

ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ БЕЗКОНТАКТНИХ СУМІЩЕНИХ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ ЗІ СТРУКТУРОЮ ОБМОТКИ РОТОРА, ЩО ПЕРІОДИЧНО ЗМІНЮЄТЬСЯ

Клементьєв О.В.,
Таврійський регіональний факультет
Херсонського національного технічного університету
Україна, 74900, Нова Каховка, Херсонська обл., вул. Первомайська, 35,
тел. 8-(05549)-40-567, e-mail: nkpi@kahovka.net

Розглядаються особливості конструкції і фізичних процесів в безконтактній синхронній машині зі структурою обмотки ротора, що періодично змінюється.

Рассматриваются особенности конструкции и физических процессов в бесконтактной синхронной машине с периодически изменяющейся структурой обмотки ротора.

ВСТУП

В цей час на стадії впровадження знаходяться безконтактні суміщені по магнітопроводу й обмоткам синхронні машини зі структурою обмотки ротора, що періодично змінюється. На статорі таких машин розташовані силова обмотка й обмотка збудження збудника. Обмотка ротора складається з окремих частин, які з'єднуються між собою через перемикаючі пристрої [1÷4]. При зміні стану цих пристроїв по певному закону по обмотці ротора протікає струм, що збуджує машину. У найбільш простому виді функції перемикаючих пристроїв можуть виконати діоди при їх природній комутації від ЕРС, яка індукується в частинах обмотки ротора через поле збудження збудника. У [3] показано, що в інженерних розрахунках цю ЕРС можна вважати синусоїдальною, а згідно [4], в однофазній обмотці ротора з діодами, крім постійного струму збудження протікає і змінний практично синусоїдальний струм, який створює пульсуюче поле, що має полюсність збудника.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Через зворотно-синхронну складову цього поля в обмотці збудження збудника індукується паразитна

ЕРС, що погіршує експлуатаційні показники машини. Тому розробка заходів по її ослабленню є актуальною задачею.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Один із шляхів рішення зазначеної задачі - використання багатофазної обмотки ротора, змінний струм якої створює поле, що тільки прямо-обертається.

На рис. 1 зображено ротор чотириполюсної машини з двофазною обмоткою при двополюсній (S_b , N_b) обмотці збудження збудника на статорі [6]. Трифазний варіант обмотки ротора наведено на рис. 2. Покажемо на прикладі двополюсного варіанту, що поле змінного струму обмотки ротора є нерухомим щодо статора.

Для визначення напрямку обертання першої гармоніки змінної складової МРС струму обмотки ротора введемо жорстко пов'язану зі статором вісь x уздовж розгортки повітряного зазору. Нехай початкове положення ротора ($x = 0$) збігається з магнітними осями котушок першого і третього полюсів, а також обмотки збудження збудника, а позитивний напрям осі x - напрямом за годинниковою стрілкою.

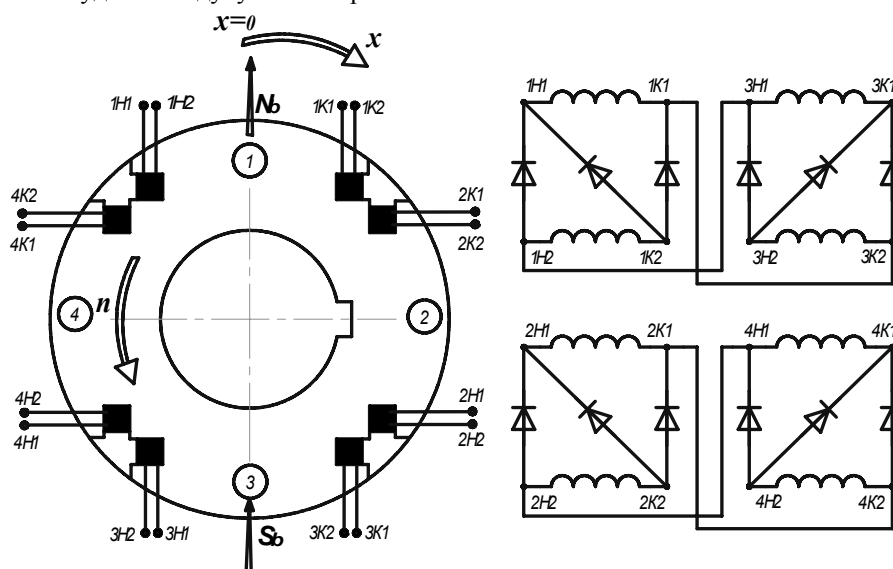


Рис. 1. Ротор з двофазною обмоткою по змінному струму

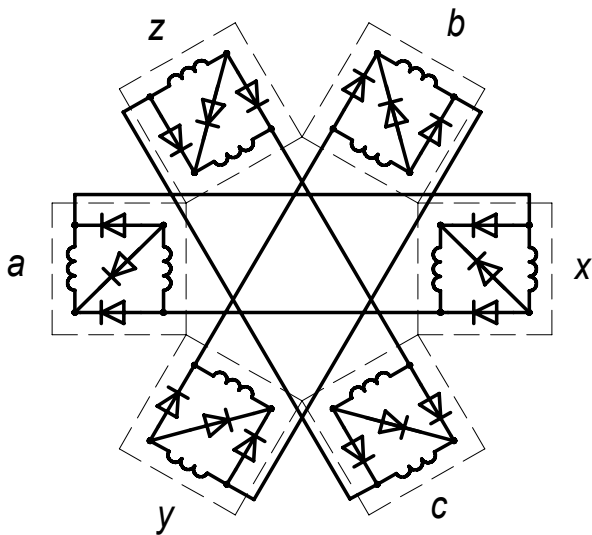


Рис. 2. Трифазна обмотка ротора по змінному струму

Запишемо вираз для пульсуючої МРС першої просторової і першої часової гармонік струму першої фази, представлені котушками 1-го і 3-го полюсів по рис. 1 (перша цифра в позначенні виводів котушок відповідає номеру полюса):

$$F_{13} = F_m \cdot \sin(\omega_f \cdot t + \varphi_{ei}) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{\tau_b} \cdot x\right),$$

де ω_f - кругова частота першої часової гармоніки змінної складової струму котушки, τ_b - полюсне ділення по збуднику, F_m - амплітудне значення МРС, φ_{ei} - зрушення по фазі між першою часовою гармонікою струму і першою часовою гармонікою ЕРС, індукованої через поле збудника.

МРС другої фази виражається таким чином:

$$F_{24} = F_m \cdot \sin\left(\omega_f \cdot t + \varphi_{ei} - \frac{\pi}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{\tau_b} \cdot x - \frac{\pi}{2}\right),$$

або

$$F_{24} = -F_m \cdot \cos(\omega_f \cdot t + \varphi_{ei}) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{\tau_b} \cdot x\right).$$

Використовуючи відому тригонометричну формулу:

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cdot \cos y \pm \cos x \cdot \sin y,$$

вважаючи

$$x = \omega_f \cdot t + \varphi_{ei},$$

$$y = \frac{\pi}{\tau_b} \cdot x,$$

одержуємо вираз результуючої МРС:

$$F = F_{13} + F_{24} = F_m \cdot \sin\left(\omega_f \cdot t + \varphi_{ei} - \frac{\pi}{\tau_b} \cdot x\right).$$

Знак "мінус" у цій формулі свідчить про те, що результуюча МРС F є хвилею, що поширюється уздовж позитивного напрямку осі x [5], тобто в напрямі, протилежному напрямку обертання ротора. У роботах [3, 4] показано, що частота першої гармоніки ЕРС,

індукованої в частинах обмотки ротора (котушках або котушкових групах) дорівнює робочій частоті, помноженій на відношення числа пар полюсів збудника p_b до полюсів генератора p . Частота обертання МРС цієї гармоніки

$$n_1 = \frac{60}{p_b} \cdot \left(f \cdot \frac{p_b}{p}\right) = \frac{60 \cdot f}{p}$$

дорівнює по абсолютній величині частоті обертання ротора. Тому щодо статора поле цієї МРС буде нерухомим, що виключає можливість індукції в обмотці збудження збудника паразитної ЕРС.

Використання багатофазних обмоток в роторах неавнополюсних машин невеликої потужності значно ускладнює технологію. У цих випадках вельми ефективним є технічне рішення, що передбачає наявність на статорі додаткових обмоток, замкнених на діоди [7]. Індукована в них ЕРС є джерелом підмагнічування машини з позитивним зворотним зв'язком по струму обмотки збудження збудника. Остання обставина, як показали експерименти, дає можливість управляти значно меншою потужністю збудження, зменшити габарити і потужність регулятора, а також спростити його конструкцію.

ВИСНОВОК

Запропоновані технічні рішення є ефективними, а їх застосування дозволяє значно поліпшити енергетичні показники і надійність синхронних машин з структурою обмотки ротора, що періодично змінюється.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Пат. №25062 Україна, МКИ Н 02 К 19/28. Безконтактна синхронна електрична машина / Клементьев О.В. і Бондарев В.М. (Україна) - №94107156; Заявлено 05.10.94, Опубл. 25.12.08. Бюл. №6. - 11 с.
- [2] Пат. №2085011 Росія, МКИ Н 02 К 19/38. Бесконтактная синхронная машина / Клементьев А.В., Бондарев В.Н. и Орлов В.И. (Україна) - №94005506; Заявлено 15.02.94; Опубл. 20.07.97, Бюл. №20. - 4 с.
- [3] Клементьев А.В. Расчет ЭДС, взаимной и собственной индуктивностей обмоток бесконтактного совмещенного генератора // Технічна електродинаміка. - 1996. - №6. - С. 59-61.
- [4] Клементьев А.В., Олейников А.М. Особенности электромагнитных процессов в бесконтактном совмещенном генераторе с периодически изменяющейся структурой обмотки ротора // Электротехника. - 2000. - №3. - С. 22-25.
- [5] Вольдек А.И. Электрические машины. - М. -Л.: Энергия, 1974. - 839 с.
- [6] Пат. № 50195 А, МКИ Н 02 К 19/38. Безконтактна синхронна електрична машина / Клементьев О.В., Китаев О.В., Олейников О.М., Якимчук Г.С. (UA). - № 200117878; Заявлено. 19.11.01; Опубл. 15.10.02, Бюл. № 10. - 2 с.
- [7] Пат. №38330А Україна, МКИ Н 02 К 19/38. Безконтактна синхронна електрична машина / Клементьев О.В., Якимчук Г.С., Китаев О.В. (Україна) - №2000063647; Заявлено 23.06.00; Опубл. 15.05.01, Бюл. №4. - 2 с.

Надійшла 26.08.05