

УДК 629.7.01

С.Ю. Маренич, О.О. Абрикосов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ОБГРУНТУВАННЯ ДРУГОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ПРОТИБЛІДНЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВЕРТОЛЬОТУ МИ-8МТ

Проведено обґрунтування другого режиму роботи протибліднювальної системи вертольоту для підвищення безпеки польоту в умовах зледеніння.

Ключові слова: протибліднювальна система, система електропостачання, генератор змінного струму, баланс потужностей.

Вступ

Постановка завдання у загальному вигляді та його зв'язок із практичними заходами. Обледеніння відноситься до несприятливих метеорологічних умов, в результаті яких підвищується загроза безпеці польотів. Польоти в умовах обледеніння дозволяється виконувати тільки на повітряних суднах, які обладнані протибліднювальною системою (ПОС). З несправною чи не включеною ПОС польоти заборонені.

Вертольоти сімейства Ми-8МТ обладнані ПОС, яка дозволяє експлуатувати вертоліт у всьому діапазоні швидкостей, висот та температур при працездатності відповідного обладнання. Але при відмові одного з генераторів змінного струму та наявності умов обледеніння екіпаж однозначно повинен припинити виконання польотного завдання та прийняти заходи щодо виходу з зони обледеніння. Ніяких інших заходів конструкція ПОС та системи електропостачання не передбачає. Слід зауважити, що при відмові одного генератора змінного струму всі споживачі забезпечені електроенергією крім ПОС несучого та рульових гвинтів, саме від роботи яких залежить безпека виходу з зони обледеніння та безпека ймовірної посадки. В свою чергу, в такій вкрай небезпечній ситуації, система електропостачання вертольоту залишається працездатною та має деякий запас потужності.

За таких умов особливе значення набувають дослідження, що пов'язані з вивченням можливостей підвищення безпеки польоту вертольоту в умовах обледеніння, що і обумовлює актуальність роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед останніх досліджень слід відмітити роботи [1 – 3].

У роботі [1] запропоновано новий спосіб регулювання параметрами повітряно-теплової ПОС, що значно знижує енергетичні витрати від маршевих двигунних установок. Запропоновані алгоритми закладають основу прогнозування злітно-посадочних характеристик літака при посадці в умовах зледеніння при автоматичних заходах на посадку.

У роботі [2] проведено дослідження теплової еквівалентності стрічкових нагрівачів поперечної та

подовжньої конструкцій. Показано, що для подовжньої конструкції на відміну від поперечної можливе застосування методу незалежного утворення величини його опору. Описано метод підгонки опору пари стрічкових нагрівачів до директивного і між собою.

У роботі [3] описаний підхід до контролю та визначенню основних геометричних параметрів внутрішніх конструкційних елементів передкрилка, який дозволяє:

- забезпечити потрібний розподіл теплової енергії по розмаху крила;
- визначити основні геометричні параметри гофрів;
- визначити конструктивне виконання теплового ножа;
- забезпечити потрібний розподіл теплової енергії у кожному перетині передкрилка;
- врахувати особливості зовнішнього обтікання носка крила.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [1-3] показав, що не вирішена проблема с досить великим споживанням ПОС електричної енергії і не спроможністю її функціонування при відмові одного з генераторів.

Метою даної статті є обґрунтування другого режиму роботи протибліднювальної системи вертольоту Ми-8МТ, яке дозволяє зменшити електроспоживання системи і забезпечує функціонування ПОС при відмові одного з генераторів змінного струму СГС-40ПУ.

Основна частина

Вертольоти сімейства Ми-8МТ обладнані:

- електротепловою ПОС лопотів несучого гвинта, рульового гвинта, скла пілотської кабіни, приймачів повітряного тиску;
- змішаною ПОС повітрязабірників і пилезахисних пристроїв двигунів;
- повітряно-тепловою ПОС вхідних пристроїв двигунів.

Електротеплова ПОС є потужним споживачем електроенергії на борту вертольота та її живлення здійснюється від двох генераторів змінного струму

типу СГС-40ПУ які складають два незалежних канали електроживлення. Генератори генерують змінний трьохфазний струм напругою 204 В та частотою 400 Гц.

Максимальне навантаження розподілено між каналами генерування рівномірно. Від каналу генератора №1 живляться випрямляючий пристрій ВУ-6А №1, мережа 3ф 36 В та протобліднювальна система несучого (НВ) та рульового (РВ) гвинтів. Від каналу генерування генератора №2 живляться випрямляючий пристрій ВУ-6А №2 та №3 (який є резервним), мережа 1ф 115 В, протобліднювальні системи скла льотчиків В8БП та пилозахисних пристроїв (ПЗУ).

Стартер-генератор СТГ-3 двигуна АИ-9В є резервним джерелом живлення постійного струму при роботі якого сумісно з акумуляторними батареями на протязі 30 хвилин забезпечується робота бортового обладнання, необхідного для забезпечення завершення польоту в аварійній ситуації при відмові обох генераторів.

При відмові одного генератора СГС-40ПУ система електропостачання вертольоту забезпечує нормальну роботу всіх споживачів за винятком ПОС несучого та рульового гвинтів. Це пояснюється нехваткою номінальної потужності одного генератора для живлення відповідної ПОС.

Згідно до балансу потужностей, наведеного в табл. 1, на обігрів несучого та рульового гвинтів необхідно мати потужність 30 кВт. З урахуванням потужностей, які потрібні для обігріву пилозахисних пристроїв двигунів та для обігріву скла кабіни льотчиків В8БП (16 кВт та 4 кВт відповідно), загальна потужність необхідна для роботи ПОС складає 50 кВт.

Таблиця 1

Баланс потужностей в номінальному режимі роботи системи електропостачання

Мережа, споживачі	Ген №1	Ген№2	СТГ-3
Генерована номінальна потужність, кВа	40	40	3
Мережа 115В 1ф		2	
Мережа 36В 3ф	1		
ВУ-6А №1	6		
ВУ-6А №2		6	
ВУ-6А №3 (резерв)		6*	
Скло В8БП		4	
ПЗУ		16	
Несучий гвинт	25		
Рульовий гвинт	5		

Таким чином, потужність, потрібна для живлення ПОС у повному обсязі, на 25% перевищує номінальну потужність одного генератора СГС-40ПУ.

Слід відзначити, що номінальною потужністю електричної машини, якою є генератор, є потужність для роботи з якою в номінальному режимі ма-

шина призначена підприємством-виробником. Умови роботи генератора СГС-40ПУ в неномінальних режимах описані в [5]. А саме, допускається режим тривалої роботи при навантаженні 46 кВА в умовах висоти при обдуві та температурі повітря не більше +5° С. Час роботи генератора при такому навантаженні не повинен перевищувати 20% загального ресурсу. Зрозуміло, що при наявності обледеніння ці умови виконуються.

В такому разі, перевищення необхідної потужності складає 8%.

Відомо [6], що при проектуванні бортових систем електропостачання до генераторів змінного струму постійної частоти висуваються вимоги забезпечення витримування 150%-ого перевантаження на протязі 5 хвилин та 200%-ого перевантаження на протязі 5 секунд.

Таким чином, можливо зробити висновок, що при відмові одного з генераторів змінного струму другий генератор забезпечить працездатність ПОС несучого та рульового гвинтів в повному обсязі на протязі більше ніж 5 хвилин. В такому випадку система електропостачання повинна працювати в аварійному режимі, аналогічному відмові двох генераторів, а потужність працездатного генератора необхідно використовувати виключно на роботу ПОС.

Приклад розподілу споживачів за каналами генерування у випадку відмови генератора №2 наведений в табл. 2.

Таблиця 2

Баланс потужностей в аварійному режимі роботи системи електропостачання при відмові генератора №2

Мережа, споживачі	Ген№1	Ген№2	СТГ-3
Генерована номінальна потужність, кВа	46	46	3
Мережа 115В 1ф			2
Мережа 36В 3ф			1
ВУ-6А №1	–		
ВУ-6А №2		–	
ВУ-6А №3 (резерв)		–	
Скло В8БП	4		
ПЗУ	16		
Несучий гвинт	25		
Рульовий гвинт	5		

Для підвищення надійності роботи систем електропостачання та протиобліднювальної згідно табл. 2 доцільно не використовувати обігрів скла в кабіні льотчиків чи обігрівати тільки скло командиру екіпажу. В такому разі генератор буде працювати в режимі близькому до номінального, що зменшує ймовірність його відмови.

Для підвищення надійності роботи генератора необхідно зменшити його навантаження. Одним з шляхів зменшення навантаження генератора є зменшення потужності споживання ПОС. Таке зменшен-

ня доцільно робити за рахунок зменшення струму в секціях несучого та рульового гвинтів.

Відомо [7], що залежність температурних перепадів відносно рівноважної температури прикордонного слою має вигляд:

$$\Delta\tilde{t}_{n2} = \Delta\tilde{t}_{n1} \left(\frac{P_{01} V_{01}}{P_{02} V_{02}} \right)^{0.8} \left(\frac{q_2}{q_1} \right), \quad (1)$$

де $\Delta\tilde{t}_{n1}$; $\Delta\tilde{t}_{n2}$ – середні температурні перепади на поверхні, що обігривається на першому та другому довільних розрахункових режимах польоту;

P_{01} ; P_{02} – атмосферний тиск повітря на висоті виконання першого та другого довільних розрахункових режимів польоту;

V_{01} ; V_{02} – істина швидкість польоту на першому та другому довільних розрахункових режимах польоту;

q_1 ; q_2 – щільність теплового потоку (теплового нагріву) поверхні на першому та другому довільних розрахункових режимах польоту.

Розглядаючи зміну споживаної потужності ПОС незалежно від режиму польоту вертольоту отримаємо:

$$\Delta\tilde{t}_{n2} = \Delta\tilde{t}_{n1} \left(\frac{q_2}{q_1} \right). \quad (2)$$

Площа поверхні, яка нагрівається не змінюється, тому:

$$\Delta\tilde{t}_{n2} \cong \Delta\tilde{t}_{n1} \left(\frac{P_2}{P_1} \right), \quad (3)$$

де P_1, P_2 – електрична потужність споживана ПОС несучого та рульових гвинтів в номінальному та другому розрахунковому режимах роботи.

З аналізу виразу (3) слідує, що при зменшенні споживаної потужності ПОС несучого та рульового гвинтів в 2 рази пропорційно зменшується також і середні температурні перепади на поверхнях, що обігриваються.

Нижня температура, при якій ПОС вертольоту ефективно протидіє обледенінню дорівнює -12°C , верхня температура для циклічних ПОС дорівнює $+5^{\circ}\text{C}$. Середній температурний перепад на поверхнях в номінальному режимі роботи складає 17°C . Тому при зменшенні споживаної потужності ПОС несучого та рульового гвинтів в 2 рази ефективна робота ПОС можлива при температурі повітря не нижче ніж $-4 \dots -3^{\circ}\text{C}$. При зменшенні споживаної потужності ПОС несучого та рульового гвинтів в 1,5 рази ефективна робота ПОС можлива при температурі повітря не нижче ніж $-7 \dots -6^{\circ}\text{C}$.

Для зменшення споживаної потужності ПОС несучого та рульового гвинтів в 2 рази доцільно з'єднувати секції несучого гвинта послідовно по дві.

Нагрівальний елемент кожної лопаті несучого гвинта містить чотири секції: дві секції, перша та друга, нагрівають верхню частину носка лопаті, третя секція – передню частину та четверта – нижню частину. Опір кожної секції нагрівальних елементів несучого гвинта однаковий та складає $\left(8_{-0,2}^{+0,3} \right) \Omega$. Схематичне розташування секцій показано на рис. 1.

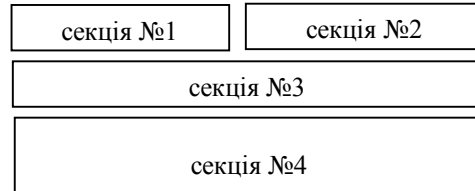


Рис. 1. Схематичне розташування секцій нагрівальних елементів несучого гвинта

Програмний механізм ПМК-21ТВ призначений для управління послідовністю включення секцій. В штатному режимі секції вмикаються на нагрів згідно їх номеру на кожній лопаті одночасно. Нагрів секції здійснюється на протязі біля 40 с та охолодження на протязі 120 с. Для зменшення споживаної потужності в 2 рази послідовне з'єднання секцій доцільно проводити згідно табл. 3.

Такий порядок включення секцій забезпечить ефективну боротьбу з льодом. Несиметричне підключення секцій на різних лопатях, наприклад, одночасне включення секції №1 першої лопаті та секції №2 другої, неприпустиме, так як це може призвести до підвищеної вібрації за рахунок несиметричного сходу льоду.

Таблиця 3

Порядок включення секцій для зменшення потужності в 2 рази

Номер секції	Номер циклу включення			
	Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4
1	+		+	
2	+		+	
3		+		+
4		+		+

Для зменшення споживаної потужності ПОС несучого та рульового гвинтів в 1,5 рази доцільно змішане з'єднання секцій несучого гвинта як показано на рис. 2.

При цьому зрозуміло, що нагрів паралельно з'єднаних секцій буде менший ніж за іншу секцію.

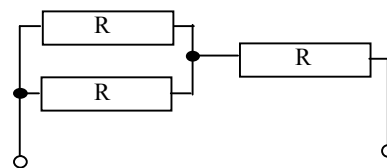


Рис. 2. Змішане з'єднання секцій нагрівального елемента лопаті несучого гвинта

Порядок включення секцій в такому разі доцільно проводити згідно табл. 4.

Таблиця 4

Порядок включення секцій для зменшення потужності в 1,5 рази

Номер секції	Номер циклу включення			
	Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4
1	+			=
2	=	+		=
3	=	=	+	
4		=	=	+

Загальний час нагріву секцій зменшеними струмами в першому та другому випадках збільшується, а час охолодження зменшується. В такому разі ефективна робота ПОС можлива при температурі повітря нижче ніж $-4 \dots -3^{\circ}\text{C}$ при зменшенні потужності в 2 рази та нижче ніж $-7 \dots -6^{\circ}\text{C}$ при зменшенні потужності в 1,5 рази. Точне визначення нижніх меж температур можливе шляхом моделювання процесу обігріву з урахуванням коефіцієнтів внутрішньої K_v та зовнішньої теплопередачі K_n , темпу нагріву m та коефіцієнту тепловіддачі α [7].

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. При відмові одного генератору СГС-40ПУ на вертольоті Ми-8МТ в умовах обледеніння запасу потужності джерел живлення достатньо для здійснення посадки з працюючою ПОС несучого та рульового гвинтів, що підвищує безпеку польоту в несприятливих метеорологічних умовах.

2. Включення другого режиму роботи ПОС вертольоту, при якому забезпечується низьке споживання електричної потужності, доцільно при відмові одного з генераторів чи з метою зменшення потужності, яка відбирається від силової установки при температурах повітря вище -12°C .

3. Точне визначення нижніх меж температур при роботі ПОС в другому режимі можливе шляхом моделювання процесу обігріву з урахуванням коефіцієнтів внутрішньої K_v та зовнішньої теплопередачі K_n , темпу нагріву m та коефіцієнту тепловіддачі α [7].

Викладений матеріал доцільно враховувати при модернізації відповідного парку вертольотів.

Список літератури

1. Шмырев В.Ф. Способ регулирования параметров ВТ ПОС, минимизирующей величину отборов от двигателя / В.Ф. Шмырев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2008. – Вып. 39. – С. 28-36.
2. Сунцов И.П. Lentочные нагреватели противообледенительных систем и метод подгонки их сопротивлений к директивному / И.П. Сунцов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2009. – № 43 – С. 24-28.
3. Шмырев В.Ф. Особенности проектирования предкрылков с учётом защиты крыла от льдообразования / В.Ф. Шмырев, А.А. Шестаков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2009. – № 41. – С. 30-35.
4. Основы расчета, конструирования и испытаний противообледенительных систем авиационных газотурбинных двигателей / А.Н. Антонов, Н.К. Аксенов, А.В. Горячев, С.В. Чиванов; Центр. ин-т авиац. моторостроения им. П.И. Баранова. – М., 2001. – 267 с.
5. Генераторы СГС-40П-2-я серия и СГС-40ПУ. Техническое описание, инструкция по эксплуатации и руководство по ремонту. – 18 с.
6. Конструкции авиационных электрических машин / Под ред. А.Ф. Федосеева. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.
7. Противообледенительные системы летательных аппаратов. Основы проектирования и методы испытаний / Под ред. Р.Х. Тенишева. – М.: Машиностроение, 1967. – 320 с.

Надійшла до редколегії 11.01.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Калкаманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОБОСНОВАНИЕ ВТОРОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПРОТИВООБЛЕДИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТ

С.Ю. Маренич, А.А. Абрикосов

Проведено обоснование второго режима работы противообледенительной системы вертолету для повышения безопасности полета в условиях обледенения.

Ключевые слова: противообледенительная система, система электроснабжения, генератор переменного тока, баланс мощностей.

GROUND OF THE SECOND MODE OF OPERATIONS OF AGAINST ICINGOVER SYSTEM TO HELICOPTER OF MI-8MT

S.Yu. Marenich, A.A. Abrikosov

The ground of the second mode of operations of the against icingover system is conducted to the helicopter for the increase of safety of flight in the conditions of.

Keywords: against icingover system, system of power supply, alternator, balance of powers.