

АДАПТИВНИЙ ЧАСТОТНИЙ ДЕМОДУЛЯТОР

В системах автоматичного керування і телекомунікаційних системах з частотним розділенням каналів використовуються частотні демодулятори з усередненням. При розширенні частотного діапазону роботи демодулятора суттєво збільшується час перехідного процесу. В статті розглядається частотний демодулятор з поліпшеними метрологічними характеристиками за рахунок адаптивної зміни його параметрів.

In automatic control systems and telemetric systems with frequency channel division frequency demodulators with integration are used. In widening of frequency range demodulator work transitional process time increases essentially. Frequency demodulator with improving meteorological characteristics because of adaptive change of its parameters is discussed in this paper.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Розроблений в [1] метод адаптивної дискретної зміни постійної часу усереднюючого пристрою частотного демодулятора в залежності від частоти вхідного сигналу забезпечує підвищення швидкодії. Для усереднюючого пристрою у виді фільтра нижніх частот першого порядку визначені частотні діапазони демодулятора в залежності від виграшу в швидкодії і похибки від пульсацій. При розширенні частотного діапазону вхідних сигналів ефективність даного методу знижується. Використання в якості усереднюючого пристрою інтегратора з запам'ятовуючим зворотнім зв'язком забезпечує високу точність роботи в усталеному режимі, але характеризується низькою швидкістю при розширенні частотного діапазону вхідних сигналів демодулятора. В роботі розглянутий адаптивний частотний демодулятор (АЧД) та розроблені рекомендації для вибору постійних часу кола зворотнього зв'язку інтегратора в кожному частотному діапазоні, які забезпечують максимальний виграш в швидкодії і потрібний характер перехідного процесу.

¹ Національний університет "Львівська політехніка"

2. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АДАПТИВНОГО ЧАСТОТНОГО ДЕМОДУЛЯТОРА

Функціональна схема АЧД наведена на рис.1, де позначено: Ф1 – формувач вхідних сигналів, Ф2 – формувач сигналу керування для елемента пам'яті усереднюючого пристрою, Ф3 – формувач сигналу керування дискретними пристроями, ДЕ – дозуючий елемент, СГ – синхронізований генератор, РЛ – реверсивний лічильник, Т – тригер, Л – лічильник, Р – регістр, РМ1, РМ2 – перша і друга резистивні матриці, П1, П2 – перший і другий підсилювачі, С1, С2 – перший і другий конденсатори, К – електронний ключ, БП – блок пам'яті.

Сформований вхідний сигнал з виходу формувача Ф1 (рис. 2, $U_{вх}$) на початку кожного періоду запускає ДЕ, який формує дозуючі імпульси постійної вольт-секундної площі (рис. 2, $U_{де}$), які поступають на вхід синхронізації СГ [2]. При цьому на виході СГ встановлюється нульовий потенціал (рис. 2, $U_{сг}$). Від переднього фронту дозуючих імпульсів формувач Ф2 в момент часу t_0 формує імпульс запису (рис. 2, $U_{ф2}$), а від заднього фронту якого в момент часу t_1 формувач Ф3 формує імпульс скидання (рис. 2, $U_{ф3}$). Імпульс запису подається на С-входи регістра Р і реверсивного лічильника РЛ і в момент часу t_0 здійснюється паралельний запис вихідного коду лічильника Л у регістр Р і реверсивний лічильник РЛ в кінці кожного періоду вхідного сигналу. Імпульс скидання поступає на R-входи лічильника Л і тригера Т і встановлює на їх виходах нульовий потенціал.

Після закінчення дозуючого імпульсу в момент часу t_2 синхронізований генератор СГ формує пачку імпульсів (рис. 2, $U_{сг}$), кількість яких пропорційна періоду вхідного сигналу. Кількість імпульсів у пачці підраховується лічильником Л і код на його виходах в кінці кожного періоду пропорційний тривалості К-го періоду.

Пачка імпульсів синхронізованого генератора СГ поступає на вхід віднімання реверсивного лічильника РЛ і віднімається з числа, яке записане в кінці (К-1)-го періоду в момент часу t_0 . Таким чином здійснюється порівняння тривалості (К-1)-го і К-го періодів. На рис. 2.

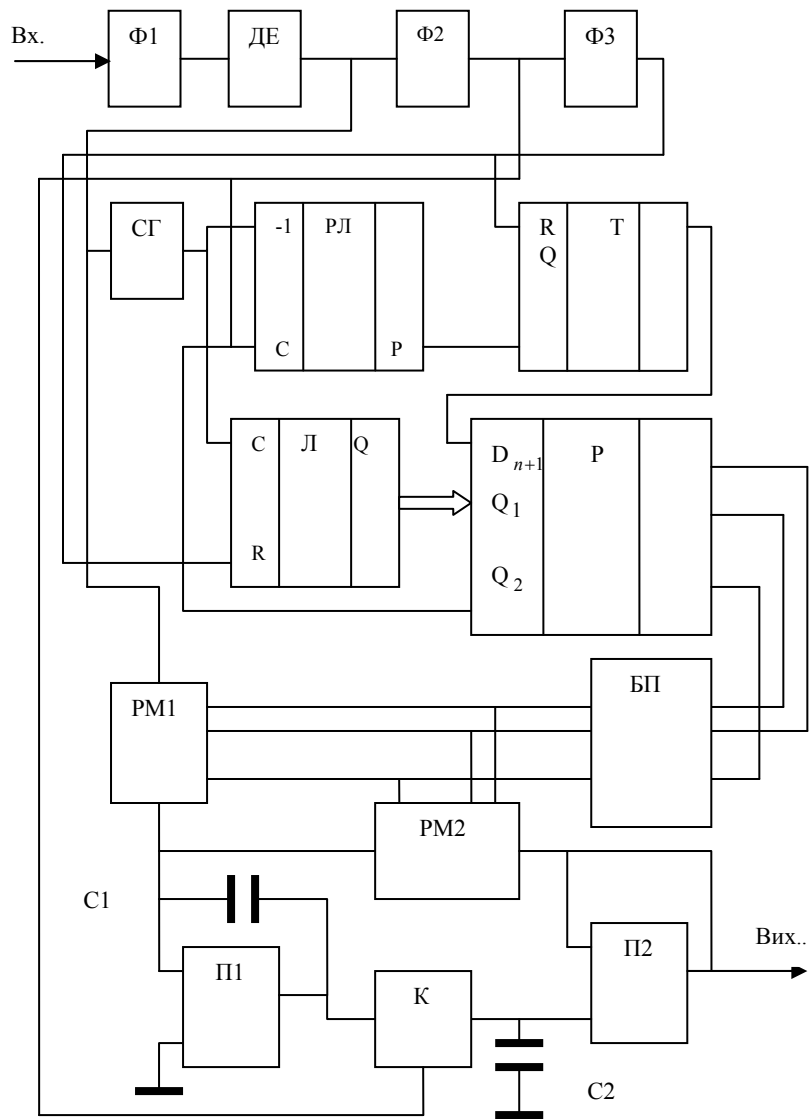


Рис. 1. Функціональна схема частотного демодулятора

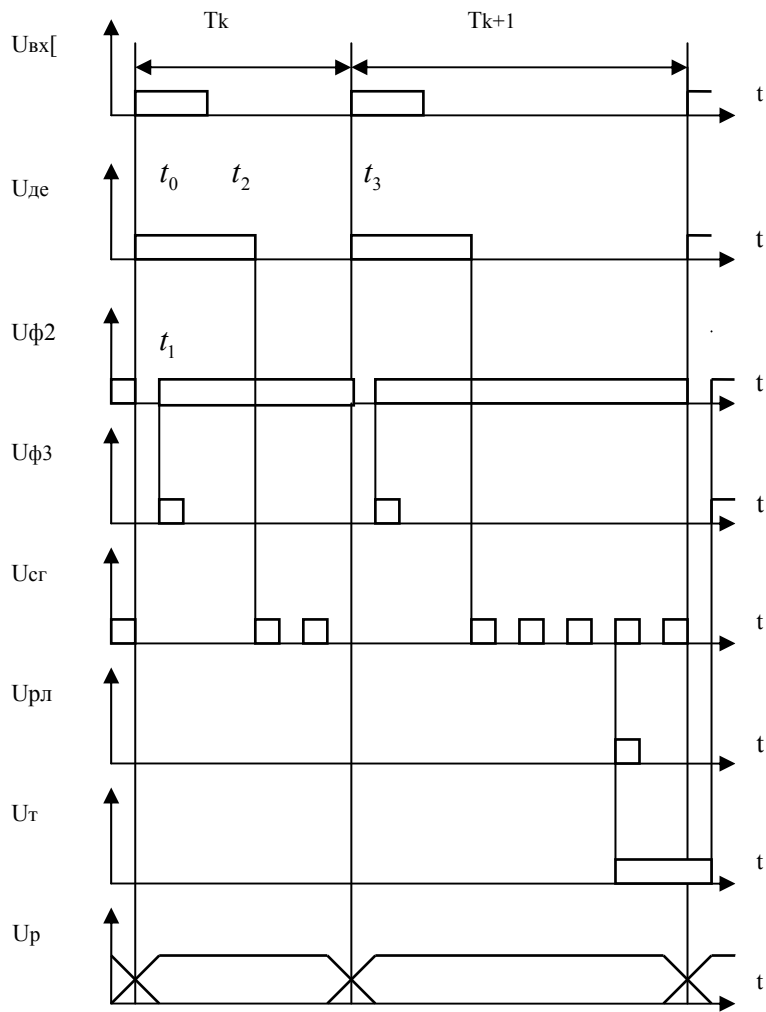


Рис. 2. Часові діаграми роботи адаптивного частотного демодюлятора

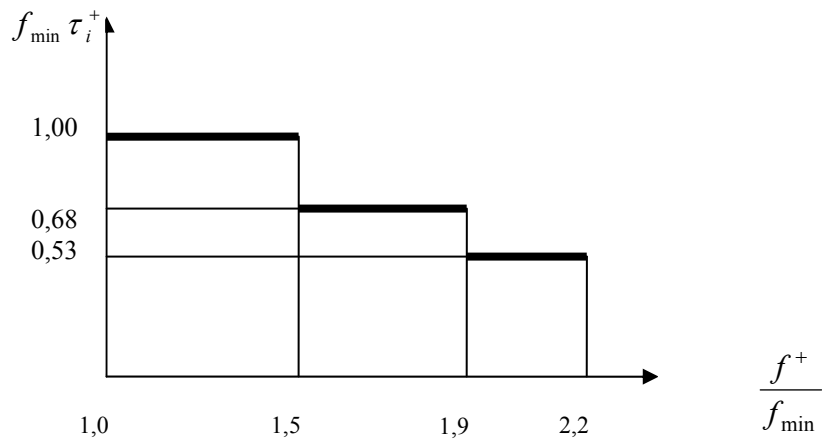


Рис. 3. Розбиття на частотні діапазони при збільшенні частоти

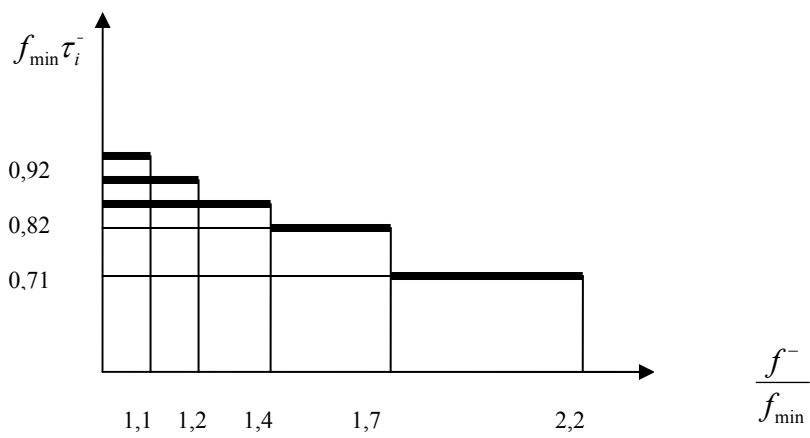


Рис. 4. Розбиття на частотні діапазони при зменшенні частоти

На рис. 4. прийнято, що (К-1)-й період більший або рівний за тривалістю К-му періоду вхідного сигналу. В цьому випадку стан тригера Т не зміниться. (К+1)-й період більший від К-го періоду (рис. 2, U_{вх}). В (К+1)-ому періоді на виході реверсивного лічильника РЛ сформується імпульс (рис. 2, U_{рл}), який переведе тригер Т в стан логічної одиниці

(рис. 2, Ут). Передній фронт імпульсу запису здійснює запис вихідного коду лічильника Л і вихідного стану тригера Т в регістр Р. Після цього на R-входи лічильника Л і тригера Т поступає імпульс скидання з формувача ФЗ і встановлює на їх виходах рівні логічного нуля. На виході регістра Р в кінці кожного періоду формується код пропорційний його тривалості.

Вихідний код регістра Р поступає на адресні входи блока пам'яті БП, який програмується у відповідності з розбиттям на частотні діапазони при збільшенні частоти (рис.3) та зменшенні частоти (рис. 4). В залежності від частотного діапазону вихідним кодом блока пам'яті встановлюється оптимальне значення опору резистивної матриці РМ2. В усталеному режимі вихідна напруга АЧД [3] описується виразом

$$U_{yct} = \frac{R_{PM2}}{R_{PM1}} E \tau_{доз} f, \quad (1)$$

де R_{PM1}, R_{PM2} – опір резистивних матриць РМ1 та РМ2;

$E, \tau_{доз}$ – напруга і тривалість дозованих імпульсів;

f – текуче значення частоти.

Для забезпечення незмінного коефіцієнта передачі опір резистивної матриці РМ1 змінюється синхронно з опором резистивної матриці РМ2.

Електронний ключ К відкривається на інтервалі часу $t_1 - t_0$ і заряджає конденсатор аналогової пам'яті на конденсаторі С2. На інтервалі часу $t_3 - t_1$ електронний ключ К закривається і конденсатор С2 зберігає свій заряд.

При ступеневому збільшенні частоти від мінімального значення f_{\min} до текучого значення f_i^+ , що відповідає перетворенню імпульсних сигналів, вихідну напругу АЧД можна представити

$$U(n) = \frac{R_{PM2}}{R_{PM1}} E \tau_{доз} [f_i^+ + (f_{\min} - f_i^+) (1 - \frac{1}{f_i^+ \tau_i^+})^n], \quad (2)$$

де n – кількість періодів закінчення перехідного процесу;

$\tau_i^+ = R_{PM2} C2$ – постійна часу кола оберненого зв'язку в i частотному діапазоні при збільшенні частоти.

При ступеневому зменшенні частоти від максимального значення f_{\max} до текучого значення f_i^- вихідна напруга АЧД дорівнює

$$U(n) = \frac{R_{PM2}}{R_{PM1}} E \tau_{\text{доз}} \left[f_i^- + (f_{\text{max}} - f_i^-) \left(1 - \frac{1}{f_i^- \tau_i^-} \right)^n \right].$$

Аналіз виразів (1) і (2) показує що максимальна швидкодія забезпечується при виконанні умови

$$f_i = \frac{1}{\tau_i}. \quad (4)$$

Чим більше відхилення від умови (4), тим більше затягується перехідний процес.

Використовуючи вирази (2) і (3) визначені частотні діапазони для завершення перехідного процесу за два періоди вхідного сигналу при динамічній похибці 2% при збільшенні частоти (рис. 3) та при її зменшенні (рис.4). Діапазон зміни частоти на вході АЧД прийнятий від f_{min} до $f_{\text{max}} = 2,2 f_{\text{min}}$, а постійна часу в кожному частотному діапазоні дорівнює зворотній величині від початкового значення частоти в цьому діапазоні. Виграш в швидкодії зростає з розширенням діапазону зміни вхідної частоти АЧД.

3. ВИСНОВКИ

Розроблена функціональна схема адаптивного частотного демодулятора з підвищеною швидкодією.

Розглянута методика визначення оптимальних параметрів адаптивного частотного демодулятора при демодуляції імпульсних сигналів.

Адаптивні частотні демодулятори використовуються в багатоканальній телекомунікаційній системі з частотним розділенням каналів.

1. Модла Р.Н. Пути улучшения характеристик демодуляторов в телеметрических системах// Сборник научных трудов «Отбор и передача информации».- Л.: ФМИ АН УССР, №74,с.97-102. 2. А.с. 1691946 (СССР). Синхронизированный преобразователь напряжения в частоту/ Р.Н.Модла / Б.И. 1991, №42. 3. А.с. 1550621 (СССР). Преобразователь частоты в напряжение/ Р.Н.Модла, Ю.Л.Ищук, В.А.Погрибной, И.Д.Гончаренко / Б.И. 1990, №10.