

## МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАГНИТОУПРУГОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Вигдергауз Н.Л., группа НАП-01

Руководитель проф. каф. ЭТ Чичикало Н.И.

### 1. Нелинейность

Ниже рассмотрены некоторые способы изменения нелинейности статических характеристик отдельных звеньев.

*Ограничение максимального значения внешнего усилия, воздействующего на чувствительный элемент.* Одновременно с этим уменьшается нелинейность характеристики электромагнитного преобразования (как следует из рис. 1).

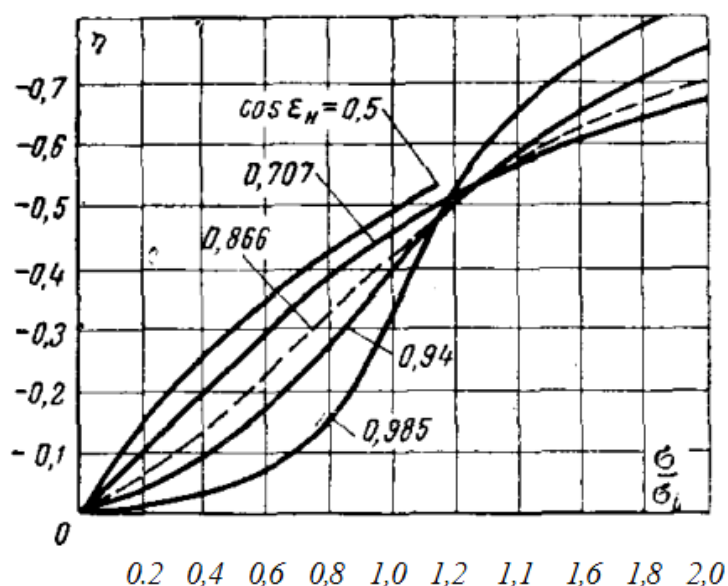


Рисунок 1 — Характеристики магнитоупругого преобразования (значение  $\cos \varepsilon_H = 0,5$  соответствует изотропному распределению внутренних напряжений)

*Удаление зоны, чувствительного элемента, пронизываемой магнитным потоком, от места приложения измеряемой нагрузки к чувствительному элементу.* Таким путем можно добиться уменьшения нелинейности характеристики механического преобразования, возникающей в результате действия сил трения в месте контакта чувствительного элемента с сопрягаемыми деталями датчика.

*Применение материалов с определенной магнитной текстурой.* Абсолютная величина и знак нелинейности характеристики магнитоупругого преобразования зависят от степени текстурованности материала. В частности, для чувствительного элемента, работающего на сжатие, нелинейность этой характеристики минимальна при условной степени текстурованности материала  $\cos \varepsilon_n = 0,8-0,85$  (см. рис. 1).

*Изменение магнитной индукции в чувствительном элементе.* Под действием магнитного поля происходит как бы «закрепление» векторов, областей самопроизвольного намагничивания доменов в направлении действия этого поля. Поэтому в первом приближении можно считать, что изменение нелинейности характеристики магнитоупругого преобразования при увеличении магнитной индукции будет таким же, как и при возрастании степени текстурованности материала чувствительного элемента.

*Термообработка чувствительного элемента.* Как видно из рис. 1, увеличение внутренних напряжений  $\sigma_i$  (например, путем закалки) эквивалентно уменьшению максимального значения внешней нагрузки, поскольку относительное изменение магнитной проницаемости является функцией  $\sigma/\sigma_i$ .

Таким образом, были рассмотрены некоторые способы изменения нелинейностей характеристик преобразования всех звеньев МД.

## **2. Гистерезис**

Основными причинами невоспроизводимости статической характеристики МД при нагрузке и разгрузке являются механический гистерезис, вызванный

упругим последствием, и магнитный гистерезис, связанный с необратимостью процесса перемагничивания.

Ниже приведены способы уменьшения гистерезиса:

– применять для изготовления чувствительных элементов материалы с возможно большим пределом упругости и меньшими потерями на перемагничивание;

– ограничивать максимальное значение напряжения в чувствительном элементе, вызванного нагрузкой, величиной в 6–7 раз меньшей предела упругости материала чувствительного элемента;

– работать в режиме намагничивания, при котором процесс перемагничивания осуществляется путем только обратимых процессов вращения векторов намагниченности доменов.

Возникновение механического гистерезиса возможно также в результате действия сил трения в месте приложения нагрузки к чувствительному элементу. С целью уменьшения влияния этого фактора нужно удалять зону чувствительного элемента, пронизываемую магнитным потоком, от места приложения нагрузки к чувствительному элементу.

### **3. Нестабильность во времени**

В процессе старения материала чувствительного элемента происходит изменение его магнитной проницаемости (магнитное последствие) и внутренних напряжений (упругое последствие). Это приводит к нестабильности начальных выходных параметров и коэффициента преобразования МД.

Повышение стабильности коэффициента преобразования МД достигается следующими способами:

– естественным старением после окончательного изготовления чувствительного элемента и других магнитопроводов МД в течение нескольких месяцев;

– термообработкой чувствительного элемента и других магнитопроводов МД, в результате которой их магнитные характеристики стабилизируются;

– искусственным старением чувствительного элемента.

Применение этих способов позволяет снизить нестабильность характеристик МД с чувствительными элементами из сплошного материала до величины, меньшей 0,5%.

#### **4. Погрешности преобразования от изменения внешних факторов**

К числу внешних факторов, изменение которых существенно влияет на метрологические характеристики МД, относятся, прежде всего, температура окружающего воздуха или измеряемой среды (для датчиков давления), напряжение питания датчика и частоты.

##### *Влияние температуры окружающего воздуха*

Датчики трансформаторного типа являются частично скомпенсированными в температурном отношении самой конструкцией.

Температурная погрешность этих датчиков не превышает 1% на 10°C без применения температурной компенсации.

*Влияние изменения напряжения питания и частоты.* В первом приближении выходное напряжение  $U_2$  МД трансформаторного типа пропорциональны произведению  $U_1 * S_\mu$ . При увеличении напряжения питания  $U_1$  тензочувствительность к изменению магнитной проницаемости  $S_\mu$  вначале увеличивается, а затем после достижения максимума уменьшается.

Изменение формы кривой питающего напряжения приводит к изменению соотношения между гармониками в выходном сигнале МД, а следовательно, и к изменению его коэффициента преобразования. Поэтому для уменьшения погрешности от колебания напряжения питания применяются фильтры высших гармоник. При этом удается уменьшить

погрешность до  $\pm(0,5-1)\%$  при колебании напряжения питания в пределах  $\pm 10\%$  .

При изменении частоты напряжения питания изменяется индуктивное сопротивление МД, в результате чего изменяется его коэффициент преобразования.

Включение МД в компенсационную схему на переменном токе позволяет значительно снизить погрешность от колебания напряжения питания и частоты. Для этого необходимо, чтобы датчик и уравнивающее устройство имели одинаковую зависимость выходного напряжения от изменения этих параметров.

Все указанные выше способы позволяют уменьшить амплитуду основной гармоники начального выходного напряжения. Для одновременного уменьшения и высших гармоник применяют фильтры или производят компенсацию выпрямленного сигнала от источника постоянного напряжения. Однако наиболее действенным способом уменьшения высших гармоник является выбор режима намагничивания МД на линейном участке кривой намагничивания. В этом случае начальное выходное напряжение высших гармоник не превышает нескольких процентов от максимального выходного напряжения МД, что при работе МД в компенсационной схеме на переменном токе практически не приводит к увеличению погрешности измерения.

#### Перечень ссылок

1. Гинзбург В.Б. Магнитоупругие датчики. М: Энергия, 1970. — 72 с.
2. Гуманюк М.Н. Магнитоупругие датчики в автоматике. — К: Техника, 1972.
3. Шевченко Г.И. Магнитоанизотропные датчики. — М: Энергия, 1967.
4. Гуманюк М.Н. Магнитоупругий эффект. — Киев: Техника, 1980. — 226 с.