

УДК 681.5.013

Анализ статистических показателей применения генетического алгоритма к настройке системы регулирования биотехнической системы

Щербак Ольга Юрьевна^(*)

scherbak.olga.j@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассматривается анализ стохастических характеристик коэффициентов регуляторов системы регулирования биотехнической системы, настроенных с использованием генетического алгоритма. Проведен анализ влияния различных критериев на характеристики переходных процессов системы при настройке ПИ-регуляторов с использованием генетического алгоритма, показавший, что величину стандартного отклонения для каждого коэффициента ПИ-регуляторов можно считать приемлемой, а величины стандартного отклонения для параметров качества переходного процесса соответствуют заданным в целевой функции требованиям.

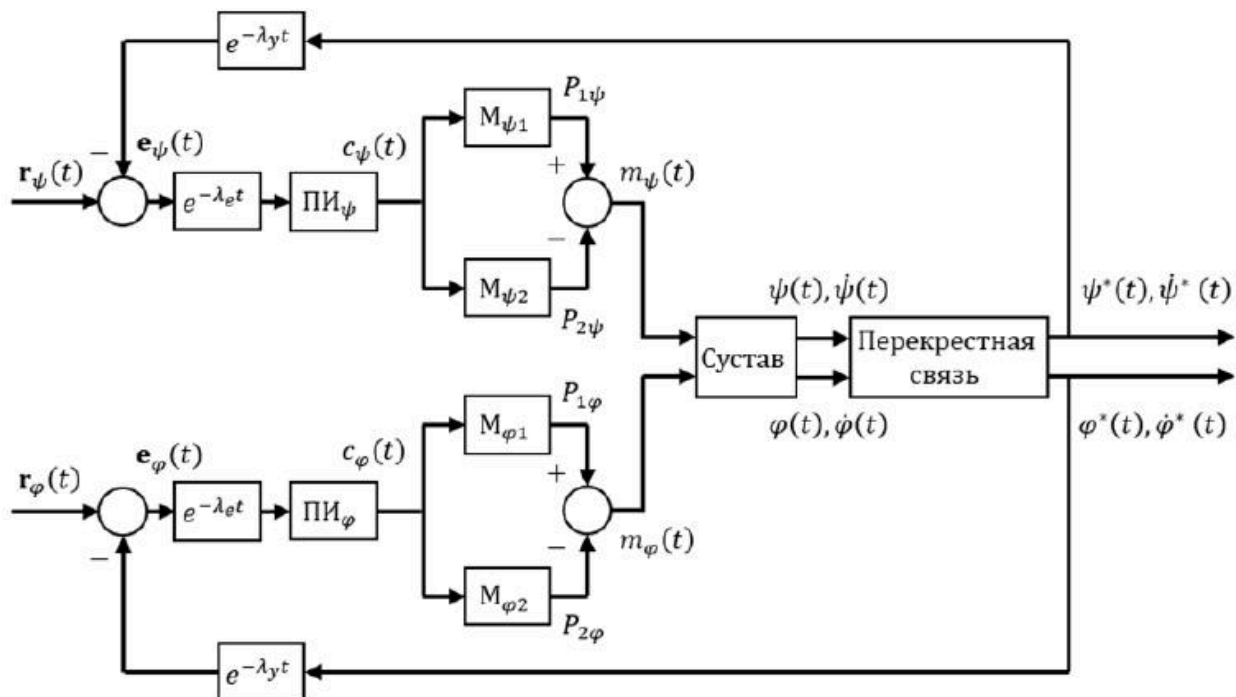
Ключевые слова: генетический алгоритм, биотехническая система, системы регулирования, ПИ-регулятор, статистика

Введение. В последние годы активно развивается направление проектирования биотехнических систем, например различных видов экзоскелетов или экзопротезов [1]. Для корректной работы подобных систем необходима система управления, разработка которой проводится на основе методов математического моделирования и теории управления. Для решения этой задачи кроме формирования математической модели динамики рассматриваемой биотехнической системы, контура регулирования и управления, необходимо также провести их настройку. Настройка может проводиться различными способами, например оптимизационными методами, однако для точной оценки необходимо провести статистические расчеты.

Материалы и методы; результаты. В данной работе предлагается сформировать систему с обратной связью, состоящую из двух каналов, каждый из которых отвечает за движение сустава в плоскостях приведения-отведения и растяжения-сжатия относительно нейтрального положения. Система, структурная схема которой представлена на рисунке, состоит из нескольких ПИ-регуляторов (по углам и угловым скоростям), блоков динамики мышц, блока динамики сустава и блока перекрестных связей, элементов запаздываний и обратных связей по углам и угловым скоростям в каждой плоскости движения. Входными сигналами являются заданные углы и угловые скорости поворота лучезапястного сустава.

Для подобных систем для настройки ПИ-регуляторов случае целесообразно использовать оптимизационные методы для подбора коэффициентов ПИ-регуляторов. Критерий минимизации при этом связывается с требуемыми показателями качества переходных процессов системы. В качестве числен-

ных методов оптимизации широкое применение для решения подобных задач находят популяционные методы оптимизации, в частности генетический алгоритм, включающий внутри себя процедуру рандомизации [2, 3]. Для оценки точности получаемого решения (набора коэффициентов регуляторов) необходимо оценить стохастические характеристики полученных решений. Для этого была проведена серия из 500 вычислительных экспериментов (для каждой из рассматриваемых конфигураций оптимизационной задачи), в ходе которого множество раз была проведена настройка рассматриваемой системы регулирования при различных реализациях стохастических процессов. По полученной выборке определялись характеристики коэффициентов ПИ-регуляторов, статической ошибки, времени переходных процессов и перерегулирования. Полученные результаты показали, что величину стандартного отклонения для каждого коэффициента ПИ-регуляторов можно считать приемлемой. В большей степени от разброса коэффициентов ПИ-регулятора зависит величина перерегулирования, а дисперсия времени переходного процесса и статической ошибки достаточно мал.



Структурная схема системы регулирования лучезащитным суставом

Заключение. Анализ полученных стохастических характеристик позволяет считать результат настройки коэффициентов ПИ-регуляторов, получаемых с помощью генетического алгоритма удовлетворительным.

Список источников

- [1] Масленников А.Л., Щербак О.Ю. Перспективы развития биотехнических систем, создаваемых по образу двигательной системы человека. *Journal of Advanced Research in Natural Science*, 2019, вып. 8, с. 49–57. <https://doi.org/10.26160/2572-4347-2019-8-49-57>
- [2] Пушкарева А.Д., Масленников А.Л. Настройка системы стабилизации космического аппарата CubeSat в режиме разгона двигателей маховиков с использованием генетического алгоритма. *Авиакосмическое приборостроение*, 2024, № 5, с. 37–49.
- [3] Кузнецов М.А., Масленников А.Л. Настройка системы регулирования двухроторной аэродинамической системы с использованием генетического алгоритма. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*, 2023, № 4, с. 33–38. <https://doi.org/10.25791/pribor.4.2023.1403>