

# КОНСТРУКЦІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГ

**Білоус Д. Є., студент, Паненко О. М., асистент**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем*

**Вступ.** Основними апаратами, що захищають від перенапруг що виникають в електричних мережах, довгі роки були вентиляльні розрядники (ВР). Але вони морально та конструктивно застаріли, і ще наприкінці минулого століття почався здійснюватись процес заміни вентиляльних розрядників на нелінійні обмежувачі перенапруг. Вентиляльні розрядники на сьогодні випускаються тільки для середніх класів напруги, а ті, що використовуються в більшості випадків, відслужили свій нормативний термін. При модернізації існуючих схем захисту необхідно вирішувати додаткове завдання щодо вибору ОПН, призначених для заміни застарілих ВР.

**Мета роботи.** Висвітлення будови, принципу роботи та застосування нелінійних обмежувачів перенапруг.

**Матеріали дослідження.** Нелінійний обмежувач перенапруг (ОПН) – електричний апарат, призначений для захисту обладнання систем електропостачання від комутаційних та грозових перенапруг. ОПН на сьогоднішній день є основним і мабуть одним із найбільш ефективних засобів захисту обладнання електричних мереж від перенапруг.

Основний елемент ОПН – варистор (нелінійний опір) на основі оксиду цинку. Основна (активна) частина ОПН складається з набору варисторів, з'єднаних послідовно у колонку. В залежності від необхідних характеристик ОПН і його конструкції обмежувач перенапруг може складатись з одної або декількох колонок, з'єднаних послідовно (збільшуються напруги, що характеризують ОПН) або паралельно (збільшуються струмові характеристики)[1].

Зовнішня ізоляція ОПН може забезпечуватися або фарфоровим корпусом (покришкою), або полімерним корпусом. Колонка варисторів укладається безпосередньо у високоміцний полімерний корпус із високомолекулярного каучуку (у разі полімерної ізоляційної покришки), або у склопластикову трубу, розташовану всередині покришки (і для полімерної і для фарфорової ізоляції). В ОПН з полімерною ізоляцією простір між склопластиковою трубою та колонкою варисторів заповнюється низькомолекулярним каучуком, а сама труба має розрахункову кількість отворів для забезпечення вибухобезпечності конструкції при проходженні надмірних струмів короткого замикання. У разі фарфорової ізоляції на торцевих сторонах покришки присутні мембрани і герметизуючі гумові кільця ущільнювачів, а на фланцях встановлюють спеціальні кришки з вихлопними отворами для забезпечення вибухобезпечності конструкції при проходженні струмів короткого замикання. Металеві високовольтні екрани на верхньому фланці сприяють рівномірному розподілу електричного поля і запобіганню виникненню коронного розряду, що виникає в цих місцях, і знижують втрати в мережі на корону [2]. В теперішній час ОПН з фарфоровим

корпусом випускаються тільки для високих та надвисоких класів напруг або для забезпечення дуже високої пропускну здатності.

Дія ОПН при захисті проходить наступним чином. У нормальному робочому режимі мережі струм через обмежувач має ємнісний характер і становить десяті частки міліампера. При виникненні перенапруг варистори ОПН переходять у провідний стан (струм через апарат сягає десятків кілоампер) і обмежують подальше наростання перенапруги до рівня, безпечного для ізоляції електроустановки, що захищається. Коли перенапруга знижується, обмежувач знову повертається до непровідного стану [3].

Особливість дії ОПН порівняно з ВР обумовлена значно більшою нелінійністю вольт-амперної характеристики (ВАХ) варисторів ОПН (на основі оксиду цинку ZnO) порівняно з СВАХ нелінійних опорів ВР (коефіцієнт не лінійності СВАХ ZnO варисторів - 0,02, порівняно з 0,4 ВАХ ВР). Завдяки великій нелінійності можливе безперервне і безпечне знаходження ОПН під робочою напругою мережі (протікає малий ємнісний струм), при цьому забезпечується високий рівень захисту електроустановки при дії перенапруги. Дані властивості дозволили виключити із конструкції ОПН іскрові проміжки що значно спростило конструкцію захисного апарату та поліпшило захисні характеристики.

При виборі ОПН необхідно задовольнити такі суперечливі вимоги:

- ОПН має надійно працювати без руйнування та зміни параметрів під час неперервної дії нормальних робочих напруг мережі і короточасних підвищень напруг в робочих режимах;
- ОПН має обмежувати комутаційні та грозові перенапруги до значень, за яких буде забезпечено надійну роботу ізоляції захищеного електрообладнання протягом всього терміну служби ОПН.

### **Вибір основних характеристик ОПН.**

Вибір ОПН фактично означає визначення головних характеристик обмежувача.

1. Вибір характеристик для нормальної роботи мережі.

Вибір тривало допустимої робочої напруги ОПН ( $U_d$ ).

При виборі тривало допустимої робочої напруги орієнтуються на найбільшу робочу напругу мережі і характеристики можливих тимчасових підвищень напруги мережі що перевищують найбільшу робочу напругу впродовж певного часу. Наприклад, у мережах від 6 кВ до 35 кВ, які працюють з ізольованою нейтраллю або з компенсацією ємнісного струму на землю, не містять обертових машин і які допускають необмежено тривале існування стійкого металевого замикання на землю, тривало допустиму робочу напругу вибирають більшою або рівною найбільшій робочій (лінійній) напрузі в електричній мережі.

2. Вибір за захисними характеристиками.

Вибір номінального розрядного струму ( $I_n$ ). Одна з головних класифікаційних характеристик ОПН. При виборі орієнтуються на характеристики грозової діяльності та характеристики блискавкозахисту притаманній мережі.

Струм вибирають з ряду: 5; 10; 20 кА за ІЕС 60099-4. Взаємозв'язок номінального розрядного струму  $I_n$  з класом ОПН за пропускною здатністю та нормованими максимальними значеннями імпульсних струмів через ОПН наведений в табл. 1.

Таблиця 1 – Нормовані максимальні значення імпульсних струмів через ОПН

Клас ОПН за пропускною здатністю	Номінальний розрядний струм, кА	Максимальні значення нормованих струмів, А, при імпульсах		
		30/60 мкс	8/20 мкс	1/9 мкс
1	5	125, 250, 500	2500, 5000, 10000	5000
	10	125, 250, 500	5000, 10000, 20000	10000
2	10	250, 500, 1000	5000, 10000, 20000	10000
3	10	500, 1000, 2000	5000, 10000, 20000	10000
4	10	500, 1000, 2000	5000, 10000, 20000	10000
	20	500, 1000, 2000	10000, 20000, 40000	20000
5	20	500, 1000, 2000	10000, 20000, 40000	20000

Існує тенденція вибирати ОПН з номінальним струмом не менше 10 кА навіть в мережах середньої напруги (6-35кВ). ОПН з номінальним струмом 20 кА вибирати у випадках необхідності розсіювати енергію великих імпульсних струмів, забезпечення великої пропускної здатності [4].

Вибір питомої енергоємності та класу пропускної здатності ОПН.

Під енергоємністю ОПН розуміють енергію, яку ОПН здатний поглинути без руйнування при протіканні через нього струмів, обумовлених виникненням перенапруг: грозових, комутаційних, дугових. Значення поглинутої обмежувачем перенапруг енергії, віднесене до тривало допустимої робочої напруги називають питомою енергоємністю.

Вибір залишкових напруг ОПН для захисту від комутаційних ( $U_{зк}$ ) та грозових перенапруг ( $U_{зг}$ ).

Ці напруги характеризують спроможність виконувати ОПН свою основну функцію – захист обладнання. Вони визначаються як найбільші значення напруги на ОПН при впливі відповідно комутаційних та грозових імпульсів струму нормованих форм.

Вибирають ОПН з такими значеннями залишкової напруги що менше відповідних допустимих напруг для ізоляції електрообладнання. Різниця між напругою допустимою для впливу на ізоляцію електрообладнання і залишковою напругою ОПН називають координативним інтервалом. Встановлений ОПН

повинен забезпечити координаційний інтервал не менше певної нормованої величини.

Для ОПН в мережах з можливістю однофазних дугових замикань на землю залишкова напруга на ОПН визначається з урахуванням небезпечних енерговиділень в ОПН від дугових перенапруг, які виникають протягом кожного півперіоду змінної напруги. В разі реконструкції мережі Узг не повинна бути більшою, ніж залишкова напруга на відповідному вентиляльному розряднику. Залишкова напруга на ОПН для електричних машин при комутаційних і грозових перенапругах визначається амплітудним значенням однохвилинної випробувальної змінної напруги.

### 3. Вибір ОПН за умовами забезпечення вибухобезпечності.

Задоволення вимоги вибухобезпечності ОПН виконують вибором допустимого струму короткого замикання що є характеристикою ОПН. Вибирають ОПН з допустимим струмом Струм через ОПН для забезпечення вибухобезпечності не менше, ніж на 10% більше значення двофазного або трифазного (більшого з них) струму короткого замикання в місці встановлення ОПН.

**Висновки.** Застосування ОПН дозволяє значно знизити рівень комутаційних перенапруг, істотно покращити показник надійності грозозахисту, в разі покращити масогабаритні показники захисних апаратів. ОПН дають можливість здійснити програму покращення техніко-економічних показників електричних мереж високої та надвисокої напруги.

### Перелік посилань

1. Область применения, выбор и расчет ОПН, установленных в сети 0,4-750кВ: Электронный учебный материал/ Паперный Л.Е., Алейникова М.В.– Минск: Изд-во БНТУ, 2015.– 19 с.

2. Elprocus. What is a Surge Arrester: Working, Types and Its Characteristics. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.elprocus.com/what-is-a-surge-arrester-working-types-and-its-characteristics/>

3. Chnt global. The Only Guide You Need for Surge Arrester. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://chintglobal.com/blog/surge-arrester/>

4. Александр Зубков. Ограничители перенапряжений. Средство повышения грозоупорности двухцепных ВЛ 110–330 кВ. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://news.elteh.ru/arh/2005/34/07.php>