

Министерство приборостроения, средств автоматизации
и систем управления

Киевский институт автоматики имени XXV съезда КПСС

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСУ ПРОМЫШЛЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ

Сборник научных трудов под редакцией
акад. АН УССР Б.Б.Тимофеева

Киев — 1987

УДК 658.012.011.56:681.3.06

Методы проектирования АСУ промышленного назначения: Сб. науч. тр. / Ред. кол. Е.Б.Тимофеев (отв. ред.) и др. — Киев: Ин-т автоматизации, 1987. — 154 с.

В сборнике рассматриваются теоретические и прикладные вопросы разработки и эксплуатации автоматизированных систем управления промышленными объектами. Приводятся методы и результаты организации алгоритмического, программного и надежностного обеспечения АСУ. Рассмотрены вопросы контроля и диагностирования технических средств АСУ.

Для научных и инженерно-технических работников, занятых разработкой и эксплуатацией АСУ.

Библиогр. в конце статей.

Редакционная коллегия

Е.Б.Тимофеев, акад. АН УССР, (ответственный редактор);
Г.А.Козлик, докт. техн. наук; Б.Г.Савченко, докт. техн. наук; А.Ф.Кулаков, докт. техн. наук; В.А.Литвинов, докт. техн. наук; С.А.Леонов, канд. физ.-мат. наук; В.Л.Рабчук, канд. техн. наук; А.А.Свиистельник, канд. техн. наук; Е.И.Корунец, инж. (ответственный секретарь)

Сектор издательства и пропаганды научно-технических достижений

Зав. сектором В.А.Лабунский

© Киевский институт автоматизации имени XXV съезда КПСС, 1987

ЛИНЕАРИЗАЦИЯ СИНУСНО-КОСИНУСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРВИЧНЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Одной из существенных составляющих основной погрешности измерения, присущей первичным измерительным преобразователям (ПИП) с синусно-косинусными выходными характеристиками, например, ультразвуковые амплитудные ПИП толщины [1,2], является методическая погрешность δ_n нелинейности. Эта погрешность в ПИП, описанных в [1,2], составляет 21% в диапазоне изменения контролируемого параметра от 0 до $\frac{\sqrt{L}}{2}$.

Погрешность нелинейности таких ПИП можно уменьшить путем использования относительно линейного участка выходной характеристики. Однако такой путь не эффективен, так как ведет к значительному снижению диапазона измерения. В этом случае остаточная погрешность δ_n , например менее 2%, может быть достигнута только в пределах диапазона измерения $\approx 0,35 \frac{\sqrt{L}}{2}$.

В то же время эффективность использования ПИП с синусно-косинусными характеристиками может быть существенно повышена за счет линейризации этих характеристик при вторичном преобразовании, например преобразовании аналогового сигнала $f(h)$ ПИП в частоту следования импульсов.

С этой целью исследовано несколько способов линейризации,

позволяющих обеспечить требуемое остаточное значение погрешности нелинейности в необходимом диапазоне изменения контролируемого параметра h .

Так, остаточное значение погрешности δ_n не более 2,1% в диапазоне $0 < h < \frac{\sqrt{1}}{2}$ достигается способом линейризации, при котором выходной сигнал вторичного преобразователя (аналог-частота) пропорционален алгебраической сумме входного синусоидального (или косинусоидального) сигнала $f(h)$, инвертированного косинусоидального (или синусоидального) сигнала коррекции, соответствующего входному сигналу, и сигнала, равного сумме квадратов входного и корректирующего сигналов. При реализации этого способа и линейризации аналоговой гармонической зависимости $f(h)$ в блоке коррекции вторичного преобразователя вырабатывается сигнал $\varphi(h) = \sqrt{1 - f^2(h)}$. При этом сигнал $F(h)$ на выходе вторичного преобразователя определяется выражением [3]:

$$F(h) = 1 + f(h) - \varphi(h). \quad (1)$$

Основные графические зависимости, отображающие этапы линейризации таким способом, например синусоидального аналогового сигнала $f(h)$, приведены на рис.1. Там же - численные данные результата линейризации.

Необходимо отметить также, что процесс линейризации по зависимости (1) значительно упрощается, если есть возможность получения необходимого корректирующего сигнала $\varphi(h)$ в самом первичном измерительном преобразователе, например [2]. Ведь сигнал $\varphi(h)$ соответствует входному сигналу $f(h)$, но сдвинут по оси преобразуемого параметра h на $\frac{\sqrt{1}}{2}$, т.е. $\varphi(h) = f(h \pm \frac{\sqrt{1}}{2})$.

С целью расширения диапазона измерения до значений $0 < h < \sqrt{1}$ с общей погрешностью нелинейности не более 1,05% исследован способ линейризации, при котором используется блок коррекции, аналогичный предыдущему. Однако сигнал $F(h)$ на выходе линейризатора изменяется в соответствии с системой [2]:

$$\begin{cases} F(h) = A + f(h) - \varphi(h) \\ \quad \text{при } 0 < h < \frac{\sqrt{1}}{2}, \\ F(h) = B - f(h) + \varphi(h) \\ \quad \text{при } \frac{\sqrt{1}}{2} < h < \sqrt{1}, \end{cases} \quad (2)$$

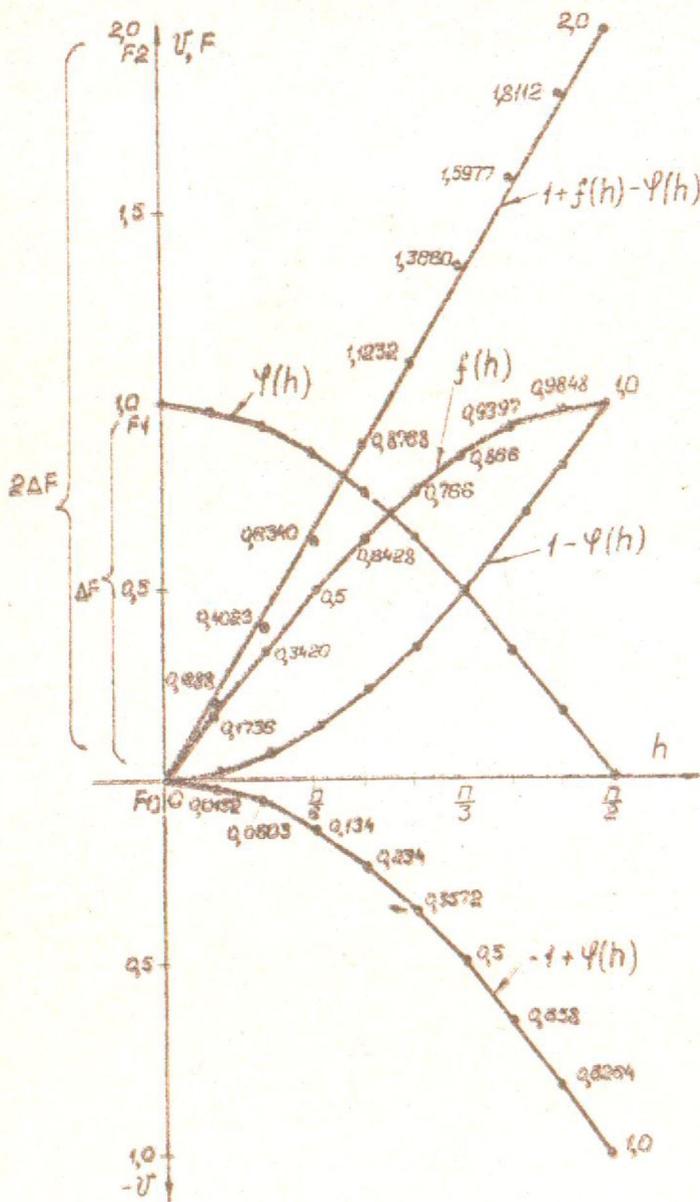


Рис. I. Линеаризация характеристики $f(h)$ с остаточной погрешностью нелинейности $\delta_{нл} = 2,1\%$ в диапазоне $0 < h < \frac{\pi}{2}$

что обеспечивается путем использования во вторичном преобразователе ключевых элементов и компаратора. При этом неопределенность, возникающая при $h = \frac{\sqrt{2}}{2}$ исключается вторым корректирующим сигналом, полученным в первичном преобразователе и равным $f(h + \frac{\sqrt{2}}{4})$ или $f(h - \frac{\sqrt{2}}{4})$. Константы $A = 3$, $B = 1$, если $f(h)$ описывается косинусоидой, и $A = 1$, $B = 3$ - при линейризации $f(h)$ в виде синусоиды.

Для получения значения погрешности δ_n , не превышающего 0,26 % в диапазоне $0 < h < \frac{\sqrt{2}}{2}$, необходимо при зависимости выходного сигнала вторичного преобразователя, описываемой выражением (1), частоту этого преобразователя регулировать дополнительными корректирующими сигналами $[f(h \pm \frac{\sqrt{2}}{4}) - \varphi(h \pm \frac{\sqrt{2}}{4})]$, которые по модулю равны сигналу $[f(h) - \varphi(h)]$, но сдвинуты по фазе по оси преобразуемого параметра на $+\frac{\sqrt{2}}{4}$ или $-\frac{\sqrt{2}}{4}$ в зависимости от пределов его изменения [4].

При этом сигнал на выходе вторичного преобразователя определяется выражением

$$\begin{cases} F(h) = A + f(h) - \varphi(h) + [f(h \mp \frac{\sqrt{2}}{4}) - \varphi(h \mp \frac{\sqrt{2}}{4})] \\ \text{при } 0 < h < \frac{\sqrt{2}}{4}; \\ F(h) = B + f(h) - \varphi(h) + [f(h \pm \frac{\sqrt{2}}{4}) - \varphi(h \pm \frac{\sqrt{2}}{4})] \\ \text{при } \frac{\sqrt{2}}{4} < h < \frac{\sqrt{2}}{2}. \end{cases} \quad (3)$$

В системе (3) верхние знаки соответствуют линейризации входного сигнала $f(h)$, описываемого косинусоидой, а нижние - линейризации $f(h)$ в виде синусоиды.

Для косинусоидальных входных аналоговых сигналов зависимость (3) преобразована к виду

$$\begin{cases} F(h) = A + f(h) - 2,4142 \varphi(h) \\ \text{при } 0 < h < \frac{\sqrt{2}}{4}; \\ F(h) = B + 2,4142 f(h) - \varphi(h) \\ \text{при } \frac{\sqrt{2}}{4} < h < \frac{\sqrt{2}}{2}. \end{cases} \quad (4)$$

При синусоидальном входном аналоговом сигнале зависимость (3) после преобразований имеет вид

$$\begin{cases} F(h) = A + 2,4142 f(h) - \varphi(h) \\ \quad \text{при } 0 < h < \frac{\pi}{4}; \\ F(h) = B + f(h) - 2,4142 \varphi(h) \\ \quad \text{при } \frac{\pi}{4} < h < \frac{\pi}{2}. \end{cases} \quad (5)$$

Этапы линейризации синусоидального аналогового сигнала $f(h)$ по этому методу показаны на рис.2, там же приведены численные данные результата линейризации.

Существенное снижение погрешности δ_n может быть достигнуто применением способа линейризации, при котором одновременно с пропорциональным преобразованием в частоту следования импульсов алгебраической разности между входным $f(h)$ и корректирующими сигналами по зависимости (I), формируется дополнительный сигнал, равный по величине квадрату алгебраической разности входного и корректирующего сигналов. При этом осуществляется также регулирование частоты следования импульсов обратно пропорционально разности между опорным сигналом, равным сумме квадратов входного и корректирующего сигналов, и 0,107 величины дополнительного сигнала [5].

В общем зависимость, описывающая данный способ линейризации,

$$F(h) = \frac{f(h) - \varphi(h)}{1 - \beta [f(h) - \varphi(h)]^2}, \quad (6)$$

где β — коэффициент глубины коррекции нелинейности.

На рис.3 приведены графические зависимости изменения частотного сигнала $F(h)$ управляемого генератора и их численные значения при линейризации $f(h)$, описываемой синусоидой.

Алгебраическое суммирование сигналов $f(h)$ и $\varphi(h)$ осуществляется первым сумматором 2, а подключением его выходов к эмиттерным цепям токозадающих элементов генератора I осуществляется прямо пропорциональное преобразование разности $f(h) - \varphi(h)$ в частоту следования импульсов.

Коэффициент β глубины коррекции нелинейности определяется коэффициентом передачи второго суммирующего усилителя 3. Оптимальное значение $\beta = 0,107$.

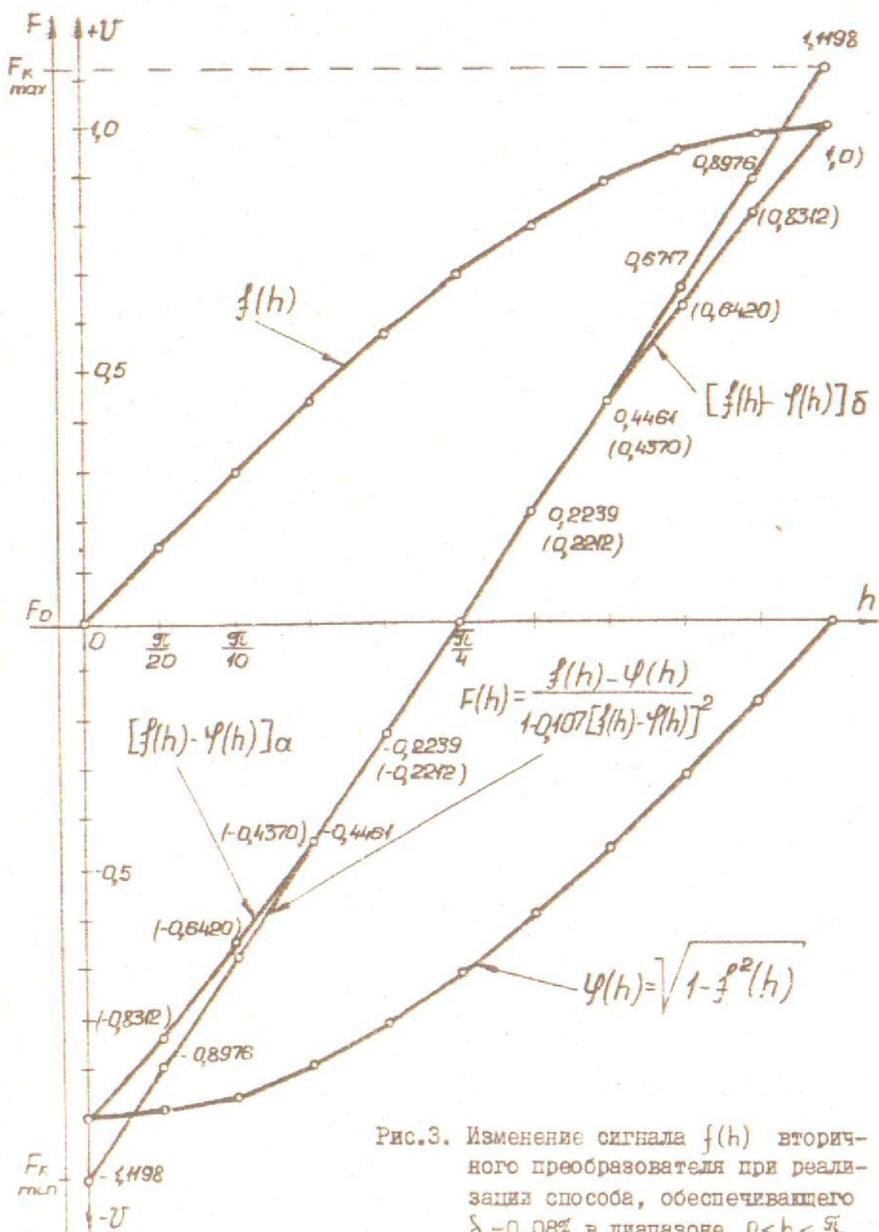


Рис.3. Изменение сигнала $f(h)$ вторичного преобразователя при реализации способа, обеспечивающего $\delta_n = 0,08\%$ в диапазоне $0 < h < \frac{\pi}{2}$

В заключение необходимо отметить, что целесообразность применения каждого из исследованных способов линейаризации должна определяться требованиями, предъявляемыми к первичному измерительному преобразователю с гармонической выходной характеристикой по диапазону измерения, остаточной погрешности нелинейности выходной характеристики $F(h)$ в этом диапазоне, а также возможность получения корректирующего сигнала $\psi(h)$ в самом первичном преобразователе, что особенно эффективно.

Описанные способы линейаризации выходных синусно-косинусных характеристик ПИИ испытаны в ультразвуковых первичных преобразователях толщины. Их использование позволило применить один и тот же преобразователь толщины без изменения его конструктивных и акустических параметров для решения разных задач контроля толщины заготовок, отличающихся диапазоном контроля и требуемой основной погрешностью измерения. Остаточная погрешность нелинейности выходной характеристики первичного преобразователя толщины после ее линейаризации описанными способами соответствовала приведенным выше значениям.

Л и т е р а т у р а

1. А.с. 994911 СССР, МКИ G01 В 17/02. Способ ультразвукового контроля толщины движущихся изделий / М.Н.Гуманюк, А.И.Ришан, В.И.Ходак. - Оpubл. 7.02.1983. Бвл. № 5.
2. А.с. 987383 СССР, МКИ G 01 В 17/02. Ультразвуковое устройство для измерения толщины ленты / А.И.Ришан - Оpubл. 7.01.1983. Бвл. № 1.
3. А.с. 997049 СССР, МКИ G 06 G 7/26. Устройство для линейаризации нелинейных характеристик / А.И.Ришан. - Оpubл. 15.02.1983. Бвл. № 6.
4. А.с. 964659 СССР, МКИ G 06 G 7/26. Устройство для линейаризации нелинейных характеристик / А.И.Ришан. - Оpubл. 7.10.1982. Бвл. № 37.
5. А.с. 1173422 СССР, МКИ G 06 G 7/26. Устройство для линейаризации синусно-косинусных характеристик датчика / А.И.Ришан. - Оpubл. 15.08.1985. Бвл. № 30.