

## ПОЛІМЕРНІ ІЗОЛЯТОРИ ДЛЯ СУДНОВИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ СИСТЕМ

*Хілінський Д. О.*

*Херсонська державна морська академія*

*Керівник: к.т.н., доц., Доценко Г. Г.*

**Вступ.** Суднові високовольтні системи є критично важливими електроенергетичними комплексами, що вимагають особливої уваги через їхній значний вплив на надійність та безпеку судна. Експлуатація такого обладнання вимагає суворого дотримання нормативних вимог, визначених морськими конвенціями та стандартами, а також високого рівня кваліфікації суднових електромеханіків.

Сучасний розвиток електроенергетики морського флоту супроводжується постійним підвищенням вимог до надійності, компактності та безпеки суднових високовольтних систем. З огляду на обмежений простір на борту суден, складні умови експлуатації (висока вологість, вплив соляного туману, механічні навантаження та вібрації), особливе значення має вибір ізоляційних матеріалів та конструкцій. Традиційні керамічні та скляні ізолятори, попри їхню перевірену ефективність, поступово замінюються полімерними аналогами, які вирізняються меншою масою, високою механічною міцністю та стійкістю до забруднень.

У цій статті представлено аналіз переваг та недоліків використання сучасних полімерних ізоляторів у суднових високовольтних системах. Розглянуто їхні експлуатаційні характеристики, а також вплив на надійність та безпеку суднових електромереж [1].

**Виклад основного матеріалу.** Одним з ключових факторів безпечної експлуатації є надійність ізоляції, зокрема ізоляційних пристроїв. При проектуванні та виборі високовольтних систем необхідно враховувати такі важливі критерії, як падіння напруги та втрати в мережах. Ці параметри визначають ефективність та безпеку системи, що є важливим аргументом на користь переходу до суднових високовольтних електроенергетичних систем.

Полімерні ізолятори у суднових високовольтних системах не лише знижують навантаження на конструкції й спрощують монтаж, а й забезпечують тривалий термін служби за умов агресивного морського середовища. Дослідження їхніх властивостей, оптимальних сфер застосування та перспектив розвитку є актуальним завданням сучасної морської електротехніки.

З кожним роком суднове електроустаткування вдосконалюється та модернізується. Введено в експлуатацію значну кількість потужних електроприводів, що застосовуються у вантажних, тралових, підрулюючих, та багатьох інших пристроях, що забезпечують живучість та продуктивність судна.

Однією з найскладніших завдань у безпечній експлуатації електроустаткування є ізолювання частин, що знаходяться під напругою. Але при вирішенні потрібно врахувати конструкцію та особливості судна. Таким чином, для такої проблеми є рішення — використовують полімери, які здійснюють безперервне постачання електроенергії до споживачеві.

Цей тип ізоляції вперше став застосовуватися наприкінці 60-х і складався з твердого матеріалу — епоксидної смоли, яка руйнувалася та втрачала свої властивості при дії на неї сонячних променів та високих температур, тому цей ізоляційний пристрій міг прослужити в кращому випадку 7 років [2].

Полімери — це хімічні сполуки, які складаються з великої кількості ланок, що повторюються. Внутрішні процеси відбуваються до тих пір, поки головна частка не розпадеться на мономері, при цьому змінюючи властивості полімерів але через ультрафіолет та сонячну радіацію відбувається прискорене старіння, а через термічні зміни значно знижується механічна міцність. Однак з поступовим розвитком полімерів ці недоліки зводяться до мінімуму.

На сьогоднішній день конструкція на основі високоякісних полімерів не поступається у використанні фарфоровим та скляним ізоляторам під час експлуатації їх у високовольтних системах. Ізоляційні пристрої такого типу діляться на три покоління [3].

*Перша група* (покоління) збирається вручну із зклеєною кремнійорганічною оболонкою через проклеювання. Ізолятори такого типу схильні до частот розгерметизації швів. Така проблема може призвести до виходу з ладу ізолятора через попадання вологи всередину. У зв'язку з цим відбувається втрата його механічної та електричної міцності.

Під час створення полімерних ізоляторів *другого покоління* було враховано недоліки попередніх пристроїв, для цього було вдосконалено точки герметизації вузла сполучення оконцевателя з захисною оболонкою.

*Третя група* являє собою цільнолітий ізолятор з кремнійорганічною оболонкою, але з найкращим захистом від проникнення вологи найслабшого вузла – входу стрижня в оконцеватель [4].

Перевагою полімерних ізоляторів третього покоління від інших груп є надійність. Вона полягає у підвищеному захисті входу найслабшого вузла від попадання вологи всередину, оболонка має високу адгезією до оконцевателя та стрижня ізолятора.

Конструкція полімерних ізоляторів проста: склопластиковий штир потрібен для електричної та механічної стійкості; шар з полімеру забезпечує захисну функцію штиря ізолятора від кліматичного впливу; металевий оконцеватель служить для приєднання ізолятора до дротів та інших опор.

У процесі використання цього обладнання можна виділити переваги та недоліки. До переваг можна віднести: міцна та гнучка конструкція, малогабаритність, підвищена міцність, стійкість до сонячних променів, простота в обслуговуванні, а також висока стійкість до перенапруги. Можна виділити той факт, що вони не залежать від температури та кліматичних змін.

До їх головних недоліків належать: підвищена пожежна небезпека, фактор старіння, що призводить до зменшення механічної та електричної міцності, складність у демонтажі та заміні, термін служби багато в чому залежить від компонентів.

Якщо врахувати, що високовольтні ізолятори раніше були дорожчими в експлуатації ніж інші, то зараз їх застосування може зробити високий економічний ефект, так як попит на них піднявся, ціна впала, відповідно, вигіднішим стало виробництво полімерних ізоляторів вище 220 кВ. На сучасному ринку застосування цього типу ізоляції має високі перспективи розвитку.

Високовольтні ізолятори, на відміну від інших, є більш екологічними, якісними та менш витратними, так що можна припустити, що в найближчому майбутньому вони будуть застосовуватися набагато частіше та замінять скляні ізолятори. Якщо доопрацювати їх деякі недоліки, то можна буде використовувати їх у судових високовольтних системах.

Незважаючи на те, що низьковольтне обладнання дешевше, простіше і не вимагає висококваліфікованого персоналу, прогрес не стоїть на місці, та неминуче відбудеться підвищення номінальної напруги мережі, що у свою черга спричинить модернізацію електроустаткування та підвищення його потужності.

Використання полімерних ізоляторів у суднобудуванні має чіткі прикладні перспективи, які пов'язані з особливостями експлуатації різних типів суден:

1. *Торговельні та контейнерні судна.* На великих вантажних і контейнерних суднах, де високовольтні системи забезпечують розподіл електроенергії між численними споживачами, полімерні ізолятори дають змогу зменшити масу електрообладнання та знизити навантаження на конструкції. Це особливо важливо для розміщення в обмежених електроенергетичних відсіках.
2. *Пасажирські лайнери та круїзні судна.* Тут актуальним є питання безпеки та надійності. Полімерні ізолятори з високою стійкістю до трекінгу та забруднень

здатні зменшити ризик аварійних ситуацій у вологому середовищі, а також забезпечити безперебійну роботу систем життєзабезпечення на борту.

3. *Військові кораблі.* Для військово-морських суден критичною є не лише надійність, але й стійкість до ударних навантажень та вібрацій. Перспективним напрямом є створення полімерних ізоляторів з посиленими механічними характеристиками, що витримують динамічні навантаження під час маневрів або бойових дій.
4. *Криголами та науково-дослідні судна.* В умовах Арктики та Антарктики високовольтні системи зазнають впливу низьких температур та обмерзання. Використання полімерних ізоляторів зі спеціальними гідрофобними покриттями дозволить знизити ризик утворення крижаних наростів та підвищити надійність роботи енергосистем.
5. *Судна з електричною та гібридною енергетичною установкою.* У зв'язку з переходом на більш екологічні технології, суднобудування активно розвиває системи з повною електрифікацією. Тут полімерні ізолятори стають основним рішенням завдяки компактності, низькій масі та можливості інтеграції систем моніторингу стану ізоляції.

Загалом, подальший розвиток цієї галузі спрямований на створення полімерних ізоляторів нового покоління, які поєднуюватимуть легкість, стійкість до агресивних морських умов та можливість інтеграції в «розумні» судові енергетичні комплекси.

**Висновки.** У представлений роботі проведено аналіз використання полімерних ізоляторів, які мають ряд переваг, таких як міцність, гнучкість, стійкість до зовнішніх впливів та простота обслуговування. Вони є конкурентоспроможними порівняно з традиційними ізоляторами з фарфору та скла.

Хоча полімерні ізолятори мають деякі недоліки, такі як пожежна небезпека та старіння матеріалу, які потребують подальшого дослідження та удосконалення, однак їхня економічна ефективність та екологічність роблять їх перспективними для широкого застосування на судах.

В цілому, дослідження та впровадження полімерних ізоляторів є важливим кроком до покращення судових високовольтних систем, роблячи їх більш надійними, безпечними та екологічно чистими.

Таким чином, тема покращення високовольтної ізоляції актуальна і вимагає глибокого аналізу шляхом вивчення досвіду вже використовуваних та нових полімерних ізоляторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міжнародна Конвенція по охороні людського життя на морі 1974 року (СОЛАС–74) — International convention for the safety of life at sea, 1974 : SOLAS : International convention for the safety of life at sea, 1974: SOLAS: консолідований текст, змінений Протоколом 1988 до неї, з поправками: [переклад]. Лондон: ІМО, 2015. 1088 с.
2. Василега П. О. Електропостачання. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 415 с.
3. Шумілов М.Ю., Шумілов Ю.Н., Набока Б.Г. Забезпечення надійності полімерних ізоляторів із цільнолитими захисними оболонками. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Харків: НТУ «ХПІ». 2006. № 34 С. 92–101.