

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВОГО НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМІ АРПП ПРИ ДІЇ АДИТИВНИХ ЗАВАД

У статті розглянута математична модель системи автоматичного регулювання потужності передавача (АРПП), складена в інтерактивній системі MATLAB, з використанням цифрового регулятора, який працює на базі нечіткої логіки. Проаналізовані процеси в системі автоматичного регулювання потужності передавача з атенюатором, що перестроюється двигуном, при наявності адитивних завад. Досліджені системи АРПП з цифровим нечітким регулятором методом математичного моделювання.

Ключові слова: система автоматичного регулювання потужності передавача, мультиплікативні завади, адитивні завади, нечітка логіка, регулятор, математична модель, фазі-система, атенюатор.

Вступ

Якість радіоприйому сигналів в радіоканалі зв'язку оцінюється не лише якістю радіоприйомного пристрою, тобто його здатністю приймати сигнали різної потужності, забезпечувати їх неспотворене підсилення, перетворення та передавання на вхід кінцевого пристрою, але й характеристиками середовища розповсюдження. Прийом радіосигналів практично завжди здійснюється при наявності завад. У більшості випадків для якісного радіоприйому сигналів в радіоканалі зв'язку організовують зворотній радіоканал для управління потужністю випромінювання радіопередавача, що може суттєво зменшити або повністю компенсувати вплив завад на якість радіоприйому [5,8]. Зворотній радіоканал разом з основним радіоканалом утворюють замкнуту систему автоматичного регулювання потужності передавача (АРПП). Така система є суттєво нелінійною та нестационарною, тому синтез регуляторів, які забезпечують якісну роботу систем, для системи АРПП представляє досить складну задачу. В даному розділі ця задача вирішена шляхом застосування цифрових нечітких (що працюють на базі нечіткої логіки) регуляторів. Проведено дослідження систем методом математичного моделювання в інтерактивній системі MATLAB [4,6].

Основна частина

Одна із можливих функціональних схем системи автоматичного регулювання потужності передавача АРПП представлена на рис.1.

Передавач ПРД у пункті А випромінює сигнал потужністю $P \leq P_{\max}$ на частоті f_1 . Сигнал випромінювання Б на вході приймача ПРМ створює НВЧ-сигнал $u_c(t)$. Задача полягає у підтриманні необхідного рівня НВЧ-сигналу $u_c(t)$, достатнього для якісного прийому.

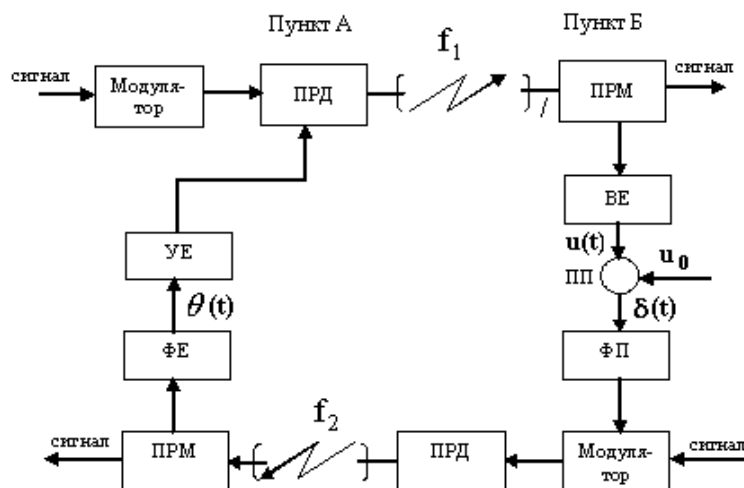


Рис.1. Функціональна схема системи автоматичного регулювання потужності передавача АРПП

Перетворений елементом вимірювання (ВЕ) рівень сигналу $u(t)$ порівнюється з рівнем опорної напруги u_0 у пристрої порівняння (ПП) та виробляється сигнал помилки розузгодження $\delta(t) = u_0 - u(t)$. Цей сигнал перетворюється у пристрої формування (ФП) у форму, яка зручна для передавання по зворотньому каналу, та через модулятор та передавач у пункті Б передається в бік приймача пункту А на іншій частоті f_2 . Тут цей сигнал виділяється приймачем, перетворюється елементом формування (ФЕ) в сигнал управління $\theta(t)$, який надходить на елемент управління (УЕ). В якості управляючого елемента звичайно використовується двигун з механізмом регулювання, за допомогою якого перестроюється потужний атенуатор.

Управління потужністю передавача здійснюється при безпосередній дії управляючого сигналу на електрично управляємий НВЧ-атенуатор, який знаходиться у передавачі та включається у роз'єднання тракту між джерелом потужності (генератором НВЧ-коливань) та навантаженням (антенною системою). Атенуатор може плавно регулювати вихідну потужність передавача у пункті А та тим самим змінювати рівень сигналу на вході приймача у пункті Б. Якщо при замиранні рівень сигналу $u_c(t)$ у пункті Б починає зменшуватися, то потужність передавача у пункті А зростає настільки, що рівень сигналу $u_c(t)$ у пункті Б відновлюється до початкового.

Іноді вихідна потужність передавача у пункті А регулюється потужним атенуатором дискретно, наприклад, динамічний діапазон регулювання, який дорівнює 45 дБ, ділиться на 9 градацій, величиною 5 дБ кожна.

Розглянуту систему АРПП часто представляють у вигляді двох зв'язаних каналів (рис.2): канала передавання даних або радіоканала зв'язку та канала радіоуправління. Тут радіопередавальний пристрій (РПдП) включає в себе модулятор та передавач. Кожний із каналів включає в себе радіоланку: радіопередавач РПдП – середовище розповсюдження – радіоприймач РПрП.

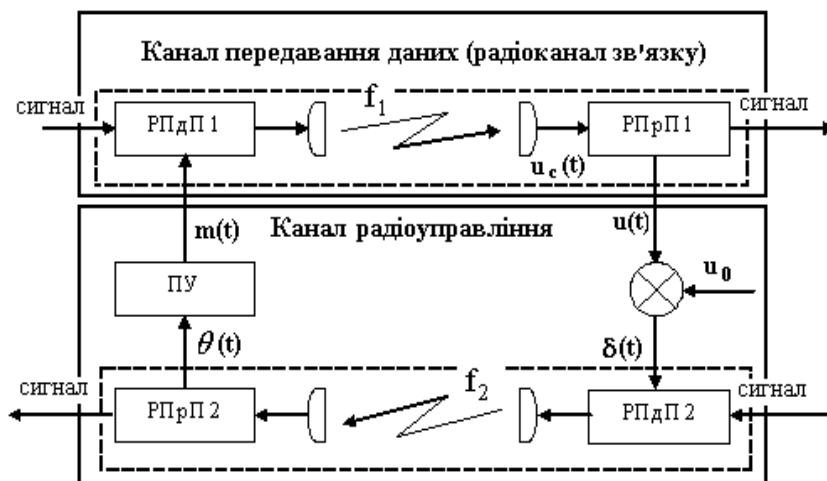


Рис.2. Спрощена схема системи автоматичного регулювання потужності передавача АРПП

Сигнал $u(t)$, який знімається з РПрП1, порівнюється з опорним сигналом u_0 у пристрої порівняння, помилка розузгодження якого через радіоланку 2 подається на пристрій управління ПУ (регулятор). Регулятор через електрично управляємий НВЧ-атенуатор управляє потужністю передавача РПдП1, зменшуючи тим самим помилку розузгодження. Опорний сигнал u_0 задає якість приймаемого НВЧ-сигналу $u_c(t)$ на вході радіоприймача РПрП1.

Радіоланка є суттєво нестационарним елементом системи та включає ланку чистого запізнювання, але при лінійному наближенні передаточна функція радіоланки може бути представлена у вигляді:

$$G_{pz}(s) = \alpha_3 e^{-\tau_3 s} / (s + b) \tag{1}$$

Математична модель радіоланки, яка представлена цією передаточною функцією, описує затухання та запізнювання (при $\alpha_3 = b$ лише запізнювання) радіосигналу в ідеальному (без перешкод) середовищі розповсюдження та фільтрацію сигналу вихідним фільтром у приймачі. Для описання заводового становища у середовищі розповсюдження радіохвиль необхідна додаткова математична модель.

Потужність на виході передавача, що регулюється атенуатором, можна виразити за допомогою наступної нелінійної залежності:

$$P(m) = P_{max} \times [1 - 0,1 \cdot m_d(t)], 0 \leq m_d(t) \leq 10, \tag{2}$$

де P_{max} - потужність генератора НВЧ-коливань, $m_d(t)$ - сигнал на вході атенуатора.

Математична модель системи АРПП з атенуатором, перестроюємим двигуном, яка складена в інтерактивній системі MATLAB, представлена на рис.3.

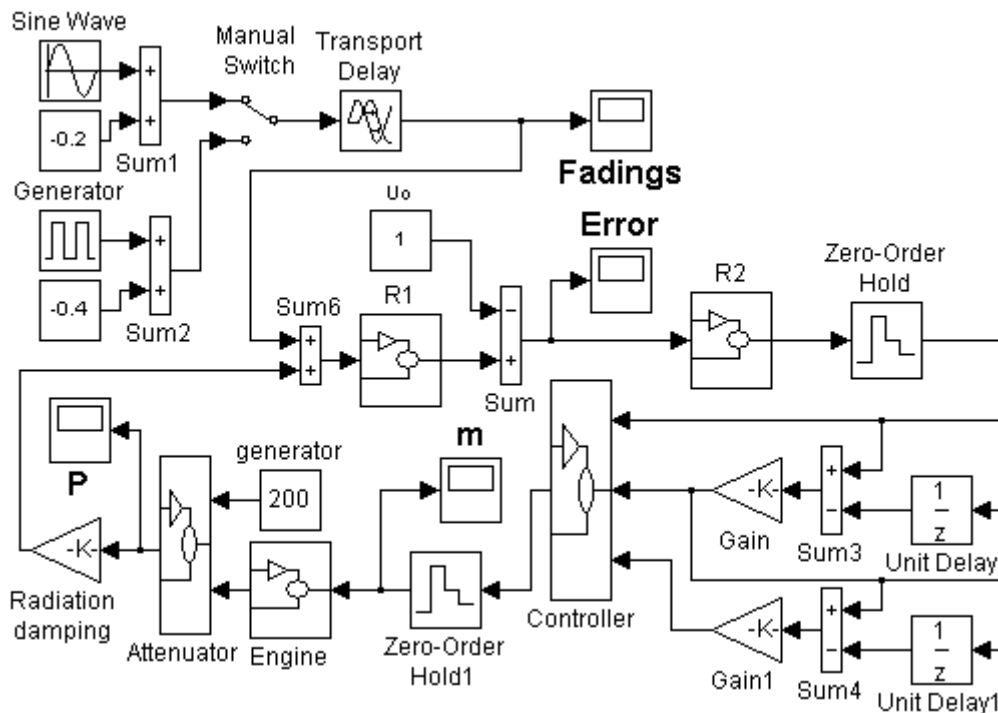


Рис.3. Модель системи АРПП з атенуатором, перестроюємим двигуном, при наявності адитивних завод

Система має блок суматора (Sum6), на верхній (на рисунку) вхід якого надходять сигнали, що імітують затухання (Fadings).

Діапазони зміни вхідних та вихідної змінних $[\theta_{min}, \theta_{max}]$, $[\dot{\theta}_{min}, \dot{\theta}_{max}]$, $[\ddot{\theta}_{min}, \ddot{\theta}_{max}]$, $[m_{min}, m_{max}]$ після настроювання регулятора НР в системі (рис.3) для отримання мінімальної поточної похибки наступні:

$$[-0,04 \ 0,04], [-0,2, \ 0,2], [-0,7, \ 0,7], [-25, \ 25].$$

Процеси в системі (рис.3) відображаються на індикаторах Fadings (затухання), Error (похибка), P (потужність), m (управляюча дія) та для ступінчатих і синусоїдальних замирань представлені відповідно на рис.4 та рис.5.

Максимальна поточна похибка при настроєному нечіткому регуляторі не перевищує $2 \cdot 10^{-3}$. При періодичних замираннях сигналу на вході приймача РПрПІ система автоматичного регулювання потужності передавача РПДПІ відповідно автоматично збільшує потужність передавача від номінальної 100 Вт приблизно до 140 Вт (рис.4, в та рис.5,в), забезпечуючи хорошу якість приймаемого НВЧ-сигналу $u_c(t)$.

Дослідження системи автоматичного регулювання потужності передавача АРППІ з цифровим нечітким (що працює на базі нечіткої логіки) регулятором та атенуатором, перестроюємим двигуном, методом математичного моделювання показує, що нечіткий регулятор забезпечує хорошу якість системи, що характеризується похибками розузгодження в перехідних та установлених режимах роботи системи.

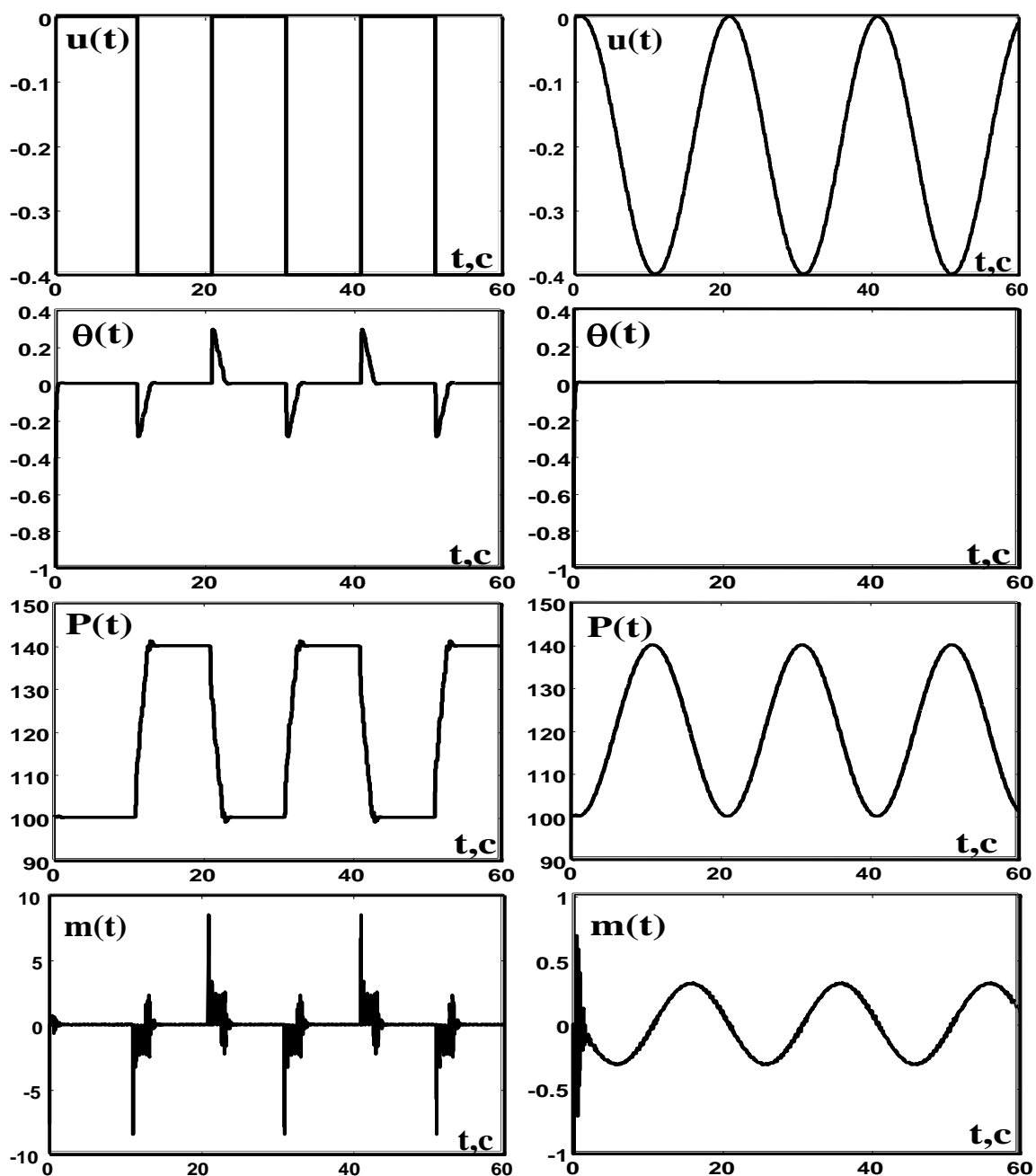


Рис.4.12

Рис.4.13

Висновки

Дослідження системи автоматичного регулювання потужності передавача АРПП з цифровим нечітким (що працює на базі нечіткої логіки) регулятором методом математичного моделювання показує, що нечіткий регулятор забезпечує досить хорошу якість системи, що характеризується похибками розузгодження в перехідних та встановлених режимах роботи системи. Система з високою точністю відпрацьовує заданий рівень опорної напруги u_0 , яким оператор задає необхідну якість приймаемого НВЧ-сигналу $u_c(t)$ на вході радіоприймача РПрП1. Тому застосування нечіткого регулятора для систем, математична модель яких розглянута вище, є доцільним та перспективним.

Список використаної літератури:

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. 352с.
2. Гостев В.И. Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления. – К.: Издательство „Радіоаматор”, 2003. – 512с.
3. Гостев В.И., Худой Д.А., Баранов А.А. Синтез цифровых регуляторов систем автоматического управления. – К.: Радіоаматор, 2000. – 400с.
4. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 480с.
5. Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 576с.
6. Кондрашов В.Е., Королев С.Б. MATLAB как система программирования научно-технических расчетов. – М.: «Мир», 2002. 359с.
7. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Перербург, 2003. – 736с.
8. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб: Невский Диалект, 2001. – 557с.
9. Копылов В.И., Муравьев Д.И., Коломыцев В.Г., Рустамханова Г.И. ИССЛЕДОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ И НЕЧЕТКИХ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-3. – С. 532-536.
10. Ю. И. Кудинов, И. Н. Дорохов, Ф. Ф. Пашенко, “Нечеткие регуляторы и системы управления”, Пробл. управл., 2004, № 3, с.2–14.

Надійшла: 25.04.2018

Рецензент: д.т.н. Вишнівський В.В.