

# Інноваційний План Відновлення Енергетики України



Віце-Президент українського національного комітету CIGRE

Почесний Член CIGRE

Голова правління НТСЕУ

Заслужений енергетик України

Генеральний директор ТОВ «НТК ЕНПАСЕЛЕКТРО»

Yuriy Bondarenko



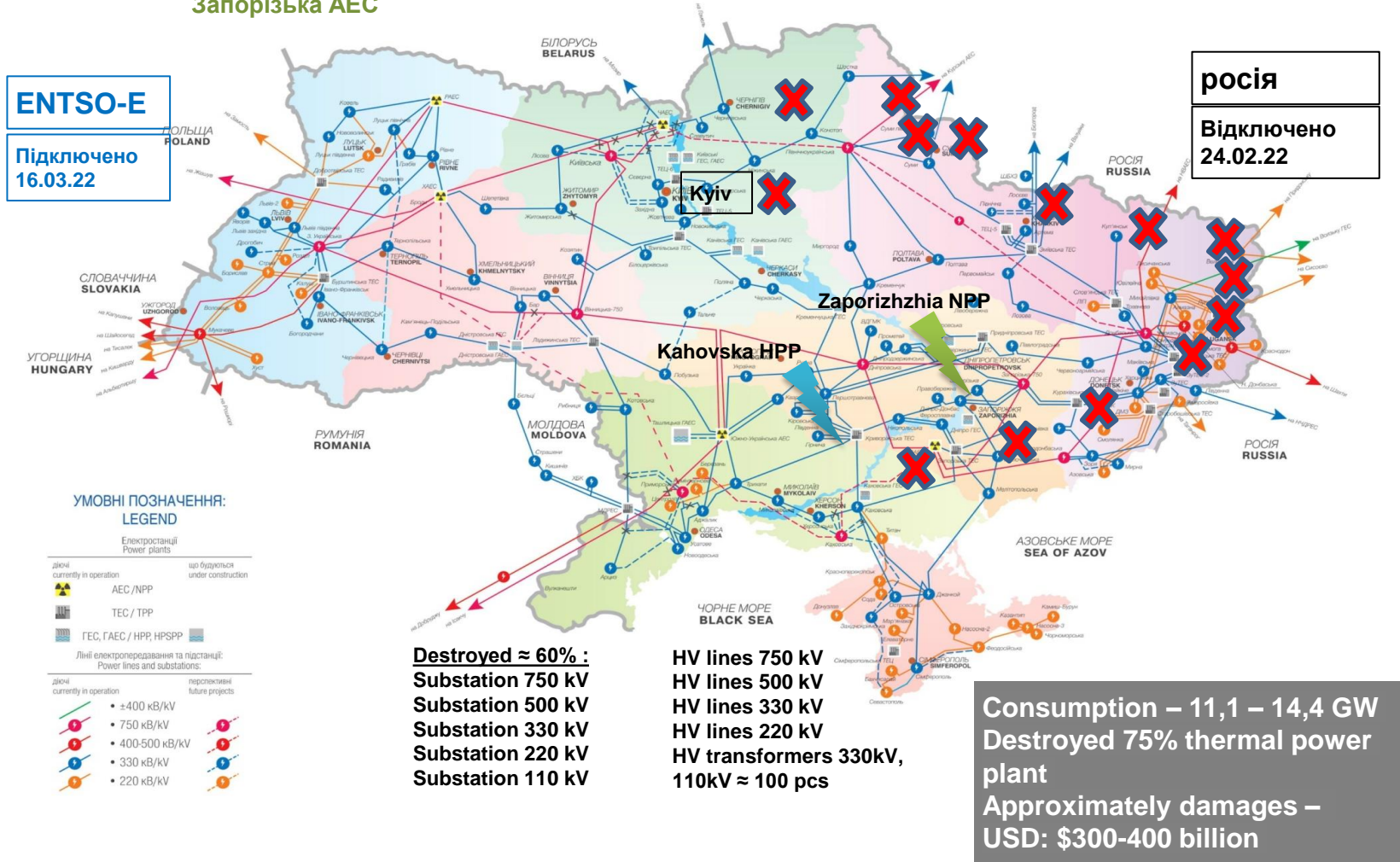
**cigre**

For power system expertise

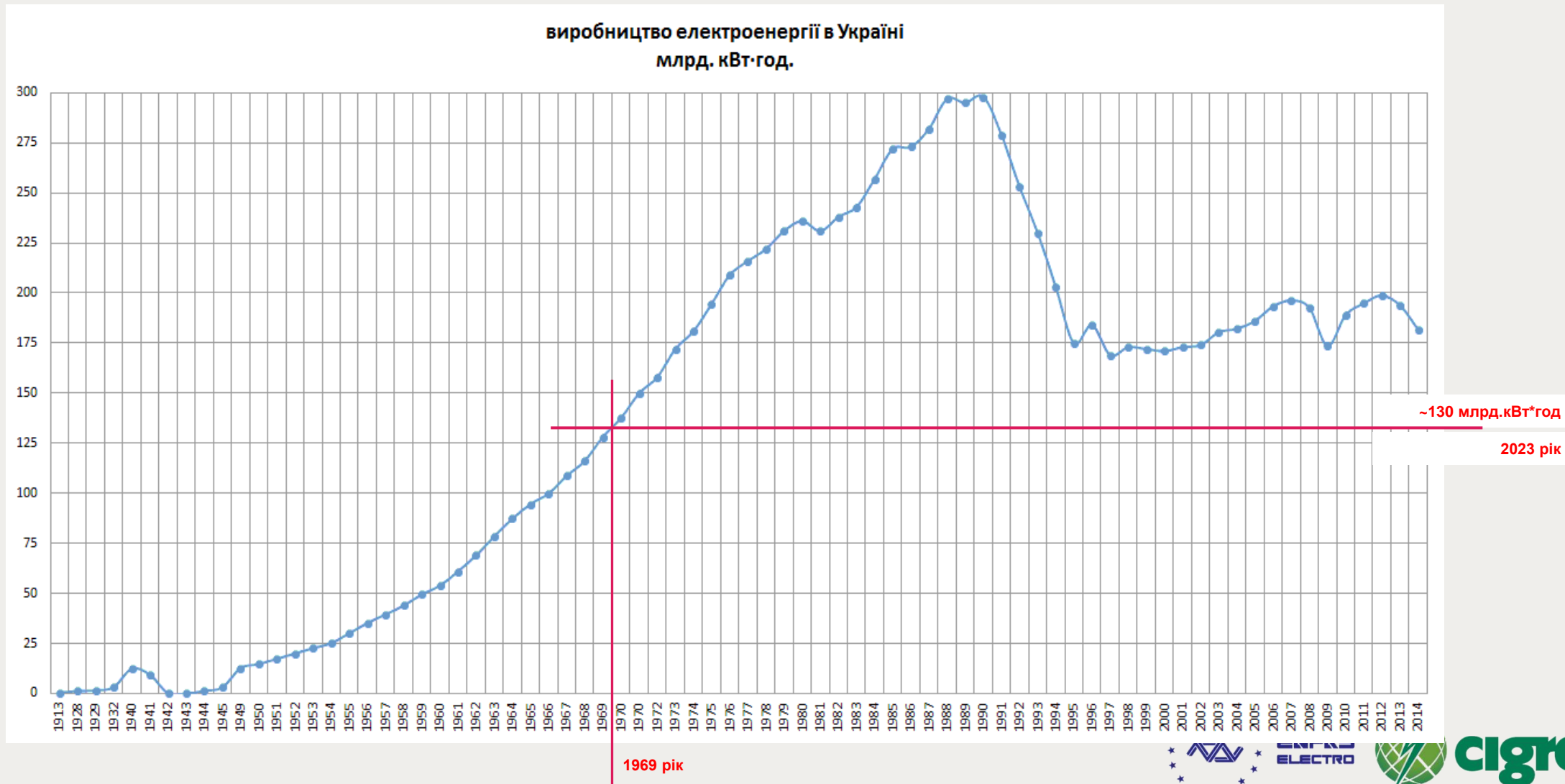
2023

# Починаючи з 16.03.2022 Україна Приєдналась До Енергетичної Системи Євросоюзу

Під контролем російських інженерів та армії  
Запорізька АЕС



# Руйнівні Дії північного агресора Повернули Енергосистему України до виробництва Електричної Енергії рівня 1969 року



CIGRE

## Приклади пошкоджених об'єктів



*Багато ТЕС окуповані. Запорізька АЕС окупована,  
Каховська ГЕС зруйнована. Пошкоджено багато підстанцій  
330 та 110 кВ.*



ENPES  
ELECTRO



## Приклади пошкоджених об'єктів



ENPAS  
ELECTRO



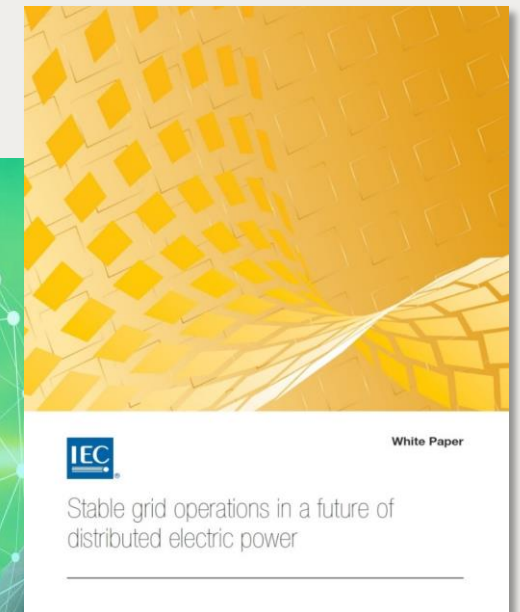
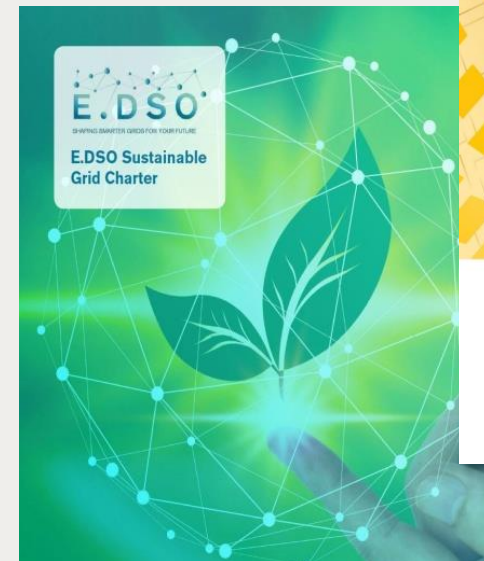
# Energy transition and Global Environment for Sustainable Growth

- Паризька угода (Paris Agreement) - 2016 рік
- Комюніке G20 Енергетичний перехід та боротьба зі зміною клімату - 15-16 червня 2019
- European Green Deal (Європейський зелений курс) – 1 грудня 2019 року

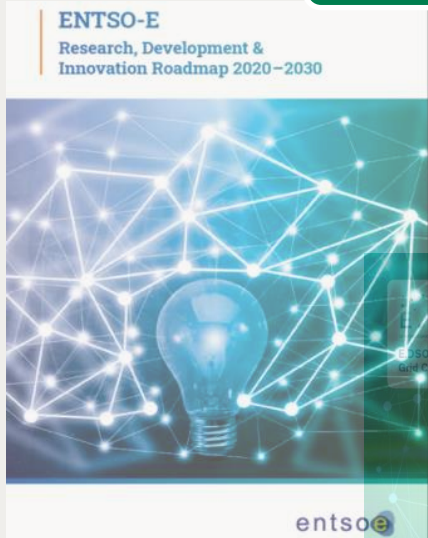
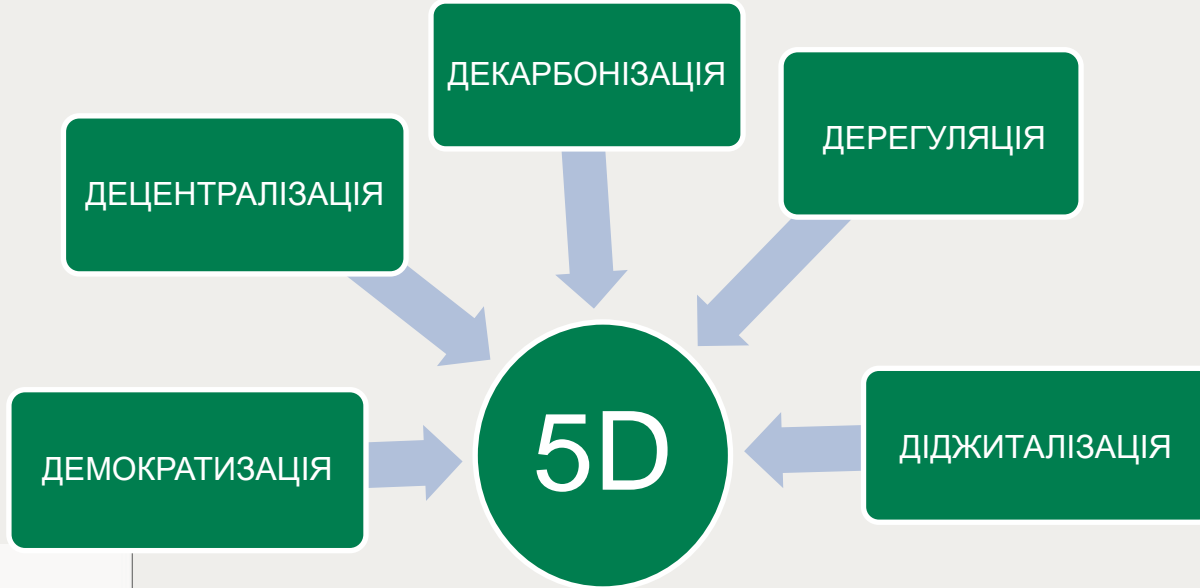


# Актуальні джерела інформації

- Біла книга МЕК – Стабільна робота мережі в майбутньому розподіленої електричної енергії (2018);
- План розвитку ринку електроенергії Великобританії (2019)
- Захист електричних мереж Америки від зовнішніх загроз (травень 2020 року);
- E.DSO Європейська Хартія стійкості енергосистеми, листопад 2019 року



# Принципи Енергетичного Переходу- Світ рухається до «5D»



## ПРИНЦИПИ G20 ДЛЯ ІНВЕСТИЦІЙ В ІНФРАСТРУКТУРУ ЯКОСТІ

Принцип 1:  
Максимізація позитивного впливу інфраструктури для досягнення стійкості

Принцип 2:  
Підвищення економічної ефективності з огляду на вартість життєвого циклу

Принцип 3:  
Інтеграція екологічних міркувань в інвестиції та інфраструктуру

Принцип 4:  
Створення стійкості проти стихійних лих та інших ризиків

Принцип 5:  
Інтеграція соціальних міркувань в інвестиції та інфраструктуру

Принцип 6:  
Посилення управління інфраструктурою

## Securing America's Power Grid from Foreign Threats

Department of Energy



# Дерегуляція

Розвиток світової енергетики формують міжнародні організації:

- World Energy Council - Світова енергетична рада;
- MEA (IEA) - міжнародне енергетичне агентство;
- МАГАТЕ - міжнародне агентство з атомної енергії;
- CIGRE - Міжнародна Рада з великих електроенергетичних систем;
- CIRED – міжнародна конференція по розподільчим мережам;
- IEC – міжнародний електротехнічний комітет;
- IEEE – американський інститут інженерів-електриків і електронщиків;
- ENTSO-E - європейська мережа системних операторів передачі електроенергії;
- IHA – міжнародна гідроенергетична асоціація;
- ICOLD – міжнародний комітет з великих дамб;

Хто відповідає за технічну політику в Енергетиці України ?

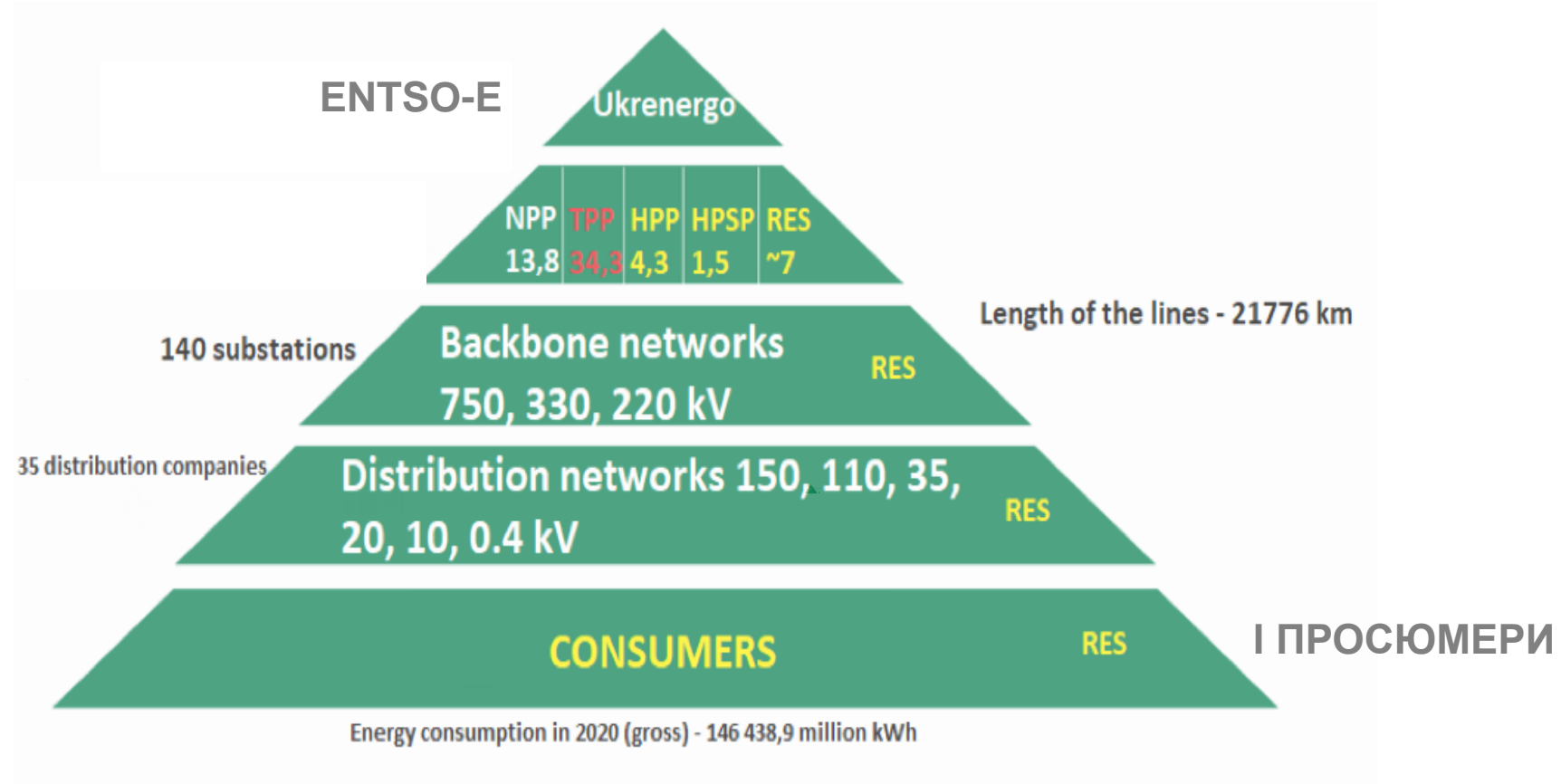
- НКРЕКП;
- Міненерго;
- Держенергоефективності;
- Міністерство фінансів;
- Міністерство інфраструктури
- Укренерго;
- Енергоатом;
- Укргідроенерго;
- Теплова генерація (ДТЕК);
- Обленерго;
- Приватні компанії;
- Споживач

Створити  
Національну Комісію  
Регулювання  
Технічної Політики в  
Енергетиці та КП

НКР ТП ЕКП



# Наявна Структура Енергетичної Системи України – Централізоване Виробництво

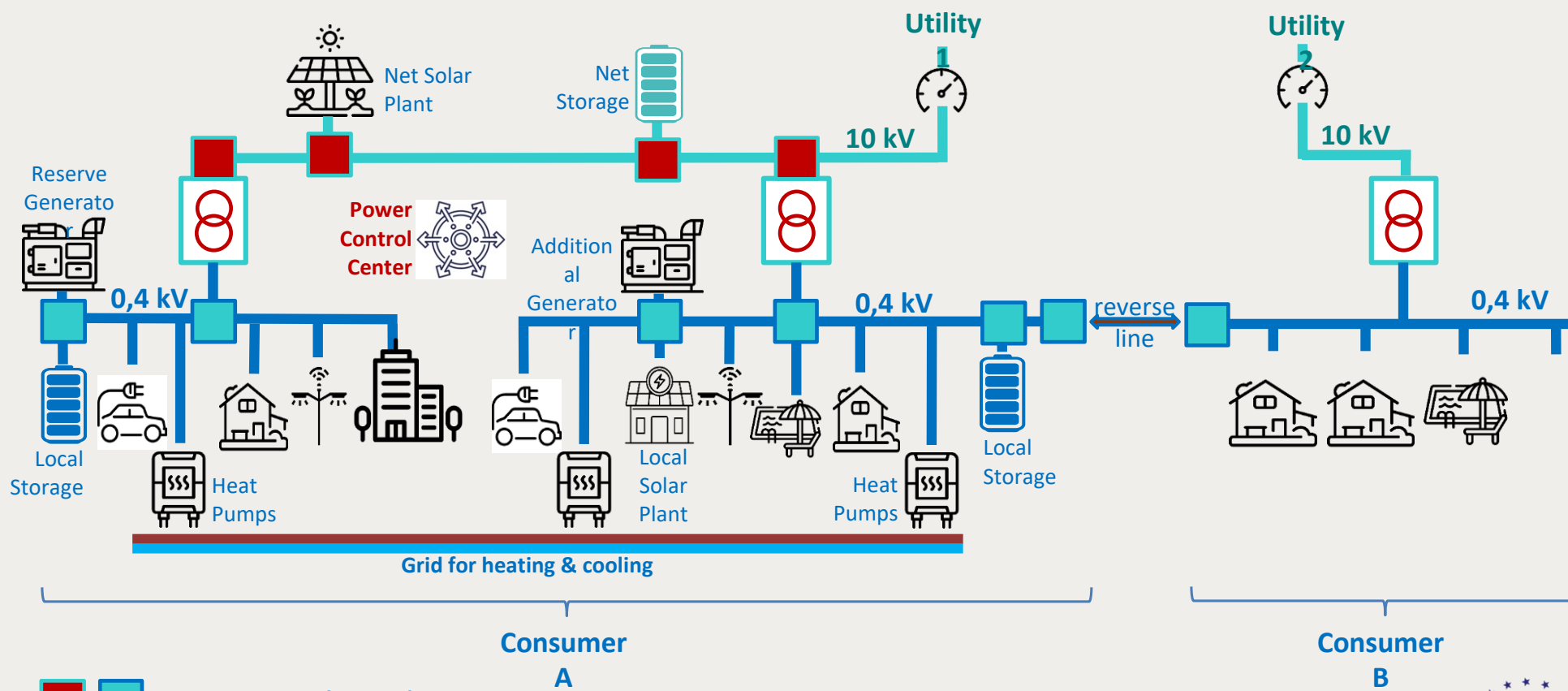


Споживання електроенергії у 2022 році – 120,437 млн.  
кВт·год

# Пріоритети Відновлення Енергосистеми України – Орієнтація на СПОЖИВАЧА



# ТЕРИТОРІАЛЬНИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС: РОЗПОДІЛЕНА ГЕНЕРАЦІЯ - КЛЮЧОВА ТЕХНОЛОГІЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ



Smart Processing Units



## СКЛАД ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧОГО КОМПЛЕКСУ:

### (а) ресурси -

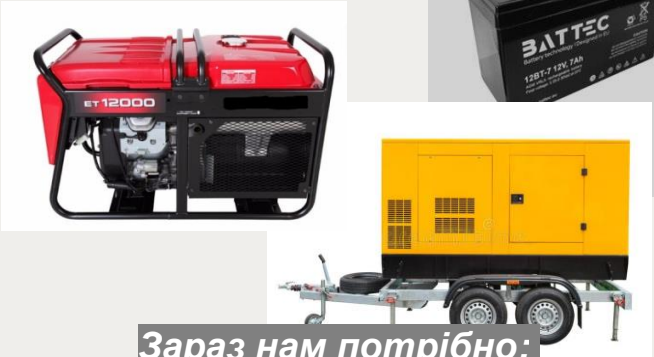
- Розподілена генерація
- Паливо: вугілля, біо, газ, деревина, брикети
- Розподільчі електричні мережі
- Розподільчі газові мережі
- Водні ресурси
- ГЕС та ГАЕС

### (б) споживачі -

- Електропостачання
- Водопостачання
- Теплопостачання
- Лікарні
- Школи
- Садочки
- Житлові будинки
- Станції мобільного зв'язку

# ДЕМОКРАТИЗАЦІЯ РИНКУ-

Споживач у Пріоритеті  
Споживач-Агрегатор Стає учасником Нового Ринку  
Електроенергетики

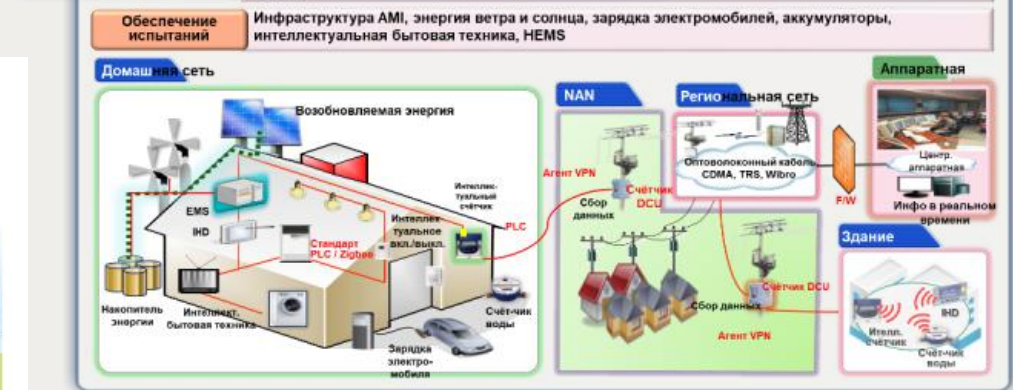
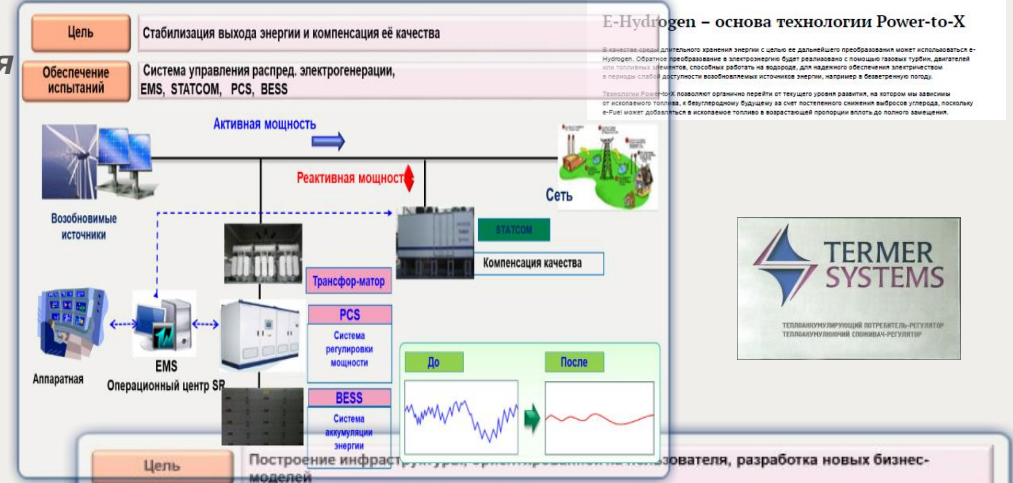
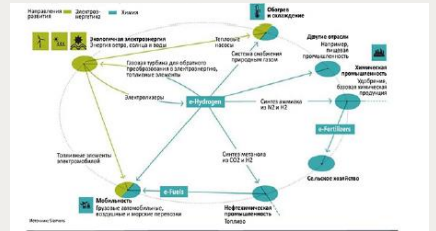
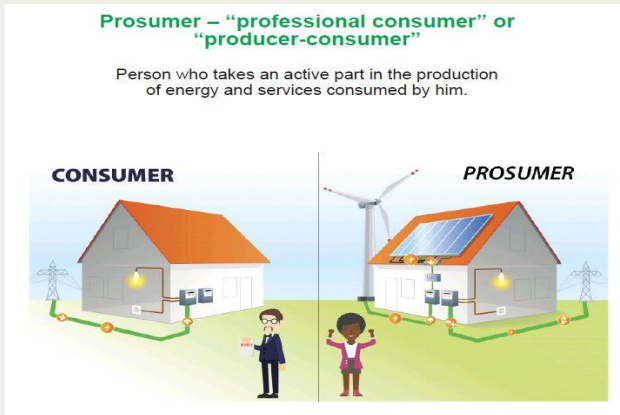


## Зараз нам потрібно:

- Мобільні генератори
- Інвертори та акумулятори
- Павербанки великої ємності
- Нагрівальні прилади
- Лампи з батарейками
- Сонячні зарядні пристрої
- Підтримка міського тепло- та водопостачання.
- Нові проекти у співпраці з іноземними державами та компаніями

## Пізніше нам знадобиться:

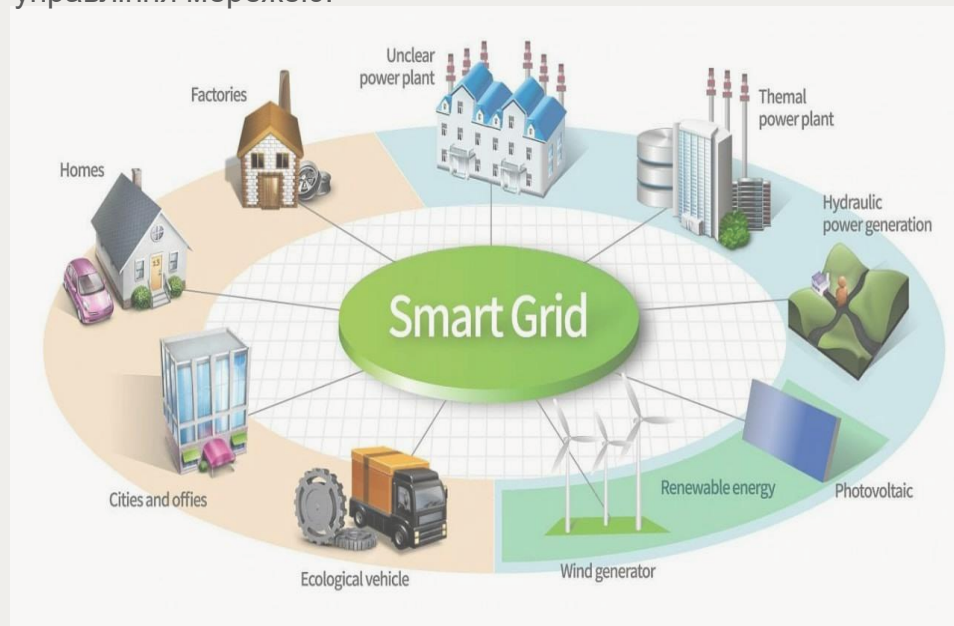
- Smart будинок/місто
- Контрольоване навантаження споживача
- Нові класи напруги
- Диспетчеризація
- Управління поптом на електроенергією
- Теплові насоси
- Воднева технологія
- Теплоакumuлюючі системи



# SMART GRID – ключова технологія об'єднання розподіленої генерації в енергосистемі

**Smart Grid** – це набір сучасних технологій, які перетворюють стару енергетичну інфраструктуру в сучасну цифрову систему. Насправді розвиток сучасної енергетики можливий лише на основі розумних електромереж.

**Smart Grid** – це капітальна модернізація існуючих мереж з використанням новітніх ІТ-рішень. Мережа інтегрує комунікаційні технології, а також технології збору інформації про виробництво, передачу та споживання електроенергії, ефективного контролю та управління мережею.



**Характеристики розумних електромереж:**

**Здатність до самовідновлення після збоїв в подачі електроенергії;**

**Можливість активної участі в роботі мережі споживача;**

**Стійкість мережі до фізичного та кібернетичного втручання зловмисників;**

**Забезпечення необхідної якості електроенергії, що передається;**

**Забезпечення синхронної роботи джерел генерації та вузлів накопичення електроенергії;**

**Поява нових високотехнологічних продуктів і ринків;**

**Підвищення ефективності енергетичної системи в цілому.**

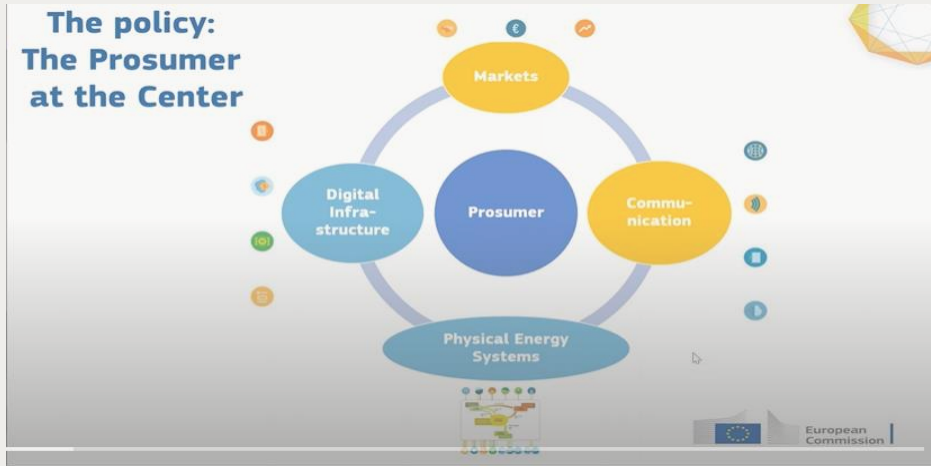


ENPAS  
ELECTRO



cigre

# Нова Енергосистема України – орієнтація на споживача-агрегатора



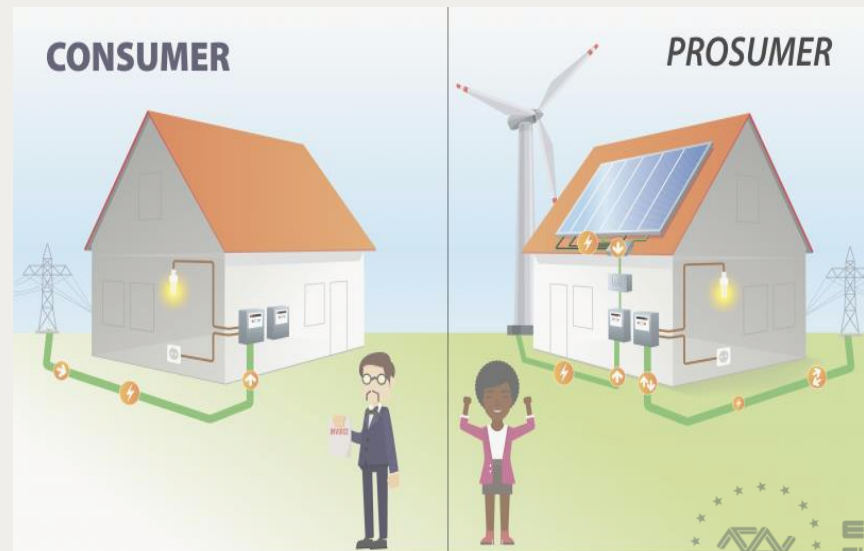
- Централізація SCADA і бізнес-процесів;
- Цифрові технології управління;
- Онлайн моніторинг і діагностика мережі;
- Вільний доступ до всієї мережі;
- Проактивна позиція споживача для оптимізації особистого навантаження;
- Power to X (PTX або P2X) система TERMER

## Цифрові технології:

- Кібер Безпека
- ADMS
- Розумні лічильники
- Інтеграція систем тепло та електро постачання будинків та промислових об'єктів

## Контроль мереж НН та ВДЕ:

- Моделювання, моніторинг та управління сумісність GIS/ADMS
- Нові датчики на додаток до лічильників
- Моніторинг НН
- Активне управління електромережами ВДЕ



# «Цифровий Двійник» - Інновації в Реалізації Проектів



## Зміст основних етапів:

Послідовна технічна політика

Системний підхід до діяльності

Впровадження світового досвіду

Впровадження цифрових моделей

Альтернативи розвитку та оцінки

Розробка ТЕО

Інтеграція ресурсів проєктувальників

Дослідження кращих світових рішень

Розробка проєктної документації

Організація експертизи проєктів

Досвідчені керівники та виконавці

Координація та тісна взаємодія

Принципи прозорого моніторингу

Мотивація управління проєктами

Випробування

Відстеження ефектів

Оперативна підтримка

«Цифровий двійник» мережі дозволяє:

- 1 Оцінити параметри якості (надійність, якість, навантаження) і виявити «слабкі» елементи мережі
- 2 Моделювати різні сценарії розвитку та модернізації мережі

- 3 Прогнозувати необхідність розвитку електромережі з урахуванням зміни характеру навантажень і розподіленої генерації
- 4 Провести порівняльний аналіз ефективності різних сценаріїв розвитку мереж

# Політика Відновлення – Інноваційний План Електрифікації України



Передумови реалізації плану відновлення на основі світового досвіду:

- Європейський та світовий досвід розвитку енергетики з впровадженням інноваційних технологій
- Підтримка Світовим банком ініціатив з розвитку енергетики України, запропонованих у 2006 році.
- Розпорядження Кабінету Міністрів України про затвердження Плану заходів щодо реалізації Концепції впровадження «Розумних мереж» в Україні № 908 від 14 жовтня 2022 року



Мета реалізації плану:

- Формування єдиної технічної політики від «споживача» до «атомної генерації»
- Впровадження системних ефективних заходів, впровадження заходів за системою «5D»
- Ефективне використання інвестицій за рахунок «довгострокових інвестицій»
- Економіка війни та економіка миру – ми розрізняємо підходи



Напрями комплексних відновлюваних заходів:

- Створення передумов для відновлення - нові стандарти, оновлені нормативи
- Розробка планів інноваційних проектів
- Техніко-економічне обґрунтування (попереднє та детальне)
- План управління якістю (впровадження та комунікація)
- Інженерія (базова та детальна)
- Напрямок зусиль - моделювання, цифровізація та диспетчеризація



ENPAS  
ELECTRO





# Забезпечення Інерційності Енергосистеми

## Current system inertia management

- The largest current inertia challenge is due to Loss of Mains Rate of Change of Frequency (RoCoF) relays
- This is currently managed through limiting the largest system loss or increasing inertia
- Our processes allow us to find the most economic and efficient way to manage RoCoF risk and the minimum inertia requirement will vary over the short and long term

When the system sees an imbalance in generation and demand, the system frequency changes. System inertia directly links with the Rate of Change of Frequency (RoCoF) for any sudden change in generation and demand.

Currently some loss of mains protection relays used by distributed generators are set to the RoCoF limit of 0.125Hz/s. When RoCoF exceeds this limit, the relays could operate and distributed generators will be disconnected from the system. The principle of RoCoF protection operation is based on the assumption that an islanding event will result in the local frequency changing at a rate that is higher than the RoCoF that is expected to be seen on the total

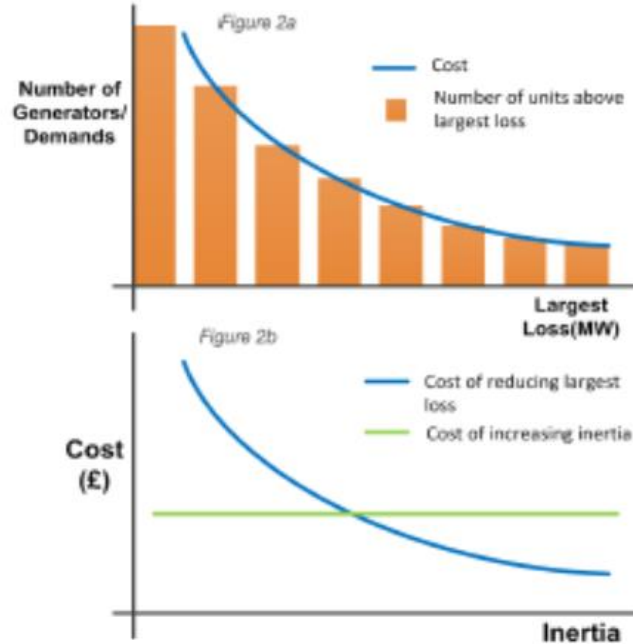
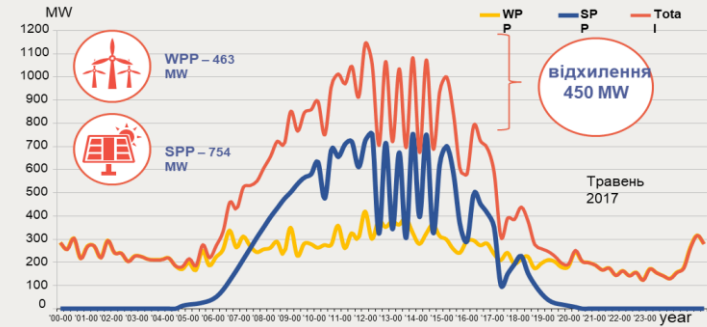


Figure 2a & 2b: Managing RoCoF Risk

by firstly calculating the largest loss the system can withstand. In most circumstances we can evaluate this using the swing equation below, meaning that for example, to secure a loss of 1000MW, we need 200GVAs of inertia with a RoCoF limit of 0.125Hz/s. The relationships within the swing equation are linear and easily scalable.

$$\Delta P = \frac{2H \cdot \text{RoCoF}}{f_0}$$

$f_0$  is the starting frequency and in planning timescale it is assumed to be 50Hz.



## Стійкість енергетичної системи:

- Забезпечення інерційності системи при наявності обертових енергетичних агрегатів,
- Первинне регулювання за рахунок наявності теплової генерації,
- вторинне регулювання з використанням енергії гідроелектростанцій і гідроакumuлюючих електростанцій,
- Третинне регулювання за наявності потенційного «регулятора-споживача»



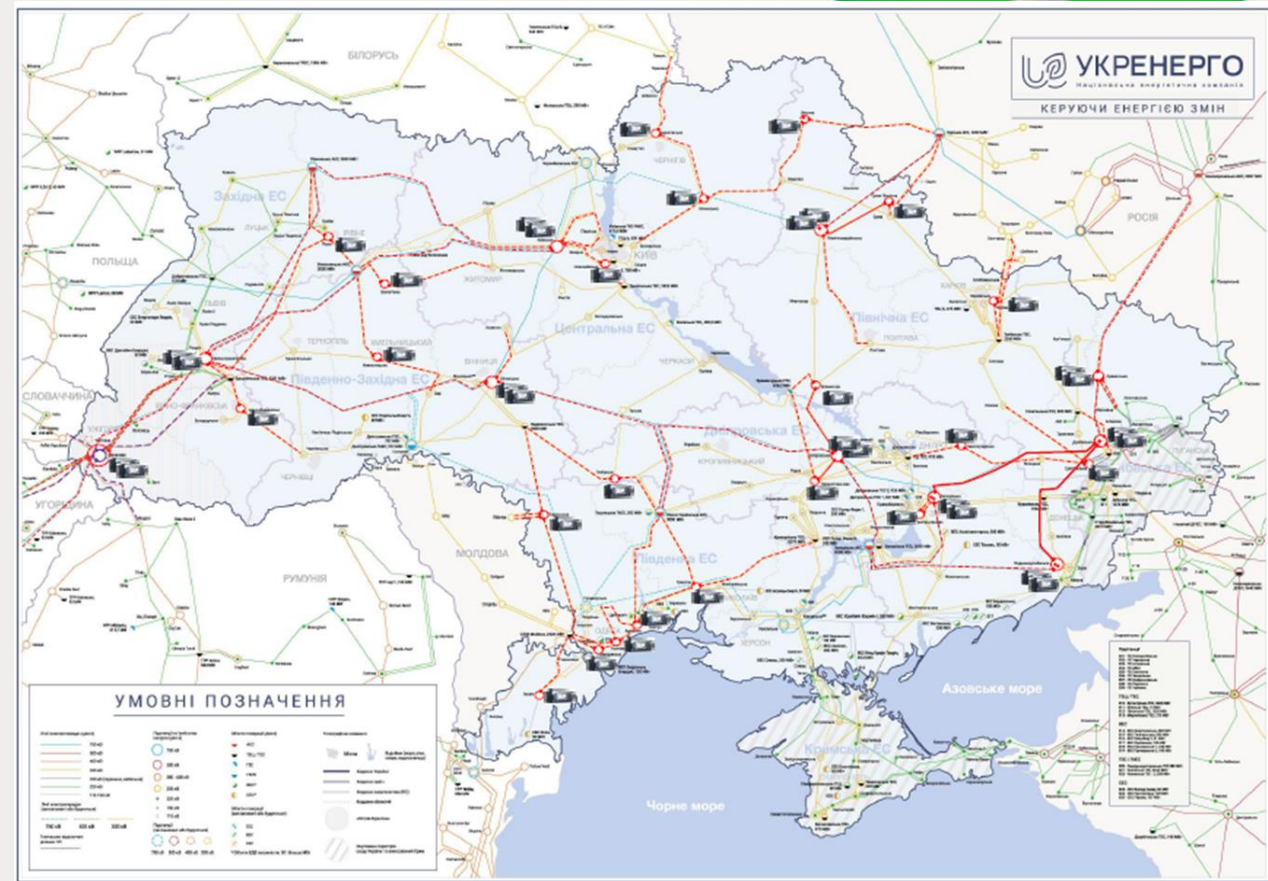
ENPAS  
ELECTRO



## Модернізація SCADA та Протиаварійної Автоматики

Система SCADA і САРЧМ забезпечують виконання завдань в режимі реального часу по контролю та управлінню енергосистемою, а також автоматичне регулювання частоти і потужності ОЕС України.

Реконструкція всіх 101 підстанцій 750-330 кВ з впровадженням АСКТП.



## Система WAMS



# Першочергові заходи плану відновлення

## Стійкість систем і регулювання:



- Добудова гідроагрегатів № 5-7 на Дністровській ГАЕС (3x320/430 МВт),
- Будівництво Канівської ГАЕС 1,0 ГВт (4x150/250 МВт),
- Реконструкція Дністровської ГЕС, будівництво насосних станцій та прилеглих мереж,
- Будівництво високоманеврових газових турбін GT і ССGT 100-450 МВт загальною потужністю до 5 ГВт,
- Реконструкція ПЛ-400кВ Мукачево-Капушани (Словаччина).
- 2 лінії з'єднання 400 кВ до Ісаакча (Румунія) та лінії з'єднання 400 кВ до Хелма (Польща): збільшення пропускнуєї спроможності перетину до 7 ГВт



## Розподілена генерація, включаючи ВДЕ потужністю до 3 ГВт:

- Каскад ГЕС на річках: Тиса, Тересва, Стрий, Верхній Дністер,
- Будівництво газо-поршневих та газо-турбінних високоманеврових електричних станцій в дефіцитних регіонах країни,
- Впровадження станцій газифікації зрідженого палива для розподіленої генерації,
- Створення міні атомних реакторів

## Концепція «Розумних мереж»:



- Digital Twin на базі продукту DigSILENT: громади Бучі та Броварів,
- Комплексний розвиток електромереж в Ірпінській громаді Київської області,
- Комплекс реконструкції мереж в м. Долина (СЕС+ГПГ+Накопичувач),
- Впровадження розумних мереж у Вінниці,
- Впровадження концепції «Розумна підстанція» на об'єктах «Миколаївобленерго», «Київські регіональні мережі» та «Харківобленерго»
- Впровадження розумних мереж у м.Хмельник

# Першочергові Кроки Впровадження

www.electropedia.org

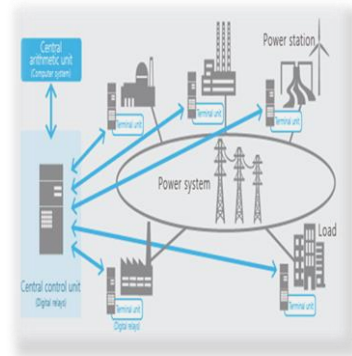
## IEC 60050 - International Electrotechnical Vocabulary -

### СТАНДАРТИ

Переклад міжнародних та європейських стандартів,

Вдосконалення нормативів,

Усунення законодавчих бар'єрів



### НАВЧАННЯ

Розробка навчальних програм,

Залучення досвідчених університетів,

Навчання та тренінг цілових груп



### ПРОЕКТИ

Робота з громадами по визначенню проблем та обмежень

Моделювання мережі

Визначення пілотних проектів для реалізації



### ВПРОВАДЖЕННЯ

Вивчення джерел фінансування

Розробка Feasibility Study та плану реалізації

Консолідація ресурсів (проектних, підрядних тощо)

Розподілена генерація, розумні мережі та цифрове моделювання для усунення технологічних обмежень формує ключовий підхід до модернізації електричних мереж, підвищення надійності електропостачання споживачів та гнучкості енергетичної системи

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Нові інноваційні підходи до відновлення енергосистеми на основі кращих світових практик дозволять створити нову енергетичну систему України

### Об'єднуємо зусилля:

- Міністерства, організації та інституції
- Інженери, експерти та професіонали
- Створюємо єдиний орган формування новітньої технічної політики України – НКР ТП ЕКП
- Розвиваємо вітчизняну промисловість для енергетичної галузі

### Впроваджуємо світовий досвід:

- МінОсвіти збільшує кількість підготовки інженерів
- Першочергова імплементація міжнародних стандартів
- Ліквідуємо регуляторні бар'єри
- Розробляємо програми навчання фахівців
- Захищаємо інтелектуальні винаходи вітчизняних спеціалістів і науковців

### Підтримуємо територіальні громади:

- Визначаємо проблеми та обмеження
- Формуємо територіальні енергетичні комплекси
- Розробляємо перелік проектів для розумних мереж

### Змінюємо правила фінансування

- Переглядаємо правила тарифоутворення
- Залучаємо «довгі інвестиції»
- Розрізняємо економіку війни та економіку миру





**cigre**

For power system expertise



**ENPMS  
ELECTRO**

**Дякую за увагу!**  
**Thank you for your attention**