

## ОСНОВНА ЕЛЕКТРИЧНА МАШИНА МАКЕТНОЇ УСТАНОВКИ БЕЗЩІТКОВОГО АСИНХРОНІЗОВАНОГО ДВИГУНА

<sup>1,2</sup>Галіновський О.М., к.т.н., доцент, <sup>1</sup>Надолішний О.С., бакалаврант,  
<sup>3</sup>Ленська О.О.

<sup>1</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки; <sup>2</sup>ДиректорТОВ «НВО «ТЕМП 09»; <sup>3</sup>Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України, директор Департаменту розвитку відновлюваної енергетики

**Вступ.** Асинхронізовані машини застосовуються як генератори потужних і автономних електроенергетичних систем, регульований електропривод, компенсатори реактивної потужності та інше. Вимоги по забезпеченню високої надійності електричних машин обмежує застосування контактної-щіткових вузлів. Актуальними є розробка і впровадження безщіткових асинхронізованих машин (БАСМ).

У світовій практиці регульований електропривод визнаний однією з найбільш енергозбережливих і ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій.

На Україні як електропривод вентиляційних і насосних установок середньої потужності в основному застосовуються безщіткові синхронні двигуни (БСД). Великі пускові струми високовольтних БСД істотно знижують надійність роботи системи електропостачання. При заміні високовольтних БСД на регульовані безщіткові асинхронізовані двигуни (БАСД) з безщітковими пусковими пристроями (БПУ) досягається економічний ефект за рахунок зменшення споживання електроенергії, поліпшення технологічного режиму, збільшення терміну служби агрегатів.

Розроблені різні типи електромашинно-вентильних перетворювачів [1] та безщіткові пускові пристрої [2] БАСМ. На даний час актуальними задачами є розробка, виготовлення і дослідження макетних установок безщіткових асинхронізованих генераторів та керованих електроприводів. У вирішенні цих задач передбачається участь електротехнічних підприємств України і європейських країн.

В роботі [3] розглянуті питання по розробці основної електричної машини (ОЕМ) безщіткового асинхронізованого генератора (БАСГ) макетної дизельенергетичної установки потужністю 30 кВт (ДЕУ-30), проведений аналіз характеристик ОЕМ при різних величинах повітряного зазору ОЕМ.

Проводиться розробка макетної установки керованого безщіткового асинхронізованого електроприводу потужністю 30 кВт (БАСД-30). Розробка макетних установок ДЕУ-30 і БАСД-30 проводиться при можливому зменшенні затрат на виготовлення ОЕМ і електромашинно-вентильних перетворювачів (ЕМВП).

**Мета роботи:** аналіз можливості застосування основної електричної машини безщіткового асинхронізованого генератора дизельенергетичної

установки потужністю 30 кВт в якості основної електричної машини макетної установки керованого електроприводу потужністю 30 кВт.

**Характеристики OEM АСД-30 з номінальною швидкістю обертання при різних величинах повітряного зазору та  $\cos\varphi_N$ .** Приводимо результати розрахунків OEM АСД-30 при  $U_1 = U_{1N} = 380$  В, ковзані  $s_N = - 0.15$ ,  $n = n_N = 1725$  об/хв.:

з різними величинами повітряного зазору і  $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_{1N} = 0.95$ ;

з різними величинами  $\cos\varphi_1$  і  $\delta = 1.5$  мм = const.

В таблиці 1 показані коефіцієнт насичення  $k_\mu$ , відношення ЕРС обмотки статора до номінальної напруги  $k_E$ , параметри схеми заміщення  $x_m$ ,  $x_1$  і  $x_2$ , густини струмів обмоток статора  $j_1$  та ротора  $j_2$ , сумарні втрати в сталі  $p_{Fe}$  та міді  $p_{el}$ , коефіцієнта корисної дії  $\eta$  та кут навантаження  $\theta$  OEM БАСД-30 при різних величинах повітряного зазору  $\delta$ .

Таблиця 1 – Розрахункові величини OEM АСД-30 при  $P_2 = P_{2N} = 30$  кВт,  $U_1 = U_{1N} = 380$  В,  $\cos\varphi_1 = 0.95$ ,  $s_N = - 0.15$  і різних величинах  $\delta$

$\delta$ мм	$k_\mu$	$k_E$	$x_m$ в.о.	$x_1$ в.о.	$x_2$ в.о.	$j_1$ А/мм <sup>2</sup>	$j_2$ А/мм <sup>2</sup>	$p_{Fe}$ Вт	$p_{el}$ Вт	$\eta$ %	$\theta^0$
0.9	1.328	1.0127	2.395	0.062	0.162	4.53	3.25	782.4	1802	87.8	53.4
1.2	1.255	1.0137	1.951	0.057	0.155	4.53	3.31	730.7	1823	87.9	50.2
1.5	1.21	1.0143	1.652	0.055	0.15	4.53	3.39	696.1	1859	87.9	47.3
1.8	1.179	1.0148	1.436	0.053	0.146	4.53	3.5	674	1909	87.9	44.8

По даним табл. 1 при збільшенні величини повітряного зазору OEM БАСД-30 з номінальним навантаженням від  $\delta = 0.9$  мм до  $\delta = 1.8$  мм зберігається практично незмінним коефіцієнт корисної дії  $\eta$ . Це зв'язано зі зміною параметрів OEM ( $k_\mu$ ,  $k_E$ ,  $x_m$ ,  $x_1$  і  $x_2$ ), що приводить до зменшення сумарних втрат в сталі при одночасному збільшенні сумарних втрат в міді

При збільшенні величини повітряного зазору OEM БАСД-30 кут навантаження  $\theta$  зменшується на  $8.6^0$  (від  $\theta = 53.4^0$  до величини  $\theta = 44.8^0$ ).

В порівнянні з OEM БАСД-30 збільшення величини повітряного зазору OEM БАСД-30 від  $\delta = 0.9$  мм до  $\delta = 1.8$  мм приводить до зменшення коефіцієнта корисної дії при номінальному навантаженні OEM на 1.2 % (від  $\eta = 89.1$  % до  $\eta = 87.9$  %). При цьому кут навантаження  $\theta$  зменшується на  $7.1^0$  (до величини  $\theta = 32^0$ ), [3].

В табл. 2 показані вищевказані величини OEM АСД-30 при  $\delta = 1.5$  мм і номінальній швидкості обертання при різних величинах  $\cos\varphi_{1N}$ . При збільшенні величини  $\cos\varphi_{1N}$  (від  $\cos\varphi_{1N} = 0.85$  до  $\cos\varphi_{1N} = 1$ ) зберігається практично незмінним коефіцієнт корисної дії, кут навантаження  $\theta$  збільшується на  $19.1^0$  (від  $\theta = 39.9^0$  до величини  $\theta = 59^0$ ).

Відмічені особливості характеристик OEM БАСД-30 необхідно враховувати при побудові макетної установки керованого електроприводу.

Таблиця 2 – Розрахункові величини OEM АСД-30 при  $P_2 = P_{2N} = 30$  кВт,  
 $U_{1N} = 380$  В,  $\delta = 1.5$  мм,  $s_N = -0.15$  і різних величинах  $\cos\varphi_{1N}$

$\cos\varphi_{1N}$	$k_\mu$	$k_E$	$X_m$ В.О.	$X_1$ В.О.	$X_2$ В.О.	$j_1$ А/мм <sup>2</sup>	$j_2$ А/мм <sup>2</sup>	$P_{Fe}$ Вт	$P_{el}$ Вт	$\eta$ %	$\theta^\circ$
0.85	1.202	0.9998	1.873	0.062	0.169	5.096	3.29	676.8	2115	87.2	39.9
0.9	1.205	1.0066	1.756	0.58	0.158	4.79	3.30	685.4	1954	87.6	43.1
0.95	1.21	1.0143	1.652	0.055	0.15	4.525	3.39	696.1	1858	87.9	47.3
1.0	1.219	1.0309	1.562	0.052	0.143	4.309	3.82	719.6	1954	87.7	59

Як наголошується в [4], асинхронізована машина керована не тільки по активних і реактивних потужностях, але і за швидкістю обертання, завдяки чому зростають межі статичної і динамічної стійкості. Це забезпечує стійку роботу машини при  $\cos\varphi = 1$ , створюються умови роботи при недозбудженні.

Відмітимо: в макетній установці БАСД-30 необхідно дослідити різні типи ЕМВП і безщіткових пускових пристроїв, структура яких багато в чому залежить від величини критичного ковзання OEM в асинхронному режимі [2].

#### Висновки:

1. Основна електрична машина (ОЕМ) безщіткового асинхронізованого генератора дизельенергетичної установки потужністю 30 кВт принципово може бути застосована в якості OEM макетної установки керованого електроприводу потужністю 30 кВт (БАСД-30).

2. В задачі експериментальних досліджень макетної установки БАСД-30 наряду з дослідженнями працездатності електромашинно-вентильних перетворювачів входять і дослідження різних типів безщіткових пускових пристроїв. В зв'язку з цим доцільно провести додаткові розрахунки характеристик OEM при коректуванні розмірів магнітопроводу та параметрів обмоток статора і ротора.

#### Перелік посилань

1. О.М. Галіновський, Є.М. Дубчак, О.О. Ленська Основи електромеханотроніки, ч. 2, Електромашинно-вентильні безпосередні перетворювачі частоти асинхронізованих машин / Навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати» // НТУУ «КПІ», 2022.

2. О.М. Галіновський, М.Г. Анпілогов М.Г. О.О. Ленська. Пуск безщіткового асинхронізованого двигуна по методу протиключення обмоток ротора. Збірник. наук. праць ДонДТУ, Алчевськ, 2006.

3. Galinovskiy O.M., Bigun B.R., Lenska O.O. Main electrical machine of a brushless asynchronous generator of a model diesel power plant (стаття в даному збірнику наукових праць).

4. Теорія і методи розрахунку асинхронних турбогенераторів / Під ред. І.М, Постнікова. К., «Наук. думка», 1977.