0.50	0.50	0.019	0.019	
T	0.50	0.50	0.019	0.019	
U	0.50	0.50	0.019	0.019	
V	0.50	0.50	0.019	0.019	
W	0.50	0.50	0.019	0.019	
X	0.50	0.50	0.019	0.019	
Y	0.50	0.50	0.019	0.019	
Z	0.50	0.50	0.019	0.019	

UNIT CONVERSIONS

- 1 - GAUC
- 2 - GAUC
- 3 - GAUC
- 4 - GAUC

UNIT CONVERSIONS

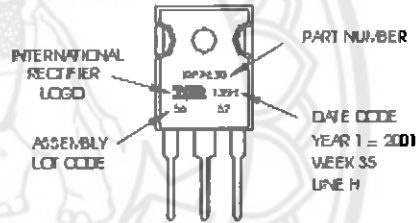
- 1 - GAUC
- 2 - GAUC
- 3 - GAUC
- 4 - GAUC

- 1 - GAUC
- 2 - GAUC
- 3 - GAUC

TO-247AC Part Marking Information

EXAMPLE: THIS IS AN IRFP2907
 WITH ASSEMBLY
 LOT CODE 5657
 ASSEMBLED ON WW/SS 2001
 IN THE ASSEMBLY LINE "H"

Note "P" in assembly line position
 indicates "Lead-Free"



TO-247AC package is not recommended for Surface Mount Application.

Note: For the most current drawing please refer to IR website at <http://www.irf.com/package/>

Data and specifications subject to change without notice.
 This product has been designed and qualified for the Automotive(O101) market.
 Qualification Standards can be found on IR's Web site.

International
IR Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 101N Sepulveda Blvd, El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105
 TAG Fax: (310) 252-7803

Visit us at www.irf.com for sales contact information. 08/2011

www.irf.com

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA.

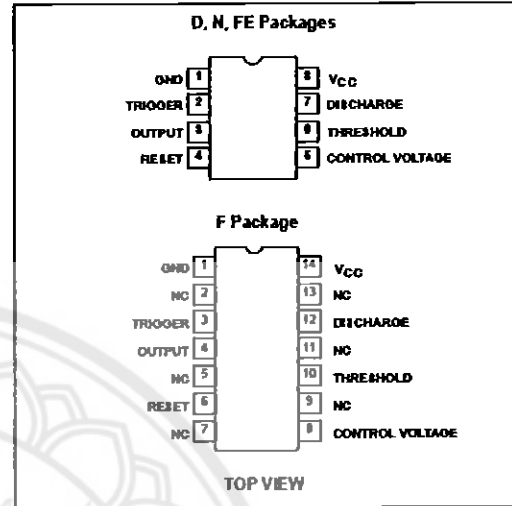
FEATURES

- Turn-off time less than 2µs
- Max. operating frequency greater than 500kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per °C

APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation

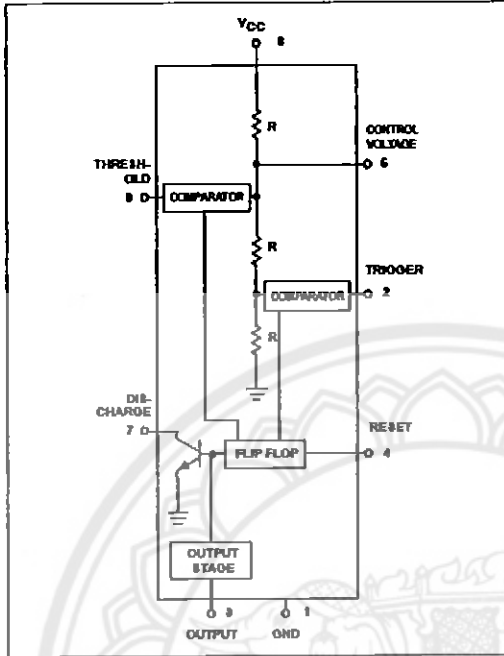
PIN CONFIGURATIONS



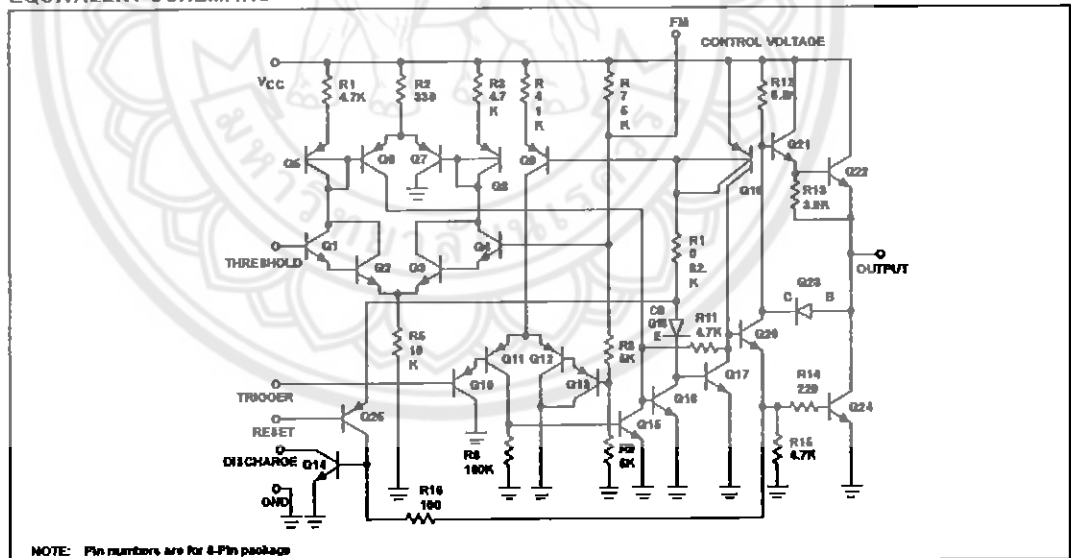
ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	NE555D	0174C
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE555N	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA555N	0404B
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	SA555D	0174C
8-Pin Hermetic Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CFE	
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555CN	0404B
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555N	0405B
8-Pin Hermetic Cerdip	-55°C to +125°C	SE555FE	
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	0 to +70°C	NE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CF	0581B

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



Timer

NE/SA/SE555/SE555C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V _{CC}	Supply voltage SE555	+18	V
	NE555, SE555C, SA555	+18	V
P _O	Maximum allowable power dissipation ¹	600	mW
T _A	Operating ambient temperature range NE555	0 to +70	°C
	SA555	-40 to +85	°C
	SE555, SE555C	-55 to +125	°C
T _{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T _{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	+300	°C

NOTES:

1. The junction temperature must be kept below 125°C for the D package and below 150°C for the FE, N and F packages. At ambient temperatures above 25°C, where this limit would be derated by the following factors:

D package 180°C/W
 FE package 150°C/W
 N package 100°C/W
 F package 105°C/W



Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

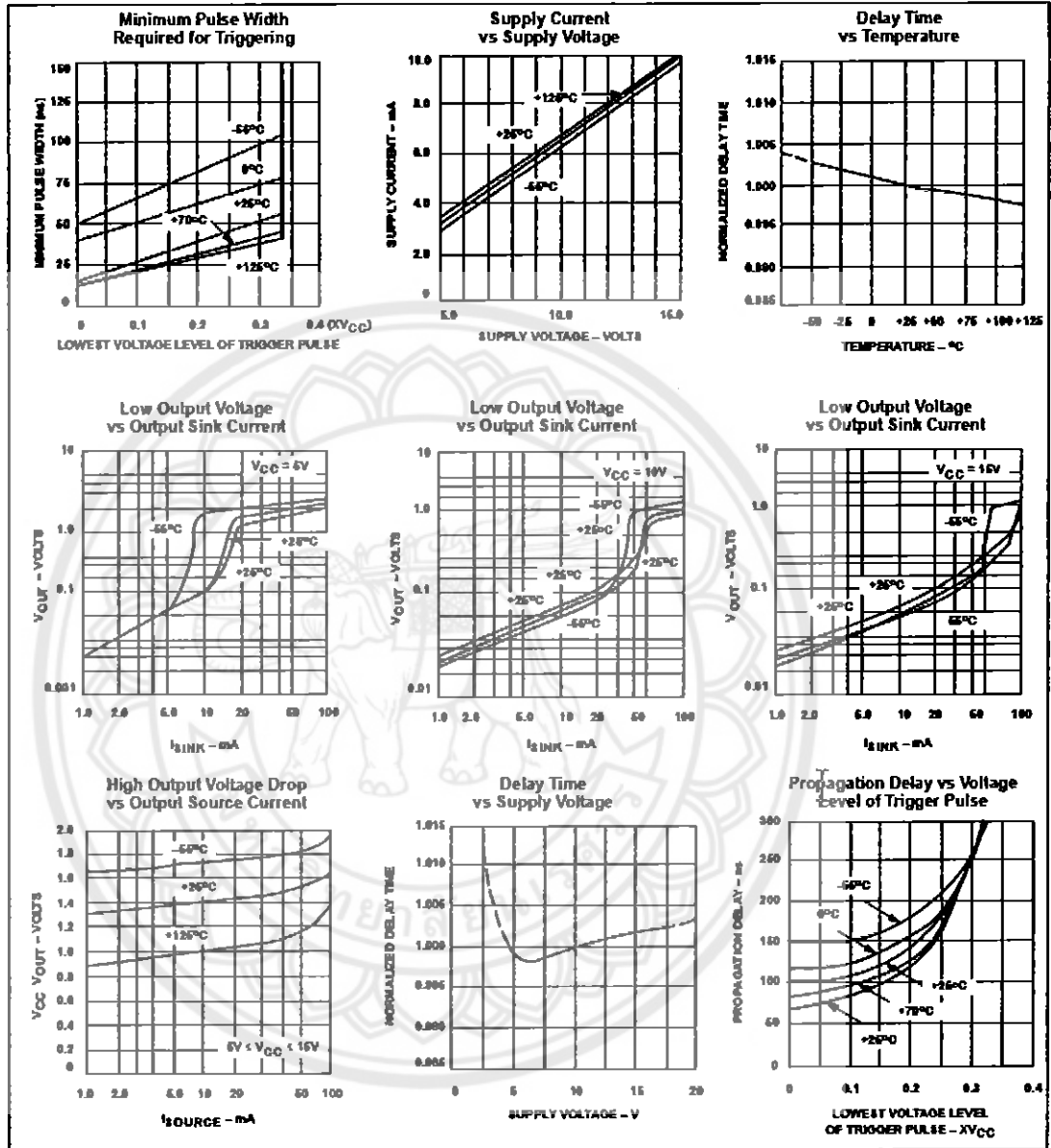
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SE555C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{CC}	Supply voltage		4.5		18	4.5		18	V
I_{CC}	Supply current (low state) ¹	$V_{CC}=5\text{V}$, $R_L=\infty$ $V_{CC}=15\text{V}$, $R_L=\infty$		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
t_w $\Delta t_w/\Delta T$ $\Delta t_w/\Delta V_B$	Timing error (monostable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	$R_A=R_B=2\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$		0.5 30 0.05	2.0 100 0.2		1.0 60 0.1	3.0 150 0.5	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/V
t_A $\Delta t_A/\Delta T$ $\Delta t_A/\Delta V_B$	Timing error (astable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	$R_A, R_B=1\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$ $V_{CC}=15\text{V}$		4 0.15	6 0.8		5 0.3	13 1	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/V
V_C	Control voltage level	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	9.6 2.9	10.0 3.33	10.4 3.8	9.0 2.6	10.0 3.33	11.0 4.0	V V
V_{TH}	Threshold voltage	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	9.4 2.7	10.0 3.33	10.6 4.0	8.8 2.4	10.0 3.33	11.2 4.2	V V
I_{TH}	Threshold current ³			0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V_{TRIG}	Trigger voltage	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	4.8 1.45	6.0 1.87	5.2 1.9	4.5 1.1	5.0 1.67	5.6 2.2	V V
I_{TRIG}	Trigger current	$V_{TRIG}=0\text{V}$		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V_{REBET}	Reset voltage ⁴	$V_{CC}=15\text{V}$, $V_{TH}=10.5\text{V}$	0.3		1.0	0.3		1.0	V
I_{REBET}	Reset current Reset current	$V_{REBET}=0.4\text{V}$ $V_{REBET}=0\text{V}$		0.1 0.4	0.4 1.0		0.1 0.4	0.4 1.5	mA mA
V_{OL}	Output voltage (low)	$V_{CC}=15\text{V}$ $I_{BINK}=10\text{mA}$ $I_{BINK}=50\text{mA}$ $I_{BINK}=100\text{mA}$ $I_{BINK}=200\text{mA}$ $V_{CC}=5\text{V}$ $I_{BINK}=8\text{mA}$ $I_{BINK}=5\text{mA}$		0.1 0.4 2.0 2.5	0.15 0.5 2.2		0.1 0.4 2.0 2.5	0.25 0.75 2.5	V V V V
V_{OH}	Output voltage (high)	$V_{CC}=15\text{V}$ $I_{SOURCE}=200\text{mA}$ $I_{SOURCE}=100\text{mA}$ $V_{CC}=5\text{V}$ $I_{SOURCE}=100\text{mA}$		12.5 13.0 3.0	12.5 13.3		12.5 13.3 2.75	12.5 13.3	V V V
t_{OFF}	Turn-off time ⁵	$V_{REBET}=V_{CC}$		0.5	2.0		0.5	2.0	μs
t_R	Rise time of output			100	200		100	300	ns
t_F	Fall time of output			100	200		100	300	ns
	Discharge leakage current			20	100		20	100	nA

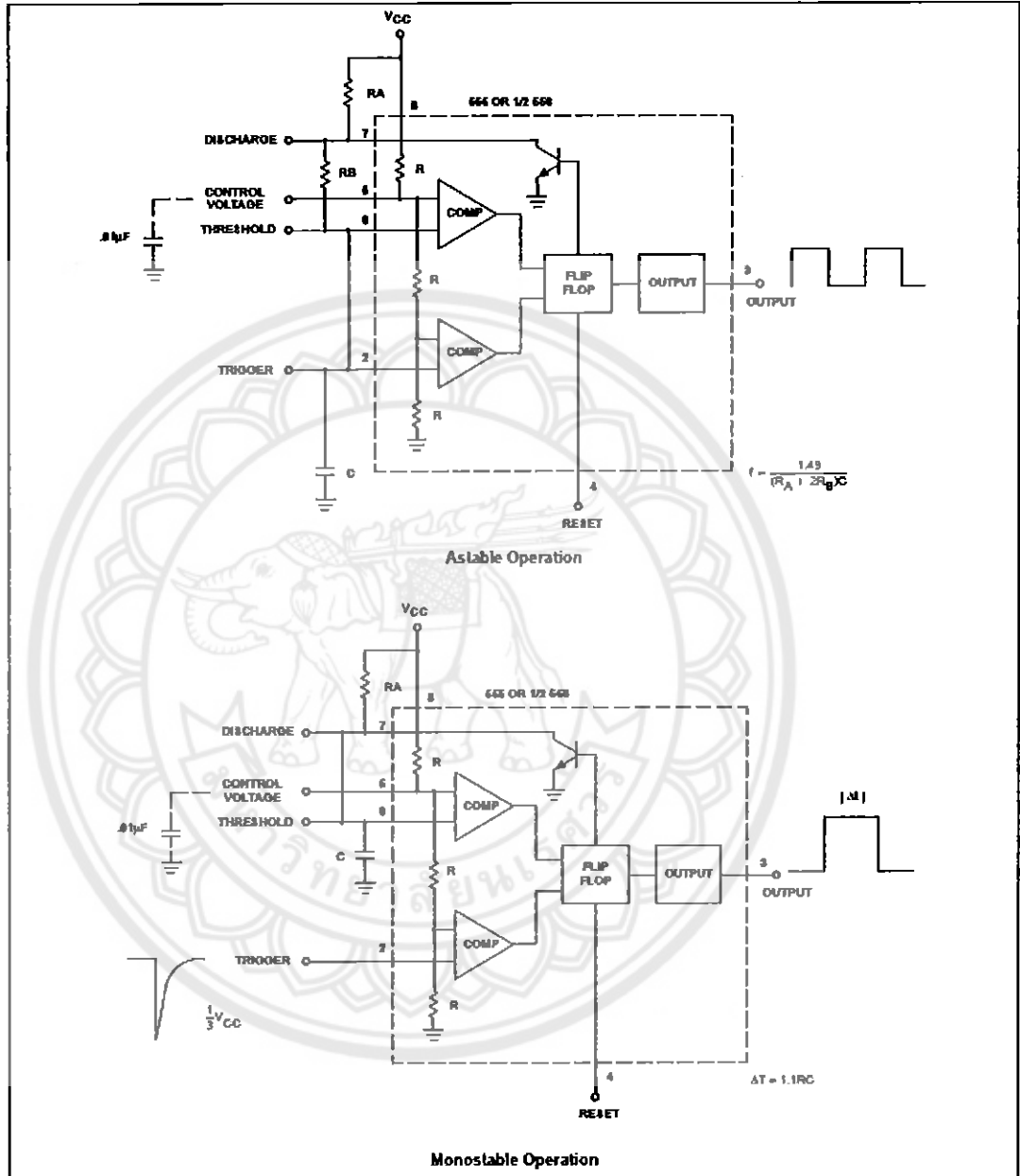
NOTES:

- Supply current when output high typically 1mA less.
- Tested at $V_{CC}=5\text{V}$ and $V_{CC}=15\text{V}$.
- This will determine the max value of R_A+R_B , for 15V operation, the max total $R=10\text{M}\Omega$, and for 5V operation, the max. total $R=3.4\text{M}\Omega$.
- Specified with trigger input high.
- Time measured from a positive going input pulse from 0 to $0.8 \times V_{CC}$ into the threshold to the drop from high to low of the output. Trigger is tied to threshold.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



TYPICAL APPLICATIONS



TYPICAL APPLICATIONS

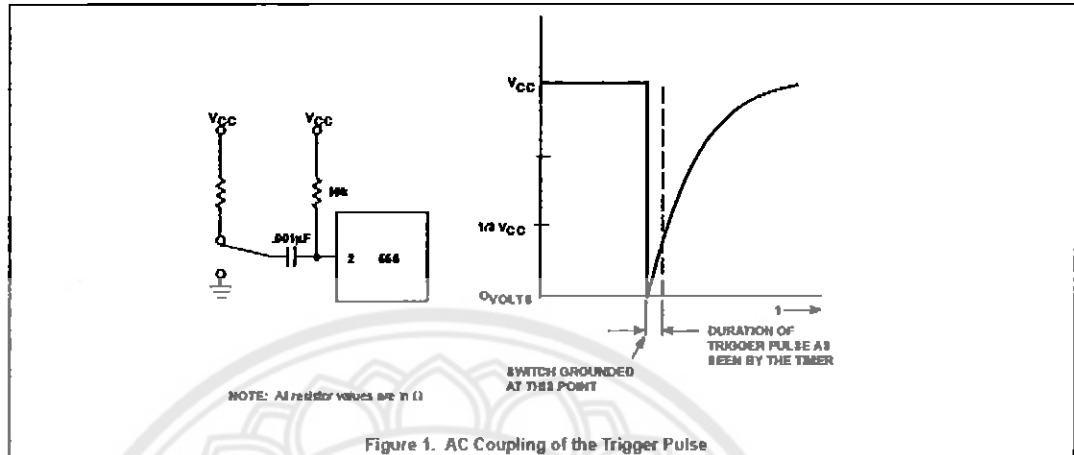


Figure 1. AC Coupling of the Trigger Pulse

Trigger Pulse Width Requirements and Time Delays

Due to the nature of the trigger circuitry, the timer will trigger on the negative going edge of the input pulse. For the device to time out properly, it is necessary that the trigger voltage level be returned to some voltage greater than one third of the supply before the time out period. This can be achieved by making either the trigger pulse sufficiently short or by AC coupling into the trigger. By AC coupling the trigger, see Figure 1, a short negative going pulse is achieved when the trigger signal goes to ground. AC coupling is most frequently used in conjunction with a switch or a signal that goes to ground which initiates the timing cycle. Should the trigger be held low, without AC coupling, for a longer duration than the timing cycle the output will remain in a high state for the duration of the low trigger signal, without regard to the threshold comparator state. This is due to the predominance of Q_{15} on the base of Q_{16} , controlling the state of the bi-stable flip-flop. When the trigger signal then returns to a high level, the output will fall immediately. Thus, the output signal will follow the trigger signal in this case.

Another consideration is the "turn-off time". This is the measurement of the amount of time required after the threshold reaches $2/3 V_{CC}$ to turn the output low. To explain further, Q_1 at the threshold input turns on after reaching $2/3 V_{CC}$, which then turns on Q_2 , which turns on Q_6 . Current from Q_6 turns on Q_{16} which turns Q_{17} off. This allows current from Q_{19} to turn on Q_{20} and Q_{24} to give an output low. These steps cause the $2\mu s$ max. delay as stated in the data sheet.

Also, a delay comparable to the turn-off time is the trigger release time. When the trigger is low, Q_{10} is on and turns on Q_{11} which turns on Q_{15} . Q_{15} turns off Q_{16} and allows Q_{17} to turn on. This turns off current to Q_{20} and Q_{24} , which results in output high. When the trigger is released, Q_{10} and Q_{11} shut off, Q_{15} turns off, Q_{16} turns on and the circuit then follows the same path and time delay explained as "turn off time". This trigger release time is very important in designing the trigger pulse width so as not to interfere with the output signal as explained previously.