

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ НА БАЗІ МЕТОДУ РАЦІОНАЛЬНИХ НАБЛИЖЕНЬ

Полапа А.О., студент

(ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна)

Загальне формування проблеми

У телекомунікаційних системах і системах зв'язку вимірювання частоти широко поширені. Вони є звичним інструментом при вирішенні задач діагностики, оптимізації, розробки, технічного обслуговування і т.д. Вимоги до методів і засобів частотних вимірювань визначаються специфікою технічного об'єкта, особливостями його використання і в деяких випадках можуть бути суперечливі. Так, наприклад, при діагностуванні джитера необхідно забезпечити високу точність вимірювання частоти при обмеженому за тривалістю інтервалі вимірювання. Обмеження за часом не дозволяє використовувати усереднення як універсальний і ефективний засіб підвищення точності вимірюваної частоти.

Стандартні методи вимірювання частоти можуть забезпечувати мінімальну похибку і навіть теоретичну відсутність систематичної похибки. Умови настання такої події для кожного з методів свої, але в їх основі лежить кратність вимірюваної та еталонної частоти, на основі якої проводиться вимірювання. Проблема полягає в тому, що такі ситуації є унікальними, малоймовірними і не можуть розглядатися як стандартні. Однак існує й інший підхід до вирішення завдання вимірювання частоти за обмеженої проміжок часу з максимізацією точності. Ідея полягає в підборі часової бази вимірювання, кратній вимірюваному періоду, в результаті чого за час вимірювання спостерігається ціле число періодів невідомої частоти. Таким чином, зводиться до мінімуму методична похибка і теоретично вона дорівнює нулю. Прикладом такого підходу є метод вимірювання частоти за допомогою раціональних наближень [1]. Формування та обґрунтування концепції вимірювача частоти на основі раціональних наближень наведено в [2]. Метою роботи [2] є підвищення точності вимірювань в умовах обмеження за часом, тобто певною мірою вирішення проблеми обмеження «похибка - час вимірювання». Однак для дослідження та оцінки коректності роботи методу в реальних умовах дуже важлива ступінь відповідності вихідного сигналу, використовуваного в якості вхідного параметра моделі вимірювача частоти, реальному сигналом, присутньому в телекомунікаційних системах, і наявність цілого ряду характерних особливостей, таких як кінцева швидкість наростання фронту, наявність фазової нестабільності (джитера). Так, на якість вимірювання при практичній реалізації великий вплив мають ширина імпульсів послідовностей і їх фронти, наявність яких призводить до помилкового урахування (або неврахування) періоду при їх підрахунку. Крім того, вплив перешкод на реальні імпульси з пологим фронтом призводить до виникнення явища джитера, тобто фазової нестабільності положення імпульсу.

Для розробки методів і засобів вимірювання частоти для цих умов необхідно проаналізувати специфіку формування похибки вимірювання частоти з урахуванням впливу форми імпульсів. Як засіб дослідження передбачається використання моделювання. Проте моделювання також пов'язане з похибками, притаманними обраним методам і засобам.

Постановка завдань дослідження.

Метою даної роботи є зниження похибки вимірювання частоти в умовах обмеження «похибка – час вимірювання». Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- 1) Сформулювати концепцію вимірювача частоти, структурні та функціональні схеми.
- 2) Висунути вимоги щодо елементної бази.

Вирішення задач і результати досліджень.

Для більшості практичних завдань точна оцінка частоти за короткий період може бути досягнута за допомогою спеціальної математичної обробки інформації. Зокрема, такий підхід характерний для методу, що розглядається.

Невідома частота вимірюється шляхом порівняння її зі стандартною частотою (рис. 1, 2). На вхід системи подаються два синусоїдальних сигнали з еталонною (або стандартною) і невідомою (або досліджуваною) частотою. Виявляються переходи через нуль обох частот, створюючи дві регулярні незалежні послідовності вузьких імпульсів. Невідома й еталонна послідовності отриманих імпульсів порівнюються за збігом. Це порівняння проводиться з використанням логічного елемента І. Генерується послідовність імпульсів збігів. Імпульси збігу можуть бути використані в якості ознаки, за яким визначаються моменти запуску і зупинки пари цифрових лічильників.

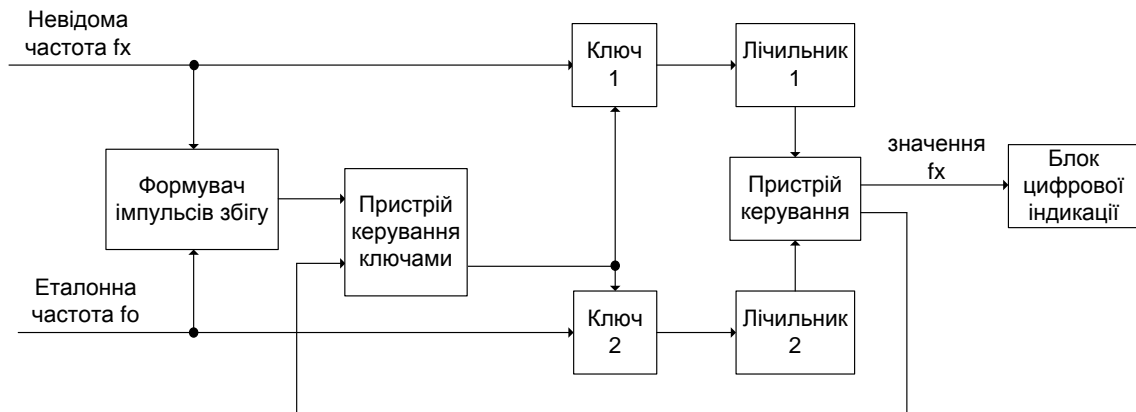


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювача частоти на основі методу раціональних наближень.

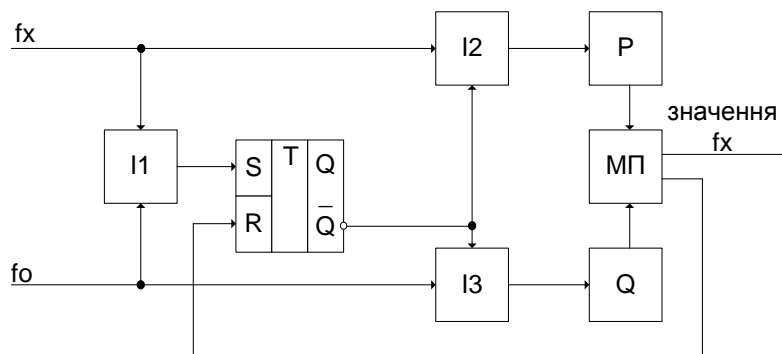


Рисунок 2 – Функціональна схема вимірювача частоти на основі методу раціональних наближень.

Еталонна і досліджувана послідовності імпульсів надходять на лічильники і вимір невідомої частоти проводиться шляхом множення відомої еталонної частоти на відношення кількості імпульсів досліджуваної послідовності до кількості імпульсів стандартної послідовності, отриманих з двох цифрових лічильників [1].

Нехай f_x невідома частота, а f_0 - еталонна частота. Прийmemo також, що імпульси однакової ширини τ . Такий підхід дозволяє досягати бажаної точності в обладнанні, що реалізується за допомогою вибору події завершення процесу підрахунку імпульсів і початку обчислення невідомої частоти моменту реєстрації лічильником P кількості імпульсів 10^r , де r - параметр, що налаштовується. Це дозволяє будувати системи хронометражу або вимірювачі частоти з установкою точності і тривалості вимірювань. Спрощена функціональна схема вимірювача частоти наведена на рисунку 2. Імпульсні сигнали з частотами f_x і f_0 надходять на входи трьох елементів І. До першого збігу на елементі І1,

тригер Tr (RS - тригер) блокує роботу елементів I2, I3, подаючи на них рівень логічного 0. Р - лічильник імпульсів невідомої частоти, Q - лічильник імпульсів еталонної частоти. МР - мікропроцесор.

Після настання збігу, лічильники Р і Q проводять підрахунок кількості імпульсів обох частот до тих пір, поки лічильник Р не отримує результат у вигляді $\sum_m P_n = 1 * 10^r$. Цей результат призводить до зворотного зв'язку, який скидає тригер в початковий стан. Вимірювання закінчено. При цьому в кінці виміру результат, що зчитується з лічильника, є найкращим пропорційним наближенням до істинного значення вимірюваної частоти на заданому інтервалі часу.

Для наочного уявлення наведемо узагальнену блок-схему функціонування даного методу (рис. 3). На ній відображені основні логічні етапи процесу вимірювання, а саме: перетворення сигналу у імпульсну форму, необхідну для початку процесу, пошук стартової події – моменту збігу імпульсів двох послідовностей, процес підрахунку кількості імпульсів, що надійшли на лічильники, та фіксація моменту найкращої апроксимації, тобто очікування заданого значення на лічильнику імпульсів послідовності невідомої частоти ($\sum_m P_n = 1 * 10^r$).

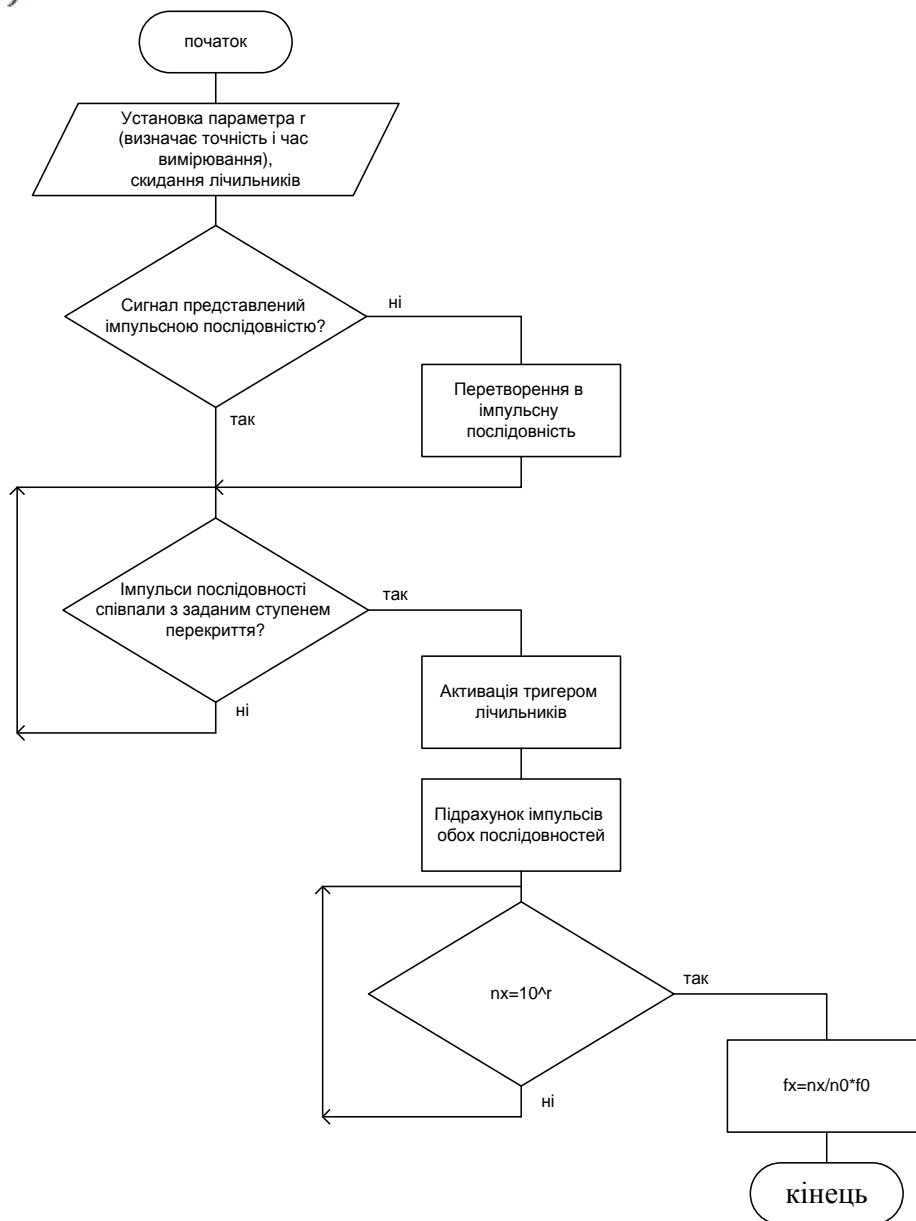


Рисунок 3 – Блок-схема методу вимірювання частоти за допомогою раціональних наближень.

Розглянемо також діаграми роботи схеми (рис. 4):

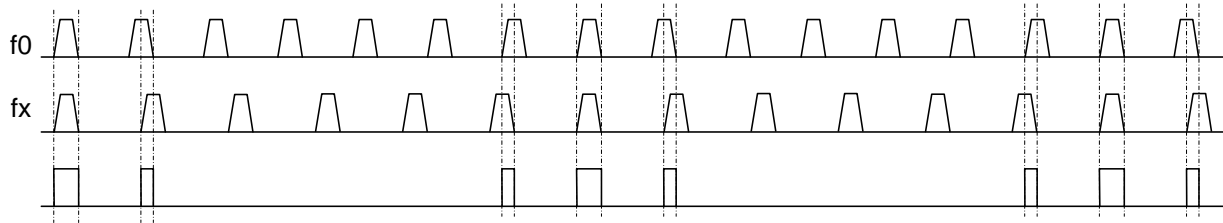


Рисунок 4 – Діаграми роботи схеми.

На вхід вимірювача частоти надходить імпульсна послідовність з невідомою частотою f_x . Маємо джерело еталонного сигналу з частотою f_0 , причому воно може бути як вбудованим, так і зовнішнім. Рекомендується використання височастотного джерела атомного стандарту частоти (похибка 10^{-9} - 10^{-10}). Крім того, значення еталонної частоти має бути кратно десяти. Слід зазначити, що імпульси в загальному випадку мають не ідеальні фронти (тобто є певний нахил) і нестабільне розміщення в часі (джиттер). При цьому ідентифікація переднього і заднього фронтів зазвичай відбувається після досягнення половини амплітудного значення. Проте в даному випадку для спрощення уявлення процесу функціонування методу, приймемо відсутність джиттера. Залишимо в моделі неідеальність фронтів, при цьому ідентифікацію початку і кінця імпульсу будемо проводити по перетину з віссю.

Імпульсні послідовності невідомою та еталонної частот надходять на логічний елемент І. Результат виконання цієї операції представлений на третій частині діаграми.

Після першого повного збігу починається підрахунок імпульсів. Після досягнення на лічильнику імпульсів невідомої частоти значення, рівного заданого ступеня числа десять, відбувається розрахунок невідомої частоти.

Сформуємо вимоги щодо елементів схеми:

– генератор еталонної частоти: похибка 10^{-9} - 10^{-10} ;

– RS-тригер: відсутність невизначеного стану, $f_{max} = \max(f_0, f_x)$;

– логічні елементи «І»: $f_{max} = \max(f_0, f_x)$;

– лічильники: $f_{max} = \max(f_0, f_x)$, обрана розрядність впливає на доступні для вибору значення r . Для 16 розрядів маємо 65536 можливих станів, тобто $r=1\dots4$ ($\sum_m P_n=10\dots10000$).

Для 32 розрядів маємо 4294967296 можливих станів, тобто $r=1\dots9$ ($\sum_m P_n=10\dots1000000000$);

– мікропроцесор: $f_{max} = \max(f_0, f_x) / 10^r$;

– блок цифрової індикації: особливих вимог немає.

Висновки

1. Була сформована концепція вимірювача частоти для умов обмеження «похибка – час вимірювання» на основі методу раціональних наближень. Представлені структурна та функціональна схеми. Розроблена блок-схема алгоритму функціонування пристрою.

2. Сформовані вимоги щодо елементної бази вимірювача частоти.

Перелік посилань

1. Daniel Hernández Balbuena, Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Larysa Burtseva, Moisés Rivas López, Signal frequency measurement by rational approximations, Measurement, vol. 42, no. 1, Elsevier, 2009, pp. 136–144.

2. Полапа А.А. Анализ и обоснование методов измерения частоты колебаний в условиях ограничения «время – погрешность измерений» / А.А. Полапа // Мат. 9-й Междунар. молодежной научно-технической конф. «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций» (РТ-2013). — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013. — С. 158 — 159.