

УДК 621.38

КЛАССЫ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ СКОРОСТНЫХ ФИЛЬТРОВ СИГНАЛОВ

Л.Г. ЧУБРИКОВ

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

Автоматизация производства, в том числе и с использованием микропроцессоров, самым тесным образом связана с получением, передачей и обработкой информации об автоматизируемом технологическом процессе или механизме. Для получения информации используют самые различные датчики, отличающиеся принципом действия, конструкцией, характеристиками, входными и выходными параметрами. Однако, сигналы, получаемые при помощи технологических датчиков, как правило, отягощены различными помехами, которые нередко оказываются соизмеримыми с величиной сигнала, а иногда и превышающими его. При передаче сигналов от датчиков к системе управления они также искажаются помехами. В тех случаях, когда помехи невелики, ими пренебрегают при измерениях или они мало влияют при контроле. Однако, в тех случаях, когда помехи соизмеримы с величиной сигнала или превышают величину сигнала, то даже хорошие и надежные датчики оказываются непригодными, и автоматизация технологических процессов затрудняется или уже действующая автоматика оказывается малоэффективной и ненадежной.

Следовательно, здесь стоит задача надежного выделения полезного сигнала датчика на фоне помех. Эта задача не нова и она уже давно успешно решается в устройствах связи с использованием частотных фильтров. С этой же целью частотные фильтры широко используются и в устройствах контроля и управления.

Тем не менее, в целом ряде задач методы выделения сигналов, основанные на частотной фильтрации, оказываются малоэффективными или вовсе непригодными для выделения сигналов несинусоидальной формы или непериодических сигналов. Так, например, суточные изменения температуры окружающей среды, выступая как помеха для температурных датчиков сигнализатора потока жидкости в трубе, имеют один период за сутки. При прекращении потока полезным сигналом датчика будет единичное изменение напряжения на 60-80 % за 2-3 часа, то есть, с более высокой скоростью, чем скорость изменения напряжения датчика под воздействием изменения температуры окружающей среды. Выделение такого полезного сигнала можно осуществлять при помощи скоростной фильтрации.

Ниже приводятся некоторые классы задач выделения сигналов, при решении которых целесообразно использовать скоростные фильтры, а также конкретные примеры задач в каждом классе.

Выделение сигналов, несущих информацию о наступлении какого-либо события.

Чаще всего здесь в качестве полезного сигнала используется единичное изменение напряжения датчика, скорость изменения которого больше максимальной скорости изменения медленных гладких помех и меньше скорости изменения «быстрых» (импульсных) помех. При этом величина помех может быть соизмеримой и даже больше величины полезного сигнала. На рис. 1 а показана временная диаграмма изменения напряжения датчика, на рис. 2 приведена упрощенная блок-схема сигнали-

затора, у которого скорость настройки фильтра V_ϕ больше скорости изменения V гладкой помехи (напряжения датчика на участке А-В, рис. 1а), но меньше скорости V_u импульсной помехи. Следовательно, в этом случае используется полосовой скоростной фильтр ПСФ, как указано на рис. 2. Датчик Д формирует напряжение u_δ , пропорциональное технологическому параметру x . Пока выполняется условие $V < V_\phi < V_u$, напряжение компенсации u_k , формируемое ПСФ, успевает компенсировать u_δ и на выходе ПСФ напряжение $u_n = 0$. Следовательно, формирователь сигнала ФС формирует напряжение u_{co} как показано на рис. 1 на участке А-В временной диаграммы напряжения u_δ . На участке В-С соотношение скоростей изменяется: скорость напряжения датчика u_δ больше V_ϕ , напряжение компенсации u_k не успевает компенсировать напряжение u_δ и на выходе ПСФ появляется напряжение $|u_n| > 0$, формирователь сигнала ФС формирует сигнал u_c - сигнал о наступлении события (быстрого изменения u_δ).

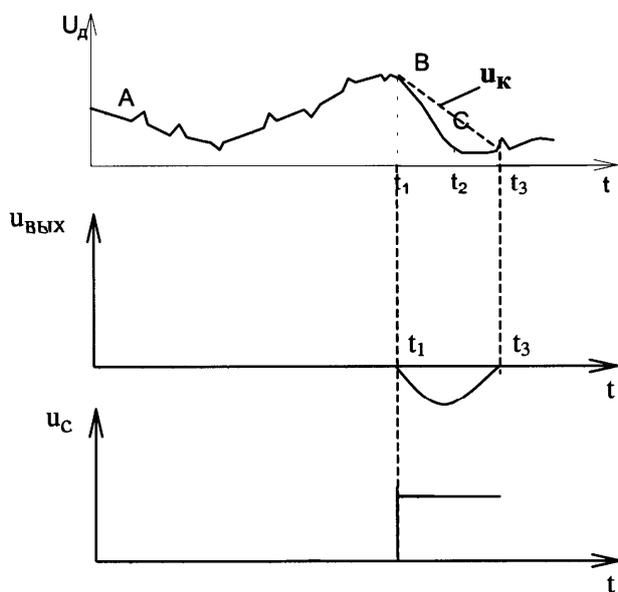


Рис. 1. Временные диаграммы напряжений

напряжение датчика будет изменяться с большей скоростью, чем при наличии потока, но не до нулевого значения. Это повышение скорости изменения напряжения датчика является сигналом о прекращении потока, который выделяется при помощи скоростного фильтра. Формирователь сигнала ФС формирует необходимый сигнал (звуковой, световой и т.д.) или воздействие на органы управления потоком;

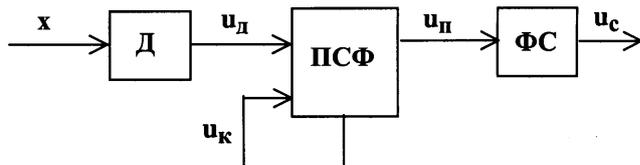


Рис. 2. Блок-схема сигнализатора

Задачи первого класса довольно часто встречаются в системах контроля на производстве, на транспорте, в быту, например:

а) контроль за прекращением потока жидкости в трубе или потока сыпучих материалов. Напряжение датчика при наличии потока жидкости или сыпучих материалов выступает как помеха. При этом на датчик воздействует температура жидкости или сыпучих материалов, температура окружающей среды, влажность и другие факторы, изменяя напряжение датчика в весьма широком диапазоне. Но эти изменения сравнительно медленные.

При прекращении потока напряжение датчика будет изменяться с большей скоростью, чем при наличии потока, но не до нулевого значения. Это повышение скорости изменения напряжения датчика является сигналом о прекращении потока, который выделяется при помощи скоростного фильтра. Формирователь сигнала ФС формирует необходимый сигнал (звуковой, световой и т.д.) или воздействие на органы управления потоком;

б) сигнализация о прохождении поезда через контролируемый участок железнодорожного пути при помощи так называемого межрельсового напряжения. Во время отсутствия поезда на контролируемом участке между рель-

сами имеется напряжение, которое отражает факт отсутствия поезда на этом участке. Однако, в зависимости от погодных условий - сухая погода, сырость, туман, дождь, снег - это напряжение будет изменяться в широких пределах, но сравнительно с небольшой скоростью. Эти изменения компенсируются фильтром и на выходе ПСФ сигнал отсутствует.

При заходе поезда на контролируемый участок пути колесная пара замыкает оба рельса и межрельсовое напряжение достаточно быстро уменьшается, но не до нуля, так как электрический контакт между колесами и рельсами не идеальный и не постоянный. Уменьшение межрельсового напряжения с более высокой скоростью выделяется скоростным фильтром и ФС формирует сигнал о наличии поезда на контролируемом участке пути;

в) контроль за перемещением изделия мимо контрольного пункта. Так, например, при прокатке контроль за перемещением раскаленного слитка по рольгангу осуществляется при помощи фотоэлектрического датчика. При отсутствии слитка перед фотодатчиком его напряжение может изменяться в широких пределах под воздействием общего внешнего освещения, температуры нагретых окружающих предметов и т.п. Однако, все эти изменения компенсируются скоростным фильтром и на выходе ФС сигнал отсутствует.

При появлении раскаленного слитка перед фотодатчиком произойдет довольно быстрое изменение напряжения датчика, что выявляется при помощи ПСФ. Формирователь сигнала ФС формирует сигнал о прохождении раскаленного слитка мимо контрольного пункта;

г) аналогично можно контролировать достаточно быстрые увеличения или уменьшения нагрузки какого-либо устройства, механизма;

д) защита от быстрого нагрева двигателя, подшипников и т.п. Термодатчик устанавливается в контролируемую среду. При нормальных условиях работы двигателя или других контролируемых устройств напряжение термодатчика изменяется с небольшой скоростью. Скоростной фильтр успевает компенсировать напряжение датчика и на выходе сигнала нет. При перегрузке двигателя происходит ускоренный нагрев термодатчика, что воспринимается в качестве сигнала. Такая защита формирует сигнал не о перегреве, а о возможном перегреве, то есть сигнализирует с существенным предварением;

ж) бытовые сигнализаторы, например, «электронная няня» для слепых и глухих;

з) выявление резких уменьшений напряжения в электрических сетях для защиты от аварий на производстве с непрерывным циклом работы путем переключения объекта на резервный источник питания при провале напряжения.

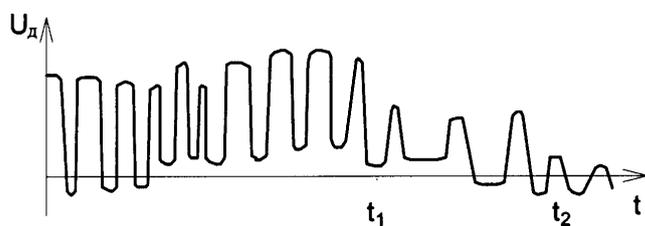


Рис. 3. Временная диаграмма

Выделение сигналов, несущих информацию об изменении средних значений контролируемой величины при наличии гладких и импульсных помех.

На рис. 3 показана временная диаграмма изменения напряжения датчика. В интервале времени $0 - t_1$ среднее значение контролируемой величины изменяется

медленно и выступает как помеха. На участке $t_1 - t_2$ среднее значение контролируемой величины уменьшается с большей скоростью, чем на участке $0 - t_1$. Это уменьшение среднего значения с большей скоростью и является полезным сигналом,

несущим информацию, например, об остановке агрегата или о нарушении технологического процесса. В этом случае вместо ПСФ на рис. 2 устанавливают скоростной фильтр среднего значения.

Конкретные примеры возможного применения скоростных фильтров в этом классе задач:

а) при транспорте газожидкостной смеси в трубе от малодебитных скважин с большим газовым фактором контролируемый поток жидкости прерывается продолжительными газовыми пробками. При контроле за потоком жидкости в этих случаях напряжение датчика будет нерегулярно уменьшаться во время продолжительных газовых пробок. Это нормальный рабочий режим скважины, при котором среднее значение напряжения датчика будет изменяться с небольшой скоростью.

При нарушении нормальной работы скважины или трубопровода частота или амплитуда уменьшения напряжения датчика будет изменяться, в результате чего среднее значение напряжения датчика будет изменяться с большей скоростью, чем при нормальной работе. Увеличение скорости изменения среднего значения напряжения датчика и будет сигналом о нарушении работы скважины или трубопровода, приведшем к уменьшению или остановке потока жидкости в трубе;

б) нагрев двигателей, работающих в повторно-кратковременных режимах, определяется не только величиной нагрузки, но и соотношением времени работы двигателя ко времени нерабочего состояния, то есть, определяется средним значением нагрузки. Следовательно, контролируя скорость изменения среднего значения нагрузки двигателя при помощи скоростного фильтра, можно осуществить защиту от перегрева с необходимым предварением.

Выделение одиночных дискретных сигналов на фоне случайных или специально предусмотренных помех, в том числе и гармонических.

Величина помех может быть даже больше величины сигнала. Если это дискретные сигналы на фоне гладких помех, как показано на рис. 4, то такие сигналы выделяются при помощи

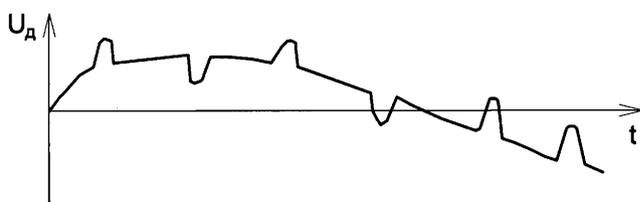


Рис. 4. Временная диаграмма

фильтра верхних скоростей (ФВС) подобно тому, как это показано на рис. 2, где вместо ПСФ устанавливается ФВС.

Если же одиночный сигнал представляет собой изменение величины и структуры помехи из смеси напряжений различных частот и амплитуд, то в

этом случае потребуется многоканальное фильтрующее устройство, состоящее из нескольких каналов, отличающихся друг от друга по частоте.

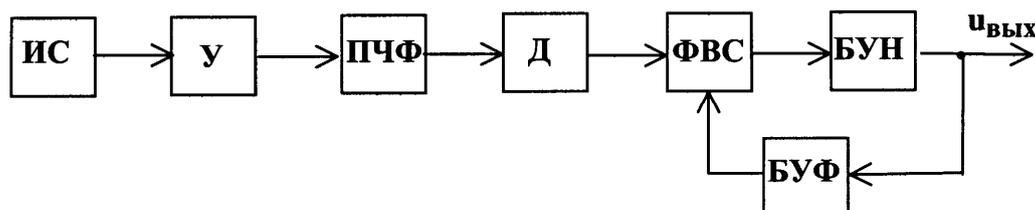


Рис. 5. Блок-схема канала устройства обнаружения одиночных сигналов

На рис. 5 приведена блок-схема варианта одного канала такого устройства. Устройство содержит источник сигнала ИС, усилитель У, полосовой частотный фильтр ПЧФ, двухполупериодный детектор Д, управляемый фильтр верхних скоростей ФВС, блок усреднения напряжения БУН, блок управления фильтром БУФ.

При отсутствии сигнала напряжение u_1 источника сигнала (датчика) представляет собой смесь напряжений различных частот и амплитуд, представляющую собой помеху. При этом БУФ управляет ФВС таким образом, чтобы на выходе БУН напряжение $u_{вых} = 0$.

Если появляется одиночный сигнал, то нарушается структура помехи, что вызывает быстрое изменение среднего значения напряжения $u_{ср}$ и на выходе БУН появляется $u_{вых}$, сигнализирующее о появлении одиночного сигнала.

Конкретные примеры возможного применения скоростных фильтров в этом классе задач:

а) защита от аварии мощных вентиляторов и других установок по изменению вибраций или шума. При достаточно быстрых изменениях обычных амплитуд и структуры вибраций или шума в результате каких-то механических неполадок (удары в подшипниках, в крыльчатке и т.п.), а также нарушений режима работы, появится напряжение на выходе БУН, которое и будет сигнализировать об опасности аварии;

б) контроль за попаданием камней, металла в кормоуборочный комбайн. Изменение рабочего шума (вибраций) при попадании камня или металла в комбайн будет воспринято как сигнал;

в) контроль за достаточно быстрым нарушением сплошности трубы продуктопроводов;

г) контроль за искажением синусоиды напряжения в электрических сетях.

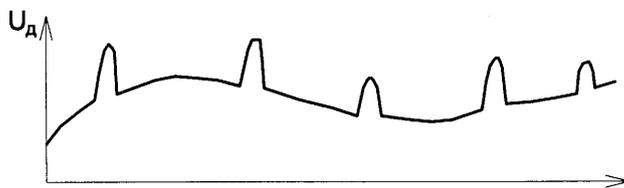


Рис. 6. Временная диаграмма

зана временная диаграмма напряжения датчика в этом классе задач. Здесь на гладкую помеху накладывается полезный сигнал в виде одиночных импульсов различной формы, длительности и амплитуды.

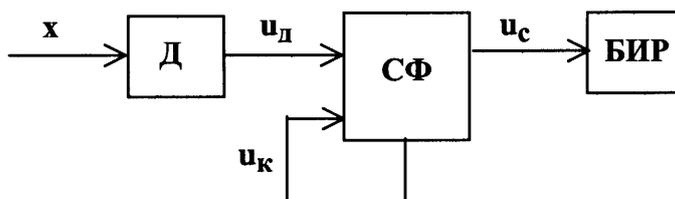


Рис. 7. Блок-схема устройства измерения

Измерение амплитуды или вольтсекундной площади одиночных сигналов, несущих информацию о величине какого-то параметра контролируемого технологического процесса. При этом гладкие помехи могут быть соизмеримы или даже больше полезного сигнала. На рис. 6 показана

На рис. 7 приведена блок-схема устройства измерения, содержащая датчик Д, скоростной фильтр СФ, блок измерения и регистрации БИР. При измерении амплитуды сигнала в качестве СФ используется фильтр верхних скоростей (ФВС) с регулируемой крутизной скоростной характе-

ристики или ФВС с отсечкой. При измерениях вольтсекундной площади сигнала используется интегральный скоростной фильтр с отсечкой.

Пока скорость изменения напряжения u_δ меньше скорости настройки СФ, напряжение компенсации u_k успевает компенсировать u_δ (помеху) и на выходе СФ напряжение сигнала $u_c = 0$. Если появится сигнал, у которого скорость изменения больше скорости настройки, то u_k запоминается, а на выходе СФ появляется u_c , пропорциональное амплитуде или вольтсекундной площади сигнала. БИР измеряет (регистрирует) результат измерений.

Задачи такого класса очень часто встречаются в технических и научно-исследовательских измерениях, например:

а) измерение усилий прокатки на станах горячей прерывистой прокатки, где изменение температуры датчиков от раскаленного прокатываемого металла вызывает большие гладкие помехи;

б) взвешивание транспортных средств с грузом в полевых условиях;

в) тензометрирование динамических процессов с разделением статических и динамических сигналов;

г) для повышения точности измерительных приборов;

д) в устройствах измерения удельного давления при прокатке и т.д.

Таким образом, разнообразие реакций скоростных фильтров на различные формы сигналов, многообразие их функций обеспечивает широкое применение скоростной фильтрации в устройствах контроля, измерений, автоматики, связи.

Литература

1. Чубриков Л.Г. Скоростные фильтры сигналов // Современные методы обработки сигналов в системах измерения, контроля, диагностики и управления: Материалы МНТК.- Минск, 1995.- Ч.1.- С. 88-91.