

И.В. БЫЧКОВ, канд. техн. наук, ИПМаш,
С.В. ПОСТУЛЬГА, студент НГУ «ХПИ»,
О.С. РУБЕЛЬ, студент НАКУ «ХАИ»,
В.Н. СПАССКИЙ, ИПМаш (г. Харьков)

УСТРОЙСТВО ПИТАНИЯ ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В СТАНКАХ С ЧПУ

У статті розглядається можливість створення універсального пристрою живлення різноманітних типів індуктивних датчиків зворотного зв'язку у станках із ЧПК.

Possibility of creation of universal device of feed of different inductive sensors of feed-back in CNC machine-tools is examined in the article.

Введение. На предприятиях Украины и стран СНГ существует большой парк станков с ЧПУ выпуска 1970–1980 г.г., которые интенсивно используются при решении задач формообразования. В настоящее время большинство предприятий занимается модернизацией станков, путем замены устаревших морально и физически устройств ЧПУ на современные. При этом, замену аналоговых, индуктивных ДОС на дискретные фотоэлектрические считают нецелесообразной из-за цены на последние, и в связи с тем, что индуктивные ДОС далеко не выработали свой ресурс и обеспечивают необходимую точность при обработке деталей.

Поэтому и возникла задача создания универсального устройства питания различных индуктивных ДОС, типа сельсин, вращающийся трансформатор (резольвер), индуктосин.

Анализ литературы показывает, что даже устройства ЧПУ класса CNC [1] комплектовались одним из ряда разработанных субблоков для питания определённого типа датчиков, применяемых в конкретном станке. Из [1] и [2] можно сделать вывод, что для каждого типа ДОС изготавливалось своё устройство питания.

Цель работы – показать возможность создания универсального устройства питания для вышеперечисленных ДОС с минимальной аппаратной избыточностью, что позволит уменьшить стоимость устройств ЧПУ и улучшить их ремонтпригодность.

В устройствах ЧПУ питание обмоток сельсина осуществляется трёхфазным синусоидальным напряжением со сдвигом фаз 120° , а питание вращающегося трансформатора, индуктосина – синусоидальным и косинусоидальным напряжениями.

Структурная схема предлагаемого устройства приведена на рис. 1, где приняты следующие обозначения: БСФС – блок сдвига фаз сигналов, БФС – блок формирования синусоиды, УМ – усилитель мощности, ДОС – датчик обратной связи, ФУС – фильтр-усилитель сигнала, БФДС – блок формирования дискретного сигнала.

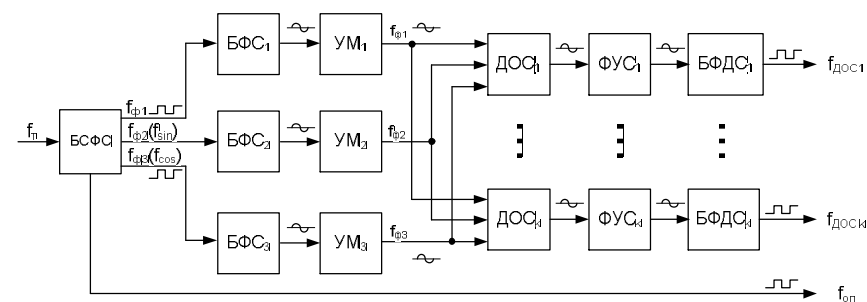


Рис. 1. Структурная схема устройства питания индуктивных датчиков обратной связи в станках с ЧПУ

БСФС формирует на своих выходах импульсную последовательность опорной частоты $f_{оп}$, а также, в первом случае, когда в качестве ДОС применяется сельсин, три импульсные последовательности с равными частотами $f_{\phi 1} = f_{\phi 2} = f_{\phi 3}$ и сдвигом фаз между ними 120° , причем $f_{\phi i} = f_{оп}$ ($i = 1-3$), во втором случае, когда ДОС – вращающийся трансформатор или индуктосин, две импульсных последовательности f_{sin} и f_{cos} , где $f_{sin} = f_{cos} = f_{оп}$. Причём f_{sin} формируется в БСФС на выходе вместо $f_{\phi 2}$, а f_{cos} – $f_{\phi 3}$, а блоки БФС₁ и УМ₁ в данном случае избыточны и в субблок не монтируются.

В БФС_i дискретные сигналы прямоугольной формы со скважностью 2 преобразуются в сигналы синусоидальной формы без изменения частоты их следования. С выхода УМ_i синусоидальный сигнал поступает на питание обмоток ДОС, количество которых определяется типом станка с ЧПУ и числом управляемых координат.

Существенным вопросом является соблюдение одинаковых параметров сигналов в аналогичных контрольных точках каждого из трёх каналов БФС-УМ. Неравенство U_{max} на выходах УМ или неточность сдвига фаз питающих ДОС синусоид приводит к тому, что сигнал на выходной обмотке датчика при вращении ротора будет иметь нежелательную амплитудную модуляцию. С целью увеличения точности и стабильности работы устройства, сдвиг фаз питающих ДОС напряжений осуществляется на дискретных элементах до преобразования сигналов прямоугольной

в синусоидальную.

Получаемый на выходе ДОС (сельсин, вращающийся трансформатор) аналоговый сигнал синусоидальной формы, амплитуда которого более 3-5 В, можно сразу подавать на вход БФДС для преобразования в дискретный сигнал прямоугольной формы, минуя ФУС. Когда амплитуда выходного сигнала ДОС (индуктосин) измеряется в милливольтках, необходимо предусмотреть блок ФУС, который предназначен для устранения искажений формы синусоиды и усиления по амплитуде не менее, чем до 3 В. Поскольку $f_{оп} = f_{\phi}$, то $f_{оп}$ равна частоте $f_{ДОСk}$ на выходе БФДС.

При движении исполнительного органа станка (стола) по k -ой координате в положительном направлении начинается вращение ротора ДОС_k по часовой стрелке, а при движении в отрицательном направлении – против часовой стрелки. В пределах полного оборота ротора угол его поворота равен или пропорционален углу сдвига фаз сигналов $f_{оп}$ и $f_{ДОСk}$ в зависимости от кинематической схемы соединения ДОС и ходового винта станка и пропорционален линейному (угловому) перемещению исполнительного органа станка. По разработанному алгоритму на основании подсчёта полных оборотов сдвига фаз в 360° сигналов $f_{оп}$ и $f_{ДОСk}$ и рассогласования фаз в пределах оборота вычисляется действительная величина и знак k -ой координаты эквидистанты обрабатываемой детали.

Если временной интервал, образованный сдвигом фаз сигналов $f_{оп}$ и $f_{ДОСk}$, заполнять дискретными сигналами с частотой $f_{сч}$, то количество подсчитанных импульсов указанной частоты будет пропорционально линейному перемещению исполнительного органа станка.

Величину текущей k -ой координаты можно вычислить как:

$$S_{тек} = [N_{об}(n_1 - n_2) \pm N_{\alpha}] \cdot h, \quad (1)$$

где $N_{об}$ и N_{α} – количество подсчитанных импульсов частоты $f_{сч}$ соответственно за полный оборот и угол α сдвига фаз сигналов $f_{оп}$ и $f_{ДОС}$; n_1 и n_2 – количество полных оборотов сдвига фаз в положительном и отрицательном направлениях; h – цена импульса в мм/имп, приводится в технических характеристиках станка.

Частота подсчёта импульсов определяется:

$$f_{сч} = (S_{об}/h) \cdot f_{ДОС}, \quad (2)$$

где $S_{об}$ – линейный путь в мм, проходимый исполнительным органом станка и вызывающий один полный оборот ротора ДОС, приводится в технических условиях станка.

На рис. 2 представлена схема БСФС, а на рис. 3 приведены временные диаграммы сигналов, поясняющие работу указанного блока.

Формирование импульсных последовательностей $f_{\phi 1}$, $f_{\phi 2}$, $f_{\phi 3}$ осуществляется на счётчике-делителе на 6 (DD1 – K155ИЕ4) и двух D-триггерах (DD3.1, DD3.2 – K155ТМ2). Схема не требует начальной установки, так как счётчик всегда выходит в состояние «0» с поступлением частоты f_T на

его вход. Немаловажно, что функционирование схемы самовосстанавливается после возникновения случайного сбоя максимум через 6 периодов f_T , так как состояние схемы циклически повторяется через указанное время.

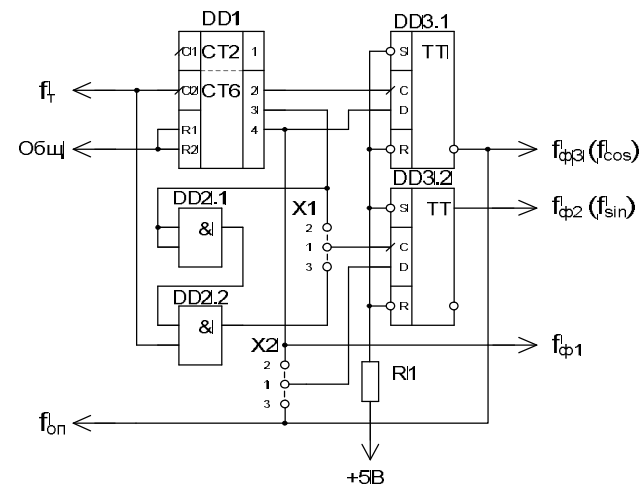


Рис. 2. Схема блока сдвига фаз сигналов

В переключателях X1 и X2 контакты 1 и 2 замкнуты, а 1 и 3 разомкнуты, что соответствует формированию трёх импульсных последовательностей $f_{\phi 1}$, $f_{\phi 2}$, $f_{\phi 3}$. При формировании на этой же схеме f_{sin} и f_{cos} в переключателях X1 и X2 контакты 1 и 2 разомкнуты, а 1 и 3 замкнуты.

На рис. 4 представлена схема БФС, состоящего из интегратора-формирователя трапецеидального сигнала и активного фильтра, собранных соответственно на операционных усилителях DA1 и DA2.

На рис. 5 отражён процесс формирования трапецеидального из двуполярного сигнала прямоугольной формы, подаваемого на вход интегратора.

Для получения на выходе БФС кривой наиболее приближённой к идеальной синусоиде необходимо при формировании трапеции соблюдать следующее:

- 1) скважность входного прямоугольного сигнала должна строго равняться 2,
- 2) напряжения питания ОУ ± 15 В должны быть равны между собой,
- 3) боковые стороны трапеции должны иметь одинаковый наклон к её основанию, т. е. должны быть равны постоянные времени заряда и разряда интегратора,

4) должно выдерживаться отношение длин отрезков $a/b = 2$ и $c/d = 1$.

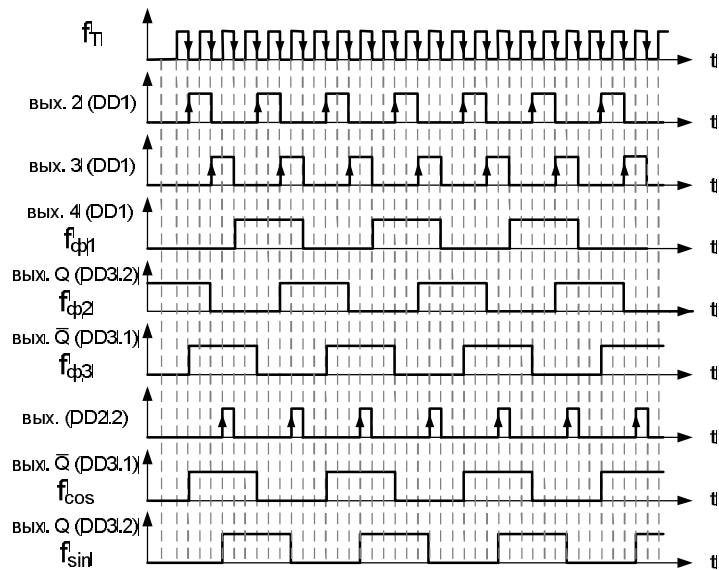


Рис. 3. Временная диаграмма, поясняющая работу БФФС

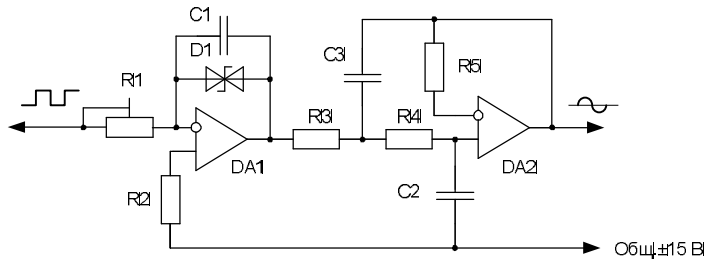


Рис. 4. Блок формирования синусоидального сигнала

Изменение номинала $R1$ приводит к изменению постоянной времени заряда-разряда интегратора и выполнению указанного отношения $a/b = 2$. Отношение $c/d = 1$ и формирование вершин трапецеидального сигнала на положительном и отрицательном полупериодах входных сигналов осуществляется с помощью встречно включенных стабилитронов в цепи обратной связи интегратора.

Формирование синусоидального сигнала из трапецеидального приводит к лучшим результатам, по сравнению с методом получения синусоидального сигнала непосредственно из сигнала прямоугольной формы на активном фильтре. Проведённый анализ данных разложения в ряд Фурье типовых колебаний [3] показывает, что в спектре сигнала трапецеидальной формы при угле отсечки 60° отсутствуют вторая, третья, четвертая гармоники, а пятая гармоника в 25 раз меньше первой.

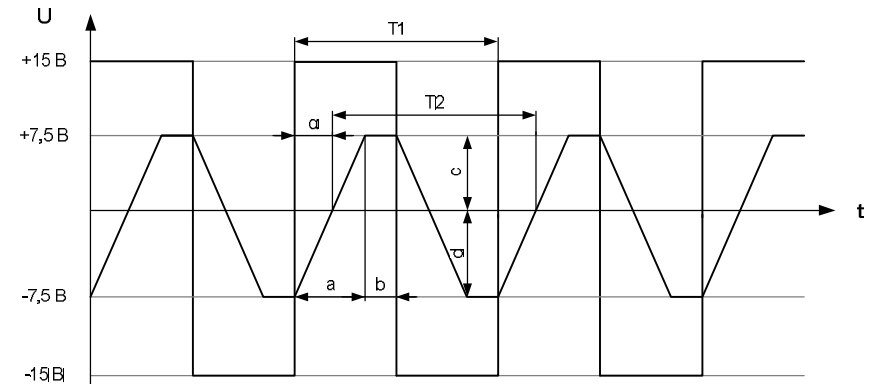


Рис. 5. Формирование трапецеидального сигнала на интеграторе

В фильтре ($DA2$) рекомендуется, чтобы номиналы резисторов $R3$ и $R4$ были равны, а отношение номиналов ёмкостей было равно $C3/C2 = 2$.

Усилитель мощности ($УМ$) может быть реализован на интегральной микросхеме серии TDA в соответствии с типовой схемой включения, рекомендуемой фирмой-изготовителем $STMicroelectronics$. Микросхемы рассчитаны на различную мощность от 12 Вт $TDA2006$ до 40 Вт $TDA2051$ и имеют двуполярное питание. Следует отметить, что такой усилитель работает с нагрузкой более 4 Ом, а при нагрузках ниже указанной следует применять согласующий трансформатор, что можно отнести к незначительному недостатку.

Выводы:

- 1) спроектировано универсальное устройство питания ДОС, типа сельсин, ВТМ (резольвер), индуктосин, что говорит о достижении поставленной цели.
- 2) сдвиг фаз в 90° и 120° питающих ДОС сигналов осуществляется с большой степенью точности, поскольку реализуется на цифровых элементах из стабильной f_t с кварцевого генератора.
- 3) рассмотренная схема формирования синусоидального сигнала из

прямоугольного зарекомендовала себя стабильной работой.

4) в рассмотренном устройстве возможно применение различных по мощности и схемной реализации выходных усилителей УМ в зависимости от количества и типа применяемых ДОС.

5) предлагаемое устройство может быть рекомендовано для установки в УЧПУ, используемые при модернизации станков, оснащённых вышеупомянутыми ДОС.

Перспективы дальнейших исследований. В связи с появлением всё более совершенных микропроцессоров для создания микроконтроллеров следует рассмотреть вопрос децентрализации УЧПУ на базе микроЭВМ и создании на базе конструктива ДОС автономного устройства, в функции которого входит:

1) оцифровка информации с ДОС и вычисление координат текущей точки эквидистанты в процессе обработки детали,

2) вычисление разности между заданной величиной перемещения с программы и полученной с устройства обратной связи, то есть получение рассогласования (ошибки) для управления,

3) цифроаналоговое преобразование упоминаемого в п. 2 рассогласования для управления приводом,

Список литературы: 1. Устройство 2С42-65 1Я3.035.090. Руководство по эксплуатации. Альбом №1, 1985 г., с. 37. 2. Блок индикации Ф5095. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 42.2953.0032.08. 3. *Щербаков В. И., Грездов Г. И.* Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник. — К.: Техника, 1983.—213 с, с. 89-92.

Поступила в редколлегию 22.11.07