

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ВИПРОБУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ  
ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГИ ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

**В. Я. Бунько, кандидат технічних наук, доцент**

E-mail: [VBunko@gmail.com](mailto:VBunko@gmail.com)

**П. М. Дарморіс, старший викладач**

E-mail: [Darmoris@meta.ua](mailto:Darmoris@meta.ua)

**О. Я. Кондрат, асистент**

E-mail: [figus1985@yahoo.com](mailto:figus1985@yahoo.com)

**Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і  
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»**

**Анотація.** Дослідження та аналіз випробувань нелінійних обмежувачів перенапруги (НОП) для високовольтних електричних мереж є ключовим процесом для оцінки їх ефективності, надійності та відповідності стандартам, який включає: визначення характеристик НОП, проведення лабораторних та польових випробувань, моделювання роботи, аналіз результатів та порівняння з нормативними вимогами для забезпечення захисту мереж від перенапруг.

У роботі детально наведено аналіз випробування ОПН серії AZBD, а також проведено дослідження обмежувача перенапруги для високовольтної електричної мережі 220 кВ типу ОПН-П-220/158/10/2 з параметрами значення залишкової напруги 510 кВ і 574 кВ при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс з амплітудою 10 кА і 20 кА відповідно, та 402 кВ і 419 кВ при комутаційному імпульсі струму 30/60  $\mu$ s з амплітудою відповідно 500 А і 1000 А.

У статті проведено аналіз випробування ОПН струмами короткого замикання, зображено характеристики передавання заряду та енергоємність ОПН, наведено нові випробування згідно ДСТУ EN 60099-4:2016, а також проведено перевірку характеристик ОПН після прикладання згинальних навантажень та випробування на стійкість до впливу навколишнього середовища. Коротко наведено структурну та принципову електричну схему випробувальної установки, яка використовується в лабораторії електроустановок і систем електропостачання для дослідження обмежувачів перенапруги, вентильних розрядників, влітових дисків та іскрових проміжків різного класу напруги.

Побудовано вольт-амперні характеристики ОПН, залежність залишкової напруги від імпульсного струму та залежність струму витоку при змінній напрузі. Також було побудовано додаткові графіки для ОПН П-220/158/10/2, графік апроксимації ( $U = a \cdot I^b$ ) з отриманим рівнянням, графік динамічного опору  $R=U/I$  в залежності від струму та залежність залишкової напруги від умовної енергії

*імпульсу. Ці графіки разом дають повну картину, зокрема, апроксимація описує загальну математичну залежність; динамічний опір  $R(I)$  показує ефективність роботи обмежувача; залежність залишкової напруги від енергії  $U(E)$  дозволяє оцінити поведінку при імпульсах різної природи.*

**Ключові слова:** *електричні мережі, обмежувачі перенапруги нелінійні, розряд блискавки, імпульсний струм, залишкова напруга, імпульси*

**Актуальність.** Ефективність функціонування електроенергетичних систем залежить від багатьох факторів, у тому числі від грозозахисту їх об'єктів, у першу чергу ліній електропередавання та підстанцій. Лінії електропередавання є досить важливими об'єктами енергосистем, оскільки ними відбувається пересилання електричної енергії споживачам. Тому вони повинні бути надійно захищеними від впливу зовнішніх факторів, в тому числі від атмосферних перенапруг [1].

Для об'єднаних енергетичних систем несанкціоновані вимкнення, викликані ударами блискавки, є небезпечним явищем, оскільки можуть призвести до випадання цих систем із синхронізму з катастрофічними наслідками. Крім цього, атмосферні перенапруги, потрапляючи з повітряних ліній електропередавання на обладнання електричних станцій і розподільних підстанцій, викликають руйнування (пробої) ізоляції електричних апаратів, трансформаторів, вимикачів тощо, аж до виходу з ладу автоматизованих систем управління технологічними процесами. Надійність грозозахисту повітряних ліній електропередавання та підстанцій тим вища, чим менша кількість аварійних відключень через грози за певний період часу [1].

Інтенсивність грозових пошкоджень залежить від частоти грозових впливів і здатності об'єкта протистояти кожному удару блискавки. Наявні засоби грозозахисту, як правило, забезпечують певну грозостійкість об'єктів [1].

Тому проблема розробки нових пристроїв та схем захисту, аналізу та удосконалення існуючих залишається на сьогоднішній день актуальною, яка полягає у дослідженнях нелінійних обмежувачів перенапруги різного класу напруги, аналізі та вирішенні питання правильного вибору щодо встановлення даних елементів електричної мережі для захисту ліній електропередавання та підвищення надійності системи електропостачання в цілому.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Експериментальними і теоретичними дослідженнями перенапруг і засобів їх обмеження присвячено велику кількість робіт вчених з України, США, Канади, Швейцарії, Польщі та інших країн. У більшості публікацій [6, 7] на тему визначення енергії, що поглинає ОПН в якості впливів приймають різноманітні імпульси напруги в мережі та не враховують, що найбільш тривалим режимом роботи є діюча напруга мережі. У перелічених роботах енергія, що діє на ОПН, визначається за допомогою аналізу форми імпульсу, що прикладуться до нього та не враховують впливи від найбільшої напруги мережі [8].

Варто зазначити, що в наукових працях, у тому числі в [9] наведено дослідження та аналіз характеристик обмежувачів перенапруги, які змінюються під час утилізації через кілька факторів, з яких найважливішими є: старіння через робочу напругу та імпульсний струм, проникнення вологи в корпус ОПН, хімічна реакція з навколишньою атмосферою. Деградація ОПНів через ці руйнівні фактори призводить до збільшення струмів витоку [9].

**Мета дослідження** – аналіз та дослідження обмежувачів перенапруги високовольтної мережі відповідно до нових вимог та стандартів.

**Матеріали і методи дослідження.** У системі електропостачання при нормальних умовах експлуатації напруга на ізоляції обладнання не повинно бути вище ніж найбільша робоча напруга. Перебільшення щодо ізоляції електрообладнання миттєвого значення максимальної робочої напруги називається перенапруженням.

У зв'язку з факторами виникнення перенапруги виділяють 2 групи: внутрішні і зовнішні [3]. Внутрішнє перенапруження – це перенапруження, що виникає через виникнення процесу викликаного під час роботи мережі, при пошкодженні ізоляції або випробуванні комутаційного пристрою.

Зовнішнє перенапруження – це перенапруження, що виникає через прямий розряд блискавки через елемент електричної мережі або через виникнення розряду на об'єкті, розташоване поблизу біля лінії електропередачі.

Перенапруження характеризують за допомогою наступних величин: існування підвищеної напруги певний час; період напруги створених коливань; імпульс напруги аперіодичний.

Різні категорії перенапруг варіюються за тривалістю від декількох годин до мікросекунд. У більшості випадків перенапруги самі по собі носять короточасний характер, вони можуть виникати в результаті швидко-загасаючих перехідних процесів або в аварійному режимі, тривалість якого обмежена дією автоматики і релейного захисту. Навіть короточасне перенапруження може привести до перекриття або виходу з ладу ізоляції, а необхідність відключення пошкоджених або вийшли з ладу елементів мережі може привести до зниження якості електроенергії перебоїв в електропостачанні споживачів [3].

У 2016 році в Україні був прийнятий новий стандарт на обмежувачі перенапруги ДСТУ EN 60099-4:2016 «Розрядники. Частина 4. Металоксидні розрядники без іскрових проміжків для захисту від перенапруг систем змінного струму», де даний стандарт встановлює нову класифікацію та процедуру підтвердження якості ОПН. Нова класифікація ОПН розглядає такі типи: станційний клас та розподільний клас. Ці класи, в свою чергу, поділяються на високий, середній та низький підкласи за комбінацією параметрів ОПН, зокрема в залежності від термічної стабільності та енергоємності ОПН, які характеризують стабільність їх характеристик протягом терміну експлуатації [4].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Враховуючі, що вказані характеристики обумовлюють, перш за все, термін експлуатації ОПН до його виходу з ладу, а моніторинг стану та заміна ОПН, які встановлюються на лінії ускладнено внаслідок територіальної віддаленості та розосередженості захисних апаратів, то для ОПН розподільного класу рекомендованим є використання ОПН класу ДН, як зазначається в [4].

## 1. Класифікація ОПН [4]

Клас ОПН	Станційний (Station)			Розподільний (Distribution)		
	SH	SM	SL	DH	DM	DL
Позначення						
Номинальний розрядний струм	20 kA	10 kA	10 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA
Розрядний струм комутаційного імпульсу	2 kA	1 kA	0,5 kA	-	-	-
Номинальний заряд переносу, що повторюється Qrs (Кл)	> 2,4	>1,6	>1,0	>0,4	>0,2	>0,1
Номинальна теплова енергія Wth (кДж/кВ)	> 10	> 7	> 4	-	-	-
Номинальний тепловий заряд Qth (Кл)	-	-	-	> 1,1	>0,7	>0,45

ОПН класу DH розрахований на номінальний розрядний струм 10 кА. Відповідно за рівних умов експлуатації ОПН цього класу є довговічнішим у роботі порівняно з іншими підкласами ОПН внаслідок високих експлуатаційних характеристик. Доцільність використання таких ОПН обумовлена частими виходами з ладу ОПН нижчих класів внаслідок втрати термічної стабільності та властивостей варисторів після декількох комутаційних або грозових імпульсів [4].

Наведемо характеристику передавання заряду та енергоємність ОПН. Для підтвердження стабільності характеристик ОПН протягом всього терміну експлуатації випробування ОПН на пропускну спроможність у новій редакції стандарту було замінено на випробування номінальним зарядом перенесення ОПН, що повторюється і перевіркою значення його зміни Qrs.

Параметр Qrs визначається як максимальна встановлена здатність ОПН пропускати електричний імпульс у формі одиничної або групи перенапруг, які можуть бути передані через ОПН без порушення його механічної міцності або погіршення нелінійних електричних характеристик варисторів [4].

Випробовування проводяться на 10 зразках, які мають витримати 10 груп по 2 імпульси в кожній з зарядом на 10 % більше, ніж заявлений виробником ОПН, згідно послідовності випробувань, наведеної на рис.1.

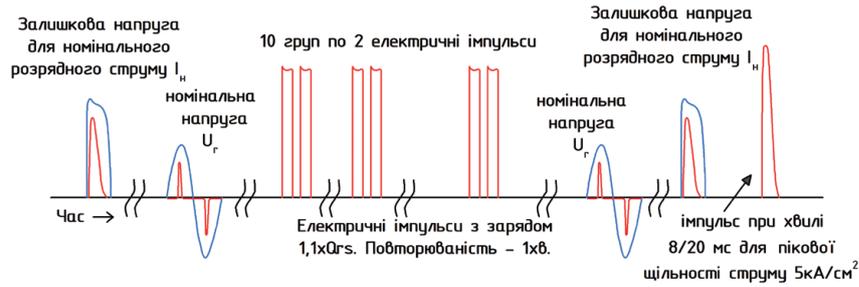


Рис. 1. Послідовність випробувань ОПН на енергоємність [4]

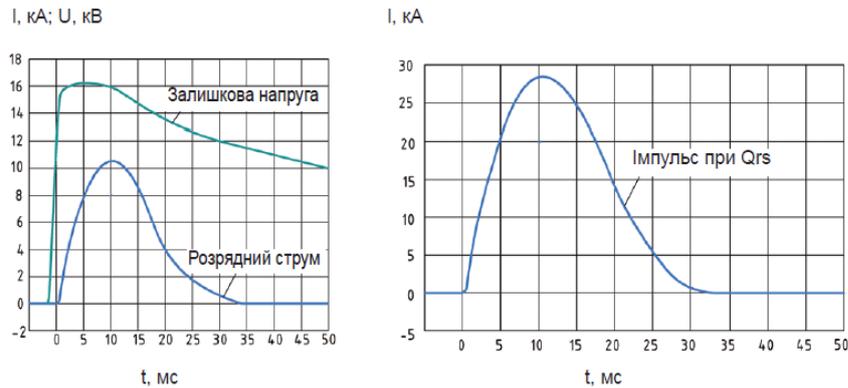


Рис.2. Залежність залишкової напруги та струму розряду від часу [4]

При випробуваннях на *термічну стабільність* *втрата енергії* ( $P$ ) в варисторах ОПН експоненційно зростає зі зростанням температури варисторів  $T$ . Охолодження варисторів відбувається за рахунок теплового потоку  $Q$ , спрямованого від активної частини ОПН назовні. При цьому ОПН має остигати до тих пір, поки не повернеться в стабільний робочий стан (точка стабільної роботи) [4].

При температурах вище критичної точки (межа термічної стабільності) значення  $P$  стає більше, ніж  $Q$ . У цій області охолодження недостатньо для розсіювання тепла, яке виділяється варисторами, що призводить до руйнування ОПН. Таке явище називається тепловим пробієм або термічною нестабільністю [4].

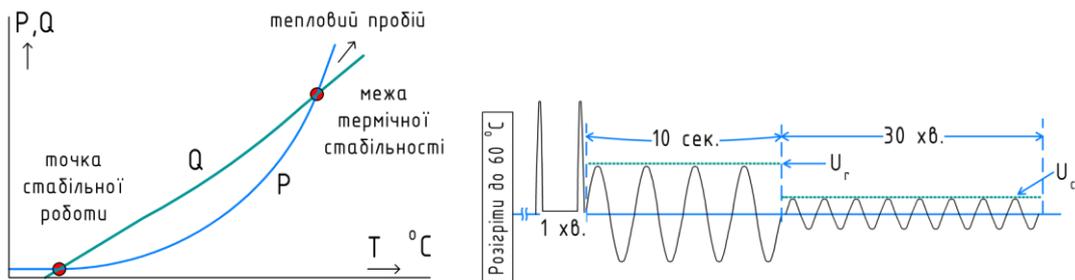


Рис.3. Випробування ОПН на термічну стабільність [4]

Параметр, що підтверджує термічну стабільність ОПН – це номінальна межа перенесення теплового навантаження  $Q_{th}$ , яка є гранично-встановленим тепловим навантаженням, що може бути передано через ОПН протягом 1 хв під час виконання випробування щодо повернення теплової енергії без теплового пробою. Ця величина перевіряється в ході випробувань робочих режимів ОПН розподільного класу (DN, DM і DL) [4].

Випробовування струмом короткого замикання має підтвердити, що ОПН не вибухне за умов прикладання до нього менших струмів КЗ, ніж значення на яке розрахований ОПН. Також випробовування має підтвердити, що під час вибуху ОПН його уламки не пошкодять обладнання або елементи електричних мереж. ОПН має забезпечувати самогасання відкритого полум'я протягом 2 хвилин, після КЗ. Під час випробовування ОПН формують його пробій шляхом прикладення підвищеної напруги, після чого прикладають струм короткого замикання. Саме така послідовність перевантаження є найбільш близькою до реальних умов [4].

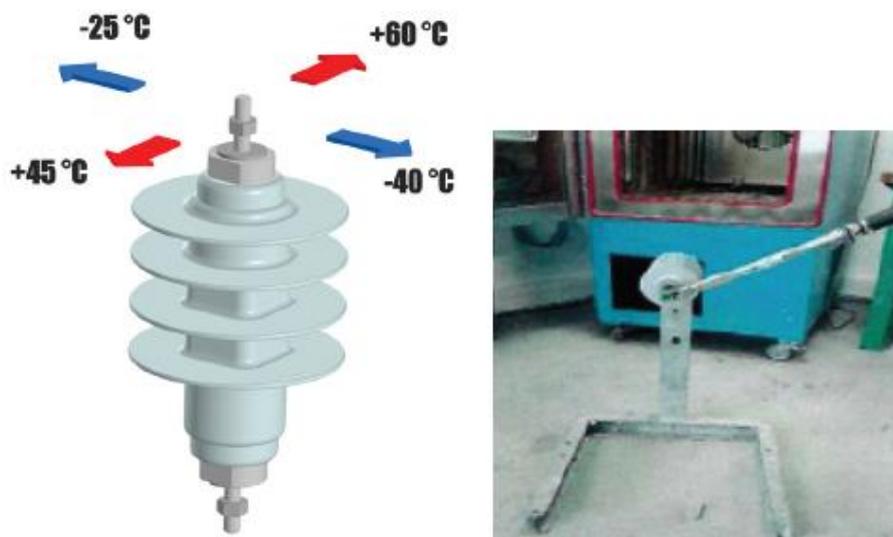


**Рис. 4. Випробування ОПН струмом короткого замикання [4]**

Як зазначено в [4] ОПН не мають вибухати у разі прикладання підвищеної напруги або струму КЗ меншого значення ніж той на який розраховано ОПН. При випробуванні максимальним струмом КЗ ніякі частини зразка не мають опинитись поза оболонкою ОПН, за винятком фрагментів варисторів масою менше 60 г, м'яких деталей з полімерних матеріалів.

Допустимі струми короткого замикання для ОПН наводяться в таблиці ДСТУ EN 60099-4:2016 і мають бути вказані виробником. Для ОПН серії AZBD струм короткого замикання становить 20 кВ.

При перевірці характеристик ОПН після прикладання згинальних навантажень дані випробування мають продемонструвати здатність обмежувача протистояти проникненню вологи всередину корпусу після впливу заданих механічних навантажень, що підтверджується вимірюванням заявлених характеристик після проведення випробування [4].



**Рис.5. Характеристики ОПН після прикладання згинальних навантажень**

Тест складається з двох етапів, які мають бути виконані один за іншим:

- термомеханічне випробування при якому до ОПН прикладаються згинальні навантаження в різних напрямках та температурі нагріву згідно вимог стандарту;
- випробування зануренням у солону воду на 42 години, після чого проводиться вимір параметрів ОПН.

Дослідження на стійкість до впливу навколишнього середовища передбачають випробування здатності ОПН з полімерним корпусом витримувати вплив особливих кліматичних умов. Цикл випробування складається з двох частин: вплив соляного туману протягом 1000 год. та вплив сонячної радіації (УФ-випромінювання) протягом 1000 год. Перше випробування має виконуватись на обмежувачі найбільшої напруги з мінімальною довжиною шляху витoku ізоляції, а друге випробування – на матеріалі корпусу обмежувача [4].



**Рис.6. Дослідження на стійкість до впливу навколишнього середовища**

Наведемо дослідження високовольтного ОПН електричної мережі напругою 200 кВ. Для дослідження використовується ОПН типу ОПН-П-220/158/10/2. Параметри даного ОПН: залишкова напруга 510 кВ, при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс з амплітудою 10 кВ; залишкова напруга 574 кВ, при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс з амплітудою 20 кВ; залишкова напруга 402 кВ, при комутаційному імпульсі струму 30/60 мкс з амплітудою 500А; залишкова напруга 419кВ, при комутаційному імпульсі струму 30/60 мкс з амплітудою 1000А.

Випробування проводились на базі випробувальної установки за відповідною структурною та електричною схемами (рис.7) в лабораторії електроустановок і систем електропостачання.

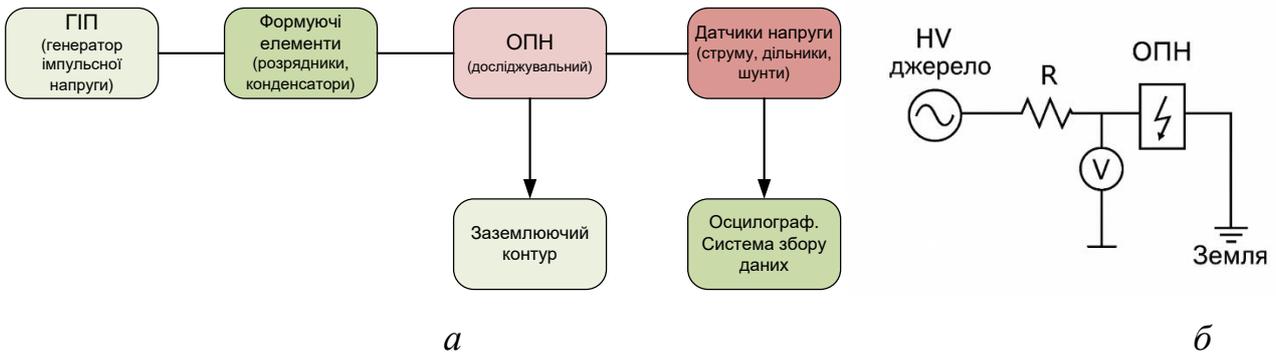


Рис.7. Структурна (а) та електрична (б) схеми для дослідження

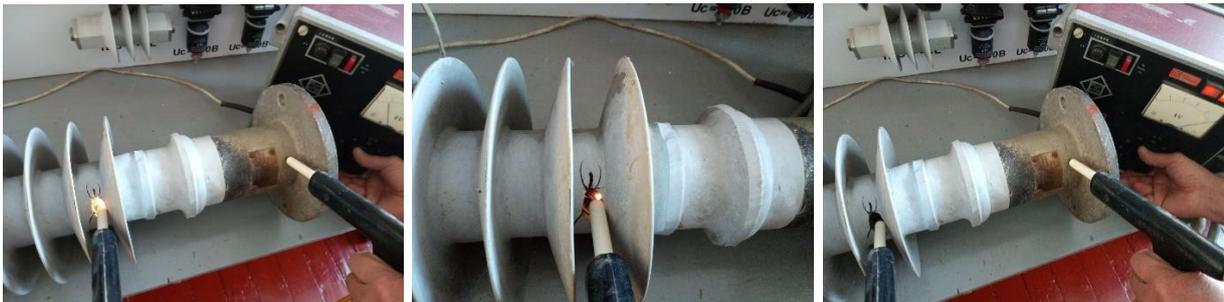


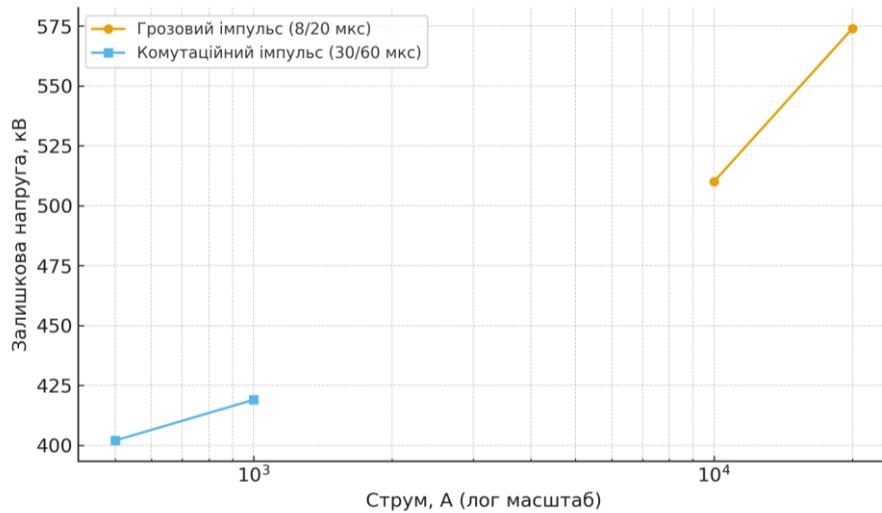
Рис. 8. Випробування ОПН-220кВ імпульсною напругою

Побудуємо вольт-амперну характеристику (ВАХ) для високовольтного ОПНп-220/158/10/2. Дані залишкових напруг взяті з [5]. Нижче наведено таблицю 2 з експериментальними точками та графік ВАХ ОПН.

**2. Експериментальні точки**

Струм, А	Тип імпульсу	Часова форма	Залишкова напруга, кВ
10000	Грозовий	8/20 мкс	510
20000	Грозовий	8/20 мкс	574
500	Комутаційний	30/60 мкс	402
1000	Комутаційний	30/60 мкс	419

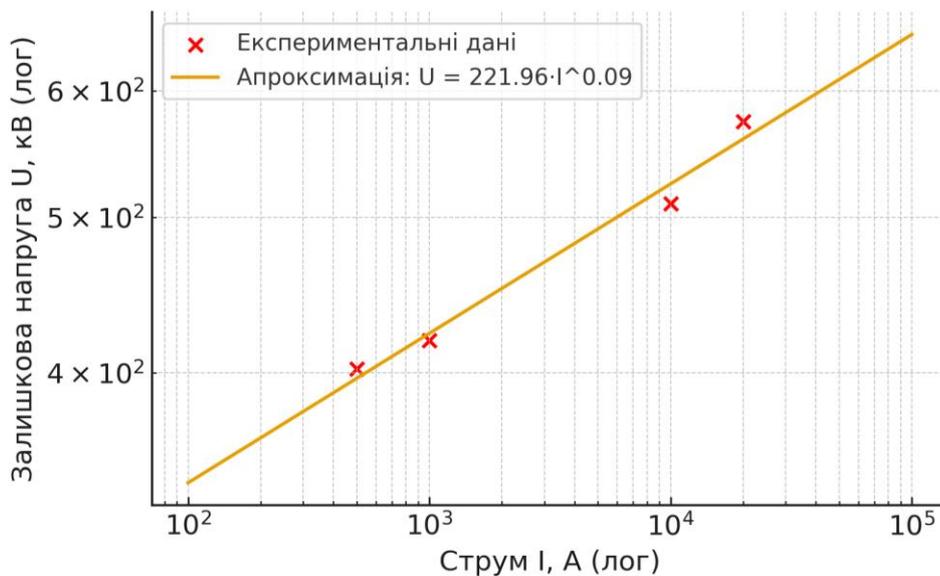
За даними таблиці 2 побудуємо вольт-амперну характеристику (ВАХ) ОПН (рис. 9).



**Рис. 9. Вольт-амперна характеристика ОПН-II-220/158/10/2**

Відповідно до рис.9 наведемо додаткові графіки для аналізу роботи обмежувача перенапруги.

1. Апроксимація.



**Рис.10. Залежність залишкової напруги від струму через ОПН у логарифмічних координатах**

На графіку наведено залежність залишкової напруги від струму через ОПН у логарифмічних координатах. Дані добре апроксимуються степеневою функцією:

$$U = a \cdot I^b$$

Такий характер залежності підтверджує нелінійну роботу оксидно-цинкового варистора, який лежить в основі ОПН. При збільшенні струму зростає і залишкова напруга, але цей ріст є повільнішим за лінійний.

## 2. Динамічний опір:

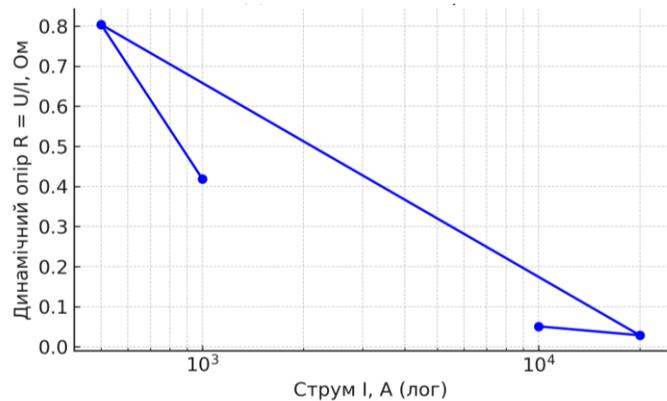
На графіку (рис.11 показано, як змінюється ефективний (динамічний) опір ОПН зі зростанням струму.

$$R = U/I$$

- при малих струмах (500–1000 А) динамічний опір складає сотні Ом.

- при сильних грозових імпульсах (10–20 кА) він падає до десятків Ом.

Це свідчить про «відкривання» ОПН – зі збільшенням струму він ефективніше відводить імпульс, зменшуючи опір, але при цьому зростає залишкова напруга.



**Рис.11. Динамічний опір ОПН**

## 3. Залежність залишкової напруги від умовної енергії ( $I^2 \cdot \tau$ )

Графік демонструє, як залишкова напруга залежить від енергії імпульсу. Для комутаційних імпульсів (30/60 мкс, триваліші за часом) при відносно малих струмах (500–1000 А) напруга становить 402–419 кВ. Для грозових імпульсів (8/20 мкс, короткі, але з великими амплітудами 10–20 кА) напруга вища — 510–574 кВ. Це підтверджує, що ОПН реагує не лише на величину струму, але й на енергетичні параметри імпульсу: довший імпульс при меншому струмі може дати залишкову напругу, співставну з коротким сильним імпульсом.

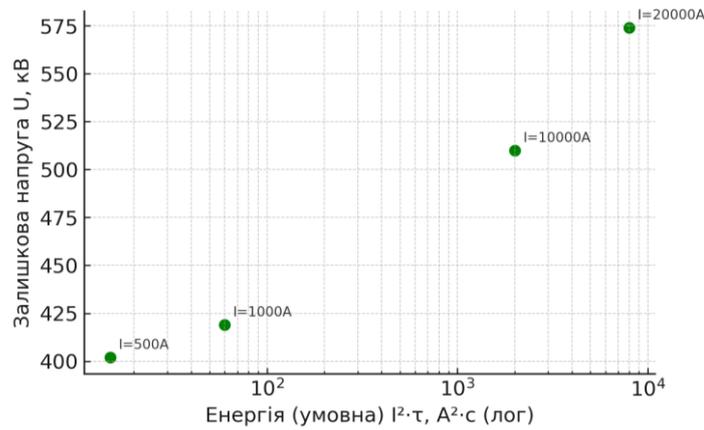


Рис.12. Залежність  $U$  від енергії імпульсу

### Висновки і перспективи.

Таким чином, випробування нелінійних обмежувачів перенапруги, які використовуються у високовольтних електричних мережах, зокрема напругою 220 кВ, дають можливості для детального дослідження, аналізу та побудови графіків, які характеризують основні параметри та характеристики роботи ОПН відповідно до нових норм та стандартів, зокрема, апроксимація описує загальну математичну залежність, динамічний опір  $R(I)$  показує ефективність роботи обмежувача перенапруги, а залежність залишкової напруги від енергії  $U(E)$  дозволяє оцінити поведінку при імпульсах різної природи.

### Список використаних джерел

1. Бінкевич Т. В. Надійність систем грозозахисту повітряних ліній електропередавання з врахуванням впливу випадкових факторів: дис. ... кандидата техн. наук : 05.14.02. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2018. 218 с.
2. CIGRE-WG C4.301 "Use of Surge Arresters for Lightning Protection of Transmission Lines", CIGRE technical Brochure 440, 2010. 50 p.
3. Лук'яненко Ю.В., Остапчук Ж.І., Кулик В.В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : навч. посіб. Вінниця : ВДТУ, 2002. 111 с.
4. Арматура для повітряних ліній. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://sicame.ua/pdf/Sicame\\_Catalog\\_Armatura\\_2025.pdf](https://sicame.ua/pdf/Sicame_Catalog_Armatura_2025.pdf) (дата звернення 10.09.2025)
5. Обмежувачі перенапруги нелінійні. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://szvi.biz/product-18> (дата звернення 20.09.2025)
6. СОУ-Н ЕЕ 40.12-00100227-47:2011. Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 110-750 кВ. Настанова щодо вибору та застосування [Текст]: Затв. Наказом № 136 МЕВ України 19.05.2011; розроб. НТУУ «КПІ». Чинний від 2011-08-17. Київ: ДП «НЕК» «Укренерго», 2011. 48 с.

7. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-67:2012. Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 6-35 кВ. Настанова щодо вибору та застосування у розподільчих установках [Текст]: Затв. Наказом № 515 МПЕ України, 13.07.2012; розроб. ДП НДВІВН. Введ. 11.10.2012.

8. Шевченко С.Ю. Аналіз режиму роботи обмежувачів перенапруг за наявності впливу несинусоїдальної напруги. *Technology Audit and Production Reserves*, 4(1(24)), 2015. С. 15–19. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.46960>

9. Masume Khodsuz, Mohammad Mirzaie, Seyyedmeysam Seyyedbarzegar. Metal oxide surge arrester condition monitoring based on analysis of leakage current components. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 66, 2015, Pages 188-193. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.10.052>.

### References

1. Binkevych T. V. (2018). Nadiinist system hrozozakhystu povitrianykh liniy elektroperesylnannia z vrakhuvanniam vplyvu vypadkovykh faktoriv [Reliability of lightning protection systems for overhead power lines, taking into account the influence of random factors]. *Candidate's thesis*. Lviv : NU «Lvivska politekhnika», 218 [in Ukrainian].

2. Use of Surge Arresters for Lightning Protection of Transmission Lines. CIGRE-WG C4.301. (2010). *CIGRE technical Brochure 440* [in English].

3. Lukianenko Yu. V., Ostapchuk Zh. I., & Kulyk V. V. (2002). *Rozrakhunky elektrychnykh merezh pry yikh proektuvanni* [Calculations for electrical networks during their design]. Vinnytsia : VDTU, 111. [in Ukrainian].

4. Armatura dlia povitrianykh liniy. [Fittings for overhead lines]. *sicame.ua*. Retrieved from: [https://sicame.ua/pdf/Sicame\\_Catalog\\_Armatura\\_2025.pdf](https://sicame.ua/pdf/Sicame_Catalog_Armatura_2025.pdf) [in Ukrainian].

5. Obmezhuвачi perenapruhy nelineini. [Nonlinear surge arresters]. *szvi.biz*. Retrieved from: <https://szvi.biz/product-18> [in Ukrainian].

6. Obmezhuвачi perenapruh nelineini napruhoiu 110-750 kV. Nastanova shchodo vyboru ta zastosuvannia [Nonlinear surge arresters with a voltage of 110-750 kV. Guidelines for selection and application]. (2011). *SOU-N EE 40.12-00100227-47:2011*. Kyiv: DP «NEK» «Ukrenerho» [in Ukrainian].

7. Obmezhuвачi perenapruh nelineini napruhoiu 6-35 kV. Nastanova shchodo vyboru ta zastosuvannia u rozpodilchykh ustanovkakh [Nonlinear surge arresters with a voltage of 6-35 kV. Guidelines for selection and use in distribution installations]. (2012). *SOU-N MEV 40.1-00100227-67:2012*. DP NDVIVN [in Ukrainian].

8. Shevchenko S. Yu. (2015). Analiz rezhymu roboty obmezhuвачiv perenapruh za naiavnosti vplyvu nesynusoidalnoi napruhy. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1(24)). 15-19. Retrieved from: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.46960> [in Ukrainian].

9. Masume Khodsuz, Mohammad Mirzaie, & Seyyedmeysam Seyyedbarzegar. (2015). Metal oxide surge arrester condition monitoring based on analysis of leakage current components. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 66, 188-193. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.10.052> [in English].

## RESEARCH AND ANALYSIS OF TESTING NONLINEAR OVERVOLTAGE LIMITERS FOR HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS

*V. Bunko, P. Darmoris, O. Kondrat*

**Abstract.** *Research and analysis of nonlinear surge arresters (NSAs) for high-voltage electrical networks is a key process for assessing their effectiveness, reliability, and compliance with standards, which includes: determining NSA characteristics, conducting laboratory and field tests, simulating their operation, analyzing the results, and comparing them with regulatory requirements to ensure the protection of networks from overvoltages.*

*The paper provides a detailed analysis of the testing of AZBD series surge arresters, as well as a study of the surge arrester for a 220 kV high-voltage electrical network of the type OPN-P-220/158/10/2 surge arrester with residual voltage values of 510 kV and 574 kV at a lightning impulse current of 8/20  $\mu$ s with amplitudes of 10 kA and 20 kA, respectively, and 402 kV and 419 kV at a switching current pulse of 30/60  $\mu$ s with an amplitude of 500 A and 1000 A, respectively.*

*This article analyzes the testing of surge arresters with short-circuit currents, describes the charge transfer characteristics and energy capacity of surge arresters, presents new tests in accordance with DCU EN 60099-4:2016, and verifies the characteristics of surge arresters after applying bending loads and testing for resistance to environmental influences. A brief description of the structural and basic electrical diagram of the test setup used in the laboratory of electrical installations and power supply systems for testing surge arresters, valve arresters, vitelline discs, and spark gaps of various voltage classes is provided.*

*The volt-ampere characteristics of the surge arrester, the dependence of the residual voltage on the impulse current, and the dependence of the leakage current on the alternating voltage were constructed. Additional graphs were also constructed for the OPN-P-220/158/10/2 surge arrester, an approximation graph ( $U = a \cdot I^b$ ) with the obtained equation, a graph of dynamic resistance  $R = U/I$  as a function of current, and the dependence of residual voltage on the conditional pulse energy. These graphs together provide a complete picture. In particular, the approximation describes the general mathematical relationship; the dynamic resistance  $R(I)$  shows the effectiveness of the limiter; the relationship between the residual voltage and energy  $U(E)$  allows us to evaluate the behavior under pulses of different nature.*

**Key words:** *electrical networks, nonlinear surge arresters, lightning discharge, impulse current, residual voltage, pulses*