

การศึกษารoadmapแผนแม่บทระบบโครงข่ายอัจฉริยะในประเทศไทย
THAILAND'S SMART GRID ROADMAP



นายชอุ่มศักดิ์ เศรษฐ์นนท์
นายพรหม บัญจศิริ
นายไพบูลย์ ตีเหล็กอุบลชัย
นายศิวรักษ์ รัตนเมฆ

ปริญญาโท ๕๓๕ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๕๕

การศึกษาเพื่อวางแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย
THAILAND'S SMART GRID ROADMAP



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2555 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THAILAND'S SMART GRID ROADMAP



A PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE

DEGREE OF BACHELOR OF ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
2012

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2555

การศึกษาเพื่อวางแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย
THAILAND'S SMART GRID ROADMAP



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาเพื่อวางแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย

ผู้จัดทำ

1. นายบุญยภิตดี เตชะรัตนนนท์
2. นายพีรัช ปัญจศิริ
3. นายไพบุลย์ ดีเลิศกุลชัย
4. นายศิวัช รัตนมุง


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเพื่อวางแผนแม่บทกริดอัจฉริยะในประเทศไทย

นาย	บุญกิตติ์	เตชะรัตนนนท์
นาย	พีรัช	ปัญญาศิริ
นาย	ไพบูลย์	ดิเลิศกุลชัย
นาย	ศิวัช	รัตนมุง

ผศ.ดร. เซาว์ ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

โครงการการศึกษาเพื่อวางแผนแม่บทกริดอัจฉริยะในประเทศไทยนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการวางแผนพัฒนาระบบไฟฟ้าของประเทศไทย โดยศึกษาระบบกริดอัจฉริยะที่มีใช้ในต่างประเทศต่างๆแล้วนำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งในอนาคตประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่ดี โดยระบบที่จะนำมาบริหารจัดการนี้เรียกว่า ระบบกริดอัจฉริยะ ซึ่งจะทำให้การหมุนเวียนพลังงานไฟฟ้าในระบบได้อย่างทั่วถึง และนอกจากนั้นจะมีการติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) ซึ่งช่วยในการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าทำให้ผู้ใช้ไฟสามารถรับรู้การใช้พลังงานของตนเองได้ตลอดเวลาและยังสามารถส่งข้อมูลกลับไปยังผู้ผลิตไฟฟ้าทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำส่งผลให้การบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thailand's Smart Grid Roadmap

Boonyakit	Techarattananon
Peerat	Punjasiri
Paiboon	Deelurtthunchai
Siwat	Rattanamong

Asst.Prof. Chow Chompoonwai Supervisor

Year 2012

ABSTRACT

The Thailand's Smart Grid Roadmap outline is published for the purpose of electrical system development in Thailand by studying and adapting the 'Smart Grid' system used in other countries. This development is essential due to Thailand's possible increase of electricity consumption and therefore, there is a need for better electrical supply management.

The system, which will be used, is called the 'Smart Grid' allows for more throughout electrical circulation. Furthermore, there will also be installments of the 'Smart Meter' which assists consumers in tracking electricity usage as well as sending precise and accurate feedbacks to electricity producers for more proficient electric management.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาและวางแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทยสามารถประสบความสำเร็จได้ เนื่องจากการตั้งใจทำงานด้วยความวิริยะอุตสาหะ และได้รับการสนับสนุนจากบุคคลทั้งหลาย ซึ่งเป็นการสนับสนุนทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ซาบซึ้งเป็นอย่างมาก จึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ดังกล่าว

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้คอยให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็น และติดตามดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณห้องศูนย์วิจัยและวิศวกรรมส่องสว่าง (Energy System and Illumination Research Center : ESIRC) ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ตลอดการทำปริญญานิพนธ์จนปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณพี่ๆในห้องห้องศูนย์วิจัยและวิศวกรรมส่องสว่าง (Energy System and Illumination Research Center : ESIRC) ที่ได้แนะนำแนวการทำปริญญานิพนธ์ อีกทั้งให้คำเสนอ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุนในทางด้านการศึกษา จนสามารถทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสิ้น

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบกริดอัจฉริยะ	4
2.1.1 มาตรฐาน IEEE (IEEE Standard Number)	4
2.1.2 มาตรฐาน IEC (IEC Standard Number)	16
2.2 โมเดลระบบกริดอัจฉริยะของแต่ละประเทศในโลก	22
2.2.1 ประเทศจีน (China)	22
2.2.2 ประเทศเกาหลีใต้ (South Korea)	24
2.2.3 ประเทศญี่ปุ่น (Japan)	26
2.2.4 ประเทศออสเตรเลีย (Australia)	28
2.2.5 ประเทศอินเดีย (India)	30
2.2.6 ประเทศสิงคโปร์ (Singapore)	32
2.2.7 ประเทศสเปน (Spain)	33
2.2.8 ประเทศไอร์แลนด์ (Ireland)	34
2.2.9 สหราชอาณาจักร (United Kingdom)	35
2.2.10 ประเทศเยอรมัน (Germany)	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.11 ประเทศแคนาดา (Canada)	38
2.2.12 ประเทศสหรัฐอเมริกา (United State of America)	39
2.3 ส่วนประกอบของกริดอัจฉริยะที่ได้ทำการศึกษารวบรวม	41
2.3.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)	42
2.3.1.1 ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้ากระจายตัว (Distributed Generation)	42
2.3.1.2 พลังงานทดแทน (Renewable Energy)	45
2.3.1.3 แหล่งเก็บพลังงาน (Energy Storage)	47
2.3.2 ระบบการติดต่อสื่อสารภายในกริดอัจฉริยะ (Smart Communication)	53
2.3.2.1 ตัวกลางการรับส่งข้อมูล (interconnection system)	53
2.3.2.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลและระบบสนับสนุน (Information & Support Application)	59
2.3.2.3 ระบบรักษาความปลอดภัย (Smart Grid Security)	59
2.3.3 ระบบการคมนาคมแบบอัจฉริยะ (Smart Transportation)	61
2.3.3.1 ยานพาหนะไฟฟ้า (Electric Vehicle)	61
2.3.3.2 ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ (Efficient Battery)	64
2.3.3.3 โครงสร้างพื้นฐานของการชาร์จ (Infrastructure of Charging)	66
2.3.4 ชุมชนและสังคมอัจฉริยะ (Smart Community)	70
2.3.4.1 บ้านอัจฉริยะ (Smart Home)	71
2.3.4.2 อาคารอัจฉริยะ (Smart Building)	72
2.3.4.3 โรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะ (Smart Factory)	72
2.3.5 มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Metering)	73
2.3.5.1 ระบบการวัดข้อมูลแบบอัตโนมัติ (Smart Measurement)	73
2.3.5.2 ระบบการป้องกันระยะไกล (Wide Area Awareness)	75
2.3.6 การจัดการพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Management)	78
2.3.6.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency)	78
2.3.6.2 ตลาดการซื้อขายไฟฟ้า (Electricity Market)	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

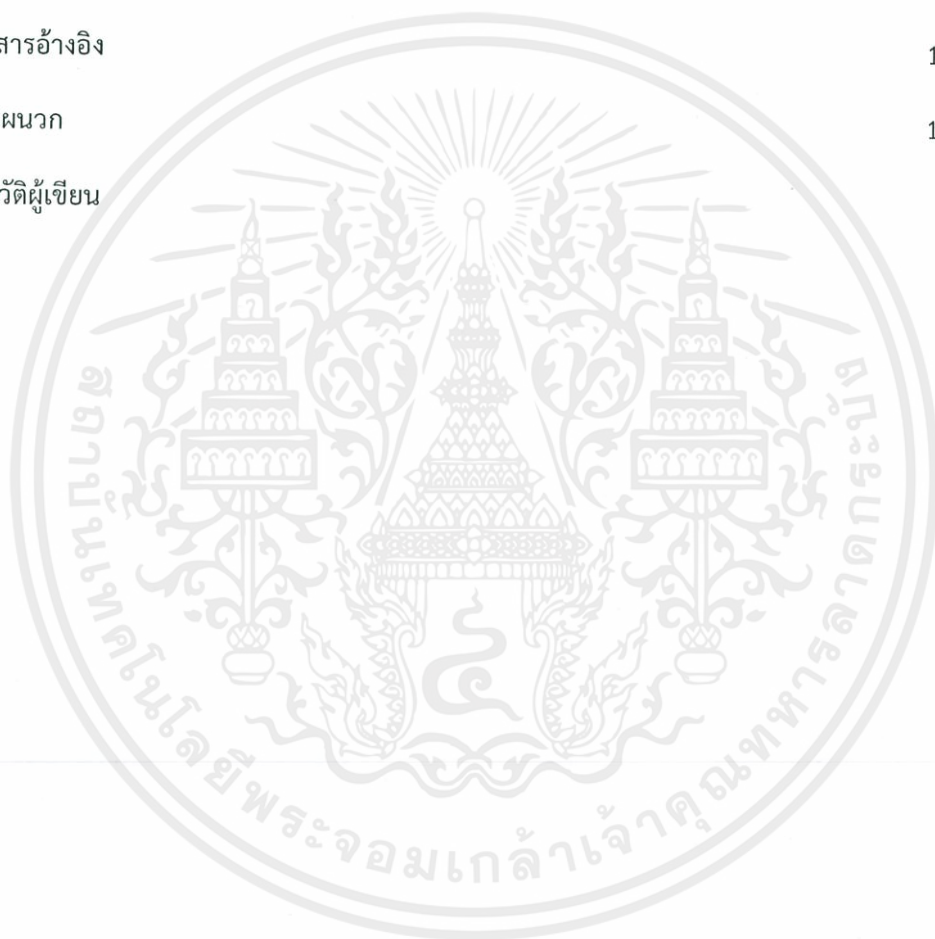
สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.6.3 การตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภค (Demand Response, DR)	84
2.3.6.4 ระบบการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Power Distribution)	87
2.3.7 ความสามารถในการทำงานร่วมกัน และมาตรฐานที่ยอมรับได้ (Interoperability & Standards)	101
บทที่ 3 ศึกษาแนวทางการจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต	103
3.1 ศึกษาลักษณะแผนพัฒนาระบบไฟฟ้าของประเทศไทย	104
3.1.1 ศึกษาแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2010 rev3)	104
3.1.2 ศึกษาแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 % ใน 10 ปี (AEDP 2012 - 2021)	112
3.1.3 ศึกษาแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (EEDP 2011 - 2030)	118
3.2 ศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย	125
3.2.1 ศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA)	125
3.2.2 ศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของการไฟฟ้านครหลวง (MEA)	130
บทที่ 4 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไทย	132
4.1 สถานการณ์ไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบัน	132
4.1.1 ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย	134
4.1.2 ด้านกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งของประเทศไทย	135
4.2 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไทย	137
4.3 นโยบายตัวอย่างของระบบกริดอัจฉริยะ	144
4.3.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)	144
4.3.2 สายส่งอัจฉริยะ (Smart Transmission)	152
4.3.3 ระบบจำหน่ายอัจฉริยะ (Smart Distribution)	153
4.3.4 การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Management)	154
4.3.5 การใช้พลังงานอย่างอัจฉริยะ (Smart Consumption)	156
4.4 ระบบควบคุมระบบกริดอัจฉริยะ	160
4.5 SWOT Analysis แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะ	161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	163
5.1 สรุปผลการวิจัย	163
5.2 ข้อเสนอแนะ	164
เอกสารอ้างอิง	165
ภาคผนวก	169
ประวัติผู้เขียน	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่าง

รูปที่	หน้า
2.1 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศจีน	22
2.2 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศจีน ส่วนที่ 1	23
2.3 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศจีน ส่วนที่ 2	23
2.4 ระบบกริดอัจฉริยะในเกาะเจจู ประเทศเกาหลีใต้	24
2.5 แผนแม่บทของประเทศเกาหลีใต้	25
2.6 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศเกาหลีใต้	25
2.7 ระบบสังคมอัจฉริยะ (Smart Community) ในประเทศญี่ปุ่น	26
2.8 แผนแม่บทของประเทศญี่ปุ่น	27
2.9 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศญี่ปุ่น	27
2.10 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 1	28
2.11 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 2	28
2.12 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 3	29
2.13 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 4	29
2.14 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศอินเดีย ปี 2012-2017	30
2.15 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศอินเดีย ปี 2017-2022	31
2.16 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศอินเดีย ปี 2022-2027	31
2.17 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศอินเดีย หลังจากปี 2027	31
2.18 ระบบพลังงานอัจฉริยะ (Intelligent Energy Systems) ในประเทศสิงคโปร์	32
2.19 แผนแม่บทในประเทศสิงคโปร์	32
2.20 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะในประเทศสเปน	33
2.21 ส่วนประกอบกริดอัจฉริยะเมืองมาลาก้าในประเทศสเปน	33
2.22 แผนแม่บทของประเทศไอร์แลนด์	34
2.23 ส่วนประกอบของระบบกริดอัจฉริยะประเทศไอร์แลนด์	34
2.24 แผนแม่บทของสหราชอาณาจักร	35
2.25 โครงสร้างของระบบกริดอัจฉริยะของสหราชอาณาจักร	35
2.26 โมเดลทั้ง 6 พื้นที่ของระบบกริดอัจฉริยะในประเทศเยอรมัน	36
2.27 แผนแม่บทของประเทศเยอรมัน	36
2.28 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะของประเทศเยอรมัน	37

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 แผนแม่บทของประเทศแคนาดา	38
2.30 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะของประเทศแคนาดา	38
2.31 แผนแม่บทของประเทศสหรัฐอเมริกา	39
2.32 โครงสร้างระบบกริดอัจฉริยะประเทศสหรัฐอเมริกา	39
2.33 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบกริดอัจฉริยะ	41
2.34 โครงสร้างระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)	42
2.35 ระบบไมโครกริด	44
2.36 การทำงานของโซลาร์เซลล์	45
2.37 การทำงานของ Solar Thermal	45
2.38 ฟาร์มกังหันพลังงานลม	46
2.39 ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่	48
2.40 การทำงานของวานาเดียมรีดอกซ์แบตเตอรี่	49
2.41 ฟาร์มแบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์	50
2.42 ระบบการทำงานของระบบเก็บพลังงานน้ำแบบสูบ-กลับ	51
2.43 ระบบการทำงานของระบบการกักเก็บพลังงานแบบอัดอากาศ	52
2.44 โครงสร้างระบบการติดต่อสื่อสารภายในกริดอัจฉริยะ (Smart Communication)	53
2.45 ใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)	54
2.46 สัญลักษณ์การส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย	56
2.47 ระบบที่เชื่อมต่อระยะไกล และระยะใกล้	57
2.48 ระบบการส่งข้อมูลแบบ 3G และ 4G	50
2.49 ระบบโครงสร้างระบบการคมนาคมอัจฉริยะ (Smart Transportation)	61
2.50 รถยนต์ไฟฟ้า mitsubishi i – miev	62
2.51 รถยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf	63
2.52 การเปรียบเทียบระยะทางที่วิ่งได้ของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ ที่น้ำหนักเท่ากัน	64
2.53 การทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียม-แอร์	65
2.54 เปรียบเทียบระยะทางที่วิ่งได้ของแบตเตอรี่แต่ละชนิด	65
2.55 จุดชาร์จไฟฟ้า (Charge Point)	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.56 ระบบการชาร์จแบบระดับที่ 2 (Level 2)	67
2.57 ระบบการชาร์จแบบ DC Fast Charging	67
2.58 ระบบการชาร์จด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	68
2.59 ระยะเวลาในการชาร์จของรถไฟฟ้า	68
2.60 เต้ารับมาตรฐาน J1772 รองรับการชาร์จ Level 1 , Level 2 และ DC Fast Charge	69
2.61 ปลั๊กชาร์จมาตรฐาน SAE J1772 สำหรับสถานีชาร์จ	69
2.62 โครงสร้างระบบชุมชนและสังคมอัจฉริยะ (Smart Community)	70
2.63 ระบบชุมชน และสังคมอัจฉริยะ	71
2.64 ระบบภายในบ้านอัจฉริยะ	71
2.65 ระบบภายในอาคารอัจฉริยะ	72
2.66 ระบบภายในโรงงานอัจฉริยะ	72
2.67 โครงสร้างระบบมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Metering)	73
2.68 ตัวอย่างบล็อกไดอะแกรมของมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter)	74
2.69 โครงสร้างระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Management)	78
2.70 ฉลากแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศต่างๆ	79
2.71 ระบบการซื้อขายไฟฟ้า	80
2.72 ตลาดอิสระ (Liberalized Market)	81
2.73 การจ่ายไฟฟ้าให้ผู้บริโภคเต็มปริมาณ	82
2.74 การจ่ายปริมาณไฟฟ้าตามที่ผู้บริโภครกำหนด	82
2.75 Scheduled supply และ Block supply	83
2.76 Spot trading	83
2.77 ระบบการตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภค	84
2.78 แสดงการจัดการการตอบสนองความต้องการไฟฟ้า	86
2.79 โครงสร้างระบบสถานีย่อยอัตโนมัติ	88
2.80 โครงสร้างพื้นฐานระบบ HVDC	92
2.81 ระบบสายส่ง HVDC ชนิดขั้วเดียว	94
2.82 ระบบสายส่งชนิดสองขั้ว	95
2.83 ระบบสายส่งชนิดขั้วเหมือน	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.84 ระบบสายส่งชนิดหลังต่อหลัง	96
2.85 การประยุกต์ใช้ระบบส่ง HVDC	96
2.86 การแบ่งชนิดอุปกรณ์ FACTS และการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้มาแต่เดิม	99
2.87 ความสามารถในการทำงานร่วมกัน	101
3.1 แผนผังการดำเนินงานแผนแม่บทระบบกิริตอัจฉริยะประเทศไทย	103
3.2 สัดส่วนไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย	112
3.3 แสดงปริมาณพลังงานทางเลือกในแต่ละปี	113
3.4 แสดงเป้าหมายในการใช้พลังงานทดแทน	114
3.5 แสดงแผนภาพการพัฒนาเชื้อเพลิงใหม่ทดแทนดีเซลในอนาคต	116
3.6 เป้าหมายและศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	120
3.7 แสดงการอนุรักษ์พลังงานรายภาคเศรษฐกิจ	121
3.8 งบประมาณที่ใช้ส่งเสริมในระยะ 5 ปีแรก	123
3.9 แสดงการกระจายงบประมาณแยกตามรายภาคเศรษฐกิจ	124
3.10 แสดงระยะการพัฒนาระบบกิริตอัจฉริยะของ กฟผ.	125
3.11 ปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และโครงการนำร่อง	126
3.12 ระยะที่ 1 การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และโครงการนำร่อง	126
3.13 แผนแม่บทระบบกิริตอัจฉริยะของ กฟผ.	127
3.14 ระยะที่ 2 ขยายงานครอบคลุมผู้ใช้ไฟฟ้าทุกประเภทในพื้นที่ต่างๆ	127
3.15 แผนงานระยะที่ 2 ขยายงานครอบคลุมผู้ใช้ไฟทุกประเภทในพื้นที่ต่างๆ	128
3.16 ระยะที่ 3 ปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ	128
3.17 แผนงานระยะที่ 3 ปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ	129
3.18 ระบบ ICT หลัก ที่สนับสนุนระบบกิริตอัจฉริยะของ กฟผ.	131
4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามภูมิภาค	134
4.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสาขาเศรษฐกิจ	135
4.3 กำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้ง ของประเทศไทยแยกตามชนิดของโรงไฟฟ้า	135
4.4 กำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้ง ของประเทศไทยแยกตามภูมิภาคของประเทศไทย	136

เอกสารนี้ 4.5 กรอบการทำงานของระบบกิริตอัจฉริยะ ในระยะเวลา 20 ปีนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ปรับ 137 หน้าที่ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 แผนการดำเนินงานของระบบกริดอัจฉริยะ	138
4.7 มาตรการส่งเสริมราคาไฟฟ้าในการรับซื้อจากเอกชนในรูปแบบ ADDER	144
4.8 มาตรการส่งเสริมราคาไฟฟ้าในการรับซื้อจากเอกชนในรูปแบบ ADDER	145
4.9 มาตรการส่งเสริมราคาไฟฟ้าในการรับซื้อจากเอกชนในรูปแบบ FIT	145
4.10 กราฟจุดคุ้มทุนในระบบการเพิ่มอัตราการซื้อไฟฟ้าในปัจจุบัน	148
4.11 กราฟจุดคุ้มทุนในระบบการเพิ่มอัตราการซื้อไฟฟ้าใน กรณีเพิ่ม ADDER 10 บาทเข้าไป	148
4.12 กราฟจุดคุ้มทุนในระบบการเพิ่มอัตราการซื้อไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ฟาร์ม	150
4.13 ระบบการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ	154
4.14 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้	154
4.15 กราฟเปรียบเทียบค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ของรถยนต์ Mitsubishi-MIEV กับ Toyota Vios	157
4.16 กราฟเปรียบเทียบราคารวมค่าเชื้อเพลิงของรถยนต์ Mitsubishi-MIEV กับ Toyota Vios	157
4.17 มาตรการของโครงการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงาน และพลังงานทดแทน	158
4.18 กราฟเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าก่อนติดตั้ง VSD และหลังติดตั้ง VSD ของโรงแรมโกลด์เด็นคราวน์	159
4.19 แผงผังระบบควบคุมระบบกริดอัจฉริยะ	160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญัตินำ

ตารางที่	หน้า
1.1 รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน	2
2.1 IEEE Standard Number (Approve)	4
2.2 IEEE Standard Number (proposed)	13
2.3 IEC Standard Number	16
2.4 สรุปลำส่วนประกอบในระบบกริดอัจฉริยะในประเทศต่างๆ	40
3.1 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในช่วงปี 2555-2573 (PDP 2010 rev3)	106
3.2 ค่าเป้าหมายปริมาณการใช้พลังงานทดแทน ตามแผน AEDP	117
3.3 เป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อการขับเคลื่อน	117
3.4 ผลประโยชน์ที่ประเทศจะได้รับ	118
3.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์ฯในแต่ละภาคเศรษฐกิจ	123
3.6 ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะในประเทศต่างๆ ที่ กฟน. ได้ทำการศึกษา	130
3.7 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในอนาคตของ กฟน.	131
4.1 สรุปลำพลังงานไฟฟ้าประเทศไทย	133
4.2 จำนวนหมู่บ้านและครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้จำแนกตามภาค ปี 2554	134
4.3 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ	139
4.4 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านสายส่งอัจฉริยะ	140
4.5 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านระบบจำหน่ายอัจฉริยะ	141
4.6 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านระบบจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ	142
4.7 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างอัจฉริยะ	143
4.8 ปัญหาในปัจจุบันของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์	146
4.9 ตัวอย่างการคำนวณหาความคุ้มทุนของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาบ้าน	147
4.10 ตัวอย่างการคำนวณหาความคุ้มทุนของแผงโซลาร์เซลล์แบบฟาร์ม	149
4.11 มาตรฐานระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)	151
4.12 มาตรฐานระบบสายส่งอัจฉริยะ (Smart Transmission)	152
4.13 มาตรฐานระบบจำหน่ายอัจฉริยะ (Smart Distribution)	153
4.14 ข้อมูลของการไฟฟ้านครหลวงปี 2554	155
4.15 การทดลองคำนวณการลดไฟฟ้า 10%	155
4.16 มาตรฐานระบบการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Management) ใช้ประ	155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.17	ตารางเปรียบเทียบราคาค่าเชื้อเพลิงและราคาการถยนต์รวมค่าเชื้อเพลิง เมื่อใช้ไป 10 ปี	156
4.18	มาตรฐานระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างอัจฉริยะ (Smart Consumption)	159
4.19	มาตรฐานระบบควบคุมในระบบกริดอัจฉริยะ	160



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบัน ความต้องการไฟฟ้านั้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งความต้องการไฟฟ้านั้นยังไม่สมดุลกัน คือ ความต้องการนั้นมีมากกว่ากำลังการผลิตอยู่มาก ซึ่งสาเหตุก็มาจาก การจะสร้างโรงไฟฟ้านั้นหาพื้นที่เพื่อทำการสร้างได้ลำบากเพราะชาวบ้านในพื้นที่ต่อต้าน อีกทั้งในอนาคตนั้นราคาเชื้อเพลิงในการผลิตนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้หาจุดคุ้มทุนได้ลำบาก ทำให้ในอนาคตจะต้องมีการนำพลังงานทดแทนเข้ามาใช้เพิ่มมากขึ้น และใช้เทคโนโลยีด้านกริดอัจฉริยะ เข้ามาช่วยในการจัดการด้านพลังงาน เพื่อให้เพียงสามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเทคโนโลยีด้านกริดอัจฉริยะนั้นจะมีการนำเอาเทคโนโลยีด้านใหม่ๆเข้ามาใช้ ตัวอย่าง เช่น มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน (Energy Storage) และนำมาเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายระบบสื่อสาร ซึ่งทำให้การใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น และได้ทำการศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น IEEE Standard, IEC Standard ว่ามาตรฐานของกริดอัจฉริยะ ของในแต่ละประเทศนั้นเป็นแบบใดกันบ้าง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา และวางแผนในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.ศึกษารูปแบบระบบกริดอัจฉริยะ ของแต่ละประเทศและนำไปประยุกต์ใช้
- 2.ศึกษาการทำงานของระบบ และอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบกริดอัจฉริยะ ที่มีความเป็นไปได้ในการใช้ในประเทศไทย
3. ศึกษาระบบไฟฟ้าของประเทศไทย เพื่อใช้ในการวางแผนและพัฒนาระบบไฟฟ้า ให้เป็นระบบกริดอัจฉริยะ ในอนาคต
- 4.ศึกษาการวางระบบกริดอัจฉริยะ ที่เป็นไปได้มากที่สุด เพื่อนำเอามาประยุกต์ในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

- 1.วิเคราะห์ระบบไฟฟ้า และรูปแบบระบบกริดอัจฉริยะของแต่ละประเทศ เพื่อหาจุดเด่นและจุดด้อย
- 2.ศึกษามาตรฐานด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบกริดอัจฉริยะ
- 3.ศึกษาหาความเป็นไปได้ในการทำแผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย
- 4.วางแผนและออกแบบระบบกริดอัจฉริยะ ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทย

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดที่เกี่ยวกับการดำเนินงาน

รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน	พ.ศ. 2555						พ.ศ.2556				
	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ทำการศึกษาระบบกริดอัจฉริยะของแต่ละประเทศ	↔										
2.หามาตรฐานของระบบกริดอัจฉริยะ (IEEE, IEC, IET)	↔										
3.วิเคราะห์ตารางของระบบกริดอัจฉริยะของแต่ละประเทศ				↔							
4.ศึกษาแผนแม่บทกริดอัจฉริยะในประเทศไทย (MEA, PEA)						↔					
5.ศึกษาลักษณะแผนพัฒนาระบบไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP, AEDP, EEDP)							↔				
6.ทำการวางแผนระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไทย								↔			
หมายเหตุ	↔			↔							
	วางแผน			ทำงานจริง							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ในระบบกริดอัจฉริยะ
2. วางแผนและออกแบบแนวทางระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทยได้
3. เป็นแนวทางในการสนับสนุนพลังงานทางเลือกในอนาคต
4. ได้รับความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานระบบไฟฟ้าของระบบกริดอัจฉริยะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบกริดอัจฉริยะ คือ ระบบไฟฟ้าที่นำเอาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาบริหารจัดการ ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตจนถึงผู้บริโภค ทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันหลายๆ ประเทศในโลกได้เริ่มทำการเปลี่ยนระบบกริดแบบเก่า เป็นระบบกริดอัจฉริยะ ซึ่งในแต่ละประเทศนั้นจะมีองค์ประกอบภายในระบบกริดอัจฉริยะที่คล้ายกัน แต่อาจแตกต่างกันในด้านของเป้าหมาย ซึ่งระบบกริดอัจฉริยะนั้นเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ และมีความสำคัญมาก จึงต้องมีมาตรฐานทางไฟฟ้ามารองรับองค์ประกอบต่างๆ คือ มาตรฐาน IEEE และมาตรฐาน IEC เพื่อให้ได้มาตรฐาน มีความน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัย

2.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบกริดอัจฉริยะ

2.1.1 มาตรฐาน IEEE

ตารางที่ 2.1 IEEE Standard Number (Approve)

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
1	IEEE 1020-2011	Guide for Control of Small (100 kVA to 5 MVA) Hydroelectric Power Plants
2	IEEE 1031-2011	Guide for the Functional Specification of Transmission Static Var Compensators
3	IEEE 1127-1998	Guide for the Design, Construction, and Operation of Electric Power Substations for Community Acceptance and Environmental Compatibility
4	IEEE 1366-2012	Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices
5	IEEE 1138-2009	Standard for Testing and Performance for Optical Ground Wire (OPGW) for Use on Electric Utility Power Lines
6	IEEE 1159.3-2003	Recommended Practice for the Transfer of Power Quality Data
7	IEEE 1222-2003	Standard for All-Dielectric Self-Supporting Fiber Optic Cable
8	IEEE 1247-2005	Standard for Interrupter Switches for Alternating Current Rated Above 1000 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ระบุไว้เท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
9	IEEE 1250-1995	Recommended Practice for Measurement and Limits of Voltage Fluctuations and Associated Light Flicker on AC Power Systems
10	IEEE 1250-2011	Guide for Identifying and Improving Voltage Quality in Power Systems
11	IEEE 1325-1996	Recommended Practice for Reporting Field Failure Data for Power Circuit Breakers
12	IEEE 1379-2000	Recommended Practice for Data Communications Between Remote Terminal Units and Intelligent Electronic Devices in a Substation
13	IEEE 1402-2000	Guide for Electric Power Substation Physical and Electronic Security
14	IEEE 1409-2012	Guide for the Application of Power Electronics for Power Quality Improvement on Distribution Systems Rated 1 kV Through 38 kV
15	IEEE 1453-2004	Recommended Practice for Measurement and Limits of Voltage Fluctuations and Associated Light Flicker on AC Power Systems
16	IEEE 1459-2010	Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities under Sinusoidal Non-Sinusoidal Balanced or Unbalanced Conditions
17	IEEE 1471-2000	Recommended Practice for Architectural Description for Software- Intensive Systems
18	IEEE 1547-2003	Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
19	IEEE 1547.1-2005	Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
20	IEEE 1547.2-2008	Application Guide for IEEE Std 1547, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
21	IEEE 1547.3-2007	Guide For Monitoring, Information Exchange, and Control of Distributed Resources Interconnected With Electric Power Systems

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อรับการใช้งานเพื่อการอื่นเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
22	IEEE 1547.4-2011	Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resource Island Systems with Electric Power Systems
23	IEEE 1547.6-2011	Recommended Practice For Interconnecting Distributed Resources With Electric Power Systems Distribution Secondary Networks
24	IEEE 1590-2009	Recommended Practice for the Electrical Protection of Communication Facilities Serving Electric Supply Locations Using Optical Fiber Systems
25	IEEE 1591.1-2012	Standard for Testing and Performance of Hardware for Optical Groundwire (OPGW)
26	IEEE 1591.3-2011	Standard for Qualifying Hardware for Helically-Applied Fiber Optic Cable Systems (WRAP Cable)
27	IEEE 1615-2007	1646-2004
28	IEEE 1675-2008	Standard Communication Delivery Time Performance Requirements for Electric Power Substation Automation
29	IEEE 1686-2007	Standard for Broadband over Power Line Hardware
30	IEEE 1701-2011	Standard for Substation Intelligent Electronic Devices (IEDs) Cyber Security Capabilities
31	IEEE 1702-2011	Standard for Optical Port Communication Protocol to Complement the Utility Industry End Device Data Tables
32	IEEE 1703-2012	Standard for Telephone Modem Communication Protocol to Complement the Utility Industry End Device Data Tables
33	IEEE 1711-2010	Standard for Local Area Network/Wide Area Network (LAN/WAN) Node Communication Protocol to Complement the Utility Industry End Device Data Tables
34	IEEE 1775-2010	Trial Use Standard for a Cryptographic Protocol for Cyber Security of Substation Serial Links

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้นิพนธ์หรือผู้ถือลิขสิทธิ์

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
35	IEEE 1808-2011	Standard for Powerline Communication Equipment - Electromagnetic Compatibility (EMC) Requirements - Testing and Measurement Methods
36	IEEE 1815-2010	Guide for Collecting and Managing Transmission Line Inspection and Maintenance Data
37	IEEE 1901-2010	Standard for Electric Power Systems Communications -- Distributed Network Protocol (DNP3)
38	IEEE 2030-2011	Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications
39	IEEE 367-1996	Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), and End-Use Applications and Loads
40	IEEE 487-2007	Recommended Practice for Determining the Electric Power Station Ground Potential Rise and Induced Voltage From a Power Fault
41	IEEE 644-1994	Recommended Practice for the Protection of Wire-Line Communication Facilities Serving Electric Supply Stations
42	IEEE 656-1992	Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines
43	IEEE 80-2000	Standard for the Measurement of Audible Noise from Overhead Transmission Lines
44	IEEE 802-2001	Guide for Safety in AC Substation Grounding
45	IEEE 802.1AB-2009	Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture
46	IEEE 802.2-1998	Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Station and Media Access Control Connectivity Discovery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในหน่วยงานด้านการค้า
 ไม่สามารถได้ทำที่อื่นนอกเหนือที่มีให้คัดแปลงและเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
47	IEEE 802.3-2005	Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 2: Local Link Control
48	IEEE 802.11-2007	Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Acc
49	IEEE 802.11-2012	Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)
50	IEEE 802.15.1-2005	Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)
51	IEEE 802.15.4-2006	Standard for Information Technology - telecommunications and information exchange Systems between systems - Local and metropolitan area networks-Specific requirements - Part 15.1a: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่เชิงพาณิชย์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
52	IEEE 802.15.4g-2012	Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)
53	IEEE 802.16-2012	Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)
54	IEEE 802.20-2008	Approved Draft Standard for local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems
55	IEEE 802.20.2-2010	Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 20: Air Interface for Mobile Broadband Wireless Access Systems Supporting Vehicular Mobility -- Physical and Media Access Control Layer Specification
56	IEEE 81-1983	IEEE Standard for Conformance to IEEE 802.20 Systems--Protocol Implementation Conformance Statement (PICS)
57	IEEE 81.2-1991	Guide for Measuring Earth Resistivity Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System Part 1: Normal Measurements
58	IEEE C37.1-2007	Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large Extended or Interconnected Grounding Systems
59	IEEE C37.13-2008	Standard for SCADA and Automation Systems
60	IEEE C37.100-1992	Standard for Low-Voltage AC Power Circuit Breakers Used in Enclosures

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น IEEE C37.100-1992 คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาใช้นำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
61	IEEE C37.101-2006	Standard Definitions for Power Switchgear
62	IEEE C37.101-2006/ Cor 1-2007	Guide for Generator Ground Protection
63	IEEE C37.102-2006	Guide for Generator Ground Protection - Corrigendum 1: Annex A.2 Phasor Analysis (Informative)
64	IEEE C37.104-2002	Guide for AC Generator Protection
65	IEEE C37.106-2003	Guide for Automatic Reclosing of Line Circuit Breakers for AC Distribution and Transmission Lines
66	IEEE C37.111-1999	Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants
67	IEEE C37.112-1996	Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems
68	IEEE C37.114-2004	Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays
69	IEEE C37.115-2003	Guide for Determining Fault Location on AC Transmission and Distribution Lines
70	IEEE C37.116-2007	Standard Test Method for Use in the Evaluation of Message Communications Between Intelligent Electronic Devices in an Integrated Substation Protection Control and Data Acquisition System
71	IEEE C37.117-2007	Guide for Protective Relay Application to Transmission-Line Series Capacitor Banks
72	IEEE C37.118-2005	Guide for the Application of Protective Relays Used for Abnormal Frequency Load Shedding and Restoration
73	IEEE C37.118.1-2011	Standard for Synchrophasors for Power Systems
74	IEEE C37.118.2-2011	Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems
75	IEEE C37.2-2008	Standard for Synchrophasor Data Transfer for Power Systems

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อห้ามในการคัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
76	IEEE C37.230-2007	Standard Electrical Power System Device Function Numbers Acronyms and Contact Designations
77	IEEE C37.231-2006	Guide for Protective Relay Applications to Distribution Lines
78	IEEE C37.232-2007	Recommended Practice for Microprocessor-Based Protection Equipment Firmware Control
79	IEEE C37.232-2011	Recommended Practice for Naming Time Sequence Data Files
80	IEEE C37.238-2011	Standard for Common Format for Naming Time Sequence Data Files (COMNAME)
81	IEEE C37.239-2010	Standard Profile for Use of IEEE Std. 1588 Precision Time Protocol in Power System Applications
82	IEEE C37.90.2-2004	Standard Common Format for Event Data Exchange (COMFEDE) for Power Systems
83	IEEE C37.91-2008	Standard for Withstand Capability of Relay Systems to Radiated Electromagnetic Interference from Transceivers
84	IEEE C37.92-2005	Guide for Protecting Power Transformers
85	IEEE C37.93-2004	Standard for Analog Inputs to Protective Relays From Electronic Voltage and Current Transducers
86	IEEE C37.94-2002	Guide for Power System Protective Relay Applications of Audio Tones Over Voice Grade Channels
87	IEEE C37.95-2002	Standard for N Times 64 Kilobit Per Second Optical Fiber Interfaces Between Teleprotection and Multiplexer Equipment
88	IEEE C57.120-1991	Guide for Protective Relaying of Utility-Consumer Interconnections
89	IEEE C57.123-2002	Loss Evaluation Guide for Power Transformers and Reactors
90	IEEE C62.11-2005	Guide for Transformer Loss Measurement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
91	IEEE C62.11a-2008	Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits (> 1 kV)
92	IEEE 42010-2011	Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits (>1 kV) Amendment 1: Short-Circuit Tests for Station Intermediate and Distribution Arresters
93	IEEE 1588™-2008	Systems and Software Engineering -- Architectural Description
94	IEEE c37.2-2008	Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems
95	IEEE 802.11u-2011	Standard for Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations
96	IEEE 802.11s-2011	Standard for Information technology-- Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks -Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
97	IEEE 802.11aa-2012	Wireless Mesh Networks
98	IEEE 802.15.4d-2009	Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks— Specific requirements
99	IEEE 802.15.4c	Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks - Specific requirements
100	IEEE 802.15.4c	standards family for Low Rate Wireless Personal Area Networks
101	IEEE 802.15.4a	STANDARDS IN COMMUNICATIONS AND NETWORKING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 IEEE Standard Number (proposed)

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
1	IEEE P2030.4	Guide for Control and Automation Installations Applied to the Electric Power Infrastructure
2	IEEE P2030.100	Recommended Practice for Implementing an IEC 61850 Based Substation Communications, Protection, Monitoring and Control System
3	IEEE PC37.244	Guide for Phasor Data Concentrator Requirements for Power System Protection, Control, and Monitoring
4	IEEE PC37.236	IEEE Draft Guide for Power System Protective Relay Applications over Digital Communication Channels
5	IEEE P802.21d	IEEE Standard for Local and metropolitan area networks -- Part 21: Media Independent Handover Services Amendment: Multicast Group Management
6	IEEE P802.16.1b	IEEE Draft Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Amendment: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications
7	IEEE P802.16.1a	Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Amendment: Higher Reliability Networks
8	IEEE P789	Standard Performance Requirements for Communications and Control Cables for Application in High Voltage Environments
9	IEEE P2030.3	Standard for Test Procedures for Electric Energy Storage Equipment and Systems for Electric Power Systems Applications
10	IEEE P1909.1	Recommended Practice for Smart Grid Communication Equipment -Test methods and installation requirements
11	IEEE P1901.2	Standard for Low Frequency (less than 500 kHz) Narrow Band Power Line Communications for Smart Grid Applications
12	IEEE P1854	Guide for Smart Distribution Applications Guide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องสมุดเท่านั้น ไม่สามารถนำออกนอกห้องสมุดได้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
13	IEEE P1815.1	Standard for Exchanging Information Between Networks Implementing IEC 61850 and IEEE Std 1815 (Distributed Network Protocol - DNP3)
14	IEEE P1815	IEEE Draft Standard for Electric Power Systems Communications -Distributed Network Protocol (DNP3)
15	IEEE P1686	Standard for Intelligent Electronic Devices (IEDs) Cyber Security Capabilities
16	IEEE P1127a	Guide for the Design, Construction, and Operation of Electric Power Substations for Community Acceptance and Environmental Compatibility
17	IEEE P1377	IEEE Draft Standard for Utility Industry Metering Communication Protocol Application Layer (End Device Data Tables)
18	IEEE P1547.7*	Guide to Conducting Distribution Impact Studies for Distributed Resource Interconnection
19	IEEE P1547.8	Recommended Practice for Establishing Methods and Procedures that Provide Supplemental Support for Implementation Strategies for Expanded Use of IEEE Standard 1547
20	IEEE P1591.2	Standard for Testing and Performance of Hardware for All-Dielectric Self-Supporting (ADSS) Fiber Optic Cable
21	IEEE P1595*	Standard for Quantifying Greenhouse Gas Emission Credits from Small Hydro and Wind Power Projects, and for Grid Baseline Conditions
22	IEEE P1613*	Standard for Environmental and Testing Requirements for Communications Networking Devices Installed in Electric Power Substations
23	IEEE P1646*	Standard Communication Delivery Time Performance Requirements for Electric Power Substation Automation
24	IEEE P1704	Standard for Utility Industry End Device Communications Module
25	IEEE P1705	Standard for Compliance Testing Standard for Utility Industry Metering Communications Protocol Standards
26	IEEE P1797	Guide for Design and Application of Solar Technology in Commercial Power Generating Stations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ภายนอกได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานต้นทาง

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
27	IEEE P2030.1	Guide for Electric-Sourced Transportation Infrastructure
28	IEEE P2030.2	Guide for the Interoperability of Energy Storage Systems Integrated with the Electric Power Infrastructure
29	IEEE P802	Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture
30	IEEE P81	Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System
31	IEEE PC37.104	Guide for Automatic Reclosing of Circuit Breakers for AC Distribution and Transmission Lines
32	IEEE PC37.111*	Standard for Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems
33	IEEE PC37.237	Recommended Practice for Time Tagging of Power System Protection Events
34	IEEE PC37.240	Standard for Cyber Security Requirements for Substation Automation, Protection and Control Systems
35	IEEE PC37.242	Guide for Synchronization, Calibration, Testing, and Installation of Phasor Measurement Units (PMU) for Power System Protection and Control
36	IEEE PC37.243	Guide for Application of Digital Line Current Differential Relays Using Digital Communication
37	IEEE PC37.95*	Guide for Protective Relaying of Utility-Consumer Interconnections
38	IEEE PC62.11*	Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits (> 1 kV)
39	IEEE PC62.39	Test Methods for Self-Restoring Current Limiter Components used in Telecommunication Surge Protectors

หมายเหตุ ถ้ามี * หลังหมายเลข คือ มี Paper IEEE Standard number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มาตรฐาน IEC

ตารางที่ 2.3 IEC Standard Number

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
1	IEC/TR 62357	Service Oriented Architecture (SAO)
2	IEC 61970	Common Information Model (CIM) / Energy Management
	IEC 61970-1	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 1: Guidelines and general requirements
	IEC 61970-2	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 2: Glossary
	IEC 61970-301	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 301: Common information model (CIM) base
	IEC 61970-401	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 401: Component interface specification (CIS) framework
	IEC 61970-402	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 402: Common services
	IEC 61970-403	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 403: Generic data access
	IEC 61970-404	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 404: High Speed Data Access (HSDA)
	IEC 61970-405	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 405: Generic Eventing and Subscription (GES)
	IEC 61970-407	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 407: Time Series Data Access (TSDA)
	IEC 61970-453	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 453: CIM based graphics Exchange
	IEC 61970-501	Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 501: Common Information Model Resource Description Framework (CIM RDF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าจะในรูปแบบใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
3	IEC 61850	Substation Automation
	IEC 61850-1	Communication networks and systems in substations - Part 1: Introduction and overview
	IEC 61850-2	Communication networks and systems in substations - Part 2: Glossary
	IEC 61850-3	Communication networks and systems in substations - Part 3: General requirements
	IEC 61850-4	Communication networks and systems in substations - Part 4: System and project management
	IEC 61850-5	Communication networks and systems in substations - Part 5: Communication requirements for functions and device models
	IEC 61850-6	Communication networks and systems for power utility automation - Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs
	IEC 61850-7	Communication networks and systems in substations - Basic communication structure for substation and feeder equipment
	IEC 61850-8	Communication networks and systems in substations - Specific Communication Service Mapping (SCSM)
	IEC 61850-8-1	Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
	IEC 61850-9	Communication networks and systems in substations - Specific Communication Service Mapping (SCSM)
	IEC 61850-10	Communication networks and systems in substations - Part 10: Conformance testing
4	IEC 61968	Common Information Model (CIM) / Distribution Management
	IEC 61968-1	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 1: Interface architecture and general requirements
	IEC/TS 61968-2	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 2: Glossary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
	IEC 61968-3	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 3: Interface for network operations
	IEC 61968-4	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 4: Interfaces for records and asset management
	IEC 61968-8	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 8: Interface Standard For Customer Support
	IEC/TR 61968-9	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 9: Interfaces for meter reading and control
	IEC/TR 61968-11	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 11: Common information model (CIM) extensions for distribution
	IEC/TR 61968-13	Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 13: CIM RDF Model exchange format for distribution
5	IEC 62351	Security
	IEC/TS 62351-1	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 1: Communication network and system security - Introduction to security issues
	IEC/TS 62351-2	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 2: Glossary of terms
	IEC/TS 62351-3	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 3: Communication network and system security - Profiles including TCP/IP
	IEC/TS 62351-4	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 4: Profiles including MMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในสำนักงานเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปจนเลยตัวหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
	IEC/TS 62351-5	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 5: Security for IEC 60870-5 and derivatives
	IEC/TS 62351-6	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 6: Security for IEC 61850
	IEC/TS 62351-7	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 7: Network and system management (NSM) data object models
	IEC/TS 62351-8	Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 8: Role-based access control
6	IEC 62056	Data exchange for meter reading, tariff and load control
	IEC 62056-21	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 21: Direct local data exchange
	IEC 62056-31	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 31: Use of local area networks on twisted pair with carrier signalling
	IEC 62056-41	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 41: Data exchange using wide area networks: Public switched telephone network (PSTN) with LINK+ protocol
	IEC 62056-42	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 42: Physical layer services and procedures for connection-oriented asynchronous data exchange
	IEC 62056-46	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 46: Data link layer using HDLC protocol
	IEC 62056-47	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 47: COSEM transport layers for IPv4 networks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม
 ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสมอ. หรือผู้ถือลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
	IEC 62056-51	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 51: Application layer protocols
	IEC 62056-52	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 52: Communication protocols management distribution line message specification (DLMS) server
	IEC 62056-53	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 53: COSEM application layer
	IEC 62056-61	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 61: Object identification system (OBIS) For G, H, W, meters OBIS codes are specified in EN 13757-1 (CEN TC 294), interface objects are common
	IEC 62056-62	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 62: Interface classes
7	IEC 61508	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
	IEC 61508-1	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 1: General requirements
	IEC 61508-2	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
	IEC 61508-3	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 3: Software requirements
	IEC 61508-4	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 4: Definitions and abbreviations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	หมายเลขมาตรฐาน	คำบรรยาย
	IEC 61508-5	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems - Part 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels
	IEC 61508-6	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3
	IEC 61508-7	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 7: Overview of techniques and measures



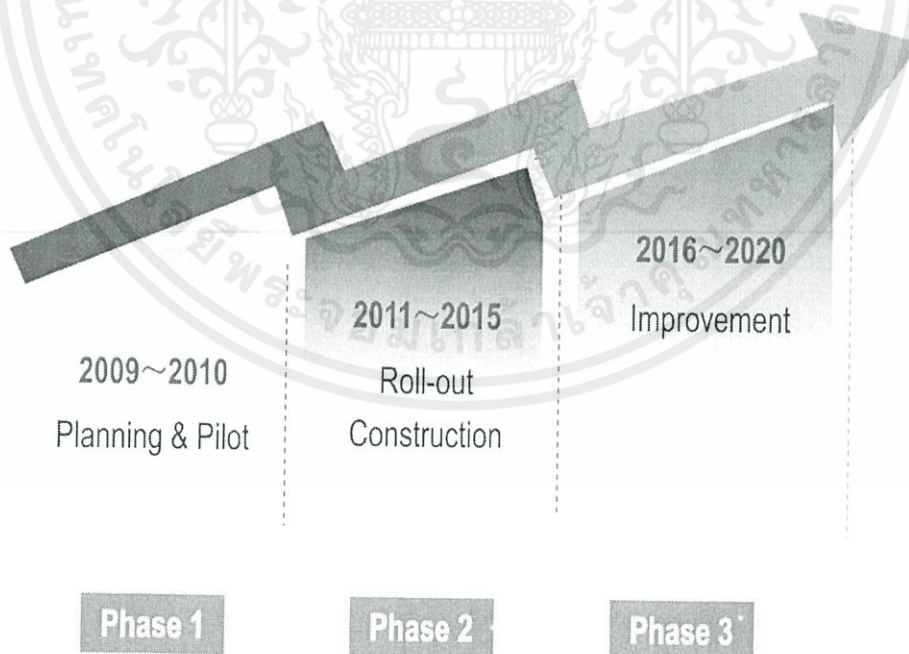
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โมเดลระบบกริดอัจฉริยะของแต่ละประเทศในโลก

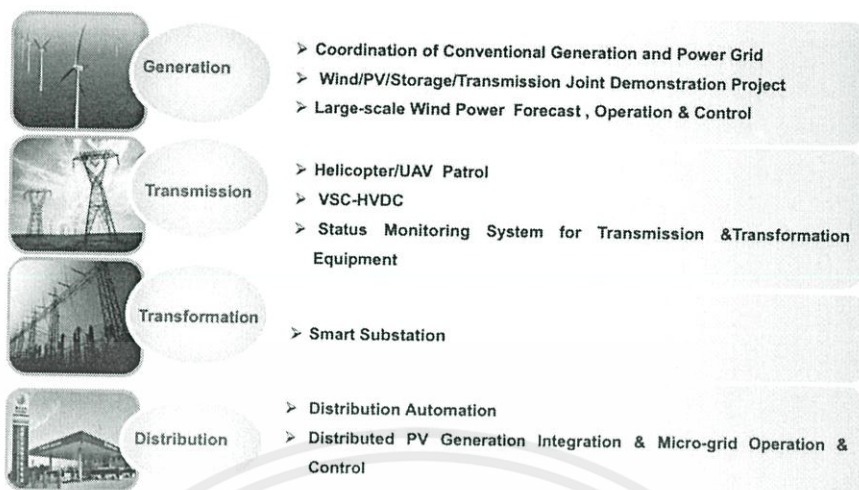
ในแต่ละประเทศนั้นจะมีโมเดลของระบบกริดอัจฉริยะที่ต่างๆ กันไป เนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ระบบไฟฟ้า เศรษฐกิจ เป็นต้น โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการนำเสนอโมเดลระบบกริดอัจฉริยะ ของ 12 ประเทศใน 3 ทวีปคือ ทวีปเอเชีย (จีน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย อินเดีย สิงคโปร์) ทวีปยุโรป (สเปน ไอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร เยอรมัน) และทวีปอเมริกา (แคนาดา สหรัฐอเมริกา)

2.2.1 ประเทศจีน (China)

ประเทศจีนใช้ระบบไฟฟ้า 220 V 50 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศเท่ากับ 976 GW (20% ของกำลังการผลิตทั้งโลก) อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี $4,170 \times 10^9$ kWh (ในปี 2010) ความยาวของสายส่งทั่วประเทศ 618,000 km (110/60) kV นอกจากนี้จีนยังมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใหญ่ที่สุดในโลก ครอบคลุมพื้นที่ 64 ตารางกิโลเมตร เข้าไปในเขตแดนมองโกเลีย ซึ่งการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ยังผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดของประเทศจีน ซึ่งเท่ากับการผลิตไฟฟ้าโดยถ่านหิน 2 แห่ง ให้กำลังการผลิตถึง 2 GW และเพียงพอต่อการใช้งาน 3 ล้าน ครัวเรือน โดยแผนในปี 2020 จะเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 20 GW โดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศจีนคือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.1 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศจีน [8]



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศจีน ส่วนที่ 1 [8]

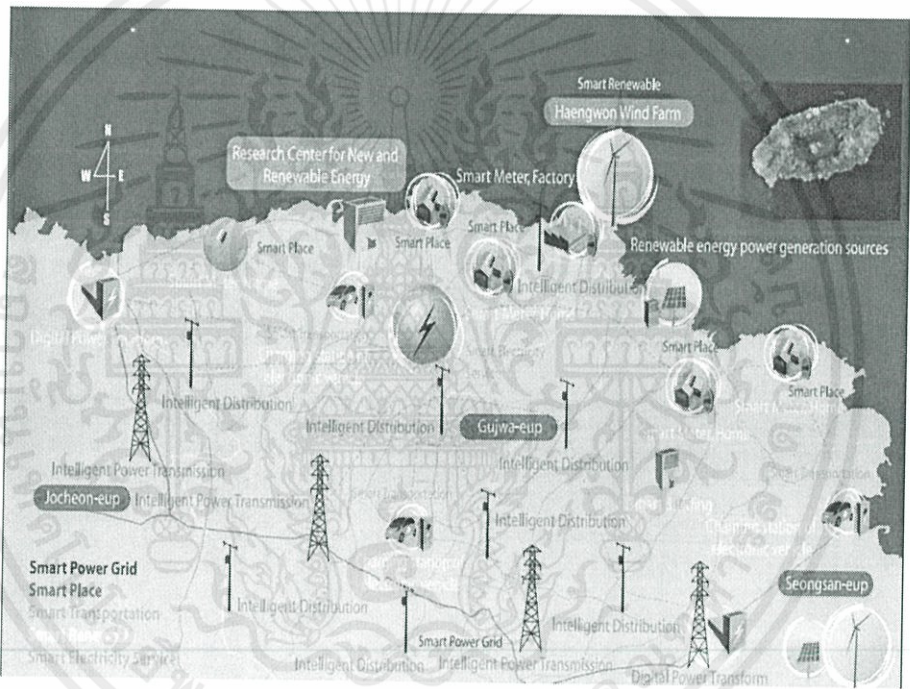


รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศจีน ส่วนที่ 2 [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

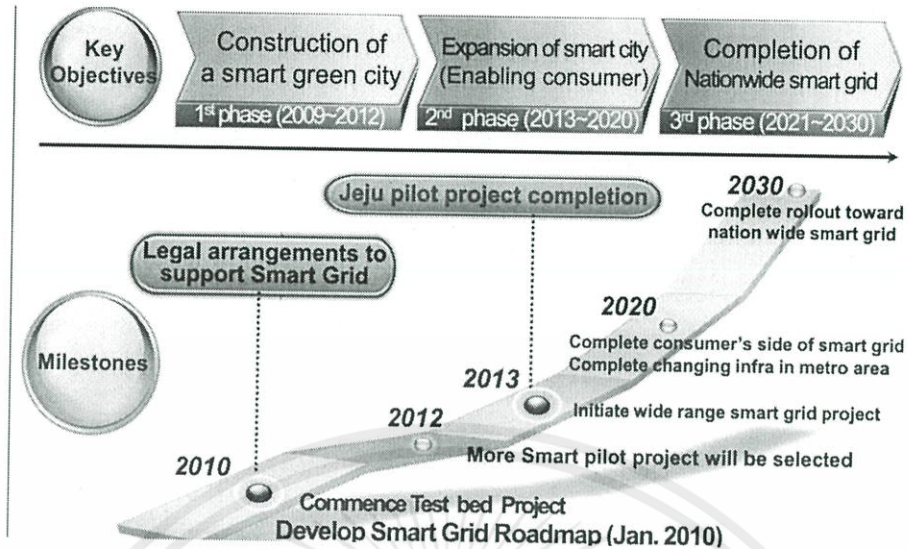
2.2.2 ประเทศเกาหลีใต้ (South Korea)

ประเทศเกาหลีใต้อาศัยระบบไฟฟ้า 110/220 V 60 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศเท่ากับ 73,470 MW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี 439×10^9 kWh (ในปี 2010) อัตราเฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 16 นาที และความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 4% โดยประมาณ ซึ่งเกาหลีใต้ดำเนินการทดสอบระบบกริดอัจฉริยะที่เกาะเจอู โดยมีเป้าหมายในปี 2030 แผนกลยุทธ์ที่วางไว้จะทำให้สำเร็จซึ่งรวมถึงการออก พรบ. เกี่ยวกับกริดอัจฉริยะ และเตรียมการที่จะทำให้มีความสะดวกขึ้นในด้านมาตรฐาน และการพัฒนาเทคโนโลยีกริดอัจฉริยะ โดยมีเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศเกาหลีใต้คือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

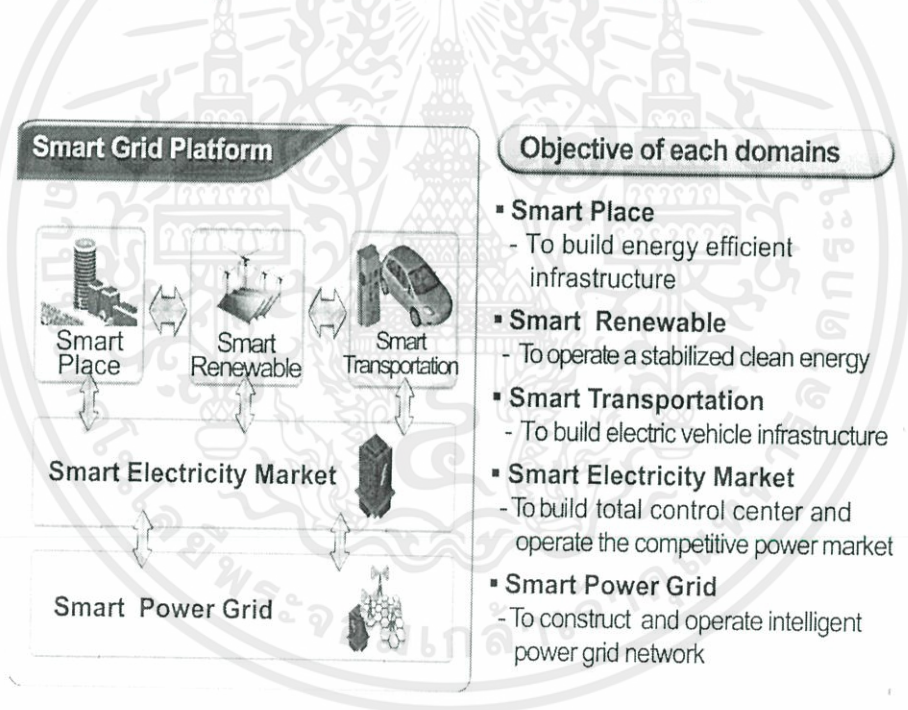


รูปที่ 2.4 ระบบกริดอัจฉริยะในเกาะเจอู ประเทศเกาหลีใต้ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แผนแม่บทของประเทศเกาหลีใต้ [10]

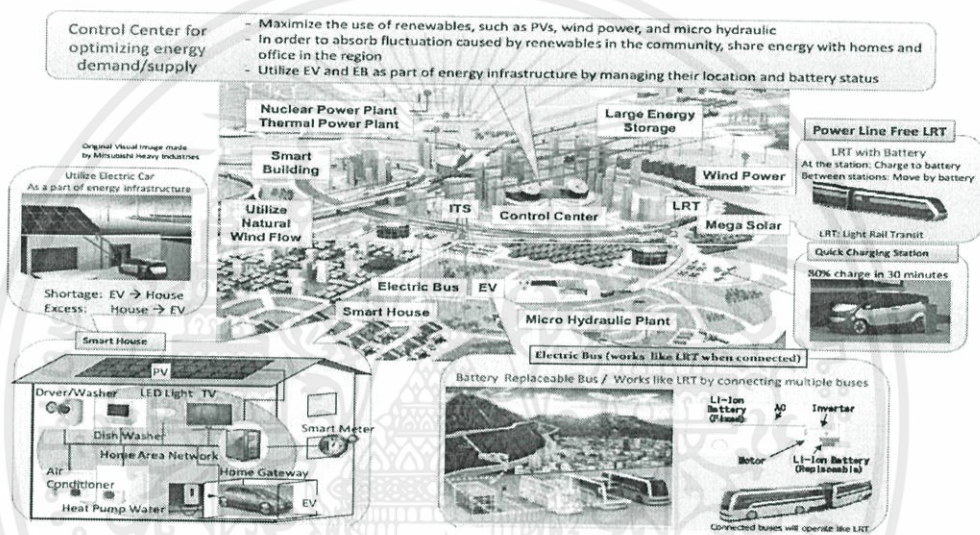


รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศเกาหลีใต้ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ประเทศญี่ปุ่น (Japan)

ประเทศญี่ปุ่นใช้ระบบไฟฟ้า 100 V 50/60 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 178,000 MW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี $1,013 \times 10^9$ kWh (ในปี 2010) เฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 6 นาที และความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 4.9% โดยประมาณ โดยระบบกริดอัจฉริยะในญี่ปุ่นจะเรียกว่าสังคมอัจฉริยะ (Smart Community) ซึ่งมีการเริ่มต้นทดลองใน 4 เมืองได้แก่ 1.เมืองโยโกฮาม่า 2.เมืองโอจิ 3.เมืองฟุกุโอกะ 4.เขตคันไซ โดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศญี่ปุ่นคือ ระบบที่มีประสิทธิภาพเสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเน้นในด้านชุมชนที่อยู่อาศัยเป็นสำคัญ



รูปที่ 2.7 ระบบสังคมอัจฉริยะ (Smart Community) ในประเทศญี่ปุ่น [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Today - Year 2020	▶ 2020 - 2030	▶ 2030 -
Relation between regional EMS and entire grid	<ul style="list-style-type: none"> ■ Solar panel prices will decrease significantly due to large-scale introduction of panels to houses as well as commercial buildings. ■ Measures to maintain the quality of electricity while the large-scale introduction of PV will be carried out mainly for the grid side. Storage cells will be installed at substations. ■ As regional EMS are further demonstrated, technology and know-how will be accumulated. ■ The cost of storage cells will go down due to technology development and demonstration. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Due to a decline in PV prices, more PV systems will be installed at houses. ■ Regional EMS, which contribute to effective use of RE generated at houses, will become more important. ■ Regional EMS will be realized as storage cells become cheaper and are further disseminated. ■ Distribution and transmission networks that enable two-way communication between demand side and grid side will be actively established. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cost competitiveness of RE will improve as fossil fuel prices increase by more than double. Use of RE will be prioritized and nuclear power will be used as a base. ■ EMS that can provide an optimized balance in terms of economy and security between regional EMS and grid will be established. ■ EMS that creates demand by charging EVs at the time of excessive RE, and supplies energy to grid at high demand, will be used.
Houses	<ul style="list-style-type: none"> ■ Remote reading using smart meters will start. ■ HEMS will be disseminated. Some houses will install home servers. Demand response demonstration will start. ■ Demonstration of EVs will start. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ HEMS and regional EMS will be integrated. All power generated at houses will be used optimally. ■ Various services using home servers will be disseminated. ■ EVs will be used for power storage as well. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ A fully-automated HEMS will be realized.
Buildings	<ul style="list-style-type: none"> ■ ZEB introduction will start. ZEB: Zero Emission Building 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ZEB will be realized at new public buildings. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ZEB will lead to a greatly reduced level of emissions for all new buildings as a group.

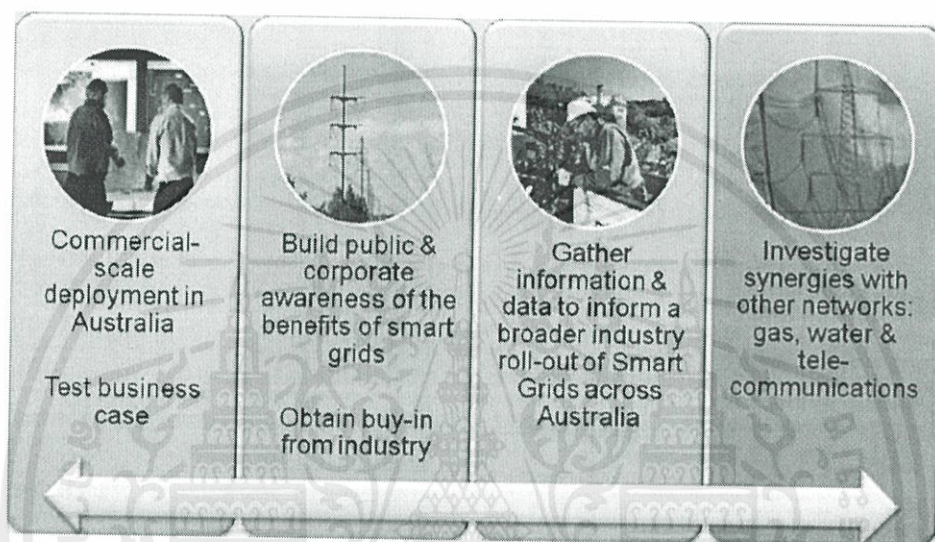
รูปที่ 2.8 แผนแม่บทของประเทศญี่ปุ่น [11]

- | | |
|--|---|
| 1 Wide-area situational awareness (WASA) in transmission systems | 14 Fixed energy storage systems |
| 2 Optimized controls for system storage cells | 15 Storage cell modules |
| 3 Optimized controls for distribution storage cells | 16 Methods of assessing the salvage value of EV storage cells |
| 4 Optimized controls for building/community energy storage | 17 Quick EV charger-vehicle communications |
| 5 High-efficiency power conditioners for storage cells | 18 Quick EV charger connectors |
| 6 Distribution automation systems | 19 Quick EV charger unit design |
| 7 Power conditioners for distributed power supplies | 20 Safety testing of lithium-ion batteries for vehicles |
| 8 Power electronic devices for distribution | 21 Vehicle-to-regular EV charger infrastructure communications |
| 9 Demand response networks | 22 Infrastructure control of regular EV chargers |
| 10 HEMS | 23 Wide-area meter access communications |
| 11 BEMS | 24 Local meter access communications |
| 12 FEMS | 25 Gas metering for AMI systems |
| 13 CEMS | 26 Authentication method between meter communicators and higher-level systems |

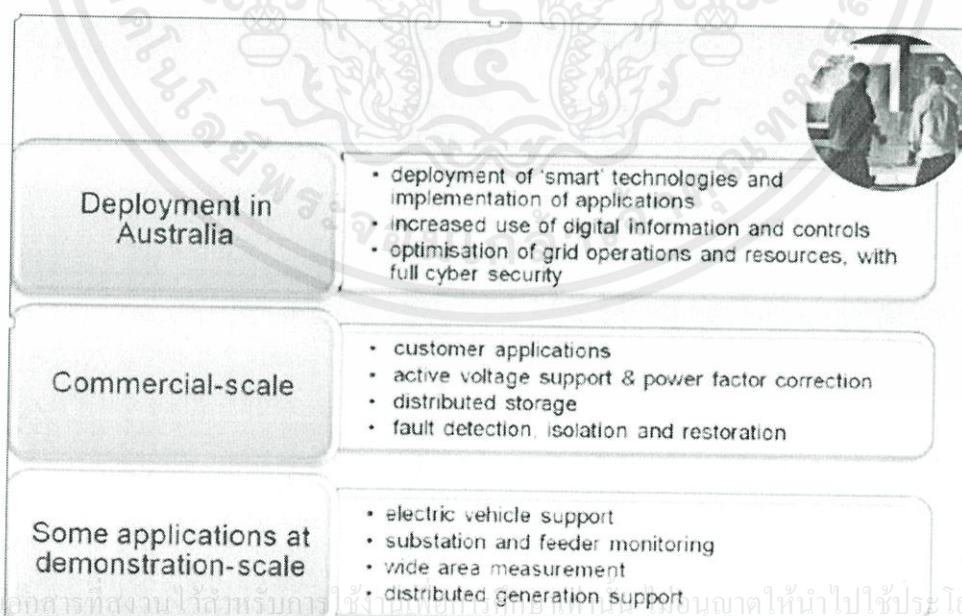
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.9 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย [11] ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ประเทศออสเตรเลีย (Australia)

ประเทศออสเตรเลียใช้ระบบไฟฟ้า 240 V 50 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 261,000 MW อัตราใช้ไฟฟ้าต่อปีเท่ากับ 243.96×10^9 kWh (ปี2009) เฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 254 นาทีและความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 7% โดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะ ของประเทศออสเตรเลีย คือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น



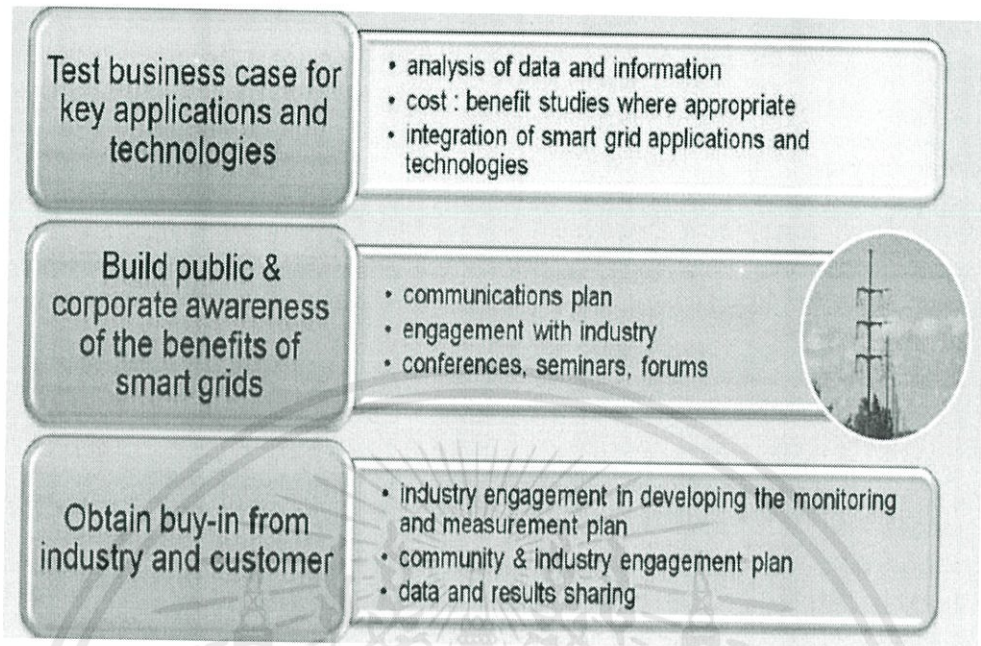
รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 1 [13]



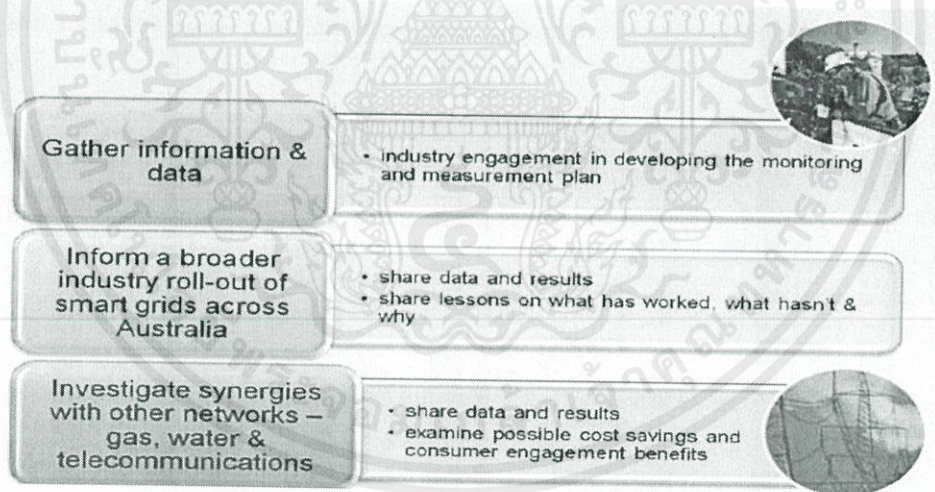
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 2 [13]



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 3 [13]



รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะในประเทศออสเตรเลีย ส่วนที่ 4 [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ประเทศอินเดีย (India)

ประเทศอินเดียใช้ระบบไฟฟ้า 230 V 50Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 162 GW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี 885×10^9 kWh (ในปี 2010) ความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 26% โดยประมาณ และในบางพื้นที่มีปัญหาการลักลอบการใช้ไฟฟ้าซึ่งอาจทำให้ความสูญเสียในสายส่งสูงถึง 50% และคนในประเทศ 440 ล้านคนไม่มีไฟฟ้าใช้ ดังนั้นระบบกริดอัจฉริยะของอินเดียจะต้องมีแนวทางพื้นฐาน 6 อย่างซึ่งประกอบ 1.สร้างระบบไฟฟ้าพื้นฐานให้แก่คนอินเดีย และการพัฒนาขนบท 2.มุ่งแก้ปัญหาการขาดแคลนไฟฟ้า 3.ป้องกันการลักลอบใช้ไฟฟ้า และลดความสูญเสียในสายส่ง 4.กระจายพลังงานให้ทั่วถึงในขนบท 5.พัฒนาการใช้พลังงานทางเลือก 6.ทำให้พลังงานมีราคาถูก และมีความยั่งยืนโดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศอินเดีย คือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้าให้แก่ประชาชนทั่วประเทศ พร้อมทั้งกล่าวสู่การเป็นผู้นำด้านกริดอัจฉริยะ

Targets/Goals	Solutions/Projects
1. Access to "Electricity for All"	1. a) Successful completion of RGGVY and ensuring its sustainability through innovative schemes ; b) Microgrids – isolated and connected with main grids: small (<1 MW), Medium (1-5 MW), Large (>5 MW)
2. Reduction of transmission losses (>66 kV) to below 3%	2. a) Reconductoring of old lines; b) substation modernization; c) wide area monitoring (PMU in all S/Stns>110 kV)
3. Reduction of AT&C losses in all Distribution Utilities to below 15%	3. a) Successful completion of R-ADPPRP (1401 towns); and its extension to towns with population of >15K per 2011 census (nearly xxxx towns), b) Improvements in billing & collection efficiency, c) appropriate solutions for metering & control of irrigation pump sets
4. Reduction in Power Cuts	4. a) DR peak load management in all utilities – target: 5% of peak load; b) AMI all customers with loads > 20 kW c) SCADA/DMS for all towns with annual energy consumption > 100 MU (or >1 lakh population)
5. Improvement in Power Quality	5. a) Substation Automation and Modernization: all 110/132 kV and above (GIS where ever feasible; new breakers, numerical relays, bay controllers and transformer monitors), b) Improvements in HT:TT ration , VVC and other KPIs,
6. ToU Tariff	c) Fiber connectivity for all substations >33kV - fiber network connecting 250K Panchayats to be leveraged; d) Smart Meters for all new connections and replacement of old meters with smart meters for loads >20kW
7. Renewables Integration	6. Appropriate regulation for implementation of ToU Tariff for all categories of consumers
8. Energy Efficiency Improvements	7. Systems for load forecasting and generation forecasting
9. Standards for Smart Appliances – energy efficient and DR ready	8. Mandatory BMS for commercial buildings and industrial units with loads >300 kW and its integration with DMS
10. Strengthening of EHV System	9. Standards for Smart Appliances – DR ready
11. Efficient Power Exchanges	10. a) Stable backbone of 765 kV system in operation, b) enhancement of inter-regional power transfer capacity, c) expansion of HVDC system, d) FACTS, SVC etc
12. Training and Capacity building in Utilities and in the Industry to build, operate and maintain SG systems and applications	11. Remote Metering Systems for all feeders at transmission level enabling same-day settlement at power exchanges
13. Consumer Participation	12. a) Smart Grid focused courses in IITs/IITs and other Engineering Colleges, b) Training and skill development programs at Utilities and institutions in collaboration with CPRI, CBIP, NSDC and institutions from overseas
14. Research & Development	13. Consultation and involvement of consumers in SG initiatives
15. Safety	14. Fundamental and Applied Research, Technology Absorption and Diffusion; and Tecchnopreneurship
16. Sustainability Initiatives	15. Safety of workers, consumers, public., domestic animals and wild life
17. SG Pilots	16. a) End of life processing facilities for SF6 and CFLs, b) Life-cycle analysis of electrical equipment, c) promotion of CHP projects
	17. a) 8 Pilots: 2012-2013, b) Low Cost Smart Meter – Specs finalization and testing: 2012-13, c) Verification of technology trials in terms of scalability, sustainability and results vis-à-vis Initial and formulation of specs for larger SG Projects-2014, d) Roll out of SG Projects in all metros and State Capitals/Largest Cities in major states: 2014-17

รูปที่ 2.14 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศอินเดีย ปี 2012-2017 [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Targets/Goals	Solutions/Projects
<ol style="list-style-type: none"> Reduction of T&D losses to below 12% in all Utilities Improvement in Power Quality End of Power Cuts Efficient forecasting and dispatching of Renewables Standards Development - standards for EVs and Smart Infrastructure (SEZ, Buildings, Roads/Bridges, Parking lots, Malls etc) UHV and EHV Strengthening Research & Developments Export of SG products, solutions and services to overseas Training & Capacity Building Consumer Participation Sustainability Initiatives Safety 	<ol style="list-style-type: none"> a) R-ADPDRP Solutions to be rolled out utility-wide, b) transmission losses below 2% in all state Transcos through upgradation and modernization of lines and substations a) Modernization of all substations 33 kV and above (GIS where ever feasible), b) improvements in HT:LT ratio, VVC and other KPIs, c) all power transformers (11 kV & above) and all DTs are monitored, d) SCADA/DMS for all towns with annual energy consumption > 50 MU (or >25 K population), e) Inter-connection of isolated micro-grids with National Grid where ever feasible a) DR mandatory for all loads >20 kW, b) Substation Automation, c) AMI for all customers with loads >10 kW, d) Outage Management Systems and Mobile Crew Management Systems , e) Smart Meters for all connections >3 kW, f) Utility wide SG Roll outs in select utilities – metros, state capitals and large urban areas Systems for load forecasting and generation forecasting integrated with weather forecasting a) Standards and Infra for EV charging stations and intelligent systems to manage EVs on the grid, b) smart buildings (loads >100 kW) integration with DMS, c) Mandatory standards for appliances (DR readiness), d) inter-operability & cyber security, e) Real-time price signals and choice of tariff plans for select categories of customers a) 1200kV systems in operation, b) Expansion of 765 kV and HVDC systems Efforts augmented, assets harvested, patents obtained Export targets to be fixed based on the progress made in 12th Plan Training & Capacity building efforts augmented Consumer participation efforts augmented Sustainability initiatives augmented Safety drives augmented

รูปที่ 2.15 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย ปี 2017-2022 [15]

Targets/Goals	Solutions/Projects
<ol style="list-style-type: none"> Financially viable utilities Stable 24x7 power supply to all categories of consumers all across the country Renewables Integartion Smart Cities and Smarter Infrastructures Export of SG products, solutions and services to overseas Research and Development Training and Capacity Building Consumer Particiation Sustainability Initiatives Safety 	<ol style="list-style-type: none"> a) AT&C losses not more than 10% in any Distribution Utilities, b) Utility-wide SG roll-out in all major utilities, c) IT network & CRM systems of electric utilities being leveraged by other infra service providers where ever synergies exist a) Mandatory DR for all loads > 10kW, b) All 33kV s/stns are GIS and automated, c) SCADA/DMS for all towns with annual energy consumption > 25 MU (or >10 K population), d) AMI for all customers with loads >5 kW, e) Smart meters for all connections all across the country, f) Real-time price signals and choice of tariff plans for all categories of customers, g) Robotics for live-line maintenance, h) Trials of super-conductivity (HTSS) 33% or more renewables in the power system a) Smarter Cities – Utility Corridors that can leverage common field infrastructure for automation and control of electricity, water, gas and district cooling/heating networks; common control and command centers, automated mobile crew systems etc, b) EV infrastructure leveraged as Virtual Power Plants (VPPs) to support peak loads and provide Ancillary Services Global leadership in SG products and services R&D Efforts augmented, more assets, more patents Training & Capacity building efforts augmented Consumer participation efforts augmented Sustainability initiatives augmented Safety drives augmented

รูปที่ 2.16 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย ปี 2022-2027 [15]

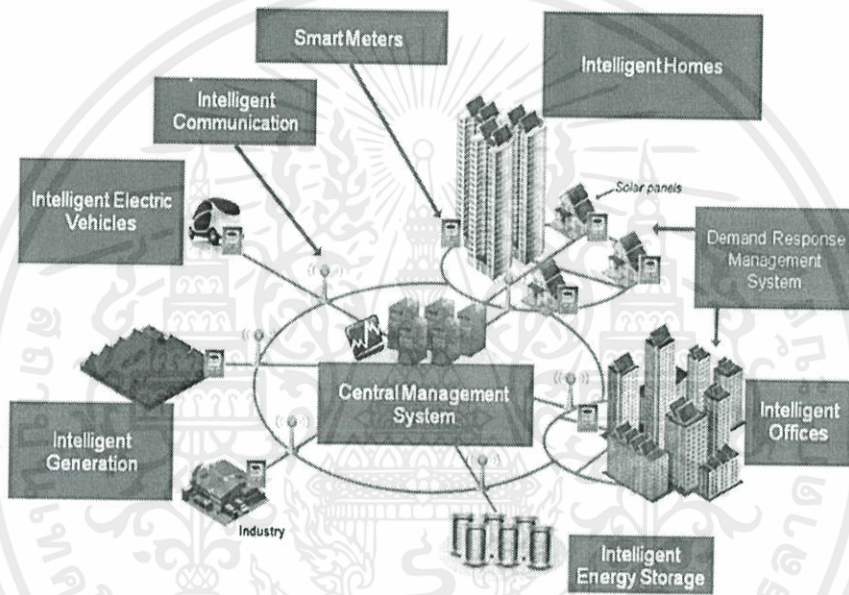
Targets/Goals	Solutions/Projects
Smart Utilities managing other pieces of vital infrastructure sectors such as Water and Gas distribution, Surface Transport etc	Electrify almost all economic activities including transport and much agricultural processes; and de-carbonize the power sector through dramatic increase in renewables and nuclear and carbon capture and storage technologies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกริดเชิงนวัตกรรมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะผิดใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย หลังจากปี 2027 [15]

2.2.6 ประเทศสิงคโปร์ (Singapore)

ประเทศสิงคโปร์ใช้ระบบไฟฟ้า 230 V 50 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 11,500 MW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี 42×10^9 kWh (ในปี 2009) เฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 40 วินาที และความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 3% โดยประมาณ ในสิงคโปร์นั้นใช้ระบบสายส่งไฟฟ้าใต้พื้นดิน และเชื่อมต่อกับสถานีไฟฟ้าย่อยถึง 9,800 สถานี โดยประเทศสิงคโปร์นั้นระบบกริดอัจฉริยะจะเรียกว่า ระบบพลังงานอัจฉริยะ (Intelligent Energy Systems) โดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศสิงคโปร์ คือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะเน้นในด้านการมีส่วนร่วมของผู้บริโภคเป็นสำคัญ



รูปที่ 2.18 ระบบพลังงานอัจฉริยะ (Intelligent Energy Systems) ในประเทศสิงคโปร์ [17]

Phase	Timeline	Goals
Phase-1	2010-2012	<ul style="list-style-type: none"> Implementation of the enabling infrastructure viz. smart meters and the communication system Establishing smart metering communication protocols and standards
Phase-2	2012-2013	<ul style="list-style-type: none"> Introduce Smart Grid applications for residential customers such as in-home monitoring displays and choice of electricity pricing plans Introduce applications for industrial and commercial customers such as improved energy management systems and automation systems for monitoring and control

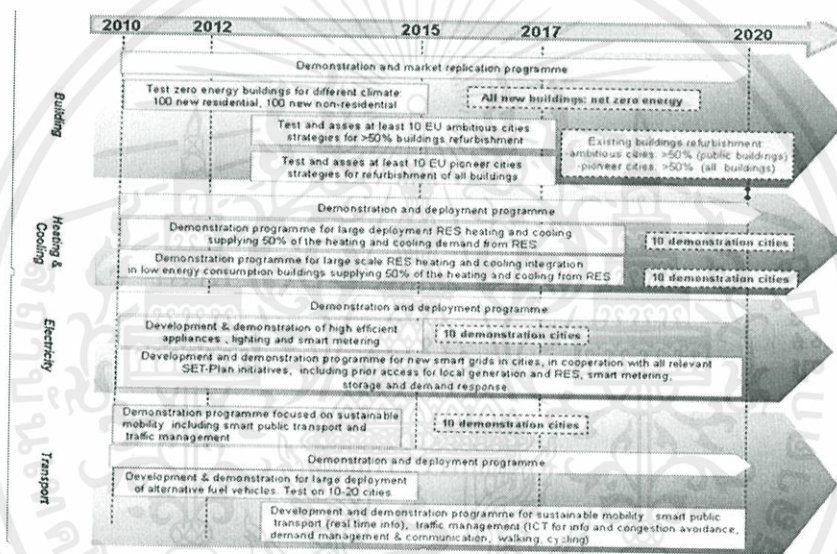
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 แผนแม่บทในประเทศสิงคโปร์ [17]

2.2.7 ประเทศสเปน (Spain)

ประเทศสเปนใช้ระบบไฟฟ้า 230 V 50 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 105,000 MW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี 275.8×10^9 kWh (ในปี 2010) ในประเทศสเปนมีการใช้พลังงานทางเลือกในการผลิตไฟฟ้ามากถึง 35% ของความต้องการไฟฟ้าในประเทศ ซึ่งได้แก่ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมซึ่งมีขนาด 20,676 MW มากเป็นอันดับที่ 4 ของโลก และการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ซึ่งมีขนาด 4,300 MW มากเป็นอันดับที่ 2 ของโลก เฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 133.9 นาทีโดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศสเปน คือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2.20 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะในประเทศสเปน [20]

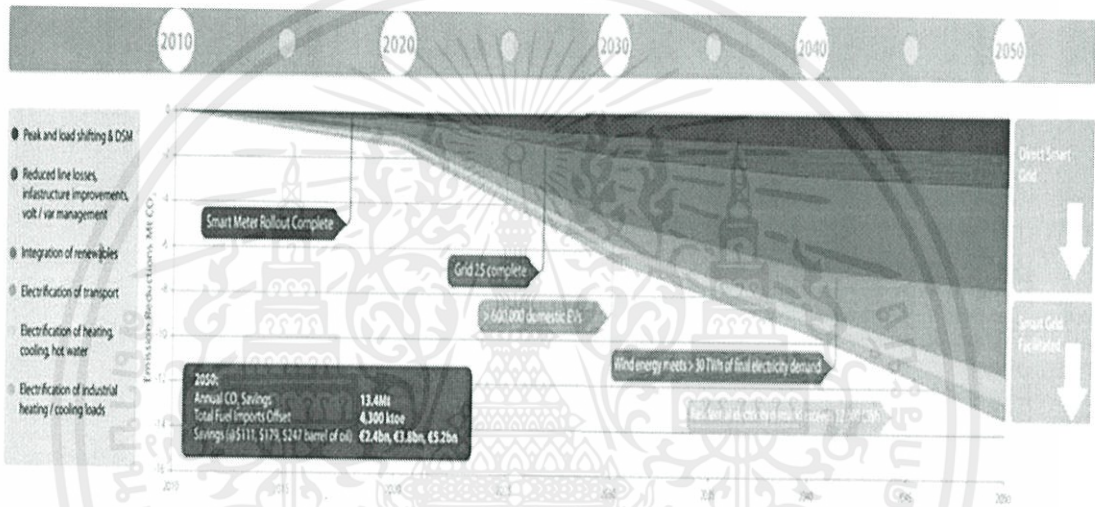
Energy	• Smartcity Málaga.	Structural Funds	City's own investment
	• Energy Management System.		
Mobility	• Public Lighting Improvement	FP7 GC	City's own investment
	• Municipal PV network.		
	• Green eMotion.		
ICT	• Zem2aLL.	ZEM2ALL Spain + Japan	City's own investment
	• eMob.		
Env Trans	• Multimedia and internet apps.	City's own investment	
	• Municipal ICT network.		
	• Green Apple.		
	• Malaga Living Lab.		
	• Sustainable schools.		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบกริดอัจฉริยะเมืองมาลาก้าในประเทศสเปน [20]

2.2.8 ประเทศไอร์แลนด์ (Ireland)

ประเทศไอร์แลนด์ใช้ระบบไฟฟ้า 230 V 50 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 9,300 MW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี 37×10^9 kWh (ในปี 2010) เฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 3.9% ประเทศไอร์แลนด์มีพลังงานจากลม และพลังจากคลื่นลมในทะเลมาก จึงเน้นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมโดยมีขนาด 1,428 MW (ปี2010) และในปี 2050 ตั้งเป้าในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมให้มากถึง 30 TWh และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 250 ล้านตันต่อปีโดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไอร์แลนด์คือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2.22 แผนแม่บทของประเทศไอร์แลนด์ [22]



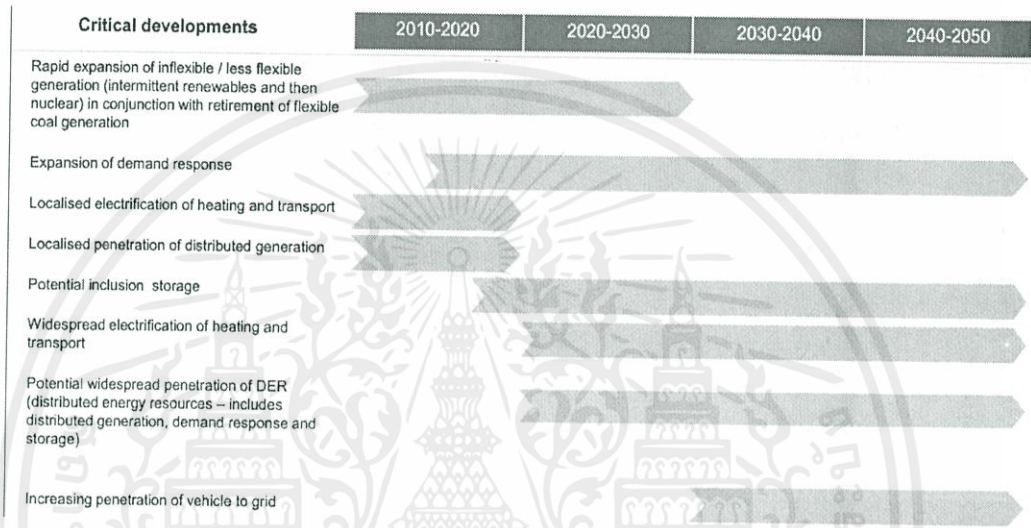
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

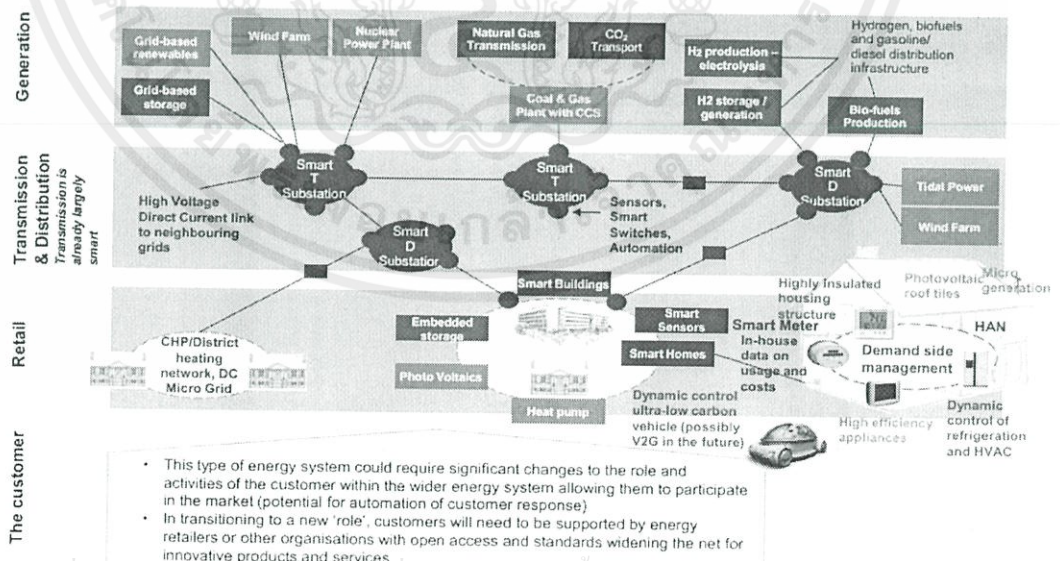
รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบของระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไอร์แลนด์ [22]

2.2.9 United Kingdom

สหราชอาณาจักรใช้ระบบไฟฟ้า 230 V 50 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 105,171 MW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี 351.8×10^9 kWh (ในปี 2009) เฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 75 นาที และความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 8% โดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของสหราชอาณาจักร คือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเน้นตั้งแต่ขั้นการผลิตไฟฟ้าจนไปสู่ผู้บริโภค



รูปที่ 2.24 แผนแม่บทของสหราชอาณาจักร [23]

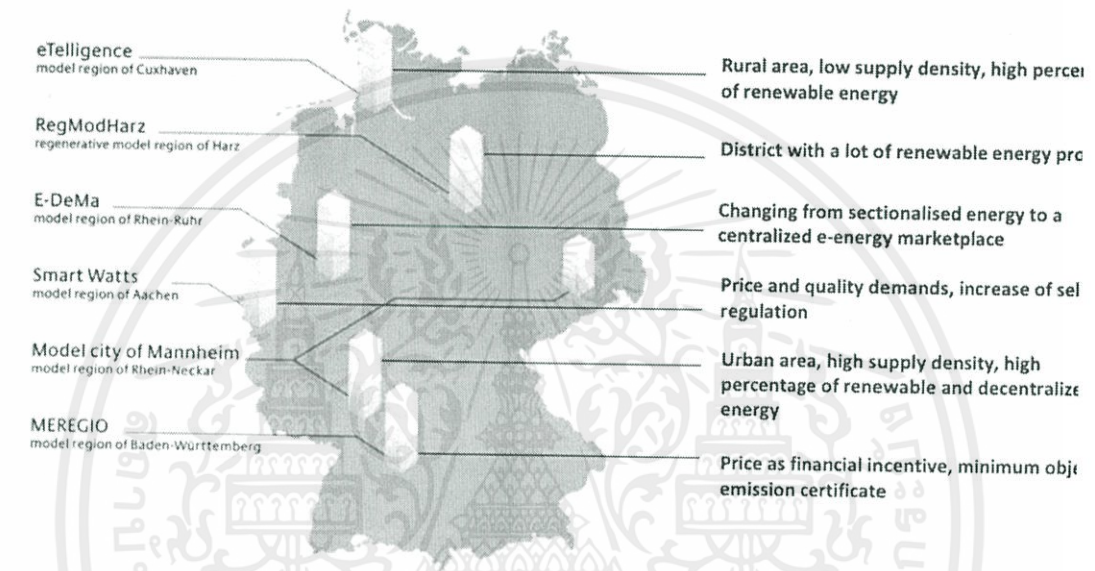


- This type of energy system could require significant changes to the role and activities of the customer within the wider energy system allowing them to participate in the market (potential for automation of customer response)
- In transitioning to a new 'role', customers will need to be supported by energy retailers or other organisations with open access and standards widening the net for innovative products and services

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ไร้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.25 โครงสร้างของระบบกริดอัจฉริยะของสหราชอาณาจักร [23]
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.10 ประเทศเยอรมัน (Germany)

ประเทศเยอรมันใช้ระบบไฟฟ้า 230 V 50 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 621 GW (2010) อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี 555.19×10^9 kWh (ในปี 2009) เฉลี่ยไฟดับต่อปีของแต่ละบ้านเท่ากับ 15 นาที และความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 5% โดยประมาณ มีการผลิตโดยใช้พลังงานลมที่ใหญ่ที่สุดในโลกซึ่งมีขนาด 27,214 MW โดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศเยอรมันคือระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

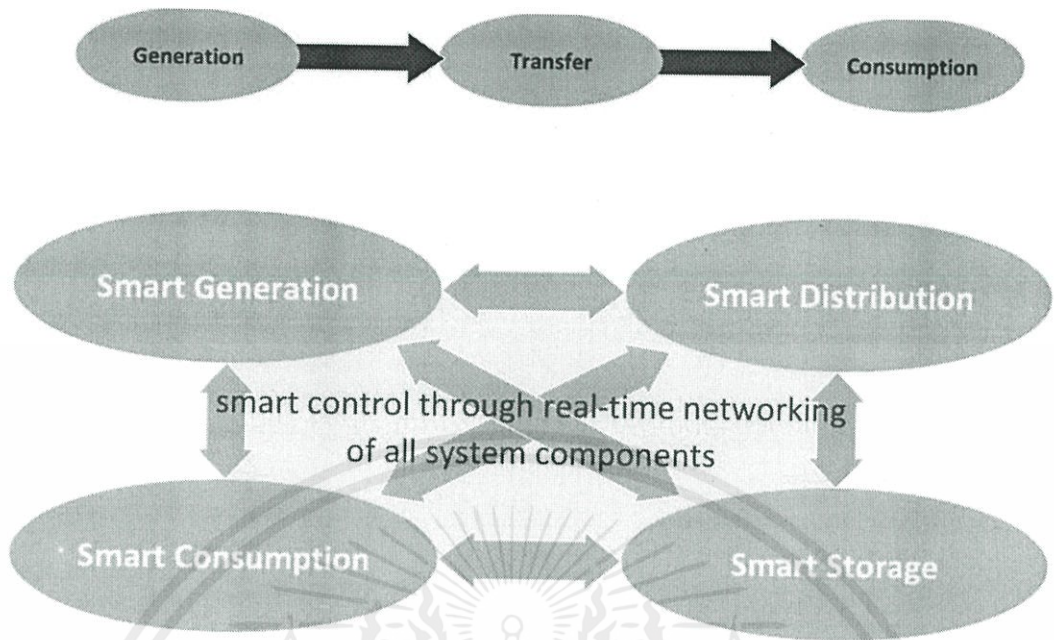


รูปที่ 2.26 โมเดลทั้ง 6 พื้นที่ของระบบกริดอัจฉริยะในประเทศเยอรมัน [24]

Timetable for Standardization Roadmap																
	Jan 2010	Apr 2010	Jul 2010	Oct 2010	Jan 2011	Apr 2011	Jul 2011	Oct 2011	Jan 2012	Apr 2012	Jul 2012	Oct 2012	Jan 2013	Apr 2013	Jul 2013	Oct 2013
Standardization Roadmap 1.0	[Active]															
Establishment of Steering Group	[Active]															
Further detailed processing and time assessment	[Active]															
Establishment of Focus Groups	[Active]															
Review dates																
Coordination with energy policy requirements																
Requirements of standardization																
German position and harmonization against the background of international standardization activities																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.27 แผนแม่บทของประเทศเยอรมัน [24]



รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะของประเทศเยอรมัน [24]

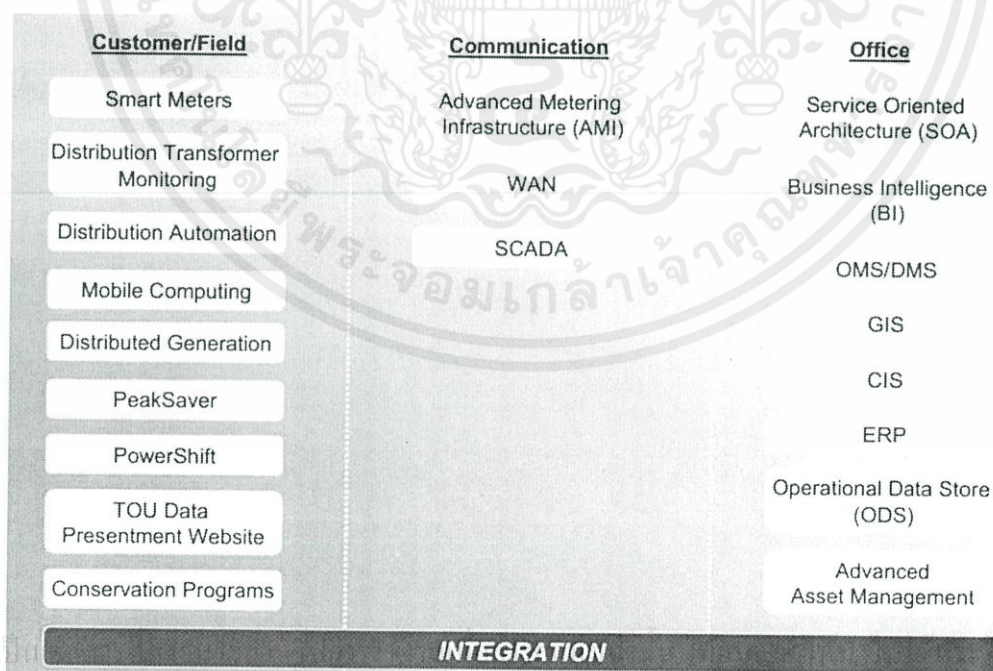
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.11 ประเทศแคนาดา (Canada)

ประเทศแคนาดาใช้ระบบไฟฟ้า 120 V 60 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 589,031 MW อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปีเท่ากับ 521.85×10^9 kWh (ในปี 2009) เฉลี่ยไฟดับต่อปีเท่ากับ 188 นาทีและความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 9% โดยประมาณ (2010) โดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะ ของประเทศแคนาดาคือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

20 th Century Grid	21 st Century Smart Grid
Electromechanical	Digital
One-way communication (if any)	Two-way communication
Built for centralized generation	Accommodates distributed generation
Radial topology	Network topology
Few sensors	Monitors and sensors throughout
"Blind"	Self-monitoring
Manual restoration	Semi-automated restoration, and eventually self-healing
Prone to failures and blackouts	Adaptive protection and islanding
Check equipment manually	Monitor equipment remotely
Emergency decisions by committee and phone	Decision support systems, predictive reliability
Limited control over power flows	Pervasive control systems
Limited price information	Full price information
Few customer choices	Many customer choices

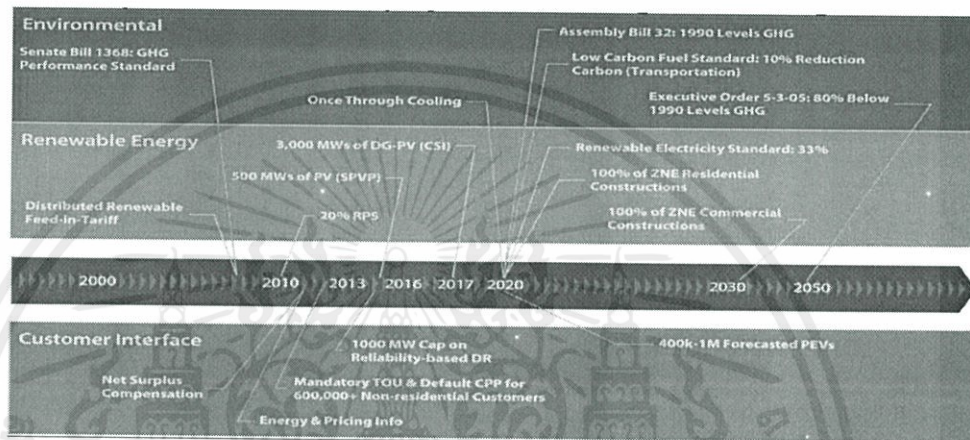
รูปที่ 2.29 แผนแม่บทของประเทศแคนาดา [26]



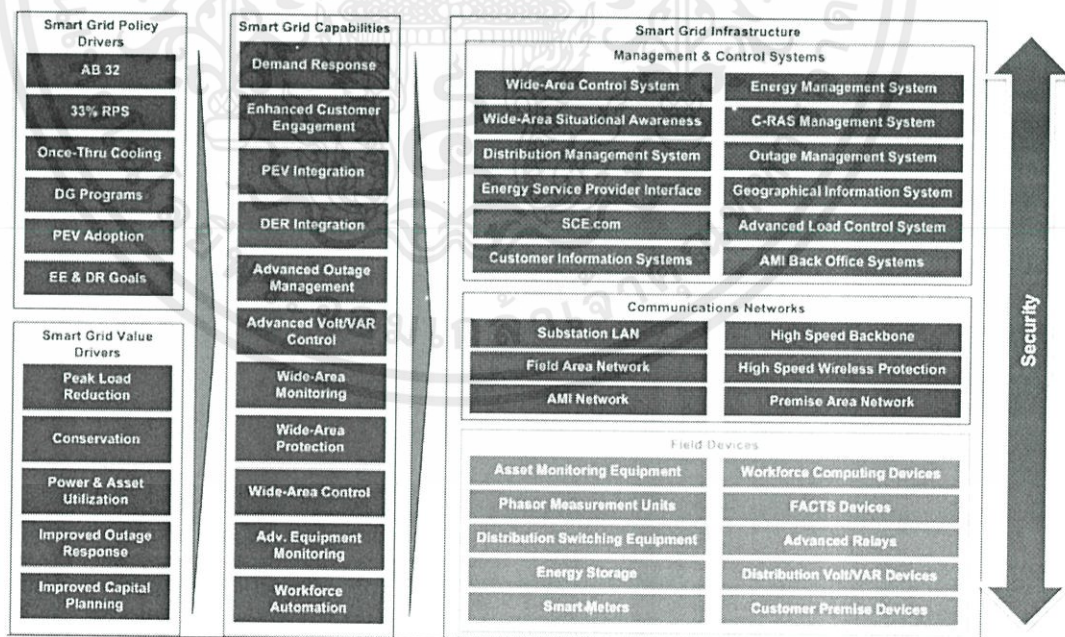
รูปที่ 2.30 ส่วนประกอบระบบกริดอัจฉริยะของประเทศแคนาดา [26]

2.2.12 ประเทศสหรัฐอเมริกา (United State of America)

ประเทศอเมริกาใช้ระบบไฟฟ้า 120 V 60 Hz กำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศเท่ากับ 1,049 GW (21% ของกำลังการผลิตทั้งโลก) อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี $4,125 \times 10^9$ kWh (ในปี 2010) เฉลี่ยไฟดับต่อปีเท่ากับ 214 นาทีและความสูญเสียในสายส่งอยู่ที่ 7% โดยประมาณโดยเป้าหมายระบบกริดอัจฉริยะของประเทศอเมริกาคือ ระบบที่มีประสิทธิภาพ เสถียรภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 2.31 แผนแม่บทของประเทศสหรัฐอเมริกา [28]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.32 โครงสร้างระบบกริดอัจฉริยะของประเทศสหรัฐอเมริกา [28]
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.13 สรุปส่วนประกอบในระบบกริดอัจฉริยะในประเทศต่างๆที่ได้ทำการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า ในแต่ละประเทศนั้นจะมีโมเดลของระบบกริดอัจฉริยะ ของ 12 ประเทศ ใน 3 ทวีปคือ ทวีปเอเชีย (จีน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย อินเดีย สิงคโปร์) ทวีปยุโรป (สเปน ไอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร เยอรมัน) และทวีปอเมริกา (แคนาดา สหรัฐอเมริกา) พบว่าบางประเทศนั้นจะกำหนดเป้าหมายต่างกันไป แต่โดยหลักแล้ว สามารถนำมาสรุปได้ดังตารางที่ 2.4

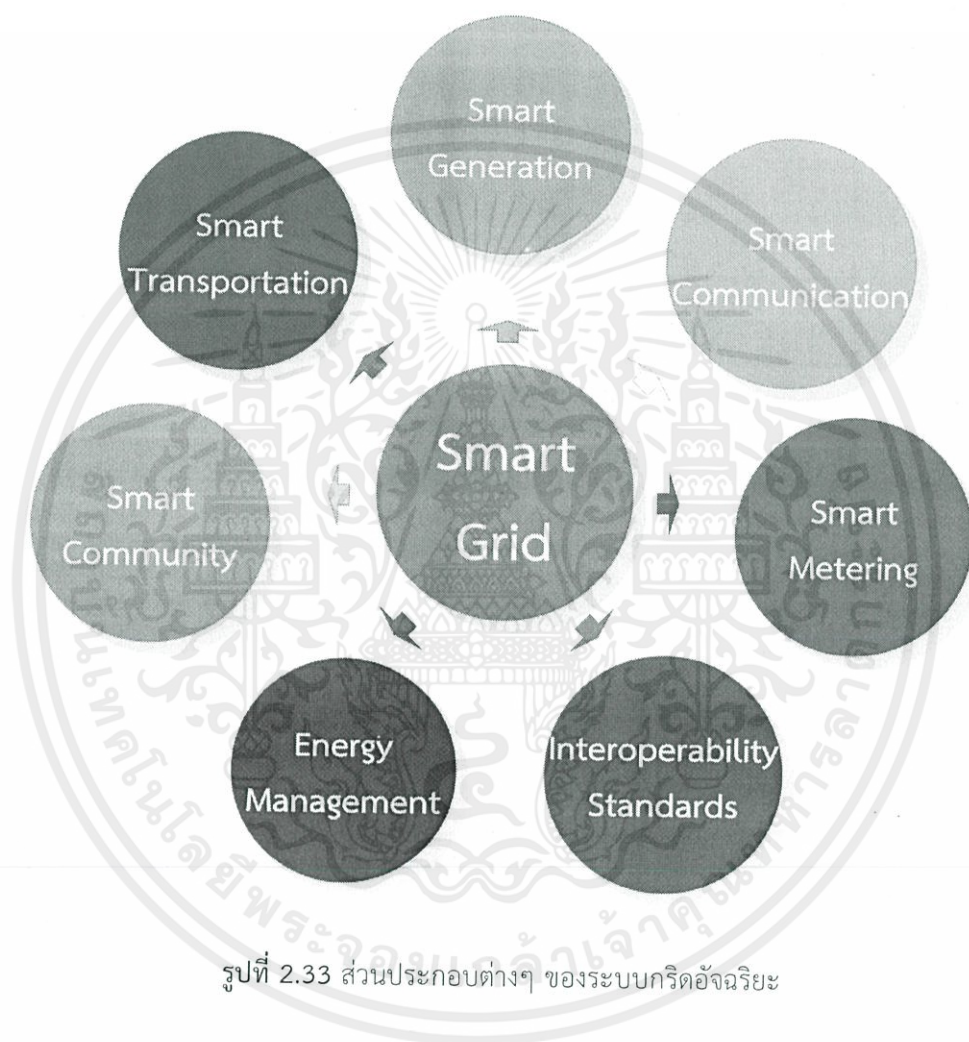
ตารางที่ 2.4 สรุปส่วนประกอบในระบบกริดอัจฉริยะในประเทศต่างๆ

Scope	Asia						Europe				America	
	China	Korea	Japan	Australia	India	Singapore	Spain	Ireland	U.K.	German	Canada	U.S.A.
1. Smart Generation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Smart Communication	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
3. Smart Transportation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4. Smart Place	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5. Smart Metering	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6. Energy Management	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7. Interoperability/Standard	X	X	X		X			X	X	X	X	X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ส่วนประกอบของระบบกริดอัจฉริยะที่ได้จากการศึกษารวบรวม

จากที่ได้ทำการศึกษาระบบอัจฉริยะจากประเทศต่างๆ จาก 3 ทวีป ในหัวข้อที่ 2.2 พบว่าในแต่ละประเทศจะมีเป้าหมายของระบบกริดอัจฉริยะที่แตกต่างกัน แต่ในด้านของส่วนประกอบภายในระบบกริดอัจฉริยะนั้นจะคล้ายกัน ซึ่งสามารถนำมาสรุป โดยแยกเป็นหัวข้อต่างๆ ได้ 7 หัวข้อ ดังรูปที่ 2.23

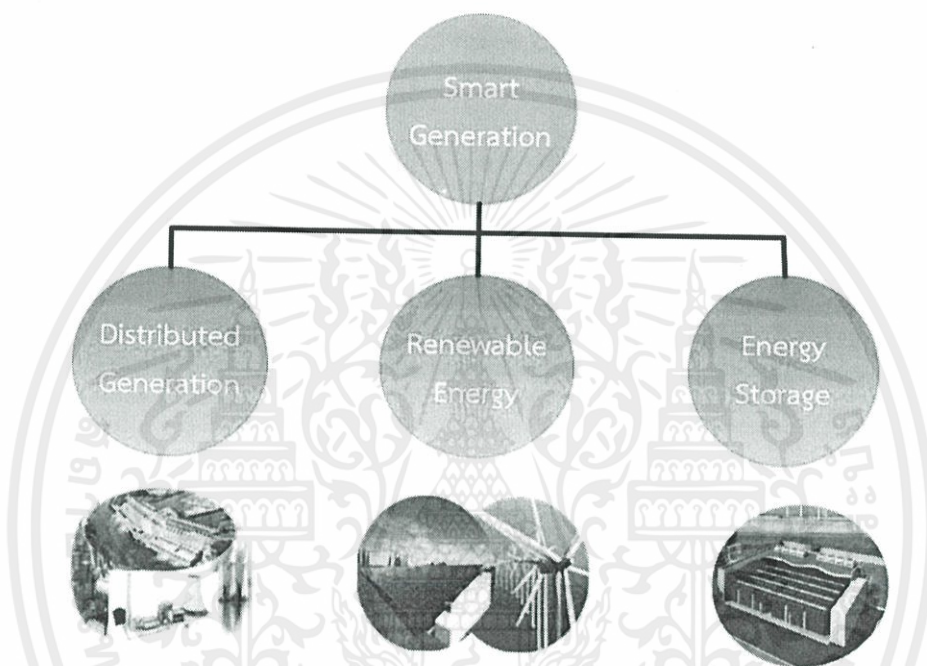


รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบกริดอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)

การผลิตพลังงานไฟฟ้าในระบบกริดอัจฉริยะ จะเน้นในด้านพลังงานไฟฟ้าที่มาจากพลังงานทดแทน เช่น พลังงานลม และพลังงานจากแสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้พลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยจะมีระบบกักเก็บพลังงานเพื่อรองรับในกรณีที่กำลังการผลิตไฟฟ้ามีมากกว่าความต้องการไฟฟ้าของผู้บริโภค และสามารถนำพลังงานไฟฟ้าไปช่วยจ่ายในกรณีความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคมีมากกว่ากำลังการผลิตไฟฟ้า ทำให้เกิดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูป 2.34 โครงสร้างระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)

2.3.1.1 ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้ากระจายตัว (Distributed Generation)

ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้ากระจายตัว คือการผลิตไฟฟ้าในปริมาณมากๆ จากหน่วยการผลิตขนาดเล็กหลายๆ แหล่ง เช่น พลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วม, เซลล์เชื้อเพลิง พลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วมขนาดเล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ระบบโซลาร์เซลล์ กังหันลมขนาดเล็ก และการผลิตไฟฟ้า ความร้อน และทำความเย็นในระบบเดียวกัน เป็นต้น (ขนาดตั้งแต่ 3 kW ถึง 1000 kW) โดยไม่มีการระบุแหล่งพลังงานที่แน่นอน โดยส่วนใหญ่จะเน้นในด้านพลังงานทางเลือกที่มาจากแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ซึ่งโรงไฟฟ้ากระจายตัวพัฒนามาจากปัญหาในด้านค่าใช้จ่ายภายนอกของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าส่วนกลาง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเพิ่มขึ้นของอายุการ

ใช้งาน ความเสื่อมสภาพ และเงื่อนไขความสามารถของการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งการเพิ่มขึ้นด้านค่าของความคุ้มทุนจากการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากหน่วยการผลิตขนาดใหญ่ และแนวโน้มพลังงานในอนาคตจะมีมูลค่าสูงขึ้น

จากความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม ทำให้รู้ถึงขนาดของแหล่งพลังงานที่แน่นอนต่อผู้บริโภค ซึ่งหน่วยการผลิตที่มีขนาดเล็กนั้นจะส่งผลดีในเชิงเศรษฐกิจมากกว่าหน่วยการผลิตขนาดใหญ่ และจากการที่มีการพัฒนาให้หน่วยการผลิตขนาดเล็กมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำลง มีความยืดหยุ่น และน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นอีก ทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจึงทำให้มูลค่าของหน่วยการผลิตเล็กนั้นสูงขึ้น และยังช่วยลดการสูญเสียในสายส่งเพราะการผลิตพลังงานไฟฟ้าใกล้กับผู้บริโภค ซึ่งเป็นการช่วยลดการลงทุนในด้านสายส่งในด้านค่าใช้จ่ายต่อ 1 หน่วย kWh นั้นพบว่าระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้ากระจายตัว นั้นมากกว่าค่าใช้จ่ายของแหล่งผลิตแบบอื่น แต่ค่าใช้จ่ายนี้ยังไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายภายนอกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งในอนาคตค่าใช้จ่ายด้านระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้ากระจายตัว จะลดลงเรื่อยๆ เพราะเป็นผลมาจากการพัฒนาของเทคโนโลยี และความต้องการไฟฟ้าที่มากขึ้น เพราะความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การค้ำทุมนั้นเร็วขึ้น และเกิดการแข่งขันในตลาดพลังงาน ซึ่งเหตุผลทั้งหมดนี้จะทำให้เป็นส่วนหนึ่งของพลังงานทางเลือกในอนาคต

2.3.1.1.1 ไมโครกริด (Micro Grid)

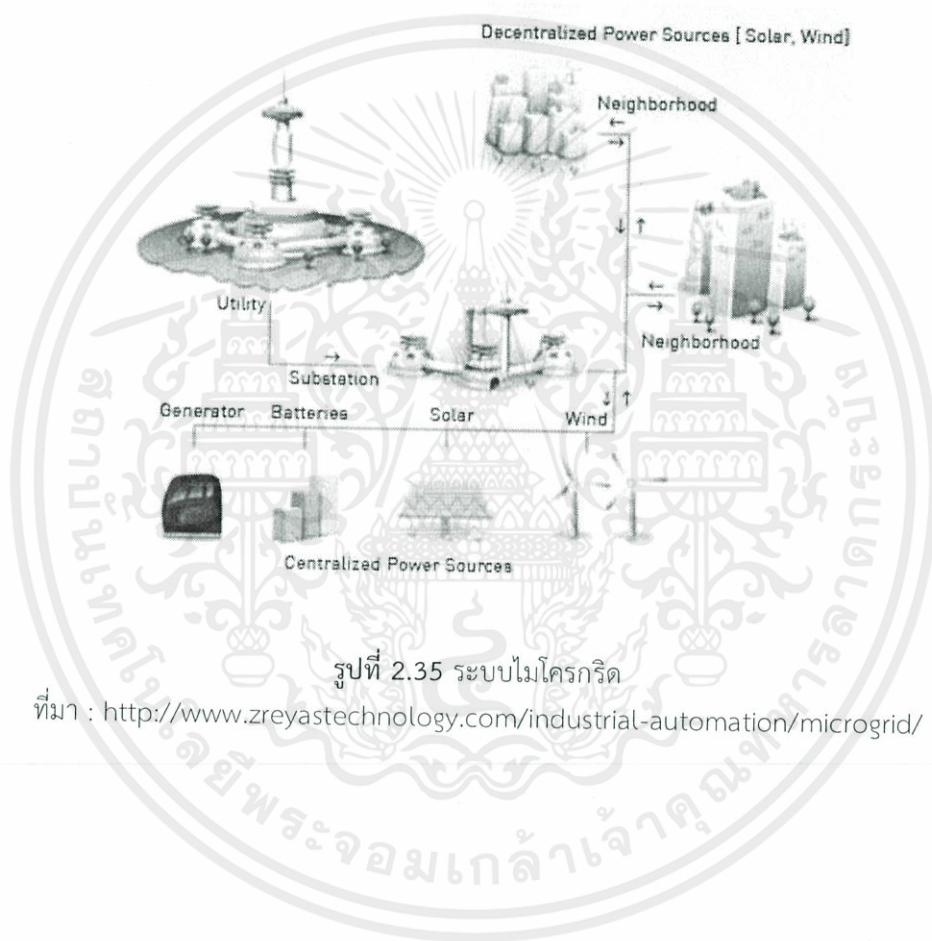
ไมโครกริด คือ เครื่องข่ายแหล่งจ่ายขนาดเล็กที่ออกแบบมาเพื่อจัดหาไฟฟ้าและโหลดความร้อนสำหรับชุมชนเล็ก ๆ เช่น บ้านจัดสรรหรือชานเมืองหรือสาธารณประโยชน์เช่นมหาวิทยาลัย โรงเรียนพื้นที่เชิงพาณิชย์ เป็นศูนย์กลางเครือข่ายการกระจายการใช้งานเพราะเป็นกลุ่มของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้ากระจายตัว และโหลดที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำถึงแรงดันระดับกลางตามแต่ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยไมโครกริดมักจะใช้พลังงานทดแทน ไม่ใช่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทั่วไปของการไฟฟารวมกันสร้างแรงดันเพื่อใช้ในการจ่ายโหลด หลักการทำงานของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะต้องติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์กำลังอินเวอร์เตอร์เพช และตัวควบคุมเพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการเป็นไปตามระบบที่รวมไว้ที่เดียว และเพื่อรักษาคุณภาพไฟฟ้าที่ระบุไว้การควบคุมนี้ทำให้ไมโครกริดถือเป็นหน่วยควบคุมเดียวที่สามารถขึ้นตรงกับพลังงานท้องถิ่นความต้องการการใช้พลังงาน ความน่าเชื่อถือ และความปลอดภัย

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างไมโครกริดและโรงไฟฟ้าธรรมดา คือ แหล่งกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กมีความจุมาก และขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่ในโรงไฟฟ้าธรรมดา พลังงานที่สร้างขึ้นสามารถป้อนโดยตรงให้กับเครือข่ายระบบจำหน่ายตามปกติ โดยมีการติดตั้งใกล้กับสถานที่ของผู้ใช้ เพื่อให้อุปกรณ์จ่ายพลังงานไฟฟ้า/ความร้อน สามารถจัดจำหน่ายแรงดันไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจมีการเปลี่ยนแปลงความถี่และการสูญเสียในสายส่งเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยไมโครกริดจะเป็นระบบส่งจ่ายที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำ มีระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้ากระจายตัวและอุปกรณ์ควบคุมภาระไฟฟ้ารูปแบบไม่ต่อกับกริดการไฟฟ้า ทำให้พื้นที่นั้นมีส่วนร่วมกับ

ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าโดยมีแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุด 1 แหล่ง สามารถเป็นได้ทั้งแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและภาระไฟฟ้าในลักษณะที่มีโหลดร่วมกันสามารถที่จะไม่เชื่อมต่อหรือเชื่อมต่อกับระบบของการไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าโดยใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานที่ผลิตด้วยตัวเองมีความเหมาะสม

สำหรับการจัดหาพลังงานเพื่อพื้นที่ห่างไกลของประเทศที่แหล่งจ่ายระบบกำลังไฟฟ้าหลักยากที่จะเข้าถึงระบบจำหน่าย ซึ่งบ่อยครั้งเนื่องจากภูมิอากาศที่รุนแรง หรือการรบกวนที่มนุษย์สร้างขึ้น ทำให้การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามีปัญหา

ประโยชน์หลักของไมโครกริด คือการควบคุมระบบไฟฟ้าภายในสามารถดำเนินการรวมโหลดเป็นหนึ่งระบบเพื่อค้นหาการควบคุมที่ง่าย และสอดคล้องกับระบบส่งจ่ายตามกฎระเบียบ และข้อบังคับโดยไม่ขัดแย้งต่อความน่าเชื่อถือ และความปลอดภัยของการใช้พลังงาน



รูปที่ 2.35 ระบบไมโครกริด
ที่มา : <http://www.zreyastechnology.com/industrial-automation/microgrid/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

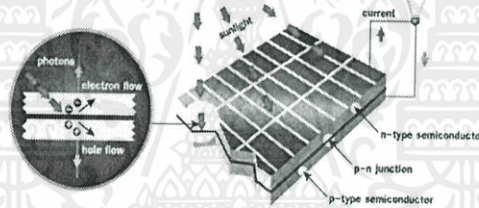
2.3.1.2 พลังงานทดแทน (Renewable Energy)

พลังงานทดแทน คือ พลังงานที่ได้จากแหล่งตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถฟื้นคืนได้ ได้แก่ พลังงานจากแสงอาทิตย์ ลม คลื่น และพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากลม

2.3.1.2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

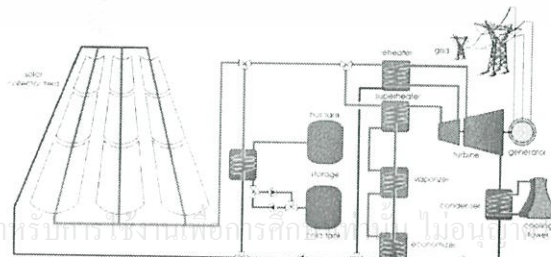
พลังงานจากแสงอาทิตย์ มีอยู่ 2 ชนิดที่ใช้กันส่วนใหญ่ คือ

(ก) โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนรังสีที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้สารกึ่งตัวนำเป็นตัวกลางนำมาประกอบจนเป็นแผง (Solar Panels) เพื่อให้ได้พลังงานมากพอ มีหลายชนิดตามวัสดุที่ใช้ เช่น ฟิล์มซิลิคอนเดี่ยว โพลีซิลิคอน และแบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน เป็นต้น



รูปที่ 2.36 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ [31]

(ข) การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนของแสงอาทิตย์ (Solar Thermal) เป็นวิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียสหรือน้อยกว่า แล้วใช้กระจกเงาสะท้อนความร้อนไปยังโครงข่ายตัวกลางเพื่อให้ไปขับกังหัน หรือใช้กระจกเงาที่ออกแบบมาให้รวมแสงไปที่จุดๆ หนึ่งเพื่อทำให้เกิดความร้อน ทำให้สารตัวกลางระเหยกลายเป็นไอน้ำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



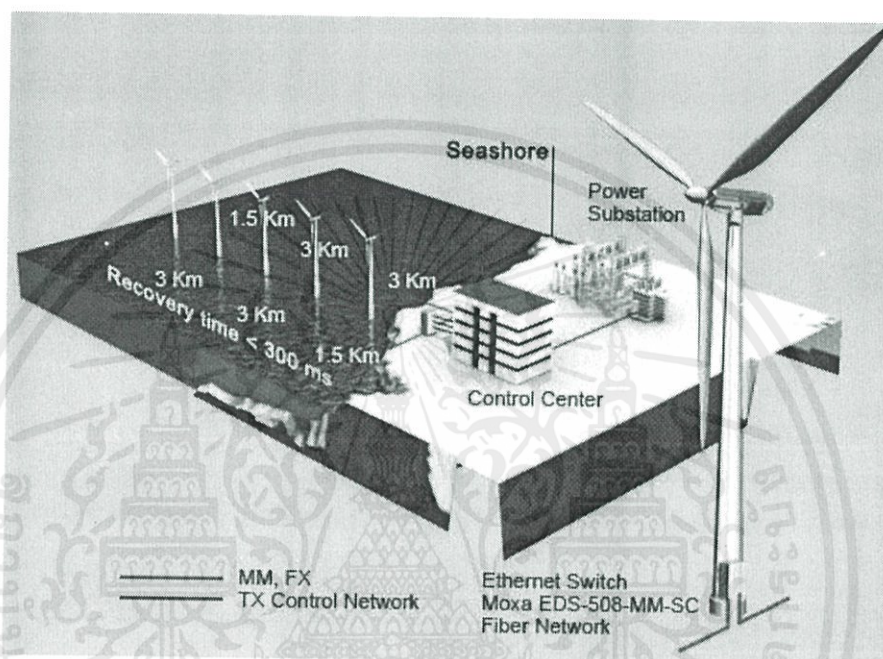
รูปที่ 2.37 การทำงานของ Solar Thermal [32]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุยให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2.2 พลังงานลม

คือ การใช้พลังงานจากลมมาหมุนกังหันลมโดยตรง ทำให้เกิดการสกดของพลังงานจลน์ของกระแสลม และเปลี่ยนเป็นพลังงานกล เพื่อนำไปหมุนเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในการติดตั้งนั้นควรมีการออกแบบตัวกังหันลม และสำรวจพื้นที่ที่จะทำฟาร์มกังหันลมอย่างละเอียด เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.38 ฟาร์มกังหันพลังงานลม [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า (Energy Storage)

การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า คือ การเก็บสะสมพลังงานส่วนเกินจากที่ผลิตได้แล้วนำมาใช้ในยามจำเป็น เพื่อรักษาสถิตของการผลิตกับการบริโภคพลังงาน (Energy consumption) ที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาหนึ่ง รูปแบบเทคโนโลยีของระบบการเก็บสะสมพลังงานนั้นมีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานตั้งต้นกับการนำไปประยุกต์ใช้ โดยระบบเก็บสะสมพลังงานนี้จะมีหน้าที่สำคัญในการเสริมสร้างเสถียรภาพให้แก่ระบบการผลิตพลังงาน ณ ช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งมีอัตราการบริโภคพลังงานที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยรูปแบบของเทคโนโลยีในการเก็บสะสมพลังงานที่มีแนวโน้มต่อการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคต ซึ่งมีรายละเอียดของเทคโนโลยีต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.3.1.3.1 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้าเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวก และขั้วลบพร้อมทั้งสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ในแบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์ หรือมากกว่าก็ได้การเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่แบบต่างๆ จะมีเกณฑ์การกำหนดทางเลือกการเก็บสะสมที่สำคัญ คือ ขนาดความจุ (kWh) ความหนาแน่นการเก็บสะสม (Storage density) นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่นที่ต้องคำนึงถึงด้วย ได้แก่ ประสิทธิภาพ เนื่องจากการสูญเสียระหว่างการประจุ การเก็บสะสม และการคายประจุ เพราะแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้า ที่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อน และปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ คายประจุ ความหนาแน่นเชิงพลังงาน ความหนาแน่นเชิงกำลังไฟฟ้า อายุการใช้งาน และต้นทุน เป็นต้น

(ก) แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Advanced Li-Ion battery)

ลิเทียมเป็นองค์ประกอบในการผลิตแบตเตอรี่ที่สำคัญ และได้รับความนิยมในปัจจุบัน คุณสมบัติที่ดีของลิเทียม คือเป็นโลหะที่เบา ให้แรงดันไฟฟ้าสูง และยังมี ความหนาแน่นเชิงกำลังไฟฟ้า (Power density) สูงที่สุดในน้ำหนักที่เท่ากันแบตเตอรี่ชนิดนี้ได้รับความนิยมในการนำมาใช้กักเก็บพลังงาน โดยเฉพาะในอุปกรณ์เคลื่อนที่ขนาดพกพาทุกประเภท เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่น ดังนี้

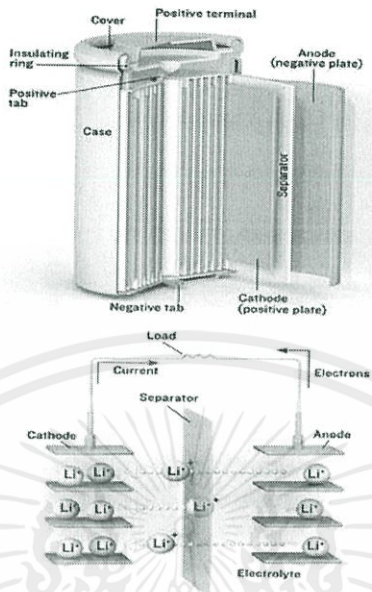
(ก.1) มีความสามารถในการจุพลังงานได้อย่างดีเยี่ยม (มีประสิทธิภาพ 85%) ในขนาดที่เล็ก และมีน้ำหนักเบา

(ก.2) มีอายุการใช้งานยาวนาน

(ก.3) อัตราการคายประจุด้วยตัวเอง (Self discharge) ต่ำ (0.03 – 0.1% ต่อวัน)

(ก.4) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลไปยังบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ [42]

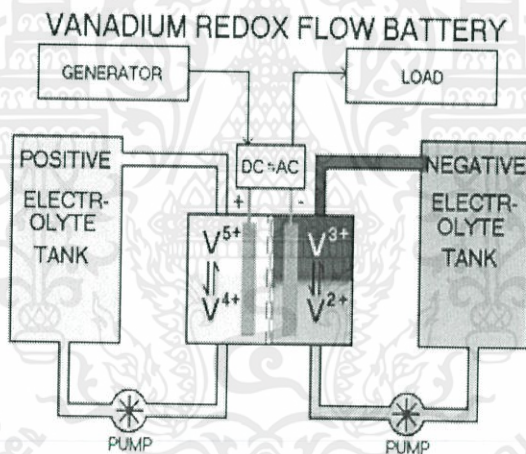
(ข) โฟลว์แบตเตอรี่ (Flow Battery)

คือแบตเตอรี่ ที่สามารถกักเก็บพลังงานได้นานกว่าแบตเตอรี่อื่นๆ และสามารถอัดประจุไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่ได้ใหม่หลายครั้งอย่างรวดเร็ว ในปริมาณความจุที่ไม่จำกัด เนื่องจากพลังงานถูกเก็บสะสมผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวคือสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยบรรจุอยู่ในถังขนาดใหญ่แยกออกจากตัวแบตเตอรี่ ซึ่งจะต่างจากแบตเตอรี่แบบทั่วไป ที่ตัวอิเล็กโทรดจะเป็นของแข็ง และบรรจุอยู่ในแบตเตอรี่ทำให้มีขนาดและพลังงานจำกัด ข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือสามารถนำไปใช้งานกับระบบขนาดใหญ่ได้ง่ายกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น โดยทำการขยายขนาดของถัง และเพิ่มปริมาณสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังนั้นแบตเตอรี่ชนิดนี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บ และจ่ายไฟฟ้าได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) รีดอกโฟลว์แบตเตอรี่ (Redox Flow Battery)

แบตเตอรี่วานาเดียมรีดอกซ์ (Vanadium redox battery) คือ ที่ประกอบด้วยเซลล์ที่บรรจุอิเล็กโทรไลต์สองชนิดที่ถูกแยกออกจากกันด้วยเมมเบรน (Membrane) แลกเปลี่ยนของโปรตอน (Proton exchange membrane) ซึ่งอิเล็กโทรไลต์ทั้งสองที่ใช้ในเซลล์เป็นสารชนิดเดียวกัน คือ วานาเดียมในวานาเดียมโฟลว์แบตเตอรี่นั้น ครึ่งเซลล์ทั้งสองจะบรรจุอยู่ในถังเก็บขนาดใหญ่ และจะถูกปั๊มผ่านเซลล์เพื่อผลิตไฟฟ้า ข้อดีของมันก็คือมีการตอบสนองต่อการอัดประจุอย่างรวดเร็ว และมีความสามารถในการจุพลังงานได้ในปริมาณมาก จากการศึกษาของมหาวิทยาลัยนิวเซาท์เวลส์ แสดงให้เห็นว่าสามารถอัดประจุได้ 100% ภายในเวลาไม่กี่วินาที และสามารถอัดประจุเกินได้ถึง 400% ได้ภายในสิบวินาทีเท่านั้น ซึ่งรอบของประสิทธิภาพนั้นอยู่ที่ประมาณ 65-75% ทำให้เหมาะกับการใช้งานในการจัดเก็บพลังงานขนาดใหญ่เช่น การสำรองพลังงานจากพลังงานลมหรือพลังงานแสงอาทิตย์ หรือเพื่อช่วยให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่รับมือกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมากได้ อีกทั้งชนิดนี้ยังมีลักษณะการคายประจุด้วยตัวเองต่ำมาก ซึ่งทำให้สามารถเก็บพลังงานเป็นระยะเวลานานได้ โดยมีการบำรุงรักษาน้อย

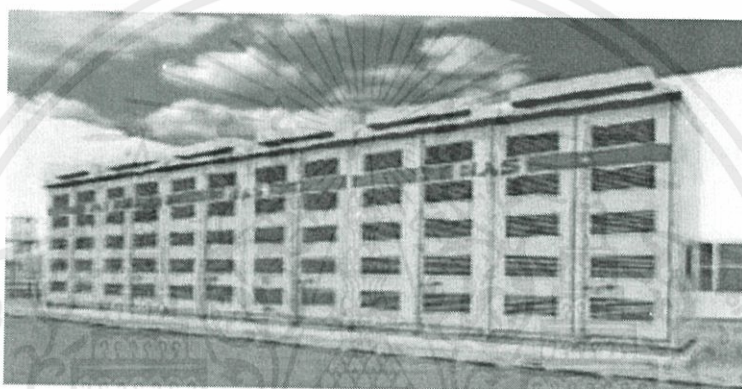


รูปที่ 2.40 การทำงานของวานาเดียมรีดอกซ์แบตเตอรี่
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/File:Vanadium_battery.png

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ง) แบตเตอรี่ชนิดโซเดียมซัลเฟอร์ (Sodium-Sulfur Battery: NaS)

โครงสร้างที่มีโซเดียมเหลวทำหน้าที่เป็นขั้วลบ และซัลเฟอร์เหลวทำหน้าที่เป็นขั้วบวก ซึ่งซัลเฟอร์เหลวจะถูกดูดซับอยู่ในคาร์บอนที่ลักษณะเหมือนฟองน้ำ โดยขั้วทั้งสองจะถูกแยกจากกันด้วยอิเล็กโทรไลต์ที่มีลักษณะเป็นของแข็งทำจากเบต้าอลูมินา ซึ่งอิเล็กโทรไลต์นี้จะยอมให้โซเดียม (+) เคลื่อนที่ผ่านเท่านั้น ทำให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอัตราการคายประจุด้วยตัวเองต่ำมาก แบตเตอรี่ โซเดียมซัลเฟอร์ สามารถจัดเก็บพลังงานได้เป็นจำนวนมาก และมีการตอบสนองในการทำงานที่รวดเร็ว ทำให้แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถใช้ในการกักเก็บพลังงานที่มีความผันผวนอย่างพลังงานหมุนเวียน และสามารถสำรองพลังงานไว้ใช้ยามฉุกเฉินได้อีกด้วย



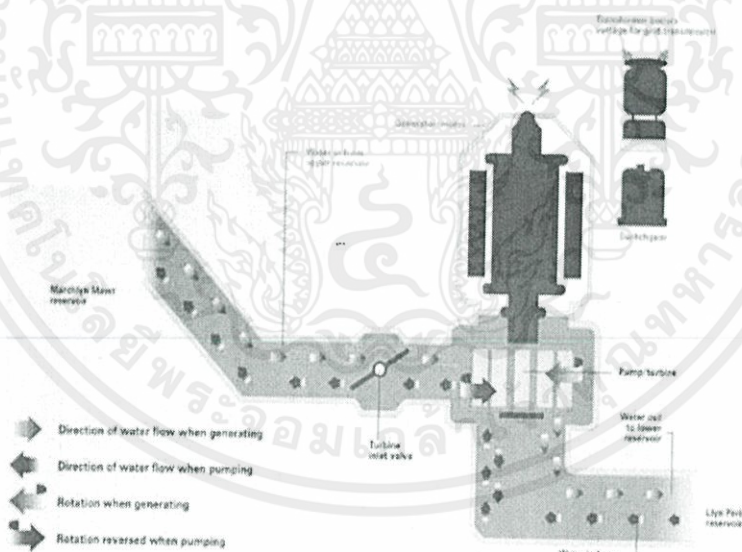
รูปที่ 2.41 ฟาร์มแบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์

ที่มา : <http://www.worldfutureenergysummit.com/Portal/exhibitors/products/ngk-insulators-ltd/nas-battery-sodium-sulfur-battery.aspx>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3.2 เทคโนโลยีด้านระบบการเก็บพลังงานน้ำแบบสูบ-กลับ (Pumped-storage hydroelectricity)

เทคโนโลยีด้านระบบการเก็บพลังงานน้ำแบบสูบ-กลับ เป็นระบบกักเก็บพลังงานและสามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยอาศัยพลังงานจากน้ำ ซึ่งจุดเด่นที่สำคัญของเทคโนโลยีนี้ คือสามารถเชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานทดแทนได้โดยตรง เทคโนโลยีนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อจัดการกับกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน เพราะโดยปกติแล้วการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนจะมีการใช้ไฟฟ้าน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลากลางวันแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิมให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตออกมาเกินกว่าที่อุปโภค โดยหลักการทำงานของระบบนี้ คือการเคลื่อนย้ายน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำสองอ่างที่มีระดับแตกต่างกัน โดยเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีลักษณะพิเศษ คือเครื่องกังหันน้ำจะสามารถทำงานเป็นเครื่องสูบน้ำได้ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำงานเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าได้ โดยตำแหน่งของโรงไฟฟ้าจะอยู่ระหว่างอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านบนกับอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านล่าง และเมื่อในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟน้อย (Light load) เช่น ในเวลากลางคืนพลังงานส่วนเกินจะถูกนำไปใช้เพื่อปั้มน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านล่างไปยังอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านบน เมื่อถึงสภาวะที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง (Peak load) จะปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านบนผ่านเครื่องกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านล่างได้



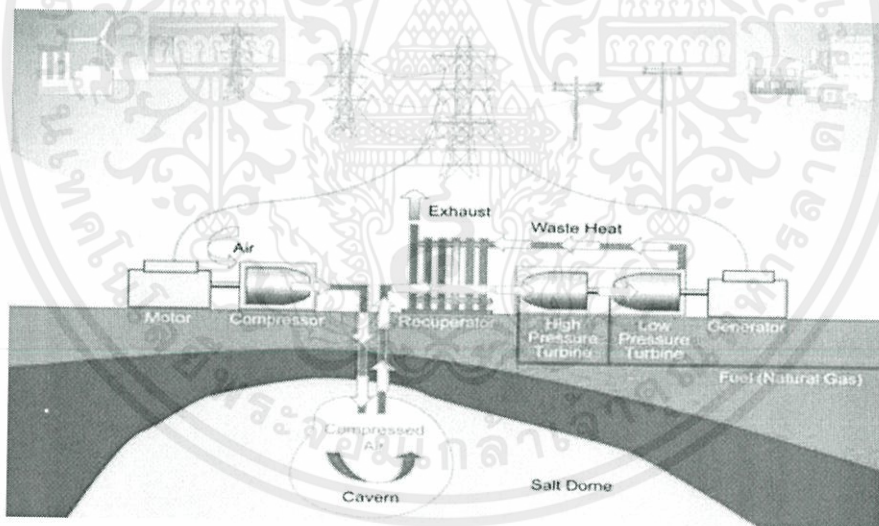
รูปที่ 2.42 ระบบการทำงานของระบบเก็บพลังงานน้ำแบบสูบ-กลับ

ที่มา : http://www.fhc.co.uk/pumped_storage.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3.3 เทคโนโลยีด้านระบบการเก็บพลังงานแบบอัดอากาศ (Compressed Air Energy Storage)

เทคโนโลยีนี้ถูกนำมาใช้ในโรงไฟฟ้าแบบก๊าซเทอร์ไบน์ (gas turbine power plant) ซึ่งอากาศจะถูกบีบอัดลงในเหมืองใต้ดินหรือถ้ำ โดยอากาศที่ถูกอัดเก็บนี้จะใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของก๊าซเทอร์ไบน์ เนื่องจากเมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้าอากาศที่อัดเก็บไว้จะถูกปล่อยออกมาเพื่อใช้ร่วมกับก๊าซเทอร์ไบน์เพื่อผลิตไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 75 และยังสามารถลดปริมาณการใช้ก๊าซได้ถึง 60% เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าในปริมาณที่เท่ากันจากก๊าซโดยตรง ซึ่งปัจจุบันได้เริ่มมีการนำมาใช้กับพลังงานหมุนเวียนอย่างพลังงานลม โดยใช้พลังงานส่วนเกินจากการผลิตไฟฟ้าถูกนำมาให้พลังงานกับคอมเพรสเซอร์ เพื่ออัดอากาศเก็บไว้ในโพรงหินเกลือ การบีบอัดของอากาศสร้างความร้อนมาก อากาศจะถูกทำให้เย็นลงหลังจากการบีบอัด เพื่อลดปริมาตรของอากาศทำให้มีพื้นที่ในการกักเก็บมากขึ้น และเมื่อต้องนำอากาศมาใช้ผลิตไฟฟ้าจะต้องให้ความร้อนโดยผ่านตัวทำความร้อน ก่อนที่จะนำมาขับเทอร์ไบน์ เนื่องจากถ้าไม่มีการให้ความร้อนเมื่อปล่อยออกมาอากาศจะเย็นลงมาก หลังจากนั้นอากาศจะถูกผสมเข้ากับน้ำมันในปริมาณเล็กน้อย เพื่อป้องกันการรั่วของอากาศขณะที่ปล่อยออกมาจากโพรงดิน และใช้ในการเผาไหม้ โดยอากาศร้อนจะถูกขยายตัวผ่านเทอร์ไบน์เพื่อมาผลิตไฟฟ้า

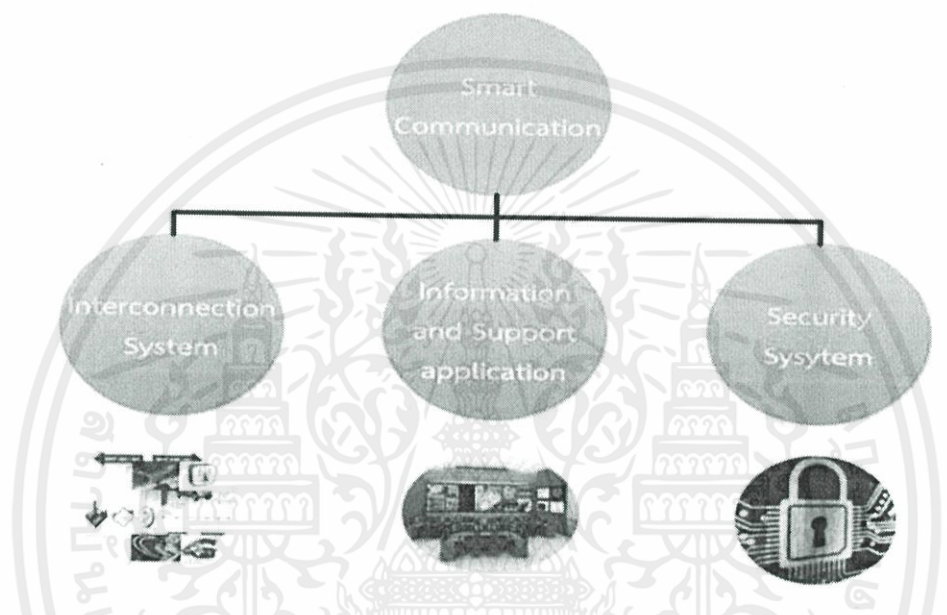


รูปที่ 2.43 ระบบการทำงานของระบบการกักเก็บพลังงานแบบอัดอากาศ [42]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ระบบการติดต่อสื่อสารภายในกริดอัจฉริยะ (Smart Communication)

การติดต่อสื่อสารภายในระบบกริดอัจฉริยะนั้น จะนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) เข้ามาช่วย ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถที่จะทำการตรวจสอบข้อมูลการใช้ไฟ รับทราบข้อมูลต่างๆ ของระบบไฟฟ้า หรือแม้กระทั่งการขายไฟฟ้าให้กับระบบก็สามารถทำได้โดยง่าย ช่วยทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเกิดประโยชน์สูงสุด โดยระบบเทคโนโลยีสารสนเทศของระบบไฟฟ้าจะ แบ่งเป็น 2 แบบ คือตัวกลางการรับส่งข้อมูล และลักษณะเครือข่ายที่นำไปใช้



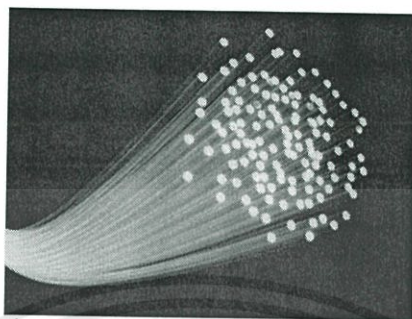
รูปที่ 2.44 โครงสร้างระบบการติดต่อสื่อสารภายในกริดอัจฉริยะ (Smart Communication)

2.3.2.1 ตัวกลางการรับส่งข้อมูล (Interconnection system)

ในส่วนของตัวกลางการรับส่งข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ แบบที่ผ่านโครงข่ายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) และแบบไร้สาย (Wireless) ซึ่งจะทำให้การรับส่งข้อมูลนั้นสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง เพื่อตอบสนองการใช้งานของผู้บริโภคได้อย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1.1 การส่งข้อมูลผ่านสายส่งด้วยเทคโนโลยีใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)



รูปที่ 2.45 ใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) [34]

เป็นระบบการสื่อสารที่ใช้แสงผสมกับข้อมูลที่ต้องการส่งในรูปแบบดิจิทัล แล้วจึงส่งผ่านตัวกลางคือใยแก้วเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 250 ไมครอน ซึ่งมีขนาดเล็กมากทำให้สายเคเบิล 1 เส้นสามารถรวมเอาสายสัญญาณหลายเส้น แสงจะถูกส่งผ่านไปยังตัวรับ คือโฟโตดีเทคเตอร์เพื่อแปลผลค่าสัญญาณจากแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์แปลผลเป็นข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง การสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงมีจุดเด่นคือสามารถส่งสัญญาณหลายๆ ช่องไปได้พร้อมๆ กัน โดยใช้เทคนิคการผสมสัญญาณ (multiplexing) ที่นิยมใช้คือการทำมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (wavelength division multiplexing) เป็นการส่งสัญญาณแต่ละช่องด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่ามหาศาลเมื่อเทียบกับการสื่อสารผ่านสายทองแดงแบบเดิม

ลักษณะของใยแก้วนำแสงมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ส่วนแรก คือ คอร์ (core) เป็นแก้วทำหน้าที่เป็นแกนในแก้วมีหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณแสง ส่วนที่สอง คือ แคลดดิ้ง (cladding) เป็นแก้วเช่นกันทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนกลับหมดเพื่อให้แสงไม่สามารถผ่านออกจากคอร์ของใยแก้วได้ และส่วนสุดท้ายคือเปลือกหุ้ม (jacket) ส่วนมากทำด้วยพลาสติก มีหน้าที่เป็นตัวสร้างความแข็งแรงให้แก่ใยแก้วนำแสง

ลักษณะที่สำคัญที่ทำให้แสงสามารถเดินทางผ่านใยแก้วนำแสงได้คือหลักการสะท้อนกลับหมดของแสงอันเนื่องมาจากความแตกต่างของดัชนีหักเหของแก้วในส่วนที่เป็นคอร์ และแคลดดิ้ง โดยที่คอร์จะต้องมีดัชนีหักเหมากกว่าแคลดดิ้ง ส่วนการออกแบบลักษณะของดัชนีหักเห (reflective indices profile) ของคอร์ และแคลดดิ้งขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละประเภท โดยใช้โครงสร้างสามลักษณะใหญ่ๆ คือ ใยแก้วมัลติโหมด (Multimode- mode Step Index) ใยแก้วซิงเกิลโหมด (Single-Mode Step Index) และใยแก้วมัลติโหมดดัชนีหักเหเปลี่ยนแปลง (Multi-Mode Graded Index) ซึ่งสัญญาณขาออกของใยแก้วแต่ละแบบจะมีลักษณะต่างกันออกไปอันเป็นผลเนื่องจากการบิดเบี้ยวของสัญญาณภายในใยแก้ว (dispersion distortion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) จุดเด่นของการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสง

- (ก.1) ใช้ส่งข้อมูลข้ามทวีปผ่านเคเบิลใยแก้วใต้น้ำ เนื่องจากมีการสูญเสียสัญญาณต่ำกว่าสัญญาณไฟฟ้า ทำให้ใช้ตัวทวนสัญญาณน้อยส่งสัญญาณได้ระยะทางไกล ความคุ้มค่าสูง
- (ก.2) ส่งข้อมูลได้มหาศาลในเวลาเดียวกัน เมื่อเทียบกับการสื่อสารผ่านสายทองแดง เนื่องจากเทคโนโลยีการสื่อสารแสงมีความผิดพลาดของสัญญาณต่ำ เมื่อทำการรวมกันของข้อมูลหลายๆ ช่องสัญญาณ
- (ก.3) ไม่มีผลกระทบจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถติดตั้งได้ในบริเวณที่มีไฟฟ้าแรงสูง หรือฟ้าผ่าเกิดขึ้นบ่อยครั้ง
- (ก.4) ข้อมูลรั่วไหลได้ยาก การลักลอบขโมยสัญญาณจากระบบใยแก้วนำแสงทำได้ยาก

การสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงของประเทศไทยในปัจจุบัน ประเทศไทยมีบริษัทเอกชนที่รับผลิตอุปกรณ์สื่อสารใยแก้วนำแสงเพื่อการส่งออกไปยังส่วนต่างๆของโลก โดยเฉพาะเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่ส่งอุปกรณ์เข้าสู่ประเทศจีนในช่วงปี 2549-2250 เพื่อใช้ในในงานกีฬาโอลิมปิกที่ปักกิ่งเมื่อปี 2551 นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีสถานีเชื่อมต่อเครือข่ายใยแก้วนำแสงใต้น้ำ เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างทวีป เข้าสู่เครือข่ายภายในประเทศ โดยมีสถานีดูแลเคเบิลใต้น้ำใยแก้วนำแสง 4 สถานี เป็นผู้ดูแล คือ ชลี1-เพชรบุรี ชลี2-สงขลา ชลี3-ศรีราชา และชลี4-ปากบารา สตูล สำหรับการใช้งานการสื่อสารภายในประเทศก็เริ่มปรับเปลี่ยนจุดเชื่อมต่อเป็นระบบใยแก้วนำแสงทั้งหมดแล้วเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1.2 การส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

การส่งข้อมูลแบบไร้สาย คือ ระบบเครือข่ายสมัยใหม่ที่ไม่ต้องขึ้นอยู่กับสายเคเบิล ด้วยความยุ่งยากในการเชื่อมต่อ การจัดระเบียบทำให้ระบบเครือข่ายไร้สาย Wireless เป็นที่นิยมเนื่องจาก ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการรับ-ส่งสัญญาณ ซึ่งเหมาะสำหรับการติดตั้งในสถานที่ที่ไม่สะดวกในการเดินสาย หรือในสถานที่ที่ต้องการความสวยงาม เรียบร้อย และเป็นระเบียบ เช่น สนามบิน โรงแรม ร้านอาหาร และอื่นๆ ทั้งยังประหยัดต้นทุนในระยะยาว เนื่องจากไม่ต้องคอยซ่อมแซมหรือเปลี่ยน/เช็ด สายเคเบิล เป็นต้น



รูปที่ 2.46 สัญลักษณ์การส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย [35]

การทำงานจะมีอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณ และกระจายสัญญาณ โดยมีการ์ดรับข้อมูลที่เป็นการ์ดเครือข่าย สำหรับในการเชื่อมต่อ โดยเฉพาะการทำงานจะใช้คลื่นวิทยุเป็นการรับส่งสัญญาณ โดยมีให้เลือกใช้ตั้งแต่ 2.4 to 2.4897 GHz และสามารถเลือกการปรับแต่งภายในเครือข่ายไร้สาย (ภายในระบบเครือข่าย ควรเลือกช่องสัญญาณเดียวกัน) ระยะทางการเชื่อมต่อของระบบ

(ก) ภายในอาคาร

- (ก.1) ระยะ 50 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 11 Mbps ระยะ 80 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 5.5 Mbps
- (ก.2) ระยะ 120 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 2 Mbps ระยะ 150 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 1 Mbps

(ข) ภายนอกอาคาร

- (ข.1) ระยะ 250 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 11 Mbps ระยะ 350 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 5.5 Mbps
- (ข.2) ระยะ 400 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 2 Mbps ระยะ 500 เมตร ได้ความเร็วประมาณ 1 Mbps

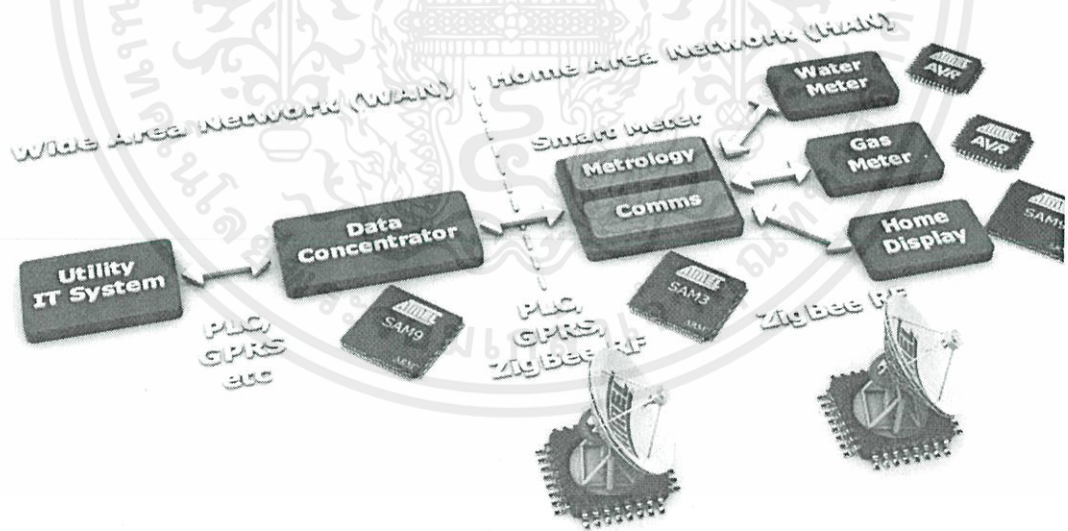
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1.3 ระบบเทคโนโลยีการเชื่อมต่อระยะไกล (Wide Area Network)

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ LAN (Local Area Network) ที่อยู่ห่างไกลกัน และไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้ โดย LAN ซึ่งเครือข่าย WAN ที่รู้จักกันดีก็คืออินเทอร์เน็ต ขอจำกัดในการออกแบบเครือข่าย WAN นั้นคือระยะทาง เพราะไม่ว่าจะเป็นสัญญาณประเภทใดก็ตามแต่ เมื่อต้องส่งไประยะไกลๆ กำลังของสัญญาณนั้นๆ ก็จะอ่อนลง ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูล การออกแบบ WAN นั้นจะเป็นการแลกเปลี่ยนแบนด์วิดท์เพื่อระยะทาง ดังนั้นจึงทำให้แบนด์วิดท์ของ WAN น้อยกว่าของ LAN มาก แต่ระบบส่งข้อมูลได้ระยะที่ไกลกว่าระบบที่ใช้ในรับส่งสัญญาณสำหรับระบบ WAN นั้นมีหลายประเภท ซึ่งจะแตกต่างกันทางด้านขนาดประสิทธิภาพ อัตราข้อมูล และราคา ตัวอย่างเช่น แบนด์วิดท์ของระบบนำสัญญาณเหล่านั้นจะเป็นไปได้ตั้งแต่ 9.6 kbps ไปจนถึง 44.736 Mbps หรือมากกว่าระบบนำสัญญาณเหล่านั้น

2.3.2.1.4 ระบบเทคโนโลยีการเชื่อมต่อระยะใกล้ (Home Area Network)

ระบบที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น จอภาพ การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ โดยควบคุมผ่านทางมิเตอร์อัจฉริยะ (smart meter) ซึ่งการใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้านนั้นจะแสดงให้เห็นผ่านทางจอภาพไม่ว่า จะเป็นการใช้เครื่องทำน้ำอุ่น การทำครัว การเปิดไฟ การล้างและการอบแห้ง ซึ่งจะสามารถแสดงให้เห็นเป็นว่าวันๆหนึ่งใช้ไฟฟ้าไปเท่าไร ซึ่งสามารถควบคุมผ่านทางมือถือหรือคอมพิวเตอร์ก็ได้ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้ไฟได้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.47 ระบบที่เชื่อมต่อระยะไกล และระยะใกล้ [39]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

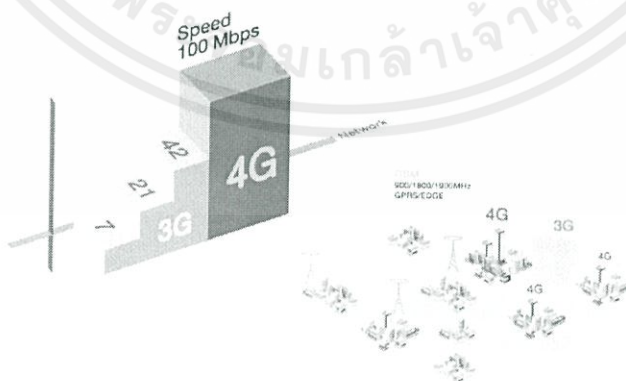
2.3.2.1.5 ระบบ 3G (Third Generation)

เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3 จุดเด่นที่สุดของ 3G นั้น เป็นเรื่องของความเร็วในการเชื่อมต่อและการรับ-ส่งข้อมูลโดยเน้นการเชื่อมต่อแบบไร้สายด้วยความเร็วสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลต่างๆ รวดเร็วมากขึ้น พร้อมทั้งสามารถใช้บริการ Multimedia ได้อย่างสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่นการรับ-ส่ง File ที่มีขนาดใหญ่ การใช้บริการ Video/Call Conference Download เพลง ดู TV Streaming ต่างๆ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบเทคโนโลยี 2G กับ 3G แล้ว 3G มีข้อสัญญาณความถี่และความจุในการรับส่งข้อมูลที่มากกว่าเยอะเลย คุณสมบัติหลักที่เด่นๆ อีกอย่างหนึ่งของระบบ 3G ก็คือ Always On คือมีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายของ 3G ตลอดเวลาที่เราเปิดโทรศัพท์ด้วย ซึ่งตามมาตรฐาน IMT – 2000 นั้นกำหนดไว้ว่าต้องมีอัตราความเร็วดังนี้

- (ก) ในสภาวะอยู่กับที่หรือขณะเดิน มีความเร็วอย่างน้อยที่สุด 2 Mbps
- (ข) ในสภาวะเคลื่อนที่โดยยานพาหนะมีความเร็วอย่างน้อยที่สุด 384 kbps
- (ค) ทุกสภาวะมีความเร็วอย่างมากที่สุด 14.4 Mbps

2.3.2.1.6 ระบบ 4G (Fourth Generation)

เทคโนโลยี 4จี เป็นเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ หรือเป็นเส้นทางด่วนสำหรับข้อมูลที่ไม่ต้องอาศัยการลากสายเคเบิล โดยระบบเครือข่ายใหม่นี้ จะสามารถใช้งานได้แบบไร้สาย รวมถึงคุณสมบัติการเชื่อมต่อเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ (three-dimensional) ระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ด้วยกันเอง นอกจากนั้นสถานีฐาน ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง และมีต้นทุนการติดตั้งที่แพงลิ่วในขณะนี้ จะมีให้เห็นกันอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกับหลอดไฟฟ้าตามบ้านเลยทีเดียว สำหรับ 4จี จะสามารถส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายด้วยระดับความเร็วสูงที่เพิ่มขึ้นถึง 100 Mbps ซึ่งห่างจากความเร็วของชุดอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่ระดับ 10 kbps



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลไปยังบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของข้อมูล
รูปที่ 2.48 ระบบการส่งข้อมูลแบบ 3G และ 4G [37]

2.3.2.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลและระบบสนับสนุน (Information & Support Application)

ระบบสื่อสารในระบบกริดอัจฉริยะนั้นจะมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลต่างๆ เช่น Power Transmission/Distribution Analysis Software, Real Time Digital Simulator (RTDS), Customer Gateway & Portal และ Smart Appliance Interface Unit รวมทั้งยังมีระบบสนับสนุน เช่น ระบบ On-line Call Center เป็นต้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีความร่วมมือกันระหว่างผู้ให้บริการและผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

2.3.2.3 ระบบรักษาความปลอดภัย (Smart Grid Security)

เนื่องจากโลกยุคปัจจุบันนี้เป็นโลกแห่งอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ซึ่งมีพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานขับเคลื่อนหลักให้อุตสาหกรรม เทคโนโลยี รวมถึงเศรษฐกิจเจริญเติบโต ดังนั้นระบบรักษาความปลอดภัยของกระบวนการผลิตและการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มีความสามารถในการจัดสรรให้ผู้บริโภคในภาคส่วนต่างๆ มีใช้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งดังนั้นในส่วนของประเทศที่มีการนำระบบกริดอัจฉริยะมาใช้จึงจำเป็นต้องมี Smart Grid Security เช่นกัน Smart Grid Security นั้นมีหลากหลายประเภท ในแต่ละระบบนั้นอาจจะเหมาะกับ Smart Grid Security เพียง 1 ประเภทหรืออาจมากกว่าแต่จะมีการเลือกใช้ตามลำดับความนิยม และเนื่องจากความซับซ้อนของแต่ละระบบนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จะเลือกศึกษาเป็นแต่ละประเภท โดยประเภทของกริดอัจฉริยะโดย Security ที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายมีดังนี้

(ก) PCS (Process Control System) Security

PCS (Process Control System) Security ใช้สำหรับการตรวจและควบคุมลักษณะทางกายภาพของ Electrical Power Grid โดยในปัจจุบัน PCS จะสามารถครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง และสามารถเข้าระบบได้จากหลากหลายพื้นที่ PCS ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการกริดอัจฉริยะ คือ ระบบ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

(ข) Smart Meter Security

Smart Meter Security มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบกริดอัจฉริยะมีความสมบูรณ์และมั่นคง Smart Meter นี้สามารถช่วยในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ถูกต้องซึ่งส่งผลให้มีความสามารถในการประมาณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้นรวมถึงยังช่วยในการคำนวณค่าไฟ อีกทั้งยังอนุญาตให้ผู้บริโภคเข้าระบบ เพื่อตรวจสอบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของตนได้อีกด้วย และหาก Smart Meter เกิดความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลนั้นหมายถึงการสูญเสียเงินจำนวนมหาศาล ดังนั้นระบบ Smart Meter Security จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเช่นเดียวกัน ไม่นับว่าไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) *Power System State Estimation Security*

Power System State Estimation Security หนึ่งในความสามารถของระบบกริดอัจฉริยะ นั้น จะต้องสามารถระบุสถานการณ์ปัจจุบันของระบบไฟฟ้าได้ เพื่อช่วยในการตัดสินใจสถานการณ์ต่างๆ และกำหนดแนวทางการแก้ไข และการที่ระบบไฟฟ้าจะมีความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องนั้นจะปราศจากระบบ Power System State Estimation ไม่ได้เลย ดังนั้น Power System State Estimation Security จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

(ง) *Smart Grid Communication Protocol Security*

Smart Grid Communication Protocol Security ระบบกริดอัจฉริยะนั้นขึ้นอยู่กับระบบการสื่อสารเป็นอย่างมากในการถ่ายโอนข้อมูล ซึ่งในส่วนต่างๆ ของระบบกริดอัจฉริยะจะต้องการระบบการสื่อสารที่แตกต่างกันจึงจำเป็นต้องมีหลาย Communication Protocol เพื่อความสามารถในการตอบสนองระบบการสื่อสารที่แตกต่างกัน ดังนั้นระบบ Smart Grid Communication Protocol Security จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะระบบการสื่อสารถือเป็นหัวใจสำคัญของระบบกริดอัจฉริยะ

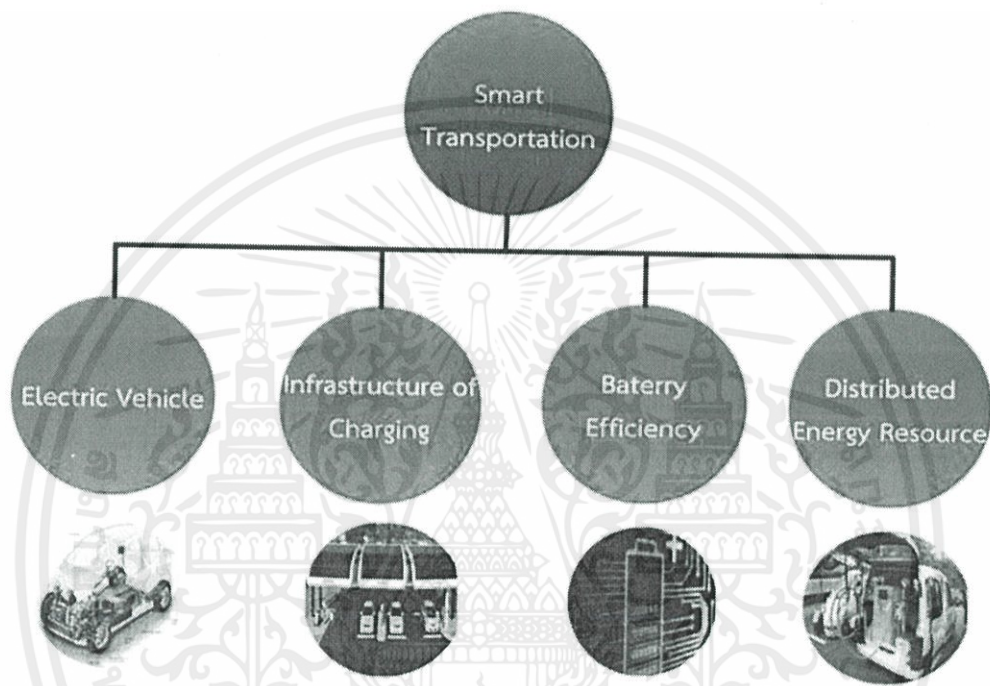
(จ) *Smart Grid Simulation for Security Analysis*

Smart Grid Simulation for Security Analysis เนื่องจากการจ่ายพลังงานไฟฟ้า จำเป็นต้องมีความต่อเนื่อง จึงไม่สามารถที่จะหยุดระบบเพียงเพื่อการทดสอบระบบได้ แต่จะสามารถจำลองระบบไฟฟ้าลงใน Software หรือ Hardware และทดสอบเพื่อวิเคราะห์ถึงระบบความปลอดภัยหรือด้านอื่นๆ แทนได้ ซึ่งการจำลองระบบนี้มีความสำคัญมาก เพราะระบบกริดอัจฉริยะมีมูลค่าการลงทุนที่สูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ระบบการคมนาคมแบบอัจฉริยะ (Smart Transportation)

ในระบบกริดอัจฉริยะ จะเน้นในด้านการนำรถยนต์ไฟฟ้าเข้ามาใช้ให้มากขึ้น เพื่อเป็นการลดการใช้ น้ำมัน และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยในระบบกริดอัจฉริยะนั้นจำเป็นต้องมีสถานีชาร์จเพื่อรองรับการชาร์จไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า และแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพเพื่อรองรับการใช้งานของผู้บริโภคในชีวิตประจำวัน



รูปที่ 2.49 ระบบโครงสร้างระบบการคมนาคมแบบอัจฉริยะ (Smart Transportation)

2.3.3.1 ยานพาหนะไฟฟ้า (Electric Vehicle)

รถยนต์ไฟฟ้าเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนา เพื่อลดการพึ่งพาการใช้ น้ำมันในภาคการขนส่ง โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าแทนน้ำมัน เทคโนโลยีรถยนต์พลังงานไฟฟ้ามีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ซึ่งส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญของเทคโนโลยีนี้ คือ แบตเตอรี่ เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้กักเก็บ และให้พลังงานในการขับเคลื่อนรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1.1 รถยนต์ไฟฟ้ามิทซูบิชิไอเอ็มเอฟ (i-MiEV)

ในปัจจุบันบริษัท มิทซูบิชิ ได้ทำการผลิตรถยนต์ไฟฟ้า (i-MiEV) ออกสู่ตลาดด้วยราคา USD 25,000 - USD 30,000 ซึ่งเป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ลิเธียมไอออนแบตเตอรี่เก็บสะสมและสำรองพลังงาน โดยสามารถ ขับเคลื่อนได้ 130 กม. ต่อการอัดประจุ (charge) 1 ครั้ง การชาร์จแบตเตอรี่แต่ละครั้งให้เต็มต้องใช้เวลากว่า 10 ชม. แต่ขณะนี้บริษัทมิทซูบิชิได้พัฒนาเทคโนโลยี การอัดประจุแบตเตอรี่ ที่ทำให้อัดประจุได้เร็วขึ้นมาก โดยสามารถอัดประจุไฟฟ้าได้ 80% ของความจุสูงสุดของแบตเตอรี่ภายใน 30 นาที



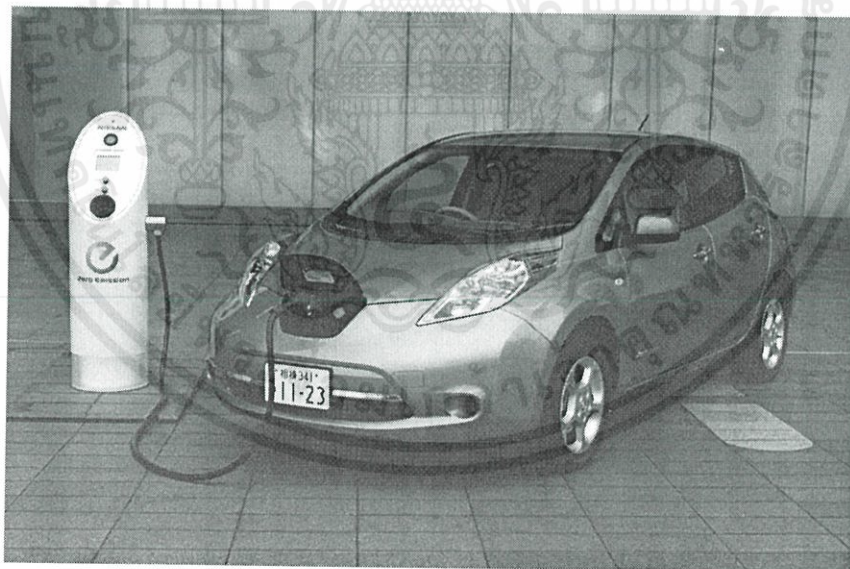
รูปที่ 2.50 รถยนต์ไฟฟ้า mitsubishi i - miev [42]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1.2 รถยนต์ไฟฟ้า นิสสัน ลีฟ (Nissan Leaf)

Nissan LEAF ขับเคลื่อนล้อหน้า ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (Synchronous) ขนาด 80 กิโลวัตต์ ให้กำลังสูงสุด 109 แรงม้า แรงบิด 28.5 กก.-ม. อัตราเร่ง 0 - 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 11.9 วินาที ความเร็วสูงสุดราว 140 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถวิ่งทำระยะทางได้ประมาณ 160 กิโลเมตรต่อการชาร์จ 1 ครั้งโดยแหล่งพลังงานของ นิสสัน ลีฟ มาจากแบตเตอรี่ ลิเทียมไอออน ที่มีคุณสมบัติ คือเล็กกะทัดรัดและน้ำหนักเบา มีความจุถึง 24 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ให้พลังงานมากกว่า 90 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ชาร์จไฟจนเต็มหนึ่งครั้งจะเดินทางได้ 160-200 กิโลเมตรส่วนราคาจำหน่ายอยู่ที่ประมาณ USD 25,000 - USD 33,000 จุดเด่นสำคัญของ LEAF ที่ทำให้ได้รับความนิยมอย่างมาก มีอยู่ 4 ประการ คือ

- (ก) ระบบขับเคลื่อน ที่จะไม่มีการปล่อยมลพิษสู่โลกเลยอย่างสมบูรณ์แบบ (Zero Emission)
- (ข) การออกแบบที่ดึงดูดใจ
- (ค) สามารถแล่นใช้งานได้ยาวไกล
- (ง) เชื่อมต่อเข้ากับระบบจัดการจราจรอัตโนมัติ Advanced intelligent transportation (IT) ได้



รูปที่ 2.51 รถยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf [42]

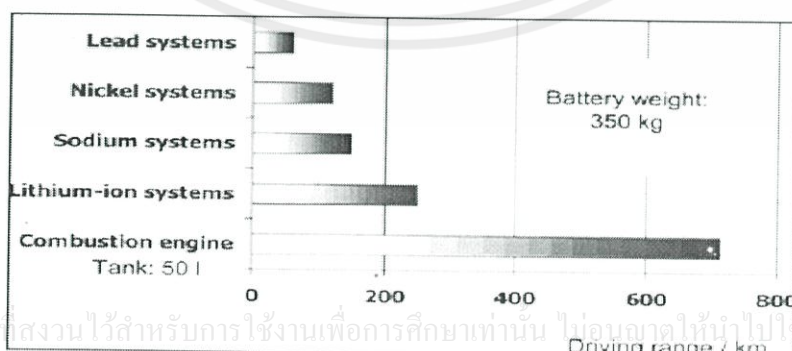
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ (Efficient Battery)

เทคโนโลยีแบตเตอรี่ เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงระบบของรถยนต์จากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไปสู่การใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน อีกทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยแบตเตอรี่ทุกประเภทมีคุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญอยู่ 2 ลักษณะ ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบ การผลิต ต้นทุนการผลิต ศักยภาพ และความน่าเชื่อถือของแบตเตอรี่ โดยลักษณะสำคัญดังกล่าว คือความหนาแน่นเชิงกำลัง (Power density) ซึ่งแสดงถึงพลังงานทั้งหมดในแบตเตอรี่ที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ในช่วงเวลาที่กำหนด ส่งผลโดยตรงต่อความเร็วและความเร่งของรถยนต์ ความหนาแน่นพลังงาน (Energy density) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการจุพลังงานของแบตเตอรี่ ซึ่งจะส่งผลต่อช่วงระยะทางที่รถยนต์สามารถเดินทางได้คุณลักษณะทั้งสองดังกล่าว เป็นคุณลักษณะพื้นฐานของแบตเตอรี่ที่ต้องให้ความสำคัญอย่างเท่าเทียมกัน โดยส่วนใหญ่แบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นเชิงกำลังสูง จะมีความหนาแน่นพลังงานต่ำ หรือหากมีความหนาแน่นพลังงานสูง ก็จะมี ความหนาแน่นเชิงกำลังต่ำ สำหรับแบตเตอรี่ที่จะนำมาใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า มีความต้องการความหนาแน่นเชิงกำลังและพลังงานสูงทั้งคู่ จึงจะถือว่าสามารถนำมาทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์โดยเทคโนโลยีแบตเตอรี่ในรถยนต์ แบ่งออกเป็น

2.3.3.2.1 เทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion battery)

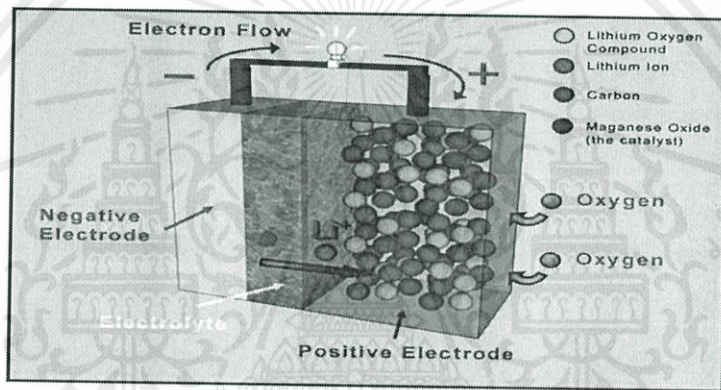
แบตเตอรี่ Lithium - Ion เป็นประเภทของแบตเตอรี่แบบประจุไฟใหม่ได้ โดยแบตเตอรี่ชนิดนี้ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ก็เก็บพลังงาน เนื่องจากมีความสามารถในการจุพลังงานได้อย่างดีเยี่ยม มีประสิทธิภาพ 85% ในขนาดที่เล็กและมีน้ำหนักเบา ไม่มีผลจากการจดจำ(memory effect) อัตราการคายประจุขณะไม่ใช้งานต่ำ (self discharge) อีกทั้งยังไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม นอกจากประโยชน์ในการใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ต่าง ๆ แล้วในปัจจุบันแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมได้มีการพัฒนา เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับเป็นอุปกรณ์เก็บสำรองพลังงานสำหรับใช้ในบ้านเรือน และใช้สำหรับพาหนะที่ขับเคลื่อนโดยใช้ไฟฟ้าด้วยซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแบตเตอรี่ที่น้ำหนักเท่ากัน จะพบว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน สามารถวิ่งได้ระยะทางไกลกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะในรูปแบบที่ 2.52 การเปรียบเทียบระยะทางที่วิ่งได้ของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ ที่น้ำหนักเท่ากัน [42] นำไปใช้

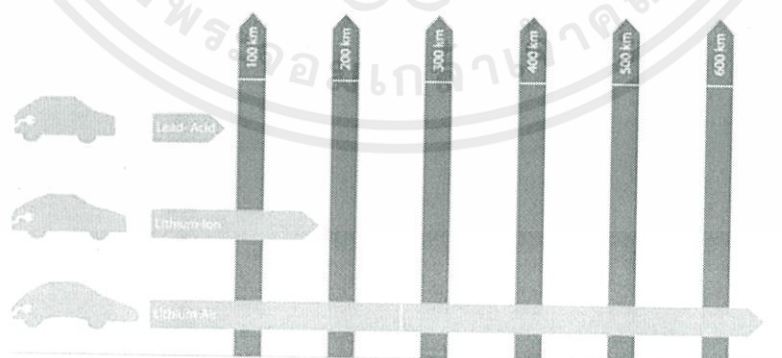
2.3.3.2 เทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเทียม-แอร์ (Lithium-air)

แบตเตอรี่ลิเทียม-แอร์ มีความหนาแน่นของพลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนทั่วไป เนื่องจากมีน้ำหนักเบา และนอกจากนี้ด้วยข้อเท็จจริงที่ว่าออกซิเจนเป็นธาตุอิสระที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม จึงไม่จำเป็นต้องถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ดังนั้นออกซิเจนซึ่งเป็นตัวทำปฏิกิริยาในแคโทดจะสามารถมีได้แบบไม่จำกัด จึงทำให้ข้อจำกัดด้านความจุของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับขั้วแอโนดที่เป็นโลหะลิเทียมเท่านั้น นอกจากนี้แบตเตอรี่ชนิดนี้ยังสามารถลดต้นทุนการผลิตเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนในปัจจุบันที่ใช้วัสดุแคโทดซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง โดยแบตเตอรี่ลิเทียม-แอร์มีพลังงานจำเพาะสูงถึง 13,000 Wh/kg จึงเป็นเทคโนโลยีที่มีความหวังในการเก็บพลังงานได้เป็นอย่างดี ถึงอย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่ลิเทียม -แอร์ ยังมีปัญหาอยู่ที่ออกซิเจนมีอัตราในการแพร่ผ่านรูพรุนที่แคโทดต่ำมาก อีกทั้งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นทำให้มีของแข็งเกิดขึ้น



รูปที่ 2.53 การทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียม-แอร์ [42]

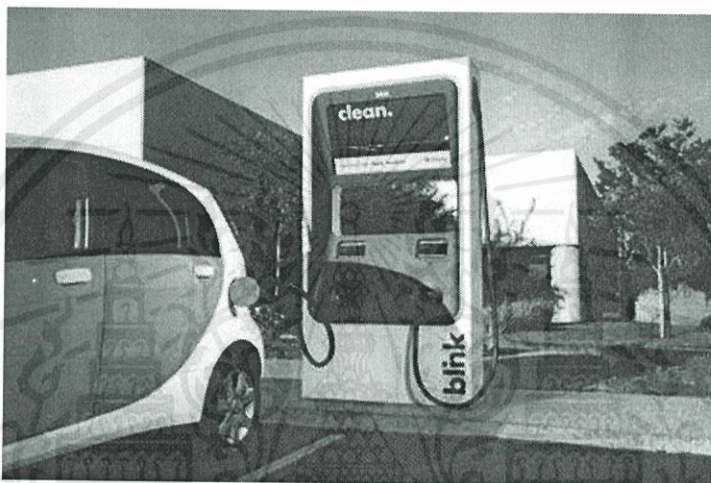
System Comparison
Vision of electrical energy storage systems and operating range



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.54 เปรียบเทียบระยะทางที่วิ่งได้ของแบตเตอรี่แต่ละชนิด [42] ถึงแม้จะมีการนำไปใช้

2.3.3.3 โครงสร้างพื้นฐานของการชาร์จ (Infrastructure of Charging)

โครงสร้างพื้นฐานของการชาร์จ คือเครือข่ายสถานีที่ไว้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ของยานพาหนะไฟฟ้า (Electric Vehicle) จุดชาร์จ คือที่สำหรับชาร์จไฟให้กับรถไฟฟ้า เมื่อเราใช้พลังงานจากแบตเตอรี่หมด หรือใกล้หมด สามารถแวะไปเติมที่จุดชาร์จ (Charge Point) เพื่อเติมพลังงานให้แบตเตอรี่ ที่เราใช้ไปในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าเหมือนที่เราต้องเติมน้ำมัน เมื่อน้ำมันหมดถึง ซึ่งตำแหน่งของ จุดชาร์จมักจะอยู่ข้างๆ ถนนเพื่อสะดวกในการลากสายไปเสียบปลั๊กที่รถไฟฟ้า และจุดชาร์จนี้



รูปที่ 2.55 จุดชาร์จไฟฟ้า (Charge Point) [43]

การชาร์จในรฟไฟฟ้านั้นจะถูกแบ่งออกเป็นหลายๆ ส่วนตามชนิดของแบตเตอรี่ที่จะเอามาชาร์จ โดยการชาร์จในไฟฟ้ากระแสสลับจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Level 1 และ Level 2 ซึ่งในรฟไฟฟ้าจะมีตัวแปลงไฟฟ้ากระแสสลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อนำเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และการชาร์จไฟฟ้าแบบกระแสตรงจะเป็นแบบ DC Fast Charging

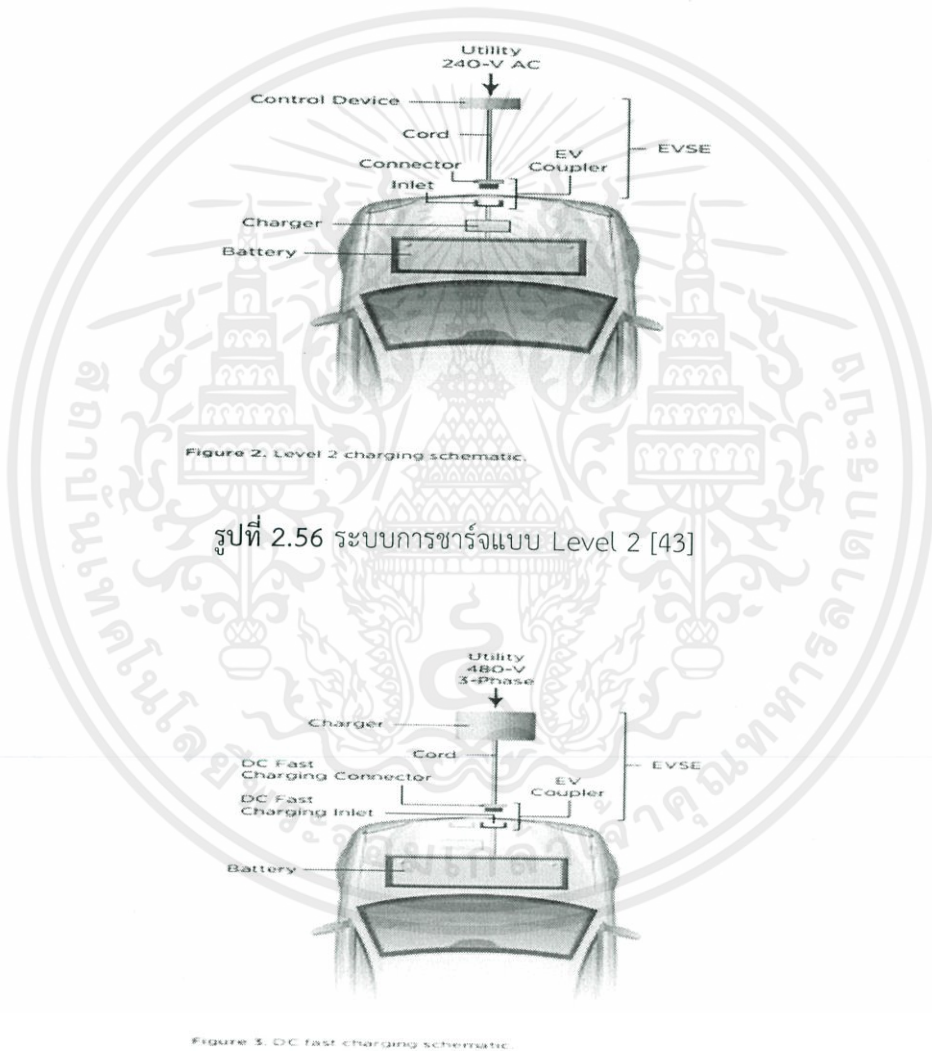
(ก) การชาร์จระดับที่ 1 (Level 1)

จะเป็นการชาร์จไฟฟ้ากับปลั๊กที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 120 V และต้องมีการติดตั้งระบบไฟฟ้าต่อ 1 NEC ซึ่งโดยปกติแล้วการเชื่อมต่อกับปลั๊กจะมาพร้อมกับอุปกรณ์ชุดสายไฟ ทำให้ไม่ต้องมีอุปกรณ์สำหรับการชาร์จเพิ่มขึ้น ปลายด้านหนึ่งของสายไฟจะต้องใช้ปลั๊กสามทางขนาดใหญ่แบบ NEMA 5-15 connector เป็นมาตรฐาน ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะเป็นมาตรฐาน J1772 Connector ที่สามารถเสียบปลั๊กกับยานพาหนะได้ โดยทั่วไป Level 1 จะใช้สำหรับการชาร์จที่มี

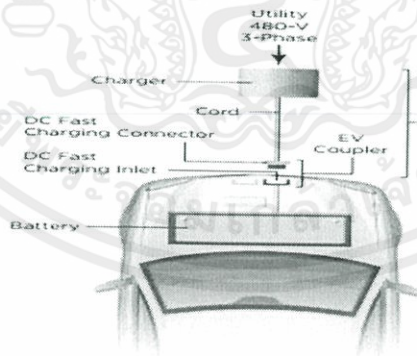
เฉพาะปลั๊ก 120 V โดยการชาร์จในเวลา 1 ชั่วโมงจะสามารถทำให้รถสามารถวิ่งได้ประมาณ 2-5 กิโลเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของแบตเตอรี่ และประเภทของรถไฟฟ้า

(ข) การชาร์จระดับที่ 2 (Level 2)

ระบบการชาร์จนี้ระดับ นี้จะชาร์จได้ง่ายขึ้นซึ่งสามารถชาร์จในสถานที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น บ้าน บริเวณที่อยู่อาศัย) หรือ 208 V (สำหรับชาร์จที่สถานีชาร์จ) ในด้านของความปลอดภัยนั้น การติดตั้งอุปกรณ์ในการชาร์จและวงจรไฟฟ้าเฉพาะจะอยู่ที่ 20 ถึง 80 A ในระดับที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อจะเหมือนกับใน Level 1 ซึ่งขึ้นกับชนิดของแบตเตอรี่ และวงจรในการชาร์จ ซึ่งการชาร์จในระดับนี้จะสามารถชาร์จได้ 10 ถึง 20 ไมล์/ชั่วโมง ในการชาร์จแต่ละครั้ง



รูปที่ 2.56 ระบบการชาร์จแบบ Level 2 [43]

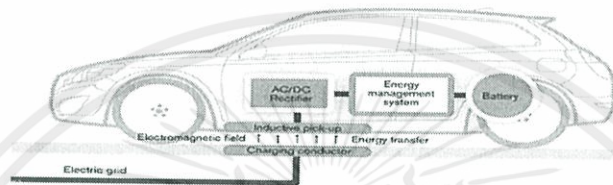


รูปที่ 2.57 ระบบการชาร์จแบบ DC Fast Charging [43]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3.1 การชาร์จแบบสนามแม่เหล็ก (Inductive Charging)

สถานีชาร์จแบบ Inductive-charging เป็นการใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับรถไฟฟ้าโดยไม่ต้องใช้สายไฟ ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังคงมีการนำมาใช้ในบริเวณที่มีการติดตั้งสำหรับรถไฟฟ้าในยุค 1990 แต่สำหรับรถไฟฟ้าในยุคปัจจุบันยังคงไม่สามารถใช้ inductive charging ได้ ถึงแม้ว่า SAE International จะกำลังปรับปรุงมาตรฐานสำหรับการนำไปใช้กับ PEV ในอนาคต



รูปที่ 2.58 ระบบการชาร์จด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.ecofriend.com/volvo-focuses-on-wireless-charging-to-electric-cars.html>

Charging time	Power supply	Voltage	Max current
6–8 hours	Single phase - 3,3 kW	230 VAC	16 A
2–3 hours	Three phase - 10 kW	400 VAC	16 A
3–4 hours	Single phase - 7 kW	230 VAC	32 A
1–2 hours	Three phase - 24 kW	400 VAC	32 A
20–30 minutes	Three phase - 43 kW	400 VAC	63 A
20–30 minutes	Direct current - 50 kW	400 - 500 VDC	100 - 125 A

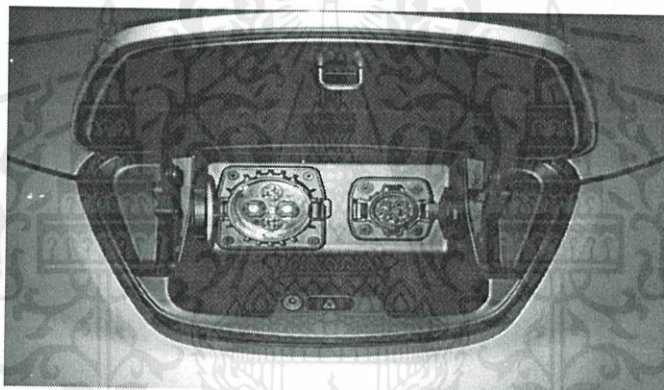
รูปที่ 2.59 ระยะเวลาในการชาร์จของรถไฟฟ้า

ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3.2 การเชื่อมต่อของรถไฟฟ้า และระบบปลั๊ก

สถานีชาร์จไฟฟ้า และปลั๊กในรถไฟฟ้า รุ่นใหม่ส่วนมากจะมีมาตรฐานของตัวเชื่อมต่อ และเต้ารับอ้างอิงจากมาตรฐาน SAE J1772 โดย SAE International ในทุกๆ ยานพาหนะที่มีเต้ารับสามารถใช้ได้ทั้ง Level 1 และ Level 2 ของสถานีชาร์จ ซึ่งโดยส่วนมากของผู้ผลิตรถยนต์ และระบบการชาร์จจะรองรับมาตรฐานนี้อยู่แล้วทำให้ผู้ขับขี่รถยนต์ไม่ต้องเป็นกังวลว่ารถยนต์ของตนจะไม่สามารถรองรับระบบชาร์จได้ โดยส่วนมากของปลั๊กในยุคปัจจุบันสามารถรองรับ DC Fast Charging ที่ใช้ CHAdeMO connector ที่ได้รับการพัฒนาร่วมกับ Tokyo Electric Power Company แต่ไม่ใช่มาตรฐานในสหรัฐอเมริกา ผู้ผลิตอาจเสนอให้ CHAdeMO DC fast charge receptacle เป็นทางเลือกหนึ่งในระบบ Fast charge จนกว่าจะมามาตรฐานที่แน่นอนมาควบคุม SAE International ยังได้พัฒนามาตรฐานของ hybrid connector สำหรับการ fast charging ที่เป็นการป้อนแรงดันสูง กระแสตรงเข้าสู่ J1772 connector และสามารถใส่เต้ารับได้เหมือนกันในทุกระดับการชาร์จ



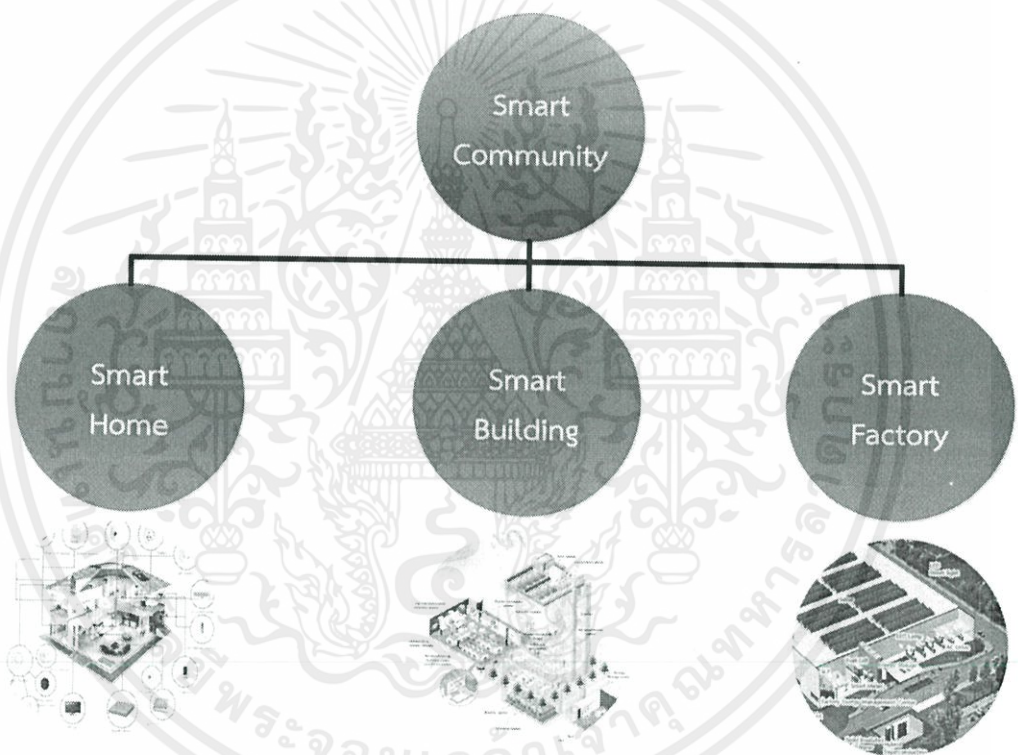
รูปที่ 2.60 เต้ารับมาตรฐาน J1772 รองรับการชาร์จ Level 1, Level2 และ DC Fast Charge [43]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.61 ปลั๊กชาร์จมาตรฐาน SAE J1772 สำหรับสถานีชาร์จ [43]

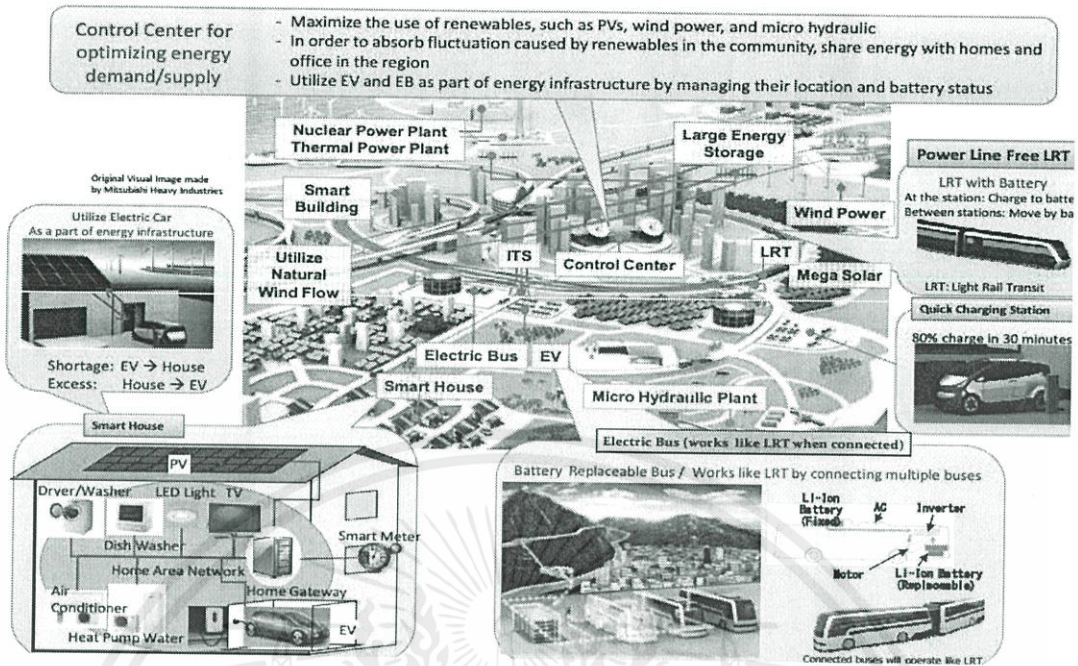
2.3.4 ชุมชนและสังคมอัจฉริยะ (Smart Community)

ชุมชน หรือสังคมต่างๆ ในระบบกริดอัจฉริยะ จะมีการออกแบบสิ่งก่อสร้าง สถานที่ต่างๆ โดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยในด้านต่างๆ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ความสะดวก ความปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย โดยการเลือกใช้เทคโนโลยี และการจัดการที่เหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น การวางผังเมือง การออกแบบสิ่งก่อสร้างการเลือกใช้วัสดุต่างๆ และการใช้ประโยชน์จากระบบสื่อสารในการเชื่อมต่อส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน และมีระบบการควบคุมระบบผลิตไฟฟ้าของสมาชิกในชุมชนที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวภาพ ชีวมวล ด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Micro Turbine) เพื่อสร้างโรงไฟฟ้าเสมือน (Virtual Power Plant, VPP) โดยประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.62 โครงสร้างระบบชุมชนและสังคมอัจฉริยะ (Smart Community)

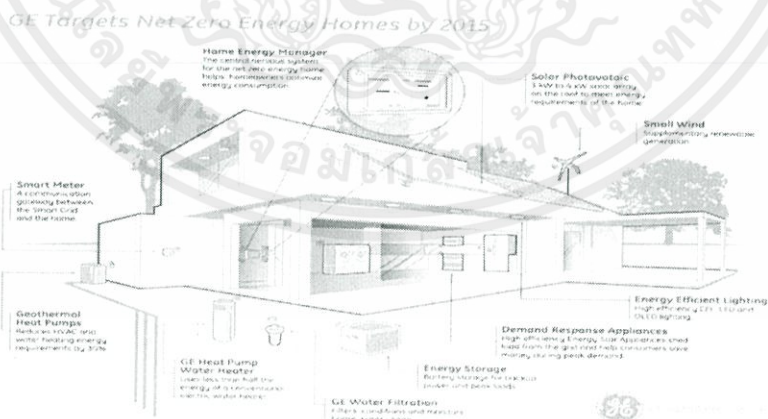
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.63 ระบบชุมชน และสังคมอัจฉริยะ [11]

2.3.4.1 บ้านอัจฉริยะ (Smart Home)

บ้านอัจฉริยะ คือ เป็นบ้านที่มีการออกแบบให้ระบบต่างๆ (เช่น ระบบแสงสว่าง เป็นต้น) เครื่องใช้ไฟฟ้า และระบบอื่นๆ มีการทำงานโดยอัตโนมัติ หรือสั่งการจากที่อื่นได้ (ผ่านทางอินเทอร์เน็ต หรือเครือข่ายการสื่อสารต่างๆ) เพื่อทำให้มีความสะดวกสบาย ปลอดภัย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเป็นการทำงานร่วมกันของระบบไฟฟ้า และระบบสื่อสาร และที่สำคัญจะมีการเชื่อมต่อกับ โครงสร้างพื้นฐานของระบบการวัดขั้นสูง (AMI)

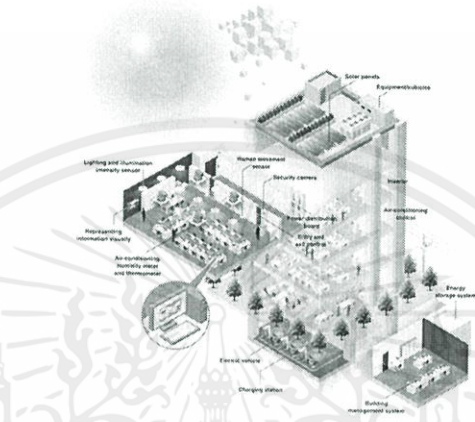


รูปที่ 2.64 ระบบภายในบ้านอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ที่มา : <http://www.geappliances.com/home-energy-manager>
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.2 อาคารอัจฉริยะ (Smart Building)

อาคารอัจฉริยะ คือ อาคารที่มีการออกแบบให้มีการผลิตพลังงานจากพลังงานทดแทนใช้เอง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีระบบการจัดการในด้านต่างๆ เช่นระบบรักษาความปลอดภัย ระบบเตือนภัย ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบที่จอดรถ เป็นต้น โดยการใช้ระบบการสื่อสาร และระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการ

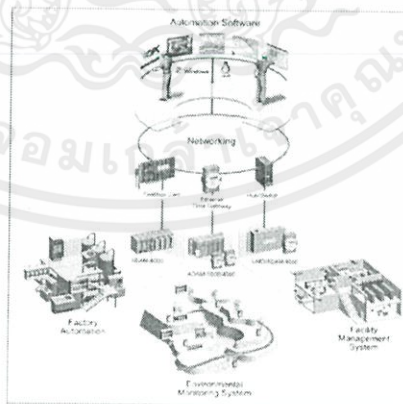


รูปที่ 2.65 ระบบภายในอาคารอัจฉริยะ

ที่มา : <http://www.nec.com/en/global/environment/energy/building.html>

2.3.4.3 โรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะ (Smart Factory)

โรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะ จะเน้นไปที่การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยการจัดการพลังงาน และการผลิตพลังงานใช้เอง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมซึ่งโดยหลักคือการลดการปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ และมีการเชื่อมต่อกับชุมชนโดยระบบการสื่อสารต่างๆ



รูปที่ 2.66 ระบบภายในโรงงานอัจฉริยะ

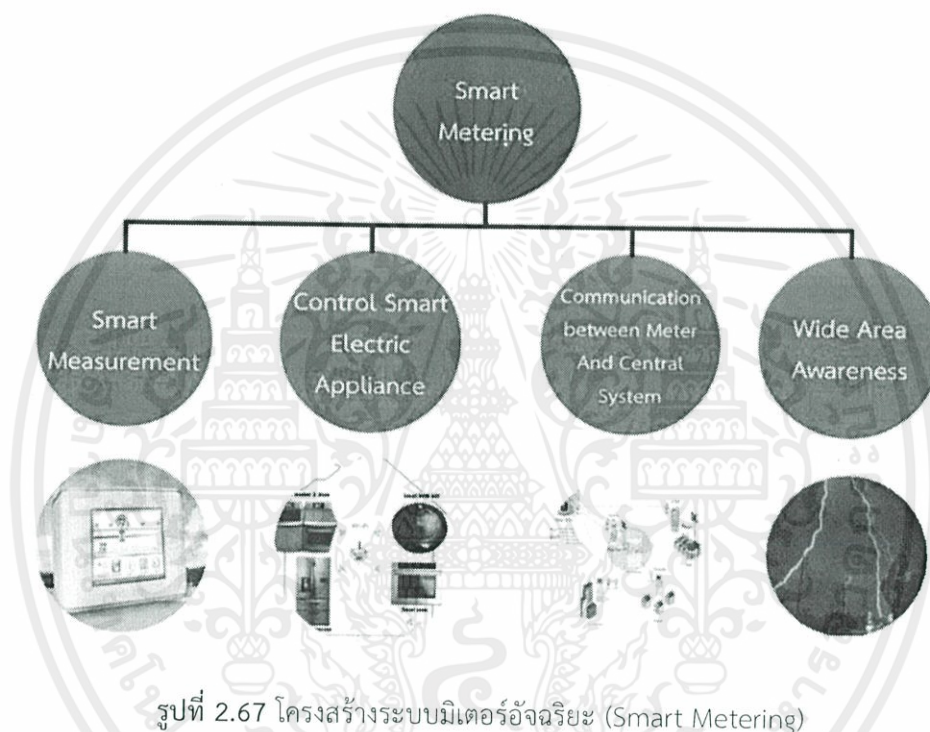
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มา : http://www.advantech.com/eAutomation/automation_controllers

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Metering)

มิเตอร์อัจฉริยะ คือ มิเตอร์ที่สามารถสื่อสารได้ 2 ทาง โดยการรับส่งข้อมูลไปกลับระหว่างมิเตอร์กับศูนย์กลางการควบคุม ทำให้สามารถรับรู้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภคได้ตลอด และสามารถสั่งการการตัด หรือต่อไฟฟ้าจากระยะไกลได้ และมิเตอร์อัจฉริยะยังสามารถเก็บข้อมูล และสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางระบบไร้สายได้ ทำให้ผู้บริโภคใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



2.3.5.1 ระบบการวัดข้อมูลแบบอัตโนมัติ (Smart Measurement)

มิเตอร์อัจฉริยะเป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้าที่สามารถบันทึกค่าการใช้พลังงานเป็นรายชั่วโมงหรือน้อยกว่านั้นและส่งข้อมูลนั้นกลับไปยังผู้ให้บริการไฟฟ้าอย่างน้อยวันละครั้ง ต่างจากมิเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่คือเป็นการสื่อสารกัน 2 ทางระหว่างตัวมิเตอร์และผู้ให้บริการไฟฟ้า และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สั่งการได้หลายอย่าง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานของระบบการวัดขั้นสูง (Advance Metering Infrastructure : AMI) ในระบบกริดอัจฉริยะ โดยโครงสร้างพื้นฐานของระบบการวัดขั้นสูง (AMI) เป็นระบบการวัดที่มีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์และระบบการสื่อสาร ในการส่งผ่านข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและพารามิเตอร์อื่นๆของผู้ใช้ไฟฟ้าให้กับผู้บริการไฟฟ้า โดยส่งผ่านช่องทางต่างๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตามการสื่อสารนี้จะเป็นการสื่อสารที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยที่ระบบที่ใช้ Radio Frequency (RF), Power line (PLC), Mobile Phone, Optical Fiber เป็นต้น โดยที่ระบบนี้ จะมีความสามารถดังนี้

(ก) วัด อ่าน และบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและพารามิเตอร์ต่างๆ ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าและทำการส่งข้อมูลที่ได้นั้นไปยังผู้ให้บริการผ่านระบบการสื่อสารในแบบต่างๆ

(ข) สั่งการมิเตอร์จากศูนย์ควบคุม เพื่อควบคุมการทำงานของมิเตอร์ เช่น การปรับคาบเวลาในการวัด/บันทึก การตัด-ต่อการจ่ายไฟฟ้า การปรับอัตราค่านวนค่าไฟฟ้า เป็นต้น

(ค) การเชื่อมต่อกับเครือข่ายระบบสื่อสารในบ้าน (Home Area Network : HAN) เพื่อใช้ใน ระบบ Smart Home โดยใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในบ้าน เพื่อให้ประหยัดพลังงานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Smart Electric Appliance)

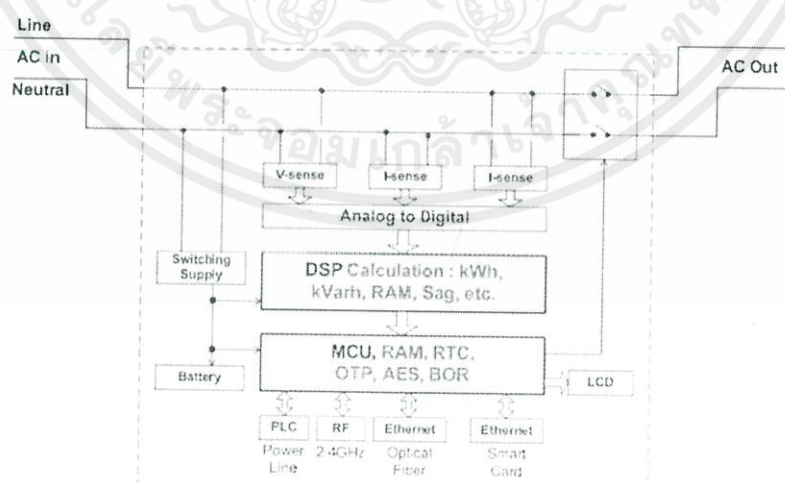
ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของระบบการวัดขั้นสูงนี้มีข้อดี คือ

(ก) ลดค่าการดำเนินการ เนื่องจากเป็นระบบการอ่านมิเตอร์แบบอัตโนมัติ (Advance Meter Reading: AMR) โดยเก็บข้อมูลและส่งผ่านทางระบบสื่อสารต่างๆ

(ข) ลดค่าการสูญเสียและค่าการบำรุงรักษา เพราะ ระบบมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จึงทำให้ระบบนั้นสามารถบอกได้ว่าบริเวณใดไฟฟ้าดับ ไฟฟ้าตก มิเตอร์เสีย หรือแม้แต่การโดนโกงค่าไฟฟ้า และยังรู้สุขภาพของระบบจึงประหยัดค่าบำรุงรักษาด้วย

(ค) สามารถเพิ่มบริการเสริมต่างๆ ได้ เช่นการดูค่าไฟฟ้า การเติม-ชำระเงิน ผ่านระบบ อินเทอร์เน็ต หรือโทรศัพท์มือถือ การอ่านมิเตอร์น้ำ เพราะมีระบบการสื่อสารเข้ามามีส่วนร่วมด้วย

(ง) มีส่วนช่วยในการลดสภาวะโลกร้อน เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ประหยัดค่าดำเนินการต่างๆ และยังมีการแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าซึ่งมีส่วนช่วยระบบ Demand Response ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รูปที่ 2.68 ตัวอย่างบล็อกไดอะแกรมของมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) [40]

โดยที่ระบบมิเตอร์อัจฉริยะนั้นจะมีส่วนประกอบหลายอย่างขึ้นอยู่กับแต่ละประเทศ แต่ต้องมี ส่วนประกอบหลัก คือ มาตรวัดที่เที่ยงตรงสำหรับการใช้ไฟฟ้า ก๊าซ น้ำ และความร้อน ตัวแปลง สัญญาณจาก Analog to Digital หน่วยประมวลผล อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล ในปัจจุบันประเทศต่างๆ ทั่วโลกหลายประเทศ ได้มีการติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์กันแล้วบางส่วนในประเทศโดยมีอิตาลีเป็นประเทศ ที่มีการติดตั้งมากที่สุด โดยบริษัท Enel S.p.A. (Ente Nazionale per l'energia Elettrica) โดยมีการ ติดตั้งให้กับลูกค้าทั้งหมดของบริษัท ซึ่งเป็นมิเตอร์ที่ประกอบไปด้วยระบบการสื่อสาร 2 ทาง ระบบ การวัดและการจัดการพลังงาน โดยทำงานร่วมกับระบบซอฟต์แวร์ในการทำงานต่างๆ

2.3.5.2 ระบบการป้องกันระยะไกล (Wide Area Awareness)

เราสามารถบอกได้ว่าการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับอนาคตคือการพัฒนา EMS ให้เป็นเทคโนโลยีที่มีความอัจฉริยะมากยิ่งขึ้น ใช้ระบบการวิเคราะห์ที่อัตโนมัติ และมีความสามารถในการคาดการณ์และป้องกันเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะนำไปสู่ความบกพร่องของระบบ การเปลี่ยนแปลงที่นำไปสู่ระบบอัตโนมัติขั้นสูงนี้เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีการสื่อสาร การออกแบบ hardware การบริการด้าน website และการติดตั้งระบบตรวจวัดสำหรับระบบการแสดงผล ป้องกัน และควบคุมของ wide-area โดยจะกล่าวถึงกลยุทธ์ในการประสานงานของการควบคุม และการป้องกันระหว่างท้องถิ่นกับ wide-area เพื่อให้แน่ใจว่าระบบกริดอัจฉริยะนั้นมีความปลอดภัย ซึ่งกลยุทธ์นี้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี PMU และ data processing ในการจัดประเภทของการควบคุม และป้องกัน

ความสามารถของการโมเดลและการจำลองพฤติกรรมของ electricity grid จำเป็นต้องพัฒนา และนำไปประยุกต์ใช้นั้นรวมถึง fast dynamic tools สำหรับการจำลอง angle transient, voltage stability, mid-term, long-term จากโรงไฟฟ้าทุกประเภท และอุปกรณ์ non-linear การคำนวณถึง fast time domain techniques เช่น quasi-dynamic simulations อาจช่วยในการประเมิน cascading และ islanding ระหว่างการฟื้นฟูระบบในส่วนของ EMS จะเป็นแหล่งกำเนิดของ periodic snapshots ในการอัปเดตข้อมูล และ network topology สำหรับ online-dynamic simulation ในส่วนของ topological adaptability จะเกี่ยวกับโครงสร้างภาพรวม โดยเฉพาะ RTO, security coordinators ระบบที่มีเงื่อนไขที่เหมาะสมจะทำให้เกิดช่วงเวลาเฉพาะที่สามารถนำไปจำลองได้ Synchronized phasors for stability, protection and control การเริ่มต้นของเทคโนโลยี PMU จะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูแล power system dynamics และยังช่วยในหลายๆ ด้านของการป้องกันและควบคุม wide-area การควบคุมนี้สามารถทำได้ทั้งในด้านการป้องกันและการแก้ปัญหา ในขณะที่ระบบทำงานปกติโดยปกติจะให้ความสำคัญกับความคุ้มทุนแต่ถ้าระบบเกิดมีเงื่อนไข cascading ความสำคัญจะไปอยู่ที่การควบคุมเพื่อให้กริดอัจฉริยะทำงานได้อย่างปลอดภัย จุดประสงค์ของการควบคุมนี้คือการรักษาไว้ซึ่งระบบไฟฟ้าที่สมบูรณ์แบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องเชื่อมต่อโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย EMS software, PMU, fast processing

และการเชื่อมต่อข้อมูลสำหรับการส่งพลังงานไฟฟ้าในทุกๆ ข้อมูลของ PMU สามารถรับข้อมูลได้ที่ substation เพื่อใช้ในการควบคุมพื้นที่ท้องถิ่นปริมาณข้อมูลของ PMU จะได้รับการจัดเก็บเพื่อเป็นประโยชน์ต่อ PDC (Phasor Data Concentrator) ในอนาคตจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปสำหรับ EMS ข้อมูลนั้นถูกนำไปใช้เพื่อปรับปรุงผลลัพธ์ให้ดีขึ้น ตรวจสอบปัญหาสำหรับระบบควบคุมในการสั่งการฉุกเฉินและ SCADA/EMS จากที่กล่าวมานี้ผู้ปฏิบัติการสามารถประเมินสถานการณ์ได้อย่างฉับไว และนำเชื่อถือภายใต้เงื่อนไขที่กดดัน สถานการณ์เหล่านี้ได้แก่

(ก) ความปลอดภัยของระบบภายใต้สิ่งรบกวนและเหตุการณ์ไม่คาดคิด

(ข) สภาวะของระบบที่นำไปสู่เหตุฉุกเฉินอันอาจก่อให้เกิดความจำเป็นในการซ่อมบำรุง

การนำ EMS ไปประยุกต์ใช้นั้นสามารถพัฒนาความสามารถในการรักษาความปลอดภัยของระบบจากการใช้เทคนิค Optimization หรือ Sensitivity routines ประกอบกับ time domain simulation จะช่วยเพิ่มความสามารถในการควบคุมระบบให้กลับมาทำงานอย่างปกติ ซึ่งวิธีการควบคุมนี้จะขึ้นอยู่กับสถานะของระบบและปัญหาที่เกิดขึ้น Application ต่อไปนี้ใช้สำหรับการรวบรวมข้อมูล

(ก) State estimation

(ข) Fast time domain simulation

(ค) System state prediction

(ง) System recovery

2.3.5.2.1 Monitoring and Instrumentation

ข้อมูลที่ใหม่และฉับไวนั้นพร้อมสำหรับ synchronized measurements โดยอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องจะติดตั้งไว้เพื่อตรวจวัดเฟสของแรงดัน และกระแสไฟฟ้าในเวลาเดียวกัน ซึ่งข้อมูลนี้จะส่งไปที่ส่วนกลางเพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ต่อไป PMU เปรียบเสมือนกับเป็น RTU ธรรมดาที่ติดตั้งตัวรับ GPS เพื่อจะเชื่อมต่อข้อมูลพร้อมกับเก็บบันทึกเวลา ณ ขณะนั้นความสามารถของ PMU ในการให้ข้อมูลต่างๆ ที่เวลาเดียวกันนั้นมีประโยชน์อย่างมาก หนึ่งในประโยชน์เหล่านั้นคือ dynamic trending ที่สามารถทำให้คาดการณ์เหตุการณ์ความถี่ได้ง่ายขึ้น ช่วยในการสั่งการให้โหลดกับ reactive power ทำงานหลังจากเกิดสิ่งรบกวน เพื่อให้ระบบเกิดเสถียรภาพและมีความปลอดภัย ถึงแม้ว่าปัญหาต่อไปนี้จะยังอยู่ในช่วงของการวิเคราะห์ ได้แก่

(ก) Communication bandwidth for PMU

(ข) PMU calibration and accuracy

(ค) PDC Input/Output

(ง) PMU-to-PDC and PDC-to-PDC communications

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

หนึ่งในปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดจากข้อผิดพลาดของ instrumentation channel การแก้ปัญหาด้วยการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมนั้นค่าใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้นตัวเลือกของการใช้ software จึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความสนใจ

2.3.5.2.2 State estimation periodicity

ทุกๆ network oriented applications (steady-state and dynamic) ต้องการเงื่อนไขเบื้องต้นในการเริ่มทำงาน โดย SE นี้ต้องได้รับการรับรองไม่ว่าจากการ approximated solutions หรือการลดขอบเขตลงเพื่อให้ได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่จาก PMU และ PDC ที่ระดับท้องถิ่นหรือ wide-area ซึ่ง SE นี้สามารถทำงาน ณ scan rate ในระดับ substation และสามารถทำงานได้ทุกๆ นาทีในระดับ wide-area เพื่อให้ประเมินความปลอดภัยได้จากข้อมูลล่าสุด เทคโนโลยี PMU นี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถช่วยในด้านต่างๆ ดังนี้

- (ก) ความสามารถในการสังเกตการณ์
- (ข) ความแม่นยำถูกต้อง
- (ค) Convergence
- (ง) Bad data processing

2.3.5.2.3 Wide-area state estimation

จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการให้ SE ทำงานพร้อมๆ กันทั้งในระดับ substation และระดับ transmission จะเป็นประโยชน์อย่างมากหากสามารถนำโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิมมาใช้เพื่อระบุปัญหาหรือเก็บข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นที่ระดับ wide-area ปัญหาส่วนมากของ SE ในบริเวณใกล้เคียงของจุดเกิดเหตุผิดพร่องนั้นไม่ได้เกิดจากการใช้งานของ application พื้นฐานของ substation

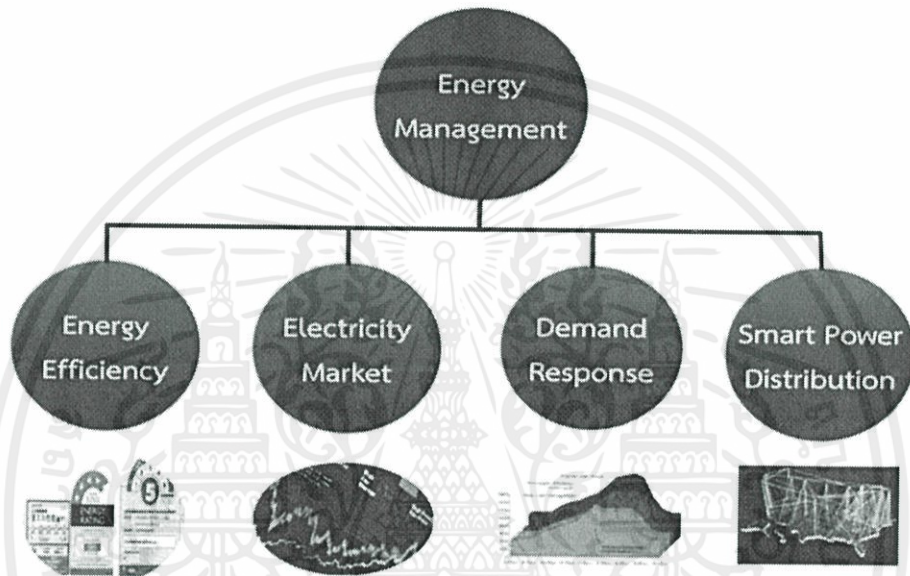
2.3.5.2.4 Substation based state estimation

เทคโนโลยีของ substation ในปัจจุบันนี้ได้เริ่มมีการวางโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการทำงานของ PMU โดยจะมี relay ใน feeder และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งไว้ทั้งด้านแรงดันสูง และแรงดันต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเทคโนโลยี PMU นี้สามารถนำมาใช้งานร่วมกับ substation ได้เพื่อขยายโครงข่าย การนำเทคโนโลยี substation ไปใช้นั้นสามารถเปลี่ยนแนวทางของธุรกิจ RTO ได้ โครงสร้างทั้งหมดสามารถแสดงผลได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การจัดการพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Management)

การจัดการพลังงานที่ดี เป็นส่วนสำคัญมากอีกส่วนหนึ่งของระบบกริดอัจฉริยะด้วยการทำงานร่วมกันของระบบสื่อสาร และระบบควบคุม ประกอบกับการเลือกใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น การเลือกใช้วัสดุในการทำสายตัวนำ/ฉนวน การวางผังเมือง เป็นต้น ทำให้พลังงานในระบบกริดอัจฉริยะเป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ เสถียรภาพ ความสะดวก และความปลอดภัยมากขึ้นกว่าระบบไฟฟ้าแบบเก่า



รูปที่ 2.69 โครงสร้างระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Management)

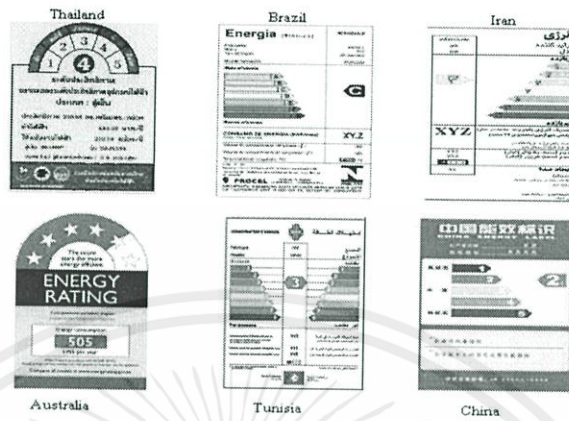
2.3.6.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficient Energy)

การเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน เป้าหมายคือการใช้พลังงานในปริมาณที่น้อยกว่าเดิมในการทำงานเดิม ซึ่งมีการถกเถียงกันเกี่ยวกับวิธีการต่างๆ ที่ชัดเจนตั้งแต่ปี 1973 ที่มีปัญหาวิกฤตการณ์น้ำมันเป็นต้นมา ว่าควรที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแทนที่จะเพิ่มปริมาณการผลิตพลังงาน เพราะสามารถช่วยลดพลังงานที่ใช้แต่สามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเดิม โดยการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานนั้นทำได้หลายวิธี ดังตัวอย่างต่อไปนี้

(ก) การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง โดยได้มีการจัดทำฉลากประสิทธิภาพต่างๆ เพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิภาพ ปริมาณค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย เป็นต้น ซึ่งฉลาก

ประสิทธิภาพสูง คือฉลากที่แสดงค่าประสิทธิภาพสำหรับผลิตภัณฑ์ โดยค่าประสิทธิภาพที่ปรากฏบนฉลากเป็นค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบจริงตามมาตรฐานที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะฉลากใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเทคนิคแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลิตภัณฑ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรูปแบบฉลากประสิทธิภาพสูงของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนกัน จะต่างกันบริเวณข้อความด้านล่าง ซึ่งจะระบุชนิดและแสดงค่าประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ



รูปที่ 2.70 ฉลากแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศต่างๆ

ที่มา : http://www.worldenergy.org/images/cm_images/publications/eei08/figure3-6.jpg

(ข) การใช้ฉนวนกันความร้อนในการก่อสร้างอาคารต่างๆ เพื่อที่จะลดการทำงานของระบบปรับอากาศลงทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

(ค) การพิจารณาแนวคิดการประหยัดพลังงานใหม่ทั้งหมด เช่น "บ้านทิ้งหลัง" "รถถังคัน" หรือแม้แต่ "ระบบขนส่งมวลชนทั้งระบบ" เมื่อทำเช่นนี้ จะลดการใช้พลังงานลงได้ 4 ถึง 10 เท่าของพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น

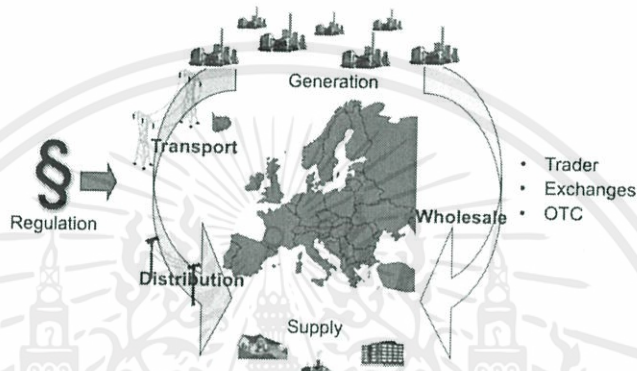
ให้เราจินตนาการว่าเป็นผู้จัดการสำนักงานตลอดทั้งหน้าร้อน เครื่องปรับอากาศบีบความเย็นไปที่ตัวพนักงานเพื่อให้พนักงานทำงานได้เข้มข้นขึ้น การทำอย่างนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เราสามารถให้วิศวกรที่ฉลาดปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องบีบความเย็น แต่แทนที่จะทำอย่างนั้น ทำไมเราไม่หยุดคิดแล้วพิจารณาทั้งระบบ ถ้าเราปรับปรุงสำนักงานให้ป้องกันแสงอาทิตย์ไม่ให้ส่งความร้อนมายังสำนักงานจนเหมือนเตาอบ จากนั้นจึงติดตั้งคอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร และไฟที่มีประสิทธิภาพทางพลังงาน (ซึ่งประหยัดไฟและปล่อยความร้อนน้อยลง) จากนั้นติดตั้งระบบปรับอากาศที่ไม่ใช้กำลังในการทำงาน เช่น การระบายอากาศในตอนกลางคืน เราอาจพบว่าระบบปรับอากาศไม่จำเป็นอีกต่อไป และแน่นอนว่าหากอาคารได้รับการวางแผนและสร้างอย่างเหมาะสมแล้ว เราจะไม่ต้องซื้อเครื่องปรับอากาศตั้งแต่แรก

(ก) ในภาคอุตสาหกรรม เช่นการเลือกใช้ขดลวดของมอเตอร์ทำจาก Superconductor เพื่อลดค่าการสูญเสียในแกนเหล็ก ,ปรับปรุงสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อม และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก, เอกสารนี้เพิ่มปริมาณและคุณภาพของสินค้า เป็นต้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) การใชยานพาหนะไฟฟ้าแทนยานพาหนะที่ใช้น้ำมัน

2.3.6.2 ตลาดการซื้อขายไฟฟ้า (Electricity Market)

ในระบบกริดอัจฉริยะผู้บริโภคสามารถที่จะทำการซื้อขายไฟฟ้าได้ง่ายบนเครือข่ายที่เชื่อมต่อกับ internet โดยสามารถเลือกได้ว่าจะใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตไหน ได้ในทุกๆ เวลา (Real-Time) ซึ่งราคาต่างๆ จะมีบอก ณ ช่วงเวลาต่างๆ หากต้องการใช้ไฟในช่วงที่เกิด peak load ค่าไฟฟ้าก็จะแพง แต่หากไปใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่คนใช้ไฟฟ้าน้อยๆ ค่าไฟฟ้าก็จะมีราคาถูกลง ทำให้ผู้บริโภคมีการจัดการการใช้พลังงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดการใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ และยังช่วยลดปัญหาไฟดับในขณะที่ใช้ไฟฟ้า เพราะผู้บริโภคสามารถเปลี่ยนการรับไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่นที่ไม่มีปัญหาได้



รูปที่ 2.71 ระบบการซื้อขายไฟฟ้า [30]

ตลาดของพลังงานไฟฟ้ามีความแตกต่างจากตลาดทั่วไปเนื่องจากมีความแตกต่างทางด้านลักษณะของผลิตภัณฑ์ พลังงานไฟฟ้านี้มีลักษณะเด่นที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นๆ คือการใช้ไฟฟ้าจะเป็นไปตามเวลาจริง ไม่สามารถเก็บพลังงานปริมาณมากได้ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการอย่างต่อเนื่อง จากรูปที่ 2.71 จะเห็นได้ว่าตลาดของพลังงานไฟฟ้านั้นจะมีทั้งจากภาครัฐ (Regulation) และภาคเอกชน (Wholesale, Trader, Exchanges, OTC) โดยตลาดส่วนขายส่ง (Wholesale Market)

2.3.6.2.1 การแบ่งตลาดลักษณะขายส่งได้ออกเป็น 2 กลุ่ม

(ก) ลักษณะการซื้อขายที่มีผู้ซื้อผู้ขายรายเดียว (OTC) ซึ่งจะสามารถออกแบบการซื้อขายปริมาณไฟฟ้าได้ตามต้องการหรือตามที่ตกลงไว้ เป็นตลาดที่ภายนอกเข้าไปควบคุมได้ยาก

(ข) ลักษณะที่มีองค์กรกลางควบคุมราคา (Exchanges) จะเป็นลักษณะขององค์กรกลางที่มีมาตรฐานของผลิตภัณฑ์และราคา เป็นตลาดที่สามารถควบคุมได้ง่าย และไม่จำกัดผู้เข้าร่วมซื้อขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

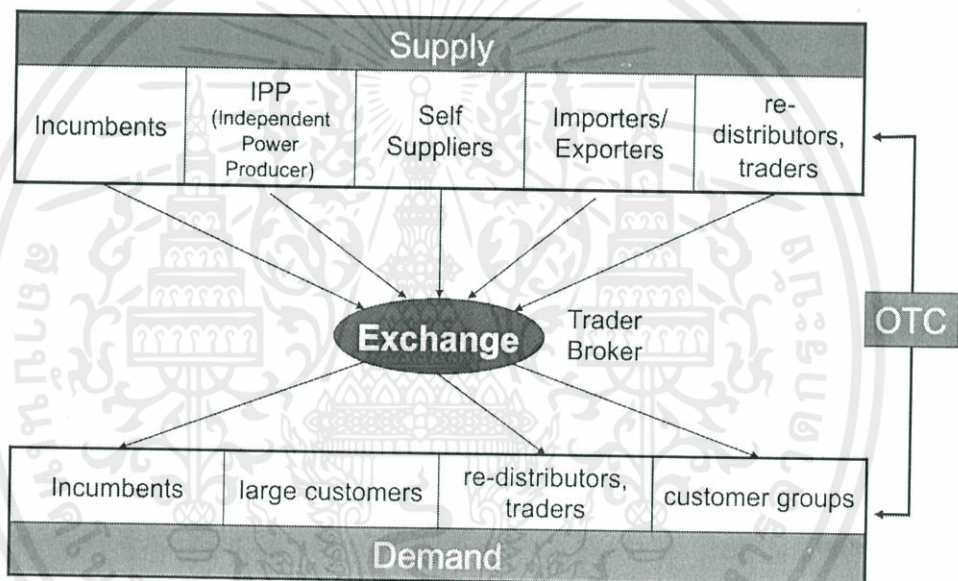
2.3.6.2.2 ลักษณะการซื้อขายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ

(ก) ระยะเวลาสั้น (Spot)

ระยะสั้น (Spot) จะเป็นการตกลงการซื้อขายในรูปแบบของการประมูล ราคาจะไม่มีเปลี่ยนแปลง โดยปกติแล้วจะมีการตกลงซื้อขายล่วงหน้าเพียงแค่ 1 วัน

(ข) ระยะเวลายาว (Forward)

ระยะยาว (Forward) เป็นการซื้อขายลักษณะต่อเนื่องและราคาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ การซื้อขายลักษณะนี้จะต้องมีการตกลงซื้อขายหรือทำสัญญาล่วงหน้า 1 ปีเป็นอย่างต่ำ



รูปที่ 2.72 ตลาดอิสระ (Liberalized Market) [30]

โดยปกติผู้ซื้อและผู้ขายของตลาดอิสระจะเป็นผู้ผลิตและผู้ซื้อรายย่อย ดังนั้นการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าจะเป็นการซื้อขายผ่านทางตลาดขายส่งทั้งแบบ OTC และแบบ Exchange

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.2.3 ลักษณะการจ่ายไฟของผู้ผลิตมี 5 ลักษณะด้วยกัน

(ก) การจ่ายไฟฟ้าให้ผู้บริโภคเต็มปริมาณ (Fully supply)

เป็นการจ่ายไฟให้ผู้บริโภคเต็มปริมาณที่ผู้บริโภคต้องการตามเวลาจริงทำให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้ผลิตเป็นอย่างมาก เนื่องจากผู้ผลิตไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องดังรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.73 การจ่ายไฟฟ้าให้ผู้บริโภคเต็มปริมาณ [30]

(ข) การจ่ายปริมาณไฟฟ้าตาม que ผู้บริโภคกำหนด (Scheduled supply)

เป็นการจ่ายไฟตาม que ผู้บริโภคกำหนดมา ซึ่งผู้บริโภคจะทำตารางความต้องการไฟฟ้ามาเป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้ผู้ผลิตลดความเสี่ยงลงได้ดังรูปที่ 2.47

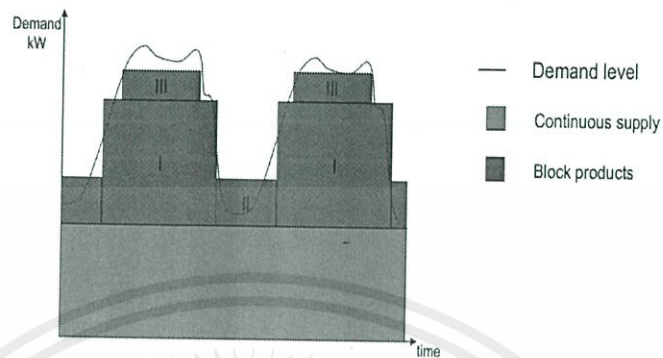


รูปที่ 2.74 การจ่ายปริมาณไฟฟ้าตาม que ผู้บริโภคกำหนด [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) เป็นการจ่ายปริมาณไฟฟ้าตามโหลดฐาน (Continuous supply)

เป็นลักษณะการจ่ายไฟแบบ base load คือจ่ายไฟฟ้าเป็นปริมาณเท่าเดิมและต่อเนื่อง



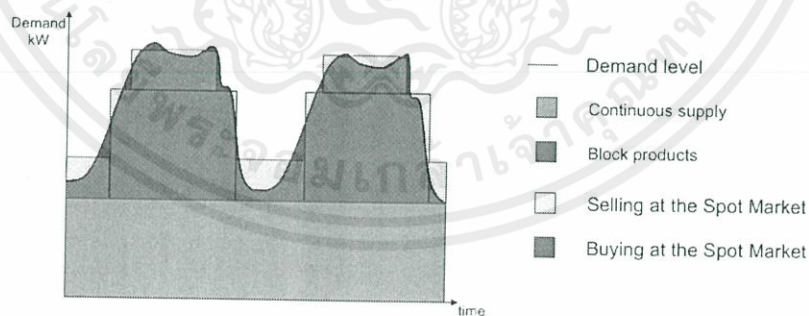
รูปที่ 2.75 Scheduled supply และ Block supply [30]

(ง) การจ่ายปริมาณไฟฟ้าที่มีการระบุ และตามช่วงเวลาในทุกๆวัน (Block supply)

เป็นการจ่ายไฟตามช่วงเวลาที่มีการระบุปริมาณความต้องการไว้และเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในทุกๆ วัน แผนการจ่ายไฟลักษณะนี้จะเป็นแผนการระยะยาว (Forward)

(จ) การจ่ายปริมาณไฟฟ้าในลักษณะรวมกันของแบบ Block Supply และ Continuous Supply (Spot trading)

เป็นการจ่ายไฟในลักษณะรวมกันของ Continuous supply และ Block supply โดยเพิ่มการซื้อขายตามเวลาจริงหรือในแต่ละวัน เพื่อให้ตรงตามความต้องการจริงของผู้บริโภค



รูปที่ 2.76 Spot trading [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.3 การตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภค (Demand Response, DR)

คือรูปแบบการตอบสนองความต้องการทางไฟฟ้าระหว่างผู้ผลิต/จำหน่าย และผู้ใช้ไฟฟ้า โดยรูปแบบในอดีตคือการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าด้วยการสื่อสารทางเดียวโดยส่งสัญญาณจากผู้ผลิต/จำหน่าย ผ่านสายไฟฟ้าหรือระบบสื่อสารอื่น ไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าเพื่อทำการควบคุมให้ผู้ใช้ไฟฟาลดระดับความต้องการให้อยู่ในระดับที่ตกลงกัน เช่น ระบบ Ripple Control ควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศรูปแบบ DR อีกชนิด คือการส่งสัญญาณควบคุมจากผู้ผลิต/จำหน่าย ไปยังสถานที่ใช้ไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (Standby Generator) เพื่อเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าโดยมีวัตถุประสงค์ในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้า (Peak Cut) ในเวลาที่ระบบต้องการ โดยมีข้อตกลงหรือสัญญาระหว่างกันนอกจากนี้ในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าบางรายยังมีการบริหารความต้องการใช้ไฟฟ้าด้วยตนเอง (Load management) ด้วยมาตรการต่างๆ เช่น เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองในช่วงที่มีอัตราค่าไฟฟ้าสูงหรืองด/ลดการใช้งาน อุปกรณ์ที่มีความจำเป็นน้อยบางชนิดลง เพื่อบริหารให้มีความคุ้มค่าจ่ายกระแสไฟฟ้าต่ำลงในปัจจุบันทั้งระบบสื่อสารและมิเตอร์ได้มีการพัฒนาการจนสามารถสื่อสารในระบบ 2 ทางได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ ในรูปแบบของ Smart Grid ซึ่งเอื้ออำนวยให้เกิดการประสานงานกันได้อย่างใกล้ชิดยิ่งขึ้นระหว่างผู้ผลิต/จำหน่าย และผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งจะช่วยให้สามารถควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเหมาะสม โดยผ่านมาตรการต่างๆ เช่น การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (Standby Generator) การควบคุมอุณหภูมิปรับอากาศ การควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างการปรับกระบวนการผลิต การปรับลดโหลดชั่วคราว เป็นต้น โดยระบบการสื่อสาร 2 ทางจะช่วยให้การตรวจสอบผล และปรับสมดุลในระบบได้อย่างรวดเร็ว

2.3.6.3.1 ประโยชน์ของ DR

(ก) DR จะช่วยให้ภาระการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak Period ลดลง ซึ่งจะทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตและสำรองไฟฟ้าในช่วงเวลานั้นลงได้ผลประโยชน์ที่ได้รับจะช่วยให้ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถวางแผนใช้กำลังการผลิตที่มีอยู่ได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าก็จะได้รับเงินชดเชยสำหรับการควบคุมรวมถึงอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มีต้นทุนลดลงอีกส่วนหนึ่ง

(ข) DR จะช่วยให้สามารถบริหารการผลิตและจ่ายไฟฟ้าในภาวะฉุกเฉิน ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น ในกรณีพิบัติภัย แหล่งจ่ายพลังงานหลักขัดข้อง ภัยแล้ง แหล่งพลังงานหมุนเวียนขัดข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.3.2 กลไกของ DR

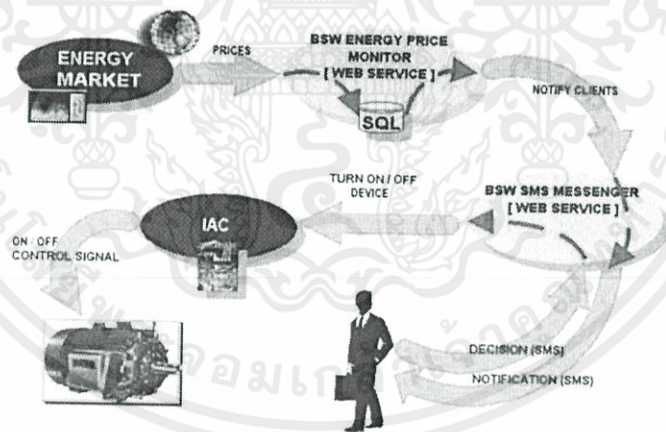
DR เป็นรูปแบบความร่วมมือใน Supply Chain ของพลังงานไฟฟ้า และจัดสรรผลประโยชน์ แบ่งปันระหว่าง ผู้ผลิต/จำหน่าย และผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ในภาพรวมของประเทศได้ในที่สุด มีกลไกสำคัญคือ

(ก) รูปแบบและมาตรการที่ใช้ควบคุม เช่น Standby Generator การควบคุมระบบปรับอากาศ แสงสว่าง ฯลฯ ต้องได้รับการยินยอมจากผู้ไฟฟ้าให้ติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารและควบคุม

(ข) อัตราการชดเชยที่เหมาะสม เพื่อจัดสรรผลประโยชน์เป็นแรงจูงใจให้กับผู้ร่วมกิจกรรม ซึ่งมีทั้งผู้ผลิต/จำหน่าย และผู้ใช้ไฟฟ้า

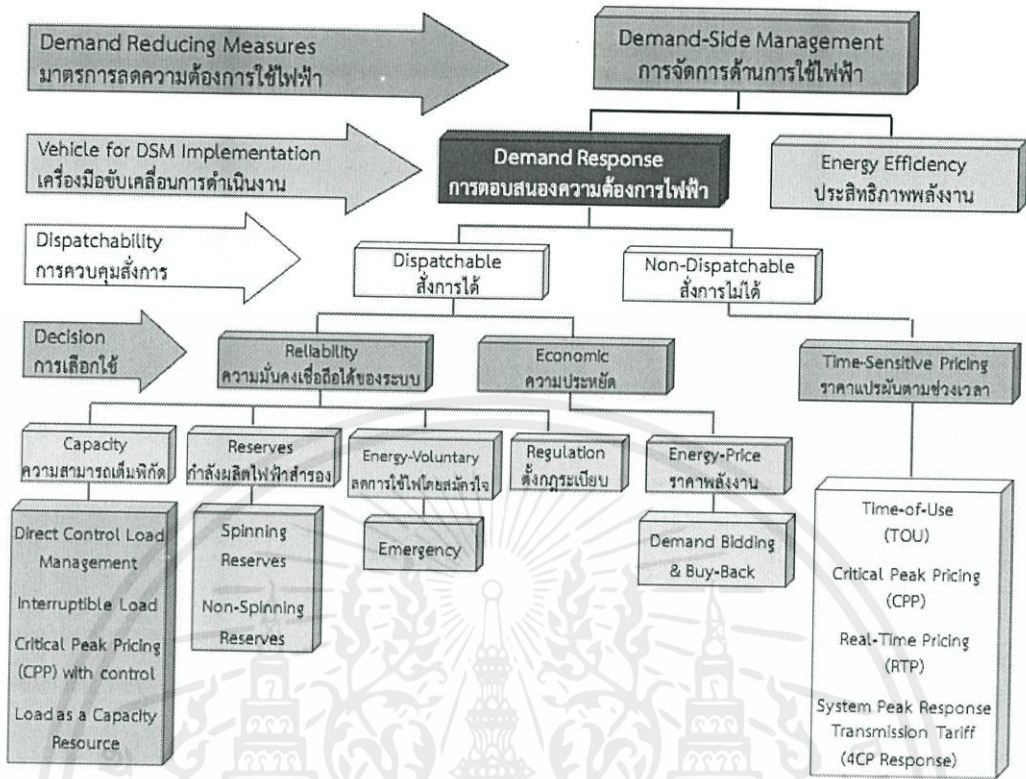
(ค) ระบบการส่งสัญญาณ เตือนหรือควบคุม เพื่อให้มีการปฏิบัติตามพันธะที่ตกลงกันไว้ รวมทั้งระบบการตรวจสอบที่ยอมรับทั้ง 2 ฝ่าย

(ง) หน่วยงานที่รับผิดชอบ เนื่องจากกิจกรรม DR มีกระบวนการที่ต้องดำเนินงานมาก และต้องมีการประสานงานโดยใกล้ชิดกับผู้ร่วมกิจกรรมซึ่งจะมีจำนวนมากว่าการควบคุมโรงไฟฟ้าหลายเท่าตัว ดังนั้นจึงควรต้องมีองค์กรหรือหน่วยงานเฉพาะเพื่อกิจกรรม DR นี้



รูปที่ 2.77 ระบบการตอบสนองการต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภค [44]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.78 แสดงการจัดการการตอบสนองความต้องการไฟฟ้า [44]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.4 ระบบการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Power Distribution)

ระบบการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะนั้นจะเน้นในส่วนของระบบสถานีไฟฟ้าอัตโนมัติที่สามารถแก้ไขเหตุการณ์ได้อย่างอัตโนมัติ และยังสามารถติดต่อส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางของระบบไฟฟ้าเพื่อที่จะ วางแผนในการดำเนินการ หรือบำรุงรักษาระบบต่อไป อีกทั้งยังมีในส่วนของ การเพิ่มประสิทธิภาพของสายส่งให้มีการสูญเสียต่ำ และมีประสิทธิภาพสูงโดยใช้เทคโนโลยี ระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง (HVDC) และการติดตั้งอุปกรณ์ระบบส่งไฟฟ้ากระแสสลับยืดหยุ่น (FACTS)

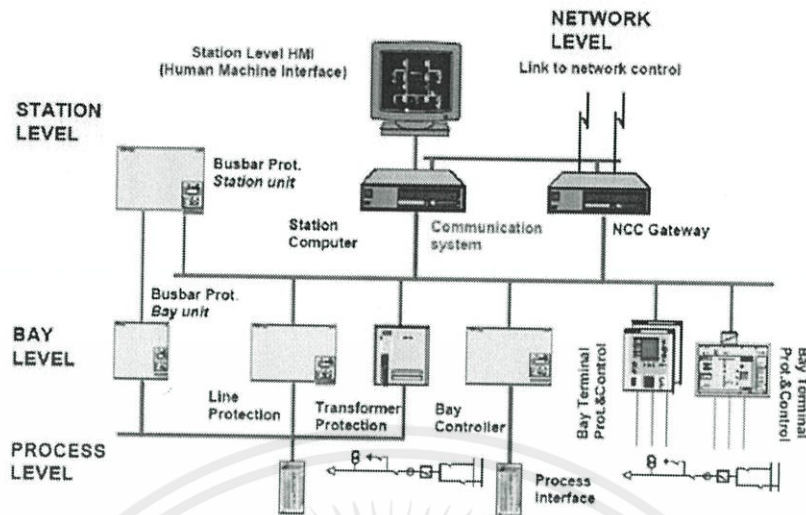
2.3.6.4.1 สถานีไฟฟ้าย่อยอัตโนมัติ (Substation Automation, SAS)

สถานีไฟฟ้าย่อยอัตโนมัติ คือ ระบบอัตโนมัติที่อนุญาตให้สถานีย่อยสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อมีเหตุการณ์ไม่ปกติเกิดขึ้นในสถานีย่อย รวมทั้งสามารถส่งข้อมูลให้ระบบอื่นๆ เพื่อประกอบพิจารณาในการวางแผนจ่ายไฟฟ้าและบำรุงรักษา ดังนั้นการที่จะทำให้ระบบทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และปรับปรุงข้อมูลต่างๆ ให้ทันสมัยที่สุดนั้น จะต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบย่อยหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อาจใช้วิธีการสื่อสารข้อมูลหลากหลายชนิด เช่น ระบบ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), RTU (Remote Terminal Unit), ระบบควบคุมและป้องกัน อันอาจหมายถึงรีเลย์ป้องกัน หรือ BCU (Bay Control Unit) ทำงานร่วมกันเป็นหนึ่งโดยอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน ซึ่งในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันนั้น จำเป็นต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลในการติดต่อสื่อสารกัน โดยในปัจจุบันได้กำหนดมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลคือ IEC 61850

(ก) โครงสร้างของระบบสถานีย่อยอัตโนมัติ

โครงสร้างของระบบสถานีย่อยอัตโนมัติ (Substation Automation Structure) ระบบสถานีไฟฟ้าย่อยอัตโนมัติประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (IED: Intelligence Electronic Device) หลายๆ ประเภท ทำหน้าที่ต่างกัน เช่น เป็นอุปกรณ์ป้องกัน (Protective Relay) อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Device) อุปกรณ์ควบคุม (CU: Control Unit) หรือแม้กระทั่งตัว RTU IED แต่ละตัวจะถูกติดตั้งตามโครงสร้างของระบบ SAS ขึ้นอยู่กับหน้าที่และภาระงานของมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.79 โครงสร้างระบบสถานีย่อยอัตโนมัติ [45]

แบ่งเป็น 3 ระดับ โดยแต่ละระดับมีหน้าที่ดังนี้

(ก.1) ระดับสถานี (Station Level)

ระดับสถานี (Station Level) มีหน้าที่ในการส่งข้อมูลให้ระบบ SCADA การจัดการระบบอัตโนมัติระดับสถานี (ระหว่างอุปกรณ์ต่างเบย์ หรือต่างกลุ่ม เช่น ระหว่างสองหม้อแปลงกำลัง) การจัดการวิเคราะห์และสำรองข้อมูล การเข้าจังหวะเวลาระหว่างอุปกรณ์ (Time Synchronization) การจัดการสัญญาณเตือน สถานะและการเปลี่ยนแปลงภายในสถานีย่อย และการควบคุมอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าผ่านระบบคอมพิวเตอร์ (HMI: Human Machine Interface)

(ก.2) ระดับเบย์ (Bay Level)

ระดับเบย์ (Bay Level) มีหน้าที่ในการจัดการระบบอัตโนมัติระดับเบย์ (ระหว่างภายในเบย์เดียวกันหรือกลุ่มเดียวกัน เช่น กลุ่มหม้อแปลงกำลังเดียวกัน) การดึงข้อมูลจากอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า (Data Acquisition) การจัดการการควบคุมอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า การจัดการระบบป้องกันอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า

(ก.3) ระดับโปรเซส (Process Level)

ระดับโปรเซส (Process Level) มีหน้าที่เชื่อมต่อสายสัญญาณทางไฟฟ้าจากอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าไปยังระดับเบย์ เช่น สายสัญญาณค่ากระแสจากหม้อแปลงกระแส (CT: Current Transformer) สายสัญญาณค่าสถานะของอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าเช่นสถานะปลดสับของเบรก

เกอร์สายสัญญาณควบคุมอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า เช่น สายสัญญาณปลดเบรกเกอร์ และสายสัญญาณสื่อสารข้อมูลสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าสมัยใหม่ที่มี IED ขนาดเล็กฝังภายในตัวอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงกระแสอัจฉริยะ (Intelligence CT ตามมาตรฐาน IEC61850) การใช้สายสัญญาณสื่อสารข้อมูลจะสามารถลดจำนวนสายสัญญาณราคาสูงที่เป็นทองแดง และสามารถติดตั้งระบบ SAS ได้โดยง่าย อันเนื่องมาจากสายสัญญาณสื่อสารข้อมูลต้องการพื้นที่ในการติดตั้งน้อย

(ข) ประโยชน์ของระบบสถานีไฟฟ้าย่อยอัตโนมัติ

สำหรับในสถานีย่อยที่มีระยะห่างระหว่าง IED คอนข้างไกลนั้นไม่สมควรที่ใช้สายสัญญาณที่เป็นสายทองแดงเนื่องจากอาจจะถูกรบกวนจากคลื่นสนามแม่เหล็กได้โดยง่ายโดยเฉพาะในขณะที่อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงเริ่มทำงาน สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) เป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาที่โดยปกติสายใยแก้วนำแสงสามารถผลิตจากแก้วหรือพลาสติก ซึ่งสายใยแก้วนำแสงที่สร้างจากพลาสติกจะมีราคาคอนข้างถูกแต่จะมีข้อเสียในเรื่องของอัตราการเสื่อมสภาพที่สูงกว่าแก้วคอนข้างมากประโยชน์ของระบบ SAS สามารถวิเคราะห์ได้ 2 มุมมอง คือ ทางด้านธุรกิจ และทางด้านเทคนิคโดยในบทความนี้จะกล่าวในลักษณะโดยรวมได้แก่

(ข.1) เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระบบไฟฟ้า

เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระบบไฟฟ้า (Enhancing Power System Operation) เนื่องจากระบบ SAS สามารถเข้าถึงข้อมูลของแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้วิศวกรไฟฟ้าสามารถรู้ขีดความสามารถของแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จริง และสามารถคำนวณค่าระยะเพื่อความปลอดภัย (Safety Margin) ของแต่ละอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ทำให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เหมาะสมกับราคาและความสามารถของมัน

(ข.2) เพิ่มความเชื่อถือได้และความยืดหยุ่นในระบบไฟฟ้า

เพิ่มความเชื่อถือได้และความยืดหยุ่นในระบบไฟฟ้า (Increasing Reliability and Flexibility) ระบบ SAS มีระบบอัตโนมัติที่จัดการสภาพขัดข้องทางไฟฟ้าทำให้ลดระยะเวลาไฟฟ้าดับ ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าราคาสูงชำรุดอันเนื่องมาจากกระแสลัดวงจรหรือแม้กระทั่งทำการปลดโหลดที่ไม่สำคัญเพื่อรักษาโหลดที่สำคัญเอาไว้ ดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

(ข.2.1) Autoreclosing คือการจ่ายไฟฟ้ากลับอัตโนมัติหลังจากเกิดการลัดวงจรแบบชั่วคราว

(ข.2.2) Load Shedding คือการปลดโหลดที่ไม่สำคัญเพื่อรักษาโหลดที่สำคัญเอาไว้

เนื่องจากมีปัญหาในความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาทั้งหมด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข.2.3) High Speed Power Transfer for Uninterrupted Power Supply คือ การย้ายรับแหล่งจ่ายไฟด้วยความเร็วสูง เช่น ถ้าในโรงงานมีหม้อแปลงกำลัง 2 ตัวแยกกัน จ่ายไฟฟ้า ถ้าหม้อแปลงหนึ่งมีปัญหา โหลดจะย้ายอัตโนมัติไปรับไฟจากอีกหม้อแปลงหนึ่งทันที

(ข.2.4) Bay Oriented Busbar Protection คือการป้องกันบัสบาร์ซึ่งเป็นแห่งตัวนำไฟฟ้าซึ่งรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าและส่งไปยังแหล่งรับไฟฟ้า อาจจะมีแหล่งรับหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลายแห่ง เช่นมีหม้อแปลงกำลังไฟฟ้าหลายตัว ดังนั้นบัสบาร์จึงมีโอกาสได้รับผลกระทบจากเหตุผิดปกติทางไฟฟ้าสูง เมื่อเกิดกระแสลัดวงจรไหลในบัสบาร์ ระบบ SAS ต้องพยายามตัดแหล่งต้นตอของการลัดวงจรให้เร็วที่สุดและพยายามรักษาแหล่งจ่ายและแหล่งรับไฟฟ้าตัวอื่นให้ทำงานต่อไปได้ การป้องกันบัสบาร์เป็นการรักษาความมั่นคงในระบบไฟฟ้าที่สำคัญระบบหนึ่ง

(ข.2.5) Power Transformer Protection Control and Monitoring หม้อแปลงกำลังเป็นอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าราคาสูง ระบบ SAS สามารถตรวจสอบสภาพผิดปกติของหม้อแปลงก่อนที่จะเกิดเหตุขัดข้องทางระบบไฟฟ้า เป็นผลให้ลดค่าบำรุงรักษารวมทั้งลดค่าความเสียหายอันเนื่องจากไฟดับ (Outage Cost) อีกทั้งระบบ SAS สามารถใช้ความสามารถของหม้อแปลงกำลังได้อย่างสูงสุดจากการควบคุมโหลดและระดับแรงดันที่เหมาะสม

(ข.2.6) Power System Monitoring ระบบ SAS สามารถตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้ระบบไฟฟ้าขัดข้องเช่น เกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ เกิดจากความเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือวงจรควบคุมไฟฟ้า หรือเกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ลม ฝน ดังนั้นวิศวกรสามารถวิเคราะห์สาเหตุเพื่อออกมาตรการป้องกัน หรือเพื่อแก้ไขเหตุขัดข้องได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งเข้าแก้ไขสิ่งผิดปกติในระบบก่อนที่จะเกิดเหตุขัดข้องไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้

2.3.6.4.2 ระบบส่ง HVDC

ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นและการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดกำลังไฟฟ้าและโหลดด้วยระยะทางที่ไกลมากขึ้น ทำให้เกิดข้อจำกัดในการส่งกำลังไฟฟ้าด้วยสายส่งไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

(ก) ข้อจำกัดในการส่งไฟฟ้าด้วยสายส่งไฟฟ้ากระแสสลับ

(ก.1) การสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนในระบบส่งไฟฟ้ากระแสสลับ

การสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนในระบบส่งไฟฟ้ากระแสสลับ ความต้องการกำลังไฟฟ้าเสมือนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในระบบผลิต ส่ง และจำหน่าย เมื่อกำลังไฟฟ้าเสมือนที่ผลิตจากตัวเก็บประจุในสายส่งไม่สมดุลกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปโดยตัวเหนี่ยวนำในสายส่งที่สภาวะโหลดต่ำกว่า จะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนขึ้น ในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าที่โหลด

น้อย กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ใช้ไปของตัวเหนี่ยวนำจะน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่สร้างจากตัวเก็บประจุ ในทางตรงกันข้ามในช่วงที่ความต้องการกำลังไฟฟ้าไหลมาก กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ใช้ไปของตัวเหนี่ยวนำจะมากกว่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่สร้างจากตัวเก็บประจุ การสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อแรงดันที่ต้นสายและปลายสาย จึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งตัวชดเชยกำลังไฟฟ้าเสมือนเข้าไปเพื่อรักษาระดับแรงดันให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

(ก.2) เสถียรภาพทางมุมกำลัง

เสถียรภาพทางมุมกำลัง เนื่องจากระบบไฟฟ้ากระแสสลับต้องทำงานภายใต้ภาวะซิงโครไนซ์ เมื่อกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งระหว่างสองบัส ซึ่งการรักษาภาวะซิงโครไนซ์หรือเสถียรภาพระบบไว้ให้ได้นั้นต้องทำให้ความแตกต่างมุมระหว่างสองบัส มีค่าน้อยกว่า 90 องศา

(ก.3) วิสัยสามารถรับกระแส (current carrying capacity)

วิสัยสามารถรับกระแส (current carrying capacity) ของสายส่งหมายถึงกระแสสูงสุดที่สายส่ง AC สามารถนำได้อย่างต่อเนื่อง จึงเป็นข้อจำกัดหนึ่งของสายส่ง AC ในการส่งกำลังไฟฟ้า

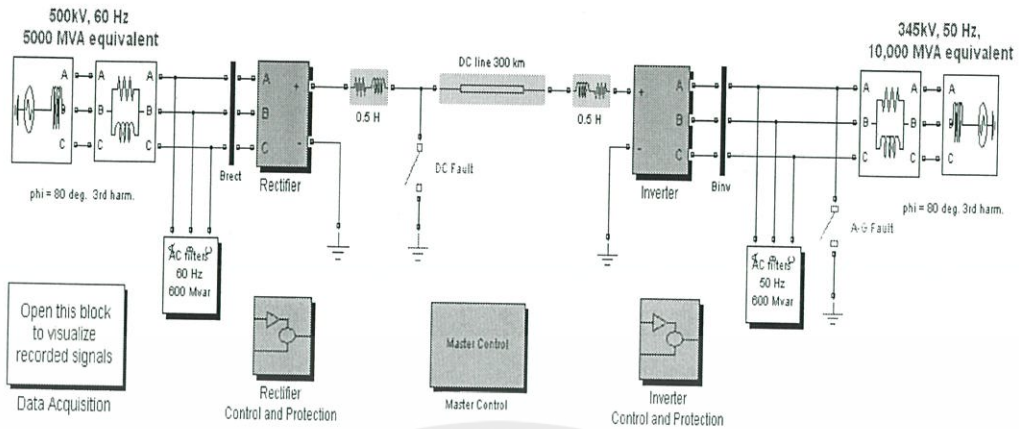
(ก.4) การซิงโครไนซ์ของระบบ AC สองระบบที่มีความถี่ต่างกัน

การซิงโครไนซ์ของระบบ AC สองระบบที่มีความถี่ต่างกันไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรง เนื่องจากไม่สามารถซิงโครไนซ์กันได้

(ก.5) การควบคุมกำลังไฟฟ้าในระบบส่ง AC

การควบคุมกำลังไฟฟ้าในระบบส่ง AC การควบคุมกำลังไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของสายส่ง เฟสมุมแตกต่างระหว่างบัส และแรงดันระหว่างสองบัส ดังนั้นการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าโดยตรงจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เสริมเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.80 โครงสร้างพื้นฐานระบบ HVDC
ที่มา : http://www.mathworks.com/help/physmod/powersys/ug/pe_applications_hvdc1.gif

โครงสร้างพื้นฐานของระบบส่ง HVDC ซึ่งแสดงยังรูปที่ 2.86 เป็นการเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current, AC) สองระบบเข้าด้วยกัน สมมติให้ระบบ AC1 เป็นด้านส่ง กำลังไฟฟ้า เริ่มจากตัวเรียงกระแสซึ่งแปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง (direct current, DC) ซึ่งประกอบขึ้นจากอุปกรณ์นำกระแสจำพวกไทรสเตอร์ เป็นต้น แล้วส่งกำลังไฟฟ้า DC ด้วยสายส่ง DC ผ่านอินเวอร์เตอร์ซึ่งแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับให้กับระบบ AC2 ซึ่งเป็นด้านรับกำลังไฟฟ้า

(ข) การเปรียบเทียบข้อดีของระบบส่ง HVDC กับระบบส่ง AC

(ข.1) AC และ DC ที่มีกำลังไฟฟ้าต่อวงจรเท่ากัน การเชื่อมโยงด้วยระบบส่ง HVDC จะมีราคาถูกลงกว่า เพราะระบบส่ง HVDC ใช้สายส่งตัวนำสองเส้น ในขณะที่ระบบส่ง AC ใช้สายส่งอย่างน้อยสามเส้น นอกจากนี้ พื้นที่ที่ใช้สำหรับติดตั้งเสาส่งไฟฟ้าของระบบส่ง HVDC ยังน้อยกว่าพื้นที่ที่ติดตั้งเสาส่งไฟฟ้าในระบบส่ง AC

(ข.2) ระยะทางไม่ได้เป็นขีดจำกัดความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าของระบบส่ง HVDC แต่ในระบบส่ง AC กำลังไฟฟ้าสูงสุดแปรผกผันกับค่ารีแอคแตนซ์ X ของสายส่งซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของสายส่ง กำลังไฟฟ้าของสายส่ง AC จะลดลงเมื่อความยาวของสายส่งหรือระยะทางเพิ่มมากขึ้น

(ข.3) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างระบบส่ง AC และระบบส่ง HVDC แบ่งเป็นสองเอกสารนี้เป็นเอกสารคือค่าใช้จ่าย สำหรับสถานีต้นทาง/ปลายทาง และค่าใช้จ่ายสำหรับสายส่ง เนื่องจากในไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้ง ระบบส่ง HVDC ที่สถานีต้นทางต้องมีเครื่องแปลงผันจากกระแสสลับเป็นกระแสตรงแล้วส่ง

กำลังผ่านสายส่งไปยังสถานีปลายทางซึ่งต้องมี เครื่องแปลงผันจากกระแสตรงเป็น กระแสสลับอีกครั้ง จึงทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับสถานีต้นทางและสถานีปลายทางของระบบส่ง HVDC สูงกว่าระบบส่ง AC ซึ่งไม่ต้องการเครื่องแปลงผัน แต่ค่าใช้จ่ายสายส่ง DC จะต่ำกว่า สายส่ง AC เนื่องจากจำนวนสายส่งต่อวงจรน้อยกว่า เป็นผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบส่ง HVDC สูงกว่าระบบส่ง AC สำหรับการส่งกำลังไฟฟ้าในระยะทางสั้นๆ อย่างไรก็ตาม เมื่อ ระยะทางของสายส่งประมาณ 600 ถึง 800 กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายรวมของระบบส่ง HVDC จะ เท่ากับระบบส่ง AC เรียกระยะทางนี้ว่า ระยะทางที่คุ้มทุน (break-even distance) เมื่อ ระยะทางมากกว่าระยะทางที่คุ้มทุน จะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบส่ง HVDC ต่ำกว่า ระบบส่ง AC ดังนั้น ระบบส่ง HVDC จึงเหมาะกับการส่งกำลังไฟฟ้าที่ระยะทางไกลๆ

(ข.4) แรงดันไฟฟ้าตกในสายส่ง DC น้อยกว่าสายส่ง AC เนื่องจากพารามิเตอร์ของ สายส่ง DC มีแต่ความต้านทานเท่านั้นในขณะที่พารามิเตอร์สายส่ง AC ประกอบด้วย ความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ

(ข.5) ในสายส่ง DC ไม่เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเหมือนเหมือนในสายส่ง AC ดังนั้น จึงไม่มีความจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้าเหมือนในสายส่ง DC

(ข.6) ในสายส่ง DC ไม่มีกระแสอัดประจุ (charging current) เนื่องจากในสายส่ง DC ไม่มีตัวเก็บประจุเหมือนกับสายส่ง AC จึงไม่เกิดกระแสอัดประจุเนื่องจากตัวเก็บประจุขึ้น ส่งผลให้สายส่ง DC ไม่มีปัญหาแรงดันปลายทางสูงกว่าแรงดันต้นทางในขณะที่ไม่มีโหลดซึ่งก็คือผลของเฟอร์รานติ (Ferranti effect) เหมือนกับสายส่ง AC

(ข.7) ระบบส่ง HVDC มีความสูญเสียเนื่องจากโคโรนา (corona) น้อยกว่าระบบส่ง AC พิจารณาจากเมื่อค่า RMS ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะเห็นว่าค่ายอดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าสูงกว่าจึงทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในระบบส่ง AC มากกว่าระบบส่ง HVDC ส่งผลให้อากาศบางส่วนซึ่งอยู่รอบๆ สายส่งเปลี่ยนแปลงจาก ฉนวนเป็นตัวนำหรือเกิดโคโรนาได้ง่ายกว่า

(ข.8) การตัดวงจรในระบบส่ง HVDC ทำได้ยากกว่าในระบบส่ง AC จะเห็นว่าใน ขณะที่กระแสตรงมีค่าคงตัวตลอดแต่กระแสสลับจะมีค่าเป็นศูนย์ที่เวลาค่าหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับ ความถี่ระบบ ส่งผลให้การตัดวงจรของระบบส่ง AC ที่เวลานี้ทำได้ง่ายกว่า

(ข.9) อุปกรณ์การแปลงกระแสไฟฟ้าในระบบส่ง HVDC ทำให้เกิดฮาร์มอนิก (harmonic) ทั้งด้านระบบส่ง AC และ HVDC ฮาร์มอนิกบางส่วนที่ไม่สามารถกำจัดได้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารผลิตภัณฑ์ไปถึงอุปกรณ์อื่นๆ ในระดับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

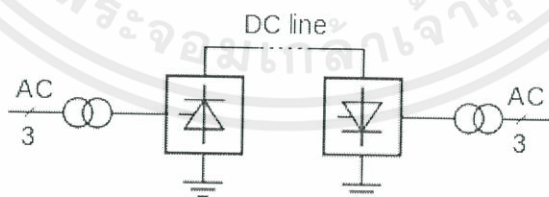
(ข.10) กำลังไฟฟ้าเสมือนไม่สามารถไหลผ่านระบบส่ง HVDC ได้ เนื่องจากสายส่ง DC ทำหน้าที่ส่งกำลังไฟฟ้าจริงจากต้นทางไปปลายทางเท่านั้น ระบบส่ง HVDC จึงเสมือนเป็นกำแพงกั้นการไหลของกำลังไฟฟ้าเสมือน อย่างไรก็ตาม สำหรับโหลดบางชนิดที่ติดตั้งอยู่ปลายทางและต้องการกำลังไฟฟ้าเสมือน จำเป็นต้องติดตั้งตัวชดเชยกำลังไฟฟ้าเสมือนที่สถานีปลายทาง

(ข.11) การส่งกำลังไฟฟ้าแบบจุดต่อจุด (point-to-point power transmission) ของระบบส่ง HVDC ไม่สะดวกเท่ากับระบบส่ง AC กล่าวคือในระบบส่ง HVDC ไม่สามารถต่อจุดแยก (tap) ออกมาเพื่อส่งกำลังไฟฟ้าจากหลายๆ ตำแหน่งได้โดยตรงเหมือนกับในระบบส่ง AC เนื่องจากระบบส่ง HVDC ต้องการเครื่องแปลงผัน จึงเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายที่สูงให้กับระบบส่ง HVDC

(ข.12) ค่าตัวประกอบกำลังของระบบส่ง HVDC มีค่าเป็นหนึ่งเสมอ เนื่องจากไม่มีกำลังไฟฟ้าเสมือนในระบบส่ง HVDC ดังนั้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าจริงของระบบส่ง HVDC สูงกว่าระบบส่ง AC

(ค) การแบ่งประเภทของระบบส่ง HVDC สามารถแบ่งระบบส่ง HVDC ได้ 4 ประเภท

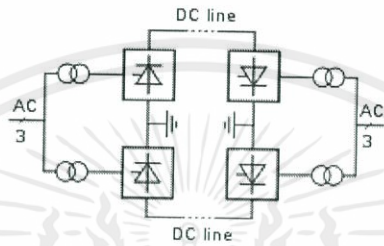
(ค.1) ระบบส่งไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงชนิดขั้วเดียว (monopolar HVDC transmission system) ระบบส่ง HVDC เชื่อมโยงระหว่างระบบ AC สองระบบเข้าด้วยกัน สมมติให้ ระบบ AC1 เป็นด้านส่งกำลังไฟฟ้า เริ่มจากตัวเรียงกระแสแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง แล้วส่ง กำลังไฟฟ้าผ่านสายดิน (grounding conductor) ไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับในด้านระบบ AC2 จะเห็นว่าระบบส่ง HVDC ชนิดนี้ใช้สายส่งตัวนำเส้นเดียวเป็นขั้วลบและใช้สายดินเป็นขั้วบวกสำหรับเป็นทางเดินให้กระแสไหลกลับไป ส่วนลักษณะเสาไฟฟ้าและสายส่งของระบบส่ง HVDC ชนิดขั้วเดียวแสดงได้



รูปที่ 2.81 ระบบสายส่ง HVDC ชนิดขั้วเดียว [46]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค.2) ระบบส่งไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงชนิดสองขั้ว (bipolar HVDC transmission system) สังเกตว่าทิศทางการนำกระแสของเครื่องแปลงผันในแต่ละด้าน จะมีทิศทางเดียวกันทำให้กระแสที่ไหลในตัวนำทั้งสองเส้นมีทิศทางตรงกันข้ามโดยให้เส้นหนึ่งเป็นขั้วบวกและอีกเส้นหนึ่งเป็นขั้วลบ เพื่อนำกระแสไปและกลับ ในสภาวะปกติจะไม่มีกระแสไหลในสายดิน ข้อดีของระบบส่งชนิดสองขั้วคือสามารถทำงานเป็นระบบส่งชนิดขั้วเดียวได้ เมื่อเกิดความผิดปกติที่ขั้วใดขั้วหนึ่งจนไม่สามารถใช้งานได้โดยสายดินเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.82 ระบบสายส่งชนิดสองขั้ว [46]

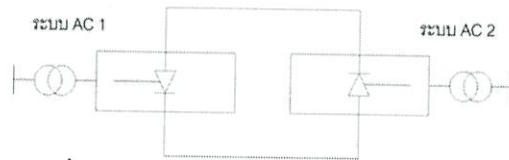
(ค.3) ระบบส่งไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงชนิดขั้วเหมือน (homopolar HVDC transmission system) ดังแสดงในรูปที่ 2.89 สังเกตว่าทิศทางการนำกระแสไฟฟ้าของเครื่องแปลงผันในด้านเดียวกัน จะมีทิศทางตรงกันข้ามส่งผลให้ตัวนำทั้งสองเส้นนำกระแสในทิศทางเดียวกันโดยตัวนำทั้งสองเส้นมีขั้วลบเหมือนกัน กระแสในตัวนำทั้งสองไหลมารวมกันเป็นสองเท่าแล้วจึงไหลกลับผ่านสายดินจนครบวงจร



รูปที่ 2.83 ระบบสายส่งชนิดขั้วเหมือน [46]

(ค.4) ระบบส่งไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงชนิดหลังต่อหลัง (back-to-back HVDC transmission system, BTB) ดังแสดงในรูปที่ 2.90 เป็นการต่อตัวเรียงกระแสกับอินเวอร์เตอร์ที่ตำแหน่งเดียวกันโดยไม่มีสายส่ง DC เชื่อมโยง เมื่อตัวเรียงกระแสแปลงไฟฟ้า

กระแสสลับเป็นกระแสตรงแล้ว อินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับทันที ระบบส่ง HVDC ชนิด BTB นี้มักใช้เชื่อมต่อบริเวณ AC สองระบบที่ไม่สามารถชิงโครโนซ์เข้าด้วยกันโดยตรงเนื่องจากความถี่ต่างกัน



รูปที่ 2.84 ระบบสายส่งชนิดหลังต่อหลัง [46]

(ง) การประยุกต์ระบบส่ง HVDC เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าในลักษณะต่างๆ เนื่องจากการเชื่อมโยงด้วยระบบส่ง HVDC ไม่มีข้อจำกัดของการซิงโครไนซ์ระหว่างระบบ AC สองระบบ ดังนั้น จึงสามารถใช้ระบบส่ง HVDC เชื่อมโยงระบบ AC สองระบบที่มีความถี่ต่างกันได้ (50Hz และ 60Hz) หรืออาจเชื่อมโยงด้วยระบบส่ง HVDC ชนิด BTB ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีสายส่ง DC ก็ได้

(ง.1) เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ส่งด้วยระบบส่ง HVDC ไม่ขึ้นกับค่ารีแอกแตนซ์ของสายส่งและมุมแตกต่างระหว่างสองบัส ดังนั้นจึงสามารถใช้ระบบส่ง HVDC เชื่อมโยงระบบ AC สองระบบที่มีความถี่เท่ากันซึ่งมีระยะทางไกลได้

(ง.2) การเชื่อมโยงกับแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลมและแสงอาทิตย์ เป็นต้น

(ง.3) การเชื่อมโยงชนิดหลายขั้วต่อ (multi-terminal interconnection) เป็นการเชื่อมโยงที่มีขั้วต่อ หรือสถานีเครื่องแปลงผันมากกว่าสองแห่ง จากรูปจะเห็นว่าการเชื่อมต่อสายส่ง DC2 จากสถานีไฟฟ้า 2 เข้าไปกับสายส่ง DC1 ที่เชื่อมต่อจากสถานีไฟฟ้า 1 ไปยังระบบ 50 Hz

(ง.4) การเชื่อมต่อด้วยเคเบิลใต้ทะเลเพื่อส่งกำลังไฟฟ้าไปยังระบบไฟฟ้ากำลังแยกโดดบนเกาะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปลงนิตยสาร นิตยสาร และสิ่งพิมพ์อื่นใดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.85 การประยุกต์ใช้ระบบส่ง HVDC [46]

2.3.6.4.3 ระบบส่งไฟฟ้ากระแสลับซึ่งมีความยืดหยุ่น (FACTS)

ระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่สามารถสร้างความยืดหยุ่นให้ระบบไฟฟ้ากำลังได้โดยเป็นการเพิ่มความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าของสายส่งให้มากขึ้น และควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งได้โดยตรงตามที่ต้องการในที่นี่จะเรียกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่สร้างความยืดหยุ่นให้ระบบไฟฟ้ากำลังว่าอุปกรณ์ FACTS (FACTS devices) หรือตัวควบคุม FACTS (FACTS controllers) เพื่อให้เข้าใจแนวคิดของ FACTS พิจารณาวางจรข่ายเมช(mesh network) เมื่อให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลได้ในสายส่ง AB, BC และ CA เป็น 100 MW, 1250 MW และ 2000 MW ตามลำดับ เมื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส A และ B จ่ายกำลังไฟฟ้า 2000 MW และ 1000 MW ตามลำดับ รวมเป็น 3000 MW เท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ไหลซึ่งต่ออยู่ที่บัส C จากค่าอิมพีแดนซ์ที่แสดงในรูปสามารถคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง AB, BC และ CA ได้เท่ากับ 600 MW, 1600 MW และ 1400 MW ตามลำดับ จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง BC มากกว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ส่งได้ ดังนั้น สายส่ง BC จึงอยู่ในสถานะโหลดเกิน (overload) เพื่อที่จะแก้ปัญหาโหลดเกินในสายส่ง BC จำเป็นต้องลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส B และเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส A

ในกรณีที่ไม่สามารถปรับกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส A และ B ได้ สามารถแก้ปัญหาโหลดเกินในสายส่ง BC ได้ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ FACTS เช่น ตัวเก็บประจุนุกรมที่ควบคุมด้วยไทรสเตอร์ (thyristor-controlled series capacitor, TCSC) ซึ่งมีค่า -5Ω ต่อกับสายส่ง AC หรือรีแอคเตอร์นุกรมที่ควบคุมด้วยไทรสเตอร์ (thyristor-controlled series reactor, TCSR) ซึ่งมีค่า 7Ω ต่อนุกรมกับสายส่ง AB ในรูป..... หรือตัวควบคุมมุมเฟสที่ควบคุมด้วยไทรสเตอร์ (thyristor-controlled phase angle regulator, TCPAR) ซึ่งมีค่า -4.24Ω ต่อนุกรมกับสายส่ง AC จะเห็นว่าหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ FACTS ตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง BC ลดลงจาก 1600 MW เป็น 1250 MW ซึ่งเท่ากับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สายส่ง BC ส่งได้พอดี ส่วนกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง AB ลดจาก 600 MW เป็น 250 MW และกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง CA เพิ่มจาก 1400 MW เป็น 1750 MW ซึ่งยังคงต่ำกว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของสายส่งทั้งสองที่ส่งได้ จะเห็นว่าสามารถนำอุปกรณ์ FACTS มาติดตั้งในระบบเพื่อเพิ่มหรือลดกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งตามที่ต้องการได้ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือเพื่อทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น

(ก) แนวคิดของการติดตั้งอุปกรณ์ FACTS เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

(ก.1) ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นในด้านโหลด ขณะที่ไม่สามารถสร้างโรงไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงสายส่งระหว่างระบบมากขึ้นเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยพลังงานจันทบุรี ๒๕๖๓
 ส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโหลดโดยไม่เกิดสภาวะโหลดเกินของสายส่งและยังคงสามารถรักษา
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสถียรภาพระบบไว้ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ สามารถใช้อุปกรณ์ FACTS ที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นกับสายเชื่อมโยงในระบบได้

(ก.2) การสร้างสายส่งขึ้นมาใหม่ทำได้ยากขึ้น เพื่อเพิ่มการส่งกำลังไฟฟ้าของสายส่ง ที่ติดตั้งอยู่ให้สูงขึ้น การติดตั้งอุปกรณ์ FACTS เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่ามาใช้แทนการสร้างสายส่งใหม่

(ก.3) ชีตจำกัดการส่งกำลังไฟฟ้า โดยทั่วไปกำลังไฟฟ้าสูงสุดของสายส่ง AC ขึ้นอยู่กับชีตจำกัดความร้อน (thermal limit) และชีตจำกัดเสถียรภาพทางมุมกำลัง ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวของสายส่ง กล่าวคือสำหรับสายส่งสั้นๆ กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ส่งได้จะถูกกำหนดด้วยชีตจำกัดทางความร้อน แต่เมื่อความยาวของสายส่งเพิ่มขึ้น กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ส่งได้จะลดลง และถูกกำหนดด้วยชีตจำกัดเสถียรภาพทางมุมกำลัง เพื่อเพิ่มชีตจำกัดเสถียรภาพทางมุมให้เพิ่มมากขึ้น การติดตั้งอุปกรณ์ FACTS ที่เหมาะสมเข้าไปในระบบจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำได้

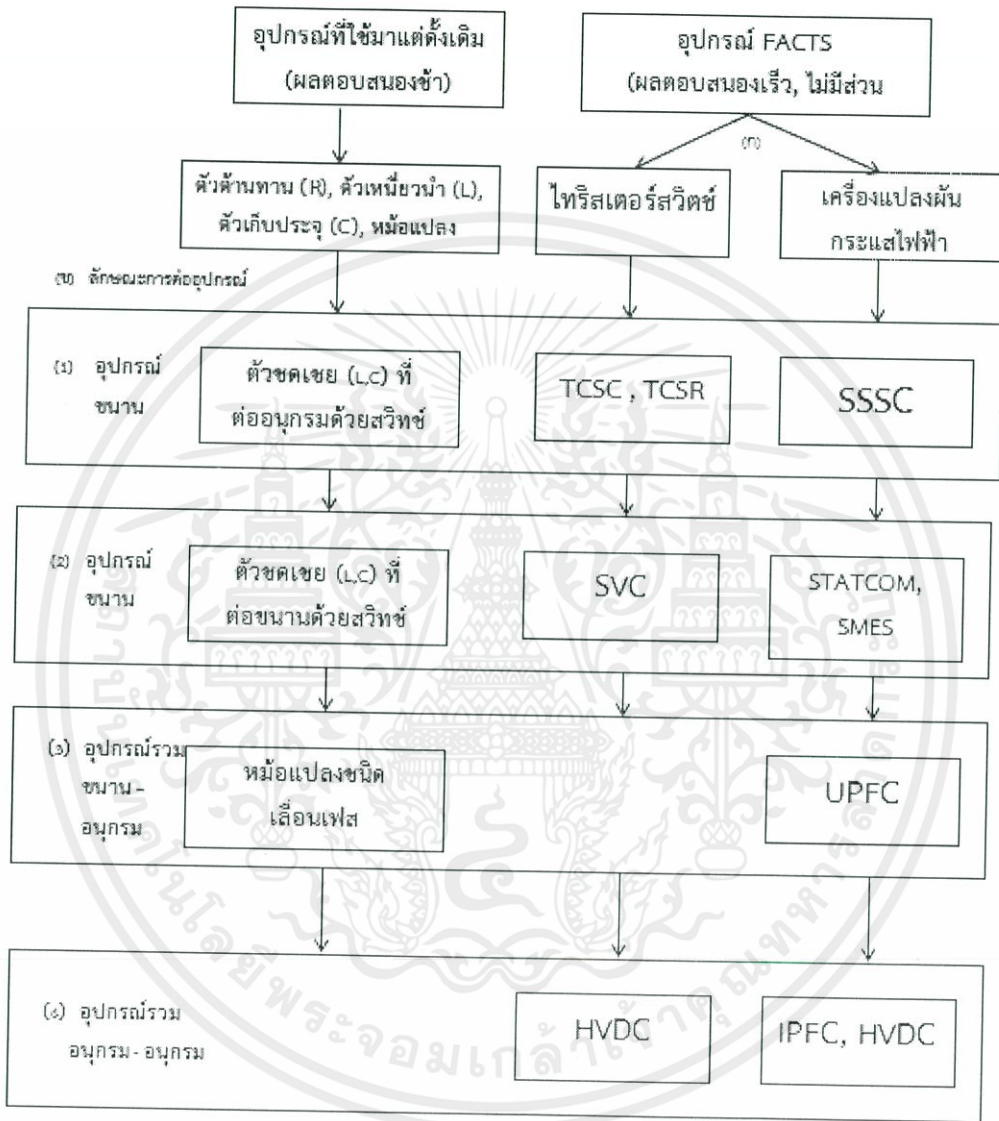
(ก.4) การลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบ เนื่องจากอุปกรณ์ FACTS สามารถควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งได้ตามต้องการ จึงสามารถลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่งได้

(ก.5) เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง โดยเฉพาะการพัฒนาอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ให้สามารถทนแรงดันแอมป์แอมป์ที่ระดับสูงได้มากขึ้นในปัจจุบัน จึงเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้อุปกรณ์ FACTS ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์เป็นองค์ประกอบหลักในระบบไฟฟ้ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) การแบ่งประเภทของอุปกรณ์ FACTS

การแบ่งประเภทของอุปกรณ์ FACTS พร้อมเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้มาแต่ดั้งเดิมสามารถแสดงได้



รูปที่ 2.86 การแบ่งชนิดอุปกรณ์ FACTS และการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้มาแต่เดิม [46]

สำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิดจะได้อธิบายในรายละเอียดต่อไป

สัญลักษณ์ทั่วไปของอุปกรณ์ FACTS แสดงได้ด้วยกล่องซึ่งมีสัญลักษณ์ไทริสเตอร์อยู่ภายใน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยเท่านั้น มิใช่เพื่อใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ โดยทั่วไปสามารถแบ่งอุปกรณ์ FACTS ตามลักษณะการติดตั้งในระบับได้ 4 ชนิดคือ

(ข.1) อุปกรณ์อนุกรม (series devices) คืออุปกรณ์ที่ต่ออนุกรมกับสายส่ง ได้แก่ ตัวเก็บประจุ หรือรีแอคเตอร์ซึ่งปรับค่าได้ และแหล่งจ่ายแรงดันที่ปรับค่าได้ เป็นต้น ซึ่งประกอบขึ้นจากเครื่องแปลงผัน เป็นต้น อุปกรณ์ FACTS แบบต่ออนุกรมกับสายส่ง หลักการควบคุมของอุปกรณ์ชนิดนี้คือจ่ายแรงดันด้านนอก ไปเพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง ในกรณีของตัวเก็บประจุหรือรีแอคเตอร์ แรงดันที่จ่ายออกไปมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านคูณกับค่าอิมพีแดนซ์ของอุปกรณ์ ในกรณีที่มุมเฟสของแรงดันด้านนอกตั้งฉากกับกระแสในสายส่ง จะส่งผลให้อุปกรณ์นี้แลกเปลี่ยน (รับหรือจ่าย) กำลังไฟฟ้าเสมือนกับระบบ

(ข.2) อุปกรณ์ขนาน (shunt devices) คืออุปกรณ์ที่ต่อขนานกับบัส ได้แก่ ตัวเก็บประจุหรือรีแอคเตอร์ซึ่งปรับค่าได้ด้วยการควบคุมการนำกระแสของไทรสเตอร์ และแหล่งจ่ายแรงดันที่ปรับค่าได้ซึ่งประกอบขึ้นจากเครื่องแปลงผันและแหล่งสะสมพลังงาน เป็นต้น FACTS แบบต่อขนานกับบัส หลักการควบคุมของอุปกรณ์ชนิดนี้คือจ่ายกระแสเอาต์พุตที่ปรับค่าได้ออกไปให้ระบบ เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง

(ข.3) อุปกรณ์รวมขนาน-อนุกรม (combined series-shunt devices) ประกอบด้วยอุปกรณ์ FACTS ที่มีเครื่องแปลงผันซึ่งต่ออนุกรมกับสายส่งและขนานกับบัสซึ่งใช้แหล่งเก็บสะสมพลังงานด้านไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกัน

(ข.4) อุปกรณ์รวมอนุกรม-อนุกรม (combined series devices) ประกอบด้วยอุปกรณ์ FACTS ที่มีเครื่องแปลงผันซึ่งต่ออนุกรมกับสายส่งแต่ละเส้นมากกว่าสองตัว และใช้แหล่งเก็บสะสมพลังงานด้านกระแสตรงร่วมกัน

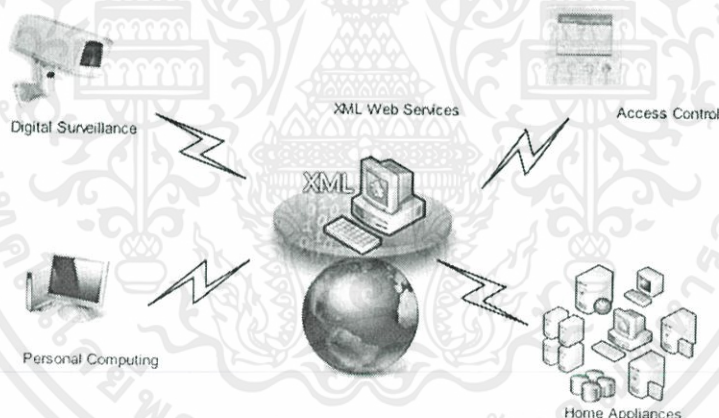
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 ความสามารถในการทำงานร่วมกัน และมาตรฐานที่ยอมรับได้ (Interoperability & Standards)

ความสามารถในการทำงานร่วมกัน (Interoperability) ตามคำจำกัดความของ IEEE หมายถึง “ความสามารถของระบบหรือส่วนประกอบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นในการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันและใช้ข้อมูลที่แลกเปลี่ยนนั้นได้” ซึ่งระบบหรือส่วนประกอบนี้อาจจะเป็นระบบต่างกัน ระบบเดียวกันจากต่างผู้ผลิตกัน หรืออาจจะเป็นผู้ผลิตเดียวกันแต่คนละช่วงเวลากันได้ โดยจะทำงานร่วมกันได้อย่างดีไม่มีการจำกัดการเข้าถึงและการดำเนินการ

โดยส่วนใหญ่ความสามารถในการทำงานร่วมกัน นั้นจะมีการเริ่มต้นจากผู้ผลิตหรือกลุ่มผู้ผลิตที่ครองตลาดในด้านนั้นๆ ซึ่งไม่ใช่องค์กรส่วนกลางต่างๆ และส่วนมากจะไม่ได้มีการทำการทดลองวิจัยต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งมาตรฐาน เพราะส่วนนี้อาจจะยังไม่มีมาตรฐานมารองรับ

ในระบบกริดอัจฉริยะนั้นส่วนต่างๆ ในระบบนั้นอาจจะมาจากหลายผู้ผลิต และคนละช่วงเวลากัน หรือแม้แต่ว่าระบบอื่นมาทำงานร่วมกัน ซึ่งการมีความสามารถในการทำงานร่วมกันนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้ระบบกริดอัจฉริยะนั้นทำงานได้ด้วยดี



รูปที่ 2.87 ความสามารถในการทำงานร่วมกัน

ที่มา : http://hometoys.com/ezone/08.06/perumal/interoperability_clip_image001.jpg

มาตรฐาน (Standards) หมายถึง ข้อตกลงที่จัดทำขึ้นเป็นเอกสาร โดยการรวบรวมข้อมูลหรือข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Specifications) หรือวิธีการทำงานที่ถูกต้อง เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป แล้วร่วมกำหนดเป็นเกณฑ์ข้อบังคับขึ้นมา หรือนิยามคำจำกัดความคุณลักษณะเฉพาะ (Definition of Characteristics) ของสิ่งนั้นๆ ที่จะทำให้เกิดความเชื่อมั่นว่า วัสดุ ผลิตภัณฑ์ ขบวนการ หรือการบริการนั้นๆ บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น มาตรฐาน (Standards) ก็คือ ข้อตกลงหรือพันธะร่วมที่ยอมรับระหว่างผู้ผลิตกับผู้รับบริการ หรือเกิดจากเกณฑ์เฉลี่ยจากสมรรถนะของหน่วยงานและผู้ปฏิบัติงาน หรือเกิดจากข้อกำหนดด้านวิธีการหรือการทำงาน (Procedures manual หรือ Work Instruction) นั้นเอง

โดยการดำเนินการต่างๆ ในระบบ Smart Grid จะต้องผ่านมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบต่างๆ จะบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ ซึ่งมาตรฐานหลักๆ จะกำหนดโดย 2 องค์กร คือ The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) และ The International Electrotechnical Commission (IEC) โดยมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบกริดอัจฉริยะได้ระบุไว้แล้วข้างต้น

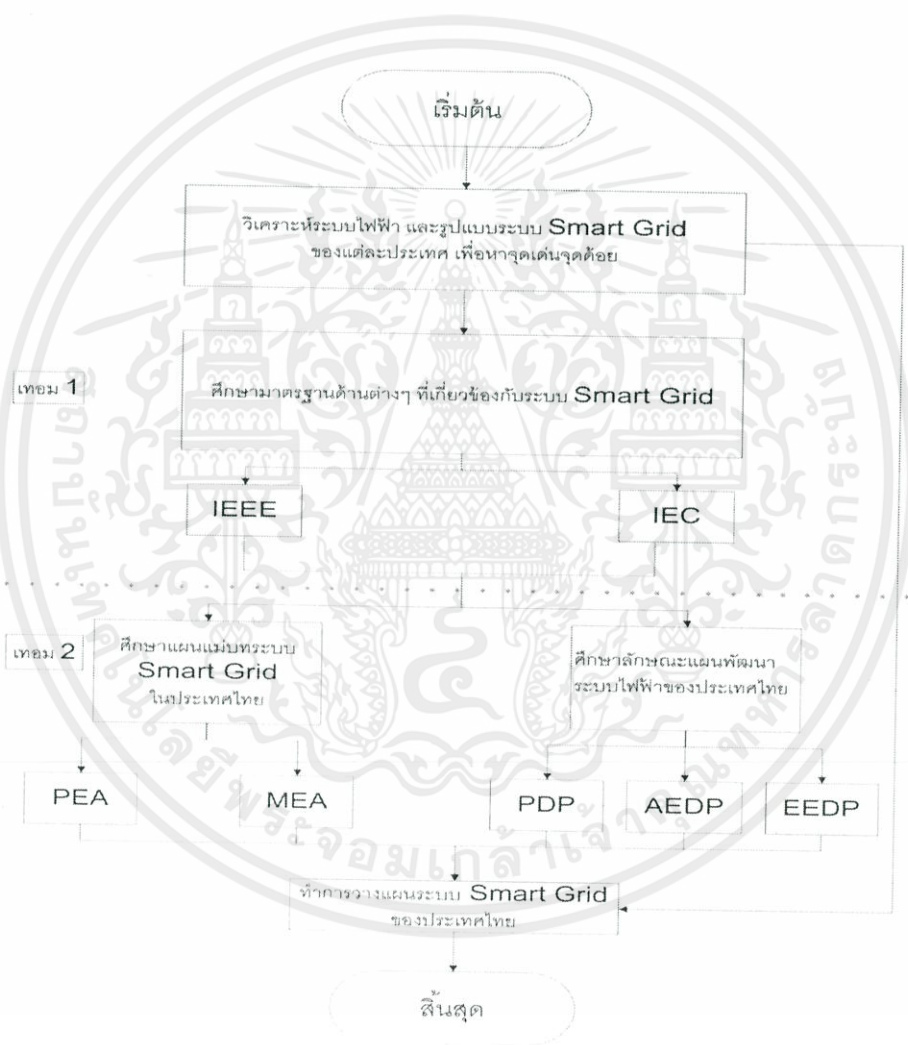
การจัดการโครงข่ายเชื่อมต่อของระบบไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองต่อความต้องการการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภคให้ได้ประโยชน์มากที่สุด โดยมีแผนการการปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าตลอดทั้งกระบวนการผลิต ซึ่งจะมีการเปลี่ยน Substation ให้เป็นแบบ Digital Substation เพื่อใช้ในการลด Reactive Power และ Harmonics ในกรณีของสายส่งจะใช้สายส่งที่มีตัวนำไฟฟ้าที่ดีมากๆ เพื่อลด loss ที่เกิดขึ้นในสายส่งในกรณีที่เชื่อมต่อระบบไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างกันจะมีใช้ระบบสายส่งเป็นแบบ HVDC ในการแก้ปัญหาาระบบความถี่ต่างกันและยังมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อการใช้ไฟฟ้าได้ตลอดเวลาถ้าเกิดกำลังการผลิตไฟฟ้าของอีกที่มีไม่พอ ซึ่งจะช่วยให้การลดเวลาการเกิดไฟดับ (Black Out or Outage) เฉลี่ยในแต่ละปีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต

ในบทนี้จะทำการศึกษาถึงแผนพัฒนาต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือทำการศึกษาแผนแม่บทกริดอัจฉริยะในประเทศไทย และทำการศึกษาลักษณะแผนพัฒนาระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ว่าระบบกริดอัจฉริยะและแผนพัฒนาระบบไฟฟ้าในประเทศไทย มีลักษณะเป็นอย่างไร และมีทิศทางไปในทางใด เพื่อจะได้นำไปเป็นพื้นฐานในการออกแบบระบบกริดอัจฉริยะที่สมบูรณ์ ต่อไป



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ศึกษาลักษณะแผนพัฒนาระบบไฟฟ้าของประเทศไทย

เนื่องจากว่าในอนาคตประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าที่สูงขึ้นในทุกๆ ปี และจากสถานการณ์ด้านราคาของเชื้อเพลิงในอนาคตมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นอย่างมาก ทำให้จำเป็นต้องทำการศึกษาแนวทางแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในด้านต่างๆ ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางใด โดยจะทำการศึกษาแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 % ใน 10 ปี (Alternative Energy Development Plan:AEDP 2012 - 2021) และศึกษาแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (EEDP 2011 - 2030) ว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลทางในการออกแบบและวางแผนแม่บทของกริดอัจฉริยะในประเทศไทยต่อไป

3.1.1 ศึกษาแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3)

จากสมมติฐานข้างต้นแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) พ.ศ. 2555-2573 สรุปได้โดยสังเขปเป็นดังนี้เมื่อสิ้นแผนฯในปลายปี 2573 จะมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวมสุทธิ 70,686 MW โดยประกอบด้วยกำลังผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน ณ สิ้นปี 2554 เท่ากับ 32,395 MW กำลังผลิตของโรงไฟฟ้าใหม่รวม 55,130 MW หักด้วยกำลังผลิตโรงไฟฟ้าเก่าที่หมดอายุจำนวน 16,839 MW รายละเอียดกำลังผลิตไฟฟ้าแยกตามประเภทโรงไฟฟ้า แสดงในเอกสารแนบ 4 และประมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิง ได้ดังนี้

3.1.1.1 กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ช่วงปี 2555-2562 ประกอบด้วย

โครงการโรงไฟฟ้าตามแผนฯช่วงนี้เป็นโครงการที่มีภาระผูกพัน หรือมีแผนการดำเนินงานที่ชัดเจนแล้ว โดยกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ที่เพิ่มขึ้นในช่วงนี้รวม 23,325 MW มีรายละเอียดดังนี้

รับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (ในประเทศและรับซื้อจากต่างประเทศ)	8,194 MW
โรงไฟฟ้าระบบ Cogeneration	5,107 MW
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม	6,551 MW
โรงไฟฟ้าถ่านหิน/ลิกไนต์	3,473 MW

3.1.1.2 กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ช่วงปี 2563-2573 ประกอบด้วย

โครงการที่บรรจุในแผนฯช่วงนี้เป็นโครงการโรงไฟฟ้าใหม่ที่ระบบไฟฟ้าต้องการในแต่ละปีเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า และทดแทนโรงไฟฟ้าเก่าที่หมดอายุโดยกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ที่เพิ่มขึ้นช่วงนี้รวม 31,805 MW มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน(ในประเทศและรับซื้อจากต่างประเทศ)	6,387 MW
โรงไฟฟ้าระบบ Cogeneration	1,368 MW
โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส (3x250 MW)	750 MW
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (21x900 MW)	18,900 MW
โรงไฟฟ้าถ่านหิน (3x800 MW)	2,400 MW
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (2x1000 MW)	2,000 MW

กำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วงปี 2555-2573

กำลังผลิตไฟฟ้า ณ ธันวาคม 2554	32,395 MW
กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ในช่วงปี 2555-2573	55,130 MW
กำลังผลิตไฟฟ้าที่ปลดออกจากระบบ ในช่วงปี 2555-2573	16,839 MW
รวมกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น ณ สิ้นปี 2573	70,686 MW

กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ในช่วงปี 2555-2573 เท่ากับ 55,130 เมกะวัตต์แยกตามประเภทโรงไฟฟ้า ดังนี้

1) โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน	14,580 MW
ในประเทศ	9,481 MW
รับซื้อจากต่างประเทศ	5,099 MW
2) โรงไฟฟ้าโคเจนเนอเรชัน	6,476 MW
3) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม	25,451 MW
4) โรงไฟฟ้าพลังความร้อน	8,623 MW
โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด	4,400 MW
โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์	2,000 MW
โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส	750 MW
รับซื้อจากต่างประเทศ	1,473 MW
รวม	55,130 MW

รายละเอียดแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2555-2573 (PDP2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) รายชื่อโรงไฟฟ้าที่จะดำเนินการแล้วเสร็จในช่วงปี 2555-2573 ได้แสดงไว้ในตาราง

ที่ 3.1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในช่วงปี 2555-2573
(PDP2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3)

ปี	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ (MW)	โครงการโรงไฟฟ้า	กำลังผลิตติดตั้ง (MW)	ชนิดเชื้อเพลิง	กำลังผลิตตามสัญญา (MW)	กำลังผลิตสำรองต่ำสุด (ร้อยละ)
2555	26,355	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN) แก๊สโค-วัน เขื่อนเจ้าพระยา #1-2 เขื่อนนเรศวร เขื่อนขุนด่านปราการชล ซื้อไฟฟ้าจากสปป.ลาว (เทินหินบุน ส่วนขยาย) (ก.ค.)	498 254 201 8 660 12 8 10 220	- ก๊าซฯ - ก๊าซฯ ถ่านหิน พลังน้ำ พลังน้ำ พลังน้ำ พลังน้ำ	34,265	16.0
2556	27,443	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN) เขื่อนแม่กลอง #1-2 เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	249 1,170 772 16 16 7	- ก๊าซฯ - ก๊าซฯ พลังน้ำ พลังน้ำ	36,491	18.4
2557	28,790	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN) พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม) บ.กัลป์เจพีเอ็นเอส ชุดที่1-2 วังน้อย ชุดที่ 4 (เม.ย.) จະนะ ชุดที่ 2 (เม.ย.) แสงอาทิตย์ทับสะแก แสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร	420 270 181 16 60 1600 769 782 5 0.1	- ก๊าซฯ - ก๊าซฯ - ก๊าซฯ ก๊าซฯก๊าซ ฯ แสงแดด แสงแดด	39,542	17.7
2558	30,231	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	369 540 83	- ก๊าซฯ -	43,157	16.4

		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	17	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	230	-		
		บ.กัลฟ์เจฟฟิวทีซูดที่ 1-2 (มี.ย.,ธ.ค.)	1600	ก๊าซฯ		
		พระนครเหนือ ซูดที่ 2 (ต.ค.)	900	ก๊าซฯ		
		เขื่อนบางลาง (ปรับปรุง)	12	พลังน้ำ		
		เขื่อนแควน้อย #1-2	2x15	พลังน้ำ		
		ลมเขายายเที่ยงเหนือ	18	พลังลม		
		พลังน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์	1	พลังน้ำ		
		เขื่อนคลองตรอน	3	พลังน้ำ		
		เขื่อนก๊วกอหมา	6	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์อ่างเก็บน้ำแม่ขาม	0.1	แสงแดด		
		หงสา เครื่องที่ 1-2 (มี.ย.-พ.ย.)	982	ลิกไนต์		
2559	31,808	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew)	635	-	45,530	24.3
		ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	450	ก๊าซฯ		
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	79	-		
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	21	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	270	-		
		เนชั่นแนล เพาเวอร์ซัพพลาย				
		เครื่องที่ 1-2 (พ.ย.)	270	ถ่านหิน		
		โรงไฟฟ้าภาคใต้ทดแทน รฟ.ขนอม	900	ก๊าซฯ		
		(ก.ค.)	2	พลังน้ำ		
		ฝายพญาแมน	1	พลังน้ำ		
		เขื่อนลำปาว	2	พลังน้ำ		
		พลังน้ำลำตะคอง	0.1	แสงแดด		
		แสงอาทิตย์เขื่อนภูมิพล	491	ลิกไนต์		
		หงสา เครื่องที่ 3 (มี.ค.)				
2560	33,263	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew)	153	-	47,240	21.4
		ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	900	ก๊าซฯ		
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	77	-		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	280			
		เนชั่นแนล เพาเวอร์ซัพพลาย				
		เครื่องที่ 3-4 (มี.ค.)	270	ถ่านหิน		
		เขื่อนลำตะคอง #3-4 (สุบกลับ) (มี.ย.)	500	พลังน้ำ		
		ฝายธาตุน้อย	2	พลังน้ำ		
		ลมสนามกีฬาราวี	3	พลังลม		
		แสงอาทิตย์เขื่อนรัชชประภา	0.1	แสงแดด		
		เขื่อนผาจุก	20	พลังน้ำ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตีพิมพ์ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีอัตรานำไปใช้

2561	34,592	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN) พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม) โรงไฟฟ้าทดแทน แม่เมาะ 4-7 (600MW) ฝายไฮดร-พนมไพร เขื่อนเขาแหลมล่าง#1 เขื่อนเขาแหลมล่าง#2 เขื่อนกระเสียว ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ น้ำเงี้ยว 1 (ม.ค.) ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ เซเปียน (ส.ค.)	720 86 1 280 4 9 9 2 269 390	ก๊าซฯ - ก๊าซฯ - พลังน้ำ พลังน้ำ พลังน้ำ พลังน้ำ พลังน้ำ	48,329	19.6
2562	35,869	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN) พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม) รฟ.ถ่านหินสะอาดกฟผ. เครื่องที่ 1 เขื่อนห้วยสะตอ เขื่อนบางปะกง แสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร ลมเขายายเที่ยงใต้ ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ ไชยะบุรี (ต.ค.)	60 720 72 5 310 800 1 2 1 50 1,220	- ก๊าซฯ - ก๊าซฯ - ถ่านหิน พลังน้ำ พลังน้ำ แสงแดด พลังลม พลังน้ำ	51,386	18.7
2563	37,325	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GE) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew) พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม) เขื่อนแม่สรวย แสงอาทิตย์สฟ.ท่าตะโก #1 เขื่อนคลองสียัด	45 90 81 310 2 1 3	- ก๊าซฯ - - พลังน้ำ แสงแดด พลังน้ำ	50,389	18.1
2564	38,726	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew) ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN) พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม) โรงไฟฟ้าใหม่ (ก๊าซธรรมชาติ) รฟ.บางปะกง (ทดแทนที่เดิม) # 1 ฝายชนบท แสงอาทิตย์สฟ.ท่าตะโก #2	180 79 1 360 900 900 2 1	ก๊าซฯ - ก๊าซฯ - ก๊าซฯ ก๊าซฯ - แสงแดด	52,912	17.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาคู่ขนาน ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกฝ่ายหนึ่งให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของพลังงานการทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 1)	300	-		
2565	40,134	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	180	ก๊าซฯ	56,135	16.9
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	67	-		
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	5	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		โรงไฟฟ้าใหม่ (ก๊าซธรรมชาติ)	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.บางปะกง (ทดแทนที่เดิม) # 2	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.ถ่านหินสะอาดกฟผ. เครื่องที่ 2	800	ถ่านหิน		
		ฝายมหาสารคาม	1	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์เชื่อมจุฬารกรณ์	0.1	แสงแดด		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 2)	300	-		
2566	41,567	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	180	ก๊าซฯ	56,732	16.4
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	47	-		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		โรงไฟฟ้าใหม่ (ก๊าซธรรมชาติ)	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.พระนครใต้ (ทดแทนที่เดิม) # 1-2	1,800	ก๊าซฯ		
		ลมความเร็วต่ำ#1	10	พลังลม		
		เขื่อนห้วยน้ำใส	2	พลังน้ำ		
		ฝายราชสีเสล	2	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์เชื่อมอุบลรัตน์	0.1	แสงแดด		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 3)	300	-		
2567	43,049	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	180	ก๊าซฯ	59,509	16.3
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	53	-		
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	1	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		โรงไฟฟ้าใหม่ (ก๊าซธรรมชาติ)	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.พระนครใต้ (ทดแทนที่เดิม) # 3	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.บางปะกง (ทดแทนที่เดิม) # 3	900	ก๊าซฯ		
		ฝายห้วยนา	1	พลังน้ำ		
		เขื่อนลำตะเพิน	1	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์เชื่อมสิริกิติ์	0.1	แสงแดด		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 4)	300	-		
2568	44,521	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	180	ก๊าซฯ	60,477	16.5
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	37	-		
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	5	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		โรงไฟฟ้าใหม่ (ก๊าซธรรมชาติ)	900	ก๊าซฯ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ผู้จัดทำขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

		รฟ.บางปะกง (ทดแทนที่เดิม) # 4	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.ถ่านหินสะอาด_กฟผ. เครื่องที่ 3	800	ถ่านหิน		
		เขื่อนปราณบุรี	2	พลังน้ำ		
		เขื่อนทับเสลา	2	พลังน้ำ		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 5)	300	-		
2569	46,002	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	180	ก๊าซฯ	64,007	16.5
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	32	-		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		โรงไฟฟ้าใหม่ (ก๊าซธรรมชาติ)	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.บางปะกง (ทดแทนที่เดิม) # 5	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.นิวเคลียร์_กฟผ. เครื่องที่ 1	1,000	ยูเรเนียม		
		ฝายกมลลาไสย	1	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์เขื่อนน้ำพุง	1	แสงแดด		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 6)	300	-		
2570	47,545	ผู้ผลิตฯ รายเล็ก (SPP CO-GEN)	180	ก๊าซฯ	64,979	16.2
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	33	-		
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	1	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		รฟ.วังน้อย (ทดแทนที่เดิม) # 1	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.บางปะกง (ทดแทนที่เดิม) # 6	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.นิวเคลียร์_กฟผ. เครื่องที่ 2	1,000	ยูเรเนียม		
		เขื่อนแม่วังค์	12	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์เขื่อนวชิราลงกรณ์	0.1	แสงแดด		
		ลมภาคอีสาน	50	พลังลม		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 7)	300	-		
2571	49,114	ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	32	-	67,012	16.4
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	5	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		รฟ.ถ่านหินสะอาด_กฟผ. เครื่องที่ 4	800	ถ่านหิน		
		รฟ.วังน้อย (ทดแทนที่เดิม) # 2-3	1,800	ก๊าซฯ		
		รฟ.กังหันแก๊ส เครื่องที่ 1	250	ดีเซล		
		เขื่อนแม่ขาน	16	พลังน้ำ		
		เขื่อนห้วยโสมง	1	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์รฟ.แม่เมาะ	1	แสงแดด		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 8)	300	-		
2572	50,624	ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	32	-	69,358	16.4
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		รฟ.พระนครศรีไทร (ทดแทนที่เดิม) # 4	900	ก๊าซฯ		

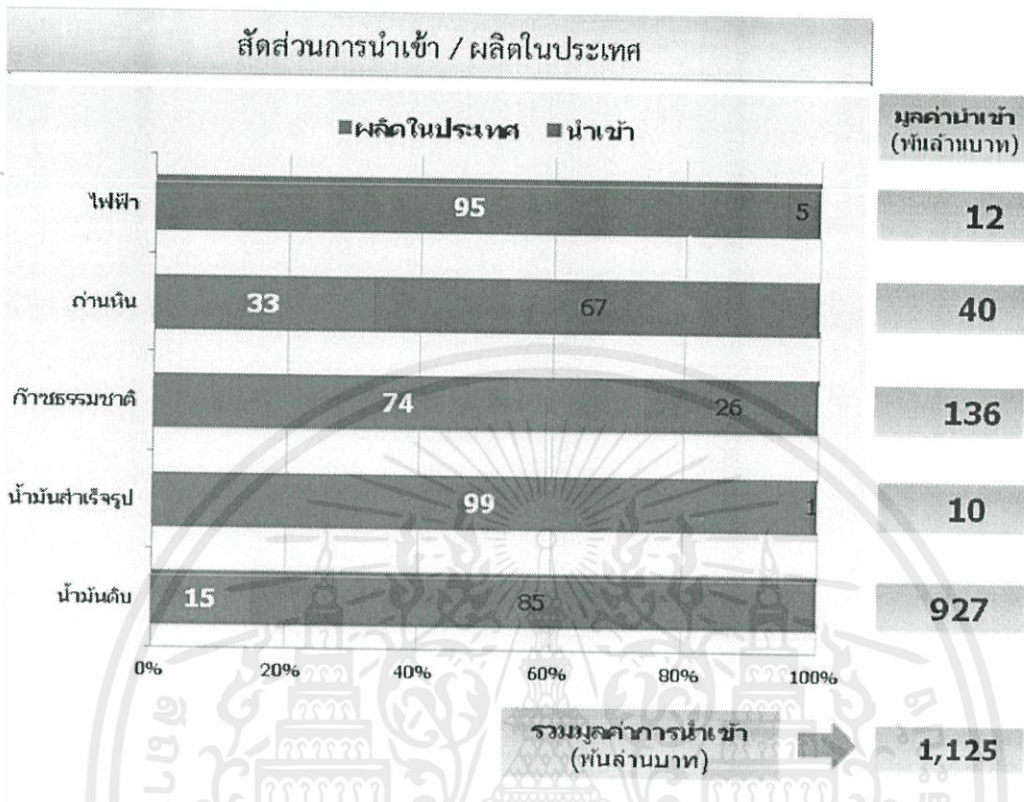
		รฟ.ก๊าซธรรมชาติ_กฟผ.	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.กังหันแก๊ส เครื่องที่ 2	250	ดีเซล		
		พลังงานลม อ่าวไผ่จ.ชลบุรี	10	พลังลม		
		ฝายลำโดมใหญ่	1	พลังน้ำ		
		แสงอาทิตย์สฟ.กำแพงเพชร	3	แสงแดด		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 9)	300	-		
2573	52,256	ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP-Renew)	33	-	70,686	16.2
		ผู้ผลิตฯ รายเล็กมาก (VSPP CO-GEN)	1	ก๊าซฯ		
		พลังงานหมุนเวียน (ส่วนเพิ่ม)	220	-		
		รฟ.ก๊าซธรรมชาติ_กฟผ.	900	ก๊าซฯ		
		รฟ.กังหันแก๊ส เครื่องที่ 3	250	ดีเซล		
		แสงอาทิตย์ภาคใต้	10	แสงแดด		
		พลังงานลม จ.สมุทรสาคร	30	พลังลม		
		เขื่อนคลองหลวง	1	พลังน้ำ		
		ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ (ส่วนเพิ่ม # 10)	300	-		

3.1.2 ศึกษาแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 % ใน 10 ปี (Alternative Energy Development Plan : AEDP 2012 - 2021)

3.1.2.1 เหตุสำคัญการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก จากข้อมูลในปี 2554 ที่ผ่านมามีแนวโน้มว่าร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นมาจากการนำเข้า โดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศ และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งาน การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพา และการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น และยังช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศซึ่งเดิมต้องพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักมากกว่าร้อยละ 70 โดยพลังงานทดแทน ถือเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงเป้าหมายที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนก๊าซธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมแบบทุ้งกังหันลม พลังน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ และหากเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเหล่านี้มีต้นทุนถูกลงและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ก็อาจสามารถพัฒนาให้เป็นพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

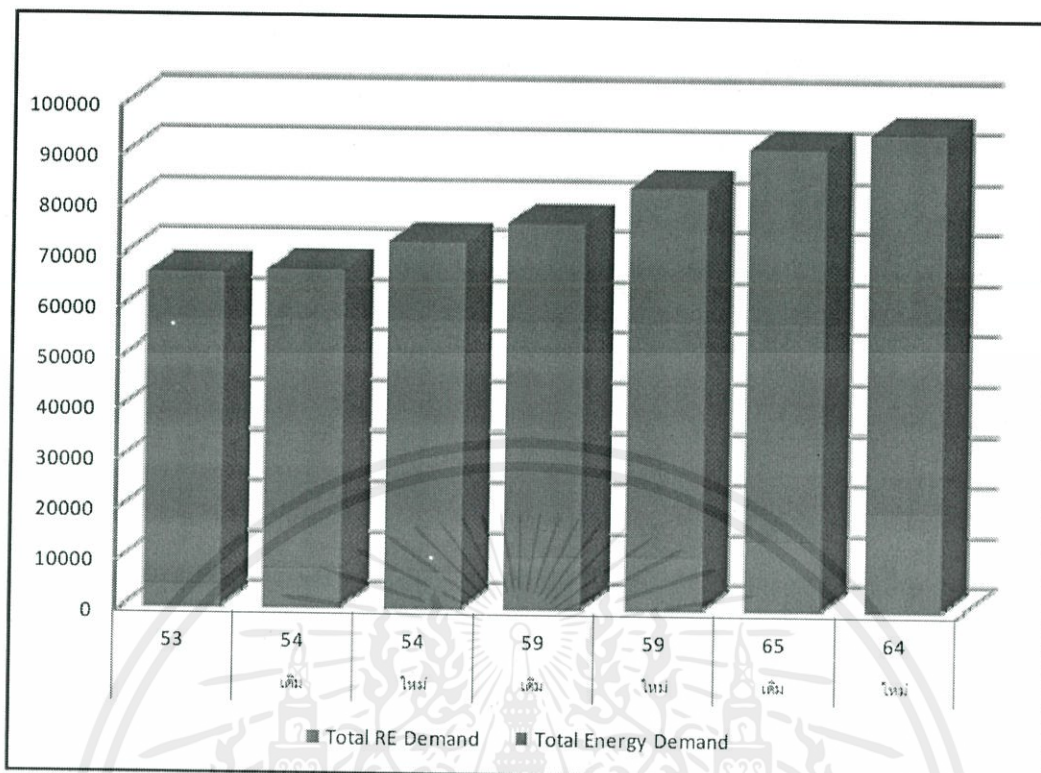


รูปที่ 3.2 สัดส่วนไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย [48]

3.1.2.2 กรอบแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

กระทรวงพลังงานได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานในอนาคตของประเทศ โดยในปี 2564 คาดว่าจะมีความต้องการ 99,838 ktoe จากปัจจุบัน 71,728 ktoe โดยแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 และแผนการพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2555 - 2564 ได้กำหนดให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจาก 7,413 ktoe ในปี 2555 เป็น 25,000 ktoe ในปี 2564 หรือคิดเป็น 25% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงปริมาณพลังงานทางเลือกในแต่ละปี [48]

3.1.2.3 สารสำคัญแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

3.1.2.3.1 วัตถุประสงค์

(ก) เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นหนึ่งในพลังงานหลักของประเทศ ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล และการนำเข้าน้ำมันได้อย่างยั่งยืนในอนาคต โดยในแผนนี้จะไม่รวมเป้าหมายการพัฒนาก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง (NGV)

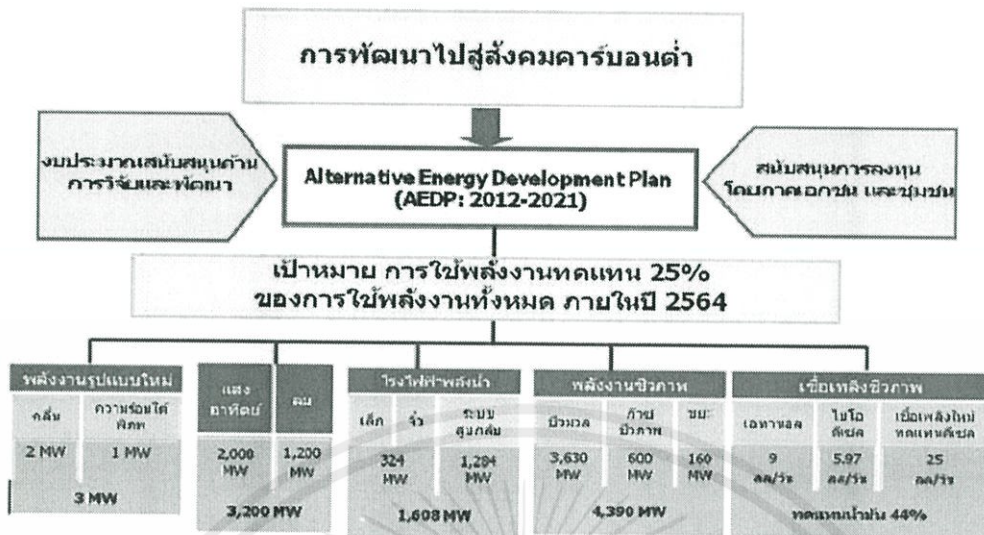
(ข) เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ

(ค) เพื่อเสริมสร้างการใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชน ในรูปแบบชุมชนสีเขียวแบบครบวงจร

(ง) เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ

(จ) เพื่อวิจัยพัฒนาส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนของไทย ให้สามารถแข่งขันในตลาดสากล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงเป้าหมายในการใช้พลังงานทดแทน [48]

3.1.2.3.2 ยุทธศาสตร์การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

ยุทธศาสตร์การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปีโดยได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนตามแผน AEDP ใน 6 ประเด็น ดังนี้

- (ก) การส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง
- (ข) การปรับมาตรการจูงใจสำหรับการลงทุนจากภาคเอกชนให้เหมาะสมกับสถานการณ์
- (ค) การแก้ไขกฎหมาย และกฎระเบียบที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน
- (ง) การปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบสายส่ง สายจำหน่ายไฟฟ้ารวมทั้งการพัฒนาสู่ระบบ Smart Grid
- (จ) การประชาสัมพันธ์และสร้างความรู้ความเข้าใจต่อประชาชน
- (ฉ) การส่งเสริมให้งานวิจัย เป็นเครื่องมือในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนแบบครบ

วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.4 การขับเคลื่อนรายเทคโนโลยี

3.1.2.4.1 ด้านพลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้าจะมีด้วยกันหลายด้าน คือ

(ก) พลังงานแสงอาทิตย์ เป้าหมายในปี 2564 คือ 2,000 MW ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 75.48 MW

(ข) พลังงานลม เป้าหมายในปี 2564 คือ 1,200 MW ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 7.28 MW

(ค) ไฟฟ้าพลังน้ำ เป้าหมายในปี 2564 คือ 1,608 MW ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 86.39 MW (ไม่รวมระบบสูบกลับที่มีอยู่ปัจจุบันของกฟผ. คือ ลำตะคอง 1-2 500 MW)

(ง) พลังงานจากขยะ เป้าหมายในปี 2564 คือ 160 MW ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 13.45 MW

(จ) ชีวมวล เป้าหมายในปี 2564 คือ 3,630 MW ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 1,751.86 MW

(ฉ) ก๊าซชีวภาพ เป้าหมายในปี 2564 คือ 600 MW ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 138 MW

3.1.2.4.2 การพัฒนาตามกรอบการส่งเสริมการพัฒนาแผน AEDP ที่สำคัญ ดังนี้

(ก) การส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วม ในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง

(ข) การปรับมาตรการจูงใจ สำหรับการลงทุนจากภาคเอกชนให้เหมาะสมกับสถานการณ์

(ค) การแก้ไขกฎหมาย และกฎระเบียบ ที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน

(ง) การปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐาน

(จ) การประชาสัมพันธ์และสร้างความรู้ความเข้าใจต่อประชาชน

(ฉ) การส่งเสริมให้งานวิจัยเป็นเครื่องมือ ในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนแบบครบวงจร

3.1.2.4.3 ด้านพลังงานรูปแบบใหม่เพื่อการผลิตไฟฟ้า

กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานรูปแบบใหม่ที่สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และคาดว่าจะมีศักยภาพในการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ในอนาคต ได้แก่

(ก) พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป้าหมาย 1 MW ในปี 2564 ปัจจุบันมีกำลังการผลิต

เอกสารนี้ 350 kw เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะตีพิมพ์หรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) พลังงานจากคลื่นและกระแสน้ำทะเล (Tidal and Current Energy) เป้าหมาย 2 MW ปัจจุบันยังไม่มีการผลิต

(ค) พลังงานไฮโดรเจน และระบบสะสมพลังงาน

3.1.2.4.4 ด้านพลังงานทดแทนในภาคขนส่ง (ทดแทนการใช้น้ำมัน)

(ก) เอทานอล (เชื้อเพลิงทดแทนเบนซิน) เป้าหมายในปี 2564 คือ 9 ล้านลิตร/วัน ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 1.3 ล้านลิตร/วัน

(ข) ไบโอดีเซล (เชื้อเพลิงทดแทนดีเซล) เป้าหมายในปี 2564 คือ 5.97 ล้านลิตร/วัน ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 1.62 ล้านลิตร/วัน

(ค) เชื้อเพลิงใหม่ทดแทนดีเซลในอนาคต : เป้าหมาย 2564 25.0 ล้านลิตร/วัน โดยผลิตจากสบูดำ , สาหร่ายน้ำจืด-น้ำเค็ม

แผนการพัฒนา	ตัวชี้วัด	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2												
1. แผนงานวิจัย															
1.1 ED95	- ผลการศึกษาพัฒนาเชื้อเพลิงใหม่ในอนาคตที่ความชัดเจนเพียงพอต่อการตัดสินใจเชิงนโยบาย รวมทั้งมีความพร้อมในการนำร่องโครงการและพัฒนาเชิงพาณิชย์ตามลำดับต่อไป	57													
1.2 ดีโซออลล์		ED 95 ดีโซออลล์	58												
1.3 FAIE		FAIE	59												
1.4 BHD		BHD													
1.5 สาหร่ายน้ำจืดและเค็ม		สาหร่ายน้ำจืด+น้ำเค็ม													
1.6 สบูดำ		BII													
1.7 BII		สบูดำ													
2. โครงการนำร่อง และทดสอบทำ Fleet Test	- เกิดโครงการนำร่องและทดสอบในระดับ Fleet Test - ตัดสินใจคัดเลือกเชื้อเพลิงใหม่ที่เหมาะสมที่สุด		<table border="1"> <tr> <td>57-59</td> </tr> <tr> <td>- นำร่อง ED95 หรือดีโซออลล์ หรือ FAIE</td> </tr> <tr> <td>58-60</td> </tr> <tr> <td>- นำร่องสาหร่าย,สบูดำ + BHD</td> </tr> <tr> <td>58-60</td> </tr> <tr> <td>- นำร่องโครงการ BioJet,(BHD)</td> </tr> </table>	57-59	- นำร่อง ED95 หรือดีโซออลล์ หรือ FAIE	58-60	- นำร่องสาหร่าย,สบูดำ + BHD	58-60	- นำร่องโครงการ BioJet,(BHD)						
57-59															
- นำร่อง ED95 หรือดีโซออลล์ หรือ FAIE															
58-60															
- นำร่องสาหร่าย,สบูดำ + BHD															
58-60															
- นำร่องโครงการ BioJet,(BHD)															
3. พัฒนาเชิงพาณิชย์	- เกิดโรงงานผลิตเชิงพาณิชย์และที่มีกำลังการผลิตรวม 2 ลอ/วัน ในปี 2561 - เพิ่มกำลังการผลิตเป็น 25 ลอ/วัน ในปี 2564		<table border="1"> <tr> <th colspan="4">เกิดกำลังการผลิตเชิงพาณิชย์</th> </tr> <tr> <td>61</td> <td>62</td> <td>63</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> <td>15</td> <td>25</td> </tr> </table>	เกิดกำลังการผลิตเชิงพาณิชย์				61	62	63	64	2	6	15	25
เกิดกำลังการผลิตเชิงพาณิชย์															
61	62	63	64												
2	6	15	25												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.5 แสดงแผนภาพการพัฒนาเชื้อเพลิงใหม่ทดแทนดีเซลในอนาคต [48]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุผลเบี่ยงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.5 ค่าเป้าหมายตามแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

ตารางที่ 3.2 ตารางค่าเป้าหมายปริมาณการใช้พลังงานทดแทน ตาม AEDP

ประเภท	หน่วย	เป้าหมายเดิม	เป้าหมายใหม่
1. พลังงานแสงอาทิตย์	KTOE	38	100
2. พลังงานชีวมวล	KTOE	6,760	8,200
3. ก๊าซชีวภาพ	KTOE	600	1,000
3.1 ก๊าซชีวภาพ			797
3.2 CBG (5% ของ NGV)			203
4. พลังงานจากขยะ	KTOE	35	35
รวม	KTOE	7,433	9,335
เชื้อเพลิงชีวภาพ			
1. เอทานอล	ลล/วัน	9.0	9.0
2. ไบโอดีเซล	ลล/วัน	4.5	5.97
3. เชื้อเพลิงใหม่ทดแทนดีเซล	ลล/วัน	-	25.0
รวม	ลล/วัน	13.5	39.97
สัดส่วนทดแทนน้ำมัน		14%	44%
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศ		12% (ไม่รวม NGV)	25%

ตารางที่ 3.3 เป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อการขับเคลื่อน

ประเภท	เป้าหมายปริมาณการผลิตไฟฟ้า	กำลังการผลิตติดตั้งสะสม
	ในปี 2564	ในปี 2564
	ล้านหน่วย : GW-hr	MW
1. พลังงานลม	1,283	1,200
2. พลังงานแสงอาทิตย์	2,484	2,000
3. ไฟฟ้าพลังน้ำ	5,604	1,608
		<ul style="list-style-type: none"> • EGAT Pump storage 1,284 MW • Small-Hydro 324 MW
4. พลังงานชีวมวล	14,008	3,630
5. ก๊าซชีวภาพ	1,050	600
6. พลังงานจากขยะ	518	160
7. พลังงานรูปแบบใหม่	10	3
		<ul style="list-style-type: none"> • ความร้อนใต้พิภพ 1 MW • คลื่นหรือกระแสน้ำ 2 MW
รวม	24,956 ล้านหน่วย	9,201 MW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรตีพิมพ์หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

3.1.2.6 ผลประโยชน์ที่ประเทศจะได้รับ

ตารางที่ 3.4 ผลประโยชน์ที่ประเทศจะได้รับ

	แผนเดิม REDP 15 ปี	แผนใหม่ AEDP-25% ใน 10 ปี
ด้านพลังงาน		
• % การทดแทนฟอสซิล	12% (20% เมื่อรวม NGV)	25% (ไม่รวม NGV)
• กำลังการผลิตไฟฟ้า MW จากพลังงานทดแทน	5,604 MW	9,201 MW
• ปริมาณความร้อน (ktoe)	7,433	9,335
• เชื้อเพลิงชีวภาพ (ลส/วัน)	13.5	39.97
• % ทดแทนน้ำมัน	14%	44%
ด้านเศรษฐกิจ		
• ลดการนำเข้าน้ำมัน	460,000 ล้านบาท/ปี	574,000 ล้านบาท
• ส่งเสริมการลงทุนในภาคเอกชน	382,240 ล้านบาท/ปี	442,000 ล้านบาท
ด้านสิ่งแวดล้อม		
• การลด CO ₂	42 ล้านตัน/ปี ในปี 65	76 ล้านตัน/ปี ในปี 2564
• รายได้ที่เกิดขึ้นจากการขายคาร์บอนเครดิต	14,000 ล้านบาท/ปี	23,000 ล้านบาท
ด้านการพัฒนาฐานนวัตกรรมและเทคโนโลยี		
• แผนงานวิจัย	ไม่มี	มีแผนปฏิบัติการที่ชัดเจน (55-59)

3.1.3 ศึกษาแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (EEDP 2011 - 2030)

3.1.3.1 สรุปสาระสำคัญของแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี จุดเด่น (Highlights) ของแผน

(ก) มีเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน (*energy intensity*) ลง 25% ในปี 2573 เมื่อเทียบกับปี 2548 และลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (*final energy*) ลง 20% ในปี 2573 หรือประมาณ 30,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)

(ข) ภาคเศรษฐกิจที่จะต้องมีการอนุรักษ์พลังงานมากที่สุดคือภาคขนส่ง (13,300 ktoe ในปี 2573) และภาคอุตสาหกรรม (11,300 ktoe ในปี 2573)

(ค) จะทำให้ค่า *Energy Elasticity* (อัตราส่วนของอัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานต่อการเติบโตของ GDP) ลดลงจากค่าเฉลี่ยเมื่อ 20 ปีที่ผ่านมาคือ 0.98 เหลือ 0.7 ใน 20 ปีข้างหน้า

(ง) จะก่อให้เกิดผลการประหยัดพลังงานสะสมเฉลี่ย 14,500 ktoe ต่อปี คิดเป็นมูลค่า 271,700 ล้านบาทต่อปี และหลีกเลี่ยงการปล่อย CO₂ สะสมเฉลี่ย 48 ล้านตันต่อปี

(จ) จะมีมาตรการทั้งภาคบังคับด้วยกฎระเบียบกับภาคการสนับสนุน และส่งเสริม โดยภาค

บังคับที่สำคัญคือการบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2550 และการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำและฉลากประสิทธิภาพพลังงานส่วนภาคการ

สนับสนุนและส่งเสริมที่สำคัญ คือการให้เงินอุดหนุนเพื่อชดเชยผลประหยัดพลังงานที่ตรวจพิสูจน์หรือประเมินได้ (Standard Offer Program หรือ SOP)

(จ.1) จะเน้นมาตรการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางตลาด (market transformation) และพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานโดยการบังคับให้ติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์เครื่องใช้อาคารและยานยนต์เพื่อให้ผู้บริโภคมีทางเลือก

(จ.2) จะมีการบังคับให้ธุรกิจพลังงานขนาดใหญ่เช่นธุรกิจไฟฟ้าน้ำมัน และก๊าซต้องดำเนินมาตรการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้กับผู้ใช้พลังงานตามมาตรฐานขั้นต่ำ (Energy Efficiency Resource Standard หรือ EERS) แทนการดำเนินการแบบสมัครใจในอดีต

(จ.3) จะมีมาตรการช่วยเหลือทั้งด้านการเงิน และเทคนิคสำหรับผู้ประกอบการรายย่อยเช่น SMEs โดยเฉพาะการให้เงินอุดหนุนผ่าน Standard Offer Program (SOP) และการให้ความช่วยเหลือทางเทคนิคผ่าน Energy Efficiency Resource Standard (EERS)

(จ.4) เนื่องจากในอนาคตการใช้ยานยนต์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ แผนนี้จึงมีมาตรการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงเช่นการบังคับติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานการบังคับเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำและการใช้มาตรการทางภาษีเป็นต้น

(จ.5) จะมีการกระจายภาระความรับผิดชอบด้านการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสู่ภาคส่วนต่างๆของสังคมมากขึ้นโดยให้ภาคเอกชนเป็นหุ้นส่วนที่สำคัญ และการเพิ่มบทบาทขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่นรวมทั้งการให้หน่วยงานภาครัฐแสดงบทบาทเป็นแบบอย่างที่ดีในการอนุรักษ์พลังงาน

3.1.3.2 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

3.1.3.2.1 ความเป็นมาของการอนุรักษ์พลังงานในแผนงาน

(ก) การประหยัดหรือการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น

(ข) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน หมายถึงการทำงานที่ได้ผลลัพธ์เท่าปกติแต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกติไม่ว่าจะเป็นการส่องสว่างการทำงานน้ำร้อนการทำงานเย็นการขนส่งหรือการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในกระบวนการผลิตการอนุรักษ์พลังงานมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงพลังงานการลดค่าใช้จ่ายครัวเรือนการลดต้นทุนการผลิต และบริการการลดการเสียดุลการค้าและการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันตลอดจนการลดการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นนโยบายที่สำคัญของรัฐบาลเรื่อยมา

ผู้นำรัฐบาลได้ให้สัตยาบันต่อผู้นำกลุ่มประเทศความร่วมมือทางเศรษฐกิจภาคพื้นเอเชียแปซิฟิก (เอเปค) เมื่อปี 2550 ว่าจะร่วมกันส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้สำหรับปี 2573 (ค.ศ. 2030) กระทรวงฯจึงได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานระยะ 20 ปี (2554-2573) ขึ้นทั้งนี้เพื่อกำหนดแนวนโยบายและแนวทางการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานของประเทศใน

ระยะยาว

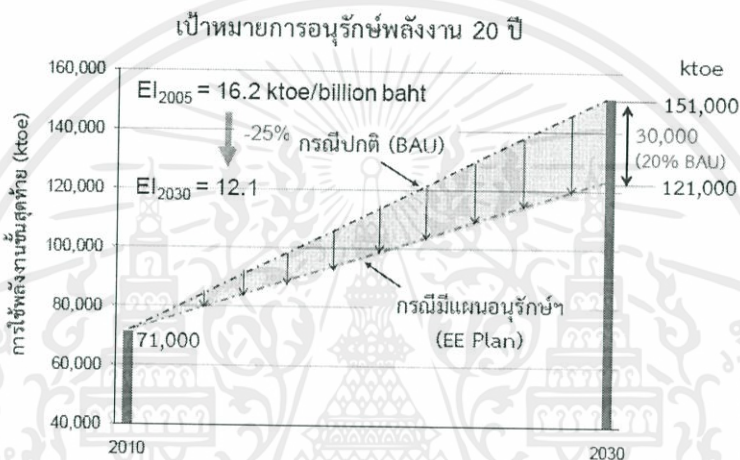
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.2.2 วัตถุประสงค์การอนุรักษ์พลังงานในแผนงาน

(ก) เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ ในระยะสั้น 5 ปี และระยะยาว 20 ปี ทั้งในภาพรวมของประเทศและในรายภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ภาคขนส่ง ภาคอุตสาหกรรมภาคอาคารธุรกิจและภาคบ้านอยู่อาศัย

(ข) เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์ และแนวทางในการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานที่ตั้งไว้ตามข้อ (1) รวมทั้งกำหนดมาตรการ และแผนงานเพื่อเป็นกรอบในการจัดทำแผนปฏิบัติการการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง

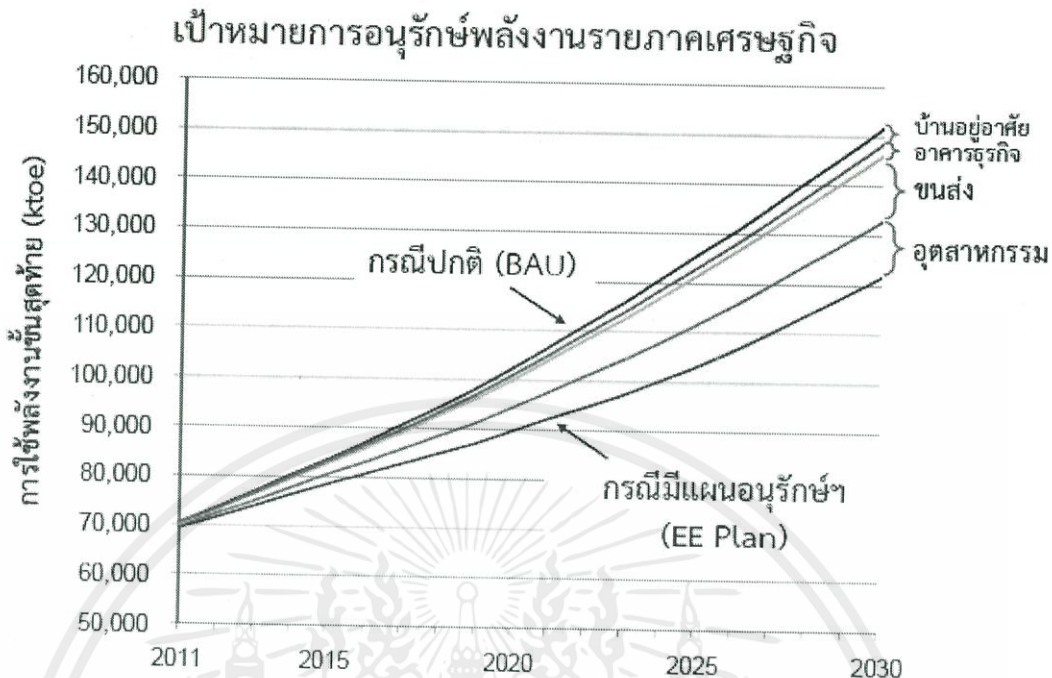
3.1.3.3 เป้าหมายและศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 3.6 เป้าหมายและศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน [49]

อย่างไรก็ตามผลการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคพบว่า การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยการจัดการการใช้พลังงาน และใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้นทั้งในรูปของ อุปกรณ์/เครื่องใช้เครื่องจักร และกระบวนการผลิตยานยนต์และอาคารตลอดจนการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมการใช้พลังงานจะมีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานใน 4 ภาคเศรษฐกิจหลักรวมกัน ประมาณ 36,750 ktoe ในปี 2573 ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ร้อยละ 22.5 ดังนั้นการบรรลุเป้าหมาย การอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้แต่ต้องอาศัยมาตรการที่เข้มข้นในทุกภาคเศรษฐกิจ เนื่องจากช่องว่างระหว่างเป้าหมายกับศักยภาพนั้นห่างกันไม่มากนัก ทั้งนี้คาดว่าสัดส่วนการประหยัด พลังงานรายภาคเศรษฐกิจ (saving persector) ในปี 2573 จะเป็นไปตามตารางที่ 1 โดยที่ภาคขนส่ง และภาคอุตสาหกรรมจะต้องมีสัดส่วนการประหยัดพลังงานที่สูงสุดหรือรวมกันกว่าร้อยละ 80 ใน กรณีที่เป็นขั้นสุดท้ายหรือร้อยละ 69 ในกรณีที่เป็นพลังงานขั้นต้นเนื่องจากภาคอาคารธุรกิจมีการใช้ ไฟฟ้าปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการอนุรักษ์พลังงานรายภาคเศรษฐกิจ [49]

3.1.3.4 กลยุทธ์และมาตรการ

กลยุทธ์และมาตรการเฉพาะเจาะจงที่จะนำมาประยุกต์ใช้ประกอบด้วยกลยุทธ์ 5 ด้าน และ 16 มาตรการซึ่งเป็นมาตรการที่มีลำดับความสำคัญสูง เนื่องจากเป็นมาตรการที่ใช้เงินลงทุนต่ำ และเกิดผลการประหยัดพลังงานสูงโดยกลยุทธ์และมาตรการเหล่านี้ ได้แก่

3.1.3.4.1 กลยุทธ์ด้านการบังคับด้วยกฎระเบียบและมาตรฐานประกอบด้วย 4 มาตรการ

- (ก) มาตรการการบังคับใช้ พ.ร.บ. ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2550 เพื่อให้เกิดระบบการจัดการพลังงานที่มีการรายงานและตรวจสอบสำหรับอาคารและโรงงานควบคุม
- (ข) มาตรการการบังคับให้ติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงาน (mandatory labeling) เพื่อให้ผู้บริโภคมีโอกาสเลือกซื้อหรือใช้อุปกรณ์/เครื่องใช้ยานยนต์ และอาคารที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง

(ค) มาตรการการบังคับใช้มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (minimum energy performance standards หรือ MEPS) สำหรับอุปกรณ์/เครื่องใช้อาคารและยานยนต์เพื่อไม่ให้เกิดการจำหน่ายและใช้สินค้าที่มีประสิทธิภาพพลังงานต่ำทั้งนี้รัฐจะมีการปรึกษาหารือกับผู้ผลิตและผู้จำหน่ายสินค้าเพื่อกำหนดระยะเวลาเตรียมการที่เหมาะสมก่อนการบังคับใช้ในแต่ละกรณี

(ง) มาตรการการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำให้ธุรกิจพลังงานขนาดใหญ่ ดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานให้ผู้ใช้พลังงาน (Energy Efficiency Resources Standards หรือ EERS) (โดยมีบทลงโทษสำหรับรายที่ดำเนินได้ต่ำกว่ามาตรฐานและมีรางวัลสำหรับรายที่ดำเนินการได้เกินมาตรฐานที่กำหนดในแต่ละปี) ซึ่งจะเป็นกลไกที่สำคัญในการให้ความช่วยเหลือทั้งทางเทคนิค และการเงินแก่ผู้ประกอบการรายย่อย เช่น SMEs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจโดยไม่ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

3.1.3.4.2 กลยุทธ์ด้านการส่งเสริมสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงานประกอบด้วย 5 มาตรการ

(ก) มาตรการการทำข้อตกลงด้านการประหยัดพลังงานแบบสมัครใจ (*voluntary agreement*) ระหว่างภาครัฐกับภาคธุรกิจ/อุตสาหกรรมโดยเฉพาะสมาคมธุรกิจต่างๆ และธุรกิจขนาดใหญ่

(ข) มาตรการการสนับสนุน และจูงใจ ให้มีการติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานแบบสมัครใจสำหรับอุปกรณ์/เครื่องใช้อาคาร และยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง

(ค) มาตรการสนับสนุนการเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชน (*mass transit*) และขนส่งสินค้าด้วยระบบ *Logistics* ที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง

(ง) มาตรการการสนับสนุนการลงทุนเพื่อดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน โดยการให้เงินอุดหนุนเพื่อชดเชยผลประหยัดพลังงานที่ตรวจพิสูจน์ได้ภายใต้ข้อเสนอโครงการที่ผ่านกระบวนการประเมิน (*DSM bidding*) สำหรับธุรกิจขนาดใหญ่ และการให้เงินอุดหนุนเพื่อชดเชยผลการประหยัดพลังงานและ/หรือการลด *peak load* ที่ตรวจพิสูจน์ได้หรือประเมินได้อย่างแม่นยำสำหรับธุรกิจรายย่อยเช่น *SMEs* ภายใต้ข้อเสนอโครงการที่ไม่ต้องมีการประกวดราคาที่เรียกว่า *Standard Offer Program (SOP)*

(จ) มาตรการการสนับสนุนการดำเนินการของบริษัทจัดการพลังงาน (*ESCO*) (เช่นการใช้เงินกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขยายวงเงินของกองทุน *ESCO fund*) เพื่อเป็นการแบ่งเบาภาระความเสี่ยงด้านเทคนิค และด้านการเงินของเจ้าของกิจการที่จะดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

3.1.3.4.3 กลยุทธ์ด้านการสร้างความตระหนัก และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมประกอบด้วย 3 มาตรการ

(ก) มาตรการการประชาสัมพันธ์ และให้ความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงาน แก่ประชาชนทั่วไป โดยผ่านการศึกษาในสถานศึกษาการปลูกจิตสำนึกของเยาวชน และกิจกรรมต่างๆ เช่น การขับขี่ยานยนต์อย่างประหยัดพลังงาน (*eco-driving*)

(ข) มาตรการการผลักดันแนวคิดและส่งเสริมกิจกรรมด้านการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (*low carbon society* และ *low carbon economy*) ซึ่งจะทำให้องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นชุมชน และภาคธุรกิจมีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินกิจกรรมที่จะนำไปสู่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

(ค) มาตรการการกำหนดราคาพลังงานที่สะท้อนต้นทุนที่แท้จริง และการใช้มาตรการทางภาษี เป็นเครื่องมือที่สำคัญในส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเพื่อผลักดันให้เกิดความตระหนักและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงาน

3.1.3.4.4 กลยุทธ์ด้านการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมประกอบด้วย 2 มาตรการ

(ก) มาตรการการส่งเสริมการวิจัย และพัฒนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน และลดต้นทุนของเทคโนโลยีโดยเฉพาะอุปกรณ์/เครื่องใช้ที่มีตลาดขนาดใหญ่ และมีฐานอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศรวมทั้งกระบวนการผลิตวัสดุ อาคาร และบ้านอยู่อาศัยที่ประหยัดพลังงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) มาตรการการส่งเสริมการสาธิตเทคโนโลยีประสิทธิภาพพลังงานสูง ที่พิสูจน์ทางเทคนิคแล้วแต่ยังไม่มีการใช้เชิงพาณิชย์ภายในประเทศรวมทั้งการสนับสนุนกิจกรรมเตรียมการต่างๆ เพื่อให้เกิดการใช้ในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย (deployment)

3.1.3.4.5 กลยุทธ์ด้านการพัฒนากำลังคน และความสามารถเชิงสถาบันประกอบด้วย 2 มาตรการ

(ก) มาตรการการส่งเสริมการพัฒนาอาชีพด้านการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเป็นผู้รับผิดชอบด้านการจัดการ และปฏิบัติการด้านการตรวจสอบและติดตามด้านการให้คำปรึกษา และวิศวกรรม และด้านการจัดทำแผนการกำกับดูแล และการส่งเสริมการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

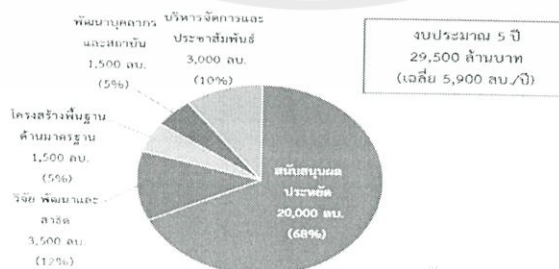
(ข) มาตรการการส่งเสริมการพัฒนาความสามารถเชิงสถาบันของหน่วยงาน/องค์กร ของทั้งภาครัฐ และเอกชนที่ทำหน้าที่วางแผนกำกับดูแล และส่งเสริมการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

3.1.3.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

ตารางที่ 3.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์ฯ ในแต่ละภาคเศรษฐกิจ

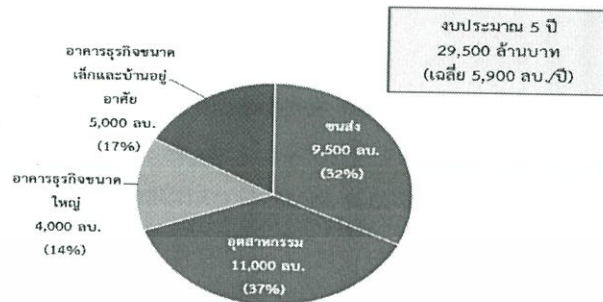
ภาคเศรษฐกิจ	พลังงานที่ประหยัดได้ โดยเฉลี่ยต่อปี (ktoe)		CO ₂ ที่หลีกเลี่ยงได้ โดยเฉลี่ยต่อปี (ล้านตัน)		มูลค่าของพลังงานที่ ประหยัดได้โดยเฉลี่ยต่อ ปี (ล้านบาท)	
	ใน 5 ปี	ใน 20 ปี	ใน 5 ปี	ใน 20 ปี	ใน 5 ปี	ใน 20 ปี
ขนส่ง	1,300	6,400	4	20	28,700	140,000
อุตสาหกรรม	1,120	5,500	4	17	17,900	87,000
อาคารธุรกิจขนาดใหญ่	220	1,000	1	6	3,800	19,000
อาคารธุรกิจขนาดเล็ก และบ้านอยู่อาศัย	320	1,600	1	5	5,300	26,000
รวม	2,960	14,500	10	48	55,700	272,000

การกระจายงบประมาณแยกตามประเภทค่าใช้จ่าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำไปใช้เผยแพร่ในสื่อออนไลน์หรือสื่ออื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ (49)

การกระจายงบประมาณแยกตามรายภาคเศรษฐกิจ



รูปที่ 3.9 แสดงการกระจายงบประมาณแยกตามรายภาคเศรษฐกิจ [49]

3.1.3.5 การขับเคลื่อนแผนและเงื่อนไขสู่ความสำเร็จ

แผนอนุรักษ์พลังงานฉบับนี้จะบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้จะต้องอาศัยความร่วมมือ และความมุ่งมั่นของหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการดำเนินการซึ่งถือว่าเป็นเงื่อนไขสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของแผนงานดังต่อไปนี้

(ก) การพัฒนาระบบบริหารจัดการ และเครื่องมือการบริหารจัดการ เช่นการพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านการใช้พลังงานและระบบรายงานตรวจสอบ และประเมินผลการพัฒนาองค์กรที่มีความอิสระและคล่องตัวในการดำเนินมาตรการภาคการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นการเฉพาะและการพัฒนาเทคโนโลยีในระดับนโยบายที่สามารถส่งเสริม และกำกับดูแลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานข้ามกระทรวงได้

(ข) การจัดสรรงบประมาณสนับสนุนแผนงาน และกิจกรรม ตามแผนมีความเพียงพอ และต่อเนื่องเช่นการจัดทำเป็น rolling plan 3-5 ปี

(ค) มีการพัฒนาบุคลากร และความสามารถเชิงสถาบันขององค์กรที่เกี่ยวข้อง ให้มีความเป็นมืออาชีพอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะบุคลากรที่มีความเข้าใจในแนวคิดและวิถีปฏิบัติในเชิงธุรกิจของภาคเอกชน

(ง) หน่วยงานภาครัฐแสดงบทบาทการนำ และเป็นแบบอย่างที่ดี เช่น การดำเนินนโยบายการจัดซื้อจัดหาสินค้า/บริการที่ประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมการใช้บริการ ESCO และการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานในอาคารของรัฐเป็นต้น

(จ) การกำหนดราคาพลังงานที่สะท้อนราคาจริง และการใช้มาตรการทางภาษี เพื่อเป็นเครื่องมือส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเชิงการสร้างมาตรฐานและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงาน

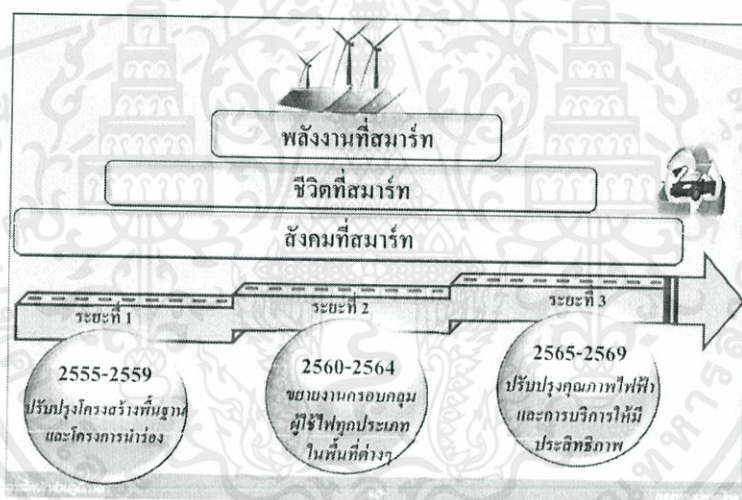
(ฉ) ศักยภาพการประหยัดพลังงานที่ประเมินไว้สูงกว่าเป้าหมายไม่มากนัก และเป็นศักยภาพที่มีได้รวมถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมไปสู่อุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานน้อย (less energy-intensive) หรือการปรับโครงสร้างระบบขนส่งไปสู่ระบบรางและระบบขนส่งมวลชน (นอกเหนือจากที่มีการกำหนดไว้แล้ว) ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรมีการกำหนดนโยบาย และแผนการพัฒนาระยะยาวที่จะมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานให้ชัดเจน

3.2 ศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย

เนื่องจากว่าในอนาคตมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี อีกทั้งในอนาคตนั้นราคาเชื้อเพลิงในการผลิตนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีการจัดสรรไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคโนโลยีด้านกริดอัจฉริยะเข้ามาช่วยในการจัดการด้านพลังงาน เพื่อให้เพียงสามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยกริดอัจฉริยะ นั้นจะมีการนำเอาเทคโนโลยีด้านใหม่ๆ เข้ามาใช้ ตัวอย่าง เช่น Smart Meter, Electric Vehicle, Energy Storage และนำมาเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายระบบสื่อสาร ซึ่งทำให้การใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น

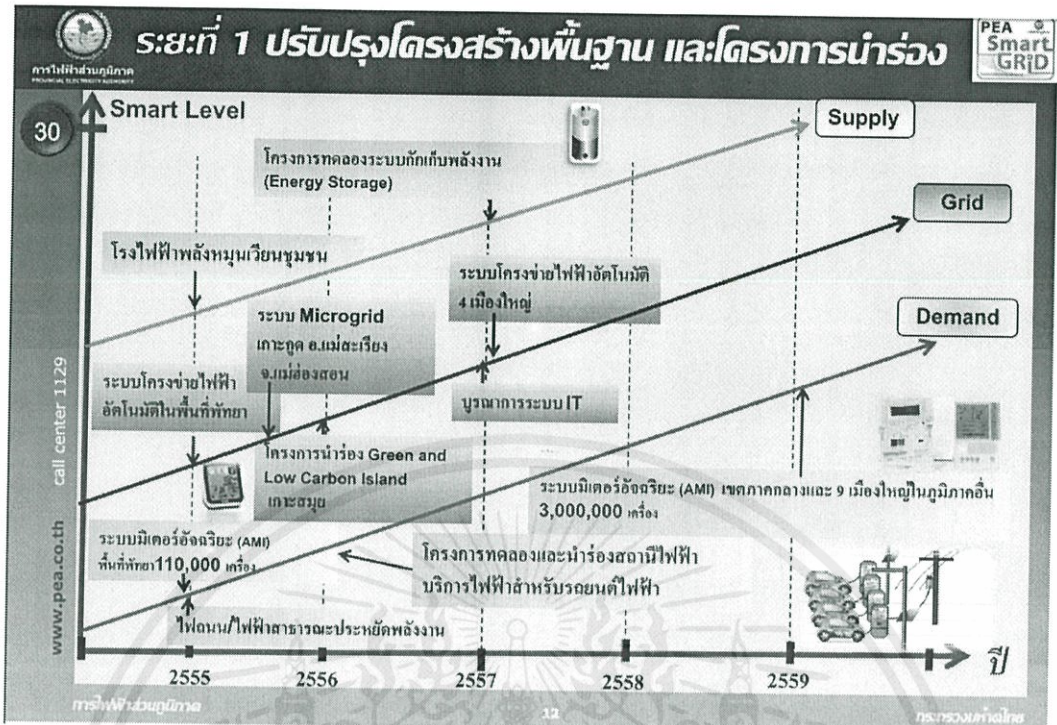
3.2.1 ศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA)

วิสัยทัศน์โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะของ กฟภ. “โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม” โดยทาง กฟภ. ได้แบ่งแผนการพัฒนาก่อเป็น 3 ช่วง ดังนี้

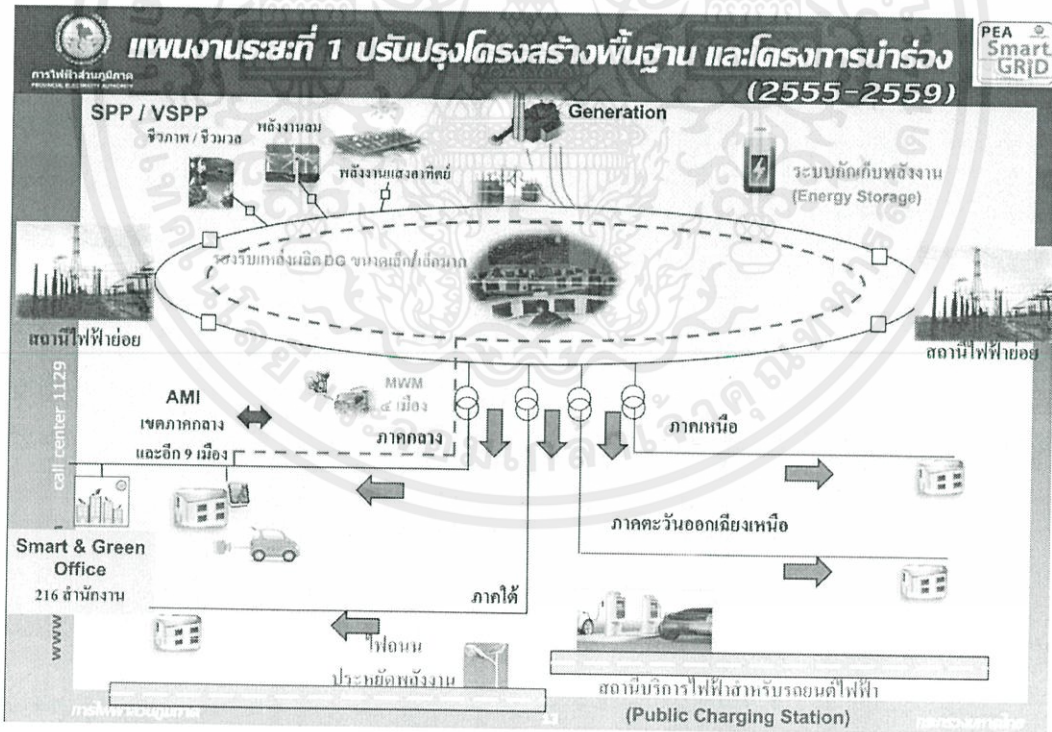


รูปที่ 3.10 ระยะการพัฒนาระบบกริดอัจฉริยะของ กฟภ. [50]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และโครงการนำร่อง [50]

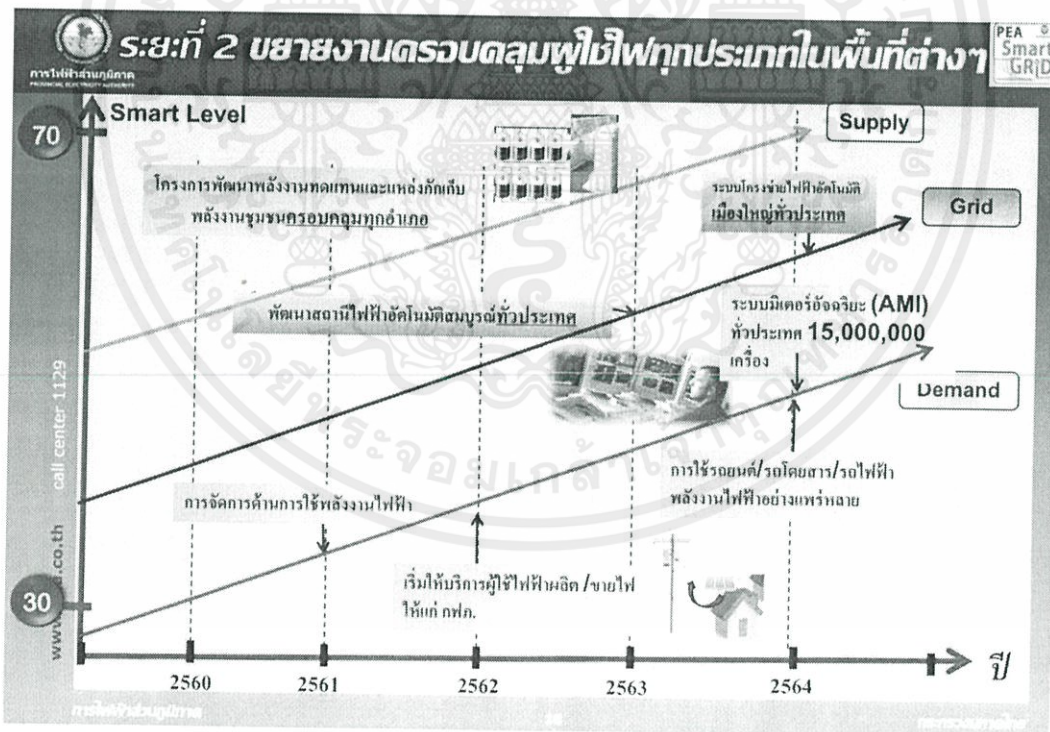


รูปที่ 3.12 ระยะที่ 1 การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และโครงการนำร่อง [50]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

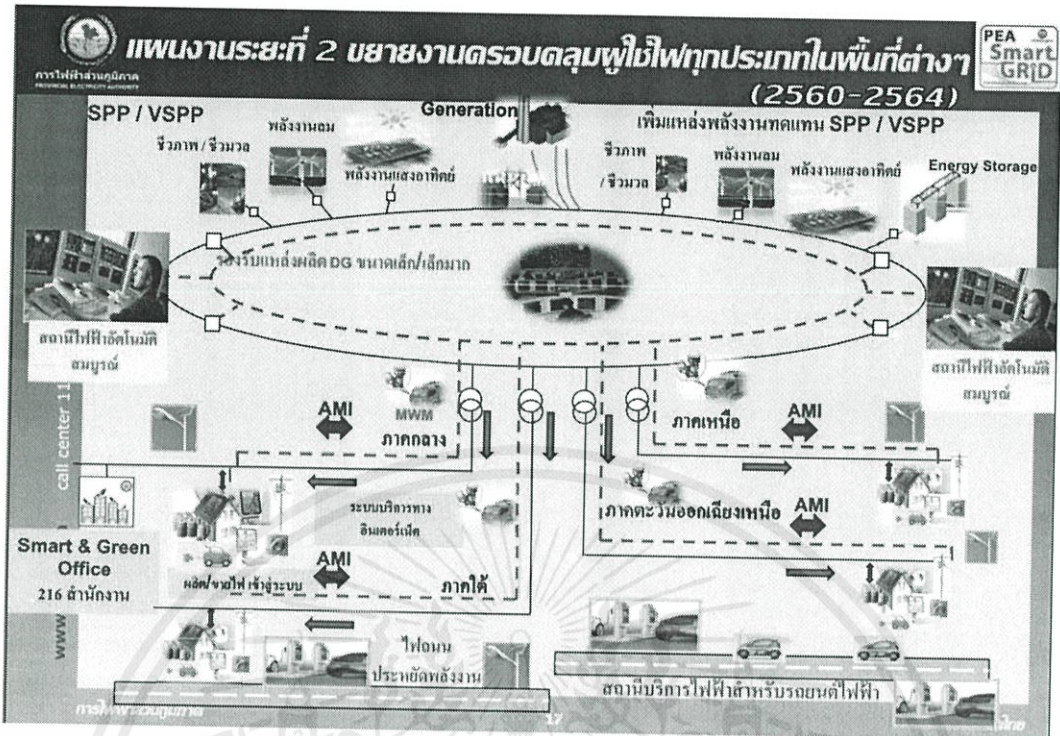
		ปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานโครงการนำร่อง	ขยายงานครอบคลุมผู้ใช้ไฟทุกประเภทในพื้นที่ต่างๆ	ปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าและบริการให้มีประสิทธิภาพ
		ระยะที่ 1 : 2555-2559	ระยะที่ 2 : 2560-2564	ระยะที่ 3 : 2565-2569
ผลงานที่สมารถ	บูรณาการข้อมูลระบบไฟฟ้า	ระบบจัดการทรัพยากรอย่างชาญฉลาด	ระบบความมั่นคงทางด้านสารสนเทศสมบูรณ์แบบ	
	ระบบไฟสำรองรับ DG	ระบบสถานีไฟฟ้าอัตโนมัติสมบูรณ์	ระบบจัดสรรค่า/พยากรณ์แหล่งผลิตและการใช้ไฟที่สมบูรณ์	
	โครงข่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ (4 เมือง)	โครงข่ายไฟฟ้าอัตโนมัติพื้นที่เมืองใหญ่	โครงข่ายไฟฟ้าอัตโนมัติทั่วประเทศ/คืนสภาพอัตโนมัติ	
	โครงข่ายไฟฟ้าชุมชน (Microgrid) /ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า	การพัฒนาพลังงานทดแทนและแหล่งกักเก็บพลังงานในชุมชน	โครงข่ายไฟฟ้าชุมชนอัจฉริยะบูรณาการกับแหล่งพลังงานทดแทนขนาดใหญ่	
	ระบบปฏิบัติการเคลื่อนที่ (4 เมือง)	ระบบปฏิบัติการเคลื่อนที่พื้นที่ต่างๆ	โรงไฟฟ้าเสมือน (Virtual Power Plant)	
ชีวิตที่สมารถ	ระบบมิเตอร์อัจฉริยะเขตภาคกลาง และ 9 เมือง ในภูมิภาคอื่นๆ	ระบบมิเตอร์อัจฉริยะครอบคลุมพื้นที่บริการ	ผู้ใช้ไฟฟ้า ซื้อ/ขายไฟฟ้าตามช่วงเวลาที่เหมาะสม	
	Smart & Green Office 216 สำนักงาน	ระบบการให้บริการผู้ใช้ไฟฟ้าทางอินเทอร์เน็ต	ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเลือกซื้อไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้า	
	การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า	การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เมือง	ระบบการจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สมบูรณ์แบบ	
สังคมที่สมารถ	สถานีบริการไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า (Public Charging Station)	การใช้รถยนต์/รถโดยสาร/รถไฟพลังงานไฟฟ้าอย่างแพร่หลาย	ระบบจัดการการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่ชาญฉลาด	
	ไฟถนน/ไฟฟ้าสาธารณะประหยัดพลังงาน	ไฟถนน/ไฟฟ้าสาธารณะ ขยายเข้าชุมชน	แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากรถยนต์ไฟฟ้า V2G	

รูปที่ 3.13 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของ กฟภ. [50]

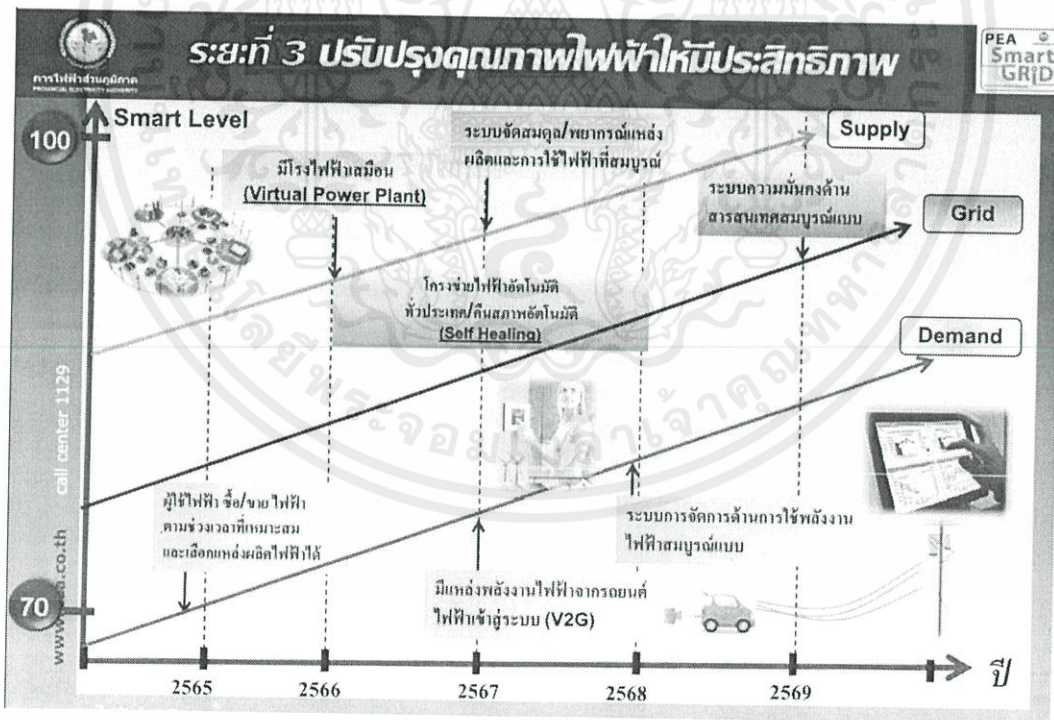


รูปที่ 3.14 ระยะที่ 2 ขยายงานครอบคลุมผู้ใช้ไฟทุกประเภทในพื้นที่ต่างๆ [50]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

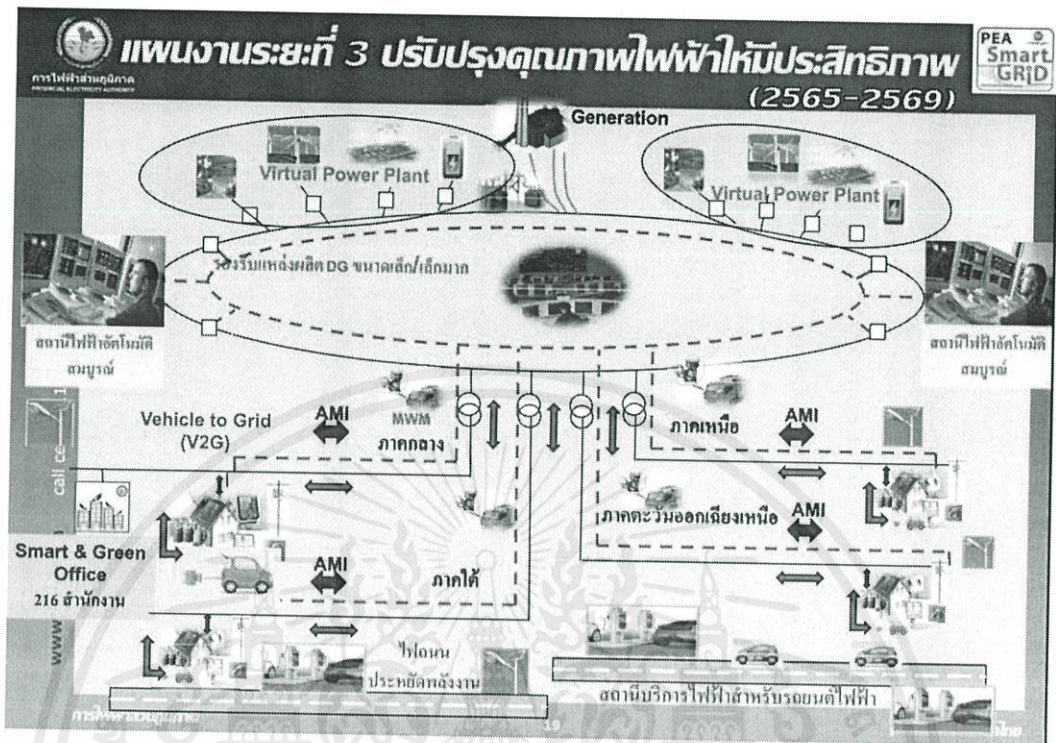


รูปที่ 3.15 แผนงานระยะที่ 2 ขยายงานครอบคลุมผู้ใช้ไฟทุกประเภทในพื้นที่ต่างๆ [50]



รูปที่ 3.16 ระยะที่ 3 ปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ [50]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แผนงานระยะที่ 3 ปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ [50]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในอนาคตของ กฟน.

	Stage 1 2555 – 2559 Laying the Foundations	Stage 2 2560 – 2564 Large Scale Implementation
ด้านระบบไฟฟ้า	<ul style="list-style-type: none"> มีสถานีไฟฟ้าอัตโนมัติจำนวน 40 สถานี มีระบบควบคุมอุปกรณ์ผลิตชนิดคอนโวลูเตอร์ที่สำคัญจากระยะไกลครอบคลุม 30% ของพื้นที่บริการ มีระบบตรวจสอบสถานะการเกิดไฟฟ้าดับในระดับแรงดันสูงและแรงดันกลาง มีระบบสนับสนุนการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าขัดข้องแบบอัตโนมัติ (Self-healing) ได้บางพื้นที่ มีระบบบริหารจัดการอุปกรณ์อย่างบูรณาการ (Asset Management) 	<ul style="list-style-type: none"> มีสถานีไฟฟ้าอัตโนมัติครบทุกสถานี มีระบบควบคุมอุปกรณ์ผลิตชนิดคอนโวลูเตอร์ที่สำคัญจากระยะไกลครอบคลุม 100% ของพื้นที่บริการ มีระบบตรวจสอบสถานะการเกิดไฟฟ้าดับ ครอบคลุมถึงในระดับแรงดันต่ำ มีระบบสนับสนุนการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าขัดข้องแบบอัตโนมัติ (Self-healing) ได้ครอบคลุมพื้นที่บริการ
ด้านบริการ	<ul style="list-style-type: none"> มีระบบอ่านเครื่องวัดแบบอัตโนมัติครอบคลุมผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถตรวจสอบปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายวัน และประวัติการใช้ไฟฟ้ารายวัน ผ่านอินเทอร์เน็ต และโทรศัพท์มือถือ มีระบบควบคุมไฟฟ้าสาธารณะครอบคลุม 18 พท. 	<ul style="list-style-type: none"> มีระบบตรวจสอบ ควบคุม SPP/VSP และ Renewable Energy ในวงกว้าง มีระบบไฟฟ้าพร้อมรองรับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า และสถานีชาร์จไฟรถยนต์ไฟฟ้า อย่างแพร่หลาย และรองรับระบบ Electric Vehicle to Grid (V2G)
ด้านการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน	<ul style="list-style-type: none"> มีการทดลองใช้งาน Energy Storage มีระบบควบคุมการประหยัดพลังงานในอาคารผู้ใช้ไฟฟ้า (Building Energy Management System) 	<ul style="list-style-type: none"> มีการใช้งาน Energy Storage เพิ่มความมั่นคงระบบไฟฟ้า มีการบูรณาการระบบควบคุมการประหยัดพลังงานในอาคาร และบ้านอยู่อาศัย (Home Energy Management System)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 3.18 ระบบ ICT หลัก ที่สนับสนุนระบบกริดอัจฉริยะของ กฟน. [51]

บทที่ 4

แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย

จากการศึกษา และระบบกริดอัจฉริยะของแต่ละประเทศ ทั้งที่เป็นแผนระบบกริดอัจฉริยะของ กฟผ. กฟน. และระบบกริดอัจฉริยะของต่างประเทศ ในบทนี้จะเป็นการวางแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไทย โดยนำเอาข้อดีของระบบกริดอัจฉริยะต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาแผนให้มีความสมบูรณ์ และทันสมัย และการดำเนินงานของแผนแม่บทนี้ยังจัดทำขึ้นให้สอดคล้องกับแผน PDP AEDP EEDP ของประเทศไทย เพื่อให้แผนแม่บทนี้มีความสอดคล้องแผนพลังงานของประเทศไทยและสามารถดำเนินงานตามแผนนี้ได้จริง

4.1 สถานการณ์ไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบัน

จากข้อมูลของรายงานไฟฟ้าประเทศไทย พ.ศ. 2554 พบว่าประเทศไทยมีการพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 148,700 GWh โดยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี 2553 ในอัตราร้อยละ 0.1 โดยสาขาเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือ ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ ภาคครัวเรือน ตามลำดับ และมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 31,773 เพิ่มขึ้นจากปี 2553 ร้อยละ 0.9 ซึ่งโรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตติดตั้งมากที่สุด โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ โดยกำลังการผลิตติดตั้งของพลังงานทดแทนในปัจจุบันมีเพียง 0.9% ของกำลังผลิตติดตั้งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปพลังงานไฟฟ้าประเทศไทย

รายการ	2550 2007	2551 2008	2552 2009	2553 2010	2554 2011
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า (GWh)	133,178	135,449	135,209	149,320	148,700
2. กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	28,285	30,508	30,607	31,485	31,773
3. กำลังการผลิตติดตั้งของผู้ผลิตพลังงานควบคุม ที่ผลิตไฟฟ้าใช้เอง (MW)	7,833	10,158	15,971	N.A.	N.A.
4. การผลิตพลังไฟฟ้าสูงสุด (MW)	22,320	23,074	23,064	25,094	23,388
5. การผลิตพลังไฟฟ้าสูงสุดของ กฟผ. (MW)	11,604	10,815	10,987	12,520	11,527
6. การผลิตพลังงานไฟฟ้า (GWh)	143,378	147,427	148,390	159,518	154,886
7. ประชากร (พันคน)	63,038	63,390	63,525	63,878	64,076
8. การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน (kWh/คน)	2,113	2,137	2,128	2,338	2,321
9. ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของระบบ (%)	37.7	38.1	38.3	38.3	38.2
10. การสูญเสียในสายส่งไฟฟ้า (%)	6.5	6.1	5.9	6.3	6.3

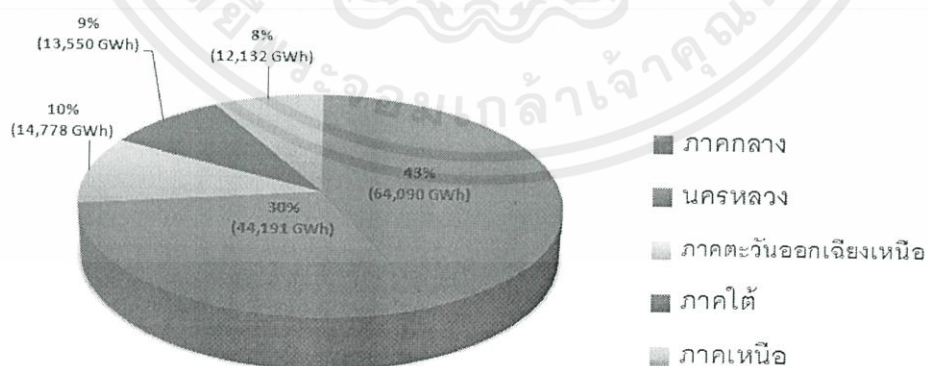
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 จำนวนหมู่บ้านและครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้จำแนกตามภาค ปี 2554

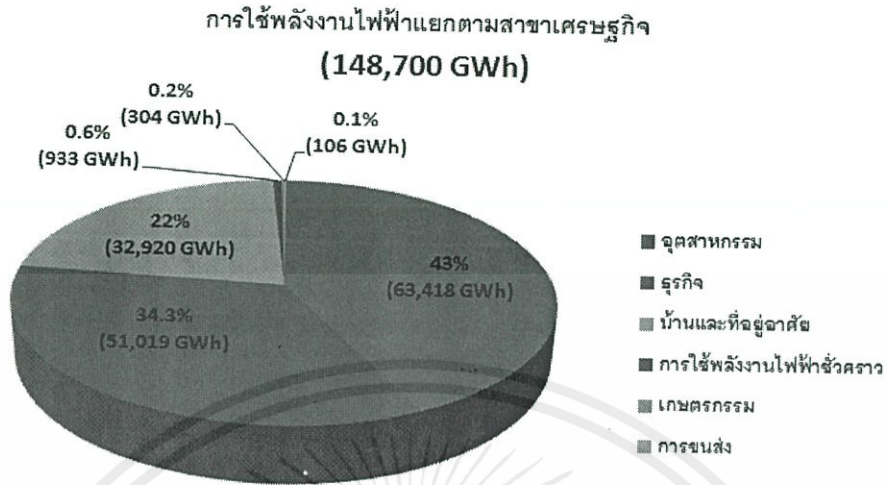
ภาค	จำนวนหมู่บ้าน			จำนวนครัวเรือน		
	รวม	หมู่บ้านที่มีไฟฟ้าใช้	อัตราร้อยละของหมู่บ้านที่มีไฟฟ้าใช้	รวม	ครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้	อัตราร้อยละของครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้
ทั่วประเทศ	74,903	72,973	97.4	22,240,259	19,498,193	87.7
เหนือ	16,550	16,421	99.2	4,213,380	3,568,648	84.7
ตะวันออกเฉียงเหนือ	33,089	31,489	95.2	6,081,613	5,479,875	90.1
กลาง	15,874	15,696	98.9	5,407,413	4,550,396	84.2
ใต้	8,662	8,639	99.9	3,007,039	2,630,688	87.5

4.1.1 ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย

การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามภูมิภาค
(148,700 GWh)

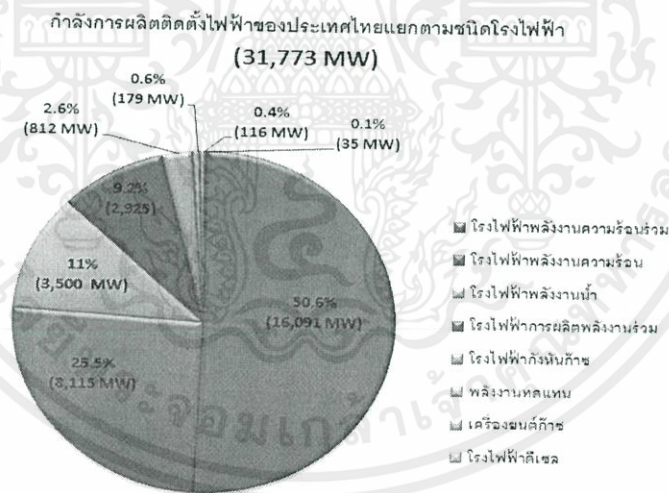


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีรูปที่ 4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามภูมิภาค เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



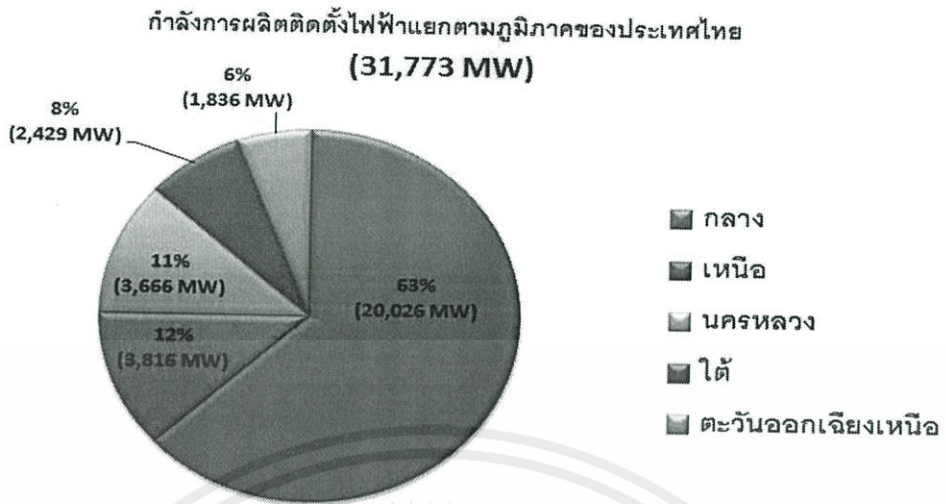
รูปที่ 4.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสาขาเศรษฐกิจ

4.1.2 ด้านกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งของประเทศไทย



รูปที่ 4.3 กำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งของประเทศไทยแยกตามชนิดของโรงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

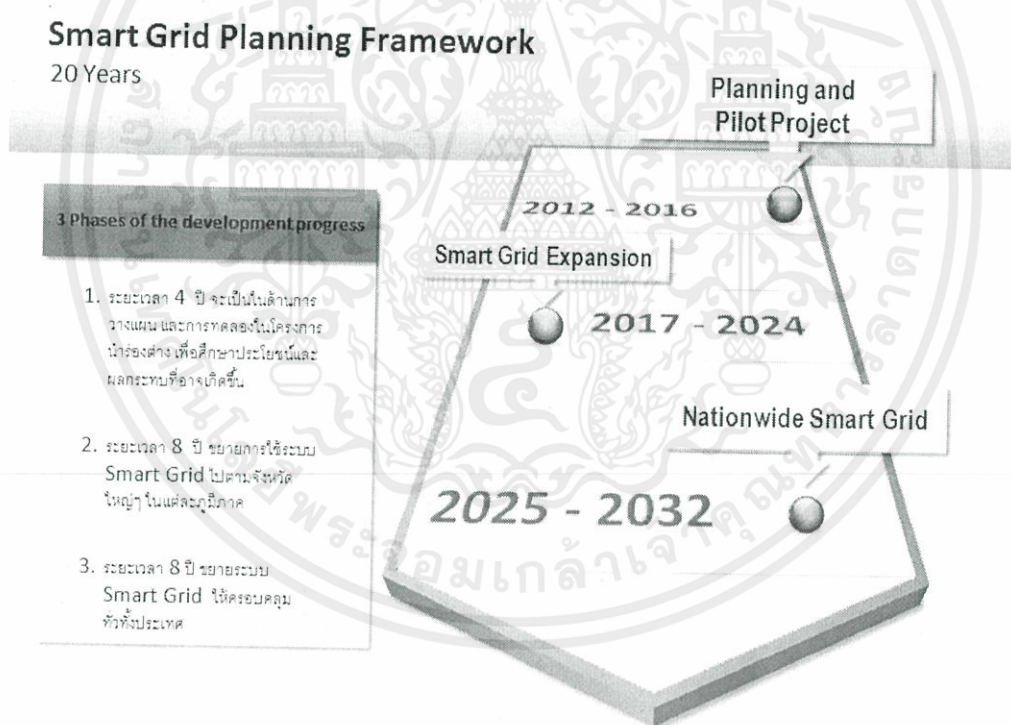


รูปที่ 4.4 กำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งของประเทศไทยแยกตามภูมิภาคของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

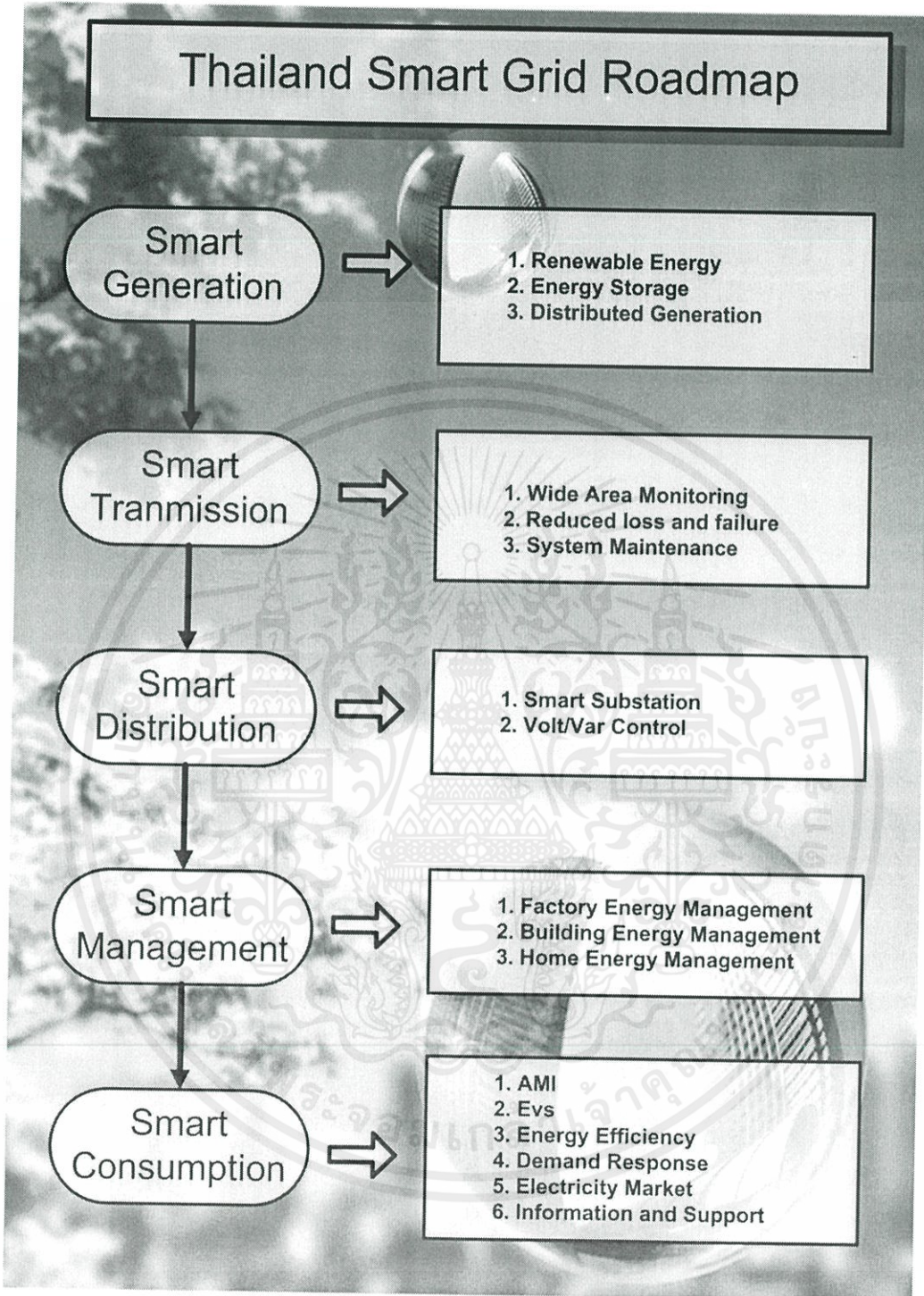
4.2 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไทย

จากที่ได้ทำการศึกษาถึงระบบกริดอัจฉริยะของต่างประเทศใน 3 ทวีป (อเมริกา ยุโรป เอเชีย) มาตรฐานระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับระบบกริดอัจฉริยะ (IEEE, IEC) แผนระบบกริดอัจฉริยะขององค์กรไฟฟ้าในประเทศไทย (PEA, MEA) และแผนการพัฒนาด้านพลังงานของประเทศไทย (PDP 2010, AEDP, EEDP) จึงได้ทำการออกแบบตัวแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไทย โดยจะประกอบไปด้วย ขอบเขตการทำงานให้บรรลุเป้า ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ 1. จะทำการวางแผน และทำการทดลองโครงการนำร่องต่างๆ 2. ขยายระบบกริดอัจฉริยะไปตามจังหวัดใหญ่ๆ 3. ทำการขยายระบบกริดอัจฉริยะให้ครอบคลุมทั่วประเทศ โดยการวางแผนจะใช้เวลาทั้งหมด 20 ปี และในส่วนประกอบของระบบกริดอัจฉริยะนั้นจะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ไปจนถึงผู้บริโภค โดยได้ทำการแยกมาตรฐานระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับกริดอัจฉริยะ (IEEE, IEC) แยกไว้ในแต่ละส่วนประกอบแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของประเทศไทย



รูปที่ 4.5 กรอบการทำงานของระบบกริดอัจฉริยะในระยะเวลา 20 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แผนการดำเนินงานของระบบกริดอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)

Thailand Smart Grid Roadmap		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: #333; color: white; padding: 10px; border-radius: 10px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 1 Smart Generation </div> <div style="border-left: 2px solid black; padding-left: 10px;"> <p>Smart Generation เป็นส่วนของการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในระบบ โดยจะเน้นในด้านการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือก เพื่อช่วยจ่ายไฟฟ้าในระบบ หากกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้ามากเกินไปเกินความต้องการ พลังงานส่วนเกินนั้นจะมีระบบจัดเก็บพลังงานไว้เพื่อใช้ในกรณีที่ความต้องการไฟฟ้ามีมากกว่าความสามารถในการผลิต ซึ่งสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้า</p> </div> </div>		
	Renewable Energy	<ul style="list-style-type: none"> • เพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานทางเลือกขึ้น 25 % โดยเน้นการสนับสนุนธุรกิจ VSPP และ SPP
	Energy Storage	<ul style="list-style-type: none"> • พัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำให้เป็นแบบระบบ pump – storage hydroelectricity • นำเทคโนโลยี CAES ไปประยุกต์ใช้ในโรงไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ • สนับสนุนการสร้าง Battery Farm เพื่อรองรับการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทางเลือก
	Distributed Generation	<ul style="list-style-type: none"> • ขยายระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กๆ • สนับสนุนการใช้ระบบ Micro grid เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าในชุมชน

ตารางที่ 4.4 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านสายส่งอัจฉริยะ (Smart Transmission)

<h2>2 Smart Transmission</h2>		<p>Smart Transmission เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีในด้านระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดการสูญเสียในสายส่ง และตรวจสอบระบบไฟฟ้าที่มีผิดพลาด รวมถึงการแก้ไขอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพ</p>
	Wide Area Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> ระบบควบคุมสวิตช์ตัดตอนไฟฟ้าระยะไกลในพื้นที่สำคัญ
	Reduced loss and Failure	<ul style="list-style-type: none"> ลด loss ในสายส่งให้เหลือ 3% ใช้ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแบบ HVDC ในการส่งจ่ายไฟฟ้าระยะไกล ใช้ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแบบ FACTS ในการส่งจ่ายไฟฟ้าระยะไกล ระบบแก้ไขไฟฟ้าขัดข้องอัตโนมัติ
	System Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> ระบบปฏิบัติการเคลื่อนที่อัตโนมัติ

ตารางที่ 4.5 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านระบบจำหน่ายอัจฉริยะ (Smart Distribution)

<h3>3 Smart Distribution</h3>		<p>Smart Distribution เป็นส่วนของระบบการจำหน่ายไฟฟ้าที่เน้นในเรื่องของการนำระบบอัตโนมัติเข้าช่วยในการจัดการในส่วนของสถานีไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยรักษาเสถียรภาพในการจำหน่ายไฟฟ้า และป้องกันเหตุผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับระบบ</p>
	Smart Substation	<ul style="list-style-type: none"> • ระบบสถานีอัตโนมัติครอบคลุมทุกสถานีไฟฟ้า
	Volt/Var Control	<ul style="list-style-type: none"> • ใช้ระบบควบคุมแบบ Volt/Var มาใช้เพื่อในการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

ตารางที่ 4.6 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านระบบการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Management)

4 Smart Management		Smart Management เป็นส่วนการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน, อาคาร และ บ้านที่อยู่อาศัย ให้มีระบบการจัดการในด้านการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ และช่วย ในการผลิต และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ
FEMs	<ul style="list-style-type: none"> • สร้างโรงงานต้นแบบด้านการจัดการพลังงาน เพื่อแนวทางในการศึกษา • สนับสนุนการสร้างโรงงานที่ใช้ระบบการจัดการพลังงาน 	
BEMs	<ul style="list-style-type: none"> • สร้างอาคารต้นแบบด้านการจัดการพลังงาน เพื่อแนวทางในการศึกษา • สนับสนุนการสร้างอาคารที่ใช้ระบบการจัดการพลังงาน 	
HEMs	<ul style="list-style-type: none"> • สร้างบ้านต้นแบบด้านการจัดการพลังงาน เพื่อแนวทางในการศึกษา • สนับสนุนการสร้างบ้านที่ใช้ระบบการจัดการพลังงาน 	

ตารางที่ 4.7 แผนแม่บทกริดอัจฉริยะของประเทศไทย ในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างอัจฉริยะ (Smart Consumption)

5 Smart Consumption		Smart Consumption เป็นส่วนที่ผู้บริโภคมีส่วนร่วมในการจัดการการใช้ไฟฟ้าของตนเอง ซึ่งระบบจะตอบสนองการใช้พลังงานไฟฟ้าในทุกด้านๆ ได้อย่างตรงความต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ
AMI	<ul style="list-style-type: none"> • บูรณะระบบไฟฟ้าให้รองรับการใช้มิเตอร์อัจฉริยะ • เปลี่ยนการใช้มิเตอร์ไฟฟ้าของผู้บริโภคให้เป็นแบบธรรมดามาให้เป็นมิเตอร์อัจฉริยะ 	
EVs	<ul style="list-style-type: none"> • สนับสนุนการใช้รถไฟฟ้าแทนรถยนต์ที่มีประสิทธิภาพต่ำ • สร้างสถานีชาร์จให้ครอบคลุมการใช้รถไฟฟ้า • วิจัยและสนับสนุนการใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำและมีประสิทธิภาพ 	
Energy Efficiency	<ul style="list-style-type: none"> • สร้างมาตรการประหยัดพลังงานในด้านต่างๆ • สนับสนุนผลิตภัณฑ์ประหยัดพลังงาน และรณรงค์ให้ความรู้ • ควบคุมหน่วยงานที่ใช้พลังงานสูงให้ใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน • ควบคุมมาตรฐานการผลิตจากโรงงานให้ได้ตามฉลากประหยัดพลังงาน 	
Demand Response	<ul style="list-style-type: none"> • มีระบบไฟฟ้าที่รองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภคในทุกช่วงเวลา 	
Electricity Market	<ul style="list-style-type: none"> • ผู้บริโภคสามารถซื้อขายพลังงานไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต 	
Information and Support	<ul style="list-style-type: none"> • การให้ข้อมูล และสนับสนุนระบบแก่ผู้บริโภคในการใช้ไฟฟ้า 	

4.3 นโยบายตัวอย่างของระบบกริดอัจฉริยะ

4.3.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)

เพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานทางเลือกขึ้น 25 % โดยเน้นการสนับสนุนธุรกิจ VSPP และ SPP

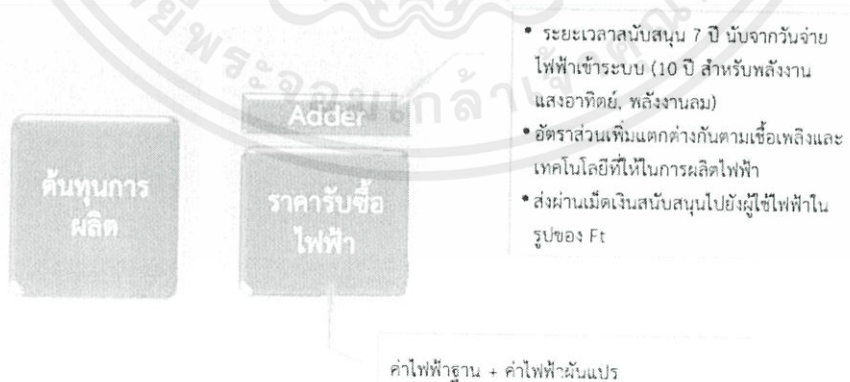
เนื่องจากว่าในระบบ Smart Grid นั้นจะเน้นการสนับสนุน VSPP และ SPP ในเรื่องของพลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากลม เพราะว่าเป็นพลังงานที่สะอาด และประเทศไทยอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้มีแสงแดดมากซึ่งเป็นผลดี และแผงโซลาร์เซลล์ยังสามารถที่จะติดตั้งบริเวณในส่วนที่เป็นอาคารและหลังคาได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก โดยปัจจุบันมีการสนับสนุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนแห่งประเทศไทย (Thailand Board of Investment) ซึ่งจะได้

สิทธิประโยชน์

1. ยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับเครื่องจักรทุกประเภท
2. ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเป็นเวลา 8 ปี ทุกเขต (ไม่กำหนดวงเงิน)

สิทธิประโยชน์เพิ่มเติม

1. เพิ่มเติมการลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 50 เป็นเวลา 5 ปี
2. หักค่าขนส่ง ค่าไฟฟ้า และค่าน้ำประปาเป็น 2 เท่า
3. หักค่าติดตั้งหรือก่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 และการสนับสนุนในรูปแบบการเพิ่มราคารับซื้อค่าไฟฟ้าในรูปแบบ ADDER และ FIT



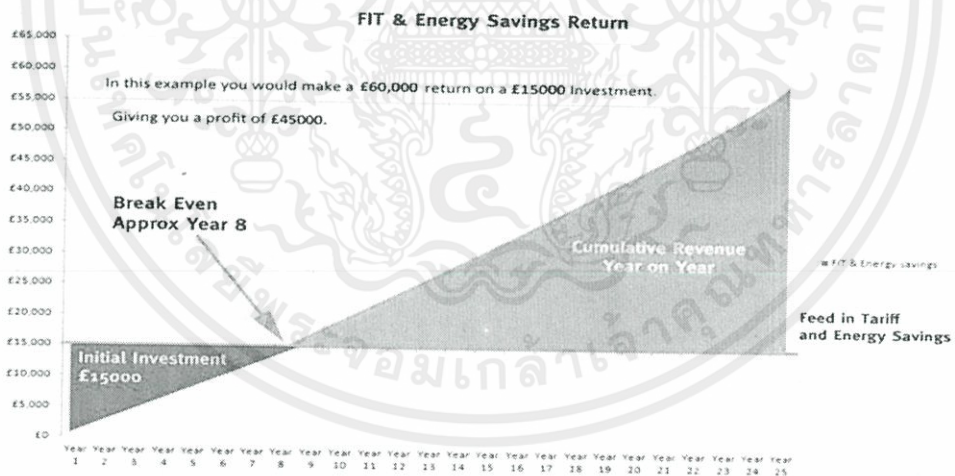
รูปที่ 4.7 มาตรการส่งเสริมราคาไฟฟ้าในการรับซื้อจากเอกชนในรูปแบบ ADDER [56]

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวน เว้นสำหรับกร ใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเพิ่มราคาซื้อไฟฟ้า : แยกตามประเภทเทคโนโลยีและเชื้อเพลิง				
เชื้อเพลิง	ส่วนเพิ่มฯ (บาท/kWh)	ส่วนเพิ่มฯพิเศษเพื่อทดแทนดีเซล (บาท/kWh)	ส่วนเพิ่มฯพิเศษสำหรับ 3 จว. ชายแดนภาคใต้ และ 4 อ. ใน จ.สงขลา* (บาท/kWh)	ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)
1. ชีวมวล				
- กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	0.50	1.00	1.00	7
- กำลังการผลิตติดตั้ง >1 MW	0.30	1.00	1.00	7
2. ก๊าซชีวภาพ (จากทุกประเภทแหล่งผลิต)				
- กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	0.50	1.00	1.00	7
- กำลังการผลิตติดตั้ง >1 MW	0.30	1.00	1.00	7
3. ชยะ (ชยะชุมชน / ชยะอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่ชยะอันตราย และไม่เป็นชยะที่เป็นอันตรายวัตถุ)				
- ระบบหมักหรือหมักกลบชยะ	2.50	1.00	1.00	7
- พลังงานความร้อน (Thermal Process)	3.50	1.00	1.00	7
4. พลังงานลม				
- กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 50 kW	4.50	1.50	1.50	10
- กำลังการผลิตติดตั้ง > 50 kW	3.50	1.50	1.50	10
5. พลังน้ำขนาดเล็ก				
- 50 kW ≤ กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 200 kW	0.80	1.00	1.00	7
- กำลังการผลิตติดตั้ง < 50 kW	1.50	1.00	1.00	7
6. พลังงานแสงอาทิตย์				
	6.50	1.50	1.50	10

* 4 อำเภอในจังหวัดสงขลาได้แก่ อ.จะนะ อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย และ อ.นาทวี

รูปที่ 4.8 มาตรการส่งเสริมราคาไฟฟ้าในการรับซื้อจากเอกชนในรูปแบบ ADDER [56]



Figures are for a 4kw system, assume 2.5% inflation and 6% year on year increase in electricity prices

รูปที่ 4.9 ลักษณะการส่งเสริมราคาไฟฟ้าในการรับซื้อจากเอกชนในรูปแบบ FIT

ที่มา : http://www.networksolar.co.uk/simages/Solar_Graph.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ปัญหาในปัจจุบันของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

ปัญหาในปัจจุบัน	แนวทางการแก้ไขปัญหา
พรบ.โรงงาน พ.ศ.2535 มาตรา 5	Solar System ที่มีขนาดต่ำกว่า 1,000 kw ไม่จำเป็นต้องขอใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (รง.4)
มาตรการเรื่อง FIT ไม่ดึงดูดให้นักลงทุนเข้ามา	- ดำเนินนโยบาย ADDER ที่ราคา 10 บาท สำหรับแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาบ้านเป็นระยะเวลา 10 ปีนับแต่เริ่มทำการขายไฟฟ้า - ดำเนินนโยบาย ADDER ที่ราคา 8 บาทสำหรับโซลาร์ฟาร์มเป็นระยะเวลา 10 ปี นับแต่เริ่มทำการขายไฟฟ้า
ผู้ที่ได้ PPA ยังไม่ก่อสร้างตามกำหนด	ยกเลิก PPA ของผู้ที่ได้นั้นๆ และออกให้แก่ผู้อื่นที่มีแผนการที่ชัดเจน
ไม่สามารถรับสมัครผู้ที่สนใจในการลงทุนเพิ่มในพลังงานแสงอาทิตย์ได้	เพิ่มเป้าหมายของพลังงานแสงอาทิตย์ให้มากกว่าเดิมในปี 2021

ตัวอย่างข้อเสนอในการแก้ไขปัญหาการเพิ่มค่าการผลิตติดตั้งของโซลาร์เซลล์

4.3.1.1 การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

จากแผนของ AEDP มีเป้าหมายในการเพิ่มกำลังการผลิตติดตั้งจากโซลาร์เซลล์จากหลังคาบ้านให้ได้ 1,000 MW ในอีก 10 ปี ถ้าสมมุติว่าบ้านแต่ละหลังใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 2 kW จะต้องใช้จำนวนบ้านถึง 500,000 หลังคาเรือน จากข้อมูลของบริษัท Thai Solars Future พบว่าค่าการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 2 kW (ผลึกซิลิคอนเดี่ยว) แบบเบ็ดเสร็จนั้นมีมูลค่า 380,000 บาท ซึ่งด้วยราคานี้หากจะทำให้ไปถึง 1,000 MW อาจจะทำได้ยาก จึงได้ทำการศึกษาหาจุดคุ้มทุนของแผงโซลาร์เซลล์พบว่า

กำหนดใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบผลึกซิลิคอนขนาด 2 kW ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 2774 kWh/ปี ใช้อัตราค่าไฟฟ้าฐานแบบเพิ่มขึ้น 5% พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างการคำนวณหาความคุ้มค่าของแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาบ้าน

พ.ศ.	อัตราค่าไฟ ของการ ไฟฟ้า (บาท/kWh)	ADDER (10 บาท)	ADDER (8 บาท)	ADDER (6.5 บาท)	FIT (5.12บาท)	ดอกเบีย ธนาคาร 3 %
2552	3.3	36,894.2	31,346.2	27,185.2	14,202.88	11,400
2553	3.47	37,365.78	31,817.78	27,656.78	14,202.88	11,742
2554	3.64	37,837.36	32,289.36	28,128.36	14,202.88	12,094.3
2555	3.82	38,336.68	32,788.68	28,627.68	14,202.88	12,457.1
2556	4.01	38,863.74	33,315.74	29,154.74	14,202.88	12,830.8
2557	4.21	39,418.54	33,870.54	29,709.54	14,202.88	13,215.7
2558	4.42	40,001.08	34,453.08	30,292.08	14,202.88	13,612.2
2559	4.64	40,611.36	35,063.36	30,902.36	14,202.88	14,020.6
2560	4.88	41,277.12	35,729.12	31,568.12	14,202.88	14,441.2
2561	5.12	41,942.88	36,394.88	32,233.88	14,202.88	14,874.4
2562	5.38	42,645.36	37,111.36	32,992.36	14,202.88	15,320.6
2563	5.64	43,394.88	37,889.36	33,863.36	14,202.88	15,780.3
2564	5.93	44,191.36	38,729.12	34,754.72	14,202.88	16,253.7
2565	6.22	45,034.88	39,631.36	35,666.88	14,202.88	16,741.3
2566	6.53	45,925.36	40,596.36	36,600.36	14,202.88	17,243.5
2567	6.86	46,863.74	41,624.88	37,564.88	14,202.88	17,760.8
2568	7.2	47,850.36	42,717.36	38,568.36	14,202.88	18,293.7
2569	7.56	48,885.36	43,875.36	39,611.36	14,202.88	18,842.5
2570	7.94	49,969.36	45,099.36	40,704.36	14,202.88	19,407.7
2571	8.34	51,103.36	46,389.36	41,847.36	14,202.88	19,990
ผลรวม		580,071	524,591	482,981	284,058	306,332

(ก) ที่ค่า ADDER 8 บาท (10 ปี) จะได้จุดคุ้มทุนที่ 13 ปี (384,088 บาท)

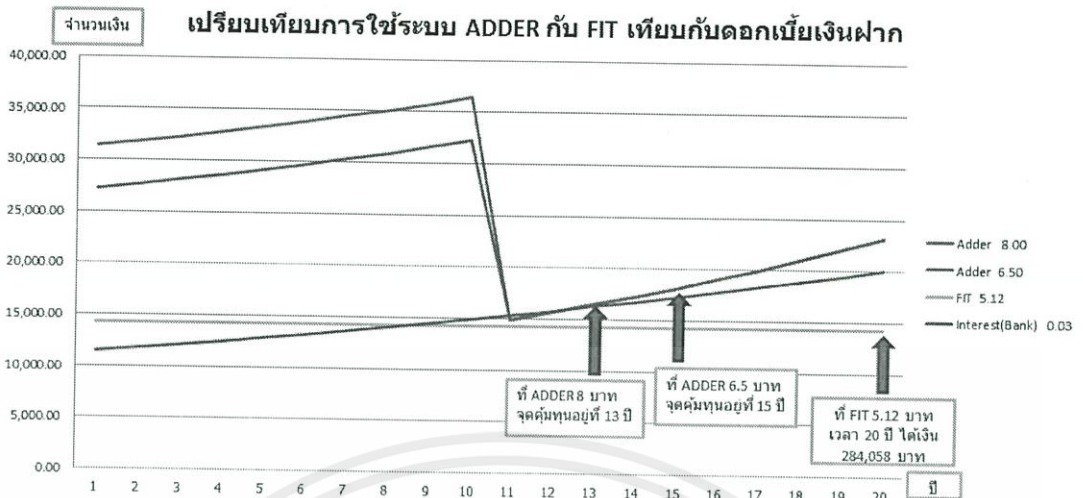
(ข) ค่า ADDER 6.5 บาท (10 ปี) จะได้จุดคุ้มทุนที่ 15 ปี (377,847 บาท)

(ค) ค่า FIT 5.12 บาท (20 ปี) ระยะเวลาภายใน 20 ปีจะได้เงิน 284,058 บาท

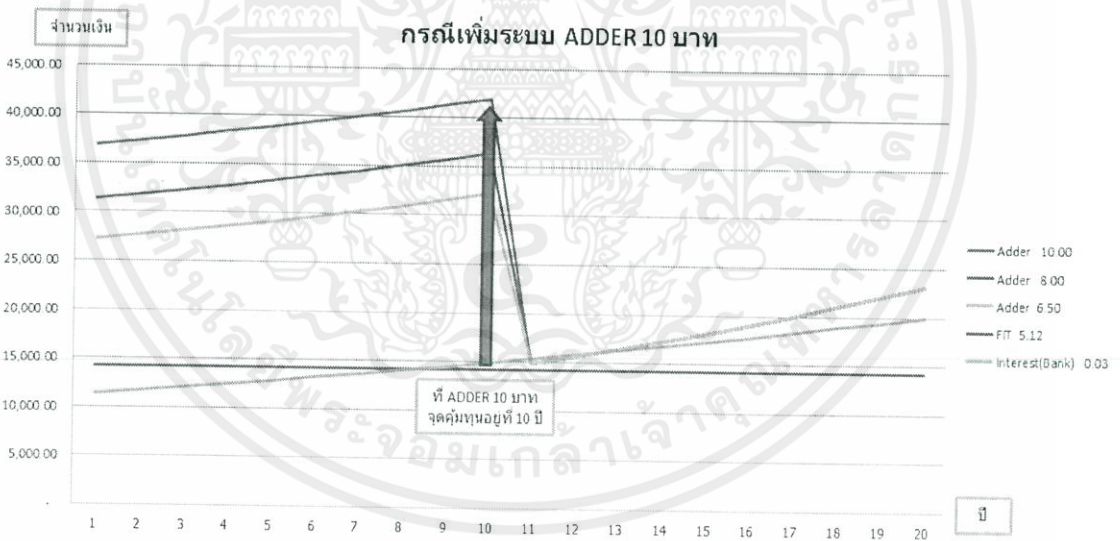
(ง) ถ้าฝากเงินประจำ (20 ปี) สมมุติได้ดอกเบี้ย 3% มูลค่าดอกเบี้ยทั้งหมดจะเท่ากับ

306,322 บาท

ซึ่งถ้าเทียบว่าหลังจากผ่านจุดคุ้มทุนไปใช้โดยใช้เวลาเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 20 ปี พบว่า
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่ค่า ADDER 8 บาท จะสามารถขายไฟฟ้าได้เงินทั้งหมด 140,503 บาท (ระยะเวลา 7 ปี) และ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ที่ค่า ADDER 6.5 บาท จะสามารถขายไฟฟ้าได้เงินทั้งหมด 123,248 บาท (ระยะเวลา 5 ปี)



รูปที่ 4.10 กราฟจุดคุ้มทุนในระบบการเพิ่มอัตราการซื้อไฟฟ้าในปัจจุบัน ซึ่งจะเห็นว่ามูลค่าของเงินที่ได้จากการขายไฟฟ้านั้นเมื่อเทียบกับเงินฝากจะมีมูลค่าน้อยกว่าถึงครึ่งหนึ่ง อีกทั้งประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์เมื่อผ่านไป 20 ปี อาจจะลดลง ทำให้แผนอันนี้อาจจะทำให้ไม่แน่ใจในการติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาบ้านของผู้บริโภค จึงได้ทำการจำลองราคา ADDER ที่ 10 บาท (ระยะเวลา 10 ปี) พบว่า



รูปที่ 4.11 กราฟจุดคุ้มทุนในระบบการเพิ่มอัตราการซื้อไฟฟ้า กรณีเพิ่ม ADDER 10 บาท

จุดคุ้มทุนจะอยู่ที่ 10 ปี (392,544 บาท) ซึ่งจะทำให้คืนทุนในเวลาที่จะเร็วขึ้น และหลังจากนั้นอีก 10 ปี จะสามารถขายไฟฟ้าได้ประมาณ 187,522 บาท ซึ่งหากนำเงินก้อนแรกที่ได้จากการคืนทุนไปฝากเงินดอกเบี้ย 3% เป็นเวลา 10 ปี พบว่าจะได้ดอกเบี้ย 135,002 บาท ซึ่งหากนำเงินที่ได้ทั้งหมดมารวมกันพบว่าจะมีมูลค่าถึง 715,068บาท + แผงโซลาร์เซลล์ หากเมื่อนำไปเทียบกับอัตรา

ดอกเบี้ย 3% คงที่ 20 ปีพบว่า จำนวนเงินทั้งหมด (รวมเงินต้น) จะมีมูลค่า 686,322 บาทจะพบว่า การลงทุนในโซลาร์เซลล์จะทำให้ได้กำไรมากกว่าการลงทุนด้วยดอกเบี้ยในธนาคารประมาณ 28,716 บาท และยังได้แผงโซลาร์เซลล์ในการผลิตไฟฟ้าขายการไฟฟ้าอีกด้วย ซึ่งถ้าทำวิธีเดียวกันที่ราคา ADDER เท่ากับ 8 บาท จะได้เงินทั้งหมด 612,882 บาท ซึ่งห่างจากที่ราคา ADDER เท่ากับ 10 บาท ถึง 102,186 อีกทั้งยังไม่สามารถชนะมูลค่าที่ดอกเบี้ย 3% ตลอด 20 ปีได้

4.3.1.2 การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบฟาร์ม

จากแผนของ AEDP พบว่าต้องการการผลิตติดตั้งจากพลังงานแสงอาทิตย์นอกจาก โซลาร์เซลล์บนหลังคาอีกประมาณ 925 MW ซึ่งในส่วนนี้จะต้องจูงใจให้ผู้ที่มีเงินลงทุนมาทำกิจการ ด้านการลงทุนใน Solar Farm ซึ่งจากข้อมูลของบริษัท Thai Solars Future พบว่าการลงทุนสร้าง Solar Farm ที่ 1 MW นั้นมีมูลค่าการลงทุนประมาณ 100 ล้านบาท (ข้อมูลปี 2553) ใช้พื้นที่ในการ ก่อสร้างประมาณ 10 ไร่กำหนดใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบผลึกซิลิคอนผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 1,387,000 kWh/ปี ใช้อัตราค่าไฟฟ้าฐานแบบเพิ่มขึ้น 5% พบว่า

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างการคำนวณหาความคุ้มค่าของแผงโซลาร์เซลล์แบบฟาร์ม

พ.ศ.	อัตราค่าไฟ ของการ ไฟฟ้า (บาท/kWh)	ADDER (8 บาท)	ADDER (6.5 บาท)	FIT (5.12บาท)	ดอกเบี้ย ธนาคาร 3 %
2552	3.3	15,673,100	13,592,600	7,101,440	3,000,000
2553	3.47	15,908,890	13,828,390	7,101,440	3,090,000
2554	3.64	16,144,680	14,064,180	7,101,440	3,182,700
2555	3.82	16,394,340	14,313,840	7,101,440	3,278,181
2556	4.01	16,657,870	14,577,370	7,101,440	3,376,526
2557	4.21	16,935,270	14,854,770	7,101,440	3,477,822
2558	4.42	17,226,540	15,146,040	7,101,440	3,582,157
2559	4.64	17,531,680	15,451,180	7,101,440	3,689,622
2560	4.88	17,864,560	15,784,060	7,101,440	3,800,310
2561	5.12	18,197,440	16,116,940	7,101,440	3,914,320
2562	5.38	7,462,060	7,462,060	7,101,440	4,031,749
2563	5.64	7,822,680	7,822,680	7,101,440	4,152,702
2564	5.93	8,224,910	8,224,910	7,101,440	4,277,283
2565	6.22	8,627,140	8,627,140	7,101,440	4,405,601
2566	6.53	9,057,110	9,057,110	7,101,440	4,537,769
2567	6.86	9,514,820	9,514,820	7,101,440	4,673,902

เอกสารนี้เป็นที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับบุคคลที่มิใช่บุคลากรในหน่วยงานนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 02-254-4000 หรือ 02-254-4001

2568	7.2	9,986,400	9,986,400	7,101,440	4,814,119
2569	7.56	10,485,720	10,485,720	7,101,440	4,958,543
2570	7.94	11,012,780	11,012,780	7,101,440	5,107,299
2571	8.34	11,567,580	11,567,580	7,101,440	5,260,518
ผลรวม		262,295,570	241,490,570	106,521,600	112,855,572

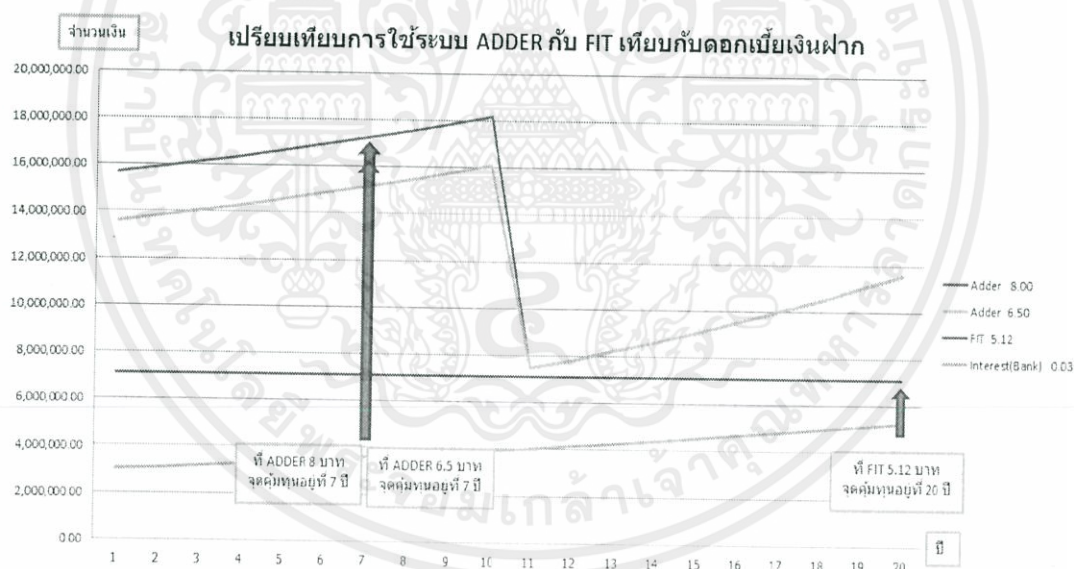
(ก) ค่า ADDER 8 บาท (10 ปี) จะได้จุดคุ้มทุนที่ 7 ปี (114,940,690 บาท)

(ข) ค่า ADDER 6.5 บาท (10 ปี) จะได้จุดคุ้มทุนที่ 7 ปี (100,377,190 บาท)

(ค) ค่า FIT 5.12บาท (20 ปี) จะได้จุดคุ้มทุนที่ 20 ปี (106,521,600 บาท)

(ง) ถ้าฝากเงินประจำ 20 ปีสมมติได้ดอกเบี้ย 3% มูลค่าดอกเบี้ยทั้งหมดจะเท่ากับ 80,611,123 บาท

ซึ่งถ้าเทียบว่าหลังจากผ่านจุดคุ้มทุนไปใช้โดยใช้เวลาเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝากพบว่า ที่ค่า ADDER 8 บาท จะสามารถขายไฟฟ้าได้เงินทั้งหมด 147,354,880 บาท (ระยะเวลา13ปี) ส่วนที่ค่า ADDER 6.5 บาท จะสามารถขายไฟฟ้าได้เงินทั้งหมด 141,113,380 บาท (ระยะเวลา13ปี) และที่ค่า FIT 5.12 บาท จะสามารถขายไฟฟ้าได้เงินทั้งหมด 6,521,600 บาท (ระยะเวลา 20 ปี)



รูปที่ 4.12 กราฟจุดคุ้มทุนในระบบการเพิ่มอัตราการซื้อไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ฟาร์ม

ซึ่งจะเห็นได้ว่ามูลค่าของเงินที่ได้จากการขายไฟฟ้าเมื่อหักต้นทุนนั้นเทียบกับเงินฝากที่รวมดอกเบี้ยด้วยถึงแม้ว่าจะมูลค่าน้อยกว่าแต่หลังจากผ่านจุดคุ้มทุนไปแล้วสามารถนำเงินไปลงทุนในด้านอื่นๆได้อีก และจากการเปรียบเทียบพบว่าที่ค่า ADDER 8 บาท, ADDER 6.5 บาท หลังจากผ่านจุดคุ้มทุนไปเป็นระยะเวลา 7 ปี จะมีมูลค่าของการขายมากกว่ามูลค่าของดอกเบี้ยเงินฝาก 20 ปี โดย

ไม่รวมเงินต้น ซึ่งในกรณีเงินฝาก 20 ปีนั้นไม่สามารถที่จะเอาเงินออกมาใช้ได้เลยหากไม่ครบ 20 ปี ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 มาตรฐานระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)

IEEE1020-2011	IEEE 1409-2012	IEEE 1547-2003	IEEE 1366-2012
IEEE 1547.1-2005	IEEE 1547.2-2008	IEEE 1547.3-2007	IEEE 1547.4-2011
IEEE 1547.6-2011	IEEE 1815-2010	IEEE C37.101-2006	IEEE C37.101-2006/ Cor 1-2007
IEEE C37.102-2006	IEEE C37.106-2003	IEEE P2030.3	IEEE P1595*
IEEE P1797	IEEE P2030.1	IEEE P2030.2	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 สายส่งอัจฉริยะ (Smart Transmission)

4.3.2.1 การเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันระยะไกล

(ก) เพิ่มความทนทานและความน่าเชื่อถือของการประมาณและประเมินความมั่นคงของระบบไฟฟ้า

(ข) กำหนดมาตรฐานในการตอบสนองของระบบให้เหมาะสมกับปัญหา และสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นอย่างเช่น ไฟผ่า โหลดเกิน ฯลฯ

(ค) เพิ่มกระบวนการการประเมิน และการคาดการณ์การเกิดขึ้นของสภาวะที่ไม่คงที่ (Dynamic State)

ตารางที่ 4.12 มาตรฐานระบบสายส่งอัจฉริยะ (Smart Transmission)

IEEE1250-2011	IEEE1247-2005	IEEE367-1996	IEEE37.111-1999
IEEE1675-2008	IEEE1250-1995	IEEE487-2007	IEEE37.112-1996
IEEE1901-2010	IEEE1453-2004	IEEE37.118.1-2011	IEEE37.114-2004
IEEE656-1992	IEEE1459-2010	IEEE37.118.2-2011	IEEE37.116-2007
IEEE1031-2011	IEEE1775-2010	IEEE37.2-2008	IEEE37.117-2007
IEEE1159.3 -2003	IEEE1808-2011	IEEE37.230-2007	IEEE37.118-2005
IEEE37.231-2006	IEEE37.238-2011	IEEE37.104-2002	IEEE P789
IEEE37.232-2007	IEEE37.239-2010	IEEE PC37.244	IEEE P1547.8
IEEE37.232-2011	IEEE37.93-2004	IEEE PC37.236	IEEE PC37.242
IEEE PC37.243	IEEE PC37.95*	IEC 62357	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ระบบจำหน่ายอัจฉริยะ (Smart Distribution)

ในส่วนนี้จะเปลี่ยนสถานีไฟฟ้าเดิมให้เป็นสถานีไฟฟ้าอัตโนมัติ ให้ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ในประเทศไทย เพื่อที่จะให้การใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

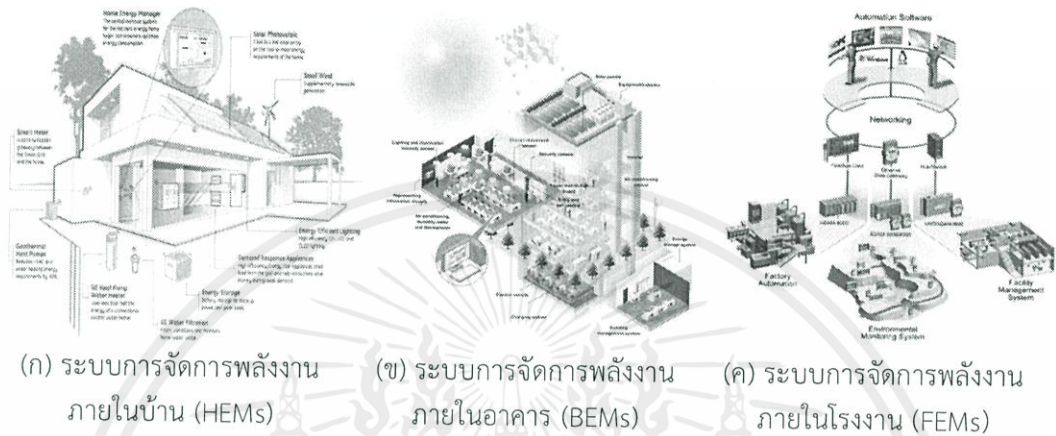
ตารางที่ 4.13 มาตรฐานระบบจำหน่ายอัจฉริยะ (Smart Distribution)

IEEE 1325-1996	IEEE 80-2000	IEEEC37.95-2002	IEEE P2030.100
IEEE 1379-2000	IEEE 81-1983	IEEEC57.120-1991	IEEE P2030.4
IEEE 1402-2000	IEEE 81.2-1991	IEEEC57.123-2002	IEEE P1854
IEEE 1591.1-2012	IEEE C37.13-2008	IEEEC62.11-2005	IEEE P1815.1
IEEE 1711-2010	IEEE C37.100-1992	IEEEC62.11a-2008	IEEE P1815
IEEE PC37.104	IEEE PC62.11*	IEEE PC37.237	IEEE PC62.39
IEEE PC37.240	IEEE P81	IEEE P1613*	IEEE P1686
IEC 61850	IEC 61868	IEC 61508	IEC 62351

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Management)

การนำเอาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าเข้ามาประยุกต์ใช้ในสถานที่ต่างๆ เช่น บ้าน (HEMs) อาคาร (BEMs) และ โรงงาน (FEMs) เพื่อมาจัดการการใช้พลังงานในด้านไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์และประหยัดยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.13 ระบบการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ

ที่มา (ก) : <http://www.geappliances.com/home-energy-manager>

ที่มา (ข) : <http://www.nec.com/en/global/environment/energy/building.html>

ที่มา (ค) : http://www.advantech.com/eAutomation/automation_controllers



รูปที่ 4.14 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้

ที่มา : <http://www.sma.de/en/produkte/monitoring-systems/sunny-home-manager.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลของการไฟฟ้านครหลวงปี 2554

หน่วยเศรษฐกิจ	จำนวน	การใช้ไฟฟ้าต่อปี	ราคาขายไฟฟ้าเฉลี่ย/หน่วย
บ้าน	17,282,700	2,719,698 GWh	3.5 บาท
ธุรกิจ	2,719,698	540,484 GWh	3.67 บาท
อุตสาหกรรม	38,201	8,461 GWh	2.64 บาท

หากทำการทดลองโครงการนำร่องโดยการนำระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าเข้ามาใช้ในแต่ละสาขาเศรษฐกิจซึ่งสมมุติว่าผู้บริโภคในแต่ละหน่วยสามารถประหยัดไฟฟ้าต่อปีได้ 10 % จะพบว่า

ตารางที่ 4.15 การทดลองคำนวณการลดไฟฟ้า 10%

หน่วยเศรษฐกิจ	จำนวน	ลดการใช้พลังงาน 10 %	การใช้ไฟฟ้าต่อปี	ประหยัดเงินต่อปี
บ้าน	17,282,700	271,970 GWh	2,447,728 GWh	951.895 ล้านบาท
ธุรกิจ	2,719,698	181,683 GWh	1,635,145 GWh	666.776 ล้านบาท
อุตสาหกรรม	38,201	3,820 GWh	34,381 GWh	10.085 ล้านบาท

และยังช่วยให้ กฟน. ประหยัดการผลิตพลังงานไฟฟ้าในการจำหน่ายได้ถึง 457,473 GWh/ปี เนื่องจากว่าระบบระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า ยังเป็นระบบที่ใหม่มาก การรณรงค์ให้ผู้บริโภคสนใจและติดตั้งระบบนั้นจำเป็นต้องมีมาตรการในการสนับสนุน ข้อเสนอพิเศษด้านการประหยัดพลังงานที่ทำได้ เพื่อจูงใจให้ผู้บริโภคนั้นเกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ทำให้เกิดผลประโยชน์ทั้งสองฝ่าย

ตารางที่ 4.16 มาตรฐานระบบการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Management)

IEEE P1377	IEEE P1704	IEEE P1705
------------	------------	------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างอัจฉริยะ (Smart Consumption)

ในด้านของรถยนต์ไฟฟ้านั้นจะสนับสนุนให้คนเปลี่ยนการใช้รถยนต์แบบใช้เชื้อเพลิงมาใช้รถไฟฟ้าแทนซึ่งในส่วนนี้จะทำกตัวอย่างให้เห็นภาพของรถไฟฟ้ากับรถยนต์ที่ขนาดเท่าๆ กัน

4.3.4.1 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างรถยนต์ Mitsubishi i-MIEV กับ Toyota Vios 1.5 G

(ก) รถยนต์ Mitsubishi i-MIEV ราคา 922,558 บาท รถยนต์ และ Toyota Vios 1.5 G ราคา 690,000 บาท

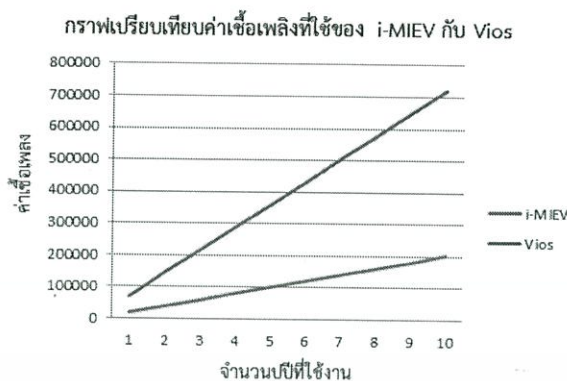
(ข) ด้านการ test drive ที่ 34 mile/hr เป็นหน่วย MPGe (mile Per Gallon) Mitsubishi i-MIEV 112.5 MPGe* Toyota Vios 1.5 G 31.5 MPG

(ค) Mitsubishi i-MIEV เสียค่าเชื้อเพลิงต่อกิโลเมตร = 0.835 บาท และ Toyota Vios 1.5 G เสียค่าเชื้อเพลิงต่อกิโลเมตร = 3.00 บาท

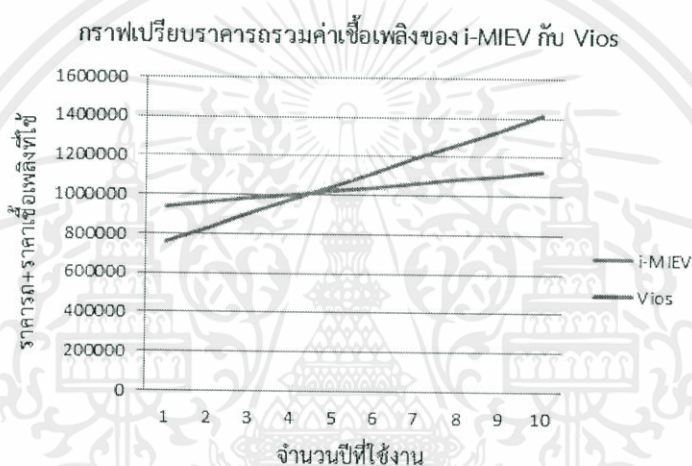
ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบราคาเชื้อเพลิงและราคารถยนต์รวมค่าเชื้อเพลิง
ในระยะเวลา 10 ปี

จำนวนปีที่ ใช้	Mitsubishi i-MIEV		Toyota Vios		ความแตกต่าง (i-MIEV กับ Vios)	
	ค่า เชื้อเพลิง	ราคารถ + ค่าเชื้อเพลิง	ค่า เชื้อเพลิง	ราคารถ + ค่าเชื้อเพลิง	ค่า เชื้อเพลิง	ราคารถ + ค่าเชื้อเพลิง
1	20,151.5	942,709.5	71,969	761,969	-51,817.5	180,740.5
2	40,303	962,861	143,938	833,938	-103,635	128,923
3	60,454.5	983,012.5	215,907	905,907	-155,452.5	77,105.5
4	80,606	1,003,164	287,876	977,876	-207,270	25,288
5	100,757.5	1,023,315.5	359,845	1,049,845	-259,087.5	-26,529.5
6	120,909	1,043,467	431,814	1,121,814	-310,905	-78,347
7	141,060.5	1,063,618.5	503,783	1,193,783	-362,722.5	-130,164.5
8	161,212	1,083,770	575,752	1,265,752	-414,540	-181,982
9	181,363.5	1,103,921.5	647,721	1,337,721	-466,357.5	-233,799.5
10	201,515	1,124,073	719,690	1,409,690	-518,175	-285,617

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบค่าเช่าเพลิงที่ใช้ของรถยนต์ Mitsubishi-i-MIEV กับ Toyota Vios

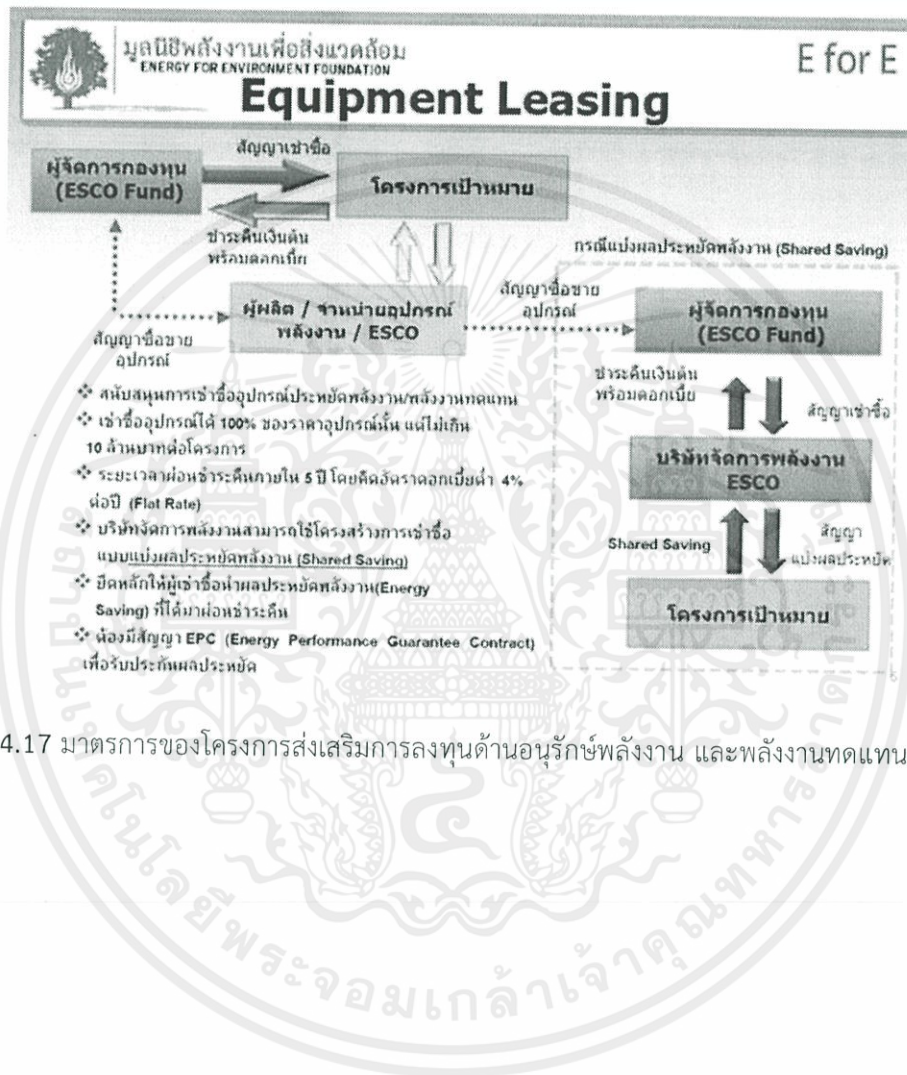


รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบราคารวมค่าเช่าเพลิงของรถยนต์ Mitsubishi-i-MIEV กับ Toyota Vios

รถยนต์ Mitsubishi-i-MIEV จะเสียค่าเช่าเพลิงที่น้อยกว่า Toyota Vios แต่เนื่องจากราคารถยนต์ที่แพงกว่า จึงต้องใช้เวลารวมถึง 5 ปีจึงจะมีความคุ้มค่าเทียบเท่า Toyota Vios แต่ถ้าเรามองในระยะยาวถึง 10 ปี รถยนต์ Mitsubishi i-MIEV จะคุ้มค่า Toyota Vios ถึง 285,617 บาท และยังเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมโดยช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ เนื่องจาก Mitsubishi i-MIEV เป็นรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า และยังมีเทคโนโลยีใหม่ๆ อีกด้วย จึงเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในวงการยานยนต์ในอนาคต

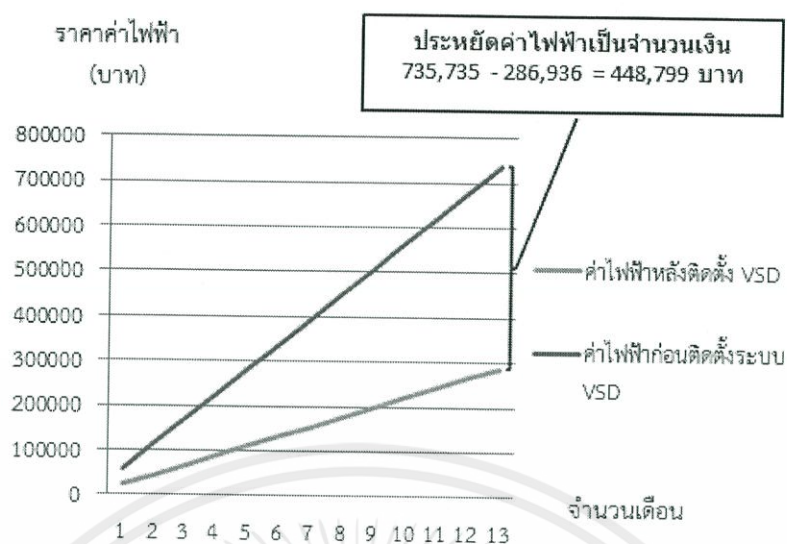
เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงานให้กับระบบในปัจจุบันประเทศไทยยังมีการใช้อุปกรณ์ที่ขาดประสิทธิภาพอยู่เป็นจำนวนมาก เป็นผลให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และเสียค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมากที่สูง แต่ว่าสถานประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรม ครูว์เรือนที่อยู่อาศัย ยังไม่ไม่ว่ากรณีใดก็ตามก็ถึงถึงความสำคัญในการประหยัดพลังงาน จึงต้องมีหน่วยงานที่คอยสนับสนุนแนวทางในการ

ประหยัดพลังงานขึ้น ซึ่งหน่วยงานที่น่าสนใจ คือ มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม ที่ได้จัดทำโครงการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงาน และพลังงานทดแทน (ESCO FUND) ซึ่งมีแนวทางในการส่งเสริมการทำให้เกิดการประหยัดพลังงานที่ชัดเจน จึงเหมาะแก่การนำมาเป็นตัวอย่างเพื่อศึกษาในการจูงใจให้ภาคส่วนต่างๆ ให้หันมาประหยัดพลังงานได้แต่โครงการนี้ ได้สิ้นสุดระยะเวลาของโครงการไปแล้ว เมื่อเดือนกันยายน ปี 2555 เราจึงต้องสนับสนุนโครงการนี้ให้มีต่อไป



รูปที่ 4.17 มาตรการของโครงการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงาน และพลังงานทดแทน [53]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



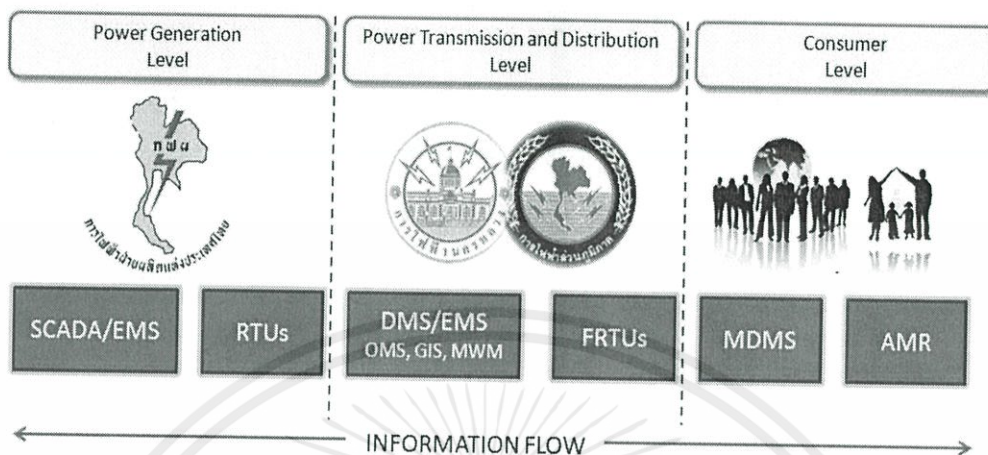
รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าก่อนติดตั้ง VSD และหลังติดตั้ง VSD ของโรงแรมโกลด์เด็นคราวน์

ตารางที่ 4.18 มาตรฐานระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างอัจฉริยะ (Smart Consumption)

IEEE 1127-1998	IEEE 1702-2011	IEEE 802.11-2012	IEEE C37.232-2011
IEEE 1471-2000	IEEE 1703-2012	IEEE 802.15.1-2005	IEEE C37.238-2011
IEEE 1590-2009	IEEE 2030-2011	IEEE 802.15.4-2006	IEEE C37.239-2010
IEEE 1591.3-2011	IEEE 1222-2003	IEEE 802.15.4g-2012	IEEE C37.94-2002
IEEE 1615-2007	IEEE 802-2001	IEEE 802.16-2012	IEEE 42010-2011
IEEE 1646-2004	IEEE 802.1AB-2009	IEEE 802.20-2008	IEEE 1588™-2008
IEEE 1686-2007	IEEE 802.2-1998	IEEE 802.20.2-2010	IEEE c37.2-2008
IEEE 1701-2011	IEEE 802.3-2005	IEEE C37.232-2007	IEEE 802.11u-2011
IEEE 802.11aa-2012	IEEE P802.21d	IEEE P1901.2	IEEE P802
IEEE 802.15.4d-2009	IEEE P802.16.1b	IEEE P1591.2	IEEE PC37.111*
IEEE 802.15.4c	IEEE P802.16.1a	IEC 62056	IEC 62351
IEEE 802.15.4a	IEEE P1909.1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ระบบควบคุมระบบกริดอัจฉริยะ



รูปที่ 4.19 แผงผังระบบควบคุมระบบกริดอัจฉริยะ

ตารางที่ 4.19 มาตรฐานระบบควบคุมในระบบกริดอัจฉริยะ

IEEE c37.1 - 2007	IEC 61970
-------------------	-----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT Analysis) ของแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะ

การวิเคราะห์เพื่อหา จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค จะเป็นการวิเคราะห์สภาพภายในและสภาพภายนอก ของแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะ เพื่อให้รู้จักตัวแผน และสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ซึ่งอาจมีผลต่อแนวโน้มในอนาคต โดยข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ กลยุทธ์ และแผนการดำเนินการต่างๆที่เหมาะสมต่อไป

4.5.1 การวิเคราะห์สภาพภายในแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะ

4.5.1.1 การวิเคราะห์จุดแข็ง (Strength)

- (ก) มีการวางรากฐานระบบกริดอัจฉริยะจากขนาดเล็กไปสู่ขนาดใหญ่
- (ข) เป็นแผนระบบกริดอัจฉริยะ ที่ครอบคลุมในทุกๆด้าน
- (ค) แผนงานมีระยะเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินการให้สำเร็จ
- (ง) เป็นแผนระบบกริดอัจฉริยะ ที่เลือกข้อดีของระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย และต่างประเทศมาไว้ในแผน

4.5.1.1 การวิเคราะห์จุดอ่อน (Weakness)

- (ก) ขนาดของกำลังการผลิตติดตั้งในส่วนของพลังงานทดแทนควรมากกว่านี้
- (ข) เทคโนโลยีบางอย่างในระบบกริดอัจฉริยะอาจมีต้นทุนสูง ทำให้แผนแม่บทอาจทำไม่ได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด

4.5.2 การวิเคราะห์สภาพภายนอกแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะ

4.5.1.1 การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity)

- (ก) มีแผนงานทางภาครัฐบาล และหน่วยงานในการรองรับและสนับสนุน
- (ข) ราคาเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้ามีราคาสูงขึ้น และมีแนวโน้มว่าจะหมดลงในอนาคต
- (ค) การสร้างโรงไฟฟ้าเพื่อเพิ่มปริมาณไฟฟ้าในระบบทำได้ยากในอนาคต ซึ่งระบบกริดอัจฉริยะจะช่วยในส่วนนี้
- (ง) ระบบกริดอัจฉริยะจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(จ) ในปัจจุบันระบบไฟฟ้าในต่างประเทศเริ่มเข้าสู่ระบบกริดอัจฉริยะ ประเทศไทยก็ควรที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เริ่มทำตามแบบแผนที่เหมาะสมในการเปลี่ยนระบบกริดแบบเก่า เป็นระบบกริดอัจฉริยะ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1.1 การวิเคราะห์อุปสรรค (Threat)

- (ก) ในปัจจุบันยังขาดแคลนการประชาสัมพันธ์ และให้ความรู้ความเข้าใจในระบบกริดอัจฉริยะ
- (ข) อาจขาดแคลนงบประมาณในการทำระบบกริดอัจฉริยะให้เป็นจริง
- (ค) ขาดแคลนทรัพยากรบุคลากรที่มีความรู้ และความสามารถในการจัดการระบบกริดอัจฉริยะ
- (ง) ขาดความร่วมมือขององค์กรต่างๆที่เกี่ยวข้องในการทำงานร่วมกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี แต่การผลิตพลังงานไฟฟ้าไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้ตามความต้องการพลังงานไฟฟ้า เนื่องด้วยข้อจำกัดต่างๆ เกี่ยวกับโรงไฟฟ้า โดยเฉพาะข้อจำกัดเกี่ยวกับเชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้น ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป ดังนั้นในอนาคตระบบไฟฟ้าในประเทศไทยจึงควรมีการนำพลังงานทดแทนต่างๆ มาช่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้า และควรมีระบบการจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าที่ดีขึ้นเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ในส่วนของปริญญาโทฉบับนี้จะเน้นการศึกษาในเรื่องการวางแผนระบบกริดอัจฉริยะสำหรับประเทศไทยในอนาคต เนื่องจากในอนาคตนั้นระบบไฟฟ้าในทุกประเทศจะเปลี่ยนเป็นการใช้ระบบกริดอัจฉริยะด้วยกันทั้งนั้น เพราะว่าการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาจัดการกับระบบไฟฟ้าทำให้สะดวกในการควบคุมดูแลระบบให้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบกริดแบบเก่า ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องจะมีการเตรียมพร้อมของแผนเพื่อเข้าสู่ระบบกริดอัจฉริยะ ซึ่งในแผนนั้นจะเน้นการทำระบบจากตั้งแต่การผลิตจนถึงไปสู่ผู้บริโภค ดังนี้

1. การผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Generation)
2. สายส่งอัจฉริยะ (Smart Transmission)
3. ระบบจำหน่ายอัจฉริยะ (Smart Distribution)
4. การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Management)
5. การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างอัจฉริยะ (Smart Consumption)

และผลประโยชน์ที่ได้จากการนำระบบกริดอัจฉริยะมาใช้ในด้านต่างๆ จะพบว่า

1. ช่วยในด้านการจัดสรรการทำงานร่วมกันระหว่างโรงไฟฟ้าทั่วไประดับหน่วยการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กหลายๆ แห่ง ทำให้ลดการผลิตไฟฟ้าลง และยังมีส่วนในการกักเก็บพลังงานในกรณีที่เกิดเกินมาเพื่อไปช่วยในการจ่ายช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด
2. ช่วยในด้านการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบสายส่งเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้น
3. ช่วยในด้านการส่งจ่ายพลังงานที่มีเสถียรภาพ และเป็นระบบอัตโนมัติ
4. ระบบการจัดการพลังงานในโรงงาน อาคาร และบ้านเรือน นั้นจะมามีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะสามารถบริหารจัดการได้อย่างง่าย และรับรู้ข้อมูลได้ทุกเวลาที่ต้องการ
5. ในด้านของผู้บริโภคนั้นเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นส่วนของการใช้ไฟฟ้าที่มากที่สุดในปัจจุบัน การจัดการการใช้ไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็น การใช้รถไฟฟ้า การใช้มิเตอร์อัจฉริยะ หรือว่าการตอบสนองการใช้ไฟฟ้า จะทำให้เกิดการลดการใช้น้ำมันลง และเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้พลังงานที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อันเป็นสาเหตุของภาวะเรือนกระจก

ฉะนั้นระบบกริดอัจฉริยะ จึงมีส่วนทำให้ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามระบบกริดอัจฉริยะ ที่จะเกิดขึ้นต้องอาศัยระยะเวลาในการติดตั้งให้สมบูรณ์เนื่องจากมีงบประมาณในการลงทุนที่สูงมาก และต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจเข้ามาดำเนินงาน

5.1 ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวางแผนระบบไฟฟ้าในอนาคต คือการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าในอนาคต คือ

1. มีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับด้านพลังงานไฟฟ้า แต่แผนไม่เป็นไปทางเดียวกัน ทำให้การทำงานนั้นไม่สอดคล้องกัน จึงทำให้เกิดปัญหาในการทำงานขึ้นซึ่งประเทศไทยจำเป็นต้องมีองค์กรที่จะเป็นแนวทางให้องค์กรไฟฟ้าในประเทศไปในทิศทางเดียวกัน
2. เทคโนโลยีบางตัวต้องใช้เงินลงทุนในปริมาณสูง และการนำมาใช้ในประเทศไทยจำเป็นต้องทำการศึกษาถึงผลกระทบทำให้อาจจะใช้เวลามากในการทำให้เกิดขึ้นจริงซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องอาศัยเวลา เพื่อให้เกิดผลประโยชน์ให้มากที่สุด
3. บุคลากรที่มีความรู้ ความเข้าใจเฉพาะที่เกี่ยวกับระบบกริดอัจฉริยะนั้นมีน้อย เพราะว่าเป็นเรื่องที่ใหม่มาก การพัฒนาบุคลากรเพื่อไปทำงานตรงนี้จะเป็นการสร้างรากฐานที่มั่นคงให้แก่ระบบ
4. การที่จะเพิ่มปริมาณกำลังผลิตติดตั้งของระบบไฟฟ้าโดยหลักการไปให้ทางเอกชนนั้นทางรัฐบาลควรที่จะหามาตรการที่จูงใจที่มากกว่านี้ และให้การดำเนินงานนั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วสำหรับผู้ที่มีความพร้อม อีกทั้งควรมีหน่วยงานที่ควรให้คำแนะนำ และปรึกษาเรื่องนี้โดยเฉพาะ
5. ปัญญาประดิษฐ์ฉบับนี้เป็นการคาดการณ์ความเป็นได้ในอนาคต ถ้าหากในอนาคตเกิดสถานการณ์ที่ผิดปกติขึ้นอาจทำให้ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามคาดการณ์ไว้ไม่ได้ การนำปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้จำเป็นต้องพิจารณาถึงสถานการณ์ด้วยแต่สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือการที่ผู้บริโภคต้องตระหนักการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ถึงแม้ว่าจะมีระบบที่ดีแค่ไหน หากไม่ตระหนัก พลังงานที่มีอยู่ก็จะหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Approved IEEE Smart Grid Standard. (2012). Available URL:

<http://smartgrid.ieee.org/standards/approved-ieee-smart-grid-standards>

[2] Proposed IEEE Smart Grid Standard. (2012). Available URL:

<http://smartgrid.ieee.org/standards/proposed-standards-related-to-smart-grid>

[3] IEC Smart Grid Standard. (2012). Available URL:

<http://www.iec.ch/smartgrid/standards/>

[4] Robert Langston, "China Electric Profile," Zpryme Research & Consulting, 2011

[5] David Xu, "Evolution of Smart Grid in China," Shanghai : Mckinsey & Company, 2010

[6] Daniel Jung, "China Rise of the Smart Grid," Zpryme, 2011

[7] Tibor Sarlos, "China : State Grid Corporation of China Profile," Zpryme Research & Consulting, 2012

[8] "Smart Grid Implementation & Standardization in China", State Grid Corporation of China, 2011

[9] Jacob Cottingham, "South Korea Smart Grid Revolution," Zpryme Research & Consulting, 2011

[10] Hwang, Bong Hwan, "Smart Grid in Korea (Jeju smart grid pilot project)," Korea Power Exchange, 2010

[11] Hironori Nakanishi, "Smart Grid Standardization Activities in Japan. Ministry of Economy," Trade and Industry Japan, 2010

[12] Tibor Sarlos, "Japan Tsunami Wakens the Smart Grid", Zpryme Research & Consulting, 2012

[13] Charles Popple, "Overview of Smart Grid Activities in Australia", Smart Grid Australia Inc., 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ ไม่รับผิดชอบต่อการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง

[14] "2010 Australian Smart Grid Study," Sydney Australia : Logica, 2010

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [15] Reji Kumar Pillai, "Smart Grid Development in India," India Smart Grid Forum, 2012
- [16] Jacob Cottingham, "India Smart Grid Legacy," Zpryme Research & Consulting, 2011
- [17] "Singapore Smart Grid Technology Primer: A Summary," National Climate Change Secretariat and National Research Foundation, 2011
- [18] "An Intellint Energy System Singapore's Smart Grid Initiative," Energy Market Authority, 2011
- [19] Nigel Williams, "Can Spain Reach 100% Renewable Energy by 2020," Global Energy Network Institute, 2011
- [20] Elena Villalba Mora, "Smart Cities in Spain," Ministry of Science and Innovation, 2010
- [21] "All-Island Generation Capacity Statement 2012-2021," EirGrid plc., 2011
- [22] J Owen Lewis, "Ireland Smart Grid Roadmap," Sustainable Energy Authority of Ireland, 2010
- [23] "A Smart Grid Routemap in UK," Electricity Networks Strategy Group, 2010
- [24] Matthias Kuom, "E-Energy Smart Grid made in Germany," Federal Ministry of Economics and Technology, 2010
- [25] Germany Energy efficiency report, "Enerdata and Economist Intelligence Unit", 2011
- [26] David Beauvis, "Smart Grid R&D activities in Canda," Natural Resource Canada, 2010
- [27] "Canada Energy Overview 2010," National Energy Board, 2011

เอกสารนี้ [28] Megan Dean, "U.S. Smart Grid Networks Management Systems," Zpryme Research & Consulting, 2012

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้ใช้จะรับผิดชอบต่อการใช้งานเอกสารฉบับนี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [29] Smart Grid101 for local Governments, “Local Government Energy Assurance Planning,”, 2010
- [30] Hannes Weigt, “Wholesale electricity markets in the EU,” Florence School of Regulation, 2011
- [31] Solar Cell. (2010). Available URL:
http://www.naturalenergyth.com/solar_tec.html
- [32] Solar Thermal Power Plants. (2003). Available URL:
<http://www.volker-quaschnig.de/articles/fundamentals2/index.php>
- [33] Wind Farm Power Plants. (2010). Available URL:
<http://www.alternative-energy-news.info/technology/wind-power/wind-farms/>
- [34] Fiberoptic . (2010). Available URL: <http://www.ccdcam-th.com>
- [35] Wireless LAN . (2009). Available URL :
<http://center.finansalife.com/qagt/wirelesslan.htm>
- [36] เทคโนโลยี 3g. (2009). Availble URL : <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>
- [37] เทคโนโลยี 4g. (2009). Available URL : <http://en.wikipedia.org/wiki/4G>
- [38] Wide Area Network. (2009). Available URL :
http://en.wikipedia.org/wiki/Wide_area_network
- [39] Home Area Network. (2009). Available URL :
http://en.wikipedia.org/wiki/Home_network
- [40] Advanced Metering Infrasture. (2009). Available URL :
http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_meter
- [41] T. Basso, “Update and Review of IEEE P2030 Smart Grid Interoperability and IEEE Interconnections standards,”, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[42] บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, “การศึกษาประเมินและจัดทำแผนงานวิจัยพลังงานทดแทน (Energy Storage) ตามกรอบแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2555

[43] NREL, “Plug-In Electric Vehicle Handbook for Public Charging Station Hosts. U.S. Department of Energy,” Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, April 2012

[44] การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า. (2555). Available URL : <http://www.dsm.egat.co.th>

[45] พิชิต จินตโกศลวิทย์, “ระบบสถานีย่อยอัตโนมัติ (Substation Automation System),” Available URL : <http://Thailandindustry.com>

[46] รศ.ดร. อิศระชัย งามหรุ. (2554). พลศาสตร์และเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

[47] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, “การจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 ,” กระทรวงพลังงาน, 2553

[48] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% พ.ศ. 2555-2564 ,” กระทรวงพลังงาน, 2555

[49] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, “แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี,” กระทรวงพลังงาน, 2555

[50] นายวีระชัย โกยกุล, “แนวทางการพัฒนาระบบโครงข่ายพลังงานอัจฉริยะของชาติ (Smart Grid),” การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2554

[51] คณะทำงาน Smart Grid, “โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ,” การไฟฟ้านครหลวง, 2555

[52] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “รายงานไฟฟ้าประเทศไทย,” กระทรวงพลังงาน, 2554

[53] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, “รายละเอียดการสนับสนุนจาก ESCO FUND เพื่อช่วยผู้ประกอบการ,” กระทรวงพลังงาน, 6 สิงหาคม 2554

[54] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, “อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบ Feed-in tariff,” กระทรวงพลังงาน, 11 ธันวาคม 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[55] ข้อมูลการลงทุนติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์. (2553). Available URL :
<http://www.thaisolarfuture.com>

[56] นายเสมอใจ ศุขสุเมฆ, “นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และปัญหาสัญญาซื้อขายไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์,” สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน, 2 ตุลาคม 2555



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเพื่อวางแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย

THAILAND'S SMART GRID ROADMAP

บุญยศักดิ์ เตชะรัตนนันทน์ พีรัช ปัญจศิริ¹ 'โพลีพลัสดีเลิศกุลชัย' สิวัช รัตนมุง'¹
¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย คลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 0-2739-2478

บทคัดย่อ

โครงการการศึกษาเพื่อวางแผนแม่บทกริดอัจฉริยะในประเทศไทยนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการวางแผนพัฒนาระบบไฟฟ้าของประเทศไทยโดยศึกษาระบบกริดอัจฉริยะที่มีใช้ในต่างประเทศต่างๆแล้วนำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งในอนาคตประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่ดี โดยระบบที่จะนำมาบริหารจัดการนี้เรียกว่า ระบบกริดอัจฉริยะ ซึ่งจะทำการหมุนเวียนพลังงานไฟฟ้าในระบบได้อย่างทั่วถึง และนอกจากนั้นจะมีการติดตั้ง Smart Meter ซึ่งช่วยในการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถรับรู้การใช้พลังงานของตนเองได้ตลอดเวลาและยังสามารถส่งข้อมูลกลับไปยังผู้ผลิตไฟฟ้าทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำส่งผลให้การบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ มิเตอร์วัดไฟฟ้าอัจฉริยะ

Abstract

The Thailand's Smart Grid Roadmap outline is published for the purpose of electrical system development in Thailand by studying and adapting the 'Smart Grid' system used in other countries. This development is essential due to Thailand's possible increase of electricity consumption and therefore, there is a need for better electrical supply management

The system, which will be used, is called the 'Smart Grid' allows for more throughout electrical circulation. Furthermore, there will also be installments of the 'Smart Meter' which assists consumers in tracking electricity usage as well as sending precise and accurate feedbacks to electricity producers for more proficient electric management.

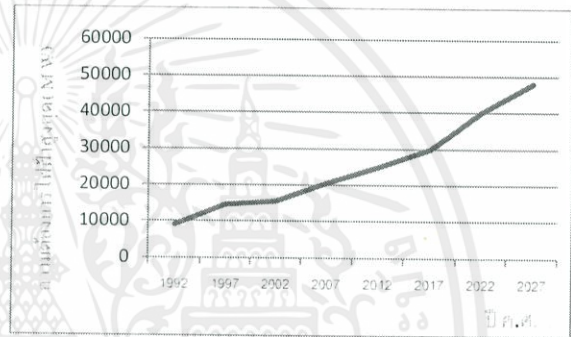
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าและวางแผน ในโอกาส

Keyword: Smart Grid, Smart Meter

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ความต้องการในปัจจุบัน ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ดังแสดงได้ตามกราฟ [1]



รูปที่ 1 การเพิ่มขึ้นของความต้องการไฟฟ้าสูงสุดตามแผน PDP 2010

ซึ่งความต้องการไฟฟ้านั้นยังไม่สมดุลกัน คือ ความต้องการนั้นมากกว่ากำลังการผลิตอยู่มากซึ่งสาเหตุก็มาจากการจะสร้างโรงไฟฟ้านั้นหาพื้นที่เพื่อทำการสร้างได้ลำบากเพราะชาวบ้านในพื้นที่ต่อต้าน อีกทั้งในอนาคตนั้นราคาเชื้อเพลิงในการผลิตนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้หาจุดคุ้มทุนได้ลำบาก ทำให้ต้องเทคโนโลยีด้านกริดอัจฉริยะเข้ามาช่วยในการจัดการด้านพลังงานโดยระบบกริดอัจฉริยะนี้จะมีกรีนเทคโนโลยีด้านใหม่ๆเข้ามาใช้ ตัวอย่าง เช่น จะมีการนำเอา Smart Meter เข้ามาใช้ใน โดย Smart Meter นั้นจะมีความสามารถมากกว่ามิเตอร์แบบเดิม คือ Smart Meter จะสามารถความคุมให้สามารถสั่งตัดไฟและส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าแบบ Real Time กลับมายังศูนย์กลาง (Center) เพื่อที่จะสามารถรับรู้การใช้ไฟฟ้าของบ้านแต่ละหลังได้โดยละเอียด และได้ทำการศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น IEEE Standard, IEC Standard ว่ามาตรฐานของกริดอัจฉริยะของไทยแต่ละประเทศนั้นเป็นแบบใดกันบ้าง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและวางแผน ในโอกาส

2. ระบบกริดอัจฉริยะ

2.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบกริดอัจฉริยะ

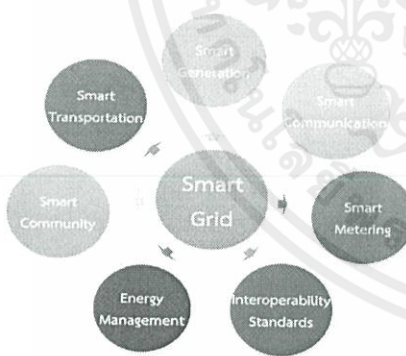
- 2.1.1 IEEE Standard Number (Approved)
- 2.1.2 IEEE Standard Number (Proposed)
- 2.1.3 IEC Standard Number

2.2 โมเดลระบบ Smart Grid ของแต่ละประเทศ

Scope	Asia						Europe				America	
	China	Korea	Japan	Australia	India	Singapore	Spain	France	UK	Germany	Canada	USA
1.Smart Generation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.Smart Communication	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
3.Smart Transportation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4.Smart Place	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5.Smart Metering	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6.Energy Management	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7.Interoperability/Standard	X	X	X		X			X	X	X	X	X

รูปที่ 2 ระบบกริดอัจฉริยะของประเทศต่างๆ

2.3 ส่วนประกอบของระบบกริดอัจฉริยะ



รูปที่ 3 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบกริดอัจฉริยะ

2.3.1 Smart Generation การผลิตไฟฟ้าในระบบกริดอัจฉริยะหนึ่ง โหม่งเป้าหมายหลักคือการลดการปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศโลก ซึ่งพลังงานทดแทนจะเข้ามาเป็นส่วนสำคัญ จึงต้องมีแหล่งเก็บพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีการใช้ระบบการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

2.3.2 Smart Communication การติดต่อสื่อสารภายในระบบกริดอัจฉริยะนั้นจะนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) เข้ามาช่วย ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ ตัวกลางการรับส่งข้อมูล และลักษณะเครือข่ายที่นำไปใช้

2.3.3 Smart Transportation การขนส่งต่างๆ ทั้งสาธารณะส่วนบุคคล รวมไปถึงการเชื่อมต่อระหว่าง 2 อย่างข้างต้น และยังรวมไปถึงแหล่งเก็บพลังงานที่ใช้กับ EVs อีกด้วยประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ คือ

- 1.Electric Vehicle
- 2.Efficient Battery
- 3.Infrastructure of Charging
- 4.Distributed Energy Resource

2.3.4 Smart Community ชุมชนหรือเมืองต่างๆ ในระบบกริดอัจฉริยะ จะมีการออกแบบสิ่งก่อสร้าง สถานที่ต่างๆ โดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยในด้านต่างๆ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ความสะดวก ความปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย โดยการเลือกใช้เทคโนโลยี และการจัดการที่เหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น การวางผังเมือง การออกแบบสิ่งก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุต่างๆ เป็นต้น

2.3.5 Smart Metering เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้าที่สามารถบันทึกค่าการใช้พลังงานเป็นรายชั่วโมงหรือน้อยกว่านั้นและส่งข้อมูลนั้นกลับไปยังผู้ให้บริการไฟฟ้า และจะใช้ของโครงสร้างพื้นฐานของระบบการวัดขั้นสูง (Advance Metering Infrastructure : AMI) ในระบบกริดอัจฉริยะเข้ามาใช้

2.3.6 Smart Energy Management การจัดการพลังงานของระบบกริดอัจฉริยะด้วยการทำงานร่วมกันของระบบสื่อสาร และระบบควบคุม ประกอบกับการเลือกใช้เทคโนโลยีต่างๆ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. Efficient Energy
- 2.Smart Power Distribution
- 3.Demand Response (DR)

2.3.7 Interoperability & Standards เป็นส่วนของมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ในระบบกริดอัจฉริยะ และความสามารถในการทำงานร่วมกันของระบบ และส่วนประกอบต่างๆ

3. ศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต

3.1.1 แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3

แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย จัดทำขึ้นเพื่อความมั่นคงในการจัดหาไฟฟ้าในอนาคต โดยมุ่งเน้น

1. ความมั่นคงของกำลังการผลิตไฟฟ้าควบคู่ไปกับการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม

2. การส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้สอดคล้องกับ

แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี

3. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.2 ศึกษาแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

25 % ใน 10 ปี

เพิ่มปริมาณพลังงานทดแทนให้ได้ 25 % ของการใช้พลังงานทั้งหมดหรือ 9,249 MW ให้ได้ภายในปี 2564 โดยมีเป้าหมายในแต่ละด้านคือ 1. พลังงานแสงอาทิตย์ 2,000 MW 2. พลังงานลม 1,200 MW 3. พลังน้ำ 1,608 MW 4. พลังงานจากขยะ 160 MW 5. พลังงานชีวมวล 3,680 MW 6. พลังงานก๊าซชีวภาพ 600 MW 7. ความร้อนใต้พิภพ 1 MW

3.1.3 ศึกษาแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี

การอนุรักษ์พลังงานในแผนพลังงานฉบับนี้มีความหมาย 2 นัย คือ (1) การประหยัดหรือลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น (2) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยมีจุดเด่นคือ

1. ลดความเข้มข้นการใช้พลังงานลง 25% ในปี 2573 เมื่อเทียบกับ 2548
2. ภาครัฐมีภารกิจที่ต้อ มีกรอนุรักษ์พลังงานมากที่สุดคือภาคขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม
3. ค่า Energy Elasticity ลดลงจาก 0.98 เหลือ 0.7 ใน 20 ปีข้างหน้า
4. เกิดการประหยัดพลังงานสะสม 14,000 ktoe ต่อปี
5. มีมาตรการทั้งภาคบังคับกับด้วยกฎระเบียบกับมาตรการสนับสนุน
6. การบังคับให้ติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์
7. บังคับให้ธุรกิจขนาดใหญ่ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐาน

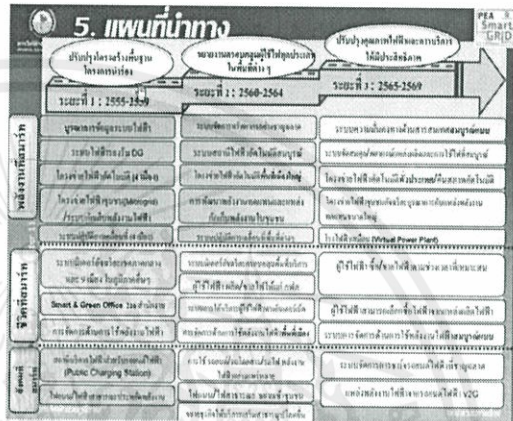
8. มาตรการช่วยเหลือด้านการเงิน และเทคนิคสำหรับ SMEs

9. มาตรการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูง

10. กระจายภาระความรับผิดชอบด้านการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสู่ภาคต่างๆ

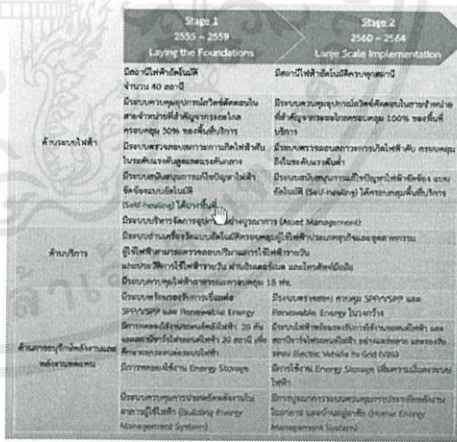
3.2 ศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะในประเทศไทย

3.2.1 ศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



รูปที่ 4 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3.2.2 ศึกษาแผนแม่บทระบบ Smart Grid ของการไฟฟ้านครหลวง



รูปที่ 5 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะ ของการไฟฟ้านครหลวง

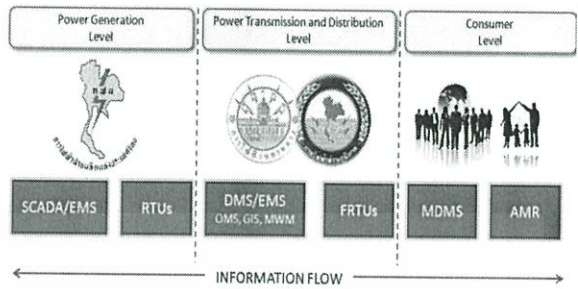
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะประเทศไทย

4.1 สถานการณ์ไฟฟ้าของประเทศไทย

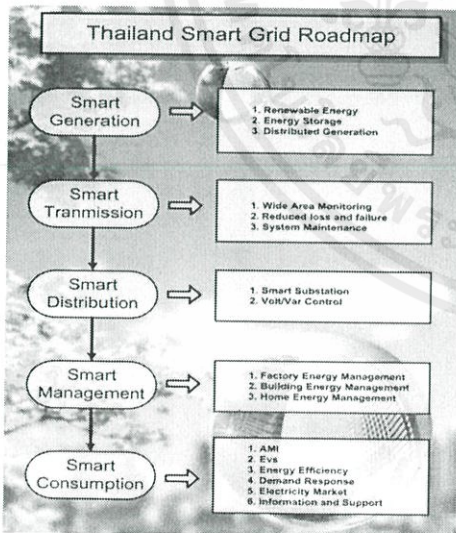
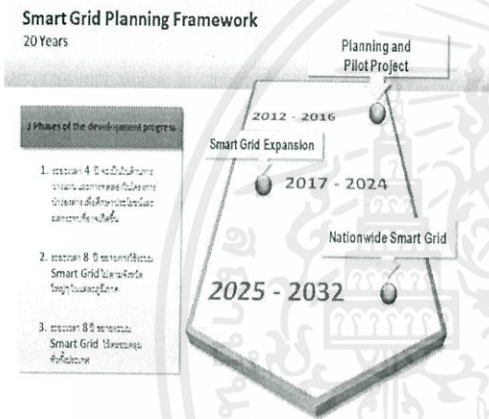
ปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังการผลิตติดตั้งประมาณ 31,773 MW มีการใช้ไฟฟ้าต่อปีประมาณ 148,700 GWh ซึ่งภาคส่วนที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดคือ อุตสาหกรรม (43%) ธุรกิจ (34.3%) บ้านที่อยู่อาศัย (22%) ตามลำดับ โดยมีการสูญเสียในสายส่งประมาณ 6.3% และนำเข้าพลังงานไฟฟ้าถึง 10,682 GWh ซึ่งเมื่อดูจากกราฟจะพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต อาจทำให้พลังงานไฟฟ้าไม่พอใช้ก็เป็นได้

4.4 ระบบควบคุมกริดอัจฉริยะ



รูปที่ 8 แผนผังควบคุมระบบกริดอัจฉริยะ

4.2 แผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะประเทศไทย



รูปที่ 7 แผนการดำเนินงานของระบบกริดอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์ได้ทำการศึกษาแผนแม่บทระบบกริดอัจฉริยะประเทศต่างๆ ทั้งที่ได้พัฒนาระบบแล้ว และยังไม่พัฒนาระบบ รวมถึงศึกษาศถานะความพร้อมของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับองค์กรทางไฟฟ้าของประเทศไทย และจากผลการศึกษาที่ได้ งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอแนวทางระบบกริดอัจฉริยะที่เหมาะสมกับประเทศไทย และประโยชน์ที่ได้รับในการนำระบบกริดอัจฉริยะไปใช้ พร้อมทั้งยกตัวอย่าง นโยบายที่น่าจะเป็นประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hwang, Bong Hwan, "Smart Grid in Korea", Korea Power Exchange, 17-19 October 2010
- [2] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, "การจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2553-2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3", กระทรวงพลังงาน, 2553
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน "แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% พ.ศ.2555-2564", กระทรวงพลังงาน, 2555
- [4] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน "แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี", กระทรวงพลังงาน, 2555
- [5] นายวีระชัย โกยกุล "แนวทางการพัฒนาระบบโครงข่ายพลังงานอัจฉริยะของชาติ (Smart Grid)", กรไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2554

ประวัติผู้เขียน



นาย บุญยกิตติ์ เตชะรัตนนันท (เบลล์) เกิดวันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2529
ที่อยู่ : 111/24 ถนนบรมราชชนนี แขวงอรุณอัมรินทร์ เขตบางกอกน้อย
กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10700
เบอร์โทรศัพท์ : 087-799-6388
E-mail : ein.malig@hotmail.com



นาย พีรัช ปัญจศิริ (พี) เกิดวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2533
ที่อยู่ : 037 หมู่ที่ 5 ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
รหัสไปรษณีย์ 6200
เบอร์โทรศัพท์ : 089-5661155
E-mail : sixsaxsux@gmail.com



นาย ไพบุลย์ ดีเลิศกุลชัย (บุลย์) เกิดวันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2533
ที่อยู่ 133 หมู่ 8 ตำบลดอนกรวย อำเภอ ดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี
รหัสไปรษณีย์ 70130
เบอร์โทรศัพท์ : 088-2129985
email:meng_aee@hotmail.com



นาย ศิวัช รัตนมุง (นับ) เกิดวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2533
ที่อยู่ 159 หมู่ 4 ตำบล บ้านไร่ อำเภอ ดำเนินสะดวก จังหวัด ราชบุรี
รหัสไปรษณีย์ 70130
เบอร์โทรศัพท์ : 085-4263061
e-mail : gaiga-nana@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้