

МПС — СССР

524
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

БАРАНОВ НИКОЛАЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

656.25.62.

исследование применения частотнозависимых четырех-
полосников в функциональных преобразователях
и в бесконтактных устройствах железнодорожной
автоматики

Специальность 05. 13. 14 — Автоматическое управление
и регулирование на железно-
дорожном транспорте.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ДНЕПРОПЕТРОВСК

1974

НТБ
ДНУЖТ

М П С - С С С Р

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА

На правах рукописи.

БАРАНОВ Николай Григорьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНОЗАВИСИМЫХ ЧЕТЫРЕХПОЛОС-
НИКОВ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ И В БЕСКОНТАКТ-
НЫХ УСТРОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

68 Ж а
Специальность 05.13.14 - Автоматическое управление и регу-
лирование на железнодорожном
транспорте.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата техни-
ческих наук.

Днепропетровск

1974

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Научные руководители:

Доктор технических наук, профессор Е.М.ШАФИТ.

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Л.А.МАНАШКИН.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор И.М.ИГДАЛОВ.

Кандидат технических наук, доцент Г.А.ГЛАЩЕНКОВ.

Ведущее предприятие – Гипротранссигналсвязь.

Автореферат разослан "30" июня 1974 г.

Защита диссертации состоится "6" июня 1974 г.

в _____ часов на заседании Ученого Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (г.Днепропетровск, 10, ул. Университетская, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзыв просим направлять в двух экземплярах по адресу: г.Днепропетровск, 10, ул. Университетская, 2, Институт инженеров железнодорожного транспорта.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
К.Т.Н.

/В.Н.ПЛАХОТНИК/

НТБ
ДНУЖТ

В материалах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства автоматизация и механизация признаются основой дальнейшего развития промышленности и транспорта.

Выполнение постановлений XXIV съезда КПСС на железнодорожном транспорте требует дальнейшего широкого внедрения автоматики, телемеханики и вычислительной техники. С усложнением создаваемых систем управления растет значение вычислительных устройств (аналоговые, цифровые и комбинированные), которые включаются в качестве отдельных узлов самой системы, а также используются в процессе разработки и исследовании новых систем и при решении ряда других важных теоретических и практических задач.

Благодаря своей универсальности и возможности получения результата с необходимой (заранее заданной) точностью цифровые вычислительные машины нашли более широкое применение по сравнению с аналоговыми машинами.

Применяемые в современных вычислительных устройствах непрерывного действия диодные функциональные преобразователи ограничивают круг задач, решаемых с помощью этих устройств. Это объясняется тем, что с помощью сравнительно небольшого числа диодных схем нельзя строить преобразователи, которые могли бы воспроизводить сложные функциональные зависимости.

При автоматизации железнодорожных объектов возникает необходимость выносить отдельные устройства системы, чаще всего датчики, на значительные расстояния. В таких случаях особое значение приобретает обеспечение необходимой точности передаваемой информации от устройства к устройству в широком диапазоне изменения внешних условий. При этом требуе-

мая точность должна поддерживаться в течении длительного времени.

Целью данной диссертационной работы является создание нового типа функционального преобразователя на базе частотно-зависимых четырехпольсников и исследование особенностей его работы, а также анализ возможности применения частотно-модулированного сигнала в существующих системах железнодорожной автоматики.

В соответствии с указанной выше целью в диссертации разработан новый метод построения устройств функционального преобразования на базе частотнозависимых четырехпольсников, исследовано влияние параметров входного сигнала, параметров частотнопреобразующих и частотно-избирательных цепей на динамические погрешности преобразователя. На конкретных примерах решения отдельных задач показана возможность использования частотно-модулированного сигнала в существующих системах железнодорожной автоматики.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и перечня литературы.

В первой главе проведен краткий сопоставительный анализ возможностей разработанных к настоящему времени устройств функционального преобразования. Поставлена задача исследования.

Из проведенного анализа следует, что существующие преобразователи имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих их применение. Это обстоятельство ставит вопрос о необходимости поисков новых методов построения функциональных преобразователей основанных на других принципах работы.

Вторая глава посвящена описанию функциональных преобразователей, в которых для реализации функциональных зависимостей используются частотнозависимые четырехполосники.

Проведен краткий сопоставительный анализ, с точки зрения оценки преимуществ и недостатков, различных вариантов построения функциональных преобразователей. Показано, что преобразователи с выделением огибающей [1] и [2] позволяют реализовать негладкие и немонотонные функции с многими экстремумами и большими значениями кривизны и крутизны. Схемные решения преобразователей [1] и [2] защищены авторскими свидетельствами.

Функциональный преобразователь [1] состоит из генератора управляемой частоты, системы фильтров, каждый из которых имеет свой развязывающий усилитель и детектор, схемы выделения огибающей и сумматора.

Частота управляемого генератора синусоидальных колебаний изменяется по закону изменения входного сигнала. Напряжение с управляемого генератора поступает на систему параллельных сменных взаимно не связанных фильтров. Сигнал с каждого фильтра через свой развязывающий усилитель и детектор поступает на одну из схем выделения огибающей положительной или отрицательной полярности, в зависимости от того, в какой полярности включен детектор. Схема выделения огибающей положительной (отрицательной) полярности проводит сравнение напряжений поступающих с выходов детекторов и подает на вход сумматора наибольшее (по модулю) из них. На выходе сумматора формируется сигнал заданного вида.

В качестве аппроксимирующих функций в преобразователе используются огибающие резонансных кривых фильтров разной добротности. Выбор аппроксимирующего участка той или иной аппроксимирующей функции в преобразователе осуществляют с помощью генератора управляемой частоты, делителей сигнала после детекторов и схем выделения огибающей.

Рассматриваемые преобразователи [1,2] позволяют реализовывать сложные немонотонные как однополярные, так и двухполярные функциональные зависимости, имеющие большое количество экстремумов и участки со значительной кривизной и крутизной.

В преобразователе [2] применены после детекторов ограничители снизу и сверху, что позволяет реализовывать плоские участки простыми фильтрами, а также реализовывать участки с большими значениями первой производной невысокодобротными фильтрами.

В работе предложен графический метод расчета параметров фильтров, обеспечивающий применение минимального количества аппроксимирующих функций для реализации заданной функциональной зависимости.

Проведено обоснование требований к выбору электрических параметров основных узлов преобразователя.

Разработанный по блок-схеме [1] функциональный преобразователь [5] применяется в лаборатории динамики и прочности подвижного состава Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта при решении задач о колебаниях железнодорожного вагона [9].

С помощью преобразователя моделировались стыковые неровности пути. Сформулированные преобразователем возмущения в виде четырех отдельных электрических сигналов подавались в определенные точки модели, имитируя неровности пути, с соответствующим запаздыванием друг относительно друга, определяемым скоростью движения, базой вагона и базой тележки. Для моделирования указанных неровностей с помощью стандартных нелинейных блоков на "МН-17М" потребовалось бы использовать 8 диодных блоков и 16 операционных усилителей, что привело бы к резкому сокращению возможностей машины.

В результате экспериментальной проверки было установлено, что динамические возможности разработанного функционального преобразователя лежат в частотном диапазоне современных аналоговых вычислительных машин.

В третьей главе исследованы динамические погрешности преобразователя, связанные с инерционностью переходных процессов в генераторе управляемой частоты. Анализ переходных процессов в генераторе управляемой частоты сводится к анализу приближенного решения дифференциального уравнения, описывающего его работу.

Получены решения дифференциального уравнения, описывающего работу генератора, для случая линейного изменения входного сигнала, для случая перехода входного сигнала через экстремумы и для случая, когда учитывается первая, и вторая производные от входного сигнала. Из полученных решений следует, что динамические погрешности амплитуды и частоты выходного напряжения генератора зависят как от параметров входного сигнала, так и от параметров генератора.

Проведена оценка влияния динамических процессов в генераторе на возможные максимальные погрешности устройства.

В результате проведенного анализа и численной оценки влияния переходных процессов в генераторе управляемой частоты на динамические погрешности преобразователя было установлено, что:

а) указанные погрешности принимают существенные значения только при больших скоростях изменения входного сигнала. Допустимая по условиям заданной точности скорость изменения входного сигнала определяется в зависимости от конкретных параметров устройства.

б) влияние инерционности переходных процессов в генераторе управляемой частоты на динамические погрешности устройства, по сравнению с влиянием инерционности переходных процессов в частотнозависимом четырехполоснике, сказывается в значительно меньшей степени.

В четвертой главе исследованы динамические погрешности преобразующего элемента, обусловленные переходными процессами в частотнозависимом четырехполоснике. Изучены общие тенденции погрешностей как при линейном, так и при нелинейном изменении во времени частоты генератора.

Скорость изменения входного сигнала, в общем случае, может меняться в широких пределах, расчет же преобразующего устройства удобно вести по статическим амплитудно-частотным характеристикам четырехполосников.

Под статической амплитудно-частотной характеристикой понимается зависимость значения модуля частотной функции

четырёхполосника от частоты входного гармонического сигнала без учета переходных процессов. В отличие от статической, динамическая амплитудно-частотная характеристика определяется с учетом переходных процессов.

Известно, что динамическая амплитудно-частотная характеристика четырёхполосника может существенно отличаться от статической, причем это отличие (динамическая погрешность) увеличивается с увеличением изменения скорости и ускорения входного сигнала. Оценка погрешности преобразователя проводилась по ее максимально возможным значениям, для случая, когда частотнозависимый четырёхполосник представляет одиночный резонансный контур. В результате анализа (для случая линейного изменения частоты в пределах четырёхполосника) получены выражения для относительной $\left[\delta \right]$ и приведенной погрешности, а также выражения для значения расстройки, при которых относительная $\left[\delta \right]$ и приведенная погрешности принимают максимальные значения. Результаты численного расчета зависимостей наибольшей приведенной и наибольшей относительной погрешности от значения безразмерного коэффициента μ , связывающего параметры резонансного контура со скоростью изменения частоты управляемого генератора, представлены в виде графиков.

Проведена оценка влияния добротности фильтров на частотный диапазон преобразователя.

В работе установлена зависимость погрешностей преобразователя от его параметров и параметров входного сигнала (частота, амплитуда, скорость изменения).

Исследование переходных процессов в частотнозависимом

четырёхполоснике проводились также путем интегрирования дифференциального уравнения, описывающего колебания тока в этом четырёхполоснике.

Учитывая, что расчет погрешностей преобразователя путем интегрирования дифференциального уравнения колебаний тока в частотнозависимом четырёхполоснике весьма громоздок, можно рекомендовать проводить расчет ожидаемых динамических погрешностей преобразователя по предложенной выше методике (см. также работу [5]), которая приводит к более простым расчетам и вместе с тем обеспечивает достаточную для инженерных расчетов точность.

Для проверки достоверности результатов приближенного вычисления динамических погрешностей, полученных с помощью выведенных формул, результаты расчета динамических погрешностей преобразователя сопоставлялись с результатами моделирования на АВМ "МН-17М".

По дифференциальным уравнениям, описывающим работу частотнозависимого четырёхполосника (фильтра) и генератора управляемой частоты, составлялись их электронные модели. Динамика фильтра исследовалась при различных скоростях изменения частоты управляемого генератора и при различных добротностях самого фильтра.

Значения величин погрешностей, полученные с помощью электрического моделирования и расчетным путем, с достаточной степенью точности совпадают. Необходимо отметить, что методом моделирования лучше пользоваться при оценке систем с высокой добротностью или при большой скорости изменения

частоты на выходе управляемого генератора.

В общем случае входной сигнал может изменяться по произвольному закону. Следовательно, по произвольному закону изменяется частота на выходе генератора. В участках, где входной сигнал, проходит через экстремумы, скорость его изменения (первая производная) становится близкой или равной нулю. Оценить динамические погрешности в таком случае, используя метод линейной аппроксимации входного сигнала, невозможно. Поэтому в работе был проведен анализ и расчет погрешностей преобразователя для случая, когда изменение частоты генератора можно представить полиномом второго порядка.

В результате анализа [4] получено соотношение для вычисления погрешности из которого следует, что динамическая погрешность преобразования входного сигнала зависит от частотной характеристики четырехполосника и временных производных входного сигнала.

Получены также выражения для относительной и приведенной погрешности, выражения для значения расстройки, при которых относительная и приведенная погрешности принимают максимальные значения. Примеры численного расчета возможных максимальных погрешностей представлены в виде графиков.

В результате проведенного анализа и численной оценки влияния переходных процессов в частотнозависимом четырехполоснике получены графики, позволяющие установить, какие параметры четырехполосника и генератора надо выбрать, чтобы конструируемое устройство работало в заданном диапазоне частот, с погрешностью не большей установленной.

В пятой главе рассмотрен вопрос о применении частотнозависимых четырехполосников в бесконтактных устройствах систем железнодорожной автоматики, принимающих и обрабатывающих частотно-модулированный сигнал.

Предложено, в качестве сигнала несущего информацию, использовать частотный сигнал, частота которого изменяется по закону контролируемого параметра. Рассмотрены случаи использования в схеме канала связи как частотных, так и обычных датчиков. Использование указанного способа позволяет строить системы управления, обладающие повышенной помехоустойчивостью.

В качестве иллюстрации возможности использования частотно-модулированного сигнала в существующих системах железнодорожной автоматики приведено ряд описаний схем устройств (вычислитель весовой категории и длины отцепа, устройство счета вагонов, автодиспетчер энергосети, устройство счета осей), использующих частотнозависимые четырехполосники. Описанные устройства не претендуют на полное техническое решение. В то же время они не охватывают всех случаев возможного использования частотно-модулированного сигнала, рамки применения которого могут быть значительно расширены.

Приведено описание амплитудного анализатора непрерывных случайных процессов, использующего частотнозависимые четырехполосники. Устройство позволяет проводить амплитудный анализ поступающей информации, в случае использования частотно-модулированного сигнала, не выделяя ее предварительно из общего сигнала. Схемное решение описанного анализатора защищено авторским свидетельством [3], а макет одного канала испытан на работоспособность в лабораторных условиях.

НТБ
ДНУЖТ

При практической реализации рассмотренных схем, оценку ожидаемых динамических погрешностей, которые вытекают из особенностей метода построения устройств на базе частотнозависимых четырехполосников, можно провести, используя результаты анализа полученные в третьей и четвертой главах. Учитывая особенности работы конкретного типа устройства, по сравнению с функциональным преобразователем, можно установить параметры частотного датчика и четырехполосника, чтобы рассматриваемое устройство работало в заданном диапазоне частот, с погрешностью не большей установленной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В работе предложен новый метод построения функциональных преобразователей на базе частотнозависимых четырехполосников.

2. На примере преобразователей $[1,2]$ с выделением огибающей показано, что применение частотнозависимых четырехполосников, при построении устройств функционального преобразования, позволяет строить преобразователи, которые могут реализовывать негладкие и немонотонные функции с многими экстремумами и большими значениями крутизны и кривизны.

3. Разработан макет универсального функционального преобразователя, использующий в качестве частотнозависимых четырехполосников резонансные контура. Устройство позволяет реализовать как элементарные, так и сложные знакопеременные негладкие и немонотонные функциональные зависимости.

4. Приведен пример применения разработанного преобразователя и дана оценка его возможностей по сравнению с диодным преобразователем.

5. Разработана методика исследования динамических погрешностей функциональных устройств, использующих частотнозависимые четырехполосники, которые вытекают из особенностей предложенного метода.

6. Исследованы динамические погрешности преобразователя, обусловленные переходными процессами в генераторе управляемой частоты при различных законах изменения входного сигнала. Установлено, что влияние переходных процессов в генераторе управляемой частоты, по сравнению с переходными процессами в частотнозависимом четырехполоснике, сказывается на динамические погрешности устройства в значительно меньшей степени.

7. Проведен анализ и численный расчет динамических погрешностей функционального преобразователя обусловленных переходными процессами в частотнозависимом четырехполоснике как при линейном, так и при нелинейном законе изменения во времени входного сигнала.

8. Получены номограммы, позволяющие выбрать параметры элементов преобразователя, исходя из допустимых погрешностей и требуемого частотного диапазона.

9. На конкретных примерах (автодиспетчер энергосети, вычислитель весовой категории и длины отцепа, устройство счета вагонов, устройство счета осей, амплитудный анализатор) показана возможность применения частотно-модулированных сигналов и их обработки с помощью устройств, использующих частотнозависимые четырехполосники, в существующих системах железнодорожной автоматики.

НТБ
ДНУЖТ

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Баранов Н.Г., Манашкин Л.А. Универсальный функциональный преобразователь. Авт. св. СССР, № 285365, кл. 42, 7/26 (06) 1970.
2. Манашкин Л.А., Баранов Н.Г. Функциональный преобразователь. Авт. св. СССР, № 376780, кл. 606д 7/28, 1972.
3. Манашкин Л.А., Баранов Н.Г., Вашурин Л.А., Михайленко В.М. Амплитудный анализатор распределений непрерывных случайных процессов. Авт. св. СССР, № 305491, МПК 7/52 (06д), 1971.
4. Манашкин Л.А., Баранов Н.Г. О динамических погрешностях функциональных преобразователей, использующих частотнозависимые четырехполосники. "Известия высших учебных заведений" Приборостроение, № 1, Л., 1973.
5. Манашкин Л.А., Баранов Н.Г. Исследование погрешностей функционального преобразователя, использующего частотнозависимые четырехполосники. В сб. "Автоматическое управление и вычислительная техника на железнодорожном транспорте", Днепропетровск, 1973.
6. Манашкин Л.А., Вашурин Л.А., Баранов Н.Г. Униполярный квадратичный преобразователь. В сб. "Вопросы автоматического управления и применения средств вычислительной техники на ж.д. станциях". Днепропетровск, вып. 129/3, 1971.
7. Манашкин Л.А., Баранов Н.Г. О динамических погрешностях функциональных преобразователей, в которых для реализации заданных зависимостей используются частотные характеристики четырехполосников. Тезисы доклада. Юбилейная научно-

техническая конференция, г.Днепропетровск, 1970.

8. Баранов Н.Г., Грановский Р.Б., Киряжно В.Я., Гаран А.Г.
Применение частотнозависимых четырехполосников для моделирования периодических неровностей пути различной формы и длины. Тезисы доклада. Симпозиум по проблемам моделирования динамики подвижного состава. Брянск, 1973.

Основные результаты работы докладывались автором:

1. На Юбилейной научно-технической конференции. Днепропетровск, 1970.
2. На научном семинаре по механике Днепропетровского отделения Института механики АН УССР, 1972.
3. На симпозиуме по проблемам моделирования динамики подвижного состава. Брянск, 1973.
4. На семинаре "Автоматическое управление и вычислительная техника на железнодорожном транспорте" при Научном Совете АН УССР по проблеме "Теоретическая электротехника и электроника". ДПИТ, кафедра ЭВМ., 1974.

БТ 26745. Областная книжная типография, Днепропетровского областного управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

г. Днепропетровск, ул. Серова, 7.

Заказ № 84. Тираж 150. Подписано к печати 17.IV.74 г.