

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ОБНОВЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО РЕГУЛЯТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Усков В.С.¹, Ланграф С.В.²

¹ ТПУ, ИШИТР, гр 8Е02, e-mail: vsu2@tpu.ru

² ТПУ, ИШИТР, к.т.н., доцент, email: langraf@tpu.ru

Аннотация

В данной работе исследуется влияние частоты обновления управляющего регулятора на переходные процессы в замкнутом контуре регулирования. Исследование проводится на уровне имитационной модели в Matlab Simulink. В работе приводится описание алгоритма, имитирующего работу регулятора на различных частотах. Результатом исследования является получение зависимости показателей качества переходного процесса от частоты работы регулятора.

Ключевые слова: Микроконтроллер, дискретный ПИ-регулятор, переходный процесс, контур регулирования.

Введение

Целью данной работы является исследование влияния частоты дискретного ПИ-регулятора с программной реализацией на качество переходных процессов контура регулирования. Эксперимент позволит определить минимальную частоту обновления выходного сигнала регулятора, на которой обеспечиваются приемлемые показатели качества для решения требуемых задач управления. Уменьшение частоты обновления позволяет разгрузить ресурсы микроконтроллера, повышает стабильность работы встраиваемой системы управления с наиболее эффективным использованием вычислительных мощностей применяемого микроконтроллера.

В качестве объекта управления в данной работе будет рассмотрена модель замкнутого контура управления составляющими вектора тока мотор-колеса на основе синхронного электродвигателя, используемого в прототипе многоколесного мобильного робота. Моделирование будет происходить в программном пакете Matlab Simulink с применением компонентов S-function для интерпретации программных фрагментов кода.

Методы решения

Первым этапом для проведения эксперимента необходимо перейти от имитационной модели системы управления к программной реализации управляющих алгоритмов. На рисунке 1 представлена линеаризованная модель замкнутого контура для управления составляющими вектора тока с ПИ-регулятором на основе стандартных компонентов Simulink и модель аналогичного замкнутого контура, содержащую в своем составе блок S-function. Данный компонент предназначен для программной реализации управляющего ПИ-регулятора с возможностью использовать фрагменты кода на языках Matlab, C, C++ совместно с блоками Simulink. Замкнутые контуры регулирования предварительно подвергались оптимизации в соответствии с настройкой регуляторов на модульный оптимум с достижением предельного быстродействия [1].

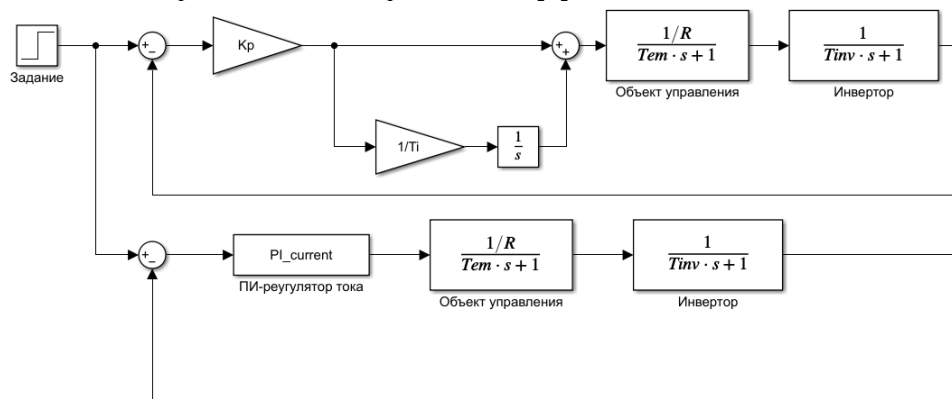


Рис. 1. Реализация замкнутых контуров управления

Далее для проведения эксперимента необходимо разработать алгоритм, позволяющий имитировать работу регулятора при различных частотах обновления выходного сигнала. Блок схема алгоритма, реализующего дискретный ПИ-регулятор с возможностью изменения частоты дискретизации выходного сигнала, представлена на рисунке 2.

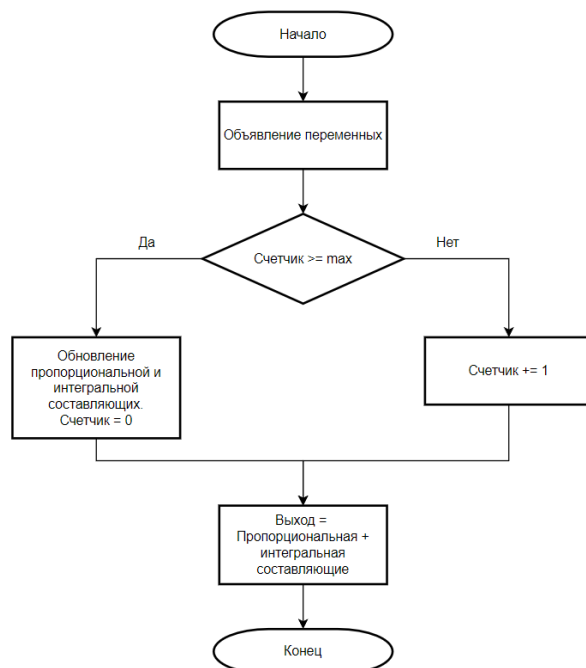


Рис. 2. Блок схема алгоритма

Переменная max , используемая в блок схеме, позволяет имитировать различные частоты работы регулятора по следующей формуле:

$$f_{reg} = \frac{f_{prog}}{max} \quad (1)$$

где f_{prog} – частота моделирования объекта управления, которая с целью максимального снижения дискретизации увеличена до уровня 1МГц, max – переменная, изменяющая частоту регулятора.

Результаты

Используя разработанную модель, а также блок схему алгоритма, описанные в предыдущем разделе, были проведены эксперименты при ступенчатом задании с оценкой качества переходных процессов в контуре регулирования при изменении частоты работы ПИ-регулятора в диапазоне от 2 кГц до 1 МГц и получены переходные процессы для каждого случая. На рисунках 3 и 4 приведены графики переходного процесса при работе контуров и графики управляющего воздействия ПИ-регулятора при частотах обновления выходного сигнала 50 кГц и 5 кГц, а также их сравнение с соответствующими графиками при моделировании на частоте объекта управления.

На графиках, представленных на рисунках 3 и 4, можно наблюдать влияние дискретности регулятора на качество переходного процесса в контуре регулирования, которое проявляется с уменьшением частоты обновления управляющего сигнала.

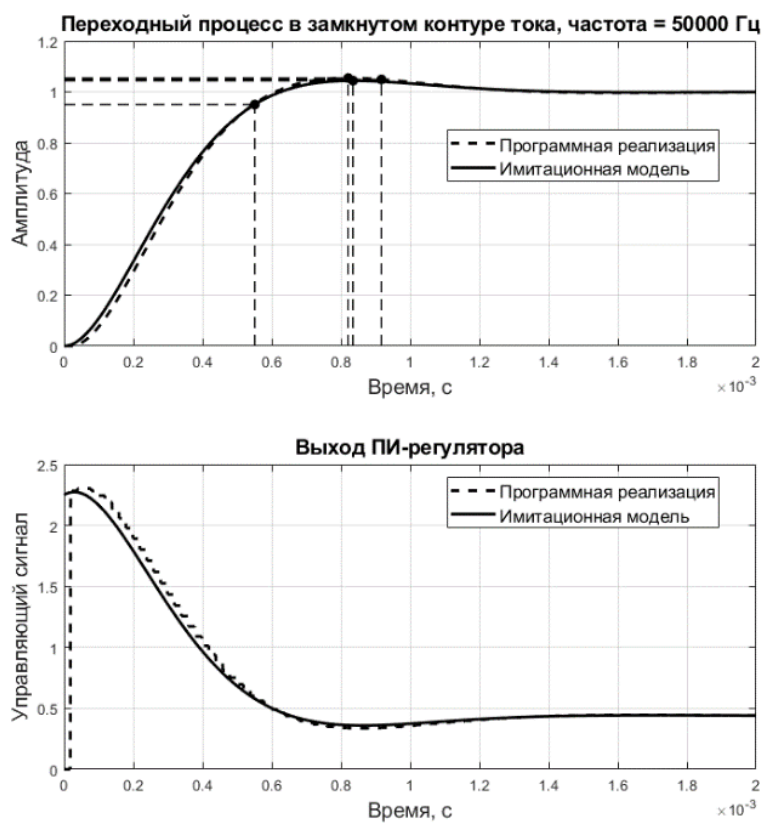


Рис. 3. Переходный процесс в замкнутом контуре и управляющее воздействие регулятора при частоте 50 кГц

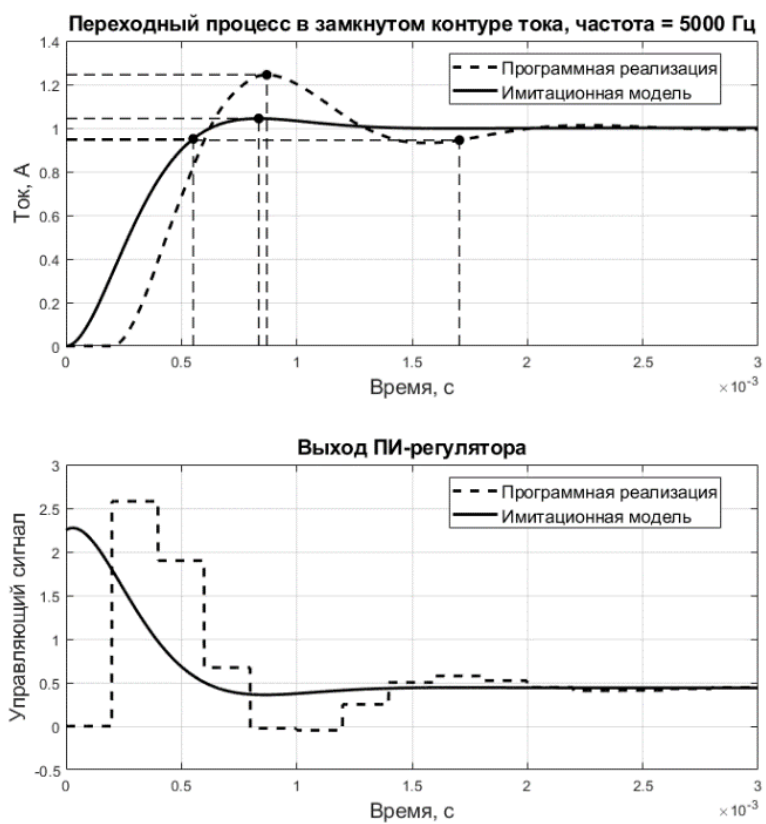


Рис. 4. Переходный процесс в замкнутом контуре и управляющее воздействие регулятора при частоте 5 кГц

Результаты всех экспериментов представлены на рисунке 5 и в таблице 1.

Таблица 1

Показатели качества при изменении частоты регулятора

Частота регулятора	Перерегулирование, %	Время переходного процесса, мс
1 МГц (частота объекта управления)	4.32	0.55
50 кГц	5.4	0.9
25 кГц	6.7	0.97
20 кГц	7.5	1.01
10 кГц	12	1.05
5 кГц	24	1.7
4 кГц	30	1.85
2 кГц	80	4.5

График зависимости перерегулирования и времени переходного процесса от частоты регулятора, по данным таблицы 1, представлен на рисунке 5. Для наглядности графика результаты при частоте 1 МГц не приводятся.

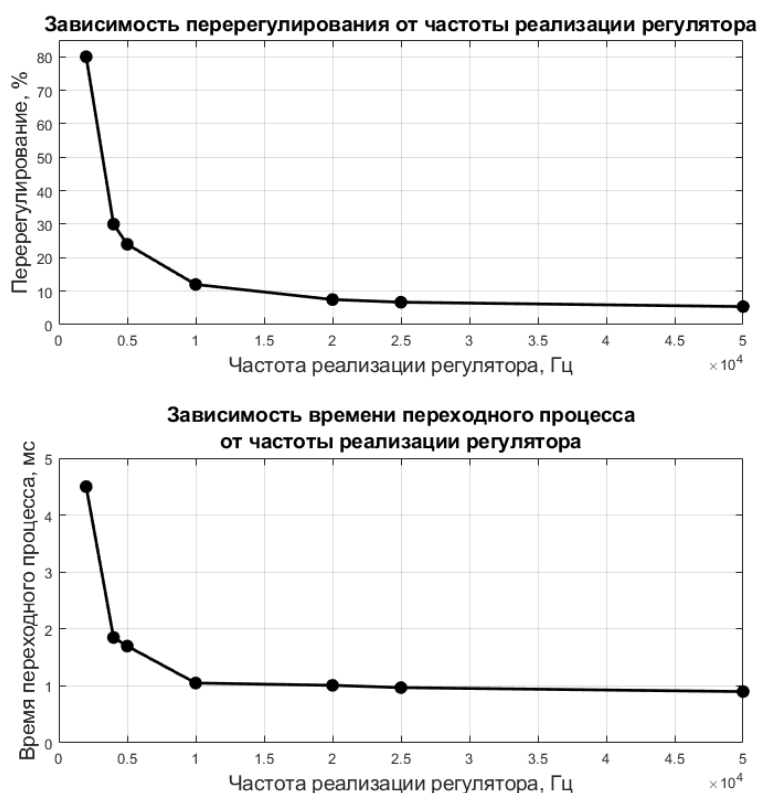


Рис. 5. Зависимости перерегулирования и времени переходного процесса от частоты регулятора

По результатам экспериментов, представленных на рисунке 5, можно сделать вывод о том, что диапазон, на котором показатели качества переходного процесса объекта управления не ухудшаются с уменьшением частоты – от 10 кГц до 50 кГц. Исходя из задачи получения максимальной экономии вычислительных ресурсов микроконтроллера, можно сделать вывод о том, что для данной ситуации наилучшим выбором будет использование частоты обновления на уровне 10 кГц.

Заключение

В ходе данного исследования было изучено влияние частоты обновления дискретного ПИ-регулятора на качество переходных процессов в контуре регулирования, используемого в электроприводе прототипа многоколесного мобильного робота. Эксперименты показали, что частота

работы регулятора имеет существенное влияние на качество переходных процессов. Из результатов экспериментов следует, что увеличение частоты регулятора в пределах от 10 кГц до 50 кГц не приводит к существенному улучшению показателей качества переходных процессов. Однако снижение частоты регулятора ниже 10 кГц ведет к значительному ухудшению эффективности управления. Исходя из задачи оптимизации вычислительных ресурсов микроконтроллера при сохранении приемлемого качества управления, рекомендуется в данном случае использовать частоту регулятора на уровне 10 кГц. Это позволит достичь оптимального баланса между расходом вычислительных ресурсов микроконтроллера [2] и показателями качества переходного процесса. Таким образом, данная работа не только позволяет определить оптимальную частоту для работы регулятора для конкретного применения, но и обеспечивает основу для более эффективного использования ресурсов в системах управления мобильными роботами и аналогичными техническими устройствами. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение диапазона исследуемых частот и адаптацию результатов для различных типов объектов управления.

Список использованных источников

1. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 7. Теория оптимизации многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие / Л.С. Удуг. – Томск: Издательство Томского политехнического университета. – 2007. – 161 с.
2. Выбор микроконтроллера // Kazus.ru: Электронный портал. – URL: <http://kazus.ru/articles/183.html>.