

УДК 621.317.351

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИДЕНТИЧНОСТИ ВХОДНЫХ КАНАЛОВ ЦИФРОВЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

Б.А. Конобеев, А.В. Клеопин, И.В. Обухов, В.В. Окунев-Раракин

*ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Мытищи, Московская обл.
32gnii@mil.ru*

В работе проведена оценка рассогласования каналов цифрового осциллографа для выполнения высокоточных измерений, требующих использования одновременно двух каналов.

Ключевые слова: импульсное напряжение, измерения, цифровые осциллографы, каналы, погрешность измерений.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF IDENTITY OF INPUT CHANNELS OF DIGITAL OSCILLOSCOPES

B.A. Konobeev, A.V. Kleopin, I.V. Obukhov, V.V. Okunev-Rarakin

*FSBI "MSMC" Ministry of Defense of Russia, Mytishchi, Moscow region
32gnii@mil.ru*

The work assesses the mismatch of the digital oscilloscope channels to perform high-precision measurements that require usage of two channels simultaneously.

Key words: pulse voltage, measurements, digital oscilloscopes, channels, measurement error.

При работе с осциллографом часто необходимо одновременно использовать несколько каналов. При этом понимается, что погрешность измерений в каждом канале находится в пределах, установленных НТД.

Производители осциллографов обычно не указывают в качестве метрологической характеристики осциллографа разности измерений амплитуды и напряжения постоянного тока в разных каналах, учитывая, что она находится в нормируемых пределах погрешности коэффициента отклонения и не более чем на это значение влияет на результаты измерений. Однако в ряде случаев необходимо, чтобы значение этой разницы было известным. Один из таких случаев — компенсационный метод измерений амплитуды импульсов [1].

Суть компенсационного метода измерений импульсного напряжения состоит в том, что на цифровом осциллографе проводится сравнение измеряемого импульсного напряжения $U_{\text{изм}}$ с компенсирующим постоянным напряжением $U_{\text{комп}}$, величина которого определена с высокой точностью. Таким образом, суммарная погрешность измерений импульсного напряжения будет складываться из погрешности установки постоянного компенсирующего напряжения $\Delta U_{\text{комп}}$ и погрешности сравнения $\Delta U_{\text{ср}}$:

$$\Delta U_{\Sigma} = F(\Delta U_{\text{КОМП}}, \Delta U_{\text{СР}}). \quad (1)$$

Погрешность сравнения $\Delta U_{\text{СР}}$ в данном случае обусловлена минимальной дискретностью установки компенсирующего напряжения $\Delta U_{\text{МД}}$, разрешающей способностью $\Delta U_{\text{Р}}$, значением собственных шумов осциллографа $\Delta U_{\text{Ш}}$, а также рассогласованием трактов вертикального отклонения $\Delta U_{\text{Н}}$ и может быть выражена как

$$\Delta U_{\text{СР}} = F(\Delta U_{\text{Р}}, \Delta U_{\text{Ш}}, \Delta U_{\text{МД}}, \Delta U_{\text{Н}}). \quad (2)$$

Подставив выражение (2) в (1), получим

$$\Delta U_{\Sigma} = F(\Delta U_{\text{КОМП}}, \Delta U_{\text{Р}}, \Delta U_{\text{Ш}}, \Delta U_{\text{МД}}, \Delta U_{\text{Н}}). \quad (3)$$

В данной статье рассматривается только влияние рассогласования каналов $\Delta U_{\text{Н}}$, так как остальные составляющие погрешности были исследованы в работе [2], в которой показано, что для применения компенсационного метода необходимо, чтобы рассогласование между каналами осциллографа не превышало 10 % от суммарной погрешности измерений амплитуды импульсов.

Для оценки рассогласования каналов на входы осциллографа DL9240 подавалось постоянное напряжение 10, 100, 200, 500, 1000 мВ с выхода калибратора постоянного напряжения К6-10ВК. В каждой точке проводилось по 100 измерений. Для этого на осциллографе выставлялись развёртка по горизонтали 5 мкс/дел, а коэффициенты отклонения по вертикали — 2 мВ/дел, 20 мВ/дел, 40 мВ/дел, 100 мВ/дел, 200 мВ/дел.

Среднее значение из 100 результатов измерений по каждому каналу на каждом напряжении рассчитано по формуле:

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}, \quad (4)$$

где \bar{U} — среднее арифметическое значение; n — число измерений; U_i — i -й результат измерений.

Обобщённые результаты расчёта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Установленное значение напряжения постоянного тока		10 мВ	100 мВ	200 мВ	500 мВ	1000 мВ
Среднее значение результатов измерений U , мВ	Канал 1	10,35	100,851	200,766	500,676	1000,437
	Канал 2	10,36	102,194	202,097	501,936	1001,58
	Канал 3	10,27	101,501	201,337	500,952	1000,268
	Канал 4	10,41	101,296	201,253	501,051	1000,658

Максимальная разность между результатами измерений каналов для напряжений 10, 100 и 200 мВ превышает 10 % от суммарной погрешности измерений импульсного напряжения на данном осциллографе, что недопустимо для применения компенсационного метода измерений напряжения. Однако можно составить таблицу рассогласований пар каналов, по которой выбрать пару каналов с наименьшим рассогласованием между собой.

Рассогласования между всеми каналами на всех напряжениях приведены в табл. 2

Таблица 2

Значение напряжения постоянного тока	10 мВ	100 мВ	200 мВ	500 мВ	1000 мВ	
Разность результатов измерений между парами каналов, мВ	1 и 2	0,01	1,343	1,331	1,26	1,143
	1 и 3	0,08	0,65	0,571	0,276	0,169
	1 и 4	0,06	0,445	0,487	0,375	0,221
	2 и 3	0,09	0,693	0,76	0,984	1,312
	2 и 4	0,05	0,898	0,844	0,885	0,922
	3 и 4	0,14	0,205	0,084	0,099	0,39

Из таблицы 2 видно, на каких парах каналов рассогласование минимально. Для наглядности на рисунке представлен график функции рассогласования пар каналов от напряжения.

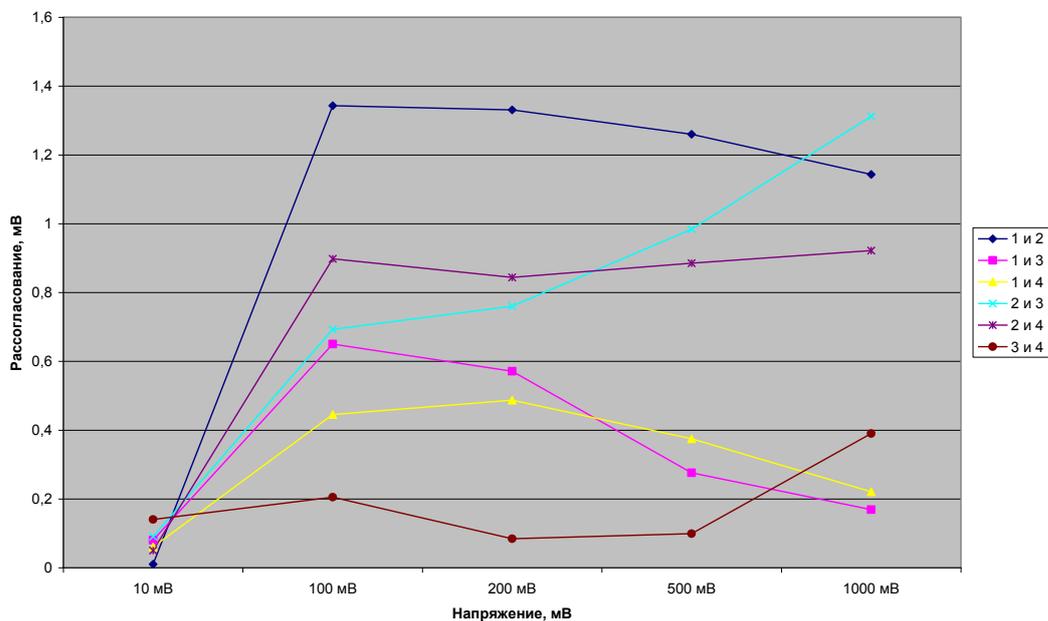


Рис. Функции рассогласования пар каналов в зависимости от измеренного напряжения постоянного тока

Как видно из графика, каналы 3 и 4 имеют наименьший уровень рассогласования при измерениях постоянного напряжения в точках 100, 200, 500 мВ. При измерении постоянного напряжения в точке 10 мВ пара каналов 1 и 2 имеет наименьший уровень рассогласования. Вместе с тем установлено, что в точке 1000 мВ пара каналов 1 и 3 имеет наименьший уровень рассогласования. Однако разница в рассогласовании между парами каналов 3 и 4 и парой с минимальными значениями рассогласования на 10 и 1000 мВ составляет 0,13 и 0,221 мВ дополнительной абсолютной погрешности соответственно, что составляет 29,5 и 0,5 % от суммарной погрешности измерений импульсного напряжения.

Следовательно, для измерений импульсного напряжения с использованием одновременно пары каналов на данном осциллографе достаточно использовать 3-й и 4-й каналы, кроме напряжения в 10 мВ, так как допустимый уровень рассогласования в точке 10 мВ дают только 1 и 2 каналы. Их рассогласование составляет 2,27 % от суммарной погрешности.

Таким образом, в результате исследований установлено рассогласование каналов осциллографа DL9240. Сделаны рекомендации по использованию каналов, на которых рассогласование составляет менее 10 % от суммарной погрешности измерений импульсного напряжения. Это позволяет проводить высокоточные измерения, требующие использования одновременно двух каналов.

Литература

1. Панфилов В.А. Электрические измерения. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 288 с.
2. Окунев-Паракин В.В. Применение компенсационного метода для уменьшения погрешности измерений импульсного напряжения осциллографом / Вестник метролога. Мытищи: 2012. № 3. С. 25–27.