

УДК 681.2:621.3.072:621.317.725

В.В. Мошаренков

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОЕННЫХ ЭТАЛОНОВ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

Предложена более совершенная базовая схема военных эталонов (исходного и рабочих) фазовых сдвигов на основе цифрового двухфазного генератора с цифроаналоговым синтезом сигналов по методу кусочно-ступенчатой аппроксимации.

Ключевые слова: военные эталоны (исходный и рабочие) фазовых сдвигов (ВЭФС), кусочно-ступенчатый сигнал, цифроаналоговый преобразователь, двухфазный генератор.

Введение

Постановка задачи. В настоящее время Украина не имеет государственного (первичного) эталона единицы фазовых сдвигов. Поэтому достаточно важным является обеспечение единства измерений фазовых сдвигов в Вооруженных Силах Украины (ВСУ) с помощью военных эталонов (исходного и рабочих) фазовых сдвигов (ВЭФС). В качестве исходного ВЭФС ВСУ разработан и эксплуатируется эталон ИЭ ВСУ 09-00-02-09, а в качестве рабочих ВЭФС предлагается использовать калибратор фазы Ф1-4 и электродинамический фазометр Д 5000. Исходный эталон выполнен по классической морально устаревшей схеме аналогового двухфазного генератора. То же самое можно сказать и о калибраторе фазы Ф1-4, а фазометр Д 5000 является стрелочным прибором со всеми их недостатками. Выше сказанное делает актуальной задачу совершенствования ВЭФС ВСУ с учетом современных достижений цифровой измерительной техники в области генерации сигналов и микросхемотехники, обеспечивающей повышенные точность и надежность изготовления.

Анализ литературы. Современные двухфазные генераторы, выпускаемые отечественной промышленностью, являются аналоговыми и предназначены для формирования только синусоидальных сигналов. Это является существенным ограничением для их практического применения в измерительной технике. Кроме того, поскольку они выполняются на аналоговых однофазных генераторах синусоидальных сигналов, то, естественно, обладают теми же недостатками: невысокой точностью и стабильностью параметров синусоидальных сигналов, ограниченным нижним пределом по частоте, низким быстродействием (из-за длительных переходных процессов при перестройке), ручным управлением, отсутствием стандартного приборного интерфейса для использования в измерительных системах, сложной аппаратурной реализацией, низкой технологичностью изготовления и т.д. [1 – 4].

Устранение или уменьшение указанных недостатков возможно на использовании принципиально нового направления в области генерации сигналов, уже давно применяемого в отечественном приборостроении – в однофазных генераторах синусоидальных сигналов вида ГЗ..., а в зарубежном приборостроении – и в многофазных генераторах сигналов [5]. Это направление состоит в применении цифроаналогового синтеза сигналов на основе кусочно-ступенчатой аппроксимации формируемых сигналов произвольной формы [5, 6].

Цель статьи. В настоящей статье предлагается принцип построения ВЭФС ВСУ на основе цифрового двухфазного генератора периодических сигналов произвольной формы с их цифроаналоговым синтезом.

Основной материал

Базовая структурная схема ВЭФС ВСУ приведена на рис. 1. На ней изображены: генератор импульсов (ГИ), делитель частоты (ДЧ) с переменным коэффициентом деления, реверсивные счетчики (РС1 и РС2), задатчик фазы (ЗФ), постоянные запоминающие устройства (ПЗУ1 и ПЗУ2), цифроаналоговые преобразователи (ЦАП1 и ЦАП2), выходные устройства (ВУ1 и ВУ2), блок управления (БУ).

ГИ представляет собой высокочастотный кварцевый генератор, ДЧ служит для задания частоты выходных сигналов и имеет переменный коэффициент деления, устанавливаемый декадными переключателями в БУ. РС1 и РС2 имеют автоматический реверс режима работы (суммирование или вычитание), который осуществляется при двух состояниях счетчиков – нулевом и $n/2$, где n – число участков аппроксимации (ступенек) на период формируемого сигнала.

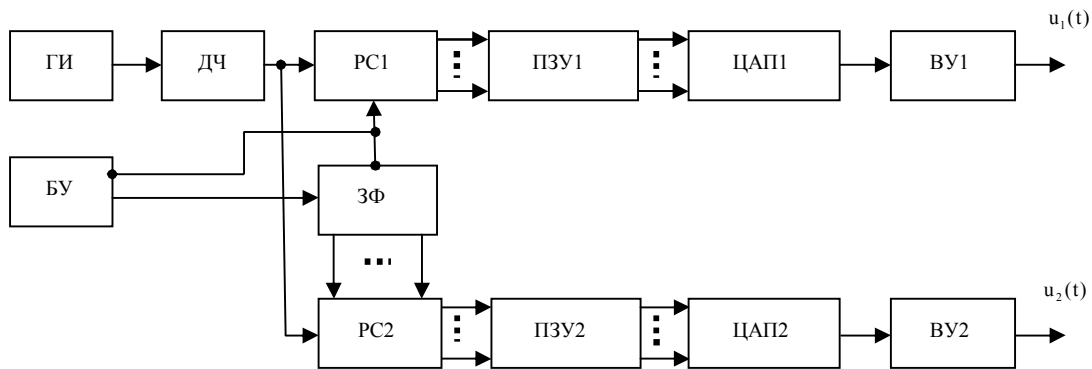


Рис. 1. Базовая структурная схема ВЭФС

ЗФ представляет группу переключателей для задания фазового сдвига в десятичной системе счисления и преобразователь десятичного кода в двоичный для ввода в РС2. ПЗУ1 и ПЗУ2 служат для хранения кодов мгновенного периодического сигнала

$$f(t_i) \text{ и } f(t_i + t_{\text{ц}}),$$

где t_i – момент аппроксимации, $t_{\text{ц}}$ – временной сдвиг формируемых сигналов, определяющих фазовый сдвиг.

Коды мгновенных значений

$$f(t_i) \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

рассчитываются заранее (при проектировании) и записываются в оба ПЗУ по одноименным адресам, их число равно $n/2$, причем $n/4$ кодов соответствуют четверти периода от $-p/4$ до 0 , а зеркально отраженные $n/4$ кодов – четверти периода от 0 до $+p/4$. ЦАП являются биполярными, линейными, с встроенными источниками опорного напряжения и могут быть выполнены на серийных отечественных или зарубежных микросхемах.

Выходные устройства ВУ1 и ВУ2 являются классическими для генераторов сигналов и представляют собой усилители мощности с аттенюаторами.

Двухфазный генератор работает следующим образом. Частота его выходных сигналов устанавливается непосредственно делителем частоты ДЧ, а фазовый сдвиг ψ – с помощью задатчика фазы ЗФ, в который он вводится сигналом с блока управления БУ.

Этот сигнал подается на установочные входы реверсивного счетчика РС1, устанавливая его в нулевое исходное состояние, и задатчика фазы ЗФ, с которого код требуемого значения фазового сдвига ψ (точнее код $t_{\text{ц}}$) вводится в реверсивный счетчик РС2, устанавливая его в исходное состояние, соот-

ветствующее коду фазового сдвига

$$N_{\text{ц}} = \psi / \Delta\psi,$$

где $\Delta\psi = 2\pi/n$ – цена одной ступеньки аппроксимации в единицах фазового сдвига.

С поступлением на счетные входы реверсивных счетчиков РС1 и РС2 тактовых импульсов с делителя частоты ДЧ их выходными кодами последовательно изменяются адреса кодов формируемого сигнала $f(t_i)$ на выходах ПЗУ1 и ПЗУ2, причем коды сигнала на входе ПЗУ2 имеют фазовый сдвиг $\psi = N_{\text{ц}} \Delta\psi$ по отношению к кодам сигнала на выходе ПЗУ1. Выходные коды ПЗУ1 и ПЗУ2 – соответственно $f(t_i)$ и $f(t_i + t_{\text{ц}})$ с помощью ЦАП1 и ЦАП2 преобразуются в пропорциональные напряжения, т.е. формируется один полупериод выходных сигналов $u_1(t)$ и $u_2(t)$. Так продолжается до состояния каждого из счетчиков РС1 и РС2, соответствующего $n/2$, при котором производится их автоматический реверс в режим вычитания. Состояние счетчиков начинают последовательно уменьшаться и с выходом ПЗУ на ЦАП выдаются коды сигналов в обратной последовательности, тем самым формируется второй полупериод выходных сигналов. При нулевом состоянии реверсивных счетчиков они автоматически переводятся в режим суммирования и в дальнейшем описанные выше процессы повторяются.

Выходные кусочно-ступенчатые сигналы ЦАП, аппроксимирующие требуемую функцию сигналов, через выходные устройства подаются на выходы двухфазового генератора. Для улучшения формы кривой сигналов между ЦАП и выходными устройствами могут быть установлены низкочастотные фильтры.

Вывод

Из приведенных принципов построения и работы предлагаемого двухфазного генератора в качестве основы ВЭФС ВСУ следует его положительный

эффект по сравнению с известными аналоговыми генераторами.

Во-первых, это – повышение точности и стабильности задания амплитуды и фазы, что подтверждается следующим. В предлагаемом генераторе отсутствуют множительные блоки суммирования аналоговых сигналов и соответственно погрешности, вносимые этими блоками. Доминирующий вклад вносит блок суммирования, поскольку повышение точности суммирования аналоговых сигналов инфранизкочастотного диапазона частот связано с существенными трудностями. Оценки погрешностей могут быть получены по формулам, приведены в [7]. Расчеты показывают, что при суммарной погрешности этих операций порядка 1% фазовая погрешность составляет примерно 10', а амплитудная погрешность – до 1%, причем эти погрешности являются функцией фазового сдвига.

Во-вторых, нестабильность задания частоты и выходных сигналов определяется нестабильностью кварцевого генератора импульсов, а точность (дискретность) задания частоты – значением его образцовой частоты и разрядностью делителя частоты.

В третьих, значительно уменьшается время переходных процессов при перестройке параметров выходных сигналов, т.е. соответственно увеличивается быстродействие перестройки.

В четвертых – упрощается аппаратная реализация, которая достигается за счет исключения упомянутых выше двух множительных блоков, блока суммирования аналоговых сигналов и шифратора. Кроме того, принципиальными является использование линейных ЦАП, выпускаемых серийно в микросхемном исполнении и весьма точных, вместо функциональных, более сложных в производстве и ограничивающих варьирование числа участков аппроксимации при разработке прибора.

В то же время вновь введенные реверсивный счетчик и два ПЗУ могут быть выполнены на серийных микросхемах, которые не приводят к дополнительным погрешностям.

По приведенной базовой схеме могут быть выполнены как исходный, так и рабочие ВЭФС ВСУ. От этого будут зависеть требования к элементам принципиальной схемы эталона, а следовательно, его метрологическая надежность и стоимость.

Список литературы

1. Колтик Е.Д. Измерительные двухфазные генераторы переменного тока / Е.Д. Колтик. – М.: Изд-во комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1968. – 198 с.
2. Ноткин П.Р. Функциональные генераторы и их применение / П.Р. Ноткин. – М.: Радио и связь, 1983. – 184 с.
3. Кравченко С.А. Калибраторы фазы / С.А. Кравченко. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1981. – 176 с.
4. Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин / Э.Г. Атамалян. – М.: Дрофа, 2005. – 415 с.
5. Дьяков В.П. Генерация и генераторы сигналов / В.П. Дьяков. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 384 с.
6. Горлач А.А. Цифровая обработка сигналов в измерительной технике / А.А. Горлач, М.Я. Минц, В.Н. Чинков. – К.: Техника, 1985. – 151 с.
7. Галахова О.П. Основы фазометрии / О.П. Галахова, Е.Д. Колтик, С.А. Кравченко; – Л.: Энергия, 1976. – 428 с.

Поступила в редколлегию 30.09.2013

Рецензент: канд. техн. наук, ст. научн. сотр. С.В. Герасимов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЕТАЛОНІВ ФАЗОВИХ ЗРУШЕНЬ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

В.В. Мошаренков

Запропонована досконаліша базова схема військових еталонів (початкового і робітників) фазових зрушень на основі цифрового двофазного генератора з цифроаналоговим синтезом сигналів по методу кусочно-ступінчастої апроксимації.

Ключові слова: військові еталони (початковий і робітники) фазових зрушень (ВЕФС), кусочно-ступінчастий сигнал, цифроаналоговий перетворювач, двофазний генератор.

PERFECTION OF SOLDIERY STANDARDS OF PHASE CHANGES OF MILITARY POWERS OF UKRAINE

V. V. Mosharenkov

More perfect base chart of soldiery standards (initial and workers) of phase changes is offered on the basis of digital dysphasic generator with the D/A synthesis of signals on the method of piece-step approximation.

Keywords: soldiery standards (initial and workers) of phase changes (VEFS), piece-step signal, D/A transformer, diphasic generator.