Dr. Bob Davidov

Стенд для разработки алгоритмов высокоскоростного управления шаговым приводом

Цель работы: освоение правил разработки алгоритмов высокоскоростного управления действующим приводом с использованием среды проектирования МатЛАБ.

Задача работы: построение быстродействующей системы управления шаговым приводом.

Приборы и принадлежности: Персональный компьютер, МатЛАБ, Simulink, интерфейсная PCI карта Sensoray model 626, шаговый двигатель AM1524 с редуктором, цифровой датчик углового перемещения HED5540, драйвер двигателя ИМС BA6845FS.

ВВЕДЕНИЕ

Существенно повысить скорость движения реверсивного шагового привода можно опережающим включением обмоток, когда величина опережения пропорциональна скорости движения привода. Дополнительное повышение скорости можно получить увеличением напряжения двигателя пропорционально частоте движения. У такого привода с обратной связью по положению помимо полезного свойства удержания нагрузки при нулевой скорости появляется и высокоскоростное движение, характерное для привода постоянного тока.

В этой работе рассматриваются средства разработки и отладки алгоритма высокоскоростного управления шаговым приводом, и показаны характеристики привода, достигнутые при помощи этих средств.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

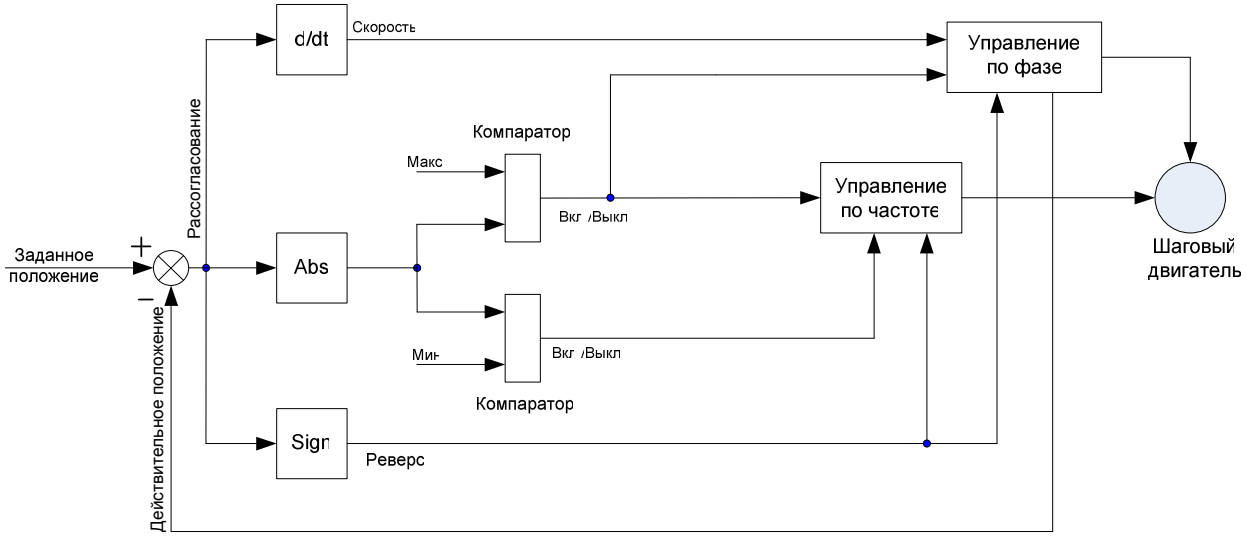


Рис. 1. Пример структуры высокоскоростного управления шагового двигателя. Управление по частоте соответствует управлению разомкнутым контуром. Управлению по фазе требуется датчик положения (обмоток двигателя).

Характеристики шагового двигателя AM1524**.**

- • Количество шагов на оборот: 24 (15 град./шаг)
- •Точность: +/-10% шага
- • Удерживающий момент: 6.0 мНм
- • Остаточный (Residual) момент: 0.9 мНм
- • Момент инерции ротора: 45*10-9 кг м^2
- • Резонансная частота: 120 Гц
- • Электрическая постоянная времени: 0.4 мсек
- • Номинальное постоянное напряжение: 3В
- • Номинальный ток обмотки: 0.25А
- • Индуктивность обмотки: 55мГн
- • Температура окружающего воздуха: -35..+70 С
- • Тепловое сопротивление: 37С/Вт
- • Тепловая постоянная времени: 220 сек

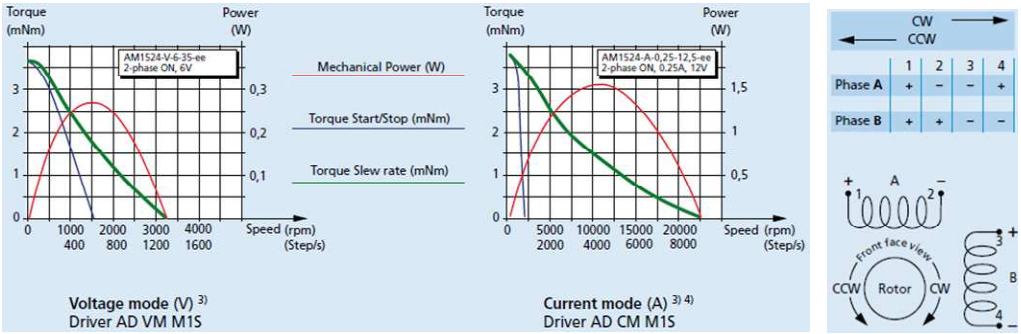


Рис. 2. Зависимость момента и мощности двигателя от скорости вращения и порядок питания обмоток двигателя.

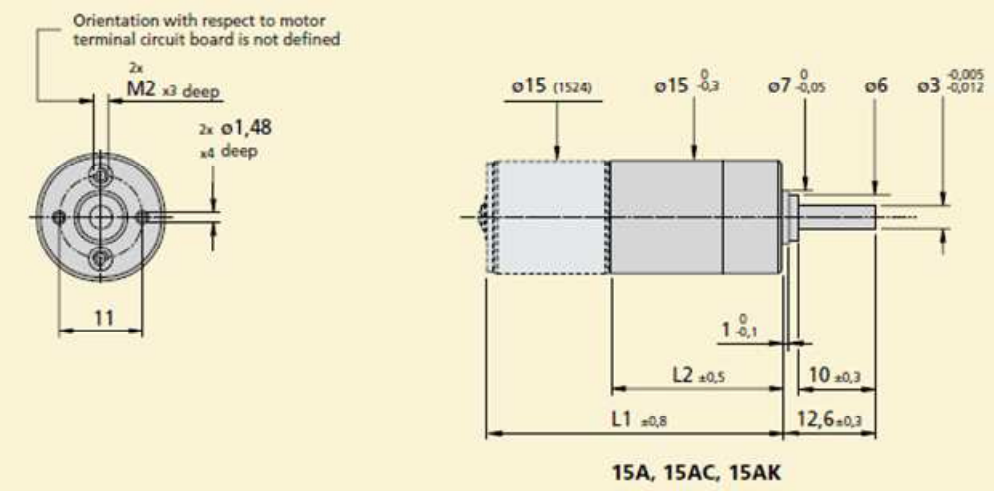


Рис. 3. Размеры шагового двигателя с редуктором.

Характеристики считывателя HED 5540 углового датчика

- Количество импульсов на оборот 500
- Напряжение питания 4.5 .. 5.5 В
- Потребление тока 57 мА
- Время перехода сигнала между уровнями 0.25 мксек
- Диапазон частот выходного сигнала 0 .. 100 кГц
- Диапазон рабочих температур 0 .. 70 С

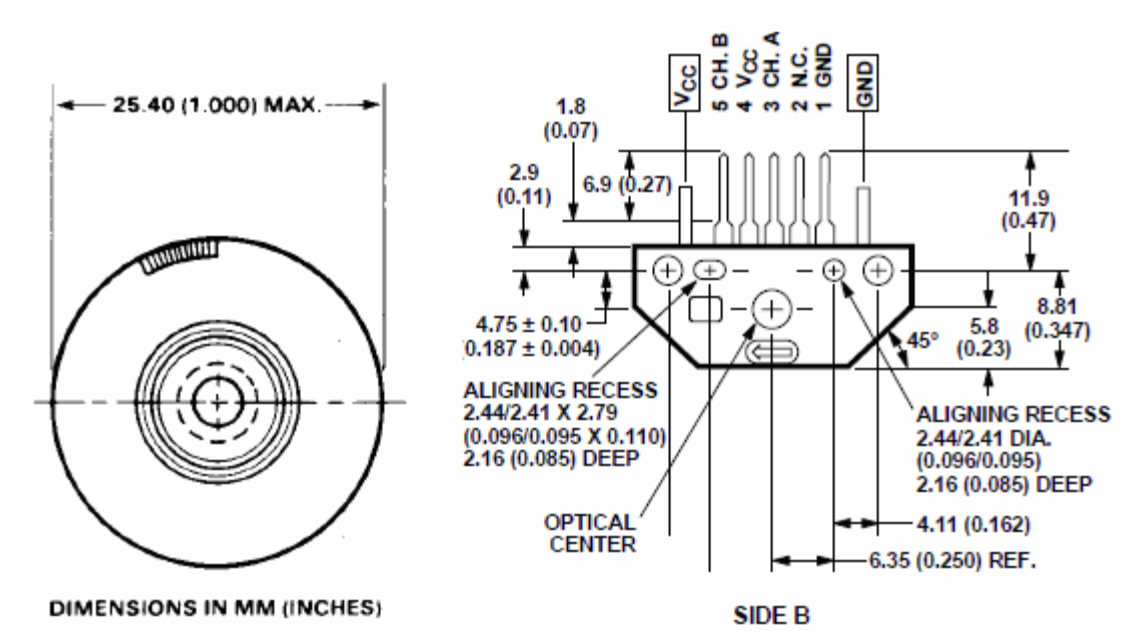


Рис. 4. Кодовый диск углового датчика (закреплен на выходном валу редуктора) и считывающая головка (неподвижна).

Характеристики ИМС драйвера шагового двигателя BA6845FS

- Напряжение питания 2.7 .. 9.0 В
- Максимальный выходной ток 1000 мА
- Максимальная рассеиваемая мощность 800 мВт
- Диапазон рабочих температур -25 .. +75 С

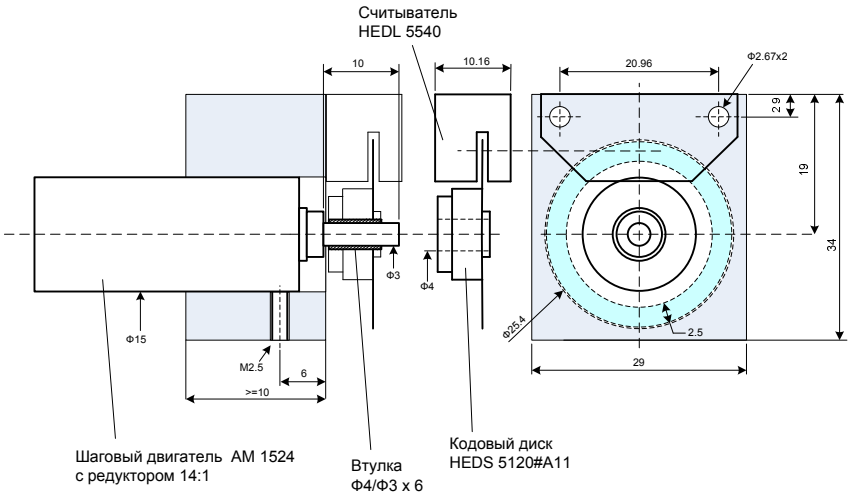


Рис. 5. Сборка двигателя с редуктором и угловым датчиком.

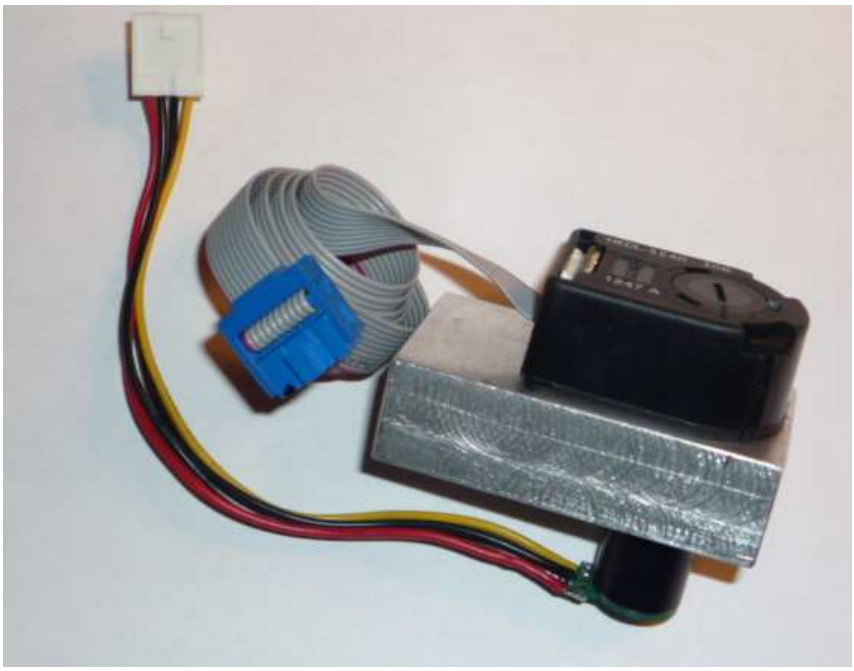


Рис. 6. Внешний вид сборки двигателя AM 1524 с редуктором и кодовым датчиком HED 5540.

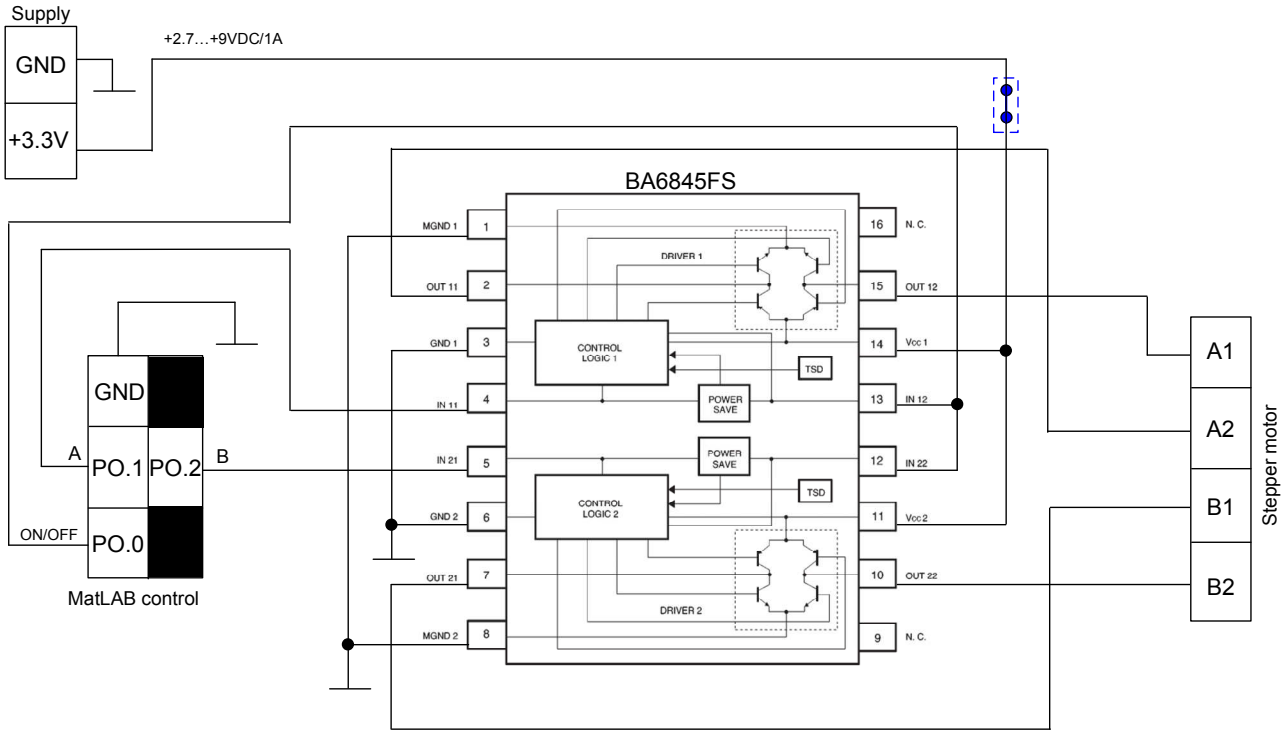


Рис. 7. Электрическая схема питания двигателя и подключения драйвера BA6845FS на плате Motor interface card.

Характеристики PCI интерфейсной карты Sensory 626

- Шесть 24-разрядных счетчиков для инкрементальных датчиков, например, датчиков положения
- 48 цифровых входов/выходов (40 с обнаружением переключения)
- Четыре 14-разрядных DAC с частотой перезаписи 20 КГц
- Шестнадцать 16-разрядных дифференциальных ADC с частотой преобразования 15 КГц
- Сторожевой таймер, Watchdog timer, (аппаратно реализованная схема контроля за зависанием системы) с механическим реле для замыкания внешних цепей.
- Резервное питание счетчиков

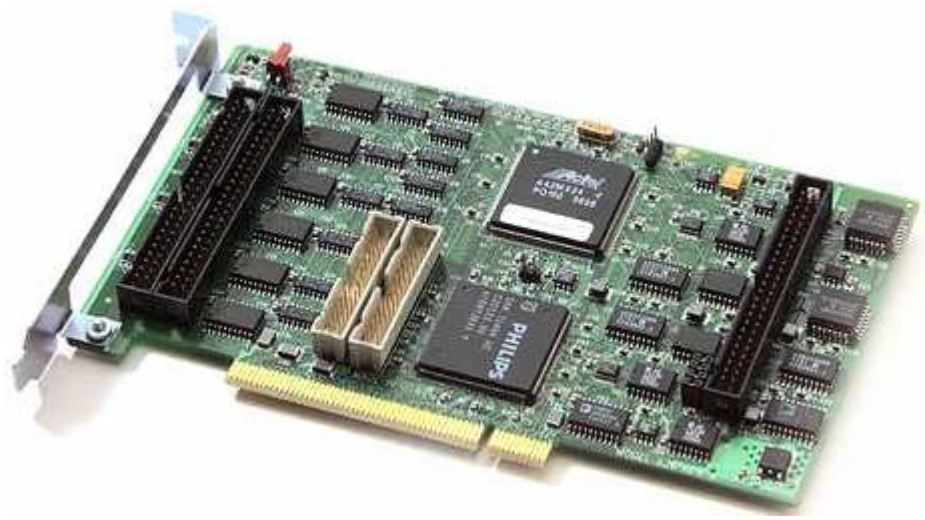


Рис. 8. PCI плата Sensory 626. Драйвер платы можно загрузить с с сайта производителя http://www.sensoray.com/products/626.htm.

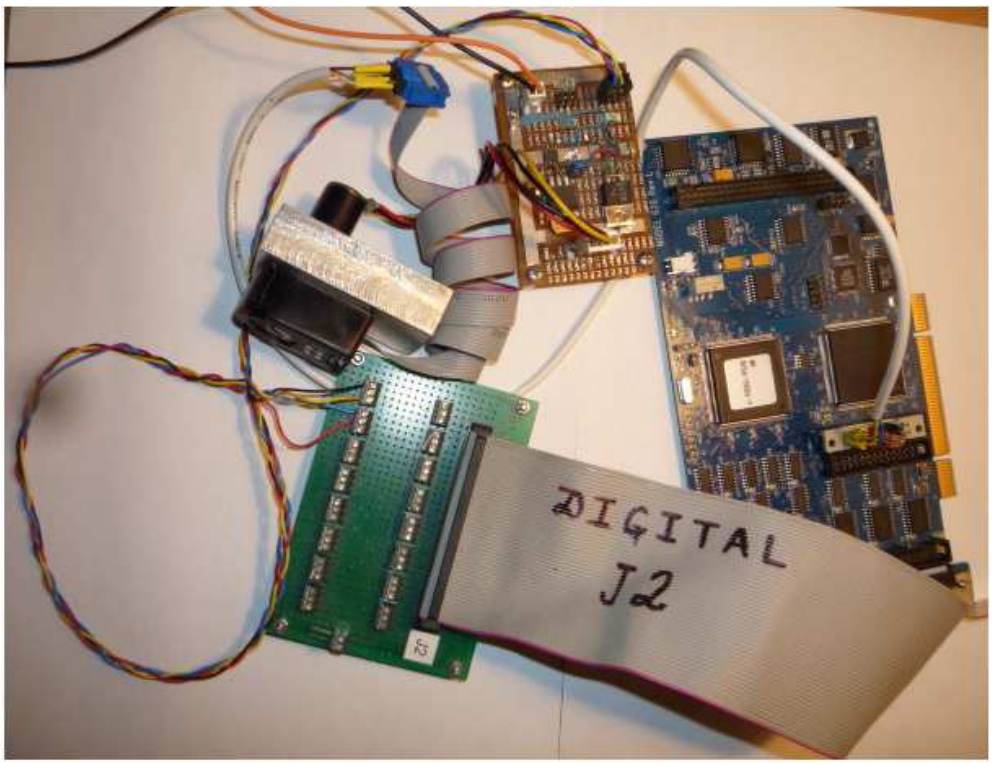


Рис. 9. Привод с платой драйвера, терминальной платой и интерфейсной платой Sensory 626.

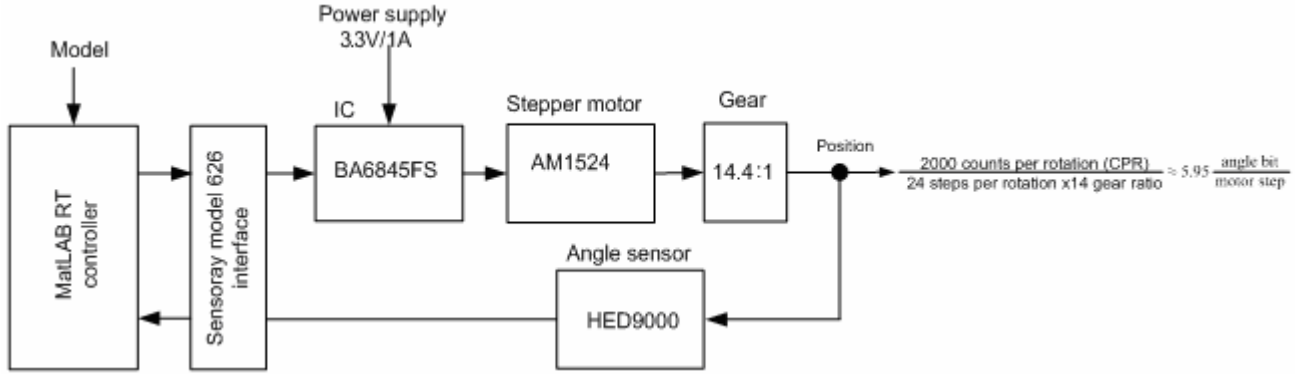


Рис. 10. Структурная схема привода. Привод включает блок сравнения и регулятор на базе модели МатЛАБ-Simulink, интерфейс Sensoray 626, драйвер двигателя ИМС BA6845FS, шаговый двигатель AM1524 со встроенным редуктором, цифровой датчик углового перемещения HED5540.

Примечание: Для упрощения алгоритма управления целесообразно выбирать кратные отношения между количеством шагов на выходе редуктора и соответствующим количеством импульсов датчика положения.

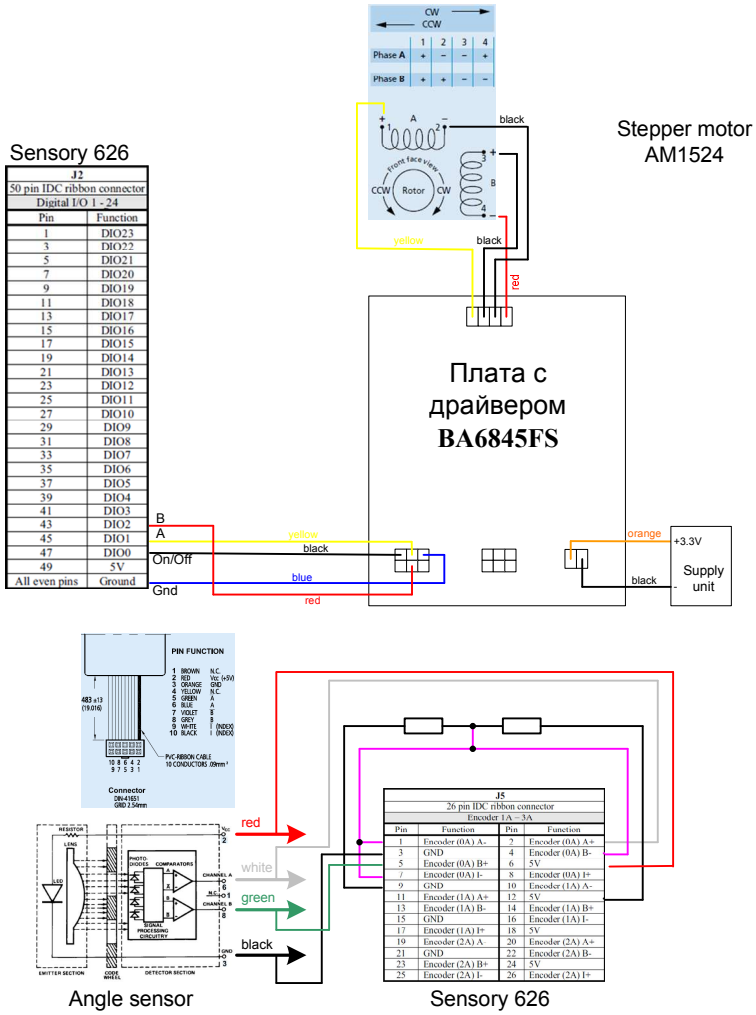


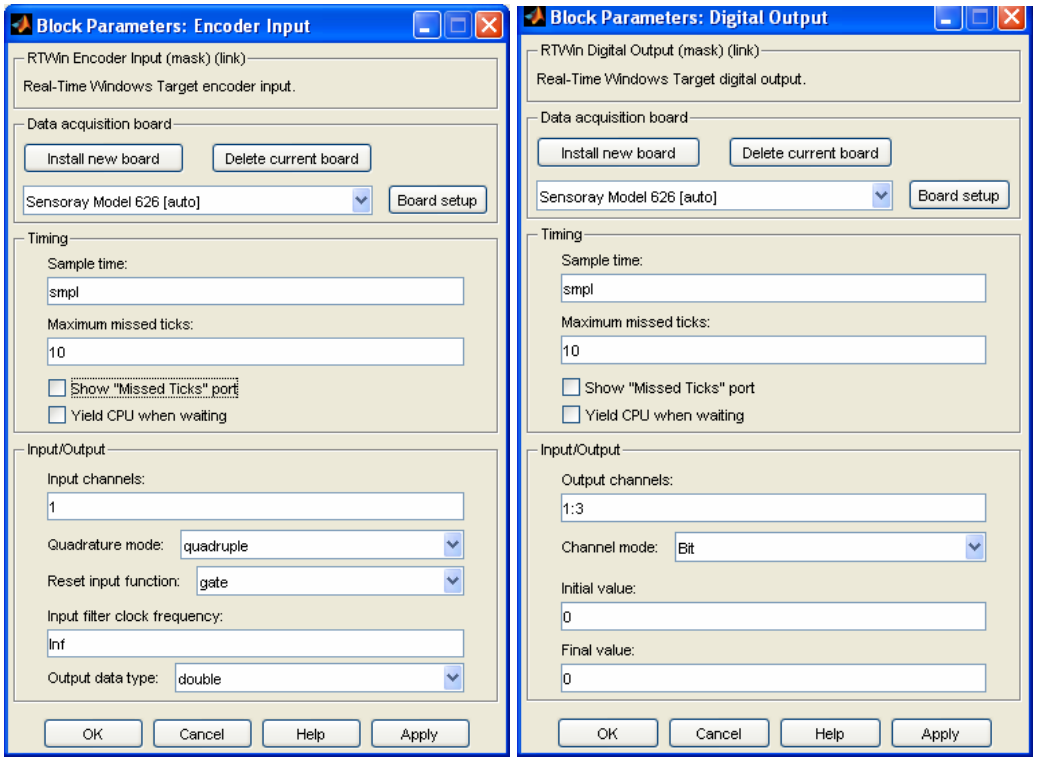
Рис. 11. Схема электрических соединений. J2 и J5 – разъёмы PCI интерфейсной платы Sensoray 626.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание 1. Измерение резонансной частоты двигателя.

1. Убедитесь, что интерфейсная плата Sensory 626 (Рис. 8) подключена к PCI шине компьютера и двигатель с датчиком подключен к PCI интерфейсной плате, плате с драйвером BA6845FS и блоку питания (Supply unit) + 3.3В как показано на Рис. 9 и Рис. **11**.
2. Включите компьютер.
3. Создайте рабочий каталог.
4. Загрузите МатЛАБ и настройте его на рабочий каталог.
5. Загрузите Simulink и откройте окно модели.

6. Включите в окно модели блоки интерфейсной карты для считывания показаний счетчика импульсов датчика углового положения двигателя и для вывода сигналов питания обмоток двигателя. Блоки Encoder Input и Digital Output находятся в библиотеке Real_Time Windows Target.



7. В браузере модели > закладка Callbacks > пункт InitFct* (код выполняемый перед запуском модели) задайте переменную smpl = 0.005; period = 0.1;

8. Разработайте модель Simulink для перемещения двигателя с постоянной скоростью и наблюдения за состоянием обмоток и положением двигателя.

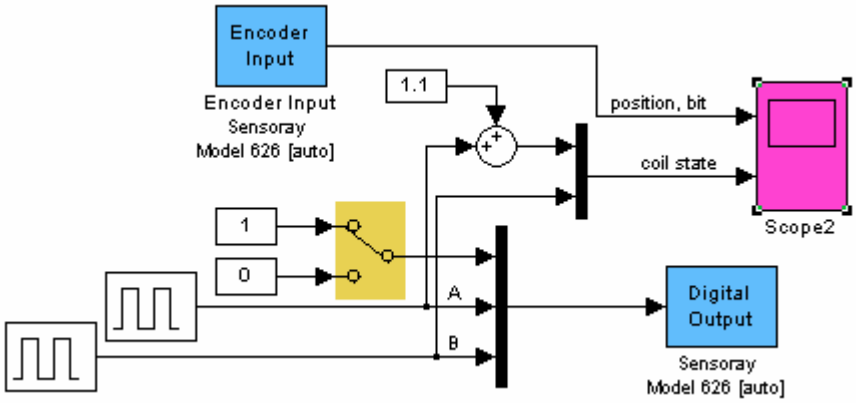


Рис. 12. Модель разомкнутого управления перемещением двигателя с постоянной скоростью.

9. Для работы модели в реальном времени подключите к модели файл rtwin.tlc: меню модели > Simulation > Configuration parameters > Code Generation > System target file и нажмите кнопку Build (Ctrl + B). Наблюдайте результат компиляции модели в окне команд.

10. Для запуска модели переведите ее в режим External, нажмите кнопку Connect To Target и затем кнопку Start real-time code .

11. Запишите переходные процессы движения двигателя. По переходным процессам определите перерегулирование и резонансную частоту двигателя с нагрузкой – редуктором и кодовым диском углового датчика.

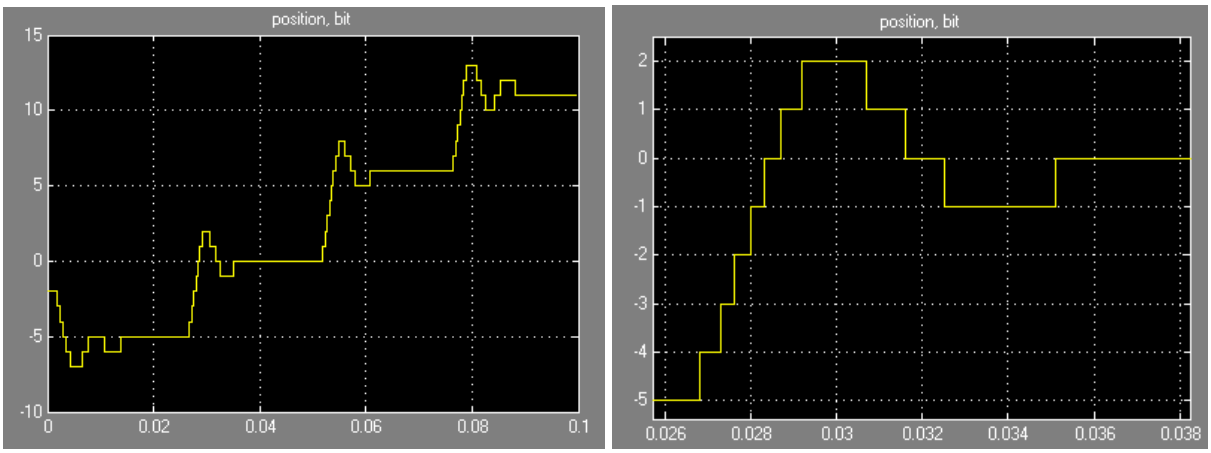


Рис. 13. Переходный процесс разомкнутого привода.

Задание 2. Измерение люфта привода.

1. Выключите обмотки двигателя.

2. Запустите модель в режиме реального времени с отображением положения двигателя.

3. Аккуратно (без излишнего усилия) рукой отклоняйте выходной вал редуктора от начального положения и отпустив вал фиксируйте величину невозврата двигателя в начальное положение.

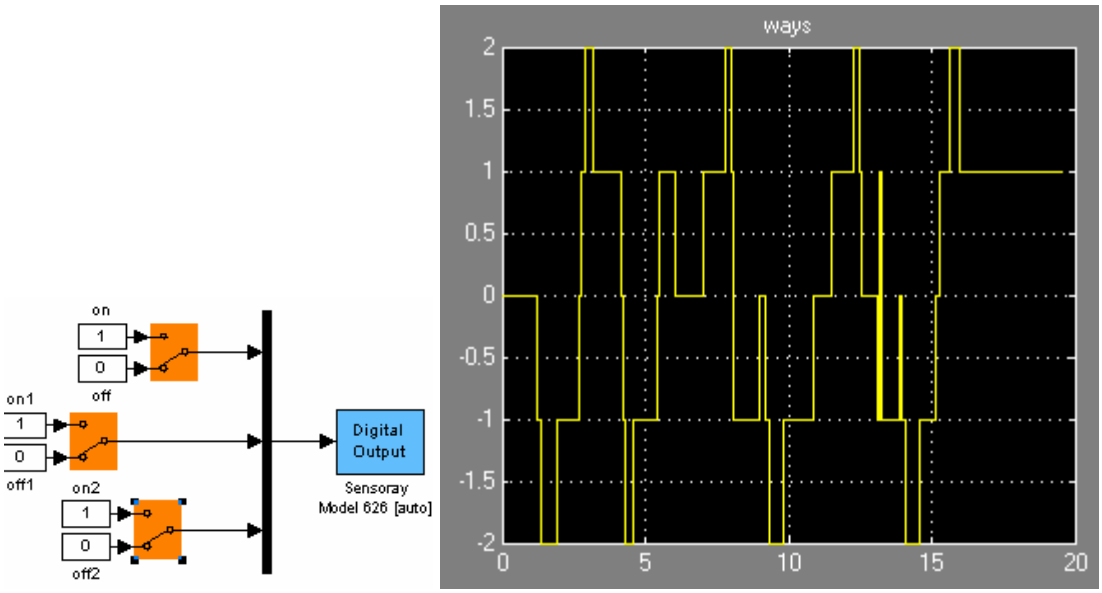


Рис. 14. Зона устойчивого положения выходного вала редуктора -1 .. +1 бит (в единицах датчика углового перемещения) при отключенном двигателе.

4. Запитайте обмотку двигателя и повторите эксперимент.

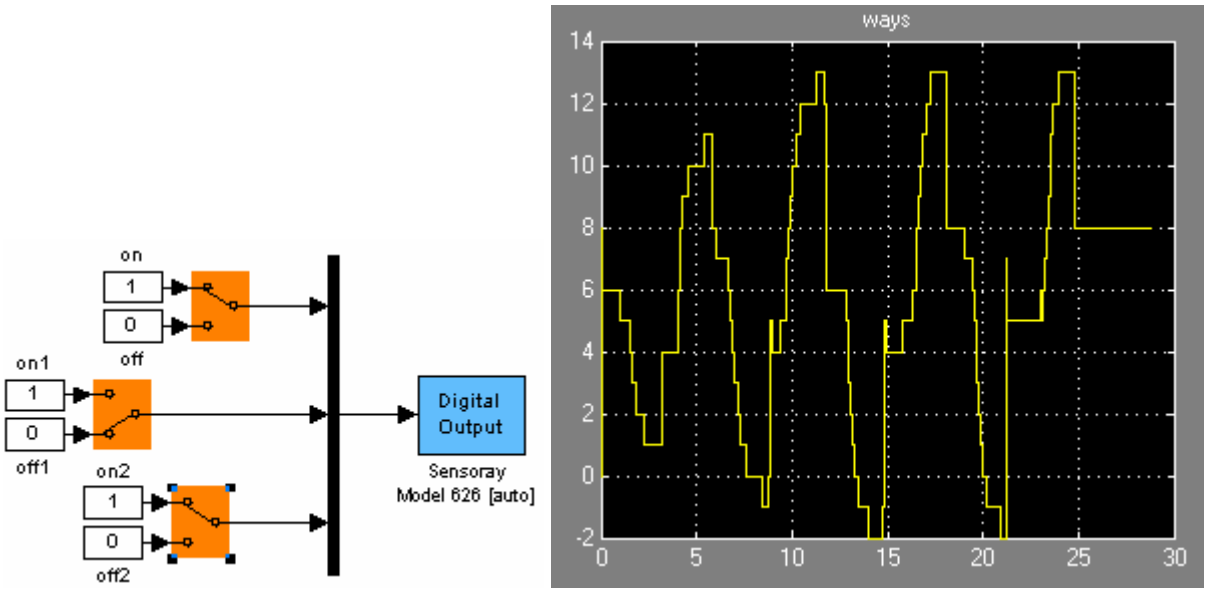


Рис. 15. Обмотка А выключена, обмотка В – под током. Зона устойчивого положения выходного вала редуктора: 4 бит (от 4 до 8 бит)

5. Запитайте две обмотки двигателя и повторите эксперимент со смещением выходного вала редуктора.

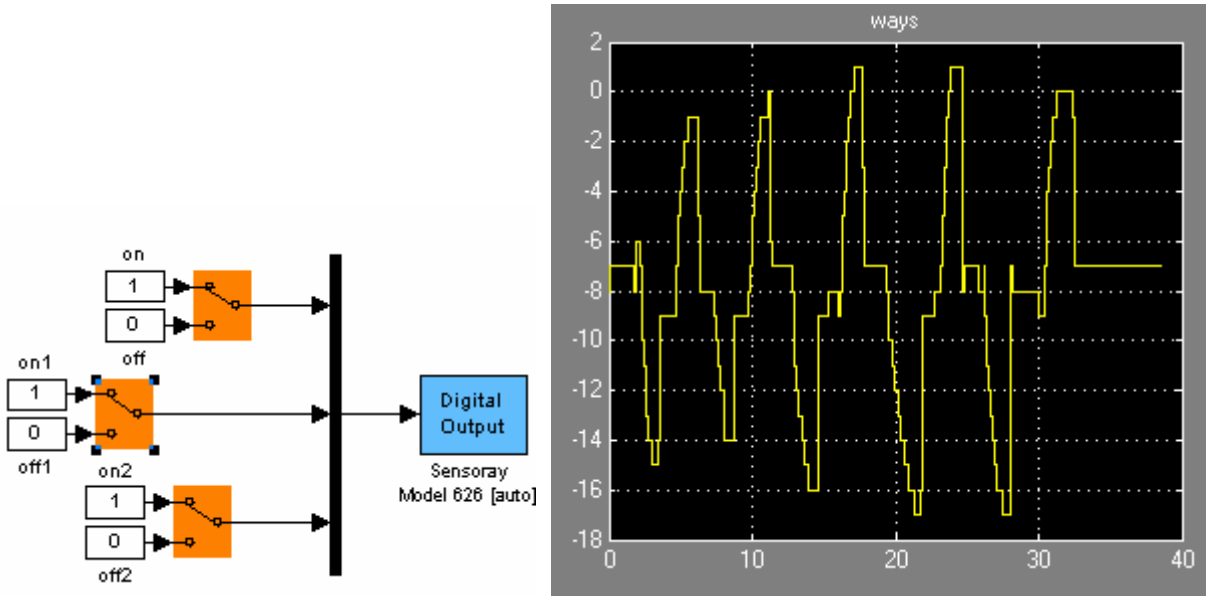


Рис. 16. Обмотки А и В – под током. Зона устойчивого положения выходного вала редуктора: 2 бит (от -9 до -7 бит)

Задание 3. Фильтрация шумов (механических колебаний) в обратной связи привода.

1. Постройте низкочастотный фильтр первого порядка и фильтр скользящего среднего в Simulink.

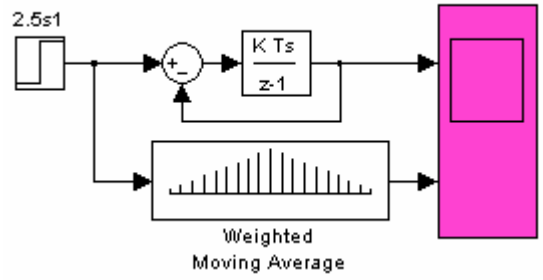


Рис. 17. НЧ фильтр: усиление рассогласования – 500 раз; постоянная времени – 2 мсек (1/500).Фильтр скользящего среднего: ([0.1:0.1:1 0.9:-0.1:0.1].*0.1).

2. Постройте отклики фильтра на единичное ступенчатое воздействие.

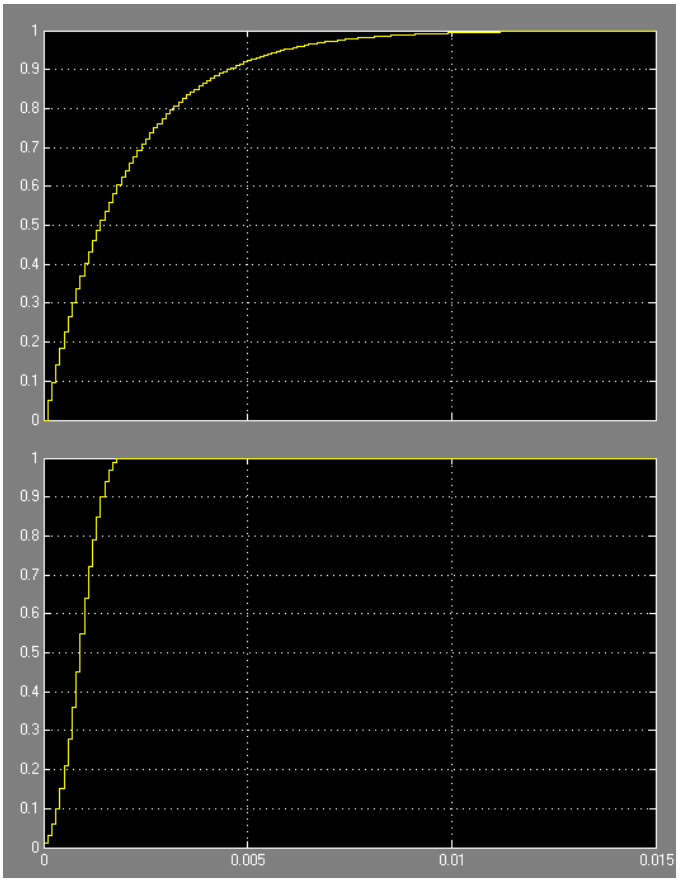
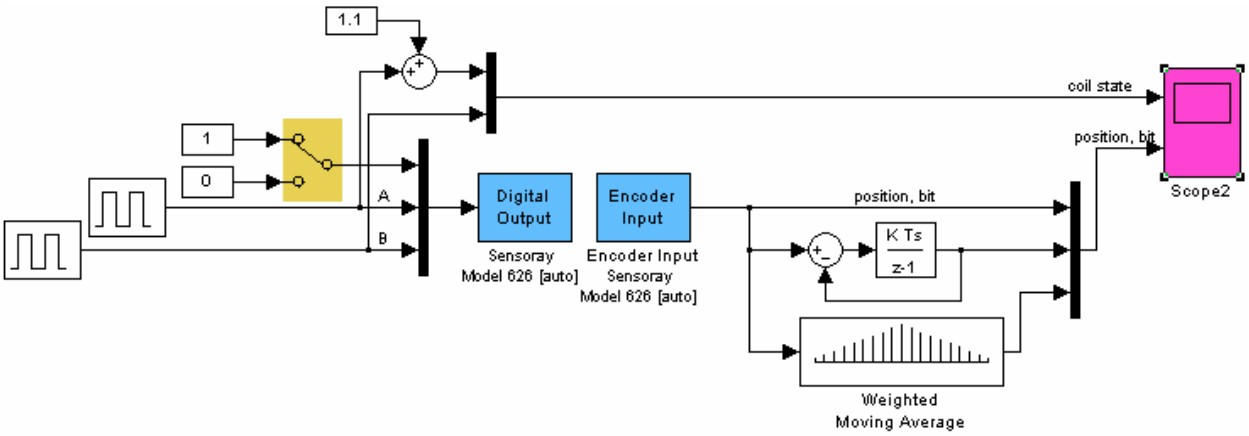


Рис. 18. Зависимость выхода фильтров от времени при ступенчатом входном воздействии.

3. Подключите фильтры к выходу датчика углового перемещения. И снимите переходный процесс.



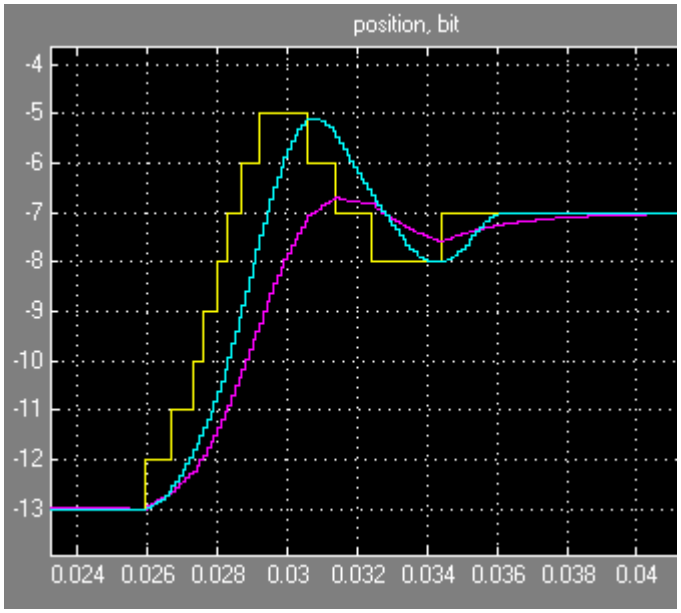
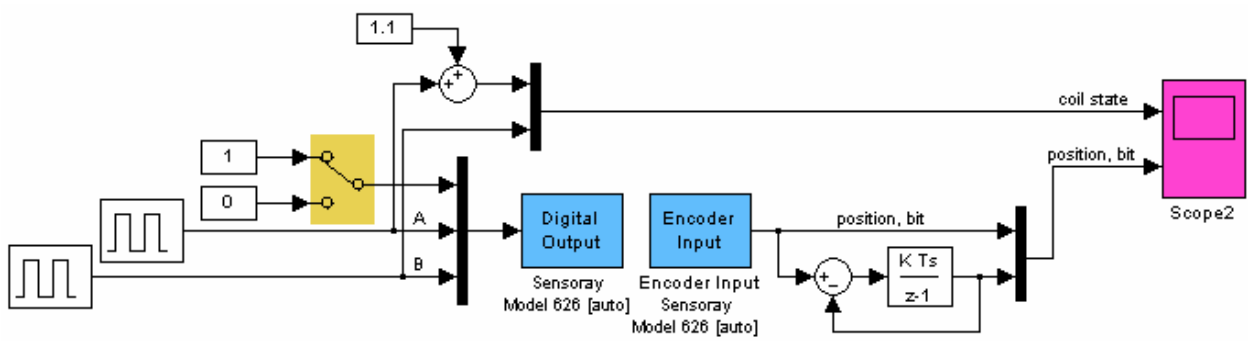


Рис. 19. Фильтрация механических колебаний, возникаемых после перемещения двигателя на один шаг.

4. Для устранения перерегулирования увеличьте постоянную времени НЧ фильтра.



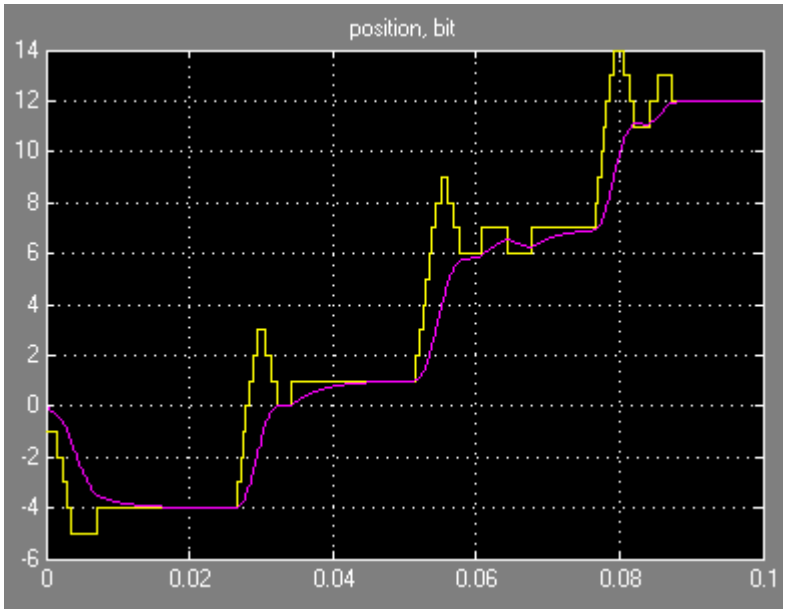


Рис. 20. Фильтрация шумов НЧ фильтром с постоянной времени 4 мсек (1/250).

5. Для увеличения быстродействия восстановите постоянную времени 2 мсек и снимите переходные процессы.

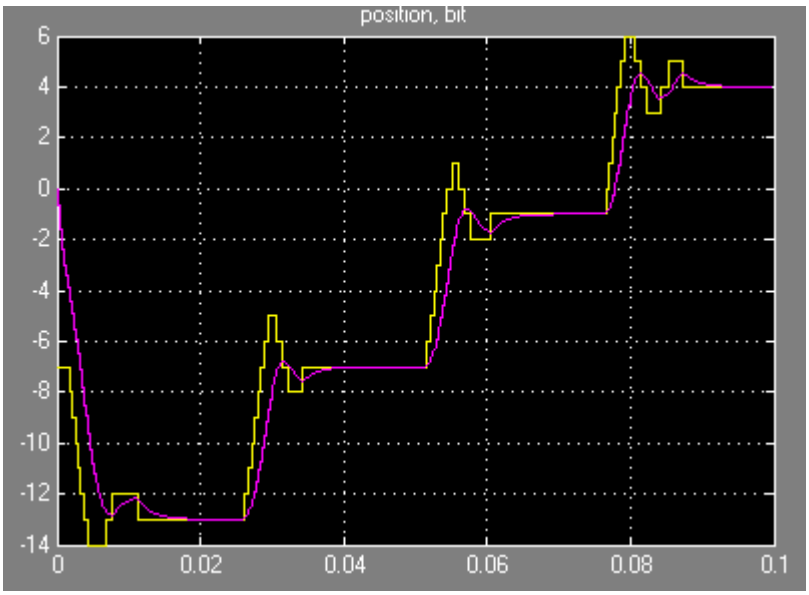


Рис. 21. Фильтрация шумов НЧ фильтром с постоянной времени 2 мсек (1/500).

Задание 4. Измерение нелинейности привода.

1. Постройте зависимость разницы между измеряемым путём и путем, пройденным идеальным приводом.

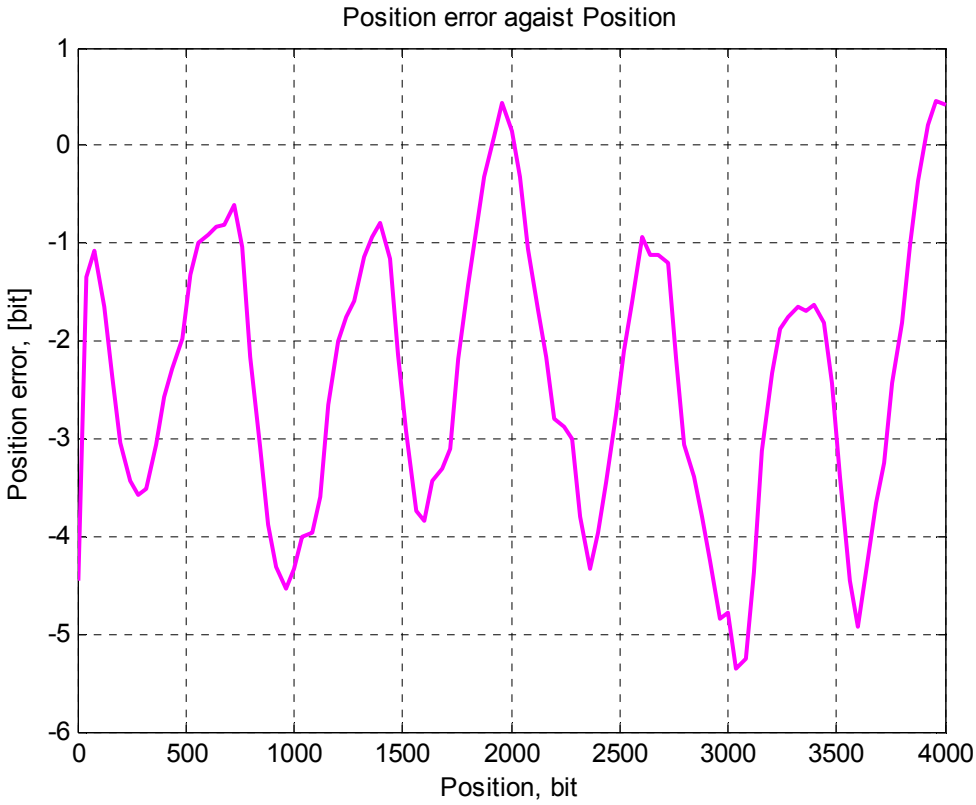
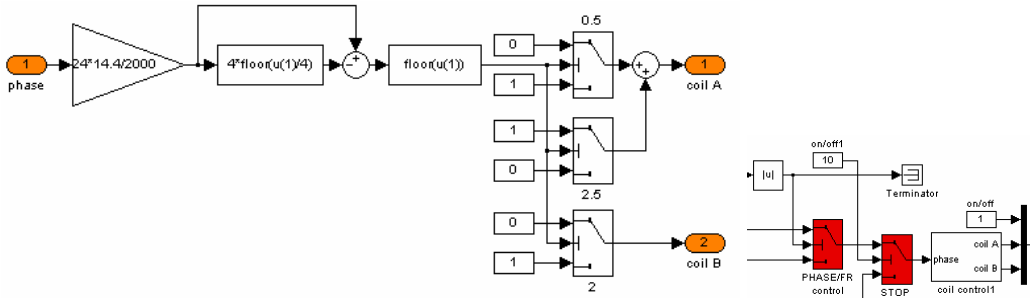


Рис. 22. Ошибка измерения пути угловым датчиком относительно пути определяемого подсчетом идеальных шагов двигателя.

2. Сосчитайте максимальную нелинейность в процентах от шага двигателя. Количество шагов на оборот двигателя: 24. Редуктор 1:14.4. Датчик: 2000 отсчетов на оборот.

Задание 5. Динамика замкнутого привода.

1. Постройте петлю управления шаговым приводам, как показано на Рис. 23 ниже.



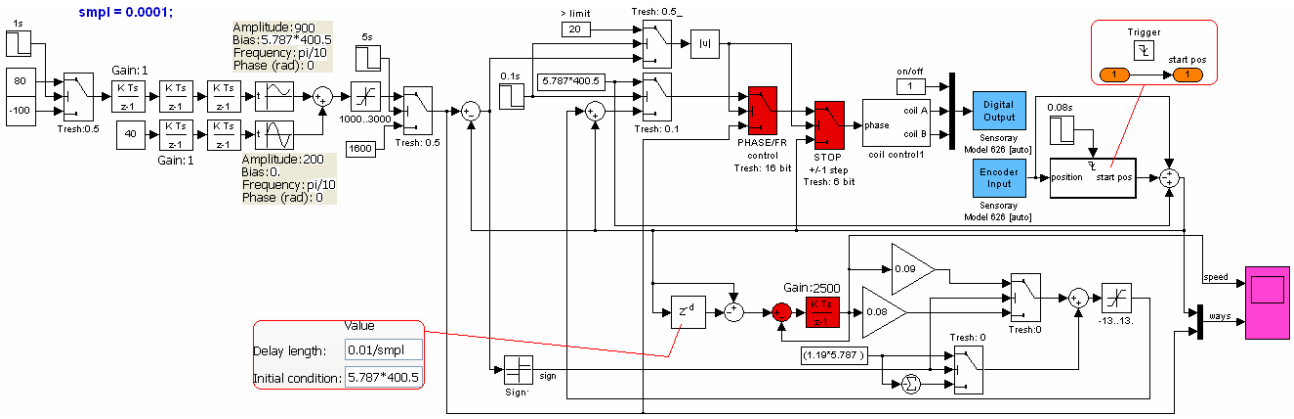


Рис. 23. Петлевое управление перемещением шагового привода. Постоянная времени фильтра ОС: 2 мсек. Система измеряет положения двигателя, чтобы вычислить, какую обмотку необходимо включить для непрерывного перемещения. Если различие между заданной и фактической позицией двигателя увеличивается более чем на 10 бит датчика, номер обмотки (шаг двигателя) вычисляется добавлением фиксированного смещения к текущему положению двигателя. Модель: position_control_3_5_stepper.mdl.

2. Увеличивая частоту изменения заданного положения постройте график движения привода в заданное положение и график изменения скорости привода.

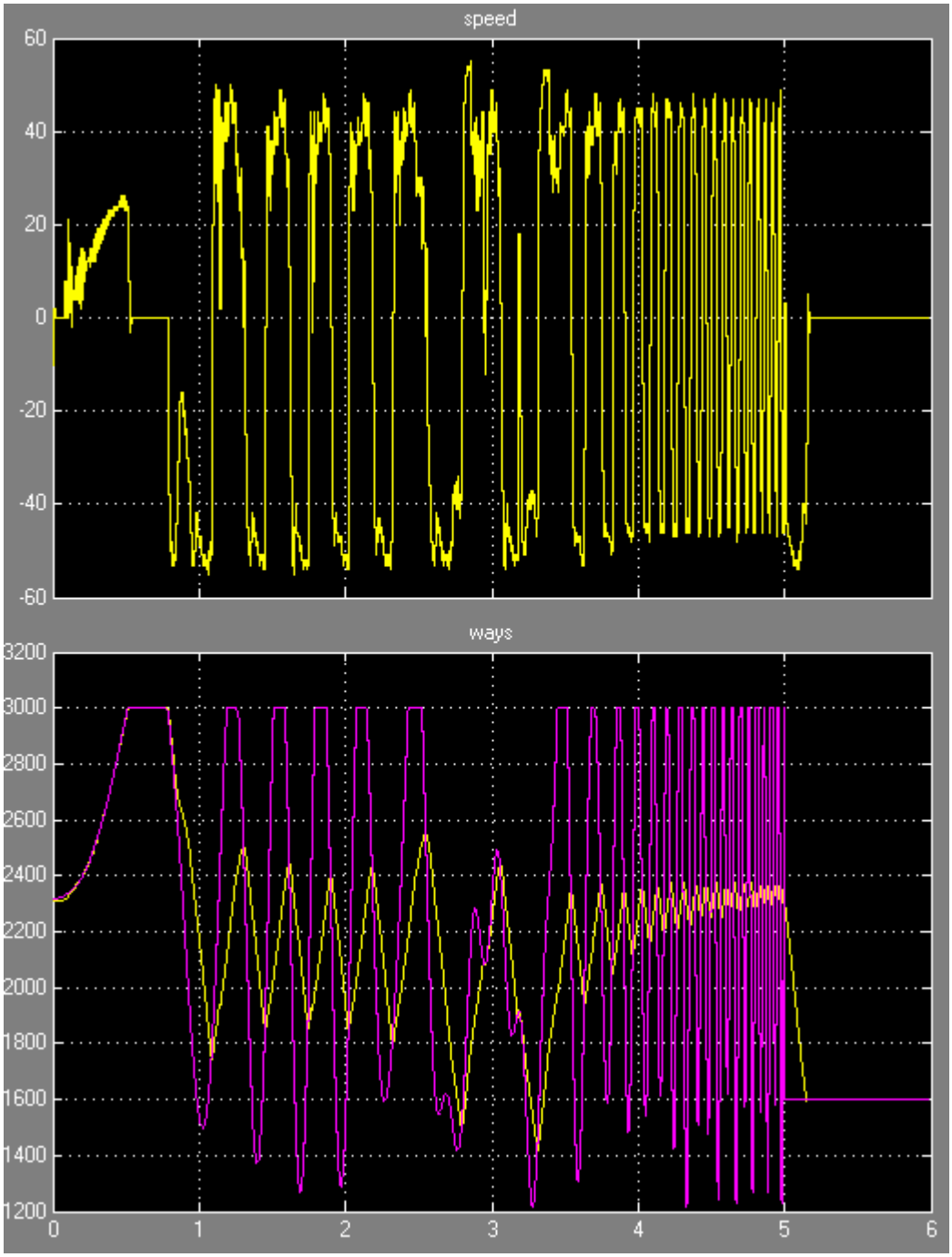


Рис. 24. Пример движения в зоне 1000 .. 3000 bit. Максимальная скорость движения: 5000 шагов в секунду - значительно выше резонансной частоты привода.

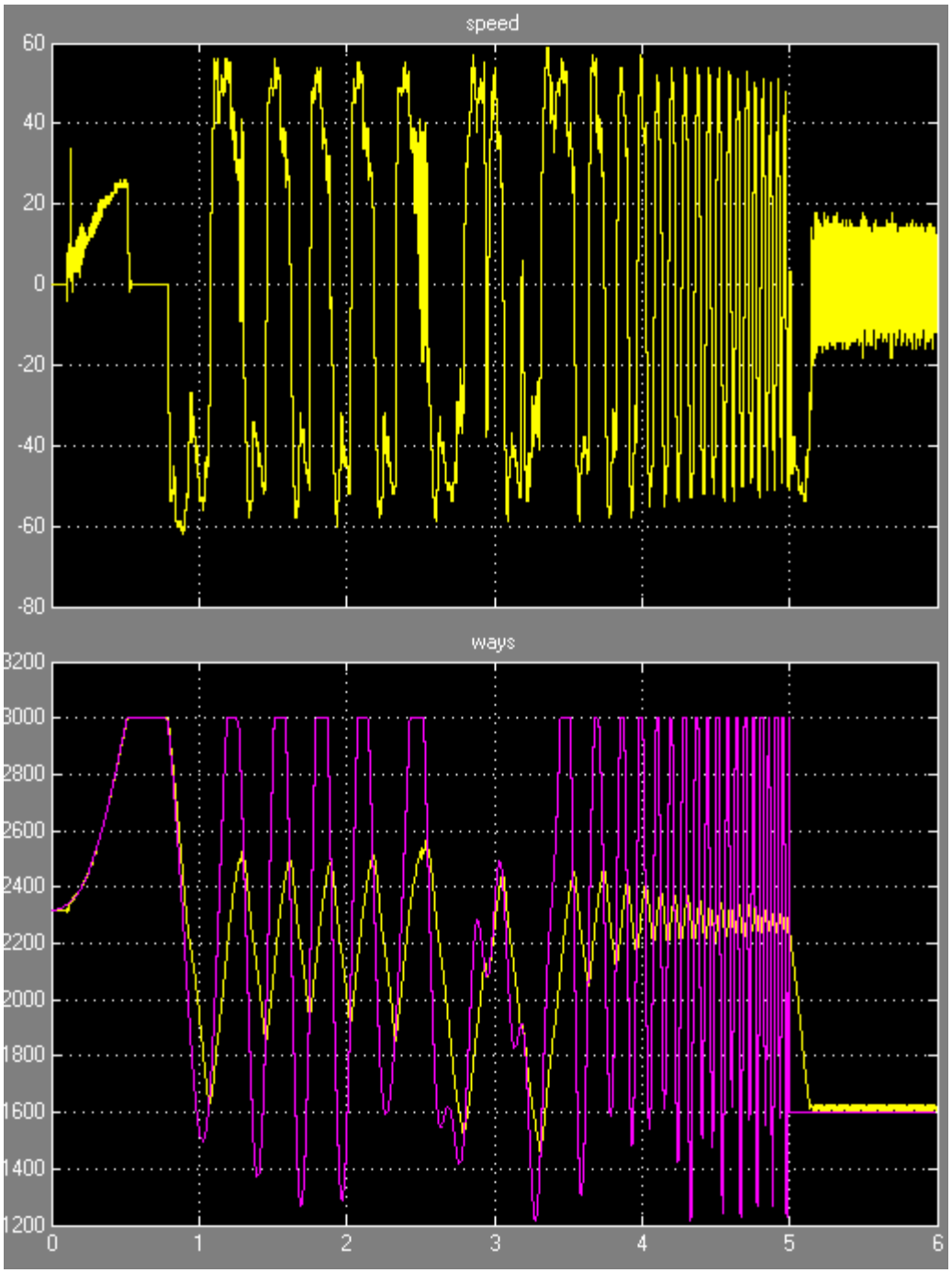


Рис. 25. Пример самовозбуждения привода после движения 5.2 сек.

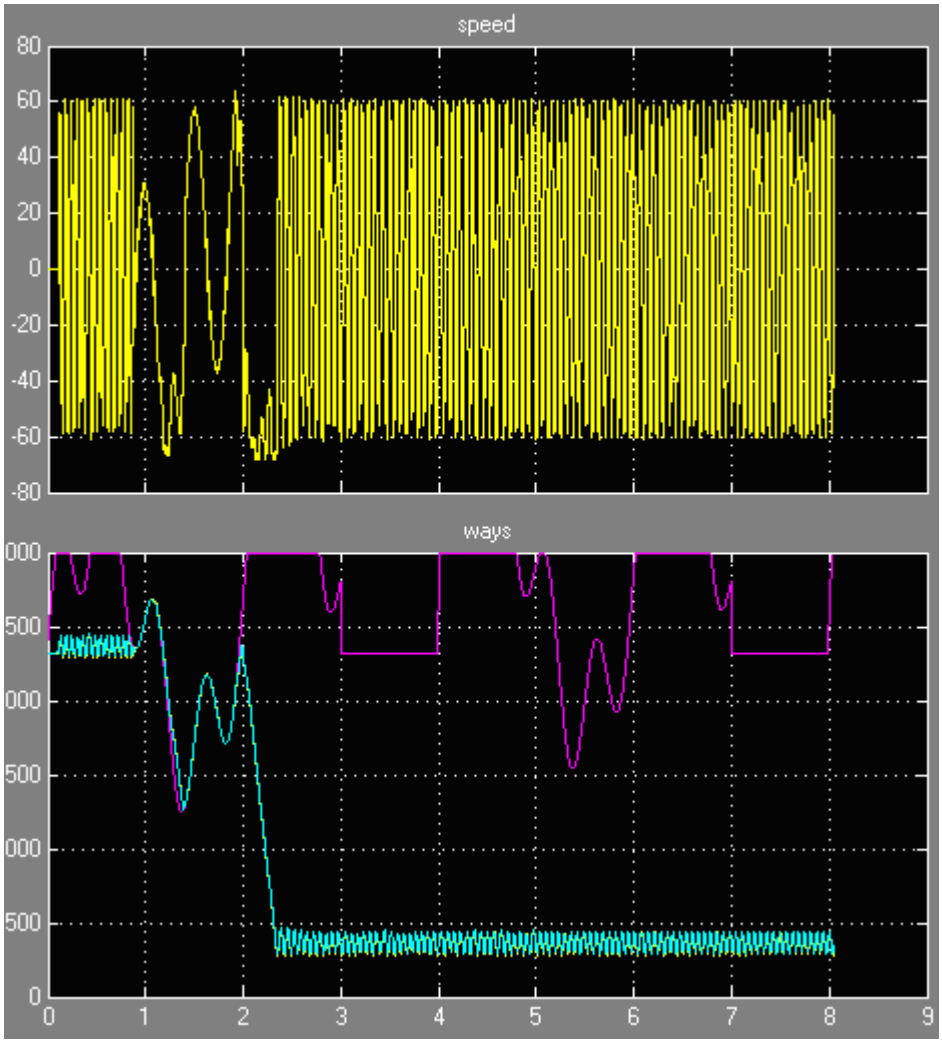
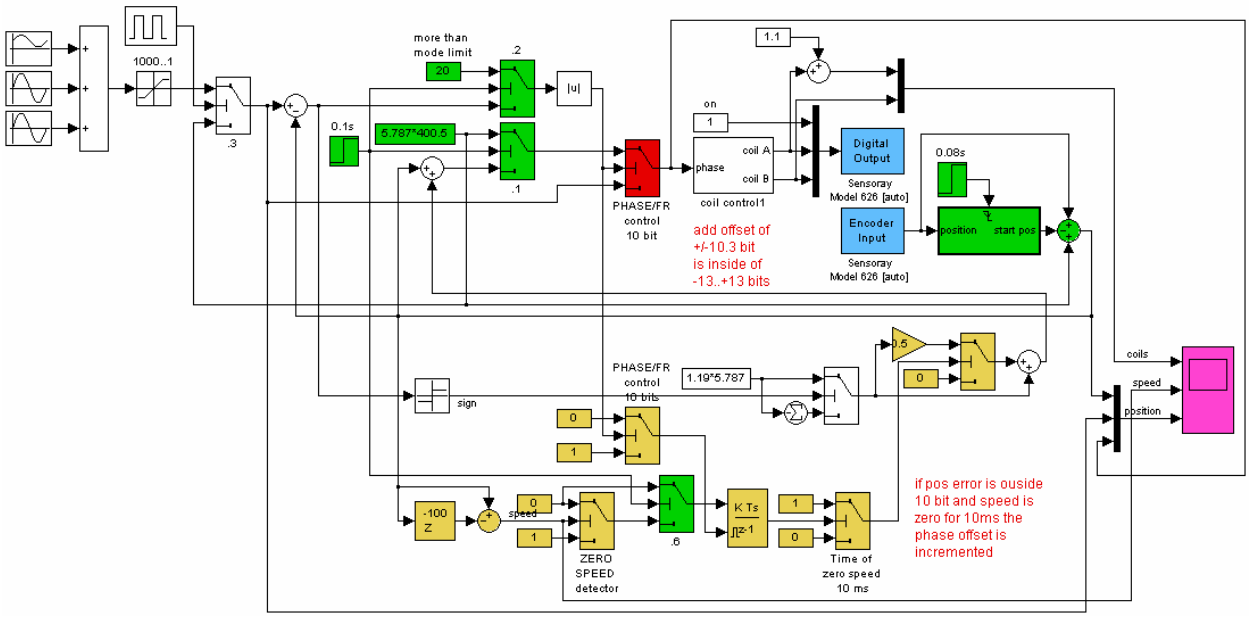


Рис. 26. Пример движения в обратном (неправильном) направлении при увеличении фазы более чем на 10 бит.

3. Иногда мотор останавливается в положении когда фаза недостаточна, чтобы сделать следующий шаг. Доработайте алгоритм, чтобы устранить незапланированные остановки и движение в обратном направлении.



4. В доработанном алгоритме иногда наблюдаются колебания после выхода в заданное положение. Попытайтесь найти причину возбуждения привода.

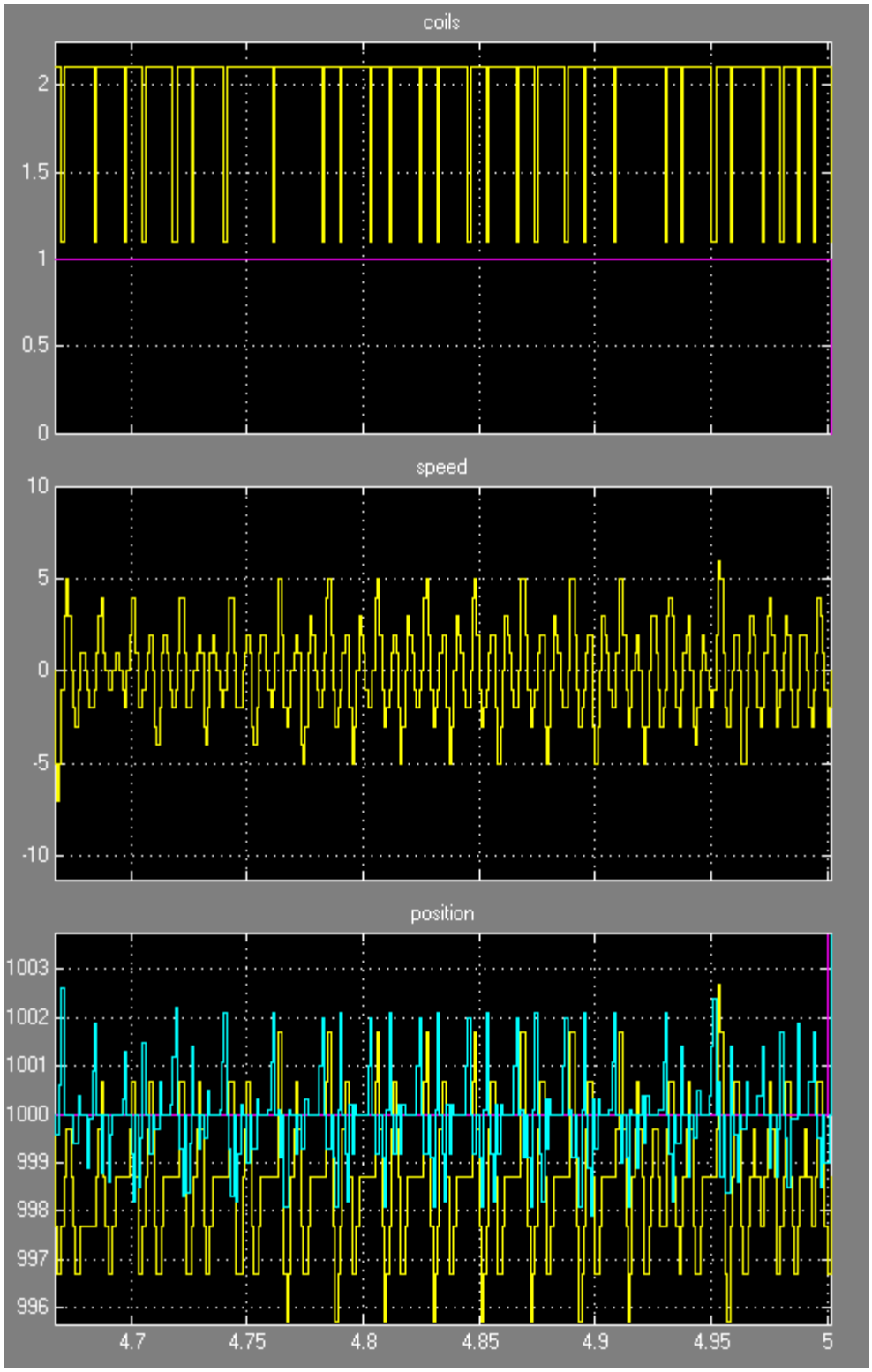


Рис. 27. Пример возбуждения привода (осцилляции) после выхода в заданное положение.

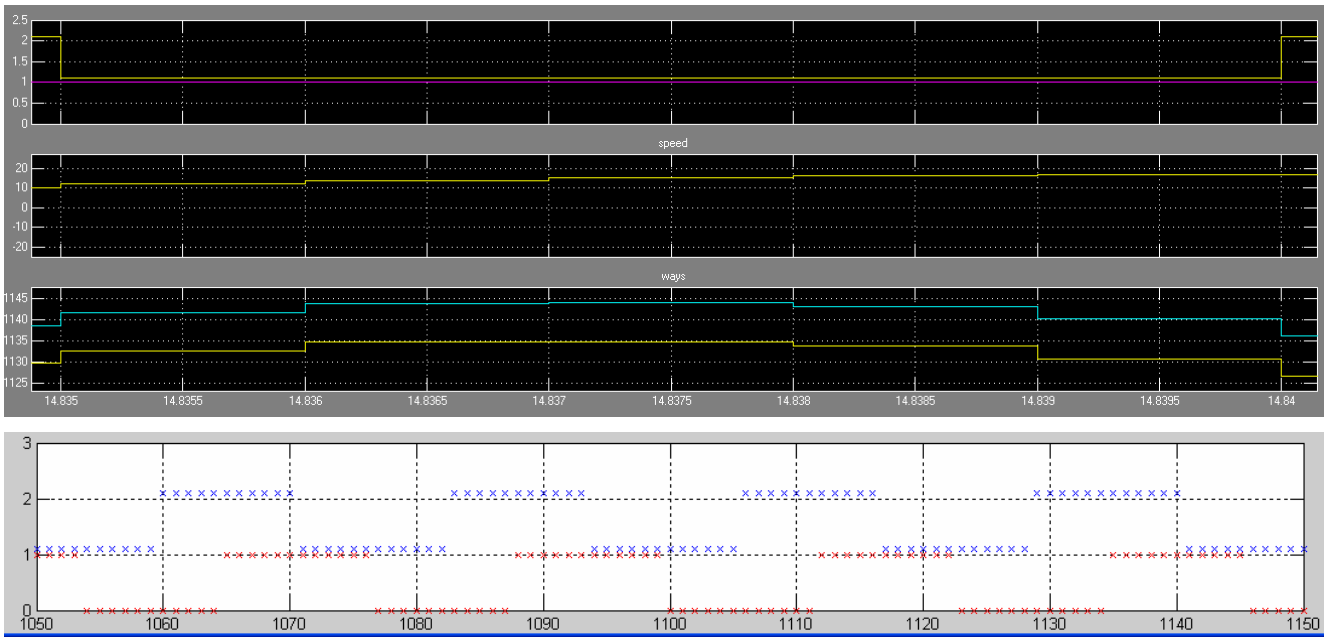
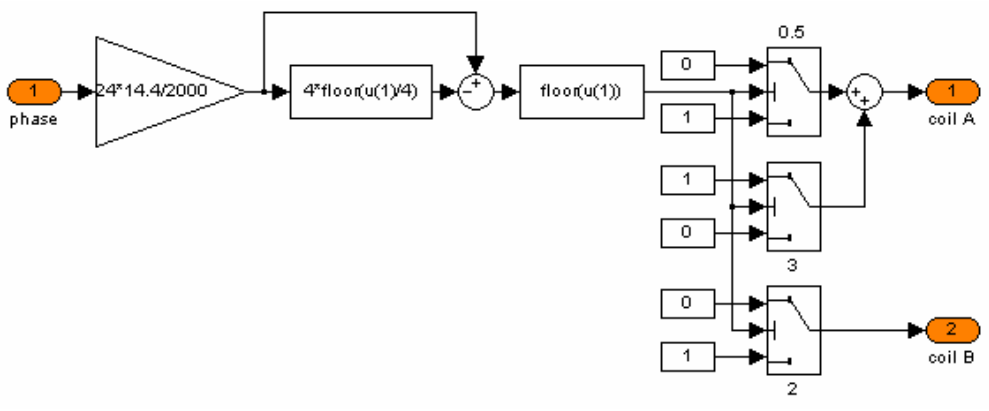


Рис. 28. Пример регистрации смещения выходного вала редуктора с кодовом диском датчика на величину люфта под действием инерции при торможении двигателя.

Задание 6. Характеристики шагового привода с окончательным вариантом алгоритма.

1. С учетом информации, полученной при выполнении предыдущих заданий, постройте окончательный вариант программной части высокоскоростного управления шаговым приводом.



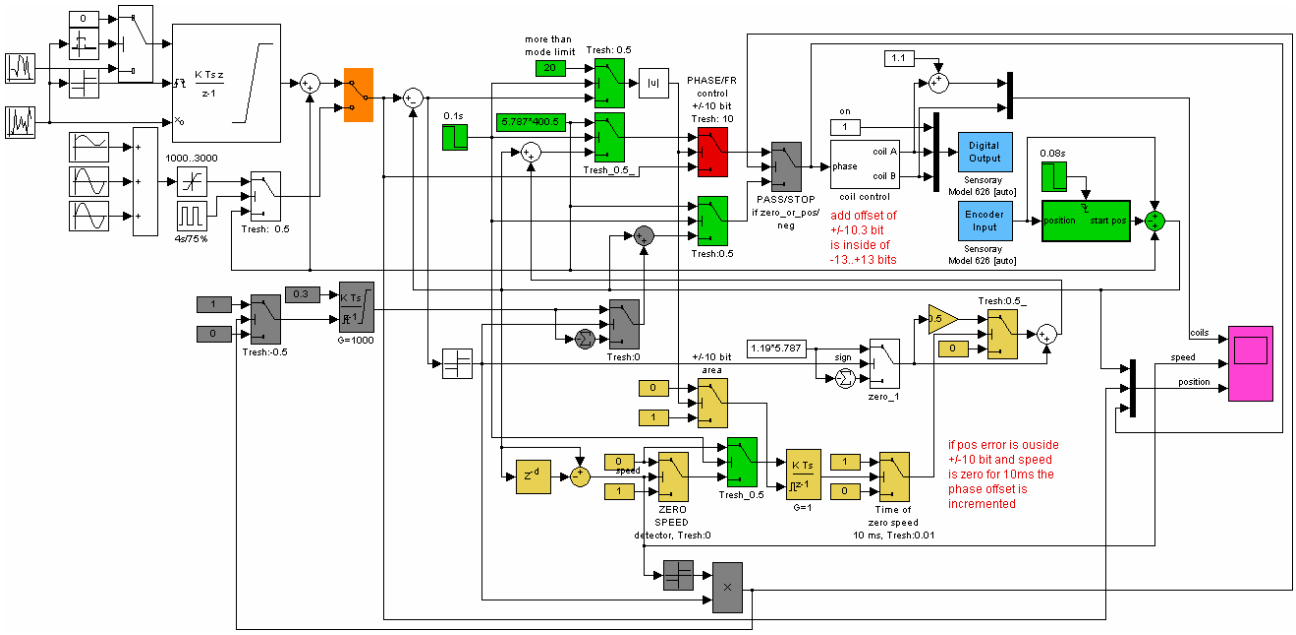
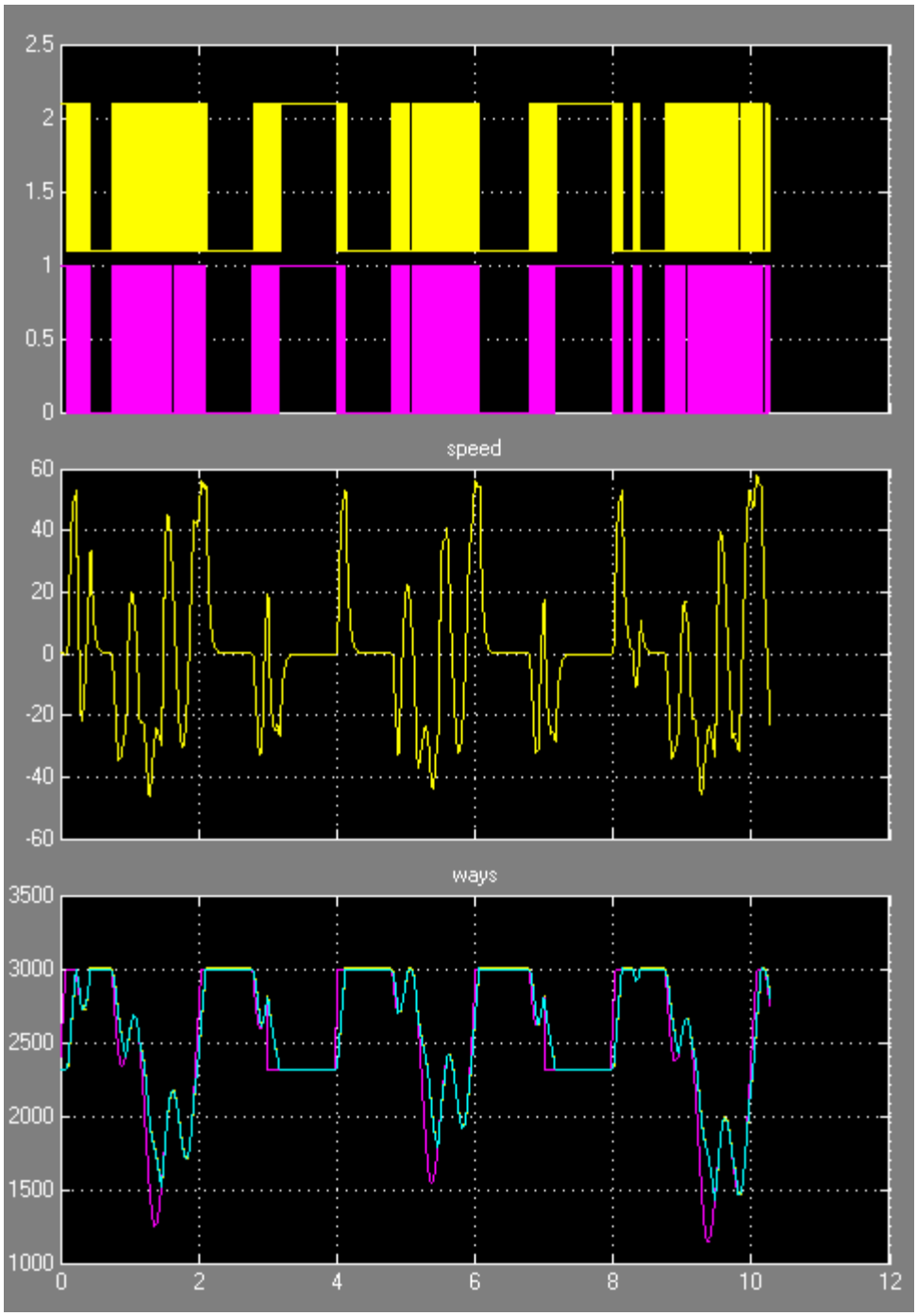
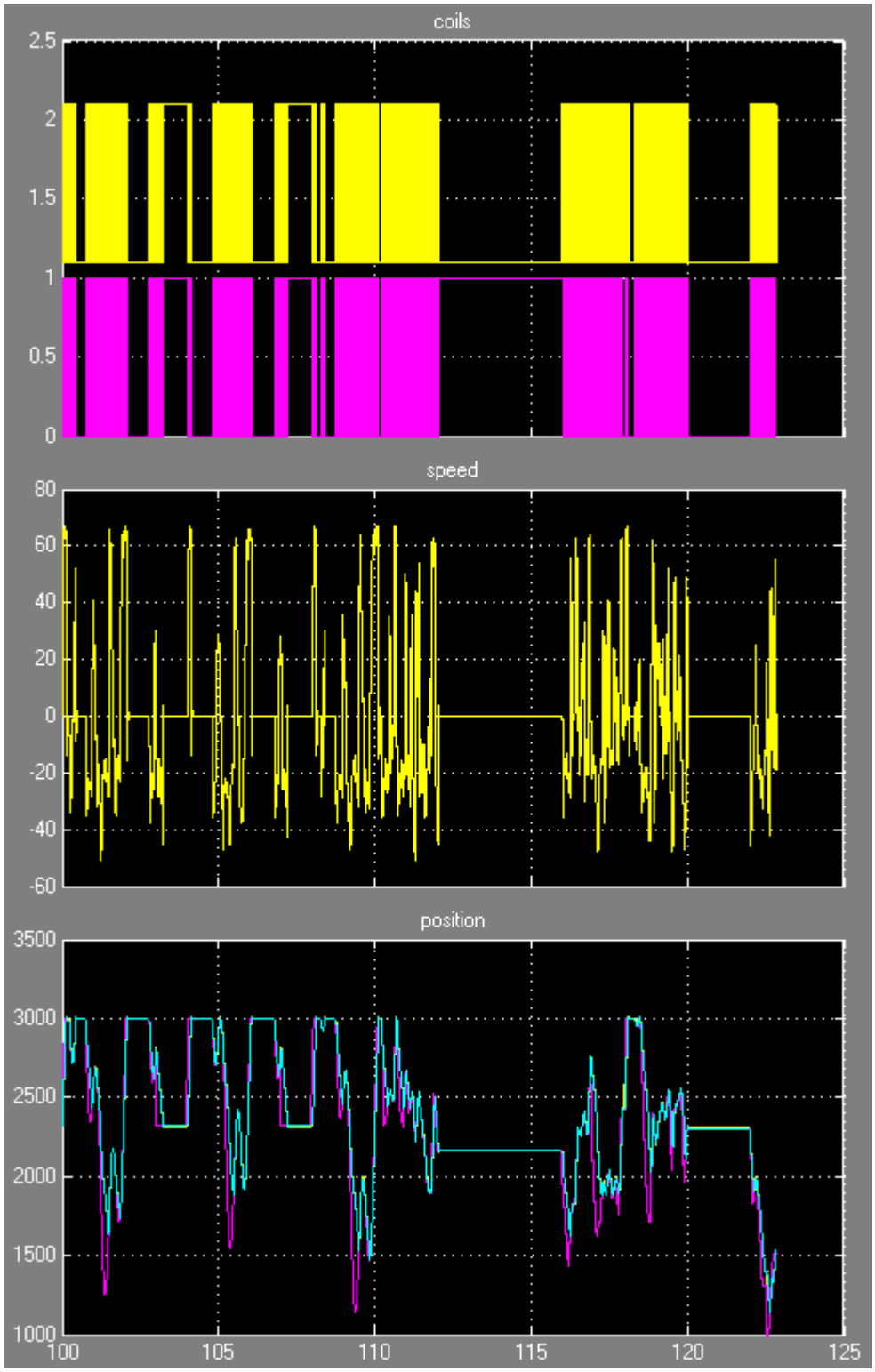


Рис. 29. Пример алгоритма управления приводом. Зеленые блоки обеспечивают инициализацию привода. Белые и красные участвуют в управлении. Двигатель идет к заданной позиции, если абсолютная погрешность между заданным и фактическим положениями меньше 10 бит. При больших ошибках двигатель движется с постоянной максимальной скоростью. Серые блоки защищают систему от случайного движения в противоположном к заданной позиции направлении. Желтые блоки запускают двигатель, если он остановился с погрешностью более 10 бит. Если суммарная ошибка инициализации плюс нелинейность привода плюс люфт меньше 20% от шага двигателя управление двигателя использует только белые и красные блоки.

2. Запишите перемещение привода, его скорость и состояние обмоток для различных последовательностей заданных положений.


2.5
2
1.5
1
0.5
0
speed
60
40
20
0
-20
-40
-60
ways
3500
3000
2500
2000
1500
1000
0
2
4
6
8
10
12


coils
2.5
2
1.5
1
0.5
0
speed
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
position
3500
3000
2500
2000
1500
1000
100
105
110
115
120
125

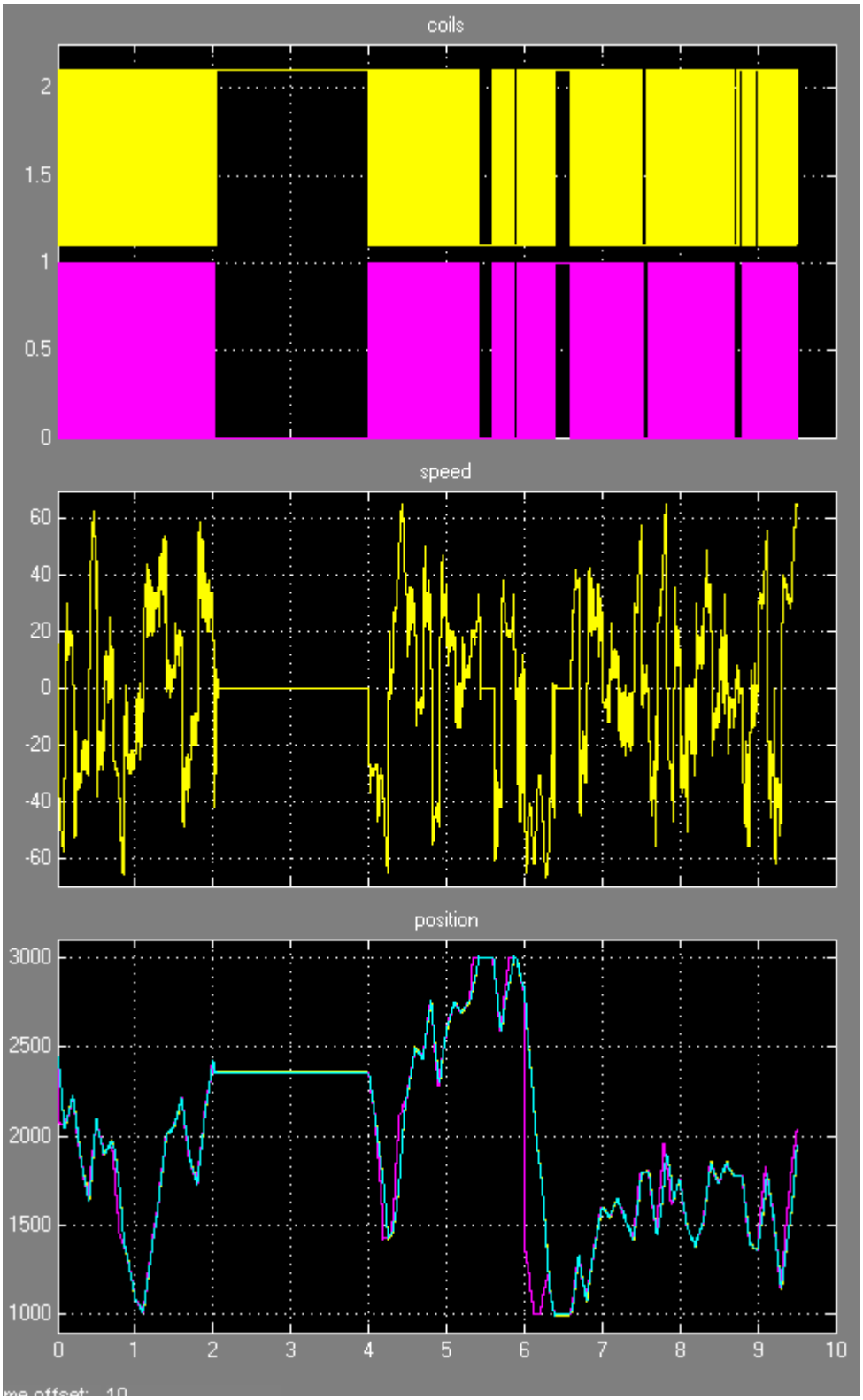


Рис. 30. Характеристики движения высокоскоростного привода.

3. Запишите основные параметры привода, например,

• Статическая точность:	1 шаг
• Динамическая точность:	+/-1 шаг в диапазоне скоростей входного воздействия 0..6500 бит/сек.
• Потери шагов	не наблюдаются

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие преимущества дает разработка систем управления в МатЛАБ?
2. Сравните шаговый привод с фазным управлением с приводом на базе двигателя постоянного тока.
3. Опишите влияние люфта на качество привода с фазным управлением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Help МатЛАБ