

Для более точного результата измерения и характеризующего разбросов значения, применим формулу стандартной неопределенности электрохимического эквивалента:

$$u_k = \sqrt{\left(\frac{dK}{dm}\right)^2 u_m^2 + \left(\frac{dK}{di}\right)^2 u_i^2 + \left(\frac{dK}{dt}\right)^2 u_t^2}$$

Основным вольтметром при нахождении эквивалентов служит обыкновенно серебряный. Это объясняется тем, что методы электролитического осаждения серебра разработаны лучше других и для серебра точнее всего известно соотношение между количеством прошедшего электричества и выделившегося вещества. Результаты измерения которого показаны в табл. 1, [2].

Таблица 1 – Расчет неопределенности измерений

Величина	Оценка	Ширина половины интервала неопределенности	Коэффициент расширенной неопределенности	Стандартная неопределенность	Коэффициент влияния	Бюджет неопределенности
X_i	x_i	$0,5R$	K	$u(X_i)$	c_i	$u_i(Y)$
m	$3,62 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	2	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$9,135 \cdot 10^{-5}$	$1,37 \cdot 10^{-9}$
i	4,31	$3,0 \cdot 10^{-2}$	2	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$-7,67 \cdot 10^{-8}$	$-1,15 \cdot 10^{-9}$
t	2540	6	2	3	$-1,30 \cdot 10^{-10}$	$-3,90 \cdot 10^{-10}$
K	$3,306 \cdot 10^{-7}$	–	–	–	–	$1,83 \cdot 10^{-9}$

$$U(K) = 2u(K) = 3,66 \cdot 10^{-9} = 0,04 \cdot 10^{-7}, K = (3,31 \pm 0,04) 10^{-7} \text{ кг/с}$$

Литература

1. Брокгауза, Ф. А. Малый энциклопедический словарь / Ф. А. Брокгауза, И. А. Ефрона. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: 1907 – 1909.
2. Arendarski, J. Niepewność pomiarów. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

УДК 006.92

КОМПАКТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ АТОМОВ SR И YV

Аспирант, инженер Семенко А. В.¹,
магистрант гр. М21-209, инженер Вялых А. П.^{1,2},

мл. научный сотрудник Белотелов Г. С.¹, начальник отдела 752, Ph. D. Сутырин Д. В.¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Менделеево, Солнечногорский район, Московская область, Россия,

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Для большинства физических исследований необходим компьютерный контроль проводимых экспериментов. Без него управление десятками различных приборов одновременно становится невозможным. Крайне важной является точная синхронизация моментов времени, в которые различные приборы выполняют определенные действия, и требования к ней постоянно растут. Одной из установок, к которой предъявляются высокие требования по синхронизации действий приборов, являются оптические стандарты частоты (ОСЧ) на основе ультрахолодных атомов [1–3].

ОСЧ состоит из системы охлаждения атомов и захвата их в магнито-оптическую ловушку, «часового» лазера, с помощью которого производится опрос атомов, и фемтосекундного лазера. Для функционирования ОСЧ необходима точная синхронизация поступающих в спектроскоп лазерных излучений с определенными интенсивностями и частотами, значений магнитного поля и срабатываний регистрирующего атомы устройства в конкретную стадию эксперимента. Типичным является повторяющийся цикл длительностью порядка 1 с, в котором необходимо управление 5–7 лазерными излучениями, магнитным полем и ПЗС-камерой. Характерные длительности отдельных событий в цикле составляют от десятков мкс до сотен мс. Разная длительность циклов и событий внутри них на уровне мс приведет к флуктуациям количества регистрируемых ультрахолодных атомов от цикла к циклу и, в конечном итоге, деградации метрологических характеристик ОСЧ. Задача синхронизации сигналов во многих лабораториях решается

с использованием Real-Time системы генерации управляющих импульсов и графической среды программирования LabVIEW. У данного решения есть несколько существенных недостатков, главными из которых являются стоимость и массогабаритные параметры Real-Time систем и ограничения языка LabVIEW. Графическая среда программирования не позволяет гибко настраивать управление различными приборами, быстро вносить изменения в эксперимент и масштабировать установку. В данной работе предлагается вариант компактной системы управления на основе микроконтроллера и языка программирования Python.

В систему входит графический интерфейс, написанный на языке Python и позволяющий с помощью матрицы моментов времен и состояний настраивать цикл измерений и управлять приборами, и устройство для генерации TTL-импульсов и аналогового сигнала на основе микроконтроллера STM32. В данный момент разработан и испытывается прототип данной системы, позволяющий получить точность синхронизации импульсов на уровне 2 мкс, что достаточно для управления ОСЧ на основе ультрахолодных атомов Sr и Yb.

Литература

1. Ultrastable optical clock with neutral atoms in an engineered light shift trap / H. Katori [et al.] // Physical Review Letters. – 2003. – Vol. 91, № 17. – P. 173005.
2. Barber, Z. Ytterbium optical lattice clock. University of Colorado at Boulder, 2007.
3. Jila SrI optical lattice clock with uncertainty of 2.0×10^{-18} / T. Bothwell [et al.] // Metrologia. IOP Publishing, 2019. – Vol. 56, № 6. – P. 65004.

УДК 621.713.12

ОСОБЕННОСТИ ТРАКТОВКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Студент гр. 11305121 Сенюта В. В.

Асс. Гомма М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Существенная часть всех измерений в современном производстве – это линейные измерения. Координатный метод, суть которого заключается в последовательном измерении координат ряда точек поверхности в пространстве и последующем вычислении размеров изделия, стал универсальным средством определения геометрических характеристик. Координатные измерения характеризуются прямым измерением точек поверхности детали и расчетом нормируемых геометрических параметров на основе полученных результатов.

При проведении контроля геометрических параметров детали на базе координатно-измерительных машин возможны случаи неоднозначной интерпретации полученных результатов измерений из-за допустимых вариаций экспериментальных моделей контролируемых деталей и, следовательно, оценка возможных погрешностей метода измерения также может быть неоднозначной.

Существующая процедура измерений разработана таким образом, чтобы избежать всех наихудших вариантов погрешности метода, которые могут возникнуть в отношении размеров, формы и расположения поверхностей. В то же время не используется предварительная информация о характере искажения геометрических параметров реальных деталей, которая может существовать или быть доступной на этапе разработки конкретной методики.

Однако, неоправданное сокращение количества контролируемых точек (сечений) может привести к недостаточности измерительной информации для обеспечения адекватности получаемой экспериментальной модели, соответствующей реальному объекту измерения. В результате могут возникнуть большие методические погрешности измерений контролируемых параметров.

Также, при традиционном методе контроля параметров деталей каждый контролируемый параметр измеряется отдельно, в своей собственной системе координат и ограничен своим полем допусков, не зависящим от полей допусков других геометрических параметров.

Вышеупомянутые особенности традиционного контроля геометрических параметров деталей приводят к результатам измерений, которые не исключают систематических