

Значит для осуществления коррекции нелинейных искажений необходимо изменить входной сигнал, добавив на вход постоянное смещение с относительной к основной частоте амплитудой $U_0 \approx -0.065$ В; вторую гармонику $U_2(t) = -0.077 \cos 2\omega t$, третью гармонику $U_3(t) = -0.077 \sin 3\omega t$ и четвертую гармонику $U_4(t) = -0.006 \sin 4\omega t$.

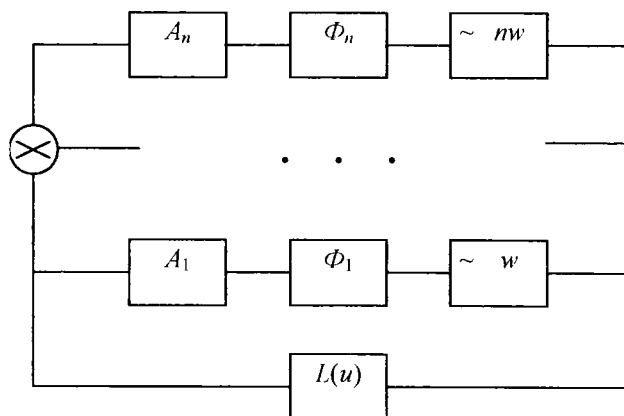


Рис. 2

При параллельной коррекции эти гармоники могут быть выделены фильтрами с выхода усилителя и поданы на вход через параллельные обратные связи. Выходной сигнал исходного усилителя имеет нелинейные искажения на уровне -18 дБ, после коррекции -43 дБ.

В результате получаем схему усилителя с параллельной коррекцией (рис. 2). Каждая ветвь обратной связи содержит полосовой фильтр на гармонику номера n , фазовращатель Φ_n и аттенюатор A_n .

Задача синтеза корректирующих последовательных или параллельных четырехполюсников при таком подходе практически всегда имеет решение, так как синтез необходимо осуществить для дискретных частот, а не для непрерывной полосы частот. Аппарат синтеза четырехполюсника на заданной частоте хорошо разработан.

Таким образом, рассмотренный спектральный метод анализа задачи коррекции характеристик нелинейного усилителя может оказаться эффективным при решении ряда прикладных задач. В частности, он использован нами при разработке широкополосного линейного усилителя мощности для аппаратуры связи по высоковольтным электрическим линиям в электросистемах [3] и электронного пускорегулирующего устройства для люминисцентных ламп.

Литература

1. Головин О.В. Радиоприемные устройства. – М.: Высшая школа, 1987.
2. Богданович Б.М., Бачило Л.С. Проектирование усилительных устройств. – Мн.: Вышэйшая школа, 1985.
3. Вериго Б.А., Козусев Ю.Н., Кухаренко С.Н., Осипенко И.В. Линейный усилитель мощности для каналов высокочастотной связи по линиям электропередач, МНТК «Современные направления развития производственных технологий и робототехника», – Могилев, 1999. – С.25

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СНАРЯД ДЛЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

А. Б. Вериго, Э. М. Виноградов, А. И. Никеенков

Гомельский государственный технический университет

им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

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 по-

вредаются, что требует дорогостоящего ремонта и повторной инспекции трубопровода. Как выяснилось, основной причиной поломок являются выступающие края неполностью 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 им. П. О. Сухого разработан контрольно-измерительный снаряд (КИС), предназначенный для определения положения задвижек по трассе трубопровода. КИС выполнен на базе серийного чистящего снаряда и представляет собой полный металлический цилиндр, укрепленный на оси между очистными дисками (рис. 1).

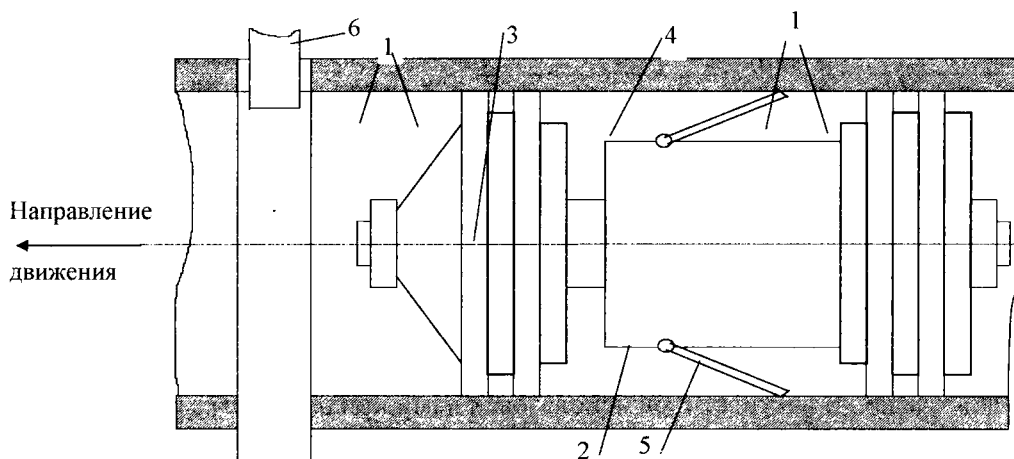


Рис. 1. Конструкция контрольно-измерительного снаряда: 1 – чистящие диски; 2 – корпус КИС; 3 – приемопередающая антенна; 4, 5 – рычаги датчиков отклонения; 6 – задвижка.

Внутренняя часть корпуса КИС разделена ребрами жесткости на отсеки, в которых размещаются электронные блоки и батарея питания. Структурная схема электронной части КИС приведена на рис. 2.

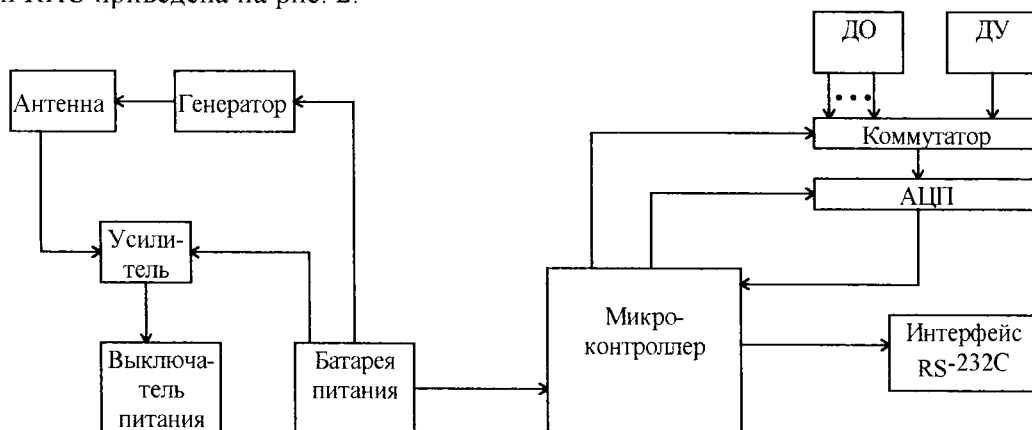


Рис. 2. Структурная схема электронной части КИС

Управление КИС осуществляет микроконтроллер (МК), выполненный на однокристалльной ЭВМ КР1830ВЕ31. МК имеет энергонезависимое ОЗУ, в которое записыва-

ются измеряемые данные. После извлечения снаряда из трубопровода эти данные передаются через последовательный интерфейс RS–232C во внешний компьютер для последующего анализа.

В качестве датчиков определения положения задвижек используются индуктивные (трансформаторные) датчики. Рычаги датчиков скользят по стенке трубы. Угол поворота рычагов с помощью зубчатой передачи преобразуется в линейное перемещение ферромагнитного стержня трансформаторного 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. Алгоритм идентификации основан на том, что при наличии выступающих внутрь трубы краев задвижки датчики отклонения ДО, расположенные на противоположных сторонах корпуса КИС (вдоль одной оси), вырабатывают сигналы противоположных знаков. Так, при положении задвижки на рис. 1 рычаг 4 верхнего датчика сжимается (положительное отклонение), а рычаг 5 нижнего датчика, наоборот, разжимается (отрицательное отклонение). МК записывает данные в память только при обнаружении неправильного положения задвижки.

Для управления включением аппаратуры КИС на трубопроводе размещаются два приемопередающих устройства ППУ. Первое (ППУ1) располагается за несколько метров до задвижки (по ходу движения снаряда), а второе (ППУ2) – после задвижки. Антенны обоих ППУ работают в импульсном режиме (частота 0,5 Гц), частота излучения 16Гц. Когда проходящий снаряд принимает сигнал от ППУ1, включается внутренний генератор КИС и его антенна излучает ответный сигнал длительностью 1 с, который принимает ППУ1. При этом ППУ1 вырабатывает звуковой и световой сигналы для привлечения внимания оператора. Сигналом от ППУ1 аппаратура КИС включается на режим опроса датчиков. Сигналом от ППУ2 аппаратура КИС переводится в «дежурный» режим. Использование принципа «запрос – ответ» для управления КИС позволяет осуществлять текущий контроль за движением снаряда, а также производить его обнаружение при непредвиденной остановке в трубопроводе. Для этого наружное ППУ необходимо перемещать вдоль трубы до момента получения сигналов обнаружения.

Основные технические данные контрольно-измерительного снаряда

Вид принимаемых и передаваемых сигналов	Электромагнитное излучение
Частота принимаемого и излучаемого сигнала	16 Гц
Напряжение питания	12 В
Ток потребления: в «дежурном» режиме	20мА
в режиме опроса датчиков	100мА
в режиме излучения (импульс длительностью 1 с)	500мА
Тип элементов питания	A373 (LR20)
Время непрерывной работы в дежурном режиме	не менее 30 суток
Время работы в рабочем режиме	не менее 5 суток
Диаметр контролируемого трубопровода	от 500 до 1000 мм
Погрешность измерения положения задвижки относительно стенок трубы	не более 5 мм

Достоинством разработанного контрольно-измерительного снаряда 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.

ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ ТАКТОВОЙ ЧАСТОТЫ НА ПОГРЕШНОСТЬ ВРЕЯИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕМНОЖИТЕЛЯ СИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

И. В. Муринов

*Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Блок-схема вреямпульсного четырехквadrантного перемножителя для синусоидальных сомножителей приведена на рис. 1. Для перемножения синусоидальных сигналов первый сомножитель (напряжение u_1) должен быть преобразован в длительность t_i (t_p) так, чтобы в случае нулевого значения u_1 среднее значение выходного сигнала амплитудного модулятора АМ было равно нулю. Это достигается сравнением напряжения u_1 с двуполярным сигналом треугольной формы, положительная и отрицательная амплитуды которого равны по модулю.

На рис. 2 приведены временные диаграммы, поясняющие вреямпульсное перемножение синусоидальных сигналов

$$u_1 = U_{1m} \cdot \sin(\omega \cdot t); \quad (1)$$

$$u_2 = U_{2m} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad (2)$$

при частоте тактового преобразователя в два раза большей частоты перемножаемых сигналов. На рис. 2 а изображено напряжение u_1 и вспомогательное треугольное напряжение u_T , где t_0, t_1, t_2, t_3, t_4 – моменты времени, когда мгновенные значения напряжения u_1 и мгновенные значения вспомогательного треугольного напряжения u_T равны; T, T_T – период входного и треугольного напряжения, соответственно. На рис. 2 б изображено напряжение второго сомножителя u_2 . На рис. 2 в изображен выходной сигнал модулято-