

УДК 528.526.6

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ  
В ЭНЕРГЕТИКЕ  
LASER AND OPTICAL GYROSCOPE APPLICATIONS IN ENERGY**

И.В. Ковалец, Е.В. Радюк

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, доцент

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

ef@bntu.by

I. Kovalets, E. Radziuk

Supervisor – Yu. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** Лазерные и оптические гироскопы являются приборами, используемыми для измерения угловой скорости и ориентации объектов в пространстве. Основным принципом работы гироскопов является сохранение углового момента твердого тела при вращении, который проявляется в форме гироскопической прецессии. Лазерные и оптические гироскопы широко применяются в навигации, авиации, подводных лодках, медицинской технике, промышленности и других областях, где требуется точное измерение угловой скорости и ориентации объектов.

**Abstract:** Laser and optical gyroscopes are devices used to measure angular velocity and orientation of objects in space. The basic principle of gyroscopes is the conservation of angular momentum of a solid body as it rotates, which manifests itself in the form of gyroscopic precession. Laser and optical gyroscopes are widely used in navigation, aviation, submarines, medical equipment, industry and other fields where accurate measurement of angular velocity and orientation of objects is required.

**Ключевые слова:** Гироскоп, энергетика, лазерный, оптический, измерение, угловая скорость, ориентация.

**Key words:** Gyroscope, energy, laser, optical, measurement, angular velocity, orientation.

### **Введение**

Гироскопы, один из фундаментальных элементов навигационных систем, играют важную роль в современных технологиях. Они широко используются в различных областях, таких как авиация, аэрокосмическая, морская и наземная навигация. За многие годы было разработано несколько типов гироскопов, однако лазерные и оптические гироскопы являются одними из самых передовых и эффективных устройств, доступных в настоящее время. Эти гироскопы обладают широким спектром преимуществ, таких как высокая точность, прочность и высокая стабильность. В данной статье представлен обзор лазерных и оптических гироскопов, включая принципы их работы, преимущества, ограничения и практическое применение.

### **Основная часть**

Лазерный гироскоп (ЛГ) основан на явлении Сагана, которое заключается в том, что луч света при прохождении через ротирующий элемент испытывает изменение фазы. Это изменение фазы зависит от скорости вращения элемента и может быть использовано для измерения угловой скорости [1].

Лазерный гироскоп состоит из лазерного излучателя, делительной призмы, некоторого количества зеркал и фотодетектора. Суть работы лазерного гироскопа состоит в том, что освещенный лазером круг с помощью зеркал отклоняется в определенном направлении, а затем проходит через делительную призму. Для измерения угловой скорости вращения используются интерферометрические методы, поскольку вращающийся прибор будет изменять длину волны лазерного излучения.

Оптический гироскоп использует эффект Сагана и комбинирует его с использованием оптических волноводов и интерферометров. Это позволяет достичь более высокой точности и чувствительности при измерении угловых скоростей.

Оптический гироскоп похож на лазерный гироскоп по своей конструкции. Он также состоит из лазерного излучателя, оптических интерферометров и фотодетектора. Эти интерферометры построены путем расщепления световых лучей и последующим объединением на выходе. При вращении элементов гироскопа, длина световых путей меняется, что приводит к разности фаз между лучами. Напряженность света, зарегистрированного на выходе такого гироскопа, зависит от величины изменения фазы и от скорости изменения фазы при вращении элементов гироскопа.

К основным характеристикам лазерных гироскопов можно отнести:

- Точность измерения угловых скоростей - от 0,0001 до 0,00001 градуса в секунду.
- Работает на оптических принципах, что обеспечивает высокую точность измерений.
- ЛГ имеет низкий уровень шума и поэтому может использоваться для измерения малых угловых скоростей.
- Он не требует механических частей и потому обладает долгим сроком службы.

ЛГ обеспечивает высокую точность измерений, что делает его одним из самых точных датчиков угловой скорости. Он не имеет контакта с вращающимся образцом, поэтому не требуется техническое обслуживание и ремонт. Кроме того, лазерный гироскоп имеет довольно простую конструкцию и небольшой размер, что позволяет использовать его в компактных приборах.

Однако существует и ряд ограничений лазерных гироскопов, а именно:

- ЛГ имеет высокую стоимость по сравнению с другими типами гироскопов.
- Он подвержен влиянию внешних факторов, таких как вибрации и температурные изменения.
- Лазерный гироскоп не может использоваться для измерения линейных движений, его применение ограничивается только измерением угловых скоростей.

В целом, лазерный гироскоп является высокоточным инструментом, который обеспечивает точные измерения угловых скоростей. Его использование находится в ограниченном числе областей, но там, где требуется высокая точность данных, ЛГ остается незаменимым средством.

Оптические гироскопы имеют следующие характерные особенности:

- Они чувствительны к вращению и могут работать с высокой точностью, что делает их незаменимыми для навигации и авиации.
- Оптические гироскопы не имеют движущихся частей, что делает их менее подверженными износу и дает им значительный ресурс работы.
- Они могут работать в широком диапазоне температур.
- Они не зависят от магнитных полей и могут использоваться вблизи магнитных источников.

Ограничением оптических гироскопов:

- Высокая стоимость
- Требуются высокоточная калибровка, в частности, при первой установке
- Работают на основе сложных физических явлений и потребляют большое количество энергии
- Невысокая частота измерений - до нескольких килогерц, что не позволяет использовать их в определенных приложениях.

Оба вышеописанных типа гироскопов имеют множество применений. Например, они используются в навигации морских и воздушных судов, в авиации, в космических приложениях, в геофизике и многих других областях. Кроме того, лазерные и оптические гироскопы имеют также немаловажное значение для энергетической сферы.

В энергетической отрасли лазерные и оптические гироскопы наиболее широко применяются для определения направления вращения генератора ветряной установки. Ветроэлектростанции активно развиваются, и лазерные гироскопы – это надежный прибор для контроля скорости вращения генератора и определения его положения в пространстве. От того, как точно работает генератор, зависит скорость подачи в электросеть энергии, а также стабильность работы всей системы в целом.

Гироскопы могут быть использованы для решения многих других задач в энергетической отрасли. Ниже приведены некоторые из них:

1. Контроль и управление вращением оборудования: гироскопы могут использоваться для контроля и управления вращением оборудования, такого как роторы генераторов, компрессоры, турбины и другие устройства, которые работают на высоких скоростях.

2. Мониторинг состояния оборудования: гироскопы могут использоваться для мониторинга состояния оборудования, например, для определения вибрации, смещения или деформации.

3. Определение местоположения объектов: гироскопы с высокой точностью могут определять местоположение не только в космической и авиационной промышленности, но и в энергетической отрасли, например, для определения расположения трубопроводов или кабельных линий.

4. Управление направлением движения техники: гироскопы могут использоваться для управления направлением движения техники, например, для стабилизации и ориентации буровых установок или для поддержания управляемости грузовиков, используемых в горнодобывающей промышленности.

Лазерные гироскопы часто применяются в гидротурбинах и генераторах электрической энергии. Использование этих устройств позволяет снизить риск аварийных ситуаций и повысить поток производства энергии.

Таким образом, использование лазерных и оптических гироскопов в энергетической отрасли является необходимым условием для контроля скорости вращения генератора и стабильности работы всей системы. Новейшие разработки в данной области позволяют повысить точность и устойчивость приборов, что в свою очередь повышает эффективность работы всего механизма.

Использование лазерных и оптических гироскопов в энергетике может привести к значительному экономическому эффекту и повышению экологической безопасности.

Лазерные и оптические гироскопы используются для контроля и стабилизации роторных машин, таких как турбины и генераторы. Это позволяет снизить износ и увеличить долговечность оборудования, а также улучшить его эффективность и производительность.

Помимо этого, применение лазерных и оптических гироскопов может способствовать уменьшению выбросов вредных веществ и увеличению энергоэффективности процессов. Это, в свою очередь, позволит сократить затраты на топливо и снизить негативное воздействие производства на окружающую среду.

Некоторые возможности для новых разработок и исследований, связанных с гироскопами в энергетике, включают [2]:

1. Энергетически эффективные электрогенераторы. Гироскопы могут использоваться в качестве движущихся частей в электрогенераторах, что позволяет создавать более эффективные системы для генерации электроэнергии.

2. Усовершенствование системы энергохранения. Использование гироскопов в энергохранительных устройствах может позволить создавать более эффективные системы хранения энергии, которые могут быть использованы в различных сферах — от солнечных батарей до электрических автомобилей.

3. Улучшение систем автоматического управления. Гироскопы могут использоваться в системах автоматического управления для улучшения точности и стабильности летательных аппаратов, морских судов или других автономных систем.

4. Создание систем наведения. Использование гироскопов в системах наведения может улучшить точность наведения различных систем, например, баллистических ракет.

5. Улучшение систем контроля и стабилизации плазмы. Гироскопы могут быть использованы в качестве устройств для контроля и стабилизации плазменных процессов, что может применяться в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу.

6. Разработка криогенных гироскопов для использования в космосе. Использование гироскопов в космических аппаратах может быть усовершенствовано путем создания гироскопов, работающих в экстремальных условиях низких температур.

7. Исследование гравитационных волн. Использование гироскопов может помочь при исследовании гравитационных волн и создании новых систем для наблюдения за космическими явлениями.

Это лишь несколько примеров возможностей для новых разработок и исследований с использованием гироскопов в энергетике. Учитывая все преимущества и потенциальные применения этой технологии, ожидается, что в ближайшее время будут разработаны еще более динамичные и эффективные системы на основе гироскопов.

### **Заключение**

Можно отметить, что использование лазерных и оптических гироскопов в энергетике является перспективной областью развития. Однако, несмотря на все положительные стороны, применение лазерных и оптических гироскопов в энергетике все еще нуждается в дальнейшем исследовании и совершенствовании. Важно продолжить изучение этих технологий, и внедрять их в более широком спектре энергетических систем, чтобы повысить эффективность и надежность их работы. Рекомендации по дальнейшему изучению темы включают проведение более глубоких исследований в области оптической и лазерной гироскопии, а также разработку новых, более точных и эффективных устройств контроля и управления энергетическими системами. Такая работа поможет повысить устойчивость различных энергетических систем и сделать их более экономичными и эффективными.

### **Литература**

1. Laserportal.ru / Применение оптических гироскопов : [сайт]. – 2023. - URL: [https://laserportal.ru/content\\_1013](https://laserportal.ru/content_1013) (дата обращения: 27.04.2023). - Текст : электронный.

2. Соколов, Д.А. Перспективы использования малогабаритных волоконно-оптических гироскопов : электронный - 2013. - С. 154-157. - <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-malogabaritnyh-volokonno-opticheskikh-giroskopov-v-giroinklinometrii/viewer> (дата обращения: 27.04.2023).