



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»



Підготовка фахівців по спеціальності G3 “Електрична інженерія” як складова впровадження концепції розумних мереж

Автори: Яндутьський О.С. проф., Тимохін О.В. ст. викл., Тимохіна А.О. ас.
Доповідач: декан, проф. Яндутьський О.С.





ЗМІСТ ДОПОВІДІ:

-Стан та перспективи підвищення якості підготовки фахівців за спеціальністю G3;

-Пропозиції по підсиленню підготовки кадрів електроенергетичної галузі при реалізації Концепції та дорожніх карт по впровадженню розумних мереж;

-Пропозиції по переліку наукових та науково-практичних робіт з розробки методів, моделей, засобів та нормативної бази задля забезпечення впровадження технологій та бізнес-моделей «розумних мереж» в Україні;



Факультет електроенерготехніки та автоматики



- Заснований в 1898 році
- В складі:
 - 18 факультетів;
 - 10 інститутів;
- Науковий парк "Київська політехніка"

- Університет дослідницького типу
 - Близько 25 000 студентів;
 - 5 000 співробітників.

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Здійснює підготовку фахівців за освітніми програмами:

Заснований в 1918 році
В складі:

- 6 кафедр;
- Науково-дослідна лабораторія Міненерго;
- Лабораторії ABB, Siemens, Schneider Electric.
- Навчально-інженерний центр «Інформережа»;
- 178 співробітників;
- Біля 1000 студентів.

- Електричні станції
- Електричні системи і мережі
- електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси
- Нетрадиційні джерела енергії
- Управління, захист та автоматизація електроенергетичних систем

- Електричні машини і апарати
- Електромеханічні системи автоматизації, електропривід та електромобільність
- Дві робочі групи при ВР ФЕА



Підготовка за спеціальністю G3:



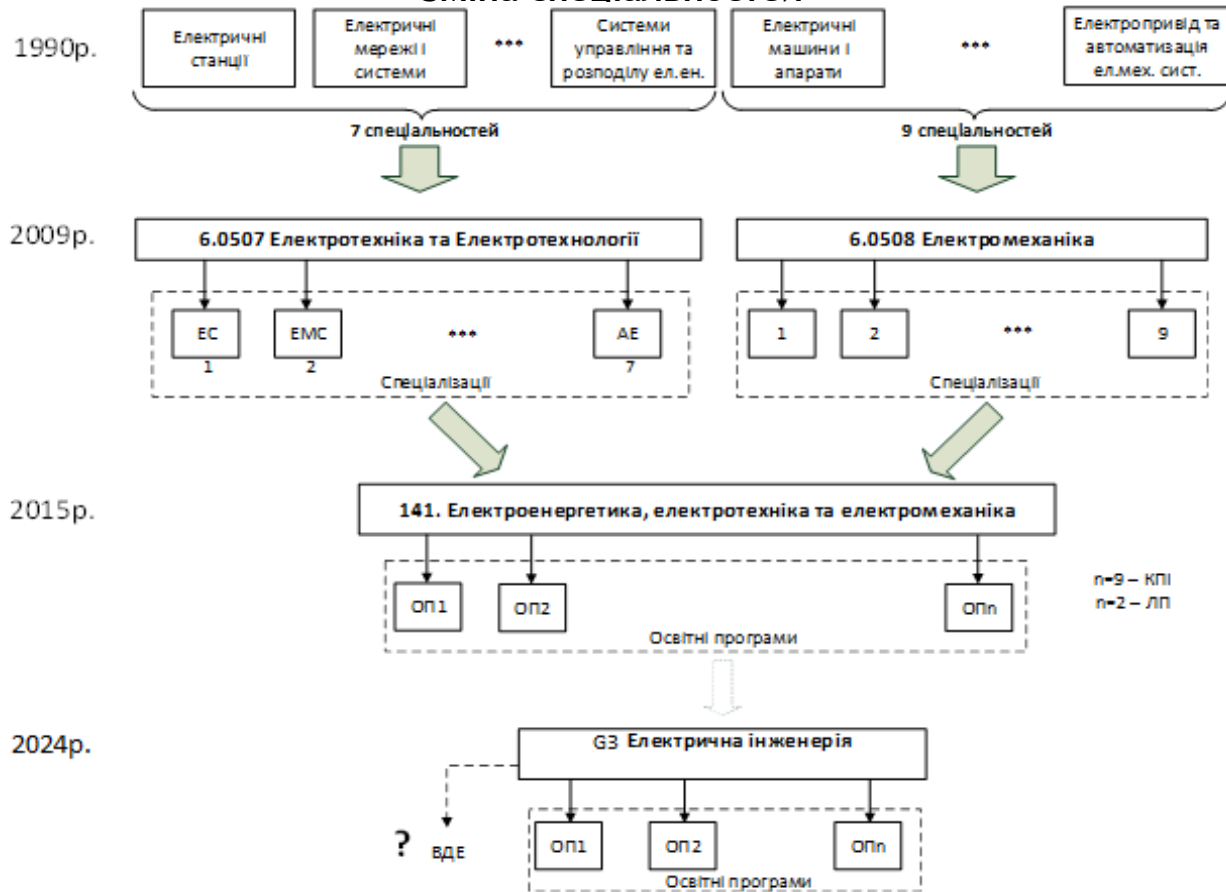
- Бакалавр – 4 роки
- Магістр: професійна підготовка – 1,5 роки
наукова підготовка – 2 роки
- Доктор філософії (к.т.н.) – 4 роки
- Доктор наук – 2 роки

Стандарт освіти:

- Обсяг кредитів:
 - 240 для бакалаврів
 - 90/120 для магістра
- * Мінімум 50% кредитів на забезпечення нормативного змісту навчання
- Перелік компетенцій випускника:
 - Інтегральні
 - загальні
 - Спеціальні (фахові)
- Нормативний зміст підготовки сформульований в термінах результатів навчання (програмні результати)
- Матриця відповідності і результатів навчання і компетентностей



Зміна спеціальностей





Стан підготовки

- ➔ - Підготовку фахівців по G3 спеціальності ведуть 63 університети:
- Загальний прийом за ДБ-формою:
 - Бакалавр 2187 осіб (2093 – 2023 рік, 2067 чол. в 2022р.)
 - Магістр 1072 осіб (1259 -2023 рік, 1572 чол. в 2022р. – 51 ун.)
 - Доктор філософії (всього):
 - КПІ -352 осіб (161- 2023 рік (15))
 - НУ – (152 - 2023 рік)
 - СумДУ – (137 - 2023 рік)
 - ЗакНУ – (93 - 2023 рік)
 - НАУ – (83 - 2023 рік)
 - Львівська політехніка- (62 -2023)
 - Найбільший прийом (>100): НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», НУ «ЛП», НТУ «ХПІ», ВНТУ
 - Прийом в 32 університетах не перевищує 15 осіб





Стан підготовки



Організація навчального процесу:

+ Нормативна та варіативна складова;

+ Обговорення змісту навчання з роботодавцями;

+ Зворотній зв'язок від студентів;

+ Мобільність студентів та викладачів;

+ Підсилення ролі (вагомості) індивідуального вкладу викладачів (заслуж. професор, викладач, доплати за публікації);

+ Програми подвійних дипломів;

– НМК МОН перестала виконувати поставлені задачі;

– «заорганізованість» навчального процесу (64 НП, 97 РП - для КПІ; постійні зміни нормативних документів тощо);

– Практична підготовка не відповідає вимогам сьогодення;





Стан підготовки

➔ Матеріальна база:

- За 30 років практично «0» в придбанні та оновленні обладнання за рахунок держбюджету;

➔ Інші фактори:

- Акредитація освітніх програм (НАЗЯО) став безперервним процесом.



Напрямки підвищення якості освіти

➔ Освіта + наука + інновації

➔ Підсилення практичної підготовки:

- Модернізація та створення нових лабораторій шляхом залучення спонсорів, фірм та установ (Наприклад, ФЕА, КПІ ім. Ігоря Сікорського оновили 14 лабораторій, які також використовуються для підвищення кваліфікації працівників) компаній;



Лабораторія Schneider Electric





Лабораторія Siemens







Лабораторії ABB та EATON



- Дуальна освіта як шлях здобуття практичної підготовки (традиційна практика не завжди задовольняє).

Наприклад, КПІ ім. Ігоря Сікорського: ДТЕК, КТМ, Укренерго, Енпаселектро, Укргідроенерго, РАЕС, ХАЕС тощо.

Програмне забезпечення: PF, NEPLAN, IEEE TP, PSS Siemens, MicroScada ABB, Шнейдер Електрик, 2 тринажори для оперативних перемикачів, +15 ліцензій МАТЛАБ

➔ Підвищення кваліфікації працівників електроенергетичної галузі



Поточні завдання по підвищенню якості освіти за G3 спеціальністю



- ➔ Створення координаційного органу/групи при (МЕ, НТСЕУ та ін.) з роботодавців та НПП університетів для «захисту» якості підготовки фахівців.
- ➔ Мобільність, подвійний диплом, як фактор підвищення якості освіти, а не відтоку кадрів.
- ➔ Створення тимчасових наукових груп для участі в грантовій діяльності.





Результати роботи експертів робочої підгрупи «Освіта та наука» по впровадженню Концепції «Розумних мереж» на 01.04.2024 р.

- Склад підгрупи:
Блінов І.В. – заступник директора ІЕД НАНУ
Денисюк С.П. – професор «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Лежнюк П.Д. – професор ВНТУ
Яндутьський О.С. – декан «КПІ ім. Ігоря Сікорського»





Пропозиції по підсиленню підготовки кадрів електроенергетичної галузі при реалізації Концепції та дорожніх карт по впровадженню розумних мереж

1. Підготовка кадрів по спеціальності G3.

1.1. Доповнити стандарти освіти по підготовці бакалаврів і магістрів в розділ:

- *Спеціальні компетенції:*

Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці;

Здатність формувати пропозиції по впровадженню концепції та нормативних документів розумних мереж, захисту критичної інфраструктури та інше;

- *Програмні результати:*

Вміти самостійно вчитись та опанувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням та технологіями;

Визначати кращі підходи та практики щодо оцінки, аналізу та впровадженню розумних мереж.



1.2. Тематика що пропонується для компонентів освітньої програми, яка може бути запроваджена за спеціальністю G3:

- навчальний курс «Інтелектуальні електроенергетичні мережі та системи». Орієнтовний зміст:

основні положення концепції розумних мереж та напрями її реалізації;

технологічний базис та технологічна платформа модернізації електроенергетичних мереж з використанням елементів штучного інтелекту;

інтелектуалізація бізнес-процесів в енергопостачальних (енергомережевих) компаніях; загальні принципи інтелектуального керування, мультиагентна система керування;

особливості побудови інтелектуальних електричних мереж;

локальні електроенергетичні системи (Microgrid); віртуальні електростанції;

активний споживач, керування попитом.

- Розділ «Інтелектуальні мережі: стан та перспективи розвитку» до існуючих курсів з тематикою, пов'язаною з розвитком та впровадженням нових технологій. Орієнтовний зміст:

фактори, які впливають на розвиток електроенергетичних компаній;

можливі варіанти розвитку магістральних і розподільних мереж;

побудова інтелектуальних електричних мереж (EM);

потенційні вигоди, узагальнена характеристика EM з ВДЕ;

особливості перехідних процесів в EM з ВДЕ;

віртуальні електричні станції, методи та засоби регулювання.





2. Підвищення кваліфікації фахівців електроенергетики для електроенергетичних компаній як складова впровадження «розумних мереж».

2.1. Узагальнені вимоги до проведення курсів підвищення кваліфікації (ПК):

- програма курсу складається з загальної та індивідуальної частини;
- у загальній частині розглядаються питання аналізу стану та перспектив розвитку електроенергетики; задачі та базові технології при впровадженні розумних мереж; зміни нормативних положень, стандартів;
- в індивідуальній частині розглядаються питання по впровадженню нових технологій у відповідності з професійною спрямованістю фахівців (орієнтовний перелік тем приведено в п. 2.2.);
- тривалість: до двох тижнів об'ємом до 72 годин; можливо скорочення тривалості підготовки до одного тижня за спеціальною програмою підготовки для окремих категорій фахівців.





2.2. Орієнтовний перелік тем підвищення кваліфікації фахівців.

2.2.1. Керівний склад електроенергетичних компаній

- Стан та особливості впровадження SMART GRID технологій в електроенергетичних системах (ЕЕС)
- Режими ЕЕС з відновлюваними джерелами енергії та їх оптимізація
- SCADA як основа SMART GRID технологій; сучасні підходи до побудови SCADA систем електроенергетичних об'єктів;
- Узагальнені принцип роботи, технічні характеристики та особливості силового та комутаційного обладнання, експлуатації цифрових пристроїв захисту та автоматики, управління провідних фірм (огляд)
- Особливості функціонування джерел розосередженого генерування в розподільних електричних мережах





2.2.2. Оперативний персонал диспетчерських центрів електроенергетичних систем

- Оперативно-диспетчерське управління, стан та основні напрямки вдосконалення
- Режими електричних мереж 220-750 кВ (включаючи з ВДЕ) та їх оптимізація.
- Релейний захист та автоматика електричних систем. Аналіз
- Сучасні підходи до побудови SCADA систем електроенергетичних об'єктів.
- Інформаційні мережі електроенергетичних об'єктів
- Комп'ютерні технології в диспетчерському керуванні.
- Моніторинг перехідних режимів ЕЕС в реальному часі.
- SCADA системи. Оперативно –інформаційний комплекс.
- Низькочастотні коливання в ЕЕС: теорія та результати дослідження.
- Системи моніторингу та демпфування НЧК



2.2.3. Оперативний персонал розподільних електричних мереж (РЕМ) 6-110 кВ



- Стан та основні напрямки підвищення ефективності оперативно-диспетчерського керування РЕМ
- Режими електричних мереж 6-110 кВ з ВДЕ та їх оптимізація. Острівні режими.
- SMART GRID технології для РЕМ
- Релейний захист та автоматика РЕМ з ВДЕ. Підходи та аналіз.
- Моніторинг та керування режимами РЕМ. Аналіз підходів до побудови систем.
- Інформаційне забезпечення систем моніторингу та керування РЕМ.



2.2.4. Спеціалісти з релейного захисту та протиаварійної автоматики, моніторингу та керування ЕЕС та РЕМ

- Режими ЕЕС, РЕМ та їх оптимізація. Програмне забезпечення.
- Загальні принципи побудови систем РЗА
- Сучасні мікропроцесорні системи РЗА
- Експлуатація систем РЗА
- Інтегровані інформаційно-управляючі мережі та системи в ЕЕС та РЕМ
- Основи мікропроцесорної техніки
- Метрологічне забезпечення та процес вимірювання
- SCADA системи.

2.2.5. Оперативний персонал підстанцій 220кВ – 750кВ

- Стан та особливості впровадження SMART GRID технологій в електроенергетичних системах;
- Режими ЕЕС та їх оптимізація;
- Оперативно-диспетчерське управління електроенергетичними об'єктами
- Оперативні перемикання в ЕЕС (робота на тренажерах);
- Електромагнітні поля та захист від їх дії. Заземлення та методи їх випробування;
- Релейний захист та автоматика електричних систем. Аналіз;
- Оперативно-інформаційний комплекс; Моніторинг перехідних режимів ЕЕС в реальному часі. 23





2.2.6. Спеціалісти з високовольтних вимірювань, випробування та захисту від перенапруг

- Електромагнітні поля та захист від їх дії;
- Заземлення та методи їх випробування;
- Електричні вимірювання та випробування обладнання (в залежності від класу напруги);
- Обмеження перенапруг в ЕЕС.

2.2.7. Спеціалісти з експлуатації обладнання 110кВ - 750 кВ

- Методи діагностики та оцінки ресурсу силового обладнання
- Аналіз засобів діагностики силового обладнання
- Системи моніторингу стану силового обладнання
- Електричні виміри та випробування силового обладнання



2.2.8. Спеціалісти з експлуатації систем розподілу електроенергії



- - *Інтелектуальні системи розподілу електроенергії*
- Структура та архітектура розумних мереж.
- Організація системи керування розумними мережами.
- Силкові елементи, обладнання і технологічні комплекси розумних мереж.
- Технології керування «розумними мережами як складним технологічним комплексом.
- Основні вимоги до споживачів розумних мереж.
- Забезпечення надійності та якості електропостачання споживачів розумних мереж.
- Оцінка ефективності розумних мереж.
- - *Активні системи розподілу електричної енергії*
- Керування режимами електричних мереж, використання сучасних пристроїв силової електроніки;
- Визначення і забезпечення ефективних режимів роботи системи електропостачання за заданою методикою / алгоритмом;
- Підвищення надійності електричних мереж;
- Модернізація повітряних розподільних мереж і підстанцій;
- Сучасне комутаційне обладнання, реклоузери, системи накопичення енергії;
- Розрахунок і аналіз режимів роботи та техніко-економічних показників систем електропостачання;
- Розрахунок електричних навантажень споживачів електроенергії та їх інтегральних характеристик.





2.2.9. Спеціалісти з енергетичного менеджменту

- Процесний та технологічний енергетичного менеджменту;
- Функціональні особливості енергетичного менеджменту на підприємстві;
- Система енергетичного менеджменту згідно положень стандарту ISO 50001;
- Енергетичного менеджмент розумних мереж (Smart Grid);
- Керування попитом та пропозицією;
- Розосереджені системи енергетичного менеджменту (Decentralized Energy Management Systems).

2.2.10. Приклади вузькоспеціалізованих програми:

- Розрахунок струмів короткого замикання в електричних системах та мережах (в т.ч.з ВДЕ) (методи розрахунку струмів кз, розуміння фізики електромагнітних та електромеханічних процесів);
- Стійкість енергосистем (динамічна та статична стійкість, асинхронні режими, динаміка ЕЕС з урахуванням АЕС та ВДЕ; заходи щодо підвищення стійкості);
- Обладнання, РЗА та SCADA фірми Шнайдер-електрик (навчання згідно з навчальними модулями по вибраним напрямкам);
- Обладнання та нові технології фірми АВВ (навчання згідно з навчальними модулями по вибраним напрямкам);
- Обладнання та нові технології фірми SIEMENS (навчання згідно з навчальними модулями по вибраним напрямкам);
- Нові технології при спорудженні та експлуатації кабельних мереж.



Пропозиції по переліку наукових та науково-практичних робіт з розробки методів, моделей, засобів та нормативної бази задля забезпечення впровадження технологій та бізнес-моделей «розумних мереж» в Україні



- Розроблення моделей та засобів підвищення ефективності використання систем накопичення енергії задля забезпечення надійності функціонування електричних мереж та безперебійності електропостачання споживачів електричної енергії.

Задачі

1. Розроблення методів та моделей оцінки доцільності використання систем накопичення енергії за різних режимних умов задля надання допоміжних послуг та балансування ОЕС України.
2. Розробка гібридної системи накопичення енергії на основі акумуляторів та суперконденсаторів електрохімічних накопичувачів, суперконденсаторів, водневих і біогазових технологій задля підвищення надійності електропостачання споживачів електричної енергії.
3. Розробка моделі оптимального інтегрування відновлюваних джерел енергії з блоками акумуляування в складі Smart Grid з метою їх раціонального використання при умові збереження показника гарантованого електроживлення споживачів.
4. Розроблення моделей оптимізації добових графіків відпуску електричної енергії ВДЕ з використанням систем накопичення енергії задля зменшення небалансів виробників з ВДЕ в умовах їх самостійної участі на ринку електричної енергії України.





➤ Розвиток науково-технічних основ, розробка моделей і засобів підвищення надійності функціонування ОЕС України в сучасних особливих умовах її функціонування

Задачі

1. Розроблення моделей і алгоритмів функціонування засобів режимної автоматики та дослідження електромеханічних перехідних режимів в ОЕС України в сучасних умовах її функціонування.
2. Удосконалення існуючих та розроблення нових засобів розрахунку та вибору уставок функцій мікропроцесорних захистів повітряних ліній на основі розрахунків та аналізу відповідності існуючих пристроїв новим режимам роботи електричних мереж, що пов'язані з приєднанням ВДЕ.
3. Розроблення та удосконалення методики оцінки захищеності повітряних ліній електропередачі та об'єктів відновлюваної енергетики від прямого удару блискавки з метою підвищення надійності постачання електричної енергії у Smart Grid системах в умовах глобальної зміни клімату та збільшення грозової активності.
4. Розроблення методів, моделей і програмного забезпечення оцінки ресурсу працездатності силового і комутаційного обладнання на основі моніторингу і самодіагностики визначальних параметрів та оцінювання ризику відмови внаслідок незадовільного технічного стану, кліматичних впливів, збурень в зовнішній мережі та непередбачуваних терористичних атаках.
5. Розробка методології, моделей і програмного забезпечення оптимального розподілу інвестиційних витрат енергокомпанії на технічне обслуговування, ремонт і оновлення (заміну) електрообладнання та повітряних ліній з урахуванням економічних обмежень та мінімізації ризиків виникнення аварій в підсистемі електроенергетичної системи з електростанціями різних типів.





➤ Розвиток методів та моделей підвищення ефективності моніторингу та керування розподільними електричними мережами на основі використання технологій Smart Grid

Задачі

1. Розробка методів та засобів комбінованого використання різних типів комутаційних апаратів та індикаторів пошкоджень задля підвищення надійності електропостачання споживачів з використанням технологій Smart Grid.
2. Дослідження та розвиток методів і засобів регулювання напруги розосередженими в розподільних електричних мережах відновлюваними джерелами реактивної потужності на основі сучасних алгоритмів моніторингу.
3. Розроблення методів та моделей прогнозування вузлових навантажень в електричних мережах з ВДЕ задля підвищення ефективності оперативного керування електричними мережами на основі систем енергетичного менеджменту (ADMS, EMS).
4. Гнучке керування режимами в системах розподілу з залученням локальних джерел енергії. Автоматичне відновлення (самовідновлення) функціонування електричної мережі.
5. Пілотний проєкт «Розробка та впровадження систем моніторингу та діагностики стану розподільних мереж з ВДЕ, накопичувачами енергії на основі використання мікро-синхрофазорів».





➤ Дослідження та розвиток сучасних методів та моделей забезпечення функціонування мікромереж та впровадження складових управління попитом в Україні

- Задачі

1. Визначення технічних вимог до мікромереж (Microgrid), побудова моделей дослідження ефективності їх використання.
2. Розробка моделей та алгоритмів організації роботи локальних електроенергетичних систем в «острівному режимі» під час масових відключень.
3. Розроблення моделей та алгоритмів структурування та експлуатації локальних електроенергетичних систем на основі відновлюваних джерел енергії як балансуєчої групи в складі ЕЕС, яка за необхідних умов може функціонувати в автономному режимі.
4. Розроблення методів та моделей агрегування ВДЕ, систем накопичення енергії та активних споживачів для балансування режимів роботи мікромереж (Microgrid) та їх взаємодії з ОЕС України.
5. Розроблення моделей та алгоритмів узгодження і взаємодії споживачів та виробників електроенергії в локальних електроенергетичних системах при використанні динамічної тарифікації для підвищення економічної вигоди всіх учасників локальних систем.
6. Аналіз сучасних технологій, систем та моделей задля балансування ОЕС України за рахунок потужностей споживачів електричної енергії, зокрема технологій та моделей управління попитом та інтелектуалізації обліку електричної енергії.
7. Дослідження впливу збільшення частки навантаження зарядних станцій електромобілів на режими роботи розподільних електричних мереж, якість та надійність електропостачання споживачів з метою врахування такого впливу під час розроблення схеми перспективного розвитку електричних мереж.
8. Розроблення моделей та алгоритмів гарантованого походження електроенергії для споживача від відновлюваних джерел енергії в електроенергетичній системі.





➤ **Розвиток нормативної бази задля забезпечення підвищення ефективності впровадження та подальшої роботи «розумних мереж»**

- Розробка національних стандартів (2025–2030 рр.)
 - з організації інформаційного обміну в межах систем Smart Grid у відповідності до вимог сучасних європейських та міжнародних стандартів, зокрема IEC 63097;
 - показника (переліку) чинних стандартів в сфері «розумних мереж» за відповідними системами Smart Grid та стандартами;
 - профільної застандартизованої науково-технічної термінології, що сприяє активізації процесу впровадження міжнародних і регіональних стандартів різними методами прийняття, зокрема методом «передрук» та «переклад».
 - Впровадження міжнародних та європейських стандартів:
 - прийняття міжнародних стандартів, що охоплюють середовище «мікромереж» (Microgrid), децентралізованих електроенергетичних систем, віртуальних електростанцій як національних: багаточастинні стандарти IEC TS 62898, IEC TR 63410, IEC TS 63189 (2024–2028 рр.)
 - прийняття нових європейських та міжнародних стандартів, як національних, що згідно IEC 63097 відносяться до базових стандартів (core standards), задля забезпечення реалізації сучасної архітектури Smart Grid (2025–2030 рр.)
 - прийняття нових європейських та міжнародних стандартів, як національних, що згідно IEC 63097 відносяться до інших пріоритетних багаточастинних стандартів, задля забезпечення реалізації архітектури Smart Grid (2025–2030 рр.)





Подальший порядок роботи

- Обговорення та подання зауважень та пропозицій по доповненню програм та переліку робіт – термін 10 днів;
- Аналіз пропозицій та внесення доповнень – 7 днів;
- Представлення переліку на затвердження Науково-технічної ради Міністерства енергетики (чи заступника міністра).

*Пропонується обговорення провести шляхом презентації на підгрупі технічної політики з подальшою розсилкою для членів (для отримання доповнень/зауважень). Можливо при потребі обговорення із залученням фахівців провідних університетів України.





Пропозиція для проекту рішення

- Розглянути можливість створення координаційного органу/групи з роботодавців та науково-педагогічних працівників при Державних органах чи громадських організаціях (міністерство енергетики/НТСЕУ чи інші).





Дякую за увагу

