

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КАЛИБРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

И.Е. Чухломин

Вступивший в силу Федеральный Закон «Об обеспечении единства измерений» требует всемерного повышения параметров и характеристик рабочих эталонов. В то же время рабочие эталоны, используемые в метрологических службах для поверки средств измерений, устарели, в значительной мере выработали свой ресурс и не соответствуют современным техническим и эксплуатационным требованиям. В связи с этим необходимо разработать компактное, недорогое поверочное оборудование, в данном случае калибратор переменного напряжения и тока повышенной точности.

Учитывая возрастающие потребности предприятий в приборах для проверки метрологических характеристик радиоэлектронной аппаратуры, средств связи и измерительных приборов, актуальным является создание недорогих калибраторов переменного напряжения и тока, обеспечивающих поверку вольтметров, амперметров и ваттметров класса точности 0,1 и ниже.

Основной задачей данной разработки является оснащение региональных центров стандартизации и метрологии, сертификации (ЦСМ) и предприятий поверочным оборудованием переменного напряжения и тока по доступной цене.

На сегодняшний момент на российском рынке используют, как отечественные калибраторы переменного напряжения и тока («ПАРМА», г. Санкт-Петербург, трехфазный калибратор переменного напряжения и тока «Ресурс-К2», г. Пенза, а также «Энергомонитор 3.1К», г. Санкт-Петербург), так и зарубежного производства (Fluke 6100A, Fluke 6101A, Transmille 2000 и 3000 серии). Стоимость таких приборов зачастую превышает более 300 000 рублей, а импортных более 1 000 000 рублей, в связи с этим на многих предприятиях испытывают дефицит в высокоточном поверочном оборудовании.

Разрабатываемый калибратор представляет собой комбинированную систему управления и состоит из несколько частей:

- системы прямого цифрового синтеза;
- фильтров нижних частот;
- усилителей мощности;
- трансформаторов напряжения и тока;
- отрицательных обратных связей;

Структурная схема одного из двух каналов калибратора переменного напряжения и тока изображена на рис. 1.

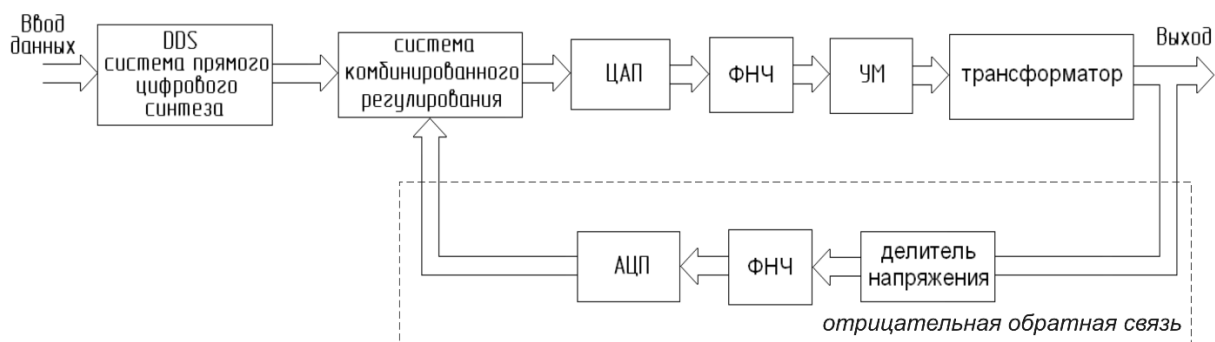


Рис. 1. Структурная схема калибратора переменного напряжения и тока

Прямой цифровой синтез (DDS или Direct Digital Synthesis) – это метод, позволяющий получить аналоговый сигнал (синусоидальный сигнал) за счет генерации временной последовательности цифровых отсчетов и их дальнейшего преобразования в аналоговую форму посредством ЦАП [3].

С помощью прямого цифрового синтеза можно задавать такие параметры, как частота, фазовый угол, а наличие цифрового интерфейса легко позволяет реализовать микроконтроллерное управление.

В систему прямого цифрового синтеза входит ЦАП, с точностью 1 ppm (10^{-6}) или 0,0001 %, это позволяет генерировать высокоточный синусоидальный сигнал [1].

Аналоговый фильтр нижних частот (ФНЧ) сглаживает выходной сигнал ЦАП, подавляя высшие гармоники. Усилитель мощности (УМ) представляет собой мощный операционный усилитель с малым коэффициентом нелинейных искажений и отрицательной обратной связью. Трансформатор напряжения масштабирует амплитуду выходного сигнала усилителя мощности до нужного значения, необходимого для поверки средств измерений. Делитель напряжения представляет собой набор прецизионных сопротивлений, которые выполняют функцию согласования высоковольтной части калибратора с АЦП. Фильтр низких частот находящийся перед АЦП (антиализинговый фильтр) необходим для предотвращения наложения частот в первой полосе зоны Найквиста. Поскольку усилитель мощности и трансформаторы напряжения и тока по своим характеристикам являются нелинейными, то для исключения появления дополнительной погрешности вводится отрицательная обратная связь по отклонению (посредством ис-

пользования АЦП и делителя напряжения), а также дополнительная компенсирующая связь по задающему воздействию, в результате чего схема калибратора представляет собой цифровую комбинированную систему регулирования. Блок-схема цифровой комбинированной системы регулирования изображена на рис. 2.

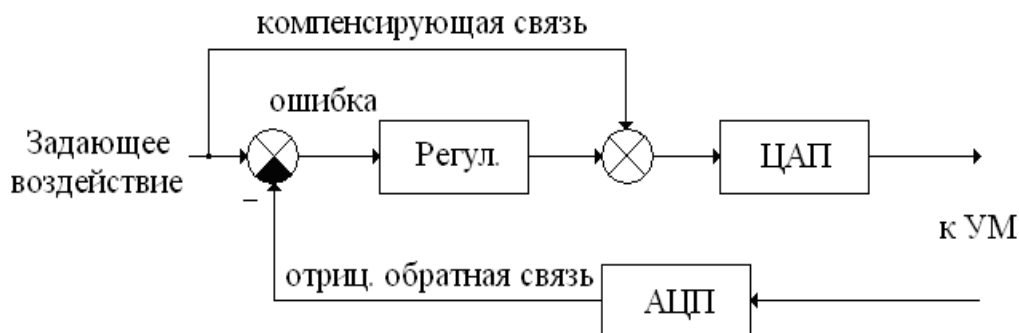


Рис. 2. Комбинированная система регулирования

Использование комбинированного управления позволяет снизить требования к основному каналу и получить лучшие качественные показатели системы управления, достигаемые за счет частичной инвариантности [2, 4].

Библиографический список

1. Волович, Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г.И. Волович. – 2-е изд., испр. – М.: Додэка–XXI, 2007. – 528 с.
2. Бесекерский, В.А. Цифровые автоматические системы / В.А. Бесекерский. – М.: Наука, 1976. – 576 с.
3. Мерфи, Е. Прямой цифровой синтез (DDS) в тестовом, измерительном и коммуникационном оборудовании / Е. Мерфи, К. Слэттери // Компоненты и технологии. – 2006. – № 4. – С. 45–51.
4. Федоров, С.М. Комбинированное управление в следящих системах с цифровыми вычислительными машинами / С.М. Федоров // Теория инвариантности в системах автоматического управления. – М.: Наука, 1964. – С. 348–355.