การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส

A STUDY ON ELECTROMAGNETIC SHIELDING EFFECTIVENESS OF COTTON/STAINLESS STEEL WOVEN FABRIC

มัลลิกา ทองเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส

มัลลิกา ทองเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส A Study on Electromagnetic Shielding Effectiveness of Cotton/Stainless Steel Woven Fabric
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวมัลลิกา ทองเจริญ
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมประสงค์ ภาษาประเทศ, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ
.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนึก สังข์หนู, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย,Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์บิณฑสันต์ ขวัญข้าว,Dr.rer.nat)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมประสงค์ ภาษาประเทศ, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 28 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวมัลลิกา ทองเจริญ
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมประสงค์ ภาษาประเทศ, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลกับการใช้ชีวิตประจำวันมาก เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีการแผ่คลื่นหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในระหว่างการทำงานของเครื่องซึ่งจากรายงานการศึกษาวิจัยหลายฉบับพบว่าการสัมผัสคลื่นหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยตรงอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีเพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้วัสดุที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามารองด้านในของเสื้อผ้าหรือการเคลือบผ้าด้วยวัสดุที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งวัสดุที่ใช้ต้องมีสภาพการนำไฟฟ้าที่ดี ดังนั้นการเพิ่มการนำไฟฟ้าให้กับวัสดุสิ่งทอ จะทำให้วัสดุสิ่งทอนั้นมีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

งานวิจัยนี้จึงใช้วัสดุที่นำไฟฟ้าได้ เช่น เส้นใยโลหะ ที่เป็นเส้นใยสแตนเลสมาประยุกต์ใช้ในวัสดุสิ่งทอโดยการทอผ้า ซึ่งเส้นด้ายที่นำไปทอผ้าเป็นเส้นด้ายควบระหว่างฝ้าย/สแตนเลสจะนำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายต่วน เพื่อศึกษาโครงสร้างผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสในรูปแบบการทอที่ต่างกัน

จากผลการศึกษาแสดงว่าผ้าทอที่ผลิตจากเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสทุกโครงสร้างมีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี และผ้าทอที่มีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสมากกว่าจะสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่า

คำสำคัญ:เส้นด้ายฝ้าย เส้นใยสแตนเลสเส้นด้ายควบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การป้องกัน

Thesis Title	A Study on Electromagnetic Shielding Effectiveness of Cotton/Stainless Steel Woven Fabric
Name – Surname	Miss MullikaTongcharoen
Program	Textile
Thesis Advisor	Assistant Professor SomprasongParsapratet, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor RattanapholMongkholrattanasit, Ph.D.
Academic Year	2015

ABSTRACT

Nowadays electrical appliances have an influence on people's daily lives. Appliances such as computers, mobile phones, radios, televisions, microwave ovens, and other electronic devices transmit electromagnetic waves when they operate. As reported in many research reports, direct and continuous exposure to the waves or being in an electromagnetic field for a certain period of time can result in unhealthiness. As such, it is essential for people to be protected from direct exposure to electromagnetic waves, which can be brought about in many ways. For instance, electromagnetic wave proof material can be used as an inner layer of the fabric or as the coating material. The material has to have a high value of electrical conductivity. As a consequence, increasing the fabric electrical conductivity contributes to a better ability of the fabric to prevent electromagnetic waves.

In this study, electrical conductors, which were comprised of stainless steel, were used to weave in the fabric. Plied yarns were a combination of cotton and stainless steel fibers. They were woven in three basic structures of fabric, which included plain, twill, and satin weaves. This technique was to examine the effects of the structures on electromagnetic wave protection, as well as the proportion of stainless steel fibers being used in each type of weaving.

The results of this study showed that the fabric woven with plied yarns of cotton and stainless steel fibers could better prevent electromagnetic waves in every pattern of weaving. In addition, the more stainless steel fibers used, the higher the ability of the fabric to prevent electromagnetic waves.

Keywords: cotton yarn, stainless steel fiber, plied yarn, electromagnetic wave, protection

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเพื่อการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอนี้ได้ดำเนินการลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากการได้รับความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์สมประสงค์ ภาษาประเทศและรองศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาเสียสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ ผู้ทำการวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนึก สังข์หนู ประธานกรรมการสอบ ที่ได้ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของงานวิจัย รวมทั้งเสียสละเวลาในการเป็นกรรมการสอบในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความกรุณาสำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือทุกด้าน ขอขอบพระคุณบริษัทยูไนเต็ดการฝ้ายจำกัด ที่ได้ให้ความกรุณาจัดหาเส้นด้ายฝ้ายสำหรับการทอผ้า ขอขอบพระคุณอาจารย์ศิริอรวณิชโชตยานนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ได้ให้ความกรุณาในการทอผืนผ้า ขอขอบพระคุณศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)ที่ได้ให้ความกรุณาจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบอีกทั้งคำแนะนำในการทดสอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ได้ให้ความกรุณาและสนับสนุนที่มิได้กล่าวถึง นอกจากนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ หากงานวิจัยฉบับนี้ขาดตกบกพร่องหรือไม่สมบูรณ์ประการใดผู้วิจัยกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้

มัลลิกา ทองเจริญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)

สารบัญ ..... (6)

สารบัญตาราง ..... (10)

สารบัญรูป ..... (11)

บทที่ 1 บทนำ 13

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 13

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 14

1.3 สมมติฐานการวิจัย 15

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 15

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย 15

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 16

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.1 ความรู้เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 17

2.1.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 17

2.1.2 การแผ่รังสี/พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 18

2.1.3 สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 23

2.1.4 ทฤษฎีการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 24

2.1.5 กลไกการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 25

2.1.6 การจำแนกระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
สำหรับวัสดุสิ่งทอ 26

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับด้าย 27

2.2.1 ทิศทางของการพันเกลียว 27

2.2.2 เบอร์เส้นด้าย 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับผ้าทอ 28
2.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องทอผ้า 28
2.3.2 กระบวนการผลิตและทอผ้า 29
2.3.3 โครงสร้างของผ้าทอ 31
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 37
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 37
3.2 การเตรียมเส้นด้ายยืน 38
3.3 การเตรียมเส้นด้ายพุ่ง 39
3.4 การทอผ้า 40
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 42
3.6 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ 47
บทที่ 4 ผลการวิจัย 48
4.1 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างที่กำหนด 49
4.1.1 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างลายขัด 49
4.1.2 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างลายทแยง 51
4.1.3 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างลายต่วน 54
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 60
4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัด 60
4.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยง 62
4.2.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วน 64

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแต่ละโครงสร้าง 66

4.3.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 1 66

4.3.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 2 68

4.3.3 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 3 70

4.3.4 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 4 71

4.4 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอที่มีสัดส่วนการใช้เส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง 73

4.4.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัด 73

4.4.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยง 75

4.4.3 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วน 76

4.5 ผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 77

4.6 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ 78

4.6.1 ผลทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงของผ้าหลังการซักล้าง 78

4.6.2 ผลทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด 79

4.6.3 ผลทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด 80

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 82

บรรณานุกรม 84

ภาคผนวก 87

ภาคผนวก ก 88

ภาคผนวก ข 91

ประวัติผู้เขียน 116

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การจำแนกระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
สำหรับวัสดุสิ่งทอกลุ่มที่ 1 26
ตารางที่ 2.2 การจำแนกระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
สำหรับวัสดุสิ่งทอกลุ่มที่ 2 27
ตารางที่ 3.1 การจำแนกชนิดของผ้าทอตามโครงสร้างและสัดส่วนเส้นด้าย 41
ตารางที่ 4.1 จำแนกชิ้นงานตามโครงสร้างของผ้า 48
ตารางที่ 4.2 สมบัติของผ้าทอก่อนซัก 57
ตารางที่ 4.3 สมบัติของผ้าทอหลังซัก 58
ตารางที่ 4.4 สัดส่วนร้อยละแต่ละเส้นใยของผ้าทอ 59
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดตามแนวนอน 60
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดตามแนวตั้ง 62
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงตามแนวนอน 62
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงตามแนวตั้ง 64
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนตามแนวนอน 64
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนตามแนวตั้ง 66
ตารางที่ 4.11 แสดงตัวอย่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยจำแนกตามช่วงความถี่คลื่น 77
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงของผ้าหลังการซักล้าง 79
ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด 80
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด 81
ตารางที่ ก.1 ค่าการปกคลุมของผ้าทอก่อนซัก 89
ตารางที่ ก.2 ค่าการปกคลุมของผ้าทอหลังซัก 90

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงการจำแนกช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 13
รูปที่ 2.1 คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 17
รูปที่ 2.2 สเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 18
รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างรังสีที่ทำให้แตกตัว 19
รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างรังสีที่ไม่ทำให้แตกตัว 20
รูปที่ 2.5 แสดงระดับสนามแม่เหล็กที่ส่งออกจากเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆในบ้าน 23
รูปที่ 2.6 กลไกการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 25
รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของเครื่องทอผ้า 29
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการทอผ้า 30
รูปที่ 2.9 ลายขัด 1/1 32
รูปที่ 2.10 ลายทแยง 2/1 32
รูปที่ 2.11 ลายต่วน 4/1 33
รูปที่ 3.1 เส้นใยสแตนเลส 37
รูปที่ 3.2 เส้นด้ายฝ้าย 37
รูปที่ 3.3 การสืบเส้นด้ายยืน 39
รูปที่ 3.4 การร้อยตะกอและฟันหวี 39
รูปที่ 3.5 การควบเกลียวเส้นด้าย 40
รูปที่ 3.6 การทอผ้าด้วยเครื่องทออัตโนมัติ 40
รูปที่ 3.7 เครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 42
รูปที่ 3.8 เครื่องขยายสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 43
รูปที่ 3.9 สายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับ 43
รูปที่ 3.10 เครื่อง shielded box 44
รูปที่ 3.11 การจัดวางเครื่องมือในการทดสอบวัดค่าประสิทธิภาพ
การกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 44

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

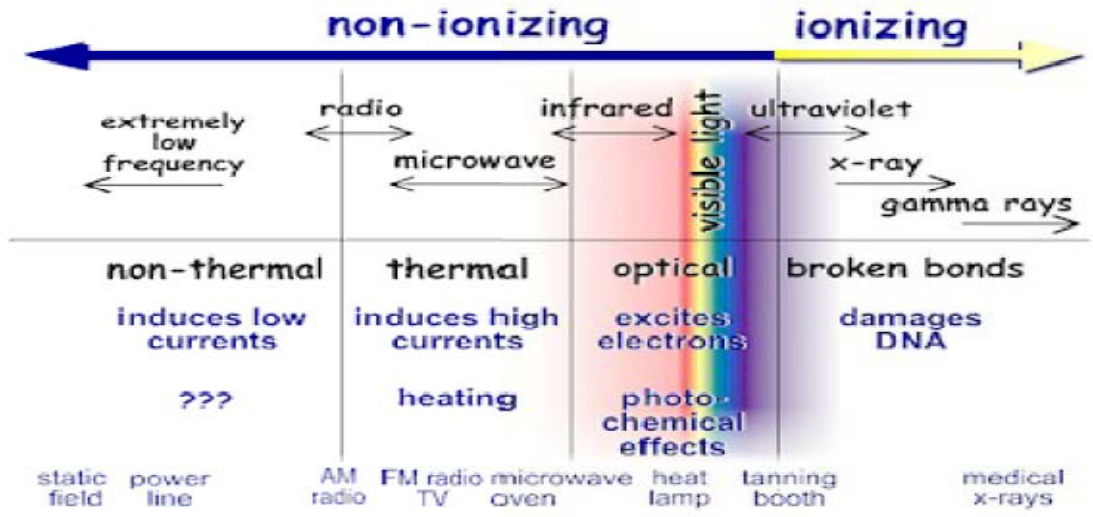
รูปที่ 4.1 ผ้าทอลายขัด P33 49
รูปที่ 4.2 ผ้าทอลายขัด P50 50
รูปที่ 4.3 ผ้าทอลายขัด P67 50
รูปที่ 4.4 ผ้าทอลายขัด P100 51
รูปที่ 4.5 ผ้าทอลายทแยง T33 52
รูปที่ 4.6 ผ้าทอลายทแยง T50 52
รูปที่ 4.7 ผ้าทอลายทแยง T67 53
รูปที่ 4.8 ผ้าทอลายทแยง T100 54
รูปที่ 4.9 ผ้าทอลายต่วน S33 55
รูปที่ 4.10 ผ้าทอลายต่วน S50 55
รูปที่ 4.11 ผ้าทอลายต่วน S67 56
รูปที่ 4.12 ผ้าทอลายต่วน S100 57
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอน ก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 1 67
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอน ก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 2 68
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอน ก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 3 70
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอน ก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 4 72
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัด ที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง 74
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยง ที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง 75
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วน ที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง 76

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลกับการใช้ชีวิตประจำวันของทุกคนมาก เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวต่างล้วนมีการแผ่คลื่นหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation: EMR หรือ Electromagnetic force: EMF ซึ่งมีความหมายเดียวกัน) ไม่มากก็น้อยทั้งสิ้นโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะจัดอยู่ในย่านความถี่สูงกว่าคลื่นแสงตั้งแต่ย่านคลื่นอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) ขึ้นไปโดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 1

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอันตรายต่อมนุษย์ เนื่องจากสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเนื้อเยื่อและเซลล์ ด้วยกระบวนการไอออไนเซชัน (Ionization) ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่นี้จึงถูกเรียกว่ารังสีไอออไนซ์ (Ionizing radiation) ตัวอย่างได้แก่ รังสีเอกซเรย์ (X-ray) และรังสีแกมมา (Gamma ray) ซึ่งการแผ่คลื่นจากอุปกรณ์หรือวัสดุในกลุ่มนี้ จึงมีกฎหมายหรือระเบียบกำกับอย่างเข้มงวด



รูปที่ 1.1 แสดงการจำแนกช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [1]

จากรายงานการศึกษาวิจัยหลายฉบับ [2] พบว่าการสัมผัสสนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน (Extremely Low Frequency Electromagnetic Field, ELF-EMF) โดยตรงอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพขึ้นได้ในหลายโรค เช่น โรคมะเร็งสมอง โรคมะเร็งทรวงอก และโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว จากผลและอันตรายที่เกิดขึ้นซึ่งเกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการป้องกัน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี และการใช้วัสดุสิ่งทอเช่น เสื้อผ้าและเครื่องนุ่งห่มที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เมื่อนำมาสวมใส่แล้วจะช่วยทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าถึงตัวเราน้อยที่สุด โดยทั่วไปแล้วอาจจะมี 3 แนวทางในการพัฒนาและออกแบบเสื้อผ้าสำหรับป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้แก่ [3-4]

1) การใช้ผ้าที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำการออกแบบตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่มีลักษณะโครงสร้างและสไตล์ที่มีความแตกต่างกันออกไป
2) การใช้วัสดุที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำเป็นแผ่นรองใน (Lining) หรือนำมาบุด้านในของเสื้อผ้า
3) การใช้วัสดุหรือสารเคลือบด้านนอกของตัวเสื้อผ้าสำเร็จรูปเพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะทำการวิจัยเกี่ยวกับวัสดุสิ่งทอป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น โดยการประยุกต์ใช้เส้นใยสแตนเลสในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการเตรียมวัสดุป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการทอผ้าที่มีการสอดแทรกเส้นใยสแตนเลส ซึ่งจะนำเส้นใยสแตนเลสมาควบเกลียวกับเส้นด้ายฝ้ายก่อนนำไปทอผ้า เพื่อทำให้ได้ผ้าที่มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเพิ่มความหลากหลายในการใช้งานเฉพาะทาง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและเตรียมวัสดุที่ใช้ในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการเสริมเส้นใยสแตนเลส (Stainless steel) ในกระบวนการผลิตผ้าทอ

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างของการทอต่อความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การนำเส้นใยโลหะที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดี เช่น เส้นใยสแตนเลส (Stainless steel) มาควบเกลียวกับเส้นด้ายฝ้ายทำให้ได้เส้นด้ายควบระหว่างฝ้ายและสแตนเลส จากนั้นนำเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสไปทำการทอเป็นผืนผ้าโดยการสอดแทรกใส่เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสตามแนวด้ายพุ่ง ทำให้ได้ผ้าทอที่มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เนื่องจากสมบัติของโลหะคือสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1.4 ขอบเขตการวิจัย

นำเส้นใยโลหะที่เป็นเส้นใยสแตนเลส (Stainless steel) มาควบเกลียวกับเส้นด้ายฝ้าย เบอร์ 30 (30 Ne) ซึ่งเป็นเส้นด้ายที่ใช้สำหรับงานเสื้อผ้าและเครื่องนุ่งห่ม จากนั้นทำการทอเป็นผืนผ้าด้วยโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบ คือ ลายขัด (Plain weave) ลายทแยง (Twill weave) และลายต่วนด้ายพุ่ง (Sateen) ซึ่งแต่ละโครงสร้างจะกำหนดการทอต่อ 1 ซ้ำ (Repeat) โดยจะใช้เส้นด้ายฝ้ายบริสุทธิ์ (Cotton 100%) ขนาดเบอร์ 30 นำมาเป็นเส้นด้ายยืนทั้งหมด สำหรับเส้นด้ายพุ่งจะใช้เป็นเส้นด้ายควบที่ทำจากเส้นด้ายฝ้ายบริสุทธิ์(Cotton 100%) ขนาดเบอร์ 30 ควบเกลียวกับเส้นใยสแตนเลส (Stainless steel) ซึ่งจะมีสัดส่วนการใช้เส้นด้ายควบแตกต่างกันตามแนวเส้นด้ายพุ่ง 4 แบบ ดังนี้

1) แบบที่ 1 เป็นผ้าที่ทอจากเส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส 1 เส้น
2) แบบที่ 2 เป็นผ้าที่ทอจากเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส 1 เส้น
3) แบบที่ 3 เป็นผ้าที่ทอจากเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส 2 เส้น
4) แบบที่ 4 เป็นผ้าที่ทอจากเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสทั้งหมด

หลังจากนั้นนำผ้าที่ทอได้ไปทำการทดสอบเพื่อหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและเปรียบเทียบสมบัติด้านการป้องกันแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแต่ละชิ้น

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ปัจจัยหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการป้องกันการแทรกแซงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือวัสดุต้องมีสภาพการนำไฟฟ้าที่ดี ดังนั้นการเพิ่มการนำไฟฟ้าให้กับวัสดุสิ่งทอ เช่น ผ้าไหมหรือผ้าฝ้าย ให้มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้นั้นสามารถทำได้โดย

1) ใช้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า เช่น Polyaniline, Polypyrole และ Polythiophene มาปรับสภาพวัสดุสิ่งทอ

2) ใช้วัสดุที่นำไฟฟ้าได้ เช่น เส้นใยโลหะและเส้นใยคาร์บอน มาประยุกต์ใช้ในวัสดุสิ่งทอ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยการนำเส้นด้ายฝ้ายมาทำการผลิตวัสดุสิ่งทอเพื่อให้มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะนำเส้นใยสแตนเลสมาควบเกลียวกับเส้นด้ายฝ้าย เพื่อเพิ่มสภาพการนำไฟฟ้าให้กับเส้นด้ายฝ้ายก่อนนำไปทอเป็นผืนผ้า ซึ่งได้เลือกใช้เส้นด้ายฝ้ายเนื่องจากเป็นเส้นใยธรรมชาติที่สามารถดูดซึมน้ำได้ดี ระบายอากาศได้ดี เมื่อนำมาทำเป็นเสื้อผ้าทำให้สวมใส่สบาย อีกทั้งยังให้ผิวสัมผัสที่นุ่ม ทำให้ลดความกระด้างของเส้นใยสแตนเลส (Stainless steel) ซึ่งเป็นเส้นใยโลหะที่เลือกนำมาใช้ในการทอร่วมกัน เนื่องจากเส้นใยสแตนเลสเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้า ทำให้สะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ อีกทั้งราคาไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับเส้นใยโลหะชนิดอื่นๆ เช่น เงิน คาร์บอน และสังกะสี เป็นต้น ดังนั้นเมื่อนำมาทอเป็นผ้าผืนแล้วจะทำให้ได้ผ้าทอที่มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายในการใช้งานเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ

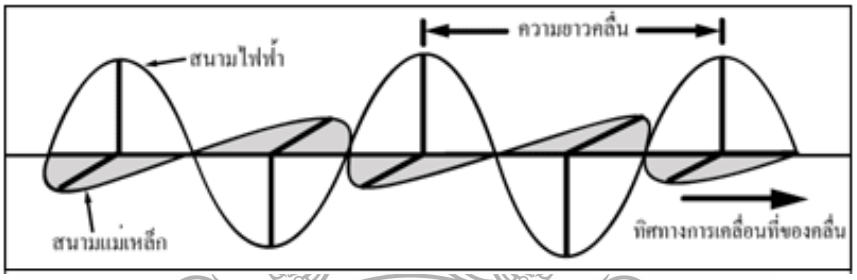
1) เป็นการสร้างองค์ความรู้ในการใช้วัสดุสิ่งทอ เพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการเสริมเส้นใยสแตนเลส (Stainless steel)
2) ทราบถึงผลของโครงสร้างการทอต่อความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3) สามารถนำผลงานวิจัยนี้ไปพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเพิ่มความหลากหลายในการใช้งานเฉพาะทาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แสงมีสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น (Electromagnetic waves) จะเป็นแสงที่มีสมบัติเป็นคลื่นที่ประกอบไปด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจะทำมุม 90 องศาต่อกันและเคลื่อนที่ภายในอากาศด้วยความเร็วสูงที่ $3x10^8$ เมตรต่อหนึ่งหน่วยวินาที ดังรูปที่ 2.1 และสำหรับแสงที่มีสมบัติเป็นอนุภาคจะเรียกว่าโฟตอน (photon) ซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่มีมวลแต่เป็นพลังงาน [5]

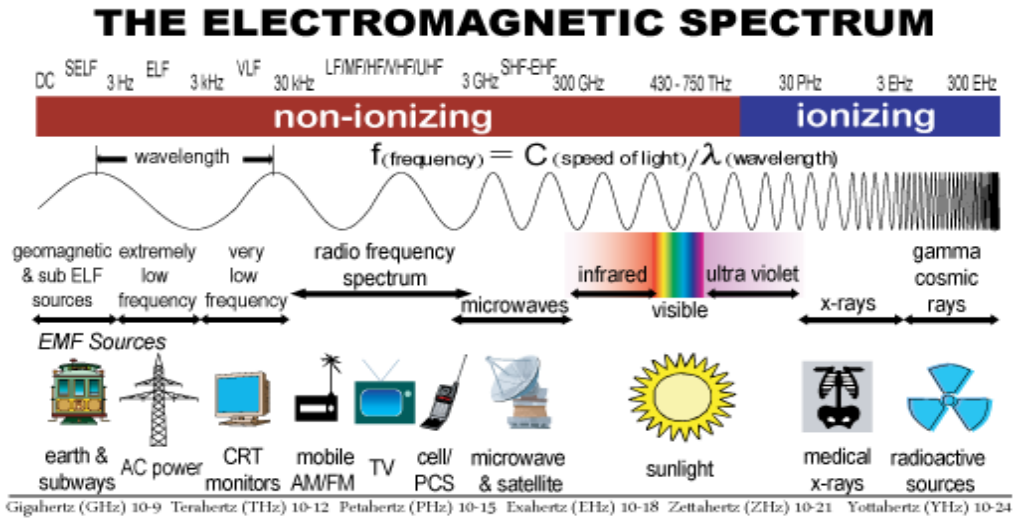


รูปที่ 2.1 สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [6]

2.1.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเกิดจากการที่สนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อสนามไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กหรือเมื่อสนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้า ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสามารถถ่ายเทพลังงานจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ทำให้สามารถถ่ายเทพลังงานผ่านอากาศได้ [7] ทั้งนี้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ในช่วงที่กว้างมาก ดังนั้นจึงจำแนกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยแบ่งกลุ่มตามสมบัติของคลื่น เรียกว่า สเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum) ซึ่งคลื่นที่มีสมบัติเหมือนกันจะจัดรวมให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันตามรูปที่ 2.2 ซึ่งจากรูปจะแสดงว่าสเปคตรัมคลื่น

แม่เหล็กไฟฟ้ามีชื่อเรียกมากมายหลากหลายตามแหล่งกำเนิดคลื่นที่ช่วงความถี่ต่างๆ [8] เช่น คลื่นไมโครเวฟ จะมีช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 3 จิกะเฮิรตซ์ถึง 300 จิกะเฮิรตซ์เป็นต้น



รูปที่ 2.2 สเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [9]

2.1.2 การแผ่รังสี/พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [7-8]

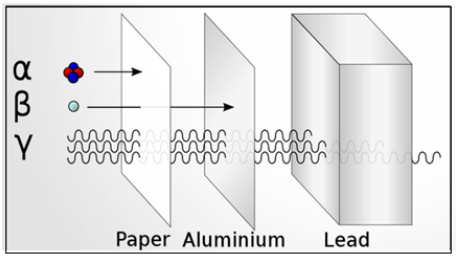
การแผ่รังสีหรือพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Radiation) หมายถึง การถ่ายเทพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยการเคลื่อนย้ายสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของคลื่นนั้น ซึ่งการแผ่พลังงานหรือรังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นสามารถเกิดขึ้นได้ทุกๆที่ล้อมรอบตัวมนุษย์ มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น แสงอาทิตย์ และในส่วนที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นทีวีหรือโทรทัศน์ และคลื่นโทรศัพท์มือถือ หรืออื่นๆ นอกจากนี้ยังแบ่งกลุ่มหรือจำกัดการแผ่พลังงานหรือรังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) การแผ่รังสีไอออไนซ์ (Ionizing radiation) เป็นการแผ่รังสีในลักษณะที่จะทำให้โมเลกุลของเนื้อเยื่อและหน่วยพันธุกรรม (DNA) ในสิ่งมีชีวิตเกิดการแปลงเปลี่ยน ซึ่งจะไปทำให้โมเลกุลเกิดการเปลี่ยนแปรโดยทำให้โมเลกุลนั้นแตกตัว ซึ่งหากได้รับการแผ่รังสีหรือพลังงานของคลื่นชนิดที่ทำให้แตกตัวดังรูปที่ 2.3 จะทำให้สิ่งมีชีวิตมีการแปลงเปลี่ยนทางพันธุกรรมหรืออาจทำให้กลายพันธุ์ เนื่องจากรังสีชนิดนี้เป็นรังสีกำลังสูงที่มีสมบัติทำให้อนุภาคโมเลกุลของวัตถุที่รังสีไปตกกระทบเกิดการแยกออกจากกันหรือที่เรียกว่าการแตกตัวของไอออนอิเล็กตรอน ทำให้วัตถุนั้นกลายเป็นสาร

อนุมูลที่อิสระ (Free radical) ซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดโรคมะเร็งชนิดต่างๆ รังสีเหล่านี้จะอยู่ในรูปของอนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังนี้

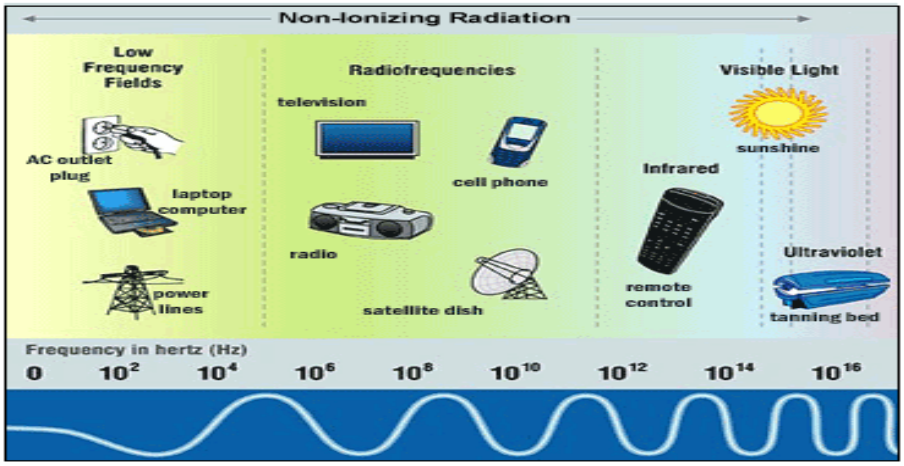
ก. รังสีในรูปอนุภาค (Particle) จะมีทั้งรังสีที่อนุภาคเกิดจากการแตกตัวของสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ เช่น รังสีแอลฟา (Alpha ray) และรังสีเบต้า (Beta ray) กับรังสีที่อนุภาคเกิดการสลายตัวจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ เช่น โปรตอน (Proton), โพรซิตรอน (Positron), มิวออน (Muon) และมิวซอนประจุ (Charge mesons) ซึ่งรังสีชนิดนี้จะเป็นอนุภาคที่มีประจุทั้งสิ้น

ข. รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นรังสีที่ทำตัวเสมือนเป็นอนุภาคได้ (Photon) ส่วนใหญ่เป็นรังสีความถี่กำลังสูงคือ รังสีเอกซ์ (X-ray) และรังสีแกมมา (Gamma ray) สำหรับบางกรณีพบว่ารังสียูวีหรืออีกชื่อเรียกหนึ่งว่ารังสีอัลตร้าไวโอเล็ต (Ultraviolet) ที่มีความถี่กำลังสูง สามารถทำตัวเป็นรังสีไอออไนซ์ได้เช่นกัน



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างรังสีที่ทำให้แตกตัว [10]

2) การแผ่รังสีชนิดไม่ก่อไอออไนซ์ (Non ionizing radiation) เป็นการแผ่รังสีหรือพลังงานในลักษณะที่ตามทฤษฎีแล้วไม่ทำให้หน่วยโมเลกุลของเนื้อเยื่อและพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดการแตกของไอออนออกไป มีเพียงแต่การถ่ายเทความร้อนไปสู่เนื้อเยื่อ รังสีชนิดที่ไม่ก่อไอออนนี้เป็นรังสีที่มีกำลังต่ำกว่า จึงไม่ทำให้อิเล็กตรอนของโมเลกุลเกิดการแตกตัวและเปลี่ยนแปลง รังสีเหล่านี้จะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสามารถเรียงตามความถี่ (Frequency) จากต่ำไปสูงได้ดังนี้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน (ELF-EMF), คลื่นวิทยุ (Radio frequency), คลื่นไมโครเวฟ (Microwave), รังสีอินฟาเรด (Infrared), แสง (Visible light) และ รังสียูวี (Ultraviolet) ซึ่งรังสีเหล่านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้มากมายดังแสดงตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างรังสีที่ไม่ทำให้แตกตัว [11]

แต่เมื่อมาตกกระทบกับร่างกายมนุษย์จะก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพทั้งที่มีประโยชน์และเป็นโทษ เช่น คลื่นไมโครเวฟ เมื่อเข้าสู่ร่างกายนั้นจะทำให้เกิดความร้อน นำมาใช้ประโยชน์ในทางกายภาพบำบัด สำหรับรังสี ยูวีได้มีการนำมาใช้ฉายแสงเพื่อรักษาโรคสะเก็ดเงิน อีกทั้งแสงแดดก็กระตุ้นให้เกิดการสร้างวิตามินดีในร่างกาย สำหรับการก่อให้เกิดโทษหรือข้อเสียของรังสีเหล่านี้คือ เมื่อรังสีหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นสัมผัสกับร่างกายมากผิดปกติจะทำให้เกิดผลต่อสุขภาพ ซึ่งอ้างอิงจากรายงานผลการศึกษาซึ่งมีผู้ศึกษาวิจัยทำการรวบรวมข้อมูลไว้เกี่ยวกับการศึกษาแนวโน้มผลกระทบต่อสุขภาพของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งตัวอย่างของผลการศึกษาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีผลกระทบต่อสุขภาพมีดังต่อไปนี้ [2]

1) Verkasalu ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าแรงสูงและแนวโน้มการเกิดโรคมะเร็งในประชากรวัยผู้ใหญ่ในเมืองฟินนิช จำนวน 383,700 คนที่อาศัยอยู่ระหว่างปี 1970-1989 ภายในระยะ 500 เมตรจากเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 110-440 กิโลโวลท์ (kV) ซึ่งจะได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.01 ไมโครเทสลา (μT) พบว่าเพศชายมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดมะเร็งพลาสมาเซลล์ถ้าได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สูง สำหรับเพศหญิงมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดมะเร็งลำไส้ ทั้งนี้ไม่ได้เป็นการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งทุกชนิด

2) Roosli และคณะ ได้ทำการศึกษาอัตราการเกิดโรคเนื้องอกในสมอง (Brain Tumor) และโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) สำหรับพนักงานชายของการรถไฟประเทศสวิตเซอร์แลนด์ระหว่าง ปี 1972 ถึง 2002 ซึ่งจะศึกษาเปรียบเทียบจากอัตราการตายด้วยโรคเนื้องอกในสมองและโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวของพนักงานขับรถไฟที่ได้รับคลื่นแม่เหล็กความถี่ต่ำขณะปฏิบัติงานใน

ปริมาณมากคือ ระดับ 21 (μT) ไมโคเทสลาต่อปีกับพนักงานขับรถไฟที่ได้รับคลื่นแม่เหล็กความถี่ต่ำขณะปฏิบัติงานในระดับกลางและระดับต่ำ (เฉลี่ย 1 ไมโคเทสลาต่อปี) ผลปรากฏว่า พนักงานขับรถไฟที่ได้รับคลื่นแม่เหล็กความถี่ต่ำในปริมาณมากมีผลต่ออัตราการตายด้วยโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดไมลอย (Myeloid)

3) Davanipour และคณะ ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ทางด้านชีววิทยาและงานวิจัยทางด้านระบาดวิทยาเพื่อหาข้อสรุปของสมมติฐานที่ว่า การได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำในปริมาณมากมีผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคอัลไซเมอร์และมะเร็งเต้านมจริงหรือไม่ ซึ่งจากผลทางชีววิทยาพบว่า การได้รับคลื่นแม่เหล็กความถี่ต่ำปริมาณมากจะเพิ่มปริมาณอะไมลอยเบต้า (Amyloid beta) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของจุดเริ่มต้นในการเกิดโรคอัลไซเมอร์ นอกจากนั้นยังทำให้ปริมาณของเมลาโตนิน (Melatonin) ลดลง เป็นสาเหตุนำไปสู่การเกิดทั้งโรค อัลไซเมอร์และมะเร็งเต้านม

4) Li Peizhi และคณะ ได้ทำการศึกษาอัตราการเกิดโรคเนื้องอกในสมองของเด็ก กรณีที่มารดาได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำช่วงก่อนตั้งครรภ์และระหว่างตั้งครรภ์ ในระหว่างปี 1980 ถึง 2002 จากจังหวัด Quebec และ Ontario ประเทศแคนาดา โดยศึกษาจากอาชีพของมารดาว่าอาชีพใดมีผลในการเกิดโรคเนื้องอกในสมองของเด็ก พบว่าการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำของแม่ก่อนตั้งครรภ์และระหว่างตั้งครรภ์ ทำให้มีการเพิ่มอัตราการเกิดโรคเนื้องอกในสมองของเด็กโดยเฉพาะอย่างยิ่งแม่ที่มีอาชีพเย็บผ้าจะเพิ่มอัตราการเกิดโรคนี้ถึง 2 เท่า

5) Li และคณะ ได้ทำการศึกษาความเสี่ยงของการเกิดอสุจิคุณภาพต่ำ ซึ่งประชากรที่นำมาศึกษาเป็นประชากรชายผู้ให้เชื้ออสุจิที่มีสุขภาพแข็งแรง โดยประชากรเหล่านี้จะต้องสวมมิเตอร์เพื่อวัดปริมาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้รับต่อวัน นำมาเปรียบเทียบประชากรชายอีกกลุ่มหนึ่งที่ได้รับคลื่นในปริมาณต่ำกว่า ซึ่งพบว่าชายที่มีเปอร์เซ็นต์ไทล์ 90 ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.6 มิลลิเกาส์ จะมีโอกาสเสี่ยงถึงสองเท่าที่จะผลิตตัวอสุจิที่มีการเคลื่อนไหวและโครงสร้างที่ผิดปกติ ถ้าหากมีระยะเวลาการสัมผัสคลื่นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากกว่า 1.6 มิลลิเกาส์ จะมีความเสี่ยงเพิ่มมากขึ้น โดยมี p = 0.03 ซึ่งความสัมพันธ์นี้มีความชัดเจนมากขึ้นโดยแสดงผลจากการวัดค่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง 3 เดือนแรกที่เป็นช่วงเวลาของการสร้างเชื้ออสุจิและเซลล์อสุจิ พบว่าการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงระยะแรกจะส่งผลต่อคุณภาพอสุจิ

งานวิจัยมากกว่า 30 ฉบับที่รายงานผลการศึกษาซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสูง พบว่าการทำงานในบริเวณนี้จะมีผลต่อการเกิดมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งเม็ดเลือด มะเร็งสมอง และมะเร็งทรวงอก และมีงานวิจัยบางฉบับที่ศึกษาพบว่าสตรีมีครรภ์ที่ได้รับ

สนามแม่เหล็กสูง จะมีผลเสียต่อครรภ์ในอัตราสูงเกินกว่าที่คาดไว้ อีกทั้งยังมีรายงานการวิจัยในต่างประเทศสรุปออกมาว่ารังสีของเครื่องคอมพิวเตอร์มีผลร้ายต่อสุขภาพร่างกายมนุษย์ เช่น หญิงที่นั่งทำงานอยู่หน้าเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกวันมีโอกาสตั้งครรภ์น้อยมาก เด็กและหญิงมีครรภ์ไม่ควรอยู่ใกล้เครื่องคอมพิวเตอร์เพราะอันตรายจากรังสีคอมพิวเตอร์มีอยู่มากมาย เช่น รังสีจากคอมพิวเตอร์มอนิเตอร์ และส่วนประกอบต่างๆ (Accessories) มีผลให้เด็กในครรภ์มีความผิดปกติ อาจอยู่ในสภาวะแท้งหรือคลอดก่อนกำหนด คลื่นรังสีจากคอมพิวเตอร์ทำให้เซลล์ที่ควบคุมแคลเซียมของร่างกายทำงานเร็วขึ้นทำให้มีผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง นอกจากนี้รังสีจากคอมพิวเตอร์และมอนิเตอร์ ยังทำให้เยื่อจมูกอักเสบ ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ หายใจไม่สะดวก ฯลฯ อย่างไรก็ตาม นอกจากโทษหรือผลเสียที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามที่กล่าวไว้แล้วนั้น ยังพบว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็ยังมีประโยชน์อีกมากมาย เช่น วิทยุเรดาร์ สำหรับการติดต่อสื่อสาร รังสีเอ็กซ์ สำหรับทางการแพทย์ คลื่นไมโครเวฟ สำหรับการทำอาหาร และรังสีอินฟาเรด สำหรับการควบคุมรีโมท

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อนหรือความถี่ต่ำ (ELF-EMF) ซึ่งจะมีคลื่นความถี่ในช่วง 3-3000 เฮิรตซ์ (Hertz, Hz) โดยทั่วไปคลื่นความถี่ช่วงนี้จะเกิดจากกระแสไฟฟ้าภายในอาคารบ้านเรือน ซึ่งสำหรับประเทศอเมริกาใช้ระบบความถี่ 60 เฮิรตซ์และประเทศอื่นๆ ส่วนใหญ่จะใช้ระบบความถี่ 50 เฮิรตซ์ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งคลื่นความถี่ช่วงนี้จะมีความถี่ต่ำกว่าคลื่นไมโครเวฟและคลื่นความถี่ของวิทยุ สำหรับหน่วยวัดระดับของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้านั้น จะใช้หน่วยวัดที่แตกต่างกันคือ ระดับของสนามไฟฟ้าจะใช้หน่วยโวลท์/เมตร (Volt/Meter, v/m) ส่วนระดับของสนามแม่เหล็กจะใช้หน่วยเทสลา (Tesla) หรือเกาส์ (Gauss) (1 เทสลา = 10,000 เกาส์)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อนหรือความถี่ต่ำ (ELF-EMF) เป็นคลื่นที่ทุกคนมีโอกาสสัมผัสและสามารถเข้าถึงได้ทุกวัน เนื่องจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะอยู่รอบๆสายไฟฟ้าซึ่งพบได้จากเสาไฟฟ้าทั่วไป รวมถึงพบได้จากเสาส่งไฟฟ้าแรงสูงอีกด้วย สำหรับที่อยู่อาศัยภายในอาคารบ้านเรือน ทุกคน ก็มีโอกาสสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อนนี้ได้เช่นกัน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากสายไฟฟ้าภายในบ้าน นอกจากนี้ยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางส่วนที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องไฟฟ้าอำนวยความสะดวก เช่น หม้อแปลง โทรทัศน์ เครื่องดูดฝุ่น เครื่องเป่าผม เครื่องผสมอาหาร หรือ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

เขตอันตราย ระดับคลื่นแม่เหล็ก (หน่วย: มิลลิเกาส์)		
ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า	ระยะทางตั้งแต่ 4 นิ้ว	ระยะทาง 3 ฟุต
เครื่องปั่น	50-220	0.3-3
เครื่องซักผ้า	8-200	0.1-4
เครื่องทำกาแฟ	6-29	0.1
เครื่องคอมพิวเตอร์	4-20	2-5
หลอดไฟฟลูออเรสเซนส์	400-4,000	0.1-5
เครื่องเป่าผม	60-20,000	0.1-6
เตาไมโครเวฟ	100-150	1-25
โทรทัศน์	5-100	0.1-6
เครื่องดูดฝุ่น	230-1,300	3-40
เครื่องบิน	50	

รูปที่ 2.5 ระดับสนามแม่เหล็กของเครื่องใช้ไฟฟ้า [12]

2.1.3 สมบัติคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยและพึ่งพาตัวกลางในการเคลื่อนที่ สามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากับ $3x10^{8}$ เมตรต่อวินาที ซึ่งเท่ากับอัตราเร็วแสง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง เนื่องจากคลื่นที่ส่งผ่านไปในตัวกลางแล้วทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นในแนว 90 องศากับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น อีกทั้งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถถ่ายเทพลังงานจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกปล่อยออกมาจะถูกดูดกลืนได้โดยสสาร คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแทรกสอด สะท้อน หักเห และเลี้ยวเบนได้เช่นเดียวกับคลื่นทั่วไป [13]

2.1.4 ทฤษฎีการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [14]

การวัดค่าประสิทธิภาพการป้องกันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Shielding Effectiveness, SE) มีหน่วยเป็น เดซิเบล (Decibels, dB) เป็นฟังชั่นของลอการิทึม (Logarithm, log) ของอัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นกำลัง (Power density, P) ของคลื่นตกกระทบและความหนาแน่นกำลังที่สะท้อนออกจากวัสดุเมื่อมีการกำบังหรือป้องกัน ดังแสดงในสมการที่ 1 หรือเป็นฟังชั่นลอการิทึมของอัตราส่วนระหว่างความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Intensity) ของคลื่นที่ไปตกกระทบหรือความเข้มของคลื่นระนาบ (Plain wave) ที่สะท้อนออกจากวัสดุที่มีการกำบังหรือป้องกันดังแสดงในสมการที่ 2

$$SE = 10 \log (P1/P2) \quad (2.1)$$

$$SE = 10 \log (E1/E2) \quad (2.2)$$

โดยที่ P1 คือ ค่ากำลังความหนาแน่นของคลื่นตกกระทบ

P2 คือ ค่ากำลังความหนาแน่นของคลื่นตกกระทบที่สะท้อนออกจากวัสดุ

E1 คือ ค่าความเข้มของคลื่นที่ตกกระทบ

E2 คือ ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ ความเข้มของคลื่นระนาบที่สะท้อนออกจากวัสดุเมื่อมีการกำบังหรือป้องกัน

คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการกั้นการแทรกแซงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาจากสมการการวัดเพื่อหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันหรือกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังสมการที่ 2.3

$$SE = A_{db} + R_{db} \quad (2.3)$$

โดยที่ A_{db} คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

R_{db} คือ ค่าการสะท้อน (ค่าการสะท้อนทางแม่เหล็ก ค่าการสะท้อนทางไฟฟ้าค่าการสะท้อนคลื่นระนาบ)

จากสมการที่ 2.3 จะระบุลักษณะของวัสดุที่ใช้การกั้นการแทรกแซงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดังนี้

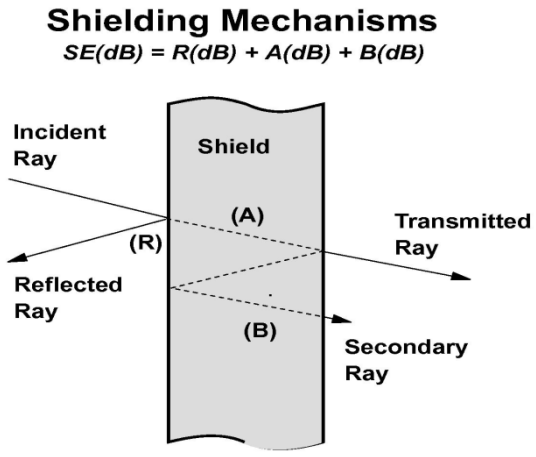
1) วัสดุที่ใช้ต้องมีลักษณะเป็นวัสดุที่ดูดกลืนหรือสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาตกกระทบ ซึ่งความหนาของวัสดุเป็นค่าหนึ่งที่ถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพการป้องกันหรือกำบังคลื่น

2) ถ้าวัสดุเพื่อการป้องกันมีความหนามากขึ้น จะทำให้ค่าการป้องกันหรือการกำบังคลื่นสูงขึ้นตามไปด้วย
3) วัสดุที่ใช้ในการป้องกันต้องมีสภาพการนำไฟฟ้าที่ดี

ดังนั้นการเพิ่มการนำไฟฟ้าให้กับวัสดุสิ่งทอ เช่น ผ้าไหมหรือฝ้ายเพื่อใช้เป็นวัสดุป้องกันการแทรกแซงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถทำให้วัสดุที่ไม่มีสมบัตินำไฟฟ้า สามารถนำไฟฟ้าได้โดย
1) ใช้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า เช่น Polyaniline, Polypyrole และ Polythiophene นำมาทำการปรับสภาพวัสดุสิ่งทอ
2) ใช้สารหรือวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ นำมาประยุกต์ใช้ในวัสดุสิ่งทอ เช่น เส้นใยคาร์บอนและเส้นใยโลหะที่ผลิตจากอลูมิเนียม ทองแดง เงิน เป็นต้น

2.1.5 กลไกการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [14]

กลไกการกำบังหรือป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุเพื่อการป้องกันการแทรกแซงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแสดงตามรูปที่ 2.6 ซึ่งมีกลไกดังนี้



รูปที่ 2.6 กลไกป้องกันหรือกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [15]

จากรูปที่ 2.6 จะแสดงกลไกการป้องกันหรือกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทั้งหมด 4 แบบดังนี้
1) เมื่อคลื่นมาตกกระทบบนวัสดุที่ใช้กำบังหรือป้องกันจะมีการสะท้อน (Reflection) ออกจากผิววัสดุที่ใช้กำบังหรือป้องกัน

2) คลื่นบางส่วนถูกวัสดุกำบังหรือป้องกัน ดูดกลืน (Absorption) เอาไว้ และเปลี่ยนไปเป็นความร้อน
3) คลื่นบางส่วนทะลุผ่าน (Transmission) วัสดุกำบังหรือป้องกัน
4) คลื่นบางส่วนจะมีการสะท้อนอยู่ภายในวัสดุกำบังหรือป้องกันตามความหนาและทะลุผ่านออกมาที่ผิวด้านหลังของวัสดุ (Internal reflection)

ดังนั้นกลไกการกำบังหรือป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคือ

ก. ถ้าต้องการป้องกันการปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแหล่งปล่อยคลื่นกลไกการป้องกันจะเป็นแบบการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ข. ถ้าต้องการป้องกันวัสดุที่ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวัสดุที่ใช้ในการกำบังหรือป้องกันกลไกจะเป็นแบบการสะท้อนและการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.6 การจำแนกระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับวัสดุสิ่งทอ [16]

การจำแนกระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับวัสดุสิ่งทอ สามารถแบ่งได้เป็น2 กลุ่ม (class I และ Class II) และในแต่ละกลุ่มจะจำแนกแยกย่อยเป็น 5 ระดับ ซึ่งจะแบ่งตามค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่น เพื่อบ่งบอกความสามารถในการป้องกันคลื่นดังนี้

1) กลุ่มที่ 1 (class I) สำหรับชุดหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ใช้สำหรับผู้ใช้ที่ต้องสัมผัสหรือเกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยตรงเช่นชุดทำงานสำหรับผู้ทำงานในสายการผลิตชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 การจัดระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับวัสดุสิ่งทอกลุ่มที่ 1 [16]

ระดับ	(5) ดีที่สุด	(4) ดีมาก	(3) ดี	(2) ปานกลาง	(1) พอใช้
ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (SE) หน่วย เดซิเบล	SE > 60	60 ≥ SE > 50	50 ≥ SE > 40	40 ≥ SE > 30	30 ≥ SE > 20

2) กลุ่มที่ 2 (class II) สำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป

ตารางที่ 2.2 การจัดระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับวัสดุสิ่งทอกลุ่มที่ 2 [16]

ระดับ	(5) ดีที่สุด	(4) ดีมาก	(3) ดี	(2) ปานกลาง	(1) พอใช้
ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (SE) หน่วย เดซิเบล	SE > 30	30 ≥ SE > 20	20 ≥ SE > 10	10 ≥ SE > 7	10 ≥ SE > 7

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับด้าย [17]

ด้าย มีลักษณะเป็นเส้นยาวที่ประกอบขึ้นจากเส้นใยหลายๆเส้นรวมกันเรียกว่า เส้นด้าย ซึ่งเส้นด้าย ถูกจำกัดความได้หลายความหมาย เช่น

ก. ความหมายที่กำหนดโดย ASTM คือ คำที่ใช้สำหรับเส้นใย ใยหรือวัสดุในรูปที่เหมาะสำหรับการถัก ทอ และอื่นๆ ให้เกิดเป็นผืนผ้าขึ้นมา

ข. จำกัดความโดยชนิดของวัสดุซึ่งขึ้นอยู่กับเส้นใยประเภทต่าง ๆ เช่น ด้ายฝ้าย (Cotton yarn), เส้นขนสัตว์ (Wool yarn), ด้ายลินิน (Linen yarn), ใยไหม (Silk yarn) และเส้นใยสังเคราะห์

เส้นด้ายที่จะนำมาไปใช้งานนั้นถ้าเป็นเส้นด้ายที่ปั่นจากด้ายเส้นเดี่ยวจะเรียกว่า ด้ายเดี่ยว (Single yarn) สำหรับด้ายที่ประกอบด้วยด้ายเดี่ยว 2 เส้นพันกันเป็นเกลียวจะถูกเรียกว่า ด้าย 2 เส้นหรือ (2-Ply yarn) ถ้าประกอบด้วยด้ายเดี่ยว 3 เส้นจะเรียกว่า ด้าย 3 เส้น (3-Ply yarn) สำหรับด้าย 2 เส้นจะมีความแข็งแรงกว่าด้ายเดี่ยวประมาณ 3 เท่า ผ้าที่ทอด้วยด้ายเดี่ยวจะนุ่มนวล แต่ทว่าไม่แข็งแรงทนทาน ส่วนผ้าที่ทอด้วยด้ายเดี่ยวตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไปเนื้อผ้าจะแข็งกว่าและทนทานกว่า

2.2.1 ทิศทางของการพันเกลียว (Direction of Twist)

เมื่อเส้นใยประกอบกันเป็นเส้นด้ายการพันเป็นเกลียวจะถูกเพิ่มเข้ามาเพื่อช่วยให้เส้นใยยึดเกาะกันดีขึ้น จำนวนของเกลียวจะถูกแบ่งตามจำนวนเกลียวต่อนิ้วหรือเมตร เรียกอย่างย่อว่า TPI (Turns Per Inch) โดยทั่วไปวิธีการพันให้เป็นเกลียวสามารถทำได้ 2 แบบ คือ พันเกลียวขวา (Z twist) หรือพันเกลียวซ้าย (S twist) ซึ่งแนวของเกลียวจะเป็นไปตามแกนกลางของตัวอักษร

2.2.2 เบอร์เส้นด้าย (Yarn count) [18]

เป็นสิ่งที่บ่งบอกขนาดความเล็กหรือใหญ่ของเส้นด้ายที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยระบบเบอร์เส้นด้ายในปัจจุบันที่มีใช้กันอยู่จะมี 2 ระบบคือ

1) ระบบตรง (Direct system) เป็นระบบที่กำหนดเบอร์เส้นด้ายจากน้ำหนักต่อความยาว (Mass per unit length) หน่วยของระบบตรงที่นิยมเรียกกันได้แก่ เท็กซ์ (Tex) และดีเนียร์ (Denier) สำหรับระบบเบอร์ด้ายนี้จะมีความยาวคงที่แต่น้ำหนักเปลี่ยนไปตามเบอร์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเบอร์ด้ายยิ่งสูงเส้นด้ายจะใหญ่ ถ้าเบอร์ด้ายต่ำเส้นด้ายจะเล็ก ซึ่งแต่ละหน่วยจะมีนิยามของตนเองในการกำหนด เช่น

1 เท็กซ์ หมายถึง เส้นด้ายที่มีน้ำหนัก 1 กรัมต่อความยาว 1,000 เมตร

1 ดีเนียร์ หมายถึง เส้นด้ายที่มีน้ำหนัก 1 กรัมต่อความยาว 9,000 เมตร

2) ระบบผกผัน (Indirect system) เป็นระบบที่กำหนดเบอร์เส้นด้ายจากข้อกำหนด “ความยาวต่อน้ำหนัก” (Length per unit mass) ซึ่งระบบนี้เบอร์ด้ายจะมีน้ำหนักคงที่แต่ความยาวเปลี่ยนไปตามเบอร์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเบอร์ด้ายยิ่งสูงเส้นด้ายยิ่งเล็ก ถ้าเบอร์ด้ายต่ำเส้นด้ายจะใหญ่ ซึ่งหน่วยของระบบผกผันที่นิยมใช้กันได้แก่ Cotton count, Metric count, Worsted count และWoolen count เป็นต้น ในแต่ละหน่วยจะมีการกำหนดความยาวมาตรฐานต่อน้ำหนักไม่เท่ากัน ดังนั้นการคำนวณเบอร์เส้นด้ายในหน่วยที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จึงมีความแตกต่างกันไปดังนี้

1 Cotton count หมายถึง เส้นด้ายยาว 840 หลา หนัก 1 ปอนด์

1 Metric count หมายถึง เส้นด้ายยาว 1,000 เมตร หนัก 1,000 กรัม

1 Worsted count หมายถึง เส้นด้ายยาว 560 หลา หนัก 1 ปอนด์

1 Woolen count หมายถึง เส้นด้ายยาว 256 หลา หนัก 1 ปอนด์

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับผ้าทอ

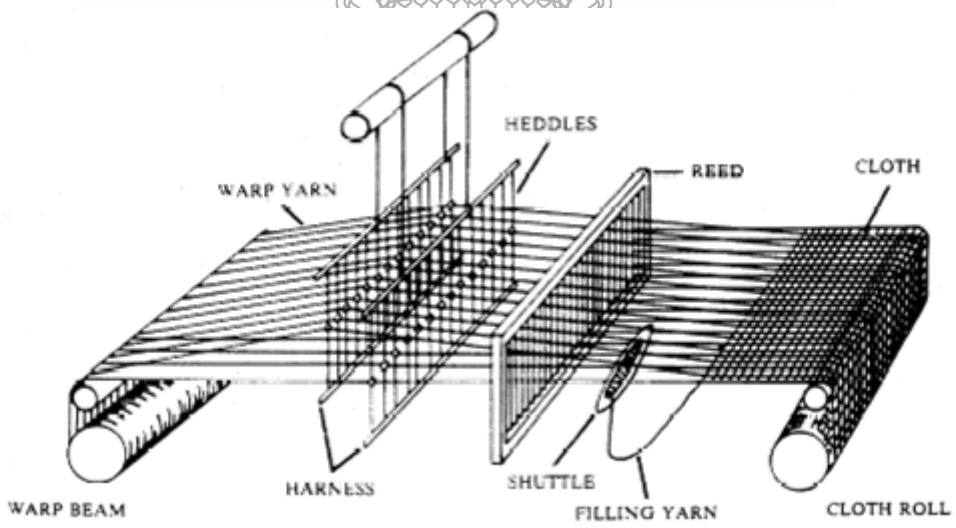
ผ้าทอเป็นผ้าที่เกิดขึ้นจากการใช้เส้นด้ายพุ่งและเส้นด้ายยืนมาขัดประสานกันจนได้เป็นผืนผ้า ทั้งนี้ต้องมีเครื่องมือในการทอโดยทั่วไปเครื่องมือที่ใช้ในการทอผ้าจะถูกเรียกว่า กี่ทอผ้า

2.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องทอผ้า

เครื่องทอผ้าโดยทั่วไปที่ใช้กันอยู่นั้นจะมีส่วนประกอบหรือโครงสร้างของเครื่องทอหลักๆ ทั้งหมด 6 ส่วน ซึ่งจะแสดงตามรูปที่ 2.7 และส่วนประกอบของเครื่องทอผ้าจะประกอบด้วย

1) แกนด้ายยืน (Warp beam) ใช้ม้วนเส้นด้ายยืนตามความยาว ตั้งอยู่ด้านหลังของกี่ทอผ้าเมื่อผ้าที่ทอมีความยาวมากขึ้นแกนจะถูกคลายออกตามความยาวของผ้าที่ทอเสร็จแล้วไปเรื่อย ๆ

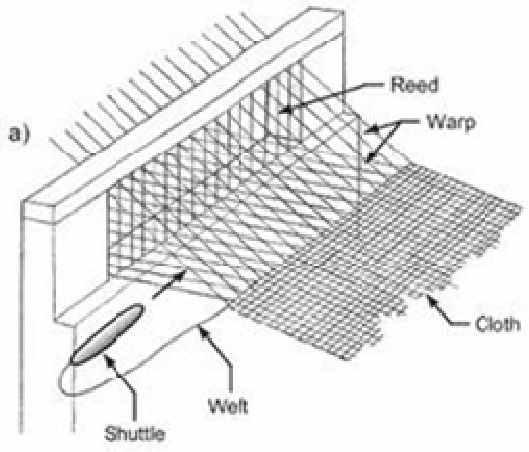
2) ลวดตะกอ (Heddles) คือ เส้นลวดซึ่งพันกันเป็นเกลียว เปิดช่องโหว่ตรงกลางเอาไว้ร้อยเส้นด้ายยืน
3) กรอบตะกอ (Harness) ทำด้วยไม้หรือโลหะก็ได้ เป็นตัวยึดตะกอให้คงที่ ในแต่ละเครื่องต้องมีกรอบตะกออย่างน้อย 2 ชุด กรอบตะกอนี้สามารถยกให้สูงหรือทำให้ต่ำลงก็ได้ เพื่อปล่อยให้ด้ายพุ่งผ่านไปมาได้และยังเป็นตัวควบคุมลวดลายของผ้าที่ทออีกด้วย
4) กระสวย (Shuttle) ใช้สำหรับพุ่งด้ายพุ่งไปมาในระหว่างด้ายยืน มักทำด้วยไม้ มีหัวรี เพื่อสะดวกในการเคลื่อนที่
5) ฟันหวี (Reed) กรอบของเหล็กหรือไม้ ซึ่งเรียงต่อกันถี่ห่างแล้วแต่กำหนด ฟันหวีเป็นตัวที่คอยกระแทกด้ายพุ่งให้เรียงกันแน่นในแต่ละแถว ด้ายยืนจะร้อยผ่านตะกอมาเข้าซีฟันหวี ฟันหวีจะเป็นตัวช่วยไม่ให้ด้ายยืนพันกันและจะอัดกระแทกด้ายพุ่งให้เข้าที่ฟันหวีอยู่ในตำแหน่งที่ขนานกับตะกอ
6) แกนม้วนผ้า (Cloth beam/Cloth roll) อยู่ทางด้านหน้าของเครื่องทอผ้า ใช้สำหรับม้วนผ้าที่ทอเสร็จแล้วเข้าไปเก็บไว้



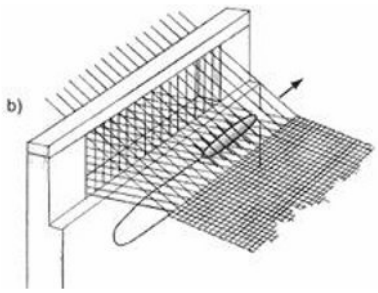
รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของเครื่องทอผ้า [20]

2.3.2 กระบวนการผลิตและทอผ้า

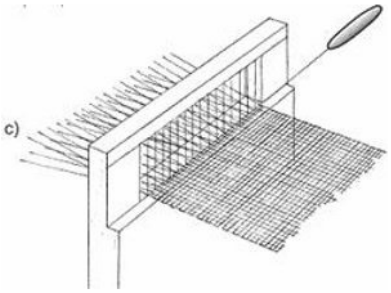
โดยทั่วไปกระบวนการผลิตและทอผืนผ้าจะแบ่งออกเป็น 4 ระยะทำสลับกันไปมา ดังแสดงตามรูปที่ 2.8



การแยกหมู่ด้ายยืน (Shedding)



การสอดด้ายพุ่ง (Picking)



การกระแทกให้ด้ายพุ่งชิดกัน (Battening)

รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการทอผ้า [20]

สามารถอธิบายขั้นตอนเพื่อการทอผ้าได้ดังนี้

1) การแยกหมู่ด้ายยืน (Shedding) หรือการบังคับตะกอให้เปิดขึ้น คือ การกดและยกด้ายยืนเพื่อให้ด้ายพุ่งสอดเข้าไปขัดกันไว้ได้จากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของหน้าผ้า
2) การสอดด้ายพุ่ง (Picking) การสอดกระสวยด้ายพุ่งเข้าในระหว่างช่องเปิดของด้ายยืน เพื่อให้เกิดการขัดสานกันขึ้น
3) การกระแทกให้ด้ายพุ่งชิดกัน (Battening) การกระแทกให้เส้นด้ายพุ่งชิดกันโดยใช้ฟันหวีต้องกระทำด้วยน้ำหนักที่เสมอกันตลอดของหน้าฟันหวี
4) การม้วนผ้าที่ทอแล้วเข้าแกนกับการคลายเส้นด้ายยืนออกจากแกน (Taking up and Letting off) คือ การคลายเส้นด้ายยืนออกจากแกนเมื่อได้ความยาวของผ้าที่ทอได้ขนาดที่จะม้วนเก็บเข้าแกนได้

แล้ว การม้วนเข้าคลายออกแต่ละครั้งจะเป็นความยาวประมาณจากระยะของตะกอถึงแนวสุดท้ายของเส้นด้ายพุ่งบนผืนผ้าที่ทอขึ้นมาแล้ว

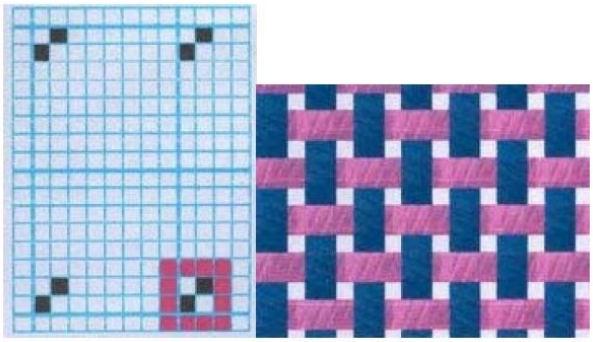
5) การแยกหมู่ด้ายยืน (Shedding) หรือการบังคับตะกอให้เปิดขึ้น คือ การกดและยกด้ายยืนเพื่อให้ด้ายพุ่งสอดเข้าไปขัดกันไว้ได้จากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของหน้าผ้า
6) การสอดด้ายพุ่ง (Picking) การสอดกระสวยด้ายพุ่งเข้าในระหว่างช่องเปิดของด้ายยืน เพื่อให้เกิดการขัดสานกันขึ้น
7) การกระแทกให้ด้ายพุ่งชิดกัน (Battening) การกระแทกให้เส้นด้ายพุ่งชิดกันโดยใช้ฟันหวีต้องกระทำด้วยน้ำหนักที่เสมอกันตลอดของหน้าฟันหวี
8) การม้วนผ้าที่ทอแล้วเข้าแกนกับการคลายเส้นด้ายยืนออกจากแกน (Taking up and Letting off) คือการคลายเส้นด้ายยืนออกจากแกนเมื่อได้ความยาวของผ้าที่ทอได้ขนาดที่จะม้วนเก็บเข้าแกนได้แล้ว การม้วนเข้าคลายออกแต่ละครั้งจะเป็นความยาวประมาณจากระยะของตะกอถึงแนวสุดท้ายของเส้นด้ายพุ่งบนผืนผ้าที่ทอขึ้นมาแล้ว

2.3.3 โครงสร้างของผ้าทอ [19]

ผ้าที่ทอขึ้นมาจะต้องประกอบด้วยเส้นด้ายยืน (Warp) และเส้นด้ายพุ่ง (Weft) ซึ่งจะขัดประสานกันอยู่ทำให้ผืนผ้าคงตัวขึ้น เส้นด้ายยืนคือ เส้นด้ายที่ยาวขนานไปตามผืนผ้าและเส้นด้ายพุ่ง คือเส้นด้ายที่วิ่งขนานไปตามความกว้างของหน้าผ้า เส้นด้ายทั้งสองจะสานกันในมุมและจังหวะต่างๆ กันตามที่ถูกกำหนดขึ้นมา ซึ่งจำนวนเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งมีความสำคัญต่อเนื้อผ้าและลักษณะของผ้า นอกจากนี้ยังเป็นตัวกำหนดชื่อหรือลายของผ้าตามประเภทการทอผ้าที่ใช้เรียกทั่วไปหรือที่เราเรียกว่าโครงสร้างผ้าทอ ซึ่งจะแบ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบหลักๆ คือ

1) ลายขัด (Plain weave)

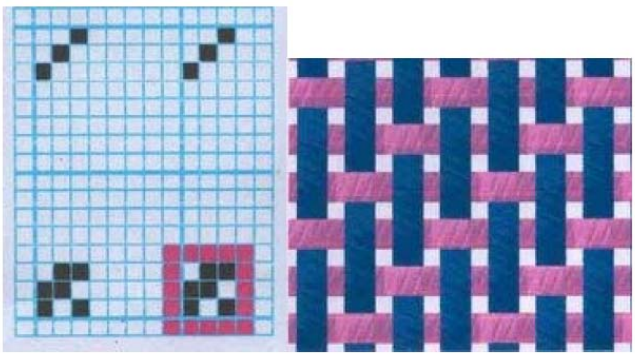
ผ้าทอลายขัดเป็นลายที่ทำได้ง่ายที่สุดในกระบวนการทอทั้งหมดซึ่งผ้าทอลายขัดจะเกิดจากการขัดกันของเส้นด้ายพุ่งและด้ายยืน โดยขัดขึ้นลงเป็นแนวเดียวกันสลับกันไปตลอดหน้ากว้างของผืนผ้าการสลับเส้นด้ายนั้นจะเป็นไปโดยจำนวนเท่าๆกัน ยกตัวอย่างเช่น เส้นด้ายพุ่ง 1 เส้นต่อเส้นด้ายยืน 1 เส้น (ขึ้น-ลงสลับกันไป) หรือถ้าให้เส้นด้ายพุ่ง 2 เส้นก็ต้องให้เส้นด้ายยืน 2 เท่ากัน จำนวนของเส้นด้ายพุ่งและเส้นด้ายยืนจะต้องเท่ากันตลอด ดังแสดงตามรูปที่ 2.9 ซึ่งจากรูปจะแสดงตัวอย่างผ้าทอลายขัด



รูปที่ 2.9 ลายขัด 1/1 [20]

2) ลายทแยงหรือลายสอง (Twill weave)

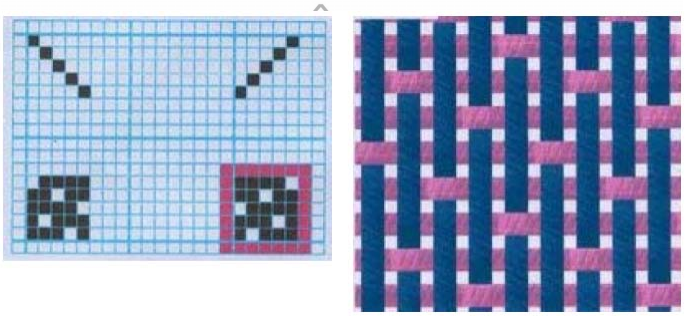
ผ้าทอลายทแยงหรือลายสองเป็นการทอที่ทำให้เกิดลวดลายในแนวของเส้นทแยง ซึ่งมุมทแยงนั้นจะมีได้ตั้งแต่ 14 องศา, 45 องศา และ 75 องศาตามลำดับ โดยทั่วไปถือว่ามุมทแยง 45 องศาจะเป็นการทอของแนวทแยงที่นิยมกันมากที่สุด ซึ่งการทอนั้นเส้นด้ายยืนจะข้ามเส้นด้ายพุ่ง 1 เส้นหลังจากนั้นจะลอดใต้เส้นด้ายพุ่ง 2 เส้น เรียกว่าลายทแยง 1/2 ซึ่งการทอลายทแยงในแต่ละลายนั้น จะแตกต่างกันตามจำนวนด้ายพุ่งที่ขัดกันเป็นเส้นทแยงที่ถูกเรียกว่า เส้นด้ายลอย (Float) ดังแสดงตัวอย่างของผ้าทอลายทแยงตามรูปที่ 2.10 ซึ่งจากรูปจะเป็นผ้าทอลายทแยง 2/1



รูปที่ 2.10 ลายทแยง 2/1 [20]

3) ลายต่วน (Satin/Sateen weave)

ผ้าทอลายต่วนเป็นการทอที่มีเส้นด้ายลอย (Float) ที่มีความยาวมากทำให้เส้นด้ายยืนชิดกันมากขึ้น ลักษณะของผ้าทอลายต่วนจะดูคล้ายลายสองที่ถูกตัดขาดออกไป ทำให้ถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Broken twill หรือลายสองที่ขาดออกจากกันดังแสดงตามรูปที่ 2.11 ซึ่งจะแสดงตัวอย่างผ้าทอลายต่วนด้ายยืน 4/1



รูปที่ 2.11 ลายต่วน 4/1 [20]

นอกจากนี้การทอลายต่วนยังทำให้ผืนผ้ามีความเรียบมันมากเพราะผ้าทอลายนี้จะมี เส้นด้ายลอยที่ยาว จึงทำให้เนื้อผ้ามีความมันวาวมากขึ้นและสามารถสะท้อนแสงได้ดี แต่ทั้งนี้ก็ทำให้เนื้อผ้าถูกเกี่ยวกระตุกได้ง่าย เนื่องจากโครงสร้างผ้าหลวมทำให้ไม่แข็งแรง สำหรับการทอลายต่วนส่วนใหญ่จะกำหนดไว้ว่าเป็นการทอลายต่วนด้ายพุ่งหรือการทอลายต่วนด้ายยืน ถ้าใช้เส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นลอย (Float) จะถูกเรียกว่า ผ้าทอลายต่วนด้ายพุ่ง (Sateen weave) หรือถ้าหากใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นลอย (Float) จะถูกเรียกว่า ผ้าทอ ลายต่วนด้ายยืน (Satin weave)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนและศึกษาวรรณกรรมทั้งภายในประเทศและภายนอกพบว่า มีนักวิจัยมากมายที่ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนวัสดุสิ่งทอหลากหลายประเภท ดังข้อมูลที่ปรากฏด้านล่าง

1) Kim และคณะ [21] ได้นำพอลิไพโรล (Polypyrrole) บนผ้าพอลิเอสเทอร์มาทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า พอลิเมอไรเซชั่น และทำการวัดค่าตามมาตรฐาน ASTM D 4935-89 โดยวัดความถี่ที่ช่วง 50 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 1.5 จิกะเฮิรตซ์ พบว่าที่ช่วงความถี่ตั้งแต่ 50 เมกะเฮิรตซ์ถึง 1.5 จิกะเฮิรตซ์ จะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 13 เดซิเบล เป็น

26 เดซิเบล ซึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลง 2.85 ถึง 0.75 โอห์มเซนติเมตรและค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นถึง 36 เดซิเบล เมื่อมีความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 0.75 โอห์มเซนติเมตร

2) Dhawan และคณะ [22-23] ได้นำพอลิแอนนิลีนมาเคลือบบนผ้าซิลิกาและผ้าพอลิเอสเทอร์เพื่อใช้ทำวัสดุกำบัง โดยการทำให้วัสดุนั้นกระจายประจุไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการวัดค่า SE ที่ความถี่ 101 จิกะเฮิรตซ์ พบว่าการเคลือบบนผ้าซิลิกาให้ค่า SE เท่ากับ 35.61 เดซิเบล ส่วนการเคลือบบนผ้าพอลิเอสเทอร์ จะให้ค่า SE เท่ากับ 21.48 เดซิเบล ดังนั้นการนำพอลิแอนนิลีนมาเคลือบบนผ้าทั้งสองชนิดเพื่อใช้กระจายประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ได้นำพอลิแอนนิลีนและพอลิไพโรลมาเคลือบบนผ้าและวัดค่า ในช่วงความถี่ 30–1000 เมกะเฮิรตซ์ จะให้ค่า SE ในช่วง 30–40 เดซิเบลและที่ความถี่ 101 จิกะเฮิรตซ์ จะให้ค่า SE เท่ากับ 35.61 เดซิเบล และการศึกษาการสะท้อนคลื่นไมโครเวฟของผ้าที่เคลือบด้วยพอลิแอนนิลีนและ พอลิไพโรลที่ช่วงความถี่ 8-12 จิกะเฮิรตซ์ พบว่าจะให้ค่า SE ในช่วง 3-11 เดซิเบลและสารพอลิแอนนิลีนที่ถูกเคลือบบนผ้าจะดูดกลืนพลังงานได้ร้อยละ 98 และสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงร้อยละ 2 เท่านั้น ส่วนกรณีของพอลิไพโรลที่ถูกเคลือบบนผ้าจะดูดกลืนพลังงานได้ร้อยละ 96 และสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ร้อยละ 4

3) Lee และคณะ [24] ได้จัดทำวัสดุป้องกันเพื่อกั้นการแทรกแซงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยพอลิไพโรล (Polypyrrole, PPy) กับโลหะผสม (AgPd) นำไปเคลือบบนผ้าทอและไม่ทอ ซึ่งผ้านั้น ทำจากเส้นใยโพลีเอทธิลีนเทอเรฟธาเลต (Polyethylene Terepthelate, PET) แล้วนำไปวัดค่า SE ตามมาตรฐาน ASTM 4935-99 โดยใช้ความถี่ในช่วง 1 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 1.5 จิกะเฮิรตซ์ พบว่าค่าความสามารถในการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของ PPy และAgPd นั้น จะมีค่าอยู่ในช่วง 8-80 เดซิเบล ขึ้นอยู่กับค่าสภาพการนำไฟฟ้า

4) Ting, T. และคณะ [25] ได้ทำการศึกษาสมบัติของเส้นใยโลหะที่เติมลงไปในเทอร์โมพลาสติก สำหรับป้องกันการแทรกแซงแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้พอลิโพรพิลีนผสมกับเส้นใยสแตนเลส (Stainless) ศึกษาสมบัติทางกล สภาพการนำไฟฟ้า และสมบัติการแทรกแซงแม่เหล็กไฟฟ้า สมบัติทางความแข็งแรง สามารถยอมรับได้และมีค่าป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ 30 เดซิเบล

5) Hui, S. และคณะ [26] ได้นำเสนอบทความทางวิชาการเรื่อง การวิจัยเสื้อผ้าป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งกล่าวว่า วิธีการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นทำได้มากมาย อีกวิธีหนึ่งคือการใช้เส้นด้ายโลหะสอดแทรกใส่ระหว่างกระบวนการผลิตผ้า หรือจะนำเส้นใยโลหะผสมกับเส้นใยอื่นๆ เพื่อช่วยป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถใช้การเคลือบโลหะลงบนผิวผ้าเพื่อการป้องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้อีกด้วย

6) Bonaldi, R.R. และคณะ [27] ศึกษาลักษณะการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าตัวนำสำหรับประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ ซึ่งการทดลองได้ทดสอบผ้าทอ ผ้าถัก ผ้าตาข่ายและผ้าไม่ทอที่เคลือบด้วยโลหะชนิดต่างๆ พบว่า ผ้าไม่ทอให้ผลการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีที่สุด

7) Xudong Yang และคณะ [28] ศึกษาการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากเส้นใยขนสัตว์กับเส้นใยสแตนเลส ซึ่งจะทำการทอผ้าที่มีความแตกต่างกันในด้านสัดส่วนการผสมของเส้นใยสแตนเลส ชนิดของเส้นด้าย และความหนาและแน่นของผ้า พบว่าผ้าทอจากขนสัตว์ที่มีการเสริมเส้นใย สแตนเลสเข้าไปจะสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ค่า 20-30 เดซิเบลที่ช่วงความถี่ 100 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 2 จิกะเฮิรตซ์ และน้ำหนักของเส้นใยสแตนเลสต่อพื้นที่ มีความสัมพันธ์กับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือผ้าที่มีน้ำหนักของเส้นใยสแตนเลสต่อพื้นที่มาก จะให้ผลการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากกว่า 10 เดซิเบลในแต่ละช่วงความถี่ ซึ่งมีความสอดคล้องในเรื่องการเพิ่มความหนา (Thickness) และความแน่น (Tightness) ของผ้าจะทำให้ค่าประสิทธิภาพการป้องกันดีขึ้น นอกจากนี้จากการทดสอบยังพบว่า เส้นด้าย core spun มีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าเส้นด้าย ply yarn เมื่อเปรียบเทียบจากผ้าที่มีความหนาแน่นเท่ากัน

8) Houseyin Cazi Ortlek และคณะ[29] ได้ทำการศึกษาลักษณะการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากเส้นด้ายไฮบริดที่มีเส้นลวดโลหะเป็นส่วนประกอบ โดยออกแบบการทดลองเปรียบเทียบผ้า 2 ชิ้น ซึ่งผ้าชิ้นที่ 1 เป็นผ้าที่ทอจากเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งที่เป็นเส้นด้ายไฮบริดทั้ง 2 แนว ส่วนผ้าอีก 1 ชิ้น เป็นการทอด้วยเส้นด้ายยืนที่เป็นเส้นด้ายไฮบริดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายโพลิเอสเทอร์ พบว่าผ้าที่มีเส้นด้ายไฮบริดทั้ง 2 แนว จะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าที่มีเส้นด้ายไฮบริดเพียงแนวเดียว

9) Chen Ying และคณะ [30] ศึกษาการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอที่เคลือบด้วยกราไฟต์และนิกเกิล โดยนำผ้าที่เคลือบด้วยกราไฟต์ 1 ชั้นมาทดสอบเปรียบเทียบกับผ้าที่เคลือบด้วยนิกเกิล 1 ชั้นที่ความหนาเท่ากัน พบว่าให้ผลการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ค่าใกล้เคียงกันคือ 23.2 เดซิเบลกับ 15.3 เดซิเบลตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ออกแบบการทดลองโดยการใช้ส่วนผสมของทั้งกราไฟต์และนิกเกิลเคลือบลงบนผ้าผืนเดียวกัน ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาเทียบกันระหว่างผ้า 2 ชิ้น โดยผ้าชิ้นที่ 1 คือผ้าที่เคลือบ 1 ชั้นด้วยกราไฟต์และเคลือบทับซ้ำอีก 1 ชั้นด้วยนิกเกิลกับผ้าชิ้นที่ 2 คือผ้าที่เคลือบจากการผสมทั้งกราไฟต์และนิกเกิลรวมเป็นเนื้อเดียวในสัดส่วนร้อยละ 10 กับ 70 แล้วจึงนำมาเคลือบ 1 ชั้นลงบนผ้า พบว่าผ้าที่มีการผสมกราไฟต์และนิกเกิลเข้าด้วยกันก่อนนำมาเคลือบนั้น จะให้ผลการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่า อีกทั้งยังประหยัดต้นทุนและได้ผ้าที่มีน้ำหนักเบา

10) Wen Xue และคณะ [31] ได้ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าที่ทอจากเส้นด้าย ply yarn โดยใช้เส้นด้ายฝ้าย, โพลิเอสเทอร์ และเส้นใยสแตนเลส โดยเส้นด้ายแบบที่ 1 จะทำจากเส้นใยสแตนเลสผสมกับเส้นด้ายฝ้าย สำหรับเส้นด้ายแบบที่ 2 จะทำจากเส้นด้ายฝ้ายผสมกับเส้นด้าย โพลิเอสเทอร์ โดยนำเส้นด้ายทั้งสองนี้มาทอเป็นผืนผ้า 2 โครงสร้างคือ ผ้าทอลายขัดกับผ้าทอลายทแยง จากการทดสอบพบว่า ที่ช่วงความถี่ต่ำผ้าทั้งสองจะสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีเหมือนกันแต่ผ้าทอ ลายขัดจะสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่า ผ้าทอลายทแยงที่ช่วงคลื่นความถี่สูง

11) Houseyin Gazi Ortlek และคณะ[32] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอที่แตกต่างทางโครงสร้างและความหนาแน่นของผ้า ซึ่งเส้นด้ายที่นำมาทอจะผลิตเป็นเส้นด้ายไฮบริดระหว่างเส้นด้ายพอลิเอสเทอร์กับเส้นลวดสแตนเลส นำมาทดสอบค่าการป้องกันคลื่นภายในช่วงความถี่ 30 เมกะเฮิรตซ์ถึง 9.93 จิกะเฮิรตซ์พบว่าผ้าทอทุกโครงสร้างจะให้ค่าการป้องกันที่ 25-65 เดซิเบล และผ้าที่มีการทอด้วยโครงสร้างแบบ Rib จะให้ค่าการป้องกันคลื่นได้ดีที่สุด สำหรับผ้าทอที่มีความหนาแน่นเดียวกันต่างกันที่จำนวนเส้นด้ายไฮบริดตามแนวด้ายพุ่งนั้น ผ้าทอที่มีความหนาแน่นของเส้นด้ายไฮบริดมากกว่าจะสามารถป้องกันคลื่นได้ดีกว่า

12) Wen Xue และคณะ [33] ทำการวิจัยประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากเส้นด้ายคอมโพสิตที่ทำจากเส้นใยสแตนเลสที่ช่วงความถี่ 30-3030 เมกะเฮิรตซ์ พบว่าค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นใยสแตนเลสต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่บนผ้าทอ ถ้าในหน่วยพื้นที่เดียวกันผ้าทอที่มีจำนวนเส้นใยสแตนเลสมากกว่าจะมีค่าการป้องกันคลื่นที่ดีกว่า รวมถึงเนื้อผ้ามีผลต่อค่าการป้องกันเช่นเดียวกัน ผ้าที่มีช่องว่างระหว่างเส้นด้ายภายในผ้าทอน้อยกว่าจะมีค่าการป้องกันคลื่นที่ดีกว่าเนื่องจากช่องว่างนั้นจะทำให้ค่าการป้องกันคลื่นลดลง นอกจากนี้ความหนาของผ้าเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าการป้องกันคลื่นหากมีการเพิ่มความหนาของผ้ามากขึ้นทำให้ค่าการป้องกันคลื่นสูงขึ้นด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 เส้นใยสแตนเลส (Stainless steel yarn)

เส้นใยโลหะชนิดหนึ่งที่ทำจากสแตนเลส ซึ่งจะถูกเรียกว่าเส้นใยสแตนเลส เป็นเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.03 มิลลิเมตร ขนาดเบอร์เส้นด้าย 68 ดีเนียร์ (68D) มีค่าความแข็งแรงต่อการดึงขาดเท่ากับ 760 นิวตันต่อตารางเมตร (N/mm^2)

3.1.2 เส้นด้ายฝ้าย (Cotton combed yarn)

เส้นด้ายธรรมชาติที่ทำจากฝ้าย จะเป็นเส้นด้ายฝ้ายบริสุทธิ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตเส้นด้ายโดยวิธีการหวีเส้นใยด้วยเครื่องจักรซึ่งจะถูกเรียกว่า 100% Cotton combed yarn ซึ่งจะมีขนาดของเส้นด้ายเป็นเบอร์ 30 (30 Ne) เกลียว Z จำนวนเกลียว 21.8 เกลียวต่อนิ้ว ค่าความแข็งแรง 75 lbs/lea และค่าความแปรปรวน (CVm) เท่ากับร้อยละ 12 ทำการผลิตโดยบริษัทยูไนเต็ดการฝ้ายจำกัด

รูปที่ 3.1 เส้นใยสแตนเลส (Stainless steel)

รูปที่ 3.2 เส้นด้ายฝ้าย (Cotton combed yarn)

3.1.3 เครื่องสืบด้ายยืนเป็นเครื่อง Warp sampling machine “CCI”

3.1.4 เครื่องร้อยตะกอและฟันหวี

โดยจัดเตรียมตะกอจำนวน 6 ตะกอและใช้ฟันหวีเบอร์ 82

3.1.5 เครื่องตีเกลียว

เป็นเครื่องของ Kyoritsu สำหรับตีเกลียวเส้นด้ายแฟนซี (Fancy twister)

3.1.6 เครื่องทอผ้า เป็นเครื่อง Automatic weaving machine

3.1.7 เครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectrum analyzer)

ยี่ห้อ Rodhe & Schwarz รุ่น FSL3

3.1.8 สายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับ (Horn antenna)

ยี่ห้อ EMCO รุ่น3115

3.1.9 เครื่องขยายสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Pre-Amplifier)

ยี่ห้อ HP รุ่น8449B OPT H02

3.1.10 Computer laptop

3.1.11 Signal cable และ Connector

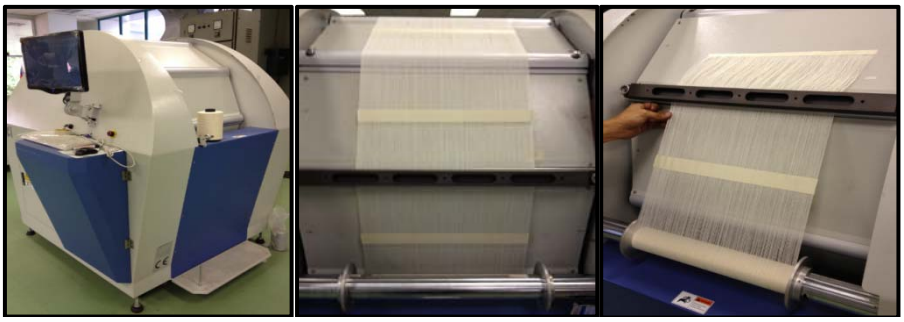
3.1.12 Metal tape ใช้สำหรับปิดทับชิ้นงานในระหว่างการทดสอบ

3.2 การเตรียมเส้นด้ายยืน

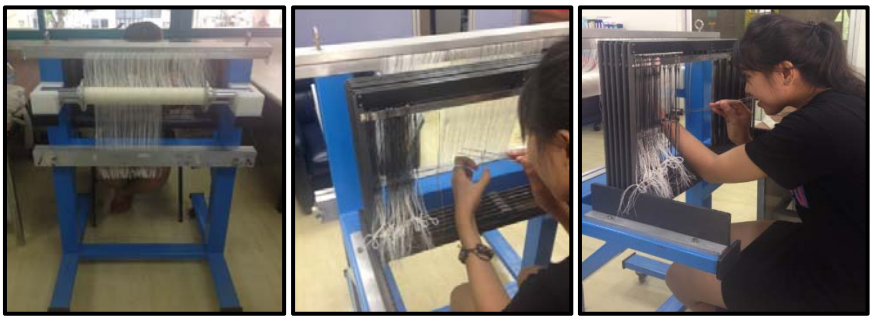
สำหรับเส้นด้ายที่นำมาทำเป็นเส้นด้ายยืนในการทอผ้าจะใช้เส้นด้ายธรรมชาติที่ทำจากฝ้าย ซึ่งจะเป็นเส้นด้ายฝ้ายบริสุทธิ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตเส้นด้ายโดยวิธีการหวีเส้นใยด้วยเครื่องจักร จะถูกเรียกว่า 100% Cotton combed yarn มีขนาดของเส้นด้ายเป็นเบอร์ 30 (30 Ne) เกลียว Z จำนวนเกลียว 21.8 เกลียวต่อนิ้ว ค่าความแข็งแรง 75 lbs/lea และค่าความแปรปรวน (CVm) เท่ากับร้อยละ 12 ทำการผลิตโดยบริษัทยูไนเต็ดการฝ้ายจำกัด ซึ่งมีกระบวนการขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ทำการลงแป้งและสืบเส้นด้ายยืนด้วยเครื่อง Warp sampling machine “CCI” โดยนำเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 (30 Ne) มาเข้าเครื่องเตรียมเส้นด้ายยืนจะใช้เส้นด้ายยืนจำนวน 600 เส้น ความยาว 3 เมตร ดังแสดงตัวอย่างตามรูปที่ 3.3

3.2.2 จากนั้นนำเส้นด้ายยืนที่ทำการสืบด้ายแล้วมาเข้าเครื่องร้อยตะกอเพื่อเตรียมการทอ โดยทำการร้อยเส้นด้ายฝ้ายผ่านฟันหวีเบอร์ 82 และจัดเตรียมตะกอเพื่อทำการทอผ้า โดยจะใช้ตะกอจำนวน 6 ตะกอ ซึ่งจะร้อยเส้นด้ายฝ้ายผ่านตะกอจำนวน 1 เส้นต่อ 1 ตะกอ ดังแสดงตัวอย่างรูปที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.3 การสืบเส้นด้ายยืน



รูปที่ 3.4 การร้อยตะกอและฟันหวี

3.3 การเตรียมเส้นด้ายพุ่ง

สำหรับขั้นตอนการเตรียมเส้นด้ายพุ่งนั้น เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลส จึงได้ออกแบบการทดลองที่จะใช้เส้นด้ายพุ่ง 2 กลุ่มดังนี้

1) เส้นด้ายฝ้าย Combed ขนาดเบอร์ 30 (30 Ne)

2) เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส

ดังนั้นจึงดำเนินการเพื่อเตรียมเส้นด้ายพุ่งสำหรับการทอผืนผ้าตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 จัดเตรียมเส้นด้ายฝ้าย Combed ขนาดเบอร์ 30 (30 Ne) ที่เป็นเส้นด้ายเกลียว Z จำนวนเกลียว 21.8 เกลียวต่อนิ้ว

3.3.2 จัดเตรียมเส้นใยสแตนเลส ขนาดเบอร์ 68D ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.03 มิลลิเมตร

3.3.3 นำเส้นด้ายฝ้าย Combed มาตีเกลียว S ควบกับเส้นใยสแตนเลสด้วยเครื่องตีเกลียว Fancy Twister รุ่น “Kyoritsu” ดังแสดงตัวอย่างตามรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การควบเกลียวเส้นด้าย

3.4 การทอผ้า

นำเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วมาทำการทอด้วยเครื่องทออัตโนมัติ ดังแสดงตามรูปที่ 3.6 โดยจะทำการทอผ้าเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบ ดังนี้

1) ลายขัด (Plain weave) ทำการทอโดยการขัดสานกันระหว่างเส้นด้ายยืนกับเส้นด้ายพุ่ง โดยจะข้าม 1 เส้นและลอด 1 เส้นสลับกัน เรียกผ้าทอลายนี้ว่า ผ้าทอลายขัด 1/1

2) ลายทแยง (Twill weave) ทำการทอโดยการขัดสานกันให้เส้นด้ายพุ่งลอดเส้นด้ายยืน 2 เส้นแล้วข้ามเส้นด้ายยืน 1 เส้น ทำให้เกิดเป็นลายทแยงขวา เรียกผ้าทอลายนี้ว่า ผ้าทอลายสอง 2/1

3) ลายต่วนด้ายพุ่ง (Sateen weave) ทำการทอโดยการขัดสานกันให้เส้นด้ายพุ่งข้ามเส้นด้ายยืน 4 เส้นแล้วสอดขัดกับเส้นด้ายยืนเส้นที่ 5 (1/4) ไปทางด้านขวา ทำให้เกิดเป็นลายต่วนเรียกผ้าทอลายนี้ว่า ผ้าทอลายต่วนด้ายพุ่ง (1/4)

รูปที่ 3.6 การทอผ้าด้วยเครื่องทออัตโนมัติ

ในแต่ละโครงสร้างจะทำการทอโดยใช้เส้นด้ายฝ้าย Combed ขนาดเบอร์ 30 (30 Ne) เป็นเส้นด้ายยืนทั้งหมด สำหรับเส้นด้ายพุ่งจะทำการทอโดยใช้เส้นด้าย 2 กลุ่ม ซึ่งจะประกอบด้วยเส้นด้ายฝ้าย Combed ขนาดเบอร์ 30 (30 Ne) กับเส้นด้ายควบระหว่างฝ้าย/สแตนเลส โดยจัดแบ่งรูปแบบการใช้สัดส่วนของเส้นด้ายพุ่งให้มีความแตกต่างกันทั้งหมด 4 แบบ ดังนี้

1) แบบที่ 1 คือ ผ้าทอที่มีการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้าย Combed ทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 1 เส้นกับเส้นด้ายฝ้าย Combed จำนวน 2 เส้นต่อ 1 ซ้ำ
2) แบบที่ 2 คือ ผ้าทอที่มีการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้าย Combed ทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 1 เส้นกับเส้นด้ายฝ้าย Combed จำนวน 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำ
3) แบบที่ 3 คือ ผ้าทอที่มีการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้าย Combed ทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 2 เส้นกับเส้นด้ายฝ้าย Combed จำนวน 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำ
4) แบบที่ 4 คือ ผ้าทอที่มีการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้าย Combed ทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสทั้งหมดต่อ 1 ซ้ำ

เมื่อทำการทอผ้าตามรายละเอียดจากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะได้ผ้าทอเพื่อทำการศึกษาวิจัยทั้งหมด จำนวน 12 รูปแบบ ซึ่งได้จำแนกตามโครงสร้างการทอและการใช้สัดส่วนเส้นด้ายตามแนวด้ายพุ่ง ดังแสดงตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การจำแนกชนิดของผ้าทอตามโครงสร้างและสัดส่วนเส้นด้าย

แบบที่	รหัสผ้า	โครงสร้างผ้า	ด้ายยืน	ด้ายพุ่งต่อ 1 ซ้ำ
1	P33	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
2	P50	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
3	P67	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้น
4	P100	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบทั้งหมด
5	T33	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
6	T50	ลายะแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
7	T67	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้น

ตารางที่ 3.1 การจำแนกชนิดของผ้าทอตามโครงสร้างและสัดส่วนเส้นด้าย (ต่อ)

แบบที่	รหัสผ้า	โครงสร้างผ้า	ด้ายยืน	ด้ายพุ่งต่อ 1 ซ้ำ
8	T100	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบทั้งหมด
9	S33	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
10	S50	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
11	S67	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายพิเศษ 2 เส้น
12	S100	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบทั้งหมด

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

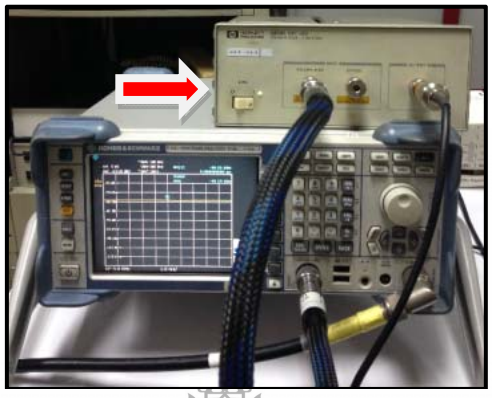
จะทำการจัดเตรียมเครื่องมือการทดสอบตามมาตรฐาน EN50147-1; 1996 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์จะประกอบด้วย

1) Computer laptop
2) Signal cable
3) Connector
4) Metal tape
5) เครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectrum analyzer) ยี่ห้อ Rodhe & Schwarz รุ่น FSL3

รูปที่ 3.7 เครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

6) เครื่องขยายสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Pre-amplifier)
ยี่ห้อ HP รุ่น 8449B OPT H02



รูปที่ 3.8 เครื่องขยายสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

7) สายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับ (Horn antenna)
ยี่ห้อ EMCO รุ่น3115

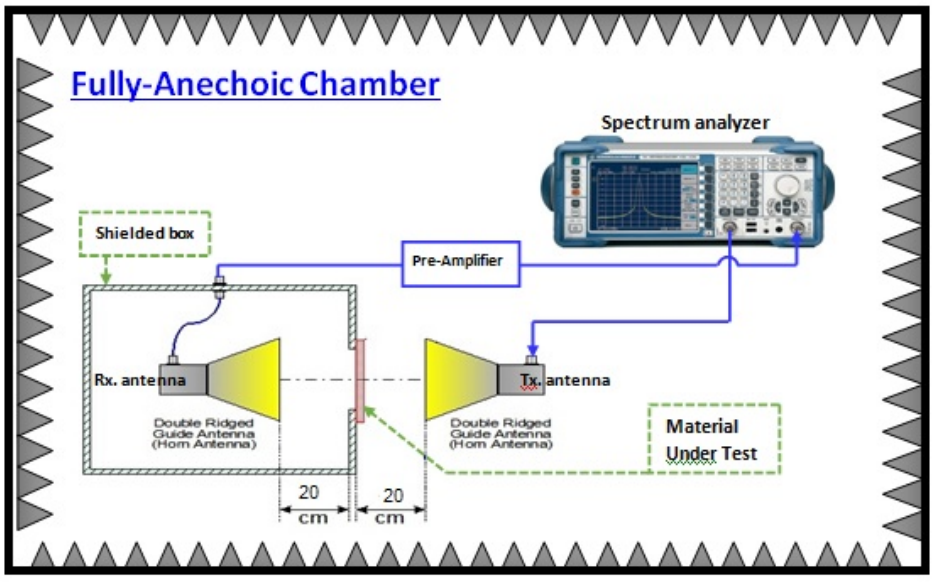
รูปที่ 3.9 สายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับ

8) เครื่อง Shielding Box

รูปที่ 3.10 เครื่อง Shielded box

3.5.2 จัดเตรียมชิ้นทดสอบให้มีขนาด 20x20 เซนติเมตร

3.5.3 จัดวางเครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบภายในห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อน โดยนำสายอากาศตัวส่งสัญญาณมาจัดวางที่ช่องว่างด้านหน้าของเครื่อง Shielded box ซึ่งจะปรับระยะห่างระหว่างสายอากาศตัวส่งกับสายอากาศตัวรับให้มีระยะห่างเป็น 40 เซนติเมตรดังแสดงตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.11 การจัดวางเครื่องมือในการทดสอบวัดค่าประสิทธิภาพการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

3.5.4 ทำการทดสอบผ้าทอตามขั้นตอนการทดสอบซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.4.1 วัดค่าควบคุมการอ้างอิง (Reference Level) โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1) ต่อสายอากาศตัวรับ (Rx. Antenna) เข้าที่ช่องอินพุทของเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer)
2) ต่อสายอากาศตัวส่ง (Tx. Antenna) เข้าที่ช่องเอ้าท์พุทของเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer)
3) กำหนดทิศทางการโพลาไรซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีทิศทางตามแนวตั้ง (Vertical) โดยการปรับสายอากาศตัวส่งให้ตั้งฉากกับระนาบ
4) เปิดเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer) และตั้งค่าช่วงความถี่ที่จะทดสอบโดยกำหนดเป็นช่วงความถี่ที่ 800-3000 เมกะเฮิรตซ์
5) กดปุ่ม REF ที่เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer) เพื่อกำหนดความแรงอ้างอิงโดยจะวัดสัญญาณที่ 100 dBμV
6) กดปุ่มเปิด RF ที่เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer) เพื่อปล่อยคลื่นความถี่เมื่อสายอากาศตัวรับได้รับคลื่นที่ปล่อยไป จะแปลงคลื่นความถี่ที่ได้รับเป็นแรงดันไฟฟ้าซึ่งอ่านค่าและวัดผลออกมาเป็นหน่วยเดซิเบล (dB)
7) ทำการปล่อยคลื่นความถี่ผ่านสายอากาศตัวส่ง จากนั้นเมื่อสายอากาศตัวรับได้รับคลื่นความถี่ จะทำการบันทึกค่าสูงสุดที่คลื่นทะลุผ่าน ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าควบคุมการอ้างอิง (Reference Level) ตามแนวตั้ง
8) กำหนดทิศทางการโพลาไรซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีทิศทางตามแนวนอน (Horizontal) โดยการปรับสายอากาศตัวส่งให้ขนานกับระนาบ จากนั้นจะทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 3 – 7 ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าควบคุมการอ้างอิง (Reference Level) ตามแนวนอน

3.5.4.2 วัดค่าประสิทธิภาพการป้องกัน (Shielding Effectiveness) โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1) ติดตั้งชิ้นทดสอบซึ่งเป็นผ้าทอลงบนตู้ทดสอบที่ป้องกันคลื่น (Shielding Box) ซึ่งการติดตั้งจะนำชิ้นทดสอบปิดทับช่องว่างตรงตำแหน่งหน้าเครื่องด้วยเทปโลหะ

2) กำหนดทิศทางการโพลาไรซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีทิศทางตามแนวตั้ง (Vertical) โดยการปรับสายอากาศตัวส่งให้ตั้งฉากกับระนาบ

3) เปิดเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer) และตั้งค่าช่วงความถี่ที่จะทดสอบโดยกำหนดเป็นช่วงความถี่ที่ 800-3000 เมกะเฮิรตซ์

4) กดปุ่ม REF ที่เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer) เพื่อกำหนดความแรงอ้างอิงโดยจะวัดสัญญาณที่ 100 dBμV

5) กดปุ่มเปิด RF ที่เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม (Spectrum Analyzer) เพื่อปล่อยคลื่นความถี่ เมื่อสายอากาศตัวรับได้รับคลื่นที่ปล่อยไป จะแปลงคลื่นความถี่ที่ได้รับเป็นแรงดันไฟฟ้าซึ่งอ่านค่าและวัดผลออกมาเป็นหน่วยเดซิเบล (dB)

6) ทำการปล่อยคลื่นความถี่ผ่านสายอากาศตัวส่ง จากนั้นเมื่อสายอากาศตัวรับได้รับคลื่นความถี่ จะทำการบันทึกค่าสูงสุดที่คลื่นทะลุผ่าน ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าการรับสัญญาณ (Received Signal) ตามแนวตั้ง

7) กำหนดทิศทางการโพลาไรซ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีทิศทางตามแนวนอน (Horizontal) โดยการปรับสายอากาศตัวส่งให้ขนานกับระนาบ จากนั้นจะทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 2- 6 ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าการรับสัญญาณ (Received Signal) ตามแนวนอน

3.5.5 นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามสมการที่ 3.1

Shielding Effectiveness (dB) = Reference Level (dBμV) - Received Signal (dBμV) (3.1)

3.6 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

จะทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของผ้าทอเพื่อการนำไปใช้งานอื่นๆ ซึ่งรายละเอียดหัวข้อการทดสอบมีดังนี้

1. การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อการดึงขาด (Tensile strength) โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D5034
2. การทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อการฉีกขาด (Tearing strength) โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D5034
3. การทดสอบเปอร์เซ็นต์การยืดหดตัวของผ้า (Dimensional stability to washing) โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC 135

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเตรียมวัสดุที่ใช้ในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งวัสดุที่จะนำมาทอผ้าเพื่อให้มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีการเลือกใช้เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสมาทอขัดเป็นผืนผ้าในสัดส่วนที่แตกต่างกันตามแนวเส้นด้ายพุ่ง ทำให้ได้ผ้าทอทั้งหมด 12 แบบ ดังแสดงตามตารางที่ 4.1 ซึ่งจากตารางนี้จะแสดงว่าผ้าทอรหัส P33 T33 และS33 จะมีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสต่อการทอ 1 ซ้ำเป็นร้อยละ 33 สำหรับผ้าทอรหัส P50 T50 และS50 จะมีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสต่อการทอ 1 ซ้ำเป็นร้อยละ 50 สำหรับผ้าทอรหัส P67 T67 และS67 จะมีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสต่อการทอ 1 ซ้ำเป็นร้อยละ 67 และผ้าทอรหัส P100 T100 และ S100 จะมีสัดส่วนการใช้เส้นใยแตนเลสต่อการทอ 1 ซ้ำเป็นร้อยละ 100

ตารางที่ 4.1 จำแนกชิ้นงานตามโครงสร้างของผ้า

แบบที่	รหัสผ้า	โครงสร้างผ้า	ด้ายยืน	ด้ายพุ่งต่อ 1 ซ้ำ
1	P33	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
2	P50	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
3	P67	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้น
4	P100	ลายขัด 1/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบทั้งหมด
5	T33	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
6	T50	ลายะแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
7	T67	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้น
8	T100	ลายทแยง 2/1	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบทั้งหมด
9	S33	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
10	S50	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น
11	S67	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายพิเศษ 2 เส้น
12	S100	ลายต่วน 1/4	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบทั้งหมด

ดังนั้นผ้าทอที่จะนำไปเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยจะทำการศึกษาโครงสร้างผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสในรูปแบบการทอที่ต่างกัน ซึ่งผลที่ได้แสดงตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

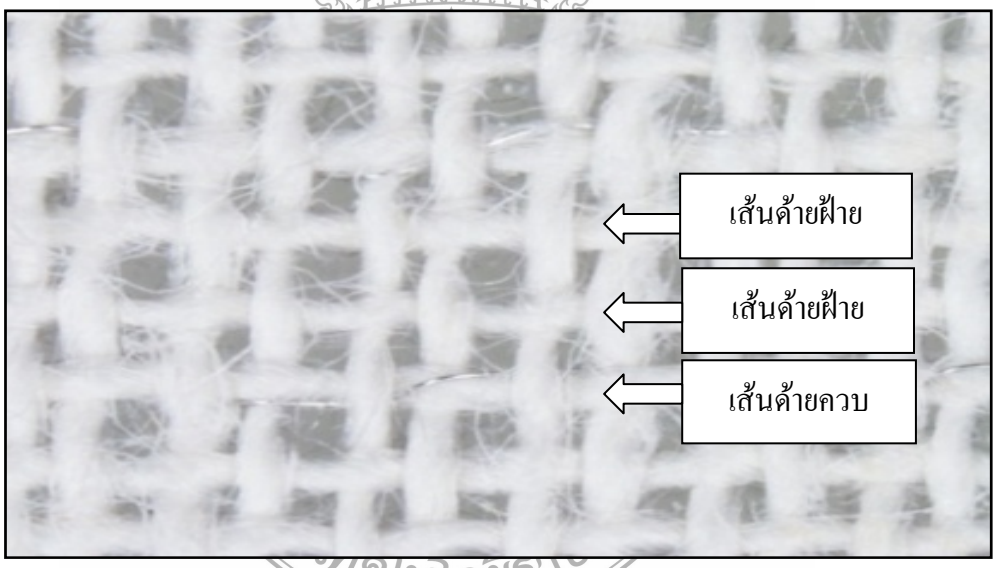
4.1 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างที่กำหนด

4.1.1 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างลายขัด

จากการนำเส้นด้ายฝ้ายและเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสมาทำการทอผ้าตามโครงสร้างลายขัดทั้ง 4 แบบ จะได้ผ้าทอลายขัดดังแสดงตามรูปที่ 4.1-4.4 ดังนี้

4.1.1.1 ผ้าทอลายขัดแบบที่ 1

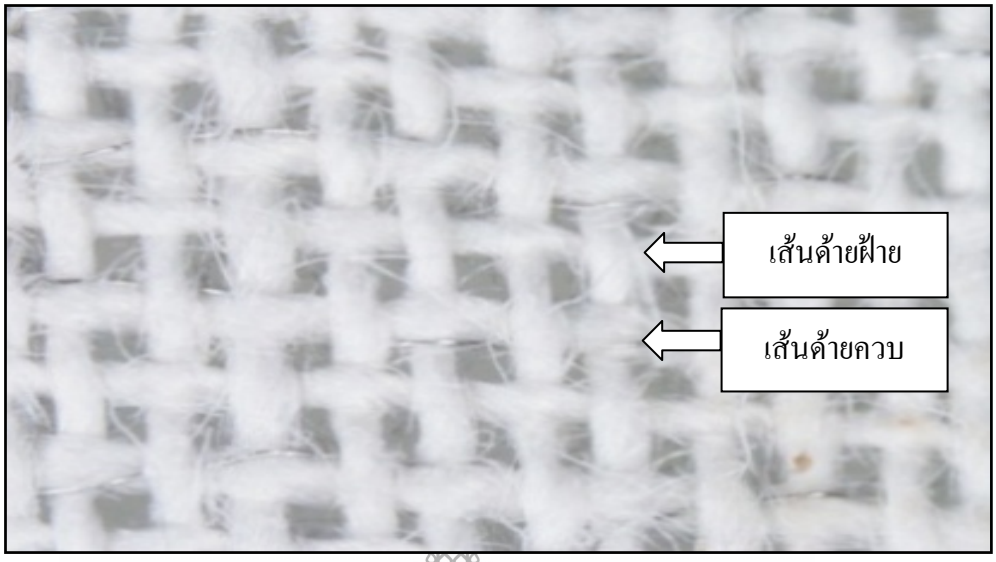
ผ้าทอลายขัดแบบที่ 1 จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นผ้าทอลายขัดที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ1 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัสP33



รูปที่ 4.1 ผ้าทอลายขัด P33 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.1.2 ผ้าทอลายขัดแบบที่ 2

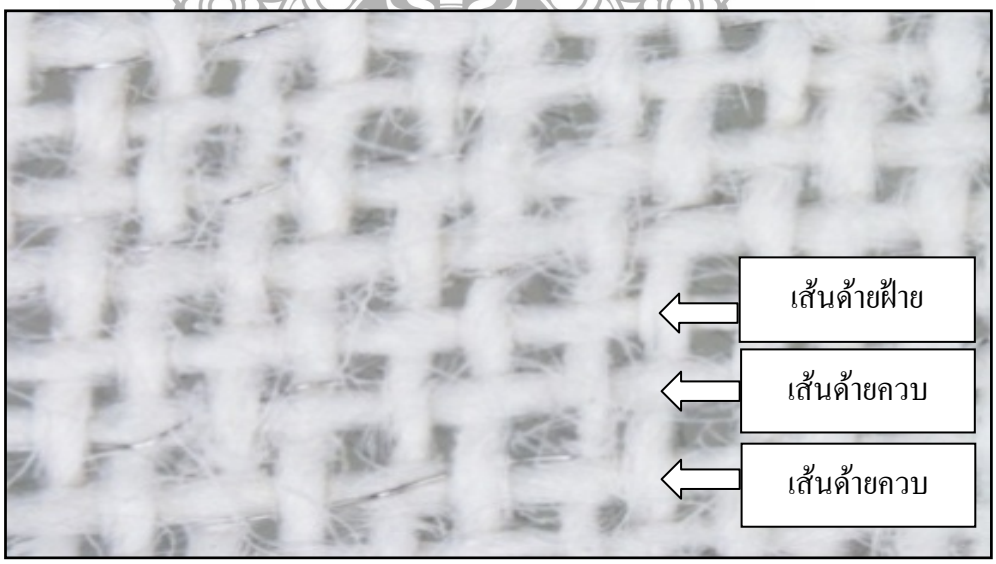
ผ้าทอลายขัดแบบที่ 2 จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นผ้าทอลายขัดที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัส P50



รูปที่ 4.2 ผ้าทอลายขัด P50 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.1.3 ผ้าทอลายขัดแบบที่ 3

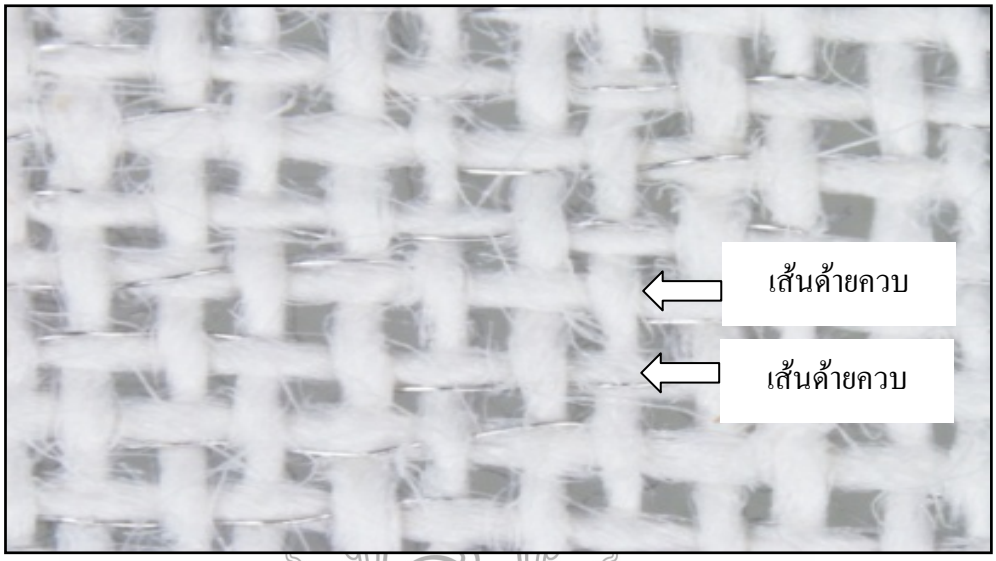
ผ้าทอลายขัดแบบที่ 3 จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นผ้าทอลายขัดที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัสP67



รูปที่ 4.3 ผ้าทอลายขัด P67 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.1.4 ผ้าทอลายขัดแบบที่ 4

ผ้าทอลายขัดแบบที่ 4 มีลักษณะดังรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นผ้าทอลายขัดที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมด โดยจะแทนด้วยรหัส P100



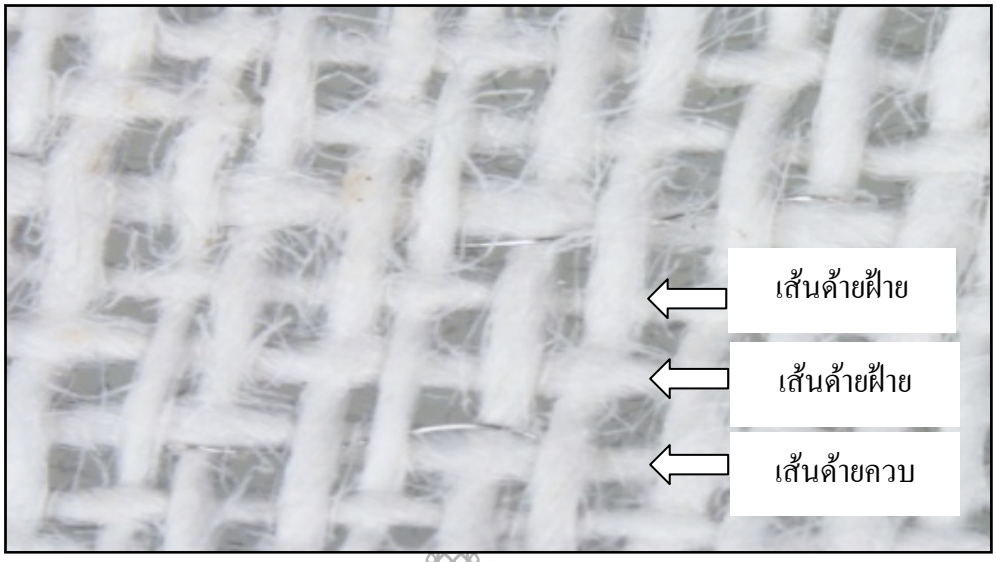
รูปที่ 4.4 ผ้าทอลายขัด P100 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.2 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างลายทแยง

จากการนำเส้นด้ายฝ้ายและเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสมาทำการทอผ้าตามโครงสร้างลายทแยงทั้ง 4 แบบ จะได้ผ้าทอดังแสดงตามรูปที่ 4.5-4.8 ดังนี้

4.1.2.1 ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 1

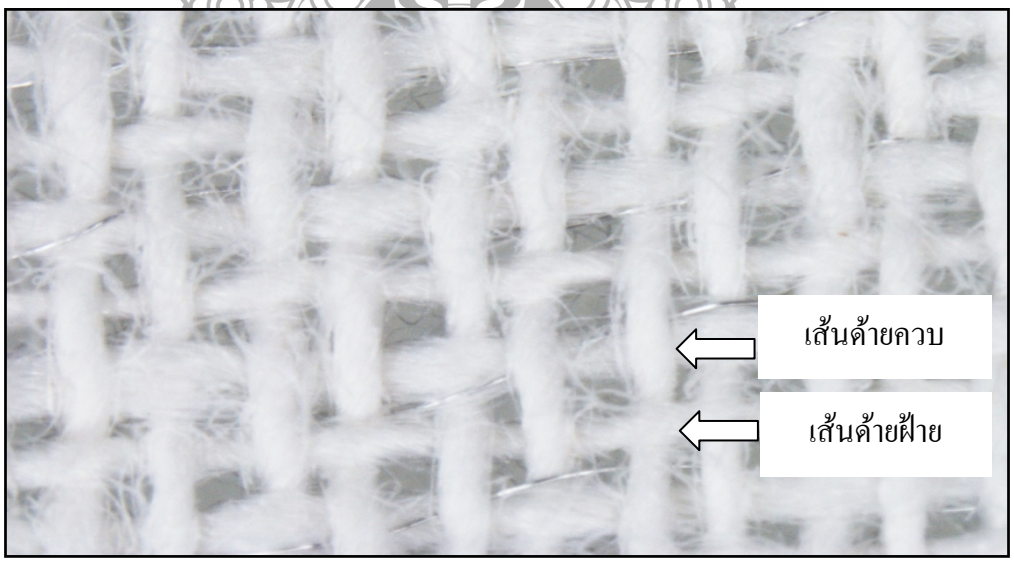
ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 1 มีลักษณะดังภาพที่ 4.5 ซึ่งเป็นผ้าทอลายทแยงที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัส T33



รูปที่ 4.5 ผ้าทอลายทแยง T33 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.2.2 ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 2

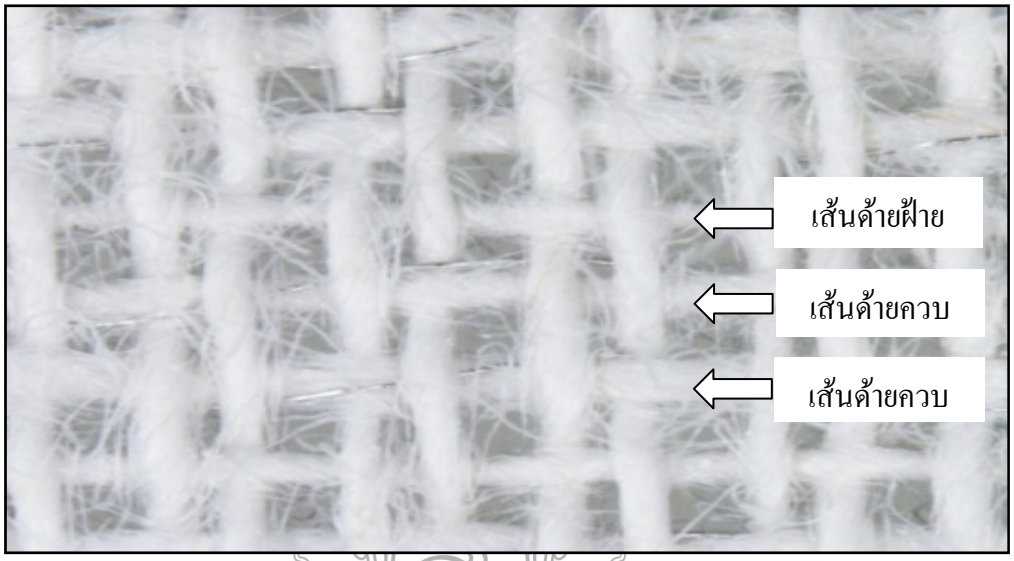
ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 2 มีลักษณะดังรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นผ้าทอลายทแยงที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัส T50



รูปที่ 4.6 ผ้าทอลายทแยง T50 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.2.3 ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 3

ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 3 มีลักษณะดังรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นผ้าทอลายทแยงที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัส T67

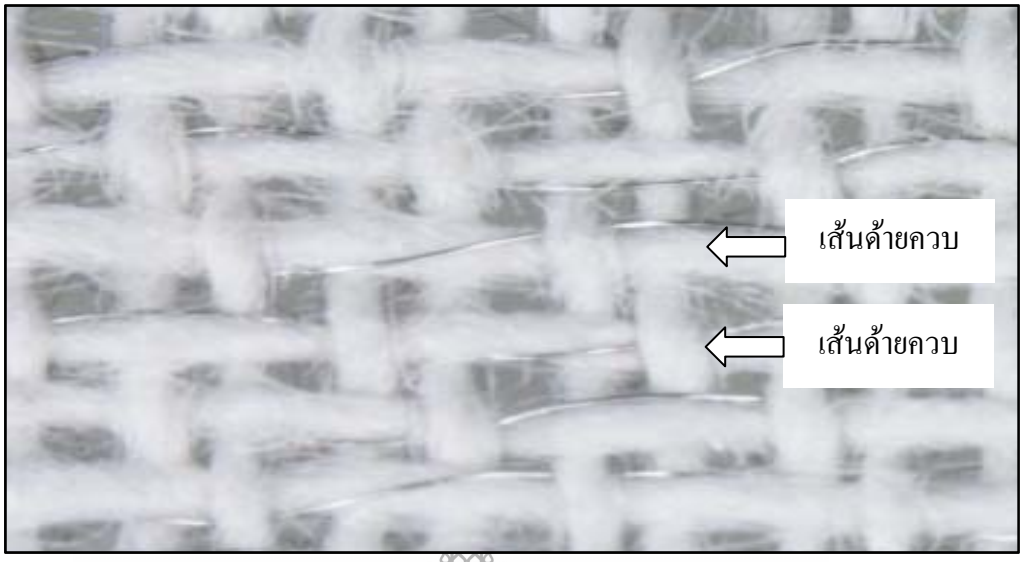


รูปที่ 4.7 ผ้าทอลายทแยง T67 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.2.4 ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 4

ผ้าทอลายทแยงแบบที่ 4 มีลักษณะดังรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นผ้าทอลายทแยงที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมด โดยจะแทนด้วยรหัส P100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



รูปที่ 4.8 ผ้าทอลายทแยง T100 (กำลังขยาย x10 เท่า)

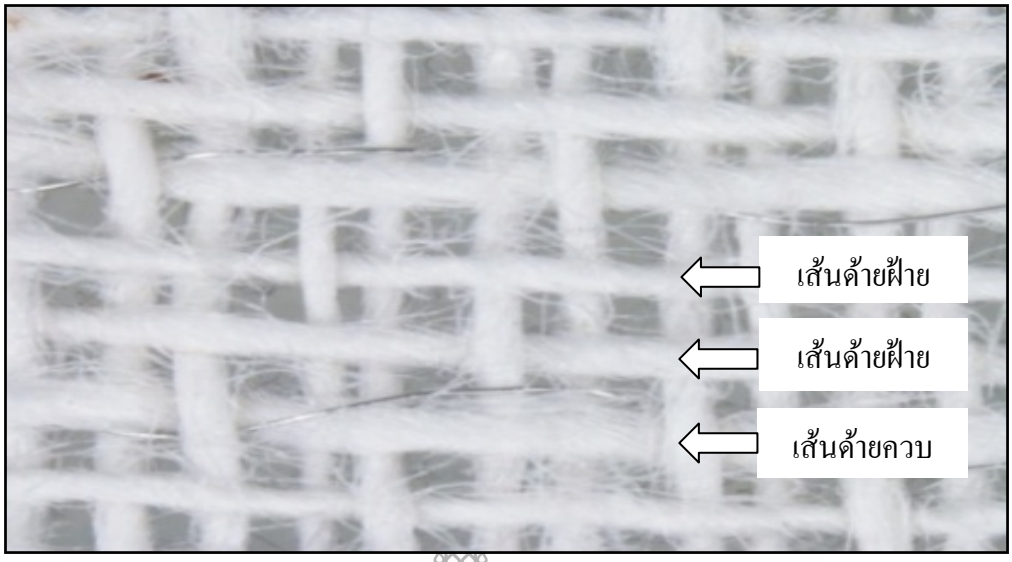
4.1.3 ผลของการทอผ้าตามโครงสร้างลายต่วน

จากการนำเส้นด้ายฝ้ายและเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสมาทำการทอผ้าตามโครงสร้างลายต่วนทั้ง 4 แบบ จะได้ผ้าทอดังแสดงตามรูปที่ 4.9-4.12 ดังนี้

4.1.3.1 ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 1

ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 1 มีลักษณะดังรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นผ้าทอลายต่วนที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัส S33

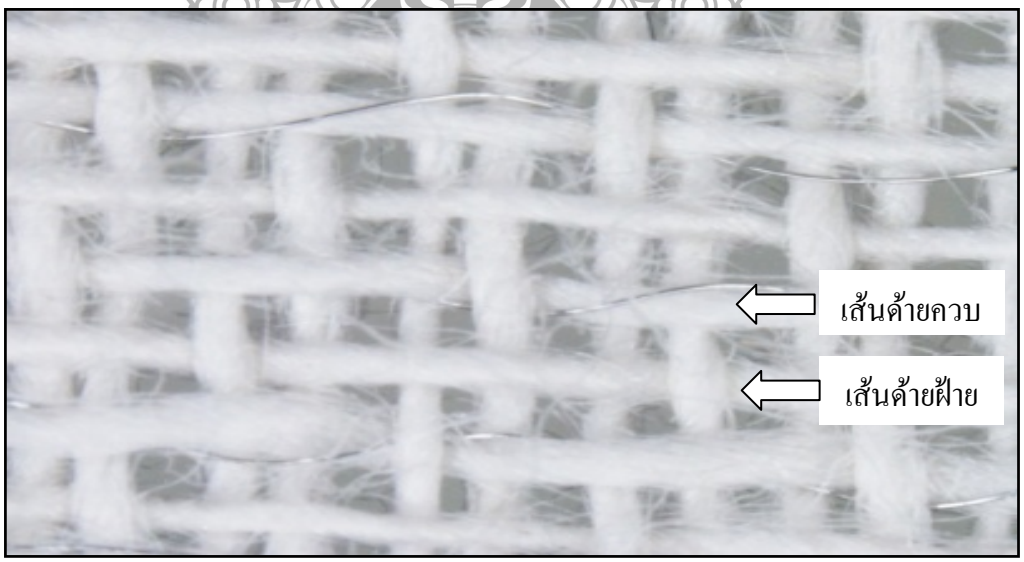
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



รูปที่ 4.9 ผ้าทอลายต่วน S33 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.3.2 ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 2

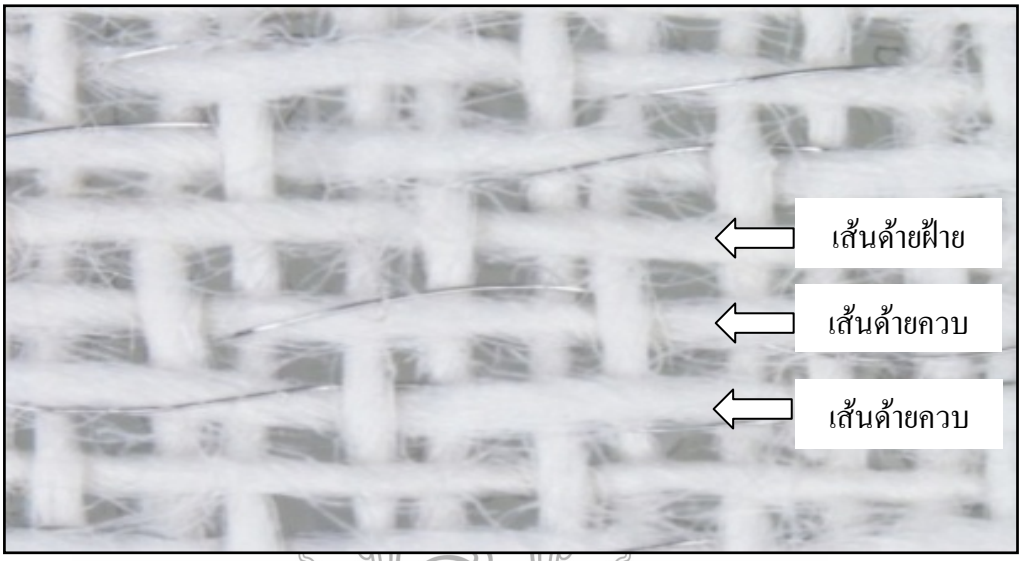
ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 2 มีลักษณะดังรูปที่ 4.10 ซึ่งเป็นผ้าทอลายต่วนที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัส S50



รูปที่ 4.10 ผ้าทอลายต่วน S50 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.3.3 ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 3

ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 3 มีลักษณะดังรูปที่ 4.11 ซึ่งเป็นผ้าทอลายต่วนที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้น โดยจะแทนด้วยรหัส S67

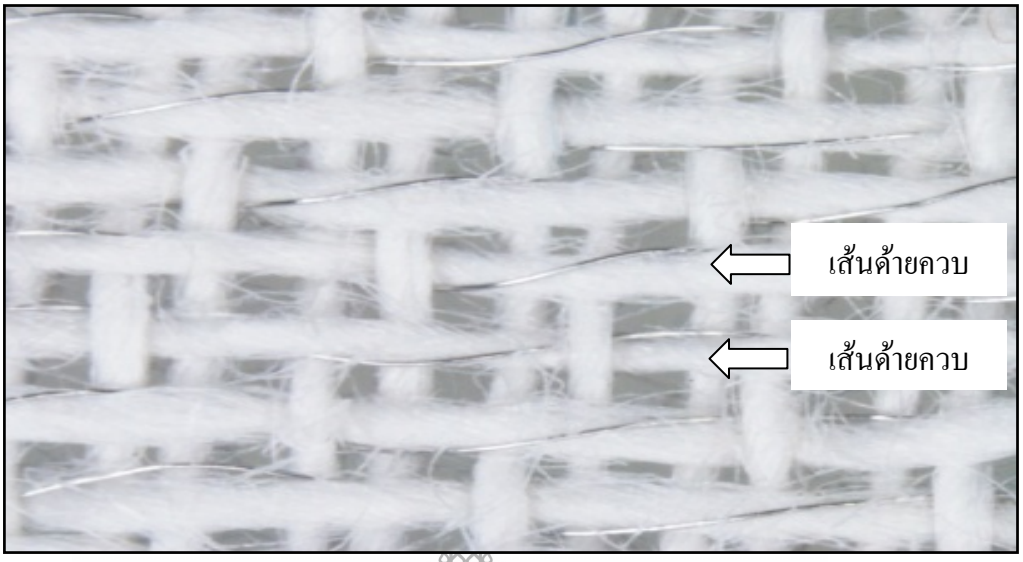


รูปที่ 4.11 ผ้าทอลายต่วน S67 (กำลังขยาย x10 เท่า)

4.1.3.4 ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 4

ผ้าทอลายต่วนแบบที่ 4 มีลักษณะดังรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นผ้าทอลายต่วนที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมด โดยจะแทนด้วยรหัส S100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



รูปที่ 4.12 ผ้าทอลายต่วน S100 (กำลังขยาย x10 เท่า)

เมื่อทำการทอผ้าตามโครงสร้างที่กำหนดจะได้ผ้าทอเพื่อทดสอบทั้งหมด 12 แบบ ซึ่งผ้าทอแต่ละแบบจะมีสมบัติของผ้าตามตารางที่ 4.2-4.3

ตารางที่ 4.2 สมบัติของผ้าทอก่อนซัก

รหัส	โครงสร้างผ้า	จำนวนเส้นด้ายยืน	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง	ความหนาผ้า (มม.)	น้ำหนักผ้า (กรัม/ตร.ม.)	ค่าการปกคลุม
P33	ลายขัด 1/1	62	52	0.32	116.2	19.905
P50	ลายขัด 1/1	62	52	0.31	116.3	19.905
P67	ลายขัด 1/1	62	54	0.31	128.2	20.254
P100	ลายขัด 1/1	62	52	0.32	120.6	19.905
T33	ลายทแยง 2/1	62	54	0.35	108.8	20.254
T50	ลายะแยง 2/1	62	54	0.35	108.9	20.254
T67	ลายทแยง 2/1	63	54	0.36	120.5	20.429
T100	ลายทแยง 2/1	62	54	0.37	120.7	20.254

ตารางที่ 4.2 สมบัติของผ้าทอก่อนซัก (ต่อ)

รหัส	โครงสร้างผ้า	จำนวนเส้นด้ายยืน	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง	ความหนาผ้า (มม.)	น้ำหนักผ้า (กรัม/ตร.ม.)	ค่าการปกคลุม
S33	ลายต่วน 1/4	62	52	0.44	112.3	19.905
S50	ลายต่วน 1/4	62	52	0.44	112.8	19.905
S67	ลายต่วน 1/4	60	52	0.44	112.7	19.556
S100	ลายต่วน 1/4	62	52	0.43	120.3	19.905

จากตารางที่ 4.2 ซึ่งได้แสดงสมบัติของผ้าทอก่อนซัก พบว่าผ้าทอแต่ละแบบมีความหนาแน่นของจำนวนเส้นด้ายใกล้เคียงกันซึ่งในทางปฏิบัติการทดสอบจะถือว่าอยู่ในช่วงขอบเขตการยอมรับได้ที่ระดับร้อยละ 3 และผ้าทอลายทแยงที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่งมีน้ำหนักผ้ามากที่สุดและผ้าทอลายขัดที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่งจะมีค่าของน้ำหนักผ้ามากรองจากผ้าทอลายทแยง สำหรับผ้าทอลายต่วนจะมีความหนาของผ้ามากที่สุด

นอกจากนี้ได้ทดสอบเพื่อหาสมบัติของผ้าทอหลังการซักล้าง ซึ่งนำไปทำการซักล้างตามมาตรฐานการทดสอบ หมายเลข AATCC 135-2012 ที่มีสภาวะการซักล้างเป็นหมายเลข 1 IIA(ii) คือ อุณหภูมิของน้ำซักเป็น $30\pm2^{0}C$ ทำการซักด้วยจำนวนรอบการซักที่ 12 นาที/รอบการซัก จากนั้นนำผ้าไปอบแห้งด้วยตู้อบผ้าที่อุณหภูมิ $60\pm2^{0}C$ ซึ่งสามารถแสดงผลตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมบัติของผ้าทอหลังซัก

รหัส	โครงสร้างผ้า	จำนวนเส้นด้ายยืน	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง	ความหนาผ้า (มม.)	น้ำหนักผ้า (กรัม/ตร.ม.)	ค่าการปกคลุม
P33	ลายขัด 1/1	74	66	0.47	124.0	24.445
P50	ลายขัด 1/1	72	69	0.50	124.5	24.619
P67	ลายขัด 1/1	72	66	0.50	144.0	24.096
P100	ลายขัด 1/1	70	71	0.44	136.2	24.619
T33	ลายทแยง 2/1	73	68	0.61	128.3	24.619

ตารางที่ 4.3 สมบัติของผ้าทอหลังซัก (ต่อ)

รหัส	โครงสร้างผ้า	จำนวนเส้นด้ายยืน	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง	ความหนาผ้า (มม.)	น้ำหนักผ้า (กรัม/ตร.ม.)	ค่าการปกคลุม
T50	ลายะแยง 2/1	71	68	0.58	128.8	24.270
T67	ลายทแยง 2/1	74	70	0.55	136.3	25.143
T100	ลายทแยง 2/1	73	68	0.51	144.7	24.619
S33	ลายต่วน 1/4	73	67	0.62	120.2	24.445
S50	ลายต่วน 1/4	72	67	0.71	120.6	24.270
S67	ลายต่วน 1/4	75	70	0.69	121.5	25.318
S100	ลายต่วน 1/4	72	73	0.68	130.6	25.318

จากตารางที่ 4.3 ซึ่งได้แสดงสมบัติของผ้าทอหลังการซักล้าง พบว่าผ้าทอแต่ละแบบมีความหนาแน่นของจำนวนเส้นด้ายที่แตกต่างกันเนื่องจากที่สภาวะหลังซักล้างผ้าทอแต่ละแบบนั้นจะมีการหดตัวหลังจากซักล้าง สำหรับผ้าทอลายทแยงที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่งจะมีน้ำหนักผ้ามากที่สุดและผ้าที่มีน้ำหนักรองลงมาคือ ผ้าทอลายขัดที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่ง สำหรับผ้าทอลายต่วนจะมีความหนาของผ้ามากที่สุด

นอกจากนั้นนำผ้าทอทั้งหมดทดสอบเพื่อหาสัดส่วนร้อยละของเส้นใยในผ้าทอตามมาตรฐานการทดสอบหมายเลข ISO 1833 ซึ่งแสดงผลตามรายละเอียดดังตารางที่ 4.4 และจากตารางที่ 4.4 จะพบว่าผ้าทอทุกแบบที่มีการทอโดยใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งทั้งหมดจะมีสัดส่วนร้อยละของเส้นใยสแตนเลสมากที่สุดเมื่อเทียบกับผ้าที่ทอแบบเดียวกัน

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนร้อยละแต่ละเส้นใยของผ้าทอ

รหัส	เส้นใยฝ้าย	เส้นใยสแตนเลส
P33	94.9	5.1
P50	92.6	7.4
P67	90.5	9.5
P100	86.4	13.6

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนร้อยละแต่ละเส้นใยของผ้าทอ (ต่อ)

รหัส	เส้นใยฝ้าย	เส้นใยสแตนเลส
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

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จากการทอผ้าด้วยโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบและการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบ 4 แบบเพื่อศึกษาหาความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ผ้าทอที่จะนำไปทดสอบมีสมบัติแตกต่างกันทั้งหมด 12 แบบ ซึ่งผลของการศึกษาและเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอในแต่ละแบบนั้น จะสามารถแสดงค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามตารางที่ 4.5–4.9 ดังนี้

4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัด

ค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดทั้งหมด 4 แบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบตามแนวด้ายพุ่งที่แตกต่างกัน ดังแสดงผลตามตารางที่ 4.5– 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดตามแนวนอน (หน่วย เดซิเบล)

รหัส	P33		P50		P67		P100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
800	23.2	22.0	23.6	19.5	27.4	18.6	36.1	23.8
1000	36.8	35.7	36.3	33.7	41.5	36.0	44.8	36.3

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดตามแนวนอน (หน่วย เดซิเบล) (ต่อ)

รหัส	P33		P50		P67		P100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
1200	38.2	34.1	36.8	25.2	37.9	33.3	37.7	37.8
1400	36.7	28.7	34.8	27.8	33.7	32.3	38.3	34.2
1800	16.9	27.7	27.9	38.3	29.5	39.4	30.8	44.1
2000	20.0	25.1	22.7	26.5	23.5	27.8	25.8	28.9
2200	20.9	20.6	21.2	24.4	23.8	26.5	24.2	28.2
2400	23.6	25.0	29.9	32.3	22.4	27.3	30.9	27.9
2600	22.0	22.5	34.5	25.1	28.3	39.3	47.5	28.3
2800	17.8	18.8	28.3	32.9	22.0	22.5	31.8	30.2
3000	13.9	15.5	20.3	17.6	21.7	23.6	35.3	31.0

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผ้าทอลายขัดก่อนการซักล้างจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.2 เดซิเบลและมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.9 เดซิเบล สำหรับผ้าทอลายขัดหลังการซักล้างจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 44.1 เดซิเบลและมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.5 เดซิเบลนอกจากนี้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดหลังการซักล้างในแต่ละแบบจะมีแนวโน้มของค่าการป้องกันที่สูงกว่าผ้าทอลายขัดก่อนการซักล้าง

สำหรับค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดตามแนวตั้ง ซึ่งจะแสดงผลดังตารางที่ 4.6 จะพบว่า เมื่อทำการทดสอบผ้าทอลายขัดตามแนวนี้ ผ้าทอจะไม่มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เนื่องจากผ้าทอตามแนวด้ายยืนไม่มีการสอดแทรกเส้นด้ายควบ

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดตามแนวตั้ง (หน่วย เดซิเบล)

รหัส	P33		P50		P67		P100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
800	7.3	0.6	5.8	0.0	11.4	1.1	2.0	0.6
1000	5.6	0.4	5.0	0.0	7.0	0.9	1.9	0.2
1200	2.4	0.0	1.9	0.5	3.4	0.0	1.3	0.0
1400	2.8	1.2	2.7	0.0	4.0	1.7	1.6	1.0
1600	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0
1800	1.7	1.0	2.0	0.3	2.2	1.4	1.9	1.2
2000	0.0	0.0	0.1	0.0	1.1	0.4	0.0	0.0
2200	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0
2400	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
2600	1.3	1.2	0.7	0.6	3.1	1.1	1.5	0.5
2800	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0
3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.7	0.0	0.0

4.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยง

ค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงทั้งหมด 4 แบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบตามแนวด้ายพุ่งที่แตกต่างกัน ดังแสดงผลตามตารางที่ 4.7– 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงตามแนวนอน (หน่วย เดซิเบล)

รหัส	T33		T50		T67		T100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
800	19.6	17.8	22.1	19.3	23.0	18.1	20.7	20.9

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงตามแนวนอน (หน่วย เดซิเบล) (ต่อ)

รหัส	T33		T50		T67		T100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
1000	36.4	33.5	48.3	34.2	53.8	33.9	57.2	34.0
1200	25.7	26.6	28.6	28.3	34.3	31.4	35.8	37.0
1400	25.9	23.2	27.6	22.8	27.7	21.6	41.3	27.0
1600	19.8	23.9	32.4	21.3	32.1	25.5	45.5	29.6
1800	31.4	27.8	36.2	29.2	46.1	28.3	36.0	35.5
2000	17.9	21.0	22.7	24.0	22.3	25.8	25.0	28.2
2200	19.6	22.1	24.3	23.2	22.2	25.6	26.2	25.4
2400	31.9	30.3	32.9	27.9	24.8	24.2	34.0	28.7
2600	26.2	29.2	26.1	28.0	39.5	27.5	28.6	28.1
2800	23.8	20.3	27.1	20.3	25.5	23.6	30.3	27.6
3000	21.0	18.2	26.3	24.9	30.3	28.2	33.4	34.2

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผ้าทอลายทแยงก่อนการซักล้างจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 57.2 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.0 เดซิเบลสำหรับผ้าทอลายทแยงหลังการซักล้างจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 37.0 เดซิเบลและมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.8 เดซิเบล นอกจากนี้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดหลังการซักล้างในแต่ละแบบจะมีแนวโน้มของค่าการป้องกันที่สูงกว่าผ้าทอลายขัดก่อนการซักล้าง

สำหรับค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงตามแนวตั้ง ซึ่งจะแสดงผลดังตารางที่ 4.8 จะพบว่า เมื่อทำการทดสอบผ้าทอลายทแยงตามแนวนี้ ผ้าทอจะไม่มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เนื่องจากผ้าทอตามแนวด้ายยืนไม่มีการสอดแทรกเส้นด้ายควบ

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงตามแนวตั้ง (หน่วย เดซิเบล)

รหัส	T33		T50		T67		T100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
800	1.1	0.3	1.0	0.7	0.4	0.5	0.7	0.5
1000	0.8	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1
1200	1.2	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
1400	0.7	0.0	0.4	1.2	0.7	1.0	0.4	0.9
1600	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
1800	0.6	0.2	0.5	1.3	1.5	1.7	0.5	1.2
2000	0.4	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
2200	0.2	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
2400	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
2600	0.4	0.2	0.5	0.9	1.1	0.9	0.5	0.8
2800	0.4	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
3000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4.2.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วน

ค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนทั้งหมด 4 แบบซึ่งแต่ละแบบจะมีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบตามแนวด้ายพุ่งที่แตกต่างกัน ดังแสดงผลตามตารางที่ 4.9-4.10 ดังนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนตามแนวนอน (หน่วย เดซิเบล)

รหัส	S33		S50		S67		S100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
800	20.8	19.8	18.5	19.9	19.7	18.0	21.3	20.3

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนตามแนวนอน(หน่วย เดซิเบล) (ต่อ)

รหัส	S33		S50		S67		S100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
1000	33.8	30.8	29.0	31.7	32.1	29.3	36.1	36.9
1200	34.3	38.8	35.8	34.8	39.1	31.2	44.7	35.7
1400	29.6	35.6	27.6	38.3	26.4	30.7	29.8	36.3
1600	21.3	25.2	24.2	26.3	27.1	27.3	27.8	28.4
1800	27.8	27.9	33.6	28.6	35.3	34.5	33.7	33.0
2000	25.5	21.4	28.6	32.3	32.6	27.0	33.1	31.8
2200	19.2	20.4	23.6	26.8	25.3	26.7	26.7	26.3
2400	22.0	22.4	24.8	22.0	26.4	28.4	33.0	27.3
2600	24.6	27.5	32.0	21.2	32.4	27.0	35.5	32.4
2800	19.8	20.2	17.8	16.2	21.2	21.3	31.3	23.9
3000	16.0	17.9	18.8	14.5	22.1	23.0	23.0	25.2

จากตารางที่ 4.9 จะพบว่า ผ้าทอลายต่วนก่อนการซักล้างจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.1 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.0 เดซิเบลสำหรับผ้าทอลายต่วนหลังการซักล้างจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.1 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.0 เดซิเบล

สำหรับค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนตามแนวตั้ง ซึ่งจะแสดงผลดังตารางที่ 4.10 จะพบว่า เมื่อทำการทดสอบผ้าทอลายต่วนตามแนวนี้ ผ้าทอจะไม่มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เนื่องจากผ้าทอตามแนวด้ายยืนไม่มีการสอดแทรกเส้นด้ายควบ

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนตามแนวตั้ง (หน่วย เดซิเบล)

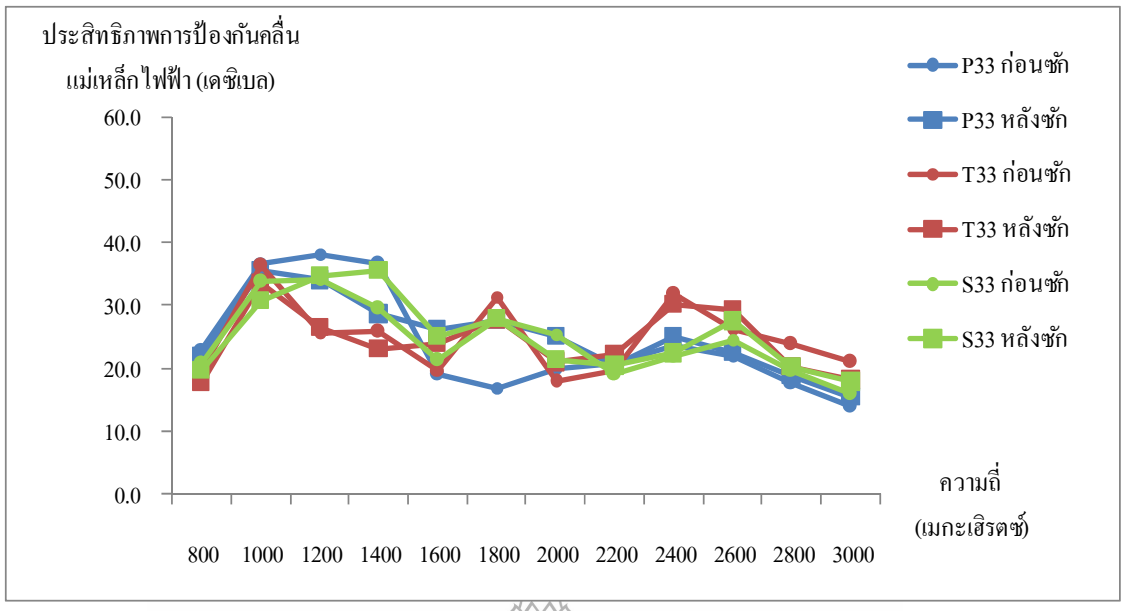
รหัส	S33		S50		S67		S100	
ความถี่ (MHz.)	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง	ก่อนซัก	ซัก 3 ครั้ง
800	0.7	0.6	1.2	0.6	0.6	0.4	0.8	1.3
1000	0.8	0.4	1.1	0.4	0.8	0.0	0.8	0.7
1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
1400	1.2	1.1	1.6	1.1	1.2	0.3	1.3	1.6
1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
1800	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0.7	1.3	1.5
2000	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.2
2200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
2400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1
2600	1.0	1.1	1.0	1.5	1.0	0.9	1.1	1.0
2800	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.4
3000	0.3	0.0	0.0	0.8	0.3	0.1	0.0	0.3

4.3 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแต่ละโครงสร้าง

เพื่อทำการศึกษาโครงสร้างผ้าทอที่มีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนและหลังซักล้างนั้น จะทำการเปรียบเทียบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากผ้าทอที่มีรูปแบบการทอเดียวกัน ซึ่งผ้าทอทั้งหมดมีรูปแบบการทอที่แตกต่างกัน 4 แบบ ดังนี้

4.3.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 1

ผ้าทอแบบที่ 1 เป็นผ้าทอที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมด และเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 2 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำซึ่งจะพบว่าผ้าทอแต่ละโครงสร้างมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่แต่ละช่วงที่แตกต่างกันดังแสดงตามรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอนก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 1

จากรูปที่ 4.13 พบว่าจะรายงานค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่ทั้งหมด 12 ช่วงตั้งแต่ 800-3000 เมกะเฮิรตซ์ พบว่าผ้าทอลายทแยงทั้งก่อนและหลังซักจะมีแนวโน้มของค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วนที่ช่วงคลื่นความถี่ 2200-3000 เมกะเฮิรตซ์

สำหรับผ้าทอลายทแยงก่อนซักล้างจะมีค่าการป้องกันอยู่ระหว่าง 21.0-31.9 เดซิเบล พบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 2400 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 31.9 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 21.0 เดซิเบล

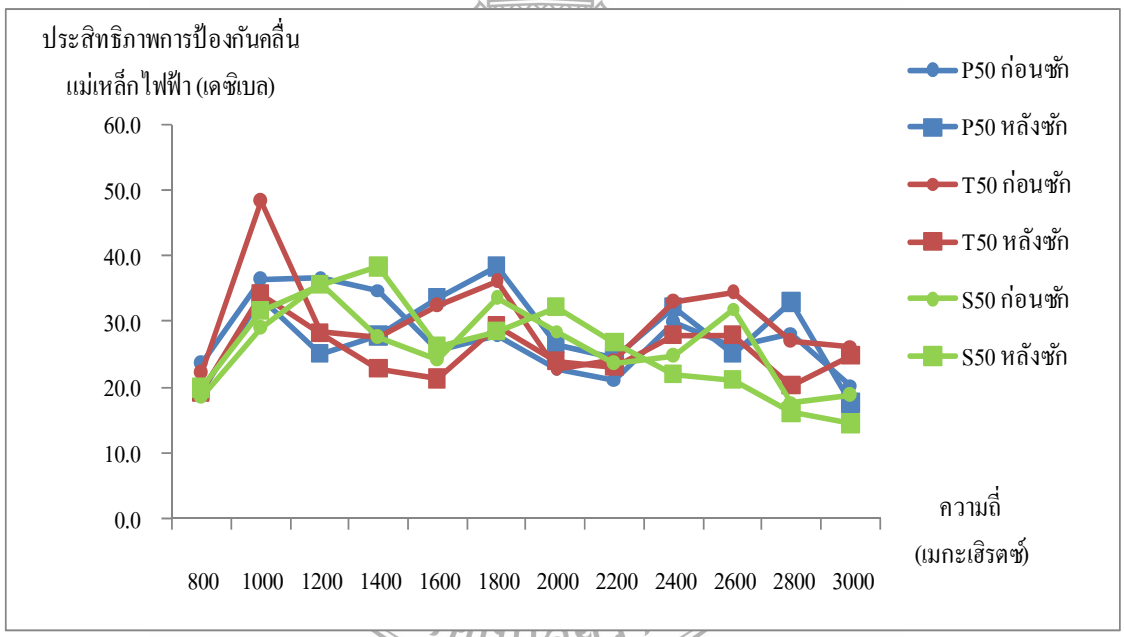
สำหรับผ้าทอลายทแยงหลังซักล้างจะพบแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ชัดเจนที่ช่วงคลื่นความถี่ 2200-3000 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งมีค่าการป้องกันอยู่ระหว่าง 18.2-30.3 เดซิเบล พบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 2400 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 30.3 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 3 ที่ช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 18.2 เดซิเบล

ดังนั้นจากการศึกษาผลของค่าการป้องกันสำหรับผ้าทอแบบที่ 1 ซึ่งพบว่าผ้าทอลายทแยงมีแนวโน้มของค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอต่วนเนื่องจากผ้าทอลาย

ทแยงมีความหนามากกว่าผ้าทอลายขัดและมีค่าการปกคลุมมากกว่าผ้าทอลายต่วน นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างผ้าทอก่อนและหลังซักล้าง จะพบว่าผ้าทอหลังซักล้างของแต่ละโครงสร้างจะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอก่อนการซักล้างเนื่องจากหลังซักล้างผ้าทอทุกโครงสร้างมีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วเพิ่มมากขึ้นและผ้ามีน้ำหนักมากขึ้น

4.3.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 2

ผ้าทอแบบที่ 2 เป็นผ้าทอที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำ ซึ่งจะพบว่าผ้าทอแต่ละโครงสร้างมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่แต่ละช่วงที่แตกต่างกัน ดังแสดงตามรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอนก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 2

จากรูปที่ 4.14 จะรายงานค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่ทั้งหมด 12 ช่วงตั้งแต่ 800-3000 เมกะเฮิรตซ์ พบว่าสำหรับผ้าทอก่อนซักล้างที่เป็นการทอด้วย

โครงสร้างลายขัดมีแนวโน้มของค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอลายทแยงและผ้าทอลายต่วน เนื่องจากที่ความถี่ทั้งหมด 12 ช่วง พบค่าการป้องกันของผ้าทอลายขัดมากกว่าผ้าทอลายอื่นที่ 7 ช่วงคลื่นความถี่ คือ 800 1200 1400 1600 1800 2600 2800 และ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งส่วนใหญ่ค่าระดับการป้องกันจัดอยู่ในระดับ 5 และค่าการป้องกันที่ดีที่สุดอยู่ที่ความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 36.8 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 20.3 เดซิเบล

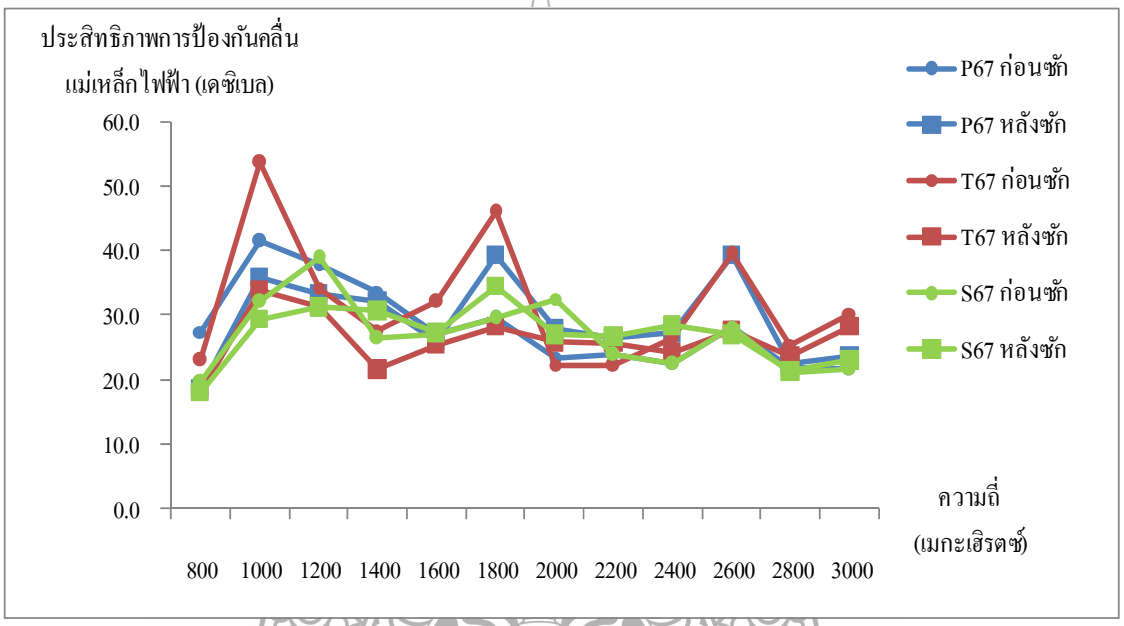
ดังนั้นจากการศึกษาผลของค่าการป้องกันสำหรับผ้าทอแบบที่ 2 ที่สภาวะก่อนซักล้าง ซึ่งพบว่าผ้าทอลายขัดมีค่าการป้องกันที่ดีกว่าผ้าทอลายอื่นเนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบผ้าทอที่มีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วที่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ผ้าทอลายขัดจะมีน้ำหนักของผ้ามากกว่าผ้าทอลายอื่น ซึ่งหมายความว่าผ้าทอลายขัดมีจำนวนของเส้นใยสแตนเลสบนผ้าทอมากกว่าทำให้มีค่าการป้องกันที่สูงกว่า

สำหรับผลการศึกษาค่าการป้องกันสำหรับผ้าทอแบบที่ 2 ที่สภาวะหลังการซักล้างจะพบว่าผ้าทอลายต่วนมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายทแยงทั้งหมด 5ช่วงคลื่นความถี่จากทั้งหมด 12 ช่วงคลื่นความถี่ คือ 800 1200 1400 2000 และ 2200 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1400 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 38.3 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 3 ที่ช่วงคลื่นความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 19.9 เดซิเบล เนื่องจากผ้าทอลายต่วนมีความหนาของผ้ามากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายทแยง

นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างผ้าทอก่อนและหลังซักล้าง จะพบว่าผ้าทอหลังซักล้างที่เป็นการทอด้วยโครงสร้างลายขัดกับลายต่วนจะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอก่อนซักล้าง เนื่องจากผ้าทอหลังซักล้างสำหรับผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วนจะมีน้ำหนักและความหนาของผ้าเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าการปกคลุมของผ้ามากขึ้น ทำให้มีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากผ้าทอลายทแยงที่พบว่ามีค่าการป้องกันของผ้าทอก่อนซักล้างดีกว่าผ้าทอหลังซักล้างในสภาวะเดียวกันที่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักและความหนาของผ้า แต่ค่าการป้องกันมีทิศทางตรงกันข้ามเนื่องจากผ้าทอลายทแยงหลังซักล้างมีความลาดเอียงของเกรนผ้ามากกว่าก่อนซักล้าง อีกทั้งอาจเกิดจากอิมพีแดนซ์ (Impedance) ซึ่งมีผลทำให้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำกว่า[32-33]

4.3.3 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 3

ผ้าทอแบบที่ 3 เป็นผ้าทอที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมด และเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายฝ้าย 1 เส้นกับเส้นด้ายควบ 2 เส้นต่อ 1 ซ้ำ ซึ่งจะพบว่าผ้าทอแต่ละโครงสร้างมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่แต่ละช่วงที่แตกต่างกัน ดังแสดงตามรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอนก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 3

จากรูปที่ 4.15 พบว่าจะรายงานค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่ทั้งหมด 12 ช่วงตั้งแต่ 800-3000 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับผ้าทอที่สภาวะก่อนซักล้างจะพบว่าผ้าทอลายทแยงก่อนซักล้างมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วนก่อนซักล้างประมาณ 7 ช่วงจากทั้งหมด 12 ช่วงที่คลื่นความถี่ 800 1000 1600 1800 2600 2800 และ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 53.8 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงคลื่นความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 23.0 เดซิเบล

ดังนั้นจากการศึกษาผลของค่าการป้องกันสำหรับผ้าทอแบบที่ 3 ที่สภาวะก่อนซักล้าง พบว่าผ้าทอลายทแยงมีค่าการป้องกันที่ดีกว่าผ้าทอลายอื่นเนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบผ้าทอที่มีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วที่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ผ้าทอลายทแยงจะมีน้ำหนักของผ้าและค่าการปกคลุมมากกว่าผ้าทอลายอื่น ซึ่งหมายความว่าผ้าทอลายทแยงมีจำนวนของเส้นใยสแตนเลสบนผ้าทอมากกว่าทำให้มีค่าการป้องกันที่สูงกว่า

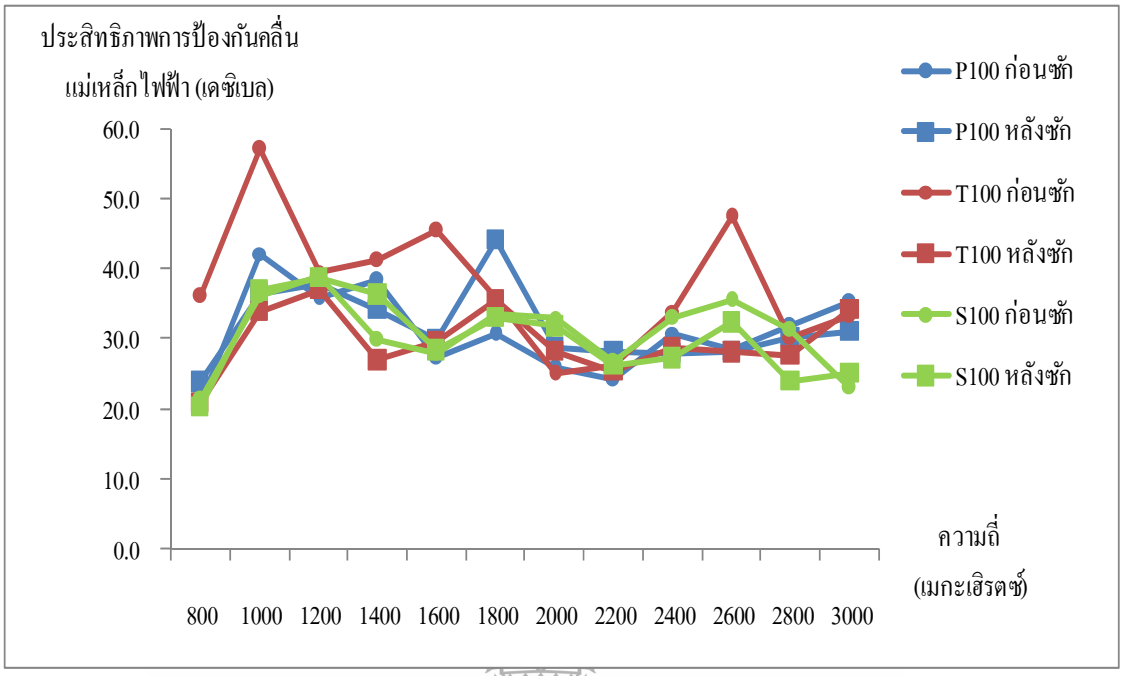
สำหรับผ้าทอที่สภาวะหลังการซักล้าง จะพบว่าผ้าทอลายขัดหลังซักล้างมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอลายทแยงและผ้าทอลายต่วนหลังซักล้างประมาณ 7 ช่วงจากทั้งหมด 12 ช่วงคลื่นที่ความถี่ 800-1400 1800-2000 และ 2600 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 39.4 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 3 ที่ช่วงความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 18.6 เดซิเบล

ดังนั้นจากการศึกษาผลของค่าการป้องกันสำหรับผ้าทอแบบที่ 3 ที่สภาวะหลังซักล้างพบว่าผ้าทอลายขัดมีค่าการป้องกันที่ดีกว่าผ้าทอลายอื่นเนื่องจากผ้าทอลายขัดมีความลาดเอียงของเกรนผ้าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผ้าทอลายทแยงและลายต่วนหลังซักล้าง อีกทั้งอาจเกิดจากอิมพีแดนซ์ (Impedance) ซึ่งมีผลทำให้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำกว่า [33]

นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างผ้าทอก่อนและหลังซักล้าง จะพบว่าผ้าทอหลังซักล้างที่เป็นโครงสร้างผ้าลายขัดกับผ้าลายต่วนจะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอก่อนการซักล้างเนื่องจากผ้าทอหลังซักล้างสำหรับผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วนจะมีน้ำหนักและความหนาของผ้าเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าการปกคลุมของผ้ามากขึ้น ทำให้มีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากผ้าทอลายทแยงที่พบว่ามีค่าการป้องกันของผ้าทอก่อนซักล้างดีกว่าผ้าทอหลังซักล้างในสภาวะเดียวกันที่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักและความหนาของผ้า แต่ค่าการป้องกันมีทิศทางตรงกันข้ามเนื่องจากผ้าทอลายทแยงหลังซักล้างมีความลาดเอียงของเกรนผ้ามากกว่าก่อนซักล้าง อีกทั้งอาจเกิดจากอิมพีแดนซ์ (Impedance) ภายในผ้าทอลายทแยงซึ่งอาจมีผลทำให้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำกว่า [32-33]

4.3.4 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 4

ผ้าทอแบบที่ 4 เป็นผ้าทอที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมดต่อ 1 ซ้ำ ซึ่งจะพบว่าผ้าทอแต่ละโครงสร้างมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่แต่ละช่วงที่แตกต่างกัน ดังแสดงตามรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวนอนก่อนและหลังซักล้างของผ้าทอแบบที่ 4

จากรูปที่ 4.16 จะรายงานค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นความถี่ทั้งหมด 12 ช่วงตั้งแต่ 800-3000 เมกะเฮิรตซ์ พบว่าผ้าทอลายทแยงก่อนซักล้างจะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วนก่อนซักล้างที่ช่วงคลื่นความถี่ คือ 800-1800 และ 2400-2600 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจัดอยู่ในระดับ 5 และมีค่าการป้องกันที่ดีที่สุดที่ช่วงความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 57.2 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 36.0 เดซิเบล

ดังนั้นจากการศึกษาผลของค่าการป้องกันสำหรับผ้าทอแบบที่ 4 ที่สภาวะก่อนซักล้าง ซึ่งพบว่าผ้าทอลายทแยงก่อนซักล้างมีค่าการป้องกันที่ดีกว่าผ้าทอก่อนซักล้างลายอื่น เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบผ้าทอที่มีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วที่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ผ้าทอลายทแยงจะมีน้ำหนักของผ้าและค่าการปกคลุมมากกว่าผ้าทอลายอื่น ซึ่งหมายความว่าผ้าทอลายทแยงมีจำนวนของเส้นใยสแตนเลสบนผ้าทอมากกว่าทำให้มีค่าการป้องกันที่สูงกว่า

สำหรับผ้าทอหลังการซักล้างจะพบว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วนมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอลายทแยงประมาณ 5 ช่วงจากทั้งหมด 12 ช่วงความถี่ สำหรับผ้าทอลายขัดจะมีค่าการป้องกันสูงกว่าที่ช่วงความถี่ 800 1600 1800 2200 และ 2800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งจะมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 44.1 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 23.8 เดซิเบล สำหรับผ้าทอลายต่วนจะมีค่าการป้องกันสูงกว่าที่ช่วงความถี่ 1000 1200 1400 2200 และ 2600 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งจะมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 38.8 เดซิ-เบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 2600 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 32.4 เดซิ-เบล เนื่องจากผ้าทอลายทแยงหลังซักล้างมีความลาดเอียงของเกรนผ้ามากกว่าผ้าทอลายขัดหลังซักล้างและมีความหนาของผ้าน้อยกว่าผ้าทอลายต่วนหลังซักล้าง อีกทั้งอาจเกิดจากอิมพีแดนซ์ (Impedance) ซึ่งมีผลทำให้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำกว่า [32-33]

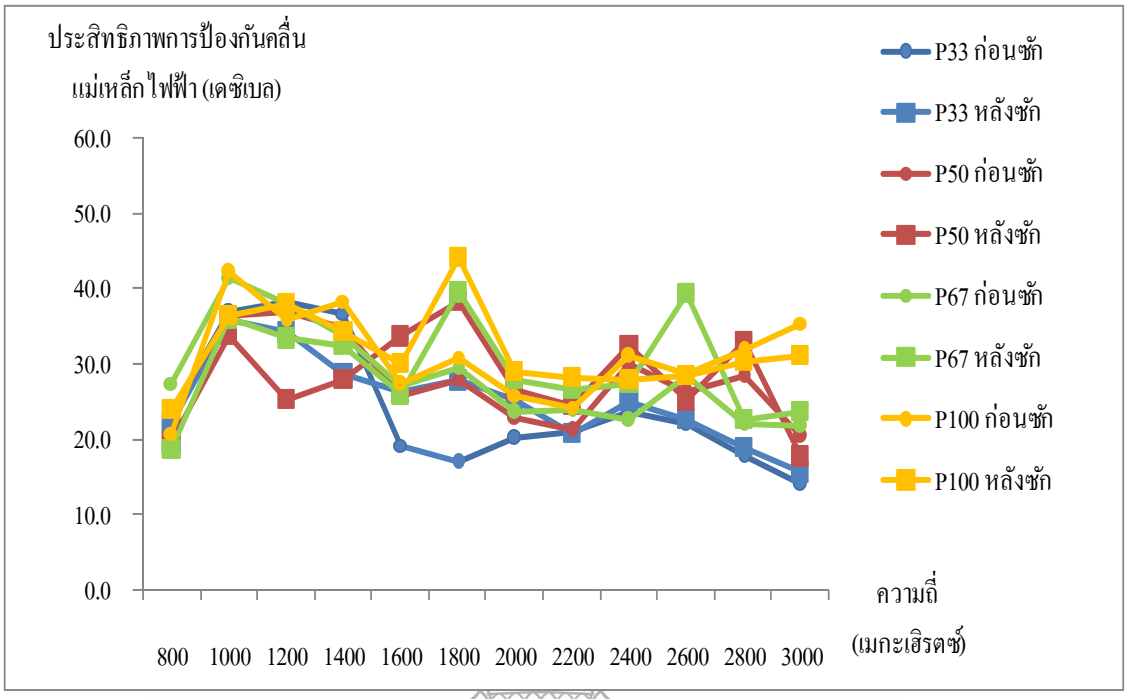
นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างผ้าทอก่อนและหลังซักล้าง จะพบว่าผ้าทอก่อนซักล้างของทุกโครงสร้างจะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอหลังการซักล้าง เนื่องจากผ้าทอลายหลังซักล้างมีความลาดเอียงของเกรนผ้ามากกว่าผ้าทอก่อนซักล้าง อีกทั้งอาจเกิดจากอิมพีแดนซ์ (Impedance) ซึ่งมีผลทำให้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำกว่า [32-33]

4.4 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอที่มีสัดส่วนการใช้เส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง

เพื่อทำการศึกษาว่าการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสในการทอผ้าในรูปแบบที่แตกต่างกันจะมีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนและหลังซักล้างนั้น ได้ทำการเปรียบเทียบค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากผ้าทอที่มีโครงสร้างการทอเดียวกัน ซึ่งผ้าทอทั้งหมดมีโครงสร้างการทอ 3 แบบ ดังนี้

4.4.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัด

ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดที่มีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสที่แตกต่างกันทั้ง 4 แบบซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง

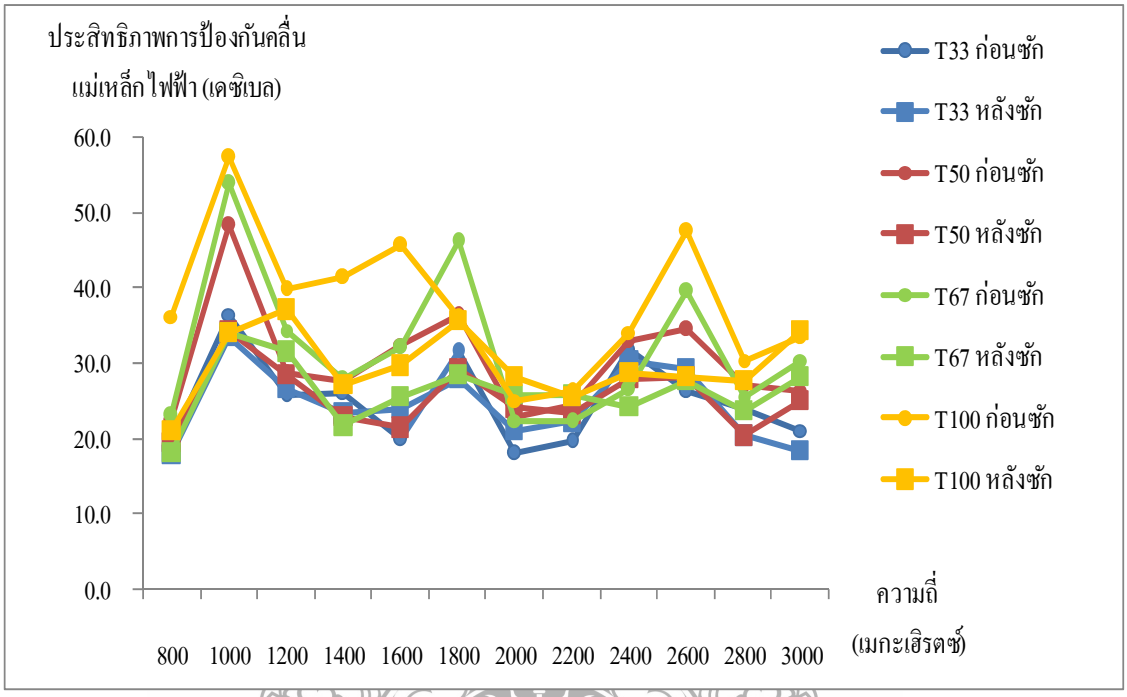
จากรูปที่ 4.17 จะแสดงว่าผ้าทอลายขัดทั้งก่อนซักล้างและหลังซักล้างที่ได้จากการทอแบบที่ 4 ซึ่งเป็นผ้าทอที่ทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมด โดยจะแทนผ้าด้วยรหัส P100 นั้นมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่าผ้าทอลายเดียวกันที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสที่น้อยกว่า

สำหรับผ้าทอลายขัดก่อนซักล้าง จะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าในช่วงความถี่ 1000 และ 1400-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 42.2 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 2200 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 24.2 เดซิเบล

สำหรับผ้าทอลายขัดหลังซักล้าง จะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าในช่วงความถี่ 800-1400 1800-2400 และ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 44.1 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 23.8 เดซิเบล

4.4.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยง

ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงที่มีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสที่แตกต่างกันทั้ง 4 แบบ ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง

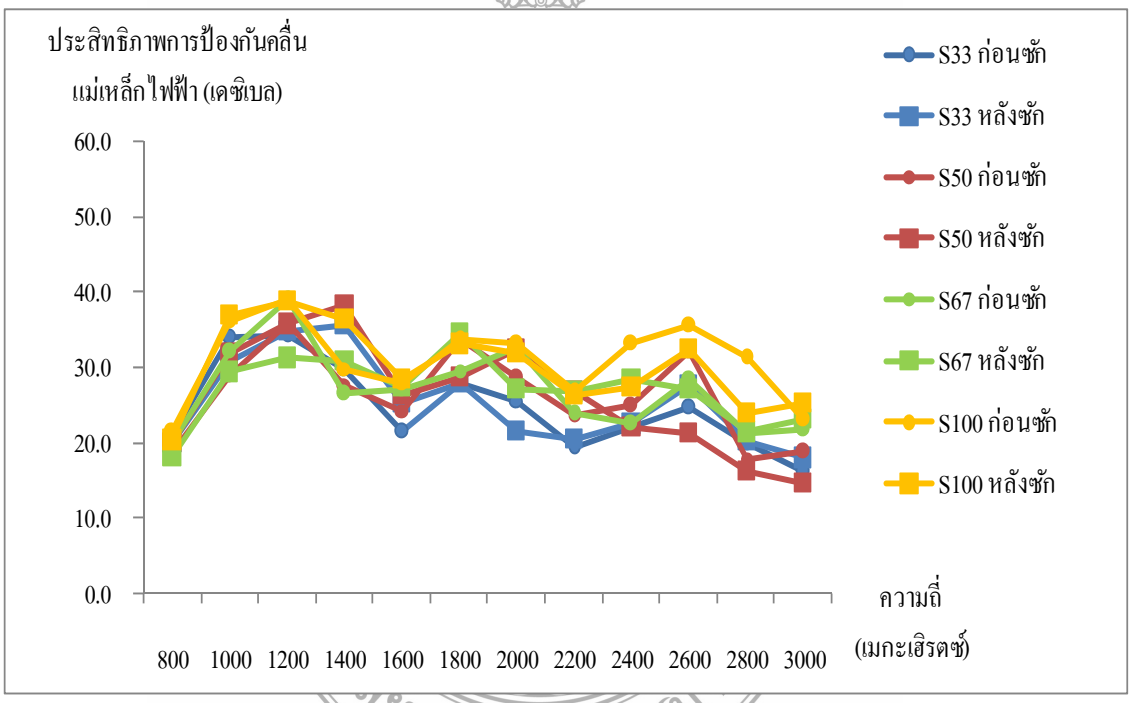
จากรูปที่ 4.18 จะพบว่าผ้าทอลายทแยงทั้งก่อนและหลังซักล้างที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมด โดยจะแทนผ้าด้วยรหัส T100 นั้นมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอลายเดียวกันที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสที่น้อยกว่า

สำหรับผ้าทอลายทแยงก่อนซักล้าง จะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าในช่วงความถี่ 800-1600 และ 2000-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 57.2 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 2000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.0 เดซิเบล

สำหรับผ้าทอลายทแยงหลังซักล้าง จะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าในช่วงความถี่ 800 1200-2000 และ 2800-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 37.0 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.9 เดซิเบล

4.4.3 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วน

ผลการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนที่มีสัดส่วนการใช้เส้นใยสแตนเลสที่แตกต่างกันทั้ง 4 แบบ ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วนที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบในแต่ละแบบทั้งก่อนและหลังซักล้าง

จากรูปที่ 4.19 จะพบว่าผ้าทอลายต่วนทั้งก่อนและหลังซักล้างที่ได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมด โดยจะแทนผ้าด้วย

รหัส S100 นั้นจะมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอลายเดียวกันที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสที่น้อยกว่า

สำหรับผ้าทอลายต่วนก่อนซักล้าง จะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าในช่วงความถี่ 800-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 39.1 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.3 เดซิเบล

สำหรับผ้าทอลายต่วนหลังซักล้าง จะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าในช่วงความถี่ 800-1200 1600 2000 และ 2600-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดจัดอยู่ในระดับ 5 ที่ช่วงความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 38.8 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดจัดอยู่ในระดับ 4 ที่ช่วงความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.3 เดซิเบล

4.5 ผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ สามารถจำแนกหรือจัดกลุ่มตามช่วงความถี่และความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงตัวอย่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยจำแนกตามช่วงความถี่คลื่น [7]

กิจการ/ลักษณะ	ช่วงความถี่โดยประมาณ
วิทยุกระจายเสียงระบบAM / ระบบ FM	526.5 - 1606.5 กิโลเฮิรตซ์ / 87 - 108 เมกะเฮิรตซ์
วิทยุโทรทัศน์	50 - 800 เมกะเฮิรตซ์
โทรศัพท์เคลื่อนที่	800 - 1000 เมกะเฮิรตซ์ / 1800 - 2000 เมกะเฮิรตซ์
เตาไมโครเวฟ / Wi-Fi / Bluetooth	2400 - 2500 เมกะเฮิรตซ์
รังสีอินฟราเรด	10^{11} - 10^{14}เฮิรตซ์
แสงที่มองเห็น	10^{14}เฮิรตซ์
รังสีอัลตราไวโอเลต	10^{15} - 10^{18}เฮิรตซ์
รังสีเอ็กซ์ (X-rays)	10^{16} - 10^{22}เฮิรตซ์
รังสีแกมมา (Gamma-rays)	10^{19} เฮิรตซ์ ขึ้นไป

จากการแสดงตัวอย่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยจำแนกตามช่วงความถี่คลื่นของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ หากนำผ้าทอสำหรับงานวิจัยนี้ไปใช้งานเพื่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆเหล่านั้น จะสามารถแสดงผลได้ดังนี้

1) ผ้าทอที่เหมาะสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากวิทยุโทรทัศน์คือ ผ้าทอรหัส P100 ที่เป็นผ้าทอลายขัดซึ่งได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมดซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงสุดที่ช่วงคลื่นความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ คือ 36.1 เดซิเบล

2) ผ้าทอที่เหมาะสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับความถี่ 800-1000 เมกะเฮิรตซ์ คือ ผ้าทอรหัส T100 ที่เป็นผ้าทอลายทแยงซึ่งได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมดซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงสุดที่ช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ คือ 57.2 เดซิเบลและผ้าทอที่เหมาะสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับความถี่1800-2000 เมกะเฮิรตซ์ คือ ผ้าทอรหัส S100 ที่เป็นผ้าทอลายต่วนซึ่งได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมด ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงสุดที่ช่วงคลื่นความถี่ 2000 เมกะเฮิรตซ์ คือ 33.1 เดซิเบล

3) ผ้าทอที่เหมาะสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากเตาไมโครเวฟ, สัญญาณ Wi-Fi และ Bluetooth คือ ผ้าทอรหัส T100 ที่เป็นผ้าทอลายทแยงซึ่งได้จากการทอโดยใช้เส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นด้ายควบทั้งหมดซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงสุดที่ช่วงคลื่นความถี่ 2400 เมกะเฮิรตซ์ คือ 34.0 เดซิเบล

4.6 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ

ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าทอสำหรับงานวิจัยนี้จะนำผ้าทอแต่ละแบบที่ได้จากการทอที่มีสมบัติของผ้าทอที่มีความแตกต่างกันมาทดสอบ ซึ่งจะแสดงผลการทดสอบดังนี้

4.6.1 การทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงของผ้าหลังการซักล้าง

(Dimensional stability to washing)

เป็นการทดสอบเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าทอ โดยจะนำไปซักล้างตามมาตรฐานการทดสอบ หมายเลข AATCC 135-2012 ซึ่งมีสภาวะการซักล้างเป็นหมายเลข 1 IIA(ii) คือซักด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30 ± 2^{0}C ด้วยจำนวนรอบของการซักที่ 12 นาทีต่อรอบการซัก จากนั้นนำผ้าไป

อบแห้งด้วยตู้อบผ้าที่อุณหภูมิ 60 ± 2^{0}C และทำการวัดผลพร้อมทั้งรายงานผลการทดสอบเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงของผ้าหลังการซักล้าง (หน่วย เปอร์เซ็นต์)

	แนวด้ายยืน		แนวด้ายพุ่ง	
รหัส	หลังซักรอบที่ 1	หลังซักรอบที่ 3	หลังซักรอบที่ 1	หลังซักรอบที่ 3
P33	-9	-9.7	-5.9	-5.4
P50	-11.3	-11.8	-5.4	-5.1
P67	-11.8	-11	-5.5	-5.2
P100	-10.3	-9.9	-1	-2.3
T33	-10.5	-11	-6.9	-8.2
T50	-10.8	-10.8	-5.4	-4.8
T67	-11.3	-11.7	-4	-5.5
T100	-11.3	-10	-2.5	-4.5
S33	-10.8	-10.1	-7.4	-7.9
S50	-12.8	-11.8	-11.6	-10.9
S67	-13.2	-13.2	-8.4	-7.9
S100	-13.7	-12.9	-7.4	-7.1

หมายเหตุ: (-) = ผ้าหดตัว (+) = ผ้ายืดตัว

จากตารางที่ 4.12 จะพบว่าผ้าทอทุกโครงสร้างจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตามแนวด้ายยืนมากกว่าตามแนวด้ายพุ่ง ซึ่งผ้าทอทุกโครงสร้างที่มีการทอโดยใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสมากที่สุดจะเกิดการหดตัวน้อยกว่าผ้าทอโครงสร้างแบบเดียวกันที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสน้อยกว่า เนื่องจากเส้นใยสแตนเลส บนผ้าทอนั้นๆ ไม่เกิดการหดตัวของผ้าทอเหมือนเส้นด้ายฝ้าย

4.6.2 การทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (Tensile Strength)

เป็นการทดสอบเพื่อหาความแข็งแรงของผ้าทอจากการดึงผ้าทอให้ขาดออกจากกัน ตามมาตรฐานการทดสอบหมายเลขASTM D5034-2012 ซึ่งจะเตรียมชิ้นทดสอบตามเกรนของผ้า

ทั้งหมด 2 แนวคือตามแนวเส้นด้ายยืนและแนวเส้นด้ายพุ่ง โดยจะทำการทดสอบด้วยเครื่อง INSTRON CRE และรายงานผลการทดสอบในหน่วยปอนด์ ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงขาด (หน่วย ปอนด์)

รหัส	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
P33	4.7	4.5
P50	4.1	3.8
P67	3.8	3.5
P100	3.8	3.5
T33	7.3	6.9
T50	6.7	5.8
T67	7	5.8
T100	6.3	6
S33	13	9.8
S50	12.4	10.8
S67	11.3	10.3
S100	12	10.1

จากตารางที่ 4.13 จะพบว่าผ้าทอทุกโครงสร้างจะมีค่าความแข็งแรงของผ้าทอต่อแรงดึงขาดตามแนวด้ายยืนมากกว่าตามแนวด้ายพุ่ง เนื่องจากจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วตามแนวด้ายยืนมีจำนวนมากกว่าจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วตามแนวด้ายพุ่ง

4.6.3 การทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (Tearing Strength)

เป็นการทดสอบเพื่อหาความแข็งแรงของผ้าทอจากการฉีกผ้าทอให้ขาดออกจากกันก่อนทำการดึงผ้าตามมาตรฐานการทดสอบหมายเลข ASTM D1424-2012 ซึ่งจะเตรียมชิ้นทดสอบตามเกรนของผ้าทั้งหมด 2 แนวคือตามแนวเส้นด้ายยืนและแนวเส้นด้ายพุ่ง โดยจะทำการทดสอบด้วยเครื่อง ELMENDORF TEAR STRENGTH และรายงานผลการทดสอบในหน่วยปอนด์ ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (หน่วย ปอนด์)

รหัส	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
P33	55.7	43.1
P50	62.2	48.3
P67	60.7	54.2
P100	57.8	56.4
T33	63.5	45.4
T50	63.1	47
T67	61.8	46.9
T100	59.2	47.9
S33	60.7	45.2
S50	63.1	44.5
S67	60.5	46.1
S100	58.7	45.1

จากตารางที่ 4.14 จะพบว่าผ้าทอทุกโครงสร้างจะมีค่าความแข็งแรงของผ้าทอต่อแรงฉีกขาดตามแนวด้ายยืนมากกว่าตามแนวด้ายพุ่ง เนื่องจากจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วตามแนวด้ายยืนมีจำนวนมากกว่าจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วตามแนวด้ายพุ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส ซึ่งโดยจะนำผ้าทอตามโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายต่วน มาศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสในรูปแบบการทอที่ต่างกัน ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1) จากรูปที่แสดงประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกรูปจะพบว่าที่ช่วงความถี่ 800 1400-1800 และ 3000 เมกะเฮิรตซ์ จะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ลดลง มีลักษณะเป็นรูปร่างคล้ายตัวอักษร “M” ซึ่งขัดแย้งกับหลักทฤษฎีของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่จะแสดงว่าวัสดุที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีค่าการป้องกันสูงขึ้นที่ช่วงความถี่สูงขึ้น นอกจากนี้เส้นใยสแตนเลสไม่สามารถเลือกช่วงความถี่ที่จะมีผลกระทบต่อการป้องกัน ดังนั้นผลกระทบโดยตรงที่ทำให้ผ้าทอเหล่านี้มีค่าการป้องกันที่แตกต่างและไม่ตรงกับหลักทฤษฎีอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากขนาดของช่องว่างระหว่างเส้นด้าย (Pore permeability) และผลกระทบจากช่องว่างนั้น อีกทั้งอาจเกิดการเหนี่ยวนำภายในของวัสดุป้องกันเมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบ ทำให้เกิดปรากฏการณ์อิมพีแดนซ์ (Impedance) ซึ่งเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลดลง [33]

2) ที่สภาวะก่อนซักล้างสำหรับผ้าทอทั้ง 12 แบบ ผ้าทอส่วนใหญ่ที่มีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าคือผ้าทอโครงสร้างลายทแยง โดยจะพบในการทอตามรูปแบบที่ 1 แบบที่ 3 และแบบที่ 4 ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายทแยงในแต่ละรูปแบบการทอนั้น เป็นผลจากน้ำหนักของผ้าและค่าการปกคลุมที่มากกว่า เนื่องจากผ้าทอที่มีน้ำหนักมากจะแสดงถึงจำนวนเส้นใยสแตนเลสต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มากเช่นกัน ดังนั้นจึงทำให้ผ้าทอนั้นมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่า อีกทั้งค่าการปกคลุมจะมีผลต่อช่องว่าง (Pore permeability) ระหว่างเส้นด้ายในผ้าทอทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถผ่านทะลุได้ เป็นผลทำให้ค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลดลง [33]

3) ที่สภาวะหลังซักล้างสำหรับผ้าทอทั้ง 12 แบบ ผ้าทอส่วนใหญ่ที่มีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าคือผ้าทอโครงสร้างลายขัด โดยจะพบในการทอตามรูปแบบที่ 3 และแบบที่ 4 ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายขัดในแต่ละรูปแบบการทอนั้น เป็นผลจากเกรนของผ้าลายขัดมีความลาดเอียงน้อยกว่า ทำให้ผิวสัมผัสของผ้าคงรูปเป็นระนาบมากกว่าผ้าทอลายทแยงและผ้าทอลายต่วนที่สภาวะหลังซักซึ่งจะมีความลาดเอียงมากกว่า

ทำให้ผ้าเกิดการโค้งงอและมีผิวสัมผัสเป็นคลื่นๆ เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าไปตกกระทบอาจทำให้เกิดอิมพีแดนซ์ (Impedance) ซึ่งอาจมีผลต่อค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ลดลง [33]

4) ผ้าทอทุกโครงสร้างที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบตามแนวด้ายพุ่งมากที่สุดจะมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าผ้าทอโครงสร้างเดียวกันที่มีการใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบน้อยกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผ้าทอทุกโครงสร้างจะมีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่าเมื่อมีการสอดแทรกเส้นใยสแตนเลสในการทอที่มากกว่า

5) ผ้าทอแต่ละโครงสร้างจะมีแนวโน้มค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละช่วงความถี่ที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ควรเลือกผ้าทอที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้นเช่นกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บรรณานุกรม

[1] Wikipedia's contributors, Wikipedia.org (online), 2014,Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Non-ionizing_radiation, (Aug2014).

[2] กมลทิพย์ ใหม่วงศ์ธำรง,การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงในประเทศไทย,วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,ปทุมธานี, 2554.

[3] Hui S, Jianping W, Xiaona C. and Yanzhen W., Research on Electromagnetic Shielding Clothing,IEEE,Voi.1, p. 211-213,26-30 July 2011.

[4] ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์และคณะ, วัสดุสิ่งทอสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ตอนที่1),Colourway18 (No.104): ISSN: 0859-1849, หน้า23-26, Jan-Feb 2013.

[5] Learning module on Earth Science and Astronomy, www.rmuttphysics.com(online), 2003, Available: http://www.rmutphysics.com/PHYSICS/emw1, (12Aug 2014).

[6] LESA, www.rmuttphysics.com (online), 2003, Available:http://www.lesa.biz/astronomy/llight/em-waves, (12 Aug 2014).

[7] สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, เอกสารเผยแพร่สำหรับผู้บริโภคเรื่องความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม,ฉบับที่1, หน้า1.

[8] Webmaster, www.dekphysics.com (online), 2010 Available: http://dekphysics.com/tewarit/k/K71.pdf, (12 Aug 2014).

[9] Electromagnetic Radiation Protection, www.emfsafespace.ie (online), 2013, Available: http://nuclearfootprints.com/?attachment_id=1973, (1 May 2014).

[10] Wikipedia's contributors (read/edit), www.wikiwand.com (online), Available: http://www.soeks.co.uk/radiation.html, (1 May 2014).

[11] Hermes project for Systematic Measurements of the Electromagnetic Radiation, http://hermes.physics.auth.gr (online), 2002, Available: http://curriculum.cna.ca/curriculum/can_radiation/nonionizing_rad-eng, (1 May 2014).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] Electromagnetic Radiation Protection, www.emfsafespace.ie (online), 2013, Available: http://www.safespaceprotection.com/electrostress-from-home-appliances.aspx, (1 May 2014).

[13] SchoolnetThailand, www.web.ku.ac.th (online), 1999, Available:http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/saowalak/electromagnet/e-wave.htm, (1 May 2014).

[14] อรรถพล บุญช่วย, วัสดุป้องกันการแทรกแซงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำมาจากยางธรรมชาติ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์, คณะวิทยาศาสตร์,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 2549.

[15] Webmaster, www.emiguru.com (online), 2011, Available:http://www.emiguru.com, (5 May 2014).

[16] Taiwan Textile Federation, www.ftts.org.tw.com (online), Specified Requirements of Electromagnetic Shielding, Available: www.ftts.org.tw/images/fa003E.pdf, (5 May 2014).

[17] Prawinrat, www.prawinrat.com (online), หลักการทอเบื้องต้น, Available: http://prawinrat.com/textiledesign/basic_design.htm (6 Sep 2014).

[18] Webmaster, www.textileknowledge (online), เมอร์ด้าย, Available: http://www.textile knowledge.com/p=48, (9 Sep 2014).

[19] Prawinrat, www.prawinrat.com (online), Aailable: http://prawinrat.com/textiledesign/basic_design.htm, (6 Sep 2014).

[20] Webmaster, www.textiledesign.com (online), การออกแบบสิ่งทอ, Available: https://sites.google.com/site/textiledesign/normalknowledge, (6 Sep 2014).

[21] Kim, M.S., et al., PET fabric/polypyrrole composite with high electrical conductivity for EMI shielding, Synthenic Metals, 126, pp.233-239, 2002.

[22] Dhawan, S.K., Singh, N. and Venkatachlam, S. Shielding effectiveness of conducting polyaniline coated fabrics at 101 GHz, Synthetic Metals, 125, pp.389-393, 2002.

[23] Dhawan, S.K., Singh, N. and Rodriguez, D. Electromagnetic shielding behavior of conducting polyaniline composites, Science and technology of Advanced Materials,4, pp.1-9, 2003.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[24] Lee, C.Y., *et al*. Electromagnetic interference shielding by using conductive polypyrroleand metal compound coated on fabrics, Polymers for Advanced Technologies. 13, pp. 577-583, 2002.

[25] Ting, T. Properties of metal fiber filled thermoplastics as candidates for electromagnetic interference shielding, Polymers and Polymer Composites, 9, pp.257-262, 2002.

[26] Hui, S., et al. Research on Electromagnetic shielding clothing. Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference (CSQRWC), IEEE, pp.211-213, 2011.

[27] Bonaldi, R.R., Siores, E. and Shah, T. Electromagnetic shielding characterization of several conductive fabrics for medical applications. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, 2(4), pp.245-253, 2010.

[28] Xudong Yang, Electromagnetic interference shielding by using conductive polypyrrole and metal compound coated on fabrics, Polymers for Advanced Technologies. 13, pp.577-583, 2002.

[29] HouseyinGaziOrtlek, Shielding effectiveness of conducting polyaniline coated fabrics at 101 GHz, Synthetic Metals. 125, pp.389-393, 2002.

[30] Chen Ying, Electromagnetic shielding characterization of several conductive fabrics for medical applications, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, 2(4), pp.245-253, 2010.

[31] Wen Xue, Properties of metal fiber filled thermoplastics as candidates for electromagnetic interference shielding, Polymers and Polymer Composites, 9, pp.257-262, 2001.

[32] HouseyinGaziOrtlek, Omer GalipSaracoglu, OznurSaritas, and SinemBilgin, Electromagnetic Shielding Characteristics of Woven fabrics Made of Hybrid YarnsContaining Metal Wires, Fibers and Polymers 2012, Vol.13 No.1, p.63-67, 2012.

[33] Wen Xue, Lan Cheng, Ang Li, Nannan Jiao, Bowen chen, Tonghua Zhang, Research on Electromagnetic Shielding Effectiveness of Composite Fabrics Made by Stainless Steel Fiber. Advanced Materials Research Vols. 821-822, p.888-893, 2013.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าการปกคลุม

ภาคผนวก ก

ค่าการปกคลุม (Cover Factor)

ค่าการปกคลุม (Cover Factor) เป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงขอบเขตที่พื้นที่ของผ้าทอถูกปกคลุมด้วยเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง สำหรับค่าการปกคลุมของเส้นด้ายฝ้ายจะเป็นอัตราส่วนของจำนวนเส้นด้ายต่อนิ้วต่อรากที่สองของเบอร์เส้นด้ายฝ้าย

$$\text{ค่าการปกคลุม} = \frac{n}{\sqrt{N}}$$

n คือจำนวนเส้นด้ายต่อนิ้ว

N คือเบอร์เส้นด้ายฝ้าย

ดังนั้นผ้าทอจะมีค่าการปกคลุมทั้งหมด 2 ค่าคือค่าการปกคลุมของผ้าตามแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง

$$K_{fabric} = K_w + K_f$$

K_{fabric} คือค่าการปกคลุมของผ้า

K_w คือค่าการปกคลุมของผ้าแนวด้ายยืน

K_f คือ ค่าการปกคลุมของผ้าแนวด้ายพุ่ง

ตารางที่ ก.1 ค่าการปกคลุมของผ้าทอก่อนซัก

รหัส	เส้นด้ายยืน	ค่าการปกคลุมแนวด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	ค่าการปกคลุมแนวด้ายพุ่ง	ค่าการปกคลุมผ้าทอ
P33	62	13.964	52	11.712	25.7
P50	62	13.964	52	11.712	25.7
P67	62	13.964	54	12.162	26.1
P100	62	13.964	52	11.712	25.7

ตารางที่ ก.1 ค่าการปกคลุมของผ้าทอก่อนซัก (ต่อ)

รหัส	เส้นด้ายยืน	ค่าการปกคลุมแนวด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	ค่าการปกคลุมแนวด้ายพุ่ง	ค่าการปกคลุมผ้าทอ
T33	62	13.964	54	12.162	26.1
T50	62	13.964	54	12.162	26.1
T67	63	14.189	54	12.162	26.4
T100	62	13.964	55	12.387	26.4
S33	62	13.964	52	11.712	25.7
S50	62	13.964	52	11.712	25.7
S67	60	13.514	51	11.486	25.0
S100	62	13.964	52	11.712	25.7

ตารางที่ ก.2 ค่าการปกคลุมของผ้าทอหลังซัก

รหัส	เส้นด้ายยืน	ค่าการปกคลุมแนวด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	ค่าการปกคลุมแนวด้ายพุ่ง	ค่าการปกคลุมผ้าทอ
P33	74	16.216	66	14.8649	31.1
P50	72	16.216	69	14.8649	31.1
P67	72	16.216	66	14.8649	31.1
P100	70	16.216	71	15.3153	31.5
T33	73	16.441	68	15.7658	32.2
T50	71	16.216	68	15.7658	32.0
T67	74	16.667	70	15.7658	32.4
T100	73	16.441	68	15.9910	32.4
S33	73	16.441	67	15.0901	31.5
S50	72	16.216	67	15.0901	31.3
S67	75	16.441	70	15.7658	32.2
S100	72	16.216	73	15.7658	32.0

ภาคผนวก ข

เอกสารเผยแพร่งานวิจัย

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

ที่ วร 64 / 2559

28 มิถุนายน 2559

เรื่อง ตอบรับตีพิมพ์บทความลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

เรียน นางสาวมัลลิกา ทองเจริญ

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง "การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส" เพื่อขอตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ทางกองบรรณาธิการได้พิจารณาแล้วเห็นควรให้ตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มิถุนายน 2559 ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต แสงสวัสดิ์)
หัวหน้ากองบรรณาธิการ
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
โทรศัพท์: 0 2549 3493 โทรสาร: 0 2549 3493 e-mail: enjournal@en.rmutt.ac.th
www.engineer.rmutt.ac.th/journal

การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส

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

มัลลิกา ทองเจริญ[1] สมประสงค์ ทายประเทศ[2] และรัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์[3]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
โทร. : 02-629-9153-7 โทรสาร: 02-629-9151 Email: tomullika@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส ซึ่งเส้นด้ายที่นำไปทอผ้าเป็นเส้นด้ายควบระหว่างฝ้าย/สแตนเลส นำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายต่วน เพื่อศึกษาโครงสร้างผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสในรูปแบบการทอที่ต่างกัน 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

1. บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลกับการใช้ชีวิตประจำวันมาก เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวมีการแผ่คลื่นหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากรายงานการศึกษาวิจัยหลายฉบับ [1] พบว่าการสัมผัสสนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน (Extremely Low Frequency Electromagnetic Field, ELF-EMF) โดยตรงอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพขึ้นได้จากหลายโรค เช่น โรคมะเร็งสมอง โรคมะเร็งทรวงอก และโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว จากผลและอันตรายที่เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการป้องกัน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีและกำลังใช้วัสดุสิ่งทอก็เป็นอีกวิธี

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[3]อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องนุ่งห่มสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หนึ่งที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เช่น สวมใส่เสื้อผ้าที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าถึงตัวเราน้อยที่สุด โดยทั่วไปคาจมี 3 แนวทางในการพัฒนาและออกแบบเสื้อผ้าสำหรับป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ [2, 3]

1) การใช้ผ้าที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำการออกแบบตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่มีลักษณะโครงสร้างและสไตล์ที่มีความแตกต่างกันออกไป

2) การใช้วัสดุที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำเป็นแผ่นรองใน (Lining) หรือนำมาบุด้านในของเสื้อผ้า

3) การใช้วัสดุหรือสารเคลือบด้านนอกของตัวเสื้อผ้าสำเร็จรูปเพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอที่ผลิตจากเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส นำไปทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐานคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายต่วน เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างของผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งที่ต่างกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเพิ่มความหลากหลายในการใช้งานเฉพาะทาง

ผ้าทอที่นำมาศึกษาวิจัยเป็นผ้าทอที่ทอจากเส้นด้ายยืนคือเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne และเส้นด้ายพุ่งจะใช้เส้นด้าย 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne ส่วนอีกกลุ่มเป็นเส้นด้ายควบระหว่างเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne กับเส้นใยสแตน-เลสขนาด 0.3 มิลลิเมตร โดยนำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐาน คือ ผ้าทอลายขัด 1/1 ผ้าทอลายทแยง 2/1 และผ้าทอลายต่วน 1/4 ดังแสดงตัวอย่างผ้าทอตามรูปที่ 1

ผ้าทอลายขัด 1/1

ผ้าทอลายทแยง 2/1

ผ้าทอลายต่วน 1/4

รูปที่ 1 ตัวอย่างผ้าทอ 3 โครงสร้าง

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสของผ้าทอแต่ละโครงสร้างนั้น จะกำหนดการทอผ้าต่อ 1 ซ้ำประกอบด้วยเส้นด้ายยืนเป็นเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne ทั้งหมดและเส้นด้ายพุ่งแบ่งรูปแบบการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสเป็น 4 แบบ ประกอบด้วย

1) แบบที่ 1 กำหนดเป็นเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne จำนวน 2 เส้นกับเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำ

2) แบบที่ 2 กำหนดเป็นเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne จำนวน 1 เส้นกับเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตน-เลส จำนวน 1 เส้นต่อ 1 ซ้ำ

3) แบบที่ 3 กำหนดเป็นเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne จำนวน 1 เส้นกับเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส จำนวน 2 เส้นต่อ 1 ซ้ำ

4) แบบที่ 4 กำหนดเป็นเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสทั้งหมดต่อ 1 ซ้ำ

ซึ่งรูปแบบการใช้สัดส่วนของเส้นใยสแตนเลสที่ต่างกันตามแนวด้ายพุ่ง จะแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้สัดส่วนเส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสตามแนวด้ายพุ่ง

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 โครงสร้างตามการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสที่ต่างกัน จะมีตัวอย่างผ้าทอเพื่อการศึกษาวิจัยทั้งหมดจำนวน 12 ชิ้น ดังแสดงตามตารางที่ 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 และS33 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งต่อการทอผ้า 1 ซ้ำเป็น 33% ผ้าทอรหัส P50 T50 และS50 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งต่อการทอผ้า 1 ซ้ำเป็น 50% สำหรับผ้าทอรหัส P67 T67 และS67 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งต่อการทอผ้า 1 ซ้ำเป็น 67% และผ้าทอรหัส P100 T100 และ S100 จะมีการใช้สัดส่วนเส้นใยแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งทั้งหมดต่อการทอผ้า 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

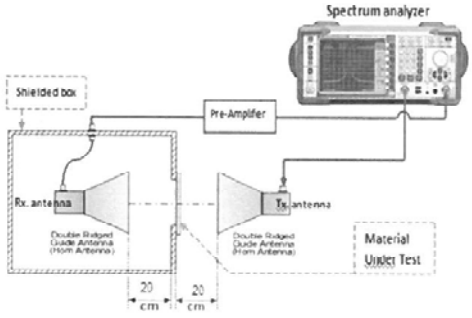
จากนั้นนำผ้าทอทั้งหมดที่ได้จากการทอตามรูปแบบการทอที่ต่างกัน ไปทดสอบเพื่อหาสมบัติของผ้าทอดังแสดงตามตารางที่ 4 ซึ่งจะมีสมบัติของผ้าที่ประกอบด้วย จำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้ว ความหนาของผ้า และน้ำหนักของผ้า

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 พบว่าผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วตามแนวด้ายพุ่งมากที่สุดและผ้าทอลายทแยงที่มีรูปแบบการทอที่มีการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่งจะมีน้ำหนักของผ้ามากที่สุด สำหรับผ้าทอลายขัดจะมีน้ำหนักของผ้ารองลงมาจากผ้าทอลายทแยง และสำหรับผ้าทอลายต่วนจะมีความหนาของผ้ามากที่สุด

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



รูปที่ 2 การจัดเตรียมเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [4]

หลังการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอ จะนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไปประเมินผลการทดสอบ โดยเปรียบเทียบจากระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีการจำแนกไว้ทั้งหมด 2 กลุ่ม คือกลุ่มสำหรับผู้ใช้งานที่ต้อง

สัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยตรงและกลุ่มสำหรับใช้งานเสื้อผ้าสวมใส่ทั่วไป สำหรับงานวิจัยนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป [5] ซึ่งมีทั้งหมด 5 ระดับ มีความแตกต่างตามค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังแสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป

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

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	P33	P50	P67	P100
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

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	T33	T50	T67	T100
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

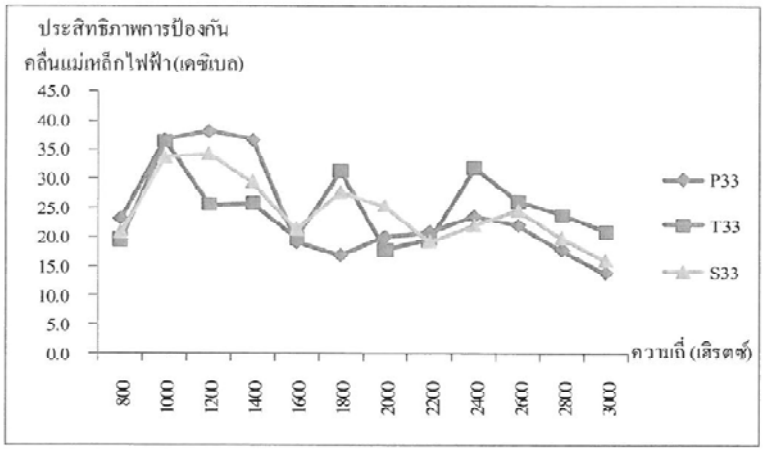
ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอลายต่วน (หน่วย: เดซิเบล)

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 พบว่าผ้าทอลายต่วนจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.1 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.0 เดซิเบล

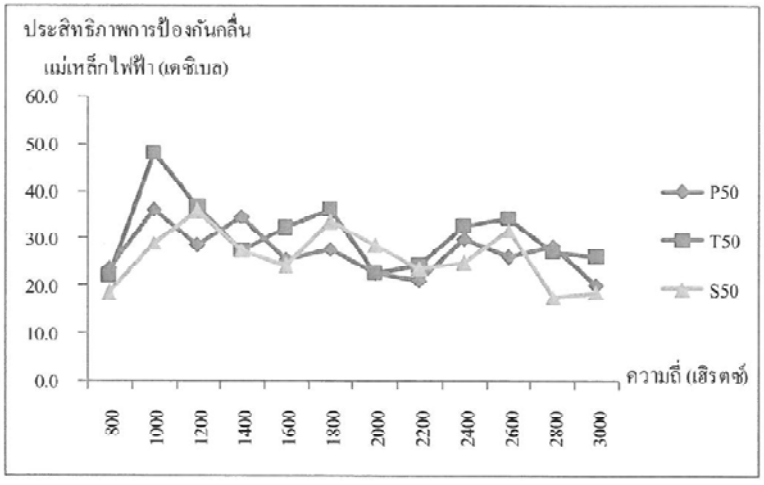
จากค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามตารางที่ 6-8 พบว่าผ้าทอแต่ละโครงสร้างที่มีรูปแบบการทอโดยการใช้สัดส่วนเส้นใยแบบที่ 4 ที่เป็นการทอโดยใช้เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลสทั้งหมดตามแนวด้ายพุ่ง จะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุด สามารถเทียบเท่ากับระดับ 5 (SE > 30) จากตารางบ่งชี้ระดับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป ซึ่งเป็นผ้าทอรหัส P100 T100 และ S100 และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเท่ากับ 42.2 57.2 และ 39.1 เดซิเบลตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการสอดแทรกเส้นใยสแตนเลสในการทอผ้าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอได้และค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะดีที่สุดเมื่อมีการใช้สัดส่วนของเส้นใยสแตนเลสที่มากที่สุดในการทอผ้า

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



รูปที่ 3 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 1

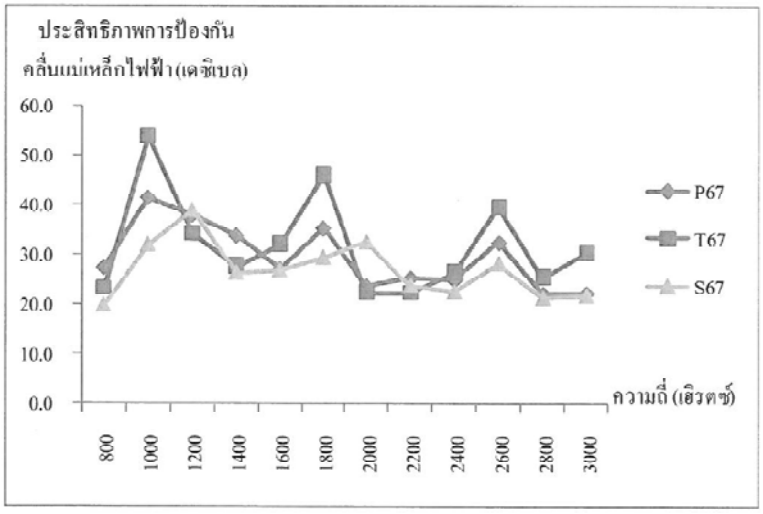
จากรูปที่ 3 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสรูปแบบที่ 1 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน ซึ่งสามารถพบชัดเจนที่ช่วงคลื่นความถี่ 2400-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 21.0–31.9 เดซิเบล พบค่าการป้องกันที่ดีที่สุดเทียบเท่าระดับ 5 ในช่วงคลื่นความถี่ 2400 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.9 เดซิเบลและพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดเทียบเท่าระดับ 4 ในช่วงคลื่นความถี่ 3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.0 เดซิเบล จากการศึกษาผลและเปรียบเทียบพบว่า ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายต่วนมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีรองลงมาจากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากความหนาของผ้าทอลายต่วนมากกว่าผ้าทอลายขัดเมื่อเปรียบเทียบจากการกำหนดการทอผ้าเป็นรูปแบบที่ 1



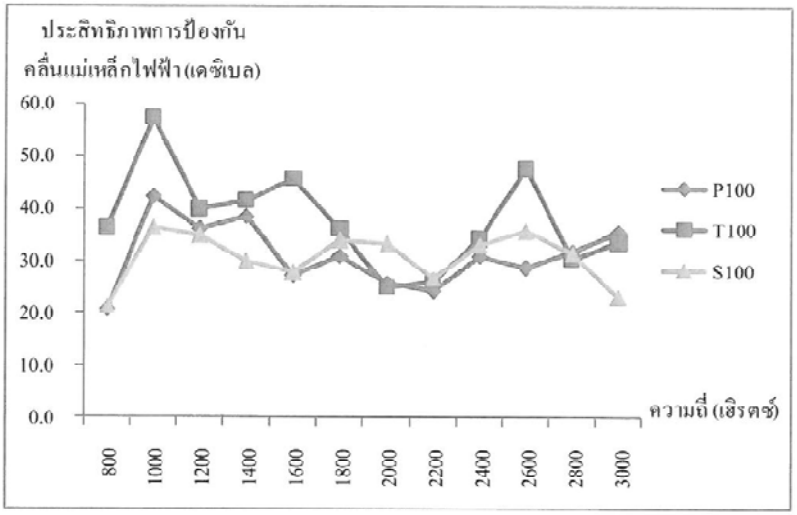
รูปที่ 4 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 2

จากรูปที่ 4 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสรูปแบบที่ 2 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายด่วน ซึ่งสามารถพบชัดเจนที่ช่วงคลื่นความถี่ 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 จากการศึกษาผลและเปรียบเทียบพบว่า ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายด่วน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายขัดมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีรองลงมาจากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากสัดส่วนร้อยละของเส้นใยสแตนเลสของผ้าทอลายขัดมีมากกว่าผ้าทอลายด่วนเมื่อเปรียบเทียบจากการกำหนดการทอผ้าเป็นรูปแบบที่ 2

จากรูปที่ 5 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสรูปแบบที่ 3 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายด่วน ซึ่งสามารถพบชัดเจนที่ช่วงคลื่นความถี่ 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 ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายด่วน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายขัดมีค่าแนวโน้มการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีรองลงมาจากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากผ้าทอลายขัดมีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายด่วน อีกทั้งยังมีน้ำหนักผ้ามากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสตามแนวด้ายพุ่งมีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบจากการกำหนดการทอผ้าเป็นแบบที่ 3



รูปที่ 5 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 3



รูปที่ 6 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอแบบที่ 4

จากรูปที่ 6 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอที่กำหนดการใช้สัดส่วนเส้นใยสแตนเลสรูปแบบที่ 4 พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน ซึ่งสามารถพบชัดเจนที่ช่วงคลื่นความถี่ 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 จากการศึกษาผลและเปรียบเทียบพบว่าผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้าและสัดส่วนร้อยละของเส้นใยสแตนเลสของผ้าทอมากกว่า จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าเนื่องจากจำนวนเส้นใยสแตนเลสมีมากกว่า สำหรับผ้าทอลายต่วนมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีรองลงมาจากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากของผ้าทอลายต่วนมีความหนาของผ้ามากกว่าผ้าทอลายขัดเมื่อเปรียบเทียบจากการกำหนดการทอผ้าเป็นรูปแบบที่ 4

จากผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอของผ้าสำหรับงานวิจัยนี้ พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน เนื่องจากจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้ว น้ำหนักของผ้า และสัดส่วนร้อยละของเส้นใยสแตนเลสในผ้าทอลายทแยงมีมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หากคำนึงถึงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันที่ดีที่สุด ควรเลือกใช้ผ้าทอที่มีการใช้สัดส่วนของเส้นใยสแตนเลสมากที่สุด ซึ่งเส้นใยสแตนเลสจะทำหน้าที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สูงด้วยเช่นกัน

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเพื่อการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอนี้ ได้ดำเนินการลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากการได้รับความอนุเคราะห์สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือทุกด้านจากอาจารย์ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับเส้นด้ายฝ้าย จากบริษัทยูไนเต็ดการ์ฝ้ายจำกัด สำหรับการทอผืนผ้า จากอาจารย์ศิริอร วณิชโชตยานนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ อีกทั้งคำแนะนำในการทดสอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC) และสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบผืนผ้า จากบริษัทวีเคฟชลสซึ่งจำกัดประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

[1] กมลทิพย์ ไหม่วงศ์ธำรง, 2554. **การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[2] Hui S, Jianping W, Xiaona C. and Yanzhen 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] ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, นิตยา ทับเทิมทัย, ศิริอร วณิชโชตยานนท์, จรูญ คล้ายจ้อย, เสาวนีย์ อารีจงเจริญ, ก้องเกียรติ เหมาอินทร์, สาคร ชลสาครและกิติยาพรรณ โพธิ์ต่าม, 2555 **วัสดุสิ่งทอสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ตอนที่1).** Colourway. 18 (104) (Jan-Feb 2013): 23-26. ISSN: 0859-1849.

[4] ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC), 2557: แฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์

[5] Taiwan Textile Federation. **Specified Requirements of Electromagnetic Shielding** (online), เข้าถึงได้จาก : www.ftts.org.tw/images/fa003E.pdf (3 มีนาคม 2005).

มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
มหาวิทยาลัยพิษณุโลก มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ และวิทยาลัยทองสุข

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

นางสาวมัลลิกา ทองเจริญ

ได้นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ ๖
ณ อาคารคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
ให้ไว้ ณ วันที่ ๒๓ เดือนกรกฎาคม พุทธศักราช ๒๕๕๙

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิรพล จิยะจันทน์)
รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

การศึกษาโครงสร้างผ้าทอจากฝ้าย/สแตนเลส เพื่อประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

A Study on Cotton/Stainless Steel woven construction for Electromagnetic Shielding Effectiveness

ผู้วิจัย นางสาวมัลลิกา ทองเจริญ
สาขาวิชาสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. สมประสงค์ ภาษาประเทศ
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร. รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์
ภาควิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอจากเส้นด้ายควบระหว่างฝ้าย/สแตนเลส โดยนำเส้นด้ายควบนี้มาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายต่วน เพื่อศึกษาโครงสร้างผ้าทอที่มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากผลการศึกษาพบว่าผ้าทอทุกโครงสร้างที่ทอจากเส้นด้ายควบระหว่างฝ้าย/สแตนเลส มีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี ซึ่งผ้าทอโครงสร้างลายทแยงจะมีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอโครงสร้างลายขัดกับลายต่วน เนื่องจากผ้าทอลายทแยงมีสัดส่วนร้อยละของเส้นใยสแตนเลสมากกว่า จึงมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่า

คำสำคัญ: เส้นด้ายฝ้าย, เส้นใยสแตนเลส, เส้นด้ายควบ, คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, การป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

Abstract

This research is studied the electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics that is woven by plied yarn of cotton yarn and stainless steel fibers into 3 basic structures i.e. plain weave, twill weave and sateen weave. The effect of fabric structure is investigated in Electromagnetic shielding effectiveness on this research. The results showed that woven fabrics that made from piled yarn i.e. cotton yarn and stainless steel fibers in all structures had a good electromagnetic shielding effectiveness. The woven fabric of twill structure had higher electromagnetic shielding effectiveness due to the twill woven fabric had higher stainless steel fiber content.

Key Word (s): cotton yarn, stainless steel fiber, plied yarn, electromagnetic wave, electromagnetic shielding effectiveness

บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลกับการใช้ชีวิตประจำวันมาก เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวมีการแผ่คลื่นหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากรายงานการศึกษาวิจัยหลายฉบับ [1] พบว่าการสัมผัสสนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน (Extremely Low Frequency Electromagnetic Field, ELF-EMF) โดยตรงอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพขึ้นได้จากหลายโรค เช่น โรคมะเร็งสมอง โรคมะเร็งทรวงอก และโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว จากผลและอันตรายที่เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการป้องกัน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี และการใช้วัสดุสิ่งทอก็เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เช่นสวมใส่เสื้อผ้าที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าถึงตัวเราน้อยที่สุด โดยทั่วไปอาจมี 3 แนวทางในการพัฒนาและออกแบบเสื้อผ้าสำหรับป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ [2, 3]

1) การใช้ผ้าที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำการออกแบบตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่มีลักษณะโครงสร้างและสไตล์ที่มีความแตกต่างกันออกไป
2) การใช้วัสดุที่สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำเป็นแผ่นรองใน (Lining) หรือนำมาบุด้านในของเสื้อผ้า
3) การใช้วัสดุหรือสารเคลือบด้านนอกของตัวเสื้อผ้าสำเร็จรูปเพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาและเตรียมวัสดุที่ใช้ในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการเสริมเส้นใยสแตนเลส(stainless steel fiber) ในขั้นตอนการทอผ้าฝ้าย
2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างของการทอต่อความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอ

กรอบแนวความคิดในการทำการวิจัย

ปัจจัยหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการป้องกันการแทรกแซงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือวัสดุต้องมีสภาพการนำไฟฟ้าที่ดี ดังนั้นการเพิ่มการนำไฟฟ้าให้กับวัสดุสิ่งทอให้มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้นั้นสามารถทำได้โดย

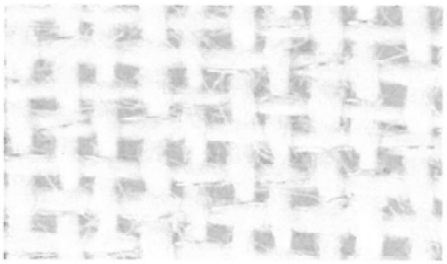
1) ใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติในการนำไฟฟ้า เช่น polyaniline, polypyrole และ polythiophene ในการปรับสภาพวัสดุสิ่งทอ
2) ใช้วัสดุที่นำไฟฟ้าได้ เช่น เส้นใยโลหะและเส้นใยคาร์บอน มาประยุกต์ใช้ในวัสดุสิ่งทอ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเอาเส้นด้ายฝ้ายมาควบเกลียวกับเส้นใยสแตนเลส ซึ่งได้เลือกใช้เส้นด้ายฝ้ายเนื่องจากเป็นเส้นใยธรรมชาติที่สามารถดูดซึมน้ำได้ดี ระบายอากาศได้ดี เมื่อนำมาทำเป็นเสื้อผ้าทำให้สวมใส่

สบาย อีกทั้งยังให้ผิวสัมผัสที่นุ่ม ทำให้ลดความกระด้างของเส้นใยสแตนเลส ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีสภาพการนำไฟฟ้าสามารถสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ อีกทั้งราคาไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับเส้นใยโลหะชนิดอื่นๆ เช่น เงิน คาร์บอน และสังกะสี เป็นต้น ดังนั้นเมื่อนำมาทอเป็นผืนผ้า จะทำให้ผ้าทอมีความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายในการใช้งานเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

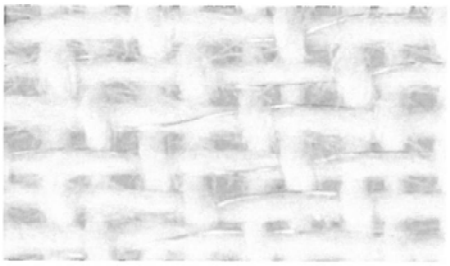
วิธีการวิจัย

ผ้าทอที่นำมาศึกษาวิจัยเป็นผ้าทอที่ทอจากเส้นด้ายยืนคือเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne และเส้นด้ายพุ่งจะใช้เส้นด้ายควบระหว่างเส้นด้ายฝ้ายขนาดเบอร์ 30 Ne กับเส้นใยสแตนเลสขนาด 0.3 มิลลิเมตร โดยนำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างพื้นฐานทั้ง 3 แบบคือ ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยง และผ้าทอลายต่วน ดังแสดงตัวอย่างผ้าทอตามรูปที่ 1

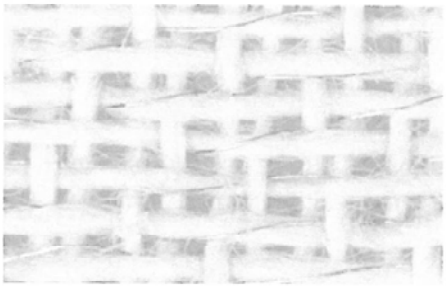


ผ้าทอลายขัด

รูปที่ 1 ตัวอย่างผ้าทอ 3 โครงสร้าง



ผ้าทอลายทแยง



ผ้าทอลายต่วน

รูปที่ 1 ตัวอย่างผ้าทอ 3 โครงสร้าง (ต่อ)

เมื่อทำการทอผ้าตามโครงสร้างที่กำหนดซึ่งมีความแตกต่างกันตามโครงสร้างนั้น จะมีตัวอย่างผ้าทอเพื่อการศึกษาวิจัยทั้งหมดจำนวน 3 แบบ ดังแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำแนกชิ้นงานทดสอบตามโครงสร้างของผ้า

รหัส	โครงสร้างผ้า	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง
P100	ลายขัด	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส
T100	ลายทแยง	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส
S100	ลายต่วน	เส้นด้ายฝ้าย	เส้นด้ายควบฝ้าย/สแตนเลส

และเมื่อนำผ้าทอจากตารางที่ 1 มาทดสอบเพื่อหาสัดส่วนร้อยละของเส้นด้ายในผ้าทอตามมาตรฐานการทดสอบหมายเลข ISO1833 ซึ่งแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 2 พบว่าผ้าทอรหัส T100 ซึ่งเป็นผ้าทอลายทแยงจะมีร้อยละของเส้นใยสแตนเลสมากที่สุดในปริมาณ 14.2 %

ตารางที่ 2 สัดส่วนร้อยละของเส้นใยในผ้าทอ

รหัส	เส้นใยฝ้าย	เส้นใยสแตนเลส
P100	86.4 %	13.6 %
T100	85.8 %	14.2 %
S100	86.4 %	13.6 %

นอกจากนี้ผ้าทอนั้นจะมีคุณสมบัติต่างๆ ดังแสดงตามตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วตามแนวด้ายพุ่งมากที่สุดและมีน้ำหนักผ้ามากที่สุด สำหรับผ้าทอลายขัดจะมีน้ำหนักของผ้ารองลงมาจากผ้าทอลายทแยงและสำหรับผ้าทอลายต่วนจะมีความหนาของผ้ามากที่สุด

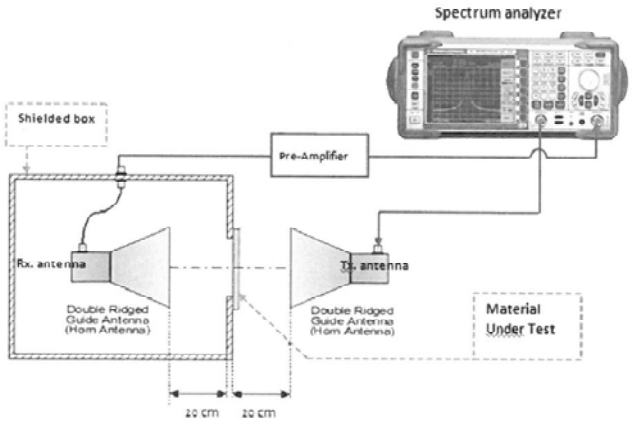
ตารางที่ 3 คุณสมบัติของผ้าทอ

รหัส	P100	T100	S100
จำนวนเส้นด้าย(เส้น/ตร.นิ้ว) ด้ายยืน x ด้ายพุ่ง	62 x 52	62 x 55	62 x 52

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของผ้าทอ (ต่อ)

รหัส	P100	T100	S100
ความหนาผ้า (มิลลิเมตร)	0.32	0.37	0.43
น้ำหนักผ้า (กรัมต่อตร.เมตร)	120.6	120.7	120.3

การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะจัดเตรียมเครื่องมือการทดสอบตามรูปที่ 2 โดยนำผ้าทอที่จะทดสอบมาวางหน้าตู้ทดสอบที่มีการกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (shielded box) ให้มีระยะห่างจากสายอากาศตัวรับและตัวส่งสัญญาณ (antenna) ทั้ง 2 เป็นระยะ 20 เซนติเมตร จากนั้นจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (spectrum analyzer) และทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการทดสอบจะทำการทดสอบผ้าทอทั้ง 2 แนวคือแนวตั้งและแนวนอน ครั้งต่อผ้า 1 ชิ้น และนำมาคำนวณเฉลี่ยหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการหมุนปรับสายอากาศตัวนอกเครื่องทดสอบ และจะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้งต่อผ้า 1 ชิ้น และนำมาคำนวณเฉลี่ยหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2 การจัดเตรียมเครื่องมือทดสอบ [4]

หลังการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอ จะนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไปประเมินผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบจากระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีการจำแนกไว้ทั้งหมด 2 กลุ่ม คือกลุ่มสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยตรงและกลุ่มสำหรับใช้งานเสื้อผ้าสวมใส่ทั่วไป สำหรับงานวิจัยนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับระดับของการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป [5] ซึ่งมีทั้งหมด 5ระดับมีความแตกต่างตามค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังแสดงตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มของเสื้อผ้าที่ใช้สวมใส่ทั่วไป

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

สรุปผลการวิจัย

เมื่อนำผ้าทอที่ศึกษาวิจัยไปทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าผ้าทอนั้นสามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในระดับดีในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 800-3000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเทียบเท่ากับระดับ 4 (30 ≥ SE > 20) ดังแสดงผลตามตารางที่ 5 พบว่าผ้าทอรหัส P100 ซึ่งเป็นผ้าทอลายขัดจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1000

เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.2 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.7 เดซิเบล ผ้าทอรหัส T100 ซึ่งเป็นผ้าทอลายทแยงจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 57.2 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 2000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.0 เดซิเบล และผ้าทอรหัส S100 ซึ่งเป็นผ้าทอลายต่วนจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 1200 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.1 เดซิเบล และมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.3 เดซิเบล

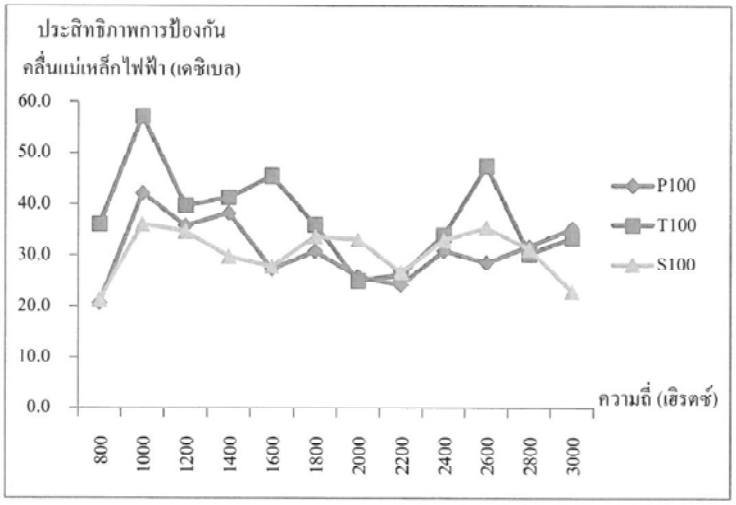
ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ้าทอ

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	P100	T100	S100
800	20.7	36.1	21.3
1000	42.2	57.2	36.1
1200	35.8	39.7	39.1
1400	38.3	41.3	29.8
1600	27.3	45.5	27.8
1800	30.8	36.0	33.7
2000	25.8	25.0	33.1
2200	24.2	26.2	26.7

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ้าทอ (ต่อ)

ความถี่ (เมกะเฮิรตซ์)	P100	T100	S100
2400	30.9	34.0	33.0
2600	28.6	47.5	35.5
2800	31.8	30.3	31.3
3000	35.3	33.4	23.0

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอ จะทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาจากรูปที่ 3



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของผ้าทอ

จากรูปที่ 3 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอ พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีแนวโน้มค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ดีกว่าผ้าทอลายอื่นๆ ซึ่งสามารถพบชัดเจนที่ช่วงคลื่นความถี่ 800-1800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 36.0 – 57.2 เดซิเบล พบค่าการป้องกันที่ดีที่สุดเทียบเท่าระดับ 5ในช่วงคลื่นความถี่ 1000 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 57.2 เดซิเบล และพบค่าการป้องกันที่ต่ำที่สุดเทียบเท่าระดับ 5 ในช่วงคลื่นความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.0เดซิเบล จากการศึกษาผลและเปรียบเทียบพบว่า ผ้าทอลายทแยงมีจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าทอลายอื่นๆ อีกทั้งยังมีน้ำหนักของผ้าและปริมาณของเส้นใยสแตนเลสมากกว่า จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงกว่า สำหรับผ้าทอลายต่วนมีค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีรองลงมาจากผ้าทอลายทแยง เนื่องจากของผ้าทอลายต่วนมีความหนาของผ้ามากกว่าผ้าทอลายขัด

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อโครงสร้างการทอของผ้าสำหรับงานวิจัยนี้ พบว่าผ้าทอลายทแยงจะมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน เนื่องจากจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้ว น้ำหนักของผ้า และปริมาณของเส้นใยสแตนเลสในผ้าทอลายทแยงมีมากกว่าผ้าทอลายขัดและผ้าทอลายต่วน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หากคำนึงถึงค่าการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันที่ดีที่สุด ควรเลือกใช้ผ้าทอที่มีปริมาณของเส้นใยสแตนเลสมากที่สุด ซึ่งเส้นใยสแตนเลสนั้นจะทำหน้าที่ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ค่าประสิทธิภาพการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สูงด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] กมลทิพย์ ใหม่วงศ์ธำรง, 2554. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[2] Hui S, Jianping W, Xiaona C. and Yanzhen 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] ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และคณะ, 2555 วัสดุสิ่งทอสำหรับการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ตอนที่ 1). Colourway. 18 (104) (Jan-Feb 2013): 23-26. ISSN: 0859-1849.

[4] ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC), 2557: แฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์

[5] Taiwan Textile Federation. Specified Requirements of Electromagnetic Shielding. (Online), เข้าถึงได้จาก: www.ftts.org.tw/images/fa003E.pdf (3 มีนาคม 2005).

ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน	นางสาวมัลลิกา ทองเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด	10 พฤศจิกายน 2522
ที่อยู่	288/263 ศุภาลัยซิตี้รีสอร์ทพหล 32 ซอยเสนานิคม 12 แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กทม. 10900
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประวัติการทำงาน	เจ้าหน้าที่เชี่ยวชาญทางเทคนิคด้านปฏิบัติการทดสอบ บริษัท วีเอฟซอสซิ่งประเทศไทยจำกัด พ.ศ.2553 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	08-9166-4765
อีเมล์	tomullika@gmail.com

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี