

# СИЭТ5-99

## СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЮДИНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ  
ВИПУСК №5

Офіційні спонсори

W.J. Export - Import, INC.  
КИЇВСЬКЕ ПРЕДСТАВНИЦТВО



Укрнафтогазбанк



УКР ЦСМ



Спеціальне  
видання  
міжнародного  
науково-технічного  
журналу  
ВОТТП

Спілка переробників  
зерна України



Міжнародний благодійний  
приватний фонд Сергія Сітька





## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В процессе изготовления, настройки, ввода в эксплуатацию рефлектометрических информационных систем большое значение имеет процесс калибровки [1;2;3]. Это связано с высоким уровнем требований предъявляемых к современным информационно-измерительным системам. Так при коммерческих замерах уровня налива нефтепродуктов при высоте резервуара 12 метров, предел допустимой погрешности измерения составляет 3 мм (согласно нормативным документам). Относительная погрешность измерения составляет при этом 0.025 %. Измерение уровня жидкости при помощи метода импульсной рефлектометрии сводится к оценке задержки между зондирующим и отраженным от продукта импульсами на рефлектограмме [4]. Погрешность измерения временных соотношений известных автоматизированных систем измерений, базирующихся на принципе импульсной рефлектометрии, составляет 1–0.5% без применения методов автоматической калибровки, и не превышает 0.2% при их использовании [1;6]. Таким образом, снижение погрешностей при изменении уровня жидкости методом импульсной рефлектометрии представляет собой важную задачу.

Основными факторами, препятствующими уменьшению погрешностей измерений методом импульсной рефлектометрии, являются нелинейность, и нестабильность во времени характеристики преобразования. Большое влияние на характеристики системы в целом оказывает блок стробоскопического преобразования [1;2;5]. Нелинейность блока вызвана отклонением быстрого пилообразного напряжения (БПН), используемого в стробоскопическом преобразователе от линейного закона нарастания. При высоких точностях измерения существенную роль начинают играть трудно устранимые высокочастотные наводки между узлами системы и искажение сигналов при прохождении их по линии связи. Факторами, влияющими на дрейф (изменение) характеристик системы являются: температура, влажность, напряжение питания старение элементов.

При условии стабильности характеристик системы на некотором отрезке времени точность измерения может быть повышена при помощи процедуры калибровки. Базовый калибровочный опыт состоит в измерении образцовым



средством измерения (например, рулеткой) ряда значений уровней нефтепродукта  $l_i$ , распределенных по диапазону измерения. Им ставится в соответствие значения задержки отраженного от нефтепродукта импульса относительно опорного импульса ( $x_i$ , где  $i = 0, 1, \dots, N - 1$ ;  $N$  – число точек в калибровочном опыте). Необходимое число точек калибровки, а также шаг их изменения зависят от конкретной формы характеристики канала и допустимой ошибки измерений. Базовый опыт калибровки позволяет учесть все погрешности, которые не изменяются с течением времени, но обладает значительной трудоемкостью и неоперативен.

В ходе исследований было предложено калибровать характеристики системы при помощи источника точных временных интервалов [3] с последующей коррекцией полученных результатов применительно к измерению уровня. Упрощенная схема такого устройства приведен на рисунке 1. Зондирующий импульс распространяется по линии задержки образованной отрезками коаксиального кабеля, которые имеют равную длину и образуют элементарные линии задержки  $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_N$ . При замыкании одного из ключей импульс отражается от него, при этом задержка отраженного импульса пропорциональна номеру ключа.

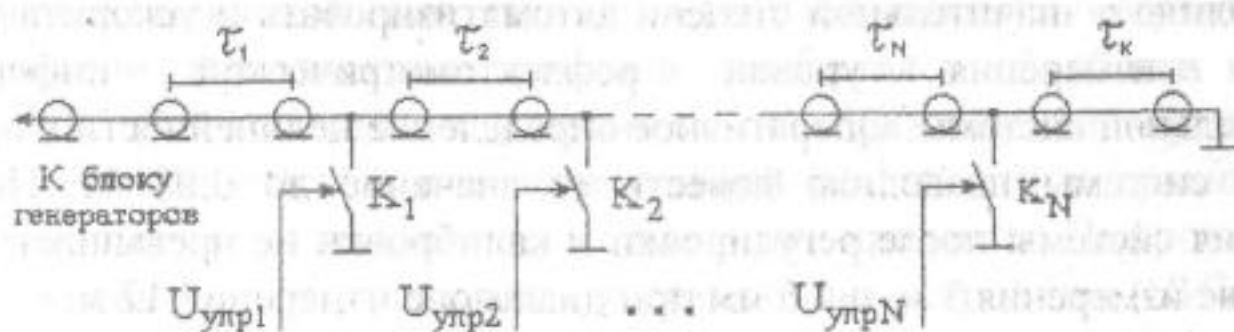


Рисунок 1

Процесс определения калибровочной функции полностью автоматизирован и выполняется под управлением ЭВМ (см. рисунок 2). Для использования результатов калибровки необходимо учесть информацию о характеристиках чувствительного элемента и положении его в резервуаре. Данная проблема решается при помощи вычисления корректирующих коэффициентов, которые могут быть получены из результатов опыта привязки [2], который состоит из серии замеров для конкретного типа датчика и способа его установки в резервуаре.

Нелинейность характеристик системы порядка 1% невозможно обнаружить визуально на осциллограммах сигналов системы. Применение автоматизированного калибратора на этапе настройки системы позволило наблюдать нелинейность в реальном масштабе времени и корректировать ее в ходе настройки. На сегодняшний день лучшие образцы имеют линейность характеристик не хуже 0.08%. Остаточная нелинейность определяется при по-



мощи автоматического калибратора и запоминается в ЭВМ для коррекции результатов измерений.



Рисунок 2

Дальнейшее повышение точности возможно при учете изменения характеристик системы со временем. Одним из вариантов уменьшения погрешностей при представлении характеристики преобразования как меняющейся во времени функции является применение методов автокалибровки. При этом Калибратор становится частью системы и используется для текущего определения (или коррекции) характеристики преобразования.

Таким образом, использование автоматического калибровочного устройства позволило в значительной степени автоматизировать и ускорить калибровку каналов измерения — уровня рефлектометрической информационно-измерительной системы. Оперативное определение нелинейности в процессе настройки системы позволило довести ее значение до 0,08 %. Погрешность измерения системы после регулировки и калибровки не превышает 3,8 мм при диапазоне измерения 3 м, и 4,6 мм при диапазоне измерений 12 м.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов / Г.В. Глебович, А.В. Андриянов, Ю.А. Введенский и др./Под. ред. Г.В. Глебовича. — М.: Радио и связь, 1984. — 256 с.
2. Логвиненко Ю.И. Особенности калибровки измерительных каналов системы «САДКО» в натуральных условиях // Зб. наук. пр. УДМТУ. — Миколаїв: УДМТУ, 1998. — №9 (357). — С.14-18.
3. Мелешко Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 216 с.
4. Применение метода импульсной рефлектометрии для измерения уровня и расстояния до раздела жидких сред/Б.Н. Гордеев, А.Ю. Грешнов, Ю.Д. Жуков, Е.О. Прищепов//Электромеханика. — 1995. — № 4. — С.27-29.
5. Рябинин Ю.А. Стробоскопическое осциллографирование. Изд. 2-е, доп. и перераб. — М.: Советское радио, 1972. — 272 с.
6. Mike T., Yamaguchi H., Nagasaki Y. An accurate Wide-band automatic waveform analyzer. — IEEE Trans., 1977, v. IM-26, № 4, p. 279.