**Задание на разработку алгоритма индикации отклонения канальных скоростей звука от ожидаемой**

В ультразвуковых расходомерах “Вымпел-500” измеряется сразу две скорости звука: канальная и ожидаемая.

Канальная скорость звука – это скорость звука, измеряемая с помощью акустического канала времяимпульсного ультразвукового расходомера согласно соотношению:

(1)

где – время прохождения ультразвуковых колебаний по потоку газа; – время прохождения ультразвуковых колебаний против потока газа; – усреднённая по акустическому каналу скорость звука в газе; – усреднённая по акустическому каналу скорость потока газа; – длина акустического канала; – угол между осями акустического канала и трубопровода.

Из соотношения (1) получают усреднённую по акустическому каналу скорость звука в газе. Однако (1) справедливо лишь для одного акустического канала. В реальных ультразвуковых расходомерах практически всегда используется многоканальная схема (см. рис.1 и рис.2). В таком случае средняя скорость звука в газе определяется как среднее арифметическое по всем акустическим каналам:

(2)

где – усреднённая по акустическому каналу скорость звука в газе, измеряемая *i* – ым акустическим каналом; – средняя по всем акустическим каналам скорость звука в газе, – количество акустических каналов в ультразвуковом расходомере.

Ожидаемая скорость звука – это скорость звука, измеряемая ультразвуковым расходомером по двум переменным (температура и давление) и одному параметру (компонентный состав газа). Определение этой скорости звука определяется в зависимости от компонентного состава газа (самые распространённые способы определения – ГОСТ 30319.2-2015 и ГОСТ 30319.3-2015).

В ГОСТ 8.611-2013 п.12.3.2.4 и п.12.3.2.5 указаны важные практические “нюансы”, необходимые при эксплуатации ультразвуковых расходомеров, которые можно определить напрямую с помощью ожидаемой и канальных скоростей звука, а именно:

1. Определение градиента канальных скоростей звука, по которому можно судить о загрязнённости внутренней поверхности трубопровода;
2. Определение неисправности какого-либо акустического канала (в плане некорректности измерения времени прохождения ультразвуковых колебаний) по отклонению канальной скорости звука от ожидаемой и от других значений скорости звука, измеряемых прочими акустическими каналами;
3. Отклонение реального компонентного состава газа от заданного в расходомере (последнее является параметром), что можно определить по отклонению ожидаемой скорости звука от средней по всем акустическим каналам.

Задание заключается в разработке алгоритма индикации вышеперечисленных практических проблем. Условия следующие:

1. Определение градиента канальных скоростей звука: необходимо определение в режиме реального времени тренда (необязательно именно в виде тренда, можно предусмотреть другие варианты) градиента канальных скоростей звука в рамках одного измерительного сечения (плоскость, в котором расположены акустические каналы, см. рис.2);
2. Определение неисправности акустического канала: необходимо установить критерий отклонения канальной скорости звука относительно ожидаемой и других канальных скоростей звука. Алгоритм должен обрабатывать одновременно данные по всем акустическим каналам. Канальные скорости звука измеряются либо путём применения осреднения n-ого количества последних измеренных значений скорости звука, либо путём применения фильтров (например, медианного);
3. Отклонение реального компонентного состава газа от заданного: необходимо установить критерий отклонения ожидаемой скорости звука от средней по всем акустическим каналам;
4. Все вышеперечисленное необходимо отобразить в графическом виде (произвольно). Также необходимо предусмотреть ручной ввод всех ограничительных критериев по всем п.1-3 (т.е. максимально допустимые отклонения, например, по ожидаемой скорости звука в п.3). Кроме того, необходимо также графическое изображение шкал по необходимым данным с заданными допусками (например: в п.3 мы устанавливаем критерий отклонения ожидаемой скорости звука в 10 м/с. Тогда этот критерий будет критическим и, в случае его превышения, отображаться в виде ошибки красным цветом. Также нужен сигнал “предупреждение” в виде жёлтого индикатора, если отклонения превышают половину критерия отклонения, т.е. в нашем случае 5 м/с);
5. Также необходимо отобразить в графическом виде отдельный индикатор с тремя возможными состояниями: норма (зелёный), предупреждение (жёлтый) и ошибка (красный). Принцип работы индикатора описан в предыдущем пункте;
6. Выбор ПО и графического вида, кроме описанного выше, произволен. Но нужно учитывать, что данный алгоритм необходимо разработать таким образом, чтобы обеспечить максимальное быстродействие прибора, т.к. данный алгоритм будет реализовываться на микроконтроллере, установленном в блоке электроники расходомера, который имеет соответствующие ограничения по скорости вычисления. В качестве критерия в данном случае можно руководствоваться следующим мнемоническим правилом: скорость выполнения алгоритма на ПК в 10 раз выше, чем на микроконтроллере. При этом необходимо учитывать, что прибор должен производить не менее 10 измерений в секунду;
7. Алгоритм должен непрерывно работать в режиме реального времени. Т.к. у Вас нет возможности взять реальные данные с расходомера, можно предусмотреть ручной ввод исходных данных с графического интерфейса.

Изображение выглядит как желтый, старый

Автоматически созданное описание

Рисунок 1 – Расположение акустических каналов в промышленном расходомере “Вымпел-500”, вид сверху

Изображение выглядит как желтый, земля

Автоматически созданное описание

Рисунок 2 – Расположение акустических каналов в промышленном расходомере “Вымпел-500”, вид сбоку