

ИЗМЕРЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕЦИЗИОННЫХ ГИБРИДНЫХ МИКРОСХЕМ ЦАП

А.Герасимов, О.Захаров, В.Недорезов, В.Петров
niiemp@rambler.ru

Прецизионные гибридные интегральные схемы цифроаналоговых преобразователей (ГИС ЦАП) широко применяются в системах сбора и обработки информации, измерительной аппаратуре, автоматизированных системах управления и др. При производстве прецизионных ЦАП необходимо специальное метрологическое оборудование, характеристики которого на порядок выше, чем у измеряемых изделий. В связи с этим в научно-исследовательском институте электронно-механических приборов (НИИЭМП, Пенза) была разработана установка "УИСП-70" для измерения статических параметров прецизионных ГИС ЦАП, выпускаемых предприятием. Что же представляет собой эта установка?

В настоящее время НИИЭМП поставляет микросхемы ЦАП в металлокерамических и металлокерамических корпусах с планарным расположением выводов (рис.1). Предприятие выпускает 16- и 18-разрядные ЦАП с выходом по току (рис.2а) и напряжению (рис.2б) – К427ПА5Т, 427ПА4, К427ПА4Т, 427ПА2 и К427ПА2Т. Благодаря применению прецизионной резистивной матрицы, формируемой методом вакуумного напыления, эти ЦАП отличаются сверхпрецизионными

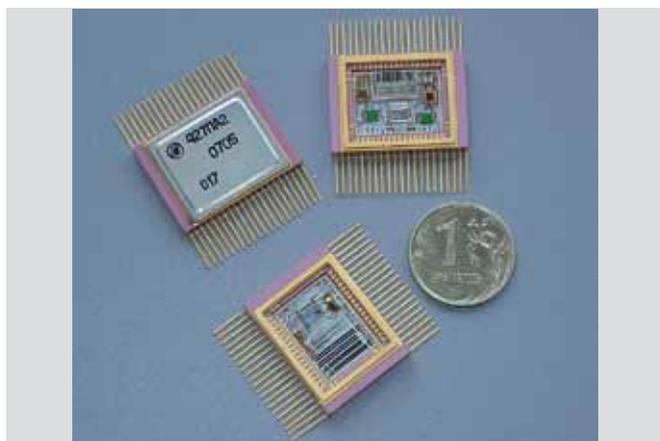


Рис.1. Внешний вид ЦАП и монтажных гибридных плат

характеристиками. Переключение резистивной матрицы выполняет бескорпусная интегральная схема, которая монтируется на резистивной плате по гибридной технологии.

Выпускаемые сегодня институтом ЦАП по точностным характеристикам, пожалуй, превосходят ЦАП, изготавливаемые как по полупроводниковой, так и по гибридной технологиям, а по техническим характеристикам не уступают аналогам ведущих зарубежных фирм (см. таблицу).

Немалую роль в обеспечении таких параметров сыграла установка "УИСП-70", выполненная на основе современной элементной базы с использованием современной вычислительной техники и современных программных продуктов (рис.3). Предназначена она для замены устаревшей системы разработки 1980-х годов. Функционально "УИСП-70" состоит из трех блоков: измерительного, блока контактирующих устройств и персонального компьютера, соединенного с измерительным блоком через модуль интерфейса, который реализует гальваническую развязку между компьютером, измерительной схемой и схемой управления ГИС ЦАП (рис.4).

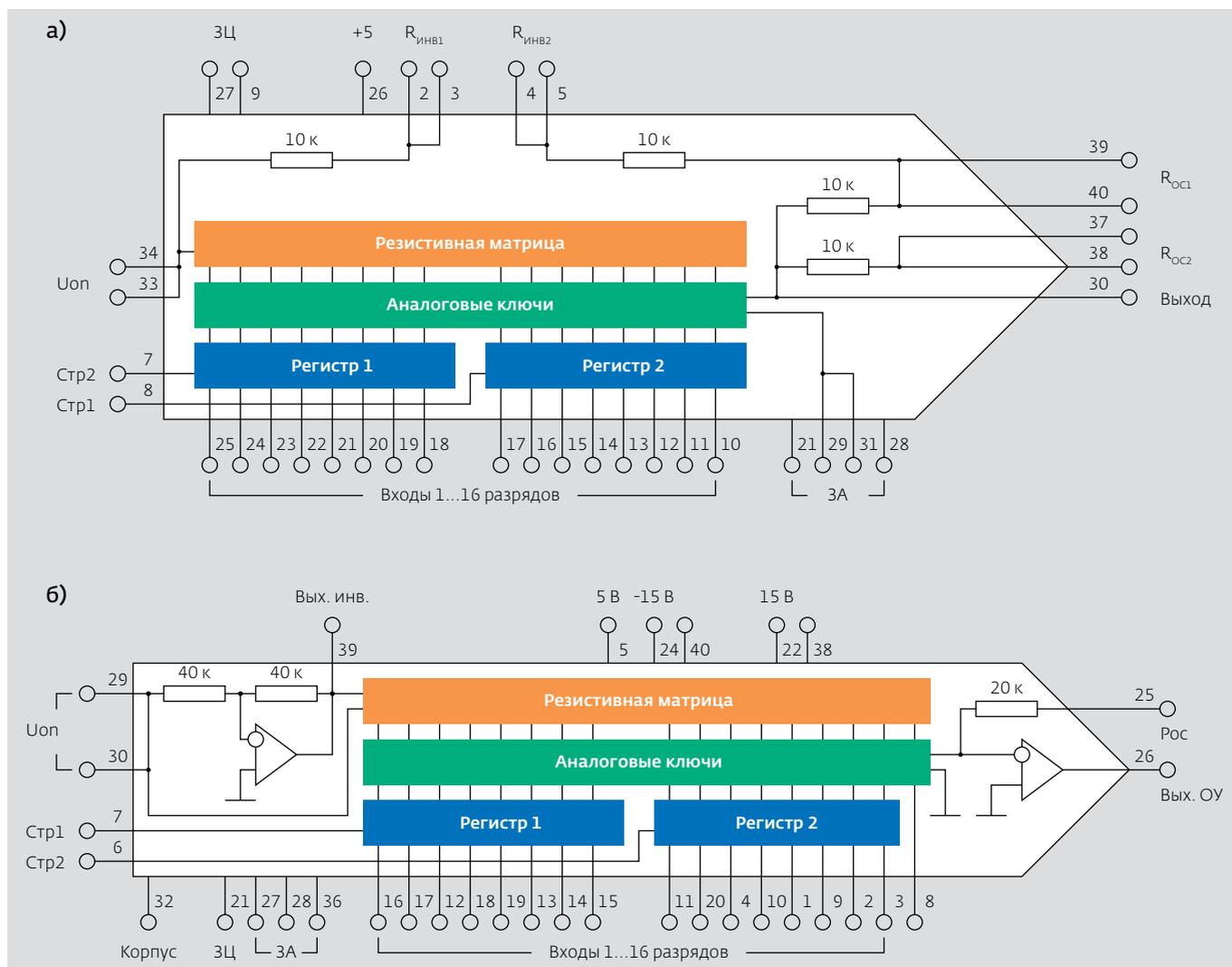


Рис.2. Блок-схемы ЦАП с выходом по току (а) и напряжению (б)

Установка позволяет измерять параметры ЦАП как в обычной среде, так и в термокамере, для чего к ней подключают контактирующее устройство. Все операции – подготовительные,

непосредственного измерения, обработки данных, статистической обработки результатов – выполняются автоматически под управлением компьютера в соответствии с главным меню (рис.5).



Рис.3. Установка измерения статических характеристик ЦАП "УИСП-70"

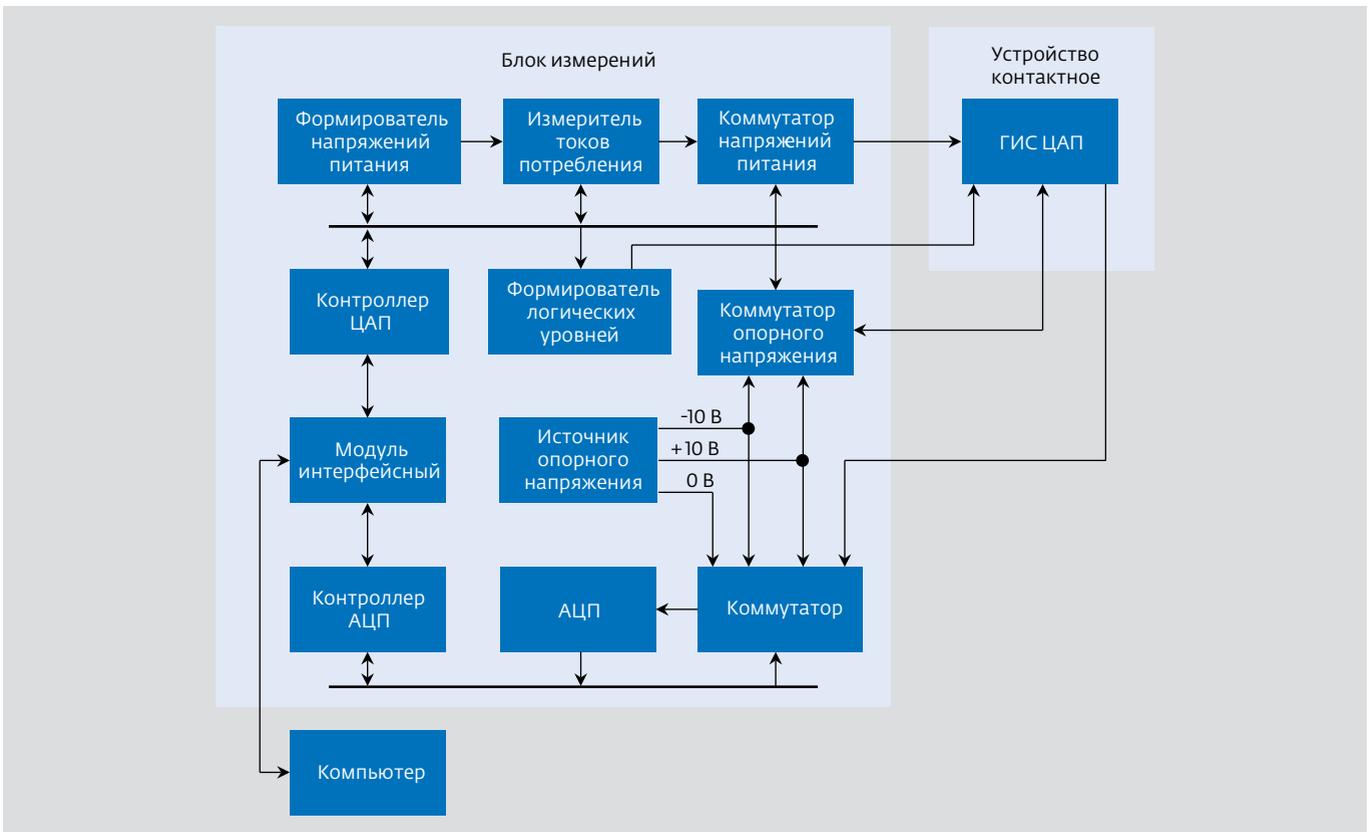


Рис.4. Структурная схема установки

Компьютер задает команды контроллеру ЦАП, который в соответствии с ТУ на измеряемый тип ГИС ЦАП устанавливает значения его напряжения питания, напряжения логических уровней, полярность опорного напряжения, а также обеспечивает измерение его токов потребления. Работой узлов измерительной схемы управляет контроллер АЦП. Коммутатор обеспечивает подачу напряжения нуля и опорных напряжений на вход измерительного АЦП,

что позволяет осуществить калибровку измерительного тракта, а также выходного сигнала измеряемого ЦАП. Выходные данные АЦП через контроллер передаются компьютеру, который выполняет окончательную обработку данных и выводит результаты измерений в виде таблицы (рис.6).

Для установки "УИСП-70" характерны следующие пределы допустимых значений относительной погрешности измерения:

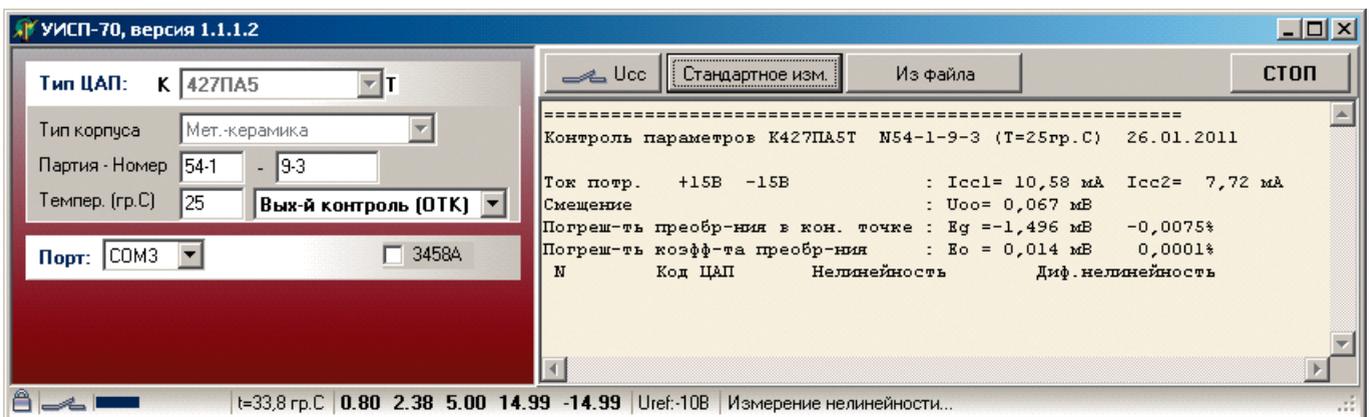


Рис.5. Главное меню

- дифференциальной нелинейности (E_{LD}) в заданной точке характеристики преобразования в диапазоне от -0,01 до 0,01% от полной шкалы – не более $\pm 0,0001\%$ и в диапазоне от 0,01 до $\pm 0,05\%$ от полной шкалы – не более $\pm(0,02E_{LD} + 0,0001)\%$;
 - нелинейности (E_L) в заданной точке характеристики преобразования в диапазоне от -0,01 до 0,01% от полной шкалы – не более $\pm 0,0001\%$ и в диапазоне от $\pm 0,01$ до $\pm 0,05\%$ от полной шкалы – не более $\pm(0,05E_L + 0,0001)\%$;
 - преобразования в конечной точке (E_C) в диапазоне от -0,02 до 0,02%, – не более $\pm 0,005\%$;
 - коэффициента преобразования (E_O) в диапазоне от -0,2 до 0,2% – не более $\pm 0,002\%$;
 - напряжения смещения нуля U_{00} в диапазоне от -10 до 10 мВ – не более $\pm(0,0005U_{00} + 10 \text{ мкВ}) \text{ мкВ}$;
 - тока смещения нуля I_{00} в диапазоне от -20 до 20 нА – не более $\pm 2 \text{ нА}$ и в диапазоне от -800 до 800 нА – не более $\pm 10 \text{ нА}$;
 - выходного тока I_{DRH} ЦАП с выходом по току в диапазоне от -4 до 4 мА – не более $\pm 0,04 \text{ мА}$;
 - токов потребления I_{CC} по цепям питания 15 В, -15 В и 5 В в диапазоне от -40 до 40 мА – не более $\pm(0,015I_{CC} + 10 \text{ мкА}) \text{ мА}$.
- К другим метрологическим характеристикам установки "УИСП-70" относятся:
- подача на измеряемую ГИС ЦАП напряжения питания $U_{CC1}=15 \text{ В}$, $U_{CC2}=-15 \text{ В}$, $U_{CC3}=5 \text{ В}$ в диапазоне $\pm 10\%$ с относительной погрешностью не более $\pm 0,5\%$;
 - независимое измерение значения напряжения питания U_{CC} с дискретностью 5%;
 - подача на измеряемую ГИС ЦАП опорного напряжения U_{REF} 10 или -10 В с относительной погрешностью не более $\pm 0,1\%$;
 - подача на измеряемую ГИС ЦАП уровней логического нуля в диапазоне от 0,1 до 0,8 В и логической единицы в диапазоне от 2,4 до 5,0 В.

Номер, i	Входной код N(i)	EL (i), мкВ	EL (i), %	ELD (i), мкВ	ELD (i), %
1	_00000000000000000001	1,1	0,00001	1,1	0,00001
2	_00000000000000000010	2,9	0,00001	1,8	0,00001
3	_000000000000000000100	6,3	0,00003	3,1	0,00002
4	_0000000000000000001000	6,9	0,00003	0,0	0,00000
5	_00000000000000000010000	7,7	0,00004	-0,1	0,00000
6	_000000000000000000100000	8,3	0,00004	2,6	0,00001
7	_0000000000000000001000000	7,6	0,00004	3,5	0,00002
8	_00000000000000000010000000	8,3	0,00004	6,3	0,00003
9	_000000000000000000100000000	10,4	0,00005	11,1	0,00006
10	_0000000000000000001000000000	13,5	0,00007	12,9	0,00006
11	_00000000000000000010000000000	14,0	0,00007	8,5	0,00004
12	_000000000000000000100000000000	10,5	0,00005	5,0	0,00002
13	_0000000000000000001000000000000	8,6	0,00004	7,5	0,00004
14	_00000000000000000010000000000000	9,4	0,00005	7,2	0,00004
15	_000000000000000000100000000000000	10,4	0,00005	5,9	0,00003
16	_0000000000000000001000000000000000	-5,3	-0,00003	-9,7	-0,00005
17	_00000000000000000010000000000000000	-3,1	-0,00002	7,5	0,00004
18	_000000000000000000100000000000000000	-18,0	-0,00009	-9,3	-0,00005
19	_0000000000000000001000000000000000000	-16,7	-0,00008	6,2	0,00003
20	_00000000000000000010000000000000000000	-23,9	-0,00012	-3,9	-0,00002
21	_000000000000000000100000000000000000000	-21,6	-0,00011	7,1	0,00004
22	_0000000000000000001000000000000000000000	-29,0	-0,00014	-3,9	-0,00002
23	_00000000000000000010000000000000000000000	-25,9	-0,00013	6,0	0,00003
24	_000000000000000000100000000000000000000000	-27,2	-0,00014	-0,8	0,00000
25	_0000000000000000001000000000000000000000000	-21,3	-0,00011	8,3	0,00004
26	_00000000000000000010000000000000000000000000	-30,1	-0,00015	-10,3	-0,00005
27	_000000000000000000100000000000000000000000000	-26,0	-0,00013	7,1	0,00004
28	_0000000000000000001000000000000000000000000000	-20,5	-0,00010	2,2	0,00001
29	_000000000000000000100000000000000000000000000000	-8,0	-0,00004	8,8	0,00004

Рис.6. Таблица результатов измерений

Технические характеристики ЦАП НИИЭМП и зарубежных фирм

Параметр	Значение						
	427ПА2	427ПА4	К427ПА2Т	К427ПА4Т	LTC1821 (Liner Technology)	К427ПА5Т	DAC1139 (Analog Devices)
Число разрядов, бит	16	16	16	16	16	18	18
Погрешность преобразования в конечных точках, %	±0,05	±0,05	±0,05	±0,024	±0,024	±0,05	±0,03
Дифференциальная нелинейность, %	±0,0015	±0,0015	±0,0008	±0,0008	±0,0015	±0,0002	±0,0002
Нелинейность, %	±0,003	±0,003	±0,0015	±0,0015	±0,0015	±0,0002	±0,0002
Время установления, мкс	5	20	5	20	–	20	8
Температурный коэффициент смещения, мкВ/°С	–	±15	–	±5	–	–	–
Температурный коэффициент дифференциальной нелинейности, 10 ⁻⁶ /°С	±1			–	–	±0,5	±1
Температурный коэффициент нелинейности, 10 ⁻⁶ /°С	±1			–	–	±0,5	±0,5
Диапазон температур, °С	-60...85			–	-40...85	-45...85	-40...85

Установка обеспечивает вывод протокола полученных результатов измерений в текстовый файл на жесткий диск компьютера или на бумажный носитель через принтер. Изоляция между цепью питания и зажимом "земля" в обычных условиях выдерживает действующее значение испытательного напряжения переменного тока 1500 В с частотой (50 ±1) Гц в течение 1 мин. Сопротивление

изоляции между цепью питания 220 В и зажимом "земля" блока измерения – не менее 20 МОм.

Максимальная мощность потребления от сети электропитания при измерениях ≤ 300 ВА, время установления рабочего режима не менее 1 ч. Среднее время наработки на отказ ≥ 4000 ч.

Средний срок службы установки ≥ 8 лет, продолжительность непрерывной работы установки

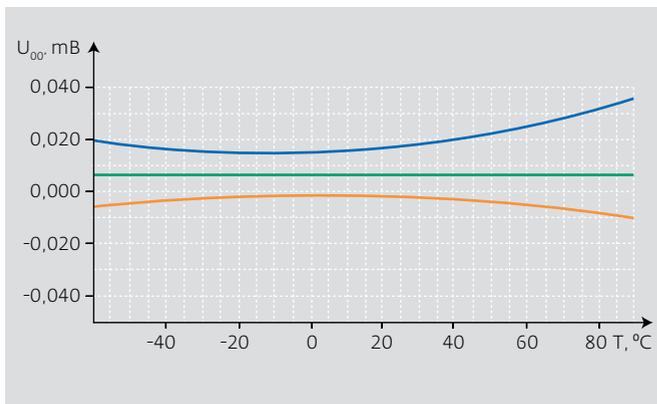


Рис.7. Зависимость напряжения смещения U_{00} от температуры среды при $U_{CC1}=15$ В, $U_{CC2}=-15$ В, $U_{CC3}=5$ В, $U_{REF}=10$ В, $R_L=10$ кОм (границы 80% разброса)

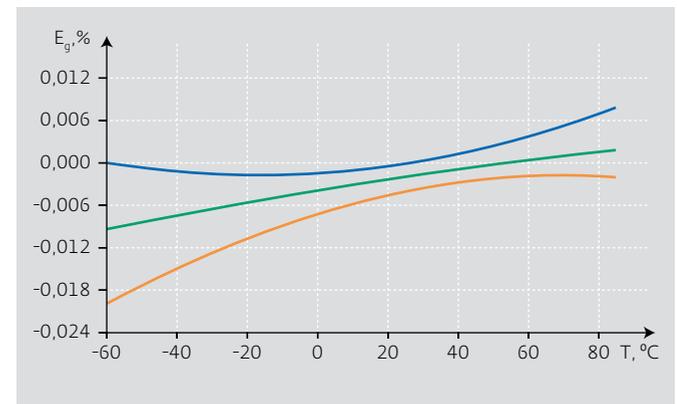


Рис.8. Зависимость погрешности в конечной отрицательной точке характеристики преобразования от температуры среды при $U_{CC1}=15$ В, $U_{CC2}=-5$ В, $U_{CC3}=5$ В, $U_{REF}=10$ В, $R_L=10$ кОм (границы 80% разброса)

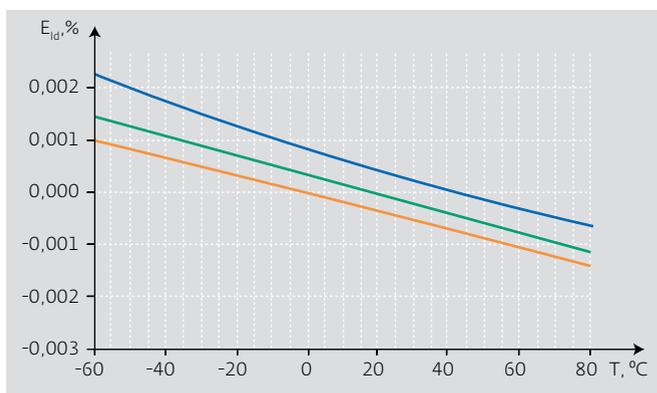


Рис.9. Зависимость дифференциальной нелинейности от температуры среды при $U_{CC1}=15\text{ В}$, $U_{CC2}=-15\text{ В}$, $U_{CC3}=5\text{ В}$, $U_{REF}=10\text{ В}$, $R_L=10\text{ кОм}$ (границы 80% разброса)

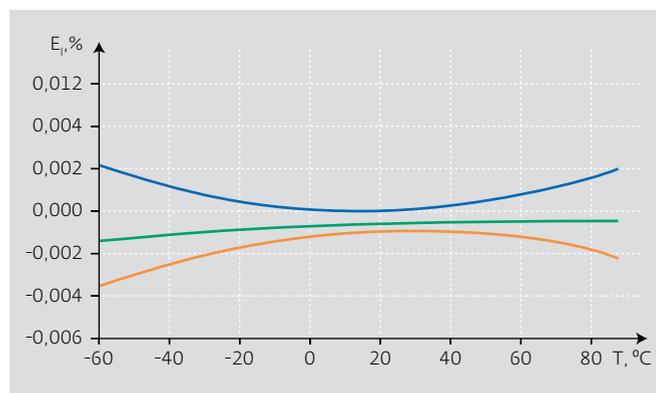


Рис.10. Зависимость нелинейности от температуры среды при $U_{CC1}=15\text{ В}$, $U_{CC2}=-15\text{ В}$, $U_{CC3}=5\text{ В}$, $U_{REF}=10\text{ В}$, $R_L=10\text{ кОм}$ (границы 80% разброса)

без времени установления рабочего режима $\geq 8\text{ ч}$, время перерыва до повторного включения $\geq 1\text{ ч}$.

Эти результаты получены на выборке в 25 микросхем серии K427ПА4Т.

Габариты установки – не более 540520170 мм, масса блока измерений – не более 15 кг.

Установка "УИСП-70" дополнительно комплектуется термокамерой типа КТХ-0,015-60/125 РУКЮ.411521.02 РЭ собственного производства, позволяющей измерять параметры изделия

в диапазоне температур $-60\dots 125^\circ\text{C}$ (рис.7-10). Нестабильность температуры в рабочем объеме камеры не превышает $\pm 0,2^\circ\text{C}$.

Таким образом, разработана и проведена метрологическая аттестация установки для прецизионных измерений гибридных ЦАП серии K427ПА.

В настоящее время проводятся работы по включению установки "УИСП-70" в Государственный реестр средств измерений. ●

БАТАРЕИ ИЗ "ЖЕЛЕ" – ДОСТАТОЧНО МОЩНЫЕ, БЕЗОПАСНЫЕ, ДЕШЕВЫЕ, МАЛОГАБАРИТНЫЕ

Исследователи Лидского университета (Англия) разработали полимерный гель, который может удешевить производство литиевых батарей без ухудшения их рабочих параметров. При этом возможно создание гибких батарей. Технология лицензирована американской компанией Polystor Energy, которая намерена коммерциализировать топливные элементы на основе полимерного геля для бытовой электроники.

Полимерный гель выглядит как твердая пленка, хотя в нем содержится 70% жидкого электролита. Изготавливается гель так же, как и желе – заливкой "желатина" горячей водой, в результате чего образуется смесь полимера и электролита, которая при охлаждении образует твердую, но гибкую массу. Ячейкам из такой гибкой пленки можно придать любую форму любых размеров практически под любой прибор.

Разработчики считают, что гель сможет заменить жидкий электролит, используемый в перезаряжаемых литиевых батареях. Новый гель позволит отка-

заться от применения в сепараторах литиевых батарей, что упростит их конструкцию. Разработчиками запатентован процесс производства, получивший название экструдирования/ламинирования и позволяющий формировать между анодом и катодом гелиевый диэлектрик нанотолщины с высокой скоростью (до 10 м/с). Особенность процесса в том, что разделение твердой и жидкой фаз гелиевого полимера происходит при соприкосновении с электродами. Получающаяся в результате пленка может быть обрезана до любого размера. Кроме того, операция формирования гелиевой пленки обеспечивает хорошую изоляцию электродов.

По утверждению разработчиков, созданные ими батареи из "желе" столь же безопасны, как и полимерные батареи, а по своим характеристикам не уступают батареям с жидким наполнителем. Но в то же время они на 10–20% дешевле этих батарей.

EE Times, 9/12/2011