

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Береки Владислава Олеговича

«Електрофізичні процеси при обробці води в краплинно-плівковому стані імпульсним бар'єрним розрядом»,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність досліджень

Нині зростає забруднення водойм та річок, але існуючі методи та технології з приведення води до стандартизованих вимог є неефективними в багатьох випадках, оскільки існує фактор збільшення кількості шкідливих органічних сполук у водоймах, які мають у своїй хімічній структурі бензоли і є стійкими до більшості методів обробки.

Найпоширенішим методом обробки води від шкідливої органічної складової є хлорування. Недоліком цього методу є утворення побічних шкідливих органічних сполук, а також неспроможність видаляти стійкі органічні забруднювачі (СОЗ) з бензолами. Протягом останніх років проводяться дослідження з розробки технологій, у процесі яких безпосередньо в місці обробки води генеруються високоактивні частинки та ультрафіолетове випромінення, які спроможні руйнувати хімічну структуру СОЗ. Серед таких технологій найконкурентноздатнішими з точки зору ефективності видалення органічної складової є електророзрядна обробка на основі імпульсного бар'єрного та коронного розряду. Але незважаючи на високу ефективність видалення СОЗ, ця технологія потребує значної кількості електричної енергії. Тому визначення впливу сукупності факторів, які впливають на енергоефективність електророзрядної обробки забрудненої води є актуальним науковим завданням. Саме в цьому напрямку виконані дослідження здобувачем В.О. Берекою.

Актуальність виконання такої наукової роботи підтверджено дослідженнями, які проводились в рамках державної науково-дослідної роботи «Розвиток теорії електрофізичних процесів в імпульсних системах електромагнітної обробки електропровідних середовищ («Бар'єр-2»)» № ДР 0117U007714.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, їх достовірність і новизна

Виконані в дисертаційній роботі дослідження базуються на застосуванні фундаментальних положень електротехніки, математичному моделюванні, застосуванні сучасних комп'ютерних програм для чисельного дослідження розроблених математичних моделей.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в такому:

1. Вперше експериментально доведено можливість існування однорідного імпульсного бар'єрного розряду в гетерогенному середовищі з краплями води, поблизу яких збільшується напруженість поля, що дає змогу підвищити ефективність генерації радикалів, які використовують у процесі розкладання стійких хімічних сполук.

2. Отримано нові експериментальні результати, які обґрунтовують доцільність використовувати імпульси напруги з тривалістю фронту у декілька десятків наносекунд, застосовувати водяну плівку на поверхні катоду та використовувати діелектричний бар'єр з відносною діелектричною проникністю, яка не перевершує значення $\epsilon = 10$ для отримання стійкого однорідного бар'єрного розряду в камері з краплями води.

3. Вперше експериментально встановлено, що обробку води імпульсним бар'єрним розрядом з метою розкладання розчинених хімічних сполук доцільно проводити в крапельному стані при субміліметровому розмірі крапель (0,8 – 1,2 мм), визначених тривалості імпульсу порядку 100 нс, частоті повторення імпульсів до 300 Гц, довжині розрядного проміжку до 3,5 мм за яких досягається найвища енергоефективність - до 60 г/кВт*год при 90 % розкладанні метиленової сині в модельному розчині.

4. Науково обґрунтовано та експериментально доведено можливість побудови розрядних камер для здійснення імпульсного бар'єрного розряду на поверхню води, що знаходиться у крапельному стані та у вигляді плівок на поверхні електродів, за модульним принципом шляхом узгодження вихідної ємності генератора імпульсів та сумарної ємності паралельно з'єднаних електродних систем, ємності яких співвідносяться як 2,6 до 1, що дає змогу проводити масштабування установки для очищення води.

Основні наукові положення за результатами досліджень в повному обсязі відображені у загальних висновків.

Практична цінність результатів роботи полягає у тому, що:

1. Визначені оптимальні параметри розряду, робочої камери, вихідної ланки генератора імпульсів та режим руху води при її обробці імпульсним бар'єрним розрядом.

2. Встановлено умови створення однорідного імпульсного бар'єрного розряду в водоповітряній суміші, які визначають вибір режиму обробки таким розрядом.

3. Для створення промислових установок (з продуктивністю обробки до 10 м³ /добу) для обробки води імпульсним бар'єрним розрядом запропоновано модульний тип робочої камери.

4. Розроблено комп'ютерну модель, що є прийнятною для практичних задач розрахунку перехідних процесів у вихідній ланці генератора імпульсів, що має навантаженням робочу камеру, в якій імпульсним бар'єрним розрядом обробляється вода в крапельно-плівковому стані.

Оцінка об'єму та змісту дисертації. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, розкрито сутність і стан науково-технічної проблеми, що досліджується, наведено обґрунтування доцільності проведення досліджень, відображено зв'язок роботи з науковими програмами та планами НДР Інституту електродинаміки НАН України,

сформульовано мету і завдання досліджень, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, наведено апробації роботи та публікації її результатів у наукових виданнях.

У першому розділі наведена класифікація розвинених окисних технологій, визначені фактори, що впливають на їх енергоефективність та виконаний порівняльний аналіз за критерієм енергоефективності. Провівши аналіз літературних джерел було виконано порівняння відомих електророзрядних технологій обробки води за енергетичним виходом та зроблено висновок, що серед усіх видів розвинених окисних технологій найенергоефективнішими та конкурентоздатними є електророзрядні технології на основі імпульсних коронних та бар'єрних розрядів.

У другому розділі висвітлені електрофізичні властивості імпульсного бар'єрного розряду, а також фактори, які впливають на ефективність створення активних радикалів безпосередньо на поверхні крапель води, що очищується. Для виявлення закономірностей в процесах розподілу напруженості електричного поля в міжелектродному проміжку за наявності в ньому води в краплинно-плівковому стані розроблено комп'ютерну модель в програмі FEMM за припущення відсутності впливу об'ємного електричного заряду на розподіл поля поблизу неоднорідностей. Встановлено, що для збільшення енергоефективності імпульсного бар'єрного розряду важливим фактором є його просторова однорідність. Визначено фактори, які визначають вимоги до розрядної камери, режиму руху рідини і повітря для досягнення однорідності бар'єрного розряду.

У третьому розділі представлено результати експериментальних досліджень обробки модельного розчину метиленової сині у воді, для отримання яких застосовувались різні підходи до розробки експериментального комплексу та змінювалися в широких межах електричні показники розряду. Було досліджено ефективність трьох типів електродних систем, які використовувалися для обробки води імпульсним бар'єрним розрядом та визначено вплив параметрів руху води. Показано перспективу

масштабування експериментального комплексу в напрямі збільшення об'єму води, що обробляється шляхом застосування модульного принципу з використанням пласко-паралельних електродних систем.

У четвертому розділі представлено принцип роботи генератора коротких (~100 нс) високовольтних імпульсів напруги, що використовується для створення імпульсного бар'єрного розряду в експериментальному комплексі, а також процес його удосконалення з метою підвищення енергоефективності всього комплексу. Розроблено математичну модель для розрахунків характеристик сумісної роботи вихідної ланки генератора імпульсів з робочою камерою, в якій параметри нелінійних компонентів схеми задавалися апроксимаційними рівняннями, визначеними на основі експериментальних даних. Адекватність моделі підтверджена експериментально. На основі моделювання визначені оптимальні параметри елементів генератора імпульсів та розрядної камери. Показано, що додавання в схему джерела живлення магнітного ключа, а також точний підбір його параметрів на основі викладеного алгоритму дає змогу створити умови для безперешкодного слідування розрядних імпульсів за рахунок розрядження діелектричного бар'єра, на якому накопичується електричний заряд.

У цілому структура, обсяг та оформлення дисертації відповідають чинним вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія».

Повнота публікацій матеріалів досліджень. За результатами досліджень опубліковано 10 наукових праць, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях, 7 статей, які входять до наукометричної бази Scopus, 1 тезах доповіді в збірниках матеріалів конференцій.

Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися і були схвалені на таких міжнародних науково-технічних конференціях: IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, (23-25 вересня 2019 р., Кременчуг, Україна) та XVII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми сучасної електротехніки 2022» (м. Київ, 2022). А

також на наукових семінарах відділу №7 Інституту електродинаміки НАНУ (м. Київ, 2018-2022).

Це дає змогу зробити висновок про те, що у науково-технічних виданнях є повна інформація про результати досліджень.

Зауваження щодо результатів, змісту та оформлення дисертації:

1. У роботі необхідно було б показати, як вибиралася довжина хвилі для визначення концентрації металенової сині.
2. Оскільки вода є провідником другого роду, то бажано було б встановити, як її питома електропровідність впливає на бар'єрний розряд у гетерогенному середовищі.
3. Не наведені дані, чи змінюються визначені режимні параметри обробки води зі зміною вододжерела і чи не призведе до пробою застосування мінералізованої води.
4. Бажано було б показати, як змінюються фізико-хімічні параметри обробленої води (рН, ОВП) з метою визначення придатності її до споживання або для встановлення її активації.
5. Бажано було б виміряти зміну концентрацію іонів OH^- для підтвердження механізму дії бар'єрного розряду на воду.
6. У роботі необхідно було б розглянути техніку безпеки при застосуванні розробленої технології очищення води бар'єрним розрядом.

Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву вагомим результатам досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи В. О. Береки.

Висновок. Дисертаційна робота є завершеною, самостійно виконаною працею, в якій отримано нові теоретично та практичні результати, що слугують основою для забезпечення високих техніко-економічних показників та енергоефективності електророзрядної обробки забрудненої води.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових і практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків дисертаційна

робота відповідає вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія», а її автор Берека Владислав Олегович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент,

кандидат технічних наук, доцент

Національного університету біоресурсів

і природокористування України

О. Ю. Синявський О. Ю. Синявський

