ТЕХНІЧНІ НАУКИ. ТРАНСПОРТ

УДК 321.313.2:621.3.014.2

Олександр Ковальов

(Мелітополь, Україна)

КОМУТАЦІЙНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ДПС ПРИВОДУ ҐРУНТООБРОБНОГО МОТОБЛОКУ

Анотація. В роботі наведено аналіз впливу граничних режимів роботи між колекторними пластинами і реактивною електрорушійною силою. Визначені гранично допустимі значення цих показників.

Ключові слова. Потенційні умови, комутація, реактивна ЕРС, режими роботи, потенційні та комутаційні обмеження.

Summary. The paper analyzes the influence of boundary operating modes between collector plates and reactive electromotive force. The maximum allowed values of these indicators are determined.

Key words. Potential conditions, switching, reactive EMF, operating modes, potential and switching constraints.

Потенційно-комутаційні умови на колекторі тягового ДПС приводу мотоблоку можуть бути визначені наступними показниками: середнім значенням напруги між суміжними колекторними пластинами, $U_{ср}$; коефіцієнтом викривлення магнітного поля в зазорі під дією поперечної реакції якоря $k_f=B_{\delta max}/B_{\delta 0}$, де $B_{\delta max}$ та $B_{\delta 0}$ – значення магнітної індукції в зазорі в режимі навантаження та на холостому ході; середнім значенням реактивної ЕРС в секціях обмотки якоря, $e_{р.ср.}$ [1, с. 67].

Найбільш напруженими за потенційно-комутаційними умовами є режим роботи ДПС приводу мотоблоку з реалізацією номінальної потужності при пуску та максимальній швидкості ω_{max}, коли реактивна ЕРС і максимальна напруга між колекторними пластинами досягають своїх найбільших значень $e_{р.max}$ та $U_{к.max}$. Механічна характеристика тягового ДПС послідовного збудження $M=f(\omega)$, є законом регулювання тягового двигуна мотоблока. [3, с. 188].

Потенційні умови на колекторі визначаються середнім значенням напруги між суміжними колекторними пластинами $U_{к.сер.}$ та коефіцієнтом викривлення поля реакцією якоря $к_f$. Небезпека виникнення кругового вогню на колекторі визначається максимальною напругою між колекторними пластинами $U_{к.max}$.

$$U_{к.max} = 2B_{\delta max} \cdot l_a \cdot V_a \cdot W_c(p/a); \quad (1)$$

При відомих параметрах ДПС та $U_{k.max}$, можна визначити максимальний коефіцієнт викривлення поля

$$k_f = \frac{U_{k.max}}{U_{k.сер.}} \cdot \alpha, \quad (2)$$

а потім і мінімальний коефіцієнт стійкості

$$k_{c.min} = \frac{1}{k_f - 1}. \quad (3)$$

Слід відмітити, що наявність компенсаційної обмотки в ДПС знімає обмеження по потенційним умовам. Таким чином, обмеження по потенційним умовам або максимальній напрузі між суміжними колекторними пластинами зводиться до зберігання мінімально допустимого коефіцієнту стійкості

$$k_{c\,min} = \frac{F_{зб.}}{F_{р.а.}} = \frac{I_{зб.} \cdot W_{зб.}}{0{,}5b_{п.} \cdot A}; \quad (4)$$

$$k_{c\,min} = C(I_{зб.} / I_a) = const. \quad (5)$$

В ДПС послідовного збудження таке обмеження буде виконане автоматично, якщо зафіксувати максимально допустиму ступень послаблення струму збудження $\beta_{п.п.}$=0,4, тобто використати мінімальний опір, що шунтує обмотку збудження, при якому

$$\beta_{п.п.min} = I_{зб.} / I_a = 0{,}4. \quad (6)$$

На основі розрахункових та дослідних даних, [3, с. 189] обмеження по потенційним умовам на колекторі найбільш частіше використаних тягових ДПС, визначаються наступними показниками: $U_{к.доп.} \leq 25…28$ В для ДПС

великої потужності; $U_{к.доп.} \leq 30…35$ В для ДПС середньої потужності; $U_{к.доп.} \leq 40…45$ В для ДПС малої потужності; $\beta_{п.п.} \geq 0,4$; $k_{п.доп.} \leq n_{max}/n_{ном.}$ – задається в каталогах ДПС.

Обмеження по комутації визначаються електромагнітними причинами іскріння щіток, що пов'язано з реактивною ЕРС в комутуючих секціях обмотки якоря. Середнє значення реактивної ЕРС згідно з [2, с. 43] можна визначити

$$e_{р.сер.} = 2A \cdot l_a \cdot V_a \cdot W_c \cdot \Lambda_п, \tag{7}$$

Питома потужність електричних розрядів під щіткою, що характеризує ступень іскріння щіток на колекторі дорівнює

$$P_{пит.} = E_{р.сер.} \frac{F_{г.п.}}{l_{щ.}} \cdot \Delta^2 = K_{щ.} \cdot \Delta^2, \tag{8}$$

де $l_{щ.}$ – довжина щітки;

Δ – комутаційне порушення;

$K_{щ.}$ – коефіцієнт обмеження інтенсивності іскріння щіток.

При цьому

$$K_{щ.} = l_{р.сер.} \frac{F_{г.п.}}{l_{щ.}} = 2A \cdot V_a \cdot W_c \cdot \Lambda_п \cdot \frac{F_{г.п.}}{l_{щ.}}; \tag{9}$$

$$\Delta = 1 - \frac{e_{к.сер.}}{e_{р.сер.}}, \tag{10}$$

де $e_{к.сер.}$ – середнє значення комутуючої ЕРС, що наводиться в секціях обмотки якоря магнітним полем добавочних полюсів.

Для ДПС з широким діапазоном регулюванням швидкості, оцінка якості комутації при високій частоті обертання проводиться по величині тривалості комутаційного порушення за рівнянням

$$\Delta_{max} = \frac{1}{\sqrt{K_{щ.}}} \left(1 + \frac{e_{р.сер.}}{e_{р.сер.} - 2\Delta U} \right). \tag{11}$$

Значення Δ_{max} для надійної роботи машин по комутаційній умові не повинно бути менше 10%.

Реактивна ЕРС $e_{р.сер.}$ збільшується пропорційно швидкості V_a, що приводить до зменшення допустимого значення Δ_{max} та збільшення вірогідності іскріння щіток

$$2\nu = \left(1 + \frac{e_{р.сер.}}{e_{р.сер.} - 2\Delta U}\right), \tag{12}$$

отримаємо Δ_{max} в відсотках

$$\Delta_{max} = \frac{2\nu}{\sqrt{K_{щ.}}}. \tag{13}$$

Завдаючи в режимі максимальної швидкості $\Delta_{max} = 10\%$, можна визначити максимальне значення коефіцієнта $K_{щ.}$

$$K_{щ.} \le (20\nu)^2. \tag{14}$$

При великих значеннях реактивної ЕРС $e_р = 5...8\,В$ та максимальній швидкості ω_{max} (V_a), величина $\nu = 1,.5...1,25$. Тобто значення коефіцієнта $K_{щ.}$ дорівнює

$$K_{щ.\nu} \le 400(1,5...1,.25)^2 = 600...900. \tag{15}$$

В номінальному режимі роботи, який приймається за розрахунковий, значення коефіцієнта $K_{щ.}$ дорівнює

$$K_{щ.ном.} = \frac{K_{щ.\nu}}{K_\nu} = \frac{600...900}{K_\nu}. \tag{16}$$

Практично це відповідає зменшенню значення реактивної ЕРС $e_{р.сер.}$. Так як коефіцієнт $K_{щ.}$ пропорційний струму та швидкості якоря

$$K_{щ.} = C_1 \cdot I_a^2 \cdot V_a = C_2 \cdot I_a^2 \cdot n. \tag{17}$$

можна отримати граничне значення струму якоря в залежності від частоти обертання

$$I_{a.max}\sqrt{\frac{K_{щ.}}{C_2 \cdot n}}. \qquad (18)$$

Таким чином, обмеження по комутації визначаються наступними гранично допустимими показниками: $e_{р.сер.}$≤7,5...8,5 В; $P_{пит.}$≤1 Вт/см; $K_{щ.}$=600...900; $V_{а.доп.}$≤65...70 м/с; $V_{к.доп.}$≤50...55 м/с.

ДЖЕРЕЛА І ЛІТЕРАТУРА

1. Вегнер О. Г. Теория и практика коммутации машин постоянного тока/ О. Г. Вегнер. – М.: Энергия, 1971. – 272 с.

2. Ковальов О. В. Комутація в ДПС електропривода ґрунтообробного мотоблоку/ О. В. Ковальов, Ю. М. Хандола// Науково-технічний журнал «Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК». Випуск №1 (1). – Харків: ХНТУСГ, 2014. – С. 42-44.

3. Ковальов О. В. Тягові характеристики та параметри керування мотоблоку з електроприводом постійного струму/ О. В. Ковальов, Г. Н. Назар`ян// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Випуск 73 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Том 1. Харків: ХНТУСГ, 2008. С.187-200.

Ковальов Олександр Вікторович – старший викладач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова Таврійського державного агротехнологічного університету; тел. 0676134537; alekstdaty1979@gmail.com; сертифікат: ТАК; про конференцію дізнався від колег.