

УДК 621.396.6

Почерняев В. Н., докт. техн. наук, профессор (Тел.: +380 67 466 02 21)
(Одеськая национальная академия связи им. А. С. Попова)

Повхлеб В. С., магистр (Тел.: +380 93 510 31 58. E-mail: povviktoriya@yandex.ru)
(Киевский коллеж связи)

УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРОПОСФЕРНО-РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СТАНЦИЕЙ

Почерняев В. М., Повхлеб В. С. Управління мобільною цифровою тропосферно-радіорелейною станцією. У статті розглядається система управління мобільною цифровою тропосферно-радіорелейною станцією. В якості керуючих сигналів запропоновані сигнали на функціях Уолша. Ці сигнали виробляються генераторами функцій Уолша, один з яких розташований в стаціонарному пульті управління, а інший – у виносному пульті управління. Розглянуто три варіанти побудови генераторів функцій Уолша.

Ключові слова: управління, мобільний зв'язок, тропосферно-радіорелейна станція, функція Уолша, кусково-постійна ортогональна функція.

Почерняев В. Н., Повхлеб В. С. Управление мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией. В статье рассматривается система управления мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станцией. В качестве управляющих сигналов предложены сигналы на функциях Уолша. Эти сигналы вырабатываются генераторами функций Уолша, один из которых расположен в стационарном пульте управления, а другой – в выносном пульте управления. Рассмотрены три варианта построения генераторов функций Уолша.

Ключевые слова: управление, мобильная связь, тропосферно-радиорелейная станция, функция Уолша, кусочно-постоянная ортогональная функция.

Pochernyayev V. M, Povhlib V. S. Managing of mobile digital troposcatter-radio relay station. The article considers the control system of mobile digital troposcatter-radio relay station. The signals based on Walsh functions offered as control signals. These signals are produced by the generators of Walsh functions, one of which is located in the stationary control panel and the other – in the remote control panel. The article examines three options for constructing generators of Walsh functions.

Keywords: management, mobile communication, troposcatter-radio relay station, Walsh functions, piecewise constant orthogonal function

Вступлення. Назначение и состав мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станции (МЦТрРРС) рассмотрены в [1]. Это мобильный комплекс радиосвязи диапазона СВЧ, созданный на единой транспортной платформе и работающий в составе полевых узлов связи в условиях электромагнитного воздействия в сложной электромагнитной обстановке. Сигналы управления должны быть устойчивы к таким воздействиям и обеспечивать надежную работу системы управления.

Для формирования сигналов управления с высокой скоростью переключений и устойчивых к внешнему воздействию целесообразно использовать кусочно-постоянные ортогональные функции. Использование таких ортогональных функций в качестве базисных обусловлено еще и тем, что с применением микропроцессорной техники кусочно-постоянные функции имеют преимущества перед гармоническими (синусоидальными и косинусоидальными).

В качестве базисных функций из кусочно-постоянных ортогональных систем функций могут применяться системы функций Радемахера, Уолша и Хаара [2]. Наиболее употребительными среди кусочно-постоянных ортогональных функций являются функции Уолша. В основном это связано с тем, что система функций Радемахера – неполная, а система функций Хаара, кроме первых двух функций, принимает на разных участках интервала три разных значения, одно из которых нуль. Отметим, что на всех участках интервала функции Уолша принимают только одно из двух значений +1 или -1, что,

безумовно, удобно для цифрової обробки інформації з використанням мікропроцесорної техніки.

2. Генератори функцій Уолша. В станції сигнали управління виробляються генератором функцій Уолша. Можливі декілька варіантів побудови генератора функцій Уолша.

2.1. Генератор функцій Уолша, оснований на преобразованні функцій Уолша з функцій Радемахера. Структурна схема такого генератора для 32 функцій показана на Рис. 1.

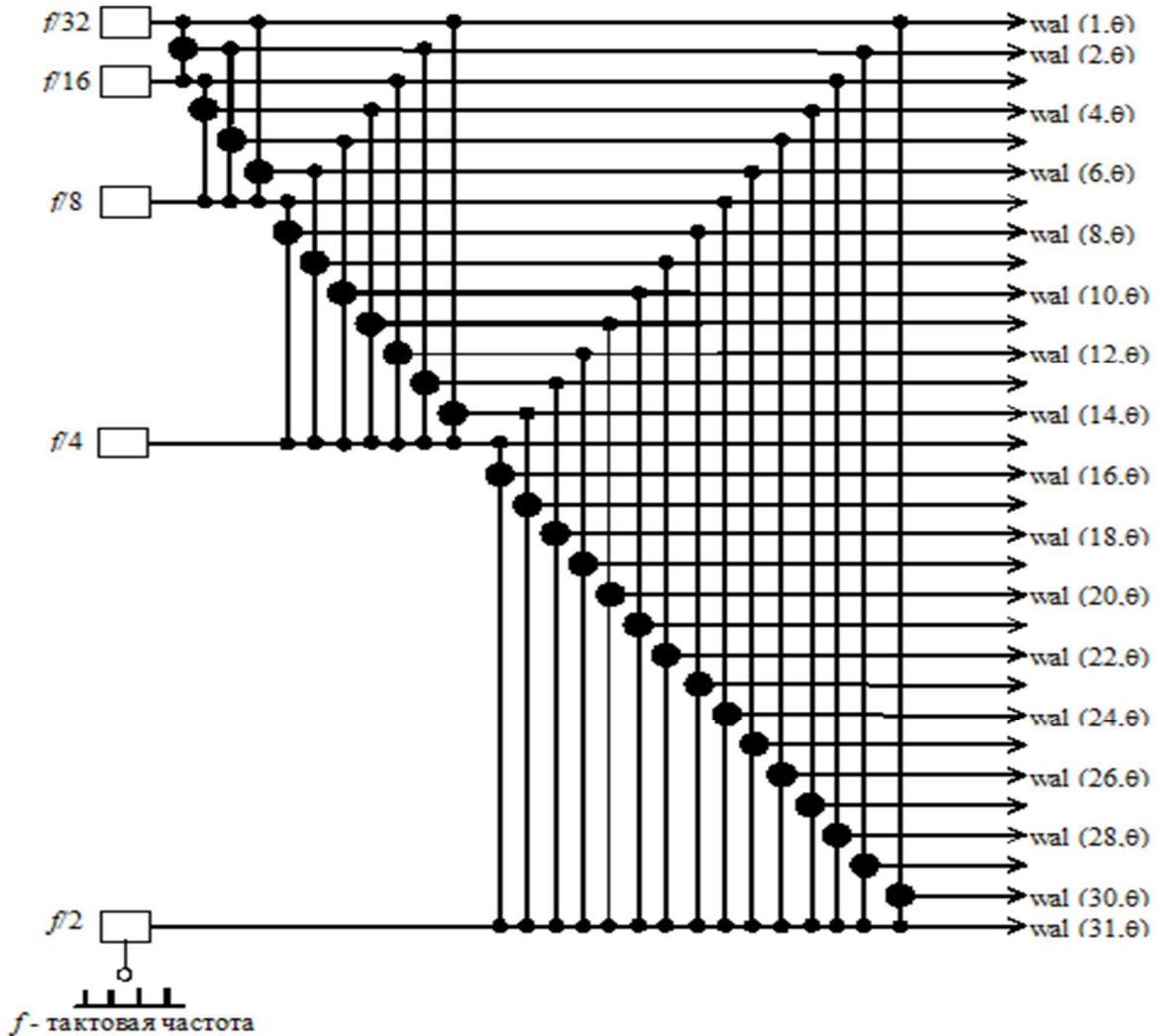


Рис. 1. Структурная схема генератора функций Уолша на основе системы функций Радемахера

Черними кружками обозначены логические схемы равнозначности, используемые для умножения каждой пары функций. Прямоугольниками обозначены триггеры, формирующие функции Радемахера. Логическая операция равнозначности при двух входных бинарных переменных позволяет получить на выходе «1» тогда и только тогда, когда обе переменные одинаковы. Во всех остальных случаях на выходе – «0».

Зависимость выходного значения операции равнозначности (перемножения) от двух входных переменных X_1 и X_2 , приведена с учетом того, что функции Уолша принимают только значение ± 1 .

В качестве перемножителей на Рис. 1 можно использовать схемы суммирования по модулю 2, если условиться принимать положительное напряжение за «0», а отрицательное напряжение за «1».

На Рис. 2 показана функциональная схема для генерирования 16 периодически повторяющихся функций Уолша $wal(i, \theta)$ или $cal(i, \theta)$ и $sal(i, \theta)$ [3]. Эта схема уточняет схему, представленную на Рис.1.

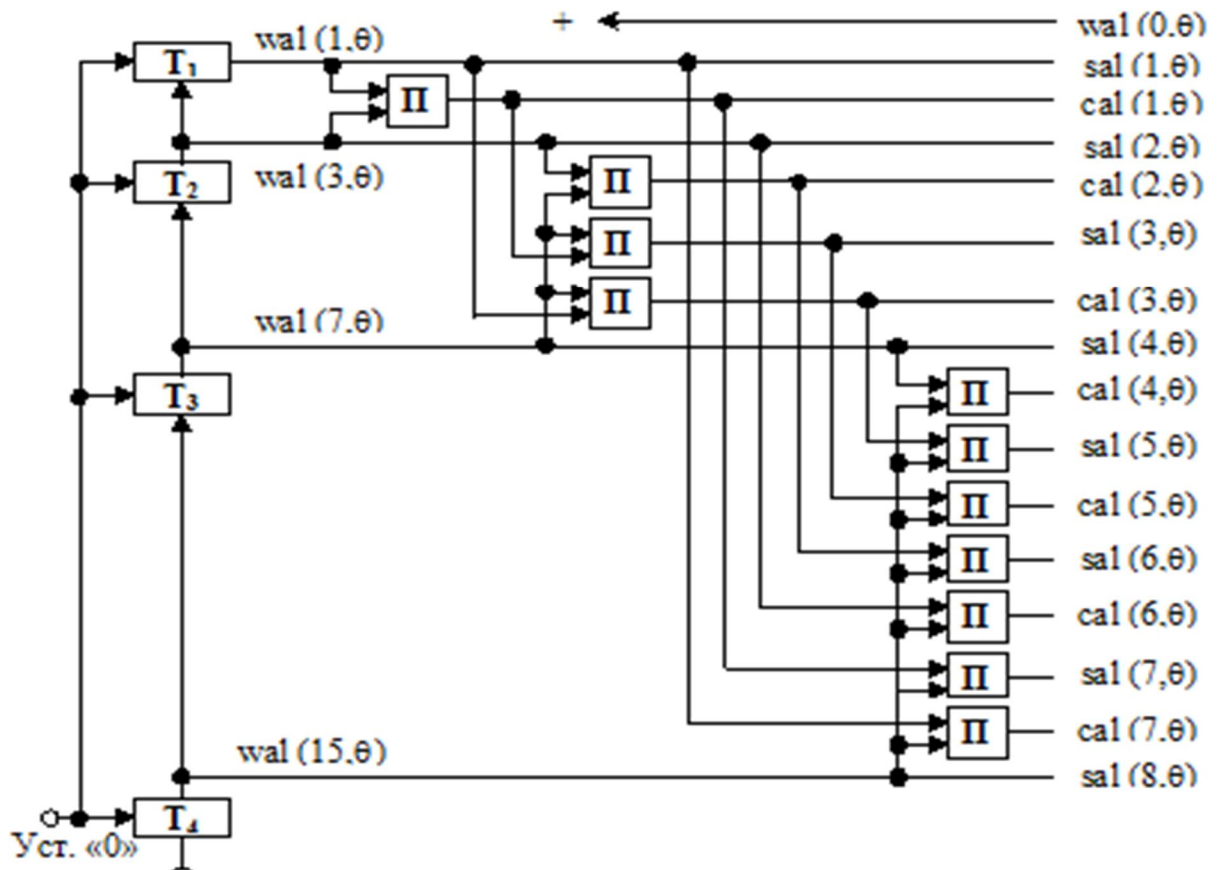


Рис. 2. Структурная схема генератора функций Уолша на основе системы функций Радемахера с использованием схемы суммирования по модулю 2

Триггеры $T_1 \dots T_4$ дают на выходе функции $wal(1, \theta) = sal(1, \theta)$, $wal(3, \theta) = sal(2, \theta)$, $wal(7, \theta) = sal(4, \theta)$ и $wal(15, \theta) = sal(8, \theta)$. Перемножители (П), показанные на Рис.2, образуют из функций Радемахера полную систему из 16 функций Уолша $sal(1, \theta)$, $cal(1, \theta)$, ... $sal(8, \theta)$. В качестве функции $wal(0, \theta)$ используется постоянное положительное напряжение. Обобщение схемы для генерирования функций с большими значениями i не вызывает трудностей.

Основным критерием для оценки искажений, которые может иметь генерируемая система функций, является ортогональность.

Мерой качества ортогональности является величина отклонения положения переходов через нуль от нормированного временного растра. При этом постоянное, не зависящее от нормированной частоты следования i смещение системы функций относительно растра может быть исключено управлением фазой тактовой частоты.

Если смещение системы функций Уолша относительно временного растра зависимо от i , то ортогональность системы искажается, причем абсолютная величина этого искажения растет с увеличением порядка системы функций. Схема генерирования функций, приведенная на Рис.1, особенно чувствительна к этому, так как она имеет разные задержки фронтов

сигналов, зависящие от номера i . С повышением порядка генерируемых функций ошибки быстро увеличиваются из-за рекурсивного характера правила умножения.

Для устранения этого недостатка создана расширенная система функции, реализуемая с помощью логических связей функций Радемахера. В этом случае обеспечивается минимальная задержка фронтов генерируемых функций Уолша и практически не нарушается их ортогональность. Обеспечить полную ортогональность возможно при использовании сдвигающих регистров (СР) в генераторах функций Уолша.

2.2. Генератор функций Уолша на основе динамических запоминающих устройств.

Генерирование функций Уолша может быть осуществлено с помощью динамических запоминающих устройств, выполненных на СР.

С учетом предварительной записи системы функций Уолша в запоминающее устройство на СР “ослабляется” возможность нарушения ортогональности функций [3]. Это обеспечивается одновременным считыванием последовательностей функций Уолша с СР с помощью синхронизатора.

Выполнение СР на БИС позволяет создать запоминающее устройство с миниатюрными габаритами даже при использовании системы функций Уолша из 64 последовательностей.

Проектирование и создание генераторов функций Уолша для большого числа управляющих команд возможно с применением специализированных БИС. При этом используются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) или СБИС ПЛ (programmable logic device – PLD).

Развитие элементной базы СБИС ПЛ позволило создавать на одном кристалле процессорные ядра и решать практически любые задачи по построению программно-аппаратных систем управления.

2.3. Упрощенная реализация генератора функций Уолша.

Схемная реализация генератора функций Уолша упрощается, если вначале получить различные ортогональные функции $orth(j, \theta)$ конкретного кодового блока, а затем вычислить эквивалентные им функции Уолша $wal(i, \theta)$.

Правило умножения функций Уолша следующее:

$$wal(i_1, \theta) \cdot wal(i_2, \theta) = wal[i_1 \oplus i_2, \theta],$$

где \oplus – сложение по модулю 2, $i=0, 1, 2, \dots, -0,5 \leq \theta \leq 0,5$.

Генератор функций Уолша в этом случае представляет собой комбинацию цепочки двоичных делителей, состоящей из k двоичных ячеек, и $[(2^k-1)-k]$ вентилях эквивалентности.

Для генерирования последовательности из восьми ортогональных функций $orth(j, \theta)$ величину j можно записать в двоичной форме в виде:

$$j = a_0 2^0 + a_1 2^1 + a_2 2^2 + a_3 2^3 + \dots + a_n 2^n, \quad (1)$$

где величины a принимают значение «0» или «1», $j = 0, 1, 2, \dots, (2^k-1)$. Поскольку для восьми ортогональных функций k равно 3, то требуется три двоичных разряда. Величины на выходе двоичного делителя равны $j=2^0$, $j=2^1$ и $j=2^2$. Остальные ортогональные функции получаются с помощью равенства (*).

Так, например, $j = 3$ соответствует алгебраической сумме 2^0+2^1 , а $j = 7$ — алгебраической сумме $2^0+2^1+2^2$, которая равна $3+2^2$. Знак алгебраического суммирования в схеме «+» соответствует вентилю эквивалентности.

На Рис. 3 приведена схема генератора функций Уолша, когда их число равно восьми.

Символ \odot обозначает вентиль эквивалентности, который действует по правилу $1 \odot 1 = 0 \odot 0 = 1$ и $1 \odot 0 = 0 \odot 1 = 0$, т. е. как вентиль ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с инверсией.

Соответствующие восемь эквивалентных функций Уолша указаны в Табл. 1.

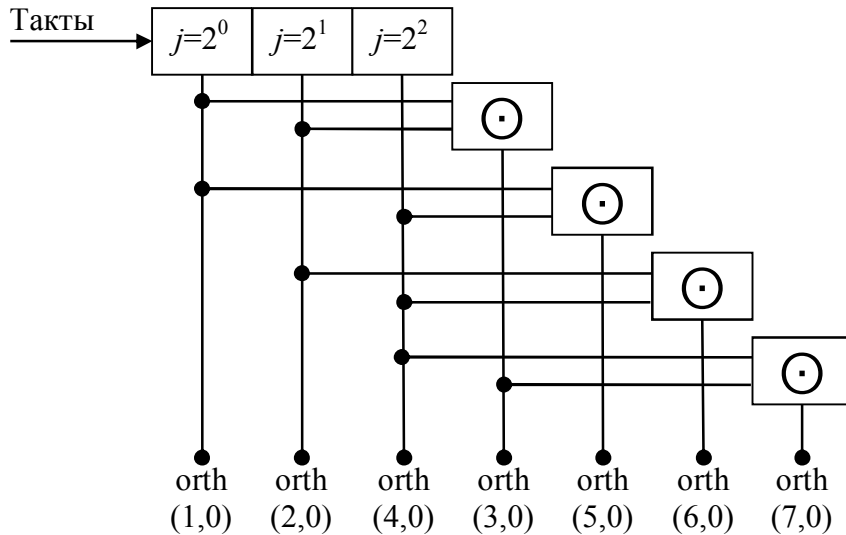


Рис. 3. Упрощенная реализация генератора функций Уолша

Эквивалентные функции Уолша Табл. 1

$k = 2$		$k = 3$		$k = 4$	
j	i	j	i	j	i
				0	0
				1	15
				2	7
				3	8
				4	3
		0	0	5	12
0	0	1	7	6	4
1	3	2	3	7	11
2	1	3	4	8	1
3	2	4	1	9	14
		5	6	10	6
		6	2	11	9
		7	5	12	2
				13	13
				14	5
				15	10

Управление станцией осуществляется со стационарного пульта управления и выносного пульта управления, каждый из которых имеет в своем составе генератор функций Уолша.

Рассмотрим вначале стационарный пульт управления. Основные функции, которые выполняет стационарный пульт управления следующие:

- подача электропитания на все составляющие части станции;
- установление режимов работы;
- установление скорости передачи;
- управление электронными ключами;
- включение/выключение передатчиков СВЧ в двух диапазонах;
- включение/выключение возбуждителя-гетеродина в двух диапазонах;
- управление системой адаптивной регулировки мощности передатчика;

- управление системой адаптации по частоте;
- “кольцевая” проверка станции (автономный контроль);
- сигнализация и контроль работоспособности станции;
- юстировка антенн, контроль их положения по азимуту и по углу места;
- переключение работы станции на эквивалент антенны;
- контроль выходной мощности СВЧ в раскрыве облучателя;
- контроль наличия уровня излучения в антеннах;
- управление опорно-поворотным устройством антенн тропосферной части станции;
- подъем и опускание телескопических мачт;
- контроль входной мощности на входе приемника СВЧ и на входе демодулятора модема;
- контроль работоспособности всех частей станции;
- контроль потери достоверности передаваемой информации;
- контроль уровня АРУ приемного тракта;
- контроль установленных скоростей работы станции;
- контроль работы системы ТУ-ТС;
- осуществление перехода на резервные волны;
- контроль за состоянием бортовой электросети;
- ведение служебной связи по двум служебным каналам (СК-1, СК-2).

Составные части станции имеют местные органы управления и контроля, которые дублируются соответствующими органами управления на пульте управления.

Основные функции выносного пульта управления:

- дистанционное включение/выключение передатчиков СВЧ и возбуждителя-гетеродина;
- индикация об общем состоянии исправности аппаратуры (сигнал «Авария»);
- “кольцевая” проверка станции (автономный контроль);
- юстировка антенн;
- контроль потери достоверности передаваемой информации;
- переговоры с оператором, находящимся в станции;
- связь со стационарным пультом управления;
- возможность прослушивания переговоров, происходящих в аппаратной;
- выход на громкоговоритель пульта управления;
- ведение служебной связи по двум служебным каналам (СК-1, СК-2).

Выносной пульт управления работоспособен при выносе на расстояния не более 250 м от станции.

В заключение отметим, что при исполнении команды на пульте управления выдается сигнал «ЛОГ 0» или сигнал «КОРПУС». При неисполнении команды или при сигнале «Авария» выдается сигнал «ЛОГ 1» или сигнал «ОБРЫВ ЦЕПИ».

Таким образом, в МЦТрРРС впервые в разрабатываемых отечественных средствах связи применяются управляющие сигналы на функциях Уолша.

Литература

1. Почерняев В. Н. Мобильная цифровая станция связи для наземных сил антитеррористической группировки / В. Н. Почерняев, В. С. Повхлеб // Тезисы докладов VII Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и достижения в области радиотехники, телекоммуникаций и информационных технологий». – Запорожье: ЗНТУ, 17-19 сентября 2014. – С. 19-21.
2. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский – Москва : Радио и связь, 1986. – 512 с.
3. Никитин Г. И. Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов / Г. И. Никитин. – Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2003. – 86 с.