

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Олександр Васильович УДОВИК, 1979 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2002 році Національний гірничий університет і отримав повну вищу освіту за спеціальністю «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» та здобув кваліфікацію інженера-електромеханіка.

У 2022 році вступив до аспірантури Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Удовик О.В. виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена рішенням Вченої ради Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», МОН України, м. Дніпро від «18» березня 2026 року Протокол №10, Наказ від «18» березня 2026 року № 51 у складі:

Голова спеціалізованої вченої ради:

Півняк Геннадій Григорович, академік НАН України, доктор технічних наук, професор, Голова Вченої Ради, професор кафедри електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Рецензенти:

1. **Кошеленко Євгеній Валерійович**, кандидат технічних наук, декан Електротехнічного факультету, доцент кафедри електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

2. **Рухлова Наталія Юрївна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Офіційні опоненти:

1. **Гапон Дмитро Анатолійович**, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

2. **Коцур Михайло Ігорович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричних та електронних апаратів Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя.

На засіданні «28» квітня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» *Олександр*

Васильовичу УДОВИКУ на підставі публічного захисту дисертації **«Електромагнітна сумісність промислових систем електропостачання в умовах обмеженої потужності енергосистеми»** за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Дисертацію виконано у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка», МОН України, м. Дніпро.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор *Панаїка Юрій Анатолійович*, завідувач кафедри електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, українською мовою.

Наукова задача даної дисертаційної роботи та новизна одержаних результатів полягає у встановленні закономірностей реалізації енергоефективних режимів роботи СЕП промислових підприємств з урахуванням режимних варіацій частотного складу вищих гармонік та інтергармонік, які відрізняються від існуючих можливостями врахування острівних режимів або режимів обмеження потужності енергосистеми.

Розвинуто механізми забезпечення нормативних рівнів якості електроенергії та електромагнітної сумісності систем електропостачання з урахуванням впливу канонічних вищих гармонік та інтергармонік, що відрізняються від існуючих можливостями прогнозування резонансних явищ, та ефекту обмеження потужності при децентралізації живлення.

Встановлено, що особливі режими електропічних установок, підйомних машин, прокатних станів, які визначаються викривленням несинусоїдальності та порушення симетрії напруги, у острівних режимах роботи енергосистеми призводять до суттєвого погіршення енергоефективності.

Визначено граничні діапазони частот і амплітуд вищих гармонік та інтергармонік у промислових вузлах електричного навантаження, значення яких зростають при втраті централізованого живлення, що дає можливість вибрати раціональні параметри засобів активних та пасивних фільтро-компенсуючих установок.

Для умов системи електропостачання промислового підприємства отримано закономірності, що зв'язують параметри резонансних процесів у вузлі навантаження 6–10–35 кВ з кількістю, потужністю та режимами інтелектуальних пристроїв FACTS і відрізняються від існуючих можливістю прогнозувати ділянки амплітудно-частотних характеристик з резонансними явищами при приєднанні до вузлів навантаження сонячних електростанцій.

Запропоновано метод прогнозування показників якості напруги при врахуванні режимних коливань потужності короткого замикання, особливістю

якого є врахування нетипових післяаварійних схем електропостачання, що дозволяє оперативно коригувати уставки засобів захисту та інтелектуальних пристроїв корекції коефіцієнта потужності.

Розроблено нові математичні моделі комплексного впливу несинусоїдальності та несиметрії напруги на складові повної потужності трифазної електричної системи, відмінності яких полягають у можливості врахування широкого спектру вищих гармонік та інтергармонік, характерних для промислових підприємств та показників несиметрії напруги, що дозволяє отримати уточнені значення додаткових втрат електроенергії та якісні баланси активних та реактивних навантажень.

Отримано закономірності впливу режимних особливостей децентралізованих та острівних режимів електроенергетичних систем на енергетичну ефективність промислових систем електропостачання за умови власної генерації від сонячних електростанцій для вирішення проблеми електромагнітної сумісності при врахуванні множини комбінацій типових схем заміщення.

Запропоновано уточнену методику визначення потужності та точок приєднання до електричних мереж 0,4-6-10-35 кВ пристроїв компенсації реактивної потужності з урахуванням особливостей графіків електричних навантажень та прогнозування резонансних явищ на частотах вищих гармонік та інтергармонік.

Здобувач має 11 наукових публікацій за темою дисертації, з них 7 статей у наукових фахових виданнях України, 4 тези доповідей у матеріалах науково-практичних конференцій та семінарах, що засвідчує апробацію результатів дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Удовик О.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г., Малишко М.М. (2024). Визначення показників якості напруги у промислових системах електропостачання при обмеженій потужності енергосистеми. *Науковий журнал «Електротехніка та Електроенергетика»*. Вип. №3. Запоріжжя. - с. 36-44. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2024-3-4>.

2. Удовик О.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г., Буртний Д.І., Малишко М.М., Леонов О.С. (2024). ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ ТЕОРІЙ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРАХУНКАХ МЕРЕЖ ЗМІННОГО СТРУМУ ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА. Науково-технічний збірник «Електротехнічні та інформаційні системи». НТУ «ДП», - 2024. №106. - с. 36-44. <https://doi.org/10.32782/EIS/2024-106-12>.

3. Удовик О.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г., Малишко М.М., Буртний Д.І. (2025). Дослідження характеру аварійних перехідних процесів у системах

електропостачання підприємств. *Науковий журнал «Електротехніка та Електроенергетика»*. Вип. №1. Запоріжжя. - с. 53-60. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2025-1-6>.

4. Удовик О.В., Папаїка Ю.А. (2025). Оцінка показників електромагнітної сумісності промислових систем електропостачання при обмеженні потужності енергосистеми. *Науково-технічний збірник «Збірник наукових праць Національного гірничого університету»*. НТУ «ДП». -№80. - с. 213-222. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/80.213>.

5. Удовик О.В., Рева В.С., Лисенко О.Г. Особливості створення систем контролю якості електроенергії у системах електропостачання космічних ракетних комплексів. *Науковий журнал «Електротехніка та Електроенергетика»*. Вип. №1. – 2025р. Запоріжжя - с. 32-41. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2025-1-4>.

6. Удовик О.В., Папаїка Ю.А. (2025). Аналіз неактивних складників повної потужності нелінійних та несиметричних навантажень промислових підприємств. *Науково-технічний збірник «Електротехнічні та інформаційні системи»*. НТУ «ДП», – 2025. №107. - с. 24-28. <https://doi.org/10.32782/EIS/2025-107-4>.

7. Удовик О.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г., Малишко М.М., (2025). Аналіз особливих режимів промислових електричних мереж з ізольованою нейтраллю. *Науковий журнал «Електротехніка та Електроенергетика»*. Вип. №3. Запоріжжя. - с. 44-50. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2025-3-5>.

Праці апробаційного характеру

8. Удовик О.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г., **ОЦІНКА ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ**. Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції "проблеми раціонального використання соціально-економічного, еколого-енергетичного, фінансово-інвестиційного потенціалу України та її регіонів в умовах воєнного стану", (м. Луцьк, 29 квітня, 2024 р.). – С. 67-71.

9. Удовик О.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г., **ОСОБЛИВОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ У ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З НЕЛІНІЙНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ**. INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICAL CONFERENCE PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENCE, EDUCATION AND TECHNOLOGY, (Aarhus, Denmark, 3 August, 2024). – р. 46-50.

10. Удовик О.В., Папаїка Ю.А., Буртний Д.І. Вплив несинусоїдальності напруги на ефективність роботи пристроїв корекції коефіцієнта потужності у

потужних енерговузлах промислового навантаження. Семінар Наукової Ради з проблеми «Наукові основи електроенергетики». Інститут Електродинаміки НАН України (11 вересня 2024).

11. Удовик О.В., Папаїка Ю.А. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЖИМІВ ПІДСТАНЦІЙ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ НЕЛІНІЙНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ. III Науково-практична конференція Міжнародний форум: безпечна, комфортна та спроможна територіальна громада (15 – 17 жовтня 2025 року), Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

У дискусії взяли участь (голова, рецензенти, офіційні опоненти).

Голова ради:

1. **Півняк Геннадій Григорович**, академік НАН України, доктор технічних наук, професор, Голова Вченої Ради, професор кафедри електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Зауважень немає.

Рецензенти:

2. **Кошеленко Євгеній Валерійович**, кандидат технічних наук, декан Електротехнічного факультету, доцент кафедри електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Необхідно вказати на деякі дискусійні моменти, які потребують уточнення:

1. Потребує уточнення формулювання першого наукового положення. На які показники якості напруги має вплив зниження потужності КЗ на 30% від номінального значення.

2. У практичному результаті заявлено, що досліджувались рівні додаткових втрат. Необхідно розкрити за яких умов виконувалось моделювання втрат.

3. З тексту другого розділу дисертації незрозуміло, за яким принципом обирались джерела електромагнітних завад, що досліджувались.

4. На стор. 110 (рис. 3.6) наведена узагальнена модель трансформаторної підстанції. Обґрунтуйте складові даної схеми та їх застосування у аналітичних моделях.

5. На рис. 4.8 зображено модель STATCOM для дослідження перетоків реактивної потужності у вузлі навантаження. Які при цьому враховувались особливості реактивних навантажень?

6. Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. У роботі зустрічаються орфографічні, пунктуаційні та граматичні помилки, стилістичні неточності і описки (наприклад, на стор. 15, 31, 88, 120), але кількість їх допустима.

Відповіді здобувача Удовика О.В.:

Щодо першого зауваження. Системний параметр – потужність короткого замикання у вузлі навантаження має вплив на індуктивний опір зовнішньої системи електропостачання та впливає на більшість показників якості напруги. У даній роботі особлива увага приділена показникам несиметрії та несинусоїдальності напруги.

Щодо другого зауваження. Додаткові втрати досліджувались відносно основних втрат активної потужності в елементах електричних мереж (силових трансформаторах, лініях електропередач, високовольтних двигунів). При цьому враховано особливості режимних змін потужності КЗ для віддалених районів електричних мереж.

Відповідаючи на *третє запитання*, щодо джерел електромагнітних завад. У даній дисертаційній роботі розглядається особливий клас електричних мереж – промислові системи електропостачання. При цьому обов'язковими електричними навантаженнями є потужні стаціонарні електротехнологічні установки з вентильними перетворювачами, дугові сталеплавильні печі, печі електрошлакового переплаву, тягові підстанції, сонячні інвертори. Саме ці установки розглядаються, як джерела електромагнітних завад.

З іншими зауваженнями цілком згоден, врахую у подальшій науковій роботі.

3. Рухлова Наталія Юріївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Необхідно вказати на деякі дискусійні моменти, які потребують уточнення:

1. На рис. 1.4 зображена спрощена схема розподілу електроенергії та визначено потужності КЗ на різних ступенях розподілу. Потребує уточнення та пояснення доцільності врахування джерел електромагнітних завад на шинах 330 кВ.

2. Енергетичні коефіцієнти на рис. 1.6 (стор. 42) отримано через складові повної потужності? Які при цьому враховано режими роботи СЕП (централізоване чи децентралізоване живлення)?

3. Як саме була врахована імовірнісна природа горіння електричної дуги у дугових сталеплавильних печах та як це вплинуло на моделювання показників якості напруги у вузлах електричного навантаження?

4. Яким чином імітаційна модель та характеристичні рівняння для прогнозування резонансних явищ дозволяють вирахувати екстремуми

функціональної залежності амплітудно-частотної характеристики на частотах інтергармонік?

5. При моделюванні показників якості напруги незрозуміло, які саме промислові електроустановки були обрані як джерела несиметрії. Це однофазні чи двоплечеві навантаження?

6. Імітаційна модель у Simulink / MATLAB потребує пояснення. Чому саме даний тип пристроїв FACTS було досліджено у Вашій дисертаційній роботі? Чи доцільно впроваджувати інші інтелектуальні пристрої у промислових електричних мережах?

7. У роботі зустрічаються орфографічні, пунктуаційні та граматичні помилки, стилістичні неточності і описки, але кількість їх допустима.

Зазначені недоліки і зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Удовика О.В., її наукову новизну та практичну цінність.

Відповіді здобувача Удовика О.В.:

Щодо першого зауваження. Сучасний розвиток технологій та виробничих процесів вимагає від систем електропостачання якісного та надійного живлення різноманітних електротехнологічних установок напругою від 12 В до 150 кВ. Надпотужні гірничо-видобувні та металургійні підприємства отримують електропостачання за принципом глибокого вводу напругою до 330 кВ. Саме тому при моделювання рівнів електромагнітних завад та закономірностей їх «згасання» була прийнята дана схема з вузлами навантаження до 330 кВ.

Щодо другого зауваження. Енергетичні коефіцієнти досліджувались для оцінки ефективності передачі та утилізації електроенергії при комплексному живленні промислових навантажень. Можливості аналітичних моделей, отриманих за складовими повної потужності згідно теорії Будеану, дозволяють прогнозувати значення коефіцієнтів при довільній частці відновлюваних джерел енергії у балансі генерації.

Щодо четвертого запитання. Моделювання амплітудно-частотних характеристик вузлів навантаження при наявності сонячних електростанцій виконано з використанням характеристичних рівнянь, які враховують R-L-C параметри та зміни їх значень на частотах вищих гармонік. При цьому отримано екстремуми характеристики, які відповідають точкам виникнення резонансів напруги.

Щодо впровадження додаткових FACTS пристроїв хотів би сказати, що найбільш ефективними інтелектуальними пристроями є активні фільтри та STATCOM. Проблемою є вибір адекватних параметрів цих пристроїв при живленні від післяаварійних схем електропостачання.

З іншими зауваженнями цілком згоден.

Опоненти:

4. **Гапон Дмитро Анатолійович**, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

Визнаючи ґрунтовність та повноту дисертаційного дослідження Удовика О.В., слід звернути увагу на окремі дискусійні положення та зауваження щодо змісту роботи:

1. У першому розділі доцільно було б чіткіше окреслити, для яких саме груп промислових підприємств насамперед призначені запропоновані наукові та практичні результати роботи.

2. На стор. 94 зазначено: «Викликає науковий інтерес дослідження закономірностей зміни неактивних складових повної потужності при несинусоїдальності та несиметрії напруги у промислових електричних мережах при острівних режимах енергосистеми та автономних системах електропостачання з відновлюваними джерелами енергії». Доцільно було б розкрити, чим саме зумовлений наведений науковий інтерес і яке практичне продовження має цей напрям дослідження.

3. Розділ 3.2 стосується моделювання показників несиметрії напруги. Варто було б детальніше пояснити, які саме джерела несиметрії враховувалися при моделюванні.

4. У тексті дисертації недостатньо чітко розкрито практичний зміст отриманих залежностей (розділ 3.3-3.4, стор. 104), що потребує додаткового обґрунтування.

5. У формулюванні другого наукового положення доцільно конкретизувати, які саме джерела розподіленої генерації враховано, оскільки така конкретизація полегшила б сприйняття отриманих результатів.

6. Потребують додаткового пояснення залежності 3.10-3.11 (розділ 3): бажано чітко зазначити, чи отримані вони розрахунковим, чи експериментальним шляхом.

7. У роботі трапляються окремі орфографічні, пунктуаційні та стилістичні неточності, однак їх кількість не є значною і не впливає на загальне позитивне сприйняття дисертації.

Вказані зауваження суттєво не впливають на основні положення дисертації та одержані результати дослідження, наукову новизну, а також не знижують її науково-практичну цінність.

Відповіді здобувача Удовика О.В.:

Щодо першого зауваження. Військові дії на території нашої країни створили умови та виклики для централізованої енергосистеми, непритаманні

для проєктних умов нормальної експлуатації. Масове хаотичне впровадження джерел розподіленої генерації різних типів потребує систематизації та визначення найбільш ефективних комбінацій електрогенеруючих потужностей та транзитних ліній електропередач. Промислові системи електропостачання характеризуються споживанням електроенергії у перетвореному вигляді (вентильні перетворювачі). Тому у даній роботі розглядаються саме гірничі та металургійні підприємства, як найбільш потужні споживачі електроенергії.

Щодо другого зауваження. Досліджуючи роботи закордонних вчених з теорій повної потужності (наукова школа Лодзької політехніки, Польща), я помітив, що відсутні залежності, які дозволяють оцінити діапазони зміни енергетичних коефіцієнтів при різних системних параметрах та одночасному викривленні синусоїдальності та симетрії напруги. Тому запропоновані мною аналітичні залежності дозволяють врахувати фазність та частоту електромагнітної завади при варіюванні параметрів зовнішнього електропостачання.

Щодо четвертого запитання. Залежності на стор. 104 демонструють процеси зміни рівнів показників несиметрії напруги при варіативних змінах потужності короткого замикання у точці приєднання однофазних та/або двоплечевих навантажень.

Зауваження *п'ять*. При моделюванні показників несинусоїдальності досліджувались схеми вентильних перетворювачів, характерні для сонячних та вітрових електростанцій, а також гібридних інверторів, які керують режимами систем зберігання енергії.

Щодо сьомого зауваження. Дані залежності демонструють виникнення резонансних явищ у вузлах промислових електричних навантажень з джерелами розподіленої генерації (сонячна електростанція). Це результати експериментального моніторингу показників якості напруги на шинах напругою 35 кВ металургійного комбінату у Дніпропетровській області.

З іншими зауваженнями цілком згоден, врахую у подальшій науковій роботі.

5. *Коцур Михайло Ігорович*, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричних та електронних апаратів Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя.

Визнаючи ґрунтовність та повноту дисертаційного дослідження Удовика О.В., слід звернути увагу на окремі дискусійні положення та зауваження щодо змісту роботи:

1. Які саме вихідні дані з діючих промислових підприємств приймалися для моделювання показників електромагнітної сумісності?

2. Потребує уточнення запропонований автором підхід до симетрування цехового навантаження за допомогою електротехнологічних установок з вентильними перетворювачами. Яка фазність, потужність та частота живлення є припустимою з точки зору нагріву?

3. Чи потребує система електропостачання дугової сталеплавильної печі додаткових пристроїв корекції режиму при обмеженні потужності КЗ енергосистеми? Як це враховано у Ваших моделях визначення показників якості напруги?

4. З тексту дисертації не зрозуміло, як регресійні залежності (стор. 65-66) впливають на моделювання показників електромагнітної сумісності?

5. З тексту дисертації (стор. 77) не зрозуміло, як обирався діапазон зміни потужності КЗ на шинах живлячої підстанції при моделюванні параметрів силових резонансних фільтрів.

6. При моделюванні режимів STATCOM (рис. 4.8., стор. 130) для промислового навантаження за умов обмеженої потужності енергосистеми як врахована нестационарна природа зміни робочих струмів ДСП?

7. *Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи.* У роботі зустрічаються орфографічні, пунктуаційні та граматичні помилки, стилістичні неточності і описки (наприклад, на стор. 22 44, 135), але кількість їх допустима.

Зазначені недоліки і зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Удовика О.В., її наукову новизну і практичну цінність.

Відповіді здобувача Удовика О.В.:

Щодо другого зауваження. Науковий підхід до симетрування промислового навантаження шляхом раціонального розподілення потужності між трьома фазами електричної мережі досліджувався науковцями Інституту Електродинаміки НАН України, однак особливості мого підходу полягають у використанні для цього не додаткових пристроїв, а саме технологічного обладнання, яке має трифазне живлення та можливості пофазного керування потужністю. Для цього пропонується використовувати електропечі опору потужністю 25-150 кВт.

Щодо третього запитання. При технологічних обмеженнях енергосистеми зростуть амплітуди вищих гармонік та знадобляться фільтри більшої потужності. Частотний спектр електромагнітних завад не зміниться.

Зауваження чотири. Так, Ви маєте рацію. Дані регресійні залежності не стосуються показників якості напруги. Вони демонструють результати досліджень енергетичної ефективності процесу плавки дуговими печами та дають можливість виявити резерви для зменшення питомих витрат

електроенергії та викидів в атмосферу вуглекислого газу, що покращує екологічну обстановку регіону.

Щодо п'ятого зауваження. Враховуючи втрату значної частини генеруючих потужностей на магістральних ліній електропередач, моделювання показників електромагнітної сумісності виконано для діапазону $0,5S_{KЗном} \dots 1,0S_{KЗном}$.

На інші зауваження була надана відповідь під час захисту.
Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,
«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує *Удовіку Олександрю Васильовичу* ступінь доктора філософії у галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Голова разової
спеціалізованої
вченої ради,
академік НАН України



[Handwritten signature]
Геннадій ПІВНЯК