



**КИРИЛЕНКО**

**Олександр Васильович** — академік НАН України, академік-секретар Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України, голова наукової ради цільової програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічні основи енергетичного співробітництва між Україною та Європейським Союзом» (Об'єднання-3)

**ПРО ВИКОНАННЯ  
ЦІЛЬОВОЇ ПРОГРАМИ НАУКОВИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ  
«НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ  
ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА  
МІЖ УКРАЇНОЮ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМ  
СОЮЗОМ» (ОБ'ЄДНАННЯ-3)**

**Стенограма доповіді на засіданні  
Президії НАН України 13 лютого 2019 року**

*Доповідь присвячено результатам виконання цільової програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічні основи енергетичного співробітництва між Україною та Європейським Союзом» (Об'єднання-3) за 2016–2018 рр., головною метою якої було сприяння забезпеченню ефективного, стабільного та надійного функціонування енергетичної галузі країни в рамках реалізації курсу на співробітництво між Україною та Євросоюзом у галузі енергетики.*

Шановний Борисе Євгеновичу!

Шановні колеги!

Метою цільової комплексної програми «Науково-технічні основи енергетичного співробітництва між Україною та Європейським Союзом» (Об'єднання-3), яка виконувалася протягом 2016–2018 рр., було комплексне вирішення науково-технічних завдань із забезпечення переходу Об'єднаної енергетичної системи України (ОЕС України) на синхронну роботу з об'єднанням енергосистем держав — членів Європейського Союзу.

За програмою протягом звітнього періоду виконувалися 35 наукових проектів за 5 розділами із залученням 13 інститутів з п'яти відділень НАН України, а саме: фізико-технічних проблем енергетики; ядерної фізики та енергетики; інформатики; фізико-технічних проблем матеріалознавства; економіки.

Нагадаю, що 28 червня 2017 р. у Брюсселі Державне підприємство «Національна енергетична компанія «Укренерго»

підписало Угоду про умови об'єднання української енергетичної системи з енергосистемою континентальної Європи ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity). Документ набув чинності 7 липня 2017 р. Цю Угоду вже схвалили 28 європейських системних операторів.

Кабінет Міністрів України на своєму засіданні 27 грудня 2018 р. затвердив план заходів щодо синхронізації ОЕС України з Європейською мережею системних операторів передачі електроенергії (ENTSO-E). При цьому основні вимоги, які висуваються до української енергосистеми, можна згрупувати за такими трьома напрямками:

- 1) технічна та експлуатаційна відповідність енергосистем, що об'єднуються;
- 2) технологічна сумісність нормативно-правової бази;
- 3) створення взаємопов'язаних ринків електроенергії та потужностей.

Отже, завдання виконуваної цільової комплексної програми НАН України значною мірою відповідають завданням, які стоять сьогодні перед Україною у зв'язку з реалізацією зазначеної вище Угоди.

Під час виконання академічної програми було отримано багато вагомих наукових результатів. Я дуже коротко зупинюся лише на найхарактерніших завданнях, які вирішували наші науковці.

Так, в Інституті електродинаміки НАН України для оцінки стійкості ОЕС України вперше було використано методи, які застосовуються в європейських енергосистемах. Йдеться насамперед про розрахунок критичного часу вимкнення короткого замикання та підходи до визначення довготривалої стійкості за напругою. Дослідження проводилися за двома напрямками: по-перше, розроблення нових підходів до розрахунків стійкості режимів роботи ОЕС України та їх програмна реалізація, а по-друге, формування ізольованої розрахункової моделі ОЕС України з урахуванням поточних змін та проведення досліджень з використанням розроблених засобів, сумісних з європейськими підходами. За результатами

проведених розрахунків було виявлено слабкі місця української енергосистеми з точки зору стійкості за напругою і частотою, визначено умови їх виникнення та запропоновано рішення для запобігання таким ситуаціям. Зокрема, показано, що забезпечення якісного регулювання частоти для ізольованого режиму роботи ОЕС України потребує збільшення резервів нормованого первинного регулювання частоти, а також залучення додаткових регулюючих ТЕС до складу системи автоматичного регулювання частоти і потужності.

Створено моделі частотної автоматики енергоблоків АЕС та пристроїв автоматичного частотного розвантаження; з урахуванням цих моделей виконано розрахунки стійкості енергосистеми України за частотою для випадків відключення одного та двох енергоблоків потужністю по 1000 МВт кожний на Запорізькій АЕС. Ця атомна електростанція має найбільшу встановлену потужність і, відповідно, найбільше впливає на стійкість вітчизняної енергетичної системи за частотою. Визначено ситуації та умови виникнення порушень стійкості. Для забезпечення стійкості за частотою в роботі, проведеної у рамках виконання програми, розглянуто вплив збільшення резервів первинного регулювання на режими роботи ОЕС України, а також переналаштування уставок спрацювання частотної автоматики енергоблоків АЕС.

В Інституті загальної енергетики НАН України розроблено наукові основи та запропоновано технічні рішення щодо побудови принципово нових автоматизованих систем диспетчерського управління (АСДУ) та систем автоматичного регулювання частоти і потужності (АРЧП) для ОЕС України. У цих системах частотне регулювання ґрунтується на принципово новій ідеї, а саме — на регулюванні навантаження електричних теплогенераторів (ЕТГ) (електрокотлів і теплових насосів), що працюють у системах централізованого теплопостачання в містах України. Показано, що системи АРЧП зі споживачами-регуляторами на основі електричних теплогенераторів мають швидкодію, яка забезпечує відновлення почат-

кового режиму протягом 25–30 с замість 15 хв, як це є зараз у наявних системах. При цьому капіталовкладення зменшуються на 40 %.

Паралельно з цим проектом у рамках цільової програми виконувався проект з використання теплових споживачів-регуляторів не лише для аварійного регулювання, а й для вирівнювання добового графіка електричних навантажень. Порівняно з будівництвом з цією метою Канівської ГАЕС, реалізація зазначеного проекту може забезпечити економію приблизно 6 млрд грн з терміном окупності 1,5 року.

Для підвищення надійності виконання комутацій у компенсованих магістральних лініях електропередачі надвисокої напруги (ЛЕП НВН) ОЕС України вперше було проведено аналіз причин відмови елегазових вимикачів, які не можуть бути виявлені засобами традиційного моніторингу стану. Показано, що значні перенапруги можуть виникати не лише при однофазному повторному включенні, а й в інших несиметричних режимах, зокрема при неповнофазному включенні (відключенні) ЛЕП НВН внаслідок відмови або несинхронної комутації одного чи двох полюсів вимикача. Запропоновано низку заходів, які дозволяють уникнути резонансних перенапруг під час безструмової паузи однофазного та трифазного автоматичного повторного включення зазначених ЛЕП. Рекомендовано виконувати налаштування пристрою керованої комутації елегазового вимикача за результатами моделювання перехідних процесів у характерних режимах конкретної ЛЕП з одночасним контролем рівнів аперіодичних складових струмів і перенапруг. Результати виконання роботи впроваджено на підстанції ПС-750 кВ «Північноукраїнська» Північної електроенергетичної системи, а також передано ДП «НЕК «Укренерго» для використання під час проектування нових ЛЕП НВН.

В Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України розроблено та реалізовано на основі паралельних обчислень математичні моделі, алгоритмічне та програмне забезпечення для задач визначення оптимального навантаження енергоблоків ТЕС в ОЕС України.

Отримані результати завдяки оптимальному використанню наявних енергогенеруючих ресурсів сприятимуть підвищенню ефективності енергосистем з урахуванням технологічних та екологічних обмежень у системах підтримки прийняття рішень ДП «Енергоринок», ДП «НЕК «Укренерго», генеруючих та енергопостачальних компаній.

В Інституті проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України розроблено проект проточної частини нової вискоєфективної поворотно-лопатевої гідротурбіни ПЛ20 для ГЕС. Для проточної частини з максимальними енергетичними показниками розроблено серію робочих коліс з дев'ятьма різними комбінованими (одночасно окружними та осьовими) навалами. Виконано аналіз структури потоку та енергетичних показників розробленої проточної частини. Розрахункові дослідження показали, що застосування такої лопатевої системи робочого колеса для гідротурбіни ПЛ20/3271, встановленої на Кременчуцькій ГЕС, дозволить підвищити значення максимального ККД і потужності на 1,09 % та 3,17 % відповідно. Отримані результати використано при розробленні проекту модернізації гідроагрегатів Кременчуцької ГЕС і передано АТ «Турбоатом» для впровадження при виконанні проектів модернізації ГЕС Дніпровського каскаду.

Що стосується питань, пов'язаних з формуванням в Україні ринку електричної енергії та потужності, то в рамках цільової програми було виконано два принципово нових проекти, які тісно пов'язані один з одним. Ідеться про формування такого сегменту ринку, як організація інформаційного обміну між учасниками, розроблення бізнес-інформаційних моделей урегулювання небалансів та функціонування балансуєчих груп. При цьому слід зазначити, що функціонування ринку електричної енергії неможливе без реалізації процедури короткострокового прогнозування навантаження. Для вирішення більшості технологічних завдань з планування режимів автоматизованої системи диспетчерського управління енергосистемою необхідні добові графіки погодинного навантаження з певним упередженням (як правило,

від 1 до 7 діб). Це сприяє підвищенню ефективності вирішення технологічних завдань автоматизованої системи диспетчерського управління та планування режимів ДП «Енергоринок» з точки зору визначення обсягу закупівлі електроенергії енергогенеруючими компаніями для формування графіка покриття навантаження. Запропоновані моделі гармонізовані із загальноєвропейською моделлю. Їх передано до НЕК «Укренерго».

Значну увагу в рамках виконання програми приділяли питанням побудови сучасних систем моніторингу та діагностування. Один із проектів стосується підвищення надійності роботи електричних генераторів ТЕС у маневрених режимах. Розроблено метод діагностування та спеціальну конструкцію кріплення осердя статора, що забезпечує підвищення надійності роботи генератора в маневрених режимах. Цю розробку харківське Державне підприємство «Завод «Електроважмаш» уже застосовує при проектуванні і модернізації потужних турбогенераторів.

Окремий розділ у програмі було присвячено технологіям та заходам зменшення впливу енергетики на довкілля. В Інституті технічних проблем магнетизму НАН України виконано проект з розроблення методів зменшення індукції магнітного поля кабельних ліній завдяки оптимізації просторового розташування окремих кабелів, удосконалено методи та засоби екранування підземних кабельних ліній у житлових та громадських зонах. Уперше в Україні було розроблено та впроваджено на державному рівні нормативний документ «Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ». Ця методика проектування екологічно безпечних кабельних ліній дає змогу зменшити індукцію їх магнітного поля до гранично допустимого рівня і в такий спосіб сприяє вирішенню соціально значущої проблеми зниження техногенного електромагнітного впливу високовольтних кабельних ліній на здоров'я людини та довкілля.

Співробітники Інституту газу НАН України та Інституту технічної теплофізики НАН України брали участь у виконанні проекту,

спрямованого на зниження (відповідно до європейських норм) рівня викидів оксидів азоту на діючих пиловугільних та газомазутних котлоагрегатах. Запропоновані технічні рішення полягають в організації ступеневого горіння та рециркуляції, у використанні водовугільного палива, подаванні пари та вторинного повітря в окремі зони факела. На Дарницькій ТЕЦ було проведено їх відповідні випробування, які засвідчили практично повну відсутність викидів оксидів азоту на вугільних котлах, а для котлоагрегатів, що працюють на природному газі, рівень викидів оксидів азоту знизився в 2–3 рази.

Загалом виконання цільової програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічні основи енергетичного співробітництва між Україною та Європейським Союзом» (Об'єднання-3) дало можливість вирішити цілу низку науково-технічних питань, пов'язаних з визначенням шляхів та створенням засобів для технічного, технологічного і нормативного забезпечення умов синхронного об'єднання енергетичної системи ОЕС України з ENTSO-E, а також розробити відповідні заходи і засоби, спрямовані на науково-технічне забезпечення співробітництва між Україною та Євросоюзом у галузі енергетики з метою підвищення енергетичної безпеки, конкурентоспроможності та стабільності функціонування енергетичної галузі країни. За результатами виконання цільової програми виготовлено 7 дослідно-промислових та експериментальних зразків, 42 лабораторних зразки систем та приладів, комп'ютерні програмні продукти і технологічні документи, які або вже впроваджені, або перебувають на стадії впровадження. Розроблено 18 нормативно-технічних документів, опубліковано 10 монографій і 219 статей, зроблено 117 доповідей на конференціях, отримано 18 патентів, підготовлено 26 аналітичних записок та рекомендаційних матеріалів щодо вирішення нагальних проблем енергетики України.

На завершення своєї доповіді хочу зазначити, що забезпечити подальший розвиток співпраці між Україною та ЄС в енергетичній сфері неможливо без вирішення цілого ряду

питань, які стосуються розроблення науково-технічних основ перетворення енергетики України на інтелектуальну екологічно безпечну систему, здатну не лише інтегруватися з об'єднанням енергетичних систем країн Євросоюзу, а й на рівних працювати відповідно до умов паралельної роботи. Йдеться про перехід до ширшого використання відновлюваних джерел енергії і про розвиток мережевої структури згідно з концепцією Smart Grid.

Отже, Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України пропонує починаючи з 2019 р. започаткувати нову цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Інтелектуальна екологічно безпечна енергетика з традиційними та відновлюваними джерелами енергії».

Дякую за увагу!

*За матеріалами засідання  
підготувала О.О. Мележик*