

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА РАДІОВИМІРЮВАНЬ

УДК 621.317.361:621.396

ПРИСТРОЙ ЗБІЛЬШЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РАДІОСИГНАЛУ

Шупта О.О., Богомолов М.Ф.

Вимір частоти заповнень радіосигналів знаходить широке застосування в багатьох галузях науки і техніки, в тому числі і для фізичних досліджень. Особливе значення при таких вимірах відводиться їх точності при скороченні часу виміру.

Найбільш досконалим, з погляду точності виміру частоти заповнень радіосигналів, є, описаний у [1], метод "зворотного рахунка", в якому застосована математична обробка N - ої кількості радіосигналів, що накопичуються за встановлений час виміру. При цьому, за те ж самий час, здійснюється підрахунок сумарних кількостей $N_{\text{нч}}$ імпульсів частоти заповнень і $N_{\text{оп}}$ імпульсів частоти опорного генератора, які дозволяють зменшити в \sqrt{N} разів значення абсолютної похибки виміру, і представлена структурна схема пристрою збільшення тривалості радіосигналів, який може бути складовою частиною цифрового електронно-рахункового частотоміра. Останнім часом, крім методів математичної обробки результатів вимірювань, в них, для підвищення точності виміру, застосовуються методи одне чи дворазового електричного ноніуса [2].

Застосування цих методів під час виміру $T_{\text{вим}}$, від однієї секунди до десятка хвилин, дозволяє досягти абсолютну похибку у межах $20 \div 500$ КГц частоти заповнень періодичних радіосигналів тривалістю $\tau_{\text{рс}} \geq 100$ нс. Однак застосування подібного роду електроннорахункових частотомірів викликають деякі обмеження пов'язані із значним часом виміру, який при деяких видах виміру, потребує його скорочення в півтора рази.

Скорочення часу виміру частоти заповнень радіосигналів без втрати точності можливо досягнути завдяки пристрою збільшення тривалості радіосигналів, розроблений авторами, в якому застосоване фазове узгодження частоти їх заповнення, і яке досягається за рахунок змінного часу затримки, тривалість якої залежить від фазового узгодження частоти їх заповнювання.

Дійсна робота присвячена збільшенню тривалості радіосигналів, не менш $\tau_{\text{рс}} \geq 100$ нс, і як наслідок зменшенню абсолютної похибки виміру їх частоти заповнень.

На рис. 1 наведена структурна схема пристрою збільшення тривалості радіосигналу, яка містить керовану лінію затримки, що має постійний і змінний час затримки, фазовий детектор, 1-й і 2-й формувачі огинаючої, схеми "АБО" і "Виключне АБО", додатковий часовий селектор, суматор, 1-

τ_{pc} на вході керованої лінії затримки (рис. 1), затриманого нею на τ_3 час постійної затримки, що діє між моментами часу від t_1 до t_2 і епюра U_B - напруги деякої частини вхідного радіосигналу, що додається до його початкової тривалості, рівний за тривалістю ($\tau_{pc} - \Delta\tau_{сф}$), де $\Delta\tau_{сф}$ максимальний час, між його моментами його дії від t_2 до t_3 , узгодження різниці фаз напруг U_a вхідного і U_6 затриманого радіосигналів за допомогою фазового детектора і керованої лінії затримки.

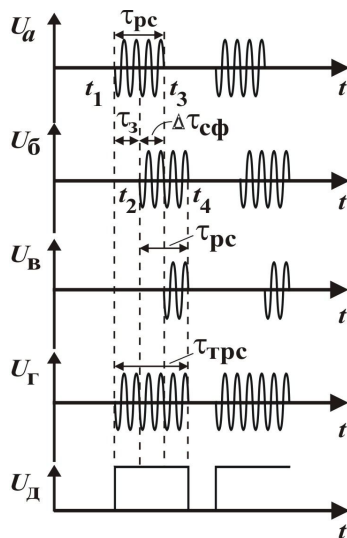


Рис. 2.

Епюра $U_{Г}$ – вихідна напруга суматора $\tau_{Гpc}$ тривалістю, яка рівна збільшеної, майже в півтори рази, τ_{pc} тривалості вхідного радіосигналу, що діє між моментами часу від t_1 до t_4 (рис. 1). U_d – вихідна напруга схеми «АБО», яка за тривалістю рівна $\tau_{Гpc}$ тривалості огинаючої знов сформованого радіосигналу, і яка по керуючому входу дозволяє першому і другому часовим селекторам проходження через них відповідних сигналів опорного генератора на лічильники опорної частоти і знов сформованого радіосигналу на лічильник частоти заповнення (рис. 1). Відмітимо, що 1-й часовий селектор, лічильники частоти заповнення і опорної частоти, а також генератор опорної частоти можуть бути в складі електроннорахункового частотоміра (рис. 1).

ого частотоміра (рис. 1).

Після включення живлення пристрою лічильники вимірюваної й опорної частоти встановлюються в нульове становище, а фазовий детектор і керована лінія затримки встановлюються у початкове положення. При цьому генератор опорної частоти починає виробляти сигнал, необхідний для синхронізації роботи усього пристрою, і для визначення тривалості збільшеного радіосигналу.

Після подачі радіосигналу на вхід пристрою, він одночасно надходить на входи другого формувача огинаючої, керованої лінії затримки і перші входи фазового детектора і суматора. При цьому другий формувач виділяє огинаючу вхідного радіосигналу, що з його виходу одночасно надходить на перші входи схем "АБО" і "Виключне АБО". Керована лінія затримує вхідний радіосигнал на τ_3 постійний час затримки (рис. 2, епюра U_6) і він з її виходу одночасно надходить на другий вхід фазового детектора, і перші входи першого формувача огинаючої і додаткового часового селектора. Перший формувач огинаючої виділяє її, і вона надходить на другі входи схем "АБО" і "Виключне АБО". У результаті здійснення цих операцій на виході схеми "АБО" формується сигнал, рівний збільшеної тривалості $\tau_{Гpc}$ сформованого радіосигналу (рис. 2, епюра U_d), який з її виходу одночасно надходить на керуючі входи першого і другого часових селекторів.

При цьому на виході схеми "Виключне АБО" формується сигнал, рівний різниці тривалості τ_{pc} вхідного радіосигналу і $\Delta\tau_{сф}$ часу узгодження фаз (рис. 2, епюра U_B), що з її виходу надходить на вхід керування додаткового часового селектора. Після його надходження додатковий часовий селектор дозволяє проходження частини затриманого і погодженого по фазі частоти заповнення вхідного радіосигналу, що надходить на його другий вхід. Помітимо, що узгодження фаз частот заповнень вхідного і затриманого вхідного радіосигналів здійснюється за рахунок регулювання часу затримки керованої лінії сигналом фазового детектора. При цьому на виході суматора формується радіосигнал, збільшеної $\tau_{трс}$ тривалості (рис. 2, епюра U_T), що з його виходу надходить на інформаційний вхід другого часового селектора і з його виходу, при наявності керуючого сигналу, на лічильник вимірюваної частоти. Вимір збільшеної $\tau_{трс}$ тривалості сформованого сигналу здійснюється лічильником опорної частоти, що надходить від генератора опорної частоти з виходу першого часового селектора. На цьому вимір частоти заповнення першого з послідовності періодичних радіосигналів, кількість яких залежить від часу і точності виміру, закінчуються. Значення частоти заповнення радіосигналів знімається з табло відповідного лічильника.

Експериментальні дослідження показали, що точність виміру частоти заповнення радіосигналу, порівняно з електроннорахунковим частотоміром, зросла майже на 30%. Пристрій може бути застосовний в складі частотомірів у каналі його проміжних частот (рис. 1).

Підтвердженням збільшення точності виміру частоти заповнення радіосигналів електроннорахунковим частотоміром за допомогою пристрою збільшення тривалості радіосигналів, окрім результатів експерименту, може бути доведено на наступному теоретичному прикладі.

В ньому проведена оцінка роботи електроннорахункового частотоміра із $f_{оп} = 100$ МГц частотою опорного генератора під $T_{вим} = 60$ с час виміру, за який він здійснює вимір $f_x = 300$ МГц частоти заповнення періодичних радіосигналів $\tau_{pc} = 100$ нс тривалості з $f_{повт} = 1$ КГц частотою повторення в першому випадку самостійно, а другому за допомогою пристрою збільшення тривалості радіосигналів.

З [1] звісно, що похибка електроннорахункового частотоміра «зворотного рахунку» дорівнює $\Delta f_x = \frac{f_x}{f_{оп} \cdot \tau_{pc}}$. При цьому за час виміру ($T_{вим} =$

60 с) на вхід частотоміра надійде M періодичних радіосигналів з частотою повторення $f_{повт} = 1$ КГц, причому $M = T_{вим} \times f_{повт} = 60 \cdot 10^3$.

У випадку виміру частоти заповнення поодинокого радіосигналу, згідно з формулою (1), абсолютна похибка дорівнюється $\Delta f_x = 30$ МГц. При виміру частоти заповнення періодичних радіосигналів, після здійснення

математичної обробки вона зменшується у $\sqrt{M} \approx 2500$ разів і буде складати значення $\Delta f_x \leq 120$ КГц.

В випадку застосування пристрою збільшення тривалості радіосигналів, після збільшення його тривалості до $\tau_{зрс} = 150$ нс, згідно з формулою (1), значення абсолютної похибки виміру поодинокого радіосигналу $\Delta f_{zx} = 20$ МГц. При виміру частоти заповнення періодичних радіосигналів, після здійснення математичної обробки вона зменшується у $\sqrt{M} \approx 2500$ разів і буде складати, після математичної обробки, значення $\Delta f_x \leq 80$ КГц.

Наведений приклад показує, що використання пристрою збільшення тривалості радіосигналів в складі частотоміра дозволяє знизити похибку його вимірів приблизно на 30%.

Подальші дослідження, спрямовані на збільшення швидкості узгодження фаз, дозволять ще більше знизити абсолютну похибку виміру.

Література

1. Благоев В. А., Домбровский А. С., Зайцев А. М. Аппаратура для частотных и временных измерений / Под ред. А. П. Горшкова. - М.: Сов. Радио, 1971.
2. Juang Yujie, Chen Chen, Zhou Wei, Yiqiyibiao хuebao-Chin. J. Sci Instrum. 2004. 25, №1, с. 30-33.
3. Черепнев А.А., Куликов Г.В., Ворик С.И. Применение управляемых линий задержки на магнитостатических волнах для формирования частотомодулированных сигналов // Научный вестник МИРЭА. – М.: МИРЭА, 2007. – №1(2). – с. 66 – 70.
4. Калиникос Д.А., Похвалин А.А. Сверхвысокочастотные линии задержки с электронной перестройкой. Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», сер. «Радиотехника», Вып. 1, 2001, с. 3–6.

Шупта О.О., Богомолов М.Ф. Пристрій для збільшення тривалості радіосигналів. Розглянуто пристрій для збільшення тривалості радіосигналів способом фазового узгодження частоти заповнення за рахунок змінного часу затримки для збільшення точності виміру. Наведено результати експериментального дослідження точності виміру приладу.

Ключові слова: радіосигнал, лінія затримки, фазовий детектор, часовий селектор, суматор, генератор опорної частоти, лічильник

Шупта А.А., Богомолов Н.Ф. Прибор для увеличения длительности радиосигналов. Рассмотрен прибор для увеличения длительности радиосигналов способом фазового согласования частоты заполнения за счет изменяемого времени задержки для увеличения точности измерения. Приведены результаты экспериментального исследования точности измерения прибора.

Ключевые слова: радиосигнал, линия задержки, фазовый детектор, временной селектор, сумматор, счетчик

Shupta A., Bogomolov N. Device for The increase of duration of radio signals. The device for The increase of duration of radio signals is considered by the method of phase concordance of frequency of filling due to changeable time of delay for the increase of measuring exactness. The results of experimental research of exactness of measuring of device are resulted.

Key words: radyosignal, delay line, phase detector, selector of time, summator, counter.