

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт
Факультет «Аэрокосмический»
Кафедра «Летательные аппараты»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.т.н., проф.
_____/В.Г. Дегтярь/
_____ 20__ г.

Разработка электропривода крана-манипулятора

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ — 13.03.02.2018.177.09 ПЗ ВКР

Проверил, (к.т.н., доцент)
_____/П.О. Шабуров/
_____ 20__ г.

Автор работы
студент группы П – 428
_____/Д. Е. Суворов/
_____ 20__ г.

Нормоконтролёр (к.т.н., доцент)
_____/П.О. Шабуров/
_____ 20__ г.

Челябинск 2018

						Лист
					ЮУрГУ - 13.03.02.2018.177.09 ПЗ	1
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Аэрокосмический факультет

Кафедра «Летательные аппараты»
Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____/В.Г. Дегтярь/
_____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Суворова Дмитрия Евгеньевича
(Ф.И.О. полностью)

Группа П-428

1 Тема работы

Разработка электропривода крана-манипулятора

утверждена приказом по университету от 04.04.2018 г. № 580

2 Срок сдачи студентом законченной работы: 21.06.2018г.

3 Исходные данные к работе

Грузовой автомобиль с установленной краноманипуляторной установкой, краткое техническое описание работы и устройства системы КМУ, перечень основных параметров функциональных элементов, необходимых для внедрения предлагаемой системы

4 Перечень подлежащих разработке вопросов

4.1 Изучение параметров основных узлов, требующих модернизации

4.2 Определение основного узла, расчет его мощности

- 4.3 Подбор двигателя, дублирующего функции ДВС
- 4.3 Разработка математической модели, описывающей систему
- 4.4 Разработка принципиальных электрических схем управления для системой
- 4.5 Конструкторские предложения для размещения вводимого объекта
- 5 Перечень графического материала
- 5.1. Чертежи по устройству и принципу работы КМУ грузового автомобиля

Всего листов

6 Дата выдачи задания: 09.04.2018

Руководитель _____ П. О. Шабуров
(подпись) (И.О. Ф.)

Задание принял к исполнению _____ Д. Е. Суворов
(подпись студента) (И.О. Ф.)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Ознакомление с конструкцией системы	09.04.2018 – 15.04.2018	
Определение узлов требующих модернизации	16.04.2018 – 29.04.2018	
Подбор функциональных элементов разрабатываемой конструкции	1.05.2018 – 12.05.2018	
Разработка математической модели	13.05.2018 – 31.05.2018	
Разработка принципиальных электрических схем для управления системой	01.06.2018 – 18.06.2018	

Заведующий кафедрой _____ /В. Г. Дегтярь/

Руководитель работы (проекта) _____ /П. О. Шабуров/

Студент _____ /Д. Е. Суворов/

АННОТАЦИЯ

Суворов Д.Е. – Челябинск: ЮУрГУ, П-428, 48 стр., 29 ил., библиогр. список – 13 наим.

Цель – используя современные вычислительные средства и техническую литературу модернизировать грузовой автомобиль путем внедрения электропривода и системы управления для него.

Задачи – изучить техническую литературу, чертежи и возможности модернизации рассматриваемого объекта, разработать математическую модель системы автоматического управления, а также принципиальные электрические схемы для этой системы.

Рассматриваемая цель, является актуальной в транспортной инфраструктуре, так как при переходе на работу от электропривода увеличиваются как количественные, так и качественные показатели труда, улучшается экологическая обстановка на предприятии, что очень важно в наше время и позволяет вывести предприятие на новый уровень.

					ЮУрГУ - 13.03.02.2018.177.09 ПЗ ВКР			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Суворов Д.Е.			<i>Разработка электропривода крана-манипулятора</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провеп.</i>		Шабуров П.О.					1	46
<i>Реценз.</i>						<i>ЮУрГУ Летательные аппараты</i>		
<i>Н. Контр.</i>		Шабуров П. О.						
<i>Утверд.</i>		Дегтярь В.Г.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОПИСАНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ И ОБОСНОВАНИЕ ЕЕ АКТУАЛЬНОСТИ.....	5
1.1 Положение рассматриваемой проблемы в структуре транспортной системы	5
1.2 Проблемы, возникающие в процессе производственной деятельности	5
1.3 Оценка и попытки решения проблем, связанных с внедрением системы.....	5
1.4 Проектировочно-технические предложения.....	8
1.5 Характеристика последствий установки	17
2 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА МАСЛЯНОГО НАСОСА	18
2.1 Расчет потребляемой мощности насоса и выбор двигателя.....	18
2.2 Синтез системы управления скорости вращения двигателя	20
2.3 Разработка системы управления элементами привода	22
2.4 Подбор основных компонентов системы управления	27
2.4.1 Выбор стоек	27
2.5.2 Выбор реле	28
2.5.3 Выбор тахогенератора	29
2.5 Внедрение в систему привода АКБ	31
3 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СИСТЕМЫ	35
3.1 Подключение привода к масляному насосу автомобиля	35
3.2 Конструкция блока управления	40
3.3 Конструкция блока АКБ и установочные размеры	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	46

						Лист
					ЮУрГУ - 13.03.02.2018.177.09 ПЗ	2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Транспортная инфраструктура, а также ее составляющие представляет собой сложный комплекс средств и способов их использования. Рассматривая в отдельности промышленный транспорт, можно сказать, что он является неотъемлемой частью промышленного производства в целом, так как выполняет ряд важнейших задач. Основной задачей этого комплекса можно считать бесперебойное обеспечение производственных площадей необходимым оборудованием и материалами.

Также, помимо основных задач, транспортная отрасль при определенном взаимодействии с ней, выполняет ряд других немаловажных функций, к которым можно отнести:

1. экономическую, заключающуюся в обеспечении связи предприятий, а также координации деятельности во всех основных отраслях промышленной экономики;
2. социологическую, заключающуюся в понимании ценности, а отсюда экономии времени человека, и как результат облегчении труда и повышении его производительности;
3. научную, значимость которой можно рассмотреть с нескольких позиций. Во-первых, с течением времени транспорт, шагая в ногу с техническим прогрессом, нуждается в совершенствовании, тем самым ставит перед наукой новые задачи. Во-вторых, как результат, более развитый и унифицированный транспорт позволяет интенсивно развиваться многим направлениям науки, в очередной раз, показывая тем самым, что в транспортной структуре все тесно взаимосвязано

В данной работе была произведена планировка, расчет и внедрение в систему грузового автомобиля альтернативного источника, позволяющего расширить, тем самым унифицировать в определенном смысле, возможности краноманипуляторной

установки, суть работы которой заключается в разгрузке или погрузке производственного оборудования и материалов.

Сам по себе рассматриваемый в работе транспорт является ярким примером того, что при необходимости, возможно, не прилагая особых усилий с научной точки зрения добиться значительного прогресса в экономической и социологической сфере транспортной отрасли, а именно сократить финансовые затраты на транспорт и как результат – снизить временные затраты и повысить производительность труда.

Целью данной работы является планировка и последующее внедрение электрического привода в систему краноманипуляторной установки грузового автомобиля. Для осуществления этой цели ставятся задачи, которые сводятся к рассмотрению возможных вариаций установки данного привода на автомобиль, а также поиск возможных решений, позволяющих унифицировать, тем самым извлечь максимальную выгоду от данного технического решения. Помимо установки, требуется разработать систему управления данным приводом, чтобы он отвечал современным запросам и ожиданиям конечного потребителя.

В качестве исходных данных для при разработке использованы следующие данные:

- характеристики краноманипуляторных установок серии UNIC;
- данные на спектр грузовых автомобилей;
- чертежи размещения узлов модернизируемого автомобиля;
- материалы СП, ГОСТов и других документов.

1 ОПИСАНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ И ОБОСНОВАНИЕ ЕЕ АКТУАЛЬНОСТИ

1.1 Положение рассматриваемой проблемы в структуре транспортной системы

В настоящее время большая часть предприятий, как мелких, так и крупных, для решения проблем с перевозкой своей продукции, либо при проведении каких-либо работ непосредственно на рабочих местах, пользуются услугами грузовых транспортных средств, в частности грузовых автомобилей с краноманипуляторными установками, которые впоследствии мы будем называть самопогрузчиками.

1.2 Проблемы, возникающие в процессе производственной деятельности

Зачастую, погрузочно-разгрузочные работы производятся не на прилегающей территории промышленного предприятия, а непосредственно внутри. Для поддержания работоспособности выполняющего задачу транспортного средства, необходимо чтобы оно постоянно находилось в рабочем состоянии, а именно постоянно работал двигатель, который и питает само манипуляторное устройство.

Это создает большие проблемы, особенно если во время работы на отведенном участке выполняют свою работу другие рабочие предприятия, так как, работающий автомобиль, особенно грузовой, создает мягко говоря, некомфортные условия для их деятельности, снижая тем самым производительность труда. Основными неблагоприятными условиями можно считать повышенные шумы, а также вредные выхлопные газы автомобиля, находящегося в работе. Также стоит отметить, что под нагрузкой количество газов соответственно возрастает.

1.3 Оценка и попытки решения проблем, связанных с внедрением системы

В настоящее время в рассматриваемой области для решения такого рода проблем делается очень мало, а сами разработки носят скорее местный, а не

массовый характер, да и сами внедрения создаются, так сказать, кустарным способом и только частично решают проблемы, которые так и остаются актуальными.

Возможно, излишние шумы не так сильно вредны для рабочих, ведь на большом предприятии, помимо работающего грузового автомобиля, источников шума достаточно много, но касаясь выхлопных газов, которые выделяются при работе, говорить, что ими можно пренебречь, будет не совсем правильно.

В качестве варианта решения проблемы выхлопных газов возможно приобретение небольших погрузчиков (рисунок 1.1), на которые можно установить газобаллонное оборудование (ГБО), но это лишь сокращает выбросы, но они также остаются, хоть и в меньших количествах. Помимо отдельных затрат на приобретение, обслуживание, а также установку ГБО на данные погрузчики, нужда в грузовом автомобиле остается актуальной, поэтому это вдвойне затратное дело, так как, если грузовой автомобиль не имеет в своем распоряжении КМУ, то и на месте разгрузки будет также существовать необходимость использования погрузчиков, что как итог увеличит затраты, которые не каждое предприятие будет готово понести в угоду созданию более благоприятных условий труда рабочих.



Рисунок 1.1 - Грузовой погрузчик на предприятии

Также, если рассмотреть более бюджетные варианты уменьшения выбросов, можно остановить свое внимание на специальных устройствах, которые отводят через специальные патрубки выхлопные газы автомобиля на улицу. На практике - это простые резиновые шланги, которые закрепляются на выхлопную трубу автомобиля одним концом, другой конец просто выносят на улицу. Для наглядного представления того, как выглядит данное приспособление, обратимся к рисунку 1.2. Данное решение в какой-то мере имеет место быть, так как оно не такое затратное для предприятия, но, например, при перемещении автомобиля по предприятию, это устройство либо нужно отсоединять, либо перемещать также совместно с автомобилем, что создает дополнительные трудности, поэтому зачастую этим способом пренебрегают.



Рисунок 1.2 – Отводящее выхлопные газы устройство

Внесение любого, даже незначительного изменения в промышленный объект, который по своей сути при разработке был в достаточной степени оптимизирован со всех сторон, в большей или меньшей степени, влияющих на его производительность, изначально дело непростое, а если в конструкцию вносится двигатель с системой управления, встает вопрос либо обустройства готового, либо создания нового свободного места для его установки.

Также немаловажную роль играет установка оборудования не просто на свободном, а также и действительно пригодном по определенным параметрам месте. Например, необходимо создать условия для естественного охлаждения двигателя (оставить небольшие зазоры по его периметру установки), учесть вибрации, появляющиеся в процессе работы, которые могут негативно сказаться на других элементах автомобиля и, как результат если не вывести их из строя, то нарушить их нормальную работу. Таких условий еще достаточно много и все их необходимо учитывать при разработке.

Если мы говорим о более маленьких доработках, таких как размещение блока управления, то тут все проще, достаточно учесть несколько основных факторов: обеспечение электробезопасности, надежности креплений и соединений и самое главное исключить попадание влаги в корпус. Сами по себе устройства никаких значительных воздействий на автомобиль не оказывают.

1.4 Проектировочно-технические предложения

Для более наглядного представления места установки основного агрегата внедряемой системы, рассмотрим устройство грузового автомобиля, представленного на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – КМУ на грузовом автомобиле (вариация 1)

На рисунке представлена крано-манипуляторная установка на грузовом автомобиле «Камаз». Вариантов самой установки достаточно много, например, она может также располагаться позади автомобиля, сбоку, либо даже в кузове, но представленный вариант имеет самое широкое распространение, поэтому будем использовать его[8].

Стоит также сказать, что даже расположение на раме между кабиной и кузовом имеет несколько вариантов и, как результат, предлагает нам больше вариантов для установки привода.

Например, на рисунке 1.4 изображена другая вариация расположения установки



Рисунок 1.4 - КМУ на грузовом автомобиле (вариация 2)

Как видно управление осуществляется без подъема на специальное место, что имеет как плюсы, так и минусы, но также является вариацией, кому как нравится.

Также, рассматривая блок управления перемещением стрелы, следует сказать о том, что он может быть расположен как симметрично (элементы управления располагаются по обеим сторонам КМУ), так и на одной из сторон, исходя из чего, также можно разными способами решать проблему с местом установки.

Например, на грузовой автомобиль, где блок располагается по одной стороне, привод можно устанавливать по другую сторону. Так как размеры двигателя небольшие, можно установить специальную площадку, к которой он будет непосредственно прикреплен.

Если же блок симметричен, установка привода также возможна, но будет создавать некоторые неудобства, поэтому ее разумнее перенести на место под кузовом, где его достаточно. В общем, можно заключить, что проблемы с поиском места нет. Причиной этому может случить предоставление возможности владельцу грузового автомобиля установки дополнительного оборудования, например,

дополнительных баков для топлива, ящиков для инструмента, мест для крепления запасных колес или же, как в нашем случае, внедряемого привода.

Также, как упоминалось выше, нам необходимо произвести закрепление дополнительной аккумуляторной батареи и подготовить место для установки блока управления проектируемым объектом, что будет являться меньшей проблемой, так как место нам позволяет это сделать.

Для того, чтобы рассчитать мощность и подобрать необходимый двигатель по результатам, следует сначала определиться и понять, какую работу он будет производить, для этого нужно определить основной узел, который будет потреблять мощность двигателя постоянного тока, заменой которому изначально был противопоставлен двигатель внутреннего сгорания. Обратимся к краткой справке о краноманипуляторных установках фирмы Furukawa, которые мы будем модернизировать[7].

Японская компания Furukawa Unic создана в 1946 году для производства гидравлических телескопических манипуляторов, оборудования для автоэвакуаторов и другой техники. Наиболее узнаваемой продукцией Furukawa Unic среди машин и спецоборудования являются гидравлические краны-манипуляторы, выпускаемые под торговой маркой UNIC. С 1961 года Furukawa Unic начала продажи автомобильных краноманипуляторных установок, чем внесла весомый вклад в развитие грузового автотранспорта. В настоящее время продукция Furukawa UNIC известна более чем в 100 странах мира. Furukawa Unic разработала более 300 моделей и модификаций КМУ UNIC для всех классов грузовых автомобилей, обеспечивающих максимум потребностей покупателей.

Автомобильные краноманипуляторные установки и краны-манипуляторы гусеничные UNIC - это гидравлические краны с полноповоротной, телескопической стрелой, тросовой подвеской крюка и грузоподъемностью от 1,0 до 13,6 тонн. Они могут иметь до шести секций в стреле, комплектоваться гуськом, задними аутригерами, дистанционным управлением и другим оборудованием.

На рисунке 1.5 представлена одна из самых распространенных установок UNIC 330. Стоит сразу заметить, что значений в наименовании моделей очень много, но отличаются они все по нескольким основным параметрам: вылету стрелы, грузоподъемности и количеству секций. Само техническое устройство практически неизменно[9] [10].

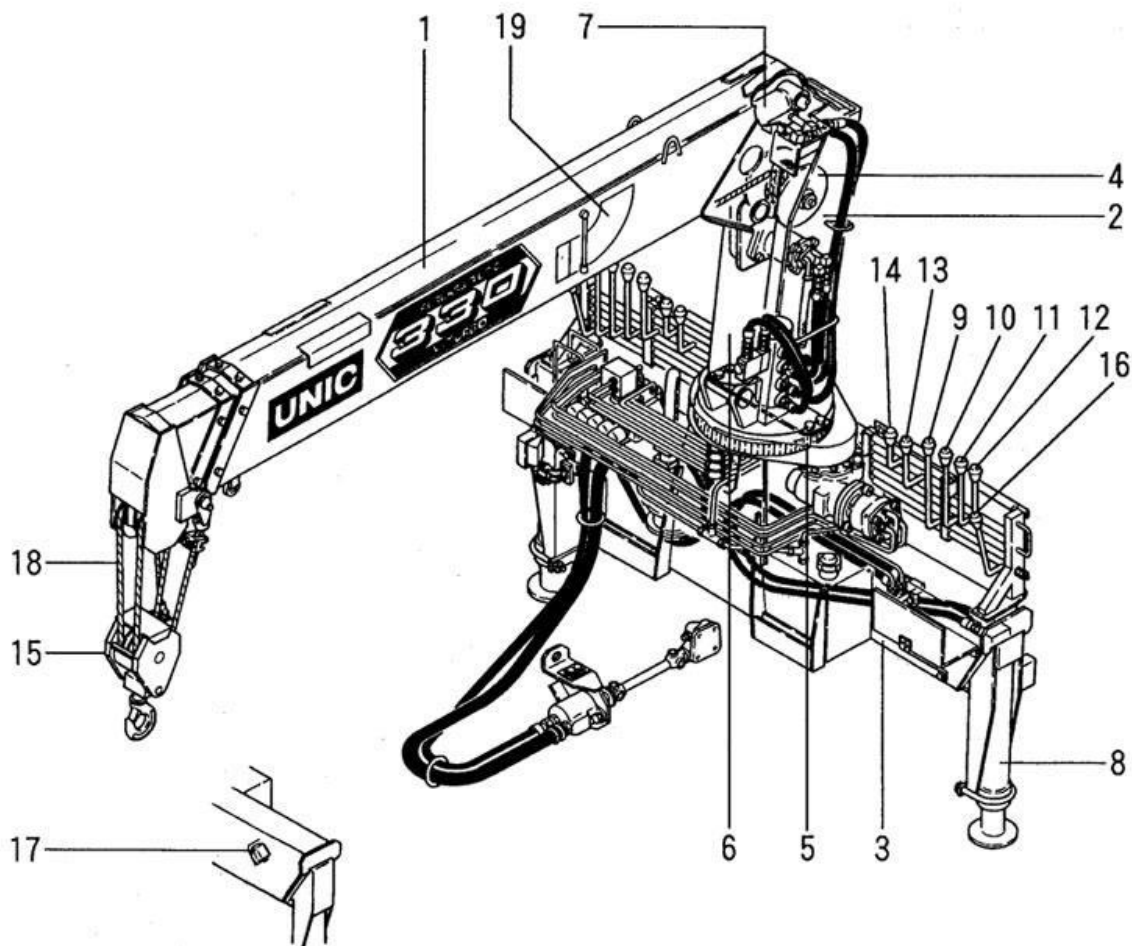


Рисунок 1.5 – Краноманипуляторная установка UNIC 330

Рассмотрим основные узлы КМУ:

1. Обеспечивает перемещение груза в рабочей зоне. Выдвигается и задвигается с помощью гидроцилиндров.
2. Это вертикальная часть крановой установки, на которой установлена стрела, грузовая лебедка, и гидроцилиндр изменения угла наклона стрелы. Колонна поворачивается поворотным механизмом.
3. Устанавливается на раму автомобиля.

19.

Показывает вес поднимаемого

груза.

В представленном перечне не затронут основной узел КМУ - гидравлический насос, который перекачивает масло в системе и создает давление, в зависимости от нагрузки, величина которой зависит от массы поднимаемого груза. На рисунках 1.6 и 1.7 представлен один из насосов, который используется в системе - Shimadzu 20A32L. Представим небольшую справку о нем ниже.

Насос гидравлический Shimadzu 20A32L применяется на японских манипуляторах (самопогрузчиках) UNIC, Tadano, Nansei, Shin Maywa, Maeda в качестве основного гидронасоса [11].

Вал насоса Shimadzu 20A32L на 10, 11 и 13 шлицев (зубьев). Гидронасос 20A32L левого вращения. Корпус насоса – высокопрочный алюминиевый сплав. Высокопрочный корпус и уникальная конструкция насоса Shimadzu 20A32L позволяет работать при высоком давлении. Насос Shimadzu 20A32L может быть подсоединен через карданный вал или напрямую к коробке отбора мощности.



Рисунок 1.6 - Насос гидравлический Shimadzu 20A32L (вид 1)



Рисунок 1.7 - Насос гидравлический Shimadzu 20A32L (вид 2)

Перед началом проектирования посмотрим на схему работы установки до внедрения дополнительного оборудования (рисунок 1.8).

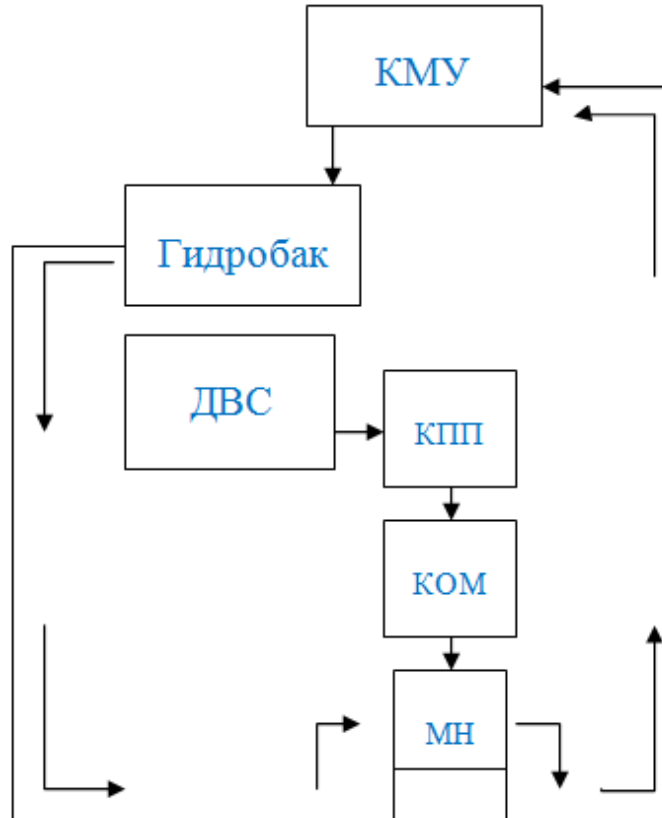


Рисунок 1.8 – Система работы КМУ до внесения изменений

Как видно из рисунка изначально масляный насос получает мощность по следующей схеме: работающий двигатель передает определенный момент на коробку передач автомобиля, которая соединена с коробкой отбора мощности, а далее уже подает определенную мощность на сам насос.

Исходя из схемы, можно заключить, что наиболее разумным вариантом внедрения двигателя постоянного тока является его параллельное соединение непосредственно с масляным насосом, так как при таком условии мы лишь дублируем функции двигателя внутреннего сгорания, но не вносим изменений в основную конструкцию установки.

На рисунке 1.9 представлен схематичный вариант такого размещения, как мы видим, для такого подключения особых изменений в конструкцию делать не приходится, что в принципе будет более сложной задачей, в то же время мы решаем основную задачу – частично заменить основной агрегат автомобиля внедряемым приводом.

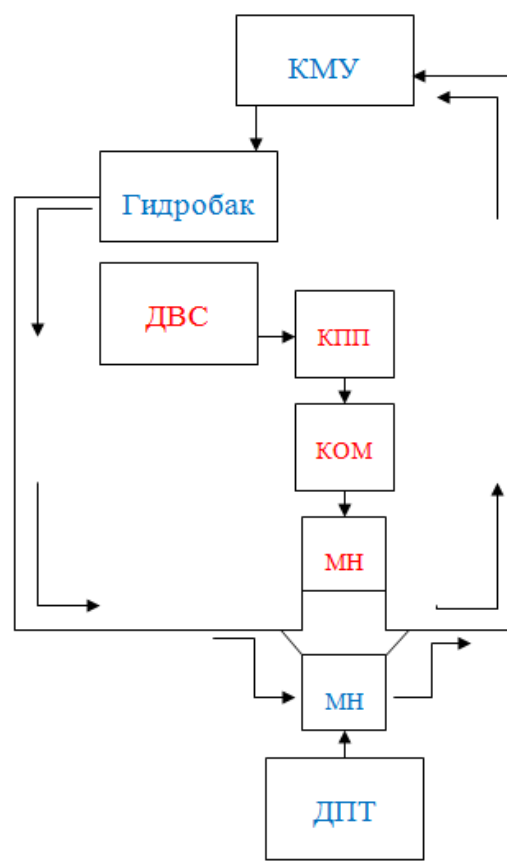


Рисунок 1.9 – Внедренный в систему КМУ электропривод

1.5 Характеристика последствий установки

Разумность данного варианта модернизации оборудования заключается в том, что при большой сети строений какой-либо транспортной компании нет необходимости модернизировать каждое здание в отдельности или закупать какое-либо оборудование, достаточно внести изменения в конструкцию нескольких транспортных средств, повысив тем самым их универсальность и производительность.

Разумеется, что первоочередной задачей является совершенствование уже существующего способа взаимодействия предприятий, поэтому характеризуя последствия реализации, сначала лучше всего заострить внимание на положительных и отрицательных итогах этой работы, к которым можно отнести:

1. увеличение производительности, как в количественном, так и в качественном смысле
2. улучшение функциональной составляющей
3. улучшение экологической обстановки на предприятии
4. сокращение расходов на топливо и другие ГСМ
5. уменьшение автопарка предприятия и, как результат, сокращение обслуживающего его персонала

К минусам можно отнести:

1. затраты, необходимые для внесения предлагаемых изменений
2. обеспечение дополнительным оборудованием цехов, в которых будет производить работу обновленный объект

Как мы видим, плюсы покрывают минусы, тем более, если взять затраты как основной минус, то можно сказать, что они единовременны и начнут себя окупать с самого начала, и чем больше предприятие, тем быстрее оно покроет эти расходы, поэтому единственной проблемой является только само наличие этих средств предприятия, что для малых и средних фирм может явиться проблемой.

2 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА МАСЛЯНОГО НАСОСА

2.1 Расчет потребляемой мощности насоса и выбор двигателя

Для расчета мощности, которую будет потреблять масляный насос, воспользуемся формулой

$$\text{-----} \quad (1)$$

где k —коэффициент запаса (1.1—1.4);

γ — удельный вес перекачиваемой жидкости, Н/м³;

Q — производительность насоса, м³/с;

H — напор насоса, м;

η_p — кпд передачи (при непосредственном соединении насоса с двигателем $\eta_p = 1$);

η_n — кпд насоса принимают равным: для поршневых насосов — 0.7—0.98; для центробежных насосов с давлением свыше 39 000 Па — 0.6—0.75; с давлением ниже 39 000 Па — 0.3— 0.6 (лучше всего кпд определять по данным каталогов) [12].

Подставив значения в формулу, получим:

$$\text{-----} \quad (2)$$

где γ —700 для масла, используемого в системе

Q — 36 л в минуту перевели в кубометры в секунду, получили 2,16

H —10 мПа перевели в м, получили 1000 м

По итогам расчета мы производим выбор двигателя [3]. Свой выбор мы остановили на двигателе постоянного тока Jinle QZD4842 (рисунок 2.1) мощностью 4 кВт [1]. Мощность взята немного больше, чтобы был определенный запас.



Рисунок 2.1 – Двигатель Jinle

В таблице 1 представлены краткие характеристики выбранного двигателя

Таблица 1 – Характеристики двигателя Jinle

Сертификация	CE, ISO9001: 2000
Крутящий момент, Н*м	20
Коммутация	щетка
Особенность защиты	IP54
Скорость вращения, об./мин.	1900
Непрерывный ток, А	120
Выходная мощность, Вт	4000
Потребляемое напряжение, В	48

2.2 Синтез системы управления скоростью вращения двигателя

Для наглядности перед описанием внедряемой системы, представим небольшую схему работы КМУ (рисунок 2.2) при подключении масляного насоса к двигателю постоянного тока, который будет питаться от промышленной сети 220В.

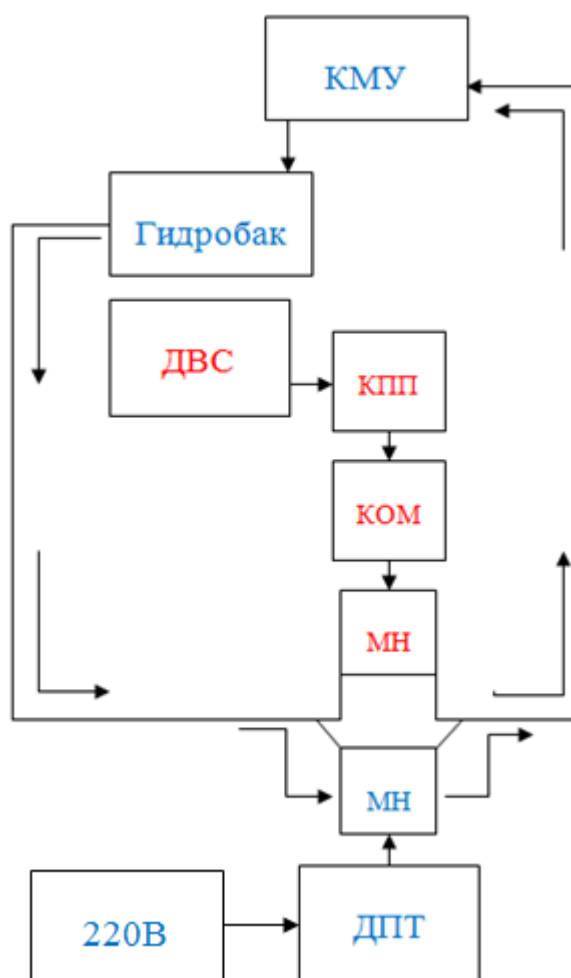


Рисунок 2.2 – Схема, подключенная к промышленной сети

При изучении данных технической документации на автомобили с КМУ, мы узнали, что номинальная скорость вращения масляного насоса Shimadzu – 1700 оборотов в минуту, а двигатель, который мы выбрали по итогам расчета, вращается со скоростью 1900 оборотов.

Задание по скорости – 1700 оборотов в минуту, для этого реализуется плавное нарастание во избежание больших перерегулирований при переходном процессе. Для измерения значений оборотов, установим на валу двигателя датчик скорости [4].

Создадим модель, для регулирования скорости вращения представленную на рисунке 2.3, где жестко установим задание по скорости в 1700 оборотов [2].

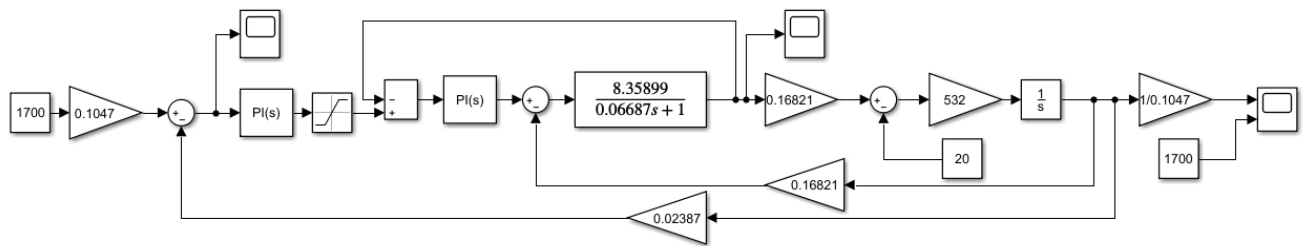


Рисунок 2.3 – Схема регулирования

После внедрения схемы регулирования взглянем на график скорости вращения двигателя, после установки датчика скорости на валу (рисунок 2.4)

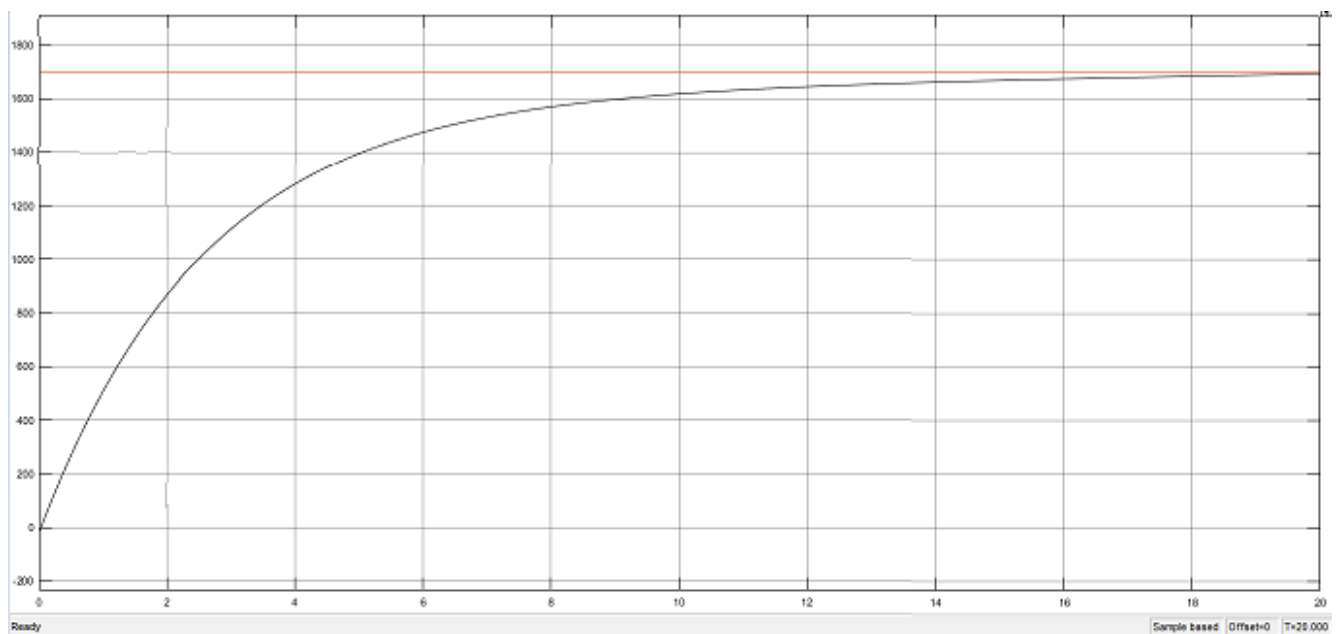


Рисунок 2.4 – График скорости вращения двигателя

2.3 Разработка системы управления элементами привода

Для стабильной работы внедряемой системы, а также для того, чтобы сделать ее более современной, была разработана схема управления двигателем.

Рассмотрим основные элементы данной схемы с кратким описанием функций, которые они выполняют:

1. AtMega 8-16AC - является КМОП 8-битным микроконтроллером малой мощности на базе архитектуры AVR RISC. Выполняя мощные инструкции одного цикла, ATMEGA8-16AC достигает пропускной способности 1MIPS на МГц, позволяя системным разработчикам оптимизировать энергопотребление, по отношению к скорости обработки
2. Реле включения/выключения – выполняет роль переключателя режимов соединения АКБ, а также позволяет выбирать типы подключения ДПТ к источнику питания
3. Датчик тока (OutDT) – показывает выходные значения тока
4. Блоки (UconstH и UconstL) – блоки датчиков напряжения, показывающие высокие и низкие значения напряжений
5. Button (B1) – кнопка для включения/выключения питания привода

Так как на предприятии мы берем напряжение от промышленной сети ($U = 220\text{В}$), то считаем его переменным, поэтому для работы двигателя постоянного тока, его необходимо выпрямить[6]. Для этой цели мы используем диодный мост, а также LC-фильтр, который будет сглаживать пульсации напряжения. Расчет необходимого фильтра представлен ниже:

(3)

где $m_n = 2$ – коэффициент, показывающий во сколько раз частота основной гармоники выпрямляемого напряжения больше частоты сети

(4)

—

(5)

—

(6)

—————

(7)

(8)

(9)

—

(10)

==

(11)

—————

(12)

(13)

Диодный мост возьмем QL100A (рисунок 2.5), краткие характеристики представлены в таблице 2

Таблица 2 – Значения параметров диодного моста QL100A

Макс. импульсное обратное напряжение, В	1000
Макс. выпрямленный за полупериод ток, А	100
Макс. допустимый прямой импульсный ток,	4500
Способ монтажа	клеммы



Рисунок 2.5 - Диодный мост QL100A

По итогам расчета LC-фильтра необходимо выбрать компоненты для фильтра, с учетом номенклатурных рядов выбираем силовую дроссель с необходимой индуктивностью, а в качестве емкости используем два параллельно соединённых электролитических алюминиевых конденсаторов ЕСАР (К50-35) на 1000 мкФ, такое большое увеличение емкости происходит из-за того, что погрешность выбранных конденсаторов составляет 20% [13].

Силовой дроссель

Силовой дроссель, изображенный на рисунке 2.6, представляющий из себя катушку с Ш-образным сердечником, предназначен для подавления пульсаций в цепи. Основные параметры дросселя – индуктивность и сопротивление



Рисунок 2.6 – Силовой дроссель

Краткие характеристики компонента представлены в таблице 3

Таблица 3 – Значения параметров силового дросселя

Номинальный ток, А	150
Номинальное напряжение, В	до 600
Индуктивность обмотки, мкГн	50
Активное сопротивление, мкОм	55
Конструктивное исполнение	кольцевой

Конденсатор алюминиевый ЕСАР (К50-35)

Алюминиевые электролитические конденсаторы ЕСАР (К50-35) (рисунок 2.7), благодаря электрохимическому принципу работы, обладают следующими преимуществами:

1. высокая удельная емкость, позволяющая изготавливать конденсаторы емкостью свыше 1Ф;
2. высокий максимально допустимый ток пульсации;
3. высокая надежность.



Рисунок 2.7 – Конденсатор ЕСАР (К50-35)

Краткие характеристики компонента представлены в таблице 4

Таблица 4 – Значения параметров конденсатора ЕСАР (К50-35)

Рабочее напряжение, В	450
Номинальная емкость, мкФ	1000
Рабочая температура, С	-40..85
Допуск номинальной емкости, %	20
Выводы/корпус	под винт

2.4 Подбор основных компонентов системы управления

Разработанная система будет выполнять функции исполнения некоторых задач, основными из которых можно назвать:

1. Запуск ДПТ
2. Передача значений тахогенератора от вала двигателя
3. Информирование о значениях датчиков тока и величинах напряжений

Произведем подбор основных элементов системы

2.4.1 Выбор стоек

В качестве стоек для схемы мы выбрали транзисторы VS-GA200SA60UP 600В 100А 500Вт (рисунок 2.8) характеристики которого представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные параметры транзистора

Макс. напряжение, В	600
Макс. ток к/э при 25 С, А	100
Управляющее напряжение, В	15
Макс. мощность, Вт	500
Температурный диапазон, С	-55..150



Рисунок 2.8 - Транзистор IGBT 600В 100А 500Вт

2.5.2 Выбор реле

В качестве реле для схемы необходимо взять датчики 750 Н, краткие характеристики которых представлены в таблице 6.

Один из вариантов изображен на рисунке 2.9

Таблица 6 – Основные параметры транзистора

Рабочее напряжение, В	6...12
Продолжительное значение тока, А	250
Время включенного состояния, мс	30
Сопротивление, Ом	10
Температурный диапазон, С	-40..110

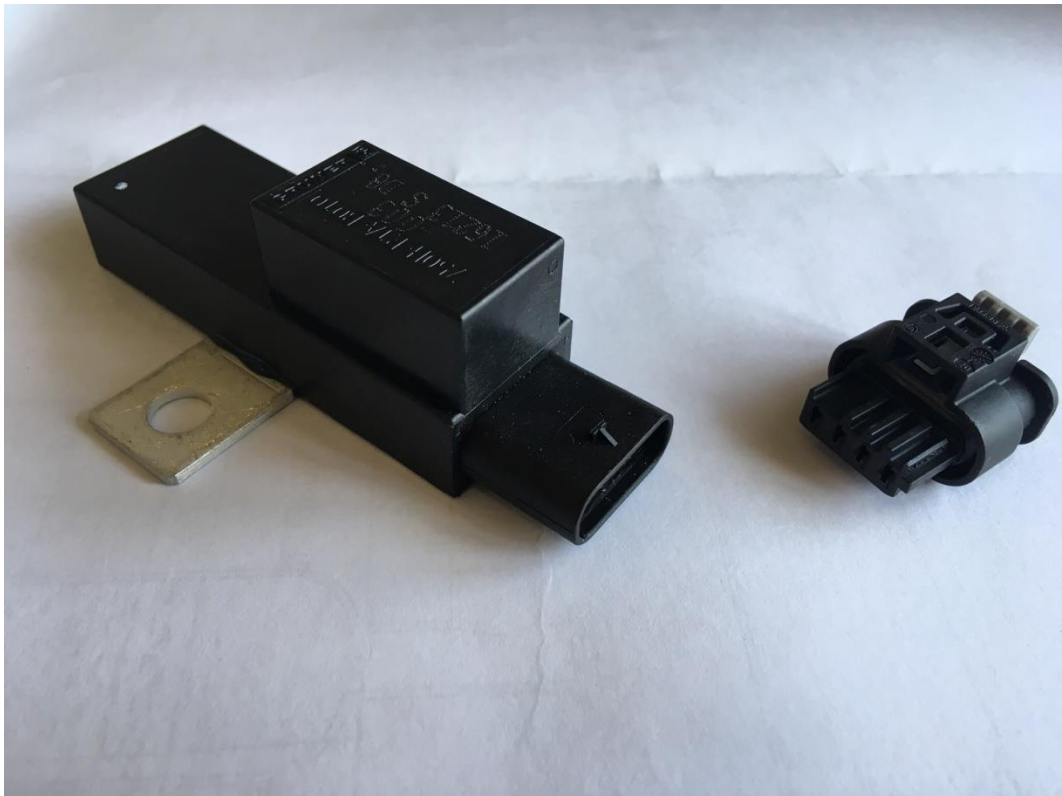


Рисунок 2.9 – Реле тока для схемы

2.5.3 Выбор тахогенератора

В качестве тахогенератора для схемы мы выбрали тахогенератор ТС45 (рисунок 2.10) характеристики которого представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные параметры тахогенератора

Крутизна, мВ*мин	0,85..2,5
Макс. частота вращения, об./мин.	6000



Рисунок 2.10 - Тахогенератор TC45

TC45 тахогенератор синхронный, встраиваемый, силовой предназначен для преобразования частоты вращения в пропорциональный электрический сигнал переменного тока трапецеидальной формы.

2.5 Внедрение в систему привода АКБ

Помимо основного узла (двигателя постоянного тока), также предлагается вариант, при котором масляный насос будет питаться не от промышленной сети 220В, а от АКБ автомобиля, например в аварийном случае, когда двигатель внутреннего сгорания автомобиля выходит из строя из-за какой-либо технической неисправности, а получить питание от промышленной сети не представляется возможным.

Для начала, следует заметить, что грузовой автомобиль питается от аккумуляторной батареи 24В, а двигатель постоянного тока, который установлен нами на автомобиль, рассчитан на напряжение 48В, поэтому для обеспечения работы привода, необходимо установить дополнительно еще один такой же аккумулятор.

Представим схему включения аккумуляторов на рисунке 2.11:

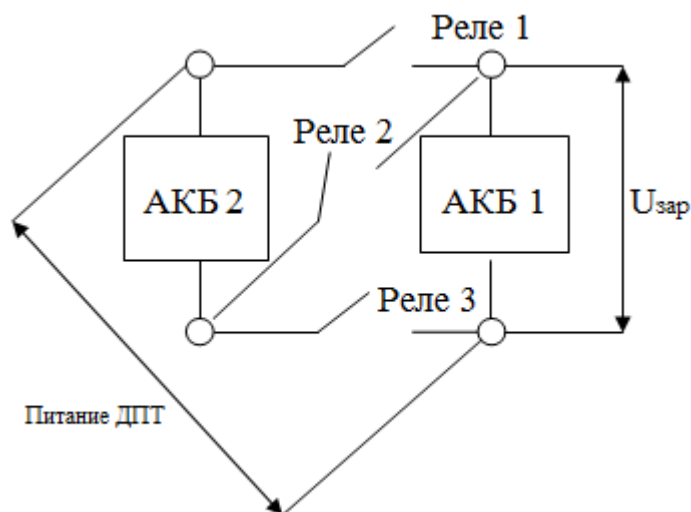


Рисунок 2.11 – Схема соединения аккумуляторов

На схеме представлены два реле, которые отвечают за переключение режимов соединения аккумуляторов и одно за передачу питания двигателю.

После данной модернизации появляется третий способ отдачи мощности масляному насосу, представленный на рисунке 2.12:

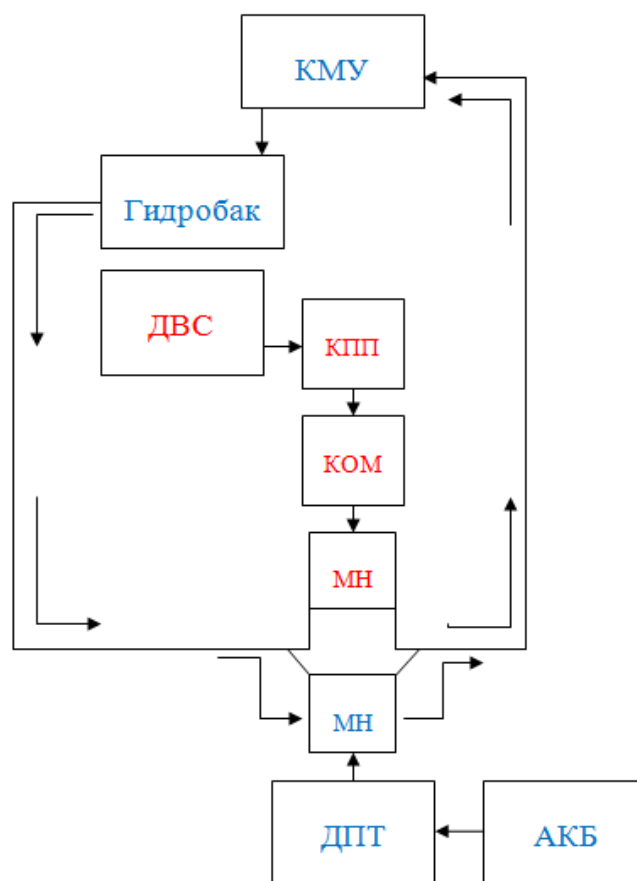


Рисунок 2.12 – Дублирование питания введенного привода от АКБ

Конечно, самый главный вопрос, который интересует потребителя – сколько сможет проработать автомобиль при таком питании под нагрузкой.

Для этого воспользуемся формулой для расчета времени работы двух последовательно соединенных аккумуляторных батарей, при дублировании функций двигателя постоянного тока.

$$(14)$$

где γ —700 для масла, используемого в системе

$U_{акб}$ – напряжение используемых аккумуляторных батарей

$S_{акб}$ – общая емкость используемых батарей

K – КПД инвертора (в пределах 0,75-0,85), берем среднюю величину

$K_{гр}$ – коэффициент глубины разряда аккумулятора (0,85)

$K_{де}$ - коэффициент доступной емкости (при нормальной температуре 1)

$P_{\text{нагр}}$ – мощность подключаемой нагрузки

Подставим значение в формулу, получим:

(15)

Как мы видим, при максимальной нагрузке аккумуляторы смогут обеспечить работоспособность установке в течение 90 минут, но нужды в таком большом времени нет, так как обычно в аварийной ситуации питание от аккумуляторов необходимо лишь для опускания перемещаемого груза и сворачивания стрелы. В отдельных случаях, для проведения ремонта, также может понадобиться питание для разгрузки автомобиля, но это займет не более 30 минут, поэтому можно сказать, что установка дополнительной батареи оправдана и позволяет значительно расширить возможности автомобиля.

Произведем выбор подходящих аккумуляторов для установки на автомобиль. Выбирать будем самые распространенные батареи, которые чаще всего устанавливаются на грузовые автомобили.

Свой выбор остановим на аккумуляторах фирмы Joker, краткие характеристики которого приведены в таблице 8

Таблица 8 – Основные параметры АКБ Joker

Ёмкость, А*ч	90
Ток пуска, А	750
Выходное напряжение, В	24
Размеры, мм	306*173*225
Страна-производитель	Ю. Корея

Обратимся к краткой справке о данном устройстве

Аккумулятор Joker (рисунок 2.13) для современных бензиновых и дизельных легковых автомобилей и легких грузовиков Корейских и Японских

марок. Создан по современной необслуживаемой технологии, исключающей испарение жидкости. Минимальный саморазряд обеспечивает возможность длительного хранения.



Рисунок 2.13 – Аккумуляторная батарея Joker 24В

Преимущества:

1. устойчивость к вибрациям
2. минимальный саморазряд при длительном хранении
3. продолжительный срок службы

3 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СИСТЕМЫ

3.1 Подключение привода к масляному насосу автомобиля

Перед началом установки и подключения привода необходимо определиться с местом установки. Для этого рассмотрим место расположения масляного насоса непосредственно на автомобиле (рисунок 3.1)



Рисунок 3.1 – Масляный насос на автомобиле

От масляного насоса отходят два шланга (патрубки), разного размера: маленький – высокого давления и большой – низкого (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Патрубки масляного насоса

Соединяются оба патрубка с гидробаком (рисунок 3.3), откуда непосредственно берут масло, которое гоняет по системе насос.



Рисунок 3.3 – Гидробак автомобиля

Так как второй (дублирующий) масляный насос будет жестко закреплен на валу двигателя, то нам лишь необходимо с помощью дополнительных патрубков произвести соединение через тройник (рисунок 3.4) основных и дублирующих шлангов, по которым будет проходить масло.



Рисунок 3.4 – Тройник для соединения шлангов

Место для установки выбирается индивидуально, так как возможных мест очень много, мы выберем наиболее приемлемый вариант – крепление на раме под кузовом на стороне, где расположен масляный насос, что позволит сократить расходы на проведение соединений патрубков, а также упростит дальнейшее обслуживание автомобиля с внесенными изменениями.

Обычно, на грузовых автомобилях, как говорилось ранее, места под кузовом уже обустроены для внесения изменений (дополнительные баки, ящики для инструмента и т.д.), но для надежности можно сварить специальную площадку, куда мы установим двигатель. Ориентировочные размеры, в зависимости от модели у данных двигателей – 200x350 мм.

При размещении ДТН под кузовом, частично решается проблема попадания влаги и пыли в привод, но также площадку можно сделать в виде разборного ящика, который можно при необходимости как разбирать так и собирать (например, при выезде из цеха, когда работа окончена).

Рассмотрим схему автомобиля (рисунок 3.5), определим место установки непосредственно у начала расположения кузова, если же в случае, когда данное место занято, целесообразнее будет перенести занимающие место элементы в другую часть, а на освобожденном месте установить ДПТ вместе со вспомогательными звеньями.



Рисунок 3.5 – Типичное расположение элементов автомобиля

3.2 Конструкция блока управления

Для установки системы управления приводом и блоком питания необходимо установить монтажный влагозащищенный шкаф. Блок управления (приложение А) включает в себя плату управления преобразователем (приложение В). Перечни элементов к схемам представлены в приложениях Б и Г соответственно [5].

Размеры шкафа определим по размеру платы управления (250*100 мм), взяв их с небольшим запасом.

Свой выбор остановим на ЩМП 300x210x150 IP54 У2 (рисунок 3.6), краткие характеристики которого представлены в таблице 9

Таблица 9 – Основные параметры монтажного щита

Материал	металл
Степень защиты	IP54
Климатическое исполнение	У2
Количество входов	6



Рисунок 3.6 – Приборный щит

Опишем немного климатические характеристики для понимания условий, в которых сможет эксплуатироваться модернизированный транспорт, заметим ранее в характеристиках двигателя Jinle мы указывали его климатическое исполнение – IP54, поэтому описание будет касаться также и его.

В параметре степени защиты есть две цифры, в нашем случае это 5 и 4. Эти цифры являют собой так называемую степень защиты IP, что означает определённые показатели защищённости от некоторых внешних влияний на тот или иной предмет, прибор или устройство. Рассмотрим климатические параметры для наших цифр.

Первая цифра 5 означает 5 уровень – полноценную защищённость от внешних контактов, а также защищённость от пыли.

Вторая цифра 4 означает 4 уровень – защищенность от мелких брызг, распространяющихся с любой стороны.

Касаемо климатического исполнения, с ним все также, есть буква и цифра, в нашем случае U2:

У – умеренный макроклиматический район

2 – эксплуатация под навесом (защита от вертикальных струй воды, допускается обрызгивание, попадание пыли, снега)

3.3 Конструкция блока АКБ и установочные размеры

Рассмотрим вариации установки АКБ на грузовой автомобиль, вернее второго дополнительного элемента. В данном случае у нас есть лишь 2 варианта: 1 – параллельное соединение двух батарей в штатном месте установки, либо перенос их в левую часть непосредственно следом за приводом, чтобы вся внедренная система находилась по одну сторону автомобиля, что упростит как использование так и обслуживание. Размеры аккумуляторных батарей следующие - 306x173x225. Разумеется второй вариант более удобный и не потребует огромных затрат на реализацию.

Также, стоит отметить, что часто напрямую с завода допускается возможность выбора питания бортовой сети, т.е. возможна как установка одного аккумулятора на 24В, так и двух на 12В, соединенных последовательно. Пример такого ящика для питания представлен на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 – Ящик питания бортовой сети 24В

Можно заметить, что если установить вместо двух аккумуляторов по 12В один на 24В, то в этот же ящик можно поставить необходимый нам такой же, что также будет удобно, а также защитит оборудование от дождя и пыли.

Сам ящик можно будет соединить со схемой управления и не открывая переключать АКБ из параллельного в последовательный режим и обратно, что также будет удобно при использовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе решалась задача не только повышения функциональности и унификации рабочих объектов, но и минимизации вредных факторов, которые могут возникнуть в процессе внедрения предлагаемого оборудования.

Итогом разработки проектного решения стала установка дополнительного оборудования на грузовой автомобиль с крано-манипуляторной установкой, а именно – электрического двигателя постоянного тока который будет дублировать функции основного (двигателя внутреннего сгорания), дополнительной аккумуляторной батареи.

Помимо основного узла, для совершенствования работы были предприняты меры по установке системы управления, для повышения функциональности внедренного оборудования.

Принятые разработанные решения обеспечивают достижение главной цели работы – унификации используемого на промышленном предприятии оборудования, что тем самым позволяет извлечь максимальную разностороннюю выгоду в производственной сфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Воронин, С.Г. Электропривод летательных аппаратов: Конспект лекций. Часть 1 / С.Г. Воронин – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 171 с.
- 2) Воронин, С.Г. Электропривод летательных аппаратов: Конспект лекций. Часть 2 / С.Г. Воронин – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 115 с.
- 3) Вольдек А. И. Электрические машины/ А. И. Вольдек – Москва: Изд-во Энергия, 1978. – 353 с.
- 4) Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание, 2007 год, 288 стр., формат 17х24 см, мягкая обложка, ISBN 978-5-388-00020-0.
- 5) Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы./ Баранов В.Н. – М.: Изд-во Додэка-XXI, 2006. – 147 с
- 6) Н.В. Клиначев. Мастер приведения параметров электрических машин. – http://model.exponenta.ru/k2/Jigrein/dcs_20131127.htm
- 7) Официальный сайт компании Furukawa Unic - <http://furukawaunic.ru>
- 8) Спецтехника из Японии. Крановые установки - <http://j-truck.ru>
- 9) Руководства по эксплуатации UNIC URV - <http://kmuclub.ru/topic/49-rukovodstva-i-katalogi-unic>
- 10) Руководство по ремонту КМУ UNIC - <http://multi-rent.ru/articles/unic/unic-rukovodstva-po-remontu>
- 11) UNIC. Запчасти для японских манипуляторов - <https://soling-nsk.ru/unic.htm>
- 12) Расчет мощности жидкостных насосов - <http://electrichelp.ru/raschet-moshhnosti-dvigatelya-nasosa>
- 13) Электронные компоненты и приборы - <https://www.chipdip.ru>

Блок управления ДПТ

Перв. примен.

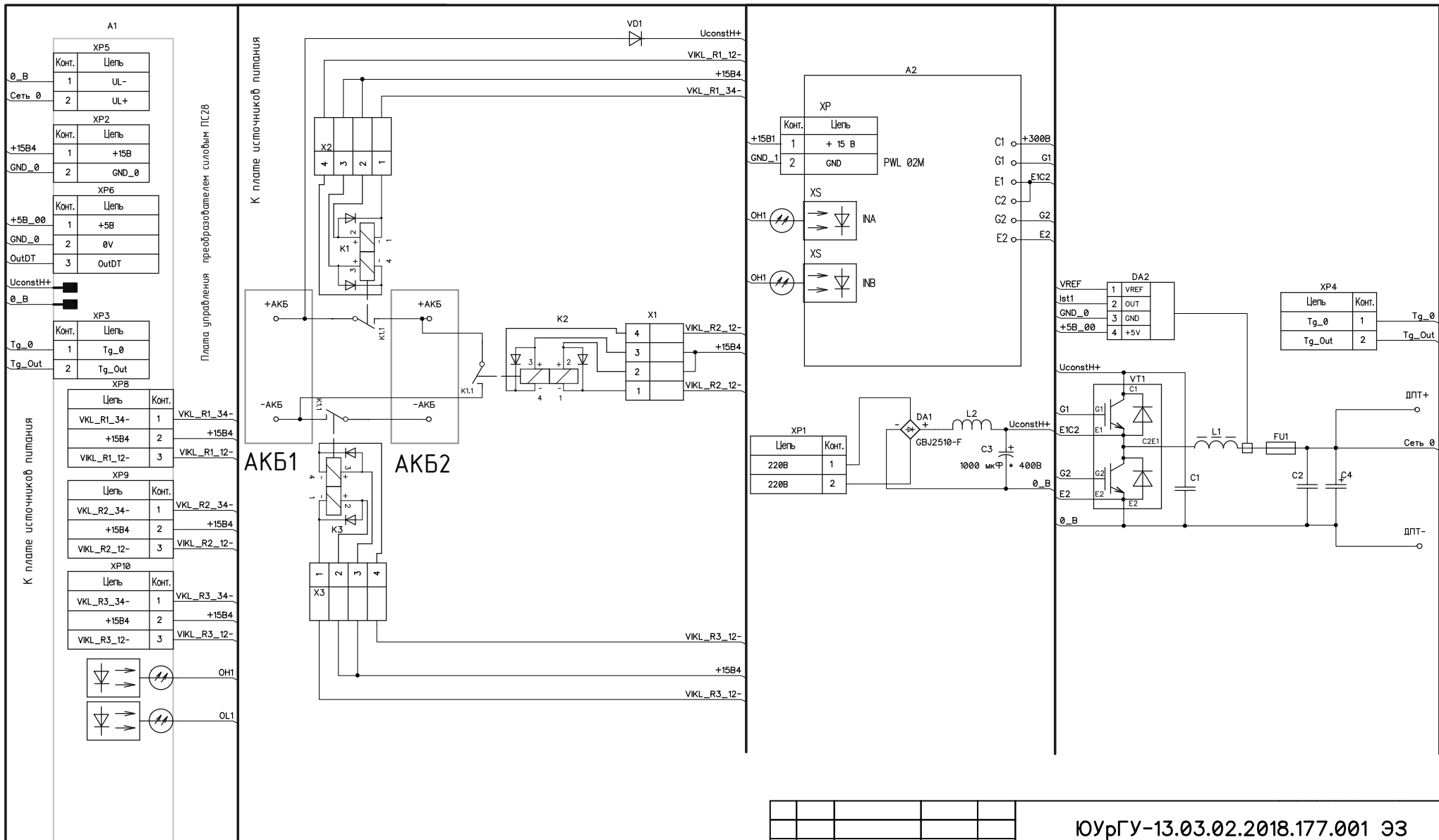
Справ. №

Подп. и дата

Взамен инв. № инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Суворов Д.Е.		
Пров.		Шабуров П.О.		
Т. контр.				
Н. контр.		Шабуров П.О.		
Утв.		Дегтярь В.Г.		

ЮурГУ-13.03.02.2018.177.001 ЭЗ

Блок управления ДПТ
Схема электрическая
принципиальная

Лит.	Масса	Масшт.
Лист 1	Листов	

ЮурГУ
Летательные аппараты

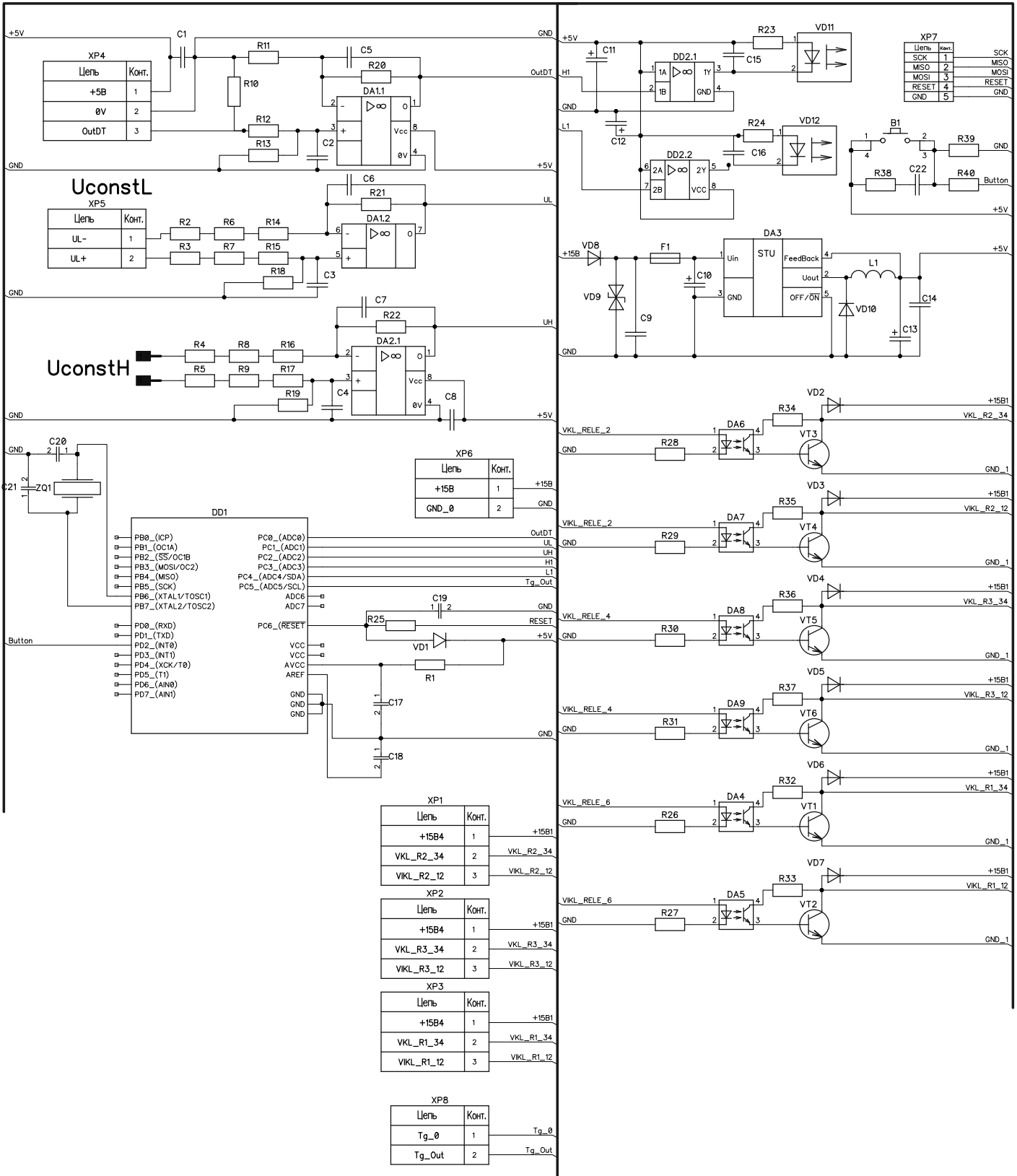
Поз. обозн.	Наименование				Кол.	Примеч.																					
	<u>Модули</u>																										
A1	Плата управления преобразователем силовым				1																						
A2	Драйвер				1																						
<u>Конденсаторы</u>																											
C1..C2	B32656S0105K500 «Epcos»				2	1 мкФ, 470В																					
C3	ЕСАР (K50-35)				1	1000мкФ, 400В																					
C4	B41456B9159M000 «Epcos»				1	15000мкФ, 100В																					
<u>Микросхемы</u>																											
DA1	Диодный мост GBJ2510				1	25А, 1000В																					
DA2	Датчик тока HASS-200S "LEM"				1																						
<u>Предохранители</u>																											
FU1	300A GOLF CAR				1																						
<u>Реле</u>																											
K3..K5	Gruner-750H				3																						
<u>Индуктивности</u>																											
L1..L2	Дроссель ЭСГ28.005.01				3																						
<u>Приборы полупроводниковые</u>																											
VT1	Модуль транзисторный SKM600GB066D «Semikron»				1																						
VD1	Диод SR106				1																						
<u>Соединители</u>																											
X1..X3	Hirschmann 805-122-541				3																						
X4..X7	Клеммы АКБ 1 и АКБ 2				4																						
X8..X9	Клеммы ДПТ				2																						
XP1..XP5	Розетка HU 08F AUK Connector				5																						
XP6..XP7	Низкое и высокое напряжение (выходы)				2																						
<table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> </table>																											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;">ЮУрГУ-13.03.02.2018.177.001 ЭЗ</td> </tr> <tr> <td>Изм</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>														ЮУрГУ-13.03.02.2018.177.001 ЭЗ							Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
ЮУрГУ-13.03.02.2018.177.001 ЭЗ																											
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																							
Инов. № подл.	Разраб.	Суворов			Блок управления ДПТ Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов																			
	Пров.	Шабуров					1	2																			
	Н. контр.	Шабуров				ЮУрГУ																					
	Утв.	Дегтярь				Летательные аппараты																					

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примеч.
XP8..XP10	Розетка HU 02F AUK Connector	3	

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2018.177.001 ЭЗ	Лист
						2

Плата управления преобразователем



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взамен инв. № дубл.

Инв. № подл. Подп. и дата

Юргу-13.03.02.2018.177.002 ЭЗ

Плата управления преобразователем
Схема электрическая принципиальная

Лит.	Масса	Масшт.
Лист 1	Листов	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Суворов Д.Е.		
Пров.		Шабуров П.О.		
Т. контр.				
Н. контр.		Шабуров П.О.		
Утв.		Дегтярь В.Г.		

Юргу
Летательные аппараты

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примеч.
R18..R22	RC1206JR-0722RL	5	SMD 1206 10.0K ±1%
R23..R24	RC1206FR-07470RL	2	SMD 1206 470 ±1%
R25	RC1206JR-0722RL	1	SMD 1206 10.0K ±1%
R26..R31	RC1206FR-07100KL	6	SMD 1206 100K ±1%
R32..R37	RC1206FR-07470RL	6	SMD 1206 330 ±1%
R38	RC1206FR-07100KL	1	SMD 1206 100K ±1%
R39	RC1206FR-07100KL	1	SMD 1206 220K ±1%
R40	RC1206FR-07470RL	1	SMD 1206 470 ±1%
	<u>Приборы полупроводниковые</u>		
VD1..VD8	S3M	8	горизонтальный
VD9	SMAJ33A	1	
VD10	SR106	1	MBR160, 11DQ06
VD11..VD12	Оптопередатчик HFBR-1522 "Avago..."	2	
	<u>Транзисторы</u>		
VT1..VT6	2N4923 npn	6	
	<u>Соединители</u>		
XP1..XP4	WF 03M AUK Connector	4	
XP5..XP6	WF 2M(R) AUK Connector	2	
XP7	PLS40_5	1	
	<u>Кварцевые резонаторы</u>		
ZQ1	HC-49S	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инва. № подл.	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подп. и дата
------	------	----------	-------	------	---------------	--------------	---------------	--------------

ЮУрГУ-13.03.02.2018.177.002 ЭЗ

Лист
2