



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **101201** (13) **C2**
(51) МПК (2013.01)
B63G 8/00
B63H 21/21 (2006.01)
B63H 25/00

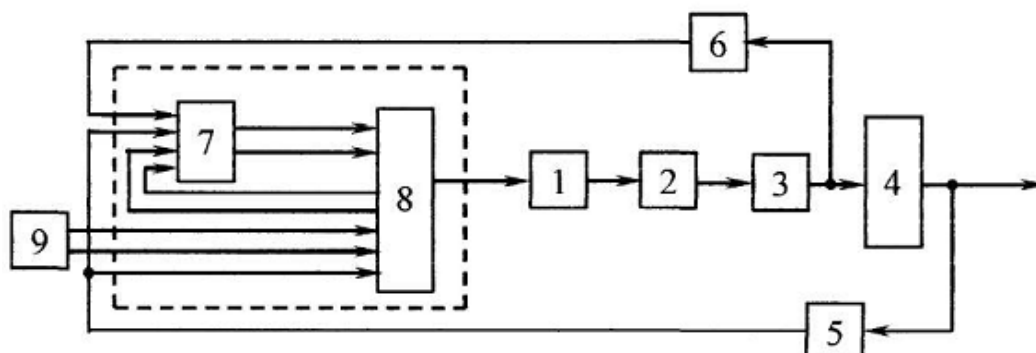
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2011 00494	(72) Винахідник(и): Блінцов Сергій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 17.01.2011	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА, пр. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.03.2013	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 2004089740 A1; 21.10.2004 UA 4782 U; 15.02.2005 RU 2215318 C1; 27.10.2003 UA 54147 A; 17.02.2003 US 2009222155 A1; 03.09.2009 US 5336120 A; 09.08.1994 JP 59175629 A; 04.10.1984
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.07.2012, Бюл.№ 14	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.03.2013, Бюл.№ 5	

(54) СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ РУХУ ПІДВОДНОГО АПАРАТА ПО ОДНІЙ ОСІ КООРДИНАТ**(57) Реферат:**

Винахід належить до суднобудування. Система автоматичного керування швидкістю руху підводного апарата по одній осі координат містить задавач вхідного сигналу, датчики швидкості та частоти обертання гребного гвинта, послідовно з'єднані силовий перетворювач, електродвигун та гребний гвинт. Додатково введено апроксиматор залежності приросту швидкості і прискорення руху підводного апарата від його поточного стану та значень керуючого сигналу і обчислювач керуючого сигналу. Технічним результатом є підвищення точності керування з усуненням коливальності.



Фіг.

UA 101201 C2

Винахід належить до суднобудування і може бути застосований на підводних апаратах (ПА), які використовують як рушій для переміщення по деякій осі координат (горизонтальний, вертикальний або лаговий рух) гребний гвинт з електричним приводом, та до яких висуваються вимоги високої швидкодії і точності керування швидкістю руху.

Відомо про систему автоматичного керування глибиною підводного апарата (Блінцов С.В., Деклараційний патент на корисну модель № 4782, опубл. 15.02.2005, бюл. № 2). Система керування містить: програмний пристрій, датчики глибини (висоти над ґрунтом) та вертикальної швидкості, послідовно з'єднані силовий перетворювач, електродвигун, гребний гвинт, підводний апарат як об'єкт керування, а також суматор, зв'язаний з датчиком глибини (висоти над ґрунтом) та програмним пристроєм, апроксиматор залежності гальмівного шляху підводного апарата від його вертикальної швидкості, зв'язаний з датчиком вертикальної швидкості, та обчислювач, входи якого зв'язані з суматором, апроксиматором і датчиком вертикальної швидкості, а вихід - з силовим перетворювачем. Така система керування може бути синтезована в умовах невизначеності параметрів математичної моделі ПА, але вона призначена для ступінчатої зміни глибини занурення ПА і не підходить для керування швидкістю, оскільки спосіб обчислення керуючого впливу принципово не дозволяє пристосувати його для випадку керування швидкістю.

Найбільш близьким аналогом є адаптивна система із змінною структурою для керування швидкістю руху підводного робота (Юхимец Д.А., Филаретов В.Ф., патент RU 2215318, опубл. 27.10.2003). Такий пристрій містить послідовно з'єднані перший блок множення, перший суматор, перший релейний елемент, фільтр, блок виділення модуля, вимірник неузгодженості, ключ, другий вхід якого через другий релейний елемент приєднаний до виходу першого блока виділення модуля, інтегратор, другий суматор, другий вхід якого з'єднаний з виходом джерела еталонного сигналу й другим входом першого вимірника неузгодженості, а його вихід з'єднаний з першим входом першого блока множення, послідовно з'єднані третій суматор, перший вхід якого з'єднаний із входом системи, другий блок виділення модуля, другий блок множення, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого релейного елемента, і четвертий суматор, а також датчик прискорення руху підводного робота, установлений на корпусі підводного робота, що підключений до другого входу першого суматора, причому другий вхід першого блока множення з'єднаний із входом другого блока виділення модуля, послідовно з'єднані третій блок виділення модуля, третій блок множення, п'ятий суматор, другий вхід якого підключений до виходу датчика швидкості руху підводного робота, установленого на корпусі підводного робота, входу третього блока виділення модуля й другому входу третього суматора, шостий суматор, другий вхід якого з'єднаний з виходом четвертого блока множення, п'ятий блок множення, сьомий суматор, підсилювач, двигун і гвинт, жорстко пов'язаний з валом двигуна, а також послідовно з'єднані датчик швидкості обертання вала двигуна, установлений на цьому валу, четвертий блок виділення модуля, восьмий суматор, шостий блок множення, дев'ятий суматор, перший нелінійний елемент, другий нелінійний елемент, вхід якого підключений до другого входу четвертого блока множення, перший блок ділення, другий вхід якого з'єднаний з виходом десятого суматора, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого суматора й через квадратор - до другого входу дев'ятого суматора, сьомий блок множення, другий вхід якого з'єднаний з виходом четвертого блоку виділення модуля, другим входом п'ятого блоку множення й першим входом восьмого блоку множення, вихід якого підключений до другого входу сьомого суматора, одинадцятий суматор, другий вхід якого з'єднаний з виходом шостого суматора, а третій вхід - із третім входом шостого суматора, другим входом десятого суматора, другим входом восьмого блока множення й виходом восьмого суматора, дев'ятий блок множення, другий вхід якого підключений до другого входу четвертого блока множення, другого входу третього блоку множення й через третій релейний елемент - до виходу датчика швидкості обертання вала двигуна, третього входу сьомого суматора, четвертого входу одинадцятого суматора, другого входу восьмого суматора, другого входу шостого блоку множення й третього входу п'ятого суматора, третій нелінійний елемент, другий блок розподілу, вихід якого з'єднаний із четвертим входом сьомого суматора, а другий вхід - з виходом дванадцятого суматора, перший вхід якого підключений до виходу четвертого суматора, а другий вхід - до виходу п'ятого блока множення й другого входу четвертого суматора.

У вказаній системі керування визначення керуючого сигналу проводиться на основі математичної моделі об'єкта з урахуванням нелінійностей. Основною проблемою є висока складність синтезу системи керування і визначення її коефіцієнтів, а також параметрів моделі, що унеможлиблює синтез такої системи керування в умовах невизначеності цих параметрів. Крім того, математична модель базується на припущеннях і спрощеннях і априорі не є точною, що призводить до відповідного зменшення точності керування. Також слід зазначити, що

система керування вирішує задачу наближення динаміки об'єкта до динаміки аперіодичної ланки, що принципово не дає можливості забезпечити високі показники швидкодії.

Ставиться задача удосконалення системи автоматичного керування швидкістю руху ПА шляхом додаткового введення елементів обчислення керуючого впливу на електродвигун гребного гвинта для підвищення швидкодії і точності системи, що приводить до спрощення системи керування, можливості її синтезу в умовах невизначеності параметрів математичної моделі ПА, підвищення якості керування швидкістю руху ПА.

Поставлена задача вирішується тим, що в системі автоматичного керування ПА, яка містить задавач вхідного сигналу, датчики швидкості й частоти обертання гребного гвинта, послідовно з'єднані силовий перетворювач, електродвигун, гребний гвинт, а також ПА як об'єкт керування, відповідно до винаходу, додатково введено апроксиматор залежності приросту швидкості і прискорення руху ПА від його поточного стану та значень керуючого сигналу, зв'язаний з датчиками швидкості й частоти обертання гребного гвинта і оснащений програмою на базі штучних нейронних мереж, яка апроксимує вказану залежність на основі попередньо отриманих даних по швидкості і прискоренню підводного апарата, частоті обертання гребного гвинта та значеннях керуючої напруги, і обчислювач керуючого сигналу, входи якого зв'язані з апроксиматором, датчиком швидкості і задавачем вхідного сигналу, а вихід - з силовим перетворювачем.

Суть пропозиції полягає в наступному. Інтервал керування t_c (наприклад, 0,1 секунди) розбивається на 2 ділянки, на протязі яких послідовно подаються 2 значення керуючої напруги, що прикладається до електродвигуна (ЕД) гребного гвинта. Апроксиматор (штучна нейронна мережа, яка навчена на основі попередньо знятих експериментальних даних) видає кінцеві значення прискорення і приросту швидкості ПА, які він буде мати через проміжок часу t_c в залежності від поточної швидкості ПА, частоти обертання гребного гвинта і двох значень керуючої напруги. Обчислювач послідовно подає на апроксиматор різні комбінації з двох значень керуючої напруги і шляхом підбору визначає такі значення, які через інтервал часу t_c забезпечать необхідну величину швидкості й прискорення ПА. Завдяки цьому значно підвищується точність керування, оскільки воно виконується не тільки по швидкості, але й по прискоренню; майже усувається коливальність. Крім того, така система керування може бути синтезована в умовах невизначеності параметрів математичної моделі підводного апарата, а її структура значно спрощується.

Структурна схема пропонованої системи показана на кресленні.

Система автоматичного керування швидкістю руху ПА містить: послідовно з'єднані силовий перетворювач 1, виходом якого є напруга живлення U електродвигуна 2, електродвигун 2, який забезпечує кутову частоту обертання ω рушія 3, рушій 3 по даній осі координат - гребний гвинт, що розвиває упор 7, підводний апарат 4, як об'єкт керування; датчик 5 швидкості руху ПА по даній осі, зв'язаний з підводним апаратом 4; датчик 6 частоти обертання гребного гвинта, зв'язаний з гвинтом 3; апроксиматор 7, входи якого зв'язані з датчиками 5, 6 і обчислювачем керуючого сигналу 8, який задає два рівня напруги; обчислювач керуючого сигналу 8, вхід якого з'єднаний з апроксиматором 7, звідки подаються значення прискорення і приросту швидкості ПА через інтервал часу t_c , задавачем вхідного сигналу 9 і датчиком 5, а вихід якого приєднаний до силового перетворювача 1; задавач вхідного сигналу 9, виходи якого зв'язані з обчислювачем керуючого сигналу 8 і який задає значення швидкості та прискорення ПА згідно з програмою руху. До складу системи керування входять пристрої 7 і 8. Апроксиматор 7 містить одну або декілька штучних нейронних мереж, алгоритми роботи яких описані в літературі (Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. - М.: "Горячая линия - Телеком", 2002. - с. 10-20, с. 89-134 [1]). Апроксиматор та обчислювач можуть бути реалізовані програмно на базі ЕОМ або загально відомих мікроконтролерів (Motorola, Intel, PIC-контролери).

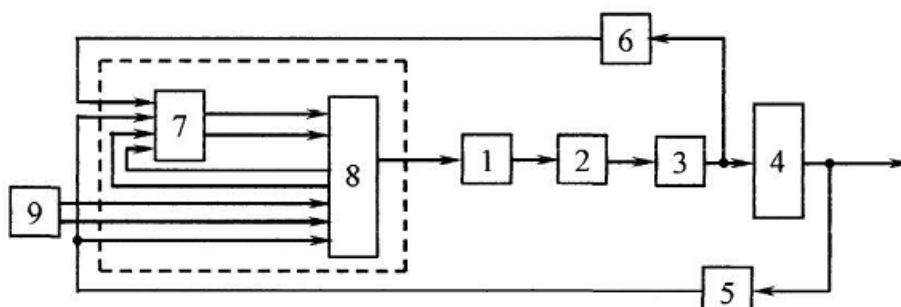
Пропонована система працює наступним чином. З інтервалом часу t_c система керування опитує датчики 5 і 6 і задавач вхідного сигналу 9. Обчислювач 8 розраховує, яким має бути приріст швидкості руху ПА за час наступного інтервалу t_c і яким має бути миттєве значення прискорення наприкінці цього інтервалу (згідно з законом керування, що надходить з задавача вхідного сигналу 9). Потім обчислювач 8 багаторазово звертається до апроксиматора 7, послідовно перебираючи всі допустимі комбінації значень керуючого сигналу, поки не визначить такі значення, які забезпечать потрібні приріст швидкості та прискорення. Далі протягом проміжку часу t_c на виконавчий механізм (силовий перетворювач 1, з яким послідовно зв'язані електродвигун 2 і гребний гвинт 3) подається спочатку одне, потім друге значення керуючої напруги. В кінці інтервалу t_c ПА 4 буде мати не тільки необхідну швидкість, але й прискорення, яке забезпечить подальшу плавну динаміку руху без різких ривків керуючої напруги і коливань

швидкості. На наступному кроці дискретизації знов опитуються датчики 5 і 6, задавач вхідного сигналу 9 і процес генерації керуючого сигналу повторюється на наступний інтервал t_c .

Таким чином, вирішуються задачі підвищення швидкодії (при ступінчатій зміні швидкості - на 30-40 %) і точності керування (в режимі динамічного руху - зменшення похибки в 2-3 рази), оскільки воно виконується не тільки по швидкості, але й по прискоренню, майже усувається коливальність, а також забезпечується значне спрощення системи керування (за кількістю використаних елементів - в 4-5 разів) і можливість її синтезу в умовах невизначеності параметрів математичної моделі ПА.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Система автоматичного керування швидкістю руху підводного апарата по одній осі координат, яка містить задавач вхідного сигналу, датчики швидкості та частоти обертання гребного гвинта, послідовно з'єднані силовий перетворювач, електродвигун, гребний гвинт, а також підводний апарат як об'єкт керування, яка **відрізняється** тим, що до неї додатково введено апроксиматор залежності приросту швидкості і прискорення руху підводного апарата від його поточного стану та значень керуючого сигналу, зв'язаний з датчиками швидкості й частоти обертання гребного гвинта і оснащений програмою на базі штучних нейронних мереж, яка реалізовує апроксимацію вказаної залежності на основі попередньо отриманих даних по швидкості і прискоренню підводного апарата, частоті обертання гребного гвинта та значеннях керуючої напруги, і обчислювач керуючого сигналу, входи якого зв'язані з апроксиматором і датчиком швидкості, а вихід - з силовим перетворювачем.



Комп'ютерна верстка Л. Купенко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601