

**Академия наук Украины
Ордена Ленина Институт кибернетики имени В. М. Глушкова**

На правах рукописи

ЧУБРИКОВ Леонид Гаврилович

УДК 621.372.54

**СКОРОСТНЫЕ ФИЛЬТРЫ СИГНАЛОВ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

**05.13.05 _ элементы и устройства вычислительной техники
и системы управления**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**

Киев 1992

Работа выполнена в Гомельском политехническом институте.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
АЛИМОВ Ю. И.,
доктор технических наук
БОЮН В. П.,
доктор технических наук,
профессор ГЛИНКОВ Г. М.

Ведущая организация: Минский радиотехнический институт.

Защита состоится «19» марта 1992 г. в _____
часов на заседании специализированного совета Д 016.45.02
при Институте кибернетики имени В. М. Глушкова АН Ук-
раины по адресу:

252207 Киев 207, проспект Академика Глушкова, 40.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Развитие теории и средств авто-
матизации, широкое внедрение микропроцессорной техники в сис-
темы автоматического управления /САУ/ технологическими про-
цессами и производствами, создание и внедрение низовых вычис-
лительных сетей /НВС/ автоматизированных систем, работающих
в реальных масштабах времени, обострили проблему информацион-
но-измерительного обеспечения. Эффективность работы САУ и НВС
автоматизированных систем в большей степени определяется на-
дежной и достаточно точной информацией о параметрах автоматизи-
руемого объекта или процесса. Получение, передача, прием и
обработка информации связаны с проблемой выделения сигналов
при наличии помех, которые нередко оказываются соизмеримыми
с величиной сигнала, а иногда и превышают его. Для выделения
сигналов широко используются частотные фильтры соответствую-
щих типов. Однако в целом ряде случаев частотная фильтрация
сигналов оказывается малоэффективной, а то и вовсе непригод-
ной.

К ним можно отнести:

1. Выделение медленно изменяющихся сигналов, несущих ин-
формацию о наступлении какого-либо события. Чаще всего здесь
в качестве полезного сигнала используется единичное изменение
напряжения датчика, скорость изменения которого больше макси-
мальной скорости изменения "медленных" гладких помех и мень-
ше скорости изменения "быстрых" /импульсных/ помех. Так, на-
пример, суточные изменения напряжения температурных датчиков
сигнализатора потока жидкости в трубе на нефтепромыслах под
воздействием изменения температуры окружающей среды, выступая
как гладкая помеха, имеют один период за сутки. При прекраще-
нии потока жидкости в трубе в качестве полезного сигнала будет
единичное изменение напряжения на 70 - 80 % от максимального
напряжения датчика за 2 - 3 часа.

2. Выделение одиночных или нерегулярно повторяющихся им-
пульсных сигналов произвольной формы различной длительности и
различных пауз между ними. Так, например, при измерении усилий
прокатки на блюмингах, слябингах, толстолистовых станах напря-

жение датчика имеет вид нерегулярных импульсов различной формы и длительности, амплитуда которых несет информацию о величине измеряемого параметра. Дополнительно напряжение датчика медленно изменяется за счет нагрева датчика прокатываемым раскаленным слитком, а также за счет изгиба станин прокатного стана за счет их неравномерного изгиба /при измерении тензометрическими стержнями/. Эти температурные помехи столь велики, что не позволяют производить измерения обычными методами с достаточной точностью. Такие же помехи имеют место и при контроле перемещения раскаленного слитка по ролямгангу.

3. Выделение сигналов, несущих информацию об изменении средних значений контролируемой величины при наличии гладких и импульсных помех. Так при контроле потока жидкости в трубе на нефтепромыслах при совместном транспорте газа и жидкости, когда газовые пробки чередуются с жидкостными пробками, контроль осуществляют по изменениям среднего значения напряжения датчика.

Выше перечисленные примеры не ограничивают перечень задач, выделения сигналов, где частотные фильтры оказываются малоэффективными. Такие задачи с успехом решаются при помощи скоростных фильтров, разработанных и исследованных автором.

Цель и направление исследований. Целью диссертационной работы является решение научной проблемы выделения сигналов при наличии помех скоростными фильтрами и разработка измерительных и контролируемых приборов на их основе.

Для достижения поставленной цели в работе решаются задачи:

1. Разработка методологии и семантики скоростной фильтрации сигналов.
2. Разработка математического аппарата и теории скоростной фильтрации.
3. Разработка и исследования скоростных фильтров сигналов различных типов.
4. Разработка, исследование и применение в производственных условиях различных устройств на основе скоростных фильтров.

Методы исследований.

- Математическое, графическое и физическое моделирова-

ние сигналов различных форм.

- Исследования работы математических и физических моделей скоростных фильтров, анализ их основных параметров и характеристик.
 - Исследования работы устройств, построенных на основе скоростных фильтров, в условиях нефтепромыслов, металлургического и химического производств.
- Научная новизна.
- Разработаны методы скоростной фильтрации для различных форм сигналов.
 - Разработаны основные определения, понятия, параметры, характеристики скоростных фильтров.
 - Разработан математический аппарат на основе введенного автором понятия тангенсальной скорости для описания работы скоростных фильтров, как нелинейных устройств, и аппроксимации произвольных функций одного переменного, в том числе и входных сигналов различных форм.
 - Разработана теория скоростных фильтров на базе выше указанного математического аппарата.
 - Разработаны и исследованы скоростные фильтры сигналов, представляющие собой новый класс приборов: фильтр нижних скоростей, базовый фильтр нижних и верхних скоростей, несимметричные скоростные фильтры, фильтр с регулируемой крутизной скоростной характеристики, скоростной фильтр с отсечкой, полосовой и заграждающий скоростные фильтры, универсальный скоростной фильтр, аналого-цифровые скоростные фильтры, фильтр с коррекцией, интегральные фильтры верхних скоростей, фильтры с динамической компенсацией.
 - Разработаны на основе скоростных фильтров приборы и внедрены в производство: измерители усилий прокатки, сигнализаторы потока жидкости в трубе на нефтепромыслах; разработаны и испытаны сигнализаторы потока двойного суперфосфата на химическом заводе, сигнализаторы потока масла в подшипники нагнетательных насосов на нефтепромыслах, электронная "няня"; разработаны САУ электроприводом с использованием скоростных фильтров и др.

Все выше перечисленные результаты работы выносятся на защиту.

Практическая ценность. Скоростные фильтры сигналов не сомненно получают широкое применение в устройствах контроля и автоматизации технологических процессов, измерения и связи при наличии помех. К ним относятся сигнализаторы потока жидкости в трубе на нефтепромыслах, потока сыпучих материалов, перемещения изделий и заготовок по транспортерам и рольгангам, выхода контролируемого параметра из диапазона заданных значений; устройства релейной защиты в электросетях, устройства измерения усилий прокатки, взвешивания транспортных средств, измерения влажности заготовок из древесины в потоке и сортировки их по степени влажности, оценки качества электроэнергии; устройства обнаружения одиночных сигналов, кодирования сигналов и разделение каналов по скорости для передачи по линии связи, бытовые приборы и много - много других.

Реализация результатов работы. На основе скоростных фильтров разработаны и внедрены измеритель усилия прокатки с аналоговой индикацией на блокинче завода "Азовсталь", измеритель усилия прокатки с цифровой индикацией на слябинге завода им.Ильича, 780 сигнализаторов потока жидкости в трубе на нефтепромыслах НГДУ "Чернушканефть" с годовым экономическим эффектом 420 рублей на один сигнализатор. Малое предприятие "Технолог" изготовило партию из 210 штук трехпозиционных сигнализаторов потока жидкости в трубе для нескольких нефтепромыслов с последующим выходом на серийное производство ил. На основе скоростных фильтров разработан сигнализатор подачи масла в подшипник для нагнетательных насосов на нефтепромыслах НГДУ "Чернушканефть". Скоростные фильтры сигналов использованы автором при разработке системы управления электроприводом вязальных машин. Опытная партия из 10 комплектов блоков управления будет изготовлена и внедрена в 1992 году на Жлобинском производственном объединении меховых изделий /Договор № 302/.

Апробация работы. Диссертационная работа и отдельные ее разделы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях Гомельского политехнического института /1987-

1990/, Едановского металлургического института /Маркуполь, 1967 - 1972/, на 2-й Донецкой конференции молодых ученых /Донецк, 1968/, на 2-й Всесоюзной научно-технической конференции "Устройства и системы автоматизации автономных объектов" /Красноярск, 1990/, на ученом совете Гомельского политехнического института /Гомель, 1990/, на кафедре "Автоматика и управление в технических системах" Томского института автоматизированных систем управления и радиоэлектроники /Томск, 1990/, на кафедре "Информационно-измерительная техника" Московского института нефти и газа им.Губкина /Москва, 1991/, в лаборатории электрических и магнитных измерений Института электроники АН Республики Беларусь /Минск, 1990/, в Институте кибернетики им. В.М.Глушкова АН Украины.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 37 работ, в том числе 24 статьи, 7 авторских свидетельств на изобретения, 6 отчетов по НИР, выполненных под руководством диссертанта.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, содержащего 50 наименований. Объем диссертации составляет 225 страниц машинописного текста, 103 рисунка, 20 таблиц. Общий объем - 315 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель и общие задачи работы, дана общая характеристика и кратко изложено содержание работы.

В первой главе показана ограниченность частотной фильтрации сигналов и приведены некоторые классы задач, где частотные фильтры оказываются малоэффективными или вовсе непригодными. При скоростной фильтрации сигналов происходит сравнение скорости изменения величины сигнала с заданной скоростью, определяемой настройкой скоростного фильтра, и выделение сигнала с помощью скоростного фильтра при выполнении определенных условий. Скоростной фильтр - это нелинейное устройство, пропускающее напряжения, скорости изменения величин

ны которых находятся в некоторой области заданных значений, и не пропускающее напряжения, скорости изменения величины которых находятся вне этой области. Введены понятия скорости V_{ϕ} настройки фильтра, скорости V_c среза, скорости V_3 задерживания и даны определения: фильтр нижних скоростей /ФНС/, фильтр верхних скоростей /ФВС/, полосовой скоростной фильтр /ПСО/, заграждающий скоростной фильтр /ЗСО/.

Для описания работы скоростных фильтров, как нелинейных устройств, с мгновенными значениями сигналов существующий математический аппарат оказался непригодным. Поэтому с целью разработки нового математического аппарата для описания сигналов и работы скоростных фильтров введено понятие тангенсальной скорости. Любое значение произвольной функции $U_{BX}(t)$ входного напряжения можно определить как

$$U_{BX}(t) = U_{BX}(t_0) + V(t) \cdot t, \quad (1)$$

где $V(t)$ - тангенсальная скорость, - это такая скорость линейного изменения U_{BX} , которая необходима для изменения $U_{BX}(t)$ на величину $U_{BX}(t) - U_{BX}(t_0)$ за время $\Delta t = t - t_0$.

Сущность скоростной фильтрации сигналов с учетом понятия тангенсальной скорости V изменения $U_{BX}(t)$ и тангенсальной скорости V_{ϕ} настройки фильтра показана на временных графиках входного напряжения U_{BX} /рис.1а/, выходных напряжений фильтров ФНС $U_{НС}$ /рис.1б/, ФВС $U_{ВС}$ /рис.1в/, ПСО $U_{НС}$ /рис.1г/, ЗСО $U_{ЗС}$ /рис.1д/. В зависимости от настройки фильтры пропускают различные элементы входного напряжения. Основной характеристикой фильтра является скоростная характеристика /СХ/, представляющая собой зависимость коэффициента передачи S фильтра, от скорости V изменения входного напряжения $S=f(V)$. Эта характеристика показывает способность скоростного фильтра пропускать напряжение при той или иной скорости изменения его величины. На рис.2 показаны скоростные характеристики ФНС /рис.2а/, ФВС /рис.2б/, ПСО /рис.2в/, ЗСО /рис.2г/.

Приведены примеры применения скоростных фильтров в различных отраслях техники и в быту.

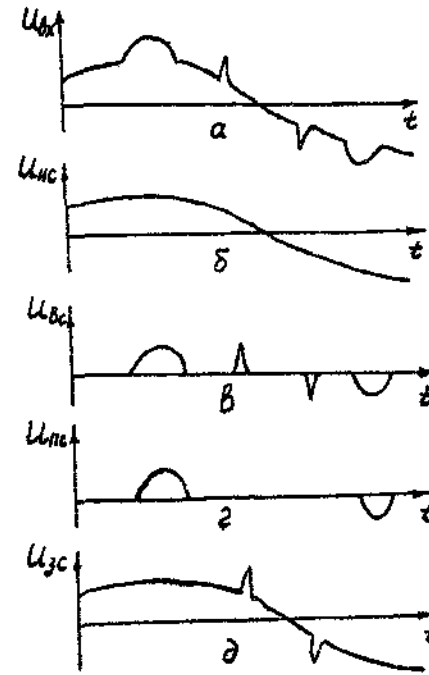


Рис. 1

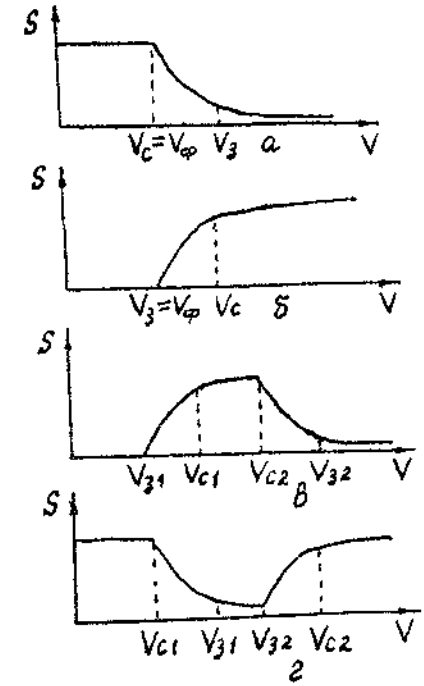


Рис. 2

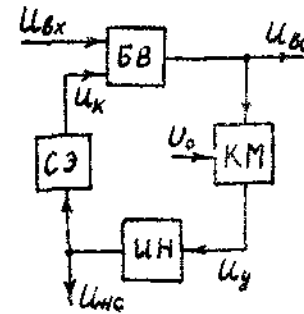


Рис. 3

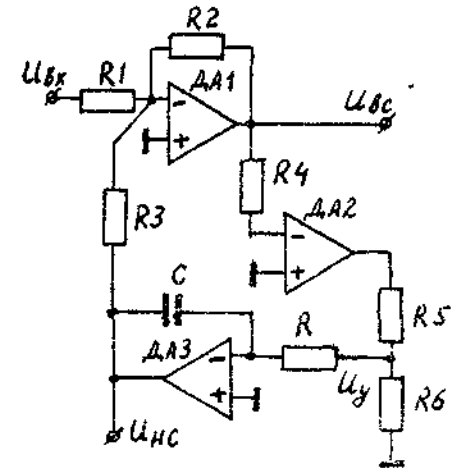


Рис. 4

Понятие тангенсальной скорости также использовано и для аппроксимации других экспериментальных функций. Пусть дана произвольная функция одной переменной $y=f(x)$. Тогда, на основе /1/,

$$y = V(x) \cdot x + f(x_0). \quad /1a/$$

Тангенсальную скорость $V(x)$ будем считать новой функцией от переменной x и ее выразим при помощи тангенсальной скорости $V'(x)$

$$V(x) = V'(x) \cdot x + V(x_0). \quad /2/$$

Функцию $V'(x)$ также выразим при помощи $V''(x)$ и так далее. В конечном итоге получим окончательно

$$y = f(x) = \left\{ \left[\left[\left[V^n(x) \cdot x + V^{n-1}(x_0) \right] \cdot x + V^{n-2}(x_0) \right] \cdot x + \dots \right. \right. /3/ \\ \left. \left. \dots + V'(x_0) \right] \cdot x + V(x_0) \right\} \cdot x + f(x_0).$$

Предлагаемый способ применим для аппроксимации степенных функций, полученных экспериментальным путем в виде таблиц и графиков.

Во второй главе исследована работа базового скоростного фильтра при различных формах входного напряжения. Блок-схема базового скоростного фильтра приведена на рис.3. Фильтр содержит блок вычитания БВ, компаратор КМ, интегратор ИН и согласующий элемент СЭ. Напряжение компенсации $U_k = V_{\phi} \cdot t$ включено встречно входному напряжению $U_{вх}$. Напряжение на выходе БВ, являющееся выходным напряжением ФВС, $U_{вс} = K(U_{вх} - U_k)$, где K - коэффициент передачи БВ, являющийся максимальным коэффициентом передачи ФВС. В зависимости от полярности $U_{вс}$ компаратор КМ формирует напряжение $U_y = \text{sign } U_{вс}$, где U_{max} - максимальное напряжение на выходе КМ. Под воздействием U_y интегратор ИН формирует напряжение, которое является выходным напряжением ФНС. При этом $U_k = q U_{НС}$, где q - коэффициент передачи СЭ.

Пока скорость V изменения $U_{вх}$ меньше скорости V_{ϕ} настройки фильтра, напряжение U_k успевает полностью компенсировать $U_{вх}$ и, следовательно, $U_k = U_{вх}$, $U_{вс} = 0$, а $U_{НС} = K_H U_{вх}$, где $K_H = \frac{1}{q}$ - максимальный коэффициент передачи ФНС.

При наступлении неравенства $V > V_{\phi}$ напряжение U_k не успевает компенсировать $U_{вх}$ и, следовательно,

$$|U_{вс}| = |K(U_{вх} - U_k)| > 0 \quad /4/$$

$$U_{НС} = U_{НС} + K_H V_{\phi} \cdot t, \quad /5/$$

где $U_{НС}$ - напряжение на выходе ФНС в момент наступления неравенства $V > V_{\phi}$.

На рис.4 показан один из вариантов электрической схемы базового фильтра. БВ выполнен на микросхеме ДА1; КМ - на микросхеме ДА2; ИН - на микросхеме ДА3; согласующий элемент СЭ - на резисторе R_3 . Скорость V_{ϕ} настройки фильтра определяют из уравнения $V_{\phi} = \frac{U_k}{RC} q$, где $q = \frac{R_1}{R_3}$.

Рассмотрена реакция базового скоростного фильтра на непериодические входные напряжения, полезные сигналы в которых могут быть в виде единичных сравнительно быстрых изменений $U_{вх}$ /напряжение датчика/, или в виде нерегулярных сравнительно кратковременных импульсов напряжения произвольной формы, накладывающихся на медленно меняющуюся гладкую помеху. /для ФНС, наоборот, медленно меняющееся напряжение может быть полезным сигналом, а в качестве помехи могут выступать быстро меняющиеся части напряжения/.

При этом скоростные характеристики ФВС

$$S_B = K \left(1 - \frac{V_{\phi}}{V}\right), \quad /6/$$

и ФНС

$$S_H = K_H \frac{V_{\phi}}{V}, \quad /7/$$

или нормированные скоростные характеристики /НСХ/ ФВС

$$S_{NB} = 1 - \frac{1}{V_H}, \quad /8/$$

и ФНС

$$S_{NH} = \frac{1}{V_H}, \quad /9/$$

где S_B и S_H - коэффициенты передачи ФВС и ФНС;

$S_{NB} = \frac{S_B}{K}$ - нормированный коэффициент передачи ФВС;

$S_{NH} = \frac{S_H}{K_H}$ - нормированный коэффициент передачи ФНС;

$V_H = \frac{V}{V_{\phi}}$ - нормированная скорость.

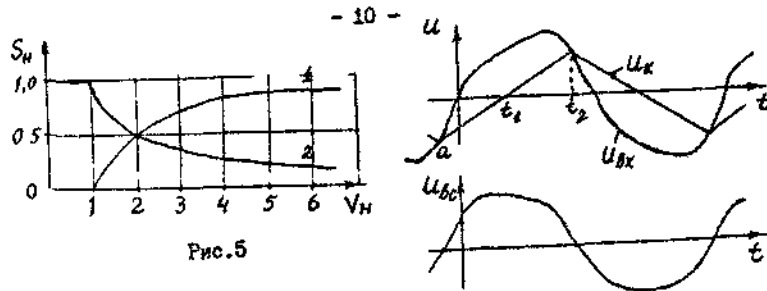


Рис.5

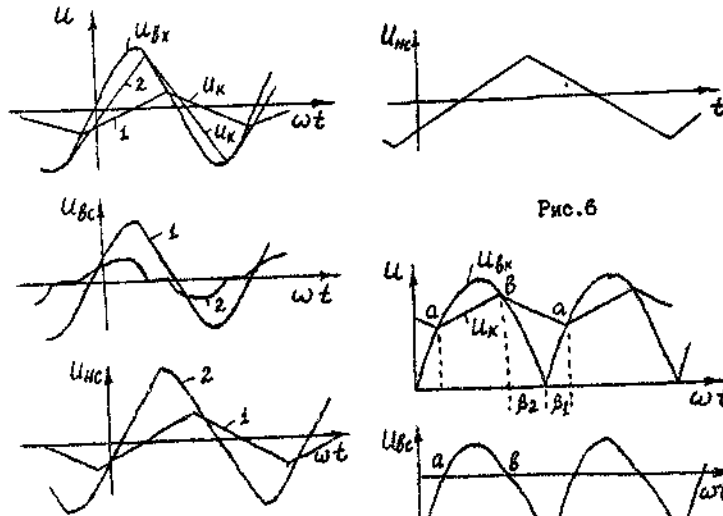


Рис.6

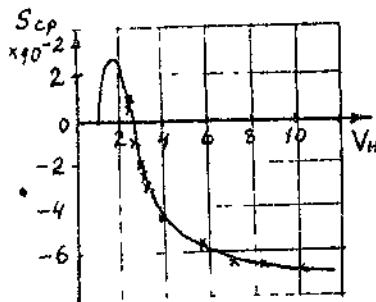


Рис.9

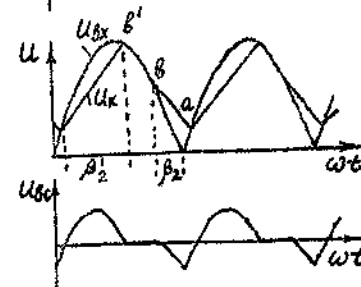


Рис.8

На рис.5 показаны НСХ ФВС /график 1/ и ФНС /график 2/. Приведены примеры анализа базового скоростного фильтра при полезных сигналах в виде единичного изменения напряжения, в виде нерегулярных импульсов формы полусинусоиды, треугольной формы.

Рассмотрена реакция базового скоростного фильтра на периодические входные напряжения произвольной формы, показанной на рис.6. Когда $V_{\varphi} > V_{max}$, где V_{max} - максимальная скорость изменения $U_{\delta x}$, то напряжение $U_{\delta x}$ успевает компенсировать $U_{\delta x}$ и поэтому $U_{\delta c} = 0$, $U_{нс} = K_{нс} \cdot U_{\delta x}(t)$. Если же $V < V_{\varphi}$, то $U_{\delta x}$ не успевает компенсировать $U_{\delta x}$ и, следовательно, $|U_{\delta c}| > 0$. В этом случае для определения $U_{\delta c}$ и $U_{нс}$ в переходной области СХ можно воспользоваться известными НСХ на рис.5 по уравнениям /8/ и /9/. Вычислив нормированную скорость из уравнения

$$V_{н} = \frac{U_{\delta x}(t) - U_{\delta x}(t_a)}{V_{\varphi}(t - t_a)}, \quad /10/$$

определяют $S_{нв}$ и $S_{нн}$. Тогда на участке временной оси / рис.6/ от $t = t_a$ до $t = \frac{T}{2} + t_a$

$$U_{\delta c} = K [U_{\delta x}(t) - U_{\delta x}(t_a)] \cdot S_{нв}, \quad /11/$$

$$U_{нс} = K_{нс} \{ [U_{\delta x}(t) - U_{\delta x}(t_a)] \cdot S_{нн} + U_{\delta x}(t_a) \}. \quad /12/$$

В тех случаях, когда амплитуда входного напряжения несет информацию о величине параметра технологического процесса, полезно использовать амплитудно-скоростную характеристику /АСХ/ фильтра. Рассмотрен вопрос получения АСХ и приведен пример анализа реакции базового скоростного фильтра на периодический сигнал несимметричной и симметричной треугольных форм.

При синусоидальном входном напряжении $U_{\delta x} = U_m \sin \omega t$ реакцию базового скоростного фильтра целесообразнее рассматривать в угловых координатах. В этом случае скорость настройки фильтра по угловой координате

$$V_{\varphi \alpha} = \frac{V_{\varphi}}{\omega}, \quad /13/$$

а амплитудная /максимальная/ скорость $U_{\delta x}$ по угловой координате

$$V_{m\alpha} = \frac{dU_{\delta x}}{d(\omega t)} / \omega t = 0 = U_m. \quad /14/$$

Так как скоростной фильтр является нелинейным устройством, то анализ работы фильтра проведен для двух диапазонов нормированных скоростей

$$V_H > \frac{\pi}{1,8}, \quad /15/$$

$$1 < V_H < \frac{\pi}{1,8}, \quad /16/$$

где $V_H = \frac{V_{m\alpha}}{V_{\phi\alpha}}$.

Для диапазона нормированных скоростей по /15/

$$U_{HC} = K_H V_{\phi\alpha} \left[\omega t - \pi(n-1) - \arccos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}}\right) \right], \quad /17/$$

$$U_{BC} = K U_m \left\{ \sin \omega t - \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}} \left[\omega t - \pi(n-1) - \arccos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}}\right) \right] \right\}, \quad /18/$$

а для диапазона скоростей по /16/

$$U_{HC} = K_H V_{\phi\alpha} \left[\omega t - \pi(n-1) - \frac{V_{m\alpha}}{V_{\phi\alpha}} \sin\left(\arccos \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}}\right) + \arccos \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}} \right], \quad /19/$$

$$U_{BC} = K U_m \left\{ \sin \omega t - \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}} \left[\omega t - \pi(n-1) - \frac{V_{m\alpha}}{V_{\phi\alpha}} \sin\left(\arccos \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}}\right) + \arccos \frac{V_{\phi\alpha}}{V_{m\alpha}} \right] \right\}. \quad /20/$$

Номер n полупериода напряжения U_{BC} определяют из уравнения

$$n = \frac{\omega t - \alpha_B + 2\pi}{\pi}, \quad /21/$$

в котором берут только целую часть.

В уравнениях /17/ - /20/ необходимо учитывать знак скорости $V_{\phi\alpha}$. При нечетных n следует брать $V_{\phi\alpha}$ со

знаком "+", а при четных - со знаком "-".

На участках $\pi(n-2) + \alpha_B < \omega t < \pi(n-1) - \alpha_A$

$\frac{dU_{\delta x}}{d(\omega t)} \leq V_{\phi\alpha}$, и поэтому на этих участках $U_{HC} = K_H U_{\delta x}$.

а $U_{BC} = 0$ /рис.7/.

Нормированная амплитудно-скоростная характеристика ФНС при синусоидальном входном напряжении для диапазона скоростей по /15/

$$S_{HB} = \sin\left(\arccos \frac{1}{V_H}\right) - \frac{1}{V_H} \left(\arccos \frac{1}{V_H} - \arccos \frac{\pi}{2V_H} \right), \quad /22/$$

а для диапазона по /16/

$$S_{HB} = 2 \left[\sin\left(\arccos \frac{1}{V_H}\right) - \frac{1}{V_H} \arccos \frac{1}{V_H} \right], \quad /23/$$

где $S_{HB} = \frac{U_{HB}}{K U_m}$.

Нормированная АСХ ФНС для $V_{m\alpha} < \frac{\pi}{2} V_{\phi\alpha}$, $S_{HH} = 1$,

а для $V_{m\alpha} > \frac{\pi}{2} V_{\phi\alpha}$ $S_{HH} = \frac{\pi}{2V_H}$, где $S_{HH} = \frac{U_{HH}}{K_H U_m}$.

Фазоскоростные характеристики /ФСХ/ определяют сдвиг по фазе α_c между амплитудами входного и выходного напряжений фильтра. Для ФНС в диапазоне скоростей по /15/ и /16/

$$\alpha_{CB} = \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{1}{V_H}. \quad /24/$$

Для ФНС в диапазоне $V_{m\alpha} < \frac{\pi}{2} V_{\phi\alpha}$ $\alpha_{CH} = 0$,

а в диапазоне $V_{m\alpha} > \frac{\pi}{2} V_{\phi\alpha}$

$$\alpha_{CH} = -\arccos \frac{\pi}{2V_H}. \quad /25/$$

Экспериментально полученные АСХ практически полностью совпали с расчетными.

Интерес представляет реакция базового скоростного фильтра на выпрямленное входное напряжение синусоидальной формы /двухполупериодное выпрямление/. Графики мгновенных значений $U_{\delta x}$, U_x и U_{BC} показаны на рис.8. Для условий $V_{\phi\alpha} \leq 0,363 U_m$

и $\beta_1 \leq \omega t \leq \pi - \beta_2$, а также для $V_{\varphi\alpha} \geq 0,363 U_m$ и $\beta_1 \leq \omega t \leq \pi - \beta_2'$

$$u_{HC} = K_H [U_m \sin \beta_1 + V_{\varphi\alpha} (\omega t - \beta_1)], \quad /28/$$

$$u_{BC} = K \{ U_m \sin \omega t - [U_m \sin \beta_1 + V_{\varphi\alpha} (\omega t - \beta_1)] \}. \quad /27/$$

При этом для случая $V_{\varphi\alpha} \leq 0,363 U_m$ β_1 и β_2 рассчитывают по формулам

$$\beta_1 = \frac{1}{2} \arccos \left(1 - \frac{1}{4 V_H^2} \right), \quad /28/$$

$$\beta_2 = \frac{\pi}{2} - \beta_1, \quad /29/$$

а для случая $V_{\varphi\alpha} \geq 0,363 U_m$ - по формулам

$$\beta_1 = \frac{\sin(\arccos \frac{1}{V_H}) - \frac{1}{V_H} \arccos \frac{1}{V_H}}{1 + \frac{1}{V_H}}, \quad /30/$$

$$\beta_2 = \arccos \frac{1}{V_H}, \quad /31/$$

$$\beta_2' = 1 + 1,6 \frac{1}{V_H^2}. \quad /32/$$

Для условий $V_{\varphi\alpha} \leq 0,363 U_m$ и $\pi - \beta_2 \leq \omega t \leq \pi + \beta_1$, а также для $V_{\varphi\alpha} \geq 0,363 U_m$ и $\pi - \beta_2 \leq \omega t \leq \pi + \beta_1$

$$u_{HC} = K_H \{ U_m \sin \beta_2 - V_{\varphi\alpha} [\omega t - (\pi - \beta_2)] \}, \quad /33/$$

$$u_{BC} = K \{ |U_m \sin \omega t - [U_m \sin \beta_2 - V_{\varphi\alpha} (\omega t - \pi + \beta_2)] \}. \quad /34/$$

При этом для случая $V_{\varphi\alpha} \leq 0,363 U_m$ значения β_1 и β_2 рассчитывают по /28/ и /29/, а для случая $V_{\varphi\alpha} \geq 0,363 U_m$ - по формулам /30/ и /31/.

В интервале $\pi - \beta_2' \leq \omega t \leq \pi - \beta_2$ $u_{HC} = K_H U_m \sin \omega t$, а $u_{BC} = 0$.

Большой интерес для практического использования базового скоростного фильтра имеет среднее за период значение выходящих напряжений ФВС.

Для условия $V_{\varphi\alpha} \leq 0,363 U_m$

$$U_{BC\text{ ср}} = K \frac{U_m}{\pi} \left[2 - \frac{\pi}{2} (\sin \beta_1 + \cos \beta_1) \right], \quad /34/$$

где β_1 определяют из уравнения /28/,

а для условий $V_{\varphi\alpha} \geq 0,363 U_m$

$$U_{BC\text{ ср}} = K \frac{U_m}{\pi} \left\{ 2 - \left[(\sin \beta_1 + \sin \beta_2') \frac{\pi - (\beta_1 + \beta_2')}{2} + (\sin \beta_1 + \sin \beta_2) \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} + \cos \beta_2 - \cos \beta_2' \right] \right\}, \quad /35/$$

где β_1 и β_2 определяют из уравнений /30/ и /31/

На рис.9 приведена нормированная скоростная характеристика фильтра по среднему значению

$$S_{cp} = f(V_H), \quad \text{где } S_{cp} = \frac{U_{BC\text{ ср}}}{K U_m}$$

Экспериментальные исследования с хорошей точностью подтвердили рассчитанный график $S_{cp} = f(V_H)$.

В третьей главе рассмотрены различные типы скоростных фильтров, их схемы и работа. Несимметричные фильтры целесообразно применять при измерении параметров прерывистых процессов, когда измеряемые сигналы представляют собой импульсы напряжения на фоне медленно изменяющихся аддитивных помех. При этом паузы между импульсами полезного сигнала могут быть меньше длительности импульсов. Несимметричные фильтры имеют две скорости настройки - $V_{\varphi}' < V_{\varphi}''$, где V_{φ}' - во время импульса, V_{φ}'' - во время паузы. Дан анализ погрешностей измерений амплитуд импульсов при выделении их несимметричными фильтрами. Максимальная относительная погрешность

$$\varepsilon_{max} = - \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) \frac{V_{\varphi}'}{V_1}, \quad /36/$$

где $V_{\varphi}' = \lambda V_{H\text{ max}}$;

$V_{H\text{ max}}$ - максимальная скорость помехи;

$\lambda > 1$ - коэффициент запаса, учитывающий неточное значение величины $V_{H\text{ max}}$;

$$V' = \frac{U_m}{t_{cmax}} ;$$

U_m - амплитуда импульса;

t_{cmax} - максимальная длительность импульса.

Соотношения между V_{ϕ}' и V_{ϕ}'' определяются уравнением

$$\left| \frac{V_{\phi}''}{V_{\phi}'} \right| = 1 + (1 + \alpha) \frac{t_{cmax}}{t_{nmin}} , \quad /37/$$

где t_{nmin} - минимальная длительность паузы.

Для примера рассмотрена реакция несимметричного фильтра на напряжение треугольной формы.

Базовые скоростные фильтры имеют невысокую и нерегулируемую крутизну скоростной характеристики, что иногда ограничивает диапазон их применения. Более совершенными фильтрами в этом случае являются скоростные фильтры с регулируемой крутизной СХ в переходной области, блок-схема которого приведена на рис.10.

В этом фильтре крутизна СХ увеличивается путем уменьшения V_{ϕ} во время существования полезного сигнала относительно первоначального значения $V_{\phi 0}$. С этой целью в схему базового фильтра включен усилитель Y таким образом, что при появлении полезного сигнала скорость V_{ϕ} настройки фильтра будет изменяться согласно уравнению

$$V_{\phi} = V_{\phi 0} (1 - \gamma U_{bc}) , \quad /38/$$

где γ - коэффициент регулирования крутизны СХ. В результате этого напряжение на выходе фильтра будет

$$U_{bc i+1} = K \left\{ U_{bx}(t_{i+1}) - V_{\phi 0} \left[t_{i+1} - \gamma \Delta t \left(\sum_{j=1}^i U_{bc j} + \frac{U_{bc i+1}}{2} \right) \right] \right\} , \quad /39/$$

$$U_{nc i+1} = K \left\{ U_{bx}(t_0) + V_{\phi 0} \left[t_{i+1} - \gamma \Delta t \left(\sum_{j=1}^i U_{bc j} + \frac{U_{bc i+1}}{2} \right) \right] \right\} . \quad /40/$$

Для решения уравнений /39/ и /40/ методом итераций разработана программа и произведены расчеты СХ. На рис.11 приве-

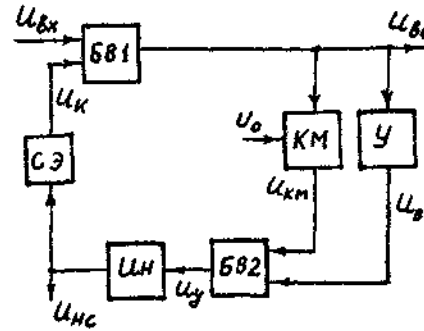


Рис.10

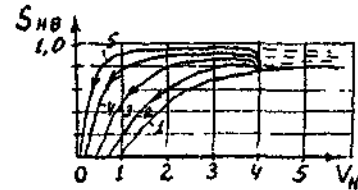
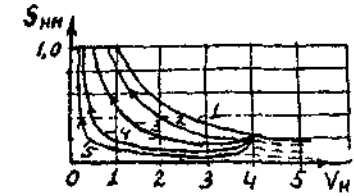


Рис.11

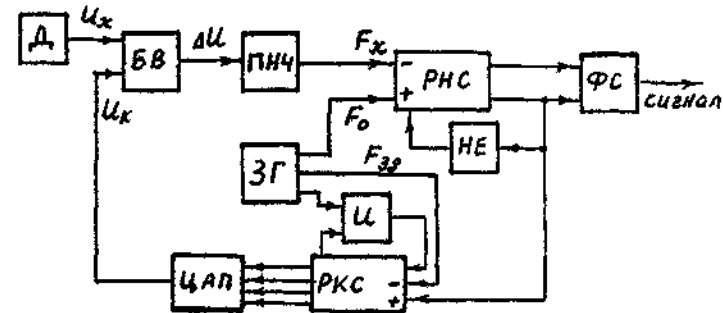


Рис.12

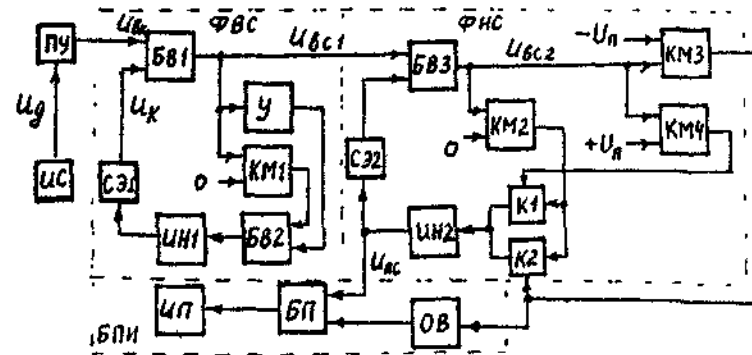


Рис.13

дены нормированные амплитудно-скоростные характеристики для различных значений β , полученные расчетным путем и подтвержденные экспериментально.

В работе приведена схема стенда для экспериментального определения АСХ. Рассмотрены прямые и обратные ветви СХ для различных значений β .

Устойчивость работы фильтра с регулируемой крутизной СХ определяется уравнением

$$U_{bc\text{нас}} = \frac{1}{\beta \delta}, \quad /41/$$

где $U_{bc\text{нас}}$ - такое напряжение на входе усилителя U , при котором выходное напряжение усилителя достигает максимального значения;
 $\delta > 1$ - коэффициент запаса устойчивости фильтра.

При увеличении крутизны СХ погрешность выделения импульсов полезного сигнала уменьшается. Наибольшую крутизну СХ имеют фильтры с отсечкой, рассмотренные в диссертации. Приведены блок-схема и электрические схемы несимметричного и симметричного фильтров с отсечкой, дан анализ их работы и показаны их СХ. При отсутствии полезного сигнала фильтр компенсирует помеху и выходное напряжение фильтра не превышает заданного порога отсечки. При появлении импульса полезного сигнала напряжение на выходе фильтра превышает порог отсечки и блок отсечки прекращает изменение напряжения компенсации. Фильтры с отсечкой использованы в измерителях усилий прокатки на толстолистовых и обжимных станах горячей прокатки.

Полосовые и заграждающие скоростные фильтры строятся путем соответствующих соединений двух базовых фильтров, или двух фильтров с регулируемой крутизной СХ. Приведены блок-схемы полосового и заграждающего фильтров, дан анализ их работы и показаны нормированные АСХ. Полосовые фильтры, построенные на базе последовательно соединенных фильтра с регулируемой крутизной СХ и фильтра с отсечкой, использованы в измерителях усилий прокатки.

Универсальный скоростной фильтр УСФ путем несложной настройки может быть переведен в режим работы ФНС, ФВС, ПСФ и ЗСФ.

При необходимости он может и одновременно работать в этих режимах. Такой фильтр можно изготовить в виде отдельной микросхемы, а перенастройку осуществлять путем подключения внешних резисторов и конденсаторов. Это позволит резко повысить надежность работы и снизить стоимость скоростных фильтров. Приведены блок-схема и электрическая схема УСФ, рассмотрена работа фильтра в режимах ФНС, ФВС, ПСФ, ЗСФ и даны необходимые формулы для расчета параметров перенастройки.

Аналоговые скоростные фильтры целесообразно применять при скоростях настройки $V_{cp} = 10$ В/с и выше. При малых скоростях необходимо использовать аналого-цифровые скоростные фильтры, в которых для формирования V_{cp} применяется цифровой интегратор цифроаналоговым преобразователем. Рассмотрены аналого-цифровые фильтры, аналогичные базовому, несимметричному, с отсечкой и с регулируемой СХ.

Погрешность выделения импульсов полезного сигнала скоростными фильтрами с отсечкой определяется скоростью помехи и накапливается за время существования полезного сигнала. Эту погрешность можно существенно уменьшить /теоретически до нуля/, если и во время существования полезного сигнала продолжать компенсировать помеху с такой же скоростью, с какой она компенсировалась перед появлением полезного сигнала. Это обеспечивается в скоростном фильтре с коррекцией. В работе приведены блок-схема такого фильтра и две электрические схемы реализации блок-схемы. Дан анализ работы фильтра с коррекцией.

В ряде случаев контроля и измерений параметров технологических процессов необходимо выделение сигнала по скорости изменения среднего значения входного напряжения, как, например, при контроле за потоком газокидкостной смеси в трубе от нефтяных скважин к групповой замерной установке /ГЗУ/. В работе рассмотрены скоростные фильтры среднего значения, даны блок-схемы и электрические схемы. Особый интерес представляет скоростной фильтр среднего значения с динамической компенсацией, позволяющий контролировать процесс с весьма малыми скоростями изменения среднего значения напряжения датчика. При этом время усреднения можно устанавливать от единиц минут до нескольких часов.

В четвертой главе рассмотрены задачи применения скоростных фильтров на нефтепромыслах. Дан анализ существующего контроля за потоком жидкости в трубе от скважины до ГЗУ, особенностей структурных форм потока при совместном транспорте жидкости и газа и сформулированы некоторые основные требования к сигнализатору потока. Проведены исследования изменения напряжений термодатчиков, установленных на трубах, в которых протекают тепловые потоки жидкости от скважин. Показано, что на скважинах с теплой жидкостью можно осуществлять контроль за потоком жидкости по температуре трубы, находящейся в грунте на глубине 0,8-1,0 метра. В этом случае изменение температуры окружающей среды сравнительно невелико и происходит с меньшей скоростью по сравнению со скоростью изменения температуры трубы при прекращении потока жидкости. Это различие, примерно в 4-5 раз, скоростей и будет являться сигналом о прекращении потока. Для реализации такого метода контроля за потоком теплой жидкости в трубе разработаны и испытаны на нефтепромыслах НГДУ "Речица-нефть" сигнализатор с непрерывной компенсацией помехи и сигнализатор с периодической компенсацией помехи, построенные на основе скоростных фильтров. Приведены блок-схемы сигнализаторов и электрическая схема сигнализатора с периодической компенсацией помехи. Анализ этих сигнализаторов показал, что второй из них обладает большим быстродействием и более прост в аппаратном исполнении, а значит имеет меньшую стоимость в расчете на одну скважину. Исследования комплекта из 14 сигнализаторов в течение более 2-х лет на нефтепромыслах НГДУ "Речица-нефть" подтвердили их работоспособность и удобство в эксплуатации. Сигнализаторы срабатывают и выдают сигнал в устройство телемеханики через 30-40 минут после прекращения потока. Приведены краткие сведения по результатам исследований.

Однако выше-описанные сигнализаторы надежно работают только с потоками теплой жидкости, температура которой существенно /на несколько градусов/ выше температуры грунта. При этом сигнализатор не реагирует на продолжительные газовые пробки благодаря большой тепловой инерционности системы датчик-труба-грунт.

На "холодных" скважинах появляется необходимость использовать подогреваемые термодатчики, устанавливаемые внутри трубы. Инерционность такого датчика невелика и он будет "чувствовать" газовые пробки даже небольшой длительности. Для устранения возможности "ложного" срабатывания сигнализатора во время прохождения газовых пробок при работе с подогреваемым термодатчиком разработан принципиально новый сигнализатор - интегральный сигнализатор. В нем слежение осуществляется не за текущим значением напряжения датчика, как это было ранее, а за его средним значением. Только заметное уменьшение среднего значения напряжения датчика при определенной скорости изменения, большее заданного значения, приведет к срабатыванию сигнализатора. В работе приведена конструкция термодатчика с подогревом, содержащего корпус с чувствительным элементом в виде трубки, помещаемой внутрь трубы с контролируемой жидкостью. Внутри чувствительного элемента установлены нагревательный элемент и термистор. Корпус датчика залит эпоксидной смолой. Место установки датчика выбирается такое, чтобы при прекращении потока жидкости вокруг датчика создавалась газовая "шапка". При протекании жидкости сопротивление термистора велико. При прекращении потока жидкости вокруг датчика образуется газовая "шапка", термистор нагревается, его сопротивление уменьшается, что и служит информацией о прекращении потока.

Блок-схема интегрального сигнализатора показана на рис.12. Сигнализатор содержит подогреваемый термодатчик Д, блок вычитания БВ, преобразователь напряжения в частоту ПНЧ, реверсивный накопительный счетчик НС, реверсивный компенсационный счетчик КС, цифроаналоговый преобразователь ЦАП, задающий генератор ЗГ, формирователь сигнала ФС, логический элемент И, инвертор НЕ.

При наличии потока жидкости в трубе термодатчик интенсивно охлаждается. При этом напряжение U_x датчика сравнительно велико /до 2 В и более/. При прохождении газовой пробки термистор нагревается и U_x уменьшается, а после прохождения газовой пробки U_x вновь возрастает. Таким образом, при нормально работающей скважине U_x изменяется в широких пределах. Это напряжение U_x подается на первый вход БВ, на второй вход

которого подано напряжение U_k компенсации. Выходное напряжение БВ $\Delta U = K_1(U_k - U_x)$ подано на вход ПЧ, на выходе которого формируются короткие импульсы частотой $F_x = K_2 \cdot \Delta U$, где K_1 и K_2 - коэффициенты преобразования. Импульсы частотой F_x поступают на вычитающий вход РНС. Одновременно на суммирующий вход РНС поступают с ЗГ короткие импульсы опорной частоты F_0 . В РНС, таким образом, одновременно осуществляется суммирование импульсов частотой F_0 и вычитание импульсов частотой F_x . Когда $F_x > F_0$, то содержимое РНС уменьшается, когда $F_x < F_0$, то содержимое РНС увеличивается. При $F_{xcp} = F_0$ в РНС наступает динамическая компенсация /динамическое равновесие/, где $F_{xcp} = K_2 \cdot \Delta U_{cp}$.

Если в процессе нормального функционирования скважины появится увеличение среднего значения U_{xcp} датчика, то появится неравенство $F_{xcp} > F_0$. После полного вычитания содержимого РНС импульс "заема" с выхода ≤ 0 РНС поступает на суммирующий вход РНС, в результате чего напряжение U_k увеличится, что приведет к уменьшению F_{xcp} и новому состоянию динамического равновесия. Сигнализатор продолжает показывать нормальный режим работы скважины.

Если напряжение U_{xcp} начинает медленно уменьшаться, то нарушится динамическое равновесие $F_{xcp} < F_0$ и в РНС будут накапливаться импульсы. Однако при медленном уменьшении U_{xcp} РНС не успевает переполниться, так как на вычитающий вход РНС поступают импульсы от ЗГ частотой F_{zg} , определяющей скорость V_{cp} настройки фильтра. Эти импульсы уменьшают U_k , увеличивая тем самым F_{xcp} , то есть компенсируя медленное уменьшение U_{xcp} , и на выходе РНС импульс переполнения появиться не может. Сигнализатор продолжает показывать нормальный режим работы скважины.

При продолжительном прекращении потока жидкости в трубе напряжение U_{xcp} уменьшается со скоростью V_{cp} , большей скорости $V_{ф}$, то есть импульсы частотой F_{zg} не успевают компенсировать уменьшение F_{xcp} . Импульсом переполнения с выхода ≥ 15 РНС формирователь ФС переводится в другое устойчивое состояние, в котором он формирует сигнал о прекращении потока жидкости в трубе.

При возобновлении потока жидкости в трубе появляется U_x и через определенное время сигнализатор выходит в режим динамического равновесия и будет показывать наличие потока.

В работе приведены электрическая схема сигнализатора и задающего генератора.

В пятой главе рассмотрены вопросы применения скоростных фильтров в различных устройствах измерения и контроля. Перспективным является применение скоростных фильтров в прокатном производстве в устройствах контроля и измерений. Важнейшим параметром процесса прокатки является усилие прокатки /общее давление металла на валки/. Так на толстолистовых прокатных станах информация об усилии прокатки может быть использована для определения момента прокатки, толщины прокатываемого металла в каждом пропуске, продольной разнотолщинности листов, обусловленной биениями валков или изменениями температуры по длине листа, среднего удельного давления при прокатке в каждом пропуске. Информация об усилии прокатки необходима также при автоматизации управления нажимными механизмами, для расчета и рационализации режимов обжатий, при настройке стана для контроля параллельности валков, для контроля наличия металла в валках для контроля за степенью нагрева прокатываемого металла и т.д.

Однако задача достаточно точного и надежного производственного измерения усилий прокатки на толстолистовых и обжимных станах достаточно сложна. Это объясняется специфическими тяжелыми условиями, в которых работают измерители усилий прокатки на этих станах. К ним относятся изменения температуры датчиков, обилие влаги и пыли. Время пропуски металла через валки колеблется от 0,5 с до 10 с. В результате значительных изменений температуры станин клетки и датчика наблюдается большой дрейф нуля, который может быть соизмерим с полезным сигналом. Применение скоростных фильтров позволило создать достаточно точный и надежный измеритель усилий прокатки. В работе приводятся блок-схема и электрическая схема аналогового измерителя усилий прокатки. Измеритель содержит /рис.13/ источник сигнала ИС, предварительный усилитель ПУ, полосовой скоростной фильтр ПФ, выполненный на базе двух последовательно соединенных скоростных фильтров, - ФВС и ФНС, блок памяти и инди-

нации БИИ. Несимметричный ФЭС выполнен по схеме фильтра с регулируемой крутизной скоростной характеристики, а ФНС выполнен по схеме фильтра с симметричной отсечкой. БИИ содержит одновибратор ОВ, блок памяти БП и измерительный прибор ИП.

При отсутствии полезного сигнала напряжение U_d на выходе ИС содержит только помехи. ФЭС подавляет медленно меняющиеся гладкие помехи, а импульсные пропускает на вход ФНС, который не пропускает их на выход ПФ. Следовательно, на выходе ПФ $U_{nc} = 0$. При этом БП хранит результат предыдущего измерения, а ИП измеряет его. При появлении полезного сигнала в момент захвата металла валками ФЭС пропускает его на вход ФНС, где производится выделение полезного сигнала на выходе ПФ. В момент появления полезного сигнала ОВ сбрасывает БП в нулевое состояние и в нем затем запоминается результат нового измерения.

При необходимости согласования измерителя усилий прокатки с управляющей цифровой вычислительной машиной целесообразно использовать аналого-цифровой измеритель. В работе приведена блок-схема такого измерителя, который содержит источник сигнала /мессдозы, тензометрические стержни и др./, предварительный усилитель, аналоговый несимметричный ФЭС с отсечкой для компенсации медленно меняющихся помех, аналого-цифровой ФНС и узел управления и цифровой индикации. Рассмотрена работа измерителя. Измерители усилий прокатки были внедрены на блюминге завода "Азовсталь" и на слябинге завода им.Ильича.

Для измерения параметров прерывистых процессов при наличии больших медленно меняющихся помех может быть использован электронный автоматический потенциометр /серийно выпускаемый/, в который встроены узел компенсации помех. В работе приведена блок-схема такого измерительного устройства, построенного на основе автоматического потенциометра с узлом компенсации помех и рассмотрена его работа. Такое устройство было использовано для измерения усилий прокатки на толстолистовом стане Таганрогского металлургического завода.

Скоростные фильтры сигналов позволяют создать взвешивающие устройства с непрерывной компенсацией сигнала при пустой платформе и автоматическим взвешиванием въезжающего на платфор-

му транспорта. Благодаря такому режиму работы весов можно получить удовлетворительную точность взвешивания даже при упрощенной конструкции весов. Так для сельского хозяйства можно создать перевозимые полевые весы весьма простой конструкции, которые легко устанавливаются на любой горизонтальной площадке. Весы базируются на гидравлических мессдозах, соответствующим образом связанных с платформой. Такие весы обеспечат контроль и учет получаемой сельскохозяйственной продукции и экономии горючего при ее перевозке на элеваторы и склады. В работе приведена блок-схема перевозимых полевых весов и рассмотрена их работа при отсутствии груза на платформе и при взвешивании транспорта.

Скоростные фильтры сигналов могут быть использованы для обнаружения одиночных сигналов. Задачи обнаружения сигналов возникают при контроле и автоматизации технологических процессов, в устройствах связи, при обнаружении движущихся предметов и т.п. Например, при контроле за попаданием посторонних предметов /металла, камней/ в кормоуборочный комбайн. При попадании камня /металла/ происходит резкое изменение обычного рабочего шума /вибраций/. Это быстрое изменение шума /вибраций/ по величине или частоте и будет являться обнаруживаемым сигналом. В работе приведены блок-схема и электрическая схема устройства обнаружения сигнала. Устройство содержит источник сигнала /датчик/, усилитель, полосовой частотный фильтр, двухполупериодный детектор, базовый ФЭС, блок усреднения напряжения, блок управления скоростным фильтром. Рассмотрена работа устройства обнаружения сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые предложен новый класс приборов - скоростные фильтры сигналов. При непосредственном применении, или в сочетании с другими устройствами, в том числе и с широко распространенными частотными фильтрами, они позволят создавать устройства с новыми характеристиками и параметрами.

2. Даны определения и классификация скоростных фильтров, введены понятия основных параметров и скоростных характеристик фильтров.

3. Основным теоретическим фундаментом скоростных фильтров является впервые введенное автором понятие тангенсальной скорости, при помощи которой можно описать практически любую функцию одной переменной.

4. Понятие тангенсальной скорости использовано также и для аппроксимации функций, описывающих таблично или графически напряжения на входах скоростных фильтров, при расчете их в конкретных случаях применения.

5. Дан анализ поведения базового скоростного фильтра при наличии на входе напряжения произвольной формы и некоторых конкретных форм. Анализ подтвержден практическими исследованиями фильтра.

6. Реакция скоростных фильтров различна на входные напряжения различной формы. Это расширяет возможности решения задач фильтрации сигналов и создания оригинальных новых приборов.

7. Разработан целый ряд различных скоростных фильтров, имеющих различные быстродействия и различные скоростные характеристики. Дан анализ их работы и области применения. Некоторые из них уже используются в промышленности в устройствах контроля и измерения.

8. Особое значение, особую ценность имеют фильтр с регулируемой крутизной скоростной характеристики и универсальный скоростной фильтр, которые при необходимости могут быть выполнены как аналоговыми, так и аналого-цифровыми.

9. Быстродействие микросхем, на основе которых построены скоростные фильтры, должно быть на порядок выше скорости настройки фильтра.

10. Нормированная скоростная характеристика базового фильтра по среднему значению выходного напряжения при синусоидальном выпрямленном входном напряжении имеет оригинальную форму, которая позволяет использовать скоростной фильтр в устройствах обнаружения одиночных сигналов, в устройствах оценки качества электрической энергии и т.п.

11. Примеры использования скоростных фильтров, приведенные в работе, не ограничивают диапазон их применимости. Скоростные фильтры могут быть использованы в любой области науки и техники при решении задач получения, передачи, приема и обра-

ботки информации - кодирование и передача сигналов в устройствах телемеханики и связи, в том числе и скрытная передача; скоростное разделение каналов связи; сигнализация и сортировка различных изделий при транспортировке, например, слитка или раската по рольгангу в прокатных цехах; различные измерения при наличии помех, например, влажности древесины в потоке; в качестве усилителей к светолучевым осциллографам; в бытовых устройствах, например, в электронных нянях; в устройствах рельсовой сигнализации на железнодорожном транспорте; в устройствах релейной защиты; в устройствах контроля трубопроводного транспорта; при автоматизации научных исследований и т.д. Одним словом, скоростные фильтры имеют будущее.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Чубриков Л.Г., Суяров Д.И., Сиротин М.И. Измерение усилий прокатки на толстолистовых станах // Уф АН СССР: Сб. тр. ин-та металлургии. - 1964. - Вып. 9. - С. 17-26.

2. Чубриков Л.Г., Суяров Д.И., Сиротин М.И. Определение средних удельных давлений при исследованиях толстолистовых станов // Изв. АН СССР. Металлургия и горное дело. - 1963. - № 1. - С. 22-25.

3. А.с. 166066 СССР, МКИ С 05 В 21в. Самонастраивающаяся система управления нажимными устройствами толстолистовых станов /Л.Г.Чубриков. - Опубликовано. 10.11.64, Бюл. № 21.

4. Чубриков Л.Г. Датчик наличия металла в прокатных вальках листовых и обжимных станов // Уральский ИЦ АН СССР: Тр. ин-та металлургии. - 1966. - Вып. 12. - С. 23-25.

5. Чубриков Л.Г., Маренич Е.М. Измеритель давления металла на валки для реверсивных станов горячей прокатки // Тез. докл. П Донецкой конф. молодых ученых. - Донецк, 1968. - С. 31-32.

6. А.с. 241765 СССР, МКИ С 01 . Устройство для измерения давления металла на валки станом периодической прокатки /Л.Г.Чубриков, Е.М.Маренич. - Опубликовано. 18.04.69, Бюл. № 14.

7. Разработка, изготовление и установка на обжимном заводе "Азовсталь" измерителя усилий прокатки /Заключительный отчет/ /Ждановский металлургический ин-т; Руководитель темы

Л.Г. Чубриков. - № ГР 70049383; Инв. № ТЛО 1142. - Жданов, 1970. - 86 с.

8. Разработка, изготовление и установка на толстолистовом стане ТМЗ двух быстродействующих измерителей давления металла на валки с автоматической отработкой дрейфа нуля /Заключительный отчет/ /Ждановский металлургический ин-т; руководитель темы Л.Г.Чубриков. - № ГР 68039851. - Жданов. - 1970, 81 с.

9. А.с. 292114 СССР, МКИ С 01 17/06. Устройство компенсации дрейфа нуля датчика при измерении параметров прерывистых процессов автоматическими потенциометрами /мостами/ /Л.Г.Чубриков и др. - Оpubл. 06.01.71, Бюл. № 4.

10. Разработка и изготовление опытного тензометрического устройства для взвешивания железнодорожных вагонов /заключительный отчет/ /Ждановский металлургический ин-т; руководитель темы Л.Г.Чубриков. - № ГР 71034160; Инв. № Б205443. Жданов. - 1871. - 56 с.

11. Доработка и наладка измерителя усилий прокатки с цифровой индикацией и исследование режимов обжатия с целью создания самонастраивающейся САУ нажимного механизма слябница /заключительный отчет/ /Ждановский металлургический ин-т; руководитель работы Л.Г.Чубриков. - № ГР 73043561. - Жданов, 1973. - 91 с.

12. Чубриков Л.Г., Маренч Е.М. Измерение параметров прерывистых процессов с автоматической компенсацией сигнала помех // Приборы и системы управления. - 1974. - № 6. - С. 29-30.

13. А.с. 932409 СССР, МКИ С 01 Р 13/00. Сигнализатор прекращения потока жидкости /Л.Г.Чубриков, Р.М.Искандаров. - Оpubл. 30.05.82, Бюл. № 20.

14. Разработка, исследование и внедрение сигнализатора подачи нефти от скважины на групповую замерную установку /заключительный отчет/ /Гомельский политехн. ин-т; руководитель темы Л.Г.Чубриков. - № ГР 80015847; Инв. № 0283. 0021248. - Гомель, 1982. - 113 с.

15. Чубриков Л.Г., Босак Т.И. Сигнализатор прекращения потока жидкости. - БелНИИТИ. - Минск, 1983. - № 70. - С. 1-4.

16. Чубриков Л. Г., Босак Т. И. Сигнализатор прекращения потока нефти // Нефтепромышленное дело и транспорт нефти. - 1985. - № 8 - С. 46-48.

17. А. с. 1256070 СССР, МКИ С 08 В 23/00 Сигнализатор прекращения потока жидкости / Л. Г. Чубриков, Т. И. Босак. - Оpubл. 07.09.86, Бюл. № 33.

18. Чубриков Л. Г. Введение в скоростную фильтрацию сигналов // Гомельский политехн. ин-т. - Гомель, 1988 - 25 с. - Деп. в Информприбор 02.03.88, № 4132.

19. Изготовление опытного образца сигнализатора подачи нефти, испытание его в условиях нефтепромыслов НГДУ «Чернушканефть» (заключительный отчет) / Гомельский политехн. ин-т; руководитель темы Л. Г. Чубриков. - № ГР 01.86.0132153; Инв. № Гомель. - 1988. - 103 с.

20. Чубриков Л. Г. Базовая схема скоростных фильтров сигналов / Гомельский политехн. ин-т. - Гомель, 1988. - 28 с. - Деп. в Информприбор 02.03.88, № 2131.

21. А. с. 1495563 СССР, МКИ Г 17 5/00. Интегральный сигнализатор прекращения потока жидкости / Л. Г. Чубриков, В. И. Калмыков и В. Д. Шум. - Оpubл. 23.07.89, Бюл. № 27.

22. Чубриков Л. Г., Шум В. Д. Интегральный сигнализатор потока жидкости в трубе // Автоматизация и телемеханизация в нефтяной промышленности. - 1989. - № 1. - С. 4-6.

23. Чубриков Л. Г. Реакция базового скоростного фильтра на выпрямленный сигнал / Гомельский политехн. ин-т. - Гомель, 1989. - 13 с. - Деп. в Информприбор 20.03.89, № 4554.

24. Чубриков Л. Г. Аппроксимация функций при помощи тангенсальных скоростей // Автоматизация и телемеханизация в нефтяной промышленности - 1989 - № 3 - С. 7-9.

25. Чубриков Л. Г. Реакция скоростного фильтра на периодические входные сигналы / Гомельский политехн. ин-т - Гомель, 1989. - 14 с. - Деп. в Информприбор 19.05.89, № 4626.

26. Чубриков Л. Г. Реакция скоростного фильтра на синусоидальное входное напряжение / Гомельский политехн. ин-т - Гомель, 1989. - 18 с. - Деп. в Информприбор 19.05.89, № 4627.

27. Чубриков Л. Г. Несимметричные скоростные фильтры / Гомельский политехн. ин-т - Гомель, 1989 - 8 с. - Деп. в Информприбор 19.09.89, № 4721.

28. Чубриков Л. Г. Скоростные фильтры с отсечкой / Гомельский политехн. ин-т - Гомель, 1989 - 7 с. - Деп. в Информприбор 19.09.89, № 4722.

29. Чубриков Л. Г. Скоростные фильтры в сигнализаторах // Автоматизация и телемеханизация в нефтяной промышленности. - 1989. - № 9. - С. 1-4.

30. Чубриков Л. Г. Скоростной фильтр с регулируемой крутизной характеристики / Гомельский политехн. ин-т - Гомель, 1989 - 9 с. - Деп. в Информприбор 15.02.90, № 5231.

31. Чубриков Л. Г., Евстратенко О. В. Задающий генератор // Автоматизация и телемеханизация в нефтяной промышленности - 1989. - № 10. - С. 1-3.

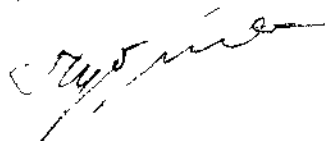
32. Чубриков Л. Г., Евстратенко О. В. Трехпозиционный интегральный сигнализатор потока // Там же - № 11 - С. 4-6.

33. Чубриков Л. Г., Евстратенко О. В. Виброшумовые датчики для сигнализаторов потока // Там же. - № 12. - С. 4-5.

34. Чубриков Л. Г. Скоростные фильтры сигналов // Тез. док. II науч.-техн. конф. «Устройства и системы автоматизации автономных объектов», 30 мая — 1 июня, Красноярск, 1990. — С. 28.

35. Чубриков Л. Г. Применение скоростных фильтров // Там же. — С. 27.

36. А. с. 1640551, МКИ С 01 Г 1/38. Трехпозиционный интегральный сигнализатор потока газожидкостной смеси в трубе / Л. Г. Чубриков и др. — Оpubл. 07.04.91, Бюл. № 13.



Подп. в печ. 14.01.92. Формат 60×84/16. Бум. офс. Офс. печ. Усл. печ. л. 1,86. Усл. кр.-отг. 1,98. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ 79. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел с полиграфическим участком
Института кибернетики имени В. М. Глушкова АН Украины
252207 Киев 207, проспект Академика Глушкова, 40