

Protokol k Projektu č. 1

Greenpower Engineering



Projekt č. 1 - Zber a vyhodnotenie dát a aplikácia školských vedomostí v praxi

I. Prehľad projektu

<i>Názov projektu</i>	Zber a vyhodnotenie dát a meraní získaných počas vývoja chladiaceho systému elektromotora pre monopost tímu Tower Team
<i>Názov školy</i>	Stredná priemyselná škola strojnícka a elektrotechnická - Gépipari és Elektrotechnikai Szakközépiskola, Petőfiho 2, Komárno
<i>Názov tímu</i>	TOWER TEAM
<i>Mená členov skupiny</i>	Eunika Boglárka Sólymos, Oliver Horváth, Levente Papp, Benedek Füle, Richard Kiss, Mátyás Tallósi, Attila Bálint, Kálmán Tamás Szabó
<i>Stanovené termíny</i>	Začiatok projektu: 5.4.2026 Ukončenie projektu: 2.6.2026
<i>Vaša výzva</i>	Zber čo najpodrobnejších dát počas inovačnej a testovacej fázy systému pasívneho chladenia monopostu
<i>Stručný opis projektu:</i>	Hlavným cieľom projektu bol pozbierať čo najviac a čo najpodrobnejšie informácie o rôznych atribútoch a parametroch vozidla a vytvoriť chladiaci systém elektromotor monopostu.

II. Protokol

1. Výber parametra a návrhy

1. Čo chceme zlepšiť a aký vplyv to môže mať na výkon formuly v pretekoch?

Jeden z dôležitých parametrov každého vozidla je teplota motora. V prípade elektromotorov je ďalším dôležitým parametrom prúd vtekajúci do elektromotora, čo priamoúmerne ovplyvňuje výkon motora a s tým aj rýchlosť otáčok. Počas vývoja monopostu sme sa hlavne zamerali na tieto dva parametre vozidla. Keď zvyšujeme prúd vtekajúci do motora, docielime zvýšenie výkonu, čím sa zvýšia aj otáčky motora. Okrem pozitívnych efektov prichádzajú aj negatívne vedľajšie účinky napríklad zvýšenie úbytku napätia na motore, čo spôsobuje postupné prehrievanie motora. Dôležité je, že k postupnému prehrievaniu motora dochádza aj pri stálom, konštantnom odbere prúdu.

2. Na aký parameter (parametre) alebo vlastnosť formuly sme sa zamerali a prečo?

Zameriavali sme sa na dva vzájomne prepojené parametre teplotu motora a vstupný prúd motora. Tieto dva parametre sme zvolili, pretože priamo určujú výkonnosť a spoľahlivosť vozidla počas pretekov. Vstupný prúd priamo ovplyvňuje dostupný výkon a tým aj dynamiku vozidla, pričom teplota motora predstavuje prirodzenú fyzikálnu hranicu, ktorú nie je možné dlhodobo prekračovať bez rizika poškodenia.

3. Čo sme od zlepšenia parametru (parametrov) očakávali?

Keďže na reguláciu teploty motora sme vybrali pasívne chladenie formou chladiacich rebier s čím sme chceli optimalizovať odvod tepla z motora tak, aby sme mohli udržať vyšší vstupný prúd počas dlhšieho časového úseku bez toho, aby teplota motora dosiahla kritickú hranicu. Od tohto zlepšenia sme očakávali:

- **Udržanie vyššieho výkonu počas celého závodu** - lepší odvod tepla umožňuje motoru dlhšie pracovať na vyšších hodnotách prúdu, čo sa priamo prejaví na rýchlosti vozidla.
- **Stabilnejší a predvídateľnejší výkon** - bez rizika náhleho tepelného obmedzenia výkonu uprostred pretekov má jazdec k dispozícii konzistentné správanie vozidla.
- **Ochrana komponentov** - efektívnejšie pasívne chladenie predlžuje životnosť vinutí a ostatných citlivých častí elektromotora.
- **Lepšie využitie dostupnej energie** - motor pracujúci v optimálnom tepelnom rozsahu pracuje aj efektívnejšie, čo pozitívne vplýva na celkovú spotrebu energie počas závodu.

2. Skúmanie problému a hľadanie informácií

1. Čo sme o tomto probléme alebo parametri už vedeli?

Problém prehrievania elektromotora monopostu sa prvýkrát objavil počas počiatočných testovacích kôl. Konkrétne sa prejavil približne po dvoch odjazdených okruhoch, čo zodpovedá vzdialenosti asi 40 metrov. Vonkajšia teplota vzduchu v čase testovania sa pohybovala okolo 20°C, čo predstavuje štandardné podmienky prostredia, pri ktorých by nemal motor za normálnych okolností vykazovať žiadne teplotné problémy. Napriek tomu sa teplota motora začala prudko zvyšovať, pričom nameraná špičková hodnota dosiahla približne 50 °C. Identifikácia tohto problému v ranej fáze testovania bola kľúčová, pretože dlhodobá prevádzka pri zvýšených teplotách by mohla viesť k degradácii izolácie vinutí, zníženiu účinnosti motora, alebo v krajnom prípade k jeho trvalému poškodeniu.

2. Čo sme si potrebovali zistiť, čo sme sa potrebovali naučiť?

Na vyriešenie problému prehrievania elektromotora bolo potrebné posúdiť vhodné možnosti trvalého a efektívneho zníženia prevádzkovej teploty elektromotora. Pri výbere vhodného chladiaceho systému sme zohľadňovali viacero faktorov, vrátane spotreby samotného chladiaceho systému, náročnosti vyhotovenia danej formy chladiaceho systému, atď.

3. Aké zdroje, informácie alebo skúsenosti sme využili

Počas realizácie projektu sme využívali odborné vedomosti získané v škole, najmä z technických predmetov súvisiacich s elektrotechnikou a strojárstvom. Dôležitým zdrojom informácií boli tiež konzultácie s vyučujúcim, ktorý nám poskytoval odborné rady, usmernenia a pomoc pri riešení technických problémov. Významnú úlohu zohrali aj praktické skúsenosti získané počas návrhu, výroby a testovania jednotlivých častí projektu. Tieto poznatky nám umožnili úspešne navrhnuť, zrealizovať a vyhodnotiť výsledky nášho chladiaceho systému.

3. Návrh riešenia a zber dát

1. Akú úpravu alebo riešenie sme navrhli?

Na problém vysokej prevádzkovej teploty elektromotora monopostu sme počiatočne uvažovali nad viacerými možnosťami ako znížiť prevádzkovú teplotu elektromotora. Medzi preferovanými možnosťami bolo aktívne chladenie elektromotora pomocou ventilátorov alebo pasívne chladenie elektromotora pomocou chladiacich rebier.

Avšak po dôkladnom preskúmaní dostupných informácií na základe spoločnej dohody s tímom myšlienku aktívneho chladenia zavrhlí kvôli časovej náročnosti a z úsporných dôvodov. Po zavrnutí aktívneho chladenia sme mohli začať navrhovať formu montáže, veľkosť a typ chladiacich rebier pre elektromotor monopostu.

2. Aké boli naše očakávania od navrhutej úpravy?

Medzi našimi očakávaniami od navrhnutého systému pasívneho chladenia elektromotora monopostu bolo predovšetkým trvalé a efektívne zníženie prevádzkovej teploty elektromotora. Dúfali sme, že správne navrhnuté chladiace rebra dokážu dostatočne odvieť teplo vznikajúce počas prevádzky, čím by sa predišlo kritickým teplotným špičkám. To by zároveň znížilo riziko prehriatia elektromotora, ku ktorému by mohlo dôjsť pri dlhšom zaťažení, a tým by sa minimalizovalo nebezpečenstvo mechanického poškodenia citlivých súčiastok motora či okolitej elektroniky.

3. Aké údaje alebo výsledky sme chceli sledovať a prečo?

Aby sme mohli objektívne posúdiť účinnosť navrhnutého riešenia, bolo nevyhnutné stanoviť merateľné parametre, ktoré by nám poskytli relevantnú spätnú väzbu. Prvotným a kľúčovým údajom, ktorý sme sledovali počas vývoja pasívneho chladenia, bola prevádzková teplota elektromotora pri priemernej teplote okolia približne 20 °C. Tento parameter bol zvolený ako referenčná hodnota, pretože umožňuje porovnať stav pred a po aplikácii chladiacich rebier za rovnakých podmienok, a tým jednoznačne vyhodnotiť, či navrhnutá úprava priniesla očakávané zlepšenie.

4. Realizačná časť

1. Ako prebiehala realizácia navrhutej úpravy

Ako prvotné bolo potrebné vymyslieť spôsob upevnenia chladiacich rebier na elektromotor monopostu. Na tento účel sme nakoniec zvolili Sťahovací pásik s ktorým jednoducho a efektívne sme vedeli pripevniť chladiace rebrá na elektromotor monopostu. Medzi vonkajšou časťou puzdra elektromotora chladiacimi rebrami sme pridali vrstvu termálnej pasty ktorá zabezpečuje efektívnejší prenos tepla Medzi puzdrom elektromotora a chladiacich rebier. Avšak pred finálnou realizáciou pasívneho chladiaceho systému elektromotora monopostu formou chladiacich rebier bolo potrebné vybrať vhodnú veľkosť pre chladiace rebrá aby sme dosiahli očakávané výsledky.

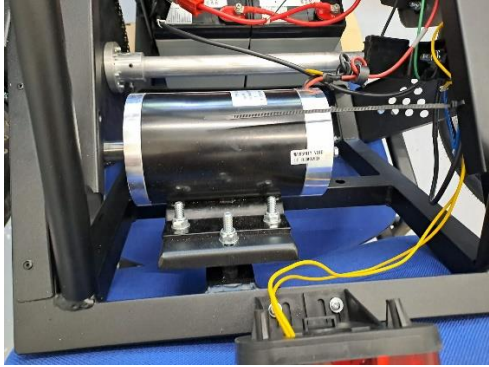
2. Aké pozorovania alebo zistenia sme počas práce zaznamenali?

Pre dosiahnutie čo najvyššej výkonnosti pasívneho chladiaceho systému je potrebné chladiace rebrá umiestniť na povrchu elektromotora tak aby pokryli čo najväčšiu z jej plochy. Keďže elektromotor monopostu má valcovitý tvar museli sme použiť vhodné chladiace rebrá aby pokrýva čo najväčšiu plochu povrchu elektromotora. Kvôli tomuto faktoru sme museli používať chladiace rebrá ktoré sú vyrobené z ľahko ohýbateľný a pružných materiálov ktoré sa dajú ľahko stvárniť na potrebný tvar na pokrytie čo najväčšej plochy elektromotora monopostu.

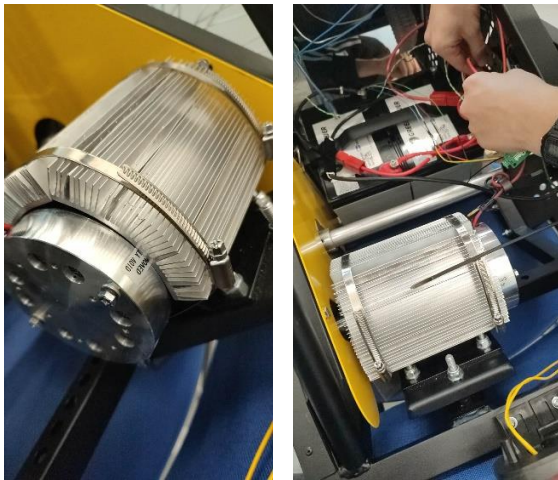
3. Objavili sa počas realizácie alebo testovania nejaké problémy alebo zmeny?

Počas realizácie pasívneho chladiaceho systému monopostu sa nevyskytli žiadne výraznejšie problémy, ktoré by negatívne ovplyvnili priebeh projektu alebo jeho výsledky. Jednotlivé fázy návrhu, výroby a montáže prebiehali podľa plánu a bez väčších komplikácií. Rovnako aj počas testovania chladiaceho systému boli všetky merania úspešne vykonané a získané údaje poskytl dostatok informácií na vyhodnotenie účinnosti navrhnutého riešenia.

Dokumentácia:



Na obrázku je možno pozorovať stav elektromotora monopostu pred nainštalovaním pasívneho chladiaceho systému formou chladiacich rebier.



Na obrázku je možno pozorovať elektromotor monopostu po nainštalovaní pasívneho chladiaceho systému formou chladiacich rebier.

5. Namerané dáta a výsledky a ich spracovanie

1. Aké údaje alebo výsledky sme získali?

Po vykonaní viacerých testov sme mohli pozorovať, že prevádzková teplota elektromotora monopostu sa po nainštalovaní pasívneho chladiaceho systému výrazne znížila. Toto zníženie teploty prispelo k eliminácii rizika nadmerného prehrievania elektromotora, ktoré by mohlo viesť k zníženiu jeho účinnosti alebo dokonca k mechanickému poškodeniu jednotlivých súčiastok monopostu. Získané výsledky zároveň potvrdili, že navrhnutý chladiaci systém pozitívne ovplyvňuje tepelnú stabilitu pohonnej jednotky počas prevádzky.

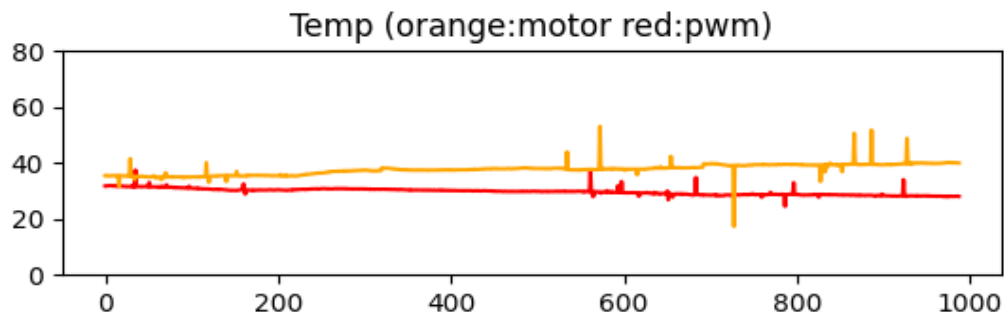
2. Aké rozdiely sme pozorovali medzi stavom pred a po realizácii úpravy?

Pri porovnaní počiatočného stavu prevádzkovej teploty elektromotora monopostu Tower Team so stavom po nainštalovaní pasívneho chladiaceho systému sme zaznamenali výrazné zníženie prevádzkovej teploty. Elektromotor si počas jazdy udržiaval stabilnejšie teplotné podmienky a nedochádzalo k takému intenzívnemu nárastu teploty ako pred realizáciou úpravy. Tieto výsledky naznačujú, že pasívny chladiaci systém efektívne odvádza prebytočné teplo vznikajúce počas prevádzky elektromotora.

3. Aké závery sme si z výsledkov odniesli?

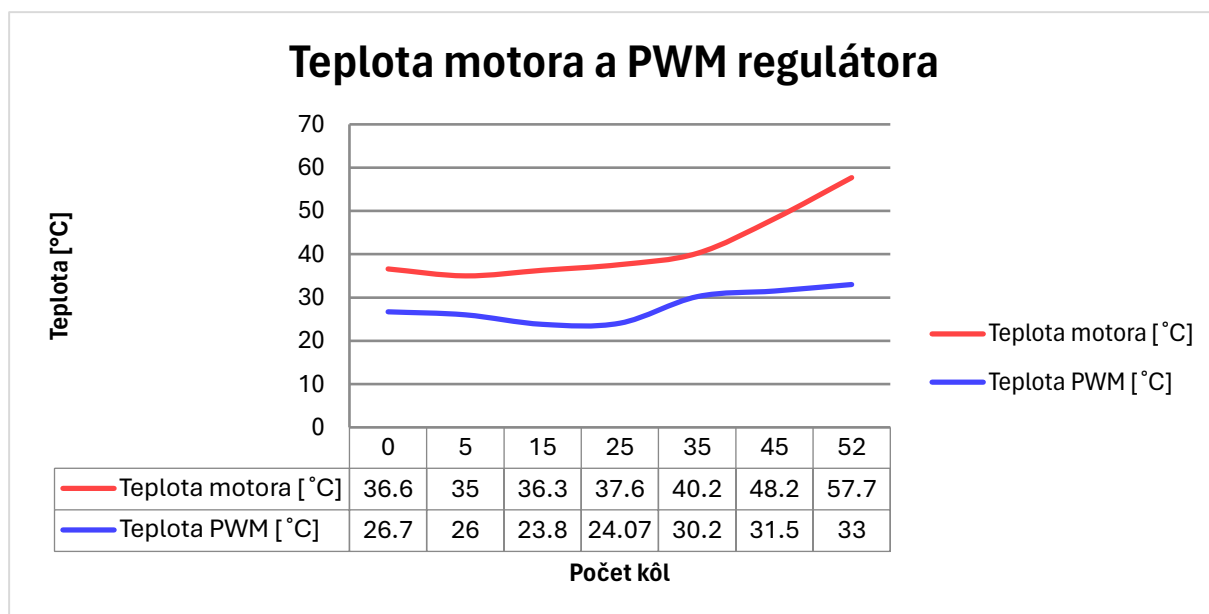
Počas dlhodobého testovania chladiaceho systému bolo preukázané, že navrhnuté riešenie zostáva efektívne aj po niekoľkých desiatkach minút aktívnej prevádzky pri vysokom zaťažení elektromotora. Počas testov nedochádzalo k výraznému prehrievaniu pohonnej jednotky a prevádzková teplota sa pohybovala v prijateľných hodnotách. Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že pasívny chladiaci systém spoľahlivo zlepšuje odvod tepla, zvyšuje prevádzkovú bezpečnosť monopostu a môže prispieť k dlhšej životnosti elektromotora aj ostatných komponentov pohonného systému. Týmto sa potvrdila vhodnosť navrhnutého riešenia pre dlhodobú a intenzívnu prevádzku monopostu.

Dokumentácia:



Obrázok č. 4

Ako je možné vidieť na obrázku č. 4, prevádzková teplota elektromotora monopostu sa pred inštaláciou pasívneho chladiaceho systému pohybovala okolo 40 °C, pričom maximálne namerané hodnoty dosahovali približne 60 °C pri priemernej vonkajšej teplote 20 °C. Meranie bolo vykonané po približne 150 metroch nepretržitej jazdy a zachytáva teplotný stav elektromotora počas jeho bežnej prevádzky.



Obrázok č. 5

Na obrázku č. 5 je znázornená prevádzková teplota elektromotora monopostu po inštalácii pasívneho chladiaceho systému spolu s prevádzkovou teplotou PWM regulátora počas dlhodobého testovania. Test pozostával z nepretržitej jazdy v rozsahu 52 kôl, pričom dĺžka jedného kola bola približne 250 metrov. Po 45. kole môžeme pozorovať prudký nárast teploty elektromotora monopostu čo bolo spôsobené defektom prednej pravej pneumatiky.

6. Vyhodnotenie a závery

1. Splnili sa naše očakávania?

Po vyhotovení a otestovaní pasívneho chladiaceho systému pre elektromotor monopostu môžeme konštatovať, že naše očakávania od tohto projektu sa splnili. Navrhnutý a zrealizovaný chladiaci systém je schopný efektívne a dlhodobo znižovať prevádzkovú teplotu elektromotora, čím zabraňuje jeho nadmernému prehrievaniu. Prehrievanie elektromotora by mohlo viesť k zníženiu jeho účinnosti, skráteniu životnosti alebo dokonca k mechanickému poškodeniu jednotlivých komponentov monopostu. Výsledky testovania potvrdili, že implementované riešenie pozitívne vplyva na tepelnú stabilitu pohonnej sústavy a zvyšuje spoľahlivosť monopostu počas prevádzky.

2. Čo nás počas projektu najviac prekvapilo alebo sme si uvedomili?

Najväčším prekvapením počas analýzy nameraných údajov, realizácie projektu a následného testovania bola vysoká účinnosť navrhnutého pasívneho chladiaceho systému. Napriek jeho relatívne jednoduchej konštrukcii sa podarilo dosiahnuť výrazné zníženie prevádzkovej teploty elektromotora. Uvedomili sme si, že aj pomerne jednoduché technické riešenia môžu mať významný vplyv na výkon, spoľahlivosť a životnosť technických zariadení. Projekt nám zároveň poskytol cenné skúsenosti s návrhom, výrobou a testovaním technických komponentov v reálnych prevádzkových podmienkach.

3. Čo by sme ďalej zlepšili, upravili alebo preskúmali?

V ďalšom výskume by sme sa zamerali na testovanie účinnosti chladiaceho systému pri vyšších vonkajších teplotách, napríklad pri 30 °C a viac. Takéto podmienky by lepšie simulovali prevádzku počas horúcich letných dní a umožnili by overiť funkčnosť systému pri ešte väčšom tepelnom zaťažení. Zároveň by bolo zaujímavé porovnať účinnosť rôznych konštrukčných riešení chladičov alebo rôznych materiálov použitých na odvod tepla. Takéto merania by mohli viesť k ďalšej optimalizácii chladiaceho systému a k dosiahnutiu ešte lepších výsledkov v budúcnosti.