

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВІАЦІЙНОГО ГЕНЕРАТОРА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТИПУ ГСР-12000

Ковальчук Д.С., магістрант, Васьковський Ю.М., д.т.н., проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Авіаційні генератори постійного струму є основними джерелами електричної енергії на літаку. Вони забезпечують електроенергією засоби запуску, органи управління літаком, механізми спеціального обладнання, радіо - і радіотехнічні пристрої, обчислювальні машини, електричні автоматизовані системи та прилади, системи освітлення, обігріву і т. д. У даний час перед розробниками авіаційної техніки ставиться завдання створення літака з повністю електричним обладнанням, тобто практично повністю виключити гідравлічні і пневматичні приводи (на сучасних літаках для приводу органів управління, механізації крила, злітно-посадкових пристроїв і в інших випадках, коли потрібні великі зусилля, застосовуються зазначені приводи). Це обумовлено тим, що електрична енергія має переваги перед іншими видами енергії при використанні на літальних апаратах [1].

Основними електричними машинами, які виконують робочі функції на літаку, є виконавчі двигуни постійного струму. Вони мають ряд переваг над двигунами змінного струму. Насамперед, це великий пусковий момент, що дає змогу виконати функцію будь якої системи літака при будь яких умовах. Також двигуни даного типу достатньо надійні, легко регулюються і прості в експлуатації. Для забезпечення роботи виконавчих двигунів постійного струму зазначених пристроїв і систем електричною енергією на літаках використовують генератори постійного струму.

Потужність джерел електричної енергії, що встановлюються на сучасних важких літаках досягає 800 кВт, протяжність проводів бортової електричної мережі складає сотні кілометрів, а кількість електричних пристроїв і агрегатів досягає декількох тисяч [1]. На сучасних пасажирських літаках застосовується серія генераторів постійного струму типу ГСР (з розширеним діапазоном швидкостей обертання) зі шкалою номінальних потужностей 1000, 1500, 3000, 6000, 9000, 12000 і 18000 Вт. При інших рівних умовах «електричний літак» для свого функціонування потребує суттєвого збільшення потужності бортових систем електрогенерації. Тому для досягнення успіху у напрямку створення повністю електричного літака потрібно модернізувати генератори постійного струму, як основне джерело електроживлення. Напрями модернізації направлені на збільшення коефіцієнта корисної дії генератора при одночасному зменшенні його масо-габаритних показників

За принципом дії авіаційні генератори однакові з наземними генераторами промислового типу, але вони істотно відрізняються від останніх конструктивним виконанням, а також механічними, електричними, магнітними та тепловими характеристиками.

До авіаційних генераторів пред'являються більш жорсткі вимоги, в частині надійності і безвідмовності в роботі, габаритів і маси, міцності механічної, електричної та хімічної стійкості, зручності та безпеки в обслуговуванні, вибухо- і пожежобезпеки, стабільності роботи при зміні параметрів навколишнього середовища (тиску, температури, вологості), незалежності роботи від положення в просторі, відсутність впливу на роботу радіообладнання.

Для зменшення ваги авіаційні генератори виконують з більшим ступенем використання конструктивних матеріалів і допускають, в порівнянні з наземними генераторами, підвищені швидкості обертання, значно більші щільності струмів в обмотках і під щітками, більш високу робочу температуру. Прагнення до зменшення розмірів генераторів змушує допускати порівняно великі лінійні навантаження на рівні 200 ... 400 А / см, що приблизно вдвічі більше, ніж у промислових електричних машин [3].

Метою роботи є удосконалення конструкції і параметрів авіаційного генератора постійного струму типу ГСР – 12000 потужністю 12 кВт шляхом покращення його масо-габаритних показників, енергетичних характеристик, збільшення питомої потужності при забезпеченні його допустимого нагріву в усіх штатних режимах роботи.

Матеріали та результати досліджень. Прототипом для проведення модернізації було обрано серійний генератор постійного струму типу ГСР-12000 потужністю 12 кВт. Основні конструктивні рішення модернізованого генератора, у тому числі конструкція системи його охолодження відповідали даним існуючого серійного генератора. Була проведена багатоваріантна розрахункова оптимізація параметрів і характеристик генератора. Варіації підлягали електромагнітні навантаження (струмове лінійне навантаження якоря, магнітна індукція в повітряному проміжку між полюсами статора і ротором), геометричні розміри активної зони, обмоткові дані обмотки якоря, тощо. Розрахунки проводилися з урахуванням допустимого діапазону регулювання швидкості ротора, а також обмежень щодо допустимого нагріву обмотки якоря генератора в різних режимах роботи.

У таблиці 1 наведені результати порівняльного розрахункового аналізу серійного генератора типу ГСР-12000 і спроектованого на його основі модернізованого генератора в номінальному режимі роботи при частоті обертання 4000 об/хв (можливо підвищення швидкості до 8000 об/хв).

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз варіантів авіаційного генератора.

Параметри	ГСР-12000	Спроекований генератор
Тип збудження	паралельне	паралельне
Потужність генератора	$P_2 = 12000$ Вт	$P_2 = 12000$ Вт
Номінальна напруга	$U = 28$ В	$U = 28$ В
Номінальний струм	$I_n = 400$ А	$I_n = 400$ А
Частота обертання	$n_1 = 4000$ об/хв	$n_1 = 4000$ об/хв
Індукція в повітряному	$B_\delta = 0,73$ Тл	$B_\delta = 0,75$ Тл

проміжку		
Лінійне навантаження	$A=40000 \text{ А/м}$	$A=41000 \text{ А/м}$
Маса міді	$m_M=4,1 \text{ кг}$	$m_M=3,9 \text{ кг}$
Маса сталі	$m_c=8,53 \text{ кг}$	$m_c=7,52 \text{ кг}$
Коефіцієнт корисної дії	$\eta = 76,1\%$	$\eta = 76,5\%$
Діаметр якоря	$D=0,115 \text{ м}$	$D=0,11 \text{ м}$
Довжина якоря	$l=0,09$	$l=0,09 \text{ м}$
Питома потужність	$P=419 \text{ Вт/кг}$	$P=436 \text{ Вт/кг}$
Маса генератора	$m = 28,6 \text{ кг}$	$m = 27,43 \text{ кг}$
Температура обмотки якоря	$t=70,7 \text{ }^\circ\text{C}$	$t=71,9 \text{ }^\circ\text{C}$

Висновки. За результатами порівняльного аналізу серійного прототипу і модернізованого генератора можна зробити наступні висновки. Запропонований модернізований генератор має:

1. Меншу загальну вагу, порівняно з прототипом на 1,17 кг.
2. Менші витрати активних матеріалів, зокрема міді обмоток (на 0,2 кг) і сталі магнітопроводу (на 1 кг).
3. Менші габарити за рахунок меншого діаметру якоря.
3. Збільшену питому потужність на 4% за рахунок збільшення електромагнітних навантажень.

4. Кращий коефіцієнт корисної дії на 0,4% за рахунок зменшення втрат.

Спостерігається невелике збільшення (на 1,2 $^\circ\text{C}$) нагріву обмотки якоря, яке не перевищує допустимих меж. Основні характеристики спроектованого і серійного генераторів, зокрема зовнішня характеристика, майже ідентичні.

Зменшення масо – габаритних показників генератора при одночасному збільшенні його ККД вдалось досягти за рахунок збільшення лінійного навантаження і більш ефективного використання активних матеріалів.

Таким чином, проведене розрахункове дослідження показує, що існує певний технічний потенціал для покращення (хоча і в невеликих межах) показників існуючих серійних авіаційних генераторів, що може бути використане при розробці більш енергоефективного електрообладнання для нових сучасних «електричних літаків». Зазначені переваги мають певне значення в авіації, оскільки вага і габарити є важливими технічними вимогами, які ставляться до авіаційного обладнання.

Перелік посилань

1. https://studbooks.net/2339273/tehnika/obschie_svedeniya_aviatsionnyh_generatorah.
2. <https://studfiles.net/preview/2113704/>.
3. А.А.Лебедев "Автоматическое и электрическое оборудование летательных аппаратов", : Воениздат, 1979 . – 383 с.
4. М.М.Красношарпа "Электроснабжение ЛА", М., Воениздат, 1973, стр. 142-151.