

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

14-15 листопада 2019 року

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

МАТЕРІАЛИ

Миколаїв 2019

Висновки. Вибір перетину і кількості кабелів формалізовано у виді алгоритму, який опирається на три основні кроки: орієнтовний вибір кабелю за економічною густиною струму, перевірка на нагрів та на падіння напруги.

Список використаних джерел

1. Китаенко Г.И. Справочник судового электротехника. Т.1. Судовые электроэнергетические системы и устройства [Текст] / Г.И. Китаенко. – Л.: Судостроение, 1980. – 528 с.
2. Князевский Б.А. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] / Б.А. Князевский, Б.Ю. Липкин. – М.: Высшая школа, 1986. – 400 с.
3. Мелешкин Г.А. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Текст] / Г.А. Мелешкин. – СПб.: НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2005. – 376 с.
4. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Текст] / С.А. Ульянов. – М.: «Энергия», 1970. – 520 с.

УДК 621.313.2

Пальчиков О. О., к.т.н., Дойч С. В., Цюрисов М. Л.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗБУДНИКА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Більшість електроенергії виробляється турбогенераторами. Від їх системи збудження залежить статична і динамічна стійкість передачі, а також якість генерованої електроенергії. А тому моделювання збудження турбогенераторів представляє собою надзвичайно важливу задачу. Системи збудження турбогенераторів діляться на електромашинні, діодно-електромашинні, статичні діодні [1]. Існує тенденція переходу на діодно-електромашинні системи збудження, проте залишаються в експлуатації та все ще впроваджуються традиційні електромашинні системи збудження на основі колекторних генераторів постійного струму. Дві основні модифікації електромашинних систем збудження з паралельним та незалежним збудженням приведені на рис. 1 та рис. 2 відповідно.

Ціль роботи – розробити математичні моделі колекторних генераторів постійного струму з незалежним та паралельним збудженням, які працюють на обмотку збудження турбогенератора та розрахувати час перехідних процесів для їх типових режимів роботи.

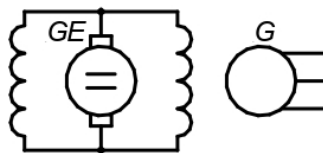


Рис. 1.

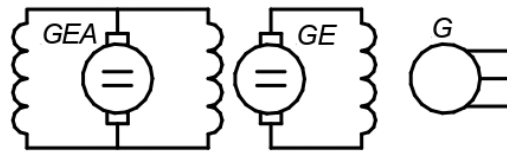


Рис. 2.

Типові системи лінійних диференціальних рівнянь колекторних машин постійного струму наведені в [2-5]. Однак, через припущення про лінійність зміни потокозчеплень ці рівняння не можуть бути використані для моделювання регулювання генератора з незалежним збудженням при широкій зміні струму збудження та для моделювання самозбудження генератора з паралельним збудженням. Тому необхідно рівняння, що включає потокозчеплення обмотки збудження, переписати через магнітний потік і додати рівняння залежності магніторушійної сили від магнітного потоку. Приклад апроксимації характеристики неробочого руху представлено на рис. 3. Початковий магнітний потік приймається 5% від номінального.

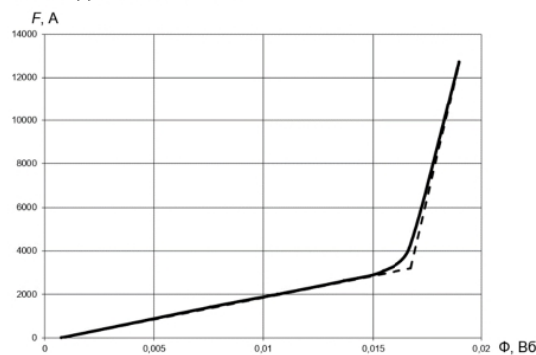


Рис. 3.

Рівняння системи збудження синхронного турбогенератора на основі колекторної машини постійного струму з незалежним збудженням мають вигляд:

$$\begin{cases} E = U_H + I_H \cdot r_{\text{щ}} + I_H \cdot m_T (r_{\text{я}} + r_1 + r_{\text{дод}}) + L_{\Sigma} \frac{dI_H}{dt}; \\ U_{\text{зб}} = m_T I_{\text{зб}} R_{\text{зб}} + 2p \cdot \sigma \frac{d\Phi}{dt}; \\ E = C_e \cdot \Phi \cdot n; \\ F = \begin{cases} 2 \cdot 10^5 \cdot \Phi - 151,8 & \text{при } \Phi \in [0,000759; 0,01676] \\ 4,25 \cdot 10^6 \cdot \Phi - 6,8 \cdot 10^4 & \text{при } \Phi \in [0,01676; 0,019] \end{cases}; \\ F = I_{\text{зб}} w_{\text{зб}}; \\ U_H = I_H \cdot R_H + L_H \frac{dI_H}{dt}, \end{cases} \quad (1)$$

де E – електрорушійна сила обмотки якоря; U_H – напруга навантаження (на обмотці збудження турбогенератора); I_H – струм навантаження; $r_{\text{я}}$, r_1 , $r_{\text{дод}}$ та $r_{\text{щ}}$ – опори відповідно обмотки якоря, компенсаційної обмотки, обмотки додаткових полюсів та щіток; m_T – коефіцієнт приведення опорів генератора до температури режиму; L_{Σ} – сумарна індуктивність обмоток якоря, компенсаційної та додаткових полюсів; $U_{\text{зб}}$, $I_{\text{зб}}$, $R_{\text{зб}}$ і $w_{\text{зб}}$ – напруга, струм, опір і кількість витків обмотки збудження; p – кількість пар полюсів; σ – коефіцієнт розсіяння магнітного поля головних полюсів; C_e – конструктивний коефіцієнт; Φ і F – магнітний потік і магніторушійна сила на один полюс; n – частота обертання якоря; R_H та L_H – опір та індуктивність навантаження (обмотки збудження турбогенератора).

Рівняння системи збудження синхронного турбогенератора на основі колекторної машини постійного струму з паралельним збудженням мають вигляд:

$$\begin{cases} E = U_H + I_{\text{я}} \cdot r_{\text{щ}} + I_{\text{я}} \cdot m_T (r_{\text{я}} + r_1 + r_{\text{дод}}) + L_{\Sigma} \frac{dI_{\text{я}}}{dt}; \\ U_{\text{зб}} = m_T I_{\text{зб}} R_{\text{зб}} + 2p \cdot \sigma \frac{d\Phi}{dt}; \\ E = C_e \cdot \Phi \cdot n; \\ F = \begin{cases} 2 \cdot 10^5 \cdot \Phi - 151,8 & \text{при } \Phi \in [0,000759; 0,01676] \\ 4,25 \cdot 10^6 \cdot \Phi - 6,8 \cdot 10^4 & \text{при } \Phi \in [0,01676; 0,019] \end{cases}; \\ F = I_{\text{зб}} w_{\text{зб}}; \\ U_H = I_H \cdot R_H + L_H \frac{dI_H}{dt}; \\ I_{\text{я}} = I_H + I_{\text{зб}}. \end{cases} \quad (2)$$

де $I_{\text{я}}$ – струм обмотки якоря.

Системи рівнянь (1) і (2) не включають рівняння балансу механічної потужності. Через те, що потужність збудника складає близько 0,4-0,5% потужності турбогенератора, а тому можна вважати, що при її зміні частота обертання якоря залишається незмінною. Рівняння неробочого руху в (1) і (2) відповідає рис. 3. Результати моделювання 120 кВт збудників на обмотку збудження 25 МВт турбогенератора для їх найбільш типових режимів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Тип збудника	Режим	Час перехідного процесу, с
Колекторний генератор з незалежним збудженням	Регулювання в робочому режимі	4,79
	Форсування збудження	4,68
Колекторний генератор з паралельним збудженням	Самозбудження до точки робочого режиму	2,48
	Регулювання в робочому режимі	4,79
	Форсування збудження	5,46
	Самозбудження	6,11

Висновки. Запропоновано математичні моделі збудників турбогенераторів на основі колекторних генераторів постійного струму з незалежним та паралельним збудженням з урахуванням нелінійності залежності магніто-

рушійної сили від магнітного потоку обмотки збудження. В результаті моделювання з'ясовано час перехідних процесів для найбільш типових режимів роботи вказаних збудників.

Список використаних джерел

1. Алексеев, О.П. Автоматика электроэнергетических систем [Текст] / О.П. Алексеев, В.Е. Казанский, В.Л. Козис и др.; Под ред. В.Л. Козиса. – М.: Энергоиздат, 1981. – 480 с.
2. Гольдберг, О. Д. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования [Текст] / О. Д. Гольдберг, О. Б. Буль, И. С. Свириденко, С. П. Хелемская. – М.: Высшая школа, 2001. – 512 с.
3. Иванов-Смоленский, А.В. (2004). Электрические машины: В 2-х т.: учебник для вузов. Т. 2. [Текст] / А.В. Иванов-Смоленский. – М.: МЭИ, 2004. – 525 с.
4. Копылов, И. П. Математическое моделирование электрических машин [Текст] / И. П. Копылов. – М.: Высшая школа, 2001. – 318 с.
5. Копылов, И. П. Электромеханические преобразователи энергии [Текст] / И. П. Копылов. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.

УДК 621.311.15

Самарський А. О., Спінчевський А. О., Смаченко В. П., Шкурко П. І.

Науковий керівник Пальчиков О. О., к.т.н.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ПОСТІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Методи розрахунку необхідної генерованої потужності діляться на метод кореляційних залежностей і на, так звані, табличні методи: постійних навантажень (вводяться коефіцієнти одночасності включення споживачів), ймовірно-аналітичний (ґрунтується на розрахунку математичного очікування і дисперсії споживаних потужностей) і ймовірнісний (на основі методу Монте-Карло) [1, 6]. Всі зазначені методи є тим чи іншим наближенням для оцінки потужності електростанції в тому чи іншому режимі, точне значення якої може бути отримано на основі усередненого добового графіка споживання електричної потужності. Незважаючи на деяку суб'єктивність найбільш достовірним є метод постійних навантажень [2, 4, 5, 7]. Тому автоматизація розрахунків необхідної потужності суднової електростанції на основі цього методу є актуальним завданням.

Ціль роботи – дослідити можливість застосування апроксимацій залежностей коефіцієнту корисної дії і коефіцієнту потужності в методі постійних навантажень для визначення компонентів повної споживаної потужності суднових електромеханізмів.

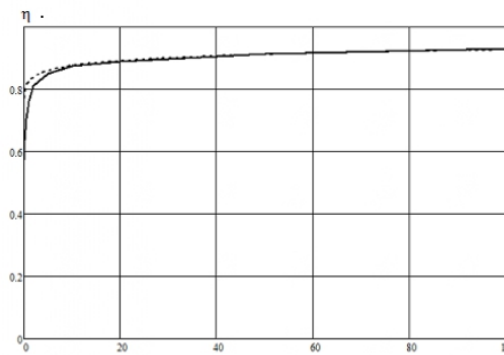


Рис. 1

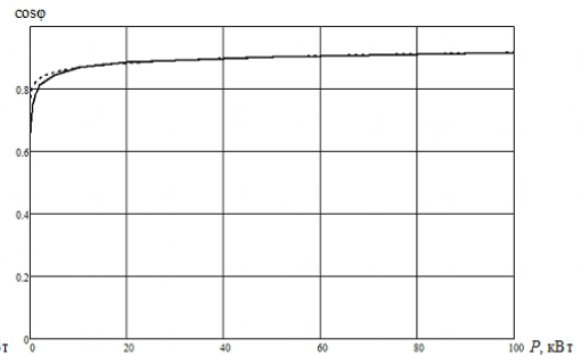


Рис. 2

Таблиця 1

Найменування режиму	P, кВт		S, кВА	
	графічно	аналітично	графічно	аналітично
«Formand»				
Ходовий режим	197,45	197,39	229,52	228,24
Стоянка з вантажними операціями	462,03	469,04	521,14	531,84
Аварійний режим	72,12	72,45	80,01	80,47