

## Дополнительные указания к лабораторной работе 7.

### Гироскоп.

Гироскоп — это сильно раскрученное тело. Если к оси гироскопа приложить силу, то ось вращения поворачивается, но только не в направлении приложенной силы, а в направлении перпендикулярном к приложенной силе и перпендикулярном оси вращения гироскопа.

В лабораторной работе роль гироскопа играет вращающаяся часть (ротор) электромотора. Ротор находится в закрытом и неподвижном кожухе, но на оси ротора снаружи от кожуха закреплен диск, по которому можно контролировать угловую скорость вращения ротора. На диске фломастером должен быть проведен один из радиусов. Ось мотора закреплена так, что имеет одну неподвижную точку, но способна свободно поворачиваться в двух взаимно перпендикулярных направлениях. С одной стороны от неподвижной точки оси мотора закреплен сам мотор, а с другой стороны на резьбе винта находится противовес в виде массивного диска. При повороте диска он поступательно перемещается вдоль винта. Для фиксации положения диска на винте есть небольшая контрящая гайка.

Первым делом подберите такое положение противовеса, при котором ни он, ни мотор не будут перевешивать друг друга. В дальнейшем потребуется измерять смещение противовеса относительно этого положения равновесия. Смещение удобно измерять по числу оборотов контрящей гайки, если известен шаг (период) резьбы. Внешние края гайки образуют правильный шестиугольник, поэтому при повороте гайки ее перемещение легко измерять с точностью до одной шестой доли шага резьбы. Чтобы определить шаг резьбы приложите к резьбе линейку или штангенциркуль и измерьте длину, на которой укладывается 10 шагов резьбы. Полученное значение шага резьбы можно (и нужно) округлить до целого числа четвертей миллиметра, так как резьба — метрическая. Можно измерять смещение контрящей гайки и глубомером штангенциркуля.

Измерение угловой скорости вращения ротора производится с помощью строботометра. Это лампа-вспышка с измеряемой и изменяемой частотой вспышек. Переключатель "сеть" строботометра в среднее положение, дайте прибору прогреться две минуты. Для измерения угловой скорости вращения ротора переведите переключатель "сеть" в правое положение. В правом положении включается лампа-вспышка. Лампа вспышка имеет ограниченный ресурс, поэтому переключение в правое положение и включение лампы-вспышки нужно производить только на время измерений, оставляя переключатель "сеть" в среднем положении во время остальной части работы. Строботометр имеет три диапазона частоты вспышек. Выберите переключателем нужный диапазон и по соответствующей ему шкале измеряйте частоту вспышек лампы. Частота указана в оборотах в минуту с множителем 100. Умножьте показания прибора на 100 и разделите на 60, это и будет частота в Герцах.

Для измерения частоты вращения ротора лампой-вспышкой строботометра нужно осветить диск, вращающийся вместе с ротором мотора. На диске фломастером должен быть проведен один из радиусов. Если частота вращения диска совпадает с частотой вспышек лампы, то прочерченный радиус подсвечивается лампой в одном и том же положении при каждом обороте диска. Видимое положение радиуса остается на месте, не вращается. Если частоты лампы вспышки и ротора не совпадают, то подсвеченный радиус вращается с разностной частотой.

Если ротор мотора успевает сделать несколько оборотов между двумя вспышками лампы, то измеренное по шкале строботометра значение частоты вращения в эти несколько раз отличается от истинного значения. Чтобы исключить такую возможную ошибку при измерении частоты вращения ротора нужно убедиться, что при увеличении вдвое частоты вспышек на диске оказываются подсвеченными два радиуса, а при увеличении частоты вспышек втрое — три радиуса. Если в том или другом случае радиус остается только

один, значит, частота вращения ротора совпадает с новой увеличенной частотой вспышек, а не со старой.

Частота вращения ротора определяется силой тока в электромоторе. Сила тока регулируется реостатом. При изменении силы тока новое значение частоты вращения ротора устанавливается долго. Чтобы ускорить переходной процесс полезно воспользоваться некоторым приемом. Предположим, что частоту вращения нужно увеличить. Сначала установим новое значение частоты по шкале строботачометра. Затем реостатом изменим силу тока мотора так, чтобы частота вращения ротора совпала с частотой лампы вспышки, при этом подсвеченный радиус перестает вращаться. Далее в моторе разогревается смазка, и мотор раскручивается сильнее, чем надо. Поэтому мы не убираем руку с движка реостата и стараемся положением движка удерживать частоту вращения ротора равной частоте вспышек лампы. При таком алгоритме переходной процесс ускоряется, так как сначала мы изменяем силу тока больше, чем это окажется необходимым в конце. Окончательно уравнивать частоту вращения с частотой вспышек трудно из-за ненадежных контактов реостата. Поэтому через некоторое время следует прекратить попытки подогнать силу тока реостатом, оставить в покое движок реостата, и добиться равенства частот изменением частоты лампы вспышки.

Чтобы ротор мотора вел себя как гироскоп, нужно чтобы частота вращения ротора была достаточно велика, не менее 1500 оборотов в минуту (25 Гц). В качестве момента сил, пытающихся повернуть ось вращения гироскопа, используется момент сил, возникающий при смещении противовеса от положения равновесия. Имеет смысл смещать противовес на несколько сантиметров в любую сторону от положения равновесия. Возникающий момент сил вызывает прецессию гироскопа. Нужно получить у лаборанта секундомер и измерить частоту вынужденной прецессии при двух разных положениях противовеса и пяти значениях угловой скорости вращения ротора при каждом положении противовеса. Секундомером измеряется период прецессии — время одного оборота оси гироскопа. Кроме прецессии, вращения вокруг вертикальной оси, ось гироскопа постепенно наклоняется. Если наклон дойдет до ограничения, то прецессия прекратится. Поэтому иногда приходится измерять время половины оборота прецессии вместо полного оборота. В таком случае период прецессии вдвое больше измеренного времени. Если ось вращения гироскопа наклоняется слишком быстро, то это означает, что гироскоп недостаточно раскручен. При малой величине скорости вращения ротора гироскопа становятся невозможными измерения скорости его прецессии. Нужно увеличить скорость вращения ротора.

Во время прецессии ось вращения гироскопа наклоняется из-за трения в вертикальной оси. Момент приложенных к гироскопу сил тяжести пропорционален синусу угла между вертикалью и осью вращения гироскопа. Проекция момента импульса гироскопа на горизонтальную плоскость также пропорциональна этому синусу. Поэтому угловая скорость прецессии гироскопа не зависит от угла наклона оси вращения, пока ось не наклонилась до упора. Чтобы прецессия не мешала измерять частоту вращения ротора нужно не препятствовать наклону оси вращения, а наоборот — наклонить ось до упора, так чтобы прецессия пропала.

Обычно во время прецессии оси гироскопа ось испытывает некоторые колебания — нутации. Амплитуда нутаций бывает разная. Нутации мешают измерению периода прецессии. Если вы удерживали ось вращения от прецессии, то, отпустив ось, вы обязательно получите нутации. Чтобы нутаций не было нужно повести ось руками со скоростью ожидаемой вынужденной прецессии, и лишь затем отпустить ось.

Для вычисления момента инерции гироскопа вам потребуется знание массы ротора. Узнайте эту величину у лаборанта. Постройте графики зависимости произведения двух величин: частоты вращения ротора на угловую скорость прецессии, как функцию от частоты вращения ротора. Ожидается, что график — горизонтальная прямая. По высоте графика определите величину момента инерции.