

электронный журнал

МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

Издатель: ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

Многофакторный анализ задачи управления торможением ТС в условиях конфликтной анизотропии неопределенности

Студент⁽¹⁾, студент⁽²⁾

кафедра «Системы автоматического управления»

кафедра «Кибернетики и мехатроники»: Д.А. Андриков⁽¹⁾, Д.Б. Хамадияров⁽²⁾

Научный руководитель: Е.М. Воронов,

д.т.н., профессор кафедры «Системы автоматического управления»

УДК 517.977:519.876.2

Исследование проводится для двухкоалиционной структуры. (рис. 1).

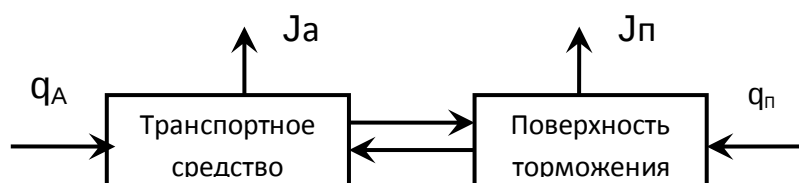
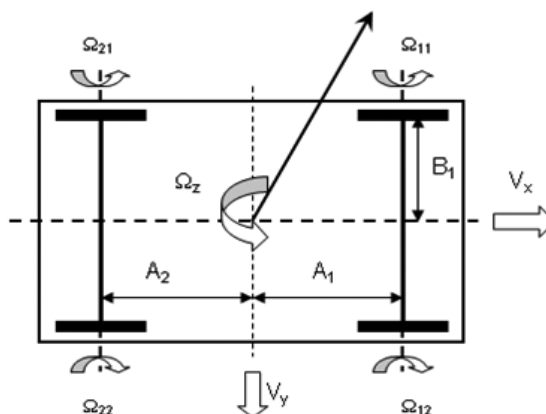


Рис.1. Коалиционная структура

В качестве математической модели выбирается система, описывающая процесс линеаризованного движения колёсного транспортного средства (ТС) при малых угловых скоростях вращения его корпуса. (см. рис. 2).



симметрии тс; A_i - расстояние от колеса до поперечной плоскости симметрии тс, ($i=1$ – передняя ось; $i=2$ – задняя ось); R – радиус колеса;

$$K_{ijx} = \frac{v_{ijx} N_{ij} k_0}{V_x}; \quad K_{ijy} = \frac{v_{ijy} N_{ij} k_0}{V_x}$$

$$T_{ijx} = \frac{K_{ijx}}{K_x}; \quad T_{ijy} = \frac{K_{ijy}}{K_y};$$

Матрица B – матрица с диагональю:

$$(0, 0, k_{11}, k_{12}, k_{21}, k_{22}, N_{11}k_0, N_{12}k_0, N_{21}k_0, N_{22}k_0, 0, 0, 0, 0).$$

Здесь вектор-столбец q имеет вид:

$$q^T = (0, 0, S_{11x}, S_{12x}, S_{21x}, S_{22x}, v_{11x}, v_{12x}, v_{21x}, v_{22x}, 0, 0, 0, 0).$$

Вводится также управляющие силы тс и поверхности в виде векторов параметров $q_A \in Q_A$ и $q_{\Pi} \in Q_{\Pi}$ соответственно.

При этом вектор параметров

$$q_A = (S_{11x}, S_{12x}, S_{21x}, S_{22x}),$$

где S_{ijx} - величина проскальзывания i, j -го колеса в направлении оси ОХ, которое входит в выражение для моментов управления колесами (в данном случае торможения).

$$L_{ij} = k_{ij} \cdot S_{ijx}, \quad i, j=1, 2.$$

Коэффициенты k_{ij} – это заданные коэффициенты матрицы регулятора, обеспечивающие оптимальность робастного регулирования по А.М. Ляпунову. Поэтому L_{ij} - заданная линейная функция управляющего параметра S_{ijx} .

Множество Q_A имеет вид:

$$Q_A = \{S_{ijx} : 0 \leq S_{ijx} \leq 0,15, \quad i, j=1, 2\},$$

где $S_{ijx} = 0,15$ - максимально допустимая величина проскальзывания колеса на робастном участке регулирования торможением ТС.

Аналогично, вектор «управляющих» параметров поверхности

$$q_{\Pi} = (v_{11x}, v_{12x}, v_{21x}, v_{22x})$$

где v_{ijx} - коэффициент сцепления с поверхностью под i, j -м колесом (точнее коэффициент кулонова трения скольжения в площадке контакта i, j -го колеса) в выражениях для контактной силы

$$P_{ijx} = -U_{ijx} S_{ijx}, \quad -U_{ijx} = -v_{ijx} N_{ij} k_0 \quad i, j=1, 2.$$

величины нормалей контактных сил N_{ij} и коэффициент k_0 являются заданными величинами. Поэтому $-U_{ijx}$ является заданной линейной функцией управляющего параметра v_{ijx} .

В общем случае под каждым i, j -м колесом поверхность имеет различные свойства, но при больших величинах v_{ijx} будут иметь место большие зависимые величины v_{iju} и наоборот.

Поэтому из анализа взаимосвязи получены приближенные соотношения между v_{ijx} и v_{ijy} следующего вида:

$$\begin{cases} v_{ijx}^2 + v_{ijy}^2 = 1,2^2, & v_{ijx}^2 > 0,45 \\ v_{ijx}^2 + v_{ijy}^2 = 0,45^2, & v_{ijx}^2 < 0,45 \end{cases}.$$

Множество Q_{II} имеет вид:

$$Q_{II} = \{v_{ijx} : 0,05 \leq v_{ijx} \leq 1, \quad i, j = 1, 2\}.$$

Поэтому, в общем случае при переходе в описании управляющих сил от управляющих параметров к программным управлениям и управлениям в обратных связях и их приближениям данное описание (3.9) становится нелинейным по управляющим силам поверхности.

Векторный показатель в рассматриваемом варианте конфликтной ситуации задан в виде трех показателей для каждого объекта:

$$J_A = (J_{A1}, J_{A2}, J_{A3}), \quad J_{II} = (J_{II1}, J_{II2}, J_{II3}).$$

Критерии оптимизации имеют следующий вид:

$$J_{A1} = \int_{t_0}^T (\dot{W}_z - \dot{W}_{zadano})^2 dt \rightarrow \min_{q_A} \quad J_{A2} = V_x(T_1) \rightarrow \min_{q_A} \quad J_{A3} = \int_{t_0}^T V_y^2 dt \rightarrow \min_{q_A}$$

J_{A1} - курсовая устойчивость тс (точнее допустимая курсовая неустойчивость на интервале времени (t_0, T)), где $\dot{W}_{zadano}$ - допустимая величина углового ускорения, и где типичные значения начала и окончания робастного интервала управления АБС $t_0 = 0, T = 0.15$ с соответственно; J_{A2} продольное замедление J_{A3} минимальный занос.

В данных показателях T – заданный интервал робастного регулирования (меньший, чем время реакции водителя), T_1 - заданная величина времени прогноза замедления.

Показатели поверхности и критерии оптимизации имеют следующий вид:

$$J_{P1} = -J_{A1} \rightarrow \min_{q_P} \quad J_{II2} = \int_{t_0}^T \sum_{i,j=1}^2 P_{ij}^2 dt \rightarrow \min_{q_{II}} \quad J_{II3} = \int_{t_0}^T \left[\gamma_1 \sum_{i,j=1}^2 v_{ijy}^2 + \gamma_2 \sum_{i,j=1}^2 v_{ijx}^2 \right] dt \rightarrow \min_{q_{II}}$$

$$0 \leq \gamma_i \leq 1, \quad \gamma_1 + \gamma_2 = 1$$

J_{P1} курсовая неустойчивость тс; J_{P2} минимизация сил сопротивления

поверхности по оси OY («способствование» поверхности вращению и заносу тс); J_{P3} минимальные энергетические свойства поверхности по кулонову трению скольжения (качество сцепления с поверхностью).

Данные векторы J_A и J_{II} имеют антагонистическое ядро, так как $J_A + J_{II} = 0$.

Показатели J_{Ai} и J_{Iii} нормируем по формулам:

$$J_{Ai}^0 = \frac{J_{Ai} - J_{Amin}}{J_{Ai} - J_{Amax}} \quad i = 1, 2, 3,$$

где значения J^0_{Ai} принадлежат отрезку $0 \leq J^0_{Ai} \leq 1$ и где J_{Aimax} и J_{Aimin} – наибольшие и наименьшие значения показателей J_{Ai} , полученные на основе параметрических сетей $0 \leq S_{ijx} \leq 0,15$; $0,05 \leq v_{ijx} \leq 1$.

Аналогично определяются

$$J^0_{\Pi i} = \frac{J_{\Pi i} - J_{\Pi min}}{J_{\Pi i} - J_{\Pi max}} \quad i = 1, 2, 3,$$

Нормированные векторные показатели скаляризуются в виде

$$J^0_A = \sum_1^3 \alpha_i J^0_{\Pi i}, \quad 0 \leq \alpha_i \leq 1, \quad \sum_1^3 \alpha_i = 1$$

$$J^0_{\Pi} = \sum_1^3 \beta_i J^0_{\Pi i}, \quad 0 \leq \beta_i \leq 1, \quad \sum_1^3 \beta_i = 1$$

где α_i и β_i – нормированные весовые коэффициенты степени значимости показателя в сумме.

Таким образом, многообъектную многокритериальную систему (ММС) представляет модель транспортного средства, поверхности, поведение водителя. Влияние поверхности на движение ТС учитывается через коэффициент сцепления с колёсами, а влияние водителя через поворот руля, возникающий как элемент парирования ситуации на дороге. Рассмотрим торможение как один из важнейших элементов движения ТС на дороге, для управления которым применим робастное расширенное управление на основе конфликтной анизотропии неопределенности.

Потребность в эффективном торможении привела к необходимости формирования последовательного набора этапов оптимального регулирования торможением (режимов функционирования антиблокировочная система (АБС)), состоящего из робастного регулирования, адаптивного регулирования. Движение ТС описывается в терминах динамической игры с изменением коалиционной структуры в процессе функционирования ММС. Третья подсистема водитель при удачном участии в процессе торможения может составлять совместную коалицию с ТС, а при неудачном – совместную коалицию с поверхностью торможения. Указанные особенности раскрывают перспективу исследования коалиционных свойств рассматриваемой ММС. Алгоритм формирования программно-корректируемого закона заключается в создании баз данных оптимальных значений: величин проскальзывания и коэффициента сцепления с поверхностью. С помощью программного обеспечения ПО Momdis с привлечением Simulink Matlab торможение ТС моделируется на интервале времени 0.15 с. На этом интервале необходимо решить задачу оптимального безопасного торможения.

На множестве значений неопределенного векторного параметра вводится понятие функциональной «конфликтной анизотропии» с полнотой проявлений его свойств по степени конфликтности к основной задаче оптимизации или синтеза системы. Степень конфликтности поверхности торможения формируется по убыванию на основе четырех базовых конфликтных ситуаций теории игр (антагонизм, бескоалиционного, коалиционного и кооперативного взаимодействия).. Данная «сеть» степеней конфликтности обладает фундаментальной полнотой проявлений неопределенного параметра и является основой функциональной «конфликтной анизотропии» неопределенностей (КАН).

Анализ заключается в разработке структурной коррекции, проведен анализ взаимодействия ТС, в том числе влияние водителя, и поверхности торможения на основе робастно-игровой коррекции на этапе торможения с использованием методов оптимизации ММС. Проведено моделирование торможения ТС с программно-корректируемым законом управления. Проведён многофакторный анализ процесса взаимодействия ТС и поверхности торможения, который в целом выявил осевые и

бортовые, а также и смешанные миксты со сложными компенсационными реакциями АБС.

Литература

1. Воронов Е. М. Методы оптимизации многообъектных многокритериальных системам на основе стабильно-эффективных решений: учебник/Под. ред. Н.Д Егупова. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
2. Воронов Е.М, Магомедов М. Х., Ханычев В. В Разработка модели конфликтно-оптимального взаимодействия автомобиля и поверхности торможения на этапе робастного регулирования // Вестник МГТУ им. Баумана 4(49) 2002 серия «Машиностроение» - С. 3-21.
3. Воронов Е. М.,М.Х. Магомедов,Д.С. Ковалев,Н.А. Вагин Коррекция робастного управления торможением транспортного средства на основе конфликтной анизотропии // Вестник Российского университета дружбы народов, 2007 №1
4. Воронов Е.М., Серов В.А. Алгоритм интерактивной многокритериальной оптимизации//автоматизированное проектирование систем управления. -М., 1986. Выпуск 4 - (Труды МВТУ: №458)