

Література

1. Пальчиков О.О. Определение эффективной диэлектрической проницаемости гетерогенного материала / О.О. Пальчиков // Електротехніка і Електромеханіка. 2020. № 2. С. 59–63. doi: 10.20998/2074-272X.2020.2.09.
2. Пальчиков О.О. Пробивное напряжение воздушных включений микронного диапазона в конденсаторной бумаге / О.О. Пальчиков // Електротехніка і Електромеханіка. 2020. № 6. С. 42–46. doi: 10.20998/2074-272X.2020.6.08.
3. Stratton J.A. Electromagnetic theory. Hoboken, IEEE Press, 2007. 630 p.
4. ГОСТ 24874-91. Бумага электроизоляционная трансформаторная. Москва: Изд-во стандартов, 1991. 11 с.
5. Бортник И.М. Электрофизические основы техники высоких напряжений / И.М. Бортник, А.А. Белогловский, И.П. Верещагин, Ю.Н. Вершинин. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. 704 с.
6. Энциклопедия полимеров. Т1 / Под ред. В. А. Каргина. М.: Сов. Энци., 1972. 224 с.

Studying transformer paper in a strong electric field

Palchykov O.O.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. The transformer paper with a breakdown average electric field strength based on the Rayleigh model has been investigated. In general, the proposed breakdown mechanism has been confirmed, that is, in a first step air inclusions are ionized and favorable conditions are created for the further development of electric breakdown in the rest of the material. The forces that act on air inclusions have been considered.

Keywords: electrical breakdown, transformer paper model, electrostatic field, finite element method.

УДК 621.3.016.25

ПРО РЕАКТИВНУ СКЛАДОВУ СТРУМУ РОТОРА АСИНХРОННОЇ МАШИНИ В ГЕНЕРАТОРНОМУ РЕЖИМІ

Подимака В.І.¹, Осадченко Ю.В.²

*1 к.т.н., доцент, Кафедра суднових електроенергетичних систем, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна*

*2 аспірант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна
yulcenj@gmail.com*

Анотація. Розглянута груба помилка з точки зору електротехніки. А саме доведено, що реактивна складова струму ротору при переході у генераторний режим змінює знак на протилежний.

Ключові слова: асинхронна машина, ковзання, реактивна складова.

Доповідь присвячена аналізу однієї грубої помилки з точки зору електротехніки, що кочує з підручника в підручник, з лекції в лекцію. Мова йде о теоретичних курсах «Електричні машини», «Основи електроприводу». Автор доповіді також грішний, допускав ту ж помилку у своїх лекційних заняттях.

Підкуповували дві обставини. По-перше - простота доказів та по-друге результат вірний та підтверджений досвідом.

У асинхронної машини при обертанні ротора параметри обмотки ротора наступні:

$$\text{ЕРС фази } E_{2s} = \pi \cdot \sqrt{2} \cdot f_2 \cdot \omega_2 k_{об2} \Phi_m = s \cdot E_2,$$

$$\text{тут } s = \frac{n_1 - n}{n_1} - \text{ковзання};$$

$$f_2 = s \cdot f_1 - \text{частота перемагнічування ротору};$$

$$f_1 - \text{частота напруги живлення};$$

$$E_2 = \pi \cdot \sqrt{2} f_1 \cdot \omega_2 k_{об2} \Phi_m - \text{ЕРС фази ротору при нерухомому положенні ротору};$$

$$x_{2s} = \omega_2 L_2 = 2\pi f_2 L_2 = s \cdot x_2;$$

$$x_2 = 2\pi f_1 L_2 - \text{реактивний опір (індуктивного характеру) фази загальмованого ротору}.$$

Дійсне значення струму ротору:

$$I_{2s} = \frac{E_{2s}}{Z_{2s}} = \frac{s \cdot E_2}{\sqrt{r_2^2 + (s \cdot x_2)^2}};$$

$$Z_{2s} = z_{2s} e^{+j\varphi_2} = r_2 + jsx_2.$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{r_2}{\sqrt{r_2^2 + (sx_2)^2}}; \sin \varphi_2 = \frac{s \cdot r_2}{\sqrt{r_2^2 + (sx_2)^2}}.$$

Для активної та реактивної складових струму I_{2s} отримуємо наступні вирази:

$$I_{2sa} = I_{2s} \cdot \cos \varphi_2 = \frac{sE_2 \cdot r_2}{r_2^2 + (sx_2)^2}; I_{2sp} = I_{2s} \cdot \sin \varphi_2 = \frac{s \cdot E_2 \cdot sx_2}{r_2^2 + (s \cdot x_2)^2}$$

Знаменники двох останніх виразів містять ковзання в другому ступені, отже, зміна знаку ковзання не істотне, так як $(+s)^2 = (-s)^2$. В чисельнику виразу I_{2sa} ковзання s у першому ступені. Тому при зміні знаку ковзання змінює свій напрям на векторній діаграмі на протилежний.

У виразі I_{2sp} чисельник містить ковзання в другому ступені. На цій підставі робимо висновок, що реактивна складова струму ротору при зміні знаку ковзання (переходить у генераторний режим) свій знак не змінює.

Парадокс полягає в тому, що висновок вірний та підтверджений досвідом. Однак при доказі допущена груба помилка, а саме: в трактуванні реактивності x_{2s} . Дійсно, $x_{2s} = 2\pi f_2 L_2$, $f_2 = s \cdot f_1 = 2\pi f_1 \cdot s \cdot L_2$. При зміні знаку ковзання ні частота не стає негативною, ні індуктивність L_2 не перетворюється в ємність. Висновок: і частота f_2 і реактивність x_{2s} пропорційні модулю ковзання $|s|$ та не залежить від його знаку.

З огляду на сказане, вираз для I_{2sp} слід записати у вигляді:

$$I_{2sp} = \frac{s \cdot E_2 \cdot |s| x_2}{r_2^2 + (s \cdot x_2)^2}$$

З цього виразу неминуче випливає, що при переході у генераторний режим, реактивна складова струму ротору змінює знак на протилежний. Цей висновок помилковий! В цьому досить легко переконатися, розглянувши взаємодію статора і ротору машини з основним магнітним полем. В доповіді це розглянуто детально.

The reactive component of the rotor current of an asynchronous machine in generator mode

Valeri Podimaka¹, Yulia Osachenko²

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. A gross error from the point of view of electrical engineering is considered. Namely, it is proved that the reactive component of the rotor current during the transition to the generator mode changes the sign to the opposite.

Keywords: asynchronous machine, sliding, reactive component.

УДК: 681.5.015:620.179.17

УДОСКОНАЛЕНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БУФЕРНИХ ДЖЕРЕЛ

Рожков С.О.¹, Іванов А.А.², Тимофєєв К.В.³, Бутаков І.Б.⁴, Жук Д.О.⁵

¹доктор технічних наук, професор, Херсонська державна морська академія, м. Херсон Україна
rozhov_ser@meta.ua;

²PhD, Херсонська державна морська академія,
м. Херсон Україна
artiva1978@gmail.com

³кандидат технічних наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон Україна
kvtimofeev2013@gmail.com

⁴аспірант, Херсонська державна морська академія, м. Херсон Україна
bib7677@gmail.com

⁵кандидат технічних наук, доцент, Національний університет кораблебудування імені
адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
vicedirector2012@gmail.com

Анотація. В роботі запропоновано використання додаткового дизель-генератора меншої потужності для компенсації збурень на енергосистему судна. З метою забезпечення необхідної керованості системи буферного джерела розроблено квазіоптимальний регулятор зі змінною структурою. Проведено математичне моделювання запропонованої системи і показано її ефективність. Моделювання досліджень виконано в середовищі MATLAB.

Ключові слова: електроенергетична система судна, ефективність, буферне джерело, квазіоптимальний регулятор.

Зростаючий обсяг морських перевезень і підвищення тоннажу суден [1], робить особливо актуальним завдання підвищення ефективності суднових енергосистем [2]. Будь-яка сучасна енергетична система має в своїй основі джерело енергії, зокрема на сучасних судах найбільше поширення через низку переваг набули дизель-генераторні системи енергопостачання. Але використання дизельних двигунів для приводу рушіїв судна має певні обмеження, які обумовлені його динамічними властивостями та особливостями механічних характеристик.

Для потужного суднового дизеля оптимальним є режим постійних обертів, що потребує значного запасу потужності. Дійсно, якщо навантаженням дизеля є генератор, на який діють збурення з боку, наприклад, електродвигунів пропульсивного комплексу, то такі збурення компенсуються системою управління або стають несуттєвими за рахунок надлишкової потужності дизеля. З іншого боку, збурення з боку хвиль і вітру мають приватний склад, що не дозволяє компенсувати ці збурення дизель-генератором із-за інертності самої системи. Для підвищення ефективності всієї енергосистеми судна за мету ставиться забезпечення оптимальних режимів роботи головних дизелів судна [3, 8], при цьому в систему вводиться додатковий контур компенсації збурень [4]. Таким чином, основний дизель має постійну уставку регулювання, а відхилення, які викликані збуреннями, компенсуються додатковим контуром керування.