

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СНАРЯД ДЛЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Подвербный А. В.

*Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого*

Научный руководитель: к.т.н. **Виноградов Э. М.**

В настоящее время на трубопроводном транспорте используются два вида внутритрубных снарядов: чистящие и диагностические. Чистящие снаряды предназначены для регулярной очистки внутренней полости трубопровода от парафиносмолистых отложений и посторонних предметов. С помощью диагностических снарядов получают информацию о наличии и местоположении дефектов трубопровода (коррозии, раковин, состояния сварных швов и т.п.). Такие снаряды являются чрезвычайно сложными и дорогостоящими. Стоимость 1 м инспекции трубопровода составляет от 2 до 5 долларов США (по данным нефтепровода "Дружба"). Опыт эксплуатации диагностических снарядов показал, что их чувствительные элементы, касающиеся стенок трубы, часто повреждаются, что требует дорогостоящего ремонта и повторной инспекции трубопровода. Как выяснилось, основной причиной поломок являются выступающие края не полностью открытых задвижек трубопровода, которые расположены по трассе через каждые несколько километров. Конструкция привода задвижек не позволяет определить их действительное положение внутри трубопровода достаточно точно. Неполное открытие задвижек приводит также к уменьшению эффективного сечения трубы. Это снижает пропускную способность и для преодоления этих потерь требуется значительно повышать давление, что приводит к дополнительным затратам на транспортировку.

На кафедре "Промышленная электроника" ГГТУ разработан контрольно-измерительный снаряд (КИС), предназначенный для определения положения задвижек по трассе трубопровода. КИС выполнен на базе серийного чистящего снаряда и представляет собой полый металлический цилиндр, укрепленный на оси между очистными дисками (рис. 1).

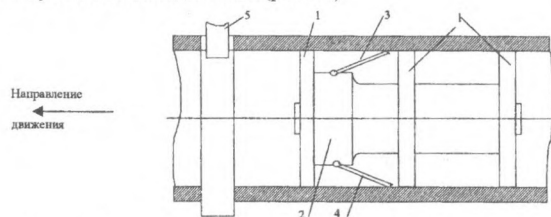


Рис. 1. Конструкция контрольно-измерительного снаряда:
1 - чистящие диски; 2 - корпус КИС; 3, 4 - рычаги датчиков отклонения;
5 - задвижка.

Управление КИС осуществляет микроконтроллер (МК), выполненный на однокристалльной ЭВМ КР1830ВЕ31. МК имеет энергонезависимое ОЗУ, в которое записываются измеряемые данные. После извлечения снаряда из трубопровода эти данные передаются через последовательный интерфейс RS-232C во внешний компьютер для последующего анализа.

Структурная схема электронного блока КИС приведена на рис. 2.

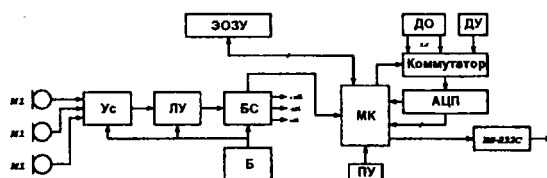


Рис. 2. Структурная схема электронного блока КИС:

Ус – усилитель; ЛУ – логическое устройство; БС – блок стабилизаторов;
Б – батарея; МК – микроконтроллер; ДО – датчик отклонения; ДУ – датчик угла; М1, М2, М3 – микрофоны.

В качестве датчиков определения положения задвижек используются индуктивные датчики. Рычаги датчиков скользят по стенке трубы. Угол поворота рычагов с помощью зубчатой передачи преобразуется в линейное перемещение ферромагнитного стержня индуктивного датчика. В КИС используется 6 датчиков отклонения (ДО), расположенных через 60° на стенке корпуса.

При движении снаряда в потоке нефти он может вращаться вокруг своей оси. Для определения угла поворота в КИС используется датчик угла (ДУ), выполненный на основе синусно-косинусного вращающегося трансформатора (СКВТ). Статор СКВТ жестко связан с корпусом КИС, а на роторе укреплен рычаг с грузом. Под действием силы тяжести груза ротор СКВТ всегда находится в вертикальном положении, выходной сигнал СКВТ будет пропорционален углу поворота корпуса КИС. Такая конструкция позволяет точно идентифицировать положение каждого ДО в любой момент времени.

МК периодически посредством аналогового коммутатора опрашивает датчики ДО и ДУ. Полученные данные преобразуются с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) в цифровой код и поступают в память МК. С учетом максимально возможной скорости движения снаряда 2 м/с и минимальной толщины задвижки 40 мм период опроса должен быть не более 10 мс. Для записи данных в течение 1 часа движения снаряда требуется память объемом около 4 Мбайт. А так как снаряд может передвигаться по трубопроводу в течение нескольких суток, то объем памяти возрастает до сотен Мбайт. Это обстоятельство сильно усложняет и удорожает систему. Кроме того, непрерывное измерение параметров требует большую емкость батарей питания. Для преодоления этих проблем при разработке КИС были использованы два метода.

Во-первых, МК включается на режим опроса датчиков только во время прохождения снарядом места расположения задвижек. В остальное время аппаратура КИС находится в “дежурном” режиме с малым током потребления. В этом режиме запитан только усилитель приемной антенны.

Во-вторых, после каждого цикла опроса датчиков программа МК анализирует наличие задвижки и ее положение.

Для управления включением аппаратуры КИС на трубопроводе размещаются два акустических излучателя АИ. Первый (АИ1) располагается за несколько метров до задвижки (по ходу движения снаряда), а второй (АИ2) – после за-

движки. Сигналом от АИ1 аппаратура КИС включается на режим опроса датчиков. Сигналом от АИ2 аппаратура КИС переводится в “дежурный” режим.

После включения электропитания микроконтроллер переходит в один из четырех режимов работы, выбор которых осуществляется переключателями на контрольной панели. Режим 1 – тестирование датчиков, 2 – очистка внешней памяти, 3 – сбор, анализ и запись данных при движении по трубопроводу, 4 – передача данных на внешний компьютер по интерфейсу RS-232C.

Управление внешним компьютером осуществляется программой-терминалом. Она позволяет производить тестирование датчиков, прием и обработку данных исследования и экспресс-анализ файла данных из внешней памяти микроконтроллера.

Программы для микроконтроллера написаны на языке Ассемблера i8031, программа для ПК написана на C++.

Достоинством разработанного контрольно-измерительного прибора является то, что он унифицирован под все виды и размеры чистящих снарядов и позволяет разрешить важные задачи технологического процесса эксплуатации трубопроводов без существенных финансовых затрат.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВАРИАНТНОЙ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АД

Рожков А. И.

Гомельский государственный технический университет

им. П. О. Сухого

Научный руководитель: к.т.н. Логвин В. В.

Как известно, сущность векторного управления асинхронного двигателя (АД) заключается в возможности воздействовать на потокосцепление Ψ_{rx} и частоту вращения ω ротора АД. Запишем систему уравнений АД, приняв в качестве управляющих воздействий составляющую тока статора i_{sx} и синхронную скорость ω_1 .

В преобразовании по Лапласу математическую модель АД можно представить следующим образом [1]

$$\left. \begin{aligned} U_y &= (R_1 + \sigma \cdot L_1 \cdot p) I_{sy} + \frac{L_m}{L_r} \cdot p \cdot \Psi_{rx} - \omega_1 \cdot \sigma \cdot L_s \cdot I_{sx} \\ U_x &= (R_1 + \sigma \cdot L_1 \cdot p) \cdot I_{sx} + \omega_1 \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \Psi_{rx} + \omega_1 \cdot \sigma \cdot L_1 \cdot I_{sy} \\ \Psi_{rx}(p) &= \frac{L_m}{T_r \cdot p + 1} \cdot I_{sx}(p), \\ I_{sy}(p) &= \frac{1}{K_r \cdot R_r} \cdot L[\Delta\omega \cdot \Psi_{rx}] \\ \omega(p) &= \left\{ \frac{3}{2} \cdot K_r \cdot L[i_{sy} \cdot \Psi_{rx}] - M_c(p) \right\} \cdot \frac{1}{J \cdot p}, \end{aligned} \right\}$$

где $\Delta\omega = \omega_1 - \omega$ - скольжение; L- символ прямого преобразования по Лапласу; $\Psi_{rx}(p)$, $I_{sx}(p)$, $I_{sy}(p)$, $\omega(p)$, $M_c(p)$ - операторные изображения временных перемен-