

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електропривода

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Нізамов Олександр Рашидович

(ПІБ)

академічної групи 141-16-4

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ Електромеханічні засоби автоматизації та електропривод

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему _____

(назва за наказом ректора)

| Керівники | Прізвище, ініціали | Оцінка за шкалою | | Підпис |
|----------------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
| | | рейтинговою | інституційною | |
| кваліфікаційної роботи | Балахонцев О.В. | | | |
| розділів: | 5 | | | |
| Спеціальна частина | Балахонцев О.В. | | | |
| Охорона праці | Столбченко О. В. | | | |
| Техніко-економічне обґрунтування | Тимошенко Л.В. | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Рецензент | | | | |
| Нормоконтролер | Казачковський М.М. | | | |

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода

_____ (повна назва)

_____ Казачковський М.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Нізамов О.Р. академічної групи 141-16-4
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Проектування електроприводу двоколісного електричного транспортного
засобу на базі мотор-колеса.

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 20.05.2020№ 258-С

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|--|---|------------------|
| 1. Технологічна частина | Аналіз основних параметрів, конструкції, робочого циклу. | |
| 2. Автоматизований електропривод | Аналіз мотор-колеса, формування вимог до електропривода, вибір складових електропривода, системи керування | |
| 3. Дослідження динаміки електропривода | Моделювання роботи електропривода в Matlab Simulink, дослідження перехідних процесів. | |
| 4. Охорона праці | Аналіз шкідливих факторів, пов'язаних з мотор-колесом, способи мінімізації їх впливу. Пожежна профілактика. Розрахунок освітленості приміщення. | |
| 5. Техніко-економічне обґрунтування | Оцінка капітальних та експлуатаційних витрат. | |

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Балахонцев О.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15 жовтня 2018

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Нізамов О.Р.
(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: стр.60, рис.24, табл.8, джерел використаної літератури 14

Об'єкт роботи: електропривод двоколісного електричного транспортного засобу.

Ціль роботи: проектування електроприводу двоколісного електричного транспортного засобу на основі мотор-колеса. В проекті проводиться вибір мотор-колеса, контролеру та гальванічного елемента проведені розрахунки сил які впливають на транспортний засіб, розрахунок механічних характеристик, а також приведені типові циклограми руху та момент потужність електропривода.

Вибрані елементи силового ланцюгу: мотор-колесо(основане на синхронному двигуні з постійними магнітами) Kelly hub motor 48v 1kw, контролер Kelly KBL48101X, гальванічний елемент Panasonic NCR18650B.

Розроблені заходи з охорони праці, проведено розрахунок освітленості приміщення проектування. Доведено економічність даного типу транспортного засобу .

Мотор-колесо(синхронний двигун з постійними магнітами),
контролер, гальванічні елементи

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 2 |

Abstract

Explanatory note: p. 63, fig.24, tables 8, sources of used literature 14

Object of work: electric drive of a two-wheeled electric vehicle.

Purpose: design of an electric drive of a two-wheeled electric vehicle based on a motor wheel. The project selects the motor wheel, controller and galvanic cell, calculations of forces affecting the vehicle, calculation of mechanical characteristics, as well as typical cyclograms of movement and torque power of the electric drive.

Selected elements of the power circuit: motor-wheel (based on a synchronous motor with permanent magnets) Kelly hub motor 48v 1kw, controller Kelly KBL48101X, galvanic cell Panasonic NCR18650B.

Occupational safety measures have been developed, the illumination of the design room has been calculated. The efficiency of this type of vehicle is proved.

Motor-wheel (synchronous motor with permanent magnets),
controller, galvanic cells

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 4 |

Зміст

Вступ

Розділ №1 Технологічна частина

1.Огляд технічних рішень що до двоколісних транспортних засобів.

1.1.1 Типи двоколесних транспортних засобів та їх особливості
1.1.2 Особливості конструкції мотор коліс типи двигунів які використовуються.

1.1.3 Характеристики гальванічних батарей.

1.2. Розрахунок потужності електроприводу.

1.2.1 Сили що діють на транспортний засіб.
1.2.2 Опис механічних характеристик мотор-колеса.
1.2.3 Типова циклограма руху еквівалентний момент та потужність електропривода.

Розділ №2 Автоматизований електропривод.

1 Визначення об'єкта управління вибір силової частини.

1.1Вибір мотор колеса.
1.2 Вибір контролера.
1.3Вибір батарей.
1.4 Синтез системи регулювання.

Розділ №3 Дослідження динаміки.

1.1Динамічна модель мотор колеса
1.2Результати дослідження

Розділ №4. Охорона праці.

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників технологічного процесу.
4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.
4.3 Пожежна профілактика.
4.4 Розрахунок штучного освітлення.

Розділ №5. Техніко-економічне обґрунтування.

Вступ.

5.2 Розрахунок капітальних витрат.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 5 |

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат.

5.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.

5.3.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

5.3.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Висновки

Список літератури

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 6 |

Вступ

Уже більше десяти років тому світ пересів на надійний і досить дешевий вид транспорту - персональний електротранспорт. Під електротягу переобладнали практично все - від сімейного автомобіля і звичайного мотоцикла до простого велосипеда, який, як здавалося б, вже не можна вдосконалити більше.

Якщо в далекому минулому можливості електричного транспорту були обмежені, то на даний момент потенціал виріс в кілька десятків разів і він став більш доступним для суспільства.

В даному дипломному проєкті розглядається технологія електричних двоколісних транспортних засобів, на основі мотор-колесо Kelly hub motor 48v 1kw. Електродвигун за своїми характеристиками кращий за інші види приводів, зокрема він більш стійкий до змінних навантажень, не вимагає складних систем передачі, ККД двигуна значно вище (оскільки в ньому менше механічно рухомих частин, відповідно нижче відсоток механічного зносу), крім того, електродвигун дешевший в порівнянні зі своїми бензиновим аналогом. В останні роки область застосування мотор-коліс на транспортних і спеціалізованих машинах різного призначення безперервно розширюється. Це пояснюється тим, що використання мотор-коліс відкриває нові технічні можливості в створенні колісних машин принципово нової конструкції, для яких трансмісія у вигляді індивідуального електроприводу ведучих коліс є єдино можливою або доцільною. З іншого боку транспорт на основі мотор-колеса можна вважати екологічно чистим адже будь-які викиди в навколишнє середовище відсутні. Тенденції розвитку такого транспорту дуже великі, як і можливість залишити бензинових двигуни в минулому.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Розділ 1

Технологічна частина

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|----------|------|-----------------|-------|------|
| Разраб. | | Нізамов О.Р. | | |
| Перевір. | | Балахонцев О.В. | | |
| Т. | | | | |
| Н. | | Казачковський | | |
| Утв. | | | | |

| | | |
|----------------------|------|--------|
| | | |
| Технологічна частина | | |
| Лит. | Лист | Листов |
| Л | | |
| 141-16-4 | | |

1.Огляд технічних рішень щодо двоколісних транспортних засобів

1.1 Типи двоколісних транспортних засобів та їх особливості.

Існує безліч різних типів електричних двоколісних транспортних засобів. Основні з яких- самокати, велосипеди, скутери та мотоцикли. Звичайно, як і у будь-якого засобу пересування, у двоколісного типу транспорту є свої як переваги, так і недоліки. При теперішніх цінах на електрику, вартість 100 км пробігу становить близько 3 грн. , а це фактично безкоштовно. Самі моделі велосипедів і скутерів відрізняються між собою діаметром коліс, показниками максимальної швидкості й пробігу на одному заряді.

Електросамокат конструктивно представляє з себе звичайний самокат, з більш потужною рамою, забезпечений електричним двигуном, акумулятором і електронним контролером. Для гальмування в електросамокаті є дискові чи барабанні гальмівні механізми.

Сучасні електросамокати оснащені безліччю додаткових функцій.

Принцип роботи таких самокатів дуже простий: накопичення енергії в батареях надає руху електричному двигуну (або двигунам), а регулювання потужності відбувається за допомогою контролера.

Контролер обирає режим роботи, в залежності від впливу на нього водія. Момент обертання електродвигуна передається на колеса, які приводять в рух самокат. Одною з нових функцій моделей став зворотній зв'язок. Існує безліч різних електросамокатів. Вони можуть відрізнятися один від одного, але при цьому принцип роботи одаковий.

Їх можна розділити на:

- 1) Двоколісні електросамокати;
- 2) триколісний електросамокати з 2 задніми колесами;
- 3) триколісний електросамокати з 2 передніми колесами;

Електровелосипеди - це малопотужний тип легкового електротранспорту. Більшість електровелосипедів оснащені двигунами потужністю від 150 до 1000

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 9 |

Ват. Існують менш потужні типи, в яких електродвигун допомагає в русі, а не є основною рушійною силою. Максимально допустима швидкість таких малопотужних електровелосипедів становить не більше 20-30 км / год. Однак більш потужні версії можуть розвивати швидкість 50 км / год і більше, в залежності від типу та потужності електродвигуна.

Будь-який електровелосипед має ті ж самі електричні компоненти, що й самокат.

Існують три основні різновиди приводу в електровелосипеді:

1) Мотор колесо- один з найбільш розповсюджених видів велоелектроприводу. Двигун монтується в колесо замість ступиці, а встановити його можна як в переднє, так і в заднє колесо, а в рідкісних випадках монтується в обидва колеса.

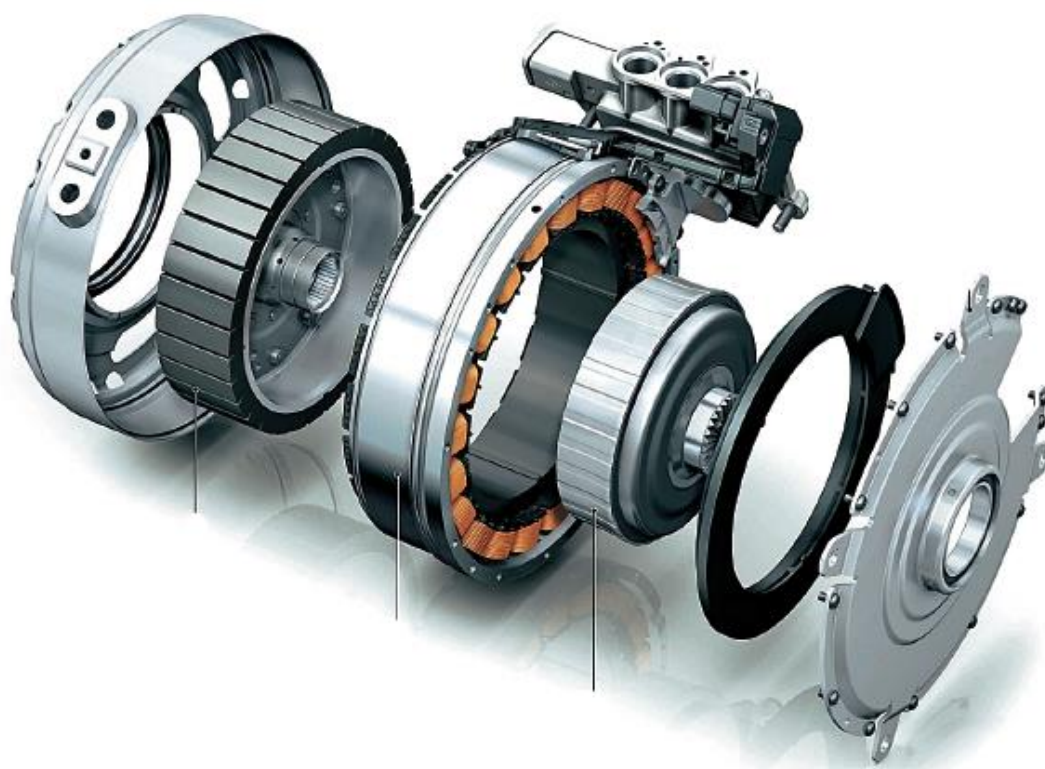


Рис. 1.1 будова мотор-колеса

2) Навісний двигун- це більш рідкісний варіант, який встановлюється в педальний вузол. Основним недоліком такого двигуна є те, що при робочому моторі потрібно постійно крутити педалі. Її плюсом- є можливість використання передач велосипеда для збільшення сили тяги, в наслідку чого можна використовувати менш потужний тип двигуна.

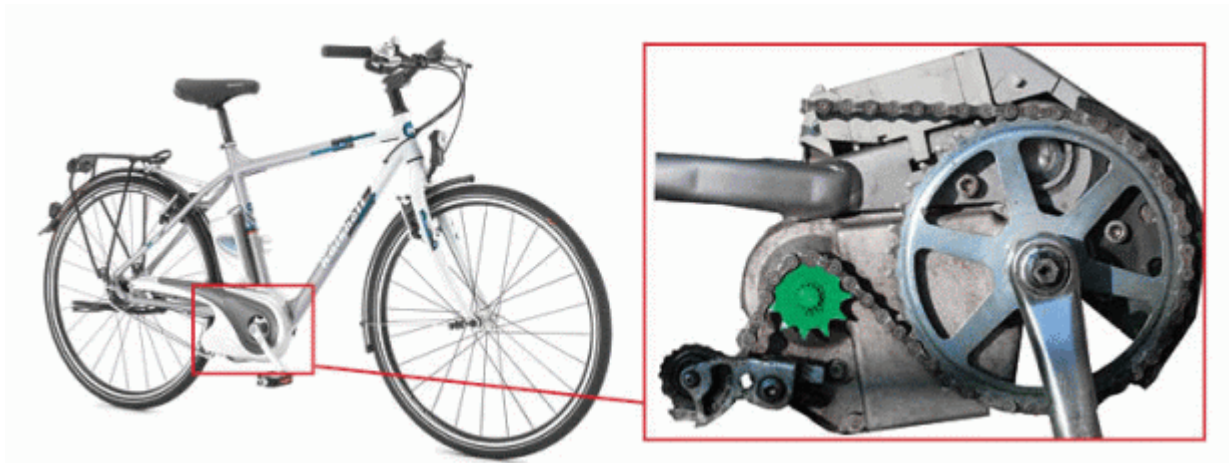


Рис.1.2 будова навісного двигуна

3) Фрикційний привід рідко використовується і мало ефективний. Суть його полягає в тому, що крутний момент двигуна передається на покришку колеса. Цей тип двигунів має відносно просту конструкцію, проте він має найнижчий ККД і також при такій конструкції відбувається швидкий знос покришок.



Рис.1.3 фрикційний привід

Електроскутер - двоколісний одномісний транспортний засіб, основою якого слугує електродвигун. Живленням для даного транспорту слугує акумулятор.

У нових моделях використовують суперконденсатори чи водневий паливний елемент. З недавніх часів також почали використовувати літій-іонний або свинцевокислотні акумулятори. Середній час зарядки яких займає від 4 до 8 годин, а запас ходу на 1 заряді складає від 30 до 150 км , в залежності від типу двигуна

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ

Лист

11

його потужності й потужності самих батарей. Міські моделі зазвичай мають механізм складання. Деякі електроскутери мають складні ручки, але чим більше рухомих частин, тим надійніша конструкція. У електроскутерах як і в будь-якому типі транспорту існують різні типи гальмувальної системи:

1) Електрична фрикційна гальмівна система - це система, в якій електрична енергія використовується для отримання гальмівного зусилля.

Тобто в час руху напрямок двигуна залишається колишнім, але вплив на його ротор знаходиться в протилежному напрямку.

2) Барабанна гальмівна система. Перевагою даної систем - є її дешевизна, довговічність й робота в будь-яких умовах. Однак недоліком є те, що конструкція досить об'ємна, та виникає перегрів при тривалому використанні.

3) Дискова система гальмування. Ці гальма вдають із себе гальмівний диск і супорт пригвинчений до ступиці колеса.

Електромотоцикл - це найшвидший тип двоколісних електротранспортних засобів. Основною відмінністю від його бензинових побратимів є відсутність вихлопної труби, а конструкція набагато простіше, ніж у бензинових. Основні елементи руху це:

- 1) Електромотор;
- 2) Акумулятор;
- 3) Контролер;
- 4) Ремінь передач;

Електромотоцикли оснащені потужними електродвигунами на десятки тисяч ват. Швидкісні електромотоцикли можуть розвивати від 160-190 км / год, причому розгін до 100 км / год займе всього 3-4 секунди. Джерелом живлення в цьому типі транспорту виступають акумулятори, або ж водневий елемент. Запас ходу таких електромотоциклів може скласти від 30 до 320 кілометрів. Також присутній режим рекуперації, який при гальмуванні заряджає акумулятори, що і збільшує пробіг.

Основними перевагами перед транспортом з двигунами зовнішнього або внутрішнього згорання є більш висока продуктивність, а також відсутність викидів в навколишнє середовище. Саме через використання електродвигунів немає шуму при їзді. Однак як і у будь-якого типу транспорту вони не позбавлені недоліків.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

В особливості це: мала кількість пробігу, цей тип транспорту розрахований більш для міської обстановки ніж для їзди на дальні відстані, а також однією з незручностей є те, що самі акумулятори зносяться та заряд самих акумуляторів вимагає досить багато часу.

1.2 Особливості конструкції мотор-коліс типи двигунів які використовуються.

Мотор-колесо - це електродвигун, вбудований в колесо. У мотор-колесі не використовується додатковий механізм передачі потужності (трансмсія) від двигуна до колеса. Воно не має деталей, що труться, за винятком підшипників в безредукторному двигуні. Таким чином, двигун, трансмісія і колесо являє собою єдине ціле, що робить мотор-колесо дуже надійним в експлуатації.

З конструктивної точки зору їх можна розділити на 2 типи:

-з вбудованим редуктором планетарного типу;

-безредукторні колеса;

Ці типи колес мають один і той же принцип дії.

Редукторні мотор-колеса.

Даний тип моторів характеризує наявність механізму, що перетворює передавальне відношення редуктора. Редукторним можуть бути як мотор-колеса, так і зовнішній електродвигун. Редукторне мотор-колесо має вбудовані планетарні шестерні.



Рис.1.1 Редукторне мотор колесо

Це дозволяє отримати більший крутний момент і велику ефективність на малих обертах. Наслідком є зменшення ваги такого мотор-колеса, за рахунок використання магнітів меншої потужності. Зовнішній електродвигун завжди є редукторним, тому має систему передач на колесо.

Наявність механічних елементів трохи зменшує ККД двигуна, а також накладає певні обмеження на його максимальну потужність. Також цей тип двигунів не працює в режимі динамічного гальмування та не має функції рекуперації, тому при гальмуванні двигуном не виробляється енергія.

Безредукторні мотор-колеса.

Безредукторним може бути тільки мотор-колесо. Для створення необхідного крутного моменту, використовуються потужні магніти, що робить безредукторне мотор-колесо важчим. Відсутність рухомих частин робить даний тип мотора одним з найбільш високоефективних по ККД. Однак на низьких обертах ККД не таке велике й мотор може грітися. Основною перевагою таких мотор-колес є відсутність обмеження потужності, висока надійність, а також присутність функцій динамічного гальмування і рекуперації.

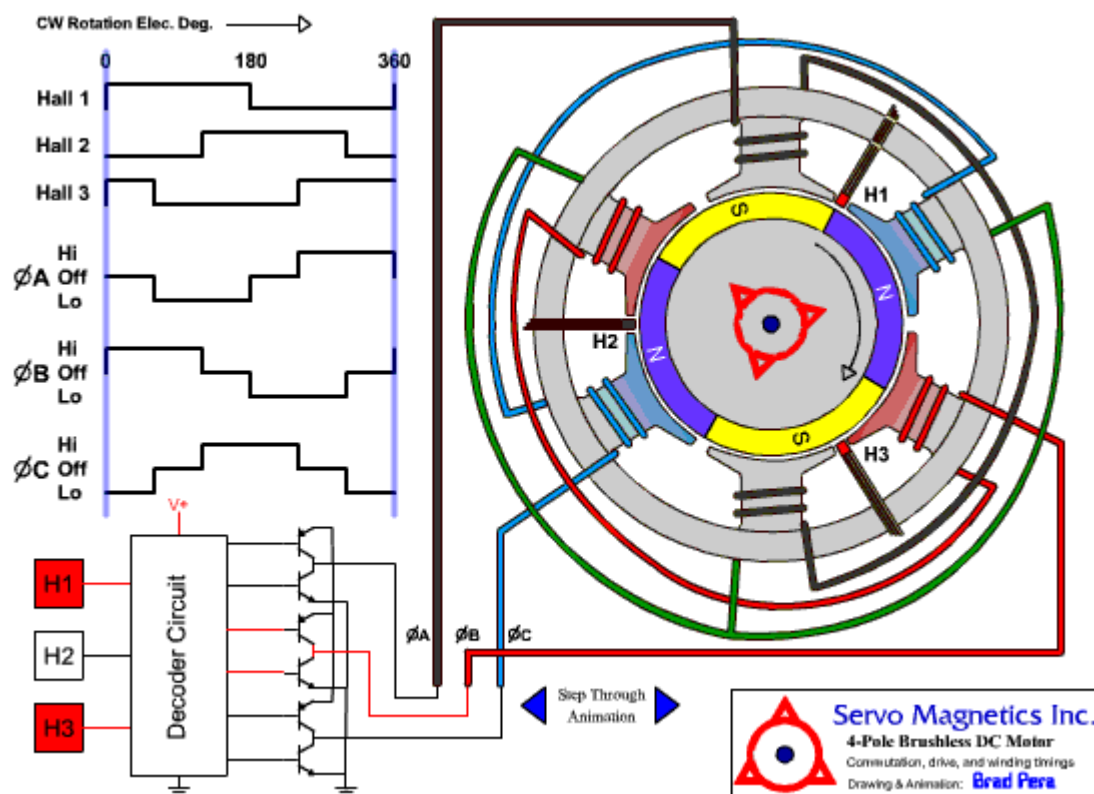
Принцип роботи мотор-колеса ідентичний, незалежно від наявності в його конструкції планетарного редуктора. У статорі формується магнітне поле. Воно впливає на магніти ротора й викликає його обертання. Статор розробляється з електротехнічної сталі і за зовнішнім виглядом нагадує зірку. На її численних променях знаходяться обмотки.

Число обмоток на статорі здатне досягати декількох десятків. Завдяки цьому забезпечується необхідна потужність і плавне обертання ротора. В кінцевому підсумку усі обмотки з'єднуються в 3, і чергуються по колу одна за одною: 1-2-3-1-2-3 і т.д. Щоб забезпечити ротор безперервним обертанням, на обмотки послідовно в необхідні миті подаються імпульси напруги.

В результаті, при близькості до необхідного магніту активізуються магнітні характеристики обмоток. Визначають цей момент розташовані в статорі 3 датчика Холла. Вони фіксують положення ротора по відношенню до статора, відчують магнітне поле й направляють сигнал на контролер. Він в необхідний час спрямовує

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 14 |

імпульси на обмотки, і вони стають електромагнітами. За рахунок тяжіння магнітів ротора проводиться його обертання.



Швидкість його обертання регулюється за допомогою ручки газу і залежить від інтенсивності подачі імпульсів напруги на обмотки. При гальмуванні датчики в важелях гальма відключають подачу живлення на мотор.

1.3 Характеристики гальванічних батарей.

Акумуляторна батарея- це джерело постійного струму, що призначений для зберігання енергії. Велика частина батарей основана на принципі циклічного перетворення хімічної енергії в електричну, що дозволяє багаторазово заряджати й розряджати батарею. Основні види акумуляторів для двоколісних транспортних засобів це:

- 1) Свинцево кислотні
- 2) Літію-іоніє
- 3) Літію-сірчані

Свинцево-кислотні.

Основа роботи хімічних джерел заснована на взаємодії металів і рідини оборотної реакції, яка виникає при замиканні контактів позитивних і негативних пластин.

При зарядці струм буде протікати в кислоті в зворотному напрямку. Він викликати реакцію, при якій молекули кислоти розщепляться і вилучать сульфат свинцю з позитивних і негативних пластин батареї, що призведе до повної зарядки. Однак на практиці пластини очистяться не в повному обсязі, що поступово призведе до втрати ресурсу.

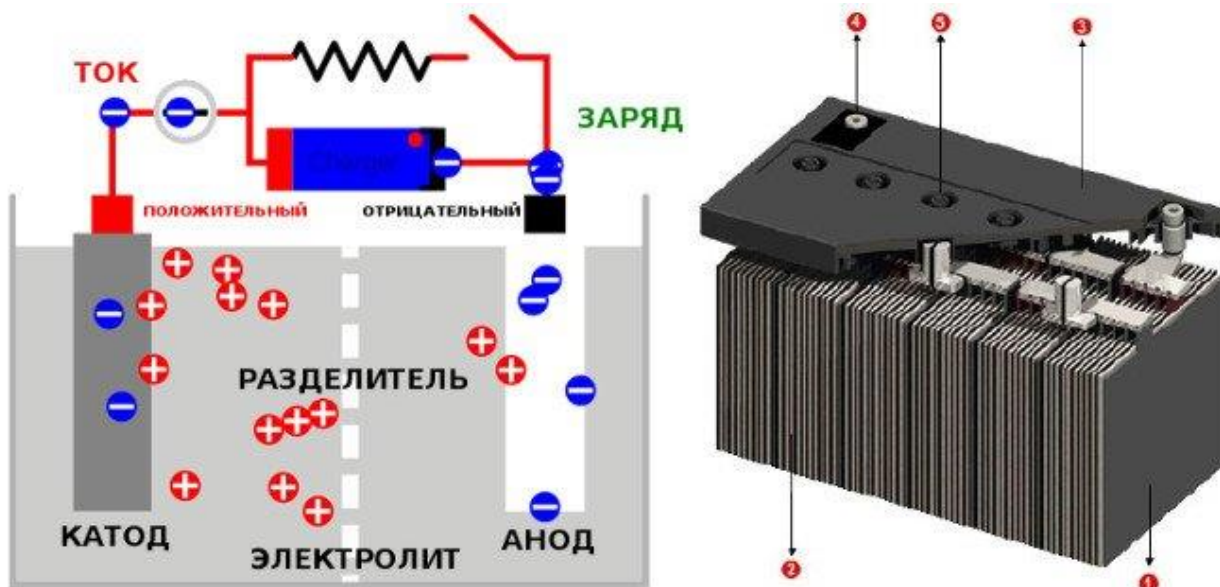


Рис.1.1 свинцево-кислотного АКБ

| Тип | LA | VRLA | AGM VRLA | GEL VRLA | OPzV | OPzS |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Емкость, Ампер/час | 10 – 300 | 1 – 300 | 1 – 3000 | 1 – 3000 | 50 – 3500 | 50 – 3500 |
| Напряжение, Вольт | 6, 12 | 4, 6, 12 | 2, 4, 6, 12 | 2, 6, 12 | 2 | 2 |
| Оптимальная глубина разряда, % | | 30 | <40 | <50 | <60 | <60 |
| Допустимая глубина разряда, % | | <75 | <80 | <90 | <90 | <100 |
| Циклический ресурс, D.O.D.=50% | | <250-300 | <1000 | <1400 | <3200 | <3300 |
| Оптимальная температура, °C | 0 ... +45 | +15 ... +25 | +10 ... +25 | +10 ... +25 | 0 ... +30 | 0 ... +30 |
| Диапазон рабочих температур, °C | -50 ... +70 | -35 ... +60 | -40 ... +70 | -40 ... +70 | -40 ... +70 | -40 ... +70 |
| Срок службы, лет при +20°C | <7 | <7 | 5 – 15 | 8 – 15 | 15 – 20 | 17 – 25 |
| Саморазряд, % | 3 – 5 | 2 – 3 | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 |
| Макс. ток заряда, % от емкости | 10 – 20 | 20 – 25 | 20 – 30 | 15 – 20 | 15 – 20 | 10 – 15 |
| Минимальное время заряда, ч | 8 – 12 | 6 – 10 | 6 – 10 | 8 – 12 | 10 – 14 | 10 – 15 |
| Требования к обслуживанию | 3 – 6 мес. | нет | нет | нет | нет | 1 – 2 года |
| Средняя стоимость, \$, 12В/100Ач. | 70 – 150 | 200 – 250 | 250 – 380 | 350 – 500 | 1000 – 1400 | 1500 – 3500 |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ

Лист

16

Таб.1.1 Характеристики та типи свинцево-кислотних АКБ.

Акумулятори літій-іонного типу мають високу щільність енергії і завдяки цьому при компактних розмірах та малій вазі забезпечують в 2-4 рази більшу ємність у порівнянні з свинцево кислотними. Однією з переваг є те, що на повну зарядку акумуляторів потребується досить мало часу. Принцип роботи полягає в виключення іонів літію, які пов'язані молекулами додаткових металів.

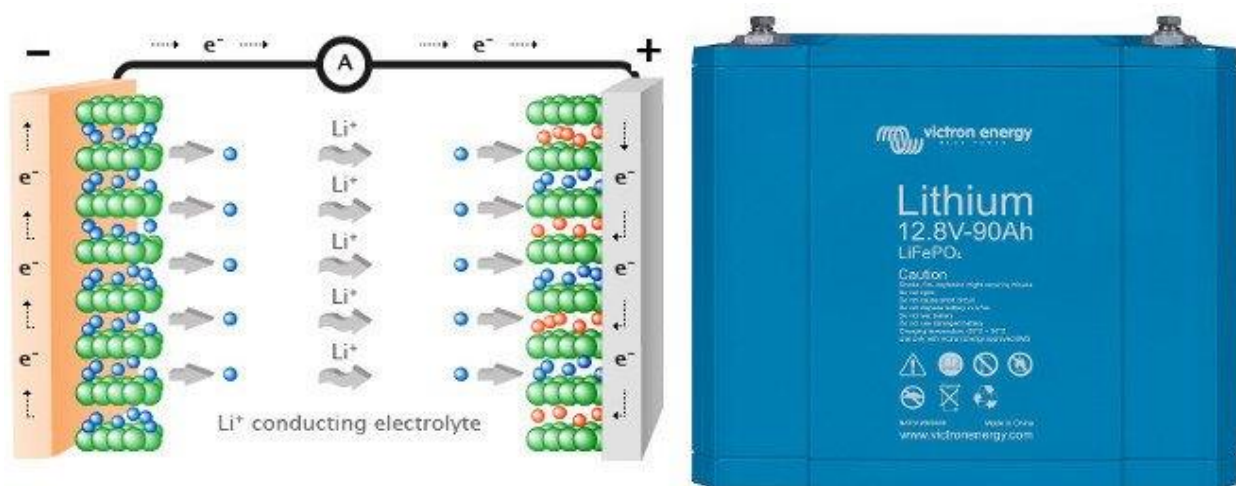


Рис.1.2 літій-іонний АКБ

При розрядці акумуляторів відбувається перехід іонів від негативного до позитивного й навпаки при зарядці. У схемі акумулятора присутній розділовий сепаратор, який знаходиться між двома частинами елемента. Він потрібен для запобігання довільного переміщення іонів-літію. Коли ланцюг замкнений-проходить процес зарядки, а іони долають розділовий сепаратор, прагнучи до протилежно- зарядженого електроду.

| Параметр \ Тип | LiCoO2 | LiMn2O4 | LiNiMnCoO2 | LiFePO4 | LiNiCoAlO2 | Li4Ti5O12 |
|----------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Напряжение элемента, Вольт; | 3.6 | 3.7 | 3.6-3.7 | 3.2 | 3.6 | 2.4 |
| Оптимальная глубина разряда, %; | 85-90 | 85-90 | 85-90 | 85-90 | 85-90 | 85-90 |
| Допустимая глубина разряда, %; | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Циклический ресурс, D.O.D.=80%; | 700 - 1000 | 1000 - 2000 | 1000 - 2000 | 1000 - 2000 | 1000 - 2000 | 5000 - 8000 |
| Оптимальная температура, °C; | +20...+30 | +20...+30 | +20...+30 | +20...+30 | +20...+30 | +20...+30 |
| Диапазон рабочих температур, °C; | -10 ...+60 | -10 ...+45 | -10 ...+55 | -10 ...+60 | -10 ...+55 | -10 ...+45 |
| Срок службы, лет при +20°C; | 5 – 7 | 10 | 10 | 20 - 25 | 20 - 25 | 18 - 25 |
| Саморазряд в мес., % | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 |
| Макс. ток разряда | 1C | 10C/30C 5с | 2C | 25 - 30C | 1C | 10C/30C 5с |
| Макс. ток заряда | 0,7-1C | 0,7-1C | 0,7-1C | 1C | 0,7C | 1C |
| Минимальное время заряда, ч | 2 - 3 | 2 - 2.5 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 | 2 - 3 |
| Требования к обслуживанию | нет | нет | нет | нет | нет | нет |
| Уровень стоимости | высокий | средний | средний | низкий | средний | высокий |

Таб 1.2 Характеристики та типи літій-іонних АКБ.

Літій-сірчаний-це акумулятор , хімічне джерело струму, в якому катод рідкий з вмістом сірки відділений від електроліту спеціальної мембраною. Акумулятор зроблений багат шаровим, між анодом і катодом розташовані анодні і катодні мембрани і шар електроліту. Конструкція такого акумулятора схожа з літій-іонними акумуляторами, однак, на відміну від нього, літій-сірчаний акумулятор використовує разом з літійовим анодом сіркоутримуваний катод, за рахунок чого збільшується його питома ємність. Інша особливість даних АКБ - можливість використовувати рідкий катод, збільшуючи таким чином щільність струму через нього.

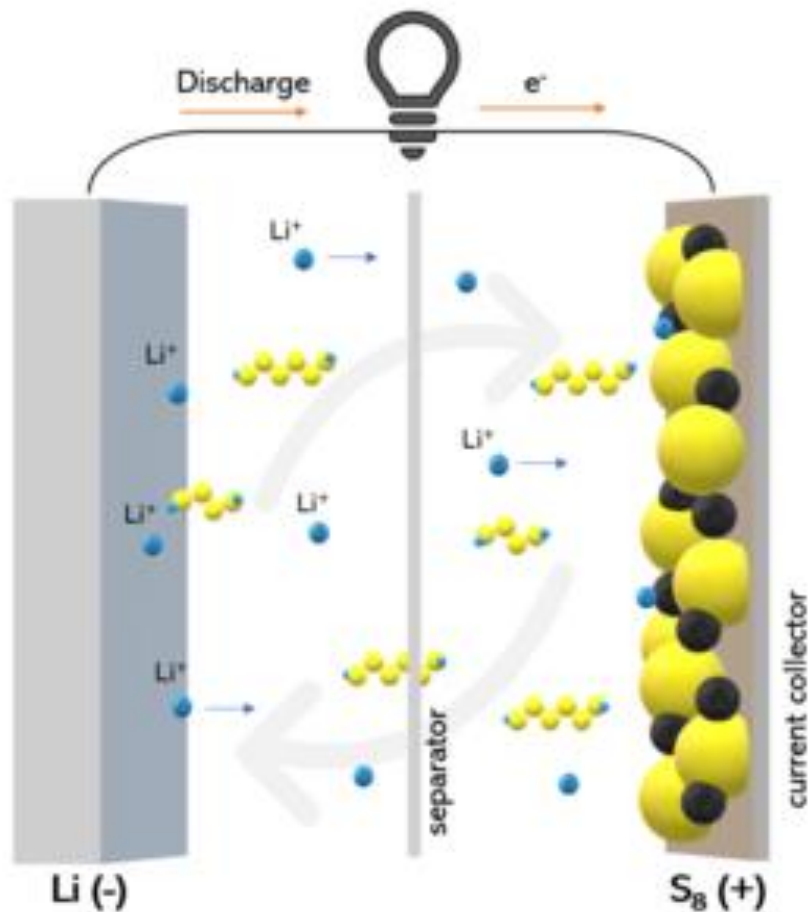


Рис.1.3 розрядки літій-сірчаний акумулятор

Основною перевагою таких акумуляторів є висока ємність, що перевищує ємність літій-іонних акумуляторів в 2-3 рази. Але з практичної точки зору не все так райдужно. При повторних зарядках іони літію осідають на аноді абиак, утворюючи металеві ланцюжки, які в решті-решт призводять до короткого замикання. До того ж реакції між літієм і сіркою на катоді призводять до великих змін обсягу матеріалу (до 80%), так що електрод швидко руйнується, та й самі сполуки з сіркою – це погані провідники, тому в катод доводиться додавати багато вуглецевого матеріалу. І останнє, найголовніше, проміжні продукти реакції (полісульфіди) поступово розчиняються в органічному електроліті і «подорожують» між анодом і катодом, що призводить до дуже сильного саморазряду.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ

Лист

19

1.2. Розрахунок потужності електроприводу.

1.2.1 Сили що діють на транспортний засіб.

Будь-який вид транспорту тісно пов'язаний з дією на них різних сил. Ці сили впливають на сам транспорт, визначаючи характер руху, зміну швидкості, а також його прискорення. Найбільший вплив на динаміку руху електричних двоколісних транспортних засобів надають 4 сили: сила тяжіння, сила опору повітря, сила опору коченню, а також сили, що виникають під час маневрів для балансування.

Розглянемо данні сили:

Сила тяжіння. Гравітація - одне з чотирьох фундаментальних явищ в природі, що пояснюється законом Ньютона. Сила, з якою вона діє, прямо пропорційна масі тіла.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Де G – гравітаційна стала $6,67408 \cdot 10^{-11} \text{м}/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$;

m_1, m_2 – вага мід двох матеріальних точок;

r^2 – відстань;

Чим більше вага, тим сильніше сила гравітації. Сила її дії зростає при підйомі в гору і відповідно зменшується при спуску.

Сила опору коченню. Опір коченню - сила, яка виникає при русі круглого предмета по плоскій поверхні, зі швидкістю прямолінійного руху. Виникає в основному при деформації колеса, а також деформації поверхні, по якій рухається колесо або деформації обох. Ця сила зростає при погано накачаних колесах, або пересуванні ,наприклад, по піску. Також сила опору кочення додатково залежить від таких факторів як : радіус колеса, швидкості руху і типу дотичних поверхонь. Вона описується наступною формулою:

$$F_k = W \cdot G \cdot C_{rr}$$

Де W – сумарна вага електровелосипеда разом з вантажем;

G – сила прискорення вільного падіння, що дорівнює $9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

C_{rr} – коефіцієнт опору коченню (як правило становить 0,004 , але може бути і вище 0,008);

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 20 |

Сила опору повітря.

Аеродинамічні сили складаються з опору повітря і зустрічного або бічного вітру. При середній швидкості і русі по рівній поверхні аеродинамічний опір є найбільшою силою, яка перешкоджає руху вперед. При подальшому збільшенні швидкості, аеродинамічний опір стає переважною і своєю величиною набагато перевершує всі інші сили, які перешкоджають руху вперед.

$$F = \frac{1}{2} C_w \cdot S \cdot P_0 \cdot V^2$$

Де C_w – коефіцієнт лобового опору (зазвичай він дорівнює 0,5);

S – площа фронтальної проекції (типове значення $0,5\text{м}^2$);

P_0 – щільність повітря;

V – швидкість руху електровелосипеда щодо повітря м/с

Сили, що виникають під час маневрів для балансування.

Виникають при зміні напрямку руху або маніпуляціях кермом, щоб збалансувати і утримати рівновагу. Визначається відцентровою силою. У механіці термін відцентрова сила використовується для пояснення двох понять: сила інерції і доцентрова сила.

1.2.2 Опис механічних характеристик мотор колеса.

В даному проекті розглядається синхронний двигун з постійними магнітами. Синхронний електродвигун з постійними магнітами, як і будь-який електродвигун обертається, складається з ротора і статора. Статор - нерухома частина, ротор - обертальна частина. Зазвичай ротор розташовується всередині статора електродвигуна, також існують конструкції з зовнішнім ротором: електродвигуни зверненого типу. Ротор складається з постійних магнітів. В якості постійних магнітів використовуються матеріали з високою коерцитивною силою. За конструкцією ротора синхронні двигуни діляться на:

- електродвигуни з явно вираженими полюсами;
- електродвигуни з неявно вираженими полюсами.

Принцип роботи цього двигуна заснований на взаємодії обертового магнітного поля статора і постійного магнітного поля ротора. Магнітне поле

ротора, взаємодіючи з синхронним змінним струмом обмоток статора, відповідно до закону Ампера, створює крутний момент, змушуючи ротор обертатися.

Постійні магніти, що розташовані на роторі СДПМ, створюють постійне магнітне поле. При синхронній швидкості обертання ротора з полем статора-полюса ротора зчіплюються з обертовим магнітним полем статора. У зв'язку з цим, СДПМ не може сам запуснитися при підключенні його безпосередньо до мережі трифазного струму.

На більш високих швидкостях має початися, так зване, ослаблення поля. В цій галузі $M * \omega = \text{const}$. Вижавши з мотора весь його максимальний потенціал, обмежуються лише фактором пропускної здатності перетворювача, тобто максимальним струмом перетворювача. Фактичні криві двигуна виглядають наступним чином.

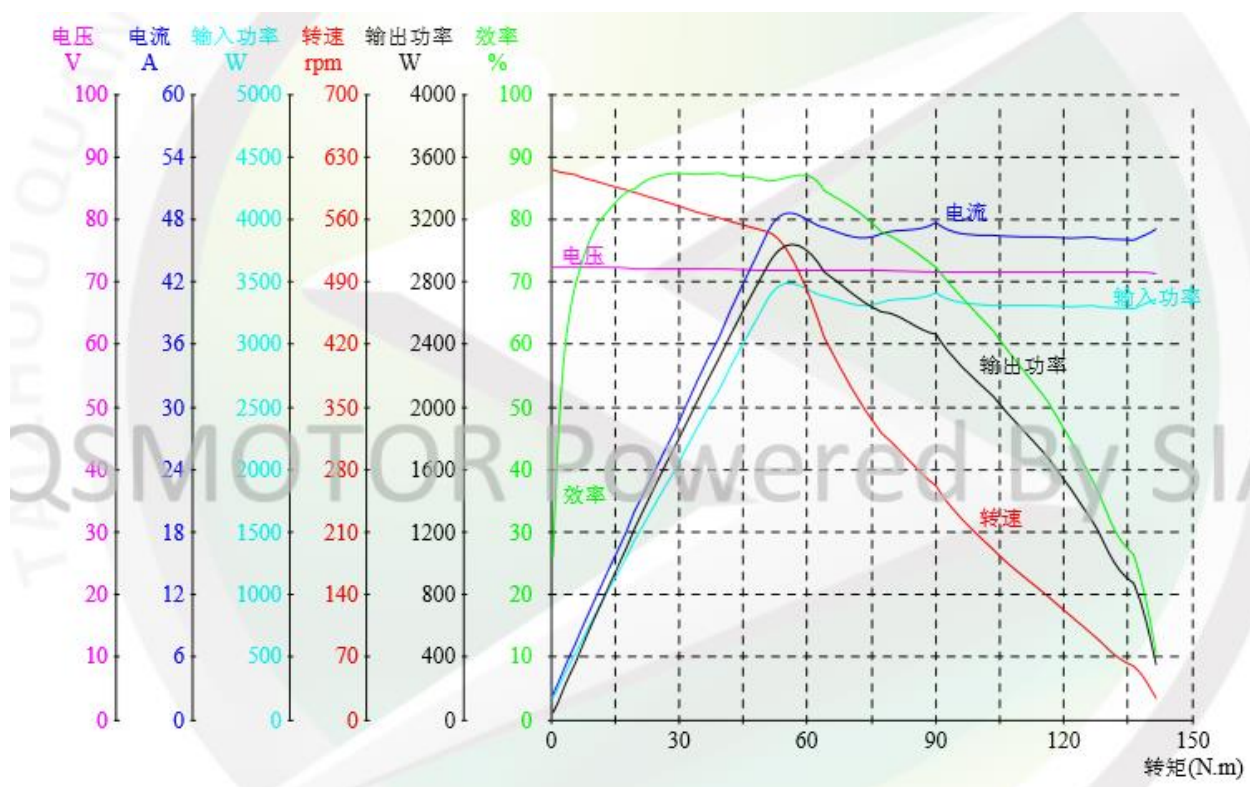


Рис.1.1 механічні характеристики синхронного двигуна з постійними магнітами.

Звернувши увагу на нелінійну криву залежності швидкості від крутного моменту, яка виходить з умови $U_{dc} * I_{dc} = U_{ac} * I_{ac}$, де dc - це напруга і струм на вході перетворювача, а ac - на виході. $I_{dc \text{ max}}$ - це значення, що обмежує максимальний крутний момент двигуна. Максимальний крутний момент,

значений в номінальних характеристиках двигуна, являє собою крутний момент, який він створює тільки в точці - при нульовій швидкості. Крива швидкість-крутний момент обмежена напругою інвертора. Іншим неоднозначним параметром - є номінальна потужність. Це потужність, з якою двигун може працювати тривалий період безперервно. Точка номінальної потужності лежить в області високих швидкостей.

1.2.3 Типова циклограма руху еквівалентний момент та потужність електропривода.

Використовуючи математичний пакет Mathcad розрахуємо і побудуємо тахограми руху залежності швидкості від часу, діаграму статичних моментів і графік розрахунку по реальному циклу, при русі електроскутера в міському циклі на відстань 100 метрів.

Транспортний засіб рухається таким чином, що відбувається розгін, а потім уповільнення. Розрахуємо тахограму швидкості на завданій відстані в 100 метрів.(рис.1.1) Програма розрахунку приведена у вкладенні при лінійному гальмуванні. При гальмуванні вихідним параметром є величина уповільнення і прискорення.

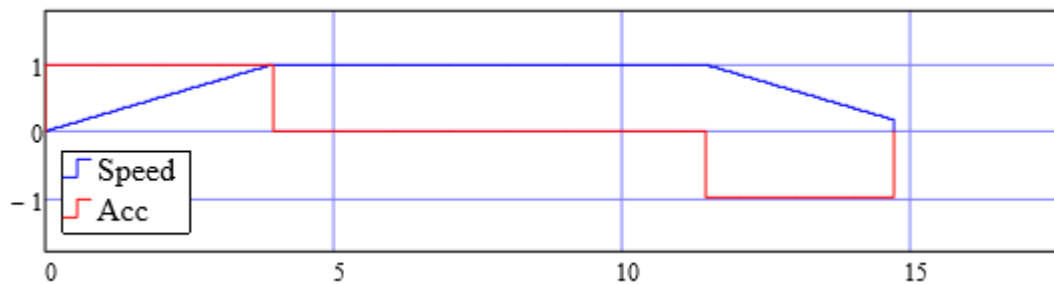


Рис.1.1 тахограма руху залежності швидкості від часу

Статичний момент або момент опору є функцією швидкості й має вигляд, як представлено на рис.1.2.

Момент, котрий розвиває двигун- це сума $M = M_c + Jdw / dt$. Розрахунок йде в поступальному русі $F = F_c + mdw / dt$. При розрахунку ми враховуємо обмеження зусилля, яке може створити двигун відповідно з його реальної характеристикою. (Рис .1.3)

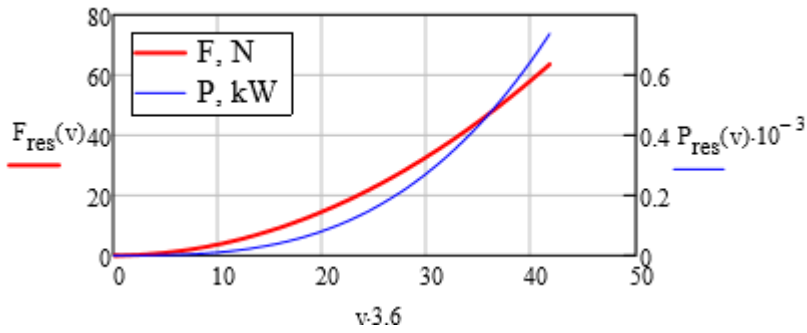


Рис.1.2 Діаграма статичного моменту

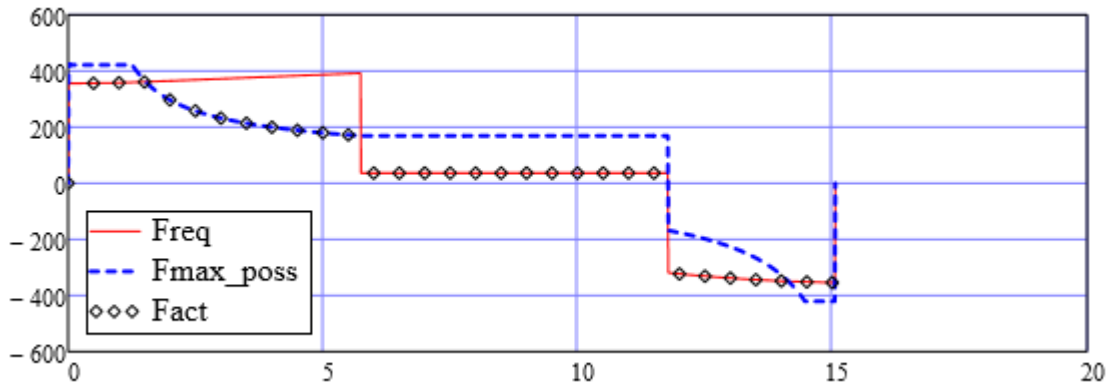


Рис.1.3 результат розрахунку по реальному циклу

Для формулювання вимог до електроприводу, а саме, вибору мотор-колеса потрібної потужності, розрахуємо еквівалентне зусилля поступового руху:

$$F_{eq} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N F_i^2}$$

Отримуємо

$$F_{eq} = 80,1 \text{ (Н)}$$

Тоді, для радіуса колеса 11 дюймів (з урахуванням висоти гумової покришки, 0,279 м) розрахуємо еквівалентний момент

$$M = F \cdot R = 22,4 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Для швидкості в 40 км/год еквівалентна потужність буде

$$P = F \cdot v = \frac{80,1 \cdot 40 \cdot 1000}{3600} = 890 \text{ (Вт)}.$$

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

| | | |
|----------|--|---------------|
| | | |
| Справ. № | | Перв. примен. |

Розділ 2

Автоматизований електропривод

| | | | |
|--------------|--------------|----------------|----------------------------------|
| | | | |
| Взам. инв № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | |
| Подп. и дата | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | |
| Подп. | Дата | | |
| Иув. № подл. | Разраб. | Нізамов О.Р. | Автоматизований електропривод |
| | Пров. | Балахонцев О.В | |
| | Т. | | |
| | Н. | Казачковський | |
| | Утв. | | |
| | Лит. | Лист | Листов |
| | Л | | |
| | | | 141-16-4 |

1.Визначення об'єкта управління вибір силової частини

2.1Вибір мотор колеса

Вибираючи мотор-колесо, виходять з технічних вимог до їхньої роботи (у зв'язку зі струму, номінальній напрузі і потужності, частоті обертання і т.д.). В даному проекті розглядається мотор-колесо kelly hub motor 48v 1kw.



Рис.2.1 мотор-колесо kelly hub motor 48v 1kw

Вибір цього мотор-колеса обґрунтований тим, що він відноситься до типу прямих мотор-колес. Технологія прямого приводу дозволяє значно спростити конструкцію велосипедного електричного двигуна, а також підвищити точність просторового переміщення. Прямоприводні велосипедні електродвигуни складаються з кільцеподібного сталевого статора з трифазними мідними обмотками, а також ротора з постійними магнітами. Прямоприводні велосипедні мотор-колеса працюють без додаткових передавальних елементів і забезпечують високий показник крутного моменту, завдяки своїй досить-таки раціональній конструкції. Велике число полюсних пар, при досить значному діаметрі ротора, оптимізує створення крутного моменту на виході і сприяє підвищенню

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 26 |

ефективності магнітного поля. З технічного боку ці двигуни є найбільш надійними і довговічними, оскільки в них нема чому ламатися. До того ж, загальновідомо, що будь-який прямоприводний електродвигун забезпечує оптимальне перетворення електричної енергії в механічне переміщення.

Зважаючи на відсутність редукторів чи інших механічних елементів, трансмісія прямоприводних мотор-колес має нульовий люфт, що в свою чергу забезпечує високий показник ефективності їх управління і високу жорсткість при навантаженнях. Також, мотор-колеса даного типу володіють низьким порогом шумоутворення.

Для всіх прямоприводних мотор-колес при гальмуванні характерна здатність роботи в режимі генератора, який виробляє рекуперативну енергію, яка розсіюється в приводі або ж знову надходить до джерела енергоживлення - акумуляторним батареям (функція рекуперації енергії при гальмуванні). Необхідно тільки, щоб контролером було передбачено забезпечення виконання цієї функції велосипедним електродвигуном. Редукторні мотор-колеса, в свою чергу, виключають можливість роботи в режимі генератора, оскільки коефіцієнт тертя їх елементів досить низький під час гальмування.

2.2 Вибір контролера

Так як мотор колесо- це електрична машина змінного струму для узгодження йому необхідний спеціальний пристрій, який буде перетворювати постійну енергію в змінну і навпаки, при цьому керуючи потужністю самого електродвигуна. Ці пристрої називають контролером двигуна або перетворювачем.

Контролер містить силові ключі, часто IGBT транзистори або силові транзистори з ізольованим затвором. Система управління ключами зазвичай реалізується на основі використання мікроконтролера.

Принцип роботи контролера заснований на наступному: силовий інвертор комує обмотки статора так, щоб вектор магнітного поля статора завжди був ортогонален вектору магнітного поля ротора. З допомогою широтно-імпульсної модуляції контролер керує струмом, що протікає через обмотки синхронного

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 27 |

двигуна з постійні магнітами (СДПМ), т. е. вектором магнітного поля статора, і таким чином регулюється момент, діючий на ротор СДПМ.

В даному проекті був обраний контролер фірми Kelly, а саме KBL48101X, 24V-48V, 100A рис 1.2 він спеціально призначений для роботи з даними мотор-колесом і не тільки.

| Параметры контроллера KBL48101X | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|----------|---------------------|
| Упит, В | I _{ном} , А | I _{10с} , А | I _{60 с} , А | f _п , Hz | t, °С | I _п , мА |
| 18-90 | 60 | 150 | 100 | 16600 | -30 – 90 | 5 |

де,

I_{10с} - допустимий струм контролера протягом 10с;

I_{60с} - допустимий струм контролера протягом 60с;

f_п - частота перемикання ключів контролера;

I_п - споживання струму контролером в режимі очікування.

t— діапазон робочих температур.



Рис.2.2 Контролер Kelly KBL48101X

особливості:

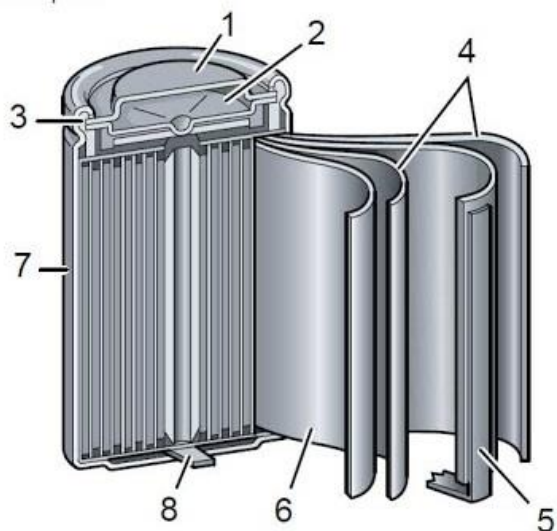
- Інтелект з потужним процесором.
- Синхронне випрямлення, наднизьке падіння і швидка ШІМ для досягнення дуже високої ефективності.
- Електронний реверс.
- Контроль напруги на 3 фазах двигуна, шині і джерелі живлення.
- Контроль напруги на джерелі напруги 12В і 5В.
- Поточний сенс на всіх 3 фазах двигуна.

- струмова петля управління.
- Апаратна захист від перевантаження по струму.
- Апаратна захист від перенапруги.
- Підтримка режиму крутного моменту, режими швидкості і роботи в збалансованому режимі.
- Настроювана межа струму двигуна і струму акумулятора.
- Низька ЕМС.
- Код несправності світлодіода.
- Захист акумулятора: обмеження струму, попередження і відключення при розширенні високій і низькій напрузі акумулятора.
- Міцний алюмінієвий корпус для максимального відведення тепла і суворих умов.
- Міцні сільноточні клеми і міцні авіаційні роз'єми для слабкого сигналу.
- Тепловий захист: відключення струму, попередження і відключення при високій температурі.
- Настроювані датчики положення Холла 60 або 120 градусів.
- Підтримка двигунів з будь-якою кількістю полюсів.
- Підтримка трьох режимів рекуперативного гальмування: регенерація вимикача гальма, регенерація розблокування дросельної заслінки, змінна регенерація аналогового сигналу 0-5 В

2.3 Вибір батарей

В даному проекті використовуються батареї фірми Panasonic NCR18650B. Вибір цього джерела живлення обґрунтований тим, що в останні роки ціни на літій-іонні акумулятори стали набагато менше, ніж були колись. Проте для того, щоб живити мотор колеса потрібно з десятки таких елементів. Ці елементи збираються в секції, з послідовно паралельним з'єднанням для того, щоб набрати необхідне значення вольтажу для живлення мотор колеса . В той час, як ємність можна вибирати яку завгодно, виходячи з потреби споживача треба пам'ятати , що чим більша ємність, тим більша кількість елементів , а отже й ціна батареї в цілому.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 29 |



- 1 положительный полюс / крышка
 2 предохранительный клапан
 3 уплотняющая прокладка
 4 разделитель 6 отрицательный электрод
 5 положительный электрод 7 корпус
 8 отрицательный полюс

Рис.2.3 Будова батареї Panasonic NCR18650B

Характеристики батареї Panasonic NCR18650B

| | |
|---------------------------|------|
| Номінальний вольтаж V, | 3.6 |
| Напруга повної зарядки V, | 4.2 |
| Ємність елемента мА, | 3400 |
| Струм зарядки A, | 1.6 |
| Струм розрядки A, | 8 |
| Маса елемента г, | 47 |

Так як ми використовуємо послідовно паралельне з'єднання елементів, проведемо розрахунок для кожного типу з'єднань. Кількості елементів в паралельному з'єднанні розрахуємо наступним чином:

$$N = \frac{C_{\text{бат}}}{C_{\text{ел}}} = \frac{10}{3,4} = 3$$

Де ,

$C_{\text{бат}}$ – ємність акумуляторної батареї

$C_{\text{ел}}$ – ємність одного елемента

Розрахуємо кількість осередків в одній гілці

$$N_2 = \frac{c}{U_{\text{ел}}} = \frac{48}{3,6} = 13$$

Де,

$U_{\text{бат}}$ – номінальна напруга батареї

$U_{\text{ел}}$ – номінальна напруга елемента

Виходячи з номінальної напруги мотор-колеса, розрахуємо необхідну кількість елементів за формулою:

$$N_{\text{кл}} = N \cdot N_2 = 3 \cdot 13 = 39$$

Тобто для реалізації такої батареї потрібно 39 елементів, а її ємність складатиме 10Аг.

1.4 Синтез системи регулювання.

Електропривід складається з батареї, інвертора і синхронного двигуна з постійними магнітами. На малюнку 2.1 зображена функціональна схема приводу.

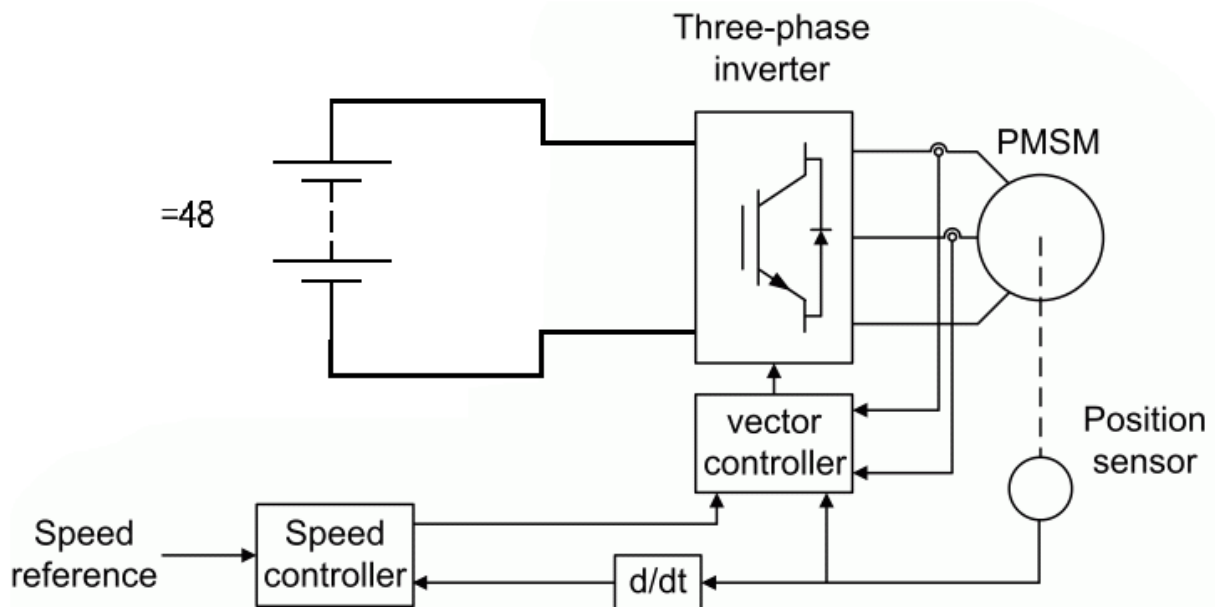


Рис.2.1 Функціональна схема

З мотор-колеса виходить силовий кабель з 3 фазами, які підключаються до клем контролера A B C, живлення контролер отримує від батареї 48 вольт через клему B + і B- для подачі живлення організован ланцюг на контакторі КМ1. Контакт контактора КМ1 зашунтований резистором попереднього заряду R1, він потрібен для того, щоб на конденсаторі всередині контролера не виникало кидків струму.

Живлення на схему подається через кнопку SB1, при замиканні кнопки живиться котушка контактора, після замикається контакт котушки КМ1 і таким чином живлення подається на контролер. Крім того, це ж живлення використовується для системи управління через роз'єм PWR в клемнику xt1. До клемника xt1 підключаються ручка дросельної заслінки і гальмівна ручка, а клемник xt2 це вхідний роз'єм на який заводяться сигнали з датчиків хола встановлених в мотор-колесі, вони показують стан фаз ротора, в залежності від положення ротора підключається та чи інша комбінація ключів інвертора.

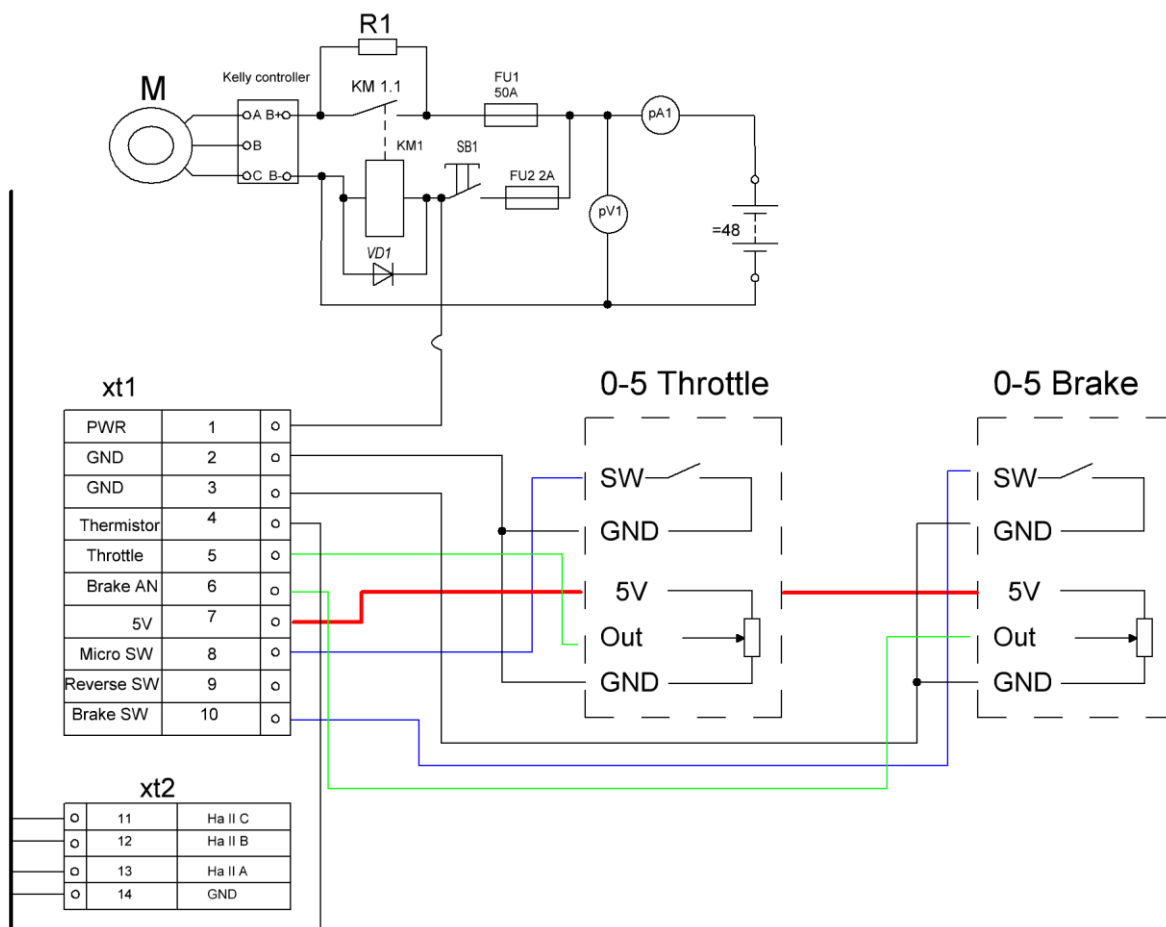


Рис.2.2 принципова схема

| | | | | |
|----------|--|---------------|--|--|
| Справ. № | | Перв. примен. | | |
|----------|--|---------------|--|--|

Розділ №3
Дослідження динаміки.

| | | | | | | | |
|--------------|--|-------------|--|--------------|--|--------------|--|
| Подп. и дата | | Взам. инв № | | Инв. № дубл. | | Подп. и дата | |
|--------------|--|-------------|--|--------------|--|--------------|--|

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | Лит. | Лист | Листов |
|------|------|----------------------|-------|------|-----------------------|----------|------|--------|
| | | Разраб. Нізамов О.Р. | | | Дослід динаміки елеvd | Л | | |
| | | Пров. Балахонцев О.В | | | | | | |
| | | Т. | | | | | | |
| | | Н. Казачковський | | | | | | |
| | | Утв. | | | | | | |
| | | | | | | 141-16-4 | | |

3.1 Динамічна модель мотор колеса

Схема високого рівня, показана нижче, побудована з шести основних блоків. Моделі PMSM, трифазний інвертор і трифазні діодні випрямлячі поставляються з бібліотекою SimPowerSystems. Більш детальна інформація доступна на довідкових сторінках для цих блоків. Регулятор швидкості, гальмівний переривник і моделі векторного контролера є специфічними для бібліотеки приводу. Для більш швидкого моделювання можна використовувати спрощену версію приводу, що містить модель інвертора із середнім значенням.

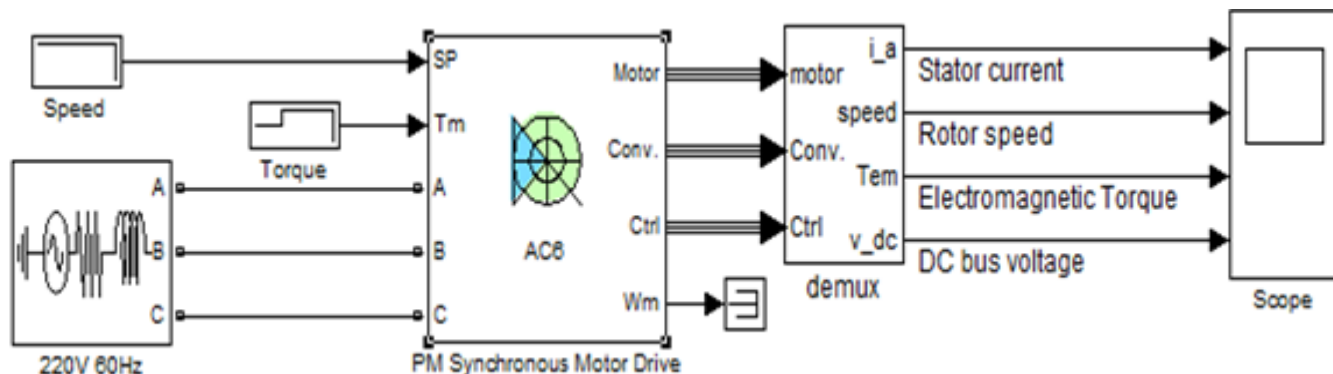


Рис.3.1 Модель синхронного двигуна

Регулятор швидкості заснований на регуляторі PI, показаному нижче. Вихід цього регулятора є уставкой крутного моменту, що застосовується до блоку векторного контролера цей регулятор зображений на рис 3.2.

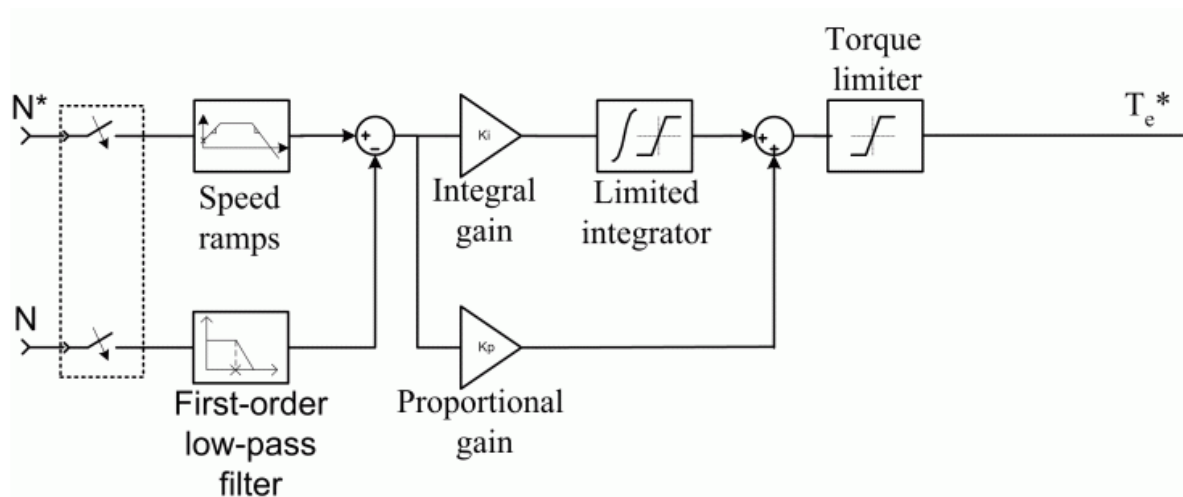


Рис.3.2 регулятор швидкості

Векторний контролер містить чотири основні блоки, ці блоки показані на рис. 3.1.3

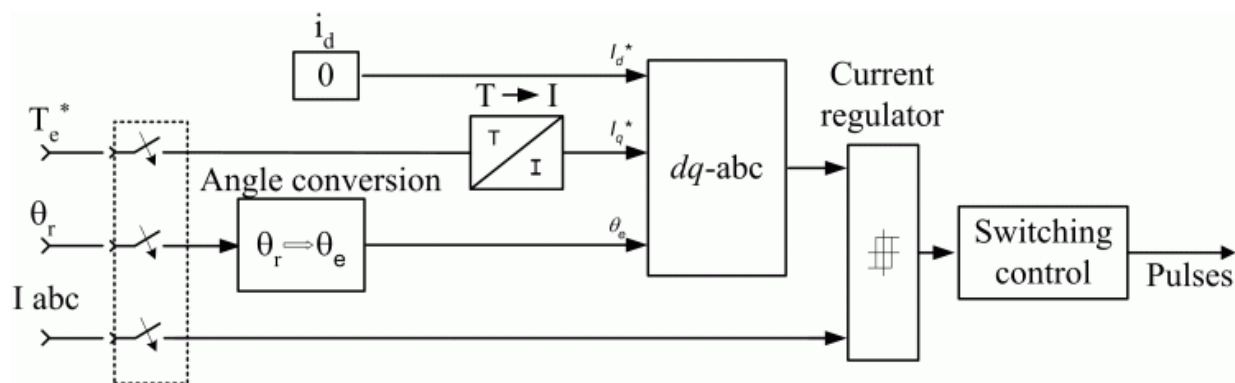


Рис. 3.3 векторний контролер.

Опис блоків векторного контролера

- 1) блок dq-abc виконує перетворення складової струму dq в системі відліку ротора в змінні фази abc.
- 2) стабілізатор струму є регулятором струму bang-bang з регульованою шириною смуги гистерезиса.
- 3) блок перетворення кута використовується для обчислення кута електричного ротора по куту механічного ротора.
- 4) блок управління перемиканням використовується для обмеження частоти комутації інвертора максимальним значенням, зазначеним користувачем.

При використанні інвертора середнього значення на інвертор відправляються опорні значення струму, а також імпульси перемикання від модифікованого блоку управління перемиканням.

Блок гальмівного переривника містить конденсатор шини постійного струму і динамічний гальмівний переривник, який використовується для поглинання енергії, створюваної уповільненням двигуна. Інвертор середнього значення показаний на рисунку 3.4

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ

Лист

25

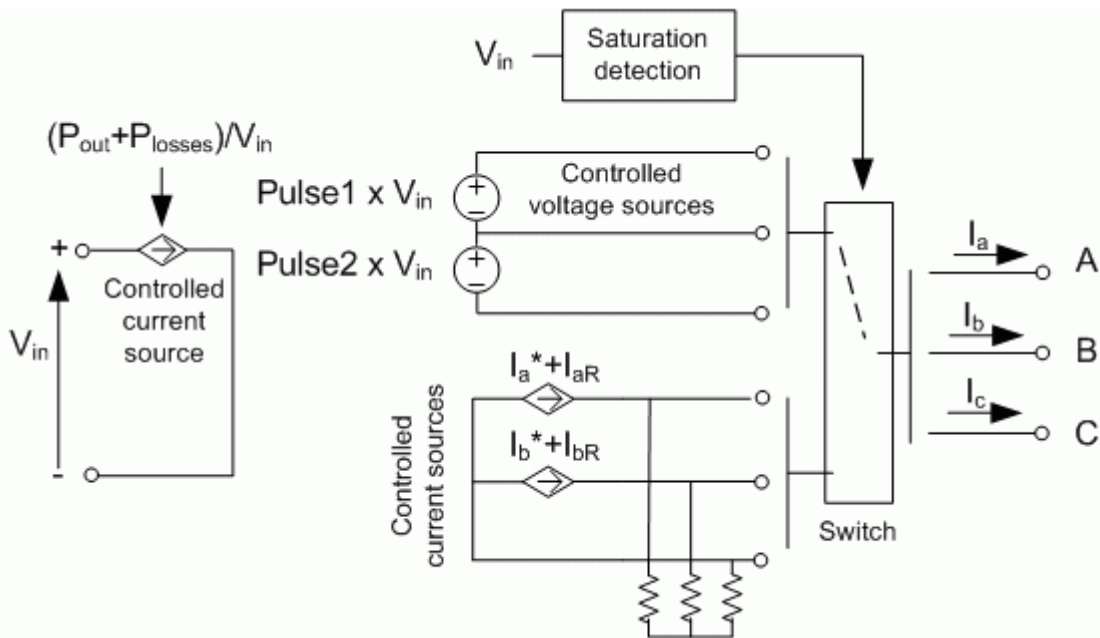


Рис.3.4 інвертор середнього значення

Він складається з одного керованого джерела струму на стороні постійного струму і двох керованих джерел струму і двох керованих джерел напруги на стороні змінного струму. Джерело постійного струму дозволяє уявити середню поведінку струму шини постійного струму у відповідності з наступним рівнянням

$$I_{dc} = (P_{out} + P_{losses}) / V_{in}$$

P_{out} , що є вихідною потужністю, покриває втрати в силових електронних пристроях і V_{in} напругу шини постійного струму. На стороні змінного струму джерела струму є середні фазні струми, що подаються на двигун. При швидкому регулюванні поточні значення встановлюються рівними поточним посиленнями, відправленим поточним регулятором. Невеликий струм вводиться для компенсації струму, споживаного трифазним навантаженням (необхідний через джерел струму інвертора, включених послідовно з індуктивним двигуном). Під час втрати відстеження струму через недостатні напруги інвертора струми живляться від двох керованих джерел напруги. Ці джерела напруги представляють режим прямокутної хвилі і забезпечують хороше уявлення фазних струмів під час насичення інвертора. Кожне джерело напруги видає або V_{in} , або 0, в залежності від значень імпульсів (1 або 0), що посиляються регулятором струму.

3.2 Результати дослідження.

При проведенні дослідження динаміки мотор-колеса заснованого на синхронному двигуні з постійними магнітами були отримані наступні результати показані на діаграмах наведених нижче.

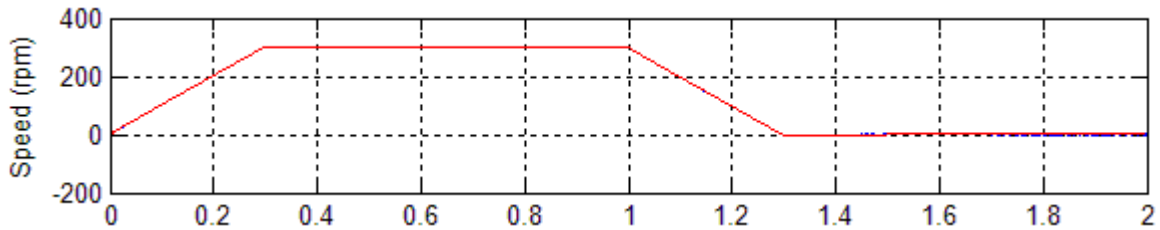


Рис.3.1 діаграма швидкості

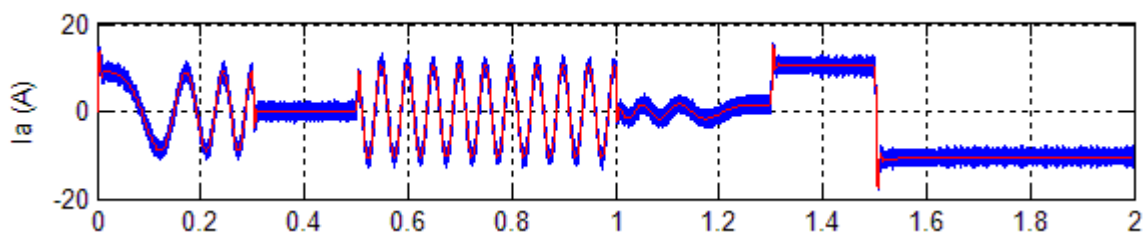


Рис.3.2 діаграма струму

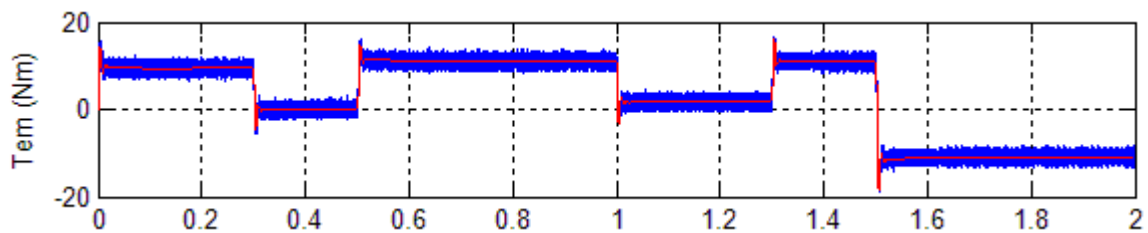


Рис.3.3 діаграма моменту

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ

Лист

27

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 28 |

| | |
|-----------|---------------|
| Справа. № | Перв. примен. |
|-----------|---------------|

| | | | | |
|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв № | Инд. № дубл. | Подп. и дата |
|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|

Розділ 4

Охорона праці

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|------|---------|----------------|-------|------|
| | Разраб. | Нізамов О.Р. | | |
| | Пров. | Столбченко О.В | | |
| | Т. | | | |
| | Н. | Казачковський | | |
| | Утв. | | | |

| | | |
|---------------|------|--------|
| | | |
| | | |
| Охорона праці | | |
| Лит. | Лист | Листов |
| Л | | |
| 141-16-4 | | |

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників технологічного процесу

В даному розділі будуть розглянуті питання охорони праці, при розробці виготовленні дослідного зразка електроскутера.

У системі присутні такі небезпечні фактори як : обертові частини двигуна, електричний струм, яким харчуються пристрої, шум, шкідливі хімічні речовини і гази всередині акумуляторів.

Шуми, створювані агрегатами, впливають на людину. Вони викликають роздратування, послаблюють увагу, викликають стомлення, тим самим, знижуючи продуктивність й ефективність праці. Сильний шум значно впливає на весь організм, викликаючи зміну швидкості дихання та серцебиття, сприяє порушенню обміну речовин, виникненню серцево-судинних захворювань, гіпертонічної хвороби, а також може призводити до професійних захворювань. Сильний шум може бути причиною травматизму, так як через шум інженер може не почути сигналів, що попереджають про небезпеку.

Основними джерелами шуму в розроблюваній системі є вали і рухливі механічні вузли.

Найбільш небезпечним фактором в установці все ж є електричний струм. Ураження електричним струмом може викликати тимчасову або повну непрацездатність користувача. Проходячи через живі тканини, електричний струм надає термічний, електролітичний, механічний та біологічний вплив. Це призводить до різних порушень в організмі, викликаючи як місцеве ураження тканин і органів, так і загальне ураження організму.

Для користувача небезпечно силова напруга 72 В, ураження яких користувач може отримати при контакті з струмоведучими частинами або металевими елементами автомобіля при порушенні ізоляції провідників.

Шкідливі речовини в акумуляторної і конденсаторної батареї. Літій, з якого зроблені акумуляторні катоди, і його фосфати є отруйними речовинами. При неправильної зарядки акумуляторів виділяється велика кількість тепла і газів, що може призвести до пожежі і вибуху акумуляторів. Електроліт, який знаходиться всередині іоністорів при попаданні на шкіру або в очі викликає сильні опіки, а при

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 40 |

попаданні на одяг і взуття роз'їдають їх. Пари електролітів виділяються при неправильній зарядці акумуляторів і конденсаторів, можуть пошкодити корпус акумулятора або суперконденсатора і викликати серйозні пошкодження шкіри, очей або слизових оболонок людини

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Оскільки в даному проекті основним джерелом небезпеки для людини є ураження електричним струмом, то в першу чергу повинні бути розроблені технічні заходи щодо захисту від ураження електричним струмом. Це, по-перше, застосування подвійної ізоляції, що є найбільш поширеним технічним заходом запобігання ураження електричним струмом в побутових установках. Подвійна ізоляція являє собою застосування робочої сили та додаткової ізоляції. При пошкодженні або пробітній робочої ізоляції, яка розраховується виходячи з напруг на пристрої, від травмування електричним струмом захищає додаткова ізоляція. Також можливе використання датчика струму витoku, через корпус автомобіля, для запобігання ураження користувача при дотику до металевих елементів кузова.

Крім того, в системі управління застосовується захист від коротких замикань, перенапруг, так як це не тільки викликає аварію на обладнанні, а й може призвести до ураження оператора струмом.

Захист користувача від травм при використанні акумуляторних батарей забезпечується установкою герметичних необслуговуваних акумуляторів, які мають у своїй конструкції спеціальні сепаратори, водневі каталізатори, запобіжні клапани.

Тому вплив літію, електролітів на користувача зведений до мінімуму. Також виключається можливість вибуху газів і самих акумуляторів, внаслідок зростаючого тиску всередині, завдяки наявності захисних клапанів і систем скидання.

Для захисту користувача від шкідливих речовин, що містяться в акумуляторах при механічному пошкодженні корпусу акумулятора реалізуються наступні заходи безпеки. Всі акумулятори повинні бути встановлені в захисних

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 41 |

металевих кожухах і надійно зафіксовані, а також розділені сепараційними пластинами один від одного. Заряд акумуляторів також необхідно проводити при відкритій кришці багажного відділення й тільки спеціалізованими балансуєчими зарядними пристроями.

Шум при обертанні ротора мотор-колеса не перевищує допустимих значень, тому додаткові рішення по його ліквідації не вимагаються

4.3 Пожежна профілактика

Несправності і неправильна експлуатація електроустановок є причинами пожеж і загорянь.

В електроустановках горючими речовинами є: ізоляційне просочувальне масло, ізоляційна гума, пластмаса, лак, паперова й поліетиленова ізоляція кабелю, водень, що виділяється при заряді акумуляторних батарей.

Основними причинами пожеж в електроустановках є: коротке замикання в електричних мережах і електрообладнанні, струмові перевантаження, перегрів місць з'єднання струмоведучих частин та ін. Також причиною пожежі можуть стати необережне поводження з відкритим вогнем, електроприладами, куріння в недозволених місцях. При експлуатації гібридного автомобіля, також необхідно враховувати наявність легкозаймистого палива для двигуна внутрішнього згоряння.

Для захисту електрообладнання від перевантажень і струмів короткого замикання використовуються плавкі вставки, автомати відключення, контактори. Для зменшення ймовірності загоряння електроізоляції слід застосовувати електроізоляційні матеріали, з більш високим класом нагрівостійкості. Також, максимально зменшити можливість виникнення пожежі повинна проводитися постійна робота з персоналом, спрямована на навчання правилам пожежної безпеки, вивчення інструкцій по експлуатації електроустановок. При заправці автомобіля електрообладнання повинно бути знеструмлено, для виключення виникнення іскри.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 42 |

Для захисту від пожежі, що виникла на місці роботи в обов'язковому порядку мають бути присутніми первинні засоби пожежогашіння: в електричній лабораторії на стіні має висіти пожежний щит, на якому розташований вуглекислотний і порошковий вогнегасник, а також ящик з піском і совок. Безпосередньо в електроскутер в обов'язковому порядку повинен бути присутнім порошковий або вуглекислотний вогнегасник.

Порошкові вогнегасники (ОП) і вуглекислотні вогнегасники (ОУ) призначені для укомплектування легкових автомобілів, а також застосування в побутових умовах, в якості первинного засобу гашіння пожеж класу А (твердих речовин), С (горючих газів), В (горючих рідин або плавких твердих тіл) і електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В. Дані вогнегасники підходять найкраще, оскільки вони покривають широкий діапазон можливих джерел пожежі, а також містять безпечні для електроустановок туша реагенти.

4.4 Розрахунок штучного освітлення

У даному дипломному проекті проводиться дослідження лабораторної КУ, НТУ «Дніпровська політехніка», яка знаходиться в лабораторії «Schneider Electric» на кафедрі електропривода (5/34), і слугує для навчання студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Мета розрахунку полягає у тому, щоб вибрати систему освітлення, джерело світла й світильник, визначити кількість світильників для забезпечення нормованої освітленості й розташувати їх на плані приміщення.

Вхідними даними слугують розміри, тип приміщення, а також характеристика зорової роботи , для проектного технологічного процесу. Розміри приміщення зведені до табл. 4.1.

У даному дипломному проекті буде проводитись розрахунок методом коефіцієнта використання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 42 |

Розміри приміщення

| Параметр | Умовне позначення | Розміри | Одиниці виміру |
|----------|-------------------|---------|----------------|
| Довжина | A | 5.6 | м |
| Ширина | B | 3.5 | м |
| Висота | H | 2.35 | м |
| Площа | S | 20 | м ² |

Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику визначається:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}, \text{ де} \quad (4.1)$$

E — нормована мінімальна освітленість, [лк];

S — освітлювана площа, [м²];

k — коефіцієнт запасу;

z — коефіцієнт мінімальної освітленості;

N — число світильників у приміщенні;

η — коефіцієнт використання світлового потоку.

Величина E приймається відповідно до “Норм освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях” (табл. 5.1 [1]). Для навчальної аудиторії обираємо норму V розряду. При загальному освітленні приймаємо $E = 150$ лк.

Площа приміщення приймається $S = 108$ м², згідно табл. 4.1.

Коефіцієнт запасу обирається згідно типу приміщення та світильників, ступеня забруднення атмосфери виробничих приміщень пилом, димом, кіптявою. Відповідно до табл. 5.4 [1], для суспільних приміщень з світильниками з газорозрядними лампами приймаємо коефіцієнт запасу $k = 1.5$.

Коефіцієнт мінімальної освітленості для люмінесцентних ламп приймаємо $z = 1.1$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 44 |

Розрахункова висота підвісу h світильників задається, як правило, розмірами приміщення. Найбільш вигідне співвідношення відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу приймається по табл. 5.5 [1].

$$\lambda = \frac{L}{h}, \text{ де} \quad (4.2)$$

L — відстань між світильниками з крапковими джерелами світла, [м];

h — розрахункова висота, [м].

У відповідності до ДСТ І3828-74, для навчальної аудиторії рекомендується використання світильників прямого світла, типова крива — “глибока”. Приймаємо $\lambda = 0.9$ згідно табл. 5.5 [1].

Відстань між крайніми світильниками та стіною визначається:

$$l = 0.3 \cdot L \quad (4.3)$$

Розрахункова висота визначається:

$$\begin{aligned} h &= H - h_{зв} - h_{рп} = \\ &= 2.35 - 0.2 - 0.8 = 1.35 \text{ м, де} \end{aligned} \quad (4.4)$$

H — загальна висота приміщення, [м]. Приймається згідно табл.

$h_{зв}$ — висота звису світильників, [м]. Приймаємо $h_{зв} = 0.2$ м.

$h_{рп}$ — висота робочої поверхні над підлогою, [м]. Приймаємо $h_{рп} = 0.8$ м.

Відстань між рядами світильників:

$$L_p = \lambda \cdot h = 2 \cdot 1.35 = 2.7 \text{ м} \quad (4.5)$$

Кількість рядів світильників:

$$N_p = \frac{A}{L_p} = \frac{5.6}{2.7} \approx 2 \quad (4.6)$$

Кількість світильників у ряді:

$$N_k = \frac{B - l}{L_p} = \frac{3.5 - 0.81}{2.7} \approx 1 \quad (4.7)$$

Загальна кількість світильників:

$$N = N_p \cdot N_k = 2 \cdot 1 = 2 \quad (4.8)$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{5.6 \cdot 3.5}{1.35 \cdot (5.6 + 3.5)} = \frac{108}{42} \approx 1.6 \quad (4.9)$$

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку η визначаємо за табл. 5.6 [1] коефіцієнти відображень поверхонь приміщення — стелі, стін та робочої поверхні.

Приймаємо $\rho_c = 0.5$, $\rho_{ст} = 0.3$, $\rho_{рп} = 0.1$.

Спираючись на індекс приміщення та коефіцієнти відбиття, приймаємо згідно табл. 5.7 [1] значення $\eta = 0.7$ для люмінесцентних світильників прямого світла та “рівномірна” кривої сили світла.

Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 20 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{2 \cdot 0.7} = 3535 \text{ лм} \quad (4.10)$$

Згідно виконаних розрахунків обираємо лампи типу ЛХБ30-4, параметри яких зведено до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Параметри ламп типу ЛХБ30-4

| Тип лампи | Потужність, Вт | Напруга на лампі, В | Світловий потік, лм, потік після 100 ч горіння | | |
|-----------|----------------|---------------------|--|-------------|---------------|
| | | | номінальний | мінімальний | розрахунковий |
| ЛХБ65-4 | 65 | 110 | 3820 | 3435 | 3630 |

Висновки

У даному розділі дипломного проекту було проведено опис шкідливих та небезпечних факторів, які можуть виникнути при роботі з електроскутером.

Були розглянуті всі можливі шкідливі фактори при проектуванні й використанні електроскутера, які можуть негативно відобразитися на життєдіяльності людини, а також запобіжні заходи для уникнення шкідливого впливу на людину.

Розглянуті причини виникнення загорянь при їзді на електроскутері та заходи для уникнення пожеж.

Проведено розрахунки штучного освітлення для приміщення. Згідно розрахунків, необхідний світловий потік в кожному світильнику становить 3535 лм, для організації штучного освітлення необхідне використання люмінесцентних ламп типу ЛХБ65-4 загальною кількістю 2 шт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 47 |

Використані джерела

1. Методичні вказівки з виконання розрахункової частини розділу „Охорона праці”, частина 1.
2. Голінько В.І. Основи охорони праці. - Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 265 с.
3. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики.
URL: <http://aop.nmu.org.ua/ua/metodicki/bakalavrinski/diplom/lp/>
4. Правила пожежної безпеки в Україні.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#n14>

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 48 |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв №

Ине. № дубл.

Подп. и дата

Ине. № подл.

Розділ 5

Техніко-економічне обґрунтування

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|------|------|----------|-------|------|
| | | | | |

| | | | | |
|---------|----------------|--|--|--|
| Разраб. | Нізамов О.Р. | | | |
| Пров. | Тимошенко Л.В. | | | |
| Т. | | | | |
| Н. | Казачковський | | | |
| Утв. | | | | |

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

Техніко-економічне
обґрунтування

| Лит. | Лист | Листов |
|----------|------|--------|
| Л | | |
| 141-16-4 | | |

Вступ

В даному дипломному проєкті розглядається технологія електричних двоколісних транспортних засобів. За основу було вибрано мотор-колесо Kelly hub motor 48v 1kw.

Мотор-колесо - це електродвигун, вбудований в колесо. У мотор-колесі не використовується додатковий механізм передачі потужності (трансмісія) від двигуна до колеса. Воно не має деталей, що труться, за винятком підшипників в безредукторному двигуні. Таким чином, двигун, трансмісія і колесо являє собою єдине ціле, що робить мотор-колесо дуже надійним в експлуатації. Існує два режими роботи мотор-колеса - тяговий і генераторний. У тяговому режимі обертання передається з валу якоря електродвигуна, що працює в руховому режимі, через редуктор до внутрішнього зубчатого вінця ведучого колеса, в генераторному режимі, використовуваному для електричного гальмування, електродвигун переходить в генераторний режим роботи, а електроенергія перетворюється в тепло на гальмівному реостаті, або повертається в електричну мережу, або застосовується для зарядки акумуляторів (рекуперативного гальмування)

В останні кілька років область застосування різного виду систем мотор-коліс як в автомобілях, так і спеціалізованому транспорті безперервно розширюється. У разі використання системи мотор-колесо в електроскутері, можна виділити ряд істотних переваг, а саме:

- відсутність втрати потужності при передачі крутного моменту від двигуна на колеса, яке відбувається в трансмісії;
- компактне розміщення тягового двигуна безпосередньо всередині колеса, що в деяких випадках є єдино можливим варіантом вирішення;
- можливість перетворення кінетичної енергії в електричну методом рекуперативного гальмування;
- отримання високого ККД

Основою вибору цього проєкту стало те ,що незважаючи на його відносно середню вартість, він досить зручний для щоденного міського пересування, не вимагає великих витрат на зарядку батарей, володіє надійною конструкцією і високими показниками ККД.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 50 |

В розділі технічно-економічної частини потрібно визначити наступне

- 1) капітальні витрати на придбання, доставку, монтаж і налагодження електротехнічного обладнання.
- 2) річні експлуатаційні витрати об'єкта проектування.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 51 |

5.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції — це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації. Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення включають витрати на придбання, транспортування обладнання та витрати, пов'язані з проведенням монтажних-налагоджувальних робіт.

При визначенні величини проектних капіталовкладень $K_{пр}$ можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{пр}, \quad (5.1)$$

де $K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$ — вартість придбання електрообладнання (програмного забезпечення, засобів автоматизації тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k — кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$ — транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m — витрати на монтажні роботи;

Z_n — витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ — інші одноразові вкладення грошових коштів.

Витрати на придбання технічних засобів та комплектуючих виробів зведені до табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Зведення капітальних витрат

| № з/п | Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів) | Кількість | Ціна за одиницю, грн | Сума, грн | Обґрунтування |
|-------|--|-----------|----------------------|-----------|---------------|
| 1 | Контролер KBL48101X | 1 | 6991 | 6991 | [1] |
| 2 | Гальванічний елемент Boston Swing 48V10.6Ah | 1 | 5236 | 5236 | [2] |
| 3 | Мотор колесо kelly hub motor 48v 1kw | 1 | 10975 | 10975 | [3] |
| | ВСЬОГО | | | 23202 | |

Транспортно-заготівельні і складські витрати $Z_{ТЗС}$ визначаються наступним чином.

Вартість транспортно-заготівельних витрат на придбання контролера **KBL48101X** за даними служби виробника за доставку посилки вагою **0.5 кг** та габаритами **272 × 146 × 86 мм** становить:

$$Z_{ТЗ1} = 81 \text{ грн}$$

Вартість транспортно-заготівельних витрат на придбання гальванічного елементу Boston Swing 48V10.6Ah за даними служби перевезень «Нова Пошта» за доставку посилки вагою 2.5 кг та габаритами 270 × 76 × 67 мм на відстань 479 км

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 52 |

Київ—Дніпро становить:

За представленими даними і тарифами «Нова Пошта» згідно розрахунками вартості доставки. URL: <https://novaposhta.ua/ru/delivery>
(дата звернення 30.05.2020)

$$З_{тз2} = 100 \text{ грн}$$

Вартість транспортно-заготівельних витрат на придбання мотор-колеса kelly hub motor 48v 1kw за даними служби виробника за доставку посилки вагою 8 кг, та габаритами 255 × 270 × 74 мм становить

$$З_{тз3} = 140 \text{ грн}$$

Сумарні транспортно-заготівельні і складські витрати $З_{тзс}$ з врахуванням маси обладнання та його габаритними розмірами визначаються за формулою:

$$З_{тзс} = З_{тз1} + З_{тз2} + З_{тз3} = 321 \text{ грн} \quad (5.2)$$

Витрати на монтажні роботи $З_{м}$ можна визначити наступним чином:

$$З_{м} = \sum (Ч_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр}, \quad (5.3)$$

де $Ч_i = 2$ — чисельність працівників III розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних робіт, чол.;

$a_i = 44,64$ — годинна тарифна ставка електромонтера III розряду, грн.;

$t_i = 8$ — час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних робіт, год.;

$K_d = 1,1$ — коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{см} = 1,22$ — коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр} = 1,05$ — коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних робіт.

Витрати на монтажні роботи становлять:

$$\begin{aligned} З_{м} &= \sum (Ч_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{см} \cdot K_{пр} = \\ &= (2 \cdot 44,64 \cdot 8) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1006 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.4)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 54 |

Витрати на налагоджувальні роботи Z_H можна визначити наступним чином:

$$Z_H = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{pr}, \quad (5.5)$$

де $C_i = 1$ — чисельність працівників V розряду, необхідних для виконання певного обсягу налагоджувальних робіт, чол.;

$a_i = 50,52$ — годинна тарифна ставка електромонтера V розряду, грн.;

$t_i = 8$ — час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних робіт, год.;

$K_d = 1,1$ — коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{cm} = 1,22$ — коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{pr} = 1,05$ — коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних робіт.

Витрати на налагоджувальні роботи становлять:

$$\begin{aligned} Z_H &= \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{pr} = \\ &= (1 \cdot 50,52 \cdot 8) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 560 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Інші одноразові вкладення грошових коштів Z_{pr} відсутні, тому не будуть враховуватись у розрахунку.

$$Z_{pr} = 0 \text{ грн}$$

Розрахунок проектних капіталовкладень:

$$\begin{aligned} K_{pr} &= K_{об} (\sum_{i=1}^K C_i) + Z_{тзс} + Z_M + Z_H + Z_{pr} = \\ &= 23203 + 321 + 1006 + 560 = 25090 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.7)$$

5.5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати — це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

Відповідно до теми даної дипломної роботи буде виконано розрахунок амортизаційних відрахувань, витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт та розрахунок вартості спожитої електроенергії. Розрахунок інших витрат, а саме:

- 1) розрахунок річного фонду заробітної плати
- 2) єдиний соціальний внесок
- 3) та інші витрати

Ці розрахунки не проводяться, бо даний запроектований транспортний засіб не є промисловим, а експлуатується приватними особами.

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складають:

$$C = A_0 + C_T + C_3 \quad (5.8)$$

5.3.1 Розрахунок амортизаційних відрхувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Період корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів визначається підприємством самостійно виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Термін корисного використання повинен бути не менший мінімально допустимого терміну корисного використання. У табл. 5.2 наведено мінімально допустимі терміни корисного використання для окремих груп основних засобів.

Таблиця 5.2

Мінімально допустимі терміни корисного використання за окремими групами основних засобів

| Група | Основні засоби | Термін корисного використання, років |
|-------|---|--------------------------------------|
| 3 | Будівлі | 20 |
| | Споруди | 15 |
| | Передавальні пристрої | 10 |
| 4 | Машини і обладнання | 5 |
| | ЕОМ, машини для автоматичної обробки інформації, пов'язані з ними засоби зчитування або друку інформації, | 2 |

| | | |
|---|--|---|
| | комп'ютерні програми, інформаційні системи тощо. | |
| 5 | Транспортні засоби | 5 |
| 6 | Інструменти, прилади, інвентар (меблі) | 4 |

Відповідно до табл. 5.2 придбане устаткування відноситься до групи 5, мінімальний допустимий термін використання становить 5 років.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_{\Pi} - L_B \quad (5.9)$$

де Φ_{Π} — первісна вартість об'єкта основних засобів;

L_B — розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

У випадку придбаного обладнання ліквідаційна вартість приймається:

$$L_B = 1500 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування знаходяться за прямолінійним методом за наступною формулою:

$$AO = \frac{\Phi_{\Pi} - L_B}{T_{\Pi}}$$

$$(5.10)$$

де T_{Π} — термін корисного використання (амортизаційний період);

Річний фонд амортизаційних відрахувань становить:

$$AO = \frac{\Phi_{\Pi} - L_B}{T_{\Pi}} = \frac{25090 - 1500}{5} = 4718 \text{ грн}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Підпись | Дата | | 57 |

(5.11)

5.3.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включає в себе діагностику транспортного засобу, перевірка основних вузлів, заміна витратних матеріалів. Річна вартість обслуговування електроскутера складе на діагностику 350 грн. , на перевірку основних вузлів 300 грн. , на заміну витратних матеріалів 700 грн. Звідси випливає, що річні витрати на технічне обслуговування обійдуться 1350 грн.

5.3.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Для розрахунку річного споживання електричної енергії візьмемо середній денний пробіг, який складає 50 кілометрів та розрахуємо необхідність в електроенергії.

Повна зарядка батарей буде займати 5 годин, а електроенергія споживана на відстань 50 кілометрів складе 2кВт·г.

Для визначення тарифу на електроенергію розрахуємо місячне споживання енергії

$$1) N_m = P_z \cdot 30 = 2 \cdot 30 = 60 \text{кВт} \cdot \text{г}$$

P_z – енергія споживана на відстань 50 кілометрів.

Тариф становить при споживанні за місяць до 100кВт·г 0,9грн./кВт·г, більше 100кВт·г 1,68грн./кВт·г. Тому враховуючи обсяг електроенергії яка буде використовуватись для повної зарядки батарей, приймаємо тариф 0,9грн./кВт·г

Розрахуємо річні витрати на електроенергію.

$$2) P_{\text{річ}} = (N_m \cdot 12) \cdot 0,9 = (2 \cdot 365) \cdot 0,9 = 648 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять

$$C = A_0 + C_T + C_э = 4718 + 1350 + 648 = 6716 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 58 |

5.4 Висновки

В даному розділі був проведений розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.

Капітальні витрати на реалізацію технології електричного двоколісного транспортного засобу становлять 25090 грн. , а щорічні експлуатаційні витрати становлять 6716 грн.

Посилання

- [1]. Kellycontrollers.eu URL: <https://www.kellycontrollers.eu/hub-motor-48v-1kw>
- [2]. Kellycontrollers.eu URL: <https://www.kellycontrollers.eu/kbl48101x>
- [3]. Evel URL: <https://evel.ua/catalog/akkumuljatori/akkumuljator-boston-swing-48v106ah/>

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 59 |

Висновки

Цілью даного проекту було проектування ектроскутера на базі мотор-колеса. Були розглянуті які типи мотор-колес існують, проведені розрахунки потужності, побудовані механічні характеристики а також розглянуті сили що діють на транспортний засіб під час руху. Для вибраного мотор-колесо були підібрані контролер та гальванічний елемент.

Перевірку правельно виконаного проекту здійснено шляхом математичного моделювання динамічної моделі електроскутера в середовищі програмного продукту МАТЛАБ компоненти СІМУЛІНК. Результати оцінки отриманих перехідних процесів підтверджують працездатність і якість відпрацювання завдання спроектованого електроскутеру.

У даному розділі охорони праці було проведено опис шкідливих та небезпечних факторів, які можуть виникнути при роботі з електроскутером.

Були розглянуті всі можливі шкідливі фактори при проектуванні й використанні електроскутера , які можуть негативно відобразитися на життєдіяльності людини , а також запобіжні заходи для уникнення шкідливого впливу на людину.

Розглянуті причини виникнення загорянь при їзді на електроскутері та заходи для уникнення пожеж.

Проведено розрахунки штучного освітлення для приміщення. Згідно розрахунків , необхідний світловий потік в кожному світильнику становить 3535 лм, для організації штучного освітлення необхідне використання люмінесцентних ламп типу ЛХБ65-4 загальною кількістю 2 шт.

В технічно економічному розділі був проведений розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат. Капітальні витрати на реалізацію технології електричного двоколісного транспортного засобу становлять 25090 грн. , а щорічні експлуатаційні витрати становлять 6716 грн.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 60 |

Список використаної літератури

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.20.14.1.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 61 |

Список використаної літератури:

1. Антон Колб, Андрій Колб Теорія електроприводу: навчальний посібник: національний гірничий університет, 2011.- 565 с.
2. Технічна документація мотор-колеса Kelly hub motor 48v 1kw.
3. Технічна документація контролера Kelly KBL48101X.
4. Технічна документація гальванічного елемента Panasonic NCR18650B.
5. В.М. Перельмутер Пряме керування моментом и струмом двигунів змінного струму, Харків 2004 209с.
6. Методичні вказівки для виконання економічної частини, Дніпро 2019.-15с.
7. Економіка та організація виробництва: [Підручник] /за ред. В.Г. Герасимчука, - К.: Знання, 2007. – 326 с
8. Kellycontrollers.eu URL: <https://www.kellycontrollers.eu/hub-motor-48v-1kw>
9. Kellycontrollers.eu URL: <https://www.kellycontrollers.eu/kbl48101x>
10. Evel URL: <https://evel.ua/catalog/akkumuljatori/akkumuljator-boston-swing-48v106ah/>
11. Методичні вказівки з виконання розрахункової частини розділу „Охорона праці”, частина 1.
12. Голінько В.І. Основи охорони праці. - Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 265 с.
13. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці“ в дипломних проектах (роботах) бакалаврів інституту електроенергетики.
URL: <http://aop.nmu.org.ua/ua/metodicki/bakalavrinski/diplom/lp/>
14. Правила пожежної безпеки в Україні.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#n14>