

Точное время

Иоахим Ульрих (Национальный институт метрологии Германии)

Рассматривается принцип действия одних из самых точных атомных часов в мире, расположенных в Германии. Приводятся области применения сверхточного измерения времени. Обсуждается ближайшая перспектива средств измерения времени – появление оптических часов¹ [1].

Ключевые слова: время, точность, атомные часы, оптические часы, всемирное координированное время.

Что такое «время»?

Физики упрощают ответ на этот вопрос и определяют время, используя предсказуемые, повторяющиеся процессы, такие как вращение Земли или колебания маятника, например. Нобелевский лауреат и куратор Национального института метрологии Альберт Эйнштейн дал очень прагматичное определение времени: «Время — это то, что ты видишь на циферблате часов». Со времен Эйнштейна известно также, что время относительно. Например, оно проходит медленнее, когда мы в движении или в гравитационном поле. Человеческое восприятие времени также относительно. Вот еще одна цитата, авторство которой также принадлежит Эйнштейну: «Когда ты сидишь на раскаленной плите две минуты, тебе кажется, что прошло два часа, но когда ты сидишь с красивой девушкой два часа, тебе кажется, что прошло всего две минуты. Вот что такое относительность!»

Также существует множество вопросов без ответов, таких как «Есть ли у времени начало или конец?» и «Как долго длится настоящее в восприятии людей?». Биологические часы и культурные различия в том, как мы относимся ко времени, также являются очень интересными вопросами, изучаемыми наукой в настоящее время.

Способы измерения времени

Измерять время можно, например, используя маятник. Чем короче маятник, тем быстрее его колебания и тем более точно он измеряет время. Еще более точными являются кварцевые часы, в которых электрический заряд вызывает колебания кристалла с частотой более 30 тыс. колебаний в секунду. Самыми точными часами, имеющимися на данный момент, являются атомные часы, хотя атомы сами по себе не колеблются. Вместо этого используется электромагнитное излучение или микроволны. Частота их колебаний намного больше, чем у кварцевых часов: в пределах 9 млрд. колебаний в секунду. Микроволновое излучение используется для возбуждения электронов атомов цезия. А так как длина волны излучения находится в точных соотношениях с частотой колебания, то возможно использовать излучение для точного определения значения секунды.

Конечно же, необходимо постоянно проверять, что импульс колебаний задан точно, и что действительно происходит возбуждение электронов. Для этого горизонтальный поток атомов цезия проходит через магнитные и микроволновые поля. После этого точно расположенный датчик осуществляет подсчет

атомов с возбужденными электронами. В двух самых точных часах CSF1 и CSF2 атомы цезия направляются вверх, как фонтан, через микроволновое поле. Атомы цезия проходят через поле второй раз на пути вниз. В данных атомных часах можно точно определять секунду до 16-го знака после запятой.

Области применения сверхточных часов

Неточность имеет свойство накапливаться, и это происходит достаточно быстро. Для гарантирования высокой степени точности на протяжении длительного времени необходимы очень точные часы. Точное исчисление времени имеет большую важность в мире науки. Одной из основных задач в физике является определение того, являются ли фундаментальные физические константы, такие как постоянная тонкой структуры, включающая скорость света и постоянную Планка, действительно константами [2]. Существуют признаки, говорящие о том, что это не так. Если эти предположения будут подтверждены, это будет иметь далеко идущие последствия, так как многие законы и модели основаны на фундаментальных физических константах.

Исследователи времени уже сталкивались в прошлом с тем, что достаточно надежные исходные предположения рушились точными измерениями, как это было в 1930-х годах, когда секунда все еще определялась как доля суточного вращения Земли. Кварцевые часы Национального института метрологии Германии были самыми точными часами, которые имелись в то время. Исследователи обнаружили, что вращение Земли крайне изменчиво и постепенно замедляется. Кроме того, Земля не всегда вращается с постоянной скоростью, что предполагалось ранее и лежало в основе существующего определения времени.

Сегодня сверхточные атомные часы используются в спутниках американской и российской систем глобальной навигации и позиционирования (GPS и ГЛОНАСС), а также в первых спутниках европейской системы Галилео. Данные системы определяют местоположение, используя время прохождения сигнала от спутника до Земли и обратно, поэтому должны быть очень точными. Также есть планы использовать часы для различных измерений в космосе в ближайшее время. Это позволит с высокой точностью проводить измерение положения двух спутников по отношению друг к другу, и его изменение может использоваться для полного построения модели гравитационного

¹ Материал предоставлен компанией FESTO. <http://www.festo.ru>

Я совершенно нормален. А ненормален тот, кто не понимает мой живописи, тот ... кому не интересно, который час на моих растекающихся циферблатах - они ведь показывают точное время.

Сальвадор Дали

поля Земли. При подобных измерениях и еще более точных часах можно будет выявлять неоднородности распределения массы и таким образом определять залежи полезных ископаемых в будущем. Это те вопросы, над которыми в настоящий момент работают ученые в центре квантового инжиниринга и проводятся исследования пространства-времени (QUEST) университета Лейбница в Ганновере.

Часы, установленные на спутниках, работают по тому же принципу, что и в Национальном институте метрологии Германии, но имеют немного более компактные габариты и необязательно настолько же точные. Передача предыдущих сигналов приводит к незначительным отклонениям в любом случае. В наше время атомные часы доступны для применения в различных сферах. Стоимость наземных атомных часов может составлять от нескольких сотен до 100 тыс. евро. Те атомные часы, которые устанавливаются на спутниках, стоят немного дороже и благодаря сложной технологии могут работать много лет без необходимости в проведении технического обслуживания.

Несмотря на точность, атомные часы могут выйти из строя. Для предотвращения этого предусмотрены резервные средства. Так в Национальном институте метрологии создано четверо работающих атомных часов, это вклад института во всеобщее координированное время. Для радиочасов, например, время которых передается длинноволновым передатчиком из Майнфлингена, расположенного рядом с Франкфуртом, используется еще трое атомных часов, которые регулярно синхронизируются по часам Национального института метрологии.

Всемирное координированное время

После подписания Метрической конвенции в 1875 г. метрологи всего мира взаимодействуют друг с другом. Сегодня по всему миру существует 24 часовых пояса,

Иоахим Ульрих — д-р, президент Национального института метрологии Германии.

[Http:// www.ptb.de](http://www.ptb.de)

в которых время определяется примерно 400 атомными часами. Проводится сравнение показаний одних часов с показаниями других и выводится средняя величина. Менее точные часы обладают более низким коэффициентом, чем более точные часы. Затем средняя величина проверяется на соответствие показаниям самых лучших часов в мире, включая атомные часы в Национальном институте метрологии. С 1875 г. определяемое таким образом время принимается в качестве всемирного координированного времени Международным бюро мер и весов (BIPM), находящимся в Севре, недалеко от Парижа. Это происходит раз в месяц [3]. Кроме того, важно и то, что во всех атомных часах учитывается высота над уровнем моря, поскольку согласно теории Эйнштейна гравитационное поле влияет на время.

Время в будущем

Нынешнее определение времени будет действовать еще несколько лет, хотя на подходе уже следующее поколение часов. Это так называемые «оптические часы», которые будут, как минимум, в несколько сотен раз точнее, чем самые точные на сегодня атомные часы. Они работают по аналогичному принципу. При этом излучение, используемое для возбуждения электронов, имеет частоту колебаний в 100 тыс. раз выше и находится в видимом диапазоне. Вместо СВЧ-излучения в оптических часах используется свет от высокоточного лазера.

В Национальном институте метрологии уже есть два различных варианта оптических часов, которые примерно в 10 раз точнее по сравнению с атомными часами. Однако в ближайшие годы предстоит сравнить и сопоставить различные оптические часы по всему миру, чтобы определить, идут ли они все синхронно и с какой неточностью.

Список литературы

1. *Иоахим Ульрих.* Хранитель времени // Тенденции в автоматизации. Корпоративный журнал FESTO. 2014. № 1.
2. *Sommerfeld A.* Die Feinstruktur der Wasserstoff- und der Wasserstoff-ähnlichen Linien // Sitzungsberichte der Königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München. 1915. P. 459-500.
3. *Рассел Д.* Всемирное координированное время. Изд. VSD. 2012. с. 96.

ВСС завершила масштабный проект для «Мосэнерго»

Компания ВСС завершила проект по созданию сетевой, телекоммуникационной и мультимедийной инфраструктуры нового энергоблока ТЭЦ-16, филиала ОАО «Мосэнерго».

На завершающем этапе строительства нового энергоблока ТЭЦ-16, входящей в состав ОАО «Мосэнерго», компания ВСС выполнила работы по созданию сетевой, телекоммуникационной и мультимедийной инфраструктуры энергетического объекта. ТЭЦ-16 уже более полувека вырабатывает тепло и электроэнергию для промышленных и бытовых потребителей одного из наиболее динамично развивающихся округов столицы — Северо-Западного. Новый энергоблок ПГУ-420Т более чем вдвое увеличил электрическую мощность теплоэлектроцентрали: с 360 до 774, 4 МВт.

Специалисты компании ВСС построили весь комплекс систем связи и видеонаблюдения нового объекта с учетом современных требований к телекоммуникационному оборудованию, базирующихся на принципах унификации и максимальной интеграции в единую управляемую систему. Особенность проекта заключалась в том, что строительство сетевой инфраструктуры проводилось на действующем объекте повышенной опасности. Работы выполнялись на высоте 40 м. Длина проложенных кабельных трасс в общей сложности составила 45 км. В рамках проекта были построены системы связи, технологического видеонаблюдения, электрочасофикации,

а также система бесперебойного питания серверной. Обмен оперативно-технологической информацией на объекте реализован с помощью систем мобильной и диспетчерской связи, обеспечивающих выполнение жестких требований по отказоустойчивости и безопасности при работе на промышленных предприятиях.

Для выполнения организационных мероприятий в чрезвычайных ситуациях была построена система громкоговорящей связи и оповещения. Монтаж систем велся в помещениях с рабочими трансформаторами напряжением свыше 1000 В. На завершающей стадии проекта была разработана программа и методика приемо-сдаточных испытаний, проведено обучение персонала работе с системами телефонии, громкоговорящей связи и оповещения, а также системой технологического видеонаблюдения.

Среди реализованных для ТЭЦ-16 мультимедийных решений — система видеоконференцсвязи, работающая максимально эффективно в сетях как проводного, так и беспроводного доступа. Конференц-зал укомплектован акустическим оборудованием и оборудованием звуковой обработки для организации конференций, в том числе с использованием телефонных линий. Специалистами ВСС подготовлен полный комплект исполнительной документации, который отвечает всем требованиям нормативных документов для особо опасных объектов.

[Http://www.bcc.ru](http://www.bcc.ru)