งานสัมมนาเชิงวิชาการ ระบบกักเก็บพลังงาน: เทคโนโลยี การออกแบบ ควบคุม และประยุกต์ใช้งาน

หัวข้อ บทบาทของระบบกักเก็บพลังงานกับระบบส่งและจำหน่ายไฟฟ้า

บรรยายโดย นายปริญญา เอกพรพิศาล

Email: parinya.e@egat.co.th

วันอังคารที่ 27 กันยายน 2565

หัวข้อการนำเสนอ

- ภาพรวมกิจการไฟฟ้า/ภาพรวม กฟผ.
- ระบบไฟฟ้าปัจจุบันและในอนาคต
- ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale Battery Energy Storage System: BESS)
- ตัวอย่างโครงการ

ภาพรวมกิจการไฟฟ้า
นโยบาย และแผนของรัฐ

ร่าง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13

กระทรวงพลังงาน MINISTRY OF ENERGY

กรอบแผนพลังงานชาติ

Carbon Neutrality by 2050

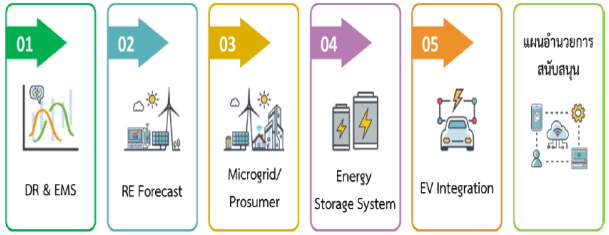
Net- Zero Emissions by 2065

แนวนโยบายของแผนพลังงานชาติ

1. เพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าใหม่ให้มี RE > 50%
2. สนับสนุน EV ตามนโยบาย 30@30
3. เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน > 30%
4. ปรับโครงสร้างกิจการพลังงาน ตามแนวทาง 4D1E

- ลด Greenhouse gas (CO_2)
- เพิ่มสัดส่วน RE (Solar, Wind)
- สนับสนุน EV
- พัฒนา Grid Modernization & Smart Grid

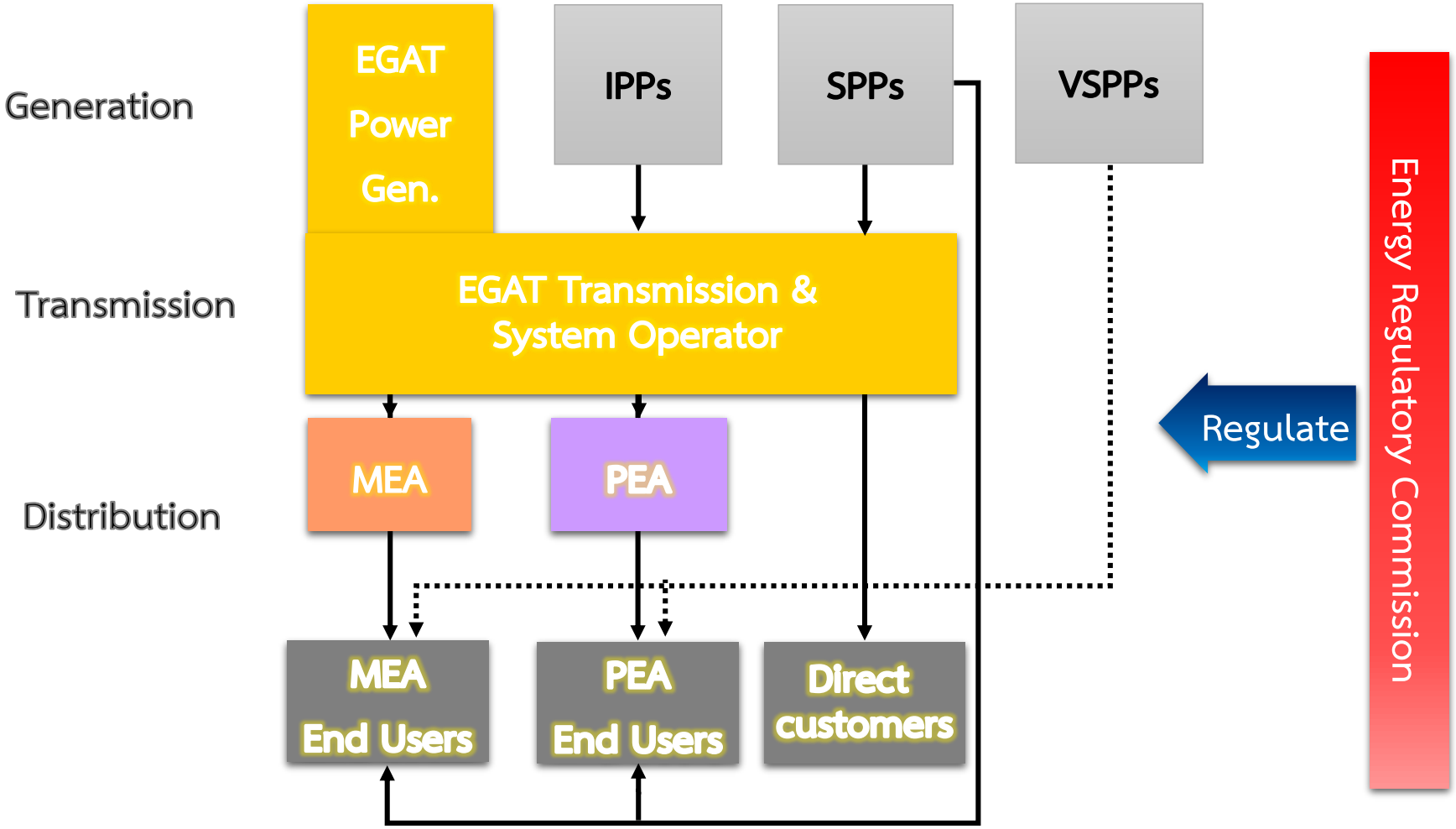
แผนการขับเคลื่อน Smart Grid ของประเทศไทย ระยะปานกลาง ปี 2565-2574



ภาพรวมของการปรับปรุงโครงสร้างกิจการไฟฟ้าเพื่อส่งเสริมการแข่งขัน

ภาพรวมกิจการไฟฟ้า

โครงสร้างกิจการไฟฟ้า Electricity Structure of Thailand (ESI)



ภาพรวมกิจการไฟฟ้า

สถานการณ์ระบบไฟฟ้า (ม.ค.-พ.ค. 65)

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

การจัดหาไฟฟ้า

กำลังผลิตตามสัญญา

51,038 MW*

ณ เดือน พ.ค. 2565

- EGAT 30%
- IPP 32%
- SPP 19%
- Import 11%
- VSPP 8%

การผลิตไฟฟ้า

3.5%

90,197 GWh*

Export : 1,065 GWh

การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน พลังน้ำ ไฟฟ้านำเข้า และพลังงานหมุนเวียน เพิ่มขึ้น ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน/ลิกไนต์ ลดลง

Peak ในระบบ 3 การไฟฟ้า

33,177 MW

ณ วันที่ 28 เม.ย. 2565 เวลา 14.30 น.
ไม่รวม Peak ของ IPS

การใช้ไฟฟ้า

4.4%

81,559 GWh*

การใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในเกือบทุกสาขาเศรษฐกิจ (ยกเว้นเกษตรกรรม) เนื่องจากฐานการขยายตัวที่ต่ำผิดปกติจากผลกระทบของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ในช่วงเดียวกันของปีก่อน

การใช้ไฟฟ้า

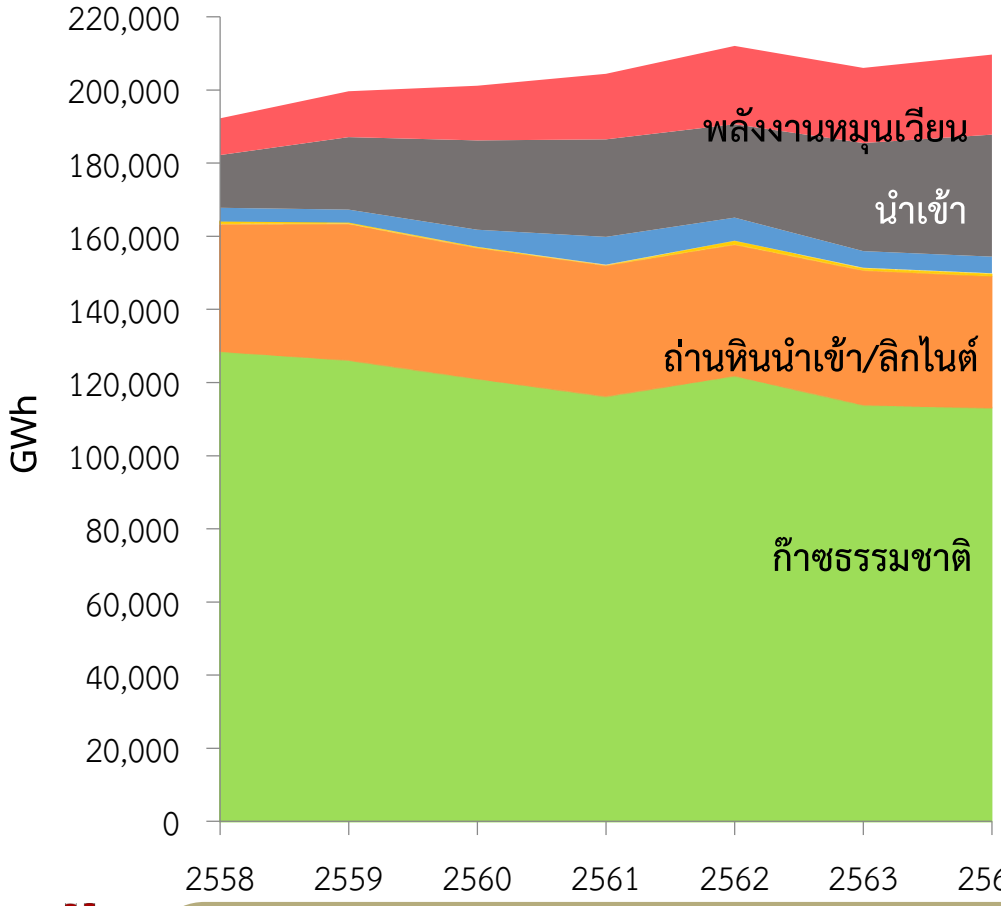
ประเภท	Growth (%)	Share (%)
ครัวเรือน	▲ 3.8	28
ธุรกิจ	▲ 6.8	23
อุตสาหกรรม	▲ 3.4	45
องค์กรไม่แสวงหากำไร	▲ 8.8	0.1
เกษตรกรรม	▼ 10.0	0.3
อื่นๆ (คือ ไฟฟ้าชั่วคราว และอื่นๆ)	▲ 8.7	2
ไฟไม่คิดมูลค่า	▲ 6.0	2

หมายเหตุ: เทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน

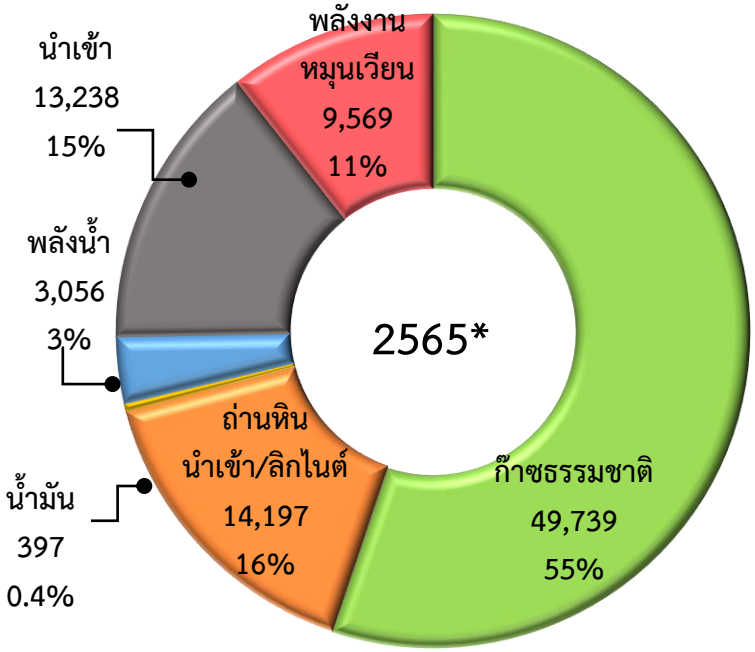
*ไม่รวมข้อมูลของผู้ผลิตไฟฟ้าใช้เอง (IPS)

ภาพรวมกิจการไฟฟ้า

การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงต่างๆ



สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ



รวมทั้งสิ้น 90,197 GWh

การผลิตไฟฟ้า ⬆ 3.5% โดยการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกือบทุกเชื้อเพลิง ทั้งจากก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน พลังน้ำ ไฟฟ้านำเข้า และพลังงานหมุนเวียน ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน/ลิกไนต์ลดลง

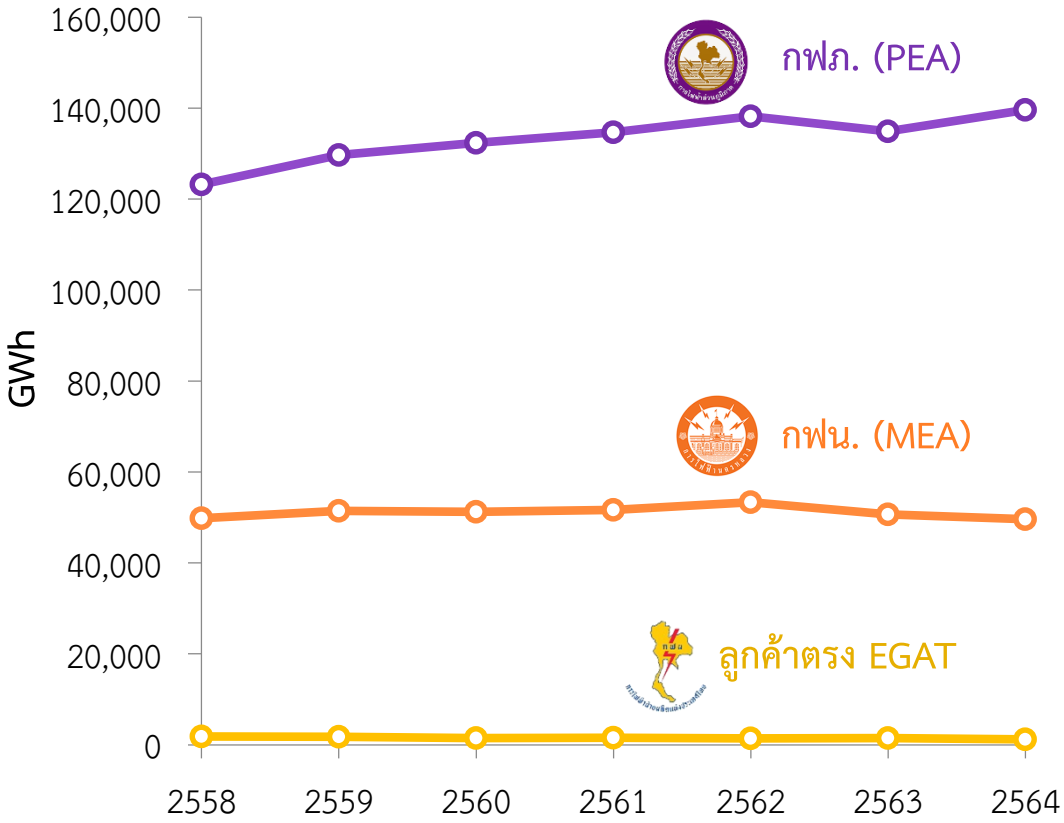
หมายเหตุ : (1) การผลิตไฟฟ้าในที่นี้ยังไม่รวมการผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าใช้เอง (IPS)

(2) การผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันรวมการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันปาล์มของโรงไฟฟ้าบางปะกง

* เดือน ม.ค.-พ.ค.

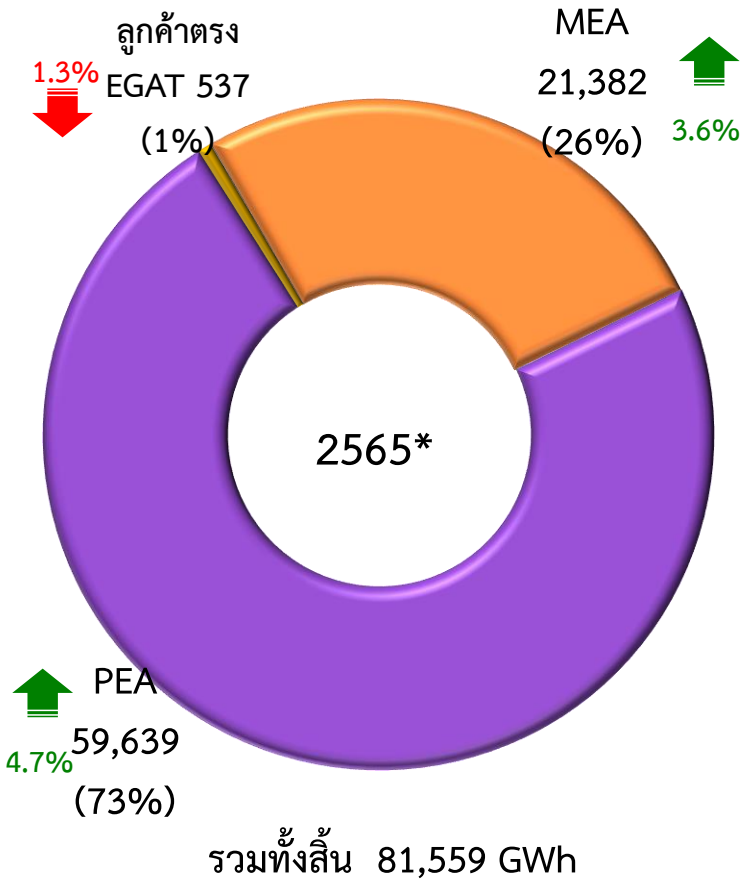
ภาพรวมกิจการไฟฟ้า

การใช้ไฟฟ้าในระบบของ 3 การไฟฟ้า



การใช้ไฟฟ้า ▲ 4.4%

สัดส่วนการใช้ไฟฟ้า



รวมทั้งสิ้น 81,559 GWh

หมายเหตุ : การใช้ไฟฟ้าในที่นี้ยังไม่รวมการใช้ไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าใช้เอง (IPS)

* เดือน ม.ค.-พ.ค.

ภาพรวม กฟผ.

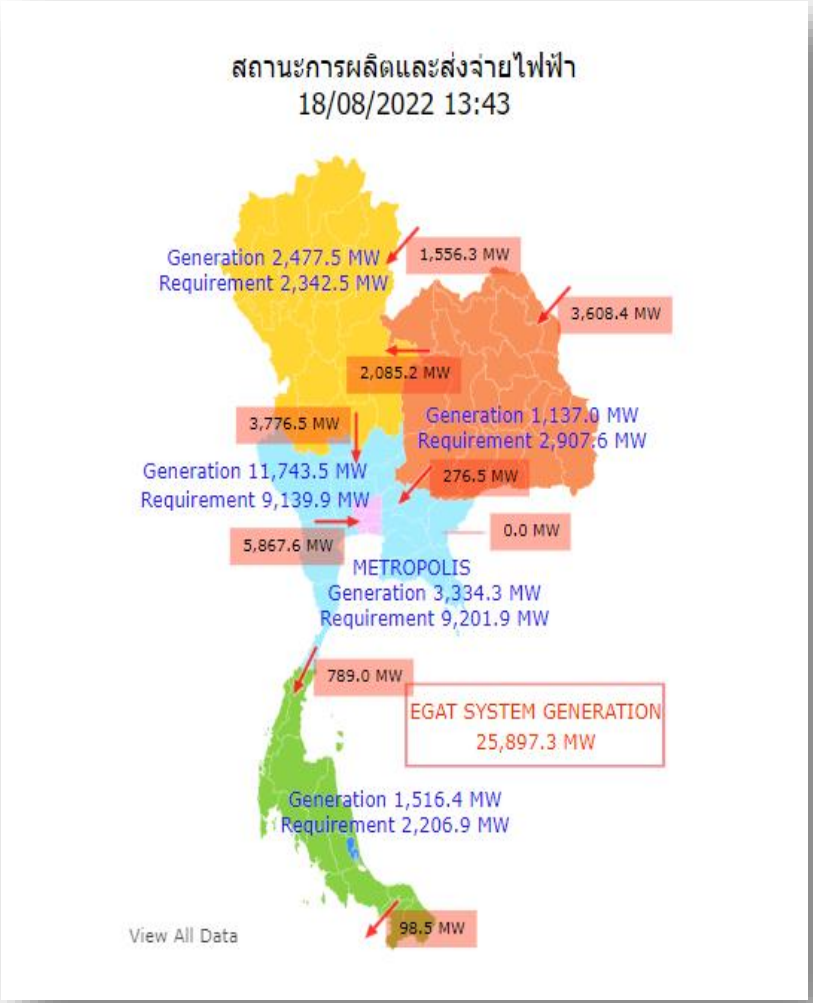
ระบบส่งไฟฟ้า กฟผ.

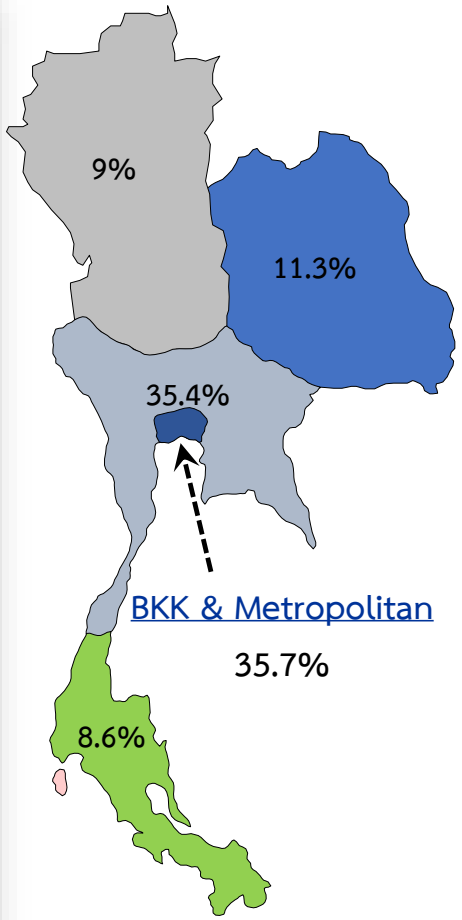
ระดับแรงดันไฟฟ้า	สถานีไฟฟ้าแรงสูง		สายส่งไฟฟ้า
	จำนวน	พิกัดหม้อแปลง(MVA)	(วงจร-กิโลเมตร)
500 kV	25	48,949.62	8,275.248
230 kV	85	70,800.01	16,035.421
132 kV	-	133.40	8.705
115 kV	124	15,653.66	14,330.422
69 kV	-	-	18.800
300 kV (HVDC)	-	388.02	23.066
รวม	234	135,906.71	38,691.662

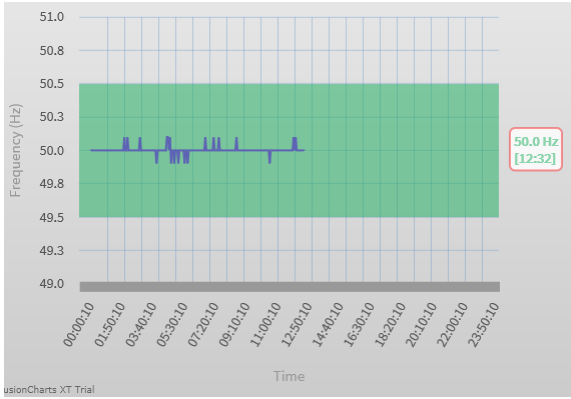
ก.ค. 2565

ภาพรวม กฟผ.

ความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า กฟผ.

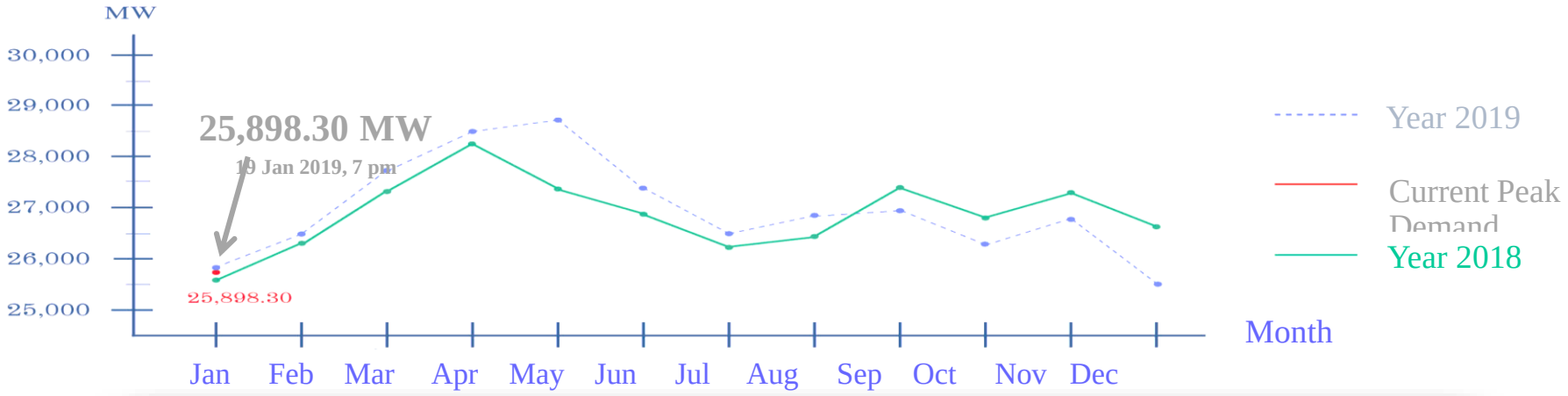


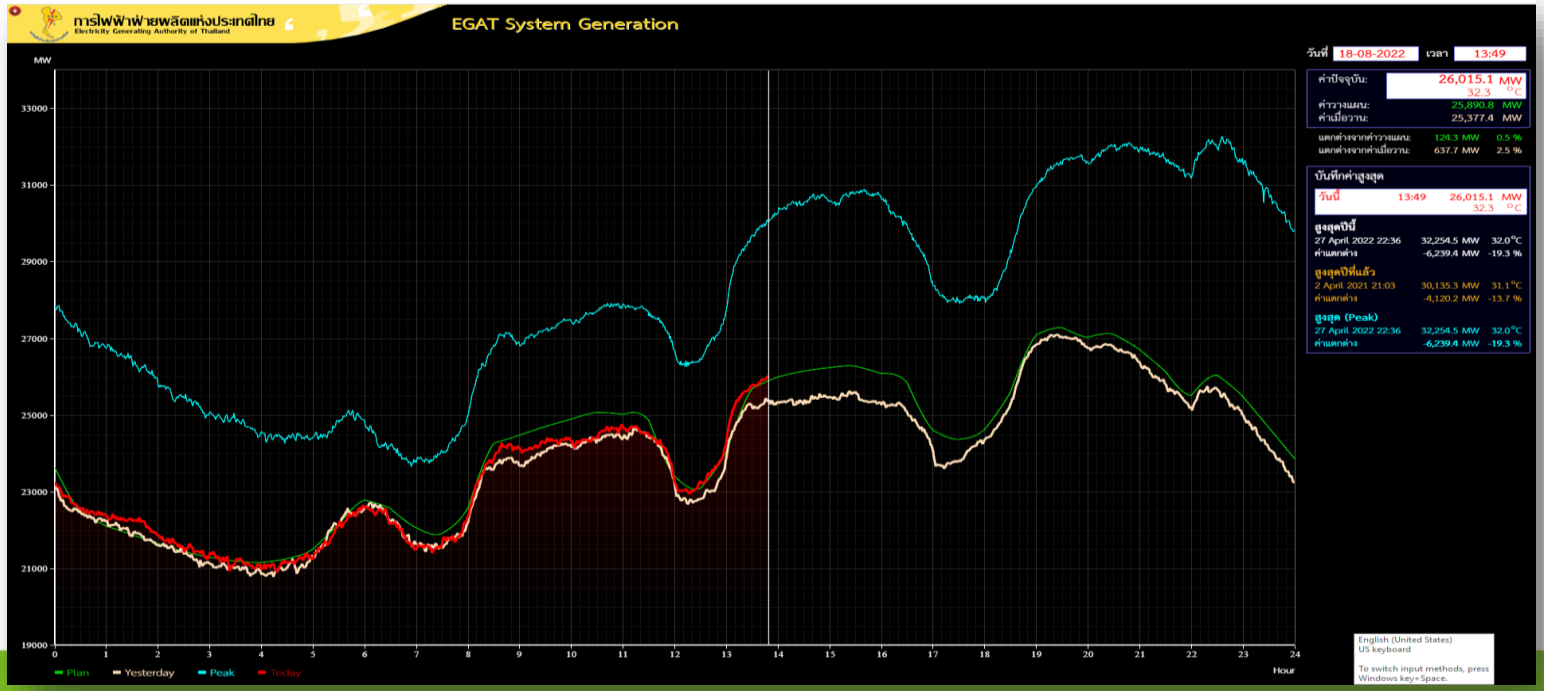




ภาพรวม กฟผ.

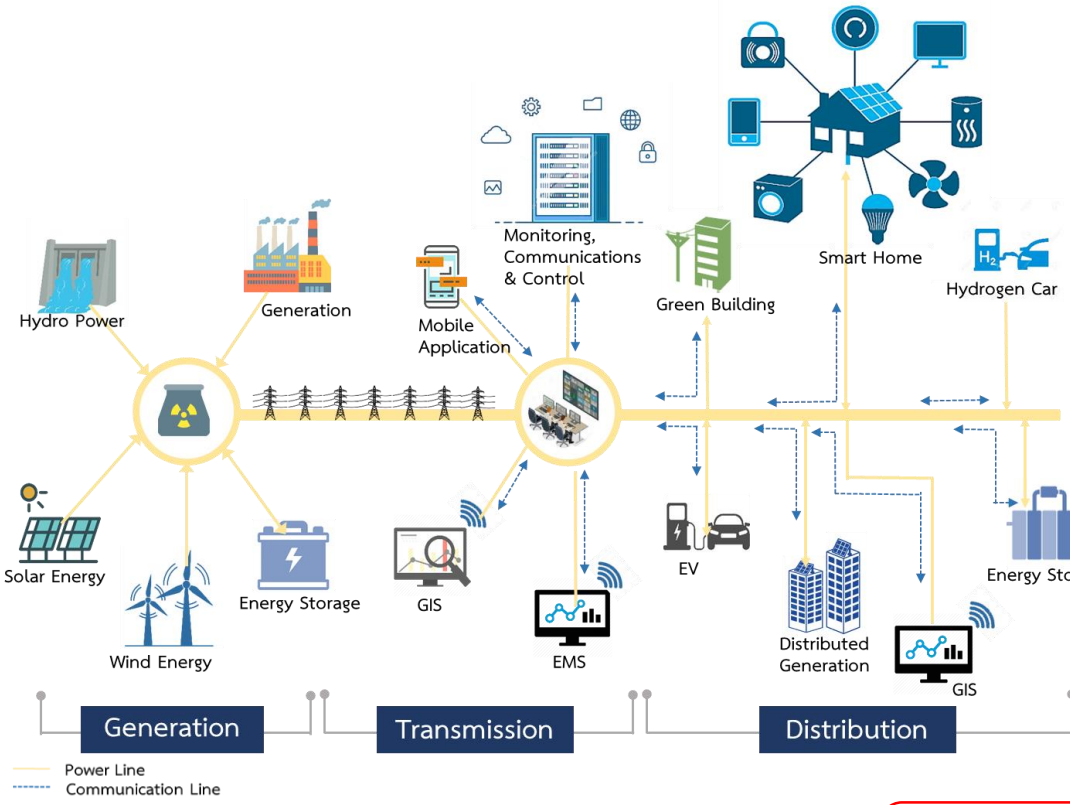
ความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า กฟผ.





ระบบไฟฟ้าปัจจุบันและในอนาคต

Grid Modernization (เพิ่มความมั่นคงระบบไฟฟ้าและรองรับ RE)



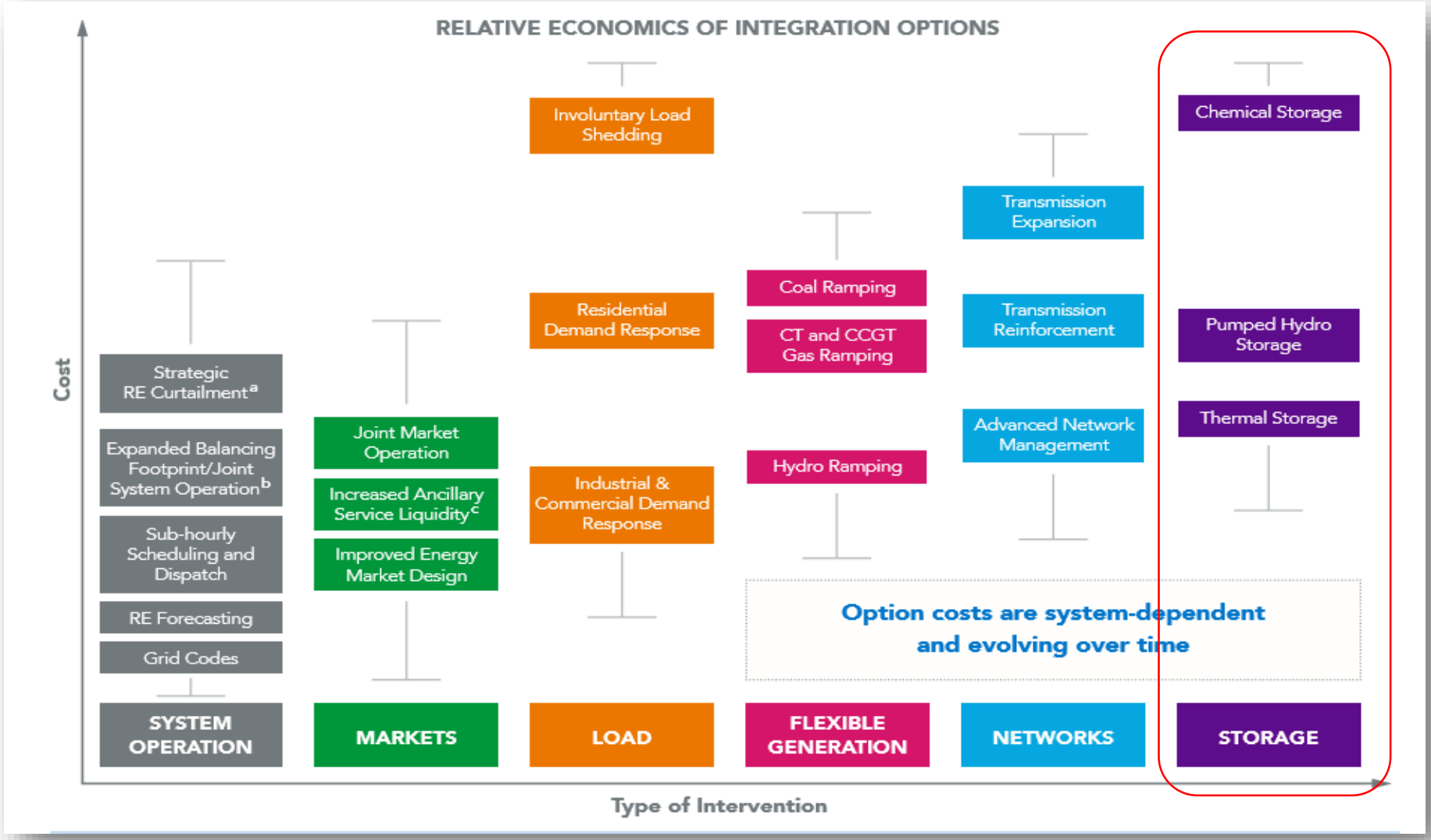
Digital Infrastructure

Smart Technologies

Renewable Integration

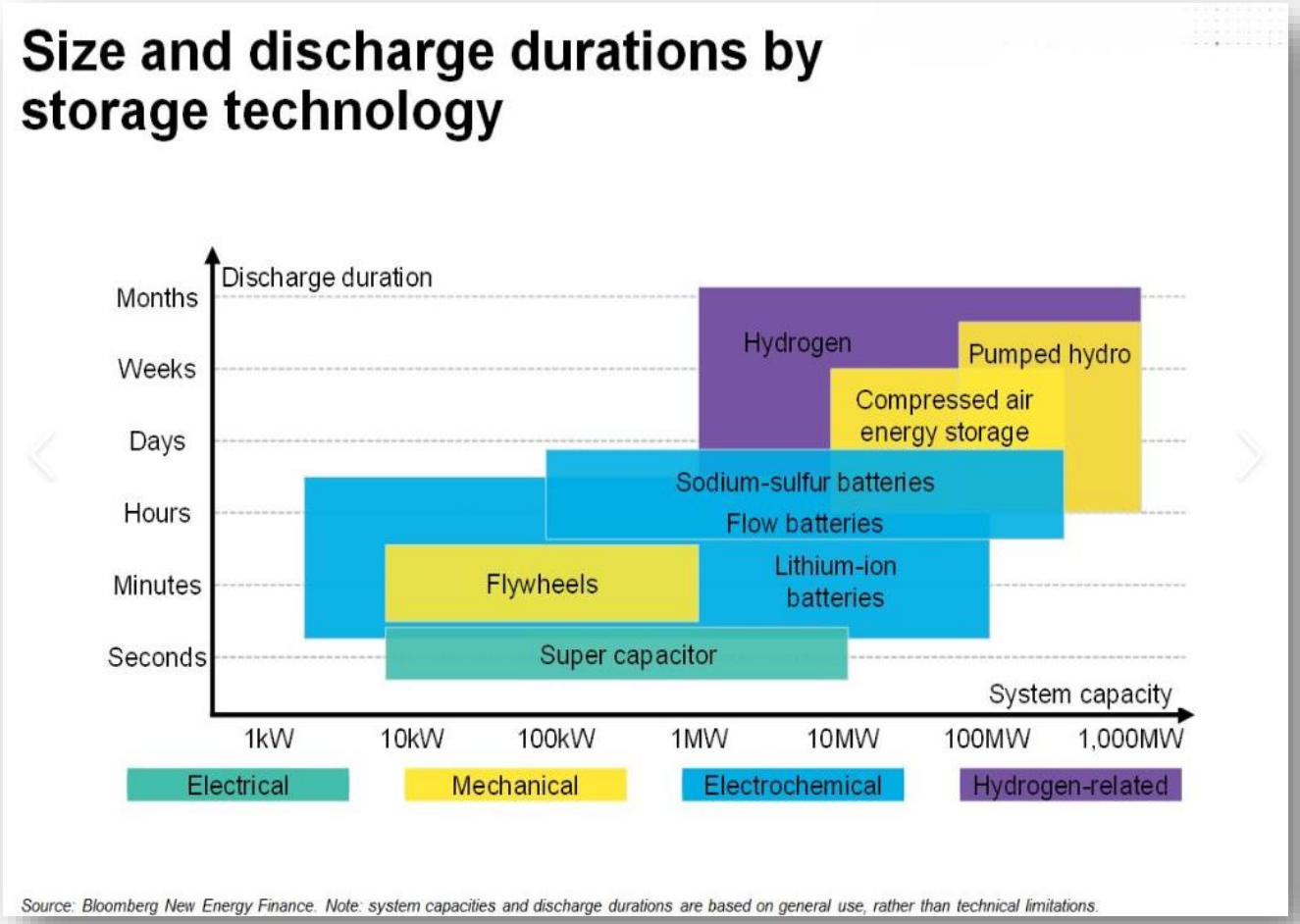
ระบบไฟฟ้าปัจจุบันและในอนาคต

การเพิ่มความยืดหยุ่นให้ระบบไฟฟ้า (Grid/System Flexibility Options)



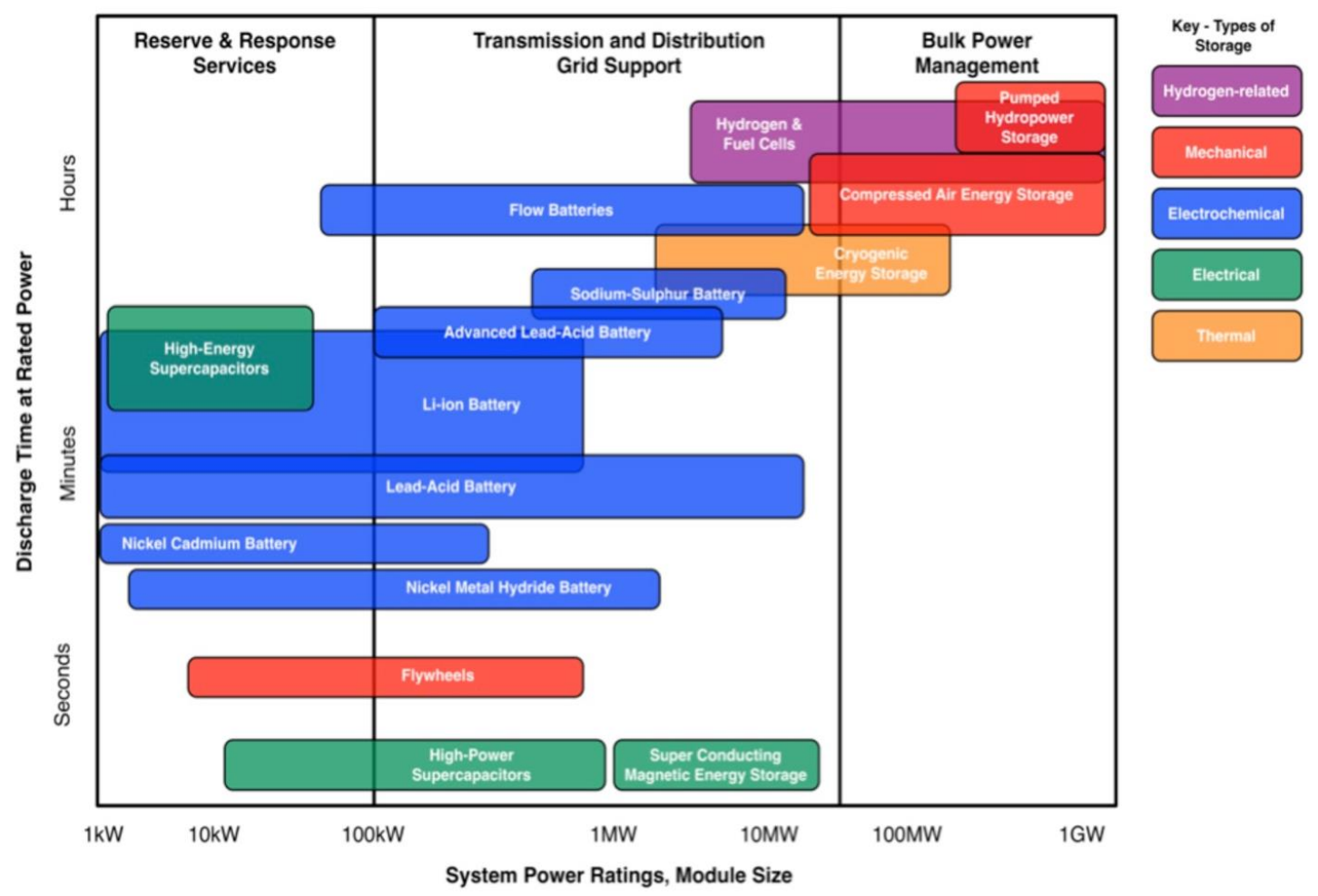
Source: NREL, EPRI, IEA on Flexibility in 21st Century Power Systems

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)
ESS Options



ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

ESS Options



Source: http://reneweconomy.com.au/the-missing-link-why-australia-needs-energy-storage-46236/

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Differentiating Characteristics of Different Battery Technologies

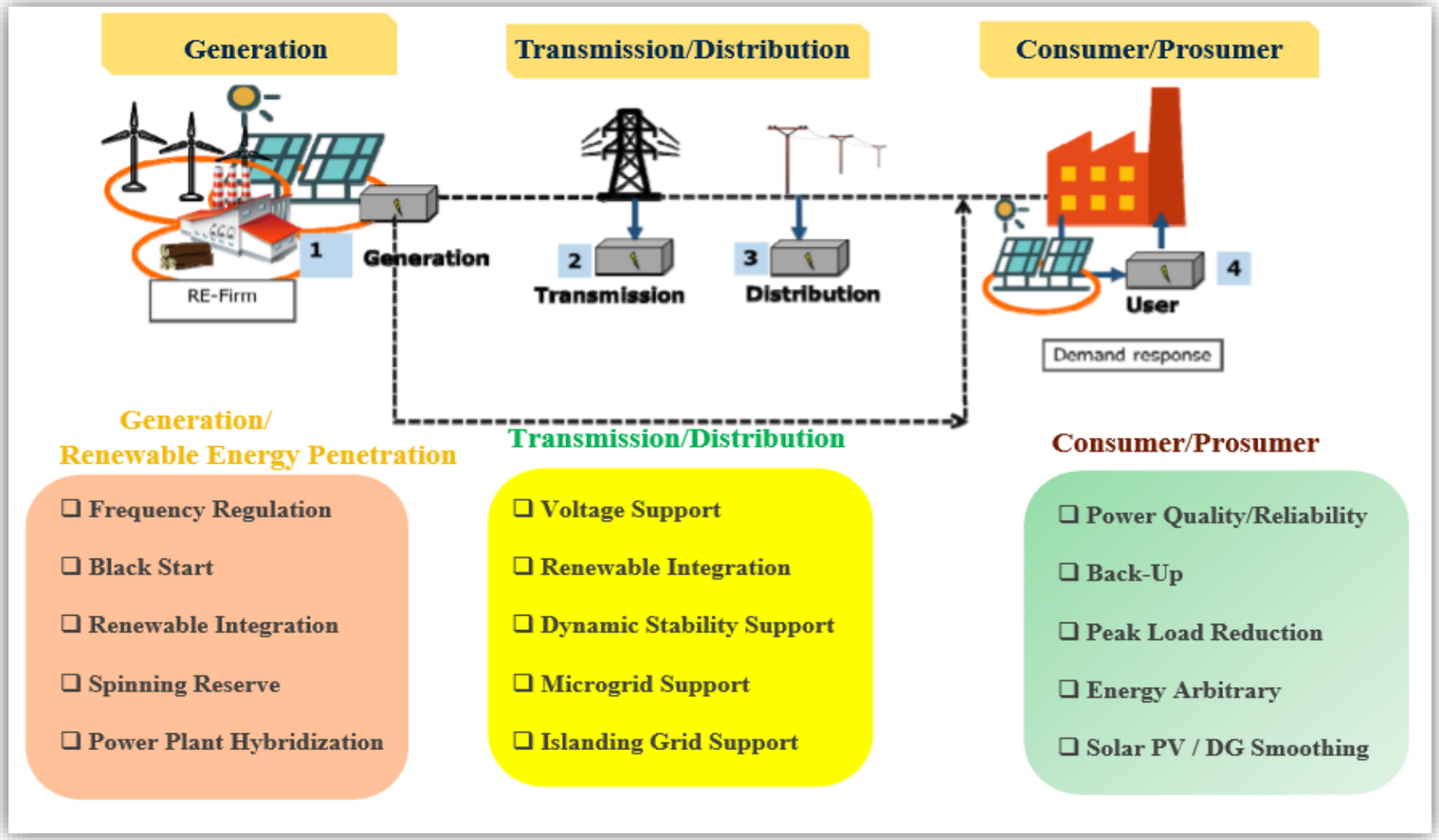
	Energy density (kW/kg)	Round Trip Efficiency (%)	Life Span (years)	Eco-friendliness
Li-ion	1st (150–250)	1st 95	1st (10–15)	Eco-friendliness
NaS	2nd (125–150)	2nd (75–85)	3rd (10–15)	X
Flow	2nd (60–80)	2nd (70–75)	3rd (20–25)	X
Ni-Cd	4th (40–60)	4th (60–80)	4th (5–10)	X
Lead Acid	5th (30–50)	5th (60–70)	5th (3–6)	X

Li-ion = lithium-ion, Na–S = sodium–sulfur, Ni–Cd = nickel–cadmium.

Source: Korea Battery Industry Association “Energy Storage System technology and business model”

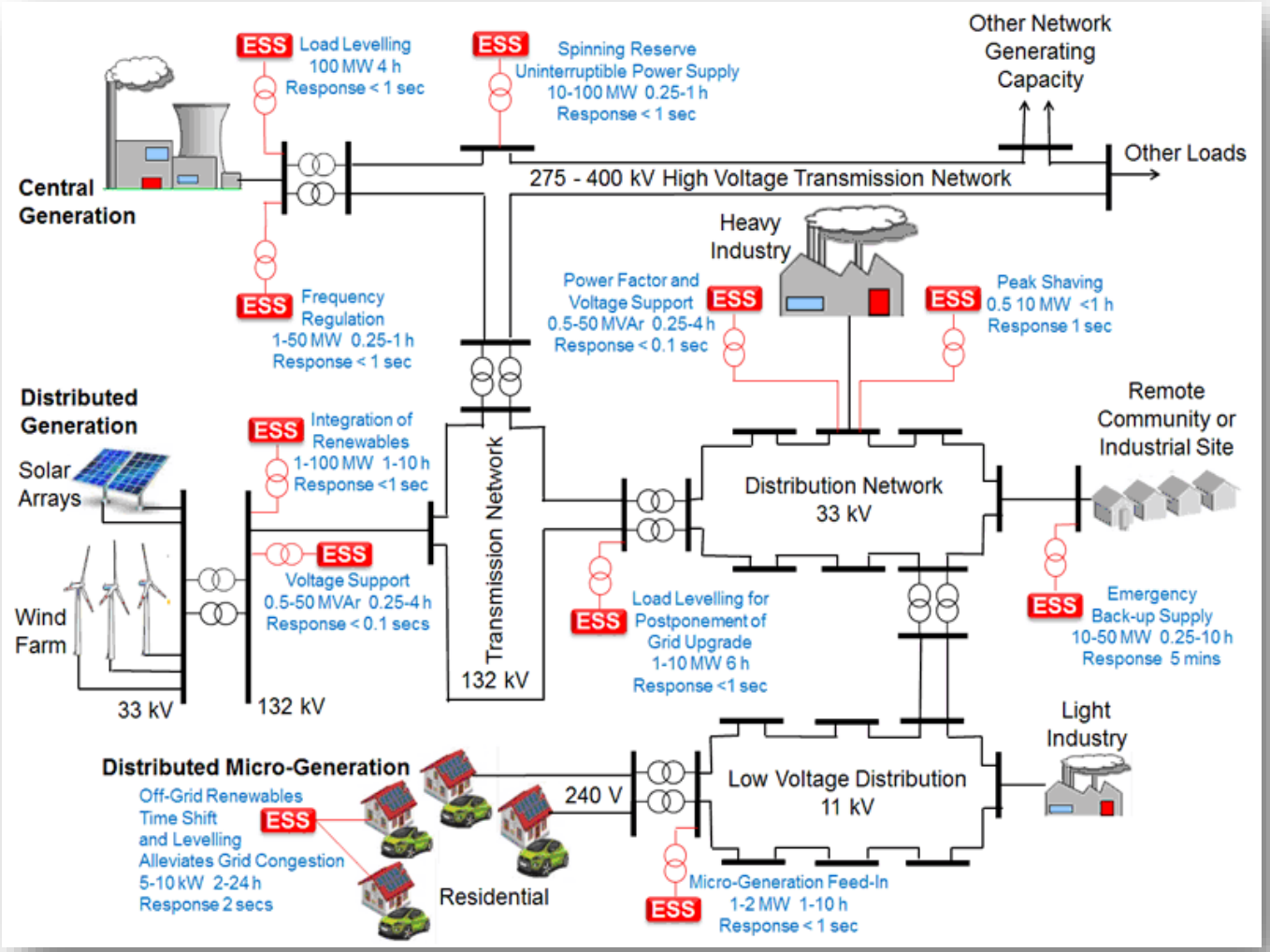
ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

BESS Application



ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Grid Energy Storage Systems and Application

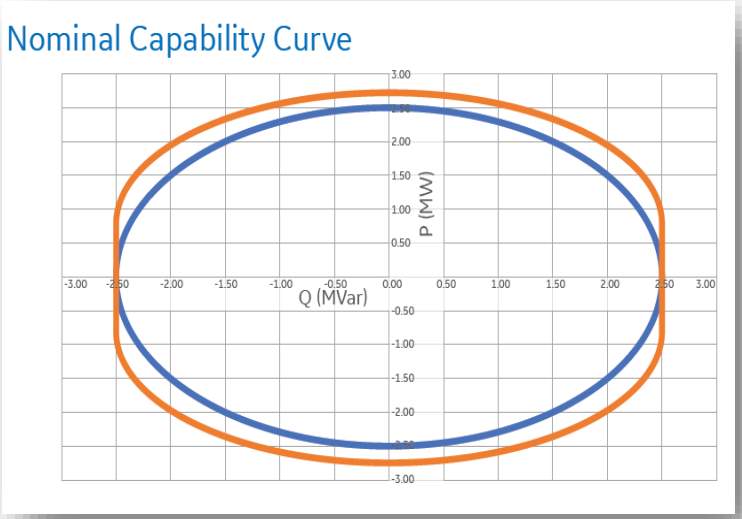


Source: https://www.mpoweruk.com/grid_storage.htm

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

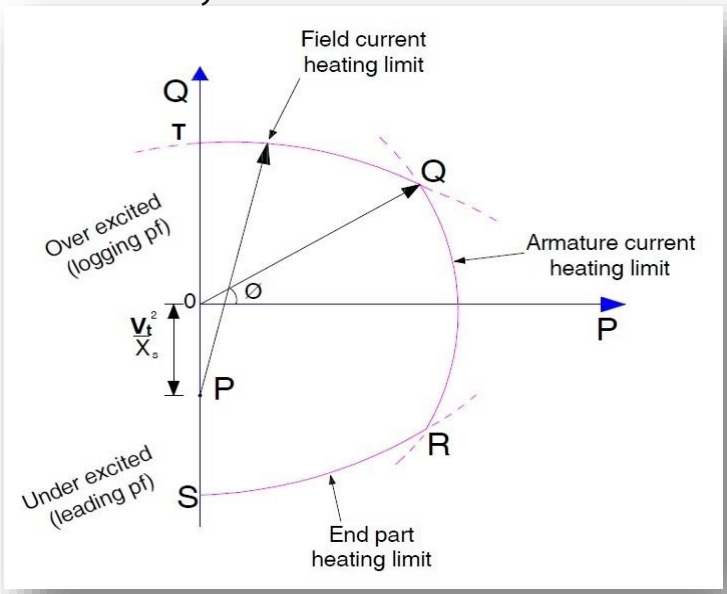
BESS Characteristic Curve

BESS

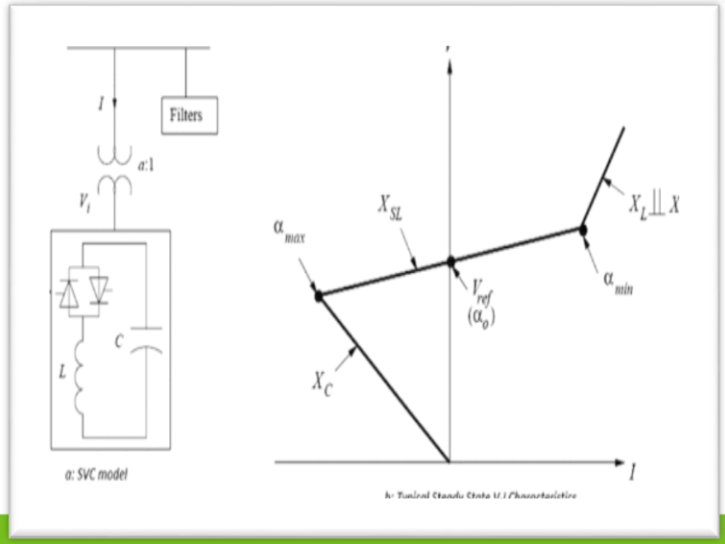


vs.

Synchronous Gen



SVC

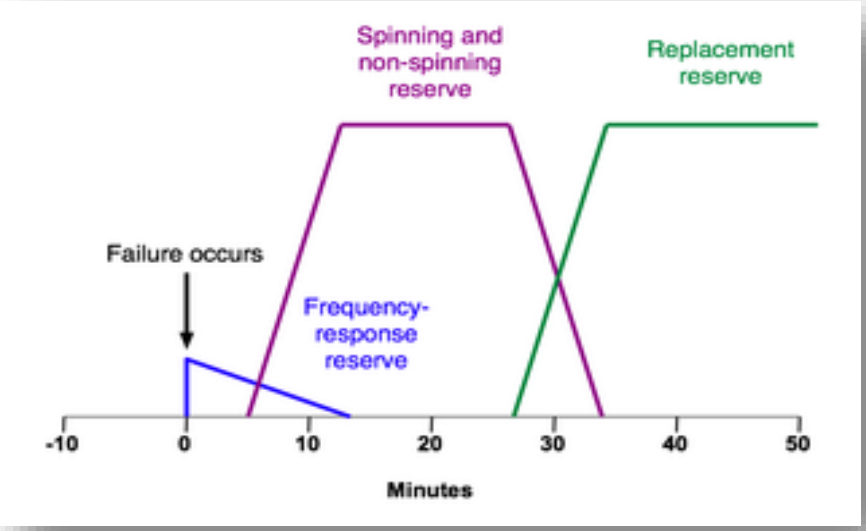


Source: https://www.ge.com/content/dam/gepower-renewables/global/en_US/documents/energy-storage/Reservoir%20Solutions%20Product%20Specification%20Sheets.pdf

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Function: SPINNING RESERVE

To provide an effective spinning reserve (ESS is maintained at a level of charge ready to respond to a generation outage).



An idealized representation of the four kinds of reserve power and the time intervals after an unexpected failure that they are in use

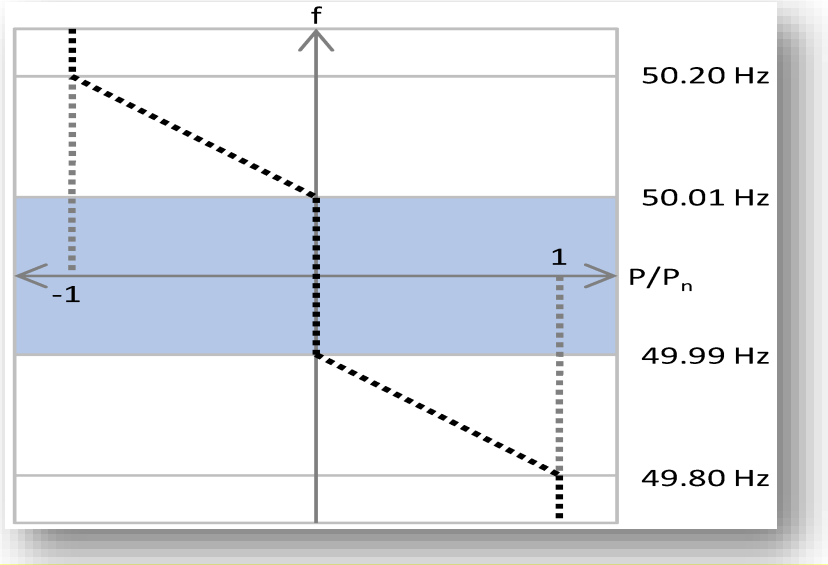
The timescales of operations are 1-10s of minutes, usually at medium power ≤1 C.

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Function: Frequency Regulation (Gradient/Droop)

"Frequency reflects any power shortage or oversupply. Duration of interventions range from milliseconds to minutes."

-BESS is charged/discharged (Consume/Supply Power) to stabilize grid frequency.

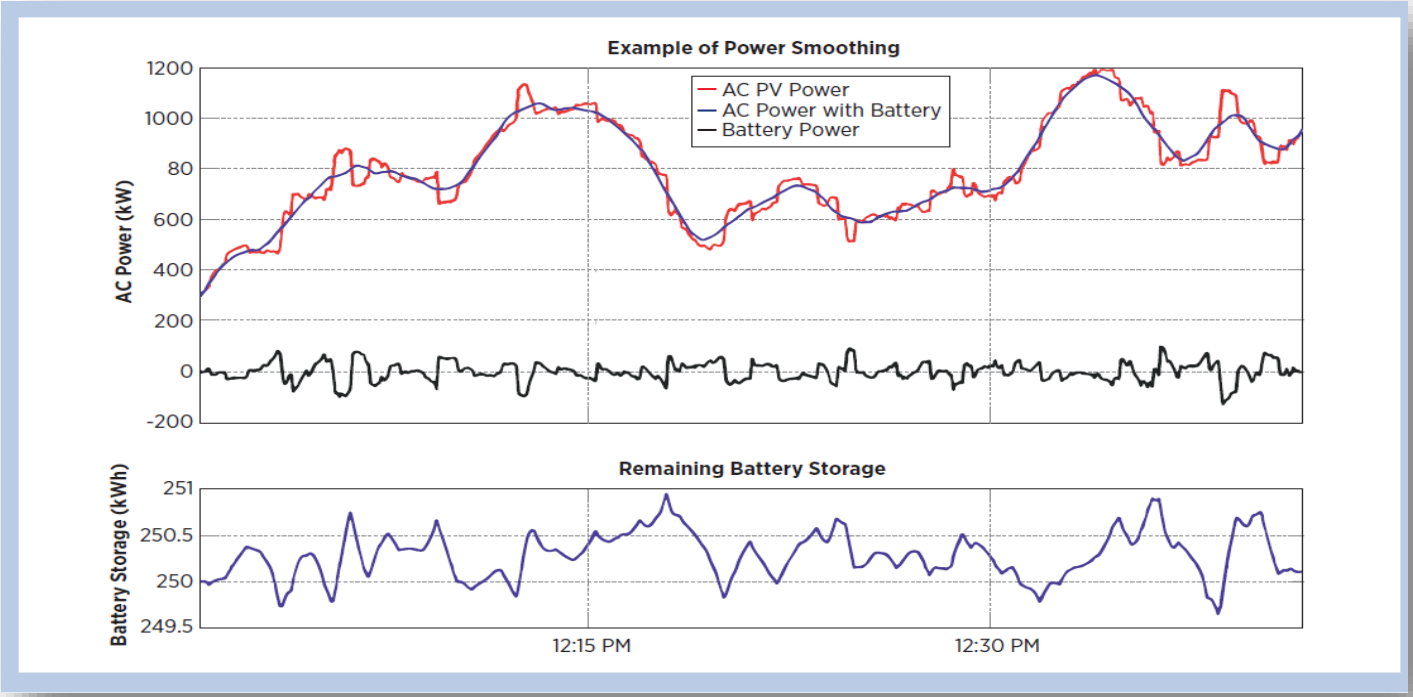


Depending on ESS parameters, the power tends to be dispatched or stored at higher C rates (>1C).

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Function: RE Smoothing

"Provide dynamic power benefits resulting in improved quality of the energy delivered."



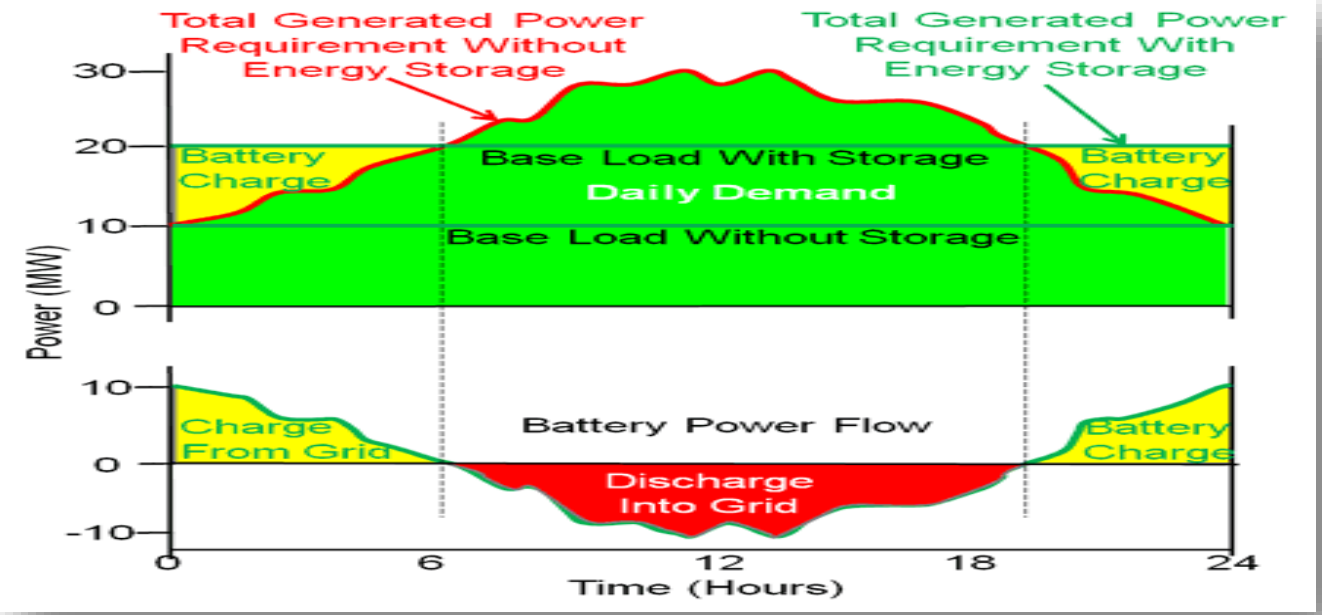
Source: Johnson et al.

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Function: Load Leveling

"Usually involves storing power during light loading periods on the system and delivering it during high demand periods."

- less economical peak generating facilities.
- postpone the investments in grid upgrades.

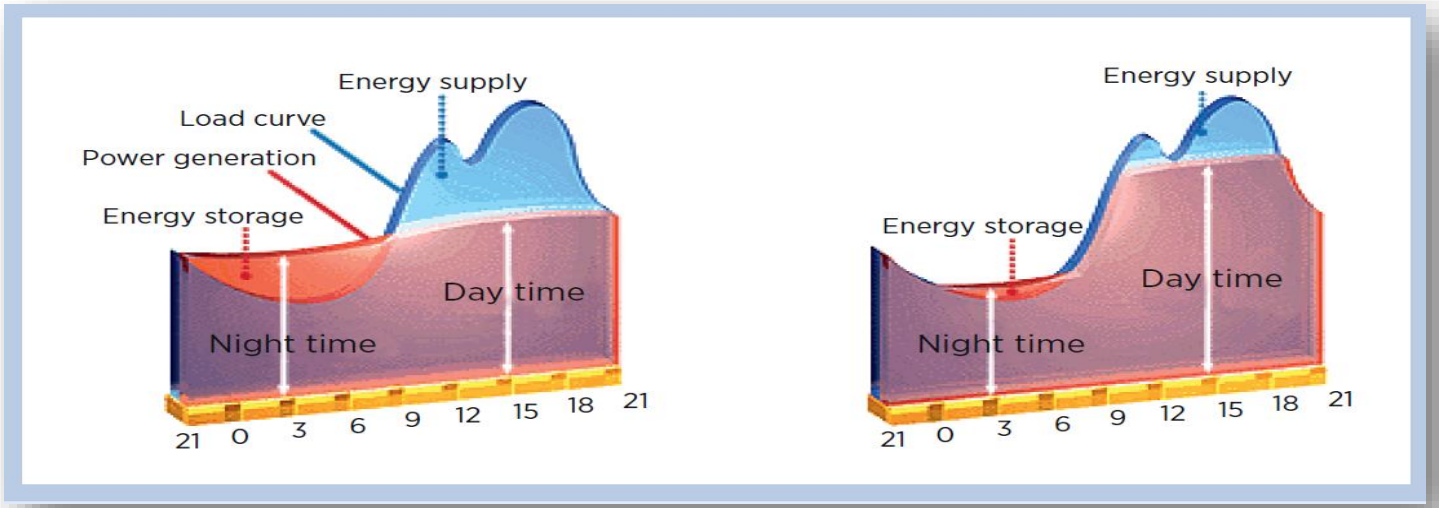


Source: https://www.mpoweruk.com/grid_storage.htm

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Function: Energy Shifting

"Time-shift of energy on a bulk scale."

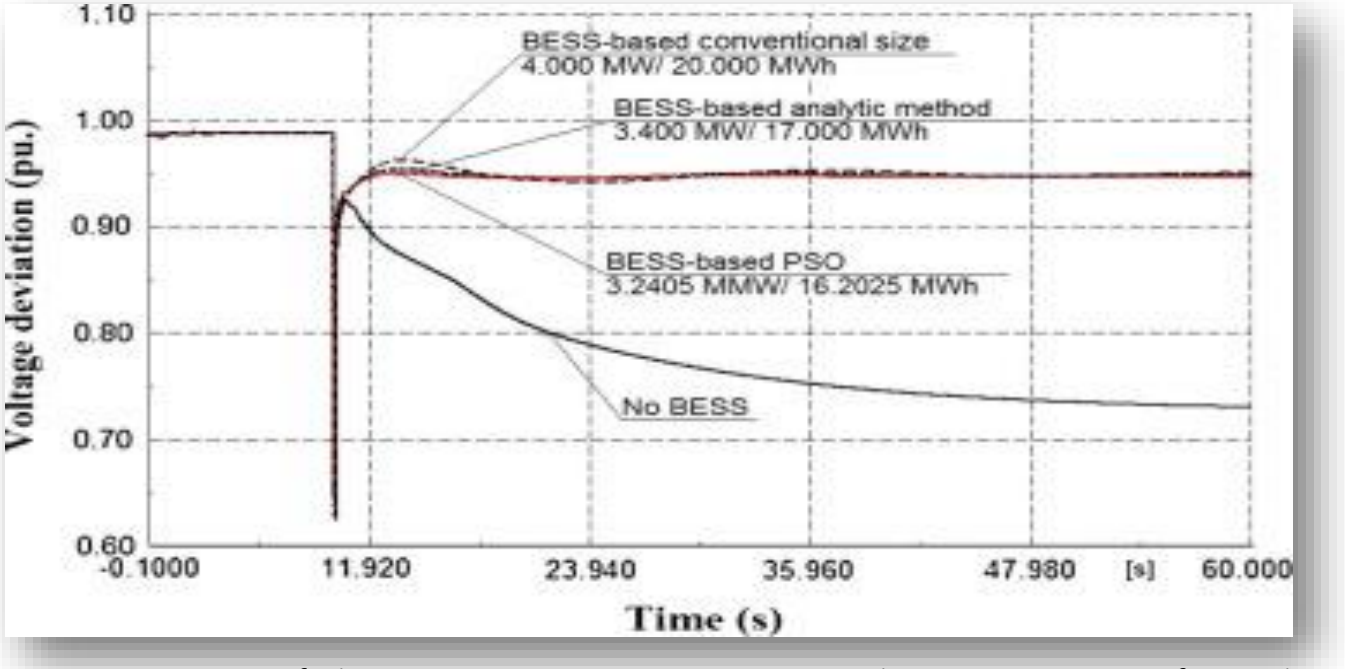


Source: Carnegie, et al

This application requires batteries to handle long discharges at lower power levels (<0.5C).

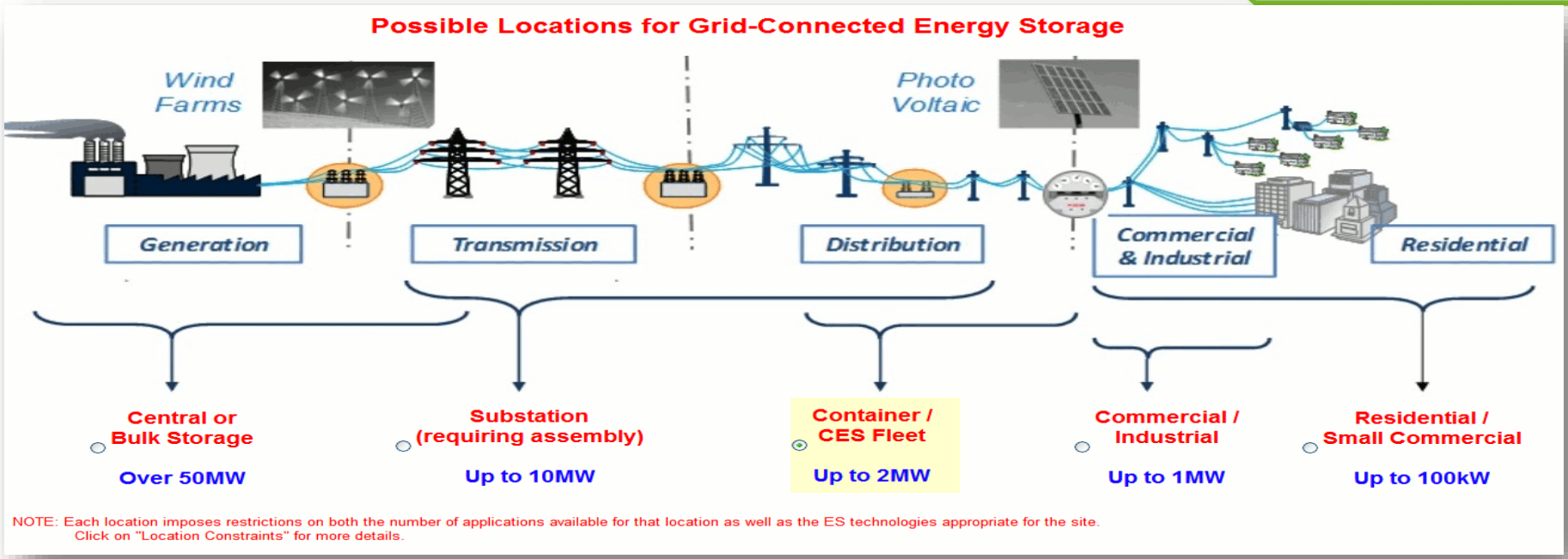
ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่(Grid Scale BESS)

Function: Voltage Regulation



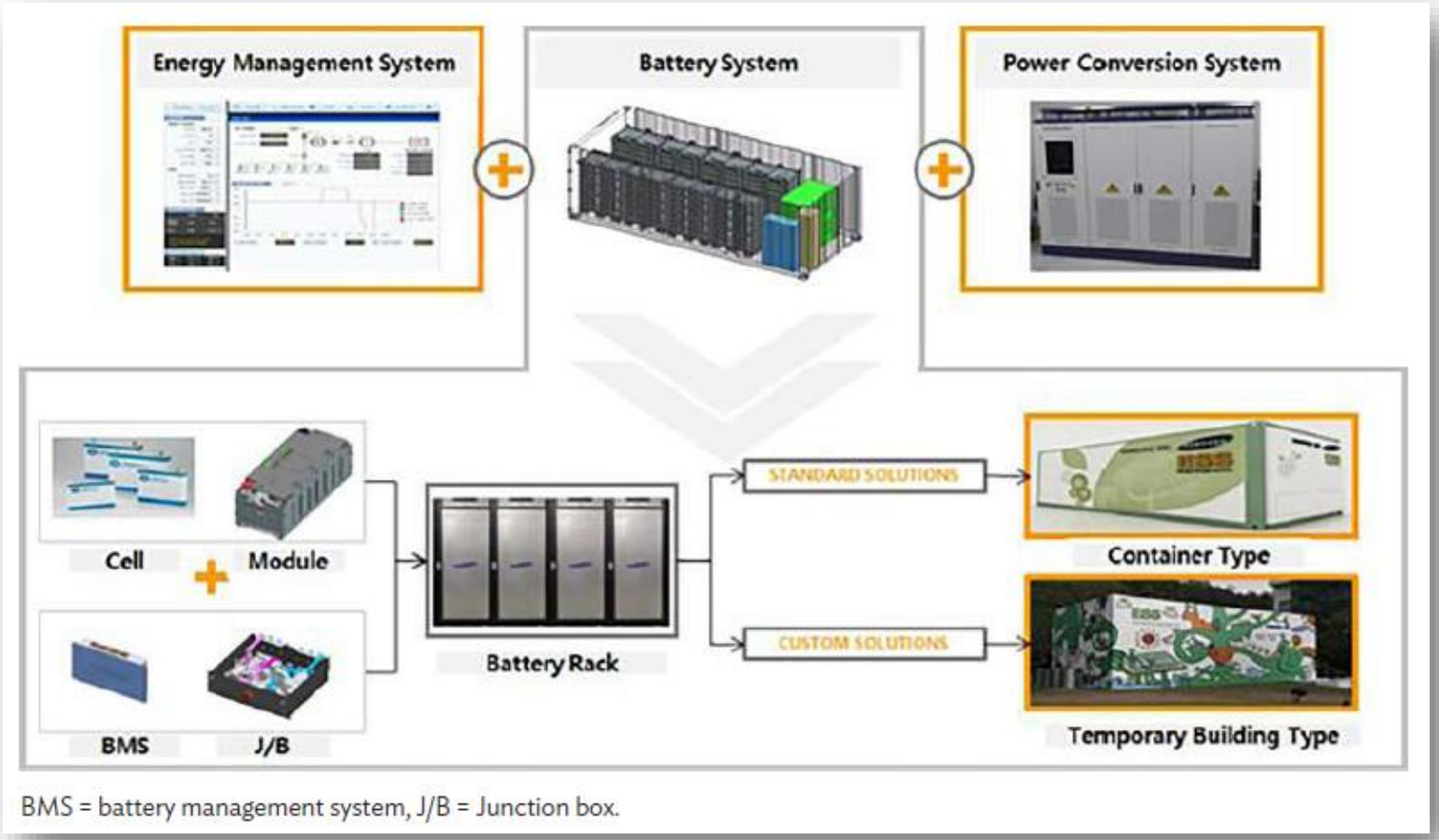
Source: Optimization of a battery energy storage system using particle swarm optimization for stand-alone microgrids (Thongchart Kerdphol, Kyushu Institute of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering, 1-1 Sensui-cho, Tobata-ku, Kitakyushu, Fukuoka.)

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)



ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่(Grid Scale BESS)

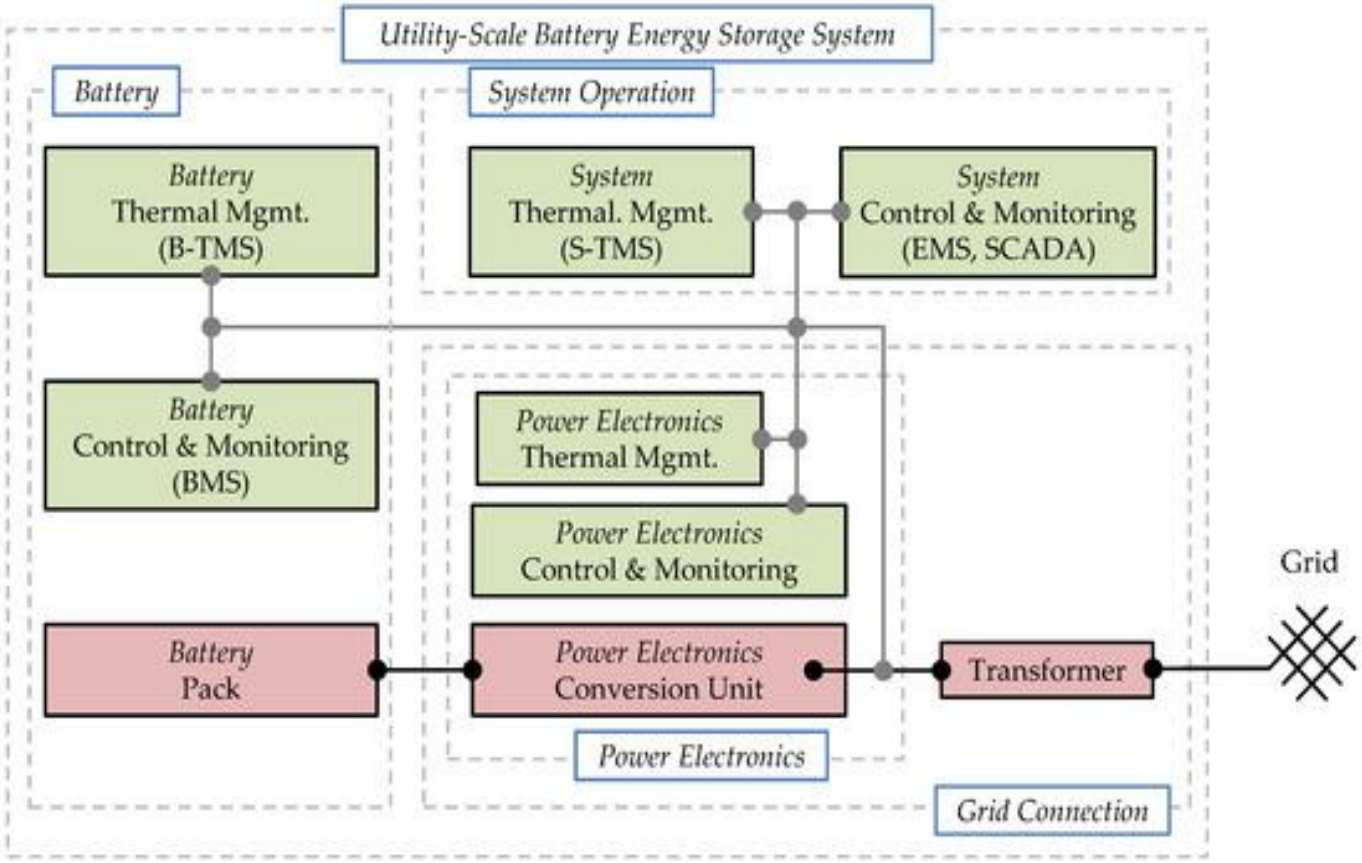
Schematic of BESS



BMS = battery management system, J/B = Junction box.

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Grid Scale BESS)

Schematic of A Utility-Scale Energy Storage System



Source: Korea Battery Industry Association “Energy Storage System technology and business model”

BESS Product

GE

PRODUCT DATA	UNITS	ENERGY STORAGE UNIT RSU-4000
Nameplate Energy Capacity	kWh_{DC}	4184
Maximum Power	kW_{DC}	1300
Maximum DC Current	A	1760
DC PARAMETERS		
Battery Management System		GE Blade Protection Unit (BPU)
Compatible Inverters		GE RIU-2500
Inverter Connections		1
Augmentation Option for Lifecycle Management		Yes
Design Life	Years	20
BATTERY INFORMATION		
Battery Chemistry		Lithium-Ion / NMC
Continuous Discharge Rate; Pulse Discharge Rate	CP	<C/3; <C/3
Voltage Class	V	1500
Nominal DC Voltage	V	1300
Minimum DC Voltage	V	790
MECHANICAL INFORMATION		
Dimensions (L x W x H)	mm	6058 X 2438 X 2890
Package Format		20' High-Cube ISO (Exterior Access)
Fully Integrated HVAC		Dual Self-Contained High Efficiency Units
Fire Suppression		Stat-X (Aerosol)
Installation		Pad / Pier
Cable Entry		Bottom
NEMA Rating / IP Class		NEMA 3R / IP 54
DESIGN CONDITIONS		
Operating Temperature Range	°C	-20 (-40 w/ optional equipment package) to +50
Maximum Altitude	m	2000
Seismic		UBC Zone 4
Audible Noise (at 3m)	dBA	<70
CERTIFICATIONS & COMPLIANCE		
Certifications†		UL: 9540, 1973, 1741; UN38.3; CE; EMC
Compliance†		NFPA 70; IEEE C37.32; IEC: 62933, 62619, 60204; ASTM4169

†As of January 2020. Full list of certifications and compliance standards available upon request.

www.ge.com/energystorage

©2020 General Electric. All rights reserved. *Trademark of General Electric. All other brands or names are property of their respective holders. GE reserves the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. Agreed particulars within purchase order will prevail.

Source: https://www.ge.com/renewableenergy/sites/default/files/related_documents/RSU-4000_Data%20sheet_0.pdf

BESS Product

GE

Reservoir Inverter Unit Data

SPECIFICATIONS	UNITS	RIU-2500
AC Parameters		
Nominal Power (at 45°C)	kVA_{AC}	2500
Max Power (at 40°C)	kVA	2750
Rated AC Operating Voltage (10-35kV)	V_{AC}	550
AC Operating Voltage Range	%	+ / - 10
Grid Frequency (+/-5 Hz)	Hz	50 / 60
Power Factor Range		-1.0 to 1.0
DC Parameters		
DC Input Range	V_{DC}	800-1500
Max DC Current	A	3508
Operational Parameters		
Max Efficiency	%	98.73
CEC Efficiency	%	98.50
Power Consumption at Stop	W	370
Max Power Consumption	kW	4.3
Audible Noise (at 1m)	dBA	<80
Physical Parameters		
Dimensions (L x W x H)	mm	6058 X 2438 X 2890
Weight	kg	17000
Ambient Temperature Range	°C	-30 to +50[1]
Elevation	m	<2500[2]
IP Class / NEMA Rating		IP 54 / NEMA 3R
Cable Entry		Bottom
Communications		
External Standard		RS-485 / Ethernet / FO
Response Time	mSec	<100

Source: https://www.ge.com/renewableenergy/sites/default/files/related_documents/RIU-2500_Data%20sheet.pdf

BESS Product

GE

SPECIFICATIONS	UNITS	RIU-2500
Equipment		
Ground Fault Monitoring		Yes
AC Circuit Breaker		Yes (Lockable)
Fused DC Load Switch		Yes (Lockable)
Integrated LV Auxiliary Power Supply		Yes
Features		
Anti-islanding		Yes
Reactive Power Compensation		Yes
Low Voltage Ride Though (LVRT)		Yes
High Voltage Ride Through (HVRT)		Yes
Frequency Ride Through		Yes
Certifications & Compliance		
Certifications		UL 1741; IEC 62109
Compliance		SA/Rule 21; IEEE 547; IEC 62477; PRC-024 (Optional); AS300 (Optional); CE Mark

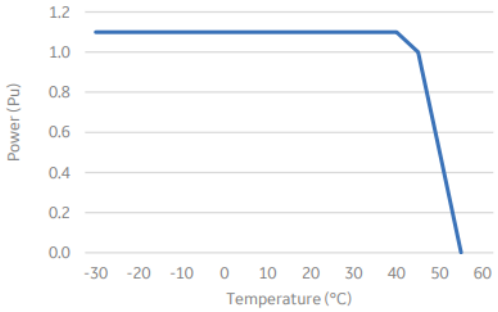
1. Lower ambient temperature -40°C optional with kit
2. Higher altitudes up to 4000m (with derating) on request

Source: https://www.ge.com/renewableenergy/sites/default/files/related_documents/RIU-2500_Data%20sheet.pdf

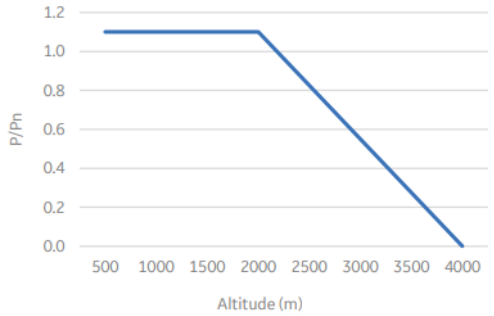
BESS Product

GE

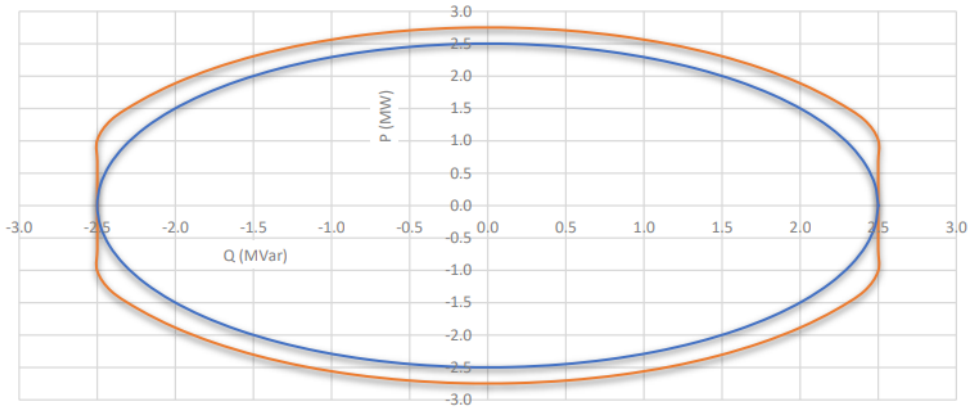
2. Temperature Rating



3. Altitude Rating



4. Nominal Capability Curve**



**≤45°C represented in blue; ≤40°C represented in orange

www.ge.com/energystorage

©2020 General Electric. All rights reserved. *Trademark of General Electric. All other brands or names are property of their respective holders. GE reserves the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. Agreed particulars within purchase order will prevail.

Source: https://www.ge.com/renewableenergy/sites/default/files/related_documents/RIU-2500_Data%20sheet.pdf

BESS Product

HITACHI

Item			Characteristics
1	Nominal Capacity		75Ah (1.67kWh) /0.2CA
2	Voltage Range		16.2 to 25.2V (2.7~4.2V/cell)
3	Current	Discharging	225A (3CA) (Max.300A (4CA) for short period)
		Charging	225A (3CA)
4	Operation Temp. Range		-20 to 50 deg.C (Capacity will vary with Temp.)
5	Expected Lifetime		8000 cycles at DoD 100% and 25 deg.C

Item	High output density	High energy density
Model	MA2a (Hitachi Automotive Systems, Ltd.)	CH75-6 (Hitachi Chemical Company, Ltd.)
Configuration	48-cell series connection	6-cell series connection
Voltage/capacity	173 [V]/5.5 [Ah]	22.2 [V]/75 [Ah]
Energy density	46 [Wh/L] (100%)	102 [Wh/L] (221%)
Power density	865 [W/kg] (346%)	250 [W/kg] (100%)
Features	• Compatibility between battery output and capacity that provides rapid high-charge performance for regenerative power charging • Thin module designed for onboard automotive use	• High energy density that enables compact, high-capacity system configurations • Greatly reduced drop in output performance at low temperature (–20°C)

BESS Product

TESLA

Power Production

Renewable Integration

Smooth and firm the output of a renewable power generation source such as wind or solar.

Capacity Reserve

Provide power and energy capacity to the grid as a standalone asset.

Grid Reliability

Ancillary Services

Charge or discharge instantly to provide frequency regulation, voltage control, and spinning reserve services to the grid.

Transmission & Distribution Support

Supply power and energy capacity at a distributed location to defer or eliminate the need to upgrade aging grid infrastructure.

Microgrid

Build a localized grid that can disconnect from the main power grid, operating independently and reinforcing overall grid resilience.

Smart Energy Consumption

Peak Shaving

Discharge at times of peak demand to avoid or reduce demand charges.

Load Shifting

Shift energy consumption from one point in time to another to avoid paying high energy prices. Where applicable, this price optimization accounts for solar or other on-site generation.

Emergency Backup

Provide intermediate backup power to your business in the event of a grid interruption. This function can be standalone or tied to solar.

Demand Response

Discharge instantly in response to signals from a demand response administrator to alleviate peaks in system load.

Source: https://www.tesla.com/powerpack

BESS Project

TESLA: SOUTH AUSTRALIA

Last September, a 50-year storm damaged critical infrastructure in the state of South Australia, causing a state-wide blackout and leaving 1.7 million residents without electricity. Further blackouts occurred in the heat of the Australian summer in early 2017. In response, the South Australian Government as a leader in renewable energy, looked for a sustainable solution to ensure energy security for all residents, now and into the future, calling for expressions of interest to deploy grid-scale energy storage options with at least 100 megawatts (MW) of capacity.

Source: https://www.tesla.com/blog/tesla-powerpack-enable-large-scale-sustainable-energy-south-australia

BESS Project

TESLA: SOUTH AUSTRALIA

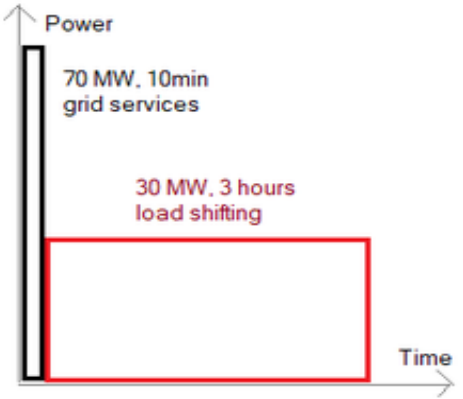


Diagram of power and duration of the two sections of battery

Site	Type	Objective	Function	Ref.
Tesla Hornsdale (South Australia)	Lithium Ion Battery 100 MW/129 MWh	- Grid reliability against transmission or generation loss (regional blackout) - Integrating Hornsdale 1 GW wind & Solar farm in 2020	Stand-by spinning reserve	- Energy Storage Association -Tesla Report

EGAT Power System Analysis/Study

Comply with EGAT's Planning/Operation Criteria

including:

- Steady-State Power Flow Study
- Transient Stability Study
- Short-Circuit Current Study
- Line Energization Study

EGAT Criteria

Steady-State Power Flow Study

Bus Voltage Limits:

- Normal system voltage limits : 98 -105 % of nominal values
- Emergency system voltage limits (N-1) : 92 -108 % of nominal values

Line Loading Limits:

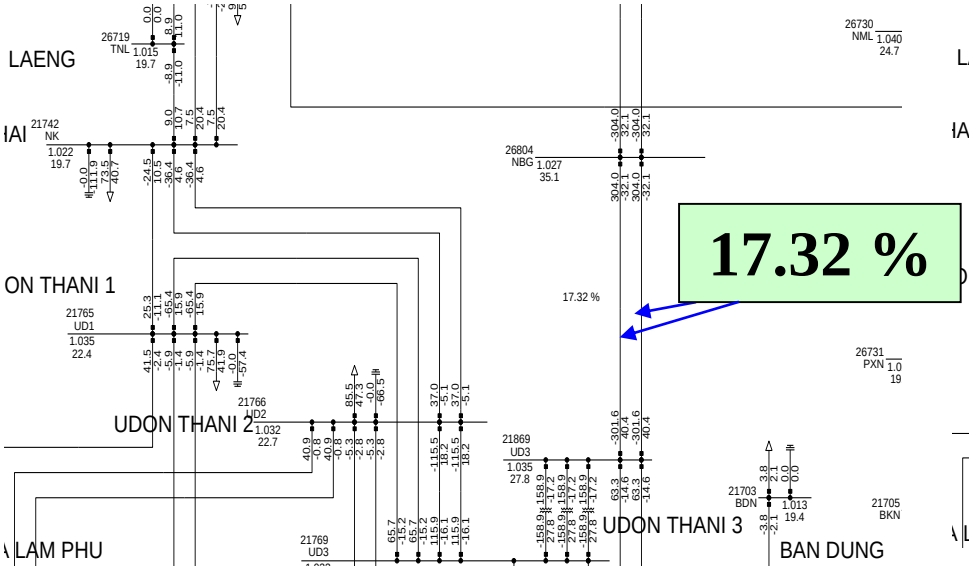
- Normal system loading limits : 100 % of nominal values
- Emergency system loading limits (N-1) : 100 % of nominal values

Transformer Loading Limits:

- Normal system loading limits : 100 % of nominal values
- Emergency system loading limits (N-1) : 120 % of nominal values

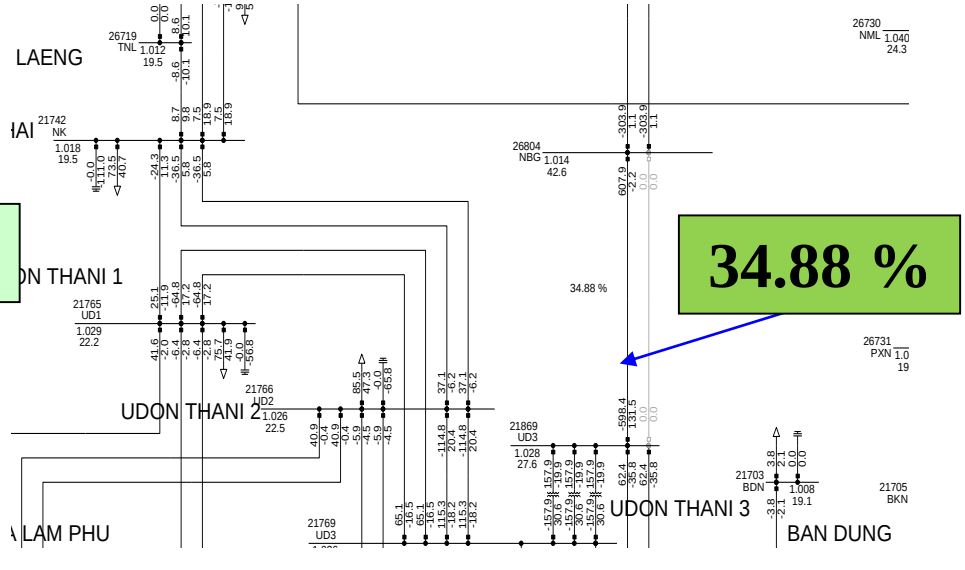
Powerflow
Contingency

N-0

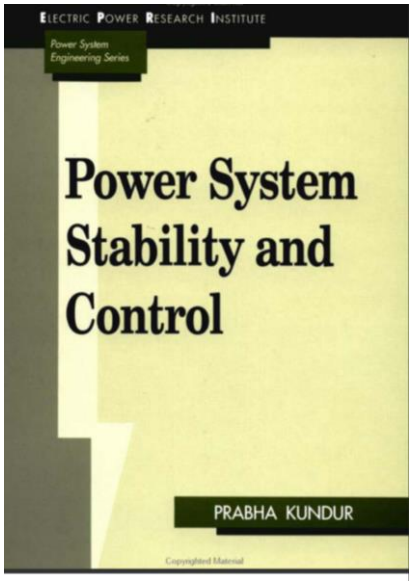


17.32 %

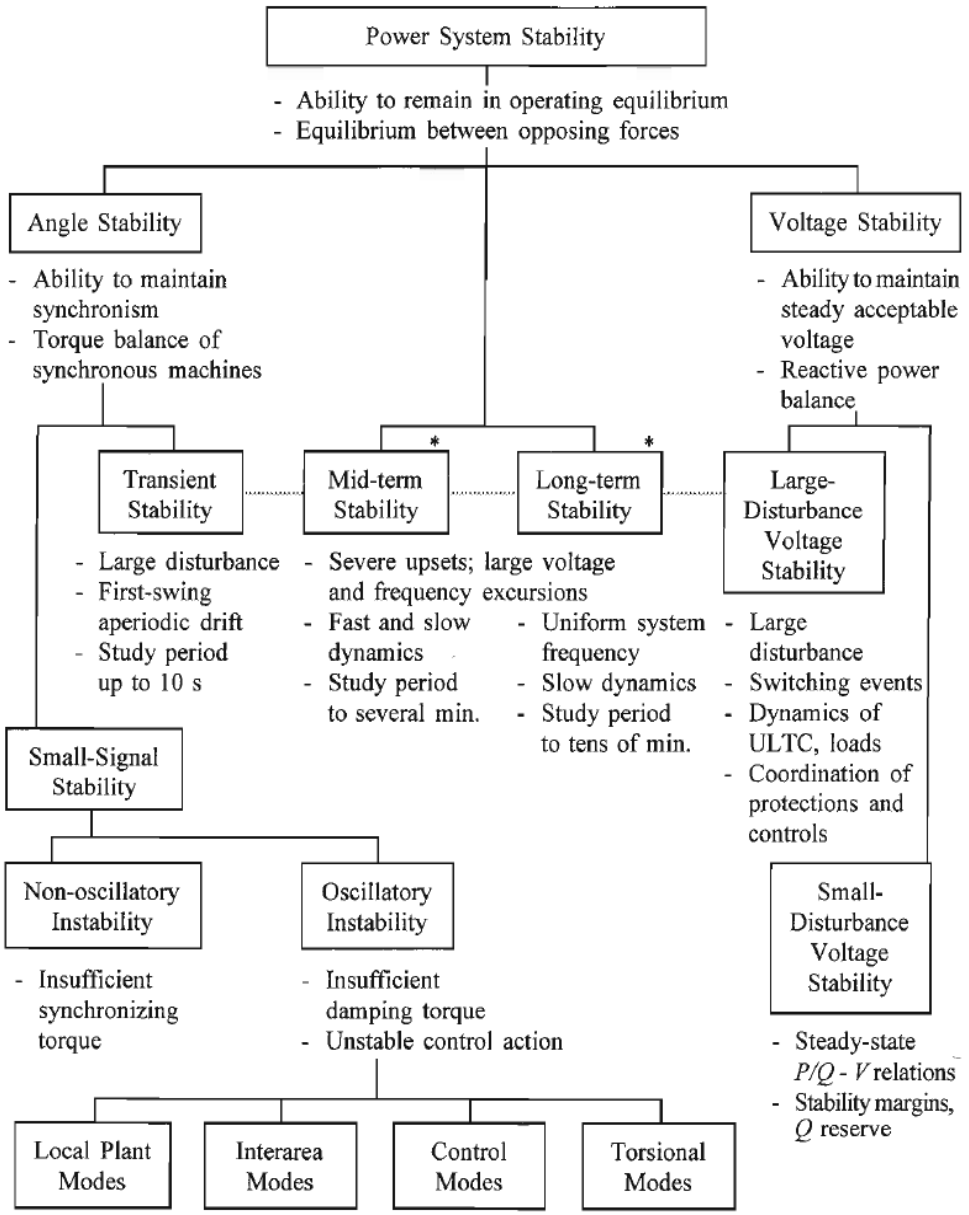
N-1



34.88 %



POWER SYSTEM STABILITY AND CONTROL



EGAT Criteria

Stability

- When a three-phase fault is applied to a bus, the fault must be cleared in:

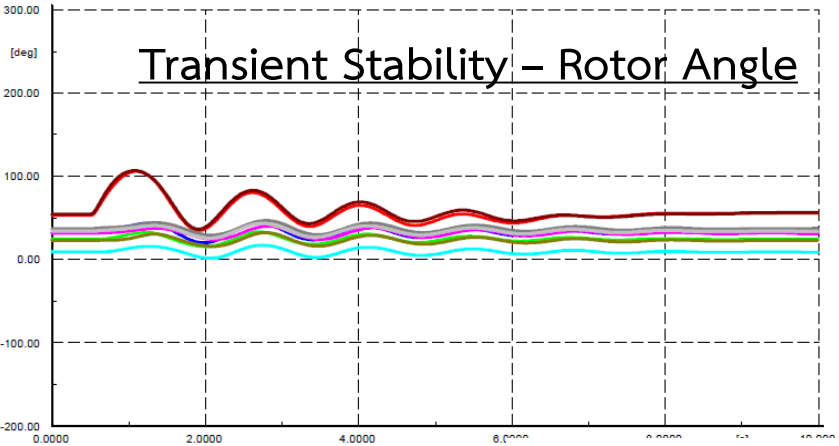
4	cycles for	500 kV,
5	cycles for	230 kV,
7	cycles for	115 kV, and
8	cycles for	69 kV

- Outage of the largest generating unit

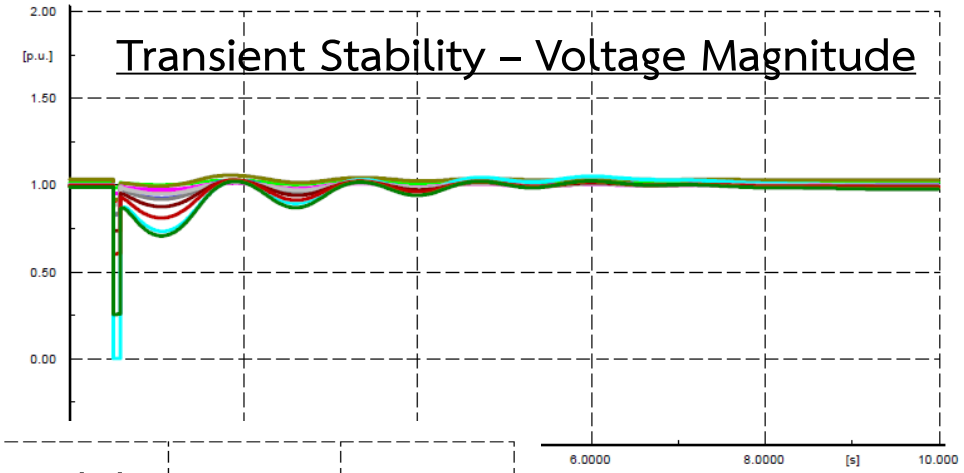
Stability

Time-simulation

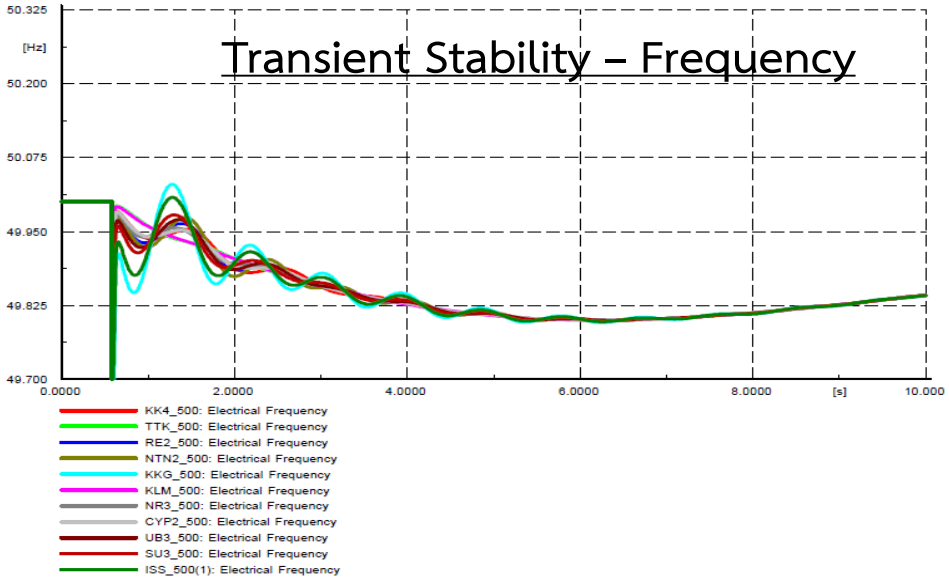
Transient Stability – Rotor Angle



Transient Stability – Voltage Magnitude



Transient Stability – Frequency



EGAT Energy Storage System

BESS, Pump Storage/Hydro, Hydrogen

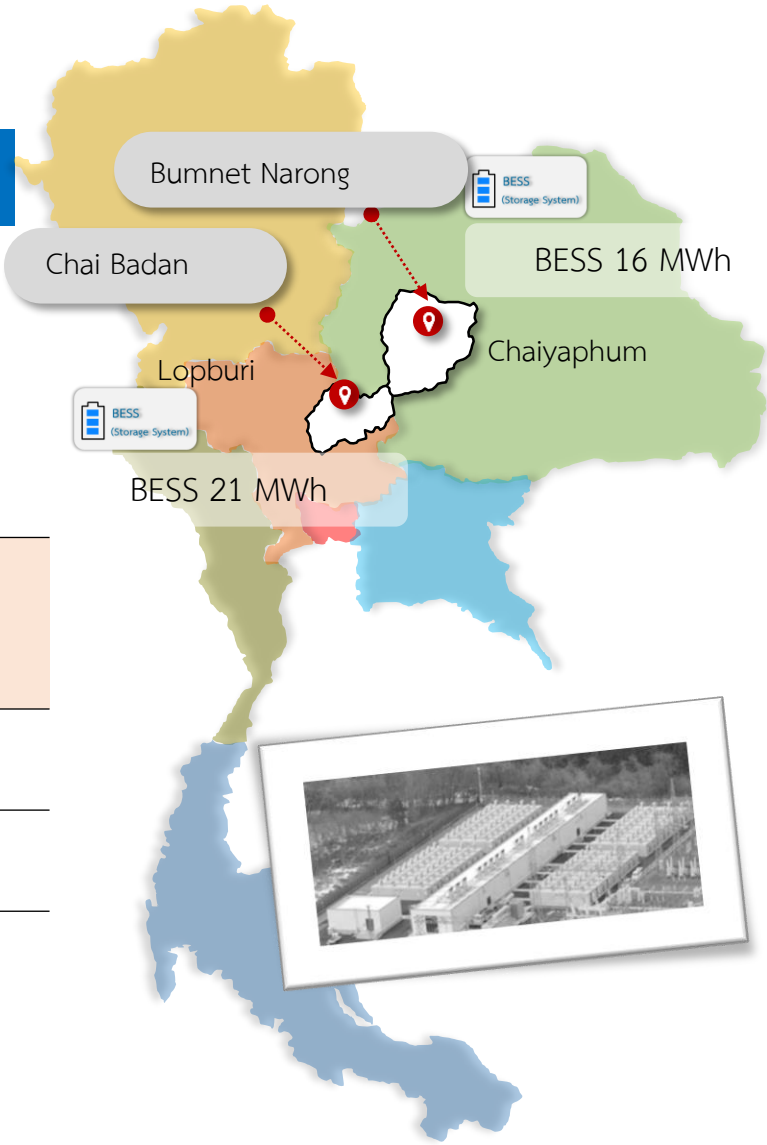
EGAT BESS Project

BESS at Chaiyaphum and Lopburi

Focused Areas/Locations for Installation of BESS

- Clustered area that high penetration of wind and solar
- System with 115 kV and remote to 230 kV main grid

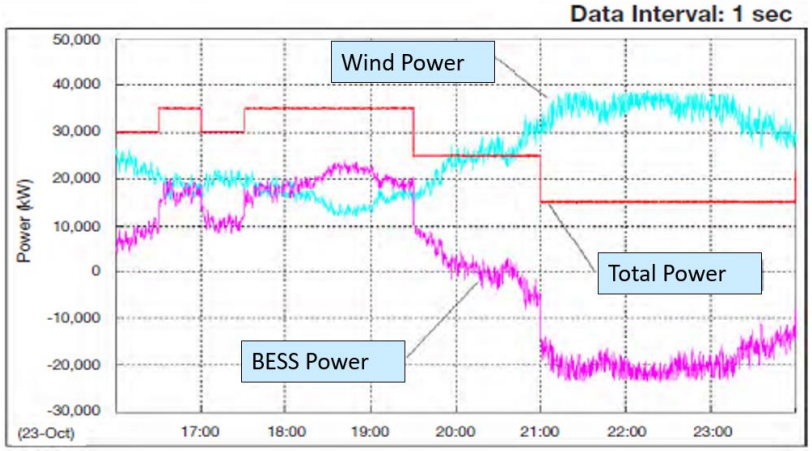
EGAT's Substation	Committed RE by 2022		Total (MW)
	Wind (MW)	Solar (MW)	
Bumnet Narong (Chaiyaphum)	140.7	77.5	218.2
Chai Badan (Lopburi)	207.0	94.2	301.2



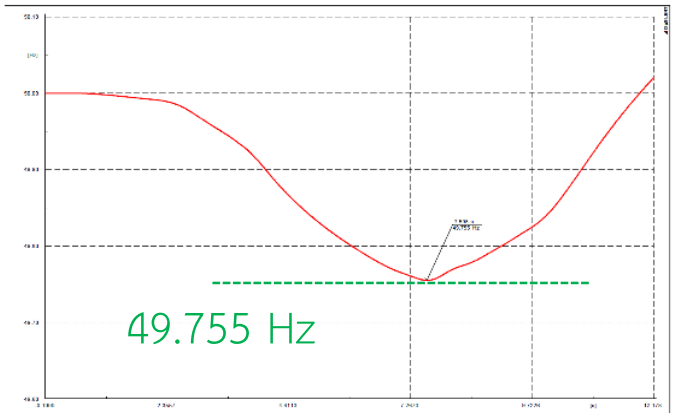
EGAT BESS Project

BESS at Lopburi

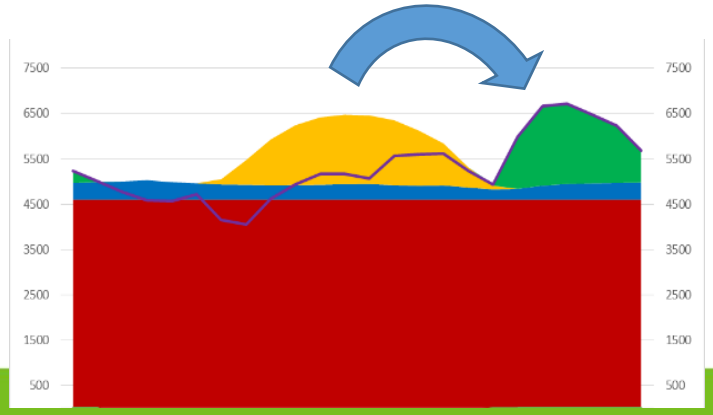
1 Renewable Firming



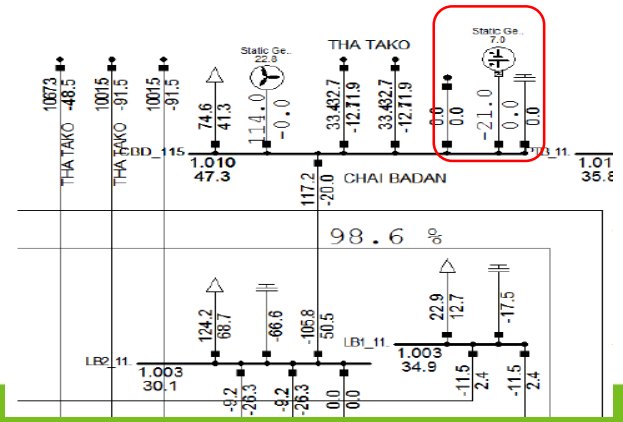
2 Frequency Regulation



3 Energy Shifting

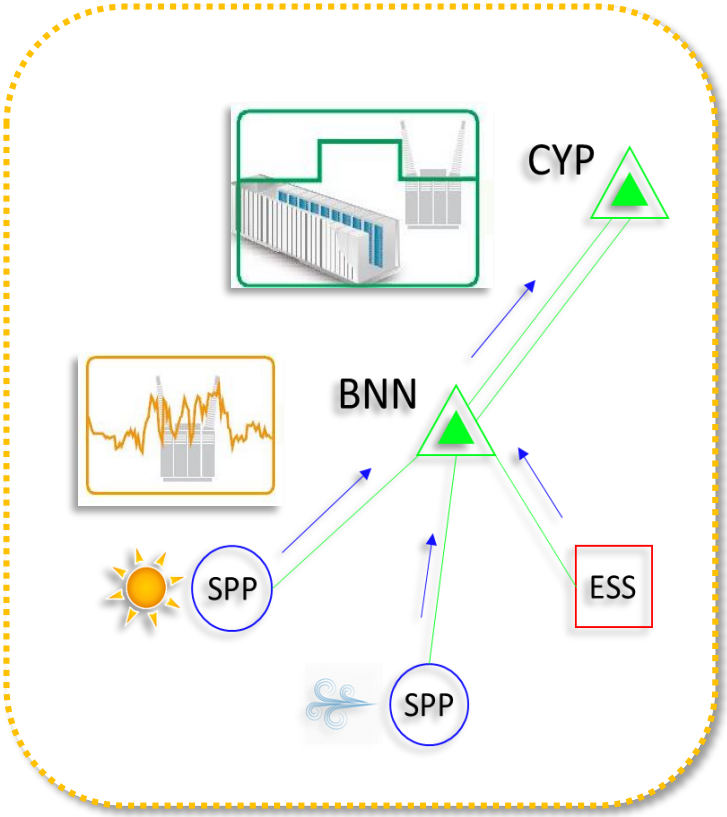


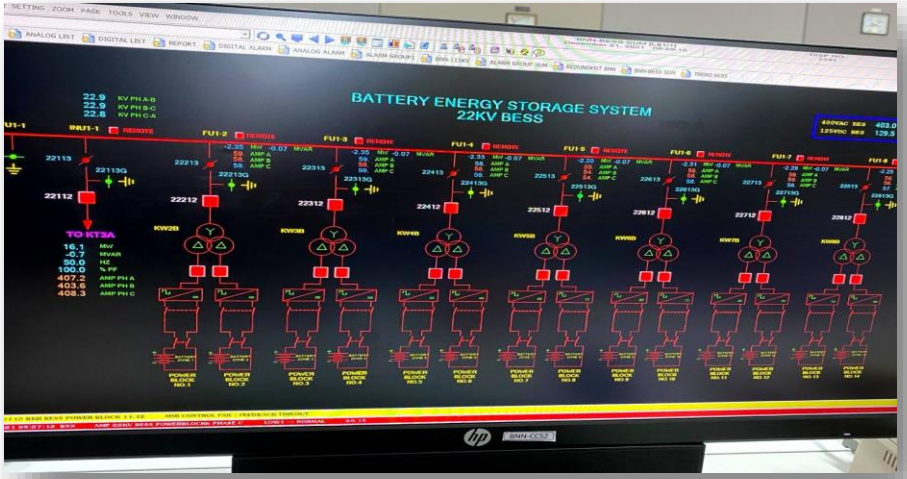
4 Congestion Management



EGAT BESS Project

BESS at Chaiyaphum





BESS Others

Battery Selection Criteria

System requirements and characteristics of battery types must be considered when choosing a battery.

Battery Selection Criteria

SYSTEM REQUIREMENTS

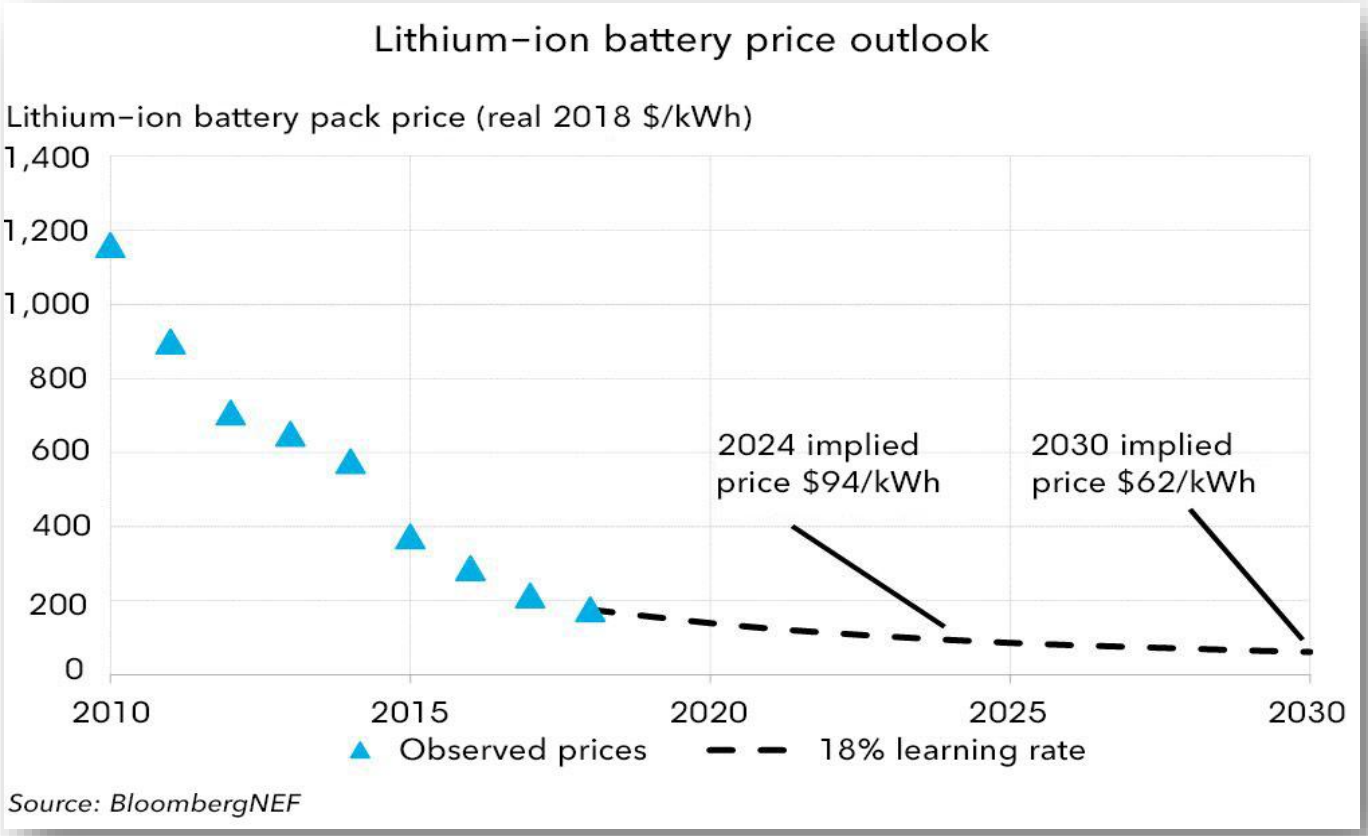
- System configuration
- Discharge current
- Daily depth of discharge
- Autonomy
- Accessibility
- Temperature

BATTERY CHARACTERISTICS

- Energy storage density
- Sealed or unsealed
- Allowable depth of discharge
- Charging characteristics
- Life cycles
- Electrolyte specific gravity
- Freezing susceptibility
- Sulfation susceptibility
- Gassing characteristics
- Self-discharge rate
- Maintenance requirements
- Size and weight
- Terminal configuration
- Auxiliary hardware availability
- Manufacturer reputation
- Cost
- Warranty

BESS Others

Battery Storage Price



"Batteries will fall much faster than you are forecasting."

(About 80 % Cost Reduction over the past decade)

Source: https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/

ขอบคุณครับ

Now & Future Grid

ความยืดหยุ่นระบบไฟฟ้า (Grid/System Flexibility)

Definition "**Power system flexibility** the ability of a *power system* to respond to change in **Demand and Supply**"

Signs of Inflexibility:

- conventional plants that cannot reduce output,
- limited transmission capacity to balance and demand and
- load that cannot absorb excess supply, surplus of renewable energy.

Source: NREL, EPRI, IEA on Flexibility in 21st Century Power Systems