

Тема 4. Датчики положения и перемещения

План занятия

1. Основные положения
2. Резистивные датчики положения
3. Электромагнитные датчики положения
 - 3.1. Резольверы
 - 3.2. Индуктосины
4. Фотоэлектрические датчики положения
 - 4.1. Импульсные датчики положения
 - 4.2. Кодовые датчики положения
5. Пример построения системы управления приводами

Функциональная схема электропривода робота

1. Основные понятия и определения

Существует два основных метода определения положения и измерения перемещения.

- Датчик вырабатывает сигнал, который является функцией положения одной из его частей, связанной с подвижным объектом, а изменение этого сигнала характеризует перемещение объекта.
- Перемещение объекта рассматривается как совокупность элементарных перемещений, причем датчик формирует импульс, соответствующий каждому элементарному перемещению. Таким образом, перемещение объекта определяется суммой импульсов датчика.

Датчики первой группы получили название **абсолютных** (или датчиков с абсолютным отсчетом), второй — относительных или датчиков последовательных приращений (**инкрементных**).

Структура системы управления двигателем с датчиками положения

Самые распространенные типы ДПП



2. Резистивные датчики положения

Резистивные датчики положения (РДП) относятся к преобразователям с **абсолютным** отсчетом, так как их функция преобразования монотонна и непрерывна. Датчики этого типа имеют один цикл измерения, благодаря чему кратковременная потеря информации не приводит к накоплению погрешности.

Включение РДП в цепь осуществляется по потенциометрической схеме (со средней точкой или без нее).

Включение РДП по потенциометрической схеме Влияние коэффициента нагрузки на функцию преобразования

Функция преобразования РДП



$$k_H = R_H / R_0, \quad x / x_{\max} = \chi$$

Функция существенно зависит от **коэффициента нагрузки** и изменяется в процессе перемещения подвижного контакта РДП.

3. Электромагнитные датчики положения

Главным элементом электромагнитного датчика положения (ЭДП) является индуктивный ЧЭ с подвижным магнитопроводом (сердечником). Информативным параметром является индуктивность ЧЭ или наведенная в его обмотках ЭДС индукции. В первом случае ЭДП является индуктивным, во втором – индукционным. Исторически индуктивные датчики явились первыми промышленными устройствами для измерения малых перемещений.

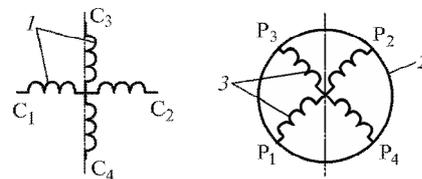
Основные электромагнитные соотношения

Наличие тока в обмотке электрической машины вызывает в общем случае следующие электромагнитные эффекты:

1. ЭДС самоиндукции в активной обмотке (закон Фарадея)
2. ЭДС индукции в пассивной обмотке
3. магнитодвижущую (намагничивающую) силу (формула Гопкинсона)
4. магнитный момент в замкнутом контуре или в системе контуров (например, соленоиде)

Резольвер: функция преобразования и векторная диаграмма

Резольвер — это четырехобмоточная двух- и более полюсная электрическая машина с индукционным взаимодействием роторных и статорных обмоток.



В **многополюсных** резольверах с p парами полюсов за один полный поворот ротора изменение магнитного поля (период изменения выходного сигнала) соответствует пространственному углу $360 \times p^\circ$. Этот принцип получил название **электрической редукции**.

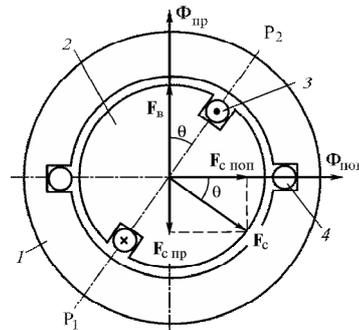
В **синусно-косинусном** резольвере выходные напряжения на синусной и косинусной обмотках определяются выражениями:

где k_{\sin} — коэффициенты трансформации синусной и косинусной обмоток резольвера (равны отношению числа эффективных витков соответствующей роторной обмотки к числу эффективных витков статорной); $U_{\text{взб}}$ — напряжение на обмотке возбуждения, ω — круговая частота тока возбуждения резольвера; $\omega_{\text{взб}}$ — частота тока возбуждения; $2p$ — число пар полюсов резольвера; θ — угол поворота ротора относительно статора.

Текущее значение угла определяют по значениям соответствующих напряжений:



При нагрузке в роторе возникает магнитодвижущая сила, вызванная током синусной обмотки. Направление этой магнитодвижущей силы совпадает с осью **синусной фазы**, ее можно представить в виде суммы двух составляющих (по отношению к потоку возбуждения статора $\Phi_{\text{в}}$): **продольной** и **поперечной**.



При нагрузке в синусной обмотке кроме ЭДС, пропорциональной **синусу** угла поворота θ , индуцируется составляющая, пропорциональная **току** нагрузки и **квадрату косинуса** угла поворота, которая существенно искажает синусный характер функции преобразования:



Существенно, что **величина погрешности** тем больше, чем меньше сопротивление нагрузки. Для обеспечения **линейной** функции преобразования резольверы включают по схеме **фазовращателя**.

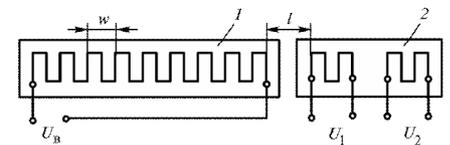
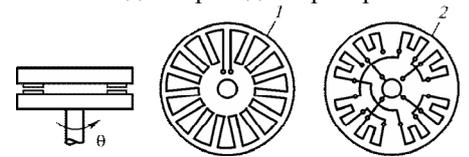
Схемы фазовращателя в режиме с вращающимся магнитным полем (а) и с фазосдвигающим устройством (б)

Индуктосин — это многополюсный резольвер с плоскими печатными обмотками. Каждый проводник ротора соответствует **полюсу**, а совокупность двух **дифференциально** включенных проводников устанавливает угловой или линейный **шаг** w

Функция преобразования индуктосина (в пределах шага) линейна:

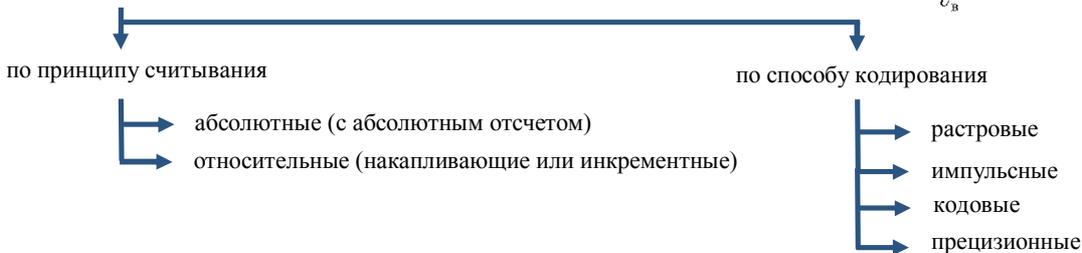
$$\varphi = 2\pi x / w$$

φ – фаза угла, x – перемещение.



4. Оптические датчики положения

Классификация



Накапливающие преобразователи используют датчик и счетную систему, суммирующую отдельные приращения, а также репер (метку), относительно которого эти приращения суммируются. **Абсолютные датчики** не содержат репера, их выполняют либо одношкальными, либо они содержат системы грубого и точного отсчета.

Импульсные оптические датчики положения (ОДП) — инкрементные энкодеры (однофазные и квадратурные) — являются самым распространенным типом ДПП в мехатронных системах. Их назначение — измерять **относительное** линейное и угловое перемещение рабочего органа, а также его скорость.

На выходе датчика формируется **унитарный** код, т. е. последовательность импульсов, число которых пропорционально углу поворота входного вала.

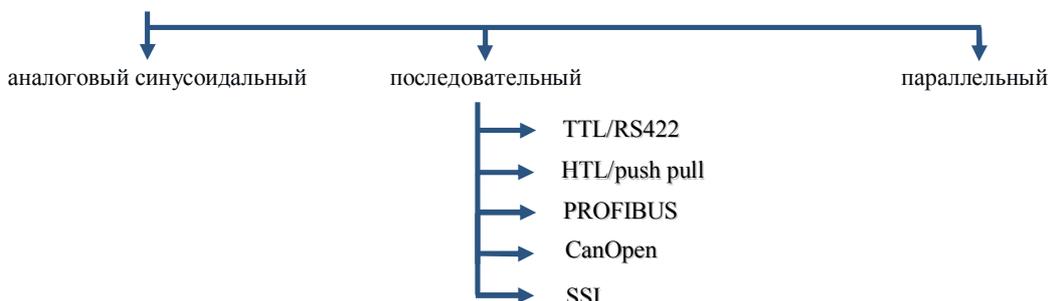
Погрешность Δ измерения угла инкрементных энкодеров определяется количеством штрихов n рабочей дорожки кодирующего диска.



Кодирующая шкала **кодового ОДП** представляет собой стеклянное основание с кодовой маской, выполненной в виде нескольких дорожек с прозрачными и непрозрачными сегментами. Число дорожек, как правило, определяет разрядность выходного двоичного кода.

Существует более десятка промышленных стандартов **интерфейсов ДПП**. Выпускаемые датчики чаще всего имеют аналоговый выходной сигнал, а также используют различные последовательные каналы передачи данных.

Интерфейсы датчиков

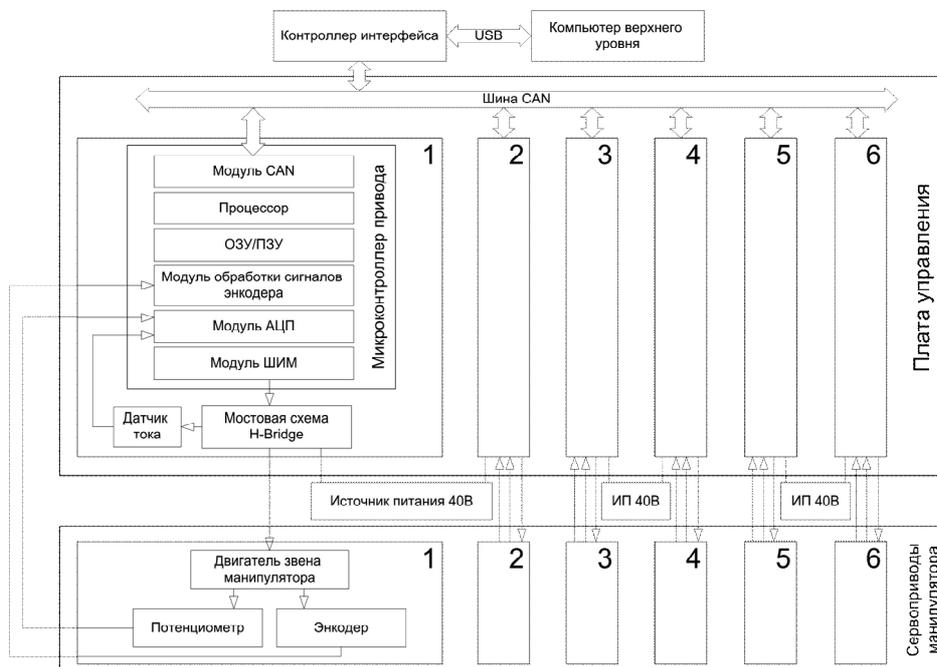


5. Пример построения системы управления приводами манипулятора

5.1. Постановка задачи

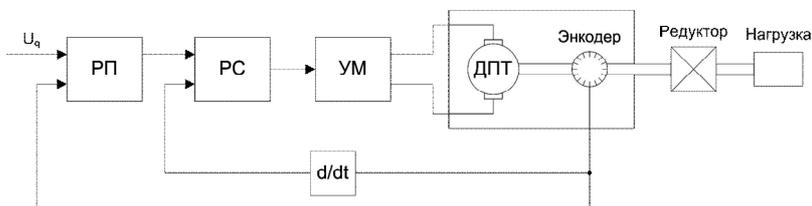


5.2. Разработка структуры системы управления

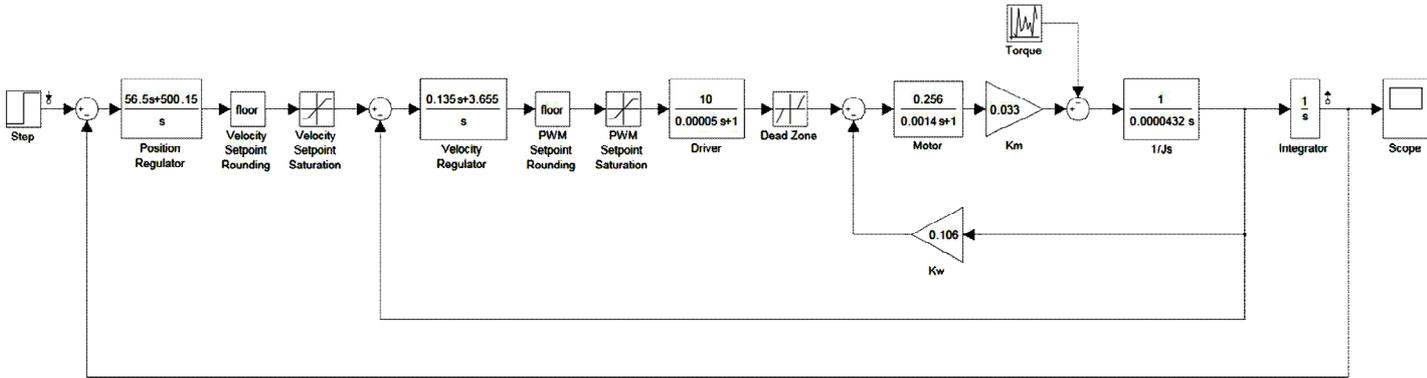


5.3. Разработка модели привода

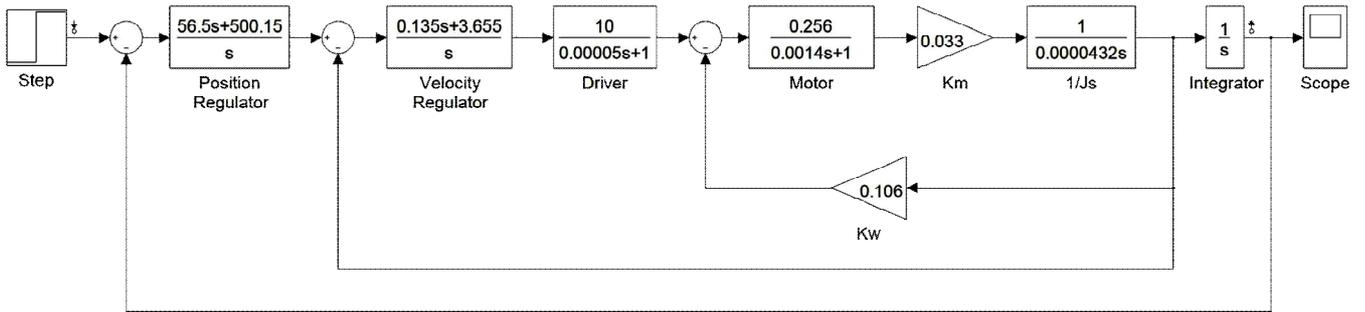
- Структурная схема привода



- **Нелинейная модель привода**

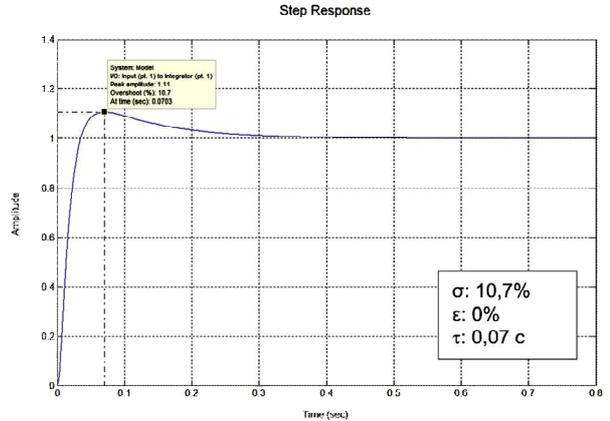
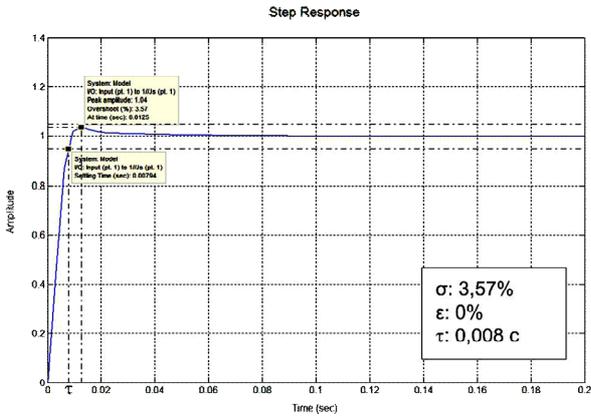


- **Линеаризованная модель в средеMatLab**

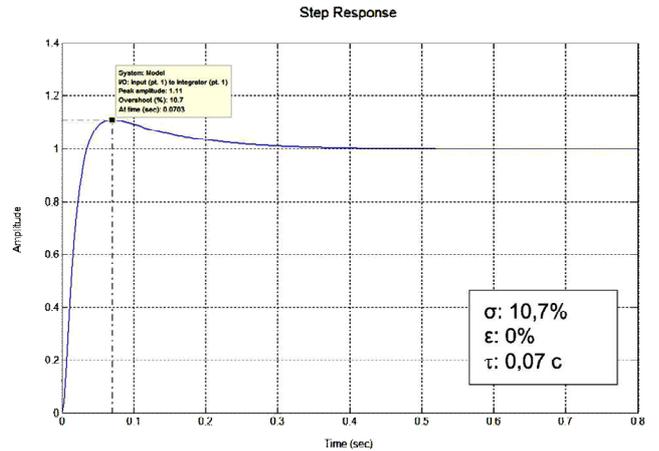
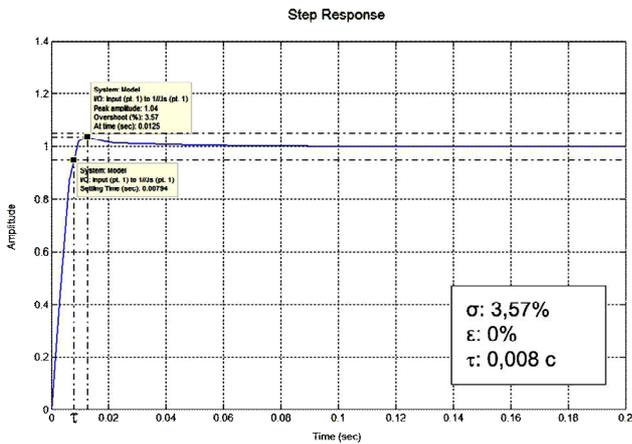


5.4. Исследование модели привода

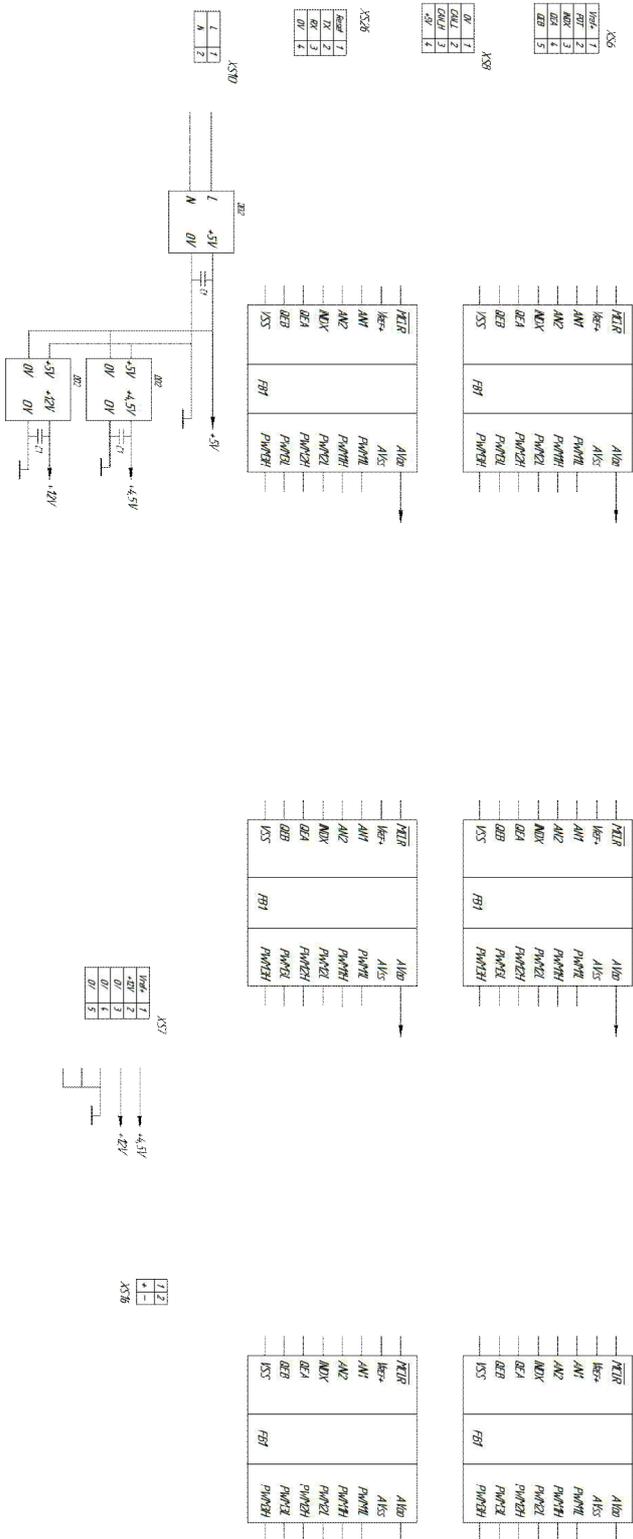
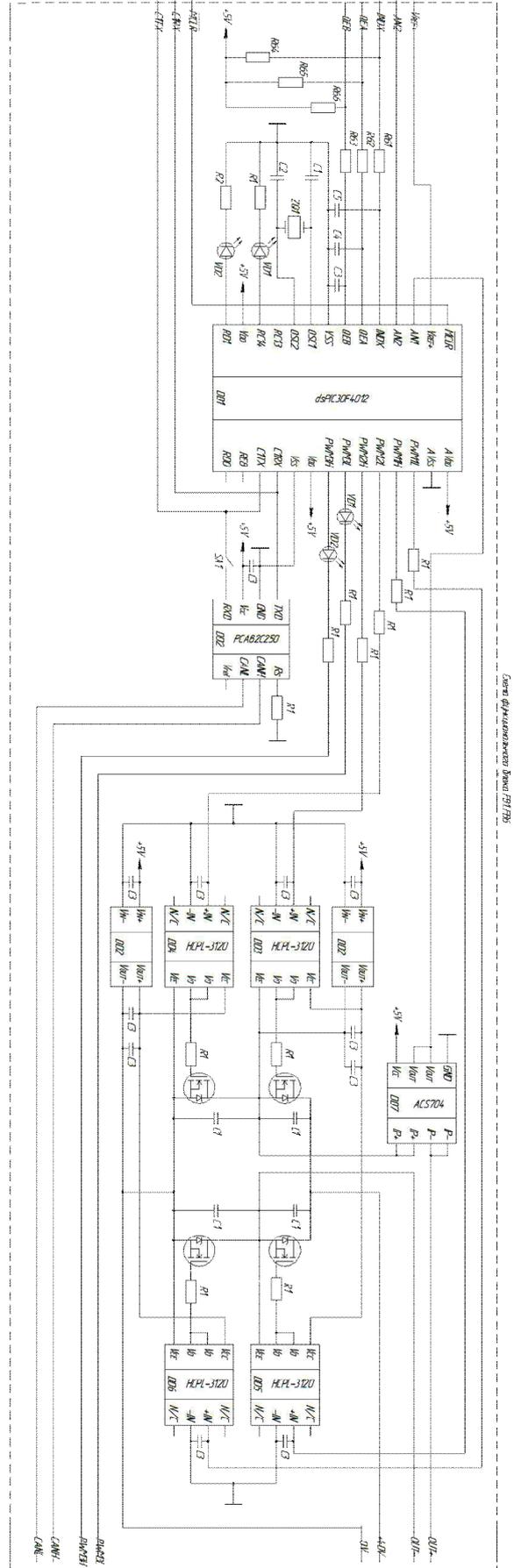
- **ЛАЧХ контура скорости и положения**



- **Переходные функции контура скорости и положения**



5.5. Реализация схемы системы управления приводами



КС5

Исх. 1	1
Исх. 2	2
Исх. 3	3
Исх. 4	4
Исх. 5	5

КС9

Исх. 1	1
Исх. 2	2
Исх. 3	3
Исх. 4	4

КС8

Исх. 1	1
Исх. 2	2
Исх. 3	3
Исх. 4	4

КС7

Исх. 1	1
Исх. 2	2
Исх. 3	3
Исх. 4	4

КС3

Исх. 1	1
Исх. 2	2
Исх. 3	3
Исх. 4	4
Исх. 5	5

КС6

Исх. 1	1
Исх. 2	2