

УДК 62-83:621.313.333

В.П. Стяжкін, канд. техн. наук, **С.І. Гаврилюк**

Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, м. Київ–057, 03680, Україна.

Автоматизована система керування безредукторними електроприводами навігаційної суднової РЛС

Визначено вимоги до автоматичної системи керування безредукторними електроприводами навігаційної суднової радіолокаційної станції. Представлена функціональна схема автоматичної системи керування безредукторними електроприводами двох антенних постів (лівого і правого бортів) навігаційної суднової радіолокаційної станції. Розглянуто питання побудови автоматичної системи керування безредукторними електроприводами навігаційної суднової радіолокаційної станції, яка компенсує дію зовнішніх збурень і збільшує швидкодію системи. Бібл. 3, рис. 3., табл. 1.

Ключові слова: дугостаторний безредукторний електропривод; автоматизована система керування; антенний пост навігаційної суднової РЛС.

Вступ

Побудова електромеханічних систем РЛС на базі дугостаторних безредукторних електроприводів (БЕП) [1] дозволяє інтегрувати виконавчі електродвигуни з елементами конструкції антенних постів РЛС [2], збільшивши їх надійність, технічний ресурс і термін служби. Завдяки новим розробкам БЕП підвищуються їх енергетичні показники, зокрема, ККД, що важливо в умовах обмеженої потужності суднових джерел електроенергії. При очевидних перевагах дугостаторних БЕП (простота і надійність) їх ефективно застосування в якості електроприводів антенних постів навігаційних суднових РЛС залежить від успішного виконання жорстких вимог, пов'язаних з точністю, швидкодією, стійкістю [3]. Забезпечити виконання цих вимог може тільки автоматична система керування (АСК), яка враховує взаємозв'язки параметрів у всьому електротехнічному комплексі: суднове електроживлення – БЕП – антенні пости – зовнішні чинники (вітрове навантаження).

Технічні вимоги до АСК БЕП навігаційної суднової РЛС

АСК БЕП повинна забезпечувати обертання двох антенних постів (АП) лівого і правого бор-

тів навігаційної суднової РЛС (наприклад, РЛС «Міус») в режимах кругового і секторного огляду ближньої надводної обстановки.

Характеристики АСК БЕП повинні задовольняти основним вимогам керування АП навігаційної суднової РЛС:

- синхронне і синфазне обертання АП лівого і правого бортів із заданими кутовими швидкостями: 12 об/хв, 24 об/хв; кутовими швидкостями в секторному режимі: 10 об/хв – в секторі, 60 об/хв – поза сектором;

- відхилення від заданого значення кутової швидкості АП і частоти обертання в секторі при дії дестабілізуючих факторів – не гірше $\pm 1\%$, поза сектором – не регламентується;

- визначення кутового положення АП з точністю $5'$;

- відлік кутового положення повинен здійснюватися від основного ведучого АП, наприклад, правого борта; ведений АП повинен відпрацьовувати кутове положення з помилкою – не більше $\pm 5'$;

- збереження робочих характеристик при вітровому навантаженні – до 50 м/с; максимальне навантаження – до 75 м/с (без пошкоджень БЕП АП). На рис.1 представлена функціональна схема АСК БЕП двох антенних постів (лівого і правого бортів) навігаційної суднової РЛС.

На схемі (рис. 1) застосовані скорочення: БЕП-ПБ, БЕП-ЛБ – безредукторні електроприводи правого і лівого бортів; ІН1-ІН4, ІН5-ІН8 – індуктори БЕП; КІН-ПБ, КІН-ЛБ – комутатори індукторів БЕП; ПЧ-ПБ, ПЧ-ЛБ – перетворювачі частоти; К-АСК – контролер АСК; ДКШ – датчик кутової швидкості; ДКП – датчик кутового положення АП; ЩСЕ – щит суднового електроживлення; ПО – пульт оператора.

Як випливає з технічних вимог, при круговому або секторному режимах основною змінною АСК БЕП є кутова швидкість АП, регулювання якої здійснюється за допомогою ПЧ. Зворотній зв'язок по частоті обертання АП здійснюється безпосередньо з ДКШ (зазвичай, енкодера). АСК БЕП повинна забезпечити необхідну високу стабільність підтримки частоти обертання. Це досить складно з огляду на те, що момент навантаження БЕП може змінюватися в широких межах і залежить від кутового положення анте-

ни, вітрового навантаження, яке, в свою чергу, носить випадковий характер [2,3,4].

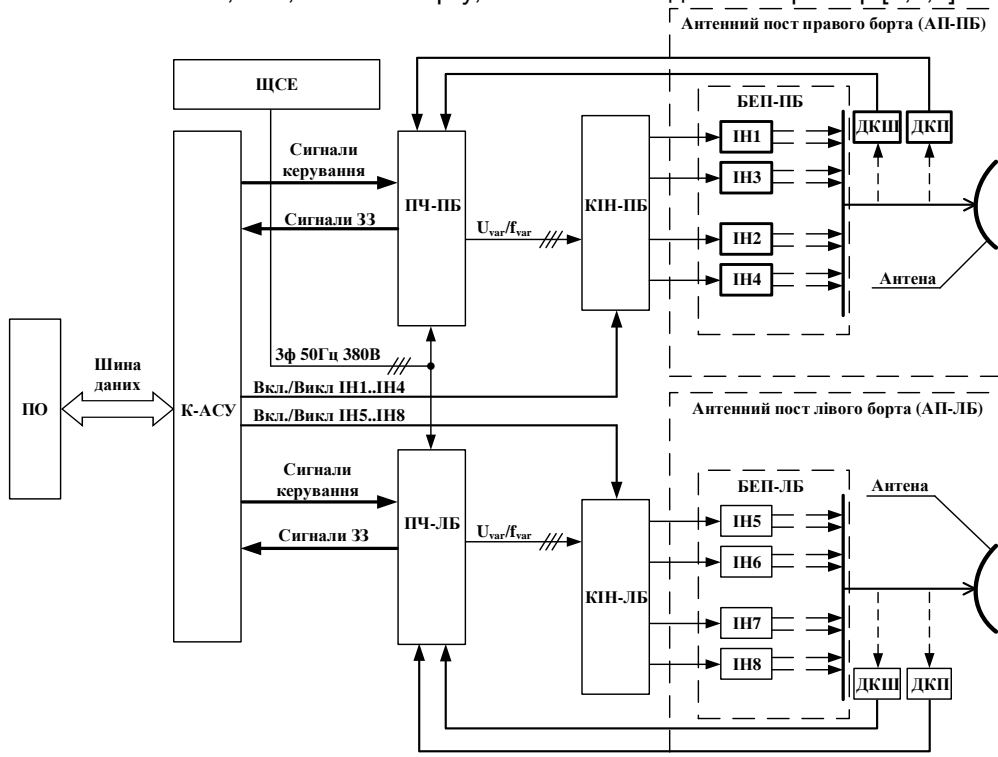


Рис. 1. Функціональна схема АСК БЕП двох антенних постів (лівого і правого бортів) навігаційної суднової РЛС

Особливості роботи АСК БЕП навігаційної суднової РЛС

На рис.2 показані графіки аеродинамічних навантажень антени РЛС «Міус» в залежності від кутового положення β антени і при чотирьох характерних величинах швидкості вітру.

У запропонованому підході побудови безредукторного частотно-керованого електропривода антен з дугостаторним двигуном, що складається з чотирьох індукторів, при збільшенні вітрового навантаження дискретно збільшується максимальний момент дугостаторного двигуна

(комутаторами КІ підключається від одного до чотирьох індукторів).

Сумарний крутний момент, що розвивається чотирма індукторами, повинен перевищувати максимальне значення моменту вітрового навантаження. При цьому кутова швидкість антени підтримується САК на заданому рівні всередині робочої зони.

На рис. 2б показані навантажувальні характеристики дугостаторного БЕП (1-4) при включенні відповідно 1-4 індукторів і робоча область регулювання частоти обертання АП.

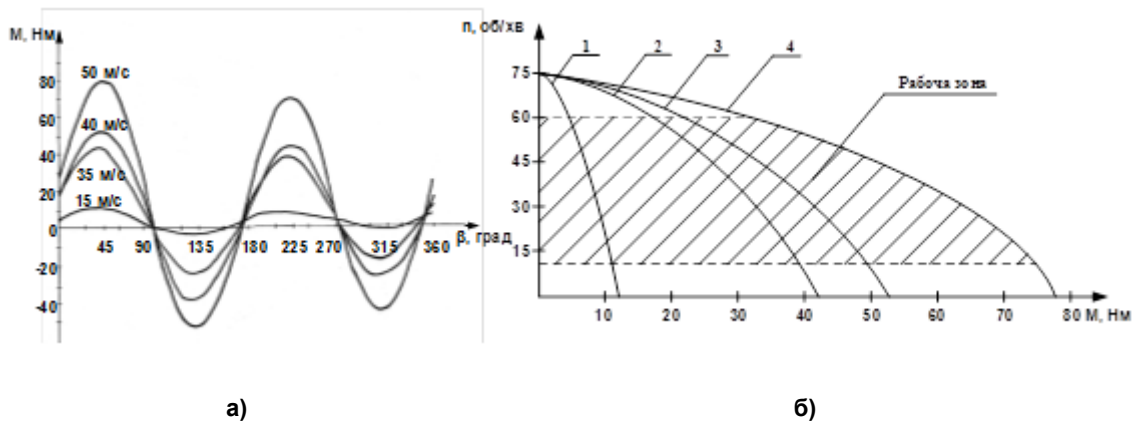


Рис. 2. (а) – графік аеродинамічних навантажень антени, (б) – навантажувальні характеристики дугостаторного БЕП)

У табл. 1 наведені дані про тривалість дії в рік вітрового навантаження чотирьох характерних діапазонів швидкостей вітру, величини мо-

ментів навантаження і кількості індукторів, необхідні для формування відповідного моменту БЕП.

Таблиця 1.

Параметр	Один індуктор	Два індуктора	Три індуктора	Чотири індуктора
Швидкість вітру, м/с	До 15	15-35	35-40	40-50
Навантажувальний момент, Н*м	10,86	42,21	53,08	78,46
Тривалість роботи в рік, %	85,45	14,3	0,2	0,05

З табл. 1 випливає, що більшу частину часу в році (99,75%) в складі БЕП АП працюватимуть один або два індуктори [2,3]. Це дозволяє не тільки знизити електричну потужність виконавчого електродвигуна антени, але і значно збільшити надійність БЕП, забезпечивши подвійне резервування індукторів. Встановлена потужність дугостаторного двигуна буде така ж, як у стандартного двигуна.

Особливості побудови САК БЕП навігаційної суднової РЛС

Застосування частотного регулювання (ПЧ-ПБ, ПЧ-ЛБ) БЕП дозволяє забезпечити плавність перехідних процесів пуску, гальмування, переходу з однієї робочої кутової швидкості на іншу, зокрема при роботі в режимі секторного обертання АП. При цьому також знижується струмове навантаження генератора суднового електроживлення, що має обмежену потужність.

Застосування електронних комутаторів (ЕК-ПБ, ЕК-ЛБ), що підключають до виходу ПЧ від одного до чотирьох індукторів, дозволяє поступово збільшувати крутий момент БЕП при збільшенні вітрового навантаження і динамічних перевантаженнях, викликаних зростанням наведеного значення моменту інерції при обертанні АП. При цьому ПЧ згладжує динамічні зміни моменту при переході від одного ступеня до іншого.

Таким чином, САК БЕП в процесі роботи має можливість досить просто змінювати свої параметри (коефіцієнт підсилення і електромагнітну постійну часу БЕП) для компенсації зовнішніх збурень і збільшення швидкодії системи [2,3].

На рис. 3 представлена структурна схема САК БЕП з одним індуктором, де $W_m(p)$ – передатна функція по частоті обертання $n(t)$ антени відносно моменту навантаження $M_n(t)$; $W_{пч}(p)$ і $W_{ем}(p)$ – передатні функції, які враховують динамічні властивості ПЧ і електромагнітну постійну часу БЕП; $F(x)$ – нелінійна функція насичення БЕП з одним індуктором; $W_n(p)$ – передатна функція датчика кутової швидкості; $\theta(t)$ і $X(t)$ – проміжні змінні.

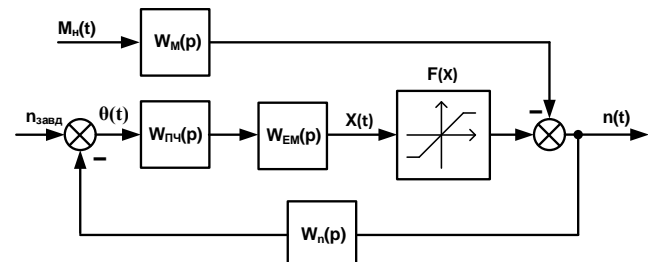


Рис. 3. Структурна схема САК БЕП з одним індуктором

У такій САК БЕП з одним індуктором неможливо забезпечити задану високу стабільність підтримки кутової швидкості, що обумовлено ефектом насичення внаслідок обмеження потужності БЕП. Компенсація нелінійності типу насичення легко здійснюється підключенням додаткових індукторів в залежності від зміни збурень навантаження $M_n(t)$ і формування в САК додаткового нелінійного розімкнутого каналу керування по моменту навантаження, виміряного за допомогою диференціального зв'язку [3].

В САК БЕП важливим фактором є не тільки компенсація дії зовнішніх збурень, але й забезпечення високої швидкодії. Для цього в САК, крім контурів по відхиленню змінних, додатково вводяться контури з диференціальним зв'язком по завданню або по диференційно вимірюваному завданню, що зменшує час регулювання в системі в 6-7 разів. Більшій швидкодії можна досягти, застосувавши в цій САК додаткові лінійні зв'язки по моменту навантаження і корекцію моментів перемикавання керуючого сигналу [3].

Виходячи з опису побудови САК БЕП суднової навігаційної РЛС, що наведено вище, можна стверджувати про перспективність застосування гібридної САК, в якій прийняття рішення про керування, що враховує вимоги стійкості системи, її швидкодії і точності керування, буде перекладено на систему керування, що навчається з елементами класичних ПІ-регуляторів, нечітких регуляторів і нейромереж.

Висновки

У роботі представлено функціональну схему АСК БЕП двох антенних постів (лівого і правого бортів) навігаційної суднової РЛС. На прикладі одного антенного поста визначено побудову електроприводу антени з дугостаторним двигуном, що складається з чотирьох індукторів, визначено його основні експлуатаційні характеристики і умови побудови САК БЕП, при яких забезпечується висока швидкодія і компенсація дії зовнішніх збурень.

Список використаних джерел

1. Фридкин П.А. Безредукторный дугостаторный электропривод – Л.: Энергия, 1970. – 138 с.

2. Волков И.В., Стяжкин В.П., Милько Р.Э., Доманский Г.В. Безредукторная электро-механическая система с дугостаторным электроприводом для радиолокационной станции // Электротехнічні комплекси та системи / Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. - Київ, 2011. – Випуск 03 (79). – С. 248-252.
3. Стеклов В.А., Милько Р.Э. Системы управления с безредукторным приводом/ В.А. Стеклов, Р.Э. Милько. – К.: Техніка, 1983. – 120 с.

Поступила в редакцию 19 июля 2016 г.

УДК 62-83:621.313.333

В.П. Стяжкин, канд. техн. наук, **С.И. Гаврилюк**
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, г. Киев-057, 03680, Украина.

Автоматизированная система управления безредукторными электроприводами навигационной судовой РЛС

Определены требования к системе автоматического управления безредукторным электроприводом навигационной судовой радиолокационной станции. Представлена функциональная схема системы автоматического управления безредукторным электроприводом двух антенных постов (левого и правого бортов) навигационной судовой радиолокационной станции. Рассмотрены вопросы построения системы автоматического управления безредукторным электроприводом навигационной радиолокационной станции, которая компенсирует воздействия внешних возмущений и увеличивает быстродействие системы. Библи. 3, рис. 3., табл. 1.

Ключевые слова: дугостаторный безредукторный электропривод; автоматизированная система управления; антенный пост навигационной судовой РЛС.

UDC 62-83:621.313.333

V. Styazhkin, Ph.D, **S. Gavryluk**

Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, 03680, Kiev – 57, prospect Peremogy, 56.

Automated Control System with gearless electric drives for marine navigation radar

The requirements for the automated control system of gearless electric drive for marine navigation radar have been defined. The functional diagram of automated control system of gearless electric drive of two antenna stations (left and right board) for navigation radar ship has been presented. Principles of construction of the automatic control system of gearless electric drive for navigation radar, which compensates the effects of external disturbances, have been presented. Reference 3, figures 3, table 1.

Keywords: gearless drive with arc-shaped stator; automated control system; antenna post of marine navigation radar.

References

1. Frudkun, P. (1970). Gearless drive with arc-shaped stator. Energuya, P. 138 (Rus)
2. Volkov, U., Styazhkin, V., Mulko, P., Domanskuy, G. (2011). Gearless electromechanical system with arc-shaped stator for radar. Electrotechnichni kompleksu i sistem. Tematichnyy vypusk «Problemu avtomatizovanogo elektropruvoda. Teoriya i praktuka. Kiyv, No. 03 (79). Pp. 248–252. (Rus)
3. Steklov, V., Mulko, P. (1983). Control systems with gearless drive. K.: Tehnika, P. 120. (Rus)