

## ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАНО-ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

*В статье проведен анализ технического и метрологического обеспечения нано-измерений и проанализированы возможности реализации нано-перемещений. Главное в том, что имеющиеся средства позволяют производить только шаговые перемещения, что недостаточно обеспечивает соответствие метрологическим характеристикам. С целью проведения измерений в современной индустрии часто используют редукторы, шариково-винтовые пары, индуктосины, шаговые пьезо-двигатели, мерные ленты высокой точности. Предложен новый метод перемещений измерений на основе линейных электродвигателей. Такой метод позволяет решать поставленную задачу нано-перемещения с остановкой в заданном месте с соизмеримой точностью. В этом случае качество работы информационно-измерительной системы характеризуется сходимостью результатов.*

*Ключевые слова: нано-перемещение, линейный электродвигатель.*

**Вступление.** Нанотехнология вообще не может развиваться без новых, более совершенных методов и средств измерений. Фундаментальные научные и экспериментальные исследования связаны, в первую очередь с непосредственными измерениями объектов, которые изучают, на атомно-молекулярном уровне. Получение информации о размерах и самих микрочастицах можно считать главной задачей нано-метрологии. Одной из самых актуальных проблем современной нано-технологии есть так называемая "проблема толстых пальцев", под которой имеют в виду сложность манипулирования нано-частицами, а именно перемещениями на соизмеримые расстояния с заданной (известной) точностью. Исследования и измерения таких частиц сегодня сопряжено с большой проблемой, которая вызвана необходимостью выполнения таких нано-перемещений.

**Постановка задачи.** Сегодня известны определенные средства высокоточных перемещений. Так, например, для получения таких перемещений используют дифференциальный линейный электропривод с использованием двигателей постоянного тока, как правило, индукторного типа и (или) редуктора. В качестве редуктора возможно применение винтовых механизмов, которые наряду с преимуществами, так же имеют ряд недостатков. В этом случае проблематично получение низких и сверхнизких скоростей линейного перемещения. Получение сверхнизких скоростей для нано-перемещений можно считать главной задачей. Кроме того, инертность указанных механизмов оставляет не до конца решенной задачу нано-перемещения с остановкой в заданном месте с соизмеримой точностью.

**Результаты исследования.** В известных дифференциальных линейных электроприводах используются два двигателя постоянного тока индукторного типа [1], объединенных общим валом, который имеет жесткое сочленение с вторичной частью первого двигателя. Аналогичная часть второго двигателя соединяется с общим валом посредством передачи винт-гайка, шарико-винтовой пары, магнитного винта или другого вида подобного преобразователя движения. Второй двигатель может поступательно перемещаться относительно вала со скоростью, определяемой разностью частот вращения вторичных частей двигателя и параметрами передачи, преобразующей вращательное движение в поступательное [2].

Использование шариковинтовых пар несомненно имеет ряд преимуществ перед обычными редукторными преобразователями скорости. Ранее в работах предлагалось использование электромеханического роликвинтового привода с форсированным электродвигателем постоянного тока [3]. Основным достоинством такого типа привода является максимальное приближение электромеханического преобразования энергии к зоне технологического контакта за счет размещения приводной гайки винтовой пары внутри вала ротора электродвигателя.

Известные сегодня устройства для нано-перемещений иностранных производителей имеют возможность шагового перемещения на скоростях  $1 \div 2,5$  мм/с. Шаг перемещений ограничивается возможностями, как правило, пьезо-двигателя. Если управлять кристаллом, а значит шагом перемещения, особых проблем нет, то создание плавного перемещения на малые расстояния остается затруднительным. Как правило, такие двигатели имеют конечные скорости и не имеют возможности достижения плавного управления. Ошибки таких перемещений, как правило, исчисляются единицами – десятками нанометров. Для достижения перемещений в указанном диапазоне необходимы принципиально новые устройства, способные выполнить поставленную задачу и обеспечить необходимую точность.

С целью проведения измерений в современной индустрии часто используют индуктосины. Индуктосин – датчик положения для следящих приводов роботов аналогового типа, предназначенный для измерения линейных перемещений. Точность измерения перемещений в большей степени зависит от шага зубцов индуктосина. Для нано измерений это может быть значительным недостатком. У современных устройств большая точность достигается путем применения мерных лент, с нанесенными на них делениями большой точности. Точность таких измерений будет в большей степени зависеть от возможностей считывающего устройства, а именно от его разрешающей возможности. В любом случае необходимо всегда помнить, что, во-первых, никакое измерение, выполненное с помощью средств измерения, пусть даже самих совершенных, не может быть идеальным в том смысле, что положение и скорость измеряемого объекта не могут быть определены совсем без погрешностей. Погрешности свойственны всем физическим измерениям и от них избавиться полностью нереально, хотя всегда имеется необходимость их уменьшения. Во-вторых, неопределенность, предвиденная Гейзенбергом, уменьшается с увеличением массы определенного объекта, пока не становится абсолютно незаметной в случае макроскопических тел [3].

Итак, одной из важнейших характеристик измерения есть точность, которая на каждом этапе развития науки и техники является конечной. Точность измерения – главная характеристика качества измерения. "Точность" – это качественное понятие. Прецизионность измерения – степень приближения результатов измерений друг к другу (ISO 5725). Термин прецизионность не следует употреблять вместо "точность". Прецизионность, как правило, выражают в пределах стандартных отклонений (СКВ), то есть положительной квадратный корень из дисперсии или СКВ [4].

Прецизионность позволяет определять изменения при повторных или (многократных) измерениях. Необходимость оценивания "прецизионности" возникает из-за того, что измерения, которые выполнены идентичными средствами при практически идентичных обстоятельствах, не дают идентичных результатов. Это объясняется неизбежными случайными погрешностями, которые характерны для каждой измерительной процедуры, а факторы, которые влияют на результат измерения, не поддаются полному контролю. Однако, во время практической интерпретации результатов измерений, часто возникает необходимость, учета этих изменений.

Например, нельзя установить фактическую разницу между полученным результатом измерения и определенной точной величиной, если она лежит в области случайных погрешностей измерительной процедуры. Подобным образом, сопоставления результатов испытаний двух существенно разных партий материалов не обнаружит какой-либо существенной разницы в качестве, если расхождение между результатами лежит в упомянутой области.

По другому определению прецизионность – это степень приближения друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях. Прецизионность зависит лишь от случайных погрешностей и не имеет отношения к истинному или опорному значению измеряемой величины. При этом меру прецизионности

выражают в пределах неточности и рассчитывают как стандартное отклонение результатов измерений. Меньшая прецизионность отвечает большему стандартному отклонению [4].

При этом необходимо отметить, что характеристикой качества измерений есть сходимость результатов. Она признаётся удовлетворительной, если результаты, полученные при исследовании одного и того же образца в одной и той же лаборатории, в небольшой промежуток времени, на одном и том же аппарате или установке, одним и тем же оператором, с химическими реагентами из одной и той же партии отличаются на величину, превышающую сходимость, только в одном случае из 20. Именно сходимость результатов позволит наиболее точно охарактеризовать информационно-измерительные системы, а особенно, если они работают в непрерывном режиме. Однако, в этом случае, судить о сходимости результатов можно, как правило, только по уже полученным данным. За точностью перемещений используя значения сходимости можно отслеживать только используя обратные связи.

Следует отметить, что внедрение метрологии в эту специфическую отрасль измерений связано с определенными трудностями, а именно:

- необходимостью разработки прецизионной технологии получения специальных контролируемых объектов;
- многообразием наблюдаемых видов специальных контролируемых объектов и стандартных образцов с разными вариантами топографии поверхности;
- большим числом контролируемых параметров в процессе измерений;
- отсутствием единства в методах измерений линейных размеров структурных элементов контролируемых объектов и в методиках поверки или калибрования средств измерений;
- отсутствием нормативных документов на методы и средства измерения малых длин.

Для успешного решения отмеченной проблемы необходим комплексный подход, который заключается в разработке специальной технологии получения контролируемых объектов и стандартных образцов нано рельефа поверхности, анализе принципиальных возможностей разных методов линейных измерений, выборе наиболее эффективных в метрологическом отношении методов и их технической реализации, оптимальной с точки зрения стабильности и разрешающей способности [5].

**Выводы.** Развитие нано-технологии усиливает требования к измерительным системам, погрешности (неопределенности) измерений которых должны быть сравнении с мега расстояниями. Все это требует повышения требований до обеспечения единства линейных измерений в нано-метровом диапазоне.

Принимая во внимание, отмеченное нано-метрология должна развиваться в трех основных направлениях.

Первый путь развития заключается в повышении точности существующих методов измерения характеристик макроскопических объектов до нано-масштаба и главным образом связан с совершенствованием технологий.

Второй путь развития должен, следуя из первого, обеспечить так называемые нано-перемещения с необходимыми и заданными механическими и метрологическими характеристиками.

Третий путь развития заключается в разработке новых методов измерения характеристик нано-размерных объектов в области размеров, при которых начинают обнаруживать особенные свойства вещества, не свойственные макроскопическим объектам.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Патент України 78249. Безконтактний двигун постійного струму з дисковим ротором / В.В. Булгар, В.В. Гололобов, и др. // Бюл. 2007. – № 3.
2. В.В. Булгар, Д.А. Ивлев, Д.В. Шурундин, Дифференциальный линейный электропривод / ОНПУ / Труды Одесского политехнического университета, 2007, – вып. 2(28). –С. 108.
3. Патент 2002042845 Україна.Електроієхатронний пристрій. МПК H02K5710017 Великий М.Г., Мальований О.Е., и др.// Бюл. –2005. –№4.

4. П.А. Тодуа, Метрология в нанотехнологии, журнал Российские нанотехнологии, 2007, – Том 2, № 1-2, –С. 61–69.

5. Нано- и микросистемная техника, Новиков Ю.А., Раков А.В., Тодуа П. А., "Новые технологии". – М., 2006. –Том 4. – С. 212.

**Рецензент:** д.т.н., доц. **Боряк К.Ф.**, завідувач кафедри, Одеська державна академія технічного регулювання і якості

к.т.н. **Лещенко О.И.**

### **ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАНО-ПЕРЕМІЩЕНЬ**

*У статті проведений аналіз технічного і метрологічного забезпечення нановимірів і проаналізовані можливості реалізації нанопереміщень. Головне в тому, що наявні засоби дозволяють робити тільки крокові переміщення, що недостатньо забезпечує відповідність метрологічним характеристикам. З метою проведення вимірів в сучасній індустрії часто використовують редуктори, шариково-гвинтові пари, індуктосіни, крокові пьезо-двигатели, мірні стрічки високої точності. Запропонований новий метод переміщень вимірів на основі лінійних електродвигунів. Такий метод дозволяє вирішувати поставлену задачу нанопереміщення із зупинкою в заданому місці з сумірною точністю. В цьому випадку якість роботи інформаційно-вимірювальної системи характеризується збіжністю результатів.*

*Ключові слова:* нанопереміщення, лінійний електродвигун.

Ph.D., **Leshchenko Oleg**

### **PROBLEMS OF TECHNICAL SUPPORT OF NANO-MOVEMENTS**

*The technical and metrological support of nano-measurements and the feasibility of nano-movements have been analyzed in the article. The main thing is that the available funds allow performing only discrete movements which doesn't comply with metrological characteristics. Reduction gears, ball screw pairs, inductosines, stepping piezoengines and precision measuring tapes are widely used for measurements in modern industry. A new method of movements for measuring based on linear engine has been proposed. This method allows us to solve the task of nano-movements with a stop at the specified location and provides comparable accuracy. In this case, the quality of the information-measuring system is characterized by the convergence of the results.*

*Keywords:* nano-movements, linear engine.