

https://www.researchgate.net/publication/326028799_httpiopscienceioporgarticle1010881742-659610431012003

2. Якубінська, Л.Г. Органічні світлодіоди – світло майбутнього URL: <http://ela.nati.org.ua:8080/xmlui/handle/123456789/598> Дата: 2015-03
3. Беляєв С. В. Проблематика нормативів освітлення в Україні / С. В. Беляєв, А. О. Глечик // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей II-ої Міжнар. наук.-практ. конф. (15 червня 2018 р., м. Київ) / відп. за вип. М. А. Зенкін. - Київ: КНУТД, 2018. - С. 154-155. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/9737>
4. Кумчик О. В. Вплив розвитку світлодіодних джерел світла на технології виробництва та просування світлотехнічного обладнання. Основні тренди ринку LED-освітлення / О. В. Кумчик // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи“, 29-31 травня 2024 року. — Т. : ТНТУ, 2024. — С. 16–17. — (Пленарні доповіді). URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/45429>
5. C. W. Tang; S. A. VanSlyke Organic electroluminescent diodes Special Collection: [APL Classic Papers](#) URL: <https://doi.org/10.1063/1.98799>

УДК 621.314

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ ТЕМПЕРАТУРНОЇ СКЛАДОВОЇ

Петренко Олександр Миколайович,
доктор технічних наук, професор
Гетья Андрій Миколайович,
аспірант

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: Andrii.Hetia@kname.edu.ua

Забезпечення потрібної робочої температури елементів силової установки, зокрема складових елементів тягової батареї та інвертора є невід’ємною складовою їх нормального функціонування під час експлуатації транспортного засобу. Відхилення температури, наприклад складових елементів тягової батареї від так званої комфортної температури може критично відбитися на експлуатаційних показниках батареї, а перевищення допустимої експлуатаційної температури елементів двигуна таких як постійні магніти, ізоляційні заливальні та просочувальні матеріали може призвести до виходу з ладу тягового двигуна що в свою чергу унеможливить нормальне використання транспортного засобу за призначенням. Що може привести до катастрофічних наслідків в наслідок виходу з ладу обладнання транспортного засобу. Це пов’язано, зокрема для батареї з тим що процес накопичення та віддачі електроенергії у кожного елемента живлення та їх сумісна робота в акумуляторної батареї безпосередньо залежить від робочої температури кожного елемента.

Температура впливає на характеристики електродвигуна, інвертора та батареї суттєво змінюючи їх.

Під час зростання температури зростає опір обмотки електродвигуна та ключів інвертора, через які відбувається підключення фаз обмотки до живлення, а також опір зворотного діода що працює з фазою яка від’єднується від живлення.

Також підвищена температура впливає на магнітну індукцію на поверхні постійного магніту ротора тим самим зменшуючи магнітний потік і змінюючи жорсткість механічної характеристики електродвигуна.

Підвищена температура сприяє прискоренню хімічних реакцій в комірках батареї що призводить до перегріву та деградації активних матеріалів акумуляторної батареї, а тривалий вплив призводить до старіння, втрати ємності та підвищення внутрішнього опору.

Низькі температури також призводять до підвищення внутрішнього опору за рахунок зниження передачі іонів, сповільнення хімічних реакцій зниження ємності та властивості віддавати струм і значно скорочують здатність транспортного засобу працювати на одній зарядці.

Враховуючи вищенаведене, аналіз температурних полів елементів силової установки є актуальною та вкрай необхідною задачею.

Для повного і точного температурного аналізу треба мати уявлення про режими роботи двигуна та батареї з урахуванням режимів навантаження та власних втрат потужності. Для електродвигуна та інвертора таке уявлення може забезпечити математичні модель, яка описує процес перетворення електричної енергії в механічну і в найбільш загальному вигляді записується системою диференціальних рівнянь, які описують поведінку електричних та механічних характеристик та залежність їх від параметрів або коефіцієнтів в диференціальних рівняннях.

Для тягової батареї існує багато моделей літій-іонних (Li-Ion) акумуляторів, які мають свої переваги та недоліки. Зокрема моделі які відображають фізичні явища батареї її матеріали та хімічні реакції між ними. Такі моделі доволі точно відображають експлуатаційні властивості батареї, режими заряду та розряду, але вимагають багатьох складових для опису електрохімічних процесів у батареї. Також існують моделі які використовують методи еквівалентних електричних схем, схем заміщення і при досить глибокій деталізації мають прості методи математичного аналізу та розрахунку. Однак такі моделі дуже громіздкі та потребують використання багатьох елементів для непрямого моделювання фізичних процесів. Найбільше розповсюдження набули моделі де використовуються експериментальні залежності процесів які треба відобразити математично.

Враховуючи той факт що кожний елемент системи в процесі виконання корисної роботи має свої втрати енергії які здебільшого йдуть на його нагрів то основна вимога до системи є охолодження кожного складового елементу силової установки. Але це не єдина задача. Під час експлуатації в зимовий період потрібна функція підігрівання акумуляторної батареї щоб її температура максимально швидко опинилася в зоні комфортних температур. Слід зауважити що батарея є самим чутливим до температури елементом причому як до підвищеної так і до пониженої.

Для забезпечення цих вимог розглядається система рідинного охолодження яка складається з циркуляційного насоса з вентильним електричним двигуном, радіатора з вентилятором охолодження, теплообмінника в разі потреби задіяння штатної системи кондиціонування, регулюючих клапанів, розширювальних баків тощо. В якості охолоджувальної рідини використовується водяна суміш. Математична модель електродвигуна системи охолодження схожа з математичною моделлю тягового двигуна.

Модульний підхід, застосований в дослідженні теплового поля елементів силової установки, передбачає що елементи силової установки складаються з твердих тіл з джерелами тепла.

Баланс теплової енергії кожного тіла сформулюється наступним чином. Теплова енергія яка, як зазначалось вище, виділяється в кожному тілі зі своєю масою витрачається на власний нагрів за рахунок власної теплоємності та передається в охолоджуюче середовище через тепловий опір. В найбільш загальному вигляді теплообмін таких тіл описується законом Фур'є, який стверджує що тепло скрізь одиничну поверхню в одиницю часу пропорційне градієнту температур, а коефіцієнт пропорційності то є власне теплопровідність. Та закону Ньютона-Ріхмана, що визначає тепловий потік який передається конвекційним теплообміном з урахуванням коефіцієнту тепловіддачі з поверхні. З урахування закону збереження енергії записуються відповідні диференціальні рівняння.

Послідовне розв'язання диференційних рівнянь моделюючих електромагнітні та температурні процеси в складових елементах силової установки дає можливість отримати результати з урахуванням температурної складової що суттєво збільшує точність розрахунків.

Список використаних джерел

1. G. Previati, G. Mastinu, M. Gobbi, "Thermal Management of Electrified Vehicles – A Review", in *Energies* 2022, 15, 1326.
2. O. Tremblay and L. Dessaint, "Experimental Validation of a Battery Dynamic Model for EV Applications", in *World Electric Vehicle Journal* (Stavanger, Norway, 2009).

УДК 621.321.378

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА – ВИРОБНИЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ» ПРИ НОРМАТИВНОМУ РІВНІ ОСВІТЛЕНOSTІ

Серіков Яків Олександрович

кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: s0509088828@gmail.com

Герасименко Віталій Анатолійович

кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет
міського господарства ім. О. М. Бекетова
E-mail: Twixvi@gmail.com

Вступ. Техногенний розвиток людського суспільства як об'єктивну реальність викликав необхідність людини працювати, в превалюючій більшості випадків, в таких умовах, що відрізняються від природних, до яких адаптований її організм на протязі еволюції. Тобто, до генерації комплексу антропогенних негативних факторів у системі «людина – виробниче середовище» [1]. Тобто таких, при дії яких (за визначених умов) може відбуватися ушкодження здоров'я працюючої людини. При чому, кількість й інтенсивність негативних факторів (як шкідливих, так і небезпечних) антропогенного походження перевищує природні. Як наслідок такого положення в усіх країнах світу (незалежно від рівня економічного стану) створився загрозливий рівень як нещасних випадків, так і професійно обумовлених захворювань. При цьому насторожуючим є той факт, що цей рівень безупинно зростає. Це підтверджується даними Міжнародної організації праці (МОП) й Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ). Так, згідно з опублікованими даними, на 2020 р. в усьому світі близько 2,3 млн. чоловіків і жінок щорічно гинуть у результаті нещасних випадків на робочому місці або від пов'язаних з роботою захворювань [2]. За даними 2025 року ці цифри зросли й становлять 2,78 млн загиблих працівників. При цьому, серед загиблих на виробництві 2,4 млн летальних наслідків викликані професійними захворюваннями [3]. Очевидно, що такий стан організації охорони праці призвів, з економічних позицій, до ще більших економічних втрат, які на 2020 рік становили більше 4% світового ВВП [3].

Постановка проблеми. Однією з важливих характеристик робочої зони й робочого місця, відносно забезпечення здоров'я працюючої людини, є їх освітленість. У разі незадовільної освітленості, за опублікованими даними МОП та ВООЗ, відносна кількість