



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 56098

(13) A

(51) 7 G01C21/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ПРОСТАБІЛІЗАТОР

1

2

(21) 2003020922

(22) 03 02 2003

(24) 15 04 2003

(46) 15 04 2003, Бюл. № 4, 2003 р.

(72) Задорожний Іван Степанович, Задорожний
Валерій Іванович, Голуб Олександр Григорович,
Задорожний Юрій Іванович, RU

(73) Задорожний Валерій Іванович

(57) 1 Простабілізатор, що містить платформу, встановлений на платформі проблок з датчиком кута і датчиком моменту двоступеневого проскопа, послідовно сполучені підсилювач силових стабілізації, вхід якого сполучений з датчиком кута проблока, і двигун стабілізації, сполучений через редуктор з платформою, встановлений на платформі маятниковий акселерометр і послідовно сполучені блок форматування сигналу керування, вхід якого сполучений з виходом маятникового акселерометра, і перетворювач код-аналог, вихід якого сполучений з входом датчика моменту проблока, при цьому проблок встановлений на платформі так, що його вісь чутливості співпадає з напрямом осі стабілізації простабілізатора, а маятниковий акселерометр

встановлений на платформі так, що його вісь чутливості співпадає з напрямом місцевої вертикалі при установці платформи в горизонт, який відрізняється тим, що в нього додатково введені інтегруючий проскоп поплавця з датчиком кута і датчиком моменту, датчик температури і нагрівальний елемент, встановлений на корпусі проскопа, підсилювач, вхід якого сполучений з датчиком температури, а вихід - з нагрівальним елементом проскопа

2 Простабілізатор за п. 1, який відрізняється тим, що в нього введені три комутатори, входи яких сполучені з датчиком температури проскопа, чотири коректуючі підсилювачі, входи яких сполучені з датчиком кута проскопа і чотириканальний електронний комутатор, кожний аналоговий вхід якого сполучений відповідно з виходом кожного коректуючого підсилювача, а кожний керуючий вхід чотириканального електронного комутатора сполучений відповідно з виходом кожного компаратора, причому вихід чотириканального комутатора сполучений з виходом підсилювача силових стабілізації

Винахід стосується проскопічного приладобудування і призначений для використання на об'єктах, що рухаються, для кутової стабілізації в просторі різних приладів і пристроїв

Особливість експлуатації простабілізаторів встановлених на об'єктах, що рухаються, пов'язані з необхідністю забезпечувати високу точність стабілізації приладів і пристроїв при кутових коливаннях об'єктів, що рухаються, які працюють в умовах зміни кліматичної температури від -60 до 50°C і мають малий час готовності до роботи

Відомі простабілізатори для стабілізації приладів і пристроїв в просторі, що містять платформу з проблоком і пристрій розвантаження (див. а.с. СРСР 1490920/40-23 кл. МПК G 01c21/18 від 1970р. і а.с. СРСР 1820215 A1 кл. МПК G 01c21/18 від 1990р.)

З відомих простабілізаторів найбільш близьким по технічній суті є одновісний простабілізатор з двоступеневим проскопом описаний в а.с. СРСР №1820215 A1 кл. МПК G 01c21/18 від 1990р. містить платформу, встановлений на платформі проблок з датчиком кута і датчиком моменту двоступеневого проскопа, послідовно сполучені підсилювач силових стабілізації, вхід якого сполучений з датчиком кута проскопа, і двигун стабілізації, сполучений через редуктор з платформою, встановлений на платформі маятниковий акселерометр і послідовно сполучені блок форматування сигналу управління, вхід якого сполучений з виходом маятникового акселерометра, і перетворювач код-аналог, вихід якого сполучений з виходом датчика моменту проблока, при цьому проблок встановлений на платформі так, що його вісь

(13) A

(11) 56098

(19) UA

чутливості співпадає з напрямом осі стабілізації простабілізатора, а маятниковий акселерометр встановлений на платформі так, що його вісь чутливості при установці платформи в горизонт співпадає з напрямом місцевої вертикалі. Однією з важливих властивостей простабілізатора - стабілізувати в просторі з необхідною точністю різні прилади і пристрої. Точність стабілізації визначається моментом інерції платформи щодо осі стабілізації. Даний прототип простабілізатора побудований за принципом силової стабілізації.

Відомо, що для силової стабілізації збільшення моменту інерції платформи приводить до зменшення нутаційної частоти простабілізатора і, як наслідок, знижує крутизну характеристики каналу стабілізації і точність стабілізації, а також зменшує робочу смугу частот простабілізатора. При великих моментах інерції платформи силова стабілізація стає малоефективною. Одночасно підвищення коливальної каналу стабілізації приводить до зменшення запасів стійкості, і для неї небезпечні зовнішні обурення, частота яких рівна або близька нутаційній частоті.

Все вище перераховані складові обмежують можливість забезпечення високої точності простабілізатора за прототипом.

Задачею даного винаходу є створення простабілізатора високої точності і зменшення часу готовності простабілізатора, працюючого в широкому діапазоні кліматичної температури від -60 до 50°C.

Поставлена задача досягається тим, що в простабілізатор, що містить платформу, встановлений на платформі проблок з датчиком кута і датчиком моменту двоступеневого проскопа, послідовно сполучені підсилювач силової стабілізації, вхід якого сполучений з датчиком кута проблока, і двигун стабілізації, сполучений через редуктор з платформою, встановлений на платформі маятниковий акселерометр, і послідовно сполучені блок форматування сигналу управління, вхід якого сполучений з виходом маятникового акселерометра, і перетворювач код-аналог, вихід якого сполучений з входом датчика моменту проблока, при цьому проблок встановлений на платформі так, що його вісь чутливості співпадає з напрямом осі стабілізації простабілізатора, а маятниковий акселерометр встановлений на платформі так, що його вісь чутливості співпадає з напрямом місцевої вертикалі при установці платформи в горизонт, згідно з винаходом, додатково введені інтегруючий проскоп поплавця з датчиком кута і датчиком моменту, датчик температури і нагрівальний елемент, встановлений на корпусі проскопа, підсилювач, вхід якого сполучений з датчиком температури, а вихід - з нагрівальним елементом проскопа.

Крім того, в простабілізатор введені три комутатори, входи яких сполучені з датчиком температури проскопа, чотири коректуючі підсилювачі, входи яких сполучені з датчиком кута проскопа і чотирьохканальний електронний комутатор, кожний аналоговий вхід якого сполучений відповідно з виходом кожного коректуючого підсилювача, а кожний управляючий

вихід чотирьохканального електронного комутатора сполучений відповідно з виходом кожного компаратора, причому, вихід чотирьохканального комутатора сполучений з виходом підсилювача силової стабілізації.

На фіг 1 показана функціонально-кінематична схема запропонованого простабілізатора.

Простабілізатор містить платформу 1, на якій встановлені маятниковий акселерометр 2 і інтегруючий проскоп поплавця 3 з датчиком кута 4, датчиком моменту 5 і проскопом 6, підсилювач силової стабілізації 7, вихід якого сполучений з двигуном стабілізації 8, редуктор 9, сполучаючий двигун 8 з платформою 1, блок формування сигналу управління 10, вхід якого сполучений з виходом маятникового акселерометра 2, перетворювач код-аналог 11, вхід якого сполучений з виходом блоку формування сигналу управління 10, а вихід - з датчиком моменту проскопа 5, встановлений на корпусі проскопа 3 датчик температури 12, підсилювач 13, вхід якого сполучений з датчиком температури 12, встановлений на корпусі проскопа 3 нагрівальний елемент 14, вхід якого сполучений з виходом підсилювача 13, компаратори 15, 16 і 17, входи яких сполучені з датчиком температури 12, чотирьохканальний електронний комутатор 18, управляючі входи якого сполучені відповідно з виходами компараторів 15, 16 і 17, коректуючі підсилювачі 19, 20, 21 і 22, входи яких сполучені з виходом датчика кута 4, а вихід кожного - з відповідним аналоговим входом чотирьохканального електронного комутатора 18, вхід якого сполучений з входом підсилювача силової стабілізації 7.

Запропонований простабілізатор з інтегруючим проскопом поплавця працює таким чином.

При включенні простабілізатора, наприклад, при температурі навколишнього середовища -60°C, відбувається розгін продвигуна 6 до номінальної швидкості. Одночасно подається сигнал з датчика температури 12 через підсилювач 13 на елемент, що нагрівається, 14, при цьому відбувається нагрів проскопа 3.

Залежність зміни температури проскопа 3, включення і демпфуючу рідину, від часу включення приведена на фіг 2. Якнайкращі динамічні характеристики та характеристики точності стабілізатор досягає при температурі проскопа близькій 70°C. На цю температуру налаштований вбудований в підсилювач 13 компаратор сигналу датчика температур. Ця температура автоматично підтримується в проскопі протягом всієї подальшої роботи. Точність простабілізатора залежить від температури демпфуючої рідини і зображена на фіг 3, характерна Дв0 (t°C).

Як впливає з фіг 2 нижню межу температур +30°C (для пршого випадку t=-60°C) і точність = 20кут сек (див фіг 2,3), простабілізатор досягає за час = 25хв. Протягом цих 25хв точність стабілізації набагато нижче за потрібну, тобто простабілізатор не готовий до виконання заданих вимог, по точності стабілізації і часу готовності.

Причиною великої залежності точності

стабілізації від температури є зміна демпфуючих властивостей рідини в гіроскопі. Залежність коефіцієнта в'язкості рідини від температури, а отже, і коефіцієнта загасання нутаційних коливань гіроскопа наведена на фіг 4. Як видно з фіг 4 діапазон зміни коефіцієнта ξ , дуже широкий і при температурі $= 30^\circ\text{C}$ коефіцієнт $= 1$. Одночасно зі зміною температури гіроскопа, змінюються і амплітудно-частотні характеристики простабілізатора (Див фіг 5-фіг 8). Де $at(w)$ - позначені амплітудно-частотні характеристики. На фіг 5 - при температурі гіроскопа $- 45^\circ\text{C}$, на фіг 6 - при температурі гіроскопа $- 20^\circ\text{C}$, на фіг 7 - при температурі гіроскопа $+ 5^\circ\text{C}$, на фіг 8 - при температурі гіроскопа $+30^\circ\text{C}$.

На фіг 5-фіг 8 видно, що амплітуда логарифмічної частотної характеристики змінюється послідовно для низьких частот $- 20\text{дц/дек}$ для середніх частот $- 40\text{дц/дек}$, для високих частот $- 60\text{дц/дек}$.

Коефіцієнт посилення амплітудно-частотної характеристики і граничні частоти на середній частоті і високій частоті збільшуються з підвищенням температури гіроскопа.

Передавальна функція некоректованого розімкненого контура простабілізатора описується виразом

$$W_{(1123)}(S) = \frac{K_1}{S(T_1S+1)(T_2S+1)} \quad (1)$$

де K_1 - добротність амплітудно-частотної характеристики розімкненого контура (коефіцієнт умови $Aoi(\omega)$ при $\omega=1$),

T_{11} , і T_{12} - постійні часу на середніх і низьких частотах ЛАЧХ, для ділянки $i=1, i=2, i=3$ (див фіг 4, фіг 5-фіг 8). Причому, при температурі гіроскопа $t=30^\circ\text{C}$ (Див фіг 8) логарифмічна амплітудна характеристика змінюється від $- 20\text{дц/дек}$ в низькочастотній і середньочастотній області. Це підтверджує, що коефіцієнт загасання $\xi < 1$. Передавальна функція не скоректованого розімкненого контура простабілізатора має вигляд

$$W_{0_4}(S) = \frac{K_4}{S(T_4^2S^2 + 2T_4S + 1)} \quad (2)$$

K_4 - добротність амплітудно-частотної характеристики при $t=30^\circ\text{C}$

T_4 - постійна часу перегину амплітудно-частотної характеристики

З теорії автоматичного управління відомо, що при $\xi > 1$ передавальна функція (1) перетворюється в передавальну функцію (2) причому

$$T_4 = \sqrt{T_{11} * T_{12}}, \quad \xi = \frac{T_{11} * T_{12}}{2\sqrt{T_{11} * T_{12}}} \quad (3)$$

Забезпечення необхідної точності і стійкості здійснюється в простабілізаторі (див фіг 1) за рахунок введення коректуючих підсилювачів 19, 20, 21 з передавальними функціями вигляду

$$W_{K_{19,20,21}}(S) = \frac{K_{11}(T_{12}S+1)(T_{13}S+1)}{(T_{11}+1)(T_{14}S+1)} \quad (4)$$

де K_{11} - добротність коректуючих підсилювачів (19, 20, 21),

T_{11} , T_{12} , T_{13} , T_{14} - постійні часу коректуючих

підсилювачів 19, 20 і 21, відповідно

Для коректуючого підсилювача 22 передавальна функція вибрана вигляду

$$W_{K_{22}}(S) = \frac{K_{k22}(T_2S+1)(T_3S+1)}{(T_1S+1)(T_4S+1)} \quad (5)$$

де K_{k22} - добротність коректуючого підсилювача 22,

T_1 , T_2 , T_3 , T_4 - постійні часу передавальної функції коректуючого підсилювача 22

Вигляд амплітудно-частотних характеристик для різних температурних діапазонів гіроскопа наведені на фіг 5-фіг 8 (фіг 5 - для $-45^\circ\text{C} < t < -20^\circ\text{C}$, фіг 6 - $-20^\circ\text{C} < t < +5^\circ\text{C}$, фіг 7 - $+5^\circ\text{C} < t < 30^\circ\text{C}$, фіг 8 - $+30^\circ\text{C} < t < 70^\circ\text{C}$

На фіг 5 і фіг 6 зображені амплітудно-частотні характеристики простабілізатора з урахуванням передавальних функцій коректуючих підсилювачів 19, 20, 21 і які мають вигляд

$$W_{(123)}(S) = \frac{K_1 K_k (T_2S+1)(T_3S+1)}{S(T_1S+1)(T_2S+1)(T_4S+1)} \quad (6)$$

Амплітудно-частотна характеристика з урахуванням передавальної функції коректуючого підсилювача 22 для четвертого діапазону має вигляд (див фіг 8)

$$W_4(S) = \frac{K_4 L_{11} (T_2S+1) T_3 S + 1}{S(T_0^2 S^2 + 2\xi T_0 S + 1)(T_1S+1)(T_4S+1)^2} \quad (7)$$

З моменту включення простабілізатора сигнал з датчика температури 12 поступає на вхід компараторів 15, 16 і 17, поріг спрацьовування кожного з яких налаштований на температуру $-20^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}$ і $+30^\circ\text{C}$, відповідно. Одночасно сигнал з датчика кута 4 гіроскопа 3 поступає на входи коректуючих підсилювачів 19, 20, 21 і 22. В діапазоні температур від -60°C до -20°C компаратори 15-17 знаходяться в змозі при якому ключ компаратора 18 знаходиться в положенні I (див фіг 1), а вхід підсилювача 7 сполучений з виходом коректуючого підсилювача 19. В діапазоні температур від -20°C до $+5^\circ\text{C}$ компаратор 18 знаходиться в положенні II, а вхід підсилювача 7 сполучений з виходом коректуючого підсилювача 20. В діапазоні температур від $+5^\circ\text{C}$ до 30°C компаратор 16 знаходиться в змозі при якому ключ компаратора 18 знаходиться в положенні III, а вхід підсилювача 7 сполучений з виходом коректуючого підсилювача 21. В діапазоні температур від 30°C до 70°C компаратор 17 знаходиться в змозі при якому ключ компаратора 18 знаходиться в положенні IV, а вхід підсилювача 7 сполучений з виходом коректуючого підсилювача 22.

Введення коректуючих підсилювачів в простабілізатор, фіг 1, дозволило забезпечити достатню добротність, запаси стійкості по амплітуді і фазі і точність стабілізації $\Delta\beta_{до}(t) < 20\text{угл сек}$ в діапазоні робочих температур від -60°C до $+70^\circ\text{C}$ (див фіг 2,3). Враховуючи те, що забезпечення точності простабілізатора здійснюється починаючи з досягнення гіроскопом температури -45°C (див фіг 3), а ця температура досягається через час включення гіроскопа не більше 3 хв (див фіг 2), то введення коректуючих

підсилювачів 19-22 одночасно зменшує час готовності з 25хв до 3хв, тобто у 8 разів

Пояснення до фігур

Фіг 1- функціонально-кінематична схема простабілізатора,

Фіг 2- залежність температури демфіруючої рідини гіроскопу в залежності від години роботи підігріву пристрою термостату (при температурі навколишнього середовища -60°C),

Фіг 3- залежність похибки стабілізації від температури демфіруючої рідини гіроскопа ($\Delta\theta(t)$) - залежність похибки стабілізації від температури $t^{\circ}\text{C}$ без переключення коригуючих підсилювачів - робота з постійно включеним коригуючим підсилювачем 22), $\Delta\theta_K(t)$ - залежність похибки стабілізації при переключенні коригуючих підсилювачів 19-21),

Фіг 4 - залежність відносного коефіцієнту затухання ξ нутаційних коливань гіроскопа від температури демфіруючої рідини ($t^{\circ}\text{C}$)

Фіг 5 - ЛАЧХ та ФЧХ ГС при роботі в діапазоні температур $-45^{\circ}\text{C} < t < -20^{\circ}\text{C}$, де

$A_t(\omega)$ - ЛАЧХ ГС без коригування,

$A(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 19 при -45°C ,

$A_1(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 19 при -20°C ,

$A_K(\omega)$ - ЛАЧХ ГС коригуючого підсилювача 19,

$\phi(\omega)$ - ФЧХ простабілізатора з коригуванням підсилювача 21

Фіг 6 - ЛАЧХ та ФЧХ ГС при роботі в діапазоні температур $-20^{\circ}\text{C} < t < +5^{\circ}\text{C}$, де

$A_t(\omega)$ - ЛАЧХ ГС без коригування,

$A(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 20 при -20°C ,

$A_1(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 20 при $+5^{\circ}\text{C}$,

$A_K(\omega)$ - ЛАЧХ ГС коригуючого підсилювача 20,

$\phi(\omega)$ - ФЧХ простабілізатора з коригуванням підсилювача 20,

фіг 7 -ЛАЧХ та ФЧХ ГС при роботі в діапазоні температур $+5^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$, де

$A_t(\omega)$ - ЛАЧХ ГС без коригування,

$A(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 21 при $+5^{\circ}\text{C}$,

$A_1(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 21 при $+30^{\circ}\text{C}$, ϕ

$\phi(\omega)$ - ФЧХ простабілізатора з коригуванням підсилювача 21,

Фіг 8 - логарифмічна амплітудно-частотна характеристика (ЛАЧХ) та фазово-частотна характеристика (ФЧХ) простабілізатора (ГС) при роботі гіроскопа в діапазоні температур від $+30^{\circ}\text{C}$ до $+70^{\circ}\text{C}$,

де

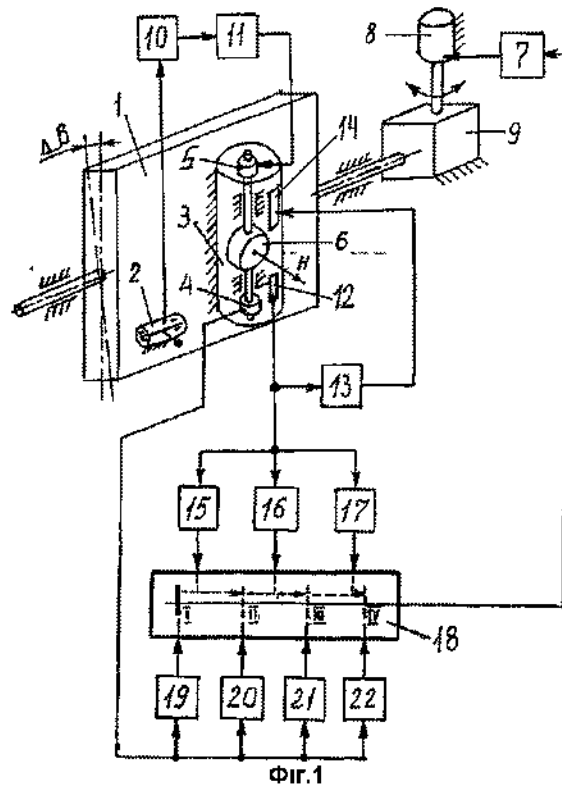
$A_t(\omega)$ - ЛАЧХ ГС без коригування,

$A(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 22 при 30°C ,

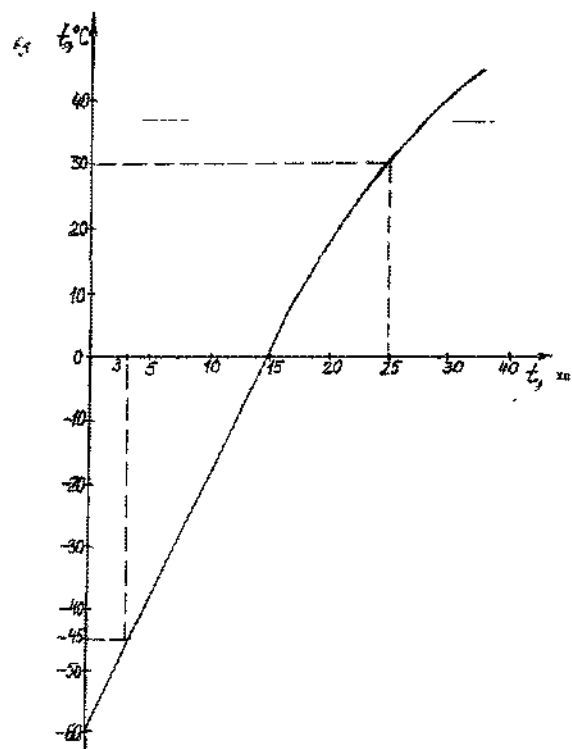
$A_1(\omega)$ - ЛАЧХ ГС з коригуванням підсилювача 22 при 70°C ,

$A_K(\omega)$ - ЛАЧХ ГС коригуючого підсилювача 22,

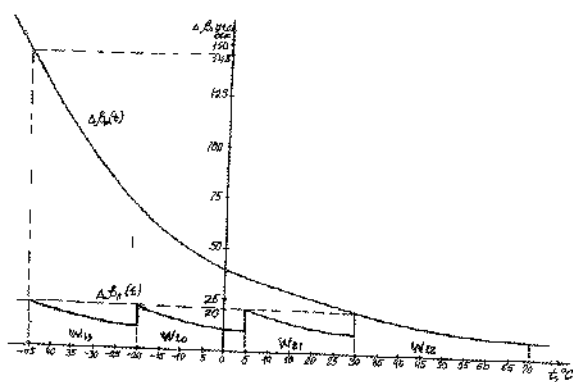
$\phi(\omega)$ - ФЧХ простабілізатора з коригуванням підсилювача 22,



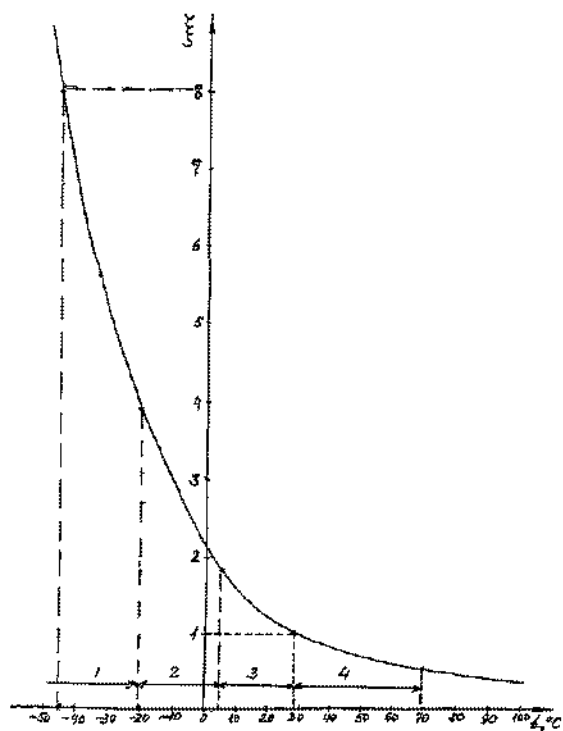
Фіг.1



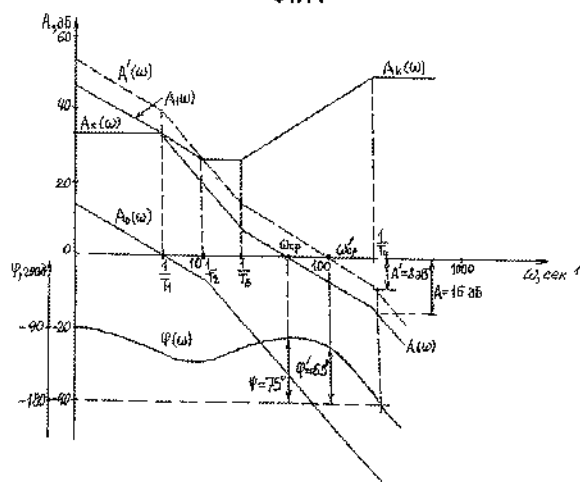
Фиг.2



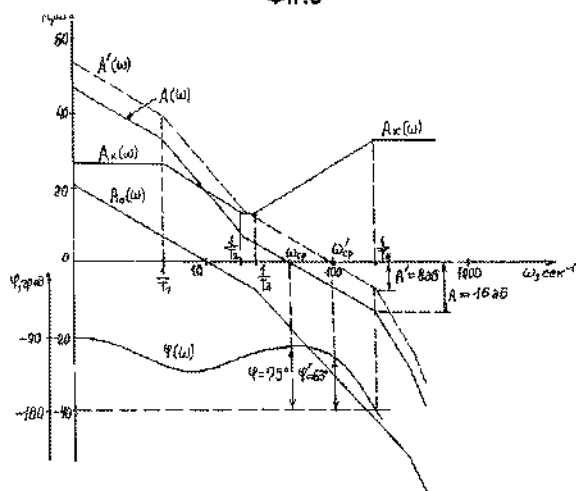
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6

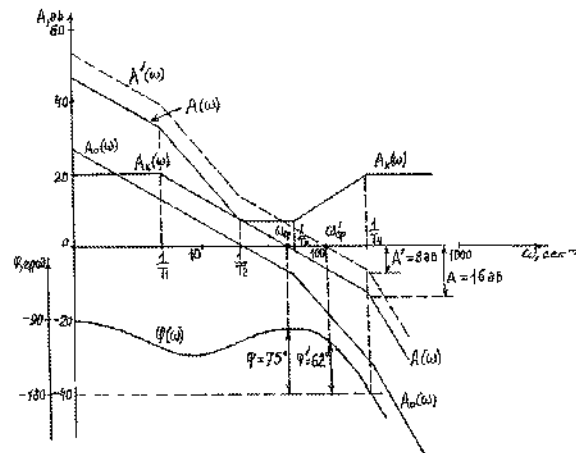


Fig. 7

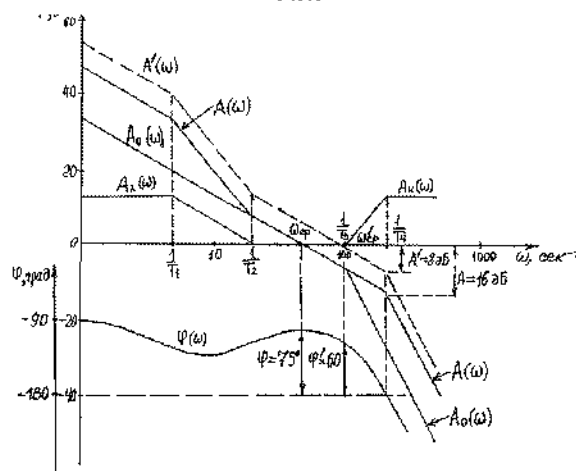


Fig. 8