

แหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูงสำหรับการปรับผิวพลาสติก
โดยวิธีปล่อยประจุไฟฟ้าโคโรนา



นายวันชัย ฉิมฉวี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-139-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016370

10300058

A HIGH-FREQUENCY, HIGH-VOLTAGE SOURCE FOR TREATMENT
OF PLASTIC SURFACE BY CORONA DISCHARGE

Mr. WANCHAI CHIMCHAVEE

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-139-2

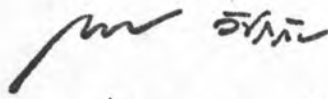


หัวข้อวิทยานิพนธ์ : แหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูงสำหรับการปรับผิวพลาสมาดึง
โดยวิธีปล่อยประจุไฟฟ้าโคโรนา

โดย : นายวันชัย ฉิมฉวี

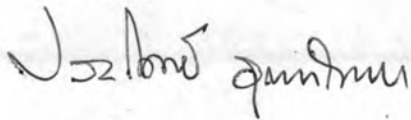
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา

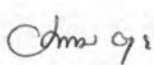
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

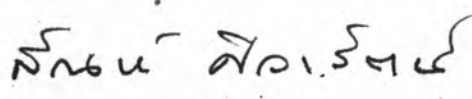

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราชย์)

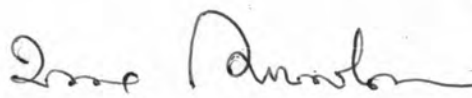
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุนท์ไวทยะ)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.โคทม อารียา)


กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สันต์ ศิวรัตน์)


กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.มงคล เดชนครินทร์)

พิมพ์ต้นฉบับยกคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วันชัย ฉิมฉวี : แหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูงสำหรับการปรับผิวพลาสติก
โดยวิธีปล่อยประจุไฟฟ้าโคโรนา (A HIGH-FREQUENCY, HIGH-VOLTAGE SOURCE
FOR TREATMENT OF PLASTIC SURFACE BY CORONA DISCHARGE) อ.ที่ปรึกษา
: รศ.ดร.โคทม อาริยา, 149 หน้า. ISBN 974-577-139-2

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึง การออกแบบสร้างและทดสอบแหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่
ความถี่สูงสำหรับการปรับผิวพลาสติกโดยวิธีปล่อยประจุไฟฟ้าโคโรนา ซึ่งแรงดันด้านออกมี
รูปคลื่นเป็นไซน์ขนาด 9 ถึง 12 กิโลโวลต์ ความถี่ 10 ถึง 15 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อจ่าย
ไฟฟ้าให้กับระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการกำเนิดประจุไฟฟ้าโคโรนา ในขณะที่ฟิล์มพลาสติก
เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างอากาศระหว่างขั้วทั้งสองของระบบอิเล็กทรอนิกส์ แหล่งกำเนิดแรงดัน
สูงที่ความถี่สูงที่สร้างขึ้นประกอบด้วย วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
วงจรกรอง 50 เฮิร์ตซ์ วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ วงจร
กรอง หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่สูง และวงจรควบคุม ในส่วนของวงจรควบคุม
ได้ออกแบบไว้ 2 ชนิด คือ การควบคุมแบบวงรอบเปิด และการควบคุมแบบวงรอบปิด ซึ่งมี
การป้อนกลับให้แรงดันด้านออกมีค่าคงที่ และมีการเริ่มต้นทำงานด้วยแรงดันและกระแส
ด้านออกต่ำ สำหรับผลการทดสอบแหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูงที่สร้างขึ้นนั้นเป็น
ไปตามข้อกำหนดทุกประการ ฟิล์มพลาสติกที่ได้รับการปรับผิวด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันที่สร้าง
ขึ้นนี้ สามารถทำให้หมึกพิมพ์ยึดเกาะผิวได้ดีเหมาะที่จะนำไปใช้ในงานบรรจุภัณฑ์ที่มีการพิมพ์
ฉลากลงบนผิวพลาสติก



ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
.....

WANCHAI CHIMCHAVEE : A HIGH-FREQUENCY, HIGH-VOLTAGE SOURCE FOR TREATMENT OF PLASTIC SURFACE BY CORONA DISCHARGE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.GOTHOM ARYA, 149 PP. ISBN 974-577-139-2

The thesis presents the design, construction and testing of a high-frequency, high-voltage source for treatment of plastic surface by corona discharge. The output voltage is a sine wave whose value can be varied from 9 to 12 kV and the frequency can be varied from 10 to 15 kHz. The output voltage is applied to the electrodes over plastic film which moves through the airgap between the electrodes. The high-frequency, high-voltage source comprises a rectifier circuit, a 50 Hz filter, an inverter, a high frequency filter, a high frequency transformer and control circuits. Both open-loop and close-loop control circuits were designed. In the latter case, the output voltage and current start from low values, the voltage is then held constant at a set value. The constructed high-frequency, high-voltage source was tested, its performances were in accordance with the specifications. This source was used to treat plastic film. After the treatment, the plastic film shows good adherence quality to printing ink and becomes appropriate to packaging use.



ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาตลอด ตลอดจนท่านอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ให้ข้อแนะนำและความสะดวกในการทำวิจัย ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (STDB) ซึ่งให้ทุนทั้งด้านการศึกษาและการวิจัย มาโดยตลอดระยะเวลา 2 ปี เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้นประมาณ 120,000.00 บาท จึงขอขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และ ครู-อาจารย์ทุกท่านซึ่งสนับสนุนในด้านการศึกษาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

วันชัย นิมฉวี



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. พลาสติกและการปรับผิวพลาสติกโดยวิธีปล่อยประจุไฟฟ้า โคโรนา	11
3. การออกแบบแหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูง	44
4. การสร้างและผลการวิจัยทดลอง	107
5. การใช้งานและซ่อมบำรุงรักษา	131
6. สรุปและข้อเสนอแนะ	139
เอกสารอ้างอิง	144
ภาคผนวก	146
ประวัติผู้เขียน	149



สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	แสดงความสามารถของการยึดเกาะผิว	3
2	แสดงการปรับผิวด้วยเปลวไฟหรือแก๊สร้อน	4
3	แสดงการปรับผิวโดยวิธีปล่อยประจุไฟฟ้าโคโรนา	5
4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการปรับผิว ทางทฤษฎีกับความสามารถของการยึดเกาะผิว	6
5	แสดงแผนภาพบล็อกของแหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูง	8
6	แสดงวงจรสมมูลและกระแสของตัวเก็บประจุ	16
7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพยอมของ พลาสติก	18
8	แสดงการวัดความต้านทาน	19
9	การเกิดอิเล็กตรอนนิกโพลาไรเซชัน	24
10	การเกิดไอออนนิกโพลาไรเซชัน	24
11	การเกิดออเรียนเทชันโพลาไรเซชัน	25
12	การเกิดโพลาไรเซชันแบบประจุค้าง	25
13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโพลาไรเซชัน	26
14	ระบบการปล่อยประจุไฟฟ้าโคโรนา	32
15	การปล่อยประจุไฟฟ้าโคโรนา	33
16	ระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับฟิล์มพลาสติกที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง .	35
17	คุณสมบัติต่าง ๆ ของไอโซน	39
18	โครงสร้างโมเลกุลของไอโซน	40
19	วงจรสมมูลของระบบอิเล็กทรอนิกส์	42
20	ลักษณะการทำงานของ การเกิดประจุไฟฟ้าโคโรนาในอุดมคติ ..	42
21	วงจรสมมูลที่แทนช่องว่างอากาศด้วยไดโอดซีเนอร์	43
22	การควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านนอก	46
23	ตัวอย่างระบบวงจรไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูง ที่มีขาย	47



สารบัญญาน

รูปที่		หน้า
24	รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกของแหล่งกำเนิดฯที่มีขาย	49
25	กระแสต้านประมุขมิของแหล่งกำเนิดฯที่มีขาย	49
26	การตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันและกระแสต้านประมุขมิของ หม้อแปลง T_2 ในรูปที่ 23	50
27	โครงสร้างของวงจรไฟฟ้ากำลัง	52
28	การทำงานของวงจรกรอง 50 เฮิรตซ์	53
29	วงจรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความต้านทาน R_1	55
30	ลักษณะของ $V_c(t)$ $V_{R_1}(t)$ และ $i(t)$	57
31	วงจรและรูปที่ใช้ในการหาค่าความต้านทาน R_2	58
32	ตารางพิกัดและค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลงจ่ายกำลังไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย	59
33	ตารางความยาวของสายสูงสุด (M) ที่แรงดันตกในสายสูงสุด ไม่เกิน 3 %	60
34	วงจรสมมูลเพื่อหาค่ากระแสผ่านไดโอด	61
35	รูปคลื่นของแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุที่ได้จากการหาค่ากระแสผ่านไดโอด	62
36	รูปคลื่นของกระแสผ่านไดโอด	62
37	รูปคลื่นของกระแสผ่านไดโอดที่ใช้หาค่าอาร์เอ็มเอส	63
38	แกนเฟอร์ไรต์ที่ใช้ในทรานส์ฟอร์เมอร์ประกอบเป็นแกนหม้อแปลงแรงดัน ไฟฟ้าที่ความถี่สูง	64
39	การตัด-ต่อและประกอบแท่งแกนเฟอร์ไรต์ที่ใช้พันตัวเหนี่ยวนำเป็น แกนหม้อแปลงความถี่สูง	65
40	ขนาดของเส้นลวดพันหม้อแปลง	69
41	วงจรสมมูลของหม้อแปลง	70
42	วงจรสมมูลที่ 1 ของหม้อแปลง	71
43	วงจรสมมูลที่ 2 ของหม้อแปลง	71
44	วงจรสมมูลแบบไบโกล์เคียงของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่สูง	72

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า	
45	วงจรถดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลง	73
46	วงจรมมุขของหม้อแปลงความถี่สูงและตัวภาวะที่ใช้ในการ ซีมูเลต	76
47	การตอบสนองต่อความถี่ของวงจรรูปที่ 46 กรณีปรับผิวฟิล์มพลาสติก ด้านเดียว	78
48	การตอบสนองต่อความถี่ของวงจรรูปที่ 46 กรณีปรับผิวฟิล์มพลาสติก สองด้าน	79
49	การตอบสนองต่อความถี่ของวงจรรูปที่ 46 กรณี $L_M = 430$ H เมื่อปรับผิวฟิล์มพลาสติกด้านเดียว	81
50	การตอบสนองต่อความถี่ของวงจรรูปที่ 46 กรณี $L_M = 430$ H เมื่อปรับผิวฟิล์มพลาสติกสองด้าน	82
51	การตอบสนองต่อความถี่เมื่อ $L_M = 430$ H และ $L = 42$ H กรณี ปรับผิวฟิล์มพลาสติกสองด้าน	83
52	การตอบสนองต่อความถี่เมื่อ $L_M = 430$ H และ $L = 430$ H กรณี ปรับผิวฟิล์มพลาสติกสองด้าน	85
53	รูปคลื่นแรงดันและกระแสกรณีปรับผิวด้านเดียวที่ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์	86
54	รูปคลื่นแรงดันและกระแสกรณีปรับผิวสองด้านที่ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์	86
55	รูปคลื่นแรงดันและกระแสกรณีปรับผิวด้านเดียวที่ความถี่ 14 กิโลเฮิรตซ์	87
56	รูปคลื่นแรงดันและกระแสกรณีปรับผิวสองด้านที่ความถี่ 14 กิโลเฮิรตซ์	87
57	รูปคลื่นกระแสที่ได้จากการซีมูเลตเพื่อหาขนาดของสวิตช์เฟต ..	91
58	วงจรรับสวิตช์	92
59	การต่อวงจรรับสวิตช์กับสวิตช์ของวงจรรินเวอร์เตอร์	93

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
60	แผนภาพบล็อกวงจรไอซีหมายเลข TL494	94
61	วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ใช้ในการควบคุมแบบวงรอบเปิด .	95
62	วงจรป้องกันระบบในการควบคุมแบบวงรอบเปิด	96
63	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับวงจรการควบคุมแบบวงรอบเปิด	98
64	การตอบสนองต่อความถี่ของวงจรที่ต่อด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงรับภาระ	99
65	วงจรกำเนิดสัญญาณของการควบคุมแบบวงรอบปิด	101
66	วงจรป้องกันกลับแรงดัน	102
67	วงจรเริ่มต้นการทำงานของระบบวงจรไฟฟ้ากำลัง	103
68	สัญญาณแรงดัน ณ จุดต่าง ๆ เมื่อวงจรควบคุมแบบวงรอบปิด เริ่มต้นทำงาน	104
69	วงจรป้องกันระบบในการควบคุมแบบวงรอบปิด	105
70	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับวงจรการควบคุมแบบวงรอบปิด	106
71	ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูง	108
72	ส่วนต่าง ๆ ของการติดตั้งองค์ประกอบตามระดับแรงดัน	109
73	ส่วนต่าง ๆ ของแผ่นวงจรควบคุม	110
74	แรงดันคร่อมสวิตช์เฟตและกระแสไหลผ่านสวิตช์เฟต	112
75	ผลการทดสอบการปรับผิวฟิล์มพลาสติกโดยพิจารณารอยหมึกที่ขีด ลงบนผิว	113
76	ผลการทดสอบความสามารถของการยึดเกาะผิวฟิล์มพลาสติก ..	114
77	แรงดันขั้วสวิตช์เฟตของวงจรอินเวอร์เตอร์	115
78	สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสไฟฟ้าผ่านไดโอด ...	116
79	สัญญาณแรงดันและกระแสขดปฐมภูมิของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ ความถี่สูง	118
80	สัญญาณแรงดันด้านออกและกระแสไฟฟ้าโคโรนา	121
81	ความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดของแรงดันด้านออกกับความถี่การสวิตช์	122

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
82	ความสัมพันธ์ของแรงดันด้านนอกกับแรงดันอ้างอิง	123
83	ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าด้านนอกกับแอมพลิจูดของแรงดันด้านนอก	124
84	ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าด้านนอกกับการเคลื่อนที่ฟิล์มพลาสติก	125
85	ความสัมพันธ์ของความถี่การสวิตช์กับความเร็วกการเคลื่อนที่ ฟิล์มพลาสติก	126
86	แสดงเฟสเซอร์ของกระแสเมื่อเกิดประจุไฟฟ้าโคโรนา	129
87	แสดงวงรอบการเกิดไฟฟ้าโคโรนา	130
88	ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการวิจัยทดสอบและสร้างแหล่งกำเนิด แรงดันสูงที่ความถี่สูง	147
89	แหล่งกำเนิดแรงดันสูงที่ความถี่สูงที่สร้างขึ้น	148