



УКРАЇНА

(19) UA (11) 46666 (13) U
(51) МПК (2009)
G01S 7/36
H03D 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ДОДАТКОВОГО СТРОБУВАННЯ ВІДЛІКІВ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

1

2

(21) u200909210

(22) 07.09.2009

(24) 25.12.2009

(46) 25.12.2009, Бюл.№ 24, 2009 р.

(72) СЛЮСАР ВАДИМ ІВАНОВИЧ, МАЛЯРЧУК
МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ

(73) СЛЮСАР ВАДИМ ІВАНОВИЧ

(57) 1. Спосіб додаткового стробування відліків аналого-цифрового перетворювача, який полягає у частковому підсумовуванні відліків аналого-цифрового перетворювача (АЦП) у фіксованих інтервалах часу (стробах), що не перекриваються, при цьому накопичення сигнальних відліків в межах стробів здійснюється шляхом вагової обробки, який **відрізняється** тим, що формуванню сигнальних відліків стробів за результатами накопичення відліків АЦП передують попередня цифрова фільтрація відліків АЦП в режимі "ковзаючого вікна" відповідно до виразів:

$$U_t^c = U_t - 11 \cdot U_{t+2} + 15 \cdot U_{t+4} - 5 \cdot U_{t+6},$$

$$U_t^s = 5 \cdot U_{t+1} - 15 \cdot U_{t+3} + 11 \cdot U_{t+5} - U_{t+7},$$

де t - порядковий номер відліку АЦП,

додаткове стробування отриманих у такий спосіб відліків напруг сигналів виконують шляхом вагової обробки за виразами:

$$W_y^c = \sum_{t=y-N}^{y-1} U_t^c \cdot \cos \omega_0 \cdot \tau \cdot t + U_t^s \cdot \sin \omega_0 \cdot \tau \cdot t,$$

$$W_y^s = \sum_{t=y-N}^{y-1} U_t^s \cdot \cos \omega_0 \cdot \tau \cdot t - U_t^c \cdot \sin \omega_0 \cdot \tau \cdot t,$$

де U_t^c - квадратурні складові сигналу на виході

операції "ковзаючого вікна", $y = \overline{0, Y-1}$ - порядковий номер строба, N - кількість відліків АЦП, над якими здійснюється операція додаткового стробування, ω_0 - центральна частота фільтра додаткового стробування, τ - період дискретизації АЦП.

2. Спосіб додаткового стробування відліків аналого-цифрового перетворювача за п. 1, який **відрізняється** тим, що аналого-цифрове перетворення сигналу здійснюють з періодом дискретизації, кратним непарному числу чвертей періоду несучої частоти.

Корисна модель відноситься до техніки електрозв'язку, радіолокації і може бути використана в радіо-, тропосферних і радіорелейних лініях зв'язку та інших телекомунікаційних системах, а також радіолокаційних станціях, які застосовують цифрову обробку сигналів.

Високі частоти дискретизації аналогових сигналів в сучасних аналого-цифрових перетворювачах (АЦП) накладають жорсткі вимоги до апаратури цифрової обробки даних. Для спрощення цих вимог використовують проріджування інформаційного потоку. Найбільш простим способом є використання лише частини відліків АЦП, що слідує з необхідним інтервалом, решту відліків АЦП при цьому відкидають [1]. Зрозуміло, що такий спосіб не дозволяє ефективно використовувати енергію сигналів і призводить до суттєвих енергетичних або навіть й інформаційних втрат.

Відомий спосіб додаткового стробування відлі-

ків аналого-цифрового перетворювача [2], сутність якого полягає у частковому підсумовуванні відліків АЦП у фіксованих інтервалах часу (стробах), що не перекриваються, при цьому накопичення сигнальних відліків у стробах здійснюється за виразом:

$$U_{i, \text{strob}} = \sum_{t=1}^N U_t,$$

де U_t - сигнал на виході АЦП, $U_{i, \text{strob}}$ - сигнал на виході процедури додаткового стробування, i - номер строба, N - кількість відліків АЦП, над якими здійснюється операція додаткового стробування.

Здійснення даної процедури приводить до зниження швидкості інформаційного потоку, а значить і зменшення обчислювальних операцій при наступній демодуляції сигналу. Як наслідок, знижуються вимоги до продуктивності обчислювальних пристроїв.

(13) U

(11) 46666

(19) UA

Недоліком відомого способу є неоптимальність обробки сигналів.

Найбільш близьким за своєю сутністю до корисної моделі, що заявляється, є спосіб додаткового стробування відліків аналого-цифрового перетворювача [3], сутність якого полягає у

$$U_i^c = \sum_{t=i-N}^{i-1} U_t \cdot \cos(\omega_0 \cdot \tau \cdot t), \quad U_i^s = \sum_{t=i-N}^{i-1} U_t \cdot \sin(\omega_0 \cdot \tau \cdot t), \quad (1)$$

де $i=0, 1, \dots$ - номер строба, N - кількість відліків АЦП, над якими здійснюється операція додаткового стробування (для усунення паразитного набігу початкової фази сигналу від стробу до стробу має бути кратною 4), ω_0 - центральна частота фільтру додаткового стробування, τ - період дискретизації АЦП, t - порядковий номер відліку АЦП.

Наведений вираз (1) фактично описує операцію цифрової фільтрації сигналів і може бути отриманий з співвідношення, викладеного у [3], шляхом розгляду дійсного аналогового сигналу, тобто за умови $\text{Im}\{U_t\} = 0$.

Спосіб-прототип дозволяє здійснити оптимальне проріджування даних на виході АЦП для гармонійного сигналу з частотою ω_0 , яке зводиться до формування одного, сумарного сигналу по вибірці з кількох відліків із заданою періодичністю [3]. Таке проріджування (децимація) сигнальної вибірки дозволяє уникнути енергетичних втрат, а сформовані зазначеним чином нові відліки сигналів більш декорельовані за шумом. Крім того, це дозволяє узгодити високі швидкості передачі даних АЦП з продуктивністю подальших цифрових пристроїв обробки сигналів. Важливою властивістю застосування операції додаткового стробування

$$W_y^c = \sum_{t=y-N}^{y-1} U_t^c \cdot \cos(\omega_0 \cdot \tau \cdot t) + U_t^s \cdot \sin(\omega_0 \cdot \tau \cdot t), \quad (3)$$

$$W_y^s = \sum_{t=y-N}^{y-1} U_t^s \cdot \cos(\omega_0 \cdot \tau \cdot t) - U_t^c \cdot \sin(\omega_0 \cdot \tau \cdot t)$$

де U_t^c – квадратурні складові сигналу на виході операції «ковзаючого вікна», $y = \overline{0, Y-1}$ - порядковий номер стробу, N - кількість відліків АЦП, над якими здійснюється операція додаткового стробування, ω_0 - центральна частота фільтру додаткового стробування, τ - період дискретизації АЦП.

Конкретний варіант заявленого способу відрізняється тим, що аналого-цифрове перетворення сигналу здійснюють з періодом дискретизації, кратним непарному числу чвертей періоду носійної частоти.

Суттєвою відмінністю заявленого способу є застосування для одноканальної (безквадратурної) схеми аналого-цифрового перетворення напруг сигналів вагової обробки відліків АЦП в режимі «ковзаючого вікна» згідно з відомою з [4] операцією цифрової фільтрації й подальше використання результатів вказаної операції вагової обробки сигналів в режимі «ковзаючого вікна» в якості вхідного масиву квадратурних відліків сиг-

налів для двоканальної операції додаткового стробування відліків АЦП, відомої з [3].

$$U_i^c = \sum_{t=i-N}^{i-1} U_t \cdot \cos(\omega_0 \cdot \tau \cdot t), \quad U_i^s = \sum_{t=i-N}^{i-1} U_t \cdot \sin(\omega_0 \cdot \tau \cdot t), \quad (1)$$

налів для двоканальної операції додаткового стробування відліків АЦП є її нечутливість до постійних зсувів напруги нуля АЦП.

Недоліком способу-прототипу є порівняно високий рівень бокових пелюсток амплітудно-частотної характеристики цифрового фільтру додаткового стробування.

З урахуванням сказаного, технічне завдання, що вирішується заявленою корисною моделлю, полягає у зменшенні рівнів бокових пелюсток амплітудно-частотної характеристики операції додаткового стробування відліків аналого-цифрового перетворювача з метою підвищення завадозахищеності.

Сутність корисної моделі полягає в тому, що формуванню сигнальних відліків стробів за результатами накопичення відліків АЦП передують попередня цифрова фільтрація відліків АЦП в режимі «ковзаючого вікна» відповідно до виразів [4]:

$$U_t^c = U_t - 11 \cdot U_{t+2} + 15 \cdot U_{t+4} - 5 \cdot U_{t+6}, \quad (2)$$

$$U_t^s = 5 \cdot U_{t+1} - 15 \cdot U_{t+3} + 11 \cdot U_{t+5} - U_{t+7}$$

де t - порядковий номер відліку АЦП,

додаткове стробування отриманих у такий спосіб відліків напруг сигналів виконують шляхом вагової обробки за виразами [3]:

налів для двоканальної операції додаткового стробування відліків АЦП, відомої з [3].

Для доказу працездатності заявленого способу додаткового стробування відліків АЦП було проведено його математичне моделювання за допомогою програми, розробленої в пакеті MathCad. В результаті моделювання була досліджена амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) сукупності операцій, що реалізують заявлений спосіб додаткового стробування. Зазначені характеристики у нормованому вигляді наведені на Фіг. 1 для випадку, коли протяжність стробу дорівнює 16 відлікам АЦП (відлікам сигналів після операції «ковзаючого вікна»), а аналого-цифрове перетворення сигналу здійснюється через чверть періоду його носійної частоти.

На Фіг. 1 АЧХ, що відповідає сукупності операцій заявленого способу, наведена суцільною лінією, а пунктирною лінією зображена АЧХ способу-прототипу, описаного виразом (1). Із графіків Фіг. 1 видно, що максимальний рівень перших бокових пелюсток АЧХ при використанні заявленого способу зменшено майже у двічі (~5дБ), а других бо-

кових пелюсток - приблизно у 3 рази. Крім того, спостерігається певне звуження головної пелюстки АЧХ. Все це підвищує заводо захищеність операції додаткового стробування відліків АЦП.

Практична реалізація заявленого способу зводиться до застосування у приймачі інформаційного повідомлення цифрового сигнального процесора чи програмованих матриць логічних елементів, наприклад, від фірми Xilinx, за допомогою яких мають виконуватись передбачені заявленим способом операції над отриманими в результаті аналого-цифрового перетворення відліками цифрових напруг сигналів. В якості АЦП можуть застосовуватись мікросхеми фірми Analog Devices, Texas Instruments тощо.

Джерела інформації:

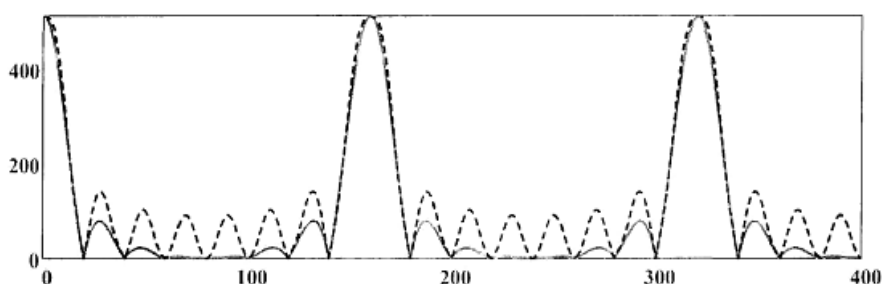
1. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / В.Н. Анти-

пов, В.Т. Горяинов, А.Н. Кулин и др. Под ред. В.Т. Горяинова. - М.: Радио и связь. - 1988. - С. 41.

2. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / В.Н. Антипов, В.Т. Горяинов, А.Н. Кулин и др. Под ред. В.Т. Горяинова. - М.: Радио и связь. - 1988. - С. 42-43.

3. Слюсар В.И. Синтез алгоритмов измерения дальности M источников при дополнительном стробировании отсчетов АЦП // Радиоэлектроника. - 1996. - №5. - С. 55-62. (Изв. вузов). http://www.slyusar.kiev.ua/IZV_VUZ_1996_5.pdf. - прототип.

4. Jan-Erik Eklund and Ragnar Arvidsson. A Multiple Sampling, Single A/D Conversion Technique for Demodulation in CMOS. // IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 31, No. 12, December 1996. - Pp. 1987 - 1994. http://iroi.seu.edu/en/jssc9697/data/31_12_08.PDF.



Фиг. 1