

Министерство образования и науки Алтайского края  
Краевое государственное бюджетное профессиональное образовательное  
учреждение  
«Каменский агротехнический техникум»

Реферат на тему: Электра приводы в авто, мота технике, выбор  
электромотора

Работу выполнил

Студент группы: ОП-21

Ковалев Илья Александрович

Проверил преподаватель

Петрушенко В.В

г. Камень-на-Оби.

2023.

## 1. Актуальность темы

## 2. Цель и задачи исследования

## 3. Обзор работы

### 3.1. Анализ развития электромобиля

### 3.2. Анализ компонентов электромобиля

### 3.3. Кинематика электромобиля

### 3.4. Моделирование системы электропривода

## Выводы

## Список источников

## **Введение**

Автомобильный транспорт в настоящее время, безусловно, является неотъемлемой частью жизни населения. Он является наиболее удобным, достаточно быстрым и самым распространенным способом передвижения. И более того, он является самым востребованным транспортом практически во всех сферах. Существует и ряд недостатков этого транспорта– нанесение высокого экологического ущерба окружающей среде. Загрязнение окружающей среды этим видом транспорта происходит на всех стадиях его производства, в процессе эксплуатации, при переработке как самих автомобилей, так и топлива, масел и т. д. В процессе же самой эксплуатации происходит выбрасывание в атмосферу большого количества газов, оксидов азота и серы, которые, в свою очередь, пагубно сказываются на окружающей среде. Автомобили вырабатывают до 70 % вредных выбросов в атмосферу. В среднем каждый год выбросы загрязняющих веществ в экосферу от транспортных средств увеличиваются на 3,1 %. Немаловажным фактором является и высокая затратность автомобилей, работающих на бензине. Наличие всех этих недостатков привело к необходимости создания и совершенствования новых автомобилей, которые в первую очередь будут более экологически безопасными и менее затратными. В последнее время все чаще заходит речь об электромобилях, которые, возможно, в скором будущем придут на смену автомобилям с двигателем внутреннего сгорания. Электромобилем называется такое транспортное средство, которое приводит себя в движение не двигателем внутреннего сгорания, а электродвигателем. Питается он как от аккумуляторов, который заряжается от домашней сети.

Более того, в электромобилях отсутствует коробка передач, вследствие присоединения вала непосредственно к колесам. [1]

## **1. Актуальность темы**

Электропривод является важной частью электромобиля, поэтому анализ систем привода электромобиля и его дальнейшее моделирование являются важными критериями для будущего выбора компонентов системы и применения к ним дальнейших систем управления транспортным средством.

## **2. Цель и задачи исследования**

Цель работы— анализ систем электропривода, моделирование системы привода электромобиля в Matlab Simulink, составление прогноза о будущем привода электромобиля, получение реферативной информации. В данной работе будут рассмотрены системы электропривода на синхронном и асинхронном двигателе.

## **3. Обзор работы**

### **3.1. Анализ развития электромобиля**

Автомобили на сегодняшний день являются одним из популярных и комфортных вариантов перемещения. Однако, несмотря на огромное количество преимуществ, они имеют целый ряд недостатков. Один из самых главных недостатков заключается в том, что автотранспорт наносит большой ущерб окружающей среде. Также бензиновые автомобили являются довольно дорогим видом транспорта. Последнее время нефтепродукты стремительно дорожают. Эти факты привели к тому, что развитые страны стали разрабатывать и выпускать менее расточительные и более экологичные автомобили. [2]

В связи с ростом количества личного автотранспорта смог над большими городами стал приметой времени. Автомобили с двигателями внутреннего сгорания производят много шума, много дыма. Часто наблюдаются пробки на дорогах, в этих пробках длительное время простаивают автомобили, отравляя окружающую среду не меньше чем при нормальном режиме езды, но при этом передвигаясь со скоростью пешехода. В автомобильном выхлопе содержится большое количество вредных веществ, но большинство из них влияют на экологию локально— в месте выброса, отравляя самого водителя и окружающих его людей. Также при сжигании топлива выделяется большое количество парниковых газов, которые являются одной из причин глобального потепления. Автотранспорт

создает в крупных городах обширные зоны с долей загрязнения воздуха в 70 – 90 %. Одним из путей решения проблемы внутригородского транспорта является внедрение электромобилей. Многие сравнительные характеристики экологической эффективности показывают явное превосходство электромобилей перед другими видами автотранспорта. Для внутригородского автотранспорта в ближайшее время нет более экологически чистой и недорогой альтернативы электромобилям. [3]

История электромобилей составляет около 180 лет. Из этого следует, что первые электромобили появились почти на 50 лет раньше первого автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Толчком к их развитию послужило открытие Фарадеем явления электромагнитной индукции, после чего инженеры и изобретатели принялись искать пути его практического применения. Все электромобили того времени имели большой вес, передвигались со скоростью не более 4 км/ч и были не совсем пригодны к практическому применению. Развитие электромобилей сдерживало отсутствие сравнительно небольших и подзаряжаемых аккумуляторов.

Автомобили с двигателями внутреннего сгорания в то время издавали сильный шум, пахли маслом и мазутом, их нужно было заводить вручную, но они тоже продолжали модернизироваться и всё-таки постепенно вытеснили электромобили. Это произошло из-за того, что открытие богатых нефтяных месторождений повлекло за собой производство дешевого бензина. Также развитие автомобильных дорог позволяло совершать дальние путешествия, а электромобили были не способны ездить на дальние расстояния на одной зарядке аккумулятора. Так к 30-м годам 20 века электромобили перестали выпускаться серийно.

Интерес к электромобилям возобновился в 60 – е годы 20 века из-за подорожания стоимости топлива. Постепенно стали создаваться различные виды электромобилей, но процент их использования населением Земли был по-прежнему не высок.

В 90-х годах 20 века в США и в ряде других развитых стран издаются законы, согласно которым несколько процентов продаваемых автомобилей в стране не должны производить выхлопов. И авто-производители опять заинтересовались производством электромобилей. Достижения в области создания надежного частотнорегулируемого электропривода переменного тока с микропроцессорным управлением послужили основой создания современных систем привода электромобилями.

Главное достоинство электромобиля – это снижение степени загрязнения окружающей среды. Реальная динамика цен на электромобили, даже при резком удешевлении аккумуляторных батарей, будет определяться производственными возможностями компаний – изготовителей электромобилей, государственной политикой по субсидированию приобретения экологически чистых автомобилей, и реальным спросом на электромобили. Однако в случае, если прогноз по уровню цены на аккумуляторные батареи окажется близким к реальности, то ценовой барьер, препятствующий в настоящее время возникновению массового спроса на электромобили, может быть практически ликвидирован. В отношении удельных энергетических показателей аккумуляторных батарей, определяющих запас хода и динамику разгона, за последние несколько лет произошел значительный прогресс. [4]

### **3.2. Анализ компонентов электромобиля**

Даже если это не обязательно видно извне, электромобили имеют совершенно другую структуру привода благодаря специфическим характеристикам электродвигателя в отличие от транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания.

В первую очередь, аккумулятор – источник энергии электромобиля. От него зависит область действия транспортного средства, время необходимое на подзарядку. Зарядка батарей может осуществляться как от бытовой сети, так и на специальных станциях зарядки. Зарядка от бытовой сети называется медленной зарядкой и занимает до 8 часов, зарядка на специальных станциях называется быстрой и длится до 30 минут. Существуют стандартные электронные устройства для заряда электромобилей, регулируемые МЭК (Международная электротехническая комиссия). На сегодняшний день IEC 62196 выступает одним из основных международных стандартов. Он определяет главные характеристики, включая виды соединителей (штепсельные вилки, сетевые розетки, входы питания электрокара), режимы подзарядки током, настройки подключения и требования соблюдения норм и правил безопасности. [5]



*Рисунок 1 – Аккумулятор Tesla roadster.*

В настоящее время имеется множество стандартов зарядных устройств, не совместимых друг с другом. Самыми значимыми можно выделить американский, европейский и китайский стандарты. На рисунке 2 приведены основные стандарты зарядки электромобиля в Европе, США и Китае.

	Тип 1 / USA	Тип 2 / Европа	GB / China
AC	 SAE J1772 / IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB Part 2
DC	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB Part 3 / IEC 62196-3
COMBO	 SAE J1772 / IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

*Рисунок 2 – Основные стандарты зарядки электромобиля в Европе, США и Китае*

Выделяют следующие типы аккумуляторов:

Литий–ионные батареи основной тип аккумуляторов, используемых для установки в электромобилях. Доминирование технологии производства литий–ионных батарей сохранится еще несколько лет, поскольку многие производители электромобилей стали инвестировать именно в развитие литий–ионных аккумуляторов. Основным преимуществом батарей данного типа для производителей является число циклов заряда/разряда батареи. Развитие технологий в производстве литий–ионных батарей в ближайшие годы связывают с повышением энергетической плотности, т.е. количества энергии на единицу массы аккумулятора, и обеспечением безопасного использования батарей, которые при перегреве могут возгораться или взрываться, как это происходит с некоторыми мобильными устройствами.

Алюминий–ионные батареи– применение алюминия при производстве аккумуляторов позволяет повысить безопасность эксплуатации батареи и снизить ее себестоимость. Однако исследования в данном направлении находятся пока на начальном уровне и требуют серьезных инвестиций.

Литий–серные аккумуляторы– в теории литий–серные батареи обладают большей энергетической плотностью, чем литий–ионные аккумуляторы. Но их использование в электромобилях ограничивается малым числом циклов заряда/разряда, что неприемлемо для производителей электромобилей. [6]

В автомобилестроении применяют двигатели, работающие от электрической энергии. Они отличаются от двигателей внутреннего сгорания: имеют специфические характеристики и функции. Двигатель для электромобиля может функционировать самостоятельно или параллельно с двигателем внутреннего сгорания. Также такие моторы бывают двух видов: синхронные и несинхронные. При движении на нейтральной передаче аккумулятор электромобиля заряжается. Коэффициент полезного действия двигателя, работающего на электричестве, приближается к 90%, то есть практически весь объем выделенной энергии идёт на движение. Электродвигатель можно определить, как преобразователь одного вида энергии в другой, в частности, электрической в механическую с тепловым излучением. [7]

Хотя современные электромобили внешне мало отличаются от своих конкурентов с двигателем внутреннего сгорания, они имеют совершенно другую структуру привода благодаря специфическим характеристикам электродвигателя. В настоящее время используются как асинхронные и синхронные двигатели с постоянными магнитами и довольно сложно сделать точное предположение какой тип двигателя будет преобладать в будущем.

К главным особенностям электрического двигателя электромобиля относятся несколько важных характеристик:

Крутящий момент мотора достигает своего максимума сразу при включении, таким образом, электромобили не требуют наличия характерных для ДВС стартеров и сцеплений.

Работа агрегата на обширном числе оборотов, позволяет электромобилю обходиться без коробки переключения передач. Для изменения стороны вращения двигателя (включение заднего хода) достаточно поменять полярности.

Очевидно, что стартовать на электромобиле со всего потенциала крутящего момента, который гораздо мощнее многих автомобилей с ДВС, никто не будет. По меньшей мере, это небезопасно, и что немаловажно это влечет неэффективный расход заряда батарей. Поэтому традиционно электродвигатели должны отвечать следующим требованиям:

иметь безопасное и удобное для эксплуатации строение;

обладать гарантией длительной эксплуатации;

иметь компактные габариты.

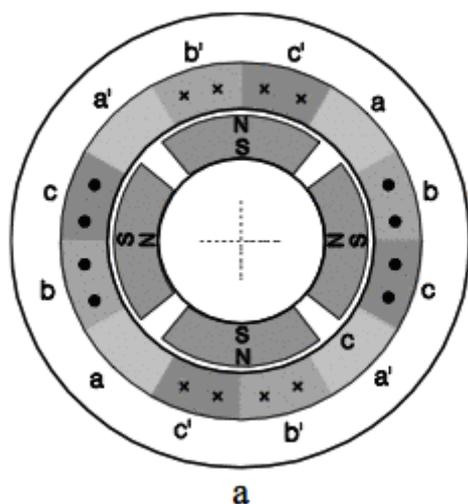
В современных автомобилях с электрической тягой серийного производства наиболее часто используют три типа электрических двигателей.

Асинхронные двигатели – моторы непостоянного тока, в которых скорость вращения ротора различается с потенциалом напряжения магнитного поля, созданным источником питания. Различают одно, двух и трехфазные агрегаты асинхронного типа.

Синхронные двигатели – электромотор, работающий на переменном токе, с движением ротора полностью симметричным электромагнитному полю. Подобные электродвигатели используют при повышенных мощностях. Различают шаговые и вентильные синхронные электродвигатели. Для первых характерно точное расположение ротора с подачей питания на конкретную обмотку, а чтобы изменить положение ротора, напряжение между обмотками необходимо перенаправить.

Двигатель–колесо – тип электромотора сила напряжения и крутящий момент которого рассчитан на конкретное колесо. Данный тип электропривода часто используется в плагин–гибридных автомобилях в рабочем тандеме с двигателем внутреннего сгорания.

Что касается регулировок управления электродвигателя, то за преобразование постоянного тока от аккумуляторных батарей в трехфазный переменный – отвечает инвертор. Трансмиссия – выполняющая роль сцепления и коробки передач, зачастую представлена одноступенчатым зубчатым редуктором. Остальные параметры работы электродвигателя регулируют электронная система управления, которая индивидуальна для каждой марки электрокара или гибрида. [8]



*Конструкции синхронных двигателей с постоянными магнитами: a: магниты на поверхности, b: вставленные магниты, c: внутренние магниты*

### 3.3. Кинематика электромобиля

На автомобиль действуют различные силы влияющие на поведение электропривода. Среди этих сил выделяют аэродинамическое сопротивление  $F_l$ , части весовых сил  $F_{gF}$  и  $F_{gR}$ , действующие в направлении движения, контактная сила между колесом и землей в направлении движения  $F_x$  и сопротивление качению, которое упрощается как находящееся в точке контакта с колесом момент  $T_r$ .

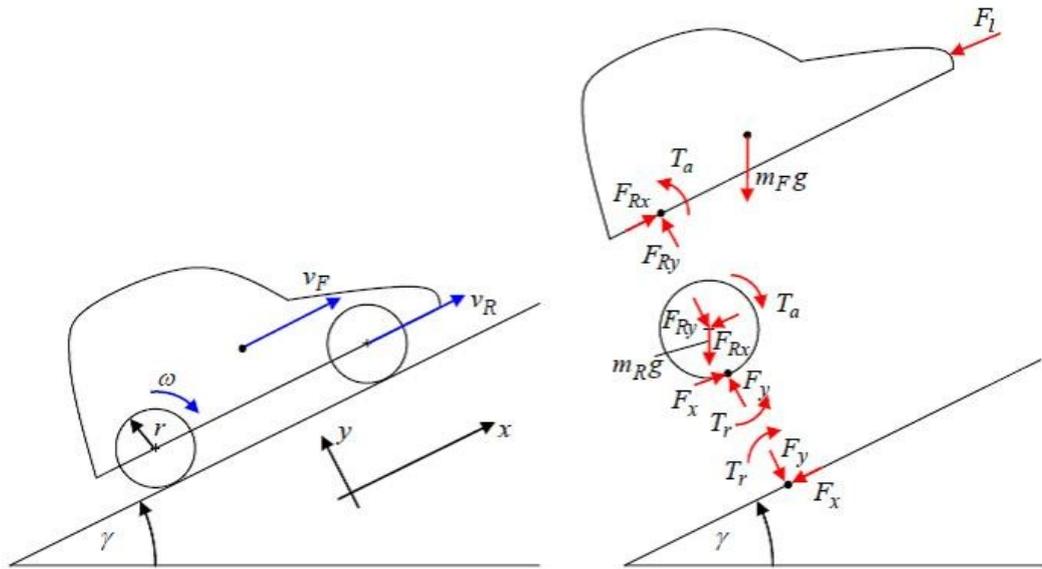


Рисунок 3 – Силы и крутящие моменты, действующие на транспортное средство

Динамика транспортного средства сводится к следующим уравнениям:

$$m_F \dot{v}_F = F_{Rx} - F_{gF} - F_l$$

$$m_R \dot{v}_R = F_x - F_{Rx} - F_{gR}$$

$$J_R \dot{\omega} = T_a - T_r - r F_x$$

$F_{Rx}$  – сила взаимодействия между колесом и шасси в направлении движения,  $T_a$  – вращающий момент, действующий на колесо. Модель упрощается, если предположить, что все ведущие колеса ведут себя одинаково. Они суммируются только в общих чертах с полной инерцией вращения. В случае необходимости, можно подумать о других вращающихся компонентах (валах, передачах) приводов. В дополнение к динамическим уравнениям необходимо учитывать кинематические уравнения. Автомобиль и колесо движутся с одинаковой скоростью, поэтому

$$v = v_R = v_F$$

Таким образом, можно преобразовать два поступательных динамических уравнения

$$m \dot{v} = F_x - F_g - F_l$$

$$m = m_F + m_R$$

$$\begin{aligned}
 F_g &= F_{gR} + F_{gF} \\
 &= (m_F + m_R)g \sin \gamma \\
 &= mg \sin \gamma
 \end{aligned}$$

Вращающий момент и вращающий момент сопротивления трения качения могут быть преобразованы в соответствующие мнимые силы:

$$F_a = T_a / r$$

$$F_x = T_r / r$$

Это приводит к системе уравнений

$$m\dot{v} = F_x - F_g - F_l$$

$$J_R \dot{\omega} = r(F_a - F_r - F_x)$$

Предполагая, что колесо имеет идеальное проскальзывание

$$v = \omega r$$

Результирует в уравнениях движения всего транспортного средства

$$\left(m + J_R / r^2\right) \dot{v} = F_a - F_l - F_g - F_r$$

Сила

$$F_w = F_l + F_r + F_g$$

также называется полным сопротивлением. Таким образом, уравнение движения получает простую форму

$$\tilde{m} \dot{v} = F_a - F_w$$

причем

$$\tilde{m} = m + \frac{J_R}{r^2}$$

$$\frac{\tilde{m}}{m} = 1 + \frac{J_R}{mr^2}$$

В установившемся состоянии получаем

$$F_x = F_g + F_l$$

$$F_a = F_w = F_r + F_g + F_l$$

Кроме того, баланс сил в направлении  $v$  обеспечивает нормальную силу контактной точки колеса

$$F_y = m_F g \cos \gamma + m_R g \cos \gamma = mg \cos \gamma$$

Зависимость силы сопротивления от скорости показывает рисунок 4.

Для задействованных сил и крутящих моментов можно найти следующие допущения [9]

аэродинамическое сопротивление

$$F_l = \frac{1}{2} \rho_l c_w A_F v^2$$

сопротивление качению

$$F_r = \frac{T_r}{r} = F_y c_r$$

вес

$$F_g = (m_F + m_R) g \sin \gamma$$

где,

$\rho_l$  – удельная плотность воздуха

$A_F$  – эффективная площадь поперечного сечения транспортного средства

$c_w$  – коэффициент аэродинамического сопротивления

$c_r$  – коэффициент сопротивления качению

$F_l$  – аэродинамическое сопротивление

$g$  – ускорение свободного падения

$\gamma$  – угол наклона

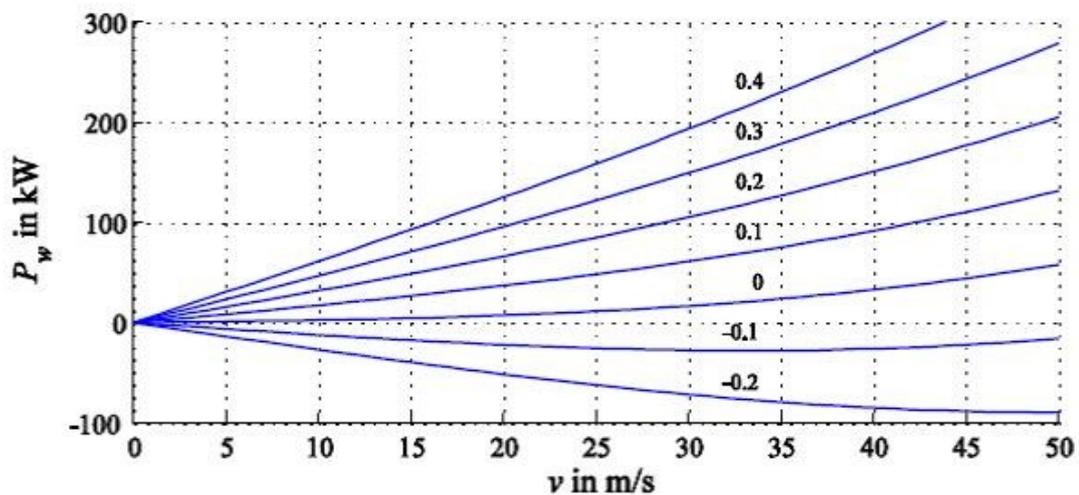
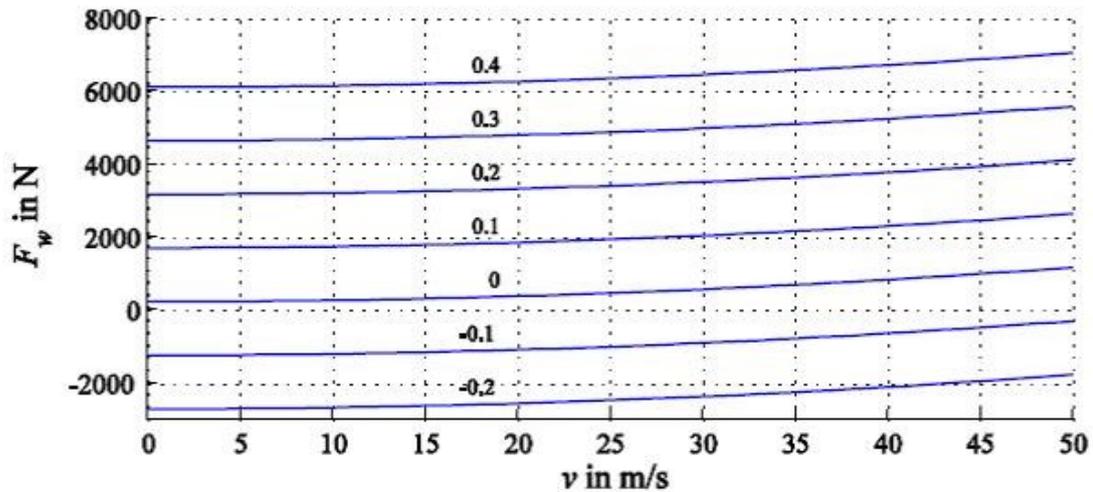


Рисунок 4 – Зависимость силы сопротивления и мощности от скорости для транспортного средства с  $m = 1500$  кг,  $c_w = 0,3$ ,  $A = 2m^2$ ,  $cr = 0,015$

### 3.4. Моделирование системы электропривода

В данной модели изменяется угол наклона и скорость. Переходные процессы представлены на Рисунке 5. С помощью этой модели можно наблюдать процесс движения расчетного электромобиля. Рисунок 5 показывает, что на угол наклона пути заметно влияют переходные процессы. По мере того, как угол наклона пути увеличивается, увеличивается и момент двигателя.

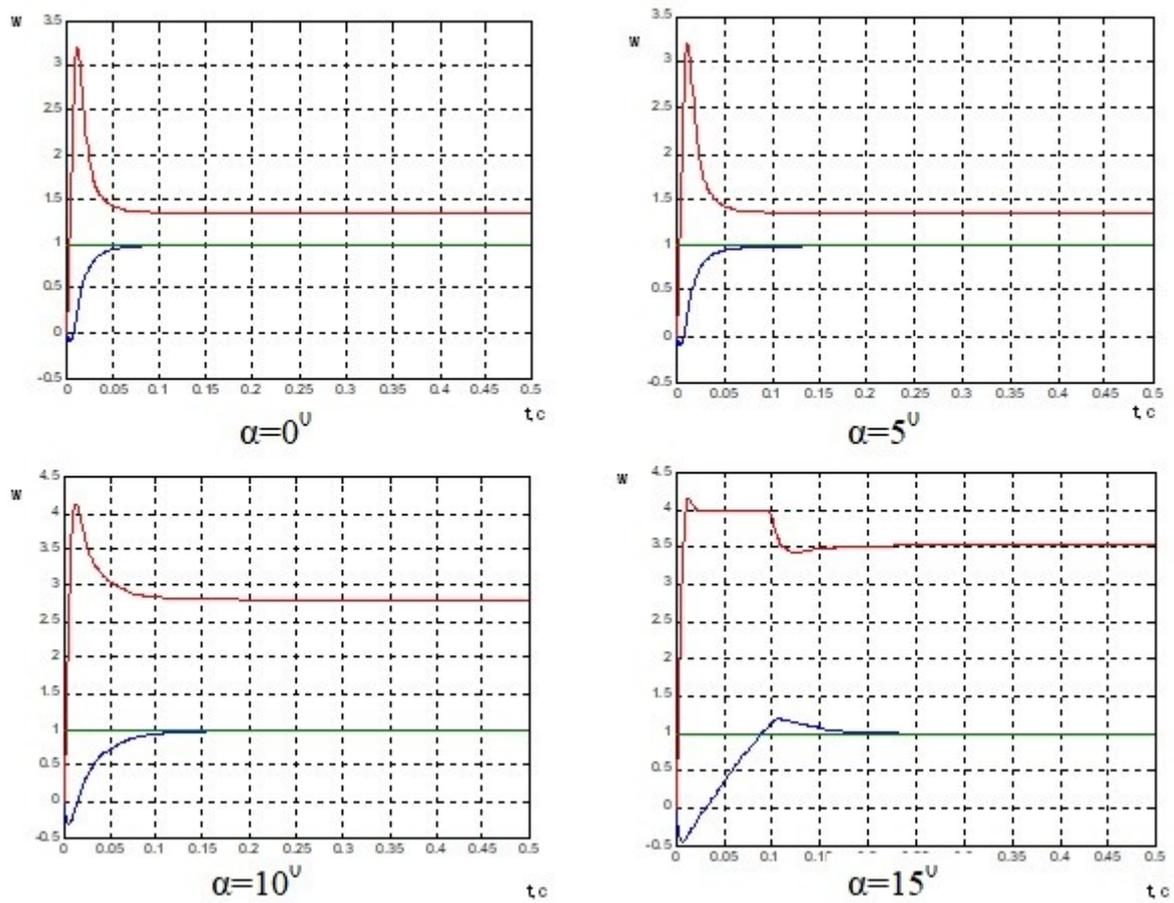
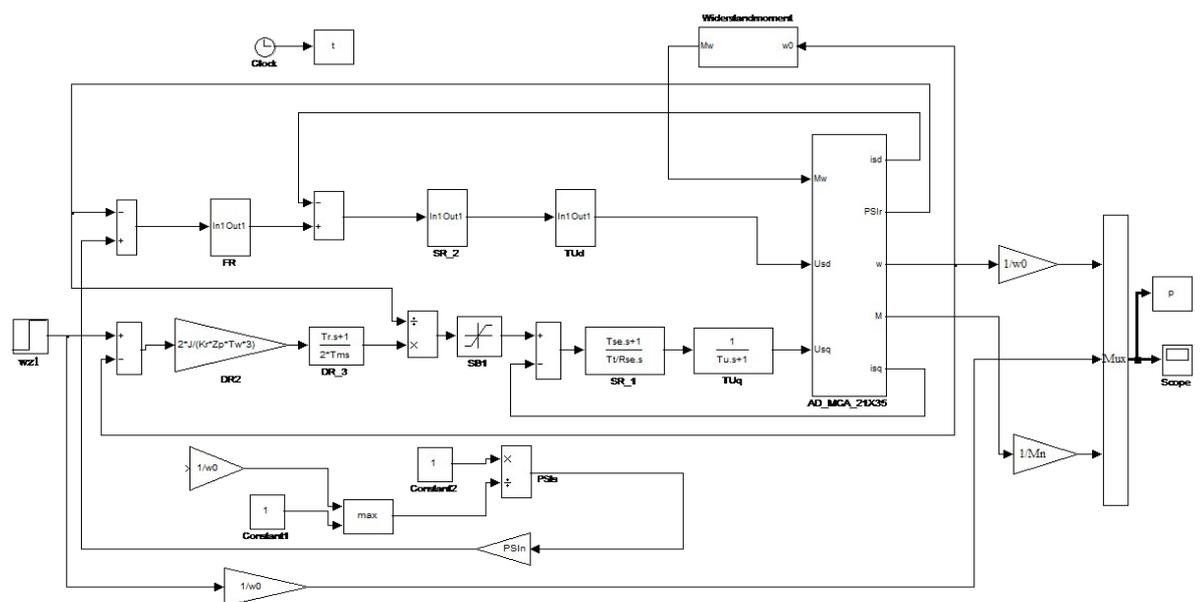
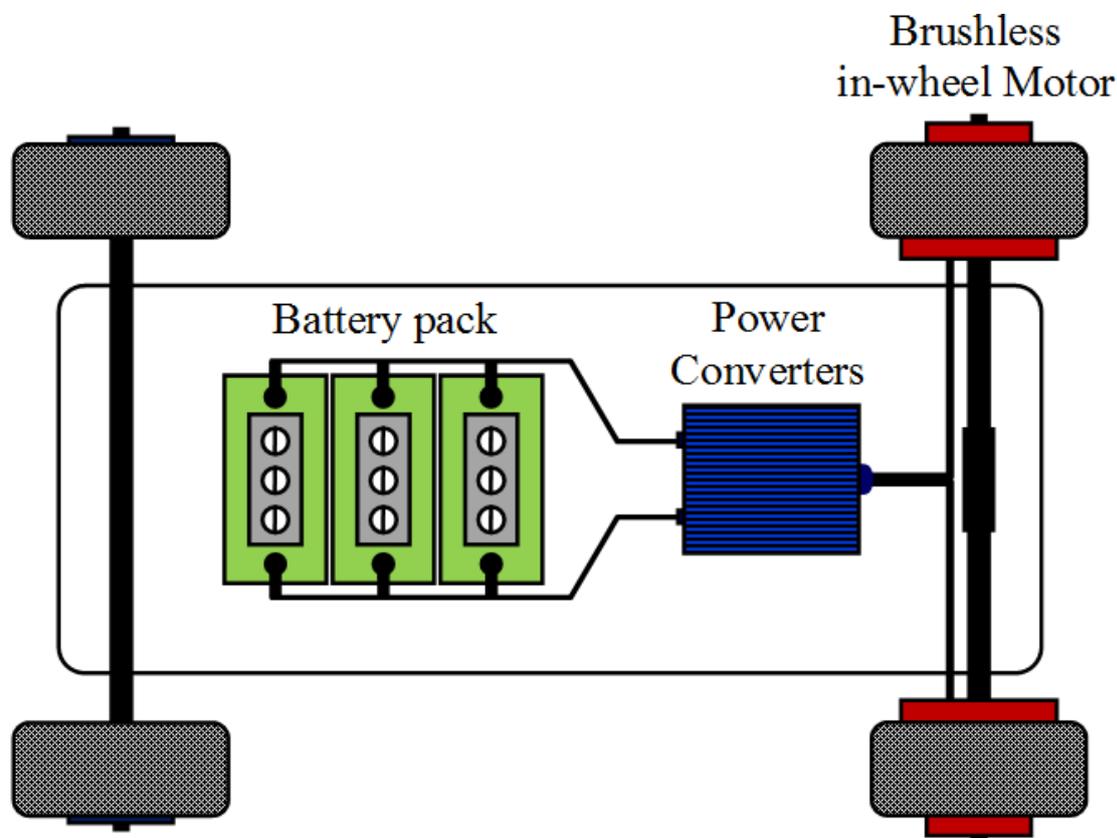


Рисунок 5 – Переходные процессы угловой скорости и вращающего момента, зависящие от угла наклона траектории пути  $\alpha$



*Рисунок 6 – Модель электроприводной системы для электромобиля в Simulink*

На рис. 7 показана принципиальная схема системы привода электромобиля, включающая в себя аккумулятор, преобразователь частоты, мотор колесо. [10]



*Рисунок 7 – Принципиальная схема системы привода электромобиля*

## **Выводы**

В данном реферате были рассмотрены важные аспекты будущей магистерской работы. Была описана история развития электромобиля, компоненты системы электропривода, кинематика движения, используемая модель. Рассмотрены аккумуляторы электромобиля и системы из зарядки.

При написании данного реферата магистерская работа еще не завершена. Окончательное завершение: июнь 2018 года. Полный текст работы и материалы по теме могут быть получены у автора или его руководителя после указанной даты.

## **Список источников**

Ю.А. Хегай/Перспективы развития электромобилей и автомобилей-гибридов//Теория и практика общественного развития – 2014 – №20)

О.Ю. Карямян,К.А. Чебанов,Ж.А. Соловьева/Электромобиль и перспективы развития//Фундаментальные исследования – 2015 – №12)

Ю. В. Трескова/Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // Молодой ученый. – 2016. – №12. – С. 563–565.

Электромобили – история и современность.//HUMAN – Режим доступа [<http://human.ucoz.com>]

Зарядка электромобиля: где и как правильно “заправлять” электрокар, особенности домашних зарядных устройств//ЭкоТехника – Режим доступа [<https://ecotechnica.com.ua>]

Типы аккумуляторных батарей для электромобилей//Информационный ресурс энергетики Ukrelektrik – Режим доступа [<http://ukrelektrik.com>]

"Сердце" электромобиля//ekoWheel – Режим доступа [<http://ekowheel.com>]

Двигатель электромобиля – разновидности и принцип работы//HEVCars – Режим доступа [<https://hev cars.com.ua>]

J. Bocker Ph.D/Antriebe fur umweltfreundliche Fahrzeuge//Universitat Paderborn –2016 – S. 8–13

M. Schwingshackl/Simulation von elektrischen Fahrzeugkonzepten fur PKW//TU Graz – 2009