

## СПРОЩЕНЕ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОРУШІЯМИ СУДНА ТИПУ PSV

Наговский Д.А., Дощенко Г.Г.  
Херсонська державна морська академія, Україна

**Вступ.** Електрорух дедалі становиться предметом наукових досліджень із різними критеріями оптимізації цього процесу. В морській галузі процеси управління, швидкість та точність управління електроприводом рушійних установок судна на сьогоднішній день займають чи не найвищий щабель популярності.

**Актуальність досліджень.** Сучасні дослідження все більше поглиблюються у рамках управління асинхронними електричними машинами, а саме використання частотних перетворювачів, управління ними [1, 2]. Наука – річ багатовимірна, а стандарти виробництва нині диктують свої умови для її розвитку. Але, якщо розглянути проблему управління електричною машиною від самого початку, можна побачити зовсім інший шлях розвитку систем управління електрорушійними, особливо для суден DP, до яких відноситься тип PSV тощо.

**Постановка задачі.** Отже, з огляду на актуальність теми, має місце просте управління електроприводом, з використанням простих та надійних елементів системи управління, які підлягають належному, але нескладному обслуговуванню.

**Результати досліджень.** Багато публікацій та досліджень [1, 2] спрямовані на управління асинхронними машинами змінного струму, що використовуються в якості приводних двигунів електрорушійних суден, зокрема суден з DP. Для управління цими машинами, зазвичай, використовуються перетворювачі частоти живлення цих електричних машин, розробляються та втілюються математичні та інші типи моделей управління перетворювачами та ін. Все це рухає науку уперед, але... Але, якщо брати до уваги цільове призначення, а саме електрорух судна, то можна виділити ряд недоліків вже стандартної системи управління приводом електрорушійних:

- перетворювачі частоти фізично займають чимало місця на досить невеличкому судні (якщо беремо до уваги PSV),;
- перетворювачі частоти для високої напруги створюють ряд шкідливих гармонік, що негативно впливають на інше суднове електрообладнання, незважаючи на фільтрацію. Фільтри також займають чимало місця.
- Ті ж перетворювачі частоти є дорогим конструктивним елементом і складні в плані технічного обслуговування, мають проблеми з охолодженням тощо.

З огляду на механічну характеристику асинхронної машини (рис .1), процес управління нею та математичний опис цього процесу є складним.

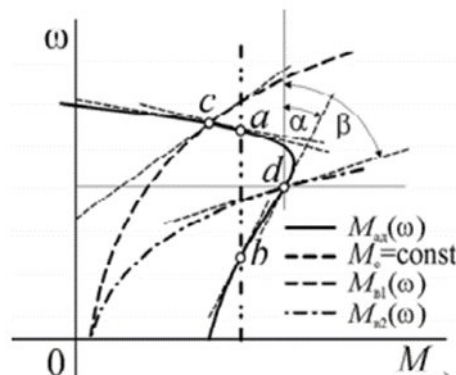


Рисунок 1. Механічна характеристика асинхронного двигуна

На рис. 1. показана механічна характеристика АД і кілька видів характеристик навантаження. При статичному навантаженні з постійним моментом, що перевищує величину пускового моменту АД, в приводі існують дві точки статичної рівноваги - а і б. Точка а розташовується на ділянці з негативною жорсткістю, тому для неї умова стійкості виконується, а для точки б немає, тому що жорсткість характеристики АД тут позитивна, а жорсткість характеристики навантаження дорівнює нулю. Тому ділянку характеристики від точки холостого ходу до точки перекидання називається ділянкою сталої роботи або робочим ділянкою. Однак визначення робочого ділянки за ознакою стійкості некоректно, тому що в разі вентиляторної навантаження з великим коефіцієнтом  $k$  робоча точка  $d$  розташовується нижче точки перекидання, але вона є статично стійкою, в чому легко переконатися по кутах нахилу дотичних  $\alpha$  і  $\beta$  [3].

Отже, при жорсткість характеристики, а отже і точність, швидкість та складність управління залежить від типу навантаження АД. Це теж складно назвати перевагою.

Тому для досягнення поставленої мети пропонується використання двигунів постійного струму. Двигуни постійного струму є значно простішими в процесі управління, лінійно реагують на навантаження, не залежать від типу навантаження. Механічна характеристика зображена на рис.2 і описується рівняннями (1) і (2):

$$M = \frac{z_p N}{2\pi a} I\Phi = cI\Phi, \quad (1)$$

$$\omega = \frac{U}{C\Phi} - \frac{r}{(C\Phi)^2} M, \quad (2)$$

де  $z_p$  – число пар полюсів двигуна;

$N$  – число активних провідників обмотки якоря;

$a$  – число паралельних гілок обмотки якоря;

$\Phi$  – магнітний потік;

$\omega$  – кутова швидкість обертання якоря;

$I$  – струм якоря;

$r$  – опір кола якоря.

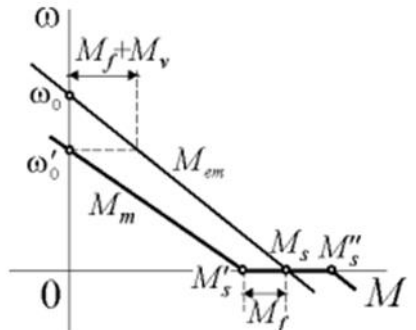


Рисунок 2. Механічна характеристика двигуна постійного струму

Слід мати на увазі, що момент, який входить в рівняння механічної характеристики, є електромагнітним моментом  $M_{em}$ , а не моментом на валу двигуна  $M_m$  (рис. 2). Момент на валу відрізняється від нього на величину моменту сухого тертя  $M_f$ , створеного підшипниками і щітками, а також на величину моменту вентиляційних втрат  $M_v$ , до яких можна додати також втрати в сталі якоря, тому що обидва види втрат є приблизно квадратичними функціями від

швидкості обертання. Вважаючи вентиляційні втрати досить малими, щоб можна було знехтувати нелінійністю характеристики  $\omega = f(M_m)$ , ми отримаємо її у вигляді, показаному на рис. 2. Точка холостого ходу зміщується пропорційно сумарним моменту втрат, а при нульовій швидкості характеристика має розрив, відповідний подвійній величині моменту тертя [3].

Тож, наведено давно визначений факт, виходячи з рис.2, видно, що управляти швидкістю обертання якоря двигуна постійного струму значно простіше, ніж АД.

Тому структурна схема електроприводу електрорушіїв судна з використанням двигуни постійного струму буде мати вигляд:

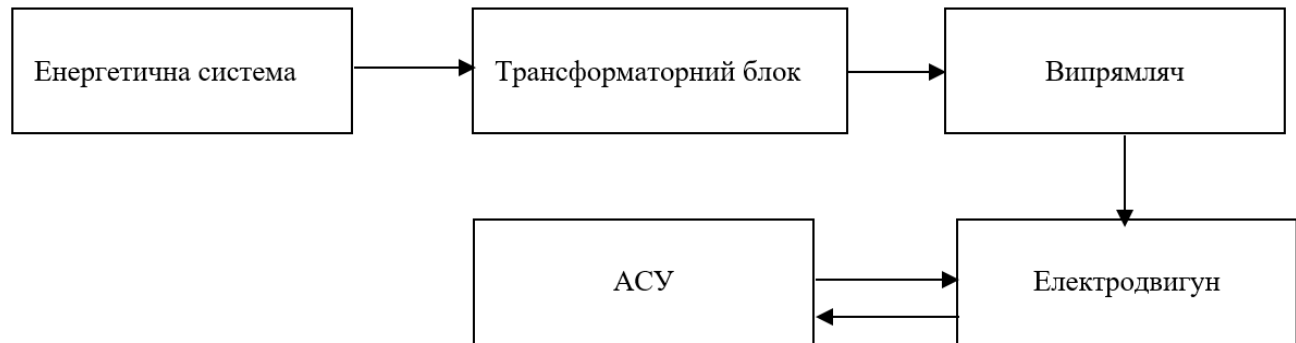


Рисунок 3. Структурна схема електроприводу рушіїв судна з ДПТ

Випрямлячі займають значно менше місця та потребують значно менше експлуатаційних затрат, ніж перетворювачі частоти. Подібну схему вже використовують китайські суднобудівні компанії при побудові суден типу PSV.

**Висновки.** Для забезпечення спрощення процесу технічного обслуговування електрооруху суден типу PSV, запропоновано використовувати більш результативне та прозоре управління, використовуючи при цьому двигуни постійного струму.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Nahovskyi D. A. Control methods of vessel's thruster at changing operate conditions / D. A. Nahovskyi, G. G. Doschenko. // Вісник Херсонської державної морської академії. – 2019. – №2(1). – С. 224–233..
2. The propulsion system problems on offshore vessels // D.A.Nahovskyi, G.G.Doschenko, International periodic scientific journal // Scientific World. - Issue №14, Volume №3, October 2017. — INDEX COPERNICUS, ISSN 2227-6920, DOI: 10.21893/2227-6920, Yolnat PE, Minsk, Belarus, - 2017. – P. 14 – 21.
3. Усольцев А.А. Электрический привод/Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2012, – 238 с.