

Погрешности измерений АЦП блока CDAC20

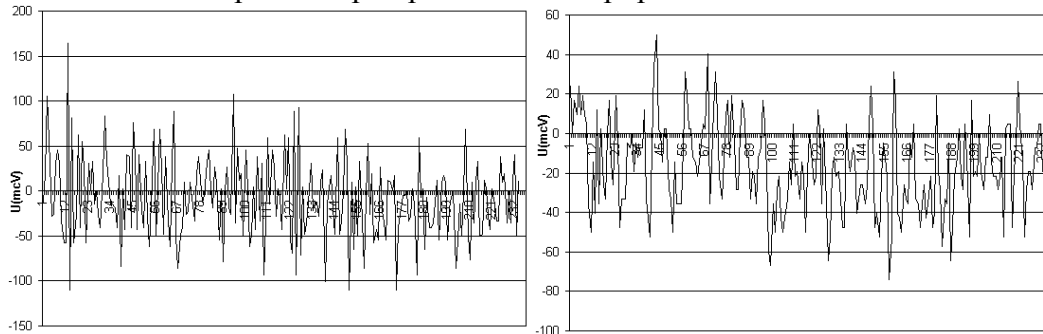
Этот документ следует рассматривать как продолжение документа ANC05.

В этом документе рассматриваются следующие вопросы:

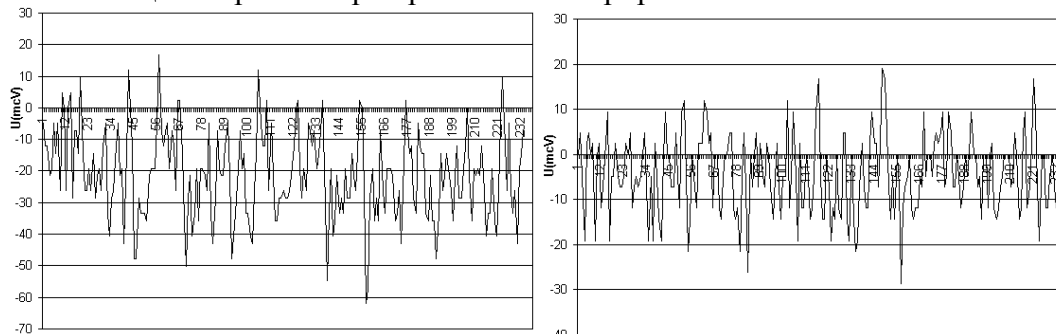
- шумы преобразователя при различных временах интегрирования и погрешности, вызванные шумами;
- линейность преобразователя и термостабильность;
- суммарная погрешность на разных временах интегрирования;
- измерения сигналов переменного напряжения (пульсаций источников питания).

Одной из существенных составляющих погрешностей измерений (по крайней мере при малом времени интегрирования) является шум преобразователя. Ниже приводятся картинки, иллюстрирующие шумы устройства. Измерения производились блоком CDAC20 сигнала 0 В при 8-ми временах интегрирования.

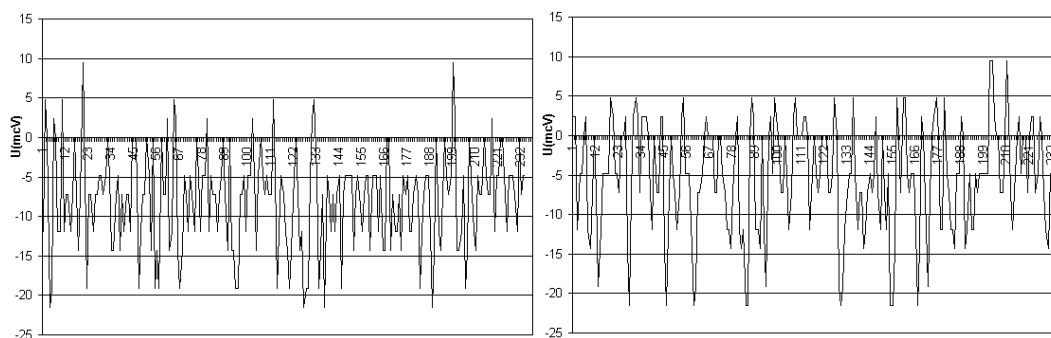
Оциллограммы при временах интегрирования 1 и 2 мсек/отсчет.



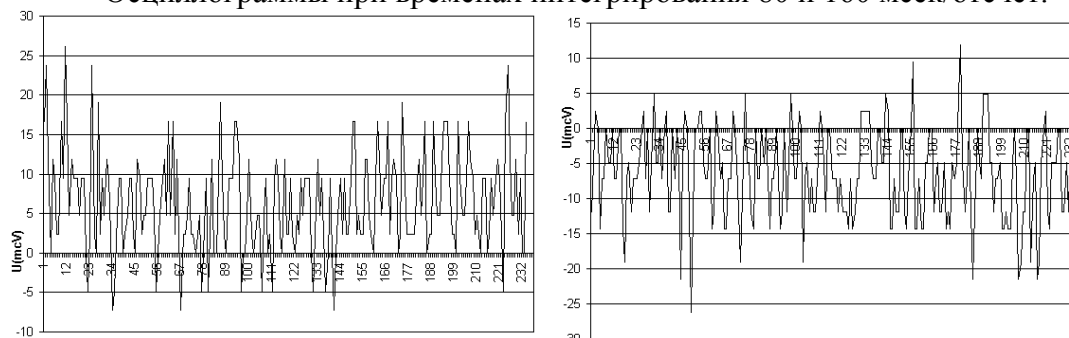
Оциллограммы при временах интегрирования 5 и 10 мсек/отсчет.



Оциллограммы при временах интегрирования 20 и 40 мсек/отсчет.



Осциллограммы при временах интегрирования 80 и 160 мсек/отсчет.

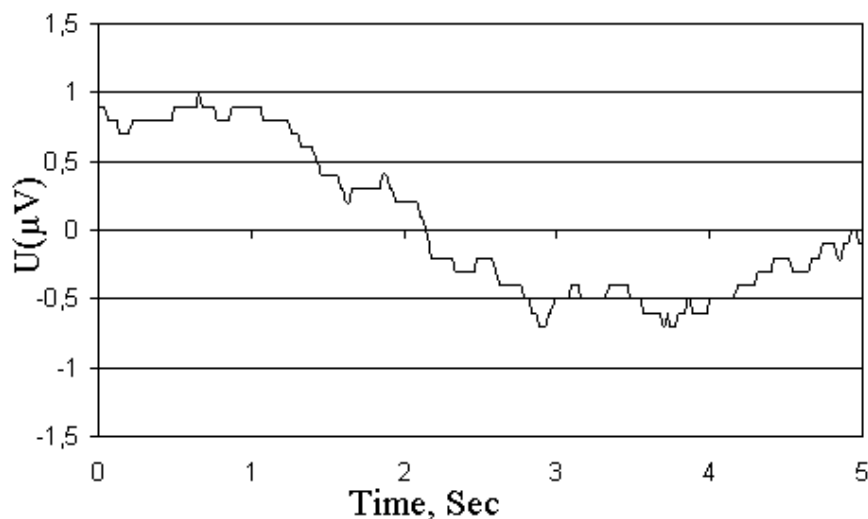


Из приведенных осциллограмм можно составить таблицу ограничения точности шумами (разрешающая способность прибора).

Время интегрирования	Шумы (пик-пик)	Разрешающая способность (бит)	Разрешающая способность (%)
1 мсек	300 мкВ	16	0,0015%
2 мсек	125 мкВ	17,3	0,0006%
5 мсек	70 мкВ	18,1	0,0004%
10 мсек	45 мкВ	18,7	0,0002%
20 мсек	40 мкВ	18,9	0,0002%
40 мсек	40 мкВ	18,9	0,0002%
80 мсек	40 мкВ	18,9	0,0002%
160 мсек	40 мкВ	18,9	0,0002%

Учитывая, что для прибора на основных пределах гарантируется погрешность 0,003% можно увидеть, что шумы не превышают эту погрешность на всех пределах. Из таблицы видно, что шумы на старших пяти временных пределах практически одинаковы. Теоретически так и должно быть. Вторым ярким фактом - на коротких временах у этого прибора гораздо более высокое разрешение, чем у прибора CANADC40.

Низкий уровень шумов позволяет раздвинуть области применения устройства. В частности, если прибор будет оцифровывать сигнал с периодом 10 мсек, а ЭВМ будет усреднять данные за 160 мсек, то результирующие коды будут следовать через 160 мсек, а уровень шумов упадет ниже 10 мкВ. Усреднение по большей базе позволит уменьшить шумы еще сильнее. Этот механизм был использован при измерении динамики тока в сверхпроводящем магните для установки BESSY. Картинка шумов после такой обработки показана ниже.

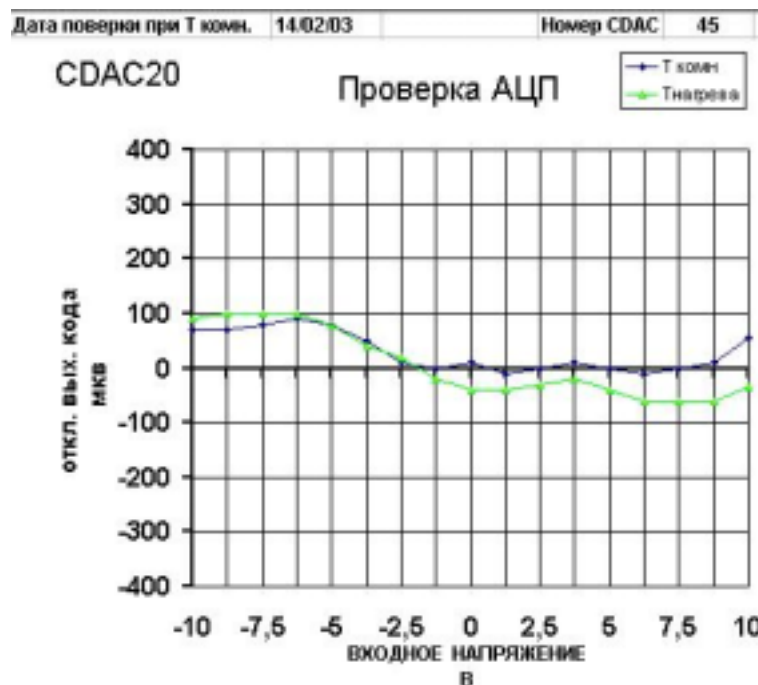


Из картинки видно, что динамический диапазон удалось раздвинуть до 10 миллионов.

Однако, описанный метод повышения разрешающей способности устройства имеет существенные ограничения. Если внимательно взглянуть на осциллограммы шумов, приведенные в начале документа, то видно, что уровень «нуля», который получится после усреднения картинки, флюктуирует, но всегда лежит в полосе шумовой дорожки. Это связано с тем, что при каждой процедуре калибровки сигнал измеряется с той же точностью (и теми же шумами) что и внешний сигнал. Таким образом, после каждой процедуры калибровки новый «нуль» и масштаб АЦП будут несколько отличаться от значений перед данной калибровкой, и это отклонение имеет величину порядка шумов на данном диапазоне. Отсюда следует два вывода. Во-первых, повышение разрешения устройства имеет смысл только в одноканальном режиме. Во-вторых, имеют смысл только относительные измерения, так как абсолютная точность определяется не усредненными шумами. И дополнительное следствие, за время измерений температура среды не должна заметно измениться, чтобы сохранить точность относительных измерений.

В случае измерения динамики тока в сверхпроводящем магните все эти условия были выполнены. После старта прибора в одноканальном режиме снимались два кадра по 256 измерений с интервалом между ними около 15 минут. В таком режиме удавалось заметить изменение тока в магните и внести соответствующую коррекцию.

Ниже приводится картинка отклонения измеренного блоком CDAC20 напряжения эталонного ЦАПа от истинного при комнатной температуре и при температуре 50С.



Из картинки можно увидеть, что для данного экземпляра блока температурный дрейф в диапазоне температур 20-50 градусов не превышает значения 100 мкВ, что соответствует относительному значению 0,001%. Это удачный экземпляр, тем не менее проверка температурных зависимостей

нескольких десятков блоков не выявила блоков с дрейфом масштаба выше заявленного (0,003%).

Из приведенной картинке можно также увидеть, что нелинейность измерителя также невысока. Действительно, теоретическая величина уровня нелинейности ниже 0,0015%.

Если одновременно учесть источники погрешностей одновременно с шумами устройства, то можно составить следующую таблицу.

Время интегрирования	Погрешность (%)	Разрешающая способность (%)
1 мсек	0,003%	0,0015%
2 мсек	0,003%	0,0006%
5 мсек	0,003%	0,0004%
10 мсек	0,003%	0,0002%
20 мсек	0,003%	0,0002%
40 мсек	0,003%	0,0002%
80 мсек	0,003%	0,0002%
160 мсек	0,003%	0,0002%

Следует упомянуть об измерениях переменного напряжения. Типичное применение устройства CDAC20- в составе прецизионных источников питания. Одной из нередких неисправностей в таких системах являются неисправности фильтра на первичном выпрямителе. В таких случаях на выходах источников питания появляются пульсации с частотой 50, 100 или 300 Гц. Эти пульсации вполне могут быть зарегистрированы блоком.

В заключение следует отметить еще один факт. В многоканальном режиме точностные характеристики прибор сохраняет только на основных временных пределах (20, 40, 80 и 160 мсек).