



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การดูแลบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล  
Preventive Maintenance of Digital TV Transmitters

นายจตุรานนท์ ทะยอมใหม่

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2560



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การดูแลบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

Preventive Maintenance of Digital TV Transmitters

นายจตุรนนท์ ทะยอมใหม่

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การดูแลบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	จตุรนนท์ ทะยอมใหม่
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ดร. สถาพร พรหมวงศ์ และ ผศ. มนต์ชัย แซ่ม้อย
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	สุธี สุวรรณประภา
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

### บทคัดย่อ

เนื่องจากเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อาจได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือน ผลกระทบจากน้ำ และความชื้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดการดูแลซ่อมบำรุงกับอุปกรณ์เหล่านี้ด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เพื่อให้ทราบแนวทางขั้นตอนการปฏิบัติงาน, ลักษณะ, สาเหตุและวิธีแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน จึงได้จัดทำแบบแผนปฏิบัติงานขึ้นมาใหม่ ทดแทนแบบแผนงานเก่า ให้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพทันทั่วทั้งที่ และให้เกิดความมั่นใจว่าการปฏิบัติงานนั้น ถูกต้องตาม ข้อกำหนด ระเบียบ วัตถุประสงค์ขององค์กร

คำสำคัญ : เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์, ข้อผิดพลาด, ซ่อมบำรุง

Co-operative Title: Preventive Maintenance of Digital TV Transmitters  
Student Intern Name: Jaturanon Thayomma  
Faculty: Engineering Department: Telecommunication  
Advisor Name: Dr.Sathaporn Promwong and Asst. Prof. Monchai Chamchoy  
Mentor Name: Suthee Suwanprapha  
Company: Mcot Public Company Limited

## ABSTRACT

Because digital television transmitters and related accessories May be affected by vibration. Therefore, it is necessary to handle the maintenance with these devices with great caution. To understand how to perform the task, the nature, cause and solution in the operation. It has created a new working pattern. Replacing the old plan. Can be used effectively in a timely manner. Ensure that the operation is in accordance with the organization's objectives, regulations and requirements.

Keywords : Television transmitter,Error, Maintenance

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ที่ได้มอบโอกาสให้เข้าไปทำสหกิจศึกษา มอบประสบการณ์และความรู้ต่าง ๆ ในการทำงาน รวมถึงการให้ความช่วยเหลือจากคุณสุธี สุวรรณประภา ผู้ให้ความช่วยด้านการจัดการอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการดำเนินงาน คุณบัณฑิต รักวีรธรรม วิศวกรอาวุโส ที่เป็นพี่เลี้ยงในทุก ๆ ด้าน อีกทั้งเป็นผู้เฝ้าตรวจโครงการ และพี่ ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ในบริษัทที่ให้คำปรึกษาและคอยให้คำแนะนำในการทำงานมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้จัดทำโครงการสหกิจขึ้นมา และโครงการนี้ไม่อาจสำเร็จได้หากไม่ได้รับความกรุณาของ ดร. สถาพร พรหมวงศ์ และ ผศ. มนต์ชัย แซ่มซ้อย อาจารย์ที่ปรึกษา และเป็นอาจารย์นิเทศ เพื่อชี้แนะแนวทางในการทำงาน คอยให้การสนับสนุนและช่วยเหลือเมื่อมีปัญหาตลอดการทำโครงการ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่เป็นกรรมการสอบสหกิจศึกษาทุกท่าน ที่ได้ชี้แนะให้รายงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำงานวิจัยนี้ ช่วยตอบปัญหา หรือข้อสงสัยบางประการที่ไม่เข้าใจ ให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยส่งเสริมและสนับสนุน คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยนี้

จตุรานนท์ ทะยอมใหม่

ผู้จัดทำ

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 วิธีดำเนินการโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 วิวัฒนาการโทรทัศน์ในประเทศไทย.....	4
2.2 มาตรฐานการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล.....	5
2.3 เทคโนโลยี DVB-T2 ( DIGITAL VIDEO BROADCASTING–SECOND GENERATION TERRESTRIAL).....	6
2.4 โทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัล.....	12
2.5 กรอบการพิจารณามาตรฐานการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัล.....	18
2.6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกอากาศ.....	19
2.7 ช่องสัญญาณดิจิทัลทีวีในแต่ละมัลติเพล็กซ์.....	20
2.8 สถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ กรุงเทพมหานคร.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการโครงการ.....	22
3.1 การจัดการชุดอุปกรณ์.....	22
3.2 เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ DTU-70 รุ่น 4R3PQFD 4.3 kW ย่าน UHF.....	23
3.3 ข้อมูลการใช้งานเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์.....	25
3.4 รายละเอียดการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล.....	33
3.5 เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ DTU-70 รุ่น 4R3PQFD 4.3 kW ย่าน UHF.....	39

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.6 การดำเนินการแผนควบคุม.....	42
3.7 การซ่อมบำรุงทั่วไป.....	43
3.8 การตรวจสอบการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณ.....	45
3.9 บริการซ่อมบำรุงรายเดือน.....	45
3.10 บริการซ่อมบำรุงประจำปี.....	45
3.11 สาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา.....	48
3.12 อะไหล่ทดแทนและช่วงทดแทน.....	49
3.13 การแก้ไขปัญหา.....	50
3.14 การซ่อมบำรุง.....	51
3.15 รายงานการตรวจวัดสัญญาณเครื่องส่งสัญญาณโทรศัพท์.....	59
<b>บทที่ 4 ผลการตรวจสอบ.....</b>	<b>62</b>
4.1. ผลการตรวจสอบค่า MER.....	62
4.2. ผลการตรวจสอบ CONSTELLATION.....	63
4.3. ผลการตรวจสอบ L1 CONSTELLATION.....	64
4.4. แผนปฏิบัติงานสถานีโทรศัพท์.....	65
<b>บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>67</b>
5.1. สรุปผลการศึกษา.....	67
5.2. ข้อเสนอแนะ.....	67
<b>เอกสารอ้างอิง.....</b>	<b>68</b>
<b>ภาคผนวก ก.....</b>	<b>69</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงพารามิเตอร์ DVB-T2 ที่ใช้ในการออกอากาศสำหรับประเทศไทย .....	19
2.2 กำหนดช่องความถี่วิทยุในกรุงเทพฯ .....	20
3.1 แสดงการกำหนดค่าระบบของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	27
3.2 แสดงลักษณะเฉพาะของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	28
3.3 แสดงประเภทอุปกรณ์ตามชื่อรุ่นเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	29
3.3 แสดงประเภทอุปกรณ์ตามชื่อรุ่นเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ (ต่อ) .....	30
3.4 แสดงลักษณะทางไฟฟ้าของเครื่อง EXCITER .....	34
3.5 แสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเครื่อง POWER AMPLIFIER รุ่น UX5000QF .....	35
3.6 แสดงอะไหล่ทดแทนและช่วงทดแทนในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	49
3.7 แสดงตัวชี้วัดความผิดปกติในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	50
3.7 แสดงตัวชี้วัดความผิดปกติในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ (ต่อ) .....	51
3.8 แสดงรายการอุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	59
3.9 แสดงรายการอุปกรณ์ระบบควบคุมในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	59
3.10 แสดงรายการชุดอุปกรณ์โปรแกรมในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	60
4.1 แสดงการปฏิบัติงานสถานีเครื่องส่งโทรทัศน์กรุงเทพฯ ประจำเดือน .....	64
4.2 แผนปฏิบัติงานตรวจและซ่อมบำรุงสถานีเครื่องส่งโทรทัศน์ .....	65
4.2 แผนปฏิบัติงานตรวจและซ่อมบำรุงสถานีเครื่องส่งโทรทัศน์ (ต่อ) .....	66

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของโครงการ.....	2
2.1 วิวัฒนาการโทรทัศน์ในประเทศไทย .....	4
2.2 มาตรฐานการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลในแต่ละประเทศ .....	5
2.3 การมอดูเลชันทางแอมพลิจูดแบบ QAM.....	9
2.4 ระบบการทำงานการส่งผ่านสัญญาณโทรทัศน์ DVB-T2 รวมหลายสัญญาณ และโหมดต่างกัน....	10
2.5 แถวข้อมูลที่ผ่านการลดขนาด (TRANSPORT STREAM).....	11
2.6 โครงสร้างของการหาอัตราความผิดพลาดการมอดูเลชัน.....	12
2.7 การเปลี่ยนแปลงจากระบบแอนะล็อกสู่ระบบดิจิทัล .....	13
2.8 ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ของระบบการแพร่สัญญาณแบบดิจิทัล.....	15
2.9 การป้องกันการสอดแทรกรบกวนของสัญญาณเงาและสัญญาณสะท้อน.....	16
2.10 แสดงความทนทานสัญญาณต่อเส้นทางหลายทาง.....	17
2.11 แบบรูปการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศในแนวนอน ที่ใช้ออกอากาศที่ตึกใบหยก .....	20
2.12 พื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณที่ออกอากาศในจังหวัดกรุงเทพมหานคร .....	21
3.1 ลักษณะภายนอกของบรรจุภัณฑ์อุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์.....	22
3.2 ความหมายและการใช้เครื่องหมายของบรรจุภัณฑ์ .....	22
3.3 แสดงสัญลักษณ์ระดับระว่าง.....	23
3.4 สัญลักษณ์กระแสไฟฟ้าแรงสูง .....	23
3.5 สัญลักษณ์แสดงอุณหภูมิสูง .....	23
3.6 สัญลักษณ์แสดงวัตถุมีน้ำหนักรวม.....	23
3.7 สัญลักษณ์แสดงความระมัดระวัง.....	24
3.8 มุมมองด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องส่งสัญญาณรุ่น DTU-70D.....	31
3.9 มุมมองด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องส่งสัญญาณชุด DTU-70D.....	32
3.10 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมอย่างง่ายของเครื่องส่งสัญญาณแบบดิจิทัล .....	33
3.11 แผนภาพบล็อกของระบบระบายความร้อนในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ .....	36
3.12 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน .....	36
3.13 วงจรวัดสำหรับสัญญาณ RF .....	38
3.14 มุมมองด้านหน้าของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์.....	40
3.15 มุมมองด้านหน้าของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ (ต่อ).....	41
3.16 มุมมองของหน้าจอแสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น .....	41

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.17 มุมมองด้านหน้าของแผงควบคุมเครื่อง TX CONTROL.....	42
3.18 มุมมองด้านหน้าตำแหน่งเบรกเกอร์ของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์.....	44
3.19 บานพับเบรกเกอร์ .....	44
3.20 การเชื่อมต่อของจตุรรอยบัดกรี.....	47
3.21 แบตเตอรี่ลิเทียมชนิดเหรียญ .....	51
3.22 มุมมองภายนอกของเครื่อง POWER AMPLIFIER รุ่น UX5000QF.....	52
3.23 แสดงหน้าจอ TX METER .....	53
3.24 แสดงหน้าจอ TX STATUS และ TX ALARM.....	54
3.25 แสดงหน้าจอ PA STATUS/ALARM.....	54
3.26 แสดงหน้าจอ EX STATUS และ ALARM INFORMATION.....	56
3.27 แสดงหน้าจอ COOLING STATUS .....	57
3.28 แสดงหน้าจอ LOG DATA.....	58
3.29 แสดงตัวอย่างความผิดพลาดจริงที่เกิดขึ้นในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ตึกใบหยก .....	58
3.30 องค์ประกอบการทดสอบเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบดิจิทัล .....	60
3.31 เครื่องมือวัดสัญญาณ ETL TV ANALYZER.....	61
4.1 ค่า MER (PLP,RMS) .....	62
4.2 แสดง CONSTELLATION .....	63
4.3 แสดง L1 CONSTELLATION.....	64
ก.1 ข้อมูลเปรียบเทียบคุณสมบัติที่สำคัญ ของมาตรฐานต่าง ๆ .....	70
ก.2 มติที่ประชุมการพิจารณามาตรฐานการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัล .....	71

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันระบบการออกอากาศโทรทัศน์ภาคพื้นดินของประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนผ่านจากระบบแอนะล็อกสู่ระบบดิจิทัล โดยประเทศไทยได้เลือกใช้เทคโนโลยีการกระจายเสียงและการแพร่ภาพโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลยุคที่สอง (Digital video broadcasting - second generation terrestrial DVB-T2) โดยจะมีเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ทำการส่งสัญญาณออกอากาศ โดยในระหว่างเครื่องส่งทำงานนั้นอาจมีการขัดข้องทางเทคนิค หรือเกิดปัญหาที่มาจากเครื่องส่งสัญญาณ จึงควรหมั่นตรวจสอบแก้ไข อุปกรณ์นั้น ๆ ให้เรียบร้อยอยู่ตลอดจะทำให้มีประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณยิ่งขึ้น จึงควรศึกษาเครื่องมือ เครื่องส่ง และอุปกรณ์ ตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ ที่ทำให้เครื่องส่งนั้นมีสมรรถนะที่ดีเยี่ยมต่อไป

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

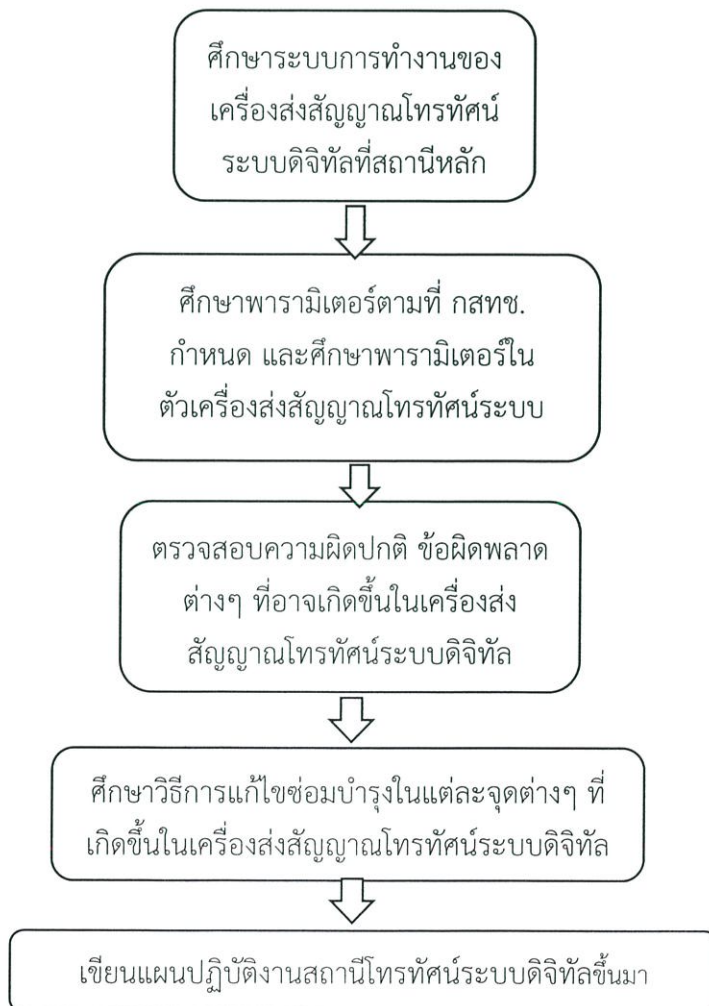
- 1) เพื่อให้ทราบการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล
- 2) เพื่อให้ทราบแนวทางขั้นตอนการปฏิบัติงาน, ลักษณะ,สาเหตุและวิธีแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าการปฏิบัติงานนั้น ถูกต้องตามข้อกำหนด ระเบียบ หลักเกณฑ์ สอดคล้องกับนโยบายและวัตถุประสงค์ขององค์กร
- 3) เปรียบเทียบมาตรฐานปฏิบัติงาน เพื่อมุ่งสู่การเป็นองค์กรที่มีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพ สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน
- 4) จัดทำคู่มือแบบแผนการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงสถานีขึ้นมา เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจในการปฏิบัติอย่างถูกต้อง และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

การจัดทำโครงการนี้ ครอบคลุมถึงขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

- 1) การบันทึกการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญต่อการส่งสัญญาณ ทั้งระบบโทรศัพท์ และระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นงานที่ปฏิบัติเป็นประจำ
- 2) การปฏิบัติงานบำรุงรักษาอุปกรณ์สำคัญต่าง ๆ ตามกำหนดระยะเวลา เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3) สร้างขั้นตอนปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหาขัดข้องที่พบได้บ่อย และการขัดข้องที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต
- 4) การปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบสัญญาณตามระยะเวลา เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ปรับปรุงการส่งแพร่กระจายสัญญาณโทรศัพท์

### 1.4 วิธีดำเนินการโครงการงาน



ภาพที่ 1.1 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของโครงการงาน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการเล่มนี้ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการดูแลและซ่อมบำรุงระบบการส่งสัญญาณจากเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล รวมไปถึงการศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ ในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ และตรวจสอบตัวเครื่องส่งสัญญาณว่ามีข้อผิดพลาดหรือปัญหาเกิดขึ้น โดยสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้ รวมถึงการแก้ปัญหาดำเนินการในช่วงต่าง ๆ เช่นทุกวัน หรือ เดือนละครั้ง โดยสามารถเขียนแผนปฏิบัติงานขึ้นมา ให้สามารถรับรู้สาเหตุของปัญหาได้ เพื่อที่จะดำเนินการซ่อมบำรุงให้เรียบร้อย และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

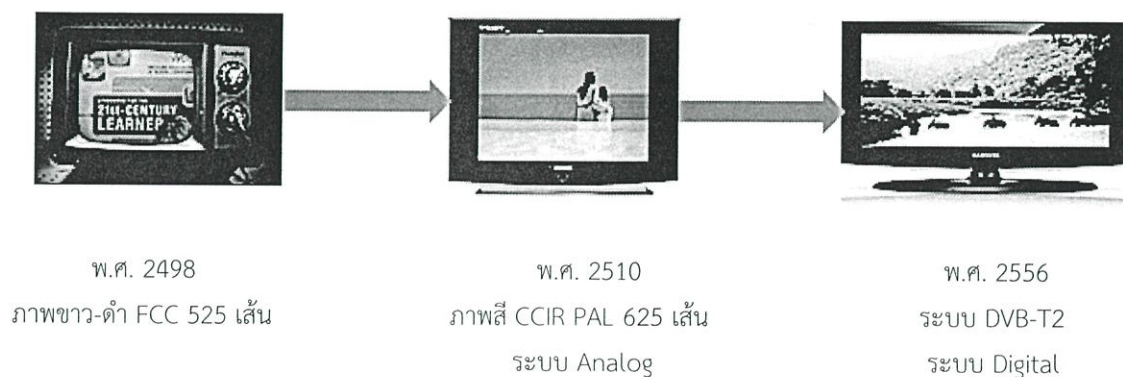
## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 วิวัฒนาการโทรทัศน์ในประเทศไทย

โทรทัศน์ในประเทศไทยเริ่มออกอากาศทางภาคพื้นดินตั้งแต่ปี พ.ศ.2498 โดยเริ่มใช้ย่านความถี่สูงมาก (Very High Frequency : VHF) ประกอบด้วยความถี่ต่ำ (Low band) คือช่องสัญญาณที่ 2-4 และช่วงความถี่สูง (High band) คือช่องสัญญาณที่ 5-12 จนกระทั่งปี พ.ศ.2538 จึงเริ่มใช้ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency : UHF) คือช่องสัญญาณที่ 26-60 ซึ่งใช้เป็นระบบสัญญาณแอนะล็อกในการส่งแพร่ภาพขาว-ดำ 525 เส้นต่อภาพ 30 ภาพต่อวินาที (National Television System Committee : NTSC) กำหนดขึ้นโดยคณะกรรมการสื่อสารแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (Federal Communications Commission : FCC)

ต่อมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2510 จึงเริ่มนำระบบการส่งแพร่ภาพ 625 เส้นต่อภาพ 25 ภาพต่อวินาที (Phase Alternating Line : PAL) กำหนดขึ้นโดยคณะกรรมการที่ปรึกษานานาชาติว่าด้วยคลื่นวิทยุ (Consultative Committee on International Radio : CCIR) ปัจจุบันคือภาควิทยุคมนาคมโดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector : ITU-R) เข้ามาใช้ในประเทศไทยและเริ่มออกอากาศด้วยภาพสีภายใต้ระบบดังกล่าวเป็นต้นมา

จากนั้นก็เริ่มมีการนำระบบดิจิทัลเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตรายการ และควบคุมการออกอากาศตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 และนำมาใช้ในกระบวนการส่งแพร่ภาพ ผ่านโครงข่ายอุปกรณ์รวมส่งสัญญาณ (Multiplexer : MUX) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 จนถึงปัจจุบัน (ซึ่งเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ.2555 ได้มีมติเลือกระบบ DVB-T2 เป็นมาตรฐานสำหรับประเทศไทย) โดยจะยุติการออกอากาศด้วยสัญญาณแอนะล็อก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป



ภาพที่ 2.1 วิวัฒนาการของโทรทัศน์ในประเทศไทย [1]

## 2.2 มาตรฐานการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล

เทคโนโลยีในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลที่ใช้งานในประเทศต่างทั่วโลกมีอยู่หลายระบบ ได้แก่

- 1) ATSC (Advanced Television Systems Committee, North American Standard) พัฒนาโดยประเทศสหรัฐอเมริกา
- 2) DVB-T (Digital Video Broadcasting -Terrestrial) พัฒนาโดยกลุ่มประเทศยุโรป
- 3) ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) พัฒนาโดยประเทศญี่ปุ่น และฟิลิปปินส์
- 4) DMB-T (Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial) พัฒนาโดยประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน
- 5) DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial) พัฒนาจากระบบ DVB-T เดิมเป็น DVB-T2 รุ่นที่ 2 ที่พัฒนาโดยกลุ่มประเทศยุโรปเป็นระบบการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลที่ทันสมัยที่สุดในขณะนี้



ภาพที่ 2.2 มาตรฐานการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลในแต่ละประเทศ [2]

## 2.3 เทคโนโลยี DVB-T2 (Digital Video Broadcasting–Second Generation Terrestrial)

เป็นมาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลที่ก้าวหน้าและทันสมัยที่สุดที่มีประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุดในขณะนี้ สัญญาณมีความคงทน และมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ได้นำเสนอการผสมสัญญาณ (Modulation) ระบบใหม่สุด และเทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูงเท่าที่มีใช้งานในการส่งโทรทัศน์ในคลื่นความถี่ที่ส่งสัญญาณภาพและเสียง และการบริการส่งข้อมูลที่ใช้สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์แบบเคลื่อนที่ (Portable) และเครื่องรับโทรทัศน์แบบมือถือ (Mobile) การใช้เทคนิคใหม่นี้ทำให้ DVB-T2 มีประสิทธิภาพอย่างน้อยสูงกว่า 50% ของประสิทธิภาพการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลอื่น ๆ ที่ใช้งานในโลก

ระบบ DVB-T2 จะใช้งานกับเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ทั่วไป และใช้งานกับเครื่องส่งโทรทัศน์โครงสร้างเดิมได้ ทำให้มีความจุในการส่งสัญญาณเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 30% จากระบบ DVB-T เดิม (เป็นความต้องการทางด้านธุรกิจ) และระดับสัญญาณรบกวนอยู่ในมาตรฐานกำหนดของข้อตกลงกรุงเจนีวา ปี พ.ศ. 2549

### 2.3.1 การทำงานของ DVB-T2

เทคนิค DVB-T2 ใช้หลักการผสมสัญญาณ OFDM (orthogonal frequency division multiplex) โดยการแบ่งคลื่นความถี่วิทยุเป็นความถี่ย่อยจำนวนมาก เพื่อให้ส่งสัญญาณที่มีความคงทน สิ่งที่เหมือนกันของ DVB-T และ DVB-T2 คือมีการเสนอให้มีการปรับโหมดการทำงานได้หลายแบบ เป็นมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ที่มีความยืดหยุ่นอ่อนตัว DVB-T2 ใช้เทคนิคระบบป้องกันแก้ไขความผิดพลาดของสัญญาณเหมือนกับมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (DVB-S2) และมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ผ่านสายนำส่งสัญญาณ (DVB-C2) เทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณ LDPC (Low Density Parity Check) รวมกันกับการเข้ารหัสสัญญาณ BCN (Bose – Chaudhuri - Hocquengham) เพื่อให้สัญญาณมีความคงทนหลายๆ ทางเลือกมีให้ใช้ในการกำหนดจำนวนคลื่นความถี่ที่ใช้ออกอากาศ และกำหนดขนาดช่วงคาบเวลา (guard interval size) ในการกำหนดสัญญาณนำร่อง (pilot signal) ดังนั้นสิ่งที่กล่าวมาข้างต้นจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเป้าหมายในระบบส่งสัญญาณโทรทัศน์ในช่องคลื่นความถี่ที่กำหนด

### 2.3.2 คุณสมบัติที่สำคัญของเทคโนโลยี DVB-T2

1) COFDM เทคโนโลยีพื้นฐานของโทรทัศน์ดิจิทัลอาศัยเทคโนโลยี COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) ซึ่งเป็นการแบ่งคลื่นความถี่ออกเป็นคลื่นพาห์ย่อย (sub-carriers) จำนวนมาก โดยแต่ละคลื่นพาห์ย่อยจะมี คุณสมบัติตั้งฉากซึ่งกันและกัน (Orthogonal) นอกจากนี้ยังมีการเข้ารหัส (Coding) เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดล่วงหน้าด้วย (Forward Error Correction : FEC)

COFDM เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนามาจาก OFDM มีข้อแตกต่างจาก OFDM คือ COFDM จะมีการส่งสัญญาณตรวจสอบความผิดพลาดเข้าไปด้วย เพื่อให้การส่งสัญญาณมีความทนทานต่อการลดทอนและการรบกวนในระหว่างการส่ง สำหรับ DVB-T2 นั้นทางฝั่งส่ง (Transmitter) จะเข้ารหัส 2

ชั้น การเข้ารหัสชั้นที่ 1 คือการเข้ารหัสภายนอก (Outer code) จะเป็นการเข้ารหัสแบบ BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) การเข้ารหัสชั้นที่ 2 คือการเข้ารหัสภายใน (Inner code) เป็นการเข้ารหัสแบบ LDPC (Low Density Parity Check)

หลักการการทำงานของ OFDM จะคล้ายกับ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplex หรือ FDM) นั่นคือทั้ง OFDM และ FDM เป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณหลายๆ สัญญาณหรือการแบ่งช่องสัญญาณด้วยความถี่ แต่จะแตกต่างกันตรงที่ FDM เป็นเพียงการแบ่งสัญญาณความถี่ออกจากกันเพื่อให้แต่ละช่องสัญญาณนั้นไม่มีการรบกวนกัน แต่การที่จะทำให้แต่ละช่องสัญญาณไม่มารบกวนกันนั้นจำเป็นที่จะต้องมียุ่บช่องกัน (Guard band) ซึ่งเป็นช่วงความถี่ระหว่างช่องสัญญาณแต่ละช่อง โดยที่เราไม่สามารถใช้งานช่วงความถี่นี้ได้ จึงกลายเป็นความสูญเปล่า

ดังนั้นเพื่อให้การทำมัลติเพล็กซ์ในเชิงความถี่มีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงมีการเสนอแนวคิดเพื่อที่จะลดช่วงของแถบป้องกัน โดยแนวคิดหนึ่งที่น่าเสนอคือการทำให้แต่ละช่องสัญญาณที่มีอยู่เป็นอิสระต่อกันและไม่สามารถที่จะส่งผลกระทบต่อกันและกันได้ ซึ่งการทำให้ช่องสัญญาณที่มีอยู่อิสระต่อกันสามารถทำได้โดยให้แต่ละสัญญาณตั้งฉาก (Orthogonal) ต่อกัน เมื่อสัญญาณสองสัญญาณตั้งฉากต่อกัน ค่าผลคูณของเวกเตอร์ของสัญญาณทางคณิตศาสตร์ก็จะเป็นศูนย์ ซึ่งก็คือเป็นอิสระต่อกัน โดยทั่วไปแล้วการใช้งาน OFDM ซึ่งเป็นลักษณะของ การสื่อสารหลายคลื่นพาห์ (Multi-carrier Communication) สามารถช่วยในเรื่องของสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ได้ดี โดยจะทำการกระจายสัญญาณออกเป็นหลาย ๆ ส่วน และส่งเข้าไปในแต่ละช่องสัญญาณเพื่อส่งออกอากาศอีกทีหนึ่ง

2) Rotate constellations เทคนิค DVB-T2 ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณให้มีความทนทานต่อผลกระทบภายนอกเกี่ยวกับสภาพทางภูมิศาสตร์ ฤดูกาล อาคารสิ่งก่อสร้าง โดยการผสมสัญญาณส่งออกอากาศโดยใช้เทคนิคการหมุนเปลี่ยนมุมสัญญาณคลื่นพาห์ของคลื่นวิทยุ (constellations) เป็นการปรับคาบเวลาและความถี่ที่สอดคล้อง

การหมุนปรับมุมคลื่นสัญญาณเป็นเทคนิคที่ทำให้ผลต่อการทำให้สัญญาณมีความทนทานและลดการสูญเสียข้อมูลในจุดต่าง ๆ ในการเข้ารหัสผสมสัญญาณ โดยมั่นใจว่าการสูญเสียของข้อมูลจากส่วนประกอบหนึ่งช่วงของการส่งสัญญาณสามารถกู้คืนได้ในอีกช่วงของการส่งสัญญาณ ซึ่งใช้วิธีเปรียบเทียบข้อมูลจากการผสมสัญญาณระบบ QAM (x, y axis) ซึ่งเป็นการหมุนแกนสัญญาณ I และ Q ดังนั้นแต่ละแกนมีสัญญาณข้อมูลสัญญาณภาพโทรทัศน์ที่สำคัญคือ U1, U2 การส่งสัญญาณ I และ Q จะถูกส่งสัญญาณในคาบเวลาที่ต่างกันและต่างกันในกลุ่มเข้ารหัส (cell) เพื่อเป็นการมั่นใจต่อการกู้ข้อมูลในกรณีที่เป็น

3) Multiple Physical Layer Pipe มีการแยกปรับโหมดเกี่ยวกับการกำหนดค่าความคงทนของสัญญาณโทรทัศน์ในการที่จะรองรับการให้บริการส่งสัญญาณในรูปแบบต่างสภาพการใช้งาน การให้บริการส่งสัญญาณหลายรายการร่วมกัน (Multiplex)

4) Alamouti coding วิธีการหลากหลายในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ ช่วยปรับปรุงเขตบริการรับสัญญาณโทรทัศน์ในเครือข่ายการส่งโทรทัศน์ ความถี่เดียวกัน ในขนาดพื้นที่บริการขนาดเล็ก

5) Extended interval ขยายช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลสัญญาณในการเพิ่มข้อมูล (bit) เพิ่มขนาดกลุ่ม ข้อมูล (cell) เพิ่มช่องคาบเวลา และเพิ่มช่วงการใช้คลื่นความถี่

6) Future Extension Frame (FEF) ให้มาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่สอดคล้องการปรับคุณภาพสูงขึ้นในอนาคต

อย่างไรก็ตามในการเพิ่มเติมรูปแบบการผสมสัญญาณเป็น 256-QAM ในระบบ DVB-T2 จากข้อกำหนดนี้ทำให้เพิ่มอัตราส่งข้อมูลได้มากขึ้น และจากการปรับปรุงระบบป้องกันแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (FEC : forward error correction) ทำให้อัตราส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น

DVB-T2 ใช้ระบบเข้ารหัส LDPC (Low-density parity-check) ในการรวมสัญญาณกับ BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) เพื่อให้สัญญาณมีความคงทนเหมือนกับระบบส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม DVB-S2 เพื่อเป็นการป้องกันสัญญาณรบกวนในระบบและสัญญาณรบกวนนอกระบบ (Noise / interference) เพิ่มเติมในการเข้ารหัสใหม่จำนวน 2 รหัส ซึ่งต่างกับมาตรฐาน DVB-T ใช้การเข้ารหัสและระบบป้องกันแก้ไขความผิดพลาด Reed Solomon

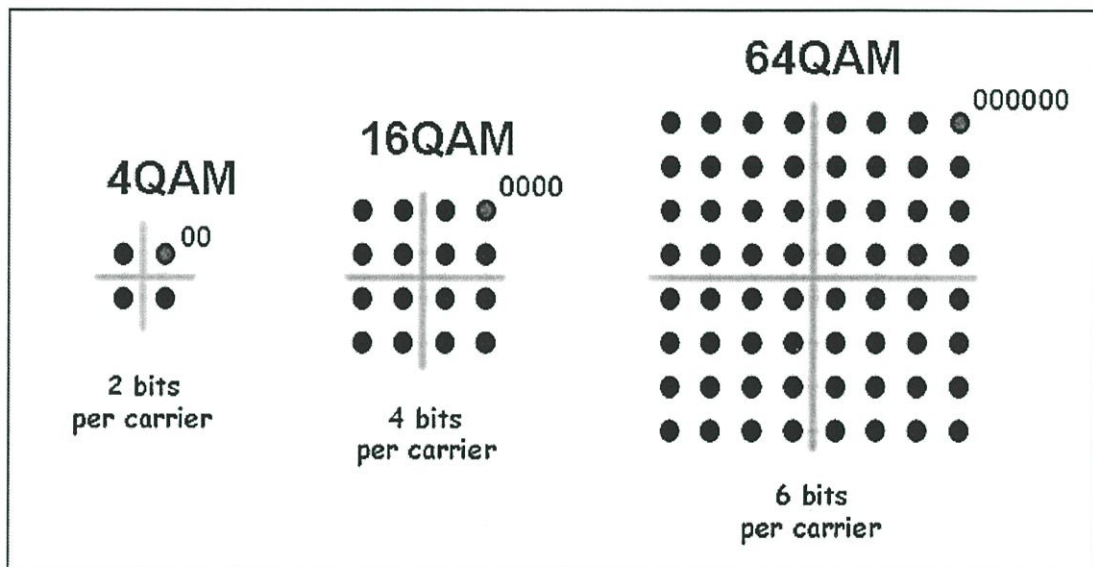
มาตรฐานข้อกำหนด DVB-T2 ใช้สัญญาณนำร่อง (pilot signal) เพื่อให้เครื่องรับโทรทัศน์สามารถแยกช่องสัญญาณในการกำหนดช่วงเวลา และความถี่ DVB-T2 กำหนดความยืดหยุ่น โดยการกำหนดสัญญาณนำร่อง จำนวน 8 รูปแบบ เพื่อให้สามารถแยกสัญญาณได้ถูกต้องในช่วงขนาดของ FFT และ Guard Interval (GI) ในการรองรับปริมาณข้อมูลจำนวนมากที่ส่ง

ระดับความทนทานของสัญญาณและระดับป้องกันความผิดพลาดของแต่ละส่วนของการให้บริการแยกกันในการส่งข้อมูลรวมกัน (stream carrier) ในช่องสัญญาณที่กำหนดให้มีการปรับโหมดการบริการแต่ละอย่างแยกเป็นอิสระ ซึ่งการกำหนดปรับโหมดขึ้นอยู่กับความทนทานของสัญญาณที่ต้องการใช้งาน ส่งผ่านระบบส่งสัญญาณที่เรียกว่า Physical Layer Pipes (PLP)

### 2.3.3 การมอดูเลชันทางแอมพลิจูดแบบ QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

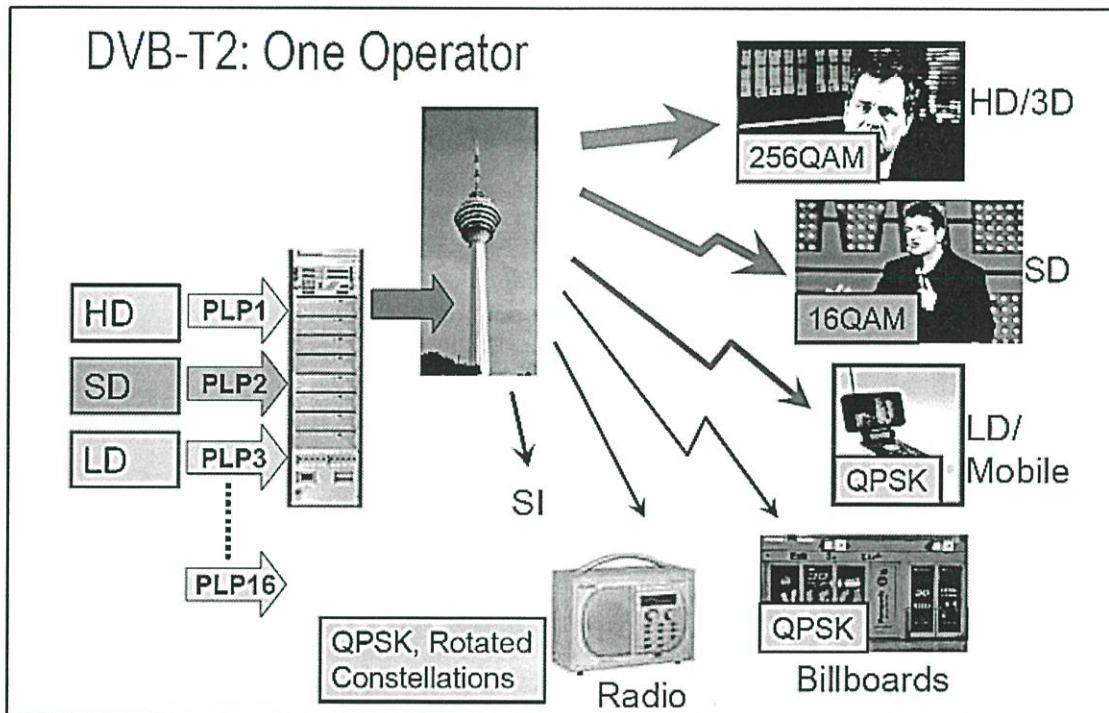
เป็นการใช้คลื่นความถี่เดียว แต่การผสมสัญญาณใช้เทคนิคระดับการรวมสัญญาณ เช่น 16-QAM (4 bits per carrier), 64-QAM (6 bits per carrier) และมีการพัฒนาให้เพิ่มประสิทธิภาพ เป็น 128-QAM , 256-QAM ข้อดีในระบบนี้ไม่มีการรบกวนจากสัญญาณภายนอก และผลจากคลื่นสะท้อน (Reflections Effect)

โดย DVB-T ใช้โหมด QPSK (4-QAM 2 bit/carrier), 16-QAM, 64-QAM ส่วน DVB-T2 ใช้โหมด QPSK (4QAM 2 bit/carrier), 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM (8 bit/carrier)



ภาพที่ 2.3 การมอดูเลชันทางแอมพลิจูดแบบ QAM [3]

คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญของการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัล DVB-T2 ในส่วนที่มีการใช้โหมดต่างกันในการให้บริการโทรทัศน์แบบต่าง ๆ เช่น ส่งโทรทัศน์ความคมชัดสูง (HDTV) ใช้ 256 QAM ส่งโทรทัศน์มาตรฐาน (SDTV) ใช้ 16 QAM ส่วนการส่งโทรทัศน์มือถือใช้ โหมด QPSK ซึ่งมีการเปลี่ยนโหมดเพื่อความเหมาะสมตามสภาพการรับสัญญาณจากเครื่องรับโทรทัศน์ต่างชนิดกัน

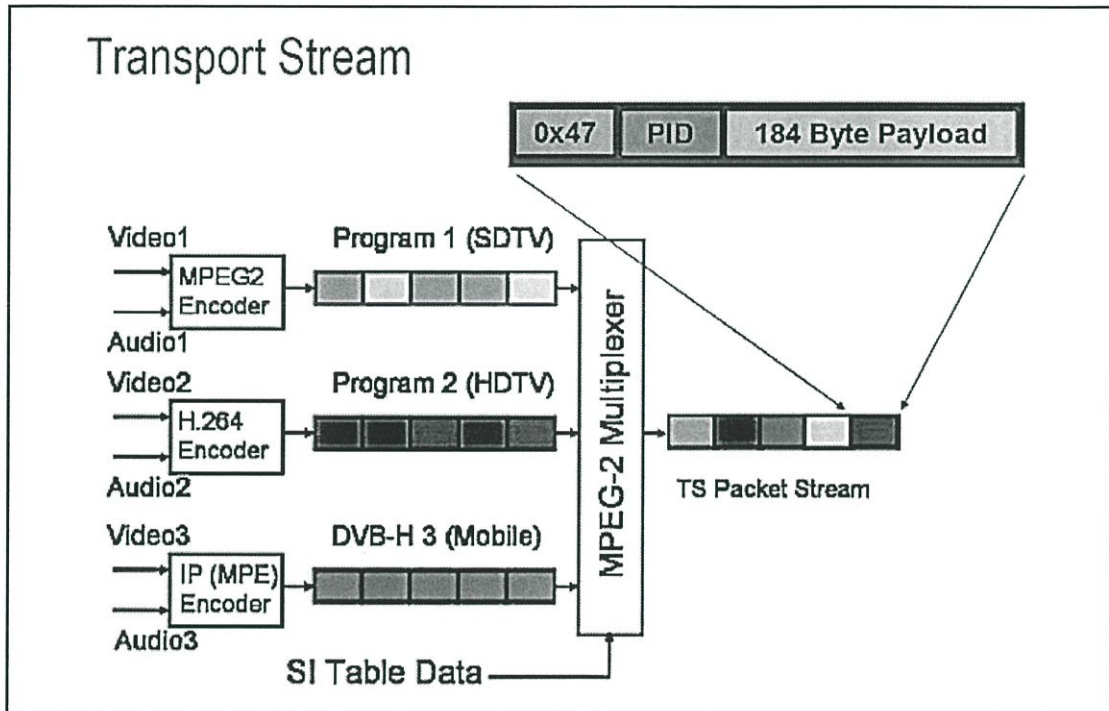


ภาพที่ 2.4 ระบบการทำงานการส่งผ่านสัญญาณโทรทัศน์ DVB-T2 รวมหลายสัญญาณ และโหมดต่างกัน

[3]

### 2.3.4 แลวข้อมูลผ่านการลดขนาด (Transport Stream)

คือเทคนิคการส่งสัญญาณในที่ให้บริการส่งสัญญาณโทรทัศน์หลาย ๆ รูปแบบ เช่น ส่งโทรทัศน์มาตรฐาน SD (MPEG-2) ส่งโทรทัศน์ความชัดสูง SDTV และส่งสัญญาณโทรทัศน์ในลักษณะข้อมูล IP (MPE) พร้อมกันโดยการใช้เทคนิครวมสัญญาณ (Multiplex) ของมาตรฐาน DVB-T2 สามารถส่งสัญญาณได้พร้อมกันในหนึ่งช่องสัญญาณโทรทัศน์ที่เดิมใช้ส่งโทรทัศน์ระบบอนาล็อกได้เพียงหนึ่งช่องรายการโทรทัศน์



ภาพที่ 2.5 แลวข้อมูลผ่านการลดขนาด (Transport Stream) [3]

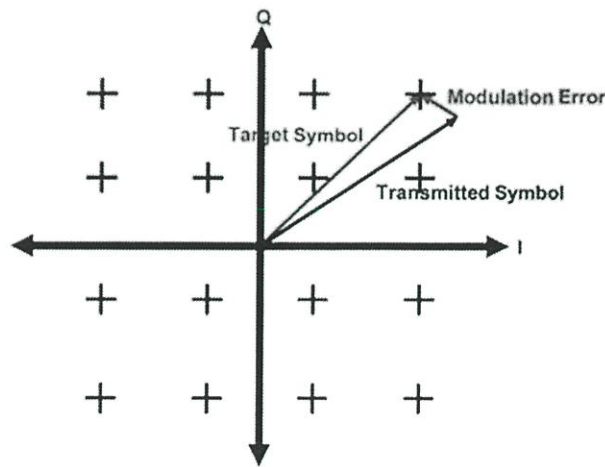
### 2.3.5 อัตราส่วนความผิดพลาดในการมอดูเลชัน (Modulation Error Ratio (MER))

อัตราส่วนความผิดพลาดในการมอดูเลชันหรือค่า MER เป็นตัวแสดงค่าประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณ DVB-T2 โดยการวัดค่าเบี่ยงเบนจากค่าในอุดมคติ ค่า MER จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงแม้เพียงเล็กน้อยที่จะส่งผลต่อค่า BER และ ถ้าการส่งสัญญาณมีค่า MER สูงและการรบกวนเป็นแค่การเสื่อมลงของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$MER[dB] = 10 \log \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} \quad (1)$$

เมื่อความผิดพลาดของเวกเตอร์ คือ ค่าที่ได้จากสัญญาณ IQ (I : In-Phase คือสัญญาณที่ให้ค่าเอาต์พุตเฟสเดียวกันกับอินพุต และ Q : Quadrature-Phase คือสัญญาณเอาต์พุตต่างเฟสกับอินพุต 90 องศา)

จากการที่เฟสและแอมพลิจูดของ IQ เปลี่ยนไปนั้น จะทำให้สามารถสร้างจุดบน Constellation diagram โดยจุดนั้นๆ จะเป็นตำแหน่งของ Symbol ข้อมูลที่ทำการส่งไป โดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าในอุดมคติกับค่าที่วัดได้ โดยได้จากผลรวมกำลังสองของขนาดเวกเตอร์สัญญาณในอุดมคติ  $(I_j, Q_j)$  หาดด้วยผลรวมกำลังสองของขนาดเวกเตอร์สัญญาณที่ผิดพลาด  $(\delta I_j, \delta Q_j)$  โดยจะมีหน่วยเป็น dB



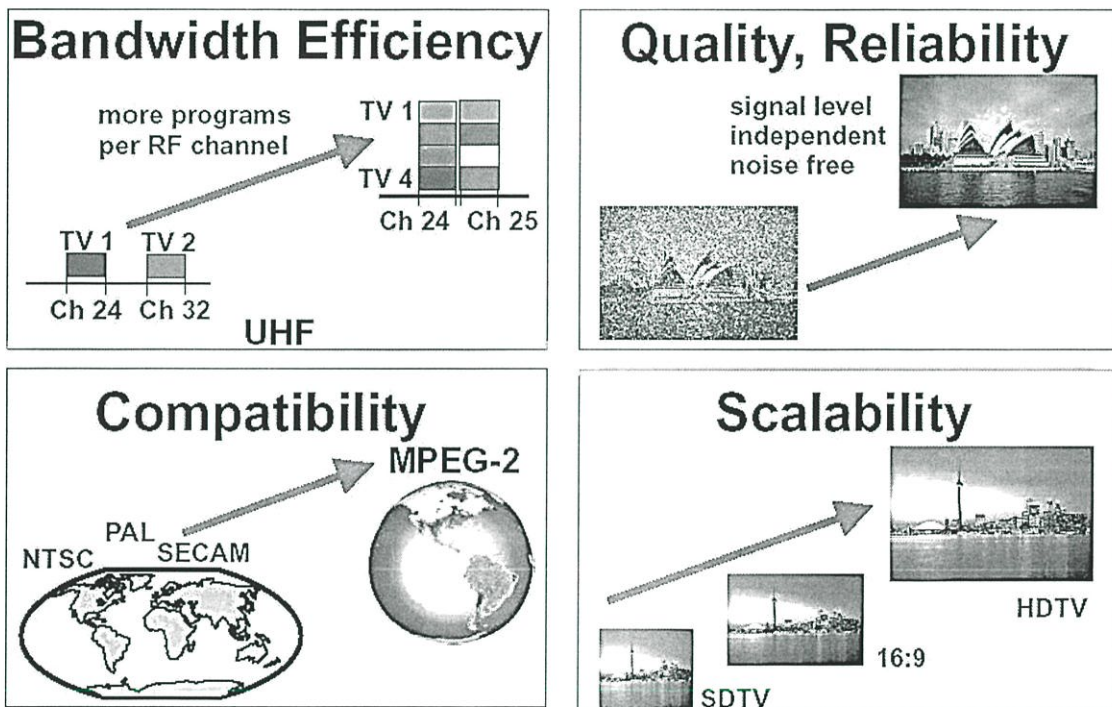
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของการหาอัตราความผิดพลาดการมอดูเลชัน [3]

## 2.4 โทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัล

โทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัล (Digital Terrestrial Television) คือ การแพร่สัญญาณโทรทัศน์ในแนวระนาบภาคพื้นดิน โดยการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ ทำให้สามารถใช้คลื่นความถี่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ได้จำนวนช่องที่มากขึ้น สัญญาณภาพและเสียงดีกว่าเดิม ไม่มีสัญญาณรบกวน

### 2.4.1 การเปลี่ยนแปลงจากระบบอนาล็อกสู่ระบบดิจิทัล

การส่งโทรทัศน์ระบบดิจิทัลเป็นการเพิ่มเติมอุปกรณ์บางส่วนในระบบการส่งโทรทัศน์แอนะล็อกคือ มีการเปลี่ยนสัญญาณภาพแอนะล็อก โดยการเข้ารหัส (Encoders) ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลผสมสัญญาณ (Modulator) กับคลื่นความถี่วิทยุส่งออกอากาศ เมื่อเครื่องรับโทรทัศน์รับสัญญาณได้ก็มีใช้อุปกรณ์ถอดรหัส (Decoder) เป็นสัญญาณภาพแอนะล็อก



ภาพที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงจากระบบแอนะล็อกสู่ระบบดิจิทัล [4]

การแพร่กระจายคลื่นแบบแอนะล็อกมีขีดจำกัดในการส่งสัญญาณ ซึ่งใช้ความกว้างช่องสัญญาณมาก คลื่นสัญญาณถูกรบกวนได้ง่าย สัญญาณภาพมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถประยุกต์ไปใช้งานร่วมกับสื่อผสมอื่น ๆ ได้ ประโยชน์จากการเปลี่ยนมาใช้งานแพร่คลื่นแบบดิจิทัลนี้ เกิดจากข้อจำกัดที่สำคัญ 4 ประการ คือ

#### 1) Bandwidth Efficiency (ใช้ความกว้างช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ)

สามารถจัดสรรช่องสัญญาณความถี่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากเดิมเป็นระบบแอนะล็อกใช้ช่องสัญญาณหนึ่งช่องต่อหนึ่งรายการและวางช่องสัญญาณคลื่นความถี่ติดกัน หรือสถานีส่งใกล้เคียงกัน ไม่สามารถใช้ช่องสัญญาณความถี่ที่อยู่ติดกันได้ แต่ในระบบดิจิทัลสามารถที่จะใช้ช่องสัญญาณ

ความถี่ติดกัน ทำให้ใช้ช่องสัญญาณได้เต็มที่ครบทุก ๆ ช่อง และสามารถออกอากาศในพื้นที่ใกล้เคียงกันได้ โดยไม่รบกวนกัน และในหนึ่งช่องสัญญาณสามารถออกอากาศได้หลาย ๆ รายการไปพร้อมๆกัน (Multi-Channel) ทำให้ส่งรายการได้มากขึ้นกว่าเดิม เช่น จากระบบแอนะล็อกใช้ช่องสัญญาณ CH21 ถึง CH69 (48 ช่อง) ใช้ออกอากาศหนึ่งช่องต่อหนึ่งรายการโทรทัศน์ซึ่งเท่ากับ 48 รายการเท่านั้น หากเปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัล ช่องหนึ่งสามารถส่งได้ 4 รายการ ทำให้สามารถออกอากาศรายการโทรทัศน์ได้ 4x48 จะเท่ากับ 192 รายการ (เป็นการยกตัวอย่างเปรียบเทียบให้เห็นเท่านั้น)

### 1) Quality Reliability (สัญญาณมีคุณภาพที่ดีและไม่มีการรบกวน)

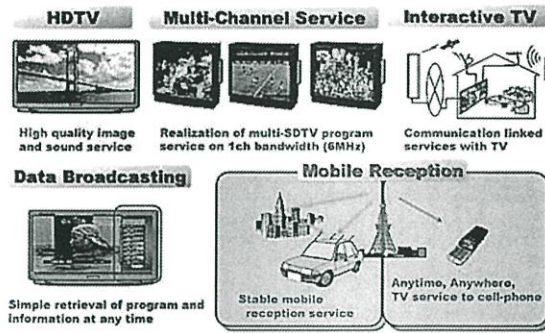
ระบบแอนะล็อกมีการผสมคลื่นแบบต่อเนื่อง (Analog) สภาวะแวดล้อมมีผลกระทบทำให้เกิดการรบกวนและลดทอนสัญญาณลง สัญญาณภาพจะถูกรบกวนและถูกซึมซาบไปมาก ทำให้มีสัญญาณแปลกปลอมสอดแทรกเข้ามารบกวนได้ง่าย การรับชมภาพจึงไม่ชัดเจน สัญญาณภาพขาดหายและเกิดสโนว์เข้ามารบกวนได้ แต่ระบบดิจิทัลมีการผสมคลื่นแบบเข้ารหัสสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง มีการเข้ารหัส (Decode), ถอดรหัส (Encode) และมีระบบควบคุมเพื่อชดเชยสัญญาณได้ด้วย จึงทำให้สัญญาณไม่ถูกรบกวนได้ สัญญาณภาพมีความต่อเนื่อง ภาพที่รับได้มีความคมชัดมาก

### 2) Compatibility (รูปแบบสัญญาณเป็นมาตรฐานเดียวกัน)

ระบบแอนะล็อกมีสัญญาณภาพหลายมาตรฐาน คือ PAL, NTSC และ SECAM ทำให้การควบคุมคุณภาพ, การตัดต่อภาพ และการตกแต่งภาพระหว่างมาตรฐานที่แตกต่างกันทำได้ยาก และยังทำให้คุณภาพด้อยลงเมื่อผ่านกระบวนการตัดต่อหลาย ๆ ครั้ง แต่ระบบดิจิทัลใช้มาตรฐานการเข้ารหัสภาพแบบเดียว คือ MPEG-2 ซึ่งให้คุณสมบัติของภาพที่หลากหลาย มีกระบวนการสร้างภาพที่ซับซ้อนกว่า แต่ให้คุณภาพที่ดีมากกว่า สามารถนำไปใช้งานในสื่อผสมอื่น ๆ ที่หลากหลาย เป็นที่นิยมแพร่หลายที่สุดในขณะนี้ ทำให้การนำไปใช้งานได้ครอบคลุมทุกวงการการสื่อสารเป็นมาตรฐานเดียวกัน

### 3) Scalability (ขนาดของการมองภาพที่ให้ผู้ชมมองภาพที่ดีขึ้น)

ระบบแอนะล็อกมีขนาดของการมองภาพที่แคบ (758x578 - PAL อัตราส่วนภาพ 4:3) และภาพมีความละเอียดต่ำ การแสดงผลที่จอภาพไม่มีความชัดเจน ยิ่งจอภาพมีขนาดมากขึ้นยิ่งให้รายละเอียดต่ำกว่า ซึ่งเป็นแบบ SDTV (Standard Definition Television) ทั่วไป ยิ่งนำไปแสดงผลบนจอโทรทัศน์ที่มีหน้าจอนขนาดใหญ่มาก ๆ ทำให้ภาพขาดความชัดเจน แต่ระบบดิจิทัลสามารถเลือกการเข้ารหัสสัญญาณภาพได้หลายขนาด (1080x720, 1920x1080 ที่อัตราส่วนภาพ 16:9) ให้ความละเอียดสูง ทำให้การแสดงผลที่จอภาพมีความคมชัดสูงแบบ HDTV (High Definition Television) มีมุมมองภาพที่กว้างมากขึ้น (Width Screen) ภาพที่ได้ดูสมจริงและมองเห็นภาพได้กว้างขวางมากขึ้น ประโยชน์ด้านอื่น ๆ โดยแบ่งเป็นแต่ละประเภท ๆ อาทิเช่น



ภาพที่ 2.8 ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ของระบบการแพร่สัญญาณแบบดิจิทัล [4]

HDTV (High Definition Television) มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า "โทรทัศน์ความคมชัดสูง" หรือ "โทรทัศน์รายละเอียดสูง" ซึ่งระบบ Digital สามารถแสดงภาพที่มีขนาดความคมชัดที่ดีกว่าโทรทัศน์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันที่เป็นระบบ Analog ดังนั้น HDTV จึงเป็นโทรทัศน์ที่มีคุณภาพทั้งภาพและเสียงสูงกว่าโทรทัศน์ทั่วไป มีระดับความคมชัดสูงสุด มีมุมมองภาพที่กว้างขึ้น มีจอแสดงภาพที่กว้างมากกว่าโทรทัศน์ปัจจุบัน ระบบเสียงเป็นแบบรอบทิศทาง เหมือนกับการรับชมภาพจากจอภาพยนตร์ ที่ผู้ชมจะได้รับชมภาพที่สมจริงมากยิ่งขึ้น

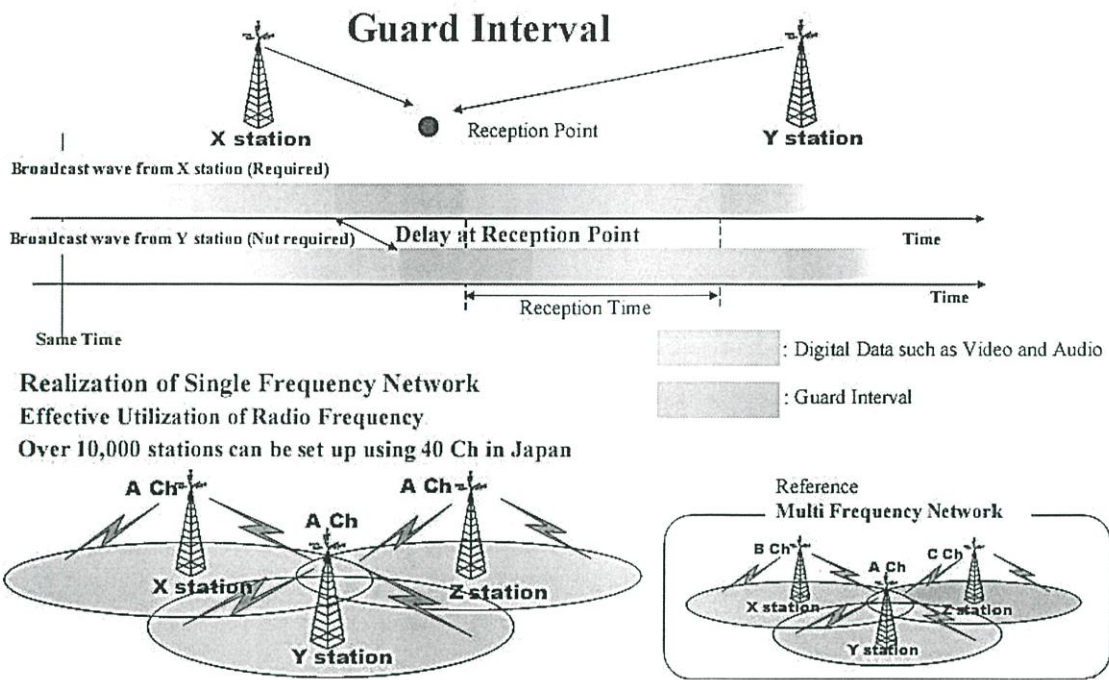
Multi-Channel Service เพิ่มการให้บริการช่องสัญญาณที่หลากหลาย ในระบบดิจิทัลสามารถส่งสัญญาณภาพ (เรียกว่าโปรแกรม หรือรายการ) ไปได้มากขึ้น รายการโทรทัศน์ (SDTV) จะถูกส่งสัญญาณไปได้พร้อม ๆ กันหลายรายการ โดยผ่านช่องสัญญาณ (Bandwidth) เพียงช่องเดียว ซึ่งมีความกว้างเพียง 6 MHz

Interactive Service การแพร่คลื่นระบบดิจิทัลสามารถทำเป็นระบบตอบสนอง รับและส่งข้อมูลระหว่างสถานีฯ กับผู้ชมรายการได้ เป็นบริการเสริมสำหรับการจัดรายการโทรทัศน์ที่ผู้รับชมสามารถเลือกข้อมูลสำหรับตอบโต้กับรายการโทรทัศน์ได้ผ่านอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณอื่น ๆ ที่ติดตั้งเสริมขึ้นมา

Data Broadcasting การให้บริการข้อมูลที่ส่งไปพร้อมสัญญาณภาพ (Video) ในระบบดิจิทัลสามารถใส่รายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ไปพร้อมสัญญาณ Video เพื่อให้ผู้รับบริการเลือกเปิดดู หรือใช้ค้นหาข้อมูลเสริมอื่น หรือเปิดดูรายการโทรทัศน์ เป็นการให้บริการข้อมูลที่หลากหลายผ่านช่องรายการโทรทัศน์

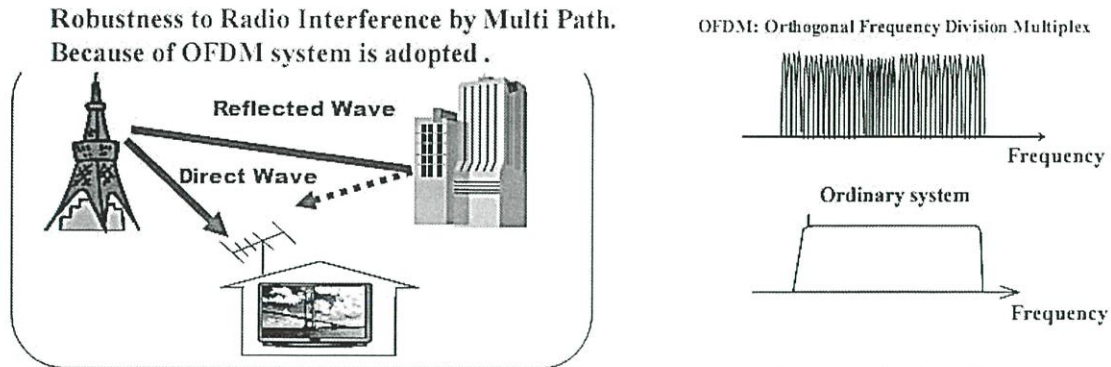
Mobile Reception การแพร่กระจายคลื่นระบบดิจิทัลรองรับการส่งสัญญาณผ่านอุปกรณ์พกพาประเภทต่างๆ ได้ โดยผู้รับบริการสามารถรับสัญญาณภาพและเสียงด้วยโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ทุกสถานที่และทุกเวลา ที่มีสัญญาณส่งไปถึง

Guard Interval ป้องกันการสอดแทรกรบกวนของสัญญาณเงาและสัญญาณสะท้อน

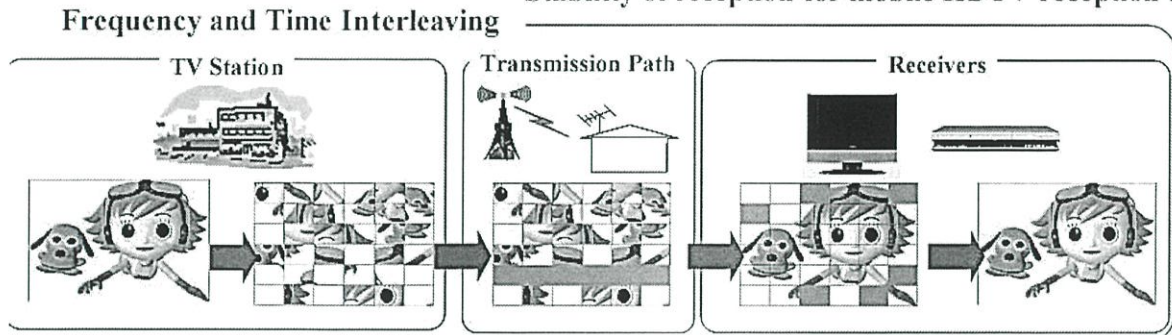


ภาพที่ 2.9 การป้องกันการสอดแทรกรบกวนของสัญญาณเงาและสัญญาณสะท้อน [4]

Robustness against Multi-Path สัญญาณดิจิทัลมีความคงทนต่อความผิดพลาดเมื่อระบบเกิด Error ขึ้น (Robustness) เมื่อเกิดการปะทะหรือสอดแทรกจากสัญญาณเดียวกันสะท้อนมาจากหลายๆทิศทาง (Multi-Path) โดยใช้กรรมวิธีการผสมคลื่นแบบ QPSK ทำให้สัญญาณมีอัตราส่วนของสัญญาณรบกวนต่ำ และสร้างคลื่นพาหะย่อยด้วยกระบวนการ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) ในแต่ละสัญญาณพาหะย่อยจะถูกทำให้รูปร่างมีความตั้งฉากซึ่งกันและกันกับสัญญาณพาหะย่อยอื่นๆ ด้วยวิธีการจัดการสัญญาณในลักษณะนี้ ทำให้แม้แต่สัญญาณพาหะย่อยที่อยู่ใกล้กันซ้อนทับกัน ก็ไม่ก่อให้เกิดการรบกวนซึ่งกันละกัน และเสริมกระบวนการสลับข้อมูลอีก 2 ลักษณะคือการสลับข้อมูลทางด้านแกนเวลาและทางด้านความถี่ของสัญญาณ (Frequency and Time Interleaving) เพื่อป้องกันการผิดพลาดจากการรบกวนแถบสัญญาณข้อมูล (รายการภาพและเสียง) และข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความผิดพลาดจะถูกส่งไปพร้อมกับสัญญาณพาหะย่อยที่แยกจากกันด้วย ดังนั้นการแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูลในแต่ละสัญญาณพาหะย่อย จะใช้วิธีการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดที่ปลายทาง เรียกกระบวนการนี้ว่า FEC (Forward Error detection and Correction)



Stability of reception for mobile HDTV reception !



ภาพที่ 2.10 แสดงความทนทานสัญญาณต่อเส้นทางหลายทาง [4]

#### 2.4.2 การบีบอัดสัญญาณ

การบีบอัดสัญญาณ MPEG-2 ซึ่งใช้งานในการส่งโทรทัศน์ DVB-T และ ISDB-T หรือ การส่งโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม DVB-S และ ISDB-S ส่วนเทคโนโลยีใหม่ในการบีบอัดสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล คือ MPEG-4 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า MPEG-2 ปัจจุบันนิยมใช้งานในการบีบอัดสัญญาณโทรทัศน์ความ ชัดเจนสูง HDTV ในการส่งโทรทัศน์ DVB-T2 หรือ DVB-S2

#### 2.4.3 ผู้ให้บริการโครงข่ายบริการโครงข่าย (NETWORK PROVIDER)

ในช่วงเริ่มต้นมี 5 ผู้ให้บริการโครงข่าย หรือ “MUX”

- MUX1 (NBT)
- MUX2 (ททบ5)
- MUX3 (MCOT)
- MUX4 (TPBS)
- MUX5 (ททบ5)

ส่วน MUX ที่ 6 จะกำหนดให้หลังจาก Analog Switch off

## 2.5 กรอบการพิจารณามาตรฐานการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

- 1) ความก้าวหน้าในเชิงเทคโนโลยี และความจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบโทรทัศน์ในอนาคตเพื่อรองรับกับการพัฒนาของเทคโนโลยีอันอาจจะส่งผลกระทบต่อประชาชน
  - 2) การใช้คลื่นความถี่อันเป็นทรัพยากรสาธารณะอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อประชาชน (Spectrum Efficiency)
  - 3) จำนวนช่องรายการโทรทัศน์ควรมีมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาการในกิจการโทรทัศน์ของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ
  - 4) จำนวนของรายการโทรทัศน์มีมากเพียงพอที่จะจัดสรรให้ภาครัฐ ภาคธุรกิจภาคประชาชนมีช่องทางในการประกอบกิจการสื่อสารมวลชน เพื่อส่งเสริมการแข่งขันและโอกาสในการรับรู้ข้อมูลข่าวสารสาธารณะที่มาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย
  - 5) ความสามารถในการรองรับบริการได้หลากหลาย รวมถึง บริการที่มีความคมชัดมาตรฐาน (Standard Definition) และบริการที่มีความคมชัดสูง (High Definition)
  - 6) มีการใช้งานมากเพียงพอที่จะนำไปสู่การผลิตจำนวนมาก (Economy of Scale) ที่จะส่งผลต่อราคาของอุปกรณ์รับสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัล (Set-Top-Box: STB) และเครื่องรับโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล (Integrated Digital Television : iDTV) ทำให้มีราคาที่เหมาะสมและไม่เกิดการระแวกประชาชนเกินควร
  - 7) การปรับเปลี่ยนไปสู่การรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัลของประเทศควรสอดคล้องกับวิทยุโทรทัศน์ระบบแอนะล็อกเดิม
  - 8) แผนคลื่นความถี่ใหม่จะต้องไม่เกิดการรบกวนกับวิทยุโทรทัศน์ระบบ Analog และการรบกวนคลื่นความถี่กับประเทศเพื่อนบ้าน (Smooth Migration)
  - 9) นโยบายรัฐบาล พันธกรณีระหว่างประเทศ และความร่วมมือในภูมิภาคอาเซียน
  - 10) การรองรับการพัฒนาการให้บริการรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงระบบเตือนภัย Emergency Warning System: EWS
- ข้อมูลเพิ่มเติม ภาคผนวก ก

## 2.6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกอากาศ

พารามิเตอร์สำหรับโครงข่ายโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล (ระบบ DVB-T2) สำหรับการรับสัญญาณทั้งแบบอยู่กับที่ (Fixed Reception) และแบบพกพาภายในอาคาร (Portable Indoor Reception) โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับประเทศไทยนี้ ถูกกำหนดจากหน่วยงาน กสทช.

ตารางที่ 2.1 แสดงพารามิเตอร์ DVB-T2 ที่ใช้ในการออกอากาศสำหรับประเทศไทย

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
Bandwidth	8 MHz
FFT Size	16k Extended
Pilot Pattern	PP2
Guard Interval	19/128
Modulation	64-QAM
Constellation Rotation	Off
Code Rate	3/5

โดยอัตราบิตของสัญญาณภาพ (bit rate) แต่ละช่องจะมีค่าแบ่งเป็นช่องสัญญาณแบบมาตรฐาน (SD) อยู่ที่ 0.75-2.5 Mbps และช่องสัญญาณแบบความคมชัดสูง (HD) อยู่ที่ 2-7 Mbps ซึ่งใน 1 MUX (Multiplexer) มีค่าความจุต่อ MUX สูงสุดโดยประมาณ 21.93 Mbps ซึ่งสามารถออกอากาศได้ทั้งหมด 8 ช่องรายการ โดยแบ่งเป็นช่องสัญญาณแบบมาตรฐาน (SD) จำนวน 6 ช่อง และช่องสัญญาณแบบความคมชัดสูง (HD) จำนวน 2 ช่อง

## 2.7 ช่องสัญญาณดิจิทัลทีวีในแต่ละมัลติเพล็กซ์

2.7.1 กำหนดความถี่วิทยุ 510-790 MHz

2.7.2 กำหนดความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth) 8 MHz

2.7.3 กำหนดช่องความถี่วิทยุในกรุงเทพเป็นดังตารางที่ 2.2

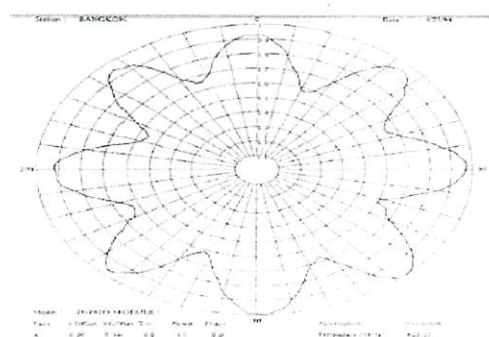
ตารางที่ 2.2 กำหนดช่องความถี่วิทยุในกรุงเทพ

ผู้ให้บริการ โครงข่าย	หมายเลข มัลติเพล็กซ์	หมายเลขช่อง ความถี่วิทยุ	ความถี่วิทยุ (MHz)		
			ขอบล่าง	ขอบบน	ความถี่ กึ่งกลาง
NBT	1	26	510	518	514
TV5	2	36	590	598	594
MCOT	3	40	622	630	626
TPBS	4	44	654	662	658
TV5	5	52	718	726	722

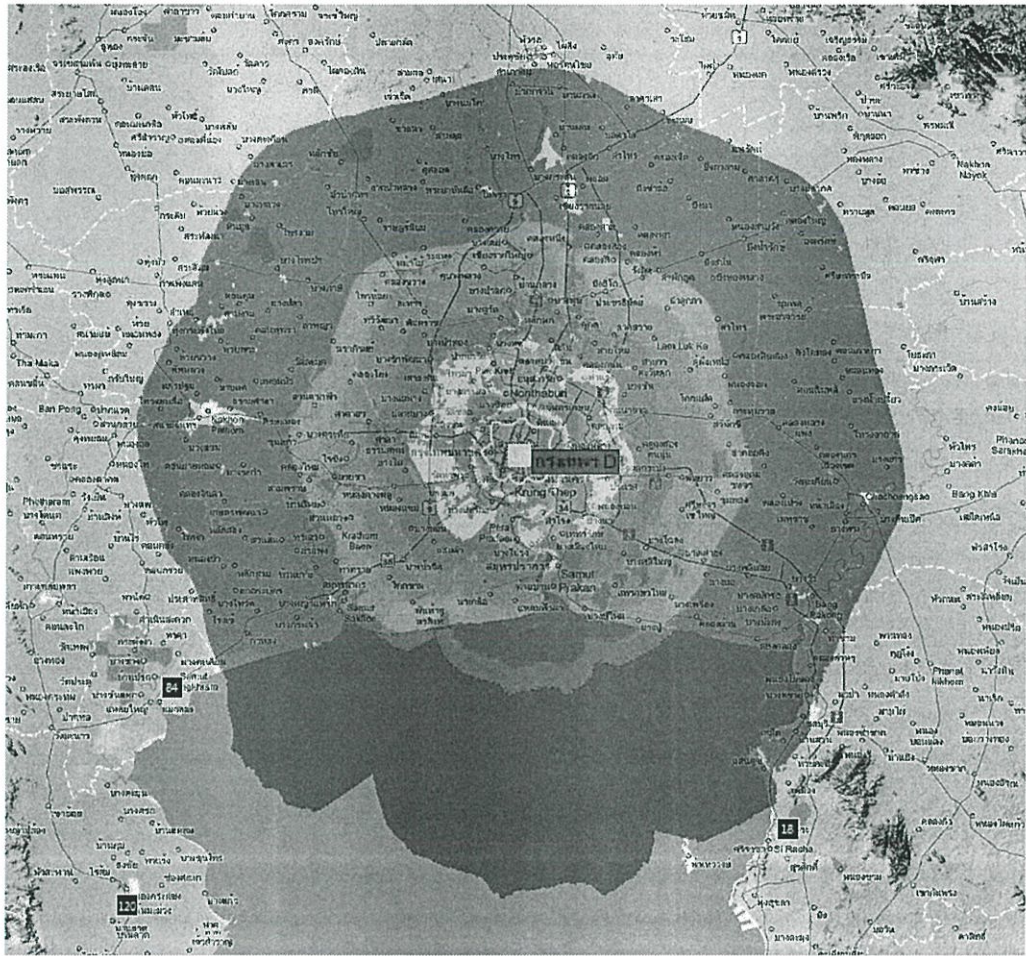
## 2.8 สถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ กรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานคร เป็นเมืองขนาดใหญ่ มีประชากรประมาณ 10 ล้านคน ในเมืองนี้ มีสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างมากมายในการรับสัญญาณ มีทั้งรูปแบบเมืองที่หนาแน่น ตลอดจนถึงพื้นที่โล่งในเขตชานเมือง

เครื่องส่งหลักตั้งอยู่ที่ตึกใบหยก 2 พิกัด ละติจูด  $13^{\circ} 45' 16.77''\text{N}$  ลองจิจูด  $100^{\circ} 32' 25.34''\text{E}$  ความสูงของสายอากาศจากระดับน้ำทะเล 328 เมตร สายอากาศบีมกดลงเท่ากับ 0.3 องศา เครื่องส่งเป็นแบบ DVB-T2 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์มอดูเลเตอร์และตัวขยายกำลังงาน ออกอากาศด้วยช่อง 40 (626 MHz) ออกอากาศด้วยกำลังส่ง 5 kW อัตราขยายของสายอากาศเท่ากับ 14.31 dBd โดยออกอากาศโพราไรเซชันในแนวนอน



ภาพที่ 2.11 แบบรูปการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศในแนวนอน ที่ใช้ออกอากาศที่ตึกใบหยก [5]

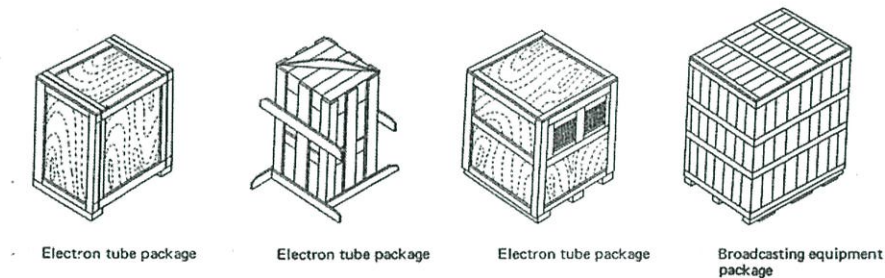


ภาพที่ 2.12 พื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณที่ออกอากาศในจังหวัดกรุงเทพมหานคร [5]

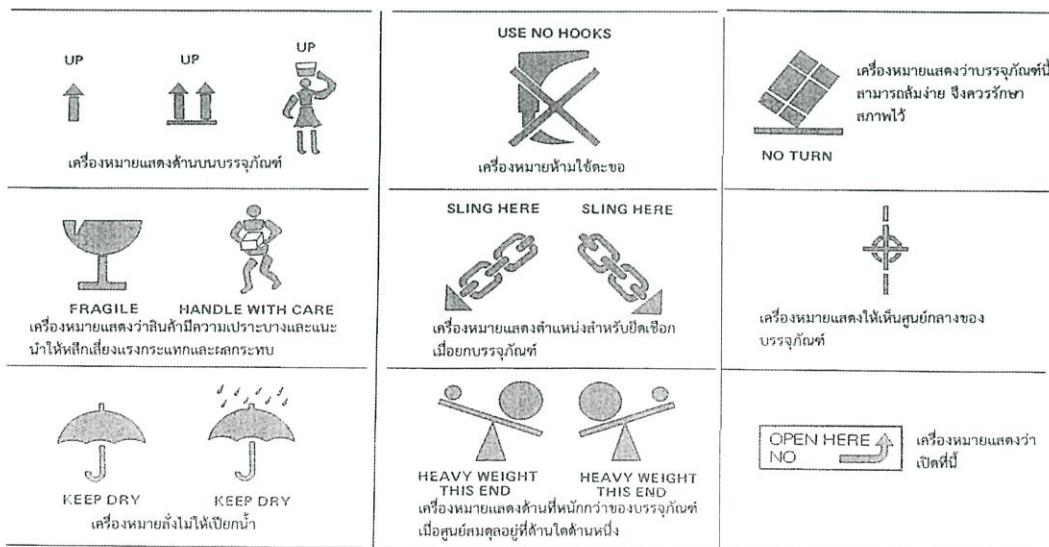
## บทที่ 3 วิธีดำเนินการโครงการ

### 3.1 การจัดการชุดอุปกรณ์

เนื่องจากอุปกรณ์โทรทัศนวิทย์ และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อาจได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือน ผลกระทบจากน้ำ และผลกระทบจากความชื้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดการดูแลซ่อมบำรุงกับอุปกรณ์เหล่านี้ด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เป็นที่ทราบกันดีว่าสิ่งของเหล่านี้เมื่อถูกบรรจุแล้ว มีข้อควรระวังคือพยายามไม่ให้โดนแดดจากภายนอก รวมไปถึงผลกระทบจากการสั่นสะเทือน ผลกระทบจากน้ำหรือความชื้น แต่มีข้อระวัง เนื่องมาจากลักษณะของวัสดุ และข้อควรคำนึงทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ค่าใช้จ่ายในการบรรจุและการขนส่ง ดังนั้นหากผลิตภัณฑ์ถูกบรรจุในสภาพไม่ถูกต้อง อาจจะทำให้เกิดความเสียหาย ทำให้ประสิทธิภาพหรือคุณภาพของอุปกรณ์นั้น ๆ เสื่อมลง และในบางกรณีอาจใช้งานไม่ได้เลย โดยการบรรจุภัณฑ์จะแสดงดังภาพที่ 3.1 และเครื่องหมายบนบรรจุภัณฑ์แสดงดังรูป 3.2



ภาพที่ 3.1 ลักษณะภายนอกของบรรจุภัณฑ์อุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ [6]



ภาพที่ 3.2 ความหมายและการใช้เครื่องหมายของบรรจุภัณฑ์ [6]

## 3.2 เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ DTU-70 รุ่น 4R3PQFD 4.3 KW ย่าน UHF

### 3.2.1 ข้อควรระวังและความปลอดภัย

เครื่องส่งสัญญาณนี้มีความสามารถในการจ่ายพลังงานได้สูงสุดถึง 16.5 กิโลวัตต์ ถือเป็นค่าที่สูงที่สุดในตู้แร็ค เนื่องจากข้อมูลที่ส่งออกมาที่มีความถี่สูง ดังนั้นการจัดเตรียมเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลที่ไม่ถูกต้องอาจไม่เพียงทำให้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องส่งสัญญาณเสียหาย แต่อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บของบุคคลในการเข้าถึงชิ้นส่วนในเครื่องนี้ จึงควรอ่านคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด ก่อนดำเนินการ และต้องดำเนินการให้เครื่องส่งสัญญาณทำงานออกมาให้ถูกต้อง

#### 3.2.1.1 ข้อควรระวังในการใช้



ภาพที่ 3.3 แสดงสัญลักษณ์ระดับระวัง



ภาพที่ 3.4 สัญลักษณ์กระแสไฟฟ้าแรงสูง

- 1) ก่อนถอดประตูด้านหลังหรือด้านข้างของเครื่องส่งสัญญาณ เพื่อที่จะทำการบำรุงรักษาให้ปิดเบรกเกอร์ทั้งหมดที่แผงด้านหน้าของเครื่องส่งสัญญาณ



ภาพที่ 3.5 สัญลักษณ์แสดงอุณหภูมิสูง

- 1) ท่อน้ำหล่อเย็นและอุปกรณ์รวมสัญญาณ ที่อยู่ด้านหลังของเครื่อง Power Amplifier รุ่น UX5000QF ในเครื่องส่งสัญญาณมีอุณหภูมิสูงมาก จึงควรระวังชิ้นส่วนต่างๆ โดยอาจเกิดการบาดเจ็บได้



ภาพที่ 3.6 สัญลักษณ์แสดงวัตถุมีน้ำหนักมาก

- 1) เครื่อง Power Amplifier รุ่น UX5000QF มีน้ำหนักมาก เมื่อยกหรือเคลื่อนย้ายอุปกรณ์นี้ ควรใช้บุคคลสองคนหรือมากกว่า เพื่อป้องกันการบาดเจ็บ



ภาพที่ 3.7 สัญลักษณ์แสดงความระมัดระวัง

บอกถึงสภาพของอันตรายที่เป็นไปได้ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเล็กน้อยๆ หากไม่หลีกเลี่ยง และแสดงถึงสภาพที่เป็นอันตราย ที่จะทำให้เกิดความบกพร่องของวัสดุนั้นๆ

- 1) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้วางเครื่องส่งสัญญาณไว้ในแนวตั้งโดยไม่มีการเอียง
- 2) ห้ามเหยียบด้านบนของเครื่องส่งสัญญาณ
- 3) ห้ามเหยียบท่อหรือชิ้นส่วนใด ๆ บนท่อ
- 4) ห้ามใช้งานในขณะที่มือเปียก
- 5) ถ้ามีน้ำเข้าจากส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องส่งสัญญาณให้เช็ดคราบสกปรกด้วยผ้าแห้ง
- 6) เมื่อมีการขันหรือคลายตัวหน้าแปลนของท่อ ควรใช้ตัวขันหรือคลายสองตัว ถ้าไม่เช่นนั้นท่ออาจบิดหรือเบี้ยวได้
- 7) เมื่อนำเครื่อง Power Amplifier ออกจากชั้นตู้แร็ค ควรทำให้แน่ใจว่า
  - ก. ปลดสายอินพุทของเครื่อง Power Amplifier และเอาออก เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายในระหว่างการเปลี่ยนชิ้นงาน
  - ข. ปิดเครื่องตัดกระแสไฟ AC ของเครื่อง Power Amplifier ที่อยู่หลังแผงควบคุม
  - ค. ปิดวาล์วเครื่อง Power Amplifier ที่อยู่ด้านหลังเครื่อง Power Amplifier ที่ด้านหลังของตู้แร็ค
- 8) เมื่ออยู่ในการออกอากาศอย่าตัดการเชื่อมต่อเครื่อง Power Amplifier สองตัวขึ้นไป
- 9) เมื่อติดตั้งหรือถอดเครื่อง (ตัว Exciter, TX control หรือเครื่องอื่นๆ) ควรระมัดระวังเพื่อไม่ให้สายบนพื้นที่ด้านหลังไม่ติดกับตัวเครื่อง
- 10) อย่าใช้เครื่องส่งสัญญาณกับวงจรที่ต่ออยู่ภายนอก ในกรณีเช่นนี้อาจเกิดอุบัติเหตุได้
- 11) ในกรณีที่มีการจัดเก็บเครื่อง Power Amplifier ไว้ในที่จัดเก็บหรือส่งกลับไปยังศูนย์ซ่อม ควรทำให้แน่ใจว่าได้ถอดระบบ Cooling water ออกจากเครื่อง Power Amplifier

### 3.3 ข้อมูลการใช้งานเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

#### 3.3.1 ขอบเขต

คู่มือการใช้งานนี้ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลย่าน UHF รุ่น DTU-70D

#### 3.3.2 ข้อมูลทั่วไป

เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล UHF รุ่น DTU-70D เป็นเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลย่าน UHF รุ่นล่าสุดที่ใช้สำหรับการแพร่ภาพทางโทรทัศน์

คุณสมบัติที่สำคัญมีดังนี้

##### 1) เทคโนโลยีขยายเสียงแบบ Doherty

เทคโนโลยีนี้มีส่วนช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพได้มากกว่า 18% จากแบบจำลองทั่วไป ในกรณีที่มีการเปลี่ยนความถี่ใช้การเปลี่ยนอะไหล่เพียงไม่กี่ชิ้น ช่วยให้สามารถลดเวลาในการเปลี่ยนความถี่ได้

##### 2) การควบคุมแรงดันไฟฟ้าในเครื่องขยายเสียงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

##### 3) มีประสิทธิภาพสูงและสามารถจัดการระบบระบายความร้อนได้อย่างง่าย

ระบบระบายความร้อนด้วยของเหลวมีระบบทำความเย็นแบบรวดเร็ว ทำให้การไหลของของเหลวมีประสิทธิภาพสูง และใช้วงจรไฮบริดแบบปิด เมื่อเทียบกับวงจรปิดทั่วไปแล้ววงจรมีข้อดีดังต่อไปนี้

- การให้น้ำหล่อเย็นจะง่ายขึ้น
- การระบายอากาศได้ง่ายขึ้น
- ฝุ่นที่ตัวกรองหรือตัวกรองที่ไม่สามารถเอาออก จะตกตะกอนที่ด้านล่างของถัง และสามารถถอดออกได้ง่าย

##### 4) ขนาดกะทัดรัด

มีขนาดกระทัดรัด (สามารถติดตั้งเครื่อง Power Amplifier ได้สูงสุด 5 ตัว มีระบบระบายความร้อนภายในตัวเครื่องส่งสัญญาณ) ช่วยในการใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 5) ความน่าเชื่อถือสูง

ชุดเครื่องส่งสัญญาณนี้ประกอบด้วยฟังก์ชันสำหรับตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์แต่ละชิ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดและที่สำคัญทำให้มั่นใจได้ว่าการดำเนินงานมีเสถียรภาพ

### 6) ความง่ายในการใช้งานและการตรวจสอบที่ใช้งานง่าย

ติดตั้งจอแสดงผล เพื่อแสดงสถานะการใช้งานและปัญหาให้กับผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้สามารถมองเห็นได้อย่างรวดเร็ว

เครื่อง TX Control มีเว็บเซิร์ฟเวอร์และ SNMP ในตัว ด้วยการเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณเข้ากับ LAN เครื่องส่งสัญญาณนั้นสามารถตรวจสอบและควบคุมได้จากเว็บเบราว์เซอร์

### 3.3.3 Coding System

ระบบ Coding ของ DTU-70 / \*\*\* D มีดังต่อไปนี้

ดิจิทัล TV Transmitters (UHF Band) : DTU-70/ 

a	a	a
---	---	---

b	c	d
---	---	---

 D

1) 

a
---

a
---

a
---

 : Output Power

2R9 : 2.9 kW

4R3 : 4.3 kW

5R7 : 5.7 kW

7R1 : 7.1 kW

8R5 : 8.5 kW

9R9 : 9.9 kW

11R2 : 11.2 kW

12R6 : 12.6 kW

13R9 : 13.9 kW

16R5 : 16.5 kW

2) 

b
---

 : องค์ประกอบ

S : เครื่องส่งสัญญาณแบบเดี่ยว

P : เครื่องส่งสัญญาณแบบคู่พร้อมตัวขับแบบคู่, เครื่อง Power Amplifier หลายเครื่อง และระบบ Cooling แบบคู่ขนาน

PE : เครื่องส่งสัญญาณแบบคู่พร้อมตัวขับแบบคู่, เครื่อง Power Amplifier เครื่องเดียว และระบบ Cooling แบบเดี่ยว

W : เครื่องส่งสัญญาณแบบคู่ ทำงานแบบขนาน

3) 

c
---

 : Cooling Type

Q : ระบายความร้อนด้วยของเหลว

QF : ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบ Built-in (ใช้งานได้ถึงห้าตัว)

4) 

d
---

 : Option

B : ตัวกรองสัญญาณแบนในตัว

ตารางที่ 3.1 แสดงการกำหนดค่าระบบของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ [6]

TX TYPE	S type	P type	W type
	Single Transmitter (Single Exciter, Single Cooling)	Single Transmitter with Redundancy (Dual Exciter, Dual Cooling)	Dual Transmitter in Parallel Operation
OUTLINE DIAGRAM			
EXCITER OPERATION SYSTEM	1 set : Single Operation	2 sets : Passive Reserve Operation	2 sets : Passive Reserve Operation
COOLING SYSTEM	Single Operation	Passive Reserve Operation	Each separate transmitter performs single operation

ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะเฉพาะของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ [6]

RF output power :	2.9 kW / 4.3 kW / 5.7 kW / 7.1 kW / 8.5 kW / 9.9 kW / 11.2 kW /12.6 kW / 13.9 kW / 16.5 kW
Frequency range :	UHF Band IV or V (470-862 MHz)
Frequency stability :	$\pm 2.5 \times 10^{-7}$ over a period of 1 year with internal reference
<u>Power supply</u>	
Voltage :	380 / 400 / 415V, 3-phase, 4-wire
Voltage stability :	+10%, -15%
Frequency stability :	$\pm 2\%$
Power consumption :	Approx. * kVA
<u>Dimension</u>	
Width :	615 mm
Height :	2,000 mm
Depth :	1,200 mm
<u>Ambient requirement</u>	
Temperature range :	Over the temperature range 0°C to +45 °C :Transmitter specifications are guaranteed
Relative humidity :	90 % maximum
Altitude :	As determined by your site location

### 3.3.4 ส่วนประกอบ

แนะนำให้ผู้ปฏิบัติงานทำความเข้าใจกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องส่งสัญญาณและชื่อประเภทของผลิตภัณฑ์จากทั้งมุมมองด้านการทำงานและด้านกายภาพ เพื่อช่วยในการดำเนินงานใช้เครื่องได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และการซ่อมบำรุงเครื่องส่งสัญญาณ

#### 3.3.4.1 องค์ประกอบหน้าที่ของเครื่องส่งโทรทัศนระบบดิจิทัล

เครื่องส่งสัญญาณสามารถจัดกลุ่มได้อย่างง่าย โดยแยกเป็นฟังก์ชัน 4 ส่วน ประเภทอุปกรณ์และแผงแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงประเภทอุปกรณ์ตามชื่อรุ่นเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน [6]

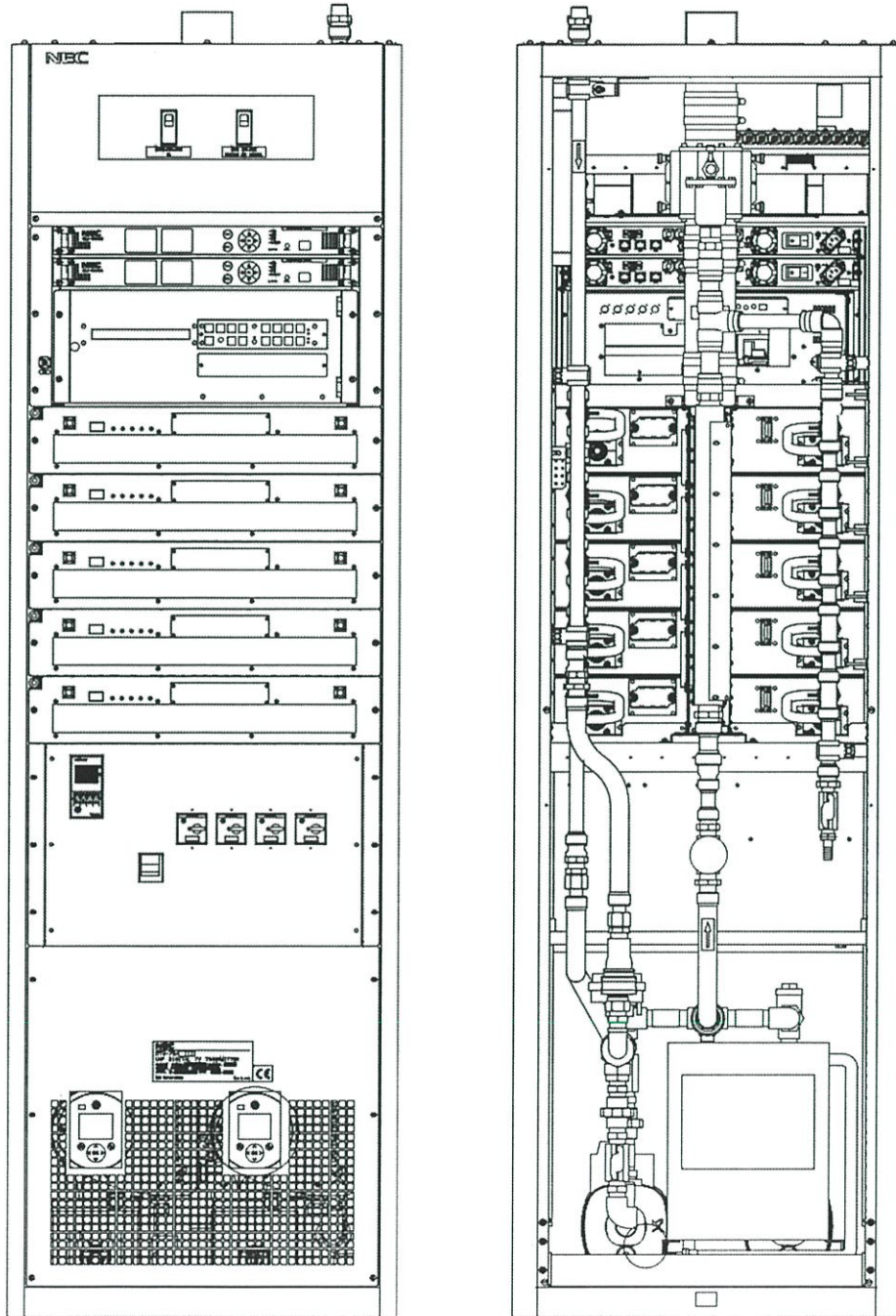
	Exciter Section		Power Amplifier Section		Control and Monitor Section		Cooling Equipment Section		
	DM-5000 Series EXCITER	HPC-1606 Exciter Switch	UX5000QF Power Amplifier	Divider	Combiner	HPC-1605 TX Control	Color LCD Display (Optional)	Pump Rack (Single Pump type)	Heat Exchanger (No-redundant fan type)
S Type									
DTU-70/2R9SQ(F)D	1	--	2	1	1	1	(1)	1	1
DTU-70/4R3SQ(F)D			3						
DTU-70/5R7SQ(F)D			4						
DTU-70/7R1SQ(F)D			5						
DTU-70/8R5SQD			6						
DTU-70/9R9SQD			7						
DTU-70/11R2SQD			8						
DTU-70/12R6SQD			9						
DTU-70/13R9SQD			10						
DTU-70/16R5SQD			12						

ตารางที่ 3.3 แสดงประเภทอุปกรณ์ตามชื่อรุ่นเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ (ต่อ) [6]

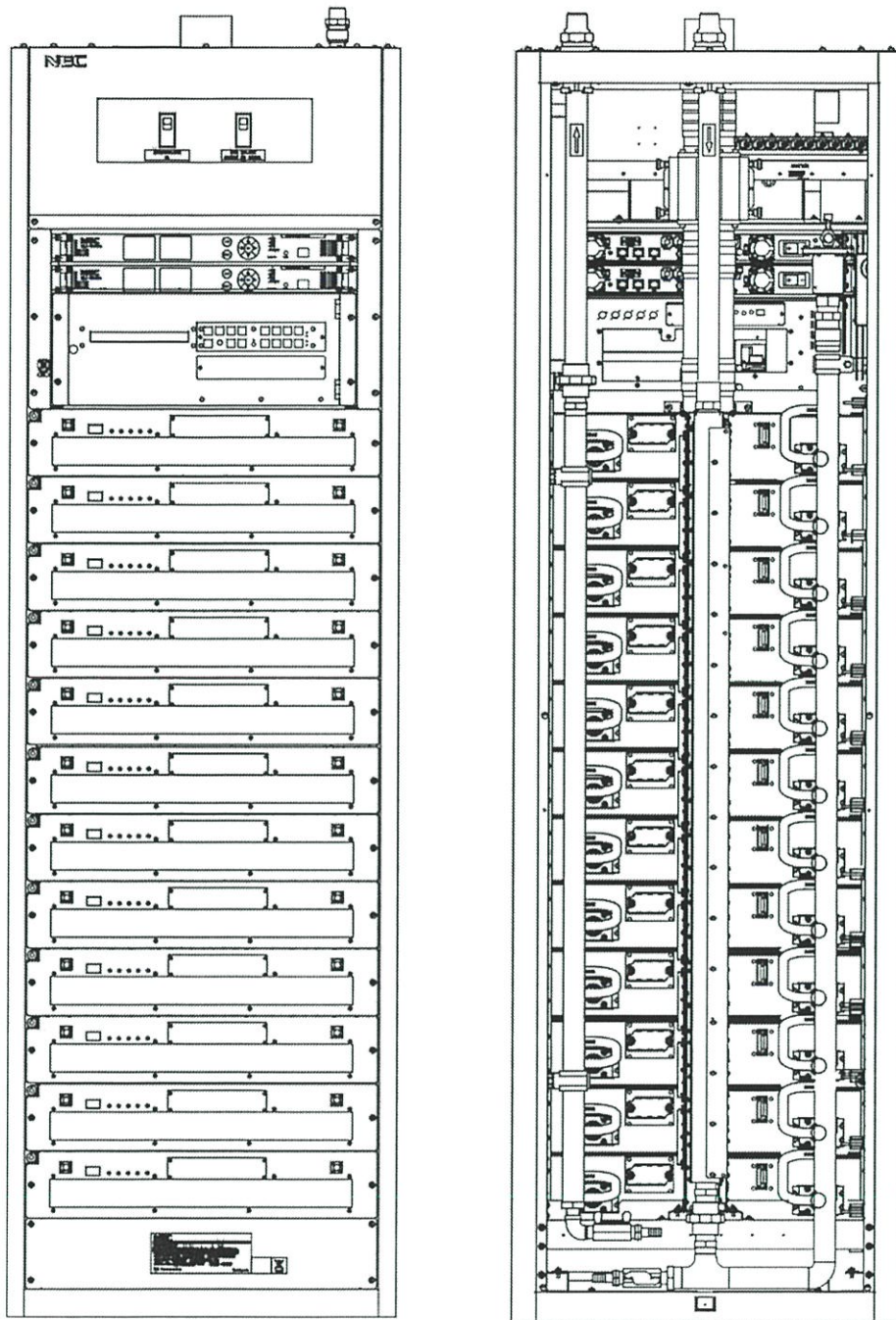
	Exciter Section		Power Amplifier Section		Control and Monitor Section		Cooling Equipment Section		
	DM-5000 Series EXCITER	HPC-1606 Exciter Switch	UX5000QF Power Amplifier	Divider	Combiner	HPC-1605 TX Control	Color LCD Display (Optional)	Pump Rack (Dual Pump type)	Heat Exchanger (Redundant fan type)
P Type									
DTU-70/2R9PQ(F)D	1	1	2	1	1	1	(1)	1	1
DTU-70/4R3PQ(F)D			3						
DTU-70/5R7PQ(F)D			4						
DTU-70/7R1PQ(F)D			5						
DTU-70/8R5PQD			6						
DTU-70/9R9PQD			7						
DTU-70/11R2PQD			8						
DTU-70/12R6PQD			9						
DTU-70/13R9PQD			10						
DTU-70/16R5PQD			12						

### 3.3.4.2 องค์ประกอบทางกายภาพ

มุมมองภายนอกของเครื่องส่งสัญญาณรุ่น DTU-70D โดยทั่วไปจะแสดง  
ดังภาพที่ 3.8 และภาพที่ 3.9



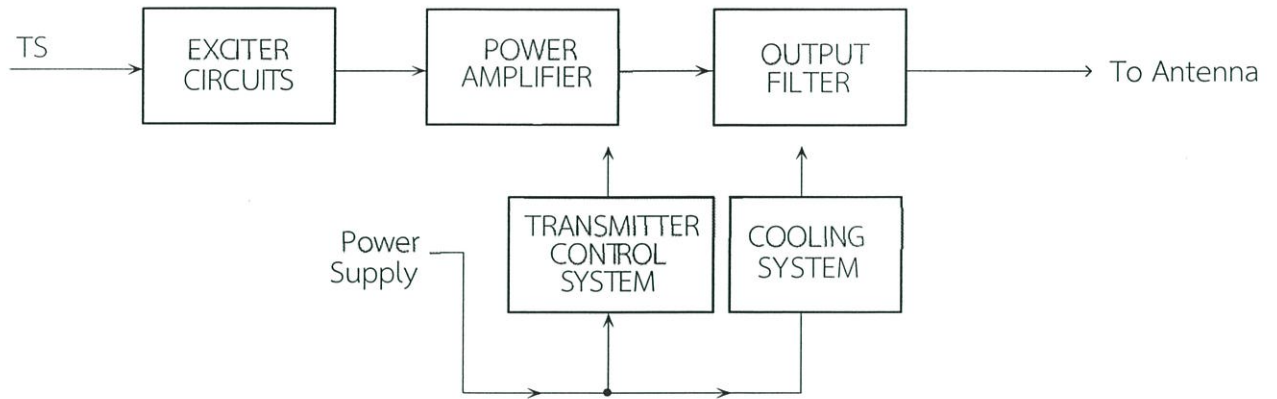
ภาพที่ 3.8 มุมมองด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องส่งสัญญาณรุ่น DTU-70D  
(มีระบบทำความเย็นภายใน) [6]



ภาพที่ 3.9 มุมมองด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องส่งสัญญาณชุด DTU-70D [6]

### 3.4 รายละเอียดการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

ส่วนนี้แสดงการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลรุ่น DTU-70D โดยดูจากแผนผังบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แผนผังบล็อกไดอะแกรมอย่างง่ายของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล [6]

### 3.4.1 เครื่อง Exciter

เครื่อง Exciter รุ่น DM-5000A DVB-T / T2 ถูกออกแบบมาสำหรับระบบส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลและมีฟังก์ชันหลักๆคือ COFDM modulation, frequency upconversion, linearity correction และอื่นๆ ฟังก์ชันการปรับ COFDM เป็นไปตามมาตรฐาน DVB-T และ DVB-T2

#### 3.4.1.1 ลักษณะของเครื่อง Exciter

ตารางที่ 3.4 แสดงลักษณะทางไฟฟ้าของเครื่อง Exciter [6]

Function	Characteristics
TS Input	DVB-ASI x 2 (ASI1, ASI2) / BNC-J (75 $\Omega$ )
TSoIP Input	1GbE Ethernet (IP1, IP2) / RJ-45
Output Level	0 dBm to +8 dBm adjustable
Output Frequency	UHF : 470 – 862 MHz
Output Connector	BNC-J (50 $\Omega$ )
RF Feedback Input Level	+0 dBm to +6 dBm
Input Connector	BNC-J (50 $\Omega$ )
Reference Input Level	- 3 dBm to +10 dBm
Reference Frequency	10 MHz (sine wave)
1PPS Input Signal Type	1Hz pulse
1PPS Input Level	TTL
Input Power Supply Voltage	90 - 250V AC
Power Consumption	100W maximum
Dimensions	480 mm (width) x 44 mm (height) x 520 mm
Weight	Approx. 7.0 kg

### 3.4.2 เครื่อง Power Amplifier

#### 3.4.2.1 Power Amplifier รุ่น UX5000QF

เครื่อง Power Amplifier รุ่น UX5000QF ใช้เทคโนโลยี Doherty เอาท์พุทสูงสุดของเครื่องนี้มีกำลังเฉลี่ย 1560 วัตต์ และมีค่าเกนประมาณ 77.9 dB

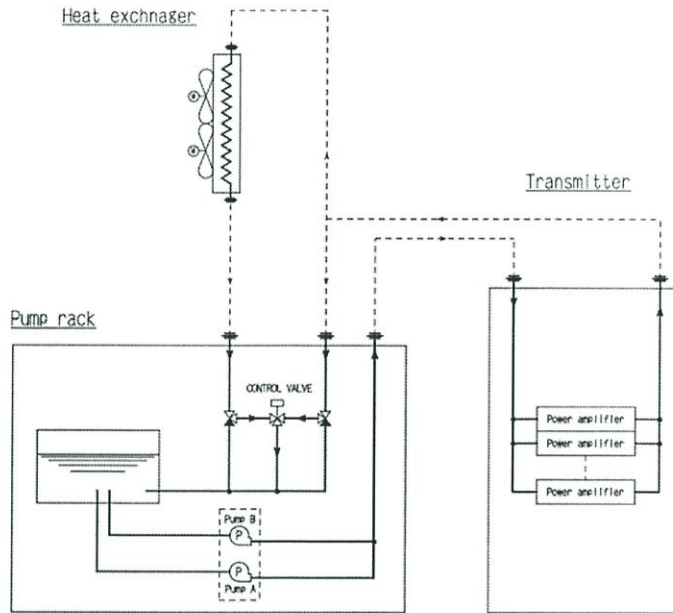
ตารางที่ 3.5 แสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเครื่อง Power Amplifier รุ่น UX5000QF [6]

ส่วนอุปกรณ์	คำอธิบาย
<u>Circuitry</u>	
Transistor	19
The number of cascade transistor stage	3
<u>External configuration</u>	
Dimension	504 (W) × 105 (H) × 762 (D) (*Include Front Panel)
Weight	Approx. 34 kg (*Include Front Panel)
Input connector	BNC-J, front
Output connector	WX-39D plug-in, rear
Power supply connector	Plug, rear
Control connector	Plug, rear
Current checking	Plug, rear
Type of unit	Front-operated plug-in type
Cooling system	Jet water cooling & Cold plate cooling
<u>Protective devices</u>	
Over input protection	+1 dB
Temperature protection	• Automatic output interruption at preset temp.
Load variation coverage	• Non-abnormal operation in short-time open or short circuit.
RF power output	1560 W, average
RF power input	25 μW, average
Gain	77.9 dB
Power supply voltage	380/400/415V AC, 3phase
Power supply	120 A 50 V (build in main body)
Channel coverage	470 – 862 MHz
Frequency response	Better than ±0.5 dB, within any channel band
Gain stability	Better than ±0.5 dB
Power consumption	Approx. 5,000 W

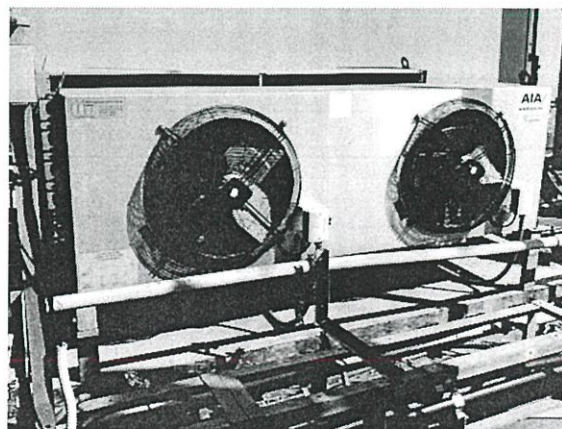
### 3.4.3 ส่วนระบายความร้อน

เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศนระบบดิจิทัลรุ่นนี้ ระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็น ที่ป้อนมาจากปั๊มแรงดันสูง สารทำความเย็นที่ไหลเข้าสู่เครื่องส่งสัญญาณจะแยกตัวออกไปจุดจับตัวด้านทานไฟฟ้า เพื่อให้เย็นตัว พอเย็นตัวลง แล้วจะถูกปล่อยออกรวมกันอีกครั้งในหนึ่งตามเส้นทางจากเครื่องส่งสัญญาณ

ระบบทำความเย็นด้านล่างอยู่ในรูปแบบพาสซีฟ สามารถเปลี่ยนปั๊มได้ตลอดเวลา ระหว่างการใช้งาน ความร้อนที่จะสร้างขึ้นในเครื่อง Power Amplifier



ภาพที่ 3.11 แผนภาพบล็อกของระบบระบายความร้อนในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน [6]



ภาพที่ 3.12 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

### 3.4.4 TX Control Unit

สถานะของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลจะได้รับการตรวจสอบโดยใช้ชุดควบคุม TX Control Unit รุ่น HPC-1605 โดยเครื่อง TX Control จะรับสถานะสัญญาณและสัญญาณเตือนจากแต่ละชุดในเครื่องส่งสัญญาณ โดยจะส่งสัญญาณไปยังตัวประมวลผลจึงจะดำเนินการตรวจสอบและควบคุมเครื่องส่งสัญญาณ นอกจากนี้สภาพของเครื่องส่งสัญญาณที่ตรวจพบโดย TX Control Unit จะแสดงรายละเอียดในหน้าจอ LCD บนแผงควบคุม

การควบคุมเมื่อพบข้อผิดพลาดของเครื่องส่งสัญญาณแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- 1) เมื่อเกิดข้อผิดพลาด การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณจะหยุดทำงาน
- 2) แม้มีความผิดปกติ เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์สามารถดำเนินการต่อได้โดยการเปลี่ยนระบบโดยอัตโนมัติเข้าสู่ระบบ Stand-by ส่วน Exciter และส่วน Cooling ทั้งสองส่วนนี้จะถูกควบคุมด้วยระบบ Stand-by

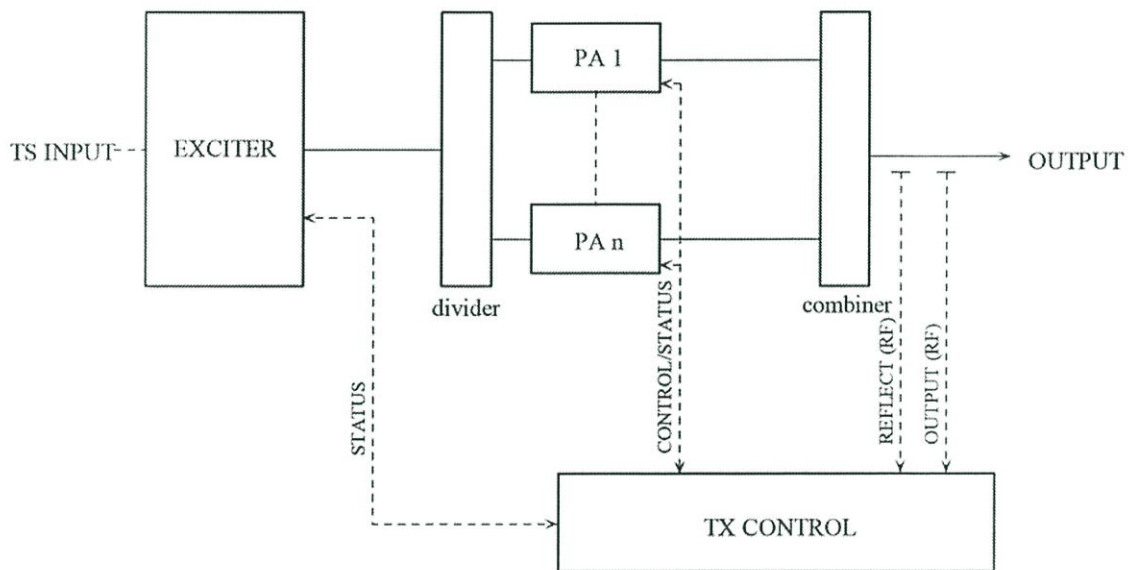
\* ระบบ Stand-by มีเฉพาะ P type TX เท่านั้น

- 3) หากพบข้อผิดพลาด เครื่องส่งสัญญาณจะไม่หยุดทำงาน อย่างไรก็ตามสัญญาณแจ้งความผิดปกติจะต้องถูกส่งไปยังวงจรรายนอก เมื่อมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นที่เครื่องส่งสัญญาณตัวเซ็นเซอร์จะตรวจจับความผิดพลาดและส่งการตอบสนองไปยังที่เครื่อง TX Control จากนั้นเครื่อง TX Control จะตัดสินข้อผิดพลาดที่พบ แล้วควบคุมเครื่องส่งสัญญาณ

### 3.4.5 Monitoring Section

เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์นี้มีมิเตอร์เพื่อให้สามารถตรวจสอบกำลังส่งออกของเครื่องส่งสัญญาณและพารามิเตอร์ของแต่ละ Power Amplifier ได้ โดยกำลังเอาท์พุทจะถูกตรวจจับโดยวงจรเครื่องตรวจจับในชุด TX Control และจะแสดงขึ้นโดยรูปแบบดิจิทัลบนหน้าจอ LCD นอกจากนี้ ส่วนของจอภาพรวมเอาท์พุทวงจรตรวจจับที่ต่ำกว่าและสูงกว่าและในกรณีที่กำลังส่งออกไม่ปกติ ค่าที่ผิดพลาดกำลังส่งจะถูกส่งไปยังส่วน TX Control ส่วนของมอนิเตอร์ยังมีระบบ telemetry ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมและตรวจสอบเครื่องส่งสัญญาณ

พารามิเตอร์ของแต่ละเครื่อง Power Amplifier จะถูกส่งไปยังส่วน TX Control



ภาพที่ 3.13 วงจรสำหรับวัดสัญญาณ RF [6]

ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น ควรมีการเตรียมการล่วงหน้าว่าจะทำอะไร จะได้สามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ จึงควรตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนที่จะดำเนินงาน

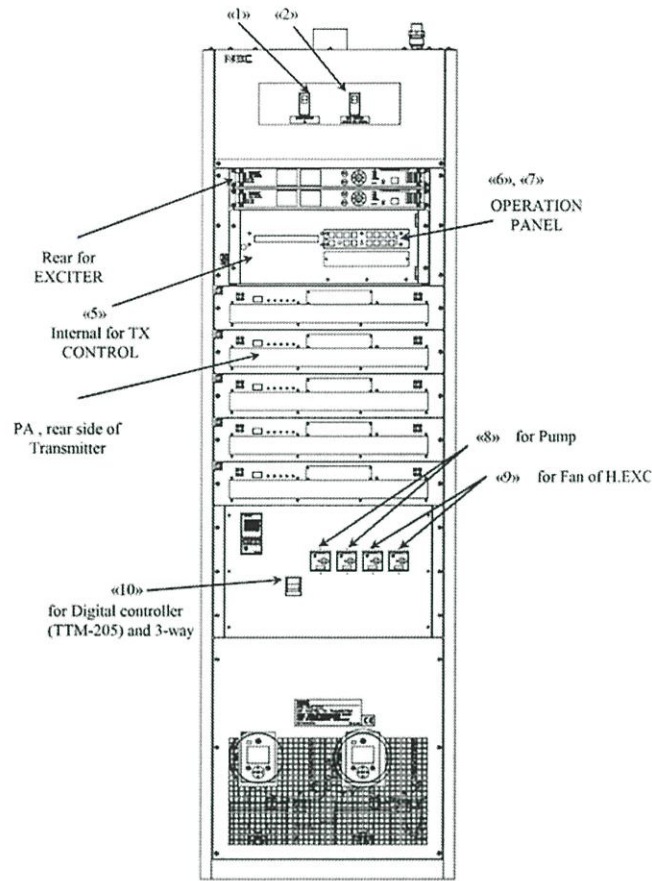
### 3.5 ข้อมูลทั่วไปของการซ่อมบำรุง

ก่อนที่จะเริ่มต้นอุปกรณ์ ควรตรวจสอบส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ สำหรับสิ่งที่มีผิดปกติและถูกต้องหรือซ่อมแซมตามส่วนที่ต้องการ

#### การตรวจสอบ Prestarting

- 1) ผู้ปฏิบัติงานควรระมัดระวังในขณะที่ดำเนินการทันที ก่อนเกิดเหตุฉุกเฉิน
- 2) ตรวจสอบสภาพของสายเคเบิล สายไฟ และสายเชื่อมต่อทั้งหมด ดูความแน่นและการตั้งค่าที่ถูกต้อง
- 3) ตรวจสอบความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของสายเคเบิลที่เชื่อมต่อกันระหว่างดิน และขั้วต่อสายดิน
- 4) ตรวจสอบองค์ประกอบทั้งหมดที่อาจเกิดขึ้นในช่วงระหว่างการขนส่ง
- 5) ตรวจสอบการเชื่อมต่อภายนอกทั้งหมดเพื่อหาขั้วและสายไฟที่เหมาะสม
- 6) ตรวจสอบว่าแหล่งจ่ายไฟให้มีความเหมาะสม
- 7) ตรวจสอบว่าหน้าที่ของวงจรป้องกันและรีเลย์ทั้งหมดให้เป็นที่น่าพอใจ
- 8) ในการตรวจเช็คและการปรับแต่งด้วยตนเอง ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ปิดสวิตช์ไฟแล้ว
- 9) อุปกรณ์โคแอกเซียลมีความเปราะบาง ต้องใช้ความระมัดระวังสูงและต้องระวังอันตรายจากการตก
- 10) ก่อนที่จะเริ่มต้นเครื่องส่งสัญญาณให้ยืนยันว่าไม่มีการรั่วซึมของน้ำหล่อเย็น

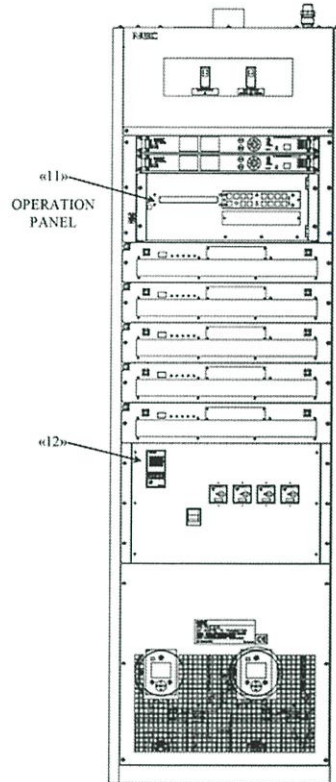
• การกำหนดและการทำงานของส่วนประกอบ



ภาพที่ 3.14 มุมมองด้านหน้าของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ [6]

- 1) MAIN (PA) คือ เบรกเกอร์กระแสไฟ Power Amplifier
- 2) EX / CONT คือ สวิตช์เปิด / ปิด เครื่อง Exiter และ TX Control
- 3) EXCITER (สวิตช์ด้านหลัง) คือ สวิตช์เปิด / ปิดเครื่องตัด Power supply
- 4) PA (สวิตช์ด้านหลังอยู่ด้านหลัง) คือ สวิตช์เปิด / ปิดเครื่องตัด Power supply
- 5) CONTROL (Internal) คือ สวิตช์เปิด / ปิดเครื่องของเครื่อง Power supply
- 6) REMOTE คือ จากแผงควบคุมของสวิตช์เลือกใช้งานโหมด REMOTE
- 7) TX ON คือ สวิตช์ควบคุม TX ON ของแผงการทำงาน
- 8) PUMP (A / B) คือ สวิตช์การเปิด / ปิดเครื่องของ PUMP
- 9) พัดลมของ Heat Exchanger คือ สวิตช์เปิด/ปิดเครื่องพัดลมของ Heat Exchanger
- 10) ดิจิทัล controller คือ สวิตช์เปิด / ปิดเครื่องดิจิทัล controller รุ่น TTM-205

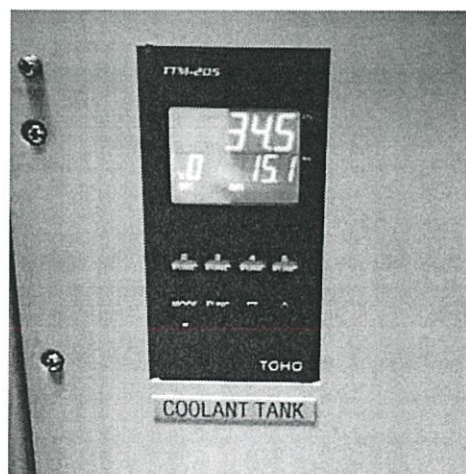
• เครื่องส่งสัญญาณ



ภาพที่ 3.15 มุมมองด้านหน้าของเครื่องส่งสัญญาณ (ต่อ) [6]

11) Operation Panel คือ แผงควบคุมและ Monitoring Panel มีสวิตช์ควบคุม (ชนิดปุ่มกด) แสดงจอ LCD และไฟ LED รายการต่าง ๆ

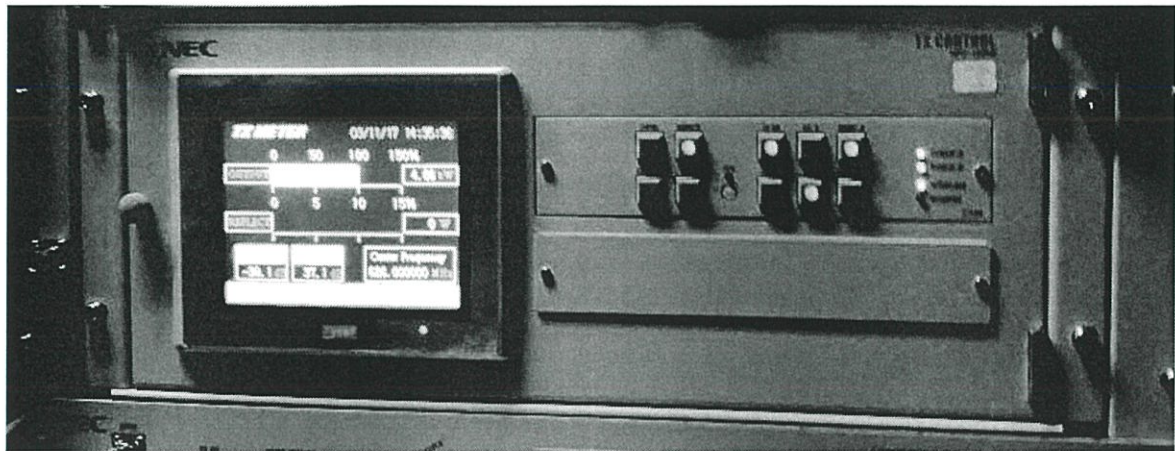
12) Temperature of coolant in tank คือ บ่งบอกถึงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นในถัง โดยค่ามาตรฐานแล้วจะมีค่าที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.16 มุมมองของหน้าจอแสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น

### 3.6 การดำเนินการแผงควบคุม

การควบคุมเครื่องส่งสัญญาณจะดำเนินการบนแผงควบคุมที่ด้านหน้าเครื่อง TX Control



ภาพที่ 3.17 มุมมองด้านหน้าของแผงควบคุมเครื่อง TX Control

แผงควบคุมมีฟังก์ชันต่อไปนี้

- 1) การเลือกโหมดการควบคุม
- 2) การควบคุมการเริ่ม / หยุดเครื่องส่งสัญญาณ
- 3) การควบคุมการเปลี่ยนเครื่อง Exciter A และ B
- 4) การควบคุมการเปลี่ยนปั๊มความเย็น A และ B
- 5) การควบคุมการเปลี่ยนของ heat exchangers A และ B เพื่อระบายความร้อน
- 6) ตั้งค่าการ alarm
- 7) แสดงสถานะ alarm

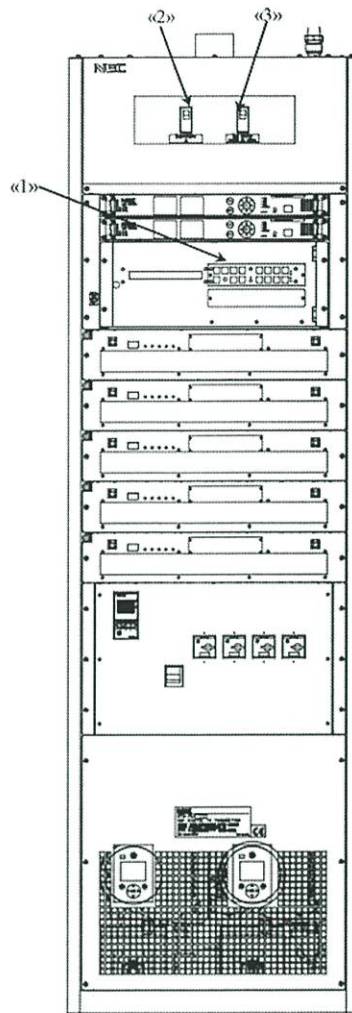
### 3.7 การซ่อมบำรุงทั่วไป

เพื่อให้การส่งสัญญาณออกอากาศทางโทรทัศน์มีคุณภาพดีที่สุดควรมีการบำรุงรักษาป้องกันอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มั่นใจได้ว่าเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์รุ่น DTU-70D ทำงานได้ดี

ปัญหาหลักจะเกิดขึ้นในบางครั้งเกิดจากการทำงานผิดพลาดเพียงเล็กน้อย จึงขอแนะนำให้ตั้งข้อกำหนดการบำรุงรักษาป้องกันระบบอย่างเป็นระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องส่งได้ทำงานอย่างดีเยี่ยมหรือไม่

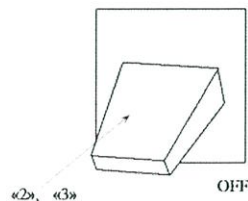
#### คำเตือน

- 1) ห้ามถอดเครื่อง Power Amplifier สองชุดหรือมากกว่าในระหว่างการใช้งาน
- 2) เมื่อถอดเครื่อง Power Amplifier ออกจากชั้นวาง ควรให้แน่ใจว่า
  - (ก) ปลดสายอินพุทของ Power Amplifier และนำออกไปเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายในระหว่างการเปลี่ยนชิ้นงาน
  - (ข) ปิดเครื่องตัดไฟของ Power Amplifier ที่อยู่หลังแผงควบคุม
- 3) ในกรณีที่เก็บเครื่อง Power Amplifier ไว้ในที่จัดเก็บหรือถูกส่งกลับไปที่ศูนย์ซ่อม ควรให้แน่ใจว่าได้ถอดระบบ Cooling Water ออกจาก Power Amplifier โดยใช้ FOOT PUMP แล้ว
- 4) เมื่อทำการบำรุงรักษาท่อ ต้องแน่ใจว่าได้ระบายน้ำหล่อเย็น ออกจากท่อในส่วนที่ต้องผ่านการบำรุงรักษา ในระหว่างการบำรุงรักษา น้ำหล่อเย็นที่เหลืออยู่ในท่ออาจไหลออกจากท่อได้ ดังนั้นควรเตรียมผ้าที่ไม่ใช่แล้วทิ้งเพื่อทำความสะอาดคราบน้ำหล่อเย็น



ภาพที่ 3.18 มุมมองด้านหน้าตำแหน่งเบรกเกอร์ของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ [6]

- 1) แผงการทำงาน
- 2) เบรกเกอร์วงจรหลัก (เครื่อง Power Amplifier)
- 3) เบรกเกอร์เครื่อง Exciter / Control



Throw Handle of Circuit  
Breaker «2», «3» to "OFF".

ภาพที่ 3.19 บานพับเบรกเกอร์ [6]

### 3.8 การตรวจสอบการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณ

เพื่อให้สามารถตรวจจ้ออาการที่เกิดปัญหาได้ในระยะเริ่ม และเพื่อให้เครื่องส่งสัญญาณอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ขอแนะนำให้เก็บบันทึกการทำงานไว้ เพื่อให้รายการต่อไปนี้เป็นบันทึกการทำงานหรือความคืบหน้าของเครื่องส่งสัญญาณ โดยทำการบันทึกการทำงานหรือความคืบหน้าของเครื่องส่งสัญญาณในเวลาที่เหมาะสม เช่น ช่วงเวลา, วันที่, สภาพอากาศ, อุณหภูมิห้อง, ความชื้นสัมพัทธ์, ชื่อของผู้ปฏิบัติงาน, เอาท์พุท, แรงดันไฟฟ้าและกระแสที่จุดที่ใช้, แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ สังเกตการขาดประสิทธิภาพหรือสัญญาณของสิ่งผิดปกติ

### 3.9 บริการซ่อมบำรุงรายเดือน

- 1) ก่อนที่จะส่งสัญญาณ การทำงานหรือที่อุปกรณ์ดังกล่าวให้ปรับรูปแบบการทดสอบและบันทึกแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแต่ละส่วน
- 2) หลังจากการส่งสัญญาณแล้ว ให้ตรวจสอบภายในตัวส่งสัญญาณและแหล่งจ่ายไฟ เพื่อดูอุณหภูมิว่า ผิดปกติหรือไม่
- 3) ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ติดตั้งในสถานีส่งสัญญาณ และภายในห้องนั้น
- 4) วัดลักษณะและทดสอบวงจร และอุปกรณ์ที่ตรวจสอบ

### 3.10 บริการซ่อมบำรุงประจำปี

- 1) ตรวจสอบว่ามีความถี่ที่เหมาะสมหรือไม่
- 2) ดำเนินการทดสอบการส่งออกและการทดสอบสมรรถนะชนิดต่าง ๆ ในเครื่องส่ง
- 3) ตรวจสอบปริมาณการจัดเก็บอะไหล่และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ตามที่กำหนด
- 4) วัดค่าความต้านทานต่อสายดินของแต่ละสายดินเพื่อให้แน่ใจว่ามีค่าต่ำมาก

#### 3.10.1 สถานีส่งสัญญาณ

- 1) ตรวจสอบด้านในของท่อสายไฟ, สายไฟ ฯลฯ ว่าไม่มีปัญหาและเห็นว่าไม่มีความเสียหายหรือโดนในน้ำ (ทุกครึ่งปี)
- 2) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าฉนวนกันความร้อนของแต่ละสายเคเบิลไม่เสื่อมสภาพ (เป็นประจำทุกปี)
- 3) ตรวจสอบการเชื่อมต่อสาย coaxial หลวมหรือไม่ และขันให้แน่น (เป็นประจำทุกปี)
- 4) ตรวจสอบด้านในของท่อสำหรับสิ่งสกปรก, จาระบี, ชิ้นส่วนโลหะและแก้ว เป็นต้น ควรทำความสะอาด (เป็นประจำทุกปี)

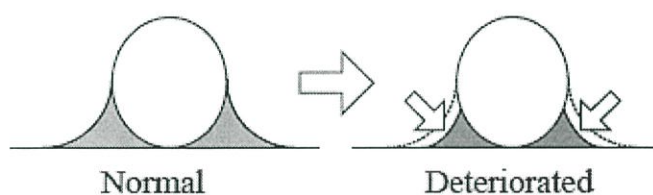
### 3.10.2 เครื่องส่งสัญญาณ (ตรวจสอบเป็นประจำทุกปี)

- 1) ตรวจสอบเครื่องตรวจจับการสะท้อนแต่ละตัวเพื่อดูปัญหา
- 2) ดูว่ามีส่วนใดที่บ่งบอกถึงอาการของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นหรือไม่
- 3) มีขั้วต่อที่แน่นไม่แตกหรือแตกหรือไม่
- 4) กำจัดฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ในชิ้นส่วนแต่ละชิ้นด้วยเครื่องดูดฝุ่น  
ตรวจสอบสัญญาณการกักร้อนของชิ้นส่วน
- 5) ตรวจสอบวงจรป้องกัน
- 6) ตรวจสอบลักษณะการทำงานโดยรวม
- 7) ตรวจสอบฟังก์ชันสวิทช์ซึ่งทำงานอยู่อย่างถูกต้อง ในสถานะ alarm
- 8) ตรวจสอบว่ามีเสียงรบกวนผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่ เมื่อเปิด / ปิดเครื่อง
- 9) ตรวจสอบปั๊มของน้ำหล่อเย็น ดูเสียงที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นหรืออาจมีการสั่นสะเทือน  
มากเกินไป
- 10) ตรวจสอบสายดินแต่ละสาย ค่าความต้านทานสายดินว่าต่ำพอสมควรหรือไม่
- 11) ตรวจสอบท่อว่ามีการรั่วไหลของน้ำหล่อเย็นหรือไม่
- 12) ตรวจสอบดูว่าเครื่องวัดอัตราการไหลมีความแตกต่างจากค่าเริ่มต้นหรือไม่
- 13) ตรวจสอบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของตัวจับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น  
ในตัวป้อนน้ำหล่อเย็น และสายจ่ายมีอาการเสียแตกต่างจากค่าเริ่มต้นหรือไม่

### 3.10.3 การตรวจสอบการบัดกรี

ตัวประสานจะค่อย ๆ เสื่อมสภาพตรงสมบัติทางกายภาพได้แม้ในสภาวะอุณหภูมิปกติ เมื่อเวลาผ่านไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเสื่อมสภาพของบัดกรีจะได้รับการเสื่อมสภาพมาจากสาเหตุอุณหภูมิสูงและในช่วงที่อุณหภูมิสูงไปต่ำเกิดขึ้น เนื่องจากการทำงานของการ ON / OFF

ในแง่ของลักษณะทั่วไปของตัวประสานนั้น โดยทั่วไปแล้วมักจะเกี่ยวกับพวกอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานสูง เช่นเครื่อง Power Amplifier แนะนำให้ตรวจสอบการเสื่อมสภาพของตัวประสานภายใน ในช่วงประมาณ 5 ปีหลังจากการติดตั้งครั้งแรก การตรวจสอบนี้ต้องทำประมาณ 1 ถึง 2 ครั้ง ตัวอย่างเช่นหนึ่งครั้งต่อระยะเวลา 2 ปีซ้ำหลังจากตรวจครั้งแรก การเสื่อมสภาพชนิดนี้บางครั้งจะลดปริมาณของบัดกรีหรืออาจเปลี่ยนสีของตัวประสาน



ภาพที่ 3.20 การเสื่อมของจุดรอยบัดกรี

ในระหว่างการบัดกรีอีกครั้งนั้น ต้องให้ความสนใจอย่างรอบคอบในประเด็นต่อไป นี้ ของตัวเก็บประจุซึ่งอยู่ใกล้กับทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า

ก) สถานที่ตั้งของจุดนั้น มีความไวต่อประสิทธิภาพของเครื่อง Power Amplifier ตัวเก็บประจุเหล่านี้ต้องอยู่ในตำแหน่งเดียวกันก่อน

ข) ตัวเก็บประจุเหล่านี้อาจได้รับความเสียหายจากความเครียด (stress) ในระหว่างการบัดกรีซ้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเครียดจากความร้อนของการสัมผัสโดยตรงกับหัวแร้งต้องหลีกเลี่ยง ตัวเก็บประจุเหล่านี้ต้องถูกแทนที่ในกรณีที่เกิดความเสียหาย

### 3.10.4 ตรวจสอบรายการสำหรับเครื่อง Exciter (ตรวจสอบเป็นประจำทุกปี)

- 1) ขั้วต่อและขั้วต่อหลาย ๆ ตัว ได้มีการเชื่อมต่ออย่างปลอดภัยหรือไม่
- 2) ตรวจสอบว่าพัดลมระบายความร้อนทำงานได้ตามปกติหรือไม่ ควรนำอุปกรณ์ใหม่มาแทนที่หากตรวจพบเสียงผิดปกติ
- 3) ตรวจสอบว่าจอ LCD ของแผงด้านหน้าทำงานได้ตามปกติหรือไม่ และควรเปลี่ยนหากมีการตรวจจับการลดลงของความสว่างหน้าจอ
- 4) ตรวจสอบรูปแบบและระดับของสัญญาณขาออก
- 5) ตรวจสอบใส่กรองอากาศที่ติดตั้งไว้ที่ช่องรับลมเย็นของพัดลม ถ้าหากมีคราบสกปรก ควรทำความสะอาด
- 6) ตรวจสอบดูสกรูว่าแน่นหรือไม่

### 3.10.5 ตรวจสอบรายการระบบ Coaxial (ตรวจสอบเป็นประจำทุก 3 ปี)

- 1) ตรวจสอบลักษณะของโลหะเสริมสายไฟและ Feeders ตรวจสอบรอยต่อตรงช่องว่าง
- 2) การวัดอุณหภูมิที่จุดติดตั้ง ของ Feeders ข้อต่อต่าง ๆ
- 3) ตรวจสอบแถบโลหะสำหรับความหนาแน่นและค่าคงที่เหมาะสมตามเงื่อนไขหรือไม่

### 3.11 สาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา

สาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในเครื่องส่งสัญญาณจะแสดงตามข้อความด้านล่าง

#### 3.11.1 การไม่สามารถเริ่มต้นได้

- 1) ความผิดปกติของวงจร Interlock ใด ๆ ในอุปกรณ์ Coaxial
- 2) การสัมผัสกับสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าวงจร Interlock เชื่อมต่อใด ๆ ที่ไม่เหมาะสม
- 3) การดำเนินการหยุดการทำงานของเบรกเกอร์
- 4) การขาดแรงดันน้ำหล่อเย็นในปั๊ม
- 5) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ามีความผิดปกติ

#### 3.11.2 Output Lowering

- 1) ความผิดปกติของเครื่อง Exciter
- 2) แรงดันไฟฟ้ามีความผิดปกติ
- 3) ความผิดปกติของมิเตอร์วัดค่า

#### 3.11.3 การตรวจจับการสะท้อนกลับ

- 1) การต่อสายไฟที่ผิดพลาดของ Coaxial Equipment หรือฟังก์ชันที่ไม่เหมาะสมของ Coaxial Switch
- 2) การติดต่อที่ไม่ถูกต้องของข้อต่อ Feeders แถบหนีบที่หลวม การติดต่อที่ไม่ดีของขั้วต่อด้านใน
- 3) การเพิ่มความต้านทานของสายอากาศแรงดันไฟฟ้า DC, การไหลเข้าของน้ำฝนเนื่องจาก Dehydrator ชำรุด
- 4) Carrier Frequency ที่ผิดปกติเนื่องจาก Crystal Oscillator ชำรุด

### 3.12 อะไหล่ทดแทนและช่วงทดแทน

ตารางที่ 3.6 แสดงอะไหล่ทดแทนและช่วงทดแทนในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ [6]

อุปกรณ์อะไหล่	ช่วงทดแทนอะไหล่
ปั๊ม	หลังจากผ่านไป 87,000 ชั่วโมง (ประมาณ 10 ปี)
พัดลมสำหรับ Heat Exchanger	หลังจากใช้เวลา 30,000 ชั่วโมง (ประมาณ 3.5 ปี)
พัดลมติดตั้งใน Power Amplifier	แนะนำให้เปลี่ยนหลังจากการทำงาน 40,000 ชั่วโมง (ประมาณ 4.5 ปี)
สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า	ตรวจสอบความสกปรกและฝุ่นของพื้นผิวทุกปี และดูสิ่งสกปรกที่ยึดติดกับผิวสัมผัส จากนั้นตัดสินใจเปลี่ยน
Circuit Breaker	ประมาณ 10 ปี
Relay	ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน โดยปกติตั้งแต่ 7 - 10 ปี
Microswitch	กำหนดโดยการทดสอบดำเนินงาน ที่ดำเนินการทุกปี แทนที่หากฟังก์ชันมีการเสื่อม
DC Power Supply	ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน โดยมักจะใช้เวลา 5-7 ปี
Electrolytic Capacitor	ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานและอุณหภูมิ โดยจะใช้เวลา 5-7 ปี
Lithium battery (BR1632) (อยู่ภายในเครื่อง Exciter)	หลังจากใช้งานประมาณ 100,000 ชั่วโมง (ประมาณ 11 ปี)

### 3.13 การแก้ไขปัญหา

เมื่อพบความผิดปกติหรือความผิดปกติในเครื่องส่งสัญญาณ โดยเครื่องส่งสัญญาณจะได้รับการป้องกันโดยการทำงานของเครื่อง TX Control และความผิดพลาดนั้นจะปรากฏบนแผงการทำงานที่จอ LCD จุดตรวจสอบที่ควรตรวจสอบในแผงควบคุมในกรณีฉุกเฉินจะมีดังต่อไปนี้

#### 3.13.1 ตัวชี้วัดความผิดปกติ

ตารางที่ 3.7 แสดงตัวชี้วัดความผิดปกติในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ [6]

ตำแหน่ง	ตัวชี้วัดความผิดปกติ	จุดตรวจสอบ
1. เครื่อง Exciter	ระดับเอาต์พุตของเครื่อง Exciter ลดลง	ตรวจสอบเครื่อง Exciter
2. เครื่อง Power Amplifier	ระดับเอาต์พุตของเครื่อง Power Amplifier ลดลง	ตรวจสอบเครื่อง Power Amplifier ตรวจสอบระดับอินพุต ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าขาเข้า AC
3. Output Power	กำลังส่งออกของเครื่องส่งสัญญาณจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง	ตรวจสอบเครื่อง Exciter หรือเครื่อง Power Amplifier ในกรณีที่มีการระบุความผิดพลาด ในกรณีที่ไม่ใช่ข้อบ่งชี้ข้อผิดพลาดควรตรวจสอบระดับพลังงานเอาต์พุตในเครื่อง Exciter ที่ใช้งาน และเครื่อง Power Amplifier ทั้งหมด
4. อุณหภูมิของ Power Amplifier	อุณหภูมิในส่วนเอาต์พุต ของเครื่อง Power Amplifier สูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้	ตรวจสอบแรงดันและการไหลของน้ำหล่อเย็น ถ้าความดันและการไหลของน้ำหล่อเย็นเป็นเรื่องปกติ อาจเกิดปัญหาความร้อนขึ้นได้ในระบบเครื่อง Power Amplifier ทำการตรวจสอบแรงดันและกระแสที่จุดแต่ละจุด
5. Reflect Power	โหลดของเอาต์พุต Combiner ไม่ปกติ	ตรวจสอบระบบ Coaxial ที่ Combiner

ตารางที่ 3.7 ตัวชี้วัดความผิดปกติในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ (ต่อ) [6]

ตำแหน่ง	ตัวชี้วัดความผิดปกติ	จุดตรวจสอบ
6. Power Amplifier , Power Supply	เกิดกระแสไฟเกินและความผิดปกติของอุณหภูมิในแหล่งจ่ายไฟในเครื่อง Power Amplifier	เมื่อแรงดันกระแสเกิน ที่เกิน 4 ครั้งภายใน 30 วินาที Power Supply จะปิดตัวเอง ควรตรวจสอบเพื่อตรวจสอบว่าข้อผิดพลาดอยู่ในตัว Power Supply หรือไม่ เมื่อเกิดความผิดปกติของอุณหภูมิ แหล่งจ่ายไฟจะดับลงทันที ควรตรวจสอบการไหลของน้ำหล่อเย็น และชุดจ่ายไฟ
7. COOLING	มีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบระบายความร้อน	ตรวจสอบชั้นปั๊มและท่อน้ำหล่อเย็น

### 3.14 การซ่อมบำรุง

#### 3.14.1 เครื่อง Exiter รุ่น DM-5000A

##### 3.14.1.1 การบำรุงรักษาและข้อควรระวัง

จำเป็นต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนต่อไปนี้เป็นประจำ

- FAN-1 / FAN-2 (พัดลมระบายอากาศ)
- Power Supply
- แบตเตอรี่ลิเธียมรุ่น BR1632
- หลังจากการใช้งาน 100,000 ชั่วโมง (ประมาณ 11 ปี)  
การใส่แบตเตอรี่ใหม่นั้น ควรวางลงในที่วางขั้วที่ถูกต้อง

เสียบวกเป็นด้านบน



Plus pole is upper side

ภาพที่ 3.21 แบตเตอรี่ลิเธียมชนิดเหรียญ [1]

ถ้าใช้แบตเตอรี่ผิดขั้วจะมีความเสี่ยงที่ความร้อนสูงหรือเกิดไฟไหม้

### 3.14.2 Power Divider

Power Divider ได้สร้างขึ้นมาเป็นอย่างดีจากโรงงานอยู่แล้ว และไม่จำเป็นต้องปรับ หลังจากที่ได้ทำการติดตั้ง

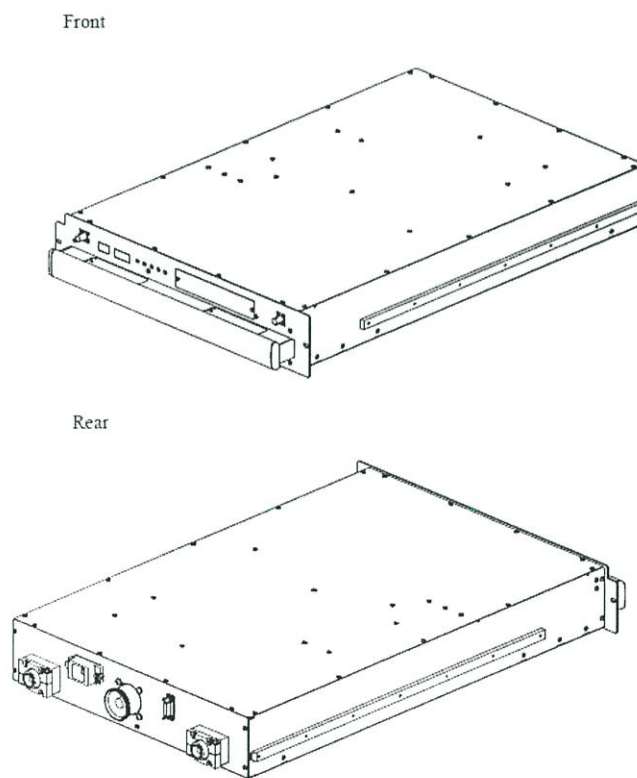
#### 3.14.2.1 การบำรุงรักษาและข้อควรระวัง

1) อย่าวางของหนักไว้บน Power Divider ไม่ใช่เพียงแค่ระหว่างออกอากาศ ในช่วงนอกเวลาออกอากาศก็เช่นกัน

2) ห้ามทำการเชื่อมต่อสายเคเบิลระหว่าง Power Divider output และ Power Combiner หากเชื่อมต่อไม่ถูกต้อง จะไม่สามารถรับเอาต์พุตกำลังไฟที่ต้องการได้ นอกจากนี้ อุณหภูมิของตัวมีโหนดสำหรับ Power Combiner จะเพิ่มขึ้นมากและอาจทำให้เกิดปัญหาของอุปกรณ์ได้

### 3.14.3 เครื่อง Power Amplifier

Cold Plate Cooling เป็นวิธีการทำ water cooling



ภาพที่ 3.22 มุมมองภายนอกของเครื่อง Power Amplifier รุ่น UX5000QF [1]

### 3.14.3.1 การบำรุงรักษา

หากเครื่องเกิดความผิดปกติ ในกรณีนี้ควรส่งกลับไปโรงงานที่ผลิต  
ควรแนบข้อมูลต่อไปนี้เข้ากับเครื่อง

- 1) สภาพการทำงานของเครื่อง Power Amplifier ในการทำงานปกติ
- 2) สภาพการทำงานของเครื่อง Power Amplifier ในการทำงานผิดปกติ (ตัวอย่างเช่น ระดับเอาต์พุตกระแสไฟฟ้า)
- 3) คำอธิบายโดยละเอียดเกี่ยวกับสภาพความผิดพลาด (ตัวอย่างเช่น รายละเอียดของตำแหน่งและวิธีการเกิดความผิดพลาด)
- 4) สาเหตุของความผิดพลาด
- 5) จุดอื่นที่ผู้ใช้สังเกตเห็น

### 3.14.4 เครื่อง TX Control

จอแสดงผล LCD แสดงการตรวจสอบกำลังไฟ, การเตือน และสถานะของเสาส่งสัญญาณ ดังต่อไปนี้ โดยจอแสดงผล LCD เป็นจอสีซึ่งช่วยให้สามารถตรวจสอบสถานะของเครื่องได้อย่างละเอียด

เครื่องส่ง จอแสดงผลมีรหัสสีดังนี้

สีเขียว : สถานะหรือการทำงานตามปกติ

สีเหลือง : คำเตือน

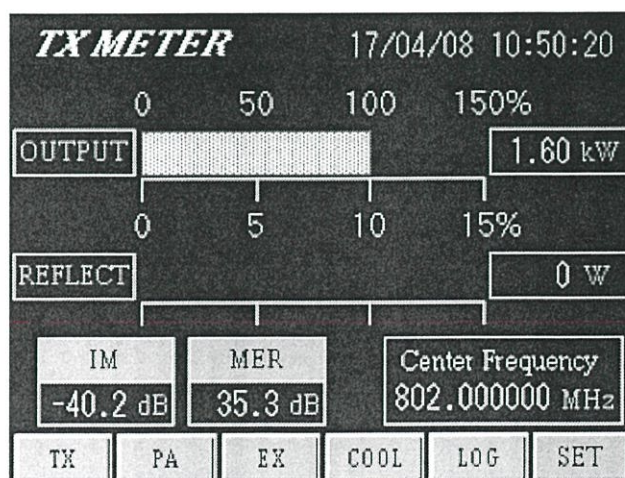
สีแดง : สัญญาณเตือน (เมื่อเครื่องส่งสัญญาณผิดปกติ)

หน้าจอจะเปลี่ยนไปโดยการปุ่ม (เช่น "TX", "PA" ) ที่ส่วนล่างสุดของจอ LCD

#### 3.14.4.1 Meter / Status / Alarm

##### (1) TX Meter

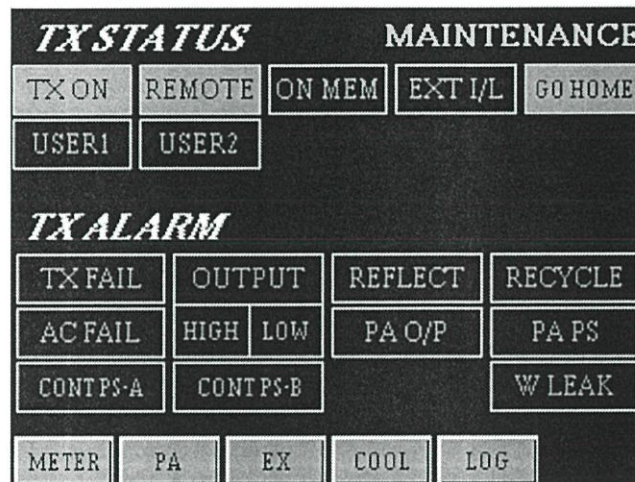
กดปุ่ม "METER" จากหน้าจอ LCD จากนั้นจอ LCD จะแสดง TX Power ตรวจสอบตามภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 แสดงหน้าจอ TX METER [1]

- 1) OUTPUT คือ ระดับพลังงานเอาต์พุตของเครื่องส่งสัญญาณ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดไฟสถานะ "OUTPUT" จะกะพริบ
- 2) REFLECT คือ ระดับพลังงานสะท้อนของเครื่องส่งสัญญาณ
- 3) IM คือ ลักษณะการมอดูเลตระหว่างเครื่องส่งสัญญาณ โดยจะปรากฏขึ้นเป็นตัวเลข เมื่อเกิดข้อผิดพลาด "IM" จะกะพริบสีแดง
- 4) MER (Modulation Error Ratio) คือ อัตราการความผิดพลาดมอดูเลชัน โดยจะแสดงเป็นตัวเลข เมื่อมีข้อผิดพลาด MER เกิดขึ้น สัญญาณไฟจะกะพริบสีแดง
- 5) Center Frequency : คือ ความถี่กลางของเครื่องส่งสัญญาณที่ปรากฏ

#### 3.14.4.2 TX STATUS และ ALARM



ภาพที่ 3.24 แสดงหน้าจอ TX STATUS และ TX ALARM [1]

- 1) TX ON / TX OFF คือ เมื่อเครื่อง Power Amplifier, Power Supply เปิดอยู่ แล็บจะแสดงเป็นสีเขียว
- 2) REMOTE / LOCAL คือ เมื่อเครื่องส่งสัญญาณอยู่ภายใต้สภาวะ "REMOTE" แล็บนี้จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว และเมื่อเครื่องส่งสัญญาณอยู่ภายใต้สภาวะ "LOCAL" แล็บนี้จะเปลี่ยนเป็นสีแดง
- 3) "ON MEM คือ เมื่อได้รับคำสั่ง ON จากรีโมทคอนโทรลหรือการควบคุมภายใน แล็บนี้เปลี่ยนเป็นสีเขียว
- 4) EXT I / L คือ "อินเตอร์เฟซภายนอก" (EXternal InterLock) เมื่อวงจรการเชื่อมต่ออยู่ข้างนอกเครื่องส่งสัญญาณได้รับการตั้งค่าไว้อย่างสมบูรณ์ แล็บนี้จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว
- 5) GO HOME คือ แม้ว่าจะมีอุปกรณ์ป้องกันตัวใดตัวหนึ่งอยู่สถานะ "OFF" สัญลักษณ์นี้จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
- 6) MAINTENANCE คือ เมื่อเครื่องส่งสัญญาณอยู่ในสภาพ " MAINTENANCE " นี้จะกะพริบสีเหลือง

1) TX FAIL คือ แลบนีจะเป็นสีแดงเมื่อมีข้อผิดพลาด เกิดขึ้นในเครื่องส่งสัญญาณ เช่น เอาต์พุตของเสาส่งผิดพลาด , TX reflec ผิดพลาด, ความผิดปกติของแรงดันอากาศ, ความผิดพลาดของเครื่อง Exciter

2) OUTPUT คือ เมื่อระดับพลังงานเอาต์พุตเกินหรือต่ำกว่าค่าตั้งไว้ล่วงหน้า ระดับสัญญาณนี้จะย้อนกลับไปพร้อมกับกะพริบเหลืองและแดง

3) REFLECT คือ เมื่อระดับพลังงานสะท้อนเลยไปถึงระดับที่กำหนดไว้ แลบนีจะกะพริบเป็นสีเหลืองหรือสีแดง

4) RECYCLE คือ เมื่อมีการ recycling แล้ว แลบนีจะกะพริบเป็นสีแดง

5) AC FAIL คือ เมื่อมีการลดหรือเกิดความล้มเหลว แลบนีจะกะพริบสีแดง

6) PA O / P คือ เมื่อระดับพลังงานเอาต์พุตของเครื่อง Power Amplifier อยู่เหนือหรือต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้ แลบนีจะกะพริบเป็นสีแดง

7) PA PS คือ เมื่อแหล่งจ่ายไฟของเครื่อง Power Amplifier ขาด แลบนีจะกะพริบเป็นสีแดง

8) CONT PS-A คือ แลบนีจะกะพริบเมื่อแหล่งจ่ายไฟ DC ในตัว

CONT PS-B TX control มีความผิดพลาด

9) W LEAK คือ แลบนีจะกะพริบเป็นสีแดงเมื่อมีการรั่วไหลของน้ำหล่อเย็น

### 3.14.4.3 PA STATUS/ALARM

<b>PA STATUS</b>		MON	49.54 dB	PA-01	
O/P	R/P	TEMP	DC	COMM	
3607 W	0 W	43 °C	40.0 V	FAN	
D PA1	F PA1	F PA2	F PA3	F PA4	
0.5 A	20.5 A	21.9 A	19.5 A	19.8 A	
D PA2	F PA5	F PA6	F PA7	F PA8	
9.6 A	22.1 A	21.3 A	23.1 A	20.4 A	
METER	TX	EX	↑	↓	

ภาพที่ 3.25 แสดงหน้าจอ PA STATUS/ALARM [1]

- 1) O / P คือ กำลังส่งออกของเครื่อง Power Amplifier
- 2) R / P คือ กำลังสะท้อนของเครื่อง Power Amplifier
- 3) TEMP คือ อุณหภูมิของเครื่อง Power Amplifier
- 4) DC คือ FET แรงดันไฟฟ้าในเครื่อง Power Amplifier
- 5) COMM คือ แลบนีจะพริบเป็นสีแดง เมื่อระบบสื่อสารของระบบควบคุม

กลายเป็นสีแดง

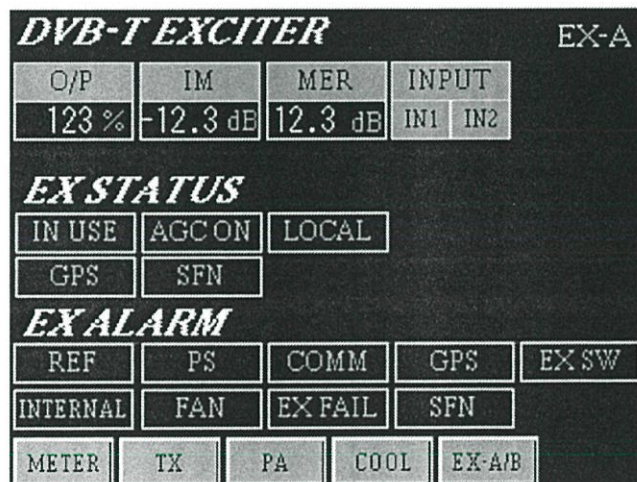
- 6) FAN คือ แลบนีจะกะพริบเป็นสีแดงเมื่อพัดลมภายในชำรุด
- 7) DPA1 ~ 2 คือ FET ระบายกระแสไฟฟ้าในขั้นตอนของการขับเคลื่อนเครื่อง

Power Amplifier

- 8) FPA1 ~ 8 คือ FET ระบายกระแสไฟฟ้าเครื่อง Power Amplifier ในช่วงสุดท้าย

- 9) MON คือ ระดับ Coupling ของ MONITOR ที่แผงด้านหน้า

#### 3.14.4.4 EX STATUS และ ALARM Information



ภาพที่ 3.26 แสดงหน้าจอ EX STATUS และ ALARM Information [1]

(1) EXCITER STATUS Information

- 1) O / P [% ] คือ ระดับพลังงานเอาต์พุตของตัวเครื่อง Exciter

- 2) INPUT คือ การตรวจจับสัญญาณเข้า TS

IN1 คือ การตรวจจับสัญญาณเข้า TS1

IN2 คือ การตรวจจับสัญญาณเข้า TS1

- 3) AGC ON คือ แสดงภายใต้เงื่อนไขของ AGC ON

- 4) IN USE คือ บ่งชี้ว่ามีการใช้งานเครื่อง Exciter

- 5) GPS คือ เมื่อตัวรับสัญญาณ GPS อยู่ในเครื่อง Exciter แลบนีจะเป็นสีเขียว

- 6) SFN คือ เมื่อเครื่อง Exciter อยู่ในสถานะ "SFN" แลบนีจะเป็นสีเขียว

## (2) EXCITER ALARM

### 1) REF คือ

(1) กะพริบเป็นสีเหลืองเมื่อ REF เปลี่ยนจาก 10MHz

(2) กะพริบเป็นสีแดงเมื่อระดับเอาต์พุตผิดปกติ

### 2) PS คือ กะพริบเป็นสีแดงเมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงผิดพลาด

### 3) INTERNAL คือ กะพริบเป็นสีแดง เมื่อวงจรภายในของเครื่อง Exciter

ผิดพลาด

### 4) FAN : กะพริบเป็นสีแดงเมื่อพัดลมระบายความร้อนหยุดทำงาน

### 5) EX FAIL : กะพริบเป็นสีแดงเมื่อมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นของ "EX ALARM"

### 6) GPS : กะพริบเป็นสีแดงเมื่อตัวรับสัญญาณ GPS อยู่ในเครื่อง Exciter

ผิดพลาด

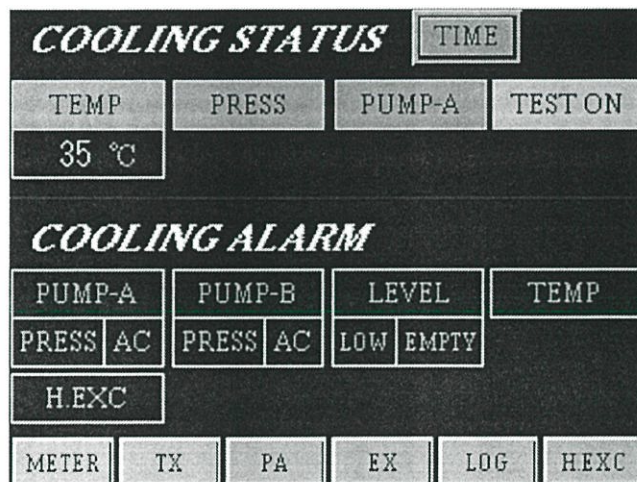
### 7) SFN : เมื่อ SFN ล้มเหลว แถบนี้จะแสดงด้วยสีแดง

### 8) EX SW : จะกะพริบเป็นสีแดงเมื่อมีการเปลี่ยนเอาต์พุตของเครื่อง Exciter

ผิดพลาด

### 9) COMM : กะพริบเป็นสีแดงเมื่อมีการสื่อสารผิดพลาด กับเครื่อง Exciter

## 3.14.4.5 COOLING STATUS



ภาพที่ 3.27 แสดงหน้าจอ COOLING STATUS [1]

### (1) COOLING STATUS Information

1) TEMP คือ ระบุอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นในถังหล่อเย็นบนชั้นวางเครื่องสูบน้ำ

2) PRESS คือ ไฟสีเขียวเมื่อแรงดันน้ำหล่อเย็นในชั้นวางเครื่องสูบน้ำถูกเก็บไว้

3) PUMP-A /PUMP-B คือ ด้านที่เลือกจะติดเป็นสีเขียว

- 4) TEST ON คือ จะกะพริบเป็นสีเหลืองเมื่ออุปกรณ์ระบายความร้อนเป็นโหมดการทดสอบ
- 5) TIME คือ เมื่อกดสวิทช์นี้ให้เปิดหน้าจอเพื่อแสดงเวลาของปั๊ม

#### 3.14.4.6 Log Data

ระบบซึ่งเป็นฐานเก็บข้อมูล โดยจะรับค่าที่บันทึก ซึ่งเป็นระบบ Analog จาก Sensor และทำการเปลี่ยนข้อมูลเป็นระบบ Digital โดยใช้ Data Logging นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และประมวลผล เพื่อหาสาเหตุ และปรับปรุงจนสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

LOG No. 12		20/10/04 11:17:03	
DATE	TIME	EVENT	DATA
20/10	09:30:20	TX	ON CONT
20/10	09:30:20	TX	ON ANS
20/10	09:30:20	COOL	LOCAL
20/10	09:30:20	TX	PRESURE OK
20/10	09:30:20	EX-A	IN USE
20/10	09:30:35	EX-A	COMM FAULT

ภาพที่ 3.28 แสดงหน้าจอ Log Data [1]

LOG No. 1000		03/11/17 15:01:57	
DATE	TIME	EVENT	
02/11	08:49:40	TX	RESET
02/11	08:49:42	TX	REMOTE
02/11	08:49:42	COOL	REMOTE
02/11	08:49:47	TX	RESET
03/11	15:00:44	EX-B	GPS Fault
03/11	15:01:11	EX-B	GPS Fault Clear

ภาพที่ 3.29 แสดงตัวอย่างความผิดพลาดจริงที่เกิดขึ้นในเครื่องส่งสัญญาณโทรศัพท์ที่ตึกไบฮก

### 3.15 รายงานการตรวจสอบสัญญาณ

#### 3.15.1 รายการอุปกรณ์เครื่องส่งและอุปกรณ์ส่วนควบ

รายการอุปกรณ์สถานีเสริมเครื่องส่ง TV Digital อสมท. จังหวัดอุบลราชธานี โดยเครื่องส่งที่นี้จะเป็นชนิด P Type รุ่น DTU-70 2R9PQFD เครื่องส่งโทรทัศน์นี้ประกอบด้วยเครื่อง Exciter รุ่น DM-5000 จำนวน 1 เครื่อง, เครื่อง Power Amplifier รุ่น UX5000QF จำนวน 2 เครื่อง และมีกำลังเอาต์พุต 2.9 กิโลวัตต์ ในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์นี้ จะมีอุปกรณ์ดังตารางที่ 3.8 และมีอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบควบคุม ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.8 แสดงรายการอุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

อุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์	ยี่ห้อ	รุ่น	หมายเลขซีเรียล	
			S/N TX-A	S/N TX-B
TRANSMITTER	NEC	DTU-70/2R9SQFD	FD0201	FD202
EXCITER	NEC	DM-5000A	F0268/R	F0274/R
TX CONTROL	NEC	HPC-1605B	F0283/R	F0281/R
2-WAY DIVIDER	NEC		F0246R	F0247R
PA-1	NEC	UX5000QF	F0315RE	F0312RE
PA-2	NEC	UX5000QF	F0306RE	F0313RE
2-WAY CONBINER	NEC		F0246R	F0247R
DIRECTIONAL COUPLER	NEC	C-DC6A39-J2J2	1438-188163	1438-188168
HAEMONIC FILTER	NEC		F1542R	F1543R
PUMP RACK	NEC	HDB-205501-211	1502011	1502009

ตารางที่ 3.9 แสดงรายการอุปกรณ์ระบบควบคุมในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

1+1 ระบบควบคุม	ยี่ห้อ	รุ่น	หมายเลขซีเรียล
OUTPUT COAXIAL EQ	NEC	TXS-U-22R7	F0092R
SYSTEM CONTROL	NEC	HPC-1253(CA55)	F0174/R
COAXIAL SWITCH MODULE	NEC	CSAP-39DN-2006	555236*1
COAXIAL SWITCH	NEC	CSA-39D-2006	548632*4
U-LINK1	NEC	CU-39-1U0T	555235*9
U-LINK2	NEC	CU-39-1U0T	555235*10

อุปกรณ์	ยี่ห้อ	รุ่น	หมายเลขซีเรียล
LINE SECTION	BIRD	4715-000	151701749
WATT METER	BIRD	3127-055	151700898
DUMMY LOAD	BIRD	8922D	151601076
AC LINE SUARGE	NOVALIS	HSG3-25-275-N	14051170
UPS	ABB	DPA UPS CALE ST-80	15BAC00011

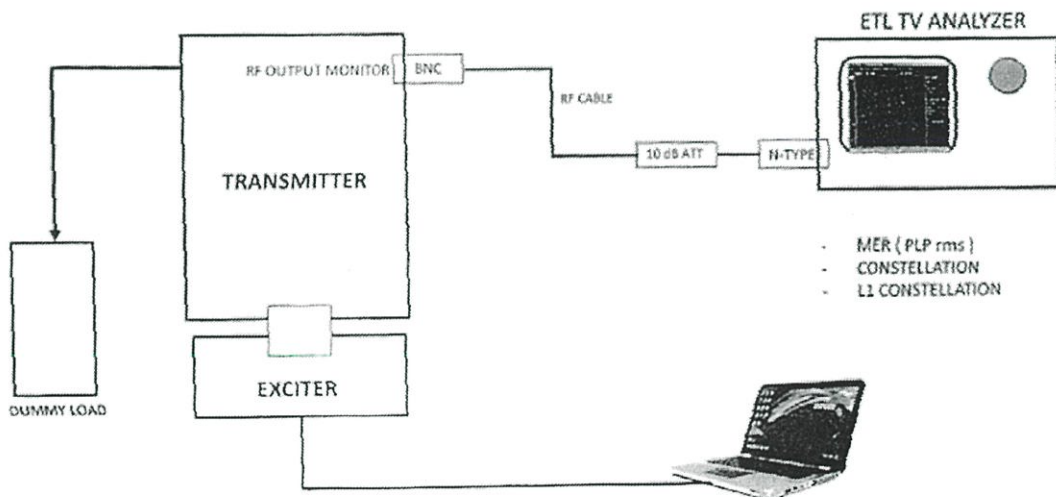
ชุดอุปกรณ์โปรแกรมในตู้แร็ค

ตาราง 3.10 แสดงรายการชุดอุปกรณ์โปรแกรมในเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์

อุปกรณ์ในตู้แร็ค	ยี่ห้อ	รุ่น	หมายเลขซีเรียล
SATELLITE RECEIVER	ERICSSON	RX8200/BAS/A	PM3532
SATELLITE RECEIVER	ERICSSON	RX8200/BAS/A	PM3533
ASI SEAMLESS SWITH	NEVION	TNS541	TV0601.03165
ETHERNET SWITCK	CISCO	WS-C3560X-24T-L	FD01911P0BU
MONITORING	NEVION	TNS4200	NEO1401.01168
All-in-one business PC	HP	HP EliteOne 800 GI AIO	SGH520RRH5
UPS	APC	SUA1000I	3S1450X04417

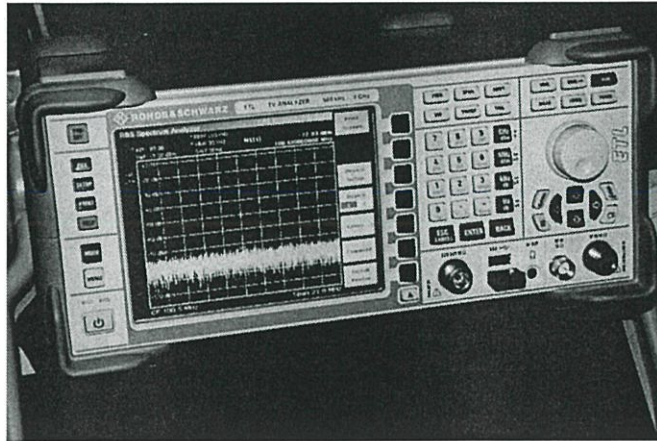
### 3.15.2 องค์ประกอบการตรวจวัดสัญญาณ

ในการตรวจวัดสัญญาณนั้น ควรตรวจสอบว่าค่าสัญญาณที่ออกมาจริง กับค่าที่แสดงตรงหน้าจอ LCD กับค่ามาตรฐานของเครื่องนั้นมีความใกล้เคียงกันหรือไม่ โดยมีการทดสอบดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 3.30 องค์ประกอบการทดสอบเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล [6]

โดยใช้เครื่อง ETL TV ANALYZER ในการวัดค่า MER , CONSTELLATION, L1 CONSTELLATION



ภาพที่ 3.31 เครื่องมือวัดสัญญาณ ETL TV Analyzer

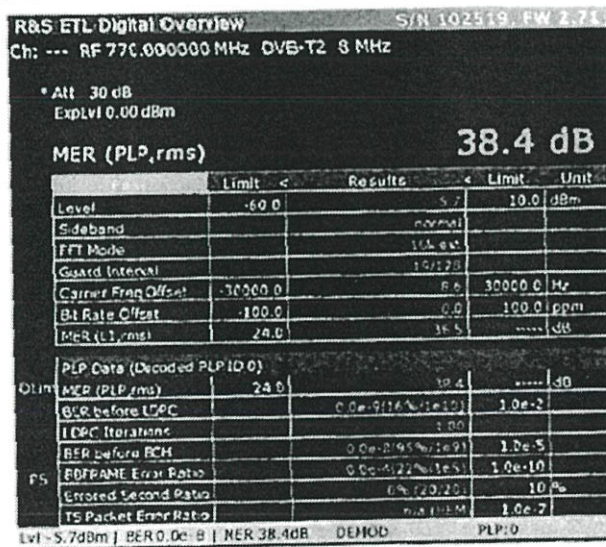
## บทที่ 4

### ผลการตรวจสอบ

สำหรับการทดสอบวัดสัญญาณจากเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์นั้น ได้ทำการจัดเก็บผลค่าต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือวัดสัญญาณ ETL TV Analyzer โดยแสดงผลดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการตรวจสอบค่า MER

ผลจากการวัดค่า MER พบว่ามีค่า 38.4 dB แสดงดังภาพที่ 4.1 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคือไม่ต่ำกว่า 32 dB ซึ่งค่า MER เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพสัญญาณ โดยถือได้ว่าเป็นค่าที่ออกมาเป็นค่าที่ดีมีประสิทธิภาพ



R&S ETL Digital Overview S/N 102519, FW 2.711  
Ch: --- RF 770.000000 MHz DVB-T2 8 MHz

\* Alt 30 dB  
ExpLvl 0.00 dBm

**MER (PLP,rms) 38.4 dB**

Item	Limit	Results	Limit	Unit
Level	-60.0	5.7	10.0	dBm
Sidband		normal		
FFT Mode		16.6 us		
Guard Interval		19/27		
Carrier Freq Offset	-10000.0	8.6	30000.0	Hz
Bit Rate Offset	-100.0	0.0	100.0	ppm
MER (L1,rms)	24.0	38.5		dB

PLP Data (Decoded PLP ID 0)

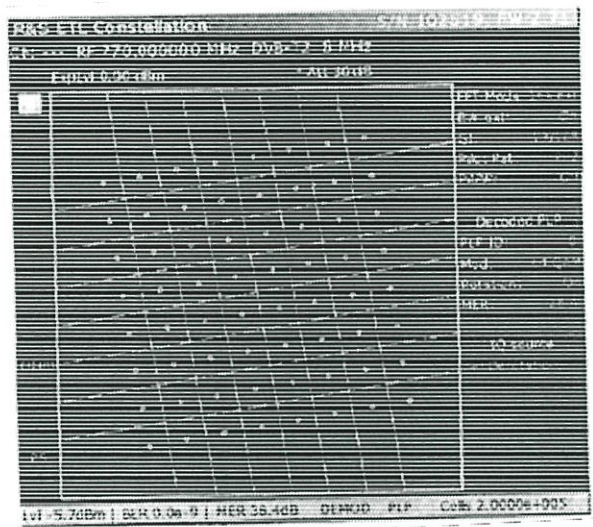
MER (PLP,rms)	24.0	38.4		dB
BER before LDPC		0.0e-9(16%/1e5)	1.0e-2	
LDPC Iterations		3.00		
BER before BCH		0.0e-9(95%/1e5)	1.0e-5	
ROFANE Error Ratio		0.0e-4(22%/1e5)	1.0e-10	
Errored Second Ratio		0%	10.0%	
TS Packet Error Ratio		0.0e-4(11.1%)	1.0e-7	

Lvl: -5.7dBm | BER: 0.0e-9 | MER: 38.4dB | DEMOD: PLP:0

ภาพที่ 4.1 ค่า MER (PLP,rms)

## 4.2 ผลการตรวจสอบ CONSTELLATION

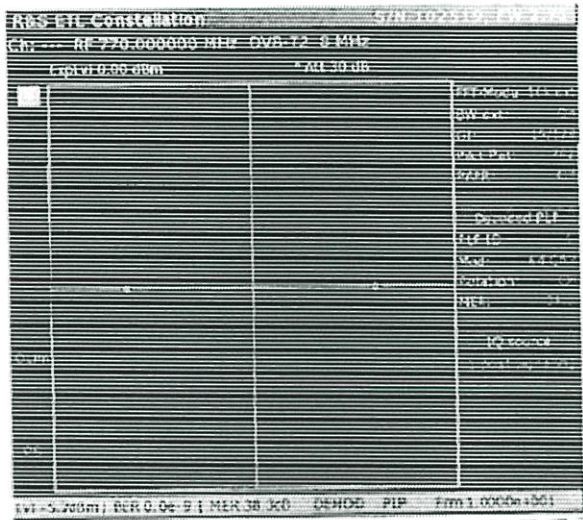
ผลจากการตรวจสอบการ MODULATION ดังภาพ 4.2 พบว่าเป็นแบบ 64-QAM ซึ่งเป็นไปตามค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย หมายถึงคลื่นพาห์หนึ่งคลื่นสามารถแทนการส่งข้อมูลได้กี่บิต เช่น กรณีประเทศไทยเลือกใช้ 64-QAM ก็คือส่งได้  $2^6$  สัญลักษณ์ที่แตกต่างกัน หรือก็คือคลื่นพาห์ส่งข้อมูลได้คราวละ 6 บิต ดังนั้นค่ายิ่งมากก็ยิ่งส่งข้อมูลได้มาก แต่ในการกลับกันก็จะทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้น้อยลง



ภาพที่ 4.2 แสดงรูปแบบ CONSTELLATION

### 4.3 ผลการตรวจสอบ L1 CONSTELLATION

จากผลการทดสอบนั้นจะเห็นได้ว่าจากภาพที่ 4.3 เป็นภาพที่แสดง L1 CONSTELLATION แสดงผลเป็นแบบ BPSK เป็นไปตามค่าพารามิเตอร์ในประเทศไทย โดย L1 CONSTELLATION คือตัวที่จะบอกว่าจะส่งอะไรไปบ้าง เพื่อให้ฝั่งรับรู้ว่าชุดข้อมูลที่ฝั่งส่งมา เป็นแบบไหนอย่างไร



ภาพที่ 4.3 แสดงรูปแบบ L1 CONSTELLATION

#### 4.4 แผนปฏิบัติงานสถานีโทรทัศน์

การปฏิบัติงานนั้น ควรกำหนดงานที่ปฏิบัติ เพื่อที่จะสามารถดำเนินงานได้อย่างคล่องแคล่ว ไม่ติดขัด และสะดวกต่อผู้ปฏิบัติงานนั้น ๆ เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้น ได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 4.2 แผนปฏิบัติงานตรวจและซ่อมบำรุงสถานีเครื่องส่งโทรทัศน์

ลำดับ	กิจกรรม / การปฏิบัติงาน	ปฏิบัติงาน		หมายเหตุ
		ทุกวัน	ทุกเดือน	
1.	ตรวจเช็คและจัดบันทึกค่า Parameter ต่าง ๆ ของเครื่องส่งโทรทัศน์ ในระบบ ดิจิทัล	✓		
2.	ตรวจเช็คและจัดบันทึกค่า Parameter ต่าง ๆ ของอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ Input ของระบบโทรทัศน์ดิจิทัล	✓		
3.	ตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ ในห้องเครื่องส่งโทรทัศน์ และสับเปลี่ยน การใช้งานตามความเหมาะสม	✓		
4.	ดูแลและแก้ไขเครื่องปรับอากาศเบื้องต้นให้ ให้ใช้งานได้และแจ้งแผนกไฟฟ้าทราบทำการตรวจซ่อมในกรณีที่ไม่สามารถตรวจ ซ่อมเองได้	✓		
5.	ตรวจสอบและ Monitor สัญญาณ ออกอากาศของเครื่องส่งสัญญาณ ดิจิทัล	✓		
6.	ตรวจการทำงาน Program input ของ TV ดิจิทัล	✓		
7.	เดินเครื่องส่งโทรทัศน์ ชุดสำรองระบบ ดิจิทัล ลง DUMMY LOAD ทดสอบการทำงาน		✓	
8.	ตรวจดูเติมน้ำ Heat Exchanger ใน เครื่องส่งระบบดิจิทัล		✓	
9.	ตรวจ Parameter ของ Exciter TX1 และ TX2		✓	
10.	ทำความสะอาด Heat Exchanger และ ตรวจหารอยรั่วซึมของระบบน้ำ TV ดิจิทัล		✓	
11.	ล้าง Air Filter ในห้องเครื่องส่ง		✓	

ตารางที่ 4.2 แผนปฏิบัติงานตรวจและซ่อมบำรุงสถานีเครื่องส่งโทรทัศน์ (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม / การปฏิบัติงาน	ปฏิบัติงาน		หมายเหตุ
		ทุกวัน	ทุกเดือน	
12.	ตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องส่งโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล ในกรณีที่มีเหตุขัดข้อง			กรณีเมื่อเกิดขัดข้อง
13.	ทำการ Reset อุปกรณ์ของเครื่องส่งโทรทัศน์ และอุปกรณ์ส่วนควบในกรณีที่มีเหตุการณ์ Alarm (หลังจากหาสาเหตุที่เกิดขึ้นแล้ว)			กรณีที่เกิด Alarm
14.	สับเปลี่ยนการใช้งานของเครื่องส่งโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ในกรณีที่มีเหตุขัดข้อง			กรณีเมื่อเกิดขัดข้อง
15.	ประสานงานกับฝ่ายช่างอาคารไพบยภ 2 กรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องและแจ้งเตือนเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้ามายังห้องเครื่องส่งหาก ระบบอัตโนมัติไม่ทำงาน			กรณีเมื่อเกิดขัดข้อง
16.	ประสานงานกับฝ่ายช่างอาคารไพบยภ 2 เพื่อขออนุญาต กรณีที่มีผู้ขอเข้ามาในสถานีฯ เพื่อซ่อมอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือติดต่องาน			เป็นกรณีๆ ไป
17.	สับเปลี่ยนการเดินเครื่องของมอเตอร์ปั๊มน้ำในเครื่องส่งดิจิทัล แต่ละเครื่อง			ทุกๆสามเดือน
18.	จัดทำสรุปรายงานการทำงานของเครื่องส่งโทรทัศน์ ดิจิทัล และ แอนะล็อก พร้อมอุปกรณ์ส่วนควบ รวมทั้งเหตุขัดข้องต่างๆที่เกิดขึ้นในสถานี ส่งผู้จัดการศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ		✓	
19.	ปฏิบัติงานตามคำสั่งของผู้จัดการศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพแล้วแต่กรณี			เมื่อได้รับมอบหมาย

## บทที่ 5

### สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดสอบนั้นจะเห็นได้ว่า จากภาพที่ 4.1 แสดงค่า อัตราความสมบูรณ์ในการผสมคลื่นดิจิทัล (Modulation Error Ratio:MER) ซึ่งมีค่า 38.4 dB โดยมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานโรงงานที่ 32 dB ต่อมาภาพที่ 4.2 แสดงแผนภาพคอลสเทลเลชัน เป็นแผนภาพแสดงการมอดูเลตของสัญญาณ ซึ่งแสดงในรูปแบบ 2 มิติ โดยเป็นแบบ 64-QAM ทั้งนี้ ค่าพารามิเตอร์ปัจจุบันสำหรับระบบ DVB-T2 ซึ่งกำหนดให้การมอดูเลตสัญญาณเป็นแบบ 64-QAM เนื่องมาจากผลการทดลองทดสอบในปี 2556 ระหว่างผู้ได้รับใบอนุญาตให้บริการโครงข่าย นักวิชาการ และสำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์ ซึ่งพบว่าค่าดังกล่าวเหมาะสมทั้งต่อความจุของโครงข่าย (รองรับได้ 48 ช่องรายการ) และทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดี และภาพที่ 4.3 เป็นภาพที่แสดงรูปแบบ L1 CONSTELLATION แสดงผลเป็นแบบ BPSK เป็นไปตามค่าพารามิเตอร์ในประเทศไทย

จากการจัดทำโครงการสามารถนำไปเขียนแผนปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ประหยัดงบประมาณในการฝึกอบรม โดยเจ้าหน้าที่แผนกซ่อมบำรุงสามารถนำไปใช้เป็นคู่มือในการสอนงานได้ ทำให้การกำหนดหน้าที่การงานชัดเจนไม่ซับซ้อน โดยใช้ในการควบคุมและติดตามผลการปฏิบัติงานให้มีความผิดพลาดในการทำงานน้อยลง และยังมีประโยชน์ของการจัดทำโครงการนี้อีก เช่น

- 1) เป็นคู่มือในการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร
- 2) ช่วยในการปรับปรุงงานและออกแบบกระบวนการงานใหม่
- 3) ใช้เป็นฐานในการกำหนดเวลามาตรฐานการปฏิบัติงาน
- 4) ได้รับทราบภาระหน้าที่ของตนเองชัดเจนยิ่งขึ้น
- 5) ได้เรียนรู้งานเร็วขึ้นทั้งตอนที่เข้ามาทำงานใหม่ / หรือตอนที่ย้ายงานใหม่
- 6) มีขั้นตอนในการทำงานที่แน่นอน ทำให้การทำงานได้ง่ายขึ้น
- 7) รู้จักวางแผนการทำงานเพื่อให้ผลงานออกมาตามเป้าหมาย
- 8) สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อการวิเคราะห์งานให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา
- 9) สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะมีสิ่งอ้างอิง
- 10) สร้างความเป็นมืออาชีพในการปฏิบัติงาน

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการซ่อมบำรุงแบบเดิมนั้น ยังใช้วิธีตรวจสอบหน้างาน เมื่อพบเหตุขัดข้องแล้วจึงแก้ไข ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้แผนปฏิบัติงานเพื่อใช้ในการตรวจสอบ เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายได้เร็วขึ้น และสามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ให้สามารถใช้งานและแก้ไขปัญหาได้อย่างสมบูรณ์

## เอกสารอ้างอิง

- [1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. “โทรทัศน์ในประเทศไทย”  
<https://th.wikipedia.org/wiki/โทรทัศน์ในประเทศไทย>
- [2] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. “โทรทัศน์ดิจิทัล”  
<https://th.wikipedia.org/wiki/โทรทัศน์ดิจิทัล>
- [3] วีระศักดิ์ เชิงเขาว์. “DVB-T2 ทางเลือกในการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลของประเทศไทย”,  
18 สิงหาคม 2554
- [4] คณะเจ้าหน้าที่บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน). “เทคโนโลยีการแพร่กระจายคลื่นดิจิทัล”,  
[http://dtv.mcot.net/techno\\_one.php?dateone=1247363871](http://dtv.mcot.net/techno_one.php?dateone=1247363871)
- [5] บัณฑิต รักวีรธรรม และสถาพร พรหมวงศ์. “การวิเคราะห์การรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบ DVB-T2 สำหรับการรับสัญญาณแบบภายนอกอาคารบริเวณกรุงเทพมหานครของประเทศไทย.” คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] NEC Corporation, “ 4.3KW UHF DIGITAL TV TRANSMITTER DTU- 70/ 4R3POFDx2 INSTRUCTION MANUAL ,VOL.I.” Tokyo,Japan

## ภาคผนวก ก

กิจกรรมการจัดการความรู้ (KM) ประจำปี ๒๕๕๕

สำนักส่งเสริมและพัฒนางานเทคนิคการเผยแพร่ความรู้ด้านเทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัล

ความรู้พื้นฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

โดย สมรัตน์ บวชเหตุ

ส่วนสำรวจและวางแผน สำนักส่งเสริมและพัฒนางานเทคนิค

	ATSC	DVB-T	ISDB-T	DTMB	DVB-T2
ความจุการส่งข้อมูล สูงสุด (Net data rate) เมื่อใช้งานบนความถี่ ขนาด ๘ MHz	๒๗.๑๘๗ Mbit/s	๓๑.๖๐๗ Mbit/s	๓๑ Mbit/s	๓๒.๑ Mbit/s	๔๐.๑ Mbit/s
จำนวนช่องรายการ ปกติ (SDTV)** เมื่อ ใช้บนความถี่ขนาด ๘ MHz	๓๓ ช่อง	๑๔ ช่อง	๑๔ ช่อง	๓๖ ช่อง	๒๔ ช่อง
จำนวนช่องรายการ ความละเอียดสูง (HDTV)** เมื่อใช้บน ความถี่ขนาด ๘ MHz	๓ ช่อง	๔ ช่อง	๔ ช่อง	๔ ช่อง	๖ ช่อง
ความทนทานต่อ สัญญาณรบกวน ฉับพลัน (Impulse noise)	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี
ความทนทานต่อ สัญญาณสะท้อน หลายทิศทาง (multipath tolerance)	ไม่ดี	ดี	ดี	ดี	ดี

ภาพที่ ก.1 ข้อมูลเปรียบเทียบคุณสมบัติที่สำคัญ ของมาตรฐานต่าง ๆ [ITU Recommendation  
BT.1306-6, BT.1877]

แนวนโยบายฯ ของคณะกรรมการ กิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์	ITU-R BT.1306-6				ITU-R BT.1877
	System A (ATSC)	System B (DVB-T)	System C (ISDB-T)	System D (DTMB)	(DVB-T2)
๑. ความก้าวหน้าในเชิงเทคโนโลยี และความจำเป็นต้องการ ปรับเปลี่ยนระบบโทรทัศน์ในอนาคตเพื่อรองรับการพัฒนา ของเทคโนโลยี อันอาจจะส่งผลกระทบต่อประชาชน	พอใช้	พอใช้	พอใช้	พอใช้	ดี
๒. การใช้คลื่นความถี่อื่นเป็นทรัพยากรสาธารณะอย่างมี ประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อประชาชน (Spectrum Efficiency)	พอใช้	ดี	ดี	ดี	ดีมาก
๓. จำนวนช่องรายการโทรทัศน์ควรมีมากเพียงพอที่จะทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาการในกิจการโทรทัศน์ของประเทศ อย่างมีนัยสำคัญ	พอใช้	ดี	ดี	ดี	ดีมาก
๔. จำนวนช่องรายการโทรทัศน์มีมากเพียงพอที่จะจัดสรรให้ ภาครัฐ ภาคธุรกิจ ภาคประชาชน มีช่องทางในการประกอบ กิจการสื่อสารมวลชน เพื่อส่งเสริมการแข่งขันและโอกาสในการ รับรู้ข้อมูลข่าวสารสาธารณะที่มาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย	พอใช้	ดี	ดี	ดี	ดีมาก
๕. ความสามารถในการรองรับบริการได้หลากหลาย รวมถึง บริการที่มีความคมชัดมาตรฐาน (Standard Definition) และ บริการที่มีความคมชัดสูง (High Definition)	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	ดีมาก
๖. มีการใช้งานมากเพียงพอที่จะนำไปสู่การผลิตจำนวนมาก (Economy of Scale) ที่จะส่งผลต่อราคาของอุปกรณ์รับ สัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล (Set-Top-Box: STB) และ เครื่องรับโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล (Integrated Digital Television: IDTV) ทำให้มีราคาที่เหมาะสมและไม่เกิดภาวะ แก่ประชาชนเกินควร	ดี	ดี	ดี	ดีมาก	ดีมาก
๗. การปรับเปลี่ยนไปสู่การรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบ ดิจิทัลของประเทศควรสอดคล้องกับวิทยุโทรทัศน์ระบบแอน ะล็อกเดิม	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี
๘. แผนคลื่นความถี่ใหม่จะต้องไม่เกิดการรบกวนกับวิทยุโทรทัศน์ ระบบแอนะล็อก และการรบกวนคลื่นความถี่กับประเทศเพื่อน บ้าน (Smooth Migration)	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี
๙. นโยบายภาครัฐ พันธกรณีระหว่างประเทศ และความร่วมมือใน ภูมิภาคอาเซียน	พอใช้	พอใช้	พอใช้	พอใช้	ดีมาก
๑๐. การรองรับการพัฒนาการให้บริการรูปแบบต่าง ๆ รวมถึง Emergency Warning System: EWS	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	ดี

ภาพที่ ก.2 มติที่ประชุมการพิจารณามาตรฐานการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัล  
ครั้งที่4/2555 (28 เมษายน 2555)