

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана

С.В. Овсянников, А.А. Бошляков, В.И. Рубцов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Часть 2

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана
в качестве учебного пособия по курсу
«Проектирование мехатронных систем»*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2009

УДК 535.833(62-52) (075.8)

ББК 32.965

О-34

Рецензенты: *М.В. Баранов, Л.Д. Нечаев*

Овсянников С.В.

О-34

Проектирование систем наведения радиотехнических и оптических комплексов : учеб. пособие : в 2 ч. – ч. 2. / С.В. Овсянников, А.А. Бошляков, В.И. Рубцов. – М. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 47, [1] с.: ил.

Рассмотрены вопросы проектирования прецизионных систем наведения радиотехнических и оптических комплексов на основе двухканальных систем в режимах автосопровождения. Приведены основные варианты функционального и структурного построения двухканальных систем, представлены уравнения динамики двухканальных систем с разделенной нагрузкой с учетом всех основных помех и возмущений, изложена методика синтеза высокоточных систем с компенсирующими связями между каналами.

Для студентов 5-го и 6-го курсов, изучающих проектирование по специальностям «Робототехника» и «Мехатроника».

УДК 535.833(62-52) (075.8)

ББК 32.965

Учебное издание

Овсянников Сергей Всеволодович

Бошляков Андрей Анатольевич

Рубцов Василий Иванович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Часть 2

Редактор *С.Ю. Шевченко*

Корректор *М.А. Василевская*

Компьютерная верстка *И.А. Марковой*

Подписано в печать 20.10.2009. Формат 60×84/16. Изд. № 107.

Усл. печ. л. 2,79. Тираж 300 экз. Заказ

Издательство МГТУ им.Н.Э. Баумана.

Типография МГТУ им.Н.Э. Баумана.

105005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является продолжением одноименного учебного пособия (*Овсянников С.В., Рубцов И.В., Щепетьев В.В.* Проектирование систем наведения радиотехнических и оптических комплексов: Учеб. пособие. Ч. 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004).

Во второй части пособия рассмотрены вопросы проектирования систем наведения (СН) радиотехнических и оптических комплексов, касающиеся построения прецизионных СН на основе двухканальных систем в режимах автосопровождения. Именно двухканальные системы, и прежде всего их разновидность – системы с разделенной нагрузкой, – позволяют сопровождать высокоскоростные и динамичные цели с точностью до единиц угловых минут для радиотехнических комплексов и единиц угловых секунд для оптических комплексов. Столь высокую точность наведения невозможно получить без достижения высокой помехозащищенности СН в режимах автосопровождения, что обеспечивается прежде всего их структурным построением. При проектировании требуется учет большого числа внешних и внутренних помех и возмущений, действующих на СН и рассмотренных подробно в первой части пособия, а также динамического взаимодействия между каналами двухканальной системы, которое является одной из ее отличительных черт. Наконец, достижение высокой точности невозможно без введения компенсирующих связей между каналами и оптимизации их параметров и системы в целом.

1. СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ В РЕЖИМЕ АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ

1.1. Особенности работы систем наведения в режиме автосопровождения

Как отмечалось в п. 2 первой части учебного пособия, при централизованном управлении система наведения (СН) работает в одном из следующих режимов:

- режим переброски;
- режим поиска;
- режим программного наведения;
- режим автосопровождения.

Режим автосопровождения является основным, так как в большинстве случаев для режима программного наведения невозможно сформировать в реальном масштабе времени программное управляющее воздействие с погрешностью, необходимой для достижения требуемой точности наведения. Функциональная схема простейшей СН в режиме автосопровождения представлена на рис. 1, соответствующая ей структурная схема представлена на рис. 2. Выражение ошибки СН имеет вид

$$\delta(t) = \delta_{\beta}(t) + \delta_n(t), \quad (1)$$

где $\delta_{\beta}(t) = \Phi_{\beta}(p)\beta(t)$ – составляющая ошибки от входного управляющего воздействия $\beta(t)$; $\delta_n(t)$ – составляющая ошибки от помехи приемного устройства $n(t)$;

$$\Phi_{\beta}(p) = \frac{W^{-1}(p)}{\Phi^{-1}(p)}, \quad \Phi_n(p) = \Phi(p) \quad (2)$$

– передаточные функции СН по входному управляющему воздействию $\beta(t)$ и по помехе приемного устройства $n(t)$. Здесь $W^{-1}(p)$ – обратная передаточная функция разомкнутой системы; $\Phi^{-1}(p) = 1 + W^{-1}(p)$ – обратная передаточная функция замкнутой системы.

Из анализа выражений (1), (2) следует, что для уменьшения составляющей ошибки от входного управляющего воздействия необходимо увеличивать частоту среза (полосу пропускания) привода, а для уменьшения составляющей ошибки от помехи приемного устройства – уменьшать ее. Следовательно, имеет место противоречие, которое и ограничивает точность наведения. Повысить точность наведения в общем случае можно тремя способами:

- введением производных от управляющего воздействия (см. п. 7.1 в первой части учебного пособия);
- введением в прямую цепь сигнала рассогласования изодромного звена;
- переходом от одноканального принципа управления к двухканальному.

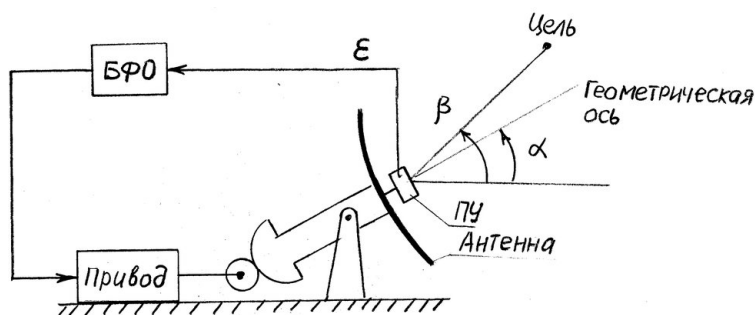


Рис. 1

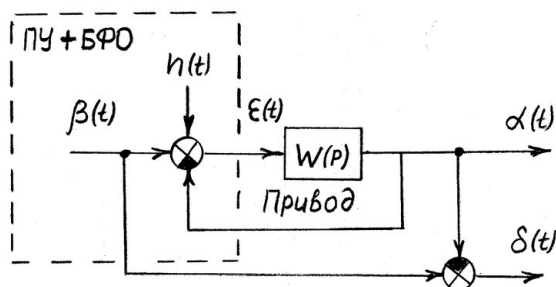


Рис. 2

Первый способ повышения точности наведения в режиме автосопровождения невозможен. Второй не устраняет указанного выше противоречия, в силу чего малоэффективен. Реальным является третий способ. Он предполагает использование двухканальных систем в режиме автосопровождения.

1.2. Двухканальные системы

Под двухканальными системами (ДС) понимаются системы, имеющие два канала (грубый и точный) распространения силового воздействия на объект регулирования. Сущность ДС состоит в том, что точный канал обрабатывает ошибку грубого канала. Двухканальные системы представляют собой частный случай многоканальных итерационных систем. Итерационные системы позволяют решить задачу прецизионного воспроизведения полезного сигнала последовательными приближениями: каждый из каналов вносит поправку в измеренное предшествующими каналами значение полезного сигнала. На рис. 3 представлены два варианта итерационных систем.

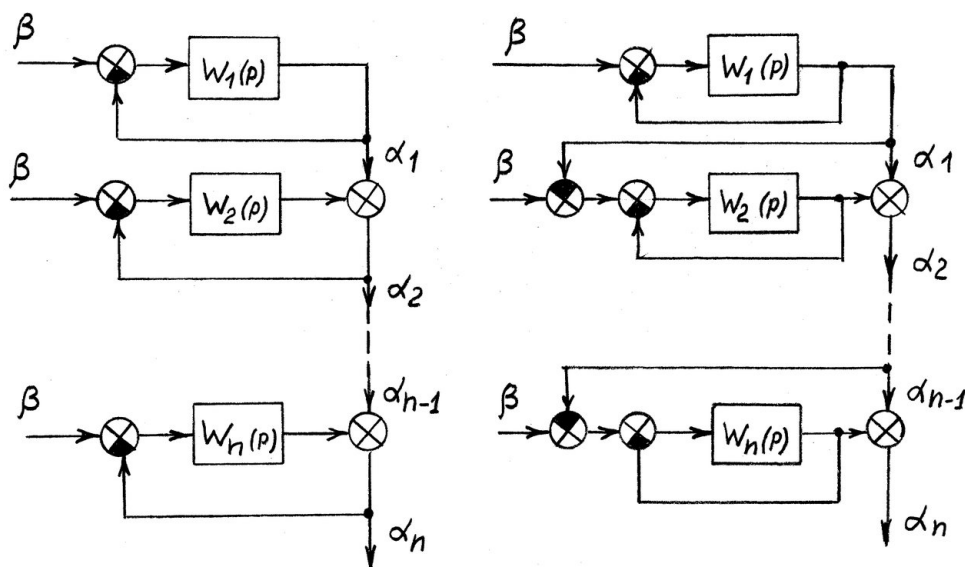


Рис. 3

По способу суммирования каналов все многообразие ДС может быть сведено к одному из четырех типов:

- ДС с силовым дифференциалом;
- ДС с суммированием в силовой части (с несиловым дифференциалом);
- ДС с общей силовой частью;
- ДС с разделенной нагрузкой;

1.2.1. Двухканальная система с силовым дифференциалом

Функциональная схема ДС с силовым дифференциалом представлена на рис. 4. Система содержит привод грубого канала (ПГК), замкнутый по положению через датчик угла (ДУ), и привод точного канала (ПТК), которые складывают свои перемещения в силовом дифференциале (СД) и перемещают объект регулирования через редуктор (Р). В системах наведения рассматриваемых комплексов такая система в настоящее время практически не используется.

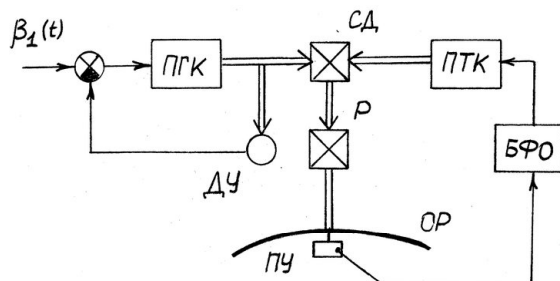


Рис. 4

1.2.2. Двухканальная система с суммированием в силовой части

Функциональная схема ДС с суммированием в силовой части представлена на рис. 5. Система содержит чувствительные элементы (ЧЭ1, ЧЭ2), осуществляющие формирование сигналов рассогласования грубого и точного каналов, и элемент ЧЭ3, являющийся нагрузкой привода точного канала. Сложение сигналов каналов производится с помощью несилового дифференциала (Д). В системах наведения рассматриваемых комплексов такая система не используется.

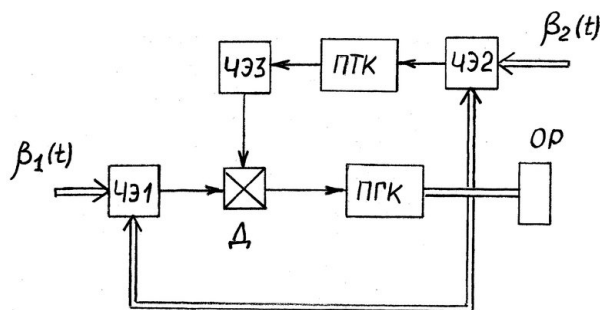


Рис. 5

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Системы наведения в режиме автосопровождения	4
1.1. Особенности работы систем наведения в режиме автосопровождения	4
1.2. Двухканальные системы	6
1.2.1. Двухканальная система с силовым дифференциалом	7
1.2.2. Двухканальная система с суммированием в силовой части	7
1.2.3. Двухканальная система с общей силовой частью	8
1.2.4. Двухканальная система с разделенной нагрузкой	8
1.3. Двухканальные системы наведения с разделенной нагрузкой ...	9
1.3.1. Простейшая двухканальная система наведения	9
1.3.2. Двухканальная система наведения с компенсацией ошибки грубого канала	13
1.3.3. Двухканальная система наведения с компенсацией относительного угла поворота привода точного канала	16
1.3.4. Двухканальная система наведения с компенсацией ошибки грубого канала и относительного угла поворота привода точного канала	19
1.4. Режим двухканального автосопровождения	19
1.5. Двухканальная система наведения с двумя компенсирующими связями из грубого канала в точный канал	21
2. Уравнения динамики систем наведения	23
2.1. Уравнения механической части двухканальной системы наведения	23
2.2. Уравнения динамики двухканальной системы наведения с компенсирующими связями	28
3. Анализ динамики двухканальной системы наведения с компенсирующими связями	30
3.1. Общее выражение среднего квадрата динамической ошибки ..	30
3.2. Фильтры в компенсирующих связях	33
3.2.1. Идеальные фильтры	33
3.2.2. Реальные полиномиальные фильтры	34

3.2.3. Передаточная функция фильтра по ошибке	35
3.2.4. Преобразование фильтра низких частот в фильтр высо- ких частот	36
3.3. Передаточные функции двухканальных систем наведения с компенсирующими связями	36
3.3.1. Входное управляющее воздействие	37
3.3.2. Кинематические возмущения грубого канала	37
3.3.3. Помеха приемного устройства точного канала	38
3.3.4. Помеха приемного устройства грубого канала	39
4. Синтез двухканальной системы наведения с компенсирующими связями	40
4.1. Синтез системы с конечной памятью при детерминированном и случайном воздействиях, приложенных к одной точке	40
4.2. Синтез компенсирующих связей двухканальной системы наведения	44