Tech Update

V.03-2567

Small Modular Reactors โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์แบบโมดูลขนาดเล็ก

Small Modular Reactors (SMRs) represent the next generation of nuclear reactors. They have garnered significant attention for their potential to support clean energy transitions and address challenges associated with conventional nuclear power plants.

โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์แบบโมดูลขนาดเล็ก (Small Modular Reactor: SMR) เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์รุ่นใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากมีศักยภาพในการสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานสะอาดและแก้ไขปัญหาของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบเดิม

Understanding Nuclear Power

Nuclear power generates electricity primarily through nuclear fission. The heat from fission produces steam, driving turbines connected to generators. Nuclear power plants offer unique advantages over other types of power plants, including:

Clean Energy: Nuclear energy is a near-zero greenhouse gas emission technology. Its emissions are only 1/273th of coal, 1/163th of gas, 60% of solar, and 75% of wind.

Small Land Footprint: Nuclear power requires significantly less land compared to other technologies, using 1/2,000th the land of wind and 1/400th of solar.

Energy Security: Unlike intermittent solar and wind energy, nuclear power plants provide continuous, stable power supply. Nuclear power offers a reliable base load of electricity, enhancing the efficiency of renewable sources in hybrid energy systems.

รู้จักพลังงานนิวเคลียร์

โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้าด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (Fission) โดยพลังงานความร้อนจากปฏิกิริยาฟิชชันถูกนำไปใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับเคลื่อนกังหันที่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ข้อดีของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์มีดังนี้

พลังงานสะอาด: พลังงานนิวเคลียร์เป็นเทคโนโลยีที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกือบเป็นศูนย์ โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียง 1 ใน 273 เท่าของถ่านหิน 1 ใน163 เท่าของน้ำมัน 60% ของพลังงานแสงอาทิตย์ และ 75% ของพลังงานลม

ใช้พื้นที่น้อย: พลังงานนิวเคลียร์ใช้พื้นที่น้อยกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ เป็นอย่างมาก โดยใช้พื้นที่เพียง 1 ใน 2,000 เท่าของพลังงานลม และ 1 ใน 400 เท่าของพลังงานแสงอาทิตย์

ความมั่นคงด้านพลังงาน: โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์สามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพซึ่งต่างจากพลังงานแสงอาทิตย์และลมซึ่งผลิตพลังงานได้เฉพาะช่วงมีแดดหรือลมเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถนำพลังงานนิวเคลียร์เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพให้พลังงานหมุนเวียนในระบบพลังงานแบบไฮบริดได้

Tech Update

V.03-2567

Evolution of Nuclear Reactors

Generation I: Prototype and early power reactors from the 1950s and 1960s.

Generation II: Commercial reactors with economical and reliable designs and a 40-year operational lifetime, including light water reactors (LWR: PWR and BWR), Canada deuterium uranium reactors (CANDU), advanced gas-cooled reactors (AGR), and Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reactors (VVER).

Generation III: Evolutionary improvements of Gen II with a 60-year operational lifetime, including advanced boiling water reactors (ABWR) and advanced pressurized water reactors (APWR).

Generation III+: Further safety improvements over Gen III designs, including AP1000, ESBWR, NuScale SMR, BWRX-300, and AP300.

Generation IV: Innovative designs focusing on safety, security, sustainability, competitiveness, and versatility, expected to be launched after 2030.

วิวัฒนาการของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

Generation I: เครื่องปฏิกรณ์ต้นแบบและเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในช่วงคริสต์ทศวรรษ 1950 และ 1960

Generation II: เครื่องปฏิกรณ์ที่ถูกพัฒนาเพื่อการใช้งานเชิงพาณิชย์และมีอายุการใช้งาน 40 ปี ได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำมวลเบา (LWR: PWR และ BWR) เครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำมวลหนัก (CANDU) เครื่องปฏิกรณ์แบบระบายความร้อนด้วยแก๊สขั้นสูง (AGR) และเครื่องปฏิกรณ์ Vodo-Vodyanoi Energetichesky (VVER)

Generation III: เครื่องปฏิกรณ์ที่พัฒนาเพิ่มเติมจาก Gen II มีอายุการใช้งาน 60 ปี ได้แก่เครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำเดือดขั้นสูง (ABWR) และเครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำอัดความดันขั้นสูง (APWR)

Generation III+: เครื่องปฏิกรณ์ที่พัฒนาเพิ่มเติมความปลอดภัย ได้แก่ AP1000, ESBWR, NuScale SMR, BWRX-300 และ AP300

Generation IV: เครื่องปฏิกรณ์ที่ออกแบบด้วยนวัตกรรมที่มุ่งเน้นด้านความปลอดภัย ความมั่นคง ความยั่งยืน ความสามารถในการแข่งขัน และความหลากหลายในการใช้งาน คาดว่าจะสามารถเปิดตัวได้หลังปี ค.ศ. 2030 เป็นต้นไป

Tech Update

V.03-2567

Safety of Nuclear Power

Nuclear accidents have led to significant improvements in reactor design and safety measures:

Three Mile Island Accident (1979): Improved plant design and equipment, and the establishment of the Institute of Nuclear Power Operations (INPO).

Chernobyl Disaster(1986): Termination of the RBMK 1000 design.

Fukushima Disaster (2011): Formation of the Nuclear Regulation Authority (NRA) and Japan Nuclear Safety Institute (JANSI).

Gen II reactors, mostly deployed worldwide at present, rely on external power to prevent overheating, posing risks during station blackout (SBO) events. New plants are designed with passive safety systems to survive SBOs, and older plants have been modified to enhance emergency preparedness.

ความปลอดภัยของพลังงานนิวเคลียร์

ภัยพิบัติและอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์เป็นแรงผลักดันสำคัญที่นำไปสู่การปรับปรุงการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์และมาตรการความปลอดภัย

อุบัติเหตุนิวเคลียร์เกาะทรีไมล์ (ค.ศ. 1979): นำไปสู่การปรับปรุงการออกแบบและอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ และการจัดตั้ง Institute of Nuclear Power Operations (INPO)

ภัยพิบัติเชอร์โนบิล (ค.ศ. 1986): นำไปสู่การยุติการใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบ RBMK 1000

ภัยพิบัตินิวเคลียร์ฟุกุชิมะ (ค.ศ. 2011): นำไปสู่การก่อตั้ง Nuclear Regulation Authority (NRA) และ Japan Nuclear Safety Institute (JANSI)

เครื่องปฏิกรณ์ Gen II ซึ่งเป็นเครื่องส่วนใหญ่ที่ใช้งานในปัจจุบันต้องอาศัยพลังงานจากภายนอกในการทำงานของระบบระบายความร้อนเพื่อป้องกันความร้อนที่สูงอย่างยิ่งยวด (Overheating) จึงมีความเสี่ยงต่อสถานการณ์ไฟดับ (Station Blackout: SBO) เครื่องปฏิกรณ์รุ่นใหม่จึงมีระบบความปลอดภัยแบบ Passive Safety ที่ทำงานได้เองตามธรรมชาติโดยไม่ต้องอาศัยกระแสไฟฟ้าจากภายนอกทำให้โรงไฟฟ้าไม่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ไฟดับ สำหรับโรงไฟฟ้าเครื่องปฏิกรณ์รุ่นเก่าก็ได้รับการปรับปรุงเพื่อเตรียมพร้อมตอบสนองต่อภาวะฉุกเฉิน

Tech Update

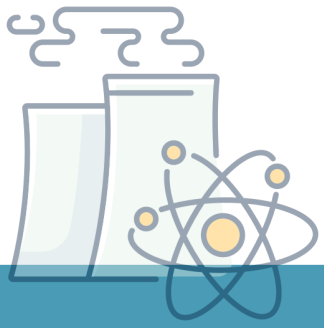
V.03-2567

SMRs and Their Benefits

SMRs are smaller in size and capacity compared to traditional reactors, designed for factory fabrication and on-site installation. Benefits include:

- **Flexibility:** Can be sited in locations unsuitable for larger plants.
- **Affordability:** Modular design reduces construction costs and delays.
- **Scalability:** Can be deployed incrementally to meet increasing energy demand.

Examples include AP300 (a scale-down of AP600 and AP1000), BWRX-300 (a scale-down of SBWR and ESBR), and NuScale reactors, which can survive extended SBOs without human intervention—72 hours for AP1000 and 30 days for NuScale.



SMRs และข้อดี

SMR มีขนาดเล็กกว่าเครื่องปฏิกรณ์แบบดั้งเดิม ได้รับการออกแบบให้ผลิตในโรงงานและนำไปติดตั้งในสถานที่ใช้งาน ข้อดีของ SMR มีดังนี้

- **ความยืดหยุ่นสูง:** สามารถติดตั้งในสถานที่ที่ไม่เหมาะสำหรับโรงงานขนาดใหญ่
- **ต้นทุนต่ำ:** การออกแบบแบบแยกส่วน (Modular) ช่วยลดค่าใช้จ่ายและความล่าช้าในการก่อสร้าง
- **ความสามารถในการขยาย:** สามารถติดตั้งเพิ่มเมื่อมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างได้แก่ AP300 (รุ่นย่อขนาดจาก AP600 และ AP1000), BWRX-300 (รุ่นย่อขนาดจาก SBWR และ ESBR) และ NuScale SMRซึ่งเครื่องเหล่านี้สามารถทำงานได้ในสถานการณ์ไฟดับโดยมนุษย์ไม่ต้องแทรกแซงได้ยาวนานถึง 72 ชั่วโมงสำหรับ AP1000 และ 30 วันสำหรับ NuScale

Future Outlook for SMRs

SMRs address the high initial costs and severe accident potential of traditional nuclear power plants. With enhanced safety and reduced investment costs, SMRs can significantly contribute to achieving net-zero emissions by providing a reliable, low-carbon energy source that complements renewable energy.

อนาคตของ SMR

SMR ได้แก้ปัญหาข้อเสียของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบดั้งเดิมที่ต้องใช้เงินลงทุนขั้นต้นสูงและมีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุร้ายแรง ด้วยความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นและเงินลงทุนที่ลดลง ทำให้ SMR มีศักยภาพในการสนับสนุนเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ โดยเป็นแหล่งพลังงานคาร์บอนต่ำที่ใช้เสริมพลังงานหมุนเวียน