

# การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส

## A Study on Electromagnetic Shielding Effectiveness of Cotton/Stainless Steel woven fabric

มัลลิกา ทองเจริญ<sup>1</sup> สมประสงค์ ภาษาประเทศ<sup>2</sup> และรัตนพล มงคลรัตนาสี<sup>3</sup>  
tomullika@gmail.com<sup>1</sup>, zoom99th@hotmail.com<sup>2</sup>, rattanaphol.m@rmutp.ac.th<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส ซึ่งเส้นด้ายที่นำไปทอผ้าเป็นเส้นด้ายควบระหว่างฝ้าย/สแตนเลส นำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายตัวน เพื่อศึกษาโครงสร้างผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสในรูปแบบการทอที่ต่างกัน ผลที่ได้แสดงว่าผ้าทอที่ผลิตจากเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสทุกโครงสร้างสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี ผ้าทอที่มีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสมากกว่าจะสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่า

**คำสำคัญ:** เส้นด้ายฝ้าย เส้นใยสแตนเลส เส้นด้ายควบ เส้นด้ายบิด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การป้องกัน

### Abstract

The electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics that is woven by plied yarn of cotton yarn and stainless steel fibers in 3 basic structures i.e. plain weave, twill weave and sateen weave is studied in this research in order to investigate the effects of fabric structures on the electromagnetic shielding effectiveness. Also, different proportions of stainless steel fibers contained in various woven fabrics are used to study the effectiveness. The results showed that woven fabrics that made from plied yarn i.e. cotton yarn and stainless steel fibers in all structures had a good effect on electromagnetic shielding effectiveness. The woven fabrics that used higher proportion of stainless steel fibers had higher electromagnetic shielding effectiveness.

**Keywords:** cotton yarn, stainless steel fiber, plied yarn, twisted yarn, electromagnetic wave, shielding

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>2</sup>อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>3</sup>อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลกับการใช้ชีวิตประจำวันมาก เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ อุปกรณ์ต่าง ๆ ดังกล่าวมีการแผ่คลื่นหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากรายงานการศึกษาวิจัยหลายฉบับ [1] พบว่าการสัมผัสสนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน (Extremely Low Frequency Electromagnetic Field, ELF-EMF) โดยตรงอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพขึ้นได้จากหลายโรค เช่น โรคมะเร็งสมอง โรคมะเร็งทรวงอก และโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว จากผลและอันตรายที่เกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการป้องกัน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีและการใช้วัสดุสิ่งทอก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เช่น สวมใส่เสื้อผ้าที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าถึงตัวเราน้อยที่สุด โดยทั่วไปอาจมี 3 แนวทางในการพัฒนาและออกแบบเสื้อผ้าสำหรับป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ [2, 3]

1) การใช้ผ้าที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำการออกแบบตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่มีลักษณะโครงสร้างและสไตส์ที่มีความแตกต่างกันออกไป

2) การใช้วัสดุที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำเป็นแผ่นรองใน (Lining) หรือนำมาบุด้านในของเสื้อผ้า

3) การใช้วัสดุหรือสารเคลือบด้านนอกของตัวเสื้อผ้าสำเร็จรูปเพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## 2. วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอที่ผลิตจากเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส นำไปทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐานคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายตัวน เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างของผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งที่ต่างกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเพิ่มความหลากหลายในการใช้งานเฉพาะทาง

ผ้าทอที่นำมาศึกษาวิจัยเป็นผ้าทอที่ทอจากเส้นด้ายยืนคือเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne และ เส้นด้ายพุ่งจะใช้เส้นด้าย 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne ส่วนอีกกลุ่มเป็นเส้นด้ายควบระหว่างเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne กับเส้นใยสแตนเลสขนาด 0.3 มิลลิเมตร โดยนำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐาน คือ ผ้าทอลายขัด 1/1 ผ้าทอลายทแยง 2/1 และผ้าทอลายตัวน 1/4 ดังแสดงตัวอย่างผ้าทอตามรูปที่ 1



ผ้าทอลายขัด 1/1



ผ้าทอลายทแยง 2/1



ผ้าทอลายต่วน 1/4

รูปที่ 1 ตัวอย่างผ้าทอ 3 โครงสร้าง

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ สัตส่วนเส้นใยสแตนเลสของผ้าทอแต่ละโครงสร้าง นั้น จะกำหนดการทอผ้าต่อ 1 ซ้ำประกอบด้วย เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne ทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งแบ่งรูปแบบการใช้สัตส่วน เส้นใยสแตนเลสเป็น 4 แบบประกอบด้วย

1) แบบที่ 1 กำหนดเป็นเส้นด้ายฝ้าย ขนาดเบอร์ 30 Ne จำนวน 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ ฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำ

2) แบบที่ 2 กำหนดเป็นเส้นด้ายฝ้าย ขนาดเบอร์ 30 Ne จำนวน 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ ฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำ

3) แบบที่ 3 กำหนดเป็นเส้นด้ายฝ้าย ขนาดเบอร์ 30 Ne จำนวน 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ ฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 2 เส้นต่อ 1 ซ้ำ

4) แบบที่ 4 กำหนดเป็นเส้นด้ายควบ ฝ้าย/สแตนเลสทั้งหมดต่อ 1 ซ้ำ

ซึ่งรูปแบบการใช้สัตส่วนของเส้นใย สแตนเลสที่ต่างกันตามแนวด้ายพุ่ง จะแสดง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้สัตส่วนเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส ตามแนวด้ายพุ่ง

แบบที่	ด้ายยืน	ด้ายพุ่งต่อ 1 ซ้ำ (repeat)
1	เส้นด้ายฝ้าย 30 Ne	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
2	เส้นด้ายฝ้าย 30 Ne	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
3	เส้นด้ายฝ้าย 30 Ne	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 2 เส้น
4	เส้นด้ายฝ้าย 30 Ne	เส้นด้ายควบทั้งหมด

เมื่อทำการทอผ้าทั้ง 3 โครงสร้างตามการใช้ สัตส่วนเส้นใยสแตนเลสที่ต่างกัน จะมีตัวอย่างผ้า ทอเพื่อการศึกษาวิจัยทั้งหมดจำนวน 12 ชิ้น ดัง แสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำแนกชิ้นงานทดสอบตามโครงสร้างของผ้า

รหัส	โครงสร้างผ้า	ด้ายพุ่งต่อ 1 ซ้ำ (repeat)
P33	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
P50	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
P67	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 2 เส้น
P100	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายควบทั้งหมดต่อ 1 ซ้ำ
T33	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
T50	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
T67	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้น กับเส้นด้ายควบ 2 เส้น
T100	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายควบทั้งหมดต่อ 1 ซ้ำ
S33	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
S50	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 1 เส้น
S67	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับ เส้นด้ายควบ 2 เส้น
S100	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายควบทั้งหมดต่อ 1 ซ้ำ

จากตารางที่ 2 ผ้าทอรหัส P33 T33 และ S33 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งต่อการทอผ้า 1 ซ้ำเป็น 33% ผ้าทอรหัส P50 T50 และ S50 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งต่อการทอผ้า 1 ซ้ำเป็น 50% สำหรับผ้าทอรหัส P67 T67 และ S67 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งต่อการทอผ้า 1 ซ้ำเป็น 67% และผ้าทอรหัส P100 T100 และ S100 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งทั้งหมดต่อการทอผ้า 1 ซ้ำเป็น 100% จากนั้นนำผ้าทอทั้งหมดทดสอบเพื่อหาสัดส่วนร้อยละของเส้นใยในผ้าทอตามมาตรฐานการทดสอบหมายเลข ISO 1833 ซึ่งแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนร้อยละของเส้นใยในผ้าทอ

รหัส	เส้นใยฝ้าย	เส้นใยสแตนเลส
P33	94.9	5.1
P50	92.6	7.4
P67	90.5	9.5
P100	86.4	13.6
T33	94.8	5.2
T50	92.4	7.6
T67	90.4	9.6
T100	85.8	14.2
S33	94.9	5.1
S50	92.7	7.3
S67	90.1	9.9
S100	86.4	13.6

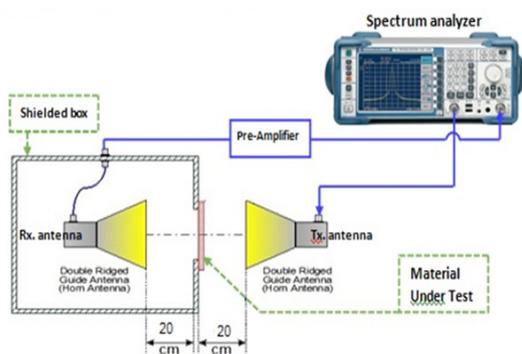
จากนั้นนำผ้าทอทั้งหมดที่ได้จากการทอตามรูปแบบการทอที่ต่างกัน ไปทดสอบเพื่อหาสมบัติของผ้าทอที่ตั้งแสดงตามตารางที่ 4 ซึ่งจะมีสมบัติของผ้าที่ประกอบด้วย จำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้ว ความหนาของผ้า และน้ำหนักของผ้า

ตารางที่ 4 จำนวนเส้นด้าย ความหนาและน้ำหนักของผ้า

รหัส	P33	P50	P67	P100
จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ตร.นิ้ว) ด้ายยืน x ด้ายพุ่ง	62 x 52	62 x 52	62 x 54	62 x 52
ความหนาของผ้า (มิลลิเมตร)	0.32	0.31	0.31	0.32
น้ำหนักของผ้า (กรัมต่อตร.เมตร)	116.2	116.3	118.2	120.6
รหัส	T33	T50	T67	T100
จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ตร.นิ้ว) ด้ายยืน x ด้ายพุ่ง	62 x 54	62 x 54	63 x 54	62 x 55
ความหนาของผ้า (มิลลิเมตร)	0.35	0.35	0.36	0.37
น้ำหนักของผ้า (กรัมต่อตร.เมตร)	108.8	108.9	120.5	120.7
รหัส	S33	S50	S67	S100
จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ตร.นิ้ว) ด้ายยืน x ด้ายพุ่ง	62 x 52	62 x 52	60 x 51	62 x 52
ความหนาของผ้า (มิลลิเมตร)	0.44	0.44	0.44	0.43
น้ำหนักของผ้า (กรัมต่อตร.เมตร)	112.3	112.8	112.7	120.3

จากสมบัติของผ้าทอตามตารางที่ 4 พบว่าผ้าทอหลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วตามแนวด้ายพุ่งมากที่สุดและผ้าทอหลายทแยงที่มีรูปแบบการทอที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่งจะมีน้ำหนักของผ้ามากที่สุด สำหรับผ้าทอหลายขัดจะมีน้ำหนักของผ้ารองลงมาจากผ้าทอหลายทแยง และสำหรับผ้าทอหลายตัวนจะมีความหนาของผ้ามากที่สุด

การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะจัดเตรียมเครื่องมือการทดสอบตามรูปที่ 2 โดยนำผ้าทอที่จะทดสอบมาวางหน้าตู้ทดสอบที่มีการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Shielded box) ให้มีระยะห่างจากสายอากาศตัวรับและตัวส่งสัญญาณ (Antenna) ทั้ง 2 เป็นระยะ 20 เซนติเมตร จากนั้นจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Spectrum analyzer) และทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการทดสอบจะทำการทดสอบผ้าทอทั้ง 2 แนวคือแนวตั้งและแนวนอน โดยการหมุนปรับสายอากาศตัวนอกเครื่องทดสอบ และทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้งต่อผ้า 1 ชิ้น และนำมาคำนวณเฉลี่ยหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2 การจัดเตรียมเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [4]

หลังการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอ จะนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไปประเมินผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบจากระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีการจำแนกไว้ทั้งหมด 2 กลุ่ม คือกลุ่มสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยตรงและกลุ่มสำหรับใช้งานเสื้อผ้าสวมใส่ทั่วไป สำหรับงานวิจัยนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป [5] ซึ่งมีทั้งหมด 5 ระดับ มีความแตกต่างตามค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังแสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป

ระดับ	ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (SE) หน่วย : เดซิเบล
5 - ดีที่สุด	$SE > 30$
4 - ดีมาก	$30 \geq SE > 20$
3 - ดี	$20 \geq SE > 10$
2 - ปานกลาง	$10 \geq SE > 7$
1 - พอใช้	$7 \geq SE > 5$

### 3. ผลและวิจารณ์

เมื่อนำผ้าทอทั้งหมดไปทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro-magnetic shielding effectiveness, SE) ผลการทดสอบพบว่าผ้าทอทั้งหมดสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในระดับดี ซึ่งเทียบเท่ากับระดับ 3 ( $20 > SE > 10$ ) จากตารางบ่งชี้ระดับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 800-3000 เมกะเฮิรตซ์ ดังแสดงตามตารางที่ 6-8

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัด (หน่วย : เดซิเบล)

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	P33	P50	P67	P100
800	23.2	23.6	27.4	20.7
1000	36.8	36.3	41.5	42.2
1200	38.2	28.6	37.9	35.8
1400	36.7	34.8	33.7	38.3
1600	19.1	25.6	27.0	27.3
1800	16.9	27.9	29.5	30.8
2000	20.0	22.7	23.5	25.8
2200	20.9	21.2	23.8	24.2
2400	23.6	29.9	22.4	30.9
2600	22.0	26.1	28.3	28.6
2800	17.8	28.3	22.0	31.8
3000	13.9	20.3	21.7	35.3

จากตารางที่ 6 พบว่าผ้าทอลายขัดจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.2 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.9 เดซิเบล

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยง (หน่วย : เดซิเบล)

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	T33	T50	T67	T100
800	19.6	22.1	23.0	36.1
1000	36.4	48.3	53.8	57.2
1200	25.7	36.8	34.3	39.7
1400	25.9	27.6	27.7	41.3
1600	19.8	32.4	32.1	45.5
1800	31.4	36.2	46.1	36.0
2000	17.9	22.7	22.3	25.0
2200	19.6	24.3	22.2	26.2
2400	31.9	32.9	26.4	34.0
2600	26.2	34.5	39.5	47.5
2800	23.8	27.1	25.5	30.3
3000	21.0	26.3	30.3	33.4

จากตารางที่ 7 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 57.2 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 2000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.9 เดซิเบล

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายตัวน (หน่วย : เดซิเบล)

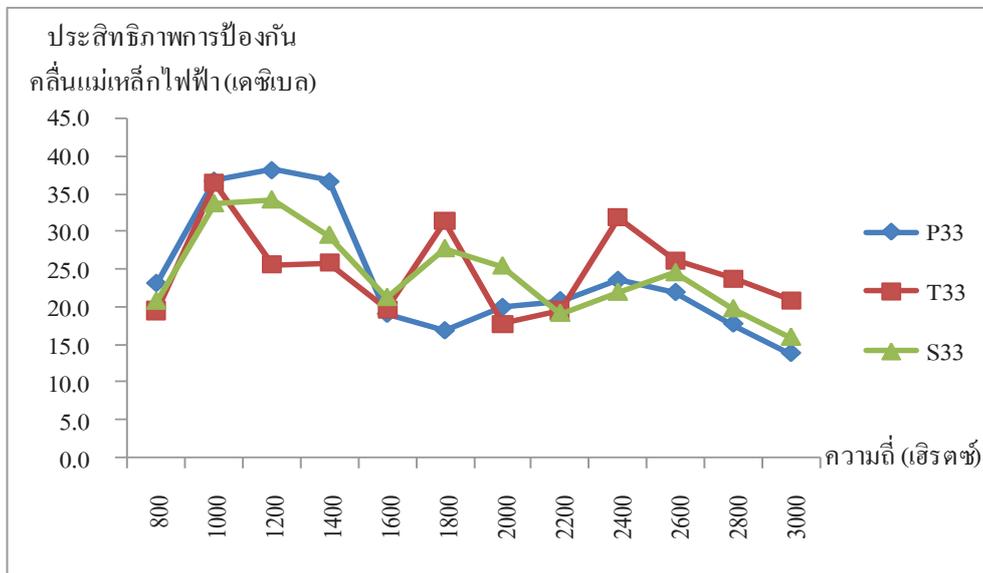
ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	S33	S50	S67	S100
800	20.8	18.5	19.7	21.3
1000	33.8	29.0	32.1	36.1
1200	34.3	35.8	39.0	39.1
1400	29.6	27.6	26.4	29.8
1600	21.3	24.2	27.0	27.8
1800	27.8	33.6	29.5	33.7
2000	25.5	28.6	32.6	33.1
2200	19.2	23.6	23.8	26.7
2400	22.0	24.8	22.4	33.0
2600	24.6	32.0	28.3	35.5
2800	19.8	17.8	21.2	31.3
3000	16.0	18.8	21.7	23.0

จากตารางที่ 8 พบว่าผ้าทอลายตัวนจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.1 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.0 เดซิเบล

จากค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามตารางที่ 6-8 พบว่าผ้าทอแต่ละโครงสร้างที่มีรูปแบบการทอโดยการใช้สัดส่วนเส้นใยแบบที่ 4 ที่เป็นการทอโดยใช้เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่ง จะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุด สามารถเทียบเท่ากับ

ระดับ 5 ( $SE > 30$ ) จากตารางบ่งชี้ระดับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป ซึ่งเป็นผ้าทอหัตถ์ P100 T100 และ S100 และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเท่ากับ 42.2 57.2 และ 39.1 เดซิเบลตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การสอดแทรกเส้นใยสแตนเลสในการทอผ้าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอได้ และค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะดีที่สุดเมื่อมีการใช้สัดส่วนของเส้นใยสแตนเลสที่มากที่สุดในการทอผ้า

สำหรับการศึกษาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอ จะทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยวิเคราะห์จากผ้าที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสในการทอรูปแบบเดียวกัน ซึ่งมีทั้งหมด 4 แบบตามข้างต้นที่ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 2 ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัยนี้ และจากผลการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแสดงค่าประสิทธิภาพการป้องกันตามรูปที่ 3-6 ดังนี้



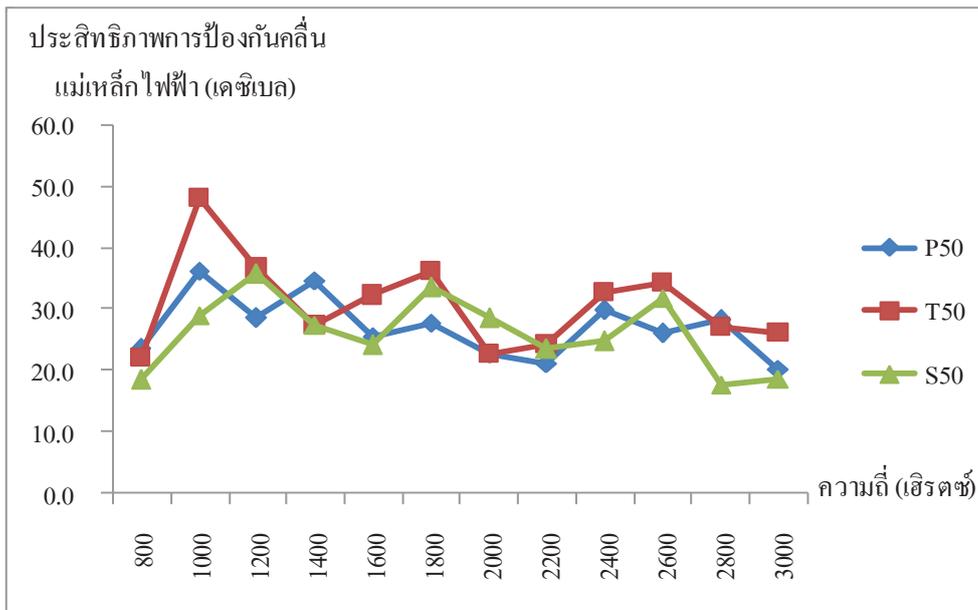
รูปที่ 3 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 1

จากรูปที่ 3 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสรูปแบบที่ 1 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัวน ซึ่งสามารถพบชัดเจนในช่วงคลื่นความถี่

2400-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 21.0-31.9 เดซิเบล พบค่าการป้องกันที่ดีที่สุดเทียบเท่าระดับ 5 ในช่วงคลื่นความถี่ 2400 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.9 เดซิเบลและพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดเทียบเท่าระดับ 4 ในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.0

เดซิเบล จากการศึกษาค่าผลและเปรียบเทียบพบว่า ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตาราง นิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัววน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่า ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลส

ตามแนวด้ายพุ่งมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายตัววน มีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ตรงลงมา จากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากความหนาของ ผ้าทอลายตัววนมากกว่าผ้าทอลายขัดเมื่อ เปรียบเทียบจากการกำหนดการทอผ้าเป็น รูปแบบที่ 1



รูปที่ 4 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 2

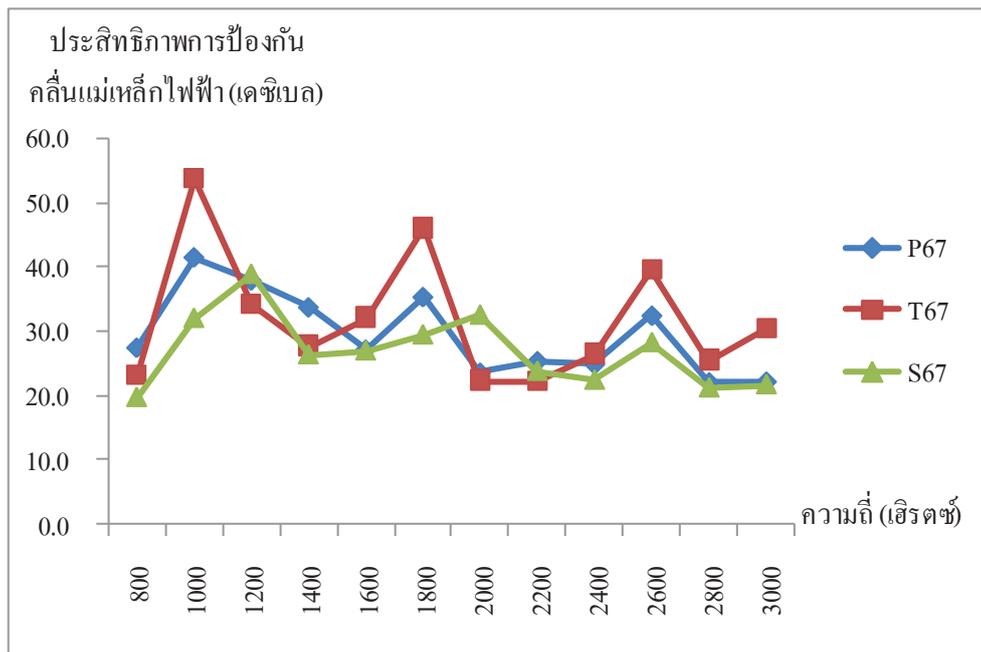
จากรูปที่ 4 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสรูปแบบที่ 2 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัววน ซึ่งสามารถพบชัดเจนในช่วงคลื่นความถี่ 2200-3000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 24.3 – 34.5 เดซิเบล พบค่าการป้องกันที่ดีที่สุดเทียบเท่าระดับ 5 ในช่วงคลื่นความถี่ 2600 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.5 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดเทียบเท่าระดับ 4 ในช่วงคลื่นความถี่ 2200 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 24.3 เดซิเบล จากการศึกษาค่าผลและเปรียบเทียบพบว่า

ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตาราง นิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัววน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่า ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสตามแนว ด้ายพุ่งมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายขัดมีค่าการ ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ตรงลงมาจาก ผ้าทอลายทแยง เนื่องจากสัดส่วนร้อยละของ เส้นใยสแตนเลสของผ้าทอลายขัดมีมากกว่า ผ้าทอลายตัววนเมื่อเปรียบเทียบจากการกำหนด การทอผ้าเป็นรูปแบบที่ 2

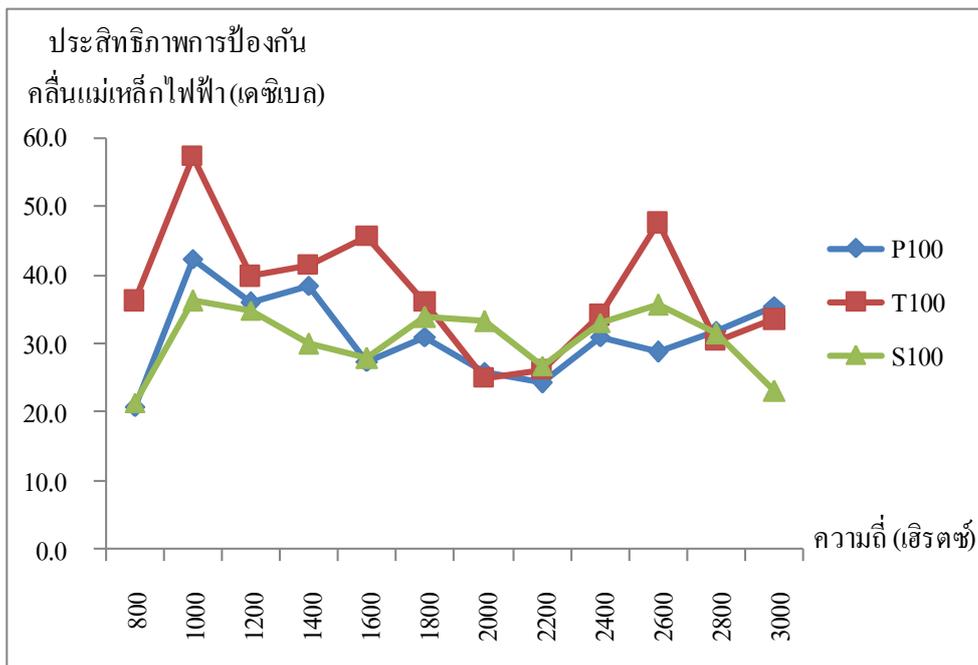
จากรูปที่ 5 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลส

รูปแบบที่ 3 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัวน ซึ่งสามารถพบชัดเจนในช่วงคลื่นความถี่ 2400-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25.5 – 39.5 เดซิเบล พบค่าการป้องกันที่ดีที่สุดเทียบเท่าระดับ 5 ในช่วงคลื่นความถี่ 2600 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.5 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดเทียบเท่าระดับ 4 ในช่วงคลื่นความถี่ 2800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.5 เดซิเบล จากการศึกษาผลและเปรียบเทียบพบว่า ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอ

ลายตัวน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายขัดมีค่าแนวโน้มการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีรองลงมาจากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากผ้าทอลายขัดมีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายตัวน อีกทั้งยังมีน้ำหนักผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งมีมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบจากการกำหนดการทอผ้าเป็นแบบที่ 3



รูปที่ 5 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 3



รูปที่ 6 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 4

จากรูปที่ 6 เป็นการศึกษาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสแบบที่ 4 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัวน ซึ่งสามารถพบชัดเจนนที่ช่วงคลื่นความถี่ 800-1800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 36.0 – 57.2 เดซิเบล พบค่าการป้องกันที่ดีที่สุดเทียบเท่าระดับ 5 ในช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 57.2 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดเทียบเท่าระดับ 5 ในช่วงคลื่นความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.0 เดซิเบล จากการศึกษาผลและเปรียบเทียบพบว่า ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัวน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้าและสัดส่วนร้อยละของเส้นใยสแตนเลสของผ้าทอมากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการ

ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายตัวนมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดึรองลงมาจากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากของผ้าทอลายตัวนมีความหนาของผ้ามากกว่าผ้าทอลายขัดเมื่อเปรียบเทียบจากการกำหนดการทอผ้าเป็นแบบที่ 4

จากผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอของผ้าสำหรับงานวิจัยนี้ พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัวน เนื่องจากจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้ว น้ำหนักของผ้า และสัดส่วนร้อยละของเส้นใยสแตนเลสในผ้าทอลายทแยงมีมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายตัวน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หากคำนึงถึงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้มีประสิทธิภาพ

ในการป้องกันที่ดีที่สุด ควรเลือกใช้ผ้าทอที่มีการใช้สัดส่วนของเส้นใยสแตนเลสมากที่สุด ซึ่งเส้นใยสแตนเลสจะทำหน้าที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สูงด้วยเช่นกัน

#### 4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเพื่อการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอนี้ได้ดำเนินการลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากการได้รับความอนุเคราะห์สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือทุกด้านจากอาจารย์ณัฐดนัย รุ่งเรืองกิจไกร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับเส้นด้ายฝ้าย จากบริษัทยูไนเต็ดการฝ้าย จำกัด สำหรับการทอผืนผ้า จากอาจารย์ศิริอร วณิชโชตยานนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ อีกทั้งคำแนะนำในการทดสอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC) และสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบผืนผ้า จากบริษัทวีเอฟเอสซึ่งจำกัดประเทศไทย

#### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กมลทิพย์ ไหมวงศ์จ่าง, 2554. การประเมินผล กระทบต่อสุขภาพของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [2] Hui S, Jianping W, Xiaona C. and Yan-zhen W., 2011. **Research on Electromagnetic Shielding Clothing.** Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless technology conference (volume: 1 - (26-30 July 2011) ). 211-213. ISBN: 978-1-4244-9792-8.
- [3] ณัฐดนัย รุ่งเรืองกิจไกร, รัตนพล มงคลรัตนาสีทธิ, นิตยา ทับทิมทัย, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, จรูญ คล้ายจ้อย, เสาวนีย์ อารีจงเจริญ, ก้องเกียรติ เหมอินทร์, ศาคร ชลสาครและกิตติยาพรรณ โพธิ์ล้ำม, 2555 วัสดุสิ่งทอสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ตอนที่1). Colourway. 18 (104) (Jan-Feb 2013): 23-26. ISSN: 0859-1849.
- [4] ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC), 2557: แฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์
- [5] Taiwan Textile Federation. Specified Requirements of Electromagnetic Shielding. (online), เข้าถึงได้จาก : [www.ftts.org.tw/images/fa003E.pdf](http://www.ftts.org.tw/images/fa003E.pdf) (3 มีนาคม 2005)