

## ВИСОКОВОЛЬТНІ СИСТЕМИ: КЛЮЧ ДО ЕФЕКТИВНОГО ТА ЕКОЛОГІЧНОГО СУДНОПЛАВСТВА

*Топалов О.І., Дощенко Г.Г.*  
*Херсонська державна морська академія*  
*(Україна)*

**Вступ.** В умовах стрімкої електрифікації судноплавства та зростання вимог до екологічності, високовольтні системи відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності та безпеки суден. Ми обговоримо основні тенденції розвитку цієї галузі, виклики, що постають перед нами, та інноваційні рішення, які дозволяють їх подолати.

Сучасне суднобудування перебуває на порозі революційних змін, де електрифікація та автоматизація стають ключовими драйверами розвитку. Високовольтні системи відіграють вирішальну роль у цьому процесі, забезпечуючи живлення потужних установок і сприяючи підвищенню ефективності суден.

Завдання зниження втрат в потужності електрообладнання сьогодні особливо актуальна з причини високих цін на паливо, тому застосування високої напруги для потужного суднового електрообладнання стало нормою.

**Актуальність досліджень.** Зростання енергоозброєності морських суден, обумовлений в першу чергу застосуванням потужних електроприводів в електричному русі, підрулюючих пристроях, вантажних насосах та інших механізмах, зажадав переходу від звичайної трифазної напруги 440 V до високовольтних систем не дивлячись на те, що вартість низьковольтного обладнання та його установка, в порівнянні з високовольтним, є відносно низькою, і експлуатація його не вимагає високого рівня кваліфікації для безпечної роботи. Проте, коли мова йде про потужні електроприводи, то такі критерії, як падіння напруги і втрати у лінії стають визначальними у виборі величини напруги живлення на суднах.

Зростання вимог до екологічності та зниження викидів шкідливих речовин стимулює розвиток гібридних та повністю електричних суден. Це, своєю чергою, призводить до збільшення потужності суднових систем і необхідності використання високовольтних технологій [1].

Основні тенденції розвитку включають:

- використання систем накопичення енергії: Акумулятори та супер конденсатори стають невід'ємною частиною сучасних суднових систем, забезпечуючи резервне живлення та можливість використання енергії, накопиченої з відновлюваних джерел.
- Інтеграція відновлюваних джерел енергії: Сонячні панелі та вітрові турбіни все частіше використовуються на суднах для зниження залежності від традиційних джерел палива.
- Розвиток інтелектуальних систем керування та моніторингу: Цифрові технології дозволяють оптимізувати роботу високовольтних систем, підвищуючи їх ефективність та безпеку.

Однак, розвиток високовольтних технологій також пов'язаний з певними викликами, такими як забезпечення безпеки, оптимізація енергоспоживання та підготовка кваліфікованого персоналу.

**Постановка задачі.** Задачею даної роботи було показати дослідження розвитку використання високовольтних суднових систем в напрямку покращення екологічності та зниження викидів шкідливих речовин, які в свою чергу пов'язані з забезпеченням безпеки, оптимізації енергоспоживання та підготовкою кваліфікованого персоналу.

**Результати досліджень.** Безпека є найважливішим аспектом при роботі з високовольтними системами на суднах. Міжнародні стандарти, такі як IEC та ISO, а також правила класифікаційних товариств, встановлюють жорсткі вимоги до проектування,

встановлення та експлуатації суднових високовольтних установок [2–3]. На рис.1 наведено схему розташування обладнання.

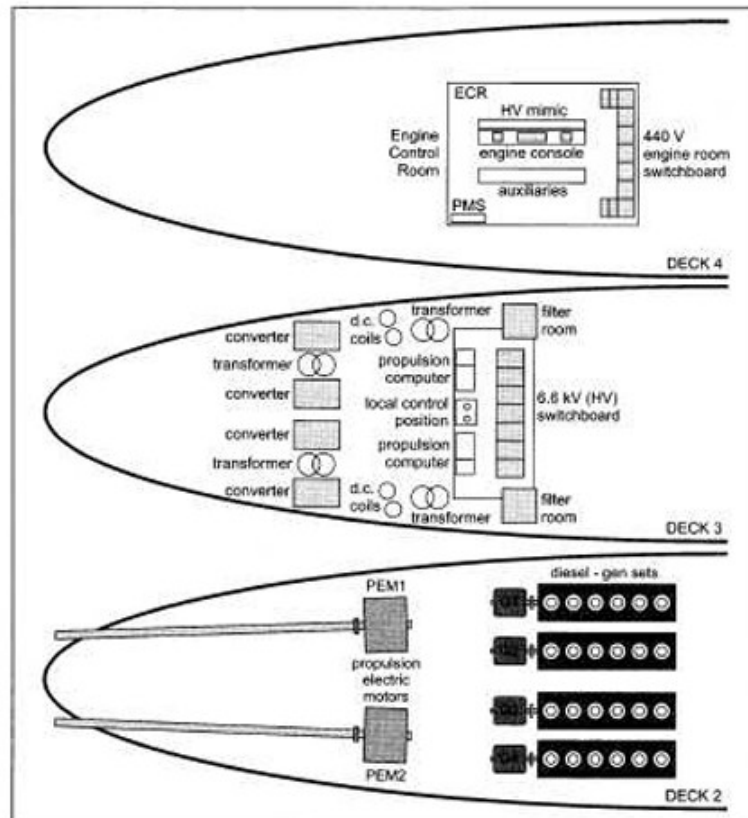


Рисунок 1 — Схема розташування обладнання електрохода з генераторами високої напруги:

HV- high voltage — висока напруга; Engine Control Room (ECR) — центральний пост управління ЦПУ; Power Management System (PMS) — система управління потужністю; 440 V engine room switchboard — щит 440 В у машинному відділенні; DECK — палуба;

Converter — перетворювач; Transformer — трансформатор; d.c.coils — реактори; propulsion computer — комп'ютер керування електрорухом; local control position — пост місцевого управління; filter room – приміщення фільтрів; 6.6 kV (HV) switchboard — розподільний щит 6,6 кВ високої напруги; Propulsion electric motors (PEM) — гребні електродвигуни; Diesel gen sets — дизель-генератори

Належний рівень безпечної експлуатації суднового електрообладнання досягається особами, які мають достатні технічні знання за своїми функціональними обов'язками, що дозволяє їм уникати небезпеки.

Беручи до уваги те, що на даний час вкрай недостатньо суднового персоналу, компетентного в цій галузі, виникла гостра необхідність в організації та проведенні спеціальних курсів доподготовки суднових механіків і електромеханіків, які працювали на суднах з низьковольтним обладнанням і планованих для роботи на суднах з високовольтним обладнанням. Крім технічних аспектів своєї роботи, повинні за час підготовки ознайомитися з процедурами, правилами і документами безпеки, за якими вони працюють, а також ясно зрозуміти відповідальність щодо забезпечення безпеки та безпечної роботи з високовольтним обладнанням [4].

Основні ризики, які пов'язані з використанням високої напруги на суднах, включають:

електричні удари та ураження, виникнення пожеж та вибухів, електромагнітні випромінювання тощо.

Для мінімізації цих ризиків необхідно вживати суворих заходів безпеки, таких як використання ізоляційних матеріалів, захисного обладнання, систем захисту від перевантажень та коротких замикань, а також регулярне навчання обслуговуючого персоналу.

Високовольтні системи дозволяють значно підвищити ефективність судна та знизити витрати палива. Використання високовольтних електродвигунів для головної силової установки, а також для живлення вантажних насосів та підрулюючих пристроїв, дозволяє оптимізувати енергоспоживання [5].

Додаткові методи оптимізації енергоспоживання включають: використання систем керування енергоспоживанням, використання систем рекуперації енергії, оптимізація роботи суднових генераторів, інтеграція високовольтних систем з іншими судновими системами та використання відновлюваних джерел енергії.

Сучасні технології, такі як силова електроніка, частотні перетворювачі та цифрові системи керування, відкривають нові можливості для розвитку високовольтних суднових систем.

Основні напрямки інновацій у використанні суднових високовольтних систем включають: розвиток систем автоматизації та дистанційного керування, використання цифрових технологій для моніторингу та діагностики, розвиток електричних та гібридних силових установок та розвиток систем накопичення енергії та відновлюваних джерел енергії.

**Висновки.** Сучасне суднобудування переживає революційні зміни, де електрифікація та автоматизація стають ключовими драйверами розвитку в цій галузі. Виходячи з усього вище сказаного, можна прогнозувати перспективи подальшого розвитку використання високовольтних систем, які є основою для ефективного живлення потужних установок на судах. Не малу роль в сучасному житті виграє екологічність при експлуатації судового високовольтного обладнання, так як це призводить до зниження викидів шкідливих речовин у повітря.

Ці висновки підкреслюють важливість використання високовольтних систем у сучасному суднобудуванні, а також необхідність комплексного підходу до їх широкого впровадження, що включає безпеку, ефективність та підготовку обслуговуючого персоналу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Holtzhausen K. High Voltage Engineering — Practice and Theory / K. Holtzhausen, W. Vosloo, 2011. — 157 p.
2. BV — Bureau Veritas [Електронний ресурс] / Бюро Веритас (БВ). — Режим доступу: <http://www.bureauveritas.com>, вільний.
3. Det Norske Veritas (DNV) [Електронний ресурс] / Норвезьке класифікаційне суспільство. — Режим доступу: <https://www.dnvgl.com>, вільний.
4. Бодашко В. В. Високовольтні технології в морській електроінженерії: монографія / В. В. Бодашко, О. М. Піпченко, В. В. Пономаренко, В. А. Шевченко. — Одеса: НУ «ОМА», 2020. — 398 с.
5. Д.В. Умяров, О.С. Хватов, Д.В. Литов, В.В. Гуляев Состояние и перспективы развития систем судового электродвижения. // Конгресс Международного форума «Великие реки», 2013. — С. 421–424.