



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81102 (13) C2
(51) МПК
F02K 1/76 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ РЕВЕРСОР ТЯГИ ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГУНА З СИСТЕМОЮ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ СТУЛОК

1

(21) 2003109603

(22) 24.10.2003

(24) 10.12.2007

(31) 0213403

(32) 25.10.2002

(33) FR

(72) КОЛЬОТТ БАПТИСТ, КУРП'Є АЛЕКСАНДР,
КРУАМАРІ МАРК, ЙОЛАН ПАТРИК, ЛЬО ГУЕЛЛЕ
ЖИЛЬ, МІШО МАРІОН

(73) ІСПАНО-СЮІЗА

(56) US 5960626, 05.10.1999
US 4543783, 01.10.1985
EP 1004798, 31.05.2000
US 6439504, 27.08.2002
US 6094908, 01.08.2000

(57) 1. Реверсор тяги для турбореактивного двигуна, що містить дві стулки (10a, 10b), виконані з можливістю переміщення між відкритим і закритим положеннями реверсора тяги, за допомогою щонайменше одного домкрата (12) керування, який містить два електродвигуни (14a, 14b), кожний з яких взаємодіє щонайменше з одним силовим циліндром керування кожною стулкою й управляється електронною коробкою (18a, 18b) керування, зв'язаною з електронним обчислювальним пристроєм (20) керування з повною відповідальністю, і два засоби автоматичного регулювання переміщення кожної стулки за командами задання положення, який відрізняється тим, що засоби автоматичного регулювання містять засоби вираховування зміни сил, що діють на реверсор тяги, і засоби компенсації зазначеної зміни сил, що забезпечують синхронізоване переміщення стулок з урахуванням можливої зміни сил, що діють на реверсор тяги, і можливої розбіжності між силами, що діють на кожную стулку.

2. Реверсор тяги за п. 1, який відрізняється тим, що засоби вираховування зміни сил містять: засоби (50a, 50b) вираховування похідних за часом швидкостей (Ω_a, Ω_b) обертання кожного з електродвигунів, засоби (56a, 56b) вираховування похідних за часом струмів (I_a, I_b) збудження, що живлять кожний з електродвигунів, засоби (58a, 58b) вираховування зміни сил, що діють на реверсор тяги, виходячи з результатів

2

вираховування похідних швидкостей обертання і струмів збудження для кожного з електродвигунів.

3. Реверсор тяги за п. 1 або 2, який відрізняється тим, що засоби компенсації зміни сил, що діють на реверсор тяги, включають засіб (58a, 58b) для впливу на струм збудження кожного з електродвигунів.

4. Реверсор тяги за будь-яким з пп. 1-3, який відрізняється тим, що засоби автоматичного регулювання містять засоби вираховування розбіжності між силами, що діють на кожную стулку, і засоби коригування зазначеної розбіжності між силами.

5. Реверсор тяги за п. 4, який відрізняється тим, що засоби вираховування розбіжності між силами, що діють на кожную стулку, містять:

засоби (56a, 56b) вираховування похідних за часом струмів (I_a, I_b) збудження, що живлять кожний з електродвигунів,

засіб (60) порівняння похідних за часом струмів збудження згаданих електродвигунів, і

засіб (60) вираховування згаданої розбіжності сил на основі порівняння похідних за часом струмів збудження кожного електродвигуна.

6. Реверсор тяги за п. 4 або 5, який відрізняється тим, що засоби коригування розбіжності сил містять засіб (60) для впливу на струм збудження або на швидкість обертання кожного з указаних електродвигунів.

7. Реверсор тяги за будь-яким з пп. 2-6, який відрізняється тим, що засоби автоматичного регулювання містять засоби (48) вимірювання швидкості (Ω_a, Ω_b) обертання кожного з електродвигунів (14a, 14b) і засоби (54) вимірювання струму (I_a, I_b) збудження, що живить кожний зі згаданих електродвигунів.

8. Реверсор тяги за будь-яким з пп. 1-7, який відрізняється тим, що засоби автоматичного регулювання додатково містять засоби (44a, 44b, 50a, 50b) для вироблення команди задання швидкості (Ω^*a, Ω^*b) обертання і команди задання струму (I^*a, I^*b) збудження для кожного з указаних електродвигунів залежно від неузгодженості між дійсним положенням стулок (10a, 10b) і положенням, заданим

(13) C2

(11) 81102

(19) UA

обчислювальним пристроєм керування з повною відповідальністю.

9. Реверсор тяги за п. 8, який відрізняється тим, що засоби автоматичного регулювання додатково

містять засоби (42) вимірювання даного положення стулок.

Даний винахід відноситься до реверсорів тяги в турбореактивному двигуні з потоками первинного і вторинного повітря. У більш вузькому аспекті винахід відноситься до електромеханічного реверсора тяги, що містить, щонайменше, два переміщуваних елементи, які у відкритому положенні реверсора взаємодіють для створення тяги реверса. Реверсор тяги за винаходом може бути ґратчастим, стулчастим або ківшевим.

Реверсори тяги, якими оснащуються турбореактивні двигуни, що використовують потоки первинного і вторинного повітря, добре відомі в авіації. Вони служать для підвищення безпеки літака шляхом створення сили гальмування під час його приземлення. Реверсори тяги звичайно виконані у вигляді, щонайменше, двох рухливих елементів, як-от ковзні стулки, які можуть переміщуватися щодо капота турбореактивного двигуна за допомогою домкратів керування таким чином, щоб при роботі в режимі реверса тяги, тобто у відкритому положенні, утворювати перешкоду для частини потоку газів, що виходять з турбореактивного двигуна, спрямовуючи його вперед таким чином, щоб створювати для літака негативну тягу реверса.

Переміщення ковзних стулок зазвичай забезпечується гідравлічною системою керування. Така система керування містить у якості основних компонентів гідроциліндри керування стулками реверсора тяги, гідравлічний блок керування для подання гідравлічної рідини під тиском у порожнини гідроциліндрів керування і гідравлічні лінії зв'язку. Гідравлічна потужність, необхідна для живлення системи керування цього типу, відбирається безпосередньо від гідравлічної системи літака.

В ході відкриття і закриття реверсора тяги обов'язковою умовою є синхронізоване переміщення стулок. Справді, несинхронне переміщення стулок призводить до створення підвищених динамічних напруг на рівні реверсора тяги, які можуть викликати серйозні uszkodження реверсора тяги і турбореактивного двигуна. Погана синхронізація переміщення стулок викликає нерівномірний розподіл зусиль, що прикладаються до стулок, що призводить до значної розбіжності між їхніми положеннями. Крім того, можлива ситуація, коли на стулки діють різноманітні сили. В цьому випадку можливий ризик деформації та пошкодження реверсора тяги.

Для забезпечення можливості виявлення такої зміни в часі сил, що діють на реверсор тяги з гідравлічним керуванням, і появи розбіжності між силами, що діють на кожну стулку, відоме оснащення гідроциліндрів керування датчиками, що вимірюють тиск гідравлічної рідини в порожнинах гідроциліндрів. При цьому за допомогою порівняння значень тиску, вимірених

цими датчиками, можна виявляти тимчасові зміни сил, що діють на реверсор тяги, і можливу розбіжність між силами, що діють на кожну стулку, для того, щоб уникнути будь-якої деформації реверсора тяги, яка призводить до розбіжності між положеннями стулок.

Для реверсорів тяги, що використовують технологію гідравлічного керування, характерні незручності, пов'язані зі складністю і громіздкістю виконання різноманітних гідравлічних систем. Справді, прокладка гідравлічних зв'язків системи є складною й тонкою операцією в умовах обмеженого простору, що є на передній рамі реверсора тяги. Інша незручність цієї технології полягає у використанні гідравлічної рідини, небезпечної у відношенні корозійних властивостей і запалювання. Крім того, використання датчиків тиску для виявлення і коригування з метою усунення можливого блокування або заклинювання стулок не дозволяє відслідковувати еволюційні зміни реверсора тяги в процесі експлуатації з тим, щоб передбачати будь-яке погіршення його характеристик і/або старіння. ^п

Найближчим аналогом є патент [US 5960626 чи US6439504] (див. формулу винаходу).

Задача, на вирішення якої спрямований даний винахід, полягає в усуненні зазначених вад за рахунок створення менш громіздкого електромеханічного реверсора тяги, який дозволяє одночасно виявляти і виконувати коригування у відношенні можливої зміни сил, що діють на реверсор тяги, і можливої розбіжності між силами, що діють на кожну стулку, для досягнення синхронізації їхнього переміщення з високою точністю.

Відповідно до винаходу для вирішення поставленої задачі пропонується реверсор тяги для турбореактивного двигуна, що містить дві стулки, виконані з можливістю переміщення між положеннями, що відповідають відкритому і закритому положенням реверсора тяги, за допомогою, щонайменше, одного силового циліндра керування. Реверсор за винаходом характеризується тим, що додатково містить два електродвигуни, кожен з яких взаємодіє, щонайменше, з одним силовим циліндром керування кожною стулкою й управляється електронним блоком керування, зв'язаного з електронним обчислювальним пристроєм керування з повною відповідальністю. Реверсор містить також два засоби автоматичного регулювання переміщення кожної стулки за командами задання положення, що забезпечують синхронізоване переміщення зазначених стулок з урахуванням можливої зміни сил, що діють на реверсор тяги, і можливої розбіжності між силами, що діють на кожну стулку.

Засоби автоматичного регулювання переважно містять засоби вираховування зміни сил, що діють на реверсор тяги, і засоби компенсації цієї зміни сил. Переважно засоби вираховування зміни сил містять засоби вираховування похідних за часом швидкостей обертання кожного з електродвигунів, засоби вираховування похідних за часом струмів збудження, що живлять кожний з електродвигунів, і засіб вираховування зміни сил, що діють на реверсор тяги, виходячи з результатів вираховування похідних швидкостей обертання і струмів збудження для кожного з указаних електродвигунів.

Таким чином, засоби автоматичного регулювання за винаходом дозволяють виявляти можливі зміни сил, що діють на реверсор тяги, і компенсувати ці зміни. Коли така зміна виявлена, винахід дозволяє компенсувати її для того, щоб здійснити регулювання швидкості переміщення стулок. Ця компенсація здійснюється за допомогою впливу на струм збудження кожного з електродвигунів з урахуванням результату розрахунку зміни сил.

У той же час засоби автоматичного регулювання переважно містять засоби вираховування розбіжності між силами, що діють на кожну стулку, і засоби коригування згаданої розбіжності між силами. Вираховування розбіжності між силами здійснюється на основі порівняння похідних за часом струмів збудження кожного з електродвигунів.

Таким чином, засоби автоматичного регулювання за винаходом дозволяють також виявляти можливу розбіжність між силами, що діють на кожну стулку реверсора тяги для синхронізації переміщення стулок. Справді, розбіжність між зазначеними силами може викликати ризик деформації, а отже, і пошкодження реверсора тяги. Засоби автоматичного регулювання дозволяють коригувати таку розбіжність шляхом впливу або на струм збудження, або на швидкість обертання кожного з електродвигунів.

Інші властивості й переваги даного винаходу стануть ясні з нижченаведеного опису, що містить посилання на додані креслення, які ілюструють приклад здійснення винаходу, що не вносить жодних обмежень. На кресленнях:

Фіг.1 являє собою схему, що ілюструє приклад виконання реверсора тяги за винаходом,

Фіг.2 являє собою часткову функціональну схему реверсора тяги в прикладі виконання за Фіг.1.

Приклад виконання реверсора тяги відповідно до винаходу показаний на Фіг.1.

Реверсор тяги містить дві стулки 10a, 10b, кожна з яких може переміщуватися між відкритим і закритим положеннями за допомогою, щонайменше, одного силового циліндра 12 керування (на Фіг.1 поданий варіант з трьома силовими циліндрами керування: один центральний силовий циліндр і два силових циліндра, розташовані на двох бічних краях кожної стулки).

Крім того, реверсор тяги містить два електродвигуни 14a, 14b, кожний з яких управляє переміщенням однієї стулки. Ці електродвигуни зв'язані з силовими циліндрами 12 керування кожною стулкою 10a, 10b за допомогою передатних валів 16, що зв'язують між собою силові циліндри керування кожною стулкою.

Кожний електродвигун 14a, 14b установлений безпосередньо на електронному блоку 18a, 18b керування, яка управляє всією послідовністю переміщення двох стулок і регулює швидкість обертання електродвигуна. Кожен електронний блок 18a, 18b керування має електричний зв'язок з одним із двох каналів 20a, 20b зв'язку електронного обчислювального пристрою 20 керування з повною відповідальністю, відомого за назвою FADEC (Full Authority Digital Engine Control). Порядок висування або втягування реверсора тяги передається обчислювальним пристроєм FADEC електронним блокам 18a, 18b керування. Можливий також варіант, коли електронні блоки 18a, 18b керування вмонтовані в обчислювальний пристрій FADEC.

Електроживлення електронних блоків 18a, 18b керування здійснюється по електричній шині 22, під'єднаний до електричної мережі 24 літака, на якому встановлений турбореактивний двигун. Електронні блоки керування перетворюють електричний сигнал, адаптуючи його для живлення електродвигунів 14a, 14b.

Силові циліндри 12 керування стулками реверсора тяги є силовими циліндрами електромеханічного типу. Вони приводяться в дію коробками 26 передач, установленими на кожному силовому циліндрі. Закон керування (за швидкістю або у двійковому режимі "увімкнено-вимкнено") стулками 10a, 10b реверсора тяги передається від електронних блоків керування на кожний силовий циліндр 12 керування за допомогою електродвигунів 14a, 14b, передатних валів 16 і коробок 26 передач (називаних також привідними коробками).

Для забезпечення можливості ручного керування стулкою, зв'язаною з силовим циліндром керування, зокрема, під час операцій з технічного обслуговування реверсора тяги, на рівні одного із силових циліндрів 12 керування може бути передбачено привідний пристрій 28. У показаному на Фіг.1 прикладі виконання центральний силовий циліндр 12 керування оснащений таким привідним пристроєм 28 на рівні своєї привідної коробки 26. Оскільки коробки передач (привідні коробки) кожної стулки зв'язані між собою, цей привідний пристрій дозволяє оператору з обслуговування здійснювати керування відкриттям і/або закриттям стулок реверсора тяги, наприклад, за допомогою однієї рукоятки. Доступ до привідного пристрою 28 кожної стулки може бути електрично зв'язаний з електронним блоком 18a, 18b керування таким чином, щоб переривати електроживлення під час операцій з обслуговування з тим, щоб уникнути будь-якого ризику невчасного висування реверсора тяги.

Крім того, електронні блоки 18a, 18b керування можуть обмінюватися даними між

собою по лінії 30 електричного зв'язку типу шини. Цей обмін даними між двома електронними блоками керування дозволяє, зокрема, забезпечити порівняння інформації про поточні положення двох стулок. Для полегшення синхронізації переміщення двох стулок можуть бути передбачені механічний зв'язок 32 між двома стулками 10a, 10b і гнучкий вал 34 синхронізації, що з'єднує між собою силові циліндри кожної стулки.

Реверсор тяги містить три рівні фіксації, що дозволяє забезпечувати незалежне утримання реверсора тяги.

Перший рівень фіксації виконується механічним фіксуючим пристроєм 36, називаним первинним фіксатором, який зв'язаний із кожною стулкою реверсора тяги. Кожний первинний фіксатор установлений безпосередньо на електродвигуні 14a, 14b. Ці первинні фіксатори 36 дозволяють забезпечувати незалежну фіксацію стулок, з якими вони зв'язані. Як приклад, вони можуть бути виконані у вигляді дискового гальма або блокувального пристрою, що перешкоджає руху передатного вала.

З урахуванням того, що дві стулки зв'язані механічно за допомогою зв'язків 32 і 34, первинний фіксатор 36 однієї зі стулок відповідає другому рівню фіксації для іншої стулки, для якої він відповідно утворює вторинний фіксатор. Вторинний фіксатор призначений для обслуговування відповідної стулки у випадку відмови первинного фіксатора. Таким чином, якщо фіксатор однієї зі стулок розглядати як первинний фіксатор, фіксатор іншої стулки може розглядатися як вторинний фіксатор, і навпаки.

Третій рівень фіксації забезпечується упорним фіксатором 38 (див. Фіг.1), називаним третинним фіксатором, який розташований на бічному краї кожної стулки 10a, 10b або однієї стулки. Ці третинні фіксатори можуть бути зв'язані з електронними блоками 18a, 18b керування, з обчислювальним пристроєм 20 FADEC і/або безпосередньо з кабіною літака, з тим, щоб забезпечувати достатню безпеку функціонування в різноманітних типових ситуаціях. Справді, будучи зв'язаними з пристроєм FADEC або з кабіною літака, третинні фіксатори залишаються діючими навіть у випадку відмови електронних блоків 18a, 18b керування. Вони дозволяють здійснити керування стулками реверсора тяги у випадку відмови первинного і вторинного фіксаторів.

Крім того, реверсор тяги за винаходом містить засоби автоматичного регулювання переміщення кожної зі стулок 10a, 10b по командах задання попередньо визначених положень. Ці засоби автоматичного регулювання дозволяють забезпечувати синхронізоване переміщення стулок з урахуванням як можливого коливання або зміни в часі сил, які діють на реверсор тяги і сприймаються індивідуально на рівні кожної стулки, так і можливої розбіжності між цими силами, що може існувати між двома стулками.

Сили, що діють на реверсор тяги, змінюються протягом усього процесу висунання або втягування його стулок, так що крутний момент, що розвивається кожним електродвигуном для

подолання цих сил, не є постійним у ході переміщення стулок. Ці сили, що діють на реверсор тяги, включають, зокрема, аеродинамічні сили, сили тертя і сили, обумовлені можливим поступовим погіршенням характеристик реверсора тяги. Засоби автоматичного регулювання за винаходом дозволяють виявляти можливе коливання цих сил і за наявності такого коливання компенсувати його. З урахуванням того, що крутний момент, що розвивається кожним електродвигуном, пропорційний до його струму збудження, засоби автоматичного регулювання впливають на струм збудження в ланцюзі автоматичного регулювання (як це описуватиметься докладно далі з посиланням на Фіг.2) для подолання сил, що діють на реверсор тяги.

Електронний обчислювальний пристрій 20 керування з повною відповідальністю подає команду відкриття або закриття реверсора тяги по ланцюзі автоматичного регулювання. Коли ця команда (тобто команда задання положення) отримана, перший компаратор 40a, 40b, яким оснащений кожен електронний блок 18a, 18b керування, аналізує неузгодженість між положенням, заданим пристроєм 20 FADEC, і поточним (дійсним) положенням кожної стулки. Дійсне положення кожної стулки вимірюється, наприклад, датчиком 42 положення, розташованим на виході одного з двох силових циліндрів 12 приводу стулки.

Кожен електронний блок 18a, 18b керування містить перший коригувальний блок 44a, 44b, який подає команду задання швидкості Ω^*a , Ω^*b обертання для кожного електродвигуна 14a, 14b, якщо існує неузгодженість між заданим положенням і виміряним положенням кожної стулки реверсора тяги.

За першим коригувальним блоком у ланцюзі автоматичного регулювання розташований другий компаратор 46a, 46b, який дозволяє порівняти для кожного електродвигуна 14a, 14b задану швидкість Ω^*a , Ω^*b обертання, вироблену першим коригувальним блоком 44a, 44b, і дійсну швидкість Ωa , Ωb обертання, виміряну на рівні осі обертання електродвигуна 14a, 14b. Вимірювання швидкості Ωa , Ωb обертання кожного електродвигуна 14a, 14b здійснюється датчиком типу "резольвера" (resolver) (датчиком обертання) 48 або, наприклад, акустичним датчиком.

Коли є неузгодженість між заданою швидкістю Ω^*a , Ω^*b обертання й виміряною швидкістю Ωa , Ωb обертання кожного електродвигуна, другий коригувальний блок 50a, 50b дозволяє вирахувати похідну за часом виміряної швидкості обертання для кожного двигуна. Ця похідна швидкості обертання використовується для вирахування можливого коливання моменту сил, що діють на реверсор тяги.

Крім того, кожний другий коригувальний блок 50a, 50b виробляє команду задання струму I^*a , I^*b збудження живлення кожного електродвигуна 14a, 14b, коли існує неузгодженість між заданим положенням, отриманим від пристрою 20 FADEC, і виміряним положенням кожної стулки реверсора тяги.

За другим коригувальним блоком 50a, 50b у ланцюзі автоматичного регулювання встановлений третій компаратор 52a, 52b, який дозволяє порівняти для кожного електродвигуна 14a, 14b заданий струм I^*a , I^*b збудження, визначений описаним чином, і вимірний струм Ia , Ib збудження, який живить електродвигуни. Струм Ia , Ib збудження вимірюється на вході кожного електродвигуна. Як приклад засобів вимірювання струму можуть служити електровимірювальні кліщі 54.

Коли існує неузгодженість між заданим струмом I^*a , I^*b збудження й вимірним струмом Ia , Ib збудження, третій коригувальний блок 56a, 56b дозволяє вирахувати для кожного електродвигуна похідну за часом виміряного струму збудження.

На основі зміни або коливання струму збудження можна вирахувати можливу зміну або коливання моменту сил, що діють на реверсор тяги.

Справді, відомо, що:

$$\Gamma_{\text{moteur}} = J \times (d\Omega/dt) + \Gamma_{\text{resist}} \quad (1)$$

де: Γ_{moteur} - крутний момент, що розвивається кожним електродвигуном;

J - константа, що відповідає механічній інерції реверсора тяги в цілому;

$(d\Omega/dt)$ - похідна за часом швидкості обертання для кожного електродвигуна,

Γ_{resist} - момент сил, що діють на реверсор тяги.

Таким чином, шляхом вираховування похідної за часом членів рівняння (1) за допомогою обчислювального пристрою 58a, 58b можна вирахувати можливу зміну або коливання моменту сил, що діють на реверсор тяги (цей момент сил відповідає $d\Gamma_{\text{resist}}/dt$). Одержання похідних за часом у рівнянні (1) записується в такий спосіб:

$$d\Gamma_{\text{moteur}}/dt = J \times (d^2\Omega/dt^2) + (d\Gamma_{\text{resist}}/dt) \quad (2)$$

де:

похідна $(d\Gamma_{\text{moteur}}/dt)$ крутного моменту, що розвивається кожним електродвигуном 14a, 14b, пропорційна до похідної виміряного струму Ia , Ib збудження, який живить відповідний електродвигун (вираховування похідної цих струмів здійснюється третім коригувальним блоком 56a, 56b);

механічна інерція J реверсора тяги є попередньо визначеною константою,

прискорення $(d\Omega/dt)$ електродвигунів отримане шляхом вираховування похідної швидкості обертання, виконуваного другим коригувальним блоком 50a, 50b.

Після вираховування згаданим чином моменту сил, що діють на реверсор тяги, необхідно забезпечити, щоб електродвигун 14a, 14b кожної ступки розвив крутний момент для подолання цих сил. Оскільки крутний момент електродвигуна пропорційний до струму збудження, що його живить, розвиток двигуном крутного моменту для подолання цих сил здійснюється простим коригувальним впливом на струм збудження. Цей вплив, інтенсивність якого вираховується обчислювальним пристроєм 58a, 58b, передається на рівень третього компаратора 52a, 52b кожного електронного блоку 18a, 18b керування.

З іншого боку, засоби автоматичного регулювання переміщення ступок реверсора тяги відповідно до винаходу дозволяють виявити і скорегувати можливу розбіжність між силами, що діють на кожну ступку. Така розбіжність може реально існувати на практиці. В цьому випадку сили, що діють на дві ступки, різні, що пов'язано з ризиком деформації, а отже, й пошкодження реверсора тяги. Внаслідок цього важливо порівняти струми Ia , Ib збудження, що живлять кожний електродвигун 14a, 14b, для того, щоб модифікувати команду задання швидкості Ω^*a , Ω^*b обертання або команду задання струму I^*a , I^*b збудження, подавану на один з цих двигунів для його уповільнення (або прискорення). В результаті цієї дії розбіжність між положеннями двох ступок буде зменшена; тим самим буде полегшена синхронізація переміщення ступок і знижений ризик деформації реверсора тяги.

Виходячи з рівняння (2) і знаючи, що крутний момент (Γ_{moteur}) , що розвивається кожним електродвигуном, пропорційний до струму збудження (тобто $I = k \times \Gamma_{\text{moteur}}$), можна показати, що похідна за часом струму збудження для кожного електродвигуна записується рівнянням:

$$dI/dt = k \times [J \times (d^2\Omega/dt^2) + (\Gamma_{\text{resist}}/dt)] \quad (3)$$

Крім того, за умови, що для забезпечення синхронізації переміщення ступок реверсора тяги два електродвигуни 14a, 14b обертаються, по суті, з однаковою швидкістю, можна вивести таке співвідношення:

$$k \times [J \times (d^2\Omega a/dt^2)] \approx k \times [J \times (d^2\Omega b/dt^2)] \quad (4)$$

Отже, при порівнянні похідних струму збудження для кожного електродвигуна з рівнянь (3) і (4) одержуємо:

$$(dI/dt)_a - (dI/dt)_b \approx k \times [(d\Gamma_{\text{resist}}/dt)_a - (d\Gamma_{\text{resist}}/dt)_b]$$

де $(d\Gamma_{\text{resist}}/dt)_a$ і $(d\Gamma_{\text{resist}}/dt)_b$ позначені зміни сил, що діють на кожну ступку реверсора тяги.

Подібним чином, за допомогою порівняння похідних струму збудження для кожного електродвигуна, визначають можливу розбіжність між силами, що діють на кожну ступку реверсора тяги. Таким чином, з'являється можливість виявити ситуацію, коли на ступки діють різноманітні сили. Вираховування кожної похідної струму збудження виконується третім коригувальним блоком 56a, 56b кожного електронного блоку 18a, 18b керування, а їхнє порівняння здійснюється на рівні компаратора 60.

Після виявлення згаданим чином розбіжності між силами, що діють на кожну ступку, необхідно здійснити бажаний коригувальний вплив щодо однієї або двох ступок. Так, наприклад, коригувальний вплив може виражатися або у повній зупинці системи реверсора тяги, або у поверненні ступок назад, або у зворотному відведенні ступок на декілька сантиметрів і потім повторному їхньому переміщенні в первинному бажаному напрямку. Вибір конкретного коригувального впливу залежить від фахівця з конструкції капотів. Може бути також продовжене переміщення ступок у переривчастому режимі.

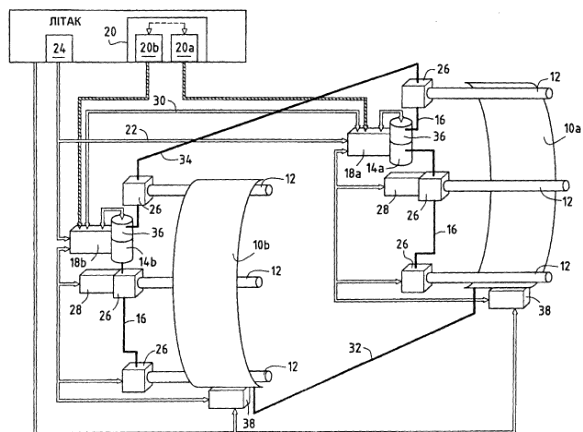
Коригувальний вплив може бути реалізований на рівні контуру автоматичного регулювання швидкості обертання електродвигунів за

допомогою другого компаратора 46a, 46b кожного електронного блока керування. Він може бути також реалізований на рівні контуру автоматичного регулювання струму збудження електродвигунів за допомогою третього компаратора 52a, 52b (як показано штриховою лінією на Фіг.2).

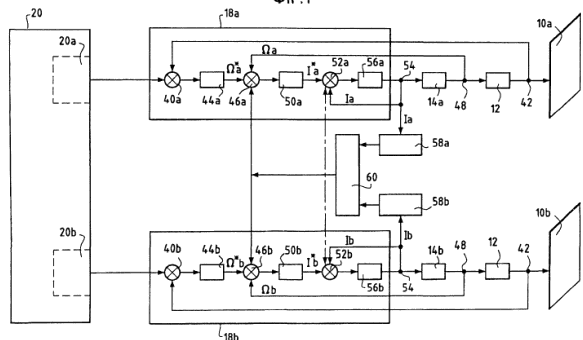
Таким чином, кожен електронний блок 18a, 18b керування забезпечує автоматичне слідкуюче регулювання положення ступок 10a, 10b. Це дозволяє домогтися синхронізації переміщення ступок з високою точністю відповідно до команди задання положення, що надходить від обчислювального пристрою 20 керування з повною відповідальністю, з урахуванням як можливих змін або коливань сил, що діють на реверсор тяги, так і можливої розбіжності між силами, що діють на кожну ступку.

В розглянутому вище варіанті винаходу засоби автоматичного регулювання переміщення кожної зі ступок, різноманітні компаратори (40a, 40b, 46a, 46b і 52a, 52b) і коригувальні блоки (44a, 44b, 50a, 50b і 56a, 56b) виконані у вигляді програмованих засобів відомого типу, а дані, оброблювані цими програмованими засобами (швидкість обертання і струм збудження), мають форму цифрових даних. Аналогічним чином обчислювальний пристрій 58a, 58b і компаратор 60 похідних струму збудження також являють собою програмовані засоби. Використання програмованих засобів для здійснення автоматичного регулювання переміщення ступок відповідно до даного винаходу забезпечує дуже велику гнучкість виконання контурів автоматичного регулювання швидкості обертання і струму збудження.

Таким чином, винахід дає багато переваг, зокрема, щодо здатності виявляти і коригувати можливі відхилення сил, що діють на реверсор тяги, для того, щоб уникнути будь-якої деформації останнього. Ця функція дозволяє також захистити реверсор тяги для збереження його цілісності, особливо в проблемній ситуації. Винахід дозволяє також виявляти, завдяки вирахуванню моменту сил, потенційну можливість блокування або заклинювання реверсора тяги. Крім того, вирахування моменту сил дозволяє визначити зміни реверсора тяги в процесі терміну служби, щоб передбачити будь-яке погіршення його експлуатаційних характеристик і/або старіння. В більш загальному плані винахід дозволяє підвищити надійність і безпеку реверсора тяги.



ФІГ.1



ФІГ.2