

УДК 681.532

В.Ф. Лавріненко

*Київська державна академія водного транспорту
імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Київ*

АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Важливе місце в водному транспорті займають системи зв'язку і навігації для вирішення завдань управлінням забезпечення безпеки руху судна. Для якісного прийому радіосигналу необхідні системи автоматичного супроводження з мінімальними втратами. Тому виникає необхідність провести аналіз цифрових систем автосупроводження для якісного прийому сигналу радіосистем водного транспорту. У статті аналізується реалізація диференціальних зв'язків в цифрових радіосистемах з урахуванням мінімальної помилкою автосупроводження.

Ключові слова: система автоматичного супроводження, керуючий вплив, помилка системи, алгоритм.

Вступ

Особливу роль в інфраструктурі економіки займають транспортні перевезення, у тому числі і з використанням морських суден [1]. При цьому важливим при експлуатації будь-якого судна є його електротехнічний комплекс, від роботи якого залежить вся життєдіяльність транспортного засобу як автономного об'єкта управління. Для ефективного визначення місцеположення і безпечної роботи судна необхідно забезпечити високу якість вироблених на ньому робіт всього електротехнічного комплексу, в тому числі і пристроїв автосупроводження радіотехнічних систем для якісного прийому сигналів. Складність вирішення цього завдання пояснюється використанням різних енергетичних установок, радіостанцій, електростанцій, які здійснюють взаємовплив один на одного. За цим, виникає необхідність забезпечення паралельної роботи джерел технічних комплексів виконують різні завдання систем безпеки з мінімізацією їх впливу і в першу чергу на судові радіосистеми [1, 2].

Організація ефективної паралельної роботи різних комплексів є важливим питанням для будь-якого електротехнічного комплексу, але особливо для морського судна при сумірності потужностей джерел і споживачів. Тут можна виділити два аспекти, які пояснюють важливість цієї проблеми. По-перше, це пов'язано із забезпеченням безпеки судна і людей, що знаходяться на ньому, так як порушення паралельної роботи може вплинути на енергосистему судна і привести до втрати керованості, і по-друге, важлива економічна складова експлуатації будь-якого судна [1, 2].

Постановка завдання і аналіз предметної області. Тому зростаючі вимоги до систем автоматичного регулювання та керування по забезпеченню дина-

мічної точності, а також широке застосування принципу комбінованого регулювання, для здійснення якого потрібно безпосереднє зміна керуючого (впливаючого) впливу, є важливою науковою задачею. Зазначена трудність особливо відчутна при проектуванні високоточних систем автоматичного супроводження (САС) рухомих об'єктів. У цих випадках керуючий вплив можна виміряти, склавши помилки системи $\theta(t)$ і регульованої величини $\beta(t)$. Даний метод непрямого виміру названий методом диференціальних зв'язків і розглянуто в роботах [1, 2]. Реалізація його стосовно до цифрових САС має особливості, обумовлені дискретним характером сигналів диференціальних зв'язків.

Мета статті. Таким чином, виникає задача аналізу ситуації для підвищення якості прийому сигналів при автоматичного супроводженні радіоджерела. Це пов'язано для підвищення безпеки судна в першу чергу з проектуванням високоточних систем автосупроводження в автоматизованих системах в умовах зовнішніх впливів і внутрішніх шумів, що є метою статті.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо деякі з реалізацій систем автосупроводження радіоджерела, а також питання вибору алгоритмів і параметрів цифрових диференціатора (ЦД), що формують компенсуючі сигнали (КС) по швидкості в САС [2 – 4].

1. Цифрова САС з формуванням КС за методом диференціальних зв'язків.

Практична реалізація схеми (рис.1) ускладнюється складністю забезпечення еквівалентності динамічних характеристик ланок, що є в ланцюгах диференціальних зв'язків: чутливого елемента (ЧЕ) і блоку формування помилок (БФП), з одного боку, об'єкта управління (ОУ) і перетворювача «вал-

Тому дана схема САС особливо ефективна для автосупроводження високошвидкісних об'єктів, прискорення яких за величиною багато менше швидкості.

3. Цифрова САС з циклічною корекцією компенсуючого сигналу.

У схемі САС з циклічною корекцією компенсуючого сигналу (КС) (рис. 3) усунені недоліки

схем, зображених на рис. 1 і 2, обумовлені стрибкоподібним зміною компенсуючого сигналу [5]. Сигнал U_c , формований з допомогою диференціальної зв'язки і ЦД, порівнюється з постійною за величиною сигналом U_n , який пропорційний прогнозованій швидкості об'єкта супроводу в момент включення САС в режим автосупроводження.

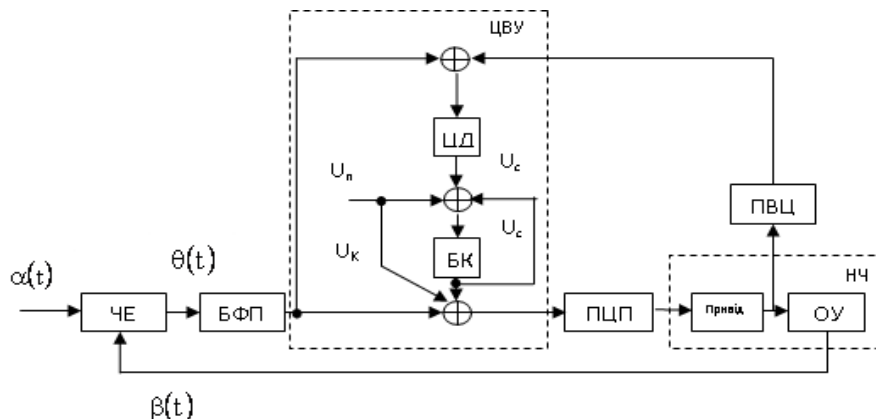


Рис. 3. Структурна схема цифрової САС з циклічною корекцією компенсуючого сигналу

Якщо модуль сигналу ΔU перевищить величину ΔU_0 , відповідну допустимій швидкісній помилки системи, блок корекції (БК) формує пилоподібний сигнал U_k з максимальною амплітудою ΔU_0 і тривалістю T_k . Величини ΔU_0 і T_k постійні для кожного циклу корекції. Принципова схема алгоритму роботи БК наведена в [5]. Тривалість циклу T_k повинна задовольняти умові (1):

$$T_k = \Delta \dot{\alpha}_0 / \ddot{\alpha}_{\max} \quad (3)$$

де $\Delta \dot{\alpha}_0$ – величина збільшення швидкості впливу $\alpha(t)$, відповідна ΔU_0 .

При виконанні нерівності (3) детермінована складова сигналу ΔU не може перевищити ΔU_0 за час T_k . Якщо під час формування коригуючого сигналу U_k умова $|\Delta U| < \Delta U_0$ буде порушено в результаті дії перешкоди, то БК на це не реагує [5]. Тим самим зростає перешкодозахищеність системи, а пиловидні зміни КС викликає плавне зміна швидкості величини $\beta(t)$ і виключає небезпеку зриву автосупроводження.

Застосування розглянутого методу побудови КС найбільш ефективно в поєднанні з КНС, особливо для САС з високими вимогами по точності і плавності

4. Вибір алгоритму і параметрів цифрового диференатора.

У багатьох практичних випадках для досягнення необхідної точності цифрової САС достатньо вводити компенсуючий сигнал тільки по швидкості впливу $\alpha(t)$. Розв'язувана при цьому завдання вибору алгоритму і параметрів ЦД першого порядку

ускладнюється тим, що точність ЦД визначається не тільки періодом T_d , але і ціною молодшого розряду (δ) цифрового коду вхідного впливу ЦД. наявність δ навіть при малих її величинах призводить до суттєвого збільшення помилки ЦД диференціювання і повинно бути враховано при виборі алгоритму і періоду дискретності ЦД [6].

Алгоритм і параметри (T_d і δ) ЦД стосовно до схем САС, зображених на рис. 2 і 3, можуть бути враховано при виборі з умови мінімізації помилок диференціювання та без урахування динамічних характеристик НЧ. Це пояснюється тим, що мінімум помилок цифрового диференціювання постається, як правило, при $T_d \ll T_k$ і при виконанні умови (1) ЦД «розв'язаний» від НЧ системи.

У роботі [6] розроблено ряд алгоритмів ЦД, що забезпечують мінімум помилок диференціювання через квантування за рівнем і за наявності стаціонарної перешкоди на вході ЦД. Отримано аналітичні вирази для повної помилки і оптимального періоду дискретності T_d , при якому помилка мінімальна.

Припустима помилка ЦД для схем САС на рис.3. є відповідної величини $\Delta \dot{\alpha}_0$, а для схеми на рис.2 визначається величиною γ .

У разі виконання умови (1) для схеми на рис. 1 вибір алгоритму ЦД проводиться аналогічно викладеному вище. Якщо ж САС переводиться в область стійкості тільки в результаті відповідного вибору передавальної функції ЦКУ, тобто $T_d = T_k$, то розглянута вище методика може призвести до невірних результатів, оскільки не враховує динамічні характеристики НЧ системи.

Покажемо це на прикладі цифрового диференціювання за методом НЧ у вигляді

$$W_{\text{НЧ}}(\delta) = \frac{K_{\text{Н}}}{\delta(\tau_{\text{Н}}\delta + 1)},$$

тоді отримано наступний вираз для величини $T_{\text{Д}}$, при якому помилка за швидкістю розімкнутого циклу САС, що включає ЦД і НЧ мінімальна:

$$T_{\text{ДО}} = \sqrt{\frac{\delta(1 - e^{-T_{\text{ДО}}/\tau_{\text{Н}}})}{0,5 + (1 - e^{-T_{\text{ДО}}/\tau_{\text{Н}}})^{-1}}} \ddot{\alpha}_{\text{max}}. \quad (4)$$

При цьому ж алгоритмі вираз для $T_{\text{Д}}$, мінімізує тільки помилку ЦД, виглядає так

$$T_{\text{ДО}} = \sqrt{\frac{\delta}{0,5\ddot{\alpha}_{\text{max}}}}. \quad (5)$$

Ставлення залежностей (5) і (4) може бути представлено у вигляді

$$\frac{T_{\text{Д}}}{T_{\text{ДО}}} = \frac{\sqrt{(1 - e^{-T_{\text{ДО}}/\tau_{\text{Н}}}) + 2}}{1 - e^{-T_{\text{ДО}}/\tau_{\text{Н}}}}. \quad (6)$$

Аналіз виразу (6) показує, що при зміні $\frac{T_{\text{ДО}}}{\tau_{\text{Н}}}$ від 0 до ∞ величина $\frac{T_{\text{Д}}}{T_{\text{ДО}}}$ від ∞ до $\sqrt{3}$. Отже, при будь-яких значеннях найбільшою постійної часу НЧ ($\tau_{\text{Н}}$) оптимальний для ЦД період дискретності не є оптимальним для системи.

На ЕОМ проведено моделювання цифрової системи комбінованого регулювання при різних величинах $T_{\text{Д}}$ і δ . Визначення в результаті моделювання значення $T_{\text{Д}}$, при якій помилка САС мінімальна, відрізнялася від розрахованих за формулою (4) величини $T_{\text{ДО}}$ не більше ніж на 15%.

Висновки по роботі

У роботі проведено аналіз технічних рішень систем автосупроводження, що дозволяє вибрати в залежності від ситуації і їх реалізувати з підвищеним техніко-економічним ефектом паралельної роботи з різним судовим електротехнічним комплексом, який показує доцільність і ефективність вдосконалення їх системи управління.

Запропоновано алгоритм та визначено параметри цифрового диференатора налаштувань автоматичних регуляторів у САС. Обґрунтовано доцільність застосування адаптивної самонастроювальної системи автоматичного управління для реалізації розробленого алгоритму. Отриманий результат аналізу, мають практичне значення.

Список літератури

1. Конкс Г.А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта / Г.А. Конкс, В.А. Лаико. – М.: Машиностроение, 2005. – 512 с.
2. Вагуценко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна // Л.Л. Вагуценко, Н.Н. Цымбал. – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
3. Болотин Б.И. Инженерные методы расчетов устойчивости судовых автоматизированных систем / Б.И. Болотин, В. Л. Вайнер. – Л.: Судостроение, 1974. – 332 с.
4. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2 Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Ким Д.П. – М.: Физматлит, 2004. – 464 с.
5. Баранов А.П. Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации / А.П. Баранов, М.М. Раимов. – СПб.: Элмор, 1997. – 232 с.
6. Математичне моделювання в електроенергетиці / О.В. Кириленко, М.С. Сегеда, О.Ф. Буткевич, Т.А. Мазур. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2010. – 608 с.

Надійшла до редколегії 15.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Д.П. Пашков, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ.

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В.Ф. Лавриненко

Важное место в водном транспорте занимают системы связи и навигации для решения задач управлением обеспечения безопасности движения судна. Для качественного приема радиосигнала необходимы системы автосопровождения с минимальными потерями. Поэтому возникает необходимость провести анализ цифровых систем автосопровождения для качественного приема сигнала радиосистем водного транспорта. В статье анализируется реализация дифференциальных связей в цифровых радиосистемах с учетом минимальной ошибкой автосопровождения.

Ключевые слова: система автоматического сопровождения, управляющее воздействие, ошибка системы, алгоритм.

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF DIFFERENTIAL CONNECTIONS IN A DIGITAL SYSTEMS OF AUTOMATIC TRACKING OF WATER TRANSPORT

V.F. Lavrinenko

Communication and navigation systems for solving problems of security control of the vessel takes an important role in water transport. Automatic tracking systems with minimal losses are very important for high-quality radio reception. That's why it is necessary to make an analysis of digital systems of auto-tracking for high-quality reception of radio systems of water transport. The article analyzes the implementation of differential links in digital radio systems, considering the minimum auto-tracking errors.

Keywords: automatic tracking system, controlling action, system error, algorithm.