



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 2409

(13) U

(51) 7 G01P3/489

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ЕЛЕКТРОННИЙ СИНХРОСКОП

1

2

(21) 2003076854

(22) 16 10 2003

(24) 15 03 2004

(46) 15 03 2004, Бюл. № 3, 2004 р.

(72) Суббота Анатолій Максимович, Подойніцин Дмитро Володимирович, Черниш Сергій Миколайович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. М.Є. ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Електронний синхроскоп, що містить імпульсний тахогенератор, тригер, блок управління, високочастотний генератор еталонних імпульсів, індикатор, дешифратор, лічильник та подільник, який відрізняється тим, що в нього додатково введено імпульсний тахогенератор, два тригери, сім ключів, лічильник-подільник, лічильник-накопичувач, лічильник та два подільники, причому виходи двох імпульсних тахогенераторів з'єднані з першими подільниками з однаковими коефіцієнтами поділення через послідовно вклучені формувачі імпульсів та перші ключі, виходи яких з'єднані з першим та другим тригерами, один з яких через другий ключ з'єднаний з входом другого подільника, а вихід другого тригера через третій ключ з'єднаний з входом першого лічильника, вихід якого через четвертий ключ з'єднаний з одним з входів лічильника-накопичувача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з входом третього тригера, вихід якого через п'ятий ключ приєднаний до лічильника-подільника, вхід якого з'єднаний з виходом другого подільника, а другий вхід лічильника-накопичувача з'єднаний з одним з виходів високочастотного генератора еталонних імпульсів через шостий ключ, другий вихід генератора з'єднаний з другим входом другого ключа, а третій вихід - з другим входом третього ключа, виходи другого подільника та вихід п'ятого ключа з'єднані зі спільним входом лічильника-подільника з змінним коефіцієнтом поділення, вихід якого через сьомий ключ з'єднаний з входом другого лічильника, вихід якого через дешифратор з'єднаний з цифровим індикатором

Винахід відноситься до вимірювальної техніки та може бути використаний у авіаційній промисловості для синхронізації обертів силових рушійних установок та їх агрегатів.

Відомі авіаційні тахометри [див. Волкостов А.П., Паленый Э.Г. Оборудование самолетов. Учебник для авиационных техникумов - 2-е изд. перераб. и доп. - М. Машиностроение, 1980 - 229с (стор. 66-67)], які складаються з датчика та індикатора. Датчик встановлений безпосередньо на авіадвигуні та є індукторним генератором змінного трифазного струму. Індикатор встановлений на приладній дошці пілота або борти інженера та складений з синхронного електродвигуна, магнітоіндукційного вимірювального вузла та демпфера. При обертанні ротора датчика від вала авіадвигуна через знижувальний редуктор у статорній обмотці індуктується трифазний змінний струм, частота якого пропорційна частоті обертання вала авіадвигуна. Генераторний струм поданий на статорну обмотку синхронного двигуна індикатора, який з'єднаний із вимірювальним вузлом. Вимірю-

вальний вузол виконаний у вигляді двох дисків, на яких змонтовані постійні магніти, що роз'єднані діамантним диском. При обертанні постійних магнітів до діамантного диска прикладений обертаючий момент, величина якого залежить від частоти обертання вала авіадвигуна. Завдяки обертаючому моменту деформується, пропорційно до нього, пружина, що забезпечує поворот стрілки індикатора відносно їхньої спільної осі обертання. При цьому, кут повороту стрілки пропорційний частоті обертання вала авіадвигуна. Для заспокоєння стрілки передбачений демпфер, який складений також з двох дисків, на одному з яких встановлені постійні магніти, що також знаходяться на одному валу зі стрілкою.

В уніфікованих тахометрах для полегшення відліку показників шкала індикатора проградуїрована у відсотках до максимальної частоти обертання авіадвигуна.

До недоліків описаного індикатора відноситься наявність великої кількості електромеханічних елементів, таких як електродвигун, диски, магніти,

(13) U

(11) 2409

(19) UA

та ін., що значно ускладнює його конструкцію, виготовлення та настройку. Окрім цього, такий індикатор не має можливості відображувати інформацію про співвідношення частот при одночасному обертанні валів двох двигунів, що необхідно для виконання режиму їхньої синхронізації.

Для синхронізації частот обертання двох двигунів, що встановлені на літальному апараті, використовують так звані синхроскопи.

Відомий синхроскоп [див. Aircraft Instruments Principles and Applications. Second edition/EHJ Pallet T Eng (CEI), AMRAES, FLAET with a foreword by Air Cdre Sir Vernon Brown. Reprinted in India by HIMALAYAN BOOKS, New Delhi - 110001. Distributed by The English Book Store. The Aviation People 17-L. Connaught Circus New Delhi 110001 (India), p. 414 (стор. 252-255, fig 10.12, 10.13)], що уявляє собою статор та ротор, до яких пофазово підключені трифазні обмотки від статорних обмоток датчиків частоти обертання відповідно ведучого та підлеглого двигунів, та намагнічену стрілку у вигляді планки-пропелера. Ротори генераторів у вигляді постійних магнітів закріплені на валах двигунів. При обертанні роторів у статорних обмотках генераторів індукуються еРС. Під дією токів еРС, що протікають по фазних обмотках статора та ротора синхроскопа, формується результуюче магнітне поле, під дією якого стрілка-пропелер, що закріплена на спільній осі з ротором, встановлюється у визначене положення по відношенню до вертикальної позначки. Відхилення планки-пропелера від вертикалі свідчує про те, що частоту обертів підлеглого двигуна треба збільшити, на що вказує на шкалі надпис "INCREASE", при відхиленні зворотню - частоту обертів підлеглого двигуна треба зменшити, про що свідчує надпис "DECREASE".

До недоліків такого пристрою треба віднести наявність рухомих елементів у індикаторі (синхроскопі), його низьку точність та незахищеність до впливу зовнішніх електромагнітних полів, а також складність та трудомісткість при його виготовленні.

Відомий електронний тахометр, який обраний у якості прототипу [див. А.с. №909638, М. Кп³, G01P3/489, видане 28.02.82. Бюлетень №8], який складений з імпульсного тахогенератора, що має у собі датчик та вихідний тригер, диференціюючий елемент, додатковий тригер, ключ, лічильник, блок індикації, що складений з регістра пам'яті, дешифратора та індикатора, високочастотний кварцовий генератор еталонної частоти, подільник частоти та блок управління.

Лічильник з'єднаний з виходом імпульсного тахогенератора через ключ, управляючи входом якого підключені до виходів додаткового тригера та блоку управління. Перший вхід додаткового тригера з'єднаний з вихідним тригером імпульсного тахогенератора через диференціюючий елемент, другий вхід підключений до блоку управління. Другий вхід додаткового тригера з'єднаний із входом установки нуля подільника частоти. Блок управління з'єднаний із входом "Перепис" регістра пам'яті та входом установки нуля лічильника.

До недоліків даного пристрою відноситься неможливість отримання інформації про співвідно-

шення частот при одночасному обертанні валів двох двигунів.

Задача винаходу - підвищення точності та надійності за рахунок вилучення складних електро-механічних елементів, що обертаються, при проектуванні пристроїв (синхроскопів) виміру та відображення інформації про співвідношення частот при одночасному обертанні двох валів авіаційних двигунів або їх агрегатів зі збереженням переваг цифрових тахометрів.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в електронному синхроскопі, що вміщує імпульсний тахогенератор, тригер, блок управління, високочастотний генератор еталонних імпульсів, індикатор, дешифратор, лічильник та подільник, що в нього додатково введено імпульсний тахогенератор, два тригери, сім ключів, лічильник-подільник, лічильник-накопичувач, лічильник та два подільника, згідно з винаходом, виходи двох імпульсних тахогенераторів з'єднані з першими подільниками з однаковими коефіцієнтами поділення через послідовно включені формувачі імпульсів та перші ключі, виходи яких з'єднані з першим та другим тригерами, один з яких через другий ключ зв'язаний з входом другого подільника, а вихід другого тригера через третій ключ зв'язаний з входом першого лічильника, вихід якого через четвертий ключ пов'язаний з одним з входів лічильника-накопичувача, вихід якого, у свою чергу, зв'язаний зі входом третього тригера, вихід якого через п'ятий ключ приєднаний до лічильника-подільника, вхід якого зв'язаний з виходом другого подільника, а другий вхід лічильника-накопичувача зв'язаний з одним з виходів високочастотного генератора еталонних імпульсів через шостий ключ, другий вихід генератора з'єднаний з другим входом другого ключа, а третій вихід - з другим входом третього ключа, виходи з другого подільника та вихід п'ятого ключа з'єднані зі спільним входом лічильника-подільника з змінним коефіцієнтом поділення, вихід якого через сьомий ключ зв'язаний з входом другого лічильника, вихід якого через дешифратор зв'язаний з цифровим індикатором.

На фіг. 1 зображена загальна функціональна схема побудови електронного синхроскопа, на фіг. 2 - часові діаграми його роботи, на фіг. 3 - часові діаграми виробітки сигналів блоком управління.

Електронний синхроскоп вміщує два імпульсних тахогенератора 1 та 1', формувачі імпульсів 2 та 2', перші ключі 3 та 3', перші подільники частоти 4 та 4', перший тригер 5 та другий тригер 5', другий ключ 6 та третій ключ 6', високочастотний генератор еталонної частоти 7, другий подільник 8 з коефіцієнтом поділення k , що дорівнює 100, лічильник-подільник 9, перший лічильник 10, четвертий ключ 11, лічильник-накопичувач 12, шостий ключ 13, третій тригер 14, сьомий ключ 15, другий лічильник 16, дешифратор 17, цифровий індикатор 18, блок управління 19 та п'ятий ключ 20.

Імпульсні тахогенератори 1 та 1', вхід одного з яких відповідним чином зв'язаний з валом ведучого двигуна (або його агрегату), а вхід іншого - з валом підлеглого двигуна, на виході з'єднані з формувачами імпульсів 2 та 2', виходи яких зв'язані з одними з входів перших ключів 3 та 3'. Виходи

перших ключів 3 та 3' зв'язані з одними з входів перших подільників частоти 4 та 4'. Вихід першого подільника частоти 4 з'єднаний з одним з входів першого тригера 5, а вихід першого подільника частоти 4' з'єднаний з одним з входів другого тригера 5'. Вихід з першого тригера 5 з'єднаний з одним з входів другого ключа 6, вихід якого з'єднаний з одним з входів другого подільника частоти 8, вихід якого зв'язаний з одним з входів лічильника-подільника 9. Вихід лічильника-подільника 9 з'єднаний з одним з входів сьомого ключа 15, вихід якого з'єднаний з одним з входів другого лічильника 16. Вихід другого лічильника 16 зв'язаний з входом дешифратора 17, вихід якого зв'язаний з входом цифрового індикатора 18. Вихід другого тригера 5' з'єднаний з одним з входів третього ключа 6', вихід якого зв'язаний з одним з входів першого лічильника 10. Вихід першого лічильника 10 з'єднаний з одним з входів четвертого ключа 11, вихід якого зв'язаний з одним з входів лічильника-накопичувача 12. Вихід лічильника-накопичувача 12 з'єднаний з одним з входів третього тригера 14, вихід якого зв'язаний з входом п'ятого ключа 20. Вихід п'ятого ключа 20 з'єднаний з виходом другого подільника частоти 8. Один з входів високочастотного генератора еталонної частоти 7 з'єднаний з одним з входів другого ключа 6, другий з виходів з'єднаний з одним з входів третього ключа 6', а третій з виходів зв'язаний з одним з входів шостого ключа 13. Вихід шостого ключа 13 зв'язаний з одними з входів лічильника-накопичувача 12 та п'ятого ключа 20. Перший вихід блоку управління 19 зв'язаний з одними з входів перших ключів 3 та 3', з одними з входів перших подільників частоти 4 та 4', з одними з входів перших тригерів 5 та 5', з одним з входів лічильника-подільника 9, з одним з входів першого лічильника 10 та з одним з входів лічильника-накопичувача 12. Другий вихід з блоку управління 19 зв'язаний з одним з входів четвертого ключа 11, а третій вихід з'єднаний з одним з входів шостого ключа 13, з одним з входів третього тригера 14 та з одним з входів сьомого ключа 15. Пристрій працює наступним чином.

При обертанні валів імпульсних тахогенераторів 1 та 1' на їхніх виходах виробляються імпульси напруги, частоти слідування яких відповідно пропорційні частотам обертання ведучого f_1 та підлеглого f_2 двигунів. Проходячи формувачі 2 та 2', імпульси набувають необхідну форму для подальших з ними операцій. На фіг. 2 сигнали, що знімаються з виходів формувачів, представлені у вигляді осцилограми U_2 , на якій τ_1 (або τ_2) визначають періоди слідування лічильних імпульсів ($\tau_1 = 1/f_1$, $\tau_2 = 1/f_2$). При видачі з виходу 19/1 блоком управління 19 першого сигналу управління $U_{19/1}$ (фіг. 3), блоки 8, 9, 10, 12, 16 встановлюються у початкове становище, а ключі 3 та 3' відмикаються, та через них лічильні імпульси поступають на подільники 4 та 4', а тригери 5 та 5' встановлюються у становище "високого рівня". Коефіцієнти поділення подільників 4 та 4' як по каналу ведучо-

го, так і по каналу підлеглого двигунів прийняті однаковими.

Вихідні сигнали тригерів забезпечують дозвіл проходження через ключі 6 та 6' високочастотним імпульсам від генератора еталонної частоти 7 до відповідних входів блоків 8 та 10. Блок 8 уявляє собою подільник з коефіцієнтом поділення k , який дорівнює 100. Таким чином, від моменту подачі на схему сигналу управління $U_{19/1}$ до виходу з подільників 4 та 4' імпульсу, що встановлюють тригери 5 та 5' у нульове становище, на вхід блока 8 поступає кількість N_1 , відповідна до частоти обертання ведучого вала, а на вхід блока 10, за такий самий проміжок часу, - кількість імпульсів N_2 , що пропорційна до частоти обертання підлеглого вала. Так як блок 8 уявляє собою подільник з коефіцієнтом поділення $k=100$, то з його виходу до блока 9 поступить кількість імпульсів, що дорівнює $N_1/100$. На цьому процесі, що відповідають першому такту управління (сигналу $U_{19/1}$) закінчуються. При видачі блоком управління другого такту (сигналу $U_{19/2}$), що знімається з його виходу 19/2, здійснюється відмикання ключа 11 та перепис у додатковому коді інформації з лічильника 10 до лічильника-накопичувача 12.

$$N_2 = N - N_2 = \Delta N,$$

де N - ємність лічильника-накопичувача 12.

На даній операції закінчується дія сигналу $U_{19/2}$, після чого блок управління по виходу 19/3 виробляє третій такт управляючого сигналу $U_{19/3}$. Цим сигналом відмикається по одному зі своїх входів ключ 13, а тригер 14 встановлюється у становище "високого рівня", що забезпечує відмикання ключа 20 та проходження через нього імпульсів від генератора високої частоти 7 з виходу ключа 13. Ці самі імпульси водночас поступають до входу лічильника-накопичувача 12, який в даний момент виконує роль накопичувача. При кількості імпульсів, що дорівнює

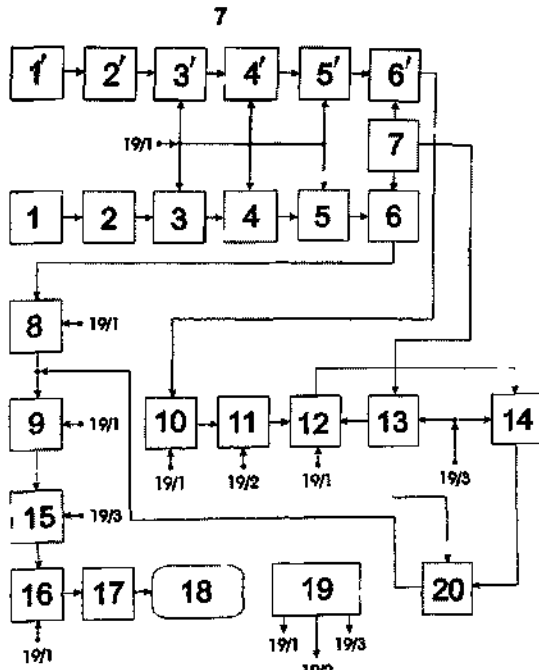
$$N_2 = N - \Delta N,$$

на виході лічильника-накопичувача 12 буде вироблений імпульс переловлення, тригер 14 встановиться в нульове становище та проходження імпульсів через ключ 20 до входу лічильника-подільника 9 припиниться. При цьому, з виходу лічильника-подільника 9 буде видано число, що дорівнює

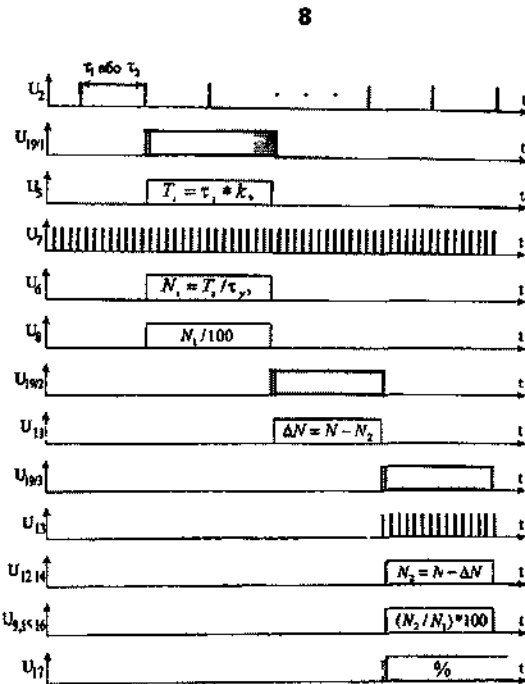
$$\frac{N_2}{N_1} 100 = \gamma$$

та уявляє собою відхилення обертів підлеглого двигуна від обертів ведучого у відсотках. Оскільки з видачі такту $U_{19/3}$ ключ 15 відмиканий, то дане число 7 поступить до входу лічильника 16. До виходу лічильника 16 підключений дешифратор 17, що видає інформацію на цифровий дисплей 18.

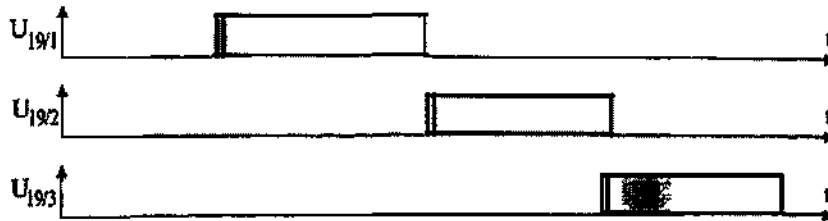
Таки чином, дана схема забезпечує високий ступінь точності, так як коефіцієнти подільників 4 та 4' можуть обиратися у широкому діапазоні, цифрову індикацію та не потребує великої трудомісткості при її виготовленні. Окрім цього зі схеми були вилучені усі електромеханічні елементи.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3