

$f_{\text{ком.}} = 40$ кГц. Коэффициент полезного действия (КПД) составил 97 %, что является хорошим результатом. Для сравнения, при идентичных условиях КПД силовой ячейки ОРМ с жесткой коммутацией составляет 92 %. Увеличение КПД схемы с мягкой коммутацией обусловлено снижением динамических потерь при коммутации ключей.

Преобразователи с мягкой коммутацией позволяют выбирать транзисторы с меньшим запасом, увеличивать их ресурс, снижать габариты радиаторов, и в результате уменьшать массогабаритные показатели устройства. Полученные результаты моделирования схемы позволяют убедиться в ее работоспособности.

Список литературы

1. Кобзев, А.В. Энергетическая электроника: учебное пособие. / А.В. Кобзев, Б.И. Коновалов, В.Д. Семенов – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010. – 164 с.

2. Damrong Amorndechaphon. High-Efficiency PWM DC-AC Inverter for Small PV Power Generation System // International Conference on Cogeneration, Small Power Plants and District Energy, 2016.

Материал поступил в редколлегию 13.10.18.

УДК 681.58

DOI: 10.30987/conferencearticle_5c19e6b8261605.61308776

Л. И. Саляева

(г. Уфа, Уфимский государственный авиационный технический университет)

АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ САМОКАЛИБРОВКИ ИМИТАТОРА ТЕРМОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Рассматривается вариант алгоритма реализации имитатора терморезистивного датчика температуры для диагностики систем управления и контроля температуры.

A variant of the implementation of a simulator of a thermoresistive temperature sensor for diagnosing control systems and temperature control is considered.

Ключевые слова: имитатор, датчик температуры, терморезистор, самокалибровка.

Keywords: simulator, temperature sensor, thermistor, self-calibration.

Для диагностики электронных блоков систем управления (далее СУ) каким-либо механизмом применяют блоки, стенды или комплексы

имитаторов сигналов датчиков и исполнительных механизмов. Испытания СУ при различных температурах проводятся благодаря имитатору термосопротивления, имитирующему сигналы терморезистивных датчиков различных типов.

К имитатору термосопротивления предъявляются следующие требования: диапазон имитируемого сопротивления датчика составляет 32...232 Ом; погрешность задания параметра равна 0,1 Ом; ток, задаваемый от проверяемого блока должен быть не более 5 мА; имитатор должен содержать номинальную статическую характеристику (далее НСХ) термосопротивления П50 по ГОСТ 6651-2009.

Так как моделируемое устройство должно содержать НСХ имитируемого термосопротивления П50, то диапазон имитируемого сопротивления 32...232 Ом соответствует температурному диапазону – 90...+ 1100 °С согласно ГОСТ 6651-2009.

Упрощенная схема разрабатываемого имитатора представлена на рис. 1.

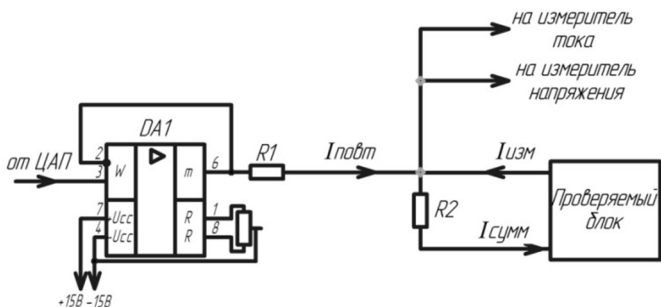


Рис.1. Упрощенная схема имитатора датчика температуры

Цифро-аналоговый преобразователь (далее ЦАП) играет роль устройства регулирования напряжения и устанавливает выходное напряжение в диапазоне от 0 В до напряжения питания 3 В в зависимости от поступающего от системы управления цифрового кода. Роль системы управления играет микроконтроллер.

Установившееся выходное напряжение ЦАП поступает на повторитель DA1, построенный на операционном усилителе, для его согласования с элементом измерения – резистором R2, на который поступает измерительный ток $I_{изм}$ с проверяемого блока и ток $I_{повт}$ с повторителя через резистор R1.

Сопротивления R1 и R2 образуют резистивный делитель напряжения относительно выходного напряжения повторителя. Проверяемый блок переводит падение напряжения на резисторе R2 в температуру.

Для контроля параметров предусматривается также установка измерителей тока и напряжения, данные от которых поступают на микроконтроллер.

Для реализации самокалибровки имитатора терморезистивного датчика температуры сначала необходимо рассчитать основные его параметры: значения номиналов резисторов $R1$ и $R2$, погрешность задания имитируемого сопротивления и отклонение заданной температуры.

Методом контурных токов можно определить напряжение на резисторе $R2$ и соответствующее ему выходное сопротивление имитатора $R_{им}$ [1]:

$$R_{им} = \frac{R2}{I_{изм}(R1 + R2)} (I_{сумм}R1 + U_{ЦАП}), \quad (1)$$

где $I_{изм}$ – измерительный ток с проверяемого блока; $U_{ЦАП}$ – напряжение, устанавливаемое ЦАП.

Согласно формуле (1), сопротивление имитатора $R_{им}$ линейно зависит от устанавливаемого напряжения $U_{ЦАП}$.

Диапазон имитируемых сопротивлений можно определить по формуле

$$R_{им max} - R_{им min} = \frac{U_{ЦАП max} R2}{I_{изм}(R1 + R2)}, \quad (2)$$

где $R_{им max}$ – максимальное имитируемое сопротивление; $R_{им min}$ – минимальное имитируемое сопротивление.

Так как изначально были заданы величины $R_{им min} = 32 \text{ Ом}$; $R_{им max} = 232 \text{ Ом}$; максимальное выходное напряжение ЦАП $U_{ЦАП max} = U_{пит ЦАП} = 3 \text{ В}$, измерительный ток проверяемого блока $I_{изм} = 5 \text{ мА}$, то были рассчитаны величины сопротивлений $R1 = 96 \text{ Ом}$ и $R2 = 48 \text{ Ом}$.

Погрешность задания сопротивления обуславливается отклонениями сопротивлений $R1$ и $R2$ от своих номинальных значений. Данную погрешность $\Delta R'_{им}$ можно определить по формуле (3), взяв полный дифференциал $\Delta R_{им}$ по $R1$ и $R2$ [2].

$$\Delta R'_{им} = \frac{R1 \cdot R2 (I_{сумм}R2 - U_{ЦАП})}{I_{сумм}^2 (R1 + R2)^2} \delta_{R1} + \frac{R1 \cdot R2 (I_{сумм}R1 + U_{ЦАП})}{I_{сумм}^2 (R1 + R2)^2} \delta_{R2}, \quad (3)$$

где $\delta_{R1} = \delta_{R2} = 0,1\%$ – относительное отклонение сопротивлений $R1$ и $R2$ от собственного номинала для ряда E192; $U_{ЦАП}$ – выходное напряжение ЦАП.

Так как ЦАП на выходе выдает напряжение в диапазоне от 0 В до 3 В, то погрешность задания сопротивления $\Delta R'_{им}$ согласно формуле (3) будет также определяться диапазоном в соответствии с минимальным и максимальным значениями напряжения $U_{ЦАП}$: $\Delta R'_{им min} = \Delta R'_{им max} = 0,032$ Ом. Таким образом, погрешность задания сопротивления $\Delta R'_{им}$ не превышает заданной погрешности $\Delta R_{им} = 0,1$ Ом.

Используя формулы (1), (3), можно определить отклонение задаваемой температуры:

$$\Delta t = \frac{R1[R2\delta_{R1} - R0(\delta_{R1} - \delta_{R2})]}{R0(R1 + R2)\alpha} - \frac{R1(\delta_{R1} - \delta_{R2})}{R1 + R2} t, \quad (4)$$

где $R0$ – номинальное значение сопротивления имитируемого термосопротивления при 0 °С; α – ТКС имитируемого термосопротивления; t – диапазон значений имитируемой температуры.

Для имитируемого термосопротивления П50 по ГОСТ 6651-2009 приводятся следующие характеристики: номинальное сопротивление $R0 = 50$ Ом, ТКС $\alpha = 0,00391$ °С⁻¹. Согласно формуле (4) определили отклонение задаваемой температуры $\Delta t_{П50} = \pm 0,16$ °С, которое лежит в допустимом пределе.

Для самокалибровки вводится этап сравнения рассчитанного отклонения задаваемой температуры с определенной константой. Если полученное значение Δt превысит константу, то происходит уменьшение на единицу сопротивлений $R1$ и $R2$. В этом случае отклонение имитируемой температуры снижается до значения $\Delta t = 0,1608$ °С. Данная операция повторяется до тех пор, пока отклонение Δt не вернется в установленный диапазон, ограничиваемый константой, которая выставляется вручную оператором или автоматически микроконтроллером.

Благодаря компьютерному моделированию в среде *LabView* удалось автоматизировать расчеты всех параметров имитатора терморезистивного датчика температуры и процесс самокалибровки, а также отобразить данные результаты в виде графиков и цифровой индикации.

Список литературы

1. *Мирина, Т.В.* Функциональные электронные узлы измерительных и диагностических систем: учебное пособие / Т.В. Мирина, Н.В. Мирин – Уфа, 2011. – 303 с.
2. *Ковшевный, А.А.* Имитация объекта контроля для систем управления температурой: тезисы докл. / А.А. Ковшевный, Е.Е. Нужин, А.П. Шестаков / – Екатеринбург: УрФУ, 2016. – С.292-299.

Материал поступил в редколлегию 15.10.18.