

ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДВОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КУРСОМ СУДНА

Теряєв В.І., к.т.н., доц., Попович Є.М., магістрант 6 курсу
НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електрориводу

Вступ. Система електричного руху судна призначена для здійснення його переміщення за допомогою електричного рушія. Рушії всіх видів створюють силу тяги за рахунок реактивного впливу маси води, захопленої з навколишнього середовища і відкидуваної у напрямку, протилежному напрямку руху корабля. Вони відрізняються за методом надання кінетичної енергії рідині, що відкидається.

Електрорух застосовується на судах, які за своїм призначенням повинні володіти високою маневреністю: на криголамах, поромах, буксирах, земснарядах, бурових, пошукових, військових і науково-дослідних судах, підводних апаратах.

На даний час електричний рух суден, як правило, здійснюється за рахунок використання гребних електроустановок. Гребна електроустановка судна включає основний гребний електропривод ЕП1 та додаткові підрулювальні пристрої ЕП2, розміщені в носовій, а іноді і кормовій частині корпусу судна (див. рис. 1). Завдання гребної електроустановки полягає у компенсації збурювальних дій - вітрового навантаження, хвилювання і течії, а також у створенні керуючої дії для подолання гідродинамічного опору судна та зусиль інерції під час руху.

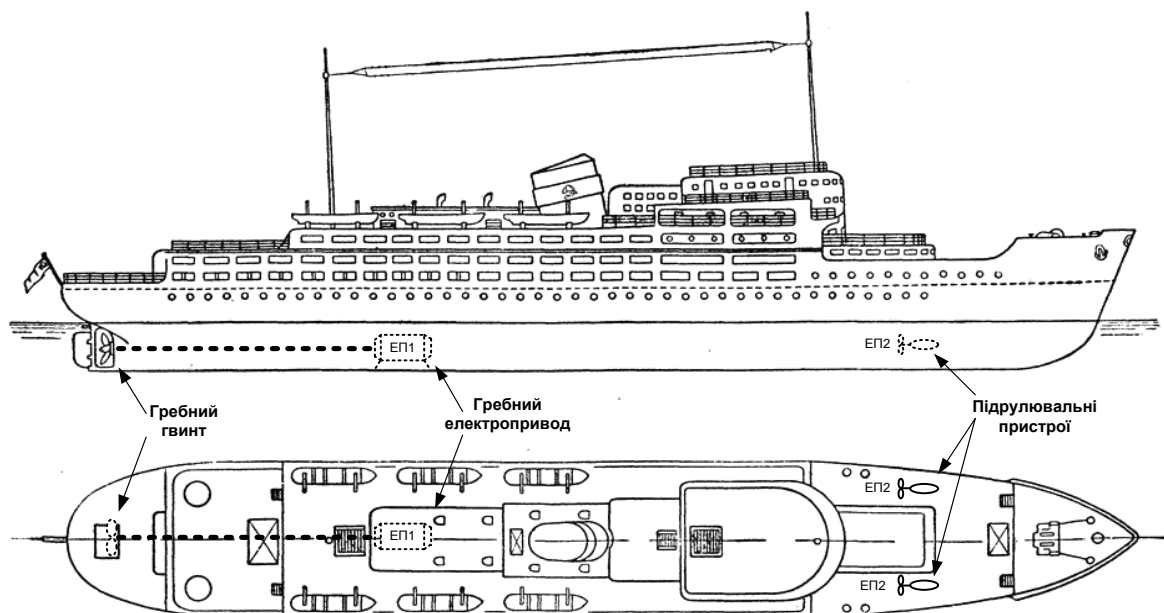


Рисунок 1 – Зовнішній вид судна: ЕП1 – головний гребний електропривод; ЕП2 – підрулювальні пристрої.

Мета роботи. Для деяких суден спеціального призначення існує потреба в точному позиціонуванні під час стоянки або при русі по заданому курсу. У статті викладена концепція побудови високоточної двоканальної системи керування положенням судна та її технічної реалізації.

Матеріали і результати досліджень. Ефективним структурним способом підвищення точності керування положенням об'єктів у просторі являється використання принципу двоканального керування [1], який полягає у взаємодії двох автономних каналів керування, послідовно відпрацьовуючих заданий закон руху. Канал грубого керування виконує силову функцію і долає основні збурення, канал точного керування відпрацьовує лише помилку грубого каналу, тому його потужність може бути набагато меншою [2, 3]. Особливістю двоканальних систем із загальним керуючим впливом є те, що порядки астатизму каналів додаються, а їх добротності перемножуються [1]. Це свідчить про можливість суттєвого підвищення точності двоканальних систем без збільшення коефіцієнтів передачі або введення додаткових інтегральних ланок.

В якості каналу грубого керування передбачається використання головного гребного електроприводу, який здійснює переміщення судна і долає опір руху. В якості каналу точного керування, який відпрацьовує похибку каналу грубого керування, пропонується використання підрулювальних пристроїв [4].

Структурна схема двоканальної САУ керування курсом судна показана на рис. 2. На гребний електропривод ЕП1 та електроприводи підрулювальних пристроїв, що діють односпрямовано із гребним електроприводом і позначені разом ЕП2 подається загальний керуючий сигнал S_3 . Канал грубого керування замкнений по власній вихідній координаті S_1 , а вся двоканальна система замкнена головним зв'язком за положенням k_{32} , який реалізується на основі сигналу супутникової навігації GPS.

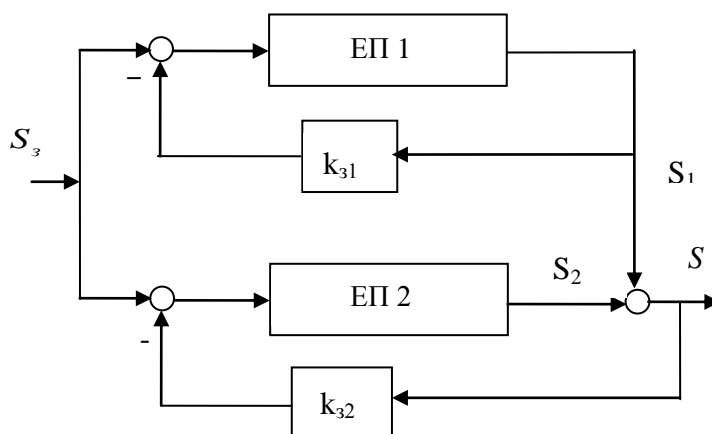


Рисунок 2 – Структурна схема двоканального гребного електроприводу

Проблема технічної реалізації каналу грубого керування полягає у тому, що для замикання його зворотним зв'язком k_{31} необхідно виділити «власне» переміщення судна S_I за рахунок дії лише гребного електроприводу із загального переміщення судна, яке викликано спільною дією як гребного, так і підрулювальних приводів. Для вирішення цієї проблеми скористаємось залежністю тягового зусилля від швидкості гребного гвинта [5], що дає можливість побічним шляхом визначити «чисте» переміщення судна гребним приводом.

Корисна сила тяги гребного гвинта

$$F = 0,011k_{yn}\rho n_2^2 D_2^4 (1-t) \quad (1)$$

де $t = 0,2$ – коефіцієнт всмоктування; ρ - густина води, кг/м³; D_2 - діаметр гвинта, м; k_{yn} - коефіцієнт упору; n_2 – кутова швидкість гвинта (та електродвигуна в безредукторному гребному електроприводі), об/хв.

Представимо незмінні величини, як коефіцієнт $k = 0,011k_{yn}\rho D_2^4 (1-t)$, тоді рівняння (1) перепишеться так:

$$F = kn_2^2 \quad (2)$$

Лінеаризуємо дане рівняння шляхом розкладання у ряд Маклорена. З цією метою продиференціюємо його поблизу точки номінального режиму та залишимо перший член.

$$\Delta F = 2kn_{2н}\Delta n = \frac{60}{\pi}kn_{2н}\Delta\omega$$

де $n_{2н}$ – номінальна кутова швидкість гребного гвинта, об/хв; Δn - приріст кутової швидкості, об/хв; $\Delta\omega$ - приріст частоти обертання гвинта, рад/с.

Тоді передаточна функція для гвинта гребного електропривода матиме вигляд:

$$W_2 = \frac{\Delta F}{\Delta\omega} = \frac{60}{\pi}kn_{2н} \quad (3)$$

Дана передаточна функція дає можливість реалізувати контур регулювання положення для гребного електроприводу шляхом введення зворотного зв'язку на основі двократного інтегрування сигналу тахогенератора на валу електродвигуна, як це показано на рис. 3. На рисунку позначені: m - маса судна; a, v - лінійне прискорення та швидкість, відповідно.

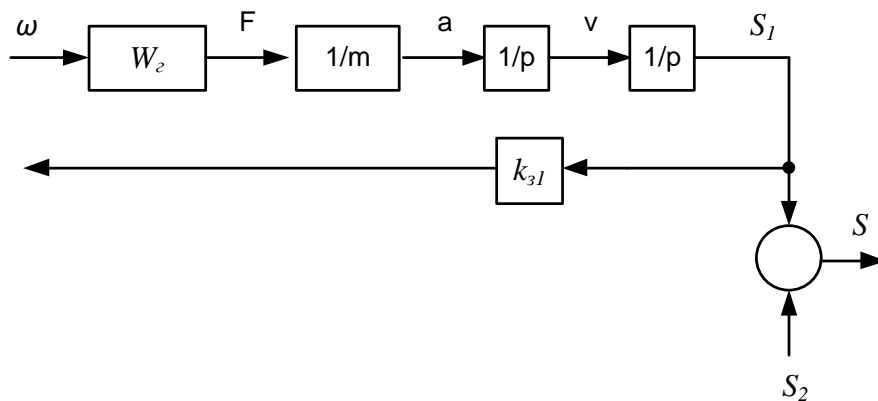


Рисунок 3 – Реалізація контуру регулювання положення каналу грубого керування (фрагмент)

Висновки:

1. Використання двоканальної системи автоматичного керування гребними електроустановками є інноваційною ідеєю і дає можливість суттєво підвищити точність позиціонування суден в процесі руху по заданій траєкторії або при стоянці в заданій точці;

2. Запропоноване рішення проблеми введення зворотного зв'язку за складовою переміщення судна, викликаного дією лише гребного електроприводу, дає можливість технічно реалізувати двоканальну систему керування курсом судна;

3. Виявлення особливостей і уточнене математичне моделювання багатоканальних систем є актуальним і досить складним науково-технічним напрямком, що потребує проведення поглиблених досліджень.

Перелік посилань

1. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л: Энергоиздат, Лен. отд., 1982. – 392 с.
2. Теряев В.И. Математическая модель двухканального следящего электропривода с механическим дифференциалом / В.И.Теряев, В.В.Манько // Доповіді Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: «Політехніка», 2011. – с. 342-343.
3. Теряев В.И. Принципы построения передаточных устройств багатоканальных электромеханических систем / В.И.Теряев, Є.М.Попович. - Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: «Політехніка», 2014. – с. 225-227.
4. Теряев В.И. Двуканальна система точного позиціонування судна з гребною електроустановкою / В.И.Теряев, О.Ю.Трайковський. - Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: «Політехніка», 2014. – с. 257-258.
5. Режимы работы главного двигателя судовой дизельной энергетической установки. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://vunivere.ru/work26988/page2>