

Применение эталонного метода повышения точности измерений в многоканальном термопрофилографе.

А.А. Вострокнутов, Л.А. Ковешников,
В.П. Якубовский

Экспериментальное отделение Морского гидрофизического института НАН Украины
334247, п. Кацивели, г. Ялта, ул. Шупейкина, 9

На примере конкретной многоканальной аппаратуры с временным разделением каналов описан алгоритм измерений в модификации опорного канала.

В ЭО МГИ в составе автоматизированной системы "Ринг" функционирует многоканальный измеритель профиля температуры. Каждый из 16 измерительных каналов включает в себя активный мост, ключи. Усилитель и АЦП двойного интегрирования являются общими для всех каналов.

Ошибки измерений в каналах возникают именно в этих четырех перечисленных функциональных блоках, так как после оцифровки в штатном режиме работы системы они появиться не могут.

Закономерно возникает вопрос: имея два из четырех функциональных блока общих для всех измерительных температурных каналов, нельзя ли, опираясь на характерные признаки (признак), считать активный измерительный мост и ключевую схему функционально квазиобщими для всех измерительных каналов?

Положительный ответ на него даёт основания в одном из измерительных каналов включить на входе эталонный имитатор датчика температуры и применить в имеющейся измерительной системе известный способ повышения точности измерений по эталонному элементу.

Анализ причин возможных изменений коэффициентов передач рассматриваемых функциональных блоков показал, что относительное изменение коэффициентов передач мостов, а также ключевых схем каналов близки по значению, и значит, имея в виду этот вывод, совокупность активных мостов и совокупность ключевых схем можно рассматривать функционально по параметру относительного изменения коэффициента передачи как квазиобщие блоки измерительных каналов термопрофилографа. При анализе в качестве от-

правных рассматривались такие факты: первое, узлы каждого функционального устройства идентичны, выполнены с применением одной элементной базы; второе, функциональные устройства находятся в объёме термостата в одних и тех же температурных условиях; третье, все мосты питаются от одного источника стабильного напряжения, любые изменения которого одинаково сказываются на работе мостов; четвёртое, активные элементы мостов выполнены с применением прецизионных усилителей К140УД17А в режиме повторителей.

Эксперимент, выполненный с целью определения взаимосвязи временных относительных изменений коэффициентов передач по отдельным каналам термопрофилографа охватывал одновременно все функциональные блоки "Ринга", показал хорошую корреляцию между относительными изменениями коэффициентов передач по отдельным каналам и тем самым подтвердил выводы предварительного анализа.

Термопрофилограф и аппаратура цифрового преобразования "Ринга" – системы линейные. В каждом канале

$$N = K (R_0 - R), \text{ здесь } (1)$$

N – код, поступающий в компьютер;

K – коэффициент передачи измерительного канала;

R_0 – константа измерительного моста;

R – сопротивление датчика температуры, подключённого к мосту.

Из (1) при условии R – константа следует, что относительное изменение коэффициента передачи

$$\Delta K / K = \Delta N / N \quad (2)$$

Таким образом, подключив к мостам термопрофилографа высокостабильные сопротивления – имитаторы датчиков температуры, – можно наблюдать временные относительные изменения коэффициентов передач по всем измерительным каналам термопрофилографа одновременно. Предварительно один из каналов условно принимается за эталонный и после входа аппаратуры в рабочий режим фиксируются значения N по всем каналам, имитируется калибровка.

Чтобы исключить повторение аналогичных материалов, сразу приведем здесь результат эксперимента по коррекции ошибок измерений. Положительный результат в данном случае говорит о том, что заложенная в алгоритм коррекции ошибок предпосылка равенства относительных изменений коэффициентов передач всех изме-

рительных каналов термопрофилографа является верной.

Введём обозначения индексов.

n – номер канала; i – текущее значение кода или другого параметра; o – значение кода или другого параметра в момент калибровки; $э$ – код опорного канала; $к$ – скорректированное значение кода.

От равенства (2) переходим к равенству

$$K_i / K_o = N_i / N_o \quad (3)$$

Основная идея, заложенная в алгоритм коррекции ошибок измерений, заключается в том, что в каждом цикле измерения профиля температуры в момент i определяется значение $N_{эi} / N_{эo}$. Скорректированный код канала под номером n

$$N_{niк} = N_{ni} N_{эo} / N_{эi} \quad (4)$$

В демонстрационном материале ограничимся четырьмя каналами, по другим каналам результат аналогичный. Ко входам мостов термопрофилографа были подключены высокостабильные сопротивления. Все изменения кодов определялись не внешними факторами (датчиками температуры), а внутренней работой термопрофилографа. Коррекция коэффициентов передач выполнялась по всем измерительным каналам.

Таблица

Калибровка 2.07.98 в 15 ч. 46 мин.

	$N_{эo}$	N_{10}	N_{20}	N_{30}			
	3746	3516	3671	3545			
число, время	$N_{эi}$	N_{ii}	N_{iik}	N_{zi}	N_{zik}	N_{si}	N_{sik}
2.07.98							
13-04	3770	3539	3516	3697	3673	3566	3543
14-13	3755	3525	3516	3681	3672	3554	3545
14-45	3751	3522	3517	3678	3673	3551	3546
15-46	3747	3518	3517	3674	3673	3548	3547
6.07.98							
8-24	3846	3611	3517	3776	3678	3632	3538
8-34	3832	3598	3517	3760	3675	3621	3540
8-44	3822	3588	3516	3749	3674	3612	3540
11-46	3750	3521	3517	3678	3674	3551	3547
12-21	3743	3514	3517	3670	3673	3545	3548
13-27	3736	3508	3517	3664	3674	3539	3548
14-52	3737	3508	3516	3664	3673	3539	3547
15-28	3737	3508	3516	3664	3673	3539	3547

Сравниваем N_{iik} с N_{10} , N_{zik} с N_{20} , N_{sik} с N_{30} и здесь же принимаем во внимание, соответственно значения N_{ii} , N_{zi} , N_{si} . Не

во всех каналах коррекция протекает так безукоризненно точно, как в первом канале.

При переходе к рабочей расчетной формуле необходимо учесть, что в нашем распоряжении идеального независимого от температуры эталонного сопротивления нет.

Для того, чтобы иметь уверенность, что опорный канал выполняет свою функцию, из кода, полученного по этому каналу, необходимо вычесть число единиц, возникших в коде в результате изменения температуры эталонного сопротивления по отношению к той, которая была в момент калибровки.

Экспериментальным путём была снята зависимость кода N_o от температуры, воздействующей на эталонное сопротивление. В диапазоне от 15°C до 43°C она оказалась линейной. Получаем температурный коэффициент эталонного сопротивления в единицах кода

$$\beta = 3,8 \text{ ед. / } ^\circ\text{C}$$

С целью контроля температуры эталонного сопротивления рядом с ним в общем для всей электронной измерительной схемы термостате был помещён датчик температуры, для чего из общего числа 16 измерительных каналов на вспомогательные цели был выделен ещё один (с опорным каналом 2). С температурной коррекцией опорного канала формула (4) приобретает вид

$$N_{niк} = \frac{N_{эo}}{N_{эi} - \beta (T_i - T_o)} N_{ni}, \text{ здесь } (5)$$

T – температура внутри термостата.

Зависимость (5) позволяет проводить натурные исследования не дожидаясь окончательного входа термостата в рабочий режим.