Проанализировав уравнения движения, можно показать, что при определенном диапазоне значений коэффициента редукции, существует устойчивый режим движения ветромобиля против ветра. Максимальная (в зависимости от параметров модели) скорость центра масс системы на таком режиме движения составляет около 40% от скорости ветра.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Проекты №№ 17-08-01366, 18-01-00538).

Библиографические ссылки

1. *Feldhaus F.M.* Ruhmesblatter der Technik von den Urerfindungen bis zur Gegenwart. Leipzig: Verlag F. Brandstetter, 1910.
2. *Dechales C.F.M.* L´art de naviger demontre par principes & confirme par plusieurs observations tirees de l´experience. Paris, 1677.
3. *Лысенко Г.П.* Транспортные ветродвигатели. М.: ЛЕНАНД, 2014.
4. *Savonius S.J.* Rotor adapted to be driven by wind or flowing water. U.S. Patent No. 1697574, 1929.
5. *Ishkhanyan M.V., Klimina L.A., Privalova O.G.* Autorotation Motions of a Turbine Coursed by the Magnus Effect // AIP Conference Proceedings. 2018 (in press)
6. *Klimina L., Dosaev M., Selyutskiy Yu.* Asymptotic analysis of the mathematical model of a wind-powered vehicle // Applied Mathematical Modelling. 2017. Vol. 46. P. 691–697.

ПРИЗНАКИ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЙ МНОГОМЕРНЫХ ВПОЛНЕ РАЗРЕШИМЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Л. Б. Княжище

Институт математики НАН Беларуси

Сурганова 11, 220072 Минск, Беларусь

klb@im.bas-net.by

Обсуждаются новые условия устойчивости и асимптотической устойчивости решений неавтономных вполне разрешимых многомерных дифференциальных уравнений

$$y'(x) = f(x,y), \quad f(x,0) \equiv 0, \tag{1}$$

где $x \in \mathbb{R}^m$, $y : \mathbb{R}^m \to \mathbb{R}^n$, $f : \mathbb{R}^m \times \mathbb{R}^n \to L(\mathbb{R}^m, \mathbb{R}^n)$, $L(\mathbb{R}^m, \mathbb{R}^n)$ — пространство линейных отображений $\mathbb{R}^m$ в $\mathbb{R}^n$), $y'(x)$ — производная Фреше функции $y(x)$ в точке x.

Теория устойчивости и метод функций Ляпунова для уравнений (1) изложены в [1].

Всюду ниже K — выступающий выпуклый замкнутый конус в $\mathbb{R}^m$, FrK и $IntK$ — его граница и совокупность внутренних точек . Обозначим F_K — фильтр в конусе K, используемый в дальнейшем для определения асимптотической устойчивости. В обсуждаемых результатах используется фильтр F_K заданный базисом, составленным из пересечений конуса K и множеств вида $\{x \in \mathbb{R}^m | ||x|| > a, a > 0\}$ — дополнений открытых шаров в $\mathbb{R}^m$.

Если в $\mathbb{R}^m$ задан некоторый конечный набор G, составленный из $g_1, ..g_k$ таких, что $||g_i|| = 1 \ \ \forall i = 1, .., k$, то конус

$$K_G = \{x \in \mathbb{R}^m | x = \sum_{i=1}^{k} t_i g_i, t_i \geq 0\}$$

будем называть конусом, порожденным набором G, а набор G — остовом конуса K_G.

Достаточно очевидно [1], что для автономного уравнения (1) исследование устойчивости сводится к проверке наличия устойчивости на границе FrK конуса K. Если же конус K является конусом K_G порожденным остовом G, то задача исследования устойчивости сводится к проверке устойчивости для каждого $g_i \in G$, то есть к исследованию устойчивости конечного числа обыкновенных дифференциальных уравнений $z_t'(t) = f(tg_i, z)g_i$, $z \in \mathbb{R}^n$, $i = 1, .., k$. Для неавтономных уравнений (1) таких упрощений в общем случае сделать нельзя.

Обсуждаются новые достаточные признаки устойчивости и асимптотической устойчивости нулевого решения неавтономного вполне интегрируемого уравнения на произвольном выступающем выпуклом замкнутом конусе K и на конусе K_G. Для произвольного конуса K проверка наличия устойчивости и асимптотической устойчивости по фильтру F_K сводится к изучению обыкновенных дифференциальных уравнений $z_t'(t) = f(tg, z)g$, $x \in \mathbb{R}^n$, $g \in FrK$ и проверке дополнительного условия в некоторых "критических" внутренних точках $x \in IntK$, которые можно найти по правой части уравнения (1) и заданной функции Ляпунова, не используя решения. Для конуса K_G с остовом G проверка наличия устойчивости и асимптотической устойчивости по фильтру F_K сводится к изучению конечного числа уравнений $z_t'(t) = f(tg, z)g$, $x \in \mathbb{R}^n$, $g \in G$ и проверке дополнительного условия в "критических" точках на гранях конуса K_G.

Тем самым класс функций Ляпунова, пригодных для изучения асимптотического поведения решений неавтономных вполне интегрируемых уравнений, существенно расширен за счет значительного ослабления традиционного для второго метода Ляпунова [1, 2] условия знакоотрицательности либо отрицательной определенности производной функции Ляпунова во всех внутренних точках конуса по всем направлениям из конуса.

Библиографические ссылки

1. *Гайшун И.В.* Вполне разрешимые многомерные дифференциальные уравнения. М., 2004.
2. *Гайшун И.В., Княжище Л.Б.* Условия устойчивости решений автономных вполне интегрируемых уравнений // Дифференциальные уравнения. 1982. Т. 18. № 8. С. 1453–1456.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ ТОКА: ТРЕХСТАБИЛЬНЫЙ ГИСТЕРЕЗИСНЫЙ И ШИМ-КОНТРОЛЛЕР

Н.Г. Кодочигов, И.В. Друмов, Н.Ф. Ковалевский, С.А. Малкин

Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова
Нижний Новгород, Россия
{kodochigov, drumov}@okbm.nnov.ru, ser-malkin@yandex.ru

Как известно, в контроллерах активного магнитного подвеса команды по току или напряжению создаются посредством измерения перемещения подвешенного объекта относительно центра страховочных подшипников. Силовые цепи электроники прикладывают напряжение к клеммам обмоток для создания в них тока. Скорость вращения ротора в электромагнитном подвесе может достигать десятков тысяч оборотов в минуту, поэтому скорость изменения тока должна быть также большой, для того чтобы отслеживать команды управления. В тоже время, значения амплитуд и частот напряжения ограничены максимально допустимыми значениями, а также индуктивностью обмоток электромагнитного подшипника (ЭМП). Если отклик по току недостаточно быстрый, то контур обратной связи становится нестабильным, в результате чего вал падает [1].

Первоначально при разработке регулятора тока для стендов на электромагнитном подвесе был реализован релейный регулятор тока с