

VÁLTOZTATHATÓ FREKVENCIÁJÚ ÉS ERŐSSÉGŰ SZINUSZOS VÁLTÓÁRAM ELŐÁLLÍTÁSA VILLAMOSMOTOROK ELEKTROMÁGNESES JELLEMZŐINEK MÉRÉSÉHEZ

GENERATION OF SINUSOIDAL ALTERNATING CURRENT OF VARIABLE FREQUENCY AND INTENSITY FOR MEASURING THE ELECTROMAGNETIC CHARACTERISTICS OF ELECTRIC MOTORS

Elek Patrícia,¹ Szántó Attila,² Sziki Gusztáv Áron³

¹ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar. Debrecen, Magyarország, epatri014@gmail.com

² Debreceni Egyetem, Műszaki Kar. Debrecen, Magyarország, szanto.attila@eng.unideb.hu

³ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar. Debrecen, Magyarország, szikig@eng.unideb.hu

Abstract

The electric vehicle drive is nowadays considerably widespread in everyday road transport. These vehicles have an important component: the electric motor. The motors are tested using a simulation program for which knowledge of its electromagnetic and dynamic parameters are needed. These data are usually not provided by the manufacturers; therefore, it must be determined experimentally by measurements. For this purpose, at the Faculty of Engineering of the University of Debrecen there is the structure of a complex measuring system in progress. With this system, we can determine the motor parameters required for the simulation for all electric motors used in the automotive industry. In this publication, we will present a method designed to produce one of the characteristic electromagnetic parameters of electric motors; the variable frequency and strength sinusoidal alternating current required to determine the inductance of windings.

Keywords: *electric motor, measuring system, motor test bench, simulation.*

Összefoglalás

Az elektromos járműhajtás manapság széles körben elterjedt a mindennapi közlekedésben. Ezeknek a járműveknek egyik fontos eleme a villanymotor. A különböző motorokhoz szimulációs programokat fejlesztünk, amihez elengedetlen az elektromágneses és dinamikai jellemzőik, mint bemenő paraméterek ismerete. Ezeket az adatokat általában nem közlik a gyártók, ezért mérésekkel kell őket meghatározni. Ehhez a Debreceni Egyetem Műszaki Karán folyamatban van egy mérőrendszer felépítése, mellyel minden, a járműiparban alkalmazott villanymotor esetén meg tudjuk határozni a szimulációhoz szükséges motorparamétereket. Jelen publikációban a villanymotorok egyik jellemző elektromágneses paraméterének, a tekercsek induktivitásának meghatározásával foglalkozunk, és részletesen ismertetjük a tekercsek gerjesztéséhez szükséges, változtatható frekvenciájú és erősségű szinuszos váltóáram előállítására szolgáló áramforrás terveit.

Kulcsszavak: *elektromos motor, mérőrendszer, motorteszt-pad, szimuláció.*

1. Bevezetés

Manapság egyre több figyelem fordul az alternatív hajtású járművekre, és az elektromos és hibrid hajtásra. [1] Ez a technológia fejlődése

mellett, környezettudatosabb életmódunknak is köszönhető, hiszen mind vágyunk egy tisztább, káros anyagoktól mentes világra.

Az alternatív járműhajtásoknak többféle konstrukciójával találkozhatunk, de legtöbbjükben valamilyen elektromos motor hajtja a kerekeket.

A Debreceni Egyetem Műszaki Karán is sok kutatás zajlik az alternatív hajtásokkal kapcsolatban, és több versenyen indult és ért el sikereket elektromos hajtású, saját tervezésű versenyautóval a Kar valamelyik hallgatói csapata. A járművek tudatos fejlesztéséhez elengedhetetlen egy járműdinamikai szimulációs program [2, 3], amellyel számítani tudjuk a villanymotor, valamint az autó teljesítményét, menetdinamikai jellemzőit, és optimalizálhatjuk a jármű műszaki jellemzőit egy adott verseny célhoz. Ehhez szükséges a járműparaméterek, beleértve a járművet hajtó elektromos motor jellemzőinek ismerete.

A villamosmotor teljesítménye és egyéb jellemzői számos elektromágneses és dinamikai paramétertől függenek, melyeket a gyártó általában nem közöl. Ebből adódóan ezeket kísérleti úton kell meghatározni. [4–8]

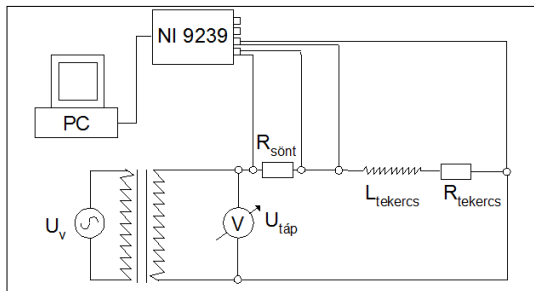
A sikeres mérésekhez nagyon fontos egy komplex, hitelesített mérőrendszer megléte. Ehhez a Debreceni Egyetem Műszaki Karán folyamatban van egy mérőrendszer felépítése [9], mellyel minden, a járműiparban alkalmazott villanymotor esetén, meg tudjuk határozni a szimulációhoz szükséges motorparamétereket.

Jelen publikációban a villanymotorok egyik jellemző elektromágneses paraméterének, a tekercsek induktivitásának meghatározásával foglalkozunk, amely függ a tekercsen átfolyó áram erősségétől. Itt részletesen ismertetjük azon áramforrás terveit, amely a változtatható frekvenciájú és erősségű szinuszos váltóáram előállítására szolgál, amellyel a motorok tekercseit gerjeszthetjük, mérve a bennük indukálódott feszültséget. Ezzel a berendezéssel a korábban felépített mérőrendszerünket egészítjük ki.

2. A tekercsek induktivitásának meghatározása

A különböző típusú (SWDC, BLDC, PMSM, IM) villanymotorok szimulációjához szükség van a motorban lévő tekercsek induktivitásainak mint bemenő paramétereknek az ismeretére. [10] Ezt a gyártók általában nem adják meg, így kísérleti úton kell őket meghatározni. Az erre alkalmas mérőelrendezést az 1. ábra szemlélteti.

A mérésekhez a motorban lévő gerjesztő- vagy armatúratekercsre szinuszos váltófeszültséget kapcsolunk, majd a tekercsen eső feszültséget ($U(t)$) és rajta átfolyó áramerősséget ($I(t)$) az



1. ábra. Mérőelrendezés az induktivitás meghatározásához

NI 9239-mérésadatgyűjtő kártyával mérjük. A mérést különböző áramerősségek esetén végezzük el. Ez alapján a tekercs mágneses fluxusa ($\Psi(t)$) az alábbi összefüggéssel [4, 5] számítható:

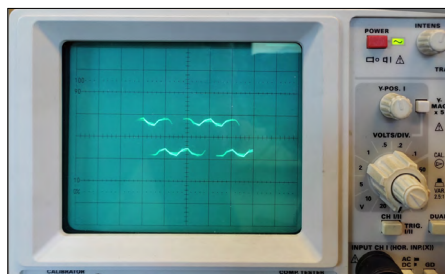
$$\Psi(t) = \int_0^t (U(\tau) - I(\tau) \cdot R) d\tau + \Psi(0) \quad (1)$$

A számítást a MATLAB program Simulink moduljával végeznénk el. A $\Psi(t)$ és $I(t)$ függvények ismeretében a mágneses fluxus megadható az áramerősség függvényében. A mágneses fluxus I áramerősség szerinti deriváltja megadja az $L(I)$ induktivitást az áramerősség függvényében, amit a szimulációs programban egy „Lookuptable” segítségével tudunk megadni.

A továbbiakban, a korábban említett, a mérések elvégzéséhez szükséges váltóáramú áramforrás terveit ismertetjük.

3. A tervezett áramforrás

A megfelelő mérések elvégzéséhez szükségünk van változtatható frekvenciájú (5–50 Hz) és erősségű (0–200 A) szinuszos váltóáram előállítására. Ennek egyik módja egy frekvenciaváltó alkalmazása lenne. Ehhez rendelkezésünkre áll egy Morgensen MSI200A-004G/5R5P-4-típusú eszköz, amelynek megvisszagtuk a kimenőfeszültség-jelét egy HAMEG HM303-6-típusú analóg oszcilloszkóp segítségével. A mért feszültséget a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. A frekvenciaváltó kimenőfeszültség-jele

A frekvenciaváltó által előállított feszültséggel, ahogy az ábrán látható, nem szinuszos, ezért közvetlenül nem használható a mérésekhez. Valamint megfigyeltük, hogy a frekvenciaváltó bekapcsolás után csak bizonyos idő elteltével képes elérni a beállított frekvenciát, tehát emiatt sem alkalmas a mérések elvégzésére, mivel nagy áramerősségek esetén nem célszerű a tekercset huzamosabb ideig terhelni. Továbbá csak akkor biztosít feszültséget a kimenetén, ha az egy háromfázisú motorra van kapcsolva. A fenti problémák megoldására egy olyan berendezést terveztünk, amely alkalmas tisztán szinuszos, változtatható frekvenciájú és áramerősségű váltóáram előállítására.

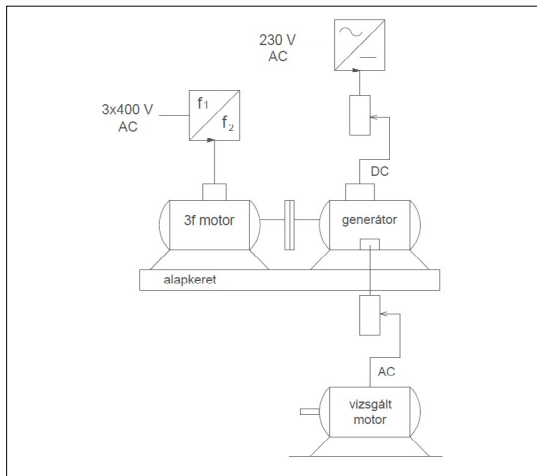
3.1 Az elrendezés elvi vázlata

A **3. ábra** a tervezett áramforrás sematikus rajzát mutatja.

A mérésekhez szükséges szinuszos váltóáramot egy külső gerjesztésű generátor állítaná elő. Ennek a gerjesztőtekercseire (állórészére) változtatható egyenfeszültséget kapcsolnánk, ezzel változtatva a generátor kimenetén a feszültséget, ezáltal a tekercsek gerjesztésére alkalmazott váltóáram áramerősségét.

A fenti váltóáram erősségének további szabályozására a mérőkörben is alkalmazhatunk egy változtatható ellenállást. Emellett szükség esetén transzformátort is használhatunk az áramerősség további növeléséhez.

A generátort egy tengelykapcsolón keresztül hajtaná meg egy 3 fázisú aszinkron motor. Ez a motor a korábban említett frekvenciaváltóra lenne kapcsolva, így biztosítva a különböző fordulatszámok és ezáltal a különböző kimeneti frekvenciák beállítását.



3. ábra. Az áramforrás elvi vázlata

Az egész rendszer egy saját tervezésű alapkereken helyezkedne el, kiegészítve a korábbi villanymotorok vizsgálatára kifejlesztett mérőrendszerünket.

3.2 A kiválasztott részegységek

A motor meghajtására egy Morgensen MSI200A-004G/5R5P-4-típusú, 4/5,5 kW teljesítményű frekvenciaváltót használnánk. (**4. ábra**)

Ez hajtaná meg a Morgensen MSE3-90L-2-típusú, 2,2 kW teljesítményű, háromfázisú aszinkron motort, amely az **5. ábrán** látható. A motor teljesítménye várhatóan megfelelő lesz a mérések elvégzéséhez.

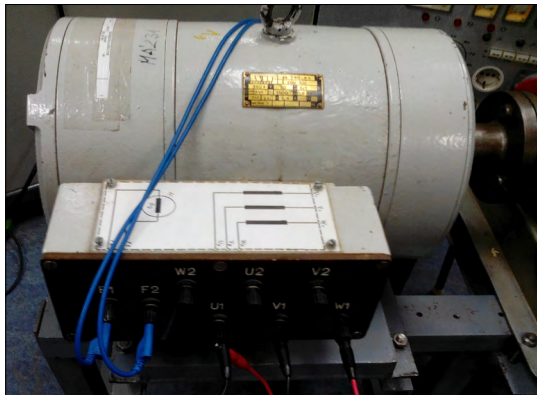
A generátor egy EVIG-típusú, külső gerjesztésű generátor lenne terveink szerint. (**6. ábra**) Külső gerjesztésre azért van szükség, hogy a generátor kimenetén, adott fordulatszám (frekvencia) mellett, szabályozhassuk a létrejövő feszültség értékét. Ezt a gerjesztőtekercsre kapcsolt, 0–230 V között változtatható feszültségű egyenárammal tud-



4. ábra. Morgensen MSI200A-004G/5R5P-4-típusú frekvenciaváltó



5. ábra. A generátor meghajtására szolgáló villanymotor



6. ábra. A külső gerjesztésű generátor

juk megtenni. Ehhez egy egyenirányítót és toroid transzformátort alkalmazunk.

4. Összefoglalás

A jelen közleményben a járműiparban alkalmazott elektromos motorokban található tekercsek induktivitásának kísérleti meghatározásával foglalkoztunk, különböző, a motoron átfolyó áramerősségek esetén. A mérésekhez változtatható frekvenciájú és erősségű, tisztán szinuszos gerjesztőáramra van szükség. Ehhez megvizsgáltunk egy rendelkezésünkre álló frekvenciaváltót, amelyről a méréseink alapján kiderült, hogy kimeneti feszültsége közvetlenül nem alkalmas a mérések elvégzéséhez.

Ezért egy olyan berendezést terveztünk, amely a követelményeinknek megfelelő váltóáram előállítására alkalmas. Ennek főbb elemei a frekvenciaváltó által meghajtott 3 fázisú aszinkron motor és egy ahhoz kapcsolódó külső gerjesztésű generátor. Bemutattuk a tervezett mérőelrendezés felépítését, működését, valamint a hozzá kiválasztott eszközöket.

A mérőelrendezést a Debreceni Egyetem Műszaki Karának Gépelemek laboratóriumában tervezzük felépíteni, ezzel kiegészítve a korábban létrehozott, elektromos motorok kísérleti vizsgálatára alkalmas mérőrendszerünket. Amint a rendszer felépül, járműhajtásokban alkalmazott motorok tekercseinek induktivitását fogjuk mérni, majd a mért adatokat szimulációs programokban mint bemenő adatokat fogjuk felhasználni.

Köszönetnyilvánítás

Az innovációs és technológiai minisztérium ÚNKP-21-3 kódszámú új nemzeti kiválóság programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alaphoz finanszírozott szakmai támogatásával készült.

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az innovációs és technológiai minisztérium által meghirdetett témaerületi kiválósági program (TKP2020-NKA-04) támogatta.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Szántó A., Sziki G. Á.: *Review of Modern Vehicle Powertrains and Their Modelling and Simulation in MATLAB/Simulink*. International Journal of Engineering and Management Sciences / Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények, 5/2. (2020) 232–250.
- [2] Szántó A., Sziki G. Á., Hajdú S., Gábora A., Sipos K. B.: *Járműdinamikai szimuláció és optimalizáció*. Műszaki Tudományos Közlemények, 9. (2018) 219–222. <https://doi.org/10.33895/mtk-2018.09.50>
- [3] Szántó A., Sziki G. Á., Hajdu S.: *Dynamics Simulation of a Prototype Race Car Driven by Series Wound DC Motor in Matlab-Simulink*. Acta Polytechnica Hungarica, 17/4. (2020) 103–122. <https://doi.org/10.12700/APH.17.4.2020.4.6>
- [4] Sziki G. Á., Sarvajcz K., Kiss J., Gál T., Szántó A., Gábora A., Husi G.: *Experimental Investigation of a Series Wound Dc Motor for Modeling Purpose in Electric Vehicles and Mechatronics Systems*. Measurement, 109. (2017) 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.05.055>
- [5] Hadziselimovic M., Blaznik M., Štumberger B., Zagradišnik I.: *Magnetically Nonlinear Dynamic Model of a Series Wound DC Motor*. Przegląd Elektrotechniczny, 87/12b. (2011) 60–64.
- [6] Sziki G. Á., Szántó A., Mankovits T.: *Dynamic Modelling and Simulation of a Prototype Race Car In MATLAB/Simulink Applying Different Types of Electric Motors*. International Review of Applied Sciences and Engineering, 12/1. (2020) 1–7. <https://doi.org/10.1556/1848.2020.00145>
- [7] Szántó A., Szántó A., Sziki G. Á.: *Review of the Modelling Methods of Series Wound DC Motors*. Műszaki Tudományos Közlemények, 13. (2020) 166–169. <https://doi.org/10.33894/mtk-2020.13.31>
- [8] Szántó A., Kiss J., Mankovits T., Sziki G. Á.: *Dynamic Test Measurements and Simulation on a Series Wound DC Motor*. Applied Sciences, 11/10. (2021) 1–18. <https://doi.org/10.3390/app11104542>
- [9] Szántó A., Décsi R., Kujbus M., Fejes L., Papcsák N., Sziki G. Á.: *Design of a Measuring System Suitable for Measuring the Electromagnetic and Dynamic Characteristics of Electric Motors*. Műszaki Tudományos Közlemények, 15. (2021) 99–102. <https://doi.org/10.33894/mtk-2021.15.19>
- [10] Szántó A., Sziki G. Á.: *Mérőrendszer fejlesztése villanymotorok elektromágneses és dinamikai jellemzőinek méréséhez és teszteléséhez*. Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education, Debrecen, University of Debrecen Faculty of Engineering, (2021) 61–71.