

Т.І.Завгородня, М.І.Калитка

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДРУКОВАНОГО КОЛЕКТОРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

Роботизація поліграфічного виробництва в перспективі передбачає створення гнучких автоматизованих комплексів, до яких входить різноманітне обладнання з програмованим керуванням у поєднанні з мікропроцесорною технікою.

Спеціально для комплексів з переналагодженням розробляються роботи з електроприводом, які мають поліпшені характеристики завдяки використанню малоінерційних двигунів постійного струму. Максимальна швидкодія характерна для моментних магнітоелектричних двигунів з гладким якорем. На відміну від двигунів постійного струму звичайного виконання вони мають високі перевагуючу здатність (8—10 від номінального моменту) і рівномірність обертання при малих частотах (до 0,1 об./хв) [1].

Застосування магнітоелектричних двигунів з вмонтованим тахогенератором постійного струму забезпечує високі розрізняльну властивість приводу завдяки відсутності ліфтів і тертя та механічну жорсткість, незначне споживання потужності на одиницю моменту двигуна і можливість одержання вихідного сигналу постійного струму тахогенератора при малих частотах обертання. Задовольняються й інші вимоги до моментних двигунів: лінійна залежність моменту від сигналу, висока порогова чутливість.

Проте якість і надійність магнітоелектричних моментних двигунів і тахогенераторів дещо знижується через малу надійність щітково-колекторного вузла: нестабільність опору ковзного контакту, наявність імпульсних перешкод.

При традиційному виконанні колектора з міді електропровідність ковзного контакту визначається електрофізичними властивостями плівки на поверхні колектора. Параметри плівки змінюються в широких межах залежно від струмових навантажень, навколишнього середовища, яке впливає на утворення окислів міді, марки щіток і інших факторів. Це призводить до нестабільності контактного опору

з появою шумів, імпульсних перешкод з можливим розривом робочого кола.

Уникнути негативних явищ у щітково-колекторному вузлі можна, використавши срібло-графітові щітки з колектором, який має паладійове або золоте покриття на контактній поверхні [2]. Проте, враховуючи необхідність економії кольорових і дорогоцінних металів, трудомісткість виготовлення колектора з паладійовим або золотим покриттям, у новій конструкції і технології виготовлення щітково-колекторних вузлів запропоновано використати друкований вуглеграфітовий колектор [3, 4] у парі з графітовими щітками.

Контактні властивості друкованого вуглеграфітового колектора вивчали на макеті з плоским короткозамкненим колектором.

Вимірювання опору ковзного контакту «колектор — щітка» при роботі в нормальному навколишньому середовищі і під час кліматичних випробувань проводили на вимірювально-обчислювальному комплексі, призначеному для автоматизації досліджень ковзних контактів.

До вимірювально-обчислювального комплексу входять два вимірювальних прилади (вольтметр В7-21А і АЦП Ф-4223), ЕВМ типу ДВК-3 і набір програм, за допомогою яких здійснюються керування процесом експерименту та обробка одержаних даних: визначення мінімального, максимального і середнього значень, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, які потім відображаються на екрані і фіксуються друкарським пристроєм: побудова графіка і гістограми вимірних значень опору ковзного контакту.

Кліматико-механічні дослідження проведені в камері типу «ІЛКА» (температура  $-50 \dots +50^\circ \text{C}$ , тиск 619 — 1073 гПа) і в камері вологості КТВ-1000.

Вплив матеріалу колектора, струму в контакті, тиску на щітку, швидкості обертання колектора на контактний опір пари щіток оцінювався за результатами, зафіксованими на вимірювально-обчислювальному комплексі. Так, для матеріалу колектора УГК-2 при величині струму в контакті 0,1 А, площі поперечного перетину щітки 0,2 см<sup>2</sup>, силі тиску на щітку 1,5 Н, кутовій швидкості обертання колектора 0,314 с<sup>-1</sup> контактний опір на пару щіток ЭГ-2А дорівнює 1,804 Ом. Значення опору одержане як середнє з результатів вимірювання в 28 рівновіддалених точках робочої доріжки колектора, при цьому з кожної точки брали усереднене значення від 114 вимірювань.

Відмічена висока стабільність контактного опору: середньоквадратичне відхилення — 0,195; максимальне значення — 2,316 Ом; мінімальне значення — 1,524 Ом.

При обробці експериментальних даних встановлено, що при збільшенні швидкості обертання колектора від  $2,07 \times 10^{-4}$  до  $0,425 \text{ с}^{-1}$  контактний опір  $R = 1,748 \text{ Ом}$  зріс на 8,2%.

При збільшенні струму від 0,1 до 2,0 А опір  $R = 1,522 \text{ Ом}$  зменшився на 17,0%. Зміни коефіцієнта тертя  $\mu = 0,21$  в зазначених діапазонах швидкості і струму не зафіксовано.

Знос колекторних пластин і щіток оцінювався індикатором (ГОСТ 9696-82, ціна поділки 1 мкм) і мікрометром МК-2 (ГОСТ 6507-78). За час досліджень (близько 300 годин) в умовах вищевказаних параметрів без іскріння в ковзному контакті зносу колекторних пластин і щіток не виявлено з-за малих значень.

Прискорені випробування на зношування проведені при швидкості обертання  $200 \text{ с}^{-1}$  і відсутності іскріння в ковзному контакті. За  $1 \times 10^6$  оберта знос колектора становив 0,005 мм. Для щіток  $10^6$  оберта колектора відповідало 3000 км пробігу, знос склав 0,62 мм.

У таблиці наведені значення спаду напруги  $2\Delta U$  на пару щіток (перетин щітки  $0,2 \text{ см}^2$ ), які одержані в динамічному режимі  $\omega = 0,262 \text{ с}^{-1}$  при різних кліматичних випробуваннях макета з мідним колектором М1 і друкованим вуглеграфітовим УГК-2.

Струм в контакті I, А	Спад напруги $2\Delta U$ на пару щіток, В Матеріал колекторних пластин	
	мідь М1	УГК-2
У нормальних атмосферних умовах перед випробуванням		
0,1	0,310	0,312
1,0	2,063	2,907
Витримано 30 хв при $T = +35^\circ\text{C}$ , $p = 693 \text{ гПа}$ , вимірювання в камері		
0,1	0,341	0,308
1,0	2,289	2,010

Струм в контактї I, А	Спад напруги $2\Delta U$ на пару щіток, В Матеріал колекторних пластин	
	мідь М1	УГК-2
Витримано 30 хв при $T = +35^{\circ}\text{C}$ , $p = 1013$ гПа, вимірювання в камері		
0,1	0,378	0,306
1,0	2,374	2,904
Витримано 30 хв при $T = -35^{\circ}\text{C}$ , $p = 1013$ гПа, вимірювання в камері		
0,1	0,551	0,345
1,0	2,606	3,251
Витримано 30 хв при $T = +30^{\circ}\text{C}$ , вологість 95%, вимірювання в камері		
0,1	0,433	0,304
1,0	1,967	3,405
Витримано 30 хв в нормальних умовах після випробувань на вологість		
0,1	0,311	0,351
1,0	2,287	3,371

Аналіз показує, що в досліджених кліматичних умовах щітково-колекторні вузли мають нелінійну вольт-амперну характеристику в діапазоні струмів 0,1 — 1,0 А, нелінійність у більшій мірі властива мідному колектору, у меншій УГК—2.

Більшою теплостійкістю відзначається вуглеграфітовий колектор УГК-2: при температурі  $+35^{\circ}\text{C}$ , тиску 693 гПа, струмові 0,1 А зміна  $2\Delta U$  спаду напруги на пару щіток по відношенню до нормальних атмосферних умов для УГК-2 складає 1,42%, для М1 — 9,33%.

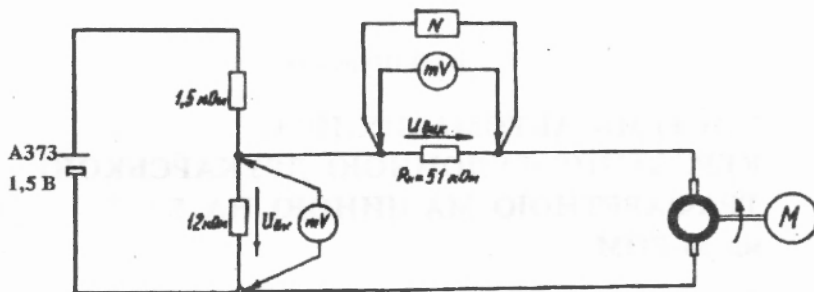
Друкований вуглеграфітовий колектор відзначається також більшою холодостійкістю: при температурі  $-35^{\circ}\text{C}$ , тиску 1013 гПа, струмові 0,1 А зміна спаду напруги по відношенню до нормальних умов для УГК-2 дорівнює 10,12%, для М1 — 55,75%.

Більш стійкий друкований вуглеграфітовий колектор і до впливу вологи: при температурі  $+30^{\circ}\text{C}$ , вологості 95%, струмові 0,1 А зміна спаду напруги для УГК-2 становить 20,79%, для М1 — 32,96%.

Режим роботи тахогенератора постійного струму передбачає передавання через ковзний контакт щітково-колекторного вузла сигналу порядку 10 мВ на навантаження, близьке 50 кОм.

Дослідження передачі сигналу проведені на друкованому вуглеграфітовому короткозамкнутому колекторі після напрацювання на знос  $1 \times 10^6$  обертів.

В електричному колі (див. рисунок) на опорі навантаження



Електрична схема передачі і вимірювання потенціалу 10 мВ через ковзний вуглеграфітовий контакт

$R_n = 51$  кОм зняті осцилограми вихідного сигналу  $U_{\text{вих}}$ . При дослідженні використана вимірювальна апаратура: вольтметр універсальний В7-21А, осцилограф С1-93. Пульсацій і зміни амплітуди сигналу, який передавався через друкований вуглеграфітовий короткозамкнений колектор, не виявлено, що підтвердилось осцилограмами, знятими при тривалості розгортки сигналу 0,1; 0,5; 2,0 мкс/под і масштабі сигналу 0,005 В/под. Тому можна вважати, що передача сигналу  $U_{\text{вх}} = 10$  мВ на навантаження  $R_n = 51$  кОм (струмове навантаження порядку  $10^{-6}$  А) при силі тиску на щітку 2 Н (площа 0,2 см<sup>2</sup>), швидкості обертання  $20,7 \times 10^{-4}$  с<sup>-1</sup> здійснюється ковзним контактом без спотворень.

Проведені дослідження підтвердили стабільність контактного опору ковзного контакту з друкованим вуглеграфітовим колектором, підвищену зносостійкість і стійкість до впливу кліматичних умов.

Враховуючи дані властивості, а також меншу в десятки разів масу і вартість вуглеграфітових колекторних пластин у порівнянні з мідними традиційної конструкції, друкований вуглеграфітовий колектор рекомендується для магнітоелектричних моментних двигунів і тахогенераторів, для колекторних машин малої потужності.

1. Бусленко В. Наш колега — робот. М., 1984. 2. Зайчикова А.С. и др. Исследование работоспособности узла токосъема моментных двигателей постоянного тока // Сб. научных трудов «Электрические контакты, пути повышения качества и надежности». К., 1983. 3. АС СССР №1700664. БИ №47. 1991. 4. АС СССР №1723610. БИ №12. 1992.

Стаття надійшла до редколегії 24.01.96