

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРА С УПРАВЛЯЕМЫМ ОГРАНИЧИТЕЛЕМ ДЛЯ СЛАБЫХ СИГНАЛОВ

Канд. техн. наук ГРИНЮК Д. А., инж. ЖАРСКИЙ С. Е.,
канд. техн. наук, доц. ОРОБЕЙ И. О., студ. СТРУНЕВСКАЯ Т. Н.

Белорусский государственный технологический университет

Существенного улучшения качества управления современными технологическими процессами можно добиться на основе информации технических объектов контроля [1–4]. Как правило, информативные сигналы с детекторов этих параметров имеют малую величину, сравнимую с величиной шумов, характерных для данного детектора, или помех индустриального и естественного происхождения.

Одним из возможных путей улучшения отношения сигнал/шум являются использование датчиков с модулированным сигналом и выделение информативной составляющей путем синхронного детектирования. Первичные преобразователи в промышленных условиях подвержены влиянию импульсных помех индустриального происхождения. Такие помехи обладают широким спектром, причем амплитуды гармоник, попадающих в полосу сигнала, соизмеримы с амплитудами информативного параметра, что сильно влияет на стабильность показаний измерительного прибора.

Известные в измерительной технике ограничители с уровнем ограничения, соответствующим максимальной величине полезного сигнала, не обеспечивают эффективного подавления импульсных помех в случае, когда сигнал значительно меньше максимального. Для повышения уровня защиты информативного сигнала от импульсных помех разработана структурная схема синхронного детектора с управляемым ограничением (УО). Для уменьшения влияния помех на входе синхронного детектора, реализованного на перемножителе 2 и ФНЧ 3, установлен ограничитель 1 с перестраиваемым уровнем ограничения. Установка уровня ограничения осуществляется нормирующим усилителем 6 по выходу (рис. 1).

При наличии априорной информации о малой скорости изменения информативного параметра (что часто имеет место при измерении слабых электрофизических характеристик в процессах химической технологии)

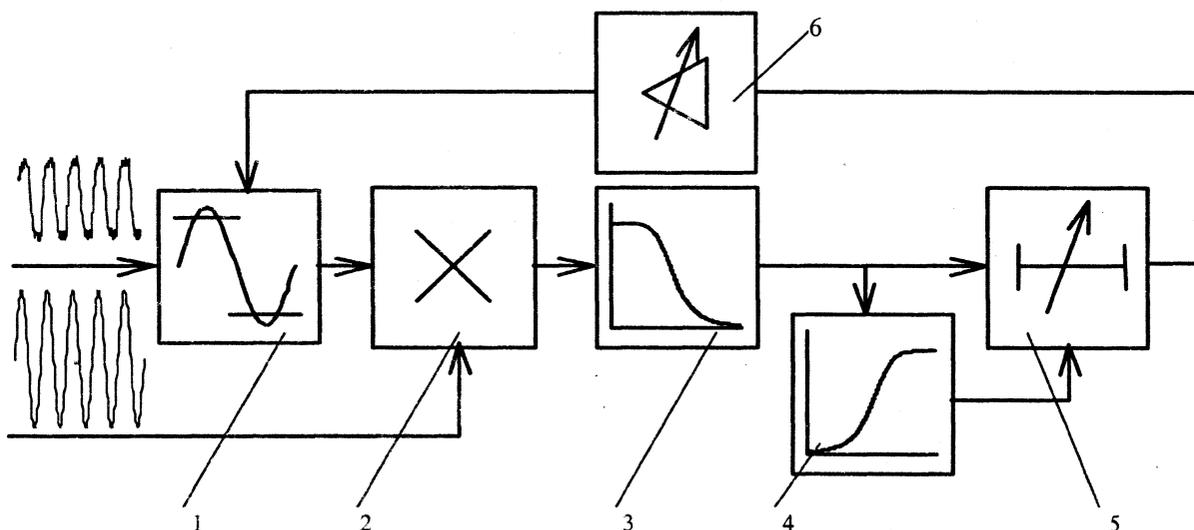


Рис. 1. Структура фильтра

возможно повышение стабильности работы прибора за счет «запирания» измерительного тракта на время действия импульсных помех. Это может быть реализовано с помощью детектора помехи, выполненного на ФВЧ 4, и изменения времени перезаписи выходного сигнала УВХ 5.

Предложенная структура измерительной схемы имеет ряд перестраиваемых параметров (запас по уровню ограничения и времени перезаписи), которые существенно влияют на эффективность применения схемного решения. Нахождение оптимальных параметров с использованием теоретических решений затруднено вследствие существенных нелинейностей, связанных с наличием перемножителя, ограничителя и изменяющегося запаздывания УВХ. Для оценки результативности применения и определения влияния основных параметров настройки структуры УО проведено численное моделирование с использованием спектрального анализа в интегральной среде MATLAB 6.5 с помощью приложения Simulink Version 5.0 (рис. 2). В качестве помехи был выбран сигнал трапецеидальной формы. Расчет проводился для опорного сигнала с различными характеристиками, изменяющимися параметрами помехи и при различных уровнях ограничения. В процессе моделирования находились динамиче-

ские, статические и интегральные квадратичные ошибки.

При моделировании предполагалось, что частота полезного сигнала равна 17 рад/с [2]. На полезный сигнал дополнительно накладывались синусоидальная помеха с частотой сети 50 Гц, случайные шумовые составляющие и импульсная помеха с фиксированными параметрами (период – 121,3 с, длительность – 1 % от периода и амплитуда – в 50 раз больше, чем амплитуда полезного сигнала). Постоянная времени фильтра на выходе перемножителя имела значение 10 с, отношение частоты среза к частоте полезного сигнала $\omega/\omega_c = 0,0059$.

Результаты моделирования показали (рис. 3), что введение УО в структуру схемы значительно уменьшает составляющие импульсной помехи на выходе преобразователя. Интегральная ошибка и максимальное динамическое отклонение при появлении помехи могут уменьшаться от одного до нескольких десятков. Коэффициент K_b , определяющий запас по уровню ограничения, имеет оптимальное значение по минимуму квадратичной интегральной ошибки, максимального динамического отклонения или других критериев.

Для исследованных структур измерительной схемы оптимальное значение K_b по минимуму квадратичной интегральной ошибки

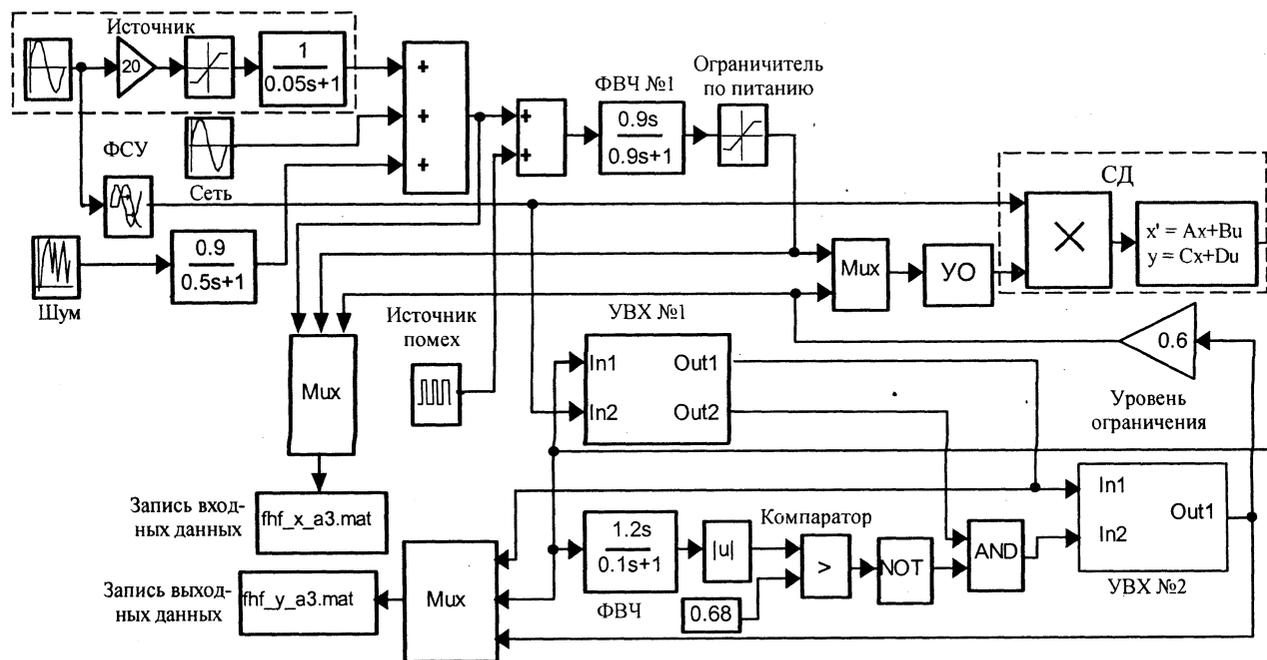


Рис. 2. Структура программы моделирования на Simulink 5.0

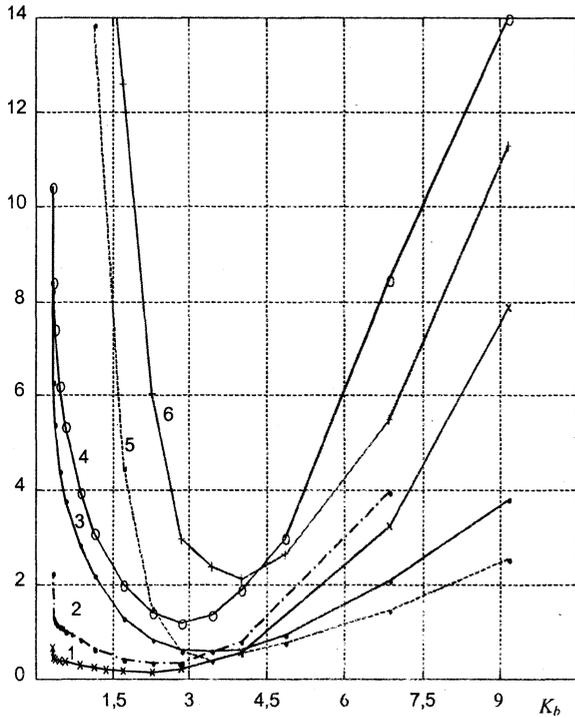


Рис. 3. Зависимость интегральной квадратичной ошибки от K_b при различных вариантах структуры: 1 – СД с УО, УВХ и при отсутствии ФВЧ на входе; 2 – СД с УО при отсутствии ФВЧ на входе; 3 – СД с УО, УВХ и ФВЧ на входе с $w/w_c = 15,3$; 4 – СД с УО и при наличии ФВЧ на входе с $w/w_c = 15,3$; 5 – СД с УО и УВХ и ФВЧ на входе с $w/w_c = 29,4$; 6 – СД с УО и ФВЧ на входе с $w/w_c = 29,4$

или по максимуму динамического отклонения колебалось в пределах от 1,5 до 4,5. При этом для одной и той же структуры оптимальные значения K_b по каждому из критериев различаются. Следует отметить, что приближение коэффициента, определяющего уровень ограничения УО, к единице приводит к возникновению большой статической ошибки, что особенно проявляется в суммарном сигнале шумов.

Введение УВХ в измерительную схему также способствует улучшению ее работы, в частности уменьшает максимальную динамическую ошибку. Увеличение инерционности устройства из-за УВХ существенно проявляется только в момент включения измерительного преобразователя.

Использование схемы СД при наличии на входе УО с обратной связью по уровню ограничения относительно амплитуды выходного сигнала применимо лишь для датчиков, с малой скоростью изменения сигнала. Уровень ограничения выбирается исходя из максимальной скорости нарастания информативного сигнала. При использовании схемы с задержкой информативного сигнала на один такт время нарастания до уровня ограничения не должно превышать одного периода с учетом инерционности фильтра. Разработанная структура была использована в схеме электрокинетического преобразователя [2].

Предлагаемому схемному решению при- сущи определенные недостатки, связанные с тем, что преобразователь медленно проходит точку нулевого значения сигнала. Для устранения этого недостатка в усилитель, определяющий уровень ограничения, вводилось смещение. Сокращение длительности переходного процесса при включении реализуется путем установки максимального уровня ограничения при подаче питания. Для приборов с широким диапазоном изменения информативного параметра при реализации предложенной структуры в качестве блока обратной связи более эффективно использование усилителя с логарифмической характеристикой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарский С. Е., Гринюк Д. А. Построение системы управления осветлителем с использованием измерения ζ -потенциала // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Тез. междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–25 сент. 1998 / БГТУ. – Мн., 1998. – С. 95.
2. Гринюк Д. А., Кузьмицкий И. Ф., Оробей И. О. Первичный преобразователь для измерения электрокинетических характеристик // Приборы и техника эксперимента. – 1998. – № 3. – С. 124–127.
3. Электрохимические преобразователи первичной информации / В. С. Боровков, Б. М. Графов, Е. М. Добрынин и др. – М.: Машиностроение, 1969. – 199 с.
4. Измерение электрических и неэлектрических величин / Н. Н. Евтихийев, Я. А. Купершмидт, В. Ф. Папуловский, В. Н. Скугоров. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.