

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электромеханика
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Разработка электронного блока управления
электромеханическим усилителем руля с вентильно-индукторным
двигателем»

Студент(ка)

А.С. Фомин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Ермаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается электронный блок управления электроусилителем руля на базе вентильно-индукторного двигателя.

Система реализована на процессоре Intel D87C196MH20 и высокоскоростных силовых MOSFET транзисторах. Для определения момента коммутации используются оптические датчики положения ротора.

Система осуществляет регулирование по сигналу обратной связи – току в фазе двигателя.

В выпускной квалификационной работе разработана структурная и рассчитана принципиальная схема, составлен подробный алгоритм работы.

Область применения готового изделия – легковые автомобили семейства ВАЗ.

Расчетно-пояснительная записка содержит 51 страницы и 6 листов формата А1 графического материала.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1 Электроусилитель рулевого управления на основе вентильно-индукторного двигателя | 7 |
| 2 Разработка структурной схемы электроусилителя | 14 |
| 3 Разработка принципиальной схемы электронного блока | 19 |
| 3.1 Описание микроконтроллера | 19 |
| 3.2 Разработка схемы датчика скорости | 25 |
| 3.3 Разработка схемы датчика положения ротора | 26 |
| 3.4 Разработка схемы датчика момента | 27 |
| 3.5 Разработка схемы блока выходных ключей | 27 |
| 3.6 Разработка схемы усилителя сигнала | 29 |
| 3.7 Разработка схемы блока сопряжения | 29 |
| 3.8 Разработка схемы стабилизатора напряжения | 30 |
| 4 Расчёт электрической принципиальной схемы электронного блока | 32 |
| 4.1 Расчёт входных фильтров | 32 |
| 4.2 Расчёт элементов датчика положения ротора | 33 |
| 4.3 Расчёт схемы блока выходных ключей | 35 |
| 4.4 Расчёт схемы усилителя сигнала | 37 |
| 4.5 Расчёт схемы блока сопряжения | 37 |
| 4.6 Расчёт схемы стабилизатор напряжения | 38 |
| 5 Алгоритм работы системы | 40 |
| 5.1 Обеспечение пожарной безопасности | 46 |
| Заключение | 48 |
| Список использованных источников | 49 |

Введение

В настоящее время на легковых и грузовых автомобилях применяются усилители рулевого управления трех типов — гидравлические, электрогидравлические и чисто электрические. Причем первые — с каждым годом все меньше. И не без оснований. Во-первых, гидронасос данного усилителя жестко связан с двигателем автомобиля и, следовательно, на малых частотах вращения коленчатого вала его производительность бывает недостаточной, на больших — наоборот, избыточной. Это означает, что, например, при парковке, когда руль нужно поворачивать на большие углы, чувствительность управления оказывается слишком низкой, а на больших скоростях движения — излишне большой. Чтобы избежать того и другого, приходится встраивать в систему дополнительные автоматические устройства, т. е. усложнять и удорожать ее. Во-вторых, на привод насоса тратится до 4—5 % мощности двигателя, что увеличивает расход топлива. Наконец, в-третьих, насос и обслуживающие его следящее устройство, трубопроводы и исполнительный механизм — конструкция громоздкая и сложная, многие детали и узлы которой требуют прецизионной обработки и сборки, что, несомненно, не только удорожает всю систему, но и делает недостаточно надежной.

В электрогидравлических усилителях привод гидронасоса электрический, причем нередко — с электронным блоком управления, что позволяет менять производительность насоса (значит, и чувствительность рулевого управления) по любой, в том числе в зависимости от скорости движения транспортного средства и угла поворота рулевого колеса, программе. Другими словами, электропривод избавляет рулевое управление от одного из главных недостатков, присущего управлению с гидроусилителем. Однако наиболее перспективным считается, и тоже не без причин, электрический усилитель. Он экономичнее и гидравлического, и электрогидравлического, так как энергия потребляется только при переключке

руля и, кроме того, берется не непосредственно от двигателя, а от аккумуляторной батареи и электрогенератора.[5]

Применение электроэнергии в усилителях расширяет диапазон оптимизации характеристик рулевого управления транспортного средства с позиции управляемости и устойчивости передвижения, и эргономики. Электроусилители с использованием компактных высокооборотных регулируемых электродвигателей постоянного тока имеют высокое быстродействие и обеспечивают усилителю точное следящее действие. Также они отличаются большой экономичностью, так как потребление энергии происходит лишь при включении усилителя; малым уровнем шума, высокими демпфирующими характеристиками и быстродействием, легкостью обеспечения переменного реактивного воздействия, зависящего от скорости движения, и других факторов. Электроусилитель руля, как правило, устанавливаются двумя способами. В первом случае электродвигатель и редуктор находятся на рулевой колонке, полный момент выходит уже с вала рулевого колеса. Во втором случае редуктор монтируется на саму рейку. Это способ установки делает рулевую колонку мобильной и не перегружает связанные с ней детали.

Главным изъяном электроусилителя в отличие от гидроусилителя является перегрев. Нагруженный режим работы, к примеру, продолжительное передвижение по сырой грунтовой дороге приводит к тому, что электродвигатель усилителя перегревается. Для того чтобы электродвигатель не вышел из строя, ЭБУ задаёт ограничение на максимальный ток. Это приводит к тому, что электроусилитель работает в ограниченном режиме или полностью отключается. Чтобы возобновить работоспособность усилителя приходится останавливать движение автомобиля на некоторое время, с целью остывания обмоток электродвигателя. Электрические усилители легко сочетаются с электронными системами.

Кроме того, электроусилитель имеет следующие преимущества перед обычным гидроусилителем:

1. Технологичность установки – электроусилитель монтируется одним узлом в автомобиль, не затрагивая моторный отсек;
2. Время установки – менее 2 часов;
3. Надежность – отсутствие компонентов присутствующих в гидроусилителях (патрубки, насос, жидкости);
4. Экологичность;
5. Экономичность – отсутствие дополнительного расхода топлива, так как электроусилитель работает только при вращении рулем и в основном во время передвижения на низких оборотах;
6. Информативность – электроусилитель увеличивает усилие на рулевом колесе при росте скорости движения транспортного средства;
7. Цена – электроусилитель гораздо дешевле, чем гидроусилитель.

1 Электроусилитель рулевого управления на основе вентильно – индукторного двигателя

Электроусилитель не требует применения гидронасоса, шлангов, рабочей жидкости, а также шкивов ременного привода на двигателе. Фактически усилитель полностью независим от двигателя и может полностью работать от аккумулятора.

Электроусилитель использует информацию от электронного датчика скорости автомобиля и датчиков момента на рулевом колесе. Эти и другие сигналы передаются в электронный модуль, который анализирует поступившую информацию и в соответствии с алгоритмом управления определяет направление поворота и необходимую величину крутящего момента усилителя. Блок управления формирует соответствующую команду исполнительному электродвигателю с регулируемой частотой вращения вала, который связан с механизмом рулевого управления. В результате получается адаптивная система, которая постоянно обеспечивает оптимальное значение параметров усилителя в зависимости от скорости и условий движения.

Электроусилитель удовлетворяет самым различным требованиям, предъявляемым к рулевому управлению автомобиля. Если в системе нарушается электроснабжение, автоматически предусматривается возможность механического управления водителем. В традиционных системах рулевого управления после поворота и последующего освобождения рулевого колеса водитель обычно должен приложить усилие, способствующее возвращению рулевого колеса в среднее положение. При использовании электроусилителя система автоматически возвращает рулевое колесо в среднее положение с помощью электромотора, обеспечивая при этом необходимое демпфирование, предотвращающее излишний поворот рулевого колеса.

Кроме улучшения топливной экономичности применение электроусилителя повышает безопасность движения и экологичность в сравнении с гидроусилителями.

Важнейшим узлом электроусилителя является электродвигатель, служащий для создания механического момента. Именно от него зависят основные характеристики всего устройства.

Весьма долгое время машины постоянного тока с коллектором имели лучшие показатели преобразования энергии, регулировочные свойства и были предпочтительными в электроусилителях. Желание исключить щеточно-коллекторный аппарат привело к возникновению синхронных машин с постоянными магнитами на роторе. Коммутация фаз статорной обмотки производится электронными ключами в зависимости от положения ротора. В настоящее время такая вентильная машина, в случае использования магнитов из редкоземельных сплавов, имеет лучшие удельные энергетические показатели, но имеет значительную стоимость и сложную технологию производства.

Вентильно-индукторные двигатели (ВИД) с каждым годом получает всё большую популярность и широкое распространение. Они отличаются от других машин наличием зубцов на статоре и роторе, причем число зубцов ротора не равно числу зубцов статора; отсутствием какой-либо обмотки на роторе при выполнении обмотки статора в виде последовательно соединенных катушек, расположенных на диаметрально противоположных зубцах статора; несинусоидальными током и потоком.

К достоинствам ВИД перед их аналогами – машинами постоянного тока, синхронными и асинхронными двигателями относятся:

- высокая технологичность и как следствие малая трудозатратность изготовления двигателя (простое устройство магнитной системы, отсутствие щеточно-коллекторного аппарата, короткозамкнутого ротора, постоянных магнитов, автоматическая намотка катушек);

- использование доступных материалов (дорогие редкоземельные магниты не применяются, экономия до тридцати процентов материалов для активных частей машины);
- небольшая себестоимость двигателя — установлено, что такой двигатель может стоить вдвое меньше самого дешевого асинхронного двигателя;
- более надёжная и простая конструкция коммутатора чем у частотных преобразователей для асинхронных электродвигателей;
- высокая функциональность — ВИД имеет широкий диапазон регулирования частоты в высоких или низких режимах вращения (в низкочастотном режиме присутствуют большие моменты);
- высокие энергетические показатели, не уступающие близким аналогам;
- сам привод имеет высокую надёжность;
- Экологичность производства (отсутствует токсичная процедура пропитки статора, пропитываются только обмотки) и утилизации (свободно отделяются и сортируются железные и медные компоненты двигателя, вредные в переработке магниты не используются).

Несмотря на простую конструкцию, которая является основным достоинством ВИД, необходимо «интеллектуальное» управление её работой для достижения высоких технических характеристик [6].

Наиболее часто реализуются конфигурации вентильно-индукторных двигателей с 6 зубцами статора ($N_{ст}$) и 4 зубцами ротора (N_p) или 8 зубцами статора и 6 зубцами ротора. На рисунке 1.1 приведена типичная конструкция вращающегося ВИД (типа «6/4»). Число фаз обмотки m как правило равно $N_{ст}/2$, при этом две катушки одной фазы располагаются на диаметрально противоположных зубцах. Последовательная перекоммутация фаз приводит к возникновению реактивного момента между зубцами возбужденной обмотки статора и самыми близкими к ней зубцами ротора. Вследствие этого ротор перемещается в согласованное положение (совпадение осей зубцов статора и

ротора). Из-за разности количества зубцов статора и ротора, одна фаза согласованна с положением ротора, а следующая фаза находится в рассогласованном положении и подготовлена к включению.

Поочередная коммутация фаз обеспечивает непрерывное формирование вращающего момента, и как следствие непрерывное вращение. При простейшем способе коммутации фаз, в любой момент времени включенной оказывается только одна фаза. Усложнение закона коммутации за счет участков одновременного протекания токов в нескольких фазах позволяет устранить пульсации момента и увеличить среднее значение момента.

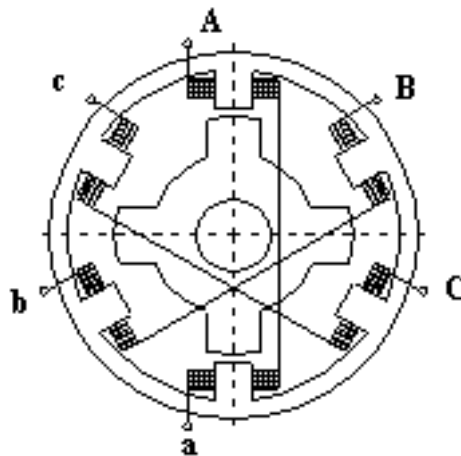


Рисунок 1.1 - Расположение фазных обмоток ВД типа “6/4”

В любой электрической машине момент обусловлен производной от магнитной энергии W_M по углу смещения ротора α :

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{dW_M}{d\alpha} \quad (1.1)$$

В общем случае для простейшей машины

$$W_M = \frac{1}{2} i_1^2 L_1 \pm i_1 i_2 M_{12}, \quad (1.2)$$

где i_1 и i_2 – токи статорной и роторной обмоток;

M_{12} – коэффициент взаимной индукции между ними.

При отсутствии обмотки на роторе момент может быть создан только за счет составляющей $\frac{1}{2}i_1^2 L_1$, если параметр L_1 изменяется при повороте ротора. Второе условие создания момента на валу двигателя состоит в том, чтобы изменение энергии на восходящем участке параметра L_1 было больше, чем на нисходящем. В идеальном случае ток i_1 должен быть отключен на нисходящем участке.

В обычных режимах работы ВИД включение каждой обмотки происходит до начала перекрытия соответствующих зубцов статора и ротора при минимальной проводимости воздушного зазора между ними. Выбор момента начала отключения фазного тока имеет очень большое значение в цикле коммутации ВИД, поскольку это наряду с моментом включения в значительной степени определяет эффективность преобразования энергии в нем.

При рассмотрении коммутационных процессов в ВИД в расчет принимается только магнитная проводимость воздушного зазора $\lambda(\Theta)$, которая в функции взаимного углового сдвига зубцов статора и ротора Θ в первом приближении может быть аппроксимирована ломаной линией, как показано на рис.1.6. Реальная кривая $\lambda(\Theta)$ не имеет изломов и изменяется относительно плавно. Минимальное значение проводимости λ_{\min} соответствует рассогласованному положению зубцов, когда зубец ротора совпадает с пазом статора. Максимальное значение проводимости λ_{\max} соответствует согласованному положению зубцов, когда зубец статора находится против зубцов ротора. Углы Θ_1 и Θ_2 соответствуют началу и полному перекрытию зубцов соответственно.

Для включения обмотки на нее подается положительный импульс напряжения U до начала перекрытия зубцов Θ_1 при некотором угле $\Theta_{\text{вкл}}$ и проводимости λ_{\min} . Интервал перемещения $\gamma_{\text{вкл}} = (\Theta_{\text{вкл}} - \Theta_1)$ определяет этап включения фазы. При угле Θ_1 начинается рабочий этап цикла коммутации, который длится до момента отключения фазы при угле $\Theta_{\text{ком}}$, когда к ней

прикладывается импульс напряжения противоположной полярности. С этого момента начинается этап отключения фазы.[10]

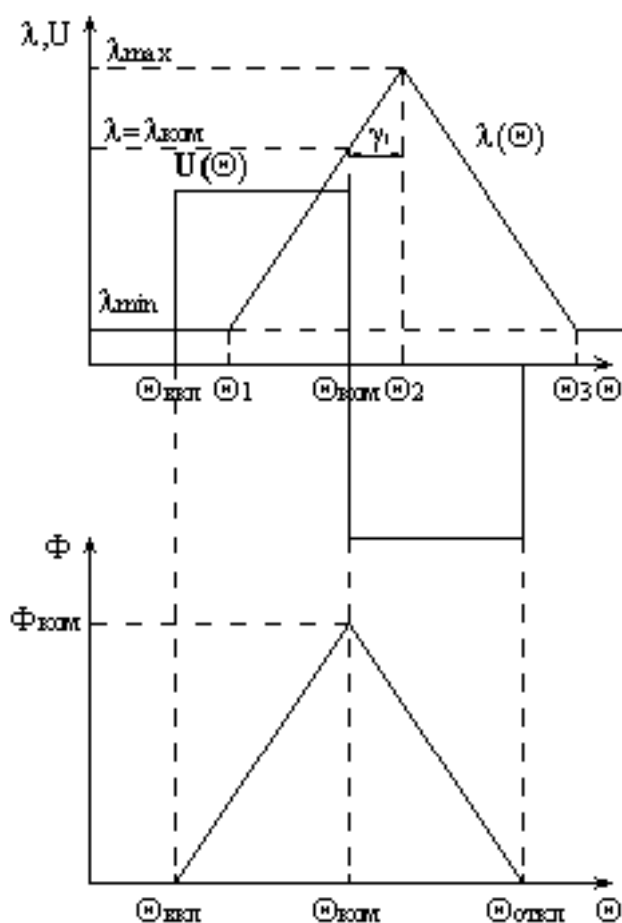


Рисунок 1.2 - Изменение напряжения на фазе, проводимости воздушного зазора и магнитного потока между зубцами статора и ротора

Команда на отключение фазы обязательно подаётся до того, как зубцы статора и ротора займут согласованное положение. Если начало торможения происходит не своевременно, то ток в данной фазе не успевает значительно уменьшиться до перехода двигателя в зону торможения и в последней стадии коммутационного цикла формируется существенный тормозной момент. Преждевременная коммутация приводит к уменьшению движущего момента, но содействует большему снижению тока когда двигатель входит в зону торможения и, в последствие, к уменьшению тормозного момента. При определённых параметрах коммутации средний за цикл момент достигает

наибольшего значения. Из этого следует, что одним из самых важных этапов разработки алгоритма управления приводом является нахождение оптимальных условий отключения [7].

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка электронного блока управления электромеханическим усилителем руля с вентильно-индукторным двигателем.

Для достижения поставленной цели были решены задачи:

— проведён анализ разработок блока управления электромеханическим усилителем руля с двигателем постоянного тока и вентильно-индукторным двигателем.

— на основе анализа ВИД был выбран двигатель

Напряжение питания номинальное 12 Вольт

Частота вращения номинальная 2200 об/мин.

Номинальный момент не менее 1,5 Нм

Ток максимальный 40 А

— была разработана структурная и электрическая принципиальная схемы блока управления на основе мощной однокристалльной ЭВМ.

— был проведён расчёт электрической принципиальной схемы блока управления.

— разработан алгоритм работы системы

2 Разработка структурной схемы электронного блока

При создании структурной схемы учитывается два варианта компоновки электроусилителя руля:

- двигатель, установленный в разрез рулевого вала без редуктора и расцепителя;
- двигатель с редуктором и расцепителем, установленных рядом с рулевым валом.

Первый вариант имеет следующие достоинства:

- простота и надёжность механической части электроусилителя;
- отсутствие механического расцепителя;

Недостатки:

- использование схемы без редуктора означает применение высокомоментного двигателя, подразумевающего большие рабочие токи, что не приемлемо при работе двигателя внутреннего сгорания на холостом ходу;
- использование более сложного датчика положения ротора электродвигателя, так как нужно однозначно и точно определить положение ротора при подаче на блок управления питания;
- большие масса - габаритные параметры электродвигателя по сравнению с редукторной компоновкой.

В связи с вышесказанным однозначно принимается к проектированию редукторная компоновка электроусилителя руля.

Структурная схема САУ представлена на рисунок 2.1.

Система состоит из нескольких основных частей:

- электропривод;
- система датчиков;
- блок выходных ключей;
- усилитель сигнала расцепителя;
- усилитель сигнала ошибки;

- блок сопряжения;
- электронный блок управления;
- стабилизатор напряжения.

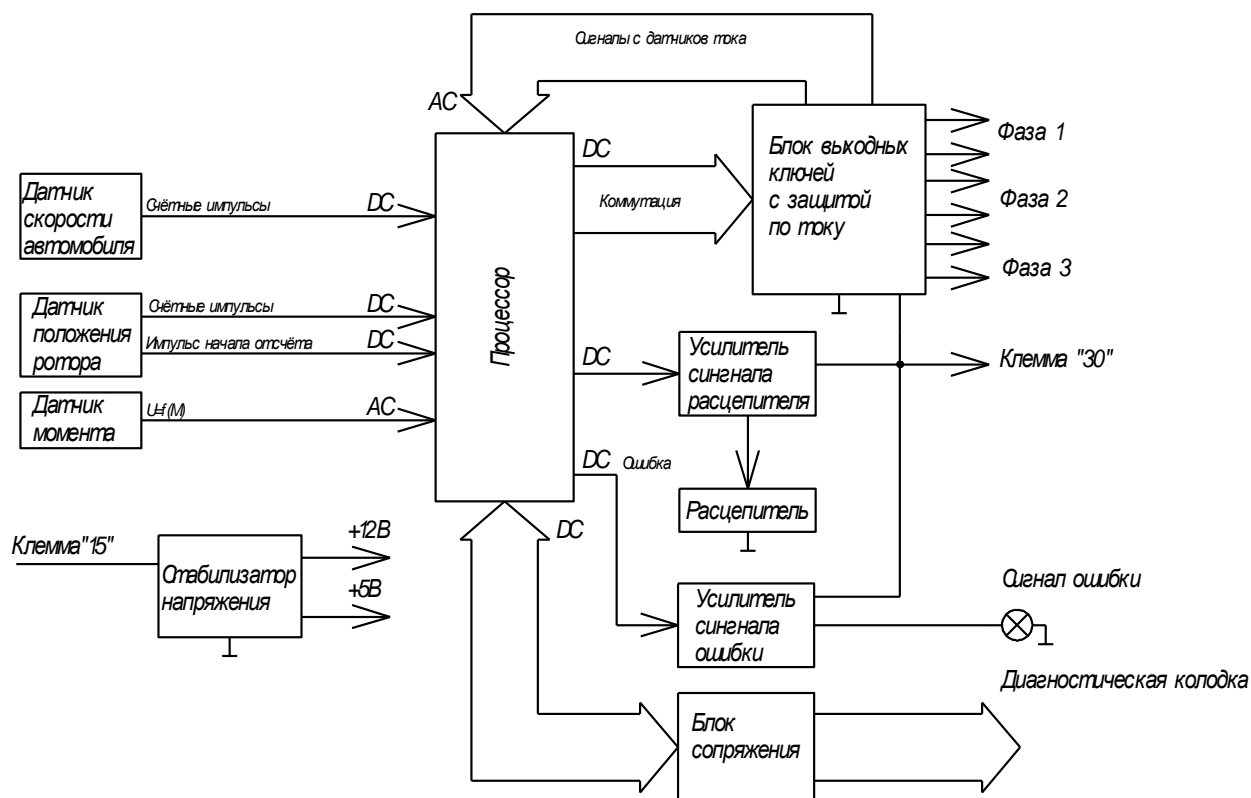


Рисунок 2.1 - Структурная схема

Электропривод предназначен для создания компенсирующего момента на рулевом валу, в соответствии с сигналами электронного блока управления.

В состав электропривода входят:

- электродвигатель вентильно-индукторного типа;
- электромеханический расцепитель, предназначенный для механического отключения двигателя от рулевого вала;
- редуктор, предназначенный для увеличения крутящего момента на выходе электроусилителя.

Система датчиков включает в себя:

1. Датчик момента, предназначенный для преобразования момента приложенного водителем к рулевому валу в электрический сигнал постоянного тока. Датчик состоит из:

- торсионного вала;
- индукционной катушки;
- блока управления.

Катушка состоит из двухсекционной первичной и вторичной обмотки, причём направление намотки секции первичной обмотки одинаковое (согласное включение), а вторичной взаимно противоположное (встречное включение). При смещении якоря изменяется взаимоиндукция обмоток и соответственно изменяется амплитуда выходного напряжения датчика. Максимальный момент, передаваемый валом не более +10 Нм. Максимальный угол скручивания, соответствующий максимально допустимому моменту, передаваемый торсионным валом не более +3,50. Выходное напряжение, информирующее о величине момента, изменяется линейно в зависимости от приложенного момента. Нулевой момент на руле соответствует напряжению +2,5 В. Моменту 9 Нм на рулевом валу соответствует напряжение +4,5 В, при направлении приложенного момента по часовой стрелке, и +0,5 В, при направлении приложенного момента против часовой стрелки. (см. рисунок 2.2) В датчике предусмотрен механизм ограничения угла поворота торсионного вала более +3,50.

Датчик устанавливается в составе редуктора электромеханического усилителя рулевого управления.[18]

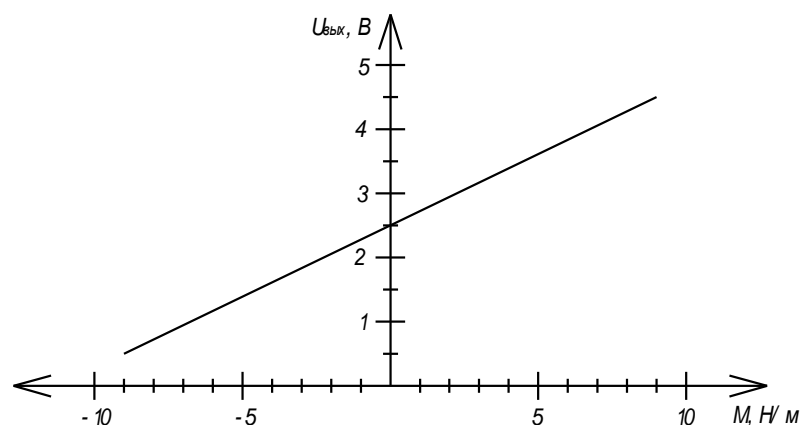


Рисунок 2.2 - Зависимость выходного напряжения датчика от момента

2. Датчик скорости автомобиля, который служит для параметрического изменения величины компенсирующего момента и задания диапазона работы системы усилителя. Используется стандартный датчик скорости автомобиля 2110(на основе эффекта Холла) - 3843010, который устанавливается в соответствии с имеющейся на него документацией и ТУ 4228-001-00225331-95.

3. Датчик положения ротора, предназначенный для определения момента коммутации фаз двигателя. Датчик представляет собой две оптопары, с задатчиком в виде диска с отверстиями. Первая оптопара выдаёт импульсы коммутации в зависимости от углового положения ротора, вторая выдаёт сигнал начала отсчёта, соответствующий согласованному положению ротора и фазы 1 двигателя.

Блок выходных ключей предназначен для параметрической коммутации фаз двигателя в зависимости от тока в каждой фазе. В блоке используются мощные управляемые ключи – MOSFET транзисторы.

Усилитель сигнала ошибки предназначен для коммутации расцепителя по сигналам с электронного блока управления.

Усилитель ошибки сигнала ошибки предназначен для коммутации сигнальной лампы по сигналам с электронного блока управления.

Блок сопряжения отвечает за преобразование сигналов с устройств TTL-логики в сигналы шины RS-232, по которой к электронному блоку может быть подключено специальное диагностическое оборудование.

Электронный блок управления (контроллер) предназначен для :

- преобразования сигналов от датчиков системы электромеханического усилителя в управляющий сигнал для электропривода;
- преобразования управляющего сигнала в ток электрического двигателя;
- диагностирования изделий и элементов системы;
- формирования сигнала отказа системы;
- формирование сигнала управления расцепителем;
- организации стабилизированных источников питания;
- защиты электродвигателя от перегрузки;
- задания временных интервалов для нормального функционирования электропривода.

В качестве индикатора отказа системы используется сигнальная лампа с соответствующей символикой, которая вынесена на панель приборов.

3 Разработка принципиальной схемы электронного блока

В качестве операционных усилителей применим К1401УД2, для логических элементов выбираем серию микросхем К155, имеющую $U_{пит} = 5 В$, $f_{макс} = 20 МГц$.

В качестве процессора используем Intel D87C196MH20, имеющий следующие характеристики [16]:

32 КБайта ПЗУ;

– 744 байта ОЗУ;

– $f_{макс} = 20 МГц$;

– $U_{пит} = 5 В$;

– $U_{вх}^1 = 5 В$;

– $U_{вх}^0 = 0.7 В$;

– $I_{ex} = 70 мкА$.

3.1 Описание микроконтроллера

Микроконтроллер Intel D87C196MH20, изготовленный по CMOS технологии, разработан для высокоскоростного выполнения вычислений и операций ввода-вывода и совместим с более ранними версиями микроконтроллеров семейства MCS 196.

Наиболее широкое применение микроконтроллеры семейства MCS 96 получили в системах управления и цифровой обработки сигналов. Модемы, системы управления двигателями, принтеры, копировальные аппараты, медицинские приборы, все эти и многие другие устройства используют в своем составе микроконтроллеры семейства MCS 196.[9]

3.1.1 Архитектура

Структурная схема Intel D87C196MH20 приведена на рис. 3.1. Микроконтроллер включает в себя 16-битный CPU, соединенный по 16-

битной шине с контроллерами прерывания и памяти. Кроме того, 8-бит шины CPU служат для передачи команд от памяти к командному RALU.

3.1.2 Управление CPU

CPU управляется генератором микрокода, задающим команду RALU для выполнения операций, которые применяют байты, слова, или двойные слова либо из 256-байтного младшего регистрового файла, либо через окно, которое прямо адресует старший регистровый файл. Команды CPU поступают в регистр команд RALU из 4-байтного магазина. Генератор кода расшифровывает команды и генерирует набор событий, выполняющих желаемые функции.

3.1.3 Регистровый файл (REGISTER FILE)

Регистровый файл состоит из старшего и младшего файлов. Регистры общего назначения RAM находятся в верхнем. Обращение к регистровой RAM осуществляется байтами, словами, двойными словами. Нижний включает в себя 24 байта SFRs (регистры специальных функций) и регистровую RAM на 232 байта.

RALU по разному адресуется к этим двум файлам. Младший регистровый файл постоянно имеет прямой доступ в режиме прямо-регистрового адреса. Тот же режим для старшего файла доступен при разрешенном отображении через окно. Отображение через окно - это техника позволяющая показывать блоки старшего регистрового файла в окне в нижнем регистром файле.

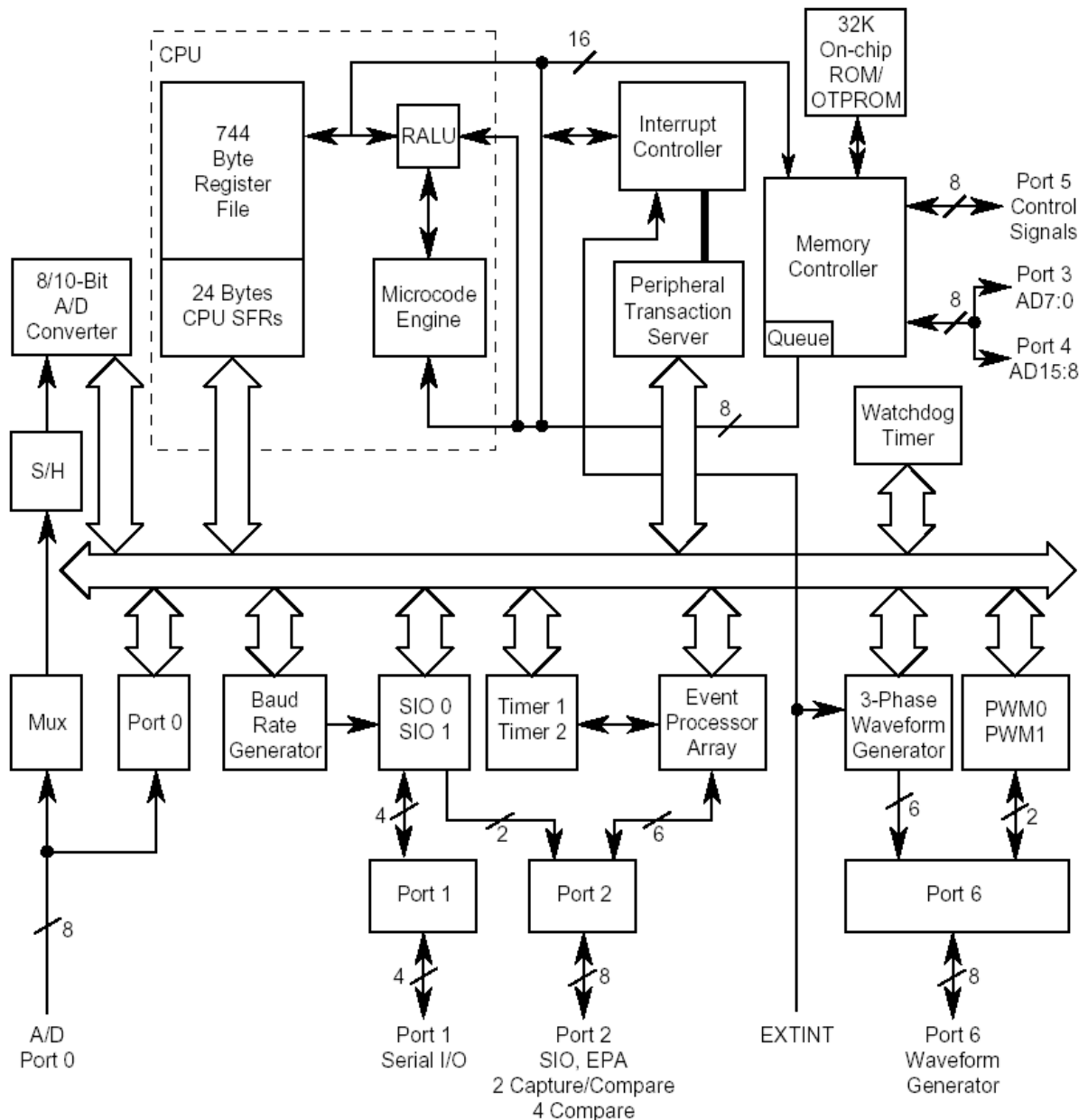


Рисунок 3.1 - Структурная схема процессора

3.1.4 Регистровое арифметико-логическое устройство (RALU)

RALU содержит 16-битное арифметико-логическое устройство. Слово состояния программы (PSW) имеет два бита и флаги. Первый бит (PSW.1) позволяет либо запрещает обслуживание всех маскируемых прерываний. Второй бит (PSW.2) позволяет либо запрещает периферийный сервер входных сообщений (PTS). Шесть булевых флагов показывают состояние программы.

Счетчик программы (PC) включает в себя адрес очередной команды и интегрированное устройство инкрементирования. Это устройство

автоматически распределяет адреса. Но при этом вызовы провоцирующие прерывание меняют последовательность адресов, и ALU загружает требуемый адрес в РС.

Все регистры, кроме 3-битного регистра выбора бита и 6-битного счетчика циклов, представляют собой либо 16-битными, либо 17-битными (16 бит и знак расширения). Нагрузка на ALU может быть снижена из-за того, что определенные регистры выполняют простые операции. Ввод слов в ALU осуществляется через входы А и В; слова могут быть дополнены до ввода через вход В.

RALU использует регистры слов одновременно для 32 битных команд и как регистр временного хранения для многих других команд. Эти регистры обладают собственной логикой битового сдвига и используются в требующих этого операциях, таких как нормализации, умножения, деления. 6-битный счетчик циклов ведет подсчет повторяемых сдвигов. Регистр второго операнда хранит второй операнд для двух-операндных команд, включая множитель для действия умножения и делитель для операции деления. Во время выполнения операции вычитания содержимое этого регистра дополняется перед передачей его на вход В ALU.

RALU увеличивает скорость выполнения вычислений, храня константы (в частности, 0, 1, и 2) в регистре таким образом, что они находятся в быстром доступе при дополнении, инкрементировании или декрементировании байт или слов. Кроме того, регистр констант генерирует однобитные маски, выбираемые регистром выбора бита, для команд проверки бит I.[24]

3.1.5 Контроллер памяти (MEMORY CONTROLLER)

RALU соединяется со всей памятью, кроме регистрового файла, посредством контроллера памяти. (RALU соединяется со старшим регистровым файлом, если не используется отображение). Контроллер памяти включает в себя регистры адреса и данных, 4-байтный магазин и контроллер шины.

Контроллер шины управляет шиной памяти, которая состоит из внутренней шины RAM и внешней шины адреса/данных. Контроллер шины принимает запрос доступа к памяти от RALU или 4-байтного магазина; запрос, поступивший от магазина, обладает приоритетом. Магазин доступен как для RALU, так и для пользователя.

В то время как контроллер шины принимает запрос от магазина, он вызывает программу в соответствии с адресом, содержащимся в РС. РС генерирует 8 старших бит адреса и выводит их на расширенный адресный порт (EPORT). Поскольку только 4 линии EPORT выведены из корпуса, доступными являются 4 младших бит адреса.

В случае если для отладки программы используется логический анализатор, следует помнить, что команды предварительно загружаются в 4-байтный магазин и не обязательно выполняются непосредственно после их вызова.

Контроллер памяти включает в себя устройство выбора кристалла с шестью выходами выбора кристалла, для выбора внешнего устройства во время цикла внешней шины. Во время доступа к внешней памяти устанавливается выход выбора кристалла, если адрес становится меньше адресного пространства этого выбора кристалла. Ширина шины, количество состояний ожидания и мультиплексированные или демultipлексированные линии адреса/данных программируются независимо для шести выборов кристалла. Адресное пространство выбора кристалла может иметь любое назначение: 256 байт, 512 байт, ... Основным адресом может быть любой адрес, являющийся четно делимым на выбранном адресном пространстве.[24]

3.1.6 Порты I/O (PORT I/O)

Выводы портов мультиплексируются для выполнения стандартных функций I/O или для передачи специальных сигналов связанных с внутренней периферией или внешними компонентами. Если специальные сигналы не используются, то порты могут быть индивидуально сконфигурированы как стандартные порты I/O.

Порты 1-4 являются 8-битными, двунаправленными, стандартными портами I/O. Порт 1 обеспечивает ввод/вывод для блока ЕРА и двух таймеров. Порт 2 применяется для последовательного I/O (SIO), двух внешних прерываний и программы блокировки шины. Порт 3 используется для функции выбора кристалла и двух внешних прерываний. Порт 4 обеспечивает вход/выход, соединенный с тремя встроенными PWM модуляторами.

3.1.7 Устройство последовательного I/O (SIO)

Последовательный I/O порт является асинхронно/синхронным. Он имеет универсальный асинхронный приемо-передатчик (UART). UART имеет синхронный режим (режим 0) и три асинхронных режима (режимы 1, 2 и 3), которые являются дуплексными. Приемник буферизуется таким образом, что прием второго байта может начаться до прочтения первого. Передатчик также буферизуется, что позволяет осуществлять продолженную передачу.

3.1.8 Широтно-импульсный модулятор (PWM)

D87C196MH20 имеет 3 ШИМ канала. Выходная форма сигнала каждого из них представляет собой последовательность импульсов переменной скважности, которые встречаются каждые 256 или 512 состояний в зависимости от программы. Если применяется фильтрация, форма сигнала PWM представляет собой постоянный уровень, который может изменяться в 256 шагах при изменении скважности.

3.1.9 Процессор обработки событий (ЕРА) и таймеры/счетчики (TIMER)

Процессор обработки событий (ЕРА) обеспечивает функцию высокоскоростного ввода и вывода объединенную с таймерами/счетчиками. В режиме ввода ЕРА контролирует вход для изменения сигнала. Когда событие имеет место, ЕРА записывает соответствующее ему время по таймеру. Это состояние сбора данных. В режиме вывода ЕРА контролирует таймер до тех пор, пока его значение не достигнет нужной величины. Когда значение достигнуто, ЕРА фиксирует выходное состояние, которое может быть установкой очисткой или переключением из одного состояния в другое на выходном выводе. Это состояние сравнения. Оба состояния могут

организовывать прерывания, которые могут обслуживаться контроллером прерываний и PTS.

Таймер 1 и таймер 2 являются 16-битными реверсивными таймерами/счетчиками, которые могут тактироваться либо внешне, либо внутренне. Они называются таймерами, если тактируются внутренне и счетчиками, если внешне.

3.1.10 Специальные режимы работы

В дополнение к обычным режимам работы D87C196MH20 работает в некоторых специальных режимах. Режим холостого хода и уменьшенного энергопотребления сохраняют энергию, когда микроконтроллер не активен. Режим ONCE электрически изолирует D87C196MH20 от системы.

В режиме холостого хода CPU останавливает выполнение программы, но периферийные тактирующие устройства остаются активными. Потребление энергии сокращается на 40%. Аппаратный сброс или разрешенный источник прерываний выводят устройство из этого режима.

В режиме пониженного энергопотребления все внутренние тактирующие устройства фиксируются в состоянии логического нуля и осциллятор останавливается. Регистровый файл, внутреннее RAM, большинство периферии сохраняют данные, если поддерживается V_{сс}. Потребление энергии опускается в микроваттный диапазон.

Режим ONCE электрически изолирует 8XC196NP от системы. При вызове режима ONCE, имеется возможность проверить печатную плату, в то время как на ней установлен процессор. [16]

3.2 Разработка схемы датчика скорости

Так как используется стандартный датчик на основе эффекта Холла, выдающий прямоугольные импульсы, то схема обработки входного сигнала будет состоять лишь из интегрирующей цепочки. (см. рисунок 3.2) Эта цепь

защитит систему от ложных срабатывания при наводках в сигнальном проводе.

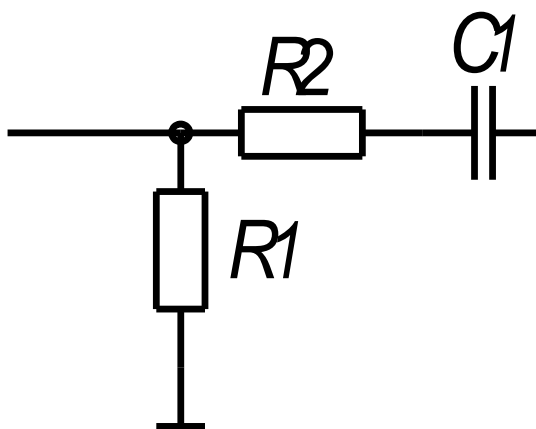


Рисунок 3.2 - Схема фильтрации сигнала датчика

3.3 Разработка схемы датчика положения ротора

Задатчик представляет собой диск с рядом отверстий по первому радиусу и одним отверстием по второму радиусу. Отверстия по первому радиусу задаёт момент коммутации фаз двигателя, а отверстие по второму радиусу задаёт сигнал начала отсчёта, который соответствует такому положению ротора, при котором ротор находится в согласованном положении с фазой 1.

На рисунок 3.3 показана схема формирователя импульсов первого оптодатчика, схема второго – аналогична. Так как входной ток процессора $I_{вх} = 70\text{мкА}$, то оптические датчики, построенные на основе фотодиодов нужно включить на вход логики с предварительным усилением сигнала. В качестве усилителя сигнала используем операционный усилитель DA1, включённый по схеме повторителя напряжения. Резистор R2 необходим для ограничения обратного тока фотодиода в соответствии с его техническими характеристиками. Резистор R3 необходим для ограничения выходного тока операционного усилителя.

Такой метод более практичен по сравнению с методом ввода в цепь нагрузки последовательного сопротивления, потому что необходимо иметь мощное, низкоомное сопротивление, которое обладает низкой индуктивностью.

В этом методе для исследования ситуации перегрузки рассматривается зависимость $V_{нас} = f(I_c)$. Транзисторы MOSFET имеют почти линейную зависимость, потому что, ток стока практически не зависит от сопротивления открытого канала. Транзисторы IGBT имеют нелинейный график, впрочем, он обладает необходимой точностью для определения напряжения, которое подходит для нужного тока защиты.

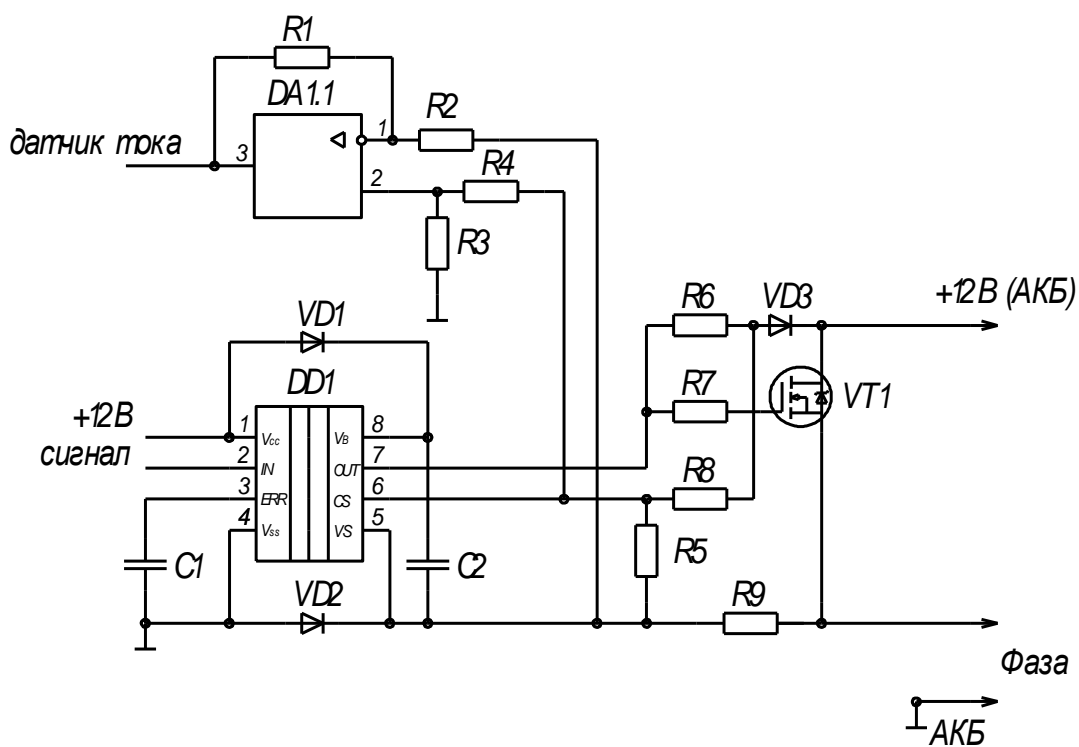


Рисунок 3.4 - Схема драйвера фазы

Когда регулирующий сигнал подводится на затвор, на входе драйвера CS появляется напряжение, которое зависит от суммы падения напряжений на VD3, на VT1 и делителе R5, R8 (они задают ток срабатывания). Падение напряжения на диоде почти постоянное и находится в пределах 0,5 В. Вольтаж открытого транзистора при заданном токе КЗ выявляется из графика

зависимости $V_{нас} = f(I_c)$. VD4 и VD1, обязаны быть быстродейственными и высоковольтными.

Помимо токовой защиты применяемый драйвер IR2125 прослеживает напряжение питания входа VCC и выходного каскада VB, выключая транзистор при падении VB меньше 9 В. Это обязательная мера, чтобы транзистор не работал в линейном режиме .[1]

Датчик тока представляет собой дифференцирующий усилитель, который обрабатывает сигнал на входе CS и выдаёт сигнал в диапазоне 0...5В пропорционально силе тока, протекающего в фазе.

3.6 Разработка схемы усилителя сигнала

Усилитель представляет собой схему транзисторного ключа. Так как выходной ток процессора равен $I_{ex} = 70\text{мкА}$, то используем каскад из двух транзисторов (см. рисунок 3.5).

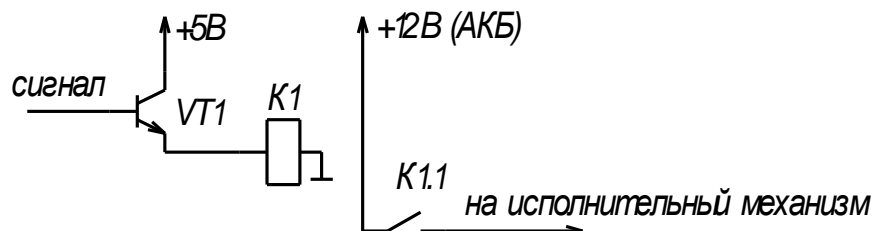


Рисунок 3.5 - Усилитель сигнала

Для управления расцепителем применим малогабаритное плоское реле для установки на печатных платах.

3.7 Разработка схемы блока сопряжения

Диагностика системы осуществляется по стандартному диагностическому каналу по протоколу Keyword Protocol 2000 через шину RS-232(см. рисунок 3.6).

Прием и передача данных ведется через микросхему DD1 марки MAX232A фирмы MAXIM [18].

Эта микросхема является так называемым преобразователем интерфейсов. Она занимается преобразованием сигналов с устройств TTL-логики в сигналы шины RS-232, по которой к электронному блоку может быть подключено специальное диагностическое оборудование. Напряжение питания микросхемы лежит в диапазоне от +4,5 В до +5,5 В, а температурный диапазон, зависящий прежде всего от типа корпуса микросхемы, составляет от -55 до +125 градусов.

Время задержки передачи TTL - RS232 - до 3,5 мс, время задержки приема RS232-TTL лежит в пределе от 0,5 до 1 мс.

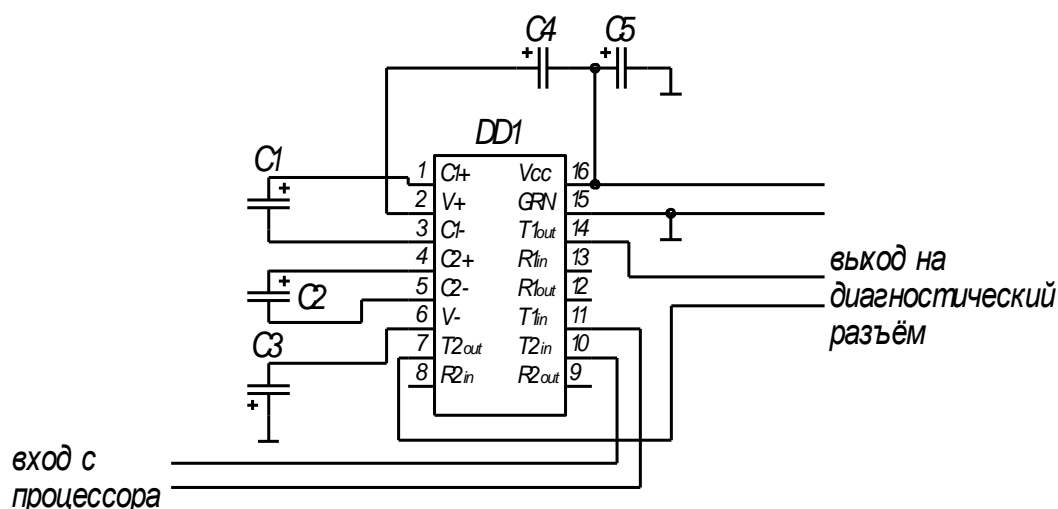


Рисунок 3.6 - Блок сопряжения

3.8 Разработка схемы стабилизатора напряжения

Схема представляет собой стабилизатор напряжения с гашением импульсных перенапряжений, состоящий из динамического стабилизатора-фильтра, служащего для сглаживания импульсов перенапряжения большой амплитуды, компенсационного стабилизатора последовательного типа с заданным выходным напряжением +12В и интегрального стабилизатора

напряжения собранного по схеме с выходным напряжением +5В. Таким образом, получаем стабилизатор с выходными напряжениями +5В и +12В.

Микросхема DA1, вместе с элементами обвязки C1-C4 представляют собой стабилизатор напряжения +5В.

VD1, R1, VT1 представляют собой компенсационный стабилизатор, а L1, VD2, C5 – динамический стабилизатор-фильтр. Диод VD3 защищает схему от переплюсовки напряжения питания.[18]

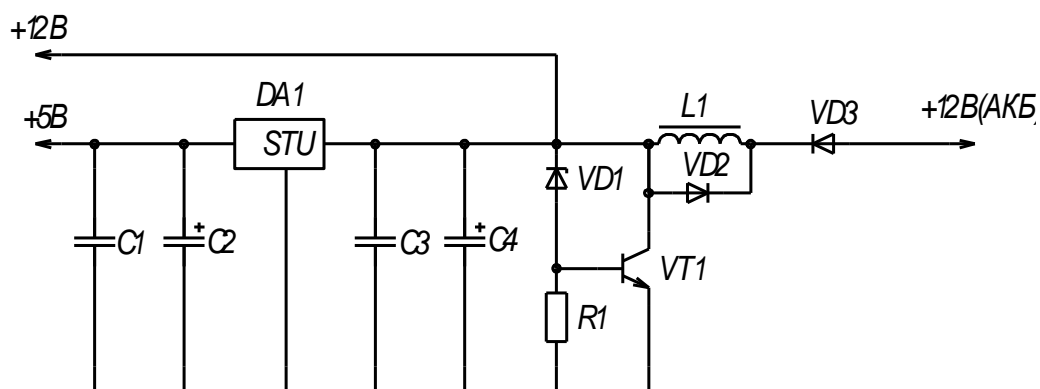


Рисунок 3.7 - Стабилизатор напряжения 12В

4 Расчёт электрической принципиальной схемы электронного блока

4.1 Расчёт входных фильтров

Так как выходы фильтрующих цепей подключаются к входам процессора, выполненного по КМОП технологии, максимальное время считывания сигнала которого равно 100 нс, то для правильного функционирования схемы необходимо обеспечить длительность сформированного цепью импульса не менее:

$$T_{u.л.} \geq T_3 = 2 \cdot \frac{1}{f_{\max}} = 0.1 \text{ мкс} \quad (4.1)$$

Учитывая, что переключение микросхем происходит при напряжении на входе равном половине напряжения питания, то данное напряжение на резисторе достигается за время $t = 0.78RC$.

Сопротивление резистора выбирается так, чтобы не нагружать входы микросхемы. Для процессора $I_{\text{ex}} = 70 \text{ мкА}$.

Внешнее сопротивление нагрузки:

$$R_{\text{ex}} = \frac{U_{\text{ex}}}{I_{\text{ex}}} = \frac{5}{70 \cdot 10^{-6}} = 71.5 \text{ кОм}. \quad (4.2)$$

В качестве резистора выбираем сопротивление номиналом 7,5 кОм. Мощность, рассеиваемая на резисторе:

$$P_R = \frac{U_{\text{ex}}^2}{R_{\text{ex}}} = \frac{5}{7500} = 0.7 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}. \quad (4.3)$$

Из ряда номинальных значений E24 в качестве резистора выбираем P1 – 46 – 0,025 – 7.5 кОм ± 10%.

Рассчитаем емкость фильтрующей цепи:

$$C = \frac{1,25 \cdot T_{u.л.}}{R_{\text{ex}}} = \frac{1,25 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}{7500} = 16,7 \text{ нФ}. \quad (4.4)$$

Из ряда номинальных значений E12 в качестве ёмкости дифференцирующей цепи выбираем К10-17 – 25В – 18 пФ ± 10%.

Из ряда номинальных значений E24 в качестве резистора $R_{вх}$ выбираем P1 – 46 – 0,025 – 75 кОм $\pm 10\%$.

Все входные фильтры рассчитываются аналогично.

Так как датчик Холла имеет $I_{вых} = 70 \mu A$ и $U_{вых} = 12 B$, то для перехода на 5В нужно использовать делитель напряжения R6-R7. Найдём общее сопротивление делителя:

$$R_{\partial} = \frac{U_{вых}}{I_{ex}} = \frac{12}{70 \cdot 10^{-6}} = 171,4 \text{ кОм} \quad (4.5)$$

Тогда R7 рассчитывается так:

$$R7 = \frac{R_{\partial} \cdot U_{питл.э.}}{U_{вых}} = \frac{171,4 \cdot 10^3 \cdot 5}{12} = 71,4 \text{ кОм} \quad (4.6)$$

Тогда R6 рассчитывается:

$$R7 = R_{\partial} - R6 = 171,4 \cdot 10^3 - 71,4 \cdot 10^3 = 100 \text{ кОм} \quad (4.7)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R7:

$$P_{R7} = I_{ex}^2 \cdot R7 = 70 \cdot 10^{-6}^2 \cdot 100 \cdot 10^3 = 0,5 \text{ мВт}. \quad (4.8)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R6:

$$P_{R8} = I_{ex}^2 \cdot R6 = 70 \cdot 10^{-6}^2 \cdot 71,4 \cdot 10^3 = 0,4 \text{ мВт}. \quad (4.9)$$

Из ряда номинальных значений E24 в качестве резистора R7 выбираем P1 – 46 – 0,125 – 100 кОм $\pm 10\%$.

Из ряда номинальных значений E24 в качестве резистора R6 выбираем P1 – 46 – 0,05 – 75 кОм $\pm 10\%$.

4.2 Расчёт элементов датчика положения ротора

Используя [17], выбираем в качестве VD1...VD2 (см. рисунок 3.3) фотодиод марки АЛ307ЛМ, работающий в видимом диапазоне излучения и имеющий

$$U_{пр.мах} = 2B \quad I_{пр.мах} = 10 \text{ мА}. \quad (4.10)$$

Задаваясь током через фотодиод $I_{\text{ф.д.}} = 5 \text{ мА}$, рассчитаем сопротивление резистора R1, ограничивающего ток фотодиодов.

$$R2 = \frac{U_n}{I_{\text{фд}}} = \frac{5}{5 \cdot 10^{-3}} = 1000 \text{ Ом} \quad (4.11)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R1:

$$P_{R2} = \frac{U_n^2}{R1} = \frac{5^2}{1 \cdot 10^3} = 0.025 \text{ Вт} \quad (4.12)$$

В качестве резистора R1 выбираем из ряда номинальных значений E24 резистор P1 – 46 – 0,125 – 1 кОм ± 10%.

Используя [17], выбираем в качестве VD3...VD4 (см. рисунок 3.3) фотодиод марки ФД-27, работающий в видимом диапазоне излучения и имеющий

$$U_{\text{обр.мах}} = 40 \text{ В} \quad I_{\text{обр.мах}} = 50 \text{ мкА}. \quad (4.13)$$

Задаваясь током через фотодиод $I_{\text{ф.д.}} = 20 \text{ мкА}$, рассчитаем сопротивление резистора R2, ограничивающего ток фотодиода.

$$R2 = \frac{U_n}{I_{\text{фд}}} = \frac{5}{20 \cdot 10^{-6}} = 250 \text{ кОм} \quad (4.14)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R2:

$$P_{R2} = \frac{U_n^2}{R2} = \frac{5^2}{240 \cdot 10^3} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Вт} \quad (4.15)$$

В качестве резистора R2 выбираем из ряда номинальных значений E24 резистор P1 – 46 – 0,125 – 240 Ом ± 10%.

Резистор R3 защищает операционный усилитель DA1.1 от перегрузки выхода по току.

$$R3 = \frac{U_{\text{выхDA1max}}}{I_{\text{выхDA1max}}} = \frac{3,5}{10 \cdot 10^{-3}} = 350 \text{ Ом} \quad (4.16)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R3:

$$P_{R3} = \frac{U_{\text{выхDA1max}}^2}{R3} = \frac{3,5^2}{360} = 0,034 \text{ Вт} \quad (4.17)$$

В качестве резистора R3 выбираем из ряда номинальных значений E24 резистор P1 – 46 – 0,125 – 360 Ом ± 10%.

Резистор R4 обеспечивает положительную обратную связь формирователя, увеличивая его быстродействие для получения более крутых фронтов при переключении логики. Сопротивление R12 должно быть выбрано таким образом, чтобы обеспечить соотношение токов:

$$I_{R4} = (5...10) \cdot I_{\text{ex.л.э.}} \quad (I_{\text{ex.л.э.}} = 1.6 \text{ мА}) \quad (4.18)$$

Задавая ток равным 10 мА, рассчитаем значение R4:

$$R4 = \frac{U_{\text{вых}}^1}{I_{R4}} = \frac{5}{10 \cdot 10^{-3}} = 500 \text{ Ом} \quad (4.19)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R4:

$$P_{R4} = \frac{U_{\text{вых}}^2}{R4} = \frac{5^2}{500} = 0,05 \text{ Вт} \quad (4.20)$$

Используя ряд номинальных значений E24 выбираем в качестве резисторов R4 P1 – 46 – 0,125 – 510 Ом ± 10%.

В качестве операционных усилителей – К1401УД2, имеющий

$$I_{\text{вых}} = 10 \text{ мА}, I_{\text{ex}} = 100 \text{ нА}, K_U = 5000, U_{\text{num}} = 3...40 \text{ В} \quad (4.21)$$

4.3 Расчёт схемы блока выходных ключей

В качестве операционных усилителей – К1401УД2 (см. рисунок 3.4), имеющий $I_{\text{вых}} = 10 \text{ мА}, I_{\text{ex}} = 100 \text{ нА}, K_U = 5000, U_{\text{num}} = 3...40 \text{ В}$

Принимаем R1=R3 и R2=R4, тогда

$$U_{\text{вых}} = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_2 - U_1 \quad (4.22)$$

Тогда исходя из условия $U_2 - U_1 = 0.24 \text{ В}$, а $U_{\text{вых}} = 5 \text{ В}$, получим

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{U_2 - U_1}{U_{\text{вых}}} = \frac{0.24}{5} = 0.048 \quad (4.23)$$

Принимая $R_1 = 100 \text{ кОм}$ рассчитаем R_2 : $R_2 = 0.048 \cdot R_1 = 4,8 \text{ кОм}$

В качестве R1, выбираем из ряда E24 P1 – 46 – 0,125 – 100 кОм ± 10%.

В качестве R2, выбираем из ряда E24 P1 – 46 – 0,125 – 4,7 кОм ± 10%.

В качестве конденсатора С1 исходя из рекомендаций [16] выбираем из ряда E24 K10-17 –25В – 330 пФ ± 10% [17].

В качестве диодов VD1-VD3 исходя из рекомендаций [17] выбираем КД927А, имеющий $I_{np\max} = 0.01A, f = 150кГц, U_{обр} = 100В, U_{np} = 0.23В$ [4].

Исходя из максимального коммутируемого тока равного 40 А, в качестве транзисторов VT1 выбираем транзистор IRF1010E, имеющий $U_{кэ} = 60В, I_c = 59А, R_{ис} = 0,012Ом, f = 25кГц, U_{нас} = 0.5В(при I_{си} = 40А)$.[17]

Зная напряжение насыщения при максимальном пропускаемом токе, рассчитаем цепь защиты транзистора VT1 по току.

При включении транзистора сумма прямого падения напряжения на диоде VD3 и на открытом транзисторе VT1 через делитель R5-R8 поступает на вход защиты CS. Если это напряжение превышает порог срабатывания 0.24В, транзистор отключается.

Примем $R5+R8=270$ Ом, тогда, протекающий через них, ток будет равен:

$$I_{R5..R8} = \frac{U_{насVT1} - U_{npVD3}}{R_5 + R_8} = \frac{0.5 - 0.23}{270} = 1 \cdot 10^{-3} A \quad (4.24)$$

Тогда R5:

$$R_5 = \frac{U_{CSep}}{I_{R5..R8}} = \frac{0.24}{1 \cdot 10^{-3}} = 240 \text{ Ом} \quad (4.25)$$

Отсюда R8:

$$R_8 = (R_5 + R_8) - R_5 = 270 - 240 = 30 \text{ Ом} \quad (4.26)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R8:

$$P_{R8} = I_{R5..R8}^2 \cdot R8 = 1 \cdot 10^{-3}^2 \cdot 30 = 0.03 \text{ мВт}. \quad (4.27)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R5:

$$P_{R5} = I_{R5..R8}^2 \cdot R5 = 1 \cdot 10^{-3}^2 \cdot 240 = 0.24 \text{ мВт}. \quad (4.28)$$

В качестве R5, выбираем из ряда E192 P1 – 46 – 0,05 – 240 Ом ± 10%.

В качестве R8, выбираем из ряда E192 P1 – 46 – 0,05 – 30,1 Ом ± 10%.

R6, R7, R9, исходя из рекомендаций [17] принимаем равными 1 кОм, тогда рассеиваемая мощность будет равна:

$$P_{R7} = I_{3VT1max}^2 \cdot R7 = 250^{-3} \cdot 1 = 250^{-3} \text{ Вт} \quad (4.29)$$

В качестве R24 R6, R7, R9 выбираем из ряда E24 R1 – 46 – 0,5 – 1 кОм ± 10%.

Рассчитаем C2:

$$C_2 = \frac{15 \cdot 2 \cdot \left(2 \cdot Q_g + \frac{I_{gbs}}{f} + I_{off} + I_{on} \cdot \frac{Q_g}{I_{on}} \right)}{U_{cc} - U_f} = \quad (4.30)$$

$$= \frac{15 \cdot 2 \cdot \left(2 \cdot 116 \cdot 10^{-9} + \frac{60 \cdot 10^{-3}}{110} + 20 \cdot 10^{-3} + 90 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{116 \cdot 10^{-9}}{20 \cdot 10^{-3}} \right)}{12 - 0.24} = 108,64 \text{ мкФ}$$

где Q_g – заряд затвора, К;

I_{gbs} – ток затвора в статическом режиме, А;

f – частота следования импульсов, Гц;

I_{on}, I_{off} – токи включения и выключения затвора, А;

U_{cc} – напряжение питания, В;

U_f – прямое падение напряжения на диоде зарядового насоса VD3, В.

Выбираем из ряда E24 в качестве C2 K10-17 –25В – 110 мкФ ± 10%.

4.4 Расчёт схемы усилителя сигнала

В качестве реле K1 (см. рисунок 3.5) выбираем реле Finder 36.51.7.0050.010, имеющее следующие параметры: $U_{ном}$ перек=250В, $I_{ном}$ перек=6А, $U_{обмотки}$ =5В, $I_{срабатывания}$ =34мА, $U_{падение}$ в открытом сост=2В [7]:

Используя [3], в качестве VT1 выбираем КТ530А с параметрами:

$$U_{кЭVT1} = 25В, I_{кVT1max} = 150мА, \beta_{VT1} = 40...120$$

4.5 Расчёт схемы блока сопряжения

В качестве ёмкости $C1...C5$ (см. рисунок 3.6) исходя из рекомендаций [18], выбираем из ряда E24 конденсатор типа K50-6 –25В – 1 мкФ $\pm 10\%$.

4.6 Расчёт схемы стабилизатор напряжения

В качестве DA1 (см. рисунок 3.7) выбираем микросхему KP142EH12[18], имеющую $U_{ex} = 5...45В, U_{выхmax} = 37, I_{вых} = 1А$

Исходя из рекомендаций [18] выбираем из ряда E24 $C1, C3$ K10-17 –25В – 2 мкФ $\pm 10\%$, в качестве $C2, C4$ выбираем из ряда E24 K50-6 –25В – 100 мкФ $\pm 10\%$.

В качестве транзистора VT1 исходя из условий $I_{к max} > I_n, U_{кэ max} > U_{вх}$ выбираем КТ845А, имеющий $I_{к max} = 5А, U_{кэ max} = 400В, \beta = 90$.

Тогда ток базы:

$$I_B = \frac{I_n}{\beta} = \frac{2.5}{90} = 27 \text{ мА} \quad (4.31)$$

Для ограничения перенапряжения на уровне $U_{имп}$ в качестве VD1 выбирается импульсный стабилитрон КС528Б со следующими параметрами: $U_{ст.ном} = 12В, I_{ст.min} = 1мА, I_{ст.max} = 30мА$.

Исходя из условия, что $I_{R1} = (0.2...0.3)I_{БVT1}$. Для перевода транзистора в активное состояние необходимо обеспечить смещение $U_{БЭ} > 0.7В$, тогда

$$R_1 \geq \frac{U_{БЭ}}{I_{R1}} = \frac{0.7}{7 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ Ом} \quad (4.32)$$

Мощность, рассеиваемая на резисторе R_1 равна:

$$P_{R1} = I_{R1}^2 \cdot R1 = 7 \cdot 10^{-3}^2 \cdot 100 = 4.9 \text{ мВт} \quad (4.33)$$

Из ряда номинальных значений E24 в качестве резистора $R1$ выбираем $R1 = 46 - 0,125 - 100 \text{ Ом} \pm 10\%$.

Проверяем значение резистора R_1 при $U_{вх} < U_{имп}$. В этом случае ток через стабилитрон VD2 будет меньше $I_{ст.min}$. Тогда

$$U_{БЭVT1} = R_1 \cdot I_{ст.min} = 100 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.1В \quad (4.34)$$

$U_{БЭVT1}$ должен быть меньше $U_{БЭ}$, тогда транзистор останется в закрытом состоянии, следовательно резистор подходит.

Исходя из рекомендаций [16] в качестве L1 выбираем из ряда E24 дроссель ДПМ-0,1-47мкГ $\pm 5\%$.

Диоды VD2-VD3 выбирается из условия максимального протекающего через него тока равного I_n . В качестве VD2-VD3 выбираем КД280Г, имеющий $I_{прmax}=3A$, $U_{обmax}=400B$.

5 Алгоритм работы системы

Структурная схема алгоритма основной программы работы системы представлена на рисунок 5.1.

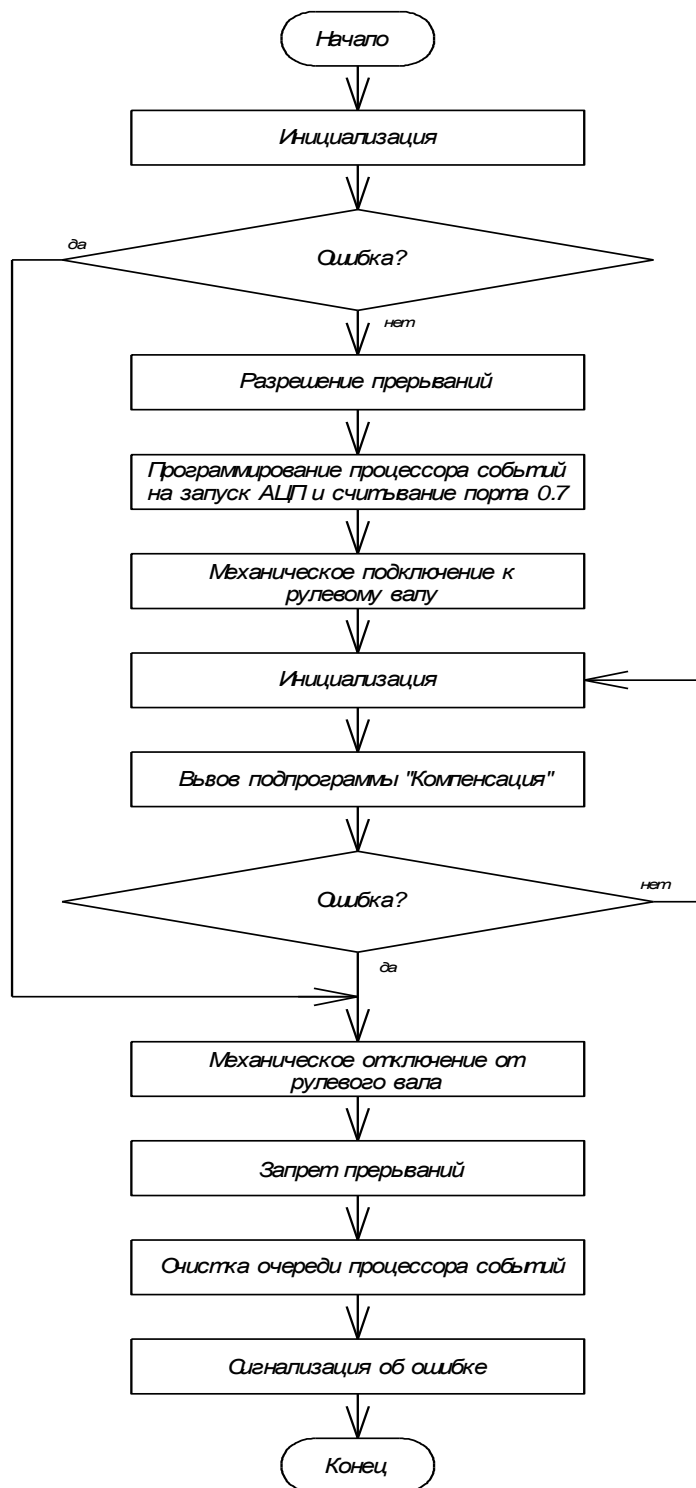


Рисунок 5.1 - Структурная схема алгоритма работы основной программы

В структурном блоке «Инициализация» осуществляются следующие действия:

- проверяется напряжение бортовой сети +12 В;
- проверяется напряжение стабилизированных источников питания +12, +5 В;
- проверяется сигналы датчика скорости автомобиля;
- проверяется исправность датчика момента
- проверяется исправность цепи питания электродвигателя;
- проверяется исправность цепи питания расцепителя.

В структурном блоке «Разрешение прерываний» осуществляются разрешение прерываний:

- «Конец преобразования»;
- «Считывание порта».

В структурном блоке «Программирование процессора событий на запуск АЦП и считывание порта 0.7» осуществляются следующие действия:

- программирование процессора событий на первоначальный запуск АЦП;
- программирование процессора событий на первоначальное считывание порта.

В структурном блоке «Механическое подключение к рулевому валу» осуществляются следующие действия:

- механическое подключение электроусилителя к рулевому валу посредством расцепителя.

В структурном блоке «Механическое отключение от рулевого вала» осуществляются следующие действия:

- механическое отключение электроусилителя от рулевого вала посредством расцепителя.

В структурном блоке «Запрет прерываний» осуществляются запрет прерываний:

- «Конец преобразования»;
- «Считывание порта».

В структурном блоке «Очистка очереди процессора событий» осуществляются очистка очереди процессора событий от всех запланированных событий.

В структурном блоке «Сигнализация об ошибке» осуществляются оповещение водителя о неисправности.

Структурная схема алгоритма подпрограммы «Компенсация» представлена на рисунок 5.2.

В структурном блоке «Считывание из памяти значений момента и скорости автомобиля» осуществляются считывание из памяти значений момента приложенного к рулевому валу и скорости автомобиля.

В структурном блоке «Установка флага «Скорость больше 90 км/ч»» осуществляются установка в единицу флага ответственного за запоминание события о превышении скорости больше 90 км/ч.

В структурном блоке «Снятие флага «Скорость больше 90 км/ч»» осуществляются обнуление флага ответственного за запоминание события о превышении скорости больше 90 км/ч.

В структурном блоке «Считывание из памяти значения тока в фазе двигателя» осуществляются считывание из памяти значения тока в фазе двигателя.

В структурном блоке «Вычисление параметров ШИМ импульса» осуществляются расчёт длительности импульса и паузы в ШИМ импульсе.

В структурном блоке «Программирование процессора событий для формирования ШИМ импульса» осуществляются программирование процессора событий для генерации на выходе процессора ШИМ импульс с рассчитанными параметрами.

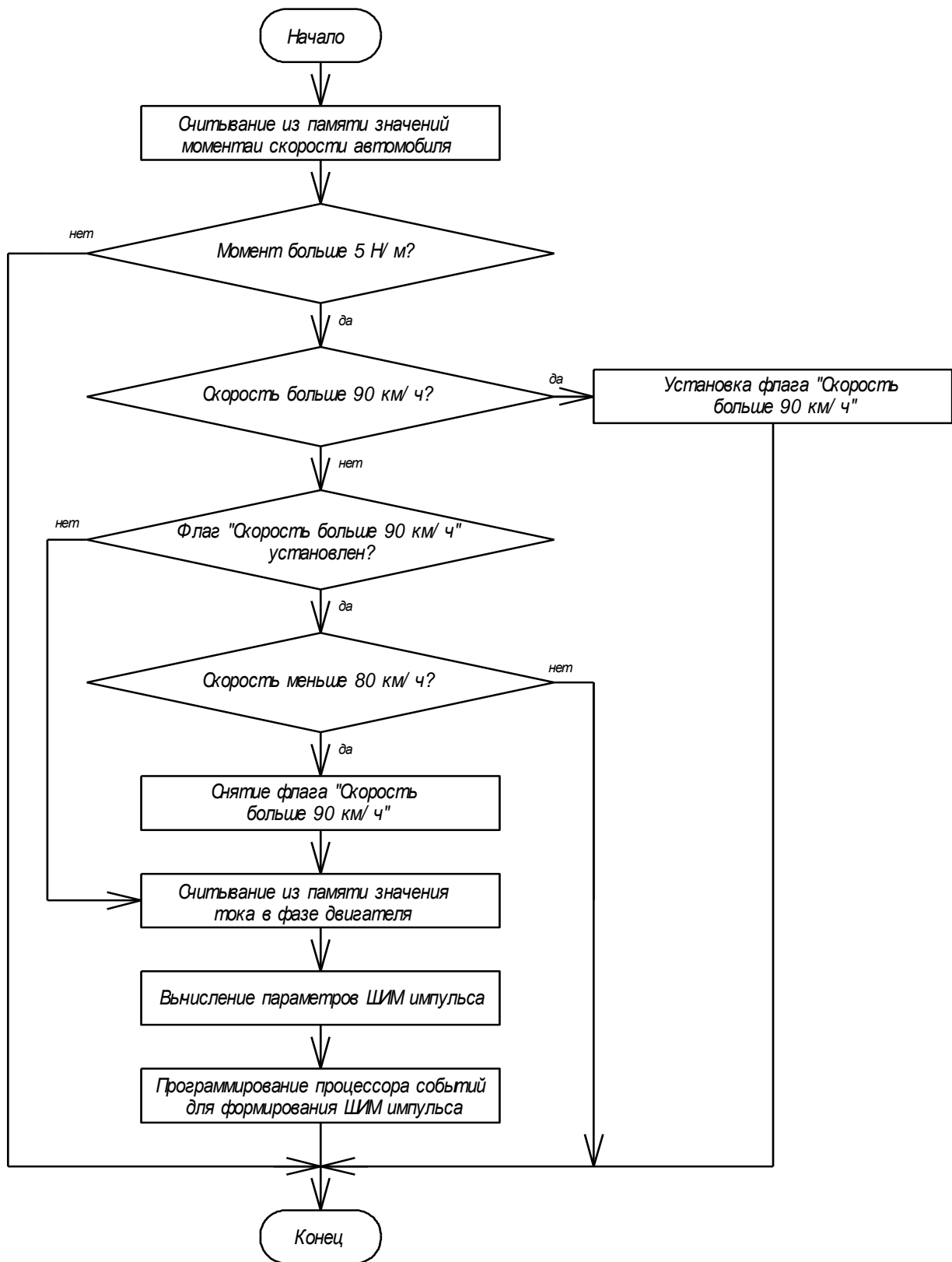


Рисунок 5.2 - Структурная схема алгоритма работы подпрограммы «Компенсация»

Структурная схема алгоритма подпрограммы «Обработка события «Считывание порта»» представлена на рисунк 5.3.

В структурном блоке «Считывание из памяти значения времени предыдущего возникновения события» осуществляется считывание из памяти значения системного времени возникновения предыдущего события считывания данных из порта.

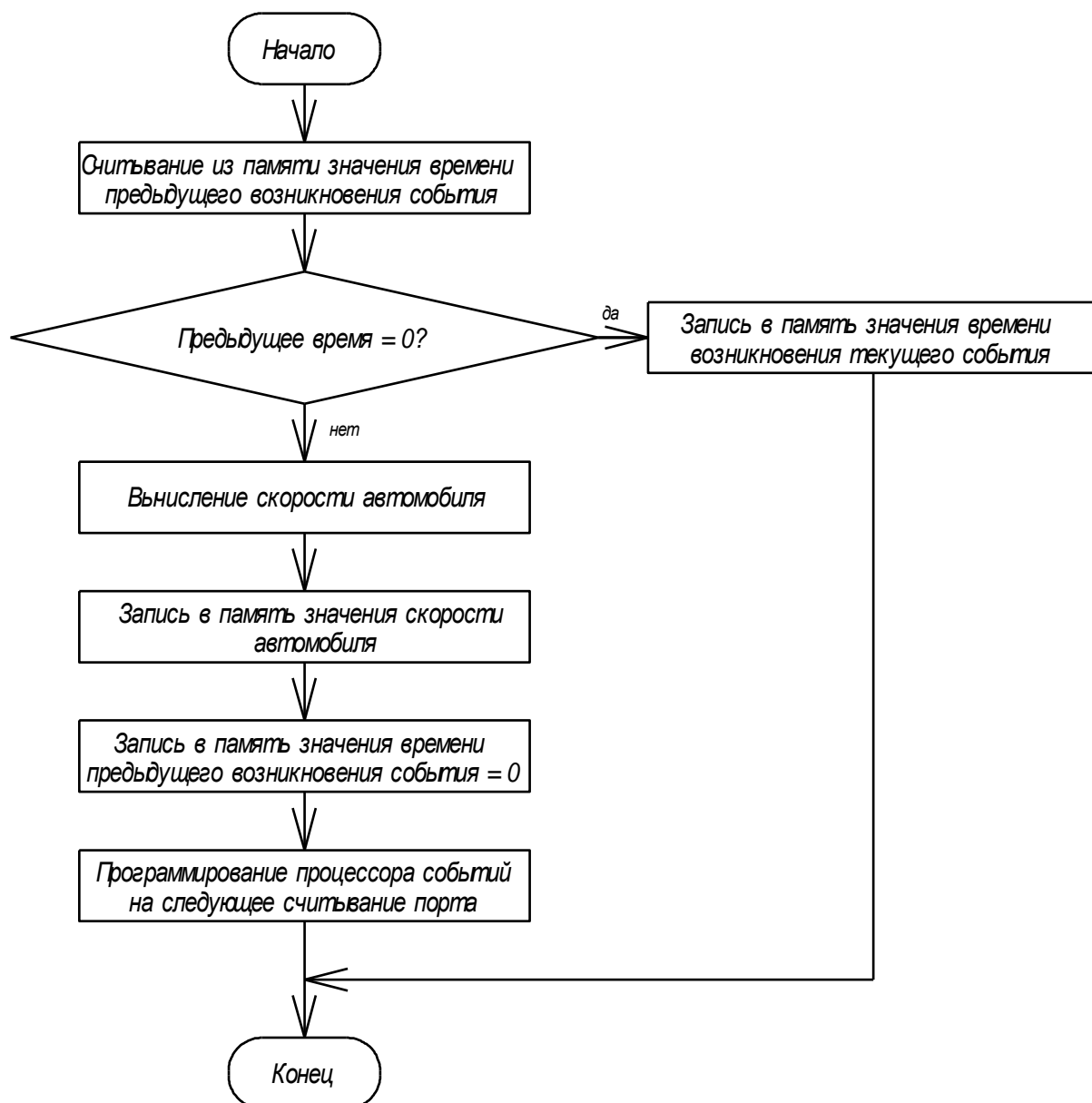


Рисунок 5.3 - Структурная схема алгоритма работы подпрограммы обработки события «Считывание порта»

В структурном блоке «Вычисление скорости автомобиля» осуществляются вычисление скорости автомобиля.

В структурном блоке «Запись в память значения скорости автомобиля» осуществляются запись в память вычисленного значения скорости автомобиля.

В структурном блоке «Программирование процессора событий на следующее считывание порта» осуществляются программирование процессора событий на следующее прерывание для считывания порта.

Структурная схема алгоритма подпрограммы «Обработка события «Конец преобразования» представлена на рисунке 5.4.

В структурном блоке «Выбор ячейки для запоминания результата» осуществляется выбор ячейки памяти для запоминания результата преобразования.



Рисунок 5.4 - Структурная схема алгоритма работы подпрограммы обработки события «Конец преобразования»

В структурном блоке «Запись результата в память» осуществляется запись результата преобразования в память.

В структурном блоке «Программирование процессора событий на следующий запуск АЦП» осуществляется программирование процессора событий на следующий запуск АЦП.

5.1 Обеспечение пожарной безопасности

В зависимости от пожаро- и взрывоопасных свойств применяемых веществ радиомонтажный участок соответствует категории В – пожароопасные производства, связанные с применением жидкостей с температурой паров Более 61°C; горючих; веществ способных возгораться при контакте с водой, кислородом воздуха; твёрдых сгораемых веществ и материалов (по производства обработке пластмасс и резины).

С целью защиты электросети от перегрузок применим тепловые выключатели, предохранители. Уменьшение контактного сопротивления достигается увеличением площади контактов, применением неразъёмных соединений проводов - пайкой, сваркой.

Основы пожарной защиты предприятия определены ГОСТ 12.1.004 - 91.

К первичным средствам пожаротушения относятся: огнетушители, ящики с песком, багры, топоры, асбестовое полотно.

Первичные средства пожаротушения расположены на специальных щитах, которые видны и легкодоступны. На щитах находятся таблички с указанием номера пожарной части и телефона, а также ответственного лица.

На участке применяются порошковые огнетушители типа ОППС-100 (передвижной, с $V = 100$ л). Принцип работы этого огнетушителя отличается тем, что порошок выталкивается сжатым газом под большим давлением (газ находится в небольшом баллончике).

Для того чтобы свести к минимуму материальные потери и принести, как можно меньше вреда здоровью установлена электрическая система, которая состоит из следующих элементов:

- Извещателей приборов, которые устанавливаются на рабочих объектах;
- Приемной станции, принимающей сигналы от извещателей и передающей их в помещения пожарных команд;
- Системы проводов соединяющих приборы-извещатели с приемной станцией.

Ответственным за противопожарное состояние лаборатории сборки печатных плат назначается начальник подразделения.[8]

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе разработан блок автоматического управления электроусилителем руля на базе вентильно-индукторного двигателя, спроектирована структурная и рассчитана принципиальная схемы, обоснован выбор электронных элементов. Составлен алгоритм работы системы с подробным описанием. Начерчено 6 листов графического материала: варианты компоновки, структурная схема, принципиальная электрическая схема, алгоритм работы с описанием, разводка печатной платы, сборочный чертёж печатной платы. Таким образом, цель работы достигнута.

Данная выпускная квалификационная работа имеет социальную значимость, так как повышает безопасность автомобиля и комфорт управления.

Дальнейшее развитие темы квалификационной работы, на мой взгляд, следует вести в направлении совершенствования алгоритмов и схем управления вентильно-индукторным двигателем, так как сам двигатель имеет высокие удельные показатели на фоне ближайших аналогов, но сравнительно более сложен в управлении.

Список использованных источников

1. Ермаков, В.В. Проектирование источника стабилизированного напряжения: учеб. пособие /В.В.Ермаков, В.В. Королёв. - Тольятти: ТГУ, 2006. – 33с.
2. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении: учеб. пособие/ Юдин Е.Я., Белов С.В.– М.: Машиностроение, 2009. – 34с.
3. Голомедов, А.В. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник/ А.В. Голомедов.– М.: Радио и связь, 2009. – 42с.
4. Глазов, Г.И. Электроусилители рулевого управления / Глазов Г.И., Дюков К.В.// Автомобильная промышленность.- №3.- 2006. – 8с.
5. Ильинский, Н.Ф. Перспективы применения вентильно-индукторного электропривода в современных технологиях / Н.Ф. Ильинский // Электротехника.- №2.- 2007. – 12с.
6. Смирнов, Ю.В., Электромагнитный вентильно-индукторный двигатель / Ю.В. Смирнов // Электротехника.- №3.- 2009. – 16с.
7. Зимин, Е.Н. Автоматическое управление электроприводами. Учеб. пособие для студ. ВУЗов/ Зимин Е.Н., Яковлев В.И.. – М.: Высш. Шк., 2009. – 49с.
8. Гребнев, В.В. Однокристалльные микроЭВМ (микроконтроллеры) семейства MCS-96 / В.В. Гребнев – М.: Псковская коммерческая палата, 2006.- 246 с.
9. Зимин, Е.Н. Электроприводы постоянного тока с вентильными преобразователями / Е.Н. Зимин, В.Л. Кацкевич, С.К. Козырев. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 192с.
10. Майоров, С.А. Введение в микроЭВМ / С.А. Майоров, В.В. Кириллов, А.А. Приблуда. - М.: Машиностроение, 2008.- 220 с.
11. Предко, М.М. Руководство по микроконтроллерам. Том II / М.М. Предко - М.: Постмаркет, 2011.- 363 с.

12. Ильинский, Н.Ф. Перспективы применения вентильно – индукторного электропривода в современных технологиях/ Н.Ф. Ильинский // Электротехника.- № 2.- 2007.- 3с.
13. Каган, Б.М. Электронные вычислительные машины и системы / Б.М. Каган. – М.: Энергоатомиздат, 2011.- 420 с.
14. Буг, Д.А. Бесконтактные электрические машины / Д.А. Буг.- М.: Высш. шк., 2011.- 286 с
15. cscsd8XC196MH Industrial motor control CHMOS microcontroller. Datasheet.-Intel Corporation, 1995, pages.
16. IR2125 Current limiting single channel driver. Datasheet. International Rectifier, 2003, 37pages.
17. MAXIM 232. Datasheet, MAXIM, 2000, 35pages.
18. W Stallings, Computer Organization and Architecture: Designing odds performances, Person Prentice Hall, 2006. ISBN 0-13-185644-8.
19. E. Hwang, Digital Logic and Microprocessor Design with VHDL. Thomson, 2006. ISBN 0-534-46593-5.
20. Ершова, Н. Ю. Проектирование микропроцессорных систем [Электронный ресурс] / Н.Ю. Ершова. Режим доступа: <http://dfe.petrSU.ru/koi/posob/projimps/index.html> (Дата обращения: 10.05.2016)
21. Ершова, Н.Ю., Ивашенков О.Н., Курсков С.Ю. Микропроцессоры [Электронный ресурс] / Н.Ю. Ершова, О.Н. Ивашенков, С.Ю. Курсков. Режим доступа: <http://dfe3300.karelia.ru/koi/posob/microcpu/vved.htm> (Дата обращения: 10.05.2016)
22. Устройство и принцип работы электроусилителя руля: Устройство автомобиля [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://znanieavto.ru/rulim/elektrosilitel-rulya.html> (Дата обращения: 15.05.2016)
23. Ершова, Н.Ю. Проектирование микропроцессорных систем: Регистровое арифметико-логическое устройство [Электронный ресурс] / Н.Ю. Ершова Режим доступа: <http://dfe.petrSU.ru/koi/posob/projimps/strk2.html> (Дата обращения: 15.05.2016)

24. Бесщеточные двигатели постоянного тока: Электромонтажные работы [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://electric-220.ru/news/besshetochnye_dvigateli_postojannogo_toka/2014-11-21-750 (Дата обращения: 01.06.2016)