

Лекция №5 по дисциплине:
«Метрология»

1. Систематические погрешности.
2. Исключение систематических погрешностей.

1. Систематические погрешности

Систематическая погрешность - составляющая погрешности измерений, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины.

Постоянные систематические погрешности возникают, например, при неправильной установке начала отсчета, неправильной градуировке средств измерений и остаются постоянными по своему значению и знаку в течение всего времени измерений.

Переменные систематические погрешности в свою очередь делятся на прогрессирующие, периодические и изменяющиеся по сложному закону.

Прогрессирующими называются погрешности, которые в процессе измерений постепенно убывают или возрастают. Например, причинами возникновения прогрессирующих погрешностей могут быть разрядка источников питания, старение резисторов, конденсаторов, деформация механических деталей и т. п.

Периодическими называют погрешности, периодически изменяющие значение и знак.

Пример 1. Средства измерений с круговой шкалой, стрелка которых при измерении совершает несколько оборотов (секундомеры, индикаторы часового типа и т.п.). Погрешность в показаниях таких устройств возникает в тех случаях, когда ось вращения стрелки не совпадает с центром окружности шкалы.

Пример 2. Наложение гармонической помехи, источником которой является напряжение сети, на измеряемое с помощью вольтметра напряжение постоянного тока.

Погрешности, *изменяющиеся по сложному закону*, могут быть выражены в виде кривой или в виде формулы.

Пример. Погрешность меры длины, возникающая при отклонении температуры от нормальной, т.е. той, при которой была определена длина меры. Эти погрешности выражаются формулой:

$$\Delta l_t = a \cdot \Delta t + b \cdot \Delta t^2,$$

где Δl_t – погрешность меры длины, возникающая при изменении температуры на Δt ;

a, b – коэффициенты, определенные при проведении совместных измерений.

Способы обнаружения и оценки систематических погрешностей

Теоретические способы возможны и эффективны тогда, когда известно или может быть получено аналитическое выражение для искомой погрешности.

Пример. Обнаружение и оценка методических погрешностей, которые возникают при введении различных упрощений и допущений (например, методическая погрешность измерения электрического сопротивления при помощи амперметра и вольтметра).

Экспериментальные способы предполагают проведение специальных экспериментальных исследований и обработки их результатов.

2. Исключение систематических погрешностей

Устранение источников систематических погрешностей до начала измерений

- выбор таких методов, средств измерений, планов проведения экспериментов, которые обеспечивали бы минимальные систематические погрешности;
- тщательная установка нулевых показаний и калибровка средств измерений;
- прогрев средств измерений в течение времени, указанного в инструкции по эксплуатации;
- применение при сборке коротких соединительных проводов, а на сверхвысоких частотах - коаксиальных кабелей;
- применение в необходимых случаях экранирования и термостатирования;
- правильное размещение средства измерений (установка в рабочее положение, размещение вдали от источников тепла и электромагнитных полей и т.п.);
- применение только предварительно поверенных средств измерений и т.д.

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Метод замещения: измеряемый объект заменяют известной мерой, находящейся при этом в тех же условиях, в каких находился он сам.

Пример 1 (метод Д.И. Менделеева). На чашу весов устанавливают полный комплект гирь и уравнивают весы произвольным грузом. Затем на чашу с гирями помещают взвешиваемую массу и снимают часть гирь для восстановления равновесия. Суммарное значение массы снятых гирь соответствует значению взвешиваемой массы.

Пример 2. Объект измерения (сопротивление, емкость, индуктивность) ставят в измерительную цепь (мост). Уравнивают цепь (мост). Не изменяя схемы, заменяют измеряемый объект, включая в цепь меру переменного значения. Снова уравнивают цепь. Определяют значение измеряемой величины.

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Метод компенсации погрешности по знаку: измерение проводят дважды так, чтобы известная по природе, но неизвестная по размеру погрешность входила в результаты с противоположными знаками. Погрешность исключается при вычислении среднего значения.

Пример. Исключение погрешности, обусловленной влиянием магнитного поля Земли. Первое измерение можно проводить, когда средство измерений находится в любом положении. Перед тем как выполнить второе измерение, средство измерений поворачивают в горизонтальной плоскости на 180 градусов. Если в первом случае магнитное поле Земли, складываясь с полем средства измерений, вызывает положительную погрешность, то при повороте его на 180 градусов магнитное поле Земли будет оказывать противоположное действие и вызовет отрицательную погрешность по размеру, равную первой.

Данный метод может исключить систематические погрешности, вызванные явлениями гистерезисного характера (магнитный гистерезис в ферромагнитных материалах, механический

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Метод изменения знака входной величины применим, если величина и знак систематической погрешности не изменяются при смене знака измеряемой величины на противоположный. Измерения проводятся дважды, и погрешность исключается при вычислении среднего значения разности двух показаний.

Пример. Исключение погрешности от термоЭДС.

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Метод противопоставления: измерения проводят два раза, причем так, чтобы причина, вызывающая погрешность при первом измерении, оказала противоположное действие на результат второго.

Пример (метод Гаусса). Взвешивание на равноплечих весах для исключения погрешности вследствие остаточной неравноплечести. При первом взвешивании груз массой M_g , помещенный на одну чашку весов, уравнивают гирями массой M_1 , помещенными на другую чашку. Затем взвешиваемый груз перемещают на ту чашку, где находились гири, а гири - на ту, где находился груз. Так как отношение плеч весов не точно равно единице, равновесие нарушится и для уравнивания массы груза M_g придется использовать гири с общей массой M_2 . Тогда

$$M_g = (M_1 + M_2)/2$$

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Метод периодических наблюдений: основан на наблюдениях четного числа раз через полупериоды.

Применим для исключения периодических погрешностей.

Периодическая погрешность исключается, если взять среднее из двух наблюдений, произведенных одно за другим через интервал, равный полупериоду независимой переменной, определяющей значение периодической погрешности. То же будет и для множества пар подобного рода наблюдений.

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Метод симметричных наблюдений: заключается в проведении многократных наблюдений через равные промежутки времени и усреднении результатов наблюдений, симметрично расположенных относительно среднего наблюдения.

Используется для исключения прогрессирующей погрешности, которая изменяется по линейному закону пропорционально амплитуды, напряжения, времени, температуры и т. д.

Пример. Исключение погрешности, обусловленной постепенным падением уровня напряжения источника питания (аккумулятора, батареи).

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Метод рандомизации – метод перевода систематических погрешностей в случайные.

Пример. Пусть имеется несколько однотипных приборов с систематической погрешностью одинакового происхождения. Если для данного прибора эта погрешность постоянна, то от прибора к прибору она изменяется случайным образом. Поэтому измерение одной и той же величины всеми приборами и усреднение результатов полученных наблюдений позволяют значительно уменьшить эту погрешность. Также можно изменить методику и условия эксперимента.

Внесение известных поправок в результат измерения. Систематические погрешности являются детерминированными величинами, поэтому могут быть вычислены и исключены из результатов измерения. Для исправления результатов наблюдений их складывают с поправками, равными систематическим погрешностям по величине и обратными им по знаку

Исключение систематических погрешностей в процессе измерений

Графический метод: наиболее простой метод для обнаружения переменной систематической погрешности в ряде результатов наблюдений. Строят график, на который нанесены результаты наблюдений в той последовательности, в какой они были получены. На графике через точки наблюдений проводят плавную линию, которая выражает тенденцию результата измерения, если она существует. Если тенденция не прослеживается, то переменную систематическую погрешность считают практически отсутствующей.

Заключение: при измерениях всегда остаются неисключенные остатки систематических погрешностей.

Пример. При измерении сопротивления резистора вносится поправка на влияние температуры. Систематическая погрешность была бы полностью устранена, если бы мы точно знали температурные коэффициенты резистора и температуру.

Ответьте на вопросы:

1. Как называют систематическую погрешность, которая убывает или возрастает в процессе измерений?
2. Как называют метод исключения систематической погрешности, в котором объект заменяют известной мерой?
3. Как называют метод исключения систематической погрешности, который основан на наблюдениях четного числа раз через полупериоды?
4. Как называют метод перевода систематических погрешностей в случайные?