Национальный исследовательский университет

«МЭИ»

Институт радиотехники и электроники

Кафедра радиотехнических систем

Основы теории радиосистем и комплексов радиоуправления

Лабораторная работа №4

«Исследование алгоритмов линейного терминального управления»

|  |  |
| --- | --- |
| Группа: | ЭР-15-15 |
| Бригада: | №4 |
| ФИО студентов: | Жеребин В.Р.  Хвостова Ю.А. |

Москва

2020

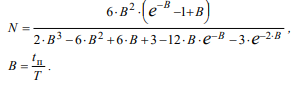
**Цель работы**

При математическом синтезе алгоритмов управления успех во многом зависит от умения представить реальную физическую задачу в формализованном математическом виде. Целью лабораторной работы является сравнение характеристик нескольких алгоритмов управления, синтезированных при различных критериях оптимизации и математических моделях объекта управления.

**Домашнее задание**

Построить графики зависимостей коэффициентов от для алгоритмов 3, 4, 6, 7, полагая ; .

Алгоритм 3. Принимается модель маневрирующей цели, учитывается инерционность УО и используется критерий минимума энергозатрат на управление при нулевом конечном промахе.



Алгоритм 4. Принимается модель маневрирующей цели, безынерционная модель УО, условие нулевого промаха и критерий оптимизации вида.



Алгоритм 6. Принимается модель маневрирующей цели, безынерционная модель УО и используется критерии оптимизации.



Алгоритм 7. Принимается модель маневрирующей цели, безынерционная модель УО.





Рисунок 1 – графики зависимостей коэффициентов для различных алгоритмов

Как видно из рисунка 1, коэффициент *N* стремится к значению 3 при увеличении для алгоритмов номер 3 и 7. У алгоритма 6 коэффициент *N* стремится к 1. Алгоритм 4 имеет минимум, равный 3, около с.

**Лабораторное задание**

1. Используя безынерционную модель УО выполнить сравнение алгоритмов для трех типов входных возмущений:
2. , ;
3. , ;
4. , ;

Таблица 1. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Конечный промах, м | 0 | 0 | 0,81 | 78,11 | 0 | 0 | 19,96 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 34,64 | 34,64 | 62,99 | 66,87 | 149,81 | 49,39 | 33,47 |

Таблица 2. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Конечный промах, м | 34,18 | 0 | 2,18 | 183,28 | 0 | 0 | 13,31 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 114,35 | 69,28 | 87,27 | 92,22 | 149,81 | 78,33 | 71,06 |

Таблица 3. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Конечный промах, м | 60,46 | 0 | 3,63 | 315,66 | 0 | 0 | 33,81 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 130,54 | 104,31 | 117,06 | 109,65 | 149,81 | 106,11 | 101,17 |

Выводы:

Алгоритм 1 (алгоритм пропорционального наведения с N=3) при скоростях цели отличной от нуля, в конечный момент времени, имеет ненулевой промах.

Алгоритм 2 (алгоритм пропорционального наведения со смещением) показывает нулевой промах для всех случаев.

Алгоритм 3 (учитывает инерционность УО) показывает значение конечного промаха порядка единиц метров.

Алгоритм 4 показывает самые больше значения конечного промаха, из-за того, что с ростом коэффициента *c* увеличивается вес квадрата текущего промаха в критерии, что должно приводить к спрямлению траектории наведения.

Алгоритм 5 показывает нулевой промах для всех случаев. Команды управления в этом алгоритме могут иметь только 3 значения: *-umax*, 0, *umax*.

Алгоритм 6 (алгоритм пропорционального наведения со смещением с N=1) показывает нулевой промах для всех случаев.

Алгоритм 7 показывает значение конечного промаха порядка десятков метров.

1. Выполнить исследования, указанные в предыдущем пункте, для инерционной модели динамики УО при Т=0,2 и T=0,4.

Таблица 4. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | T |
| Конечный промах, м | -0,1  -0,11 | -0,1  -0,11 | 0,24  -0,65 | 101,82  118,24 | 0,19  0,60 | 0  0,04 | 16,26  10,24 | 0,2  0,4 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 37,02  39,86 | 37,02  39,86 | 37,07  39,11 | 62,83  57,76 | 65,61  65,22 | 51,21  52,62 | 35,87  37,55 | 0,2  0,4 |

Таблица 5. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | T |
| Конечный промах, м | 65,63  97,98 | 0  -0,26 | 0,47  -1,34 | 225,51  255,74 | 0,22  0,93 | 0  1 | 15,23  11,84 | 0,2  0,4 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 115,22  112,40 | 74,03  79,39 | 74,13  78,37 | 89,90 85,61 | 93,41  94,57 | 82,03  85,83 | 75,30  78,11 | 0,2  0,4 |

Таблица 6. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | T |
| Конечный промах, м | 105,51  149,84 | -0,04  4,95 | 1,99  13,20 | 374,79  416,88 | -0,16  -6,58 | 0,05  -4,98 | 38,21  48,50 | 0,2  0,4 |
| Средне-квадратическое ускорение, м | 131,36  128,63 | 115,53  129,59 | 114,97  123,05 | 107,62  103,71 | 123,27  130,65 | 116,08  129,61 | 108,83  114,58 | 0,2  0,4 |

Вывод: при учете инерционности УО алгоритмы ведут себя аналогичным образом, как безынерционные. В среднем значения конечного промаха и среднеквадратического ускорения больше, чем в безынерционной ОУ, и они увеличиваются с ростом Т.

1. Для безынерционной динамики УО исследовать влияние коэффициентов *с* и *сx* в алгоритмах 4, 6, 7 на характер процессов наведения для двух типов входных возмущений:
2. , ;
3. , ;

Таблица 7. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 4 | 6 | 7 | *с* = *сx* |
| Конечный промах, м | 307,81 | 0 | 259,89 | 0,01 |
| 78,11 | 0 | 19,96 | 1 |
| 22,38 | 0 | 0,28 | 100 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 12,21 | 34,64 | 6,51 | 0,01 |
| 66,87 | 49,39 | 33,47 | 1 |
| 74,32 | 108,42 | 39,80 | 100 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 2 – графики ускорения ракеты для *с =* 0,01; 1; 100 для алгоритма 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 3 – графики ускорения ракеты для *с =* 0,01; 1; 100 для алгоритма 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 4 – графики ускорения ракеты для *с =* 0,01; 1; 100 для алгоритма 7

Таблица 8. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Алгоритм № | 4 | 6 | 7 | *с* = *сx* |
| Конечный промах, м | 615,66 | 0 | 509,58 | 0,01 |
| 183,28 | 0 | 13,31 | 1 |
| 87,10 | 0 | 0,01 | 100 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 19,39 | 69,28 | 14,18 | 0,01 |
| 92,22 | 78,33 | 71,06 | 1 |
| 101,54 | 108,26 | 79,70 | 100 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 5 – графики ускорения ракеты для *с =* 0,01; 1; 100 для алгоритма 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 6 – графики ускорения ракеты для *с =* 0,01; 1; 100 для алгоритма 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 7 – графики ускорения ракеты для *с =* 0,01; 1; 100 для алгоритма 7

, м



Алгоритм 6 б)

Алгоритм 7 б)

Алгоритм 7 а)

Алгоритм 6 а)

Алгоритм 4 б)

Алгоритм 4 а)

Рисунок 8 – зависимости конечного промаха для алгоритмов от *с*

Для алгоритмов 4 и 7 значение конечного промаха уменьшается, при увеличении *с*, *сx*. Конечный промах выше для случая, когда ускорение ракеты . У алгоритма 6 значение конечного промаха всегда 0.

, м



Алгоритм 6 б)

Алгоритм 7 б)

Алгоритм 7 а)

Алгоритм 6 а)

Алгоритм 4 б)

Алгоритм 4 а)

Рисунок 9 – зависимости среднеквадратического ускорения для алгоритмов от *с*

Для всех алгоритмов значение среднеквадратического ускорения увеличивается, при увеличении *с*, *сx*. Среднеквадратическое ускорение выше для случая, когда ускорение ракеты .

Таким образом получается, что с ростом *с* и *сx*, конечный промах уменьшается, а среднеквадратическое ускорение увеличивается.

1. Для безынерционной динамики УО исследовать влияние коэффициента сv на характер процессов наведения в алгоритме 7 при cx = 100 для двух типов входных возмущений:
2. , ;
3. , ;

Таблица 9. Результаты измерений при ,

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип входного возмущения | a) | b) | *сv* |
| Конечный промах, м | 0,14 | 0,28 | 0,01 |
| 0,21 | 0,14 | 1 |
| 0,28 | 0,01 | 100 |
| Среднеквадратическое ускорение, м | 34,63 | 69,25 | 0,01 |
| 36,03 | 72,06 | 1 |
| 39,80 | 79,70 | 100 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 10 – графики ошибки по скорости для *сv =* 0,01; 1; 100 для типа входного возмущения a)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рисунок 11 – графики ошибки по скорости для *сv =* 0,01; 1; 100 для типа входного возмущения b)



, м

Алгоритм 7 б)

Алгоритм 7 а)

Рисунок 12 – зависимости конечного промаха от *сv*



, м

Алгоритм 7 б)

Алгоритм 7 а)

Рисунок 13 – зависимости среднеквадратического ускорения от *сv*

Вывод: значение конечного промаха c увеличением *сv* для типа входного воздействия a) увеличивается, а для типа b) – уменьшается. Значения среднеквадратического ускорения c увеличением *сv* в обоих случаях растет.