

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СПРОМОЖНОСТІ «ОБМЕЖУВАЧА ПЕРЕНАПРУГ НЕЛІНІЙНОГО» ПОГЛИНАТИ ЕНЕРГІЮ БЕЗ ВТРАТИ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ

На основі експериментально отриманих вольтамперних характеристик варисторів визначена напруга при якій обмежувач перенапруг нелінійний (ОПН) починає проводити активний струм, що дозволило отримати уточнену математичну модель для розрахунку енергії, що впливає на ОПН та розробити метод оцінювання спроможності ОПН підтримувати тепловий баланс на протязі всього строку експлуатації. Бібл. 18, рис. 5.

Ключові слова: варистор, обмежувач перенапруг нелінійний, методика, математична модель, напруга, вольтамперні характеристики, тепловий баланс.

На основе экспериментально полученных вольтамперных характеристик варисторов определено напряжение, при котором ограничитель перенапряжений нелинейный (ОПН) начинает проводить активный ток, что позволило получить уточненную математическую модель для расчета энергии, которая действует на ОПН и разработать метод оценки способности ОПН поддерживать тепловой баланс на протяжении всего срока эксплуатации. Библ. 18, рис. 5.

Ключевые слова: варистор, ограничитель перенапряжений нелинейный, методика, математическая модель, напряжение, вольтамперные характеристики, тепловой баланс.

**Вступ.** Найважливішою характеристикою варистора, що визначає його функціональні можливості, є його спроможність поглинати енергію перенапруг без втрати теплового балансу. Провідні виробники варисторів для обмежувачів перенапруг нелінійних (ОПН) наводять в каталогах значення активної потужності, яку варистор може розсіювати без втрати теплового балансу на протязі всього періоду експлуатації.

Слід нагадати, що варисторна колонка ОПН під час експлуатації постійно знаходиться під впливом напруги електричної мережі, це призводить до постійного протікання через неї струму, який викликає втрати активної потужності. Ці втрати обумовлені наявністю різних видів поляризації та інших процесів, що є характерними для напівпровідників виготовлених на основі оксидноцинкової кераміки. Напруга, що діє в електричній мережі може містити гармонійні складові. Наявність у складі напруги вищих гармонік впливає на значення втрат активної потужності у колонці варисторів ОПН. Такий вплив може призводити до порушення теплового балансу ОПН. Тому для більш детального вивчення питання визначення втрат активної потужності в зоні струмів витоку вольтамперної характеристики (ВАХ) та їх вибору в мережах з низькою якістю електричної енергії, необхідно мати можливість розрахувати енергію, яку ОПН може поглинати на протязі всього часу експлуатації при дії найбільшої робочої напруги електричної мережі без порушення теплового балансу.

**Аналіз публікацій.** Усі дослідження та розрахунки енергії, що поглинає ОПН, як правило стосуються робочої зони ВАХ варистора та детально викладені в роботах [1 – 7, 12 – 15]. Однак аналізу роботи ОПН в зоні струмів витоку ВАХ дослідники приділяють дуже мало уваги та публікації на цю тему практично відсутні. В той же час подібний аналіз є необхідним для визначення спроможності ОПН залишатися під впливом найбільшої робочої напруги електричної мережі без порушення теплового балансу. Особливо актуальним це питання є для мереж з низькою якістю електричної енергії. Це викликано тим, що за наявності в мережі вищих гармонік напруги втрати активної

енергії в ОПН можуть стати значними та перевищити допустимі значення.

**Метою роботи** є розроблення методу визначення спроможності обмежувача перенапруг нелінійного поглинати енергію без втрати теплового балансу в режимах довгострокового прикладення робочої напруги, який дозволить виконувати аналіз їх роботи в умовах порушень якості електричної енергії.

**Метод рішення.** Для отримання значень енергії, що проходить скрізь ОПН необхідно мати можливість визначити значення струму за значенням напруги в зоні струмів витоку ВАХ. Нами проведено розрахунки енергії, що проходить скрізь ОПН за визначені відрізки часу на базі отриманих експериментально ВАХ. Характерні результати наведено на рис. 1.

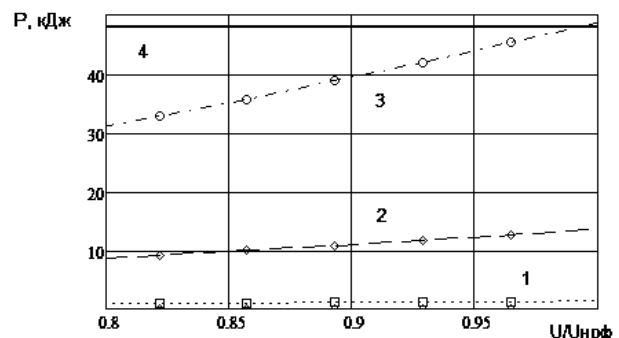


Рис. 1 Залежність активної потужності від величини фазної напруги, віднесеної до найбільшої фазної робочої напруги для ОПН, з максимальною робочою напругою 12 кВ:

- 1 – при дії напруги на протязі 1000 с;
- 2 – при дії напруги на протязі 10000 с;
- 3 – при дії напруги на протязі 36000 с;
- 4 – граничне значення потужності, що ОПН може розсіяти

Граничне значення активної потужності, яку ОПН може розсіяти розраховано в даному випадку за каталожними даними виробника за наступним виразом:

$$W_{гр} = W_{пит} \times U_{нр}, \quad (1)$$

де  $W_{гр}$  – гранична потужність при дії якої ОПН втрачає тепловий баланс;  $W_{пит}$  – питома енергія ОПН;  $U_{нр}$  – найбільша діюча напруга мережі.

Як видно з рис. 1 вже за 36000 с (за 10 годин) буде порушено тепловий баланс ОПН, що призведе до його руйнування та виникнення аварійної ситуації в електричній мережі. Досвід експлуатації ОПН в електричних мережах світу та України показує, що подібні випадки при дотриманні умов якості електричної енергії в мережі трапляються досить рідко. Розрахунковим часом по аналогії з графіком напруга час (рис. 2) можна вважати 100000 с.

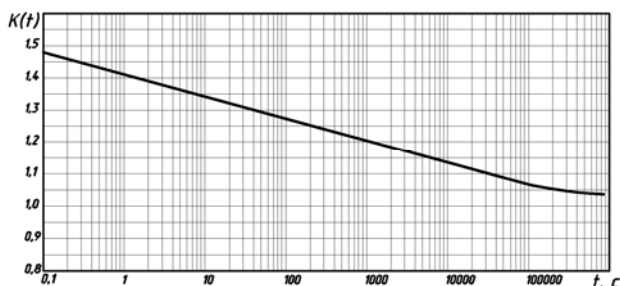


Рис. 2. Типова характеристика «напруга-час» ОПН 6-35 кВ ( $I_n = 10$  кА) при попередній дії двох нормованих імпульсів струму пропускної здатності тривалістю 2000 мкс

Отримані результати ілюструють, що розрахунки енергії, яка виділиться в ОПН, та виконані за виразом

$$w(t) = \int_0^t p(t) dt = \int_0^t u(t) \cdot i(t) dt,$$

де  $p(t)$  – миттєве значення активної потужності;  $u(t)$  – миттєве значення напруги;  $i(t)$  – миттєве значення струму;

дають суттєву похибку та не співпадають з результатами отриманими при аналізі схем заміщення ОПН

Значення розрахованих потужностей набагато перевищують ті, що були отримані при використанні виразу:

$$P = \frac{U^2 \omega \pi r^2 \varepsilon \varepsilon_0 t g \delta}{h},$$

де  $P$  – потужність що виділена в ОПН;  $r$  – радіус обкладки ОПН;  $\varepsilon$  – відносна діелектрична проникність ОПН;  $h$  – висота колонки варисторів ОПН;  $t g \delta$  – тангенс кута діелектричних втрат;  $\varepsilon_0$  – абсолютна діелектрична проникність.

Цей факт спонукав до пошуків чинників, які спроможні впливати на отримані результати. На першому місці серед інших стоїть та обставина, що при виконанні розрахунків енергії не були враховані діелектричні властивості варисторної кераміки в зоні струмів витоку ВАХ. Врахувавши дані вимірів ємностей та  $t g \delta$  можна виконати розрахунки енергії, що розсіяна у ОПН з урахуванням діелектричних властивостей варисторної кераміки. Результати таких розрахунків наведені на рис. 3, з якого добре видно, що значення енергії у випадку врахування діелектричних властивостей варисторної кераміки час до втрати ОПН теплового балансу суттєво зростає. Так для наведеного на рис. 3 типу ОПН він становить більше 600000 с (166,67 годин), що можна вважати практично безкінечністю.

Отримані результати не враховують тієї обставини, що при виконанні розрахунків нами не було розглянуто явище випромінювання енергії з поверхні ОПН під

час тривалого у часі впливу найбільшої робочої напруги електричної мережі в процесі його експлуатації. Експериментальні дослідження часу охолодження ОПН після впливу імпульсів великих струмів свідчать про досить повільне зменшення їх температури (10 – 30 хвилин). Однак час охолодження, під час подібних випробувань, ОПН набагато менший ніж отриманий нами під час розрахунку енергії що впливає на нього при роботі в зоні струмів витоку ВАХ [3, 6].

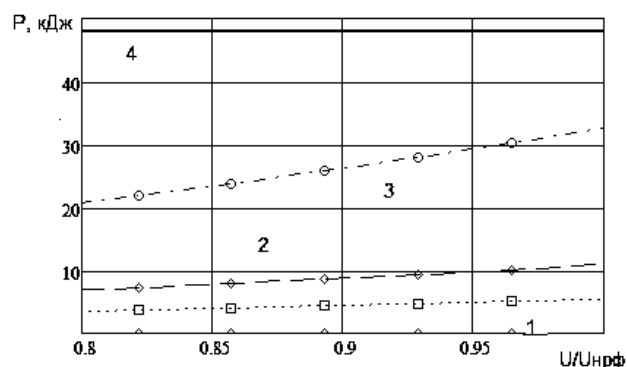


Рис. 3. Залежність активної потужності від величини фазної напруги віднесеної до найбільшої фазної робочої напруги для ОПН з максимальною робочою напругою 12 кВ з урахуванням діелектричних властивостей варисторної кераміки:

- 1 – при дії напруги на протязі 100000 с;
- 2 – при дії напруги на протязі 200000 с;
- 3 – при дії напруги на протязі 600000 с;

4 – граничне значення потужності, що ОПН може розсіяти

Слід зазначити, що отримані значення розрахункових енергій погано корелюються зі значеннями потужностей отриманих під час аналізу схем заміщення ОПН. Так, наприклад, для ОПН ТЕЛ 10/12 було отримано значення втрат активної потужності 0,1193 Вт, а розраховане без урахування діелектричних властивостей варисторної кераміки значення дорівнює 1,3528 Дж·с, що набагато перевищує отримане за розрахунками по схемам заміщення [1, 2, 17, 18] Урахування діелектричних властивостей варисторної кераміки призвело до зменшення величини активної потужності до значення 0,05411 Дж·с, яке суттєво менше отриманого при аналізі схем заміщення ОПН. Такі результати виявили недосконалість використаної моделі ОПН при розрахунках енергії за ВАХ. Це вказує на необхідність удосконалення розрахункової математичної моделі ОПН у зоні струмів витоку ВАХ та методу визначення активної потужності, яку він розсіює.

Подальший аналіз, отриманих експериментально ВАХ варисторів та літературних джерел, дозволив зробити важливий висновок, що діелектричні властивості варисторної кераміки впливають на величину втрат активної потужності у ОПН тільки коли активна складова струму витоку дуже мала. Це підтверджують вольтфарадні характеристики варисторів різних класів напруги. Характерні вольтфарадні характеристики варисторів наведені на рис. 4.

Значення напруги у маркуванні варисторів дорівнює найбільшій припустимій робочій напрузі даного типу варистора. Як видно з рис. 4 ємність варисторів залишається не змінною практично у всьому діапазоні робочих напруг. Однак при наближенні значень

напруги до найбільших припустимих значень ємність варисторів дуже швидко зменшується до нульових значень. Такий вигляд вольтфарадних характеристик варисторів обумовлений тим, що в структурі варисторної кераміки при підвищенні напруги з'являються кола, які проводять електричний струм. Таким чином, варистор перетворюється на провідник і втрачає активної потужності в ньому визначаються внутрішнім опором та діючою напругою. Подібна властивість варисторів та ОПН в цілому обумовлює необхідність урахування, як діелектричних так і провідних властивостей варисторної кераміки при аналізі роботи ОПН в зоні струмів витоку ВАХ. Наведені результати демонструють необхідність уточнення математичної моделі та методу для визначення енергії, що розсіює ОПН в зоні струмів витоку ВАХ з їх урахуванням.

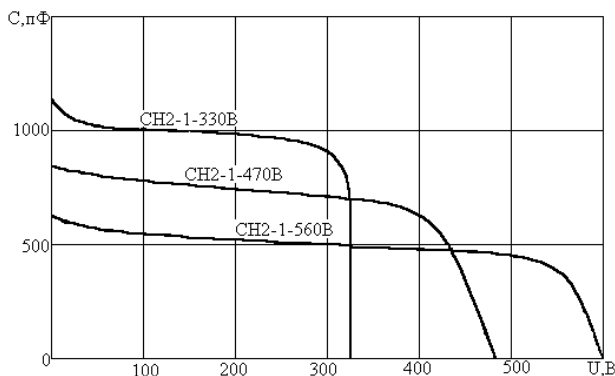


Рис. 4. Приклади вольтфарадних характеристик варисторів різних класів напруги [8 – 11, 15, 16]

Для подібного удосконалення вказаної математичної моделі необхідно визначити величину напруги при дії, якої варистор перетворюється на провідник. Детальне вивчення ВАХ варисторів, в зоні струмів витоку, дозволило отримати значення такої напруги у відносних одиницях. Для визначення такого значення напруги наведемо характерні ВАХ отримані у результаті експерименту.

З рис. 5 добре видно, що значення відношення діючої напруги до найбільшої робочої мережі, що дорівнює 0,65. ВАХ усіх досліджених варисторів практично ідентичні, а після цього значення вони починають суттєво розрізнятися. Такий вигляд ВАХ спостерігався для всіх видів досліджених варисторів різних типів, розмірів та виробників. Розбіжності ВАХ мають місце тому, що структура варисторної кераміки в кожному конкретному варисторі має індивідуальний вигляд. У одних варисторів кількість кіл, що проводять активний струм може бути більшою або меншою тому величина струму в зоні струмів витоку ВАХ ОПН може набагато відрізнятися та має унікальний вигляд для кожного окремо взятого варистора.

На базі вище викладеного існує можливість удосконалення математичної моделі та методу для визначення енергії, що розсіює ОПН в зоні струмів витоку ВАХ з урахуванням того, що при дії напруги, яка становить 65 % від найбільшої робочої напруги мережі ОПН практично перетворюється у провідник. Тому математичну модель для визначення енергії, що розсіює ОПН в зоні струмів витоку ВАХ можна записати наступним чином:

$$U < 0,65 \cdot U_{\text{нр}} \quad w(t) = \int_0^t u(t) \cdot i(t) dt; \quad (2)$$

$$U \geq 0,65 \cdot U_{\text{нр}} \quad w(t) = \int_0^t u(t) \cdot i(t) dt.$$

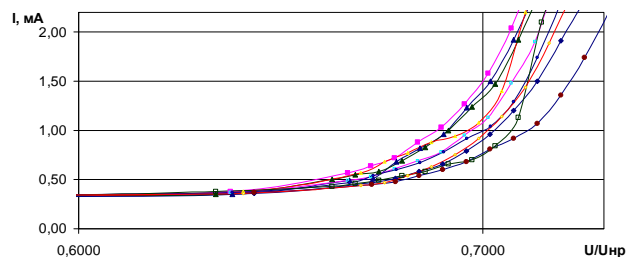


Рис. 5. Характерні ВАХ пар варисторів 5 кВ виробництва АВВ

Таке удосконалення математичної моделі для визначення енергії, що розсіює ОПН в зоні струмів витоку ВАХ, дозволить врахувати обидва стани ОПН, а саме коли він є діелектриком та коли він стає провідником, та розробити метод оцінювання спроможності ОПН підтримувати тепловий баланс на протязі всього строку експлуатації. Суть такого методу полягає в тому, що для визначення спроможності роботи ОПН без втрати теплового балансу, повинна бути розрахована енергія, що виділяється в ньому на протязі однієї секунди, при дії найбільшої робочої напруги мережі (2). Отримане значення енергії повинно бути меншим за припустимі втрати активної потужності зазначені в каталозі виробника варисторів. У випадку коли ОПН складається з декількох варисторів каталожні дані потужності для них мають бути додані одне до одного. Вираз та умови розрахунку енергії, що виділяється в ОПН на протязі однієї секунди, при дії найбільшої робочої напруги мережі, визначаються за наступним виразом:

$$U < U_{\text{нр}} \quad w(t) = \int_0^1 tg\delta \cdot u(t) \cdot i(t) dt; \quad (3)$$

$$U \geq U_{\text{нр}} \quad w(t) = \int_0^1 u(t) \cdot i(t) dt.$$

Використання такого методу визначення спроможності ОПН працювати без втрати теплового балансу дозволить на етапі вибору отримати його відповідний тип. На етапі виготовлення виробник, використавши наведений метод, може визначити у яких випадках може бути використаний даний тип ОПН, а також, при наявності інформації, про умови експлуатації, змінити необхідним чином його конструкцію та властивості.

Як свідчать виконані розрахунки з використанням наведеного методу та відповідно удосконаленої математичної моделі, для різних типів ОПН всі вони повинні нормально працювати в умовах мереж з якістю електричної енергії, яка відповідає ГОСТ. У разі низької якості електричної енергії в електричній мережі, ситуація докорінно змінюється. Вираз (3) в такому випадку може бути записаний наступним чином:

$$U < 0,65 \cdot U_{\text{нр}} \quad w(t) = \int_0^1 \sum_0^k tg\delta_k \times p_k(t) = \sum_0^k \int_0^1 tg\delta_k \cdot u_k(t) \cdot i_k(t) dt; \quad (4)$$

$$U \geq 0,65 \cdot U_{\text{нр}} \quad w(t) = \int_0^1 \sum_0^k p_k(t) = \sum_0^k \int_0^1 u_k(t) \cdot i_k(t) dt,$$

де  $k$  – номер гармонійної складової.

Вираз (3) представляє з себе удосконалену математичну модель для розрахунку суми втрат активних потужностей, які обумовлені діючими в мережі гармонійними складовими напруги. Така модель дозволяє реалізувати метод визначення спроможності ОПН, не втрачати теплового балансу на протязі всього періоду експлуатації в мережах з низькою якістю електричної енергії на етапі проектування захисту її від перенапруг. Можливість оцінювання спроможності ОПН витримувати впливи гармонійних коливань на етапі вибору та проектування є дуже важливою тому, що розвиток адаптивних систем керуючих процесами передавання та розподілу електричної енергії призводить до появи в мережі досить великої кількості вищих гармонік. Сучасні електричні мережі досить часто мають низьку якість електричної енергії за рахунок наявності в них неоднорідностей, які призводять до появи гармонійних коливань. Розроблений метод дозволяє проводити розрахунки енергії, що розсіюється в ОПН, при дії найбільшої робочої напруги в процесі експлуатації, та контролювати можливість порушення теплового його балансу не тільки за наявності в мережі гармонійних коливань, а й у випадку виникнення так званих інтергармонік напруги. Як показує практика, в мережах України досить часто виникають гармонійні та інтергармонійні коливання, що може призводити до виходу з ладу ОПН.

#### Висновки.

1. В роботі удосконалена математична модель для розрахунку енергії, що впливає на ОПН під час його довготривалої експлуатації.
2. Розроблено метод оцінювання спроможності ОПН підтримувати тепловий баланс на протязі всього строку експлуатації.
3. На основі експериментально отриманих ВАХ варисторів визначена напруга, при якій ОПН починає проводити активний струм, що дозволило отримати уточнену математично модель для розрахунку енергії, що впливає на ОПН та розробити метод оцінювання спроможності ОПН підтримувати тепловий баланс на протязі всього строку експлуатації.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хинрихсен Фолькер. Металлоксидные ограничители. Основы. – АО «Сименс», 2000. – 111 с.
2. IEEE Working Group 3.4.11 Modeling of metal oxide surge arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*. – 1992. – vol.7. – no.1. – pp. 302-309.
3. Darveniza M., Roby D., Tumma L.R. Laboratory and analytical studies of the effects of multipulse lightning current on metal oxide arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*. – 1994. – vol.9. – no.2. – pp. 764-771. doi: 10.1109/61.296255.
4. Darveniza M., Tumma L.R., Richter B., Roby D. Multipulse lightning currents and metal-oxide arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*. – 1997. – vol.12. – no.3. – pp. 1168-1175. doi: 10.1109/61.636934.
5. ABB MWK Surge Arrester Datasheet, Medium Voltage Products & Systems. Catalog 2011. Режим доступа: <http://new.abb.com/high-voltage/surge-arresters/medium-voltage-arresters>.
6. Magro M.C., Giannetoni M., Pinceti P. Validation of ZnO surge arresters model for overvoltage studies. *IEEE Transactions on Power Delivery*. – 2004. – vol.19. – no.4. – pp. 1692-1695. doi: 10.1109/tpwr.2004.832354.

7. Pinceti P., Giannetoni M. A simplified model for zinc oxide surge arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*. – 1999. – vol.14. – no.2. – pp. 393-398. doi: 10.1109/61.754079.
8. Exlim. Техническая информация. Руководство по выбору высоковольтных ограничителей перенапряжений производства фирмы АББ. – ЗАО АББ УЭТМ, 1996. – 24 с.
9. Ozgür U., Hofstetter D., Morkoç H. ZnO Devices and applications: A review of current status and future prospects. *Proceedings of the IEEE*. – 2010. – vol.98. – no.7. – pp. 1255-1268. doi: 10.1109/jproc.2010.2044550.
10. Khomchenko V.S., Kryshtab T.G., Savin A.K., Zavyalova L.V., Roshchina N.N., Rodionov V.E., Lytvyn O.S., Kushnirenko V.I., Khachatryan V.B., Andraça-Adame J.A. Fabrication and Properties of ZnO:Cu and ZnO:Ag Thin Films. Superlattices and Microstructures. – 2007. – vol.42. – no.1-6. – pp. 94-98. doi: 10.1016/j.spmi.2007.04.016.
11. Goedde G.L., Kojovic L.A., Woodworth J.J. Surge arrester characteristics that provide reliable overvoltage protection in distribution and low-voltage systems. 2000 Power Engineering Society Summer Meeting (Cat. No.00CH37134). – 2000. doi: 10.1109/pess.2000.867361.
12. Kim I., Funabashi T., Sasaki H., Hagiwara T., Kobayashi M. Study of ZnO surge arrester model for steep front wave. *IEEE Transactions on Power Delivery*. – 1996. – vol.11. – no.2. – pp. 834-841. doi: 10.1109/61.489341.
13. Fernández F., Diaz R. Metal oxide surge arrester model for fast transient simulations. The Int. Conf. on Power System Transients IPST'01, 20-24 June 2001, Rio De Janeiro, Brazil. Paper №01IPST056. Режим доступа: [http://www.ipstconf.org/papers/Proc\\_IPST2001/01IPST056.pdf](http://www.ipstconf.org/papers/Proc_IPST2001/01IPST056.pdf).
14. Nakada K., Yokoyama S., Yokota T., Asakawa A., Kawabata T. Analytical study on prevention for distribution arrester outages caused by winter lightning. *IEEE Transactions on Power Delivery*. – 1998. – vol.13. – no.4. – pp. 1399-1404. doi: 10.1109/61.714514.
15. Berger K., Anderson R.B., Kroninger H. Parameters of lightning flashes. *Electra*. – 1975. – vol.41. – pp. 23-37.
16. Гриб О.Г., Шевченко С.Ю., Гапон Д.А., Иерусалимова Т.С., Жданов Р.В. Работа средств защиты от перенапряжения при наличии в электрических сетях высших гармоник. *Вісник НТУ «ХП»*. – 2014. – №41(1084). – С. 78-86.
17. Выбор, испытание и применение металлооксидных ограничителей перенапряжений в сетях среднего напряжения. Правила выбора. ABB High Voltage Technologies Ltd. – Швейцария, Ветинген, Май, 1994.
18. Металлооксидные ограничители перенапряжений. Выбор ограничителей перенапряжений и их применение в распределительных сетях среднего напряжения: Информация Тайко Электроникс Райхем Гмбх. – Киев, 2011. – 18 с.

#### REFERENCES

1. Hinrichsen V. *Metal-oxide surge arresters. Basics*. JSC «Siemens», 2000. 111 p. (Rus).
2. IEEE Working Group 3.4.11. Modeling of metal oxide surge arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1992, vol.7, no.1, pp. 302-309. doi: 10.1109/61.108922.
3. Darveniza M., Roby D., Tumma L.R. Laboratory and analytical studies of the effects of multipulse lightning current on metal oxide arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1994, vol.9, no.2, pp. 764-771. doi: 10.1109/61.296255.
4. Darveniza M., Tumma L.R., Richter B., Roby D. Multipulse lightning currents and metal-oxide arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1997, vol.12, no.3, pp. 1168-1175. doi: 10.1109/61.636934.
5. *ABB MWK Surge Arrester Datasheet, Medium Voltage Products & Systems. Catalog 2011*. Available at: <http://new.abb.com/high-voltage/surge-arresters/medium-voltage-arresters> (accessed 13 May 2012).

6. Magro M.C., Giannettoni M., Pinceti P. Validation of ZnO surge arresters model for overvoltage studies. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2004, vol.19, no.4, pp. 1692-1695. doi: 10.1109/tpwrd.2004.832354.
7. Pinceti P., Giannettoni M. A simplified model for zinc oxide surge arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1999, vol.14, no.2, pp. 393-398. doi: 10.1109/61.754079.
8. Exlim. *Technical information. Guidance on the selection of high-voltage surge arresters produced by ABB*. Company ABB UETM, 1996. 24 p. (Rus).
9. Ozgür U., Hofstetter D., Morkoç H. ZnO Devices and applications: A review of current status and future prospects. *Proceedings of the IEEE*, 2010, vol.98, no.7, pp. 1255-1268. doi: 10.1109/jproc.2010.2044550.
10. Khomchenko V.S., Kryshab T.G., Savin A.K., Zavyalova L.V., Roshchina N.N., Rodionov V.E., Lytvyn O.S., Kushnirenko V.I., Khachatryan V.B., Andraca-Adame J.A. Fabrication and Properties of ZnO:Cu and ZnO:Ag Thin Films. *Superlattices and Microstructures*, 2007, vol.42, no.1-6, pp. 94-98. doi: 10.1016/j.spmi.2007.04.016.
11. Goedde G.L., Kojovic L.A., Woodworth J.J. Surge arrester characteristics that provide reliable overvoltage protection in distribution and low-voltage systems. *2000 Power Engineering Society Summer Meeting* (Cat. no.00CH37134), 2000. doi: 10.1109/pess.2000.867361.
12. Kim I., Funabashi T., Sasaki H., Hagiwara T., Kobayashi M. Study of ZnO surge arrester model for steep front wave. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1996, vol.11, no.2, pp. 834-841. doi: 10.1109/61.489341.
13. Fernández F., Diaz R. Metal oxide surge arrester model for fast transient simulations. *The Int. Conf. on Power System Transients IPST'01*, 20-24 June 2001, Rio De Janeiro, Brazil. Paper №01IPST056. Available at: [http://www.ipstconf.org/papers/Proc\\_IPST2001/01IPST056.pdf](http://www.ipstconf.org/papers/Proc_IPST2001/01IPST056.pdf) (accessed 18 September 2013).
14. Nakada K., Yokoyama S., Yokota T., Asakawa A., Kawabata T. Analytical study on prevention for distribution arrester outages caused by winter lightning. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1998, vol.13, no.4, pp. 1399-1404. doi: 10.1109/61.714514.
15. Berger K., Anderson R.B., Kroninger H. Parameters of lightning flashes. *Electra*, 1975, vol.41, pp. 23-37.
16. Gryb O.G. Shevchenko S.Yu., Gapon D.A., Ierusalimova T.S., Zhdanov R.V. Bot protection surge in power in the presence of higher harmonics. *Visnyk NTU «KhPI» – Bulletin of NTU «KhPI»*, 2014, no.41(1084), pp. 78-86. (Rus).
17. *Selecting, testing and application of metal oxide surge arresters in medium voltage networks. Selection Rules*. ABB High Voltage Technologies Ltd. Switzerland, Vetingen, May 1994. (Rus).
18. *Metal oxide surge arresters. Selection of surge arresters and their application in the distribution networks of medium voltage: Info Tyco Electronics*. Kyiv, 2011. 18 p. (Rus).

Надійшла (received) 16.04.2015

Шевченко Сергій Юрійович, к.т.н., проф.,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21,  
тел/phone +38 057 7076977, e-mail: syurik42@rambler.ru

S.Yu. Shevchenko

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
21, Frunze Str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

**A method of determining the ability of the arrester to absorb energy without breaking the heat balance.**

**Purpose.** The aim of this study is to obtain a method for determining the capacity surge arrester nonlinear absorb energy without breaking the heat balance in modes of long-term application of operating voltage, which allows for analysis of their work in terms of violations as electricity. **Methodology.** For values of the energy passing through the arrester must be able to determine the current value for the voltage value in the area of leakage current-voltage characteristics. We have carried out calculations of the energy passing everywhere arrester for certain periods of time based on the current-voltage characteristics obtained experimentally. Analysis of the experimental current-voltage characteristics of resistors and literature led to the important conclusion that the dielectric properties of the ceramic varistor affect the value of active power losses in the arrester only when the active component of the leakage current is very small. This is confirmed by the characteristics of different classes of varistor voltage. This property of varistors and surge arresters shows the need to consider how the dielectric and conductive properties of the varistor ceramics in the analysis of work in the area of the arrester leakage current-voltage characteristic. These results demonstrate the need to clarify the mathematical model and the method for determining the energy dissipates in the area of the arrester leakage current CVC with their account. **Results.** The study, an improved mathematical model for calculating energy affects surge arrester during its working life. The study obtained the method, of evaluation capacity surge arrester, maintains heat balance throughout working life. Based on experimentally obtained current-voltage characteristic of the varistors is defined voltage at which surge arrester starts conducting active current. This allowed to receive specified mathematical model for calculating energy affects surge arrester and develop a method of evaluation capacity surge arrester maintain heat balance throughout working life. References 18, figures 5. **Key words:** varistor, surge arrester, method, mathematical model, voltage, current-voltage characteristics, heat balance.