

- Передатчик - Bluetooth маячок — iBeacon - это протокол передачи Bluetooth-сигнала между локационным маячком и любым устройством (смартфоном, планшетом), которое совместимо с Bluetooth LE. Маячок имеет беспроводную связь и 99% времени проводит в спящем режиме, из-за чего имеет очень низкое энергопотребление.

- Приёмники – Микроконтроллер ESP32- серия недорогих микроконтроллеров с низким энергопотреблением. Они представляют собой систему на кристалле с интегрированными Wi-Fi и Bluetooth контроллерами и антеннами.

В ESP32 уже интегрирована антенна и RF balun, усилитель мощности, маломощные усилители, фильтры и модуль управления питанием. Эта плата используется с 2,4 ГГц двухрежимными Wi-Fi и ЧИПАМИ Bluetooth по технологии TSMC 40nm низкой мощности.

В ESP32 имеется беспроводная связь, ИК дистанционное управление (передатчик / приемник, до 8 каналов), возможность подключения двигателей и светодиодов через ШИМ выход.

Управление питанием: линейный регулятор с низким уровнем падения напряжения, индивидуальное питание для RTC, потребление 5 мкА в режиме «глубокий сон», пробуждение по прерыванию от GPIO, таймера, измерения АЦП, прерывания емкостного сенсорного датчика.

Языки программирования ESP32:

- Arduino IDE;
- Espressif IoT Development Framework;
- Espruino и т.д.

- Камера – Kebabmei Mini USB веб-камера

- Исполнительный орган - электродвигатель шаговый 28BYJ-48-5V/HR0228/5B- это бесколлекторный двигатель, вращение вала осуществляется шагами (дискретное перемещение). На роторе (валу) расположен магнит, а вокруг него расположены катушки; если поочередно подавать ток на эти катушки, создается магнитное поле, которое отталкивает или притягивает магнитный вал, тем самым заставляя двигатель вращаться. Такая конструкция позволяет с большой точностью управлять валом относительно катушек.

Технические параметры 28BYJ-48:

- ▶ Тип шагового двигателя: Униполярный
- ▶ Напряжение питания: 5 В, DC
- ▶ Количество фазы: 4
- ▶ Частота: 100 Гц
- ▶ Сопротивление постоянного тока:  $50\Omega \pm 7\%$  (25 °C)

- Драйвер к двигателю - Модуль шагового двигателя ULN2003 - позволяющий управлять нагрузкой до 500 мА (один ключ). Данный модуль может работать с 5В и 12В двигателем 28BYJ-48

### **Сравнение способов ограничения регуляторов в системах автоматического управления**

**Автор:** Поляков К. Д., студент группы ЭП-41, ГГТУ им. П. О. Сухого

**Руководитель:** Захаренко В.С., к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированный электропривод»

Известна проблема с наличием значительного перерегулирования в переходных процессах «в большом» при некорректном учете ограничения регуляторов [1, 2], как показано на рис.1.

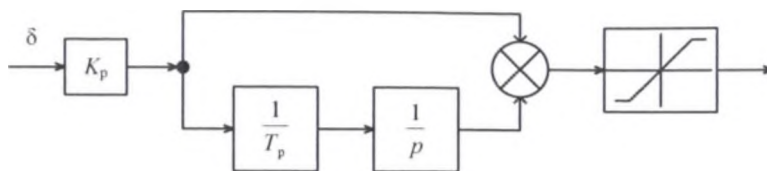


Рисунок 1. Структурная схема ПИ-регулятора с некорректным ограничением.  $\delta$  – сигнал рассогласования,  $K_p$  – коэффициент передачи регулятора,  $T_p$  – постоянная времени регулятора.

Это вызвано тем, что при положительном значении рассогласования на входе регулятора выход интегрирующей составляющей продолжает увеличиваться даже когда нелинейное звено на выходе находится в ограничении.

Целью данной работы является сравнение различных способов учета ограничения регуляторов и выбор оптимального для последующей практической реализации в управляющей программе векторного управления асинхронным электродвигателем отладочного комплекта Texas Instruments TMDSHVMTRFCKIT.

За «эталонную» взята модель регулятора, соответствующая аналоговой реализации на операционном усилителе с воздействием ограничителя на выход усилителя, как показано на рис. 2.

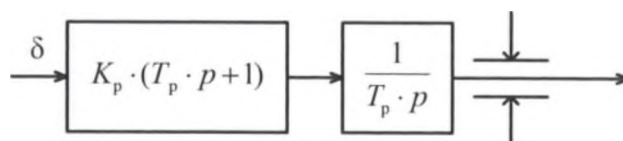


Рисунок 2. Структурная схема «эталонной» модель ПИ-регулятора.

Анализ переходных процессов производится на примере системы векторного управления [3, 4] асинхронным электродвигателем 4A160S4Y3.

Кроме вариантов, приведенных на рис. 1 и 2, анализировались регуляторы:

- с переключением выхода интегратора на «0» при ограничении регулятора, как показано на рис. 3а.
- с ограничением выхода регулятора и ограничения интегратора [1], как показано на рис. 3б.
- регулятор, в котором уровень ограничения меняется от перегрузочной способности до единицы, в то время, как регулятор находится в ограничении, как показано на рис.4.

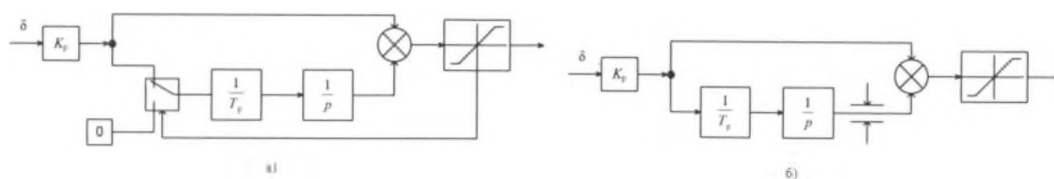


Рисунок 3. Варианты структурной схемы регулятора.

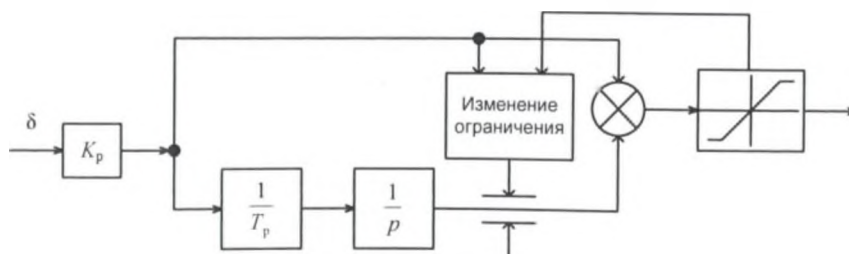


Рисунок 4. Регулятор с изменением ограничения.

Диаграммы переходного процесса «в большом» для эталонной модели приведены на рис. 5. Для случая некорректного учета ограничения (см. рис. 1) диаграммы приведены на рис. 6. Для вариантов, представленных на рис. 3а и 3б – на рис. 7 и 8, соответственно, для регулятора с изменением ограничения – рис. 9.

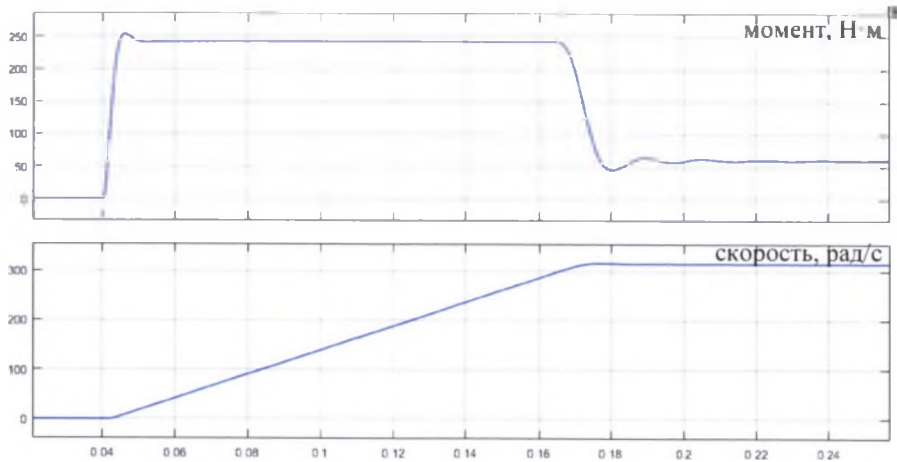


Рисунок 5. Диаграммы переходных процессов «эталонной» модели. Превышение скоростью установившегося значения составляет 0,16 %.

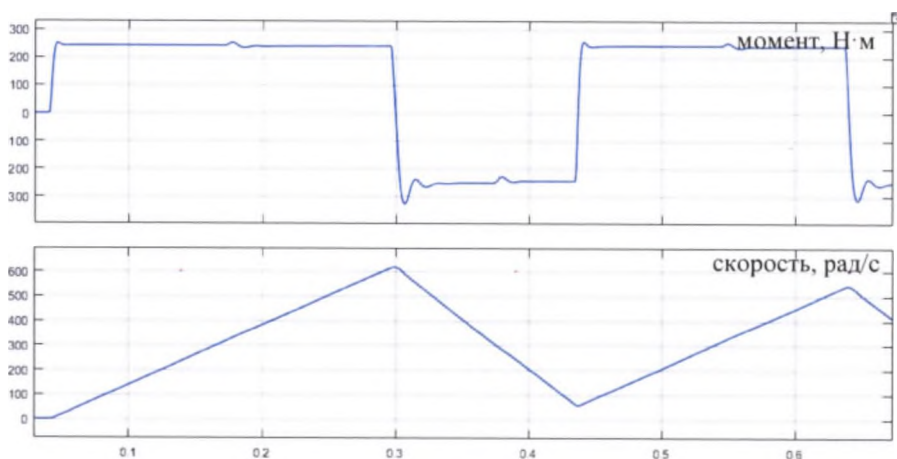


Рисунок 6. Диаграммы переходных процессов модели с некорректным ограничением. Превышение скоростью установившегося значения составляет 98,5 %.

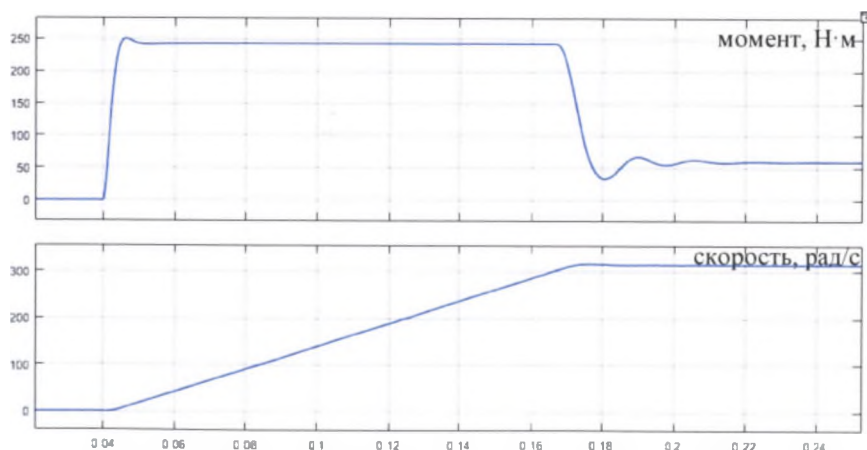


Рисунок 7. Диаграммы переходных процессов модели с переключением выхода интегратора на «0» при ограничении регулятора. Превышение скоростью установившегося значения составляет 0,32 %.

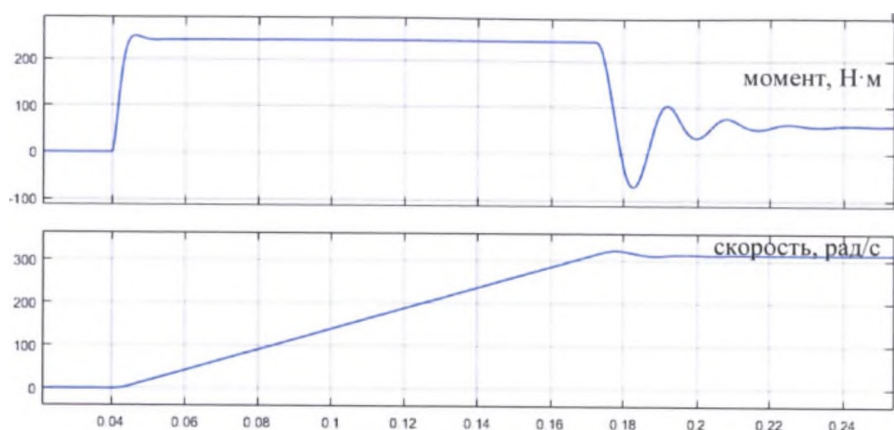


Рисунок 8. Диаграммы переходных процессов модели с ограничением выхода регулятора и ограничения интегратора. Превышение скоростью установившегося значения составляет 0,61 %.

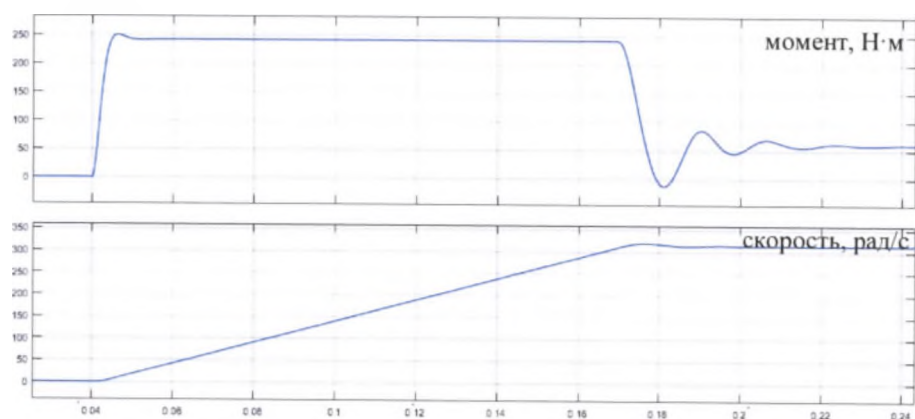


Рисунок 9. Диаграммы переходных процессов модели с изменяющимся ограничением интегратора. Превышение скоростью установившегося значения составляет 1,59 %.

В ходе анализа было установлено, что наилучшие параметры переходных процессов были получены при использовании регулятора с переключением выхода интегратора на «0» при ограничении, так как при таком ограничении превышение скоростью установившегося значения имеет минимальное значение..