

SOROS GERJESZTÉSŰ EGYENÁRAMÚ MOTOR SZIMULÁCIÓJA MATLAB KÖRNYEZETBEN

SIMULATION OF A SERIES WOUND DC MOTOR IN MATLAB ENVIRONMENT

Szántó Attila¹, Sziki Gusztáv Áron², Hajdu Sándor³, Gábora András⁴

Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Cím: 4028 Debrecen,
Ótemető u. 2-4., Telefon: +36 (52) 415-155 Fax: +36 (52) 418-643

¹szanto930922@freemail.hu

²szikig@eng.unideb.hu

³hajdusandor@eng.unideb.hu

⁴andrasgabora@eng.unideb.hu

Abstract

The Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering University of Debrecen has a great experience in designing, developing and constructing race cars with alternative drive. For successful racing we have recently developed a vehicle dynamics simulation program [1] in MATLAB [2] environment which is capable of calculating the dynamics functions of a car from its technical data. Since most of our race cars have a series wound DC motor we have modelled and simulated this type of electric motors and built the simulation into our program. In this paper we present the way of modelling and simulation this type of motors.

Keywords: series DC motor, dynamics modeling, simulation, MATLAB

Összefoglalás

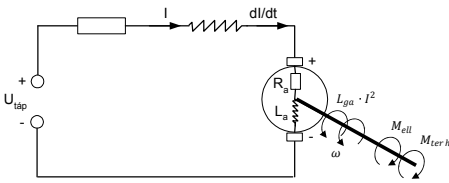
A Debreceni Egyetem Műszaki Karának Gépészmérnöki Tanszéke jelentős tapasztalattal rendelkezik alternatív hajtású járművek tervezésében, fejlesztésében és kivitelezésében. A versenyeken való minél eredményesebb részvétel érdekében MATLAB [2] környezetben kifejlesztettünk egy járműdinamikai szimulációs programot [1], amely az irodalomból ismert és kísérletileg meghatározott műszaki adatokból, mint bemenő paramétereiből kiszámítja a versenyautó menetdinamikai függvényeit. Versenyautóink többsége soros gerjesztésű egyenáramú motorral hajtott, így alapvető fontosságú a fenti motor modellezése, és a modell alapján készített szimulációs programblokk beépítése a járműdinamikai szimulációs programunkba. A következőkben a fenti motor modellezését és szimulációját mutatjuk be.

Kulcsszavak: soros gerjesztésű egyenáramú motor, dinamikai modellezés, szimuláció, MATLAB

1. A motor dinamikai modellje

A továbbiakban a soros gerjesztésű egyenáramú motort [3] modellezzük. A motor modelljének blokkvázlata az **1. ábrán** látható. Az ábra alapján a motort

jellemző elektromágneses és dinamikai egyenletek az alábbiak [4], [5]:



1. ábra. A soros gerjesztésű egyenáramú motor modellje (Forrás: [4])

Elektromágneses egyenlet:

$$U_{táp} - (R_a + R_g) \cdot I - (L_a(I) + L_g(I)) \cdot \frac{dI}{dt} - L_{ga}(I) \cdot \omega \cdot I = 0 \quad (1)$$

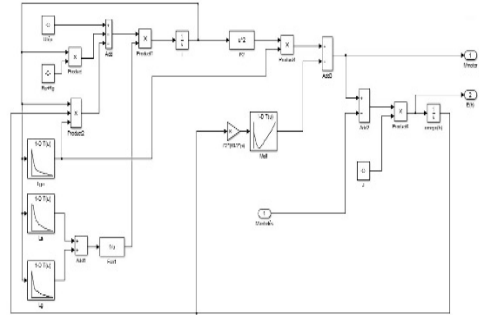
Dinamikai egyenlet:

$$L_{ga}(I) \cdot I^2 - M_{terh}(\omega) - M_{ell}(\omega) = J_m \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

A fenti egyenletekben $U_{táp}$ az akkumulátor kapcsolófeszültsége, R_a és R_g pedig az armatúra és gerjesztő tekercs ohmos ellenállása. Az $L_a(I) = \frac{\partial \Psi_a(I)}{\partial I}$, $L_g(I) = \frac{\partial \Psi_g(I)}{\partial I}$ és $L_{ga}(I) = \frac{\partial \Psi_{ga}(I)}{\partial I}$ mennyiségek az armatúra és gerjesztő tekercs dinamikus öninduktivitása, valamint a két tekercs kölcsönös dinamikus induktivitása, $\Psi_a(I)$, $\Psi_g(I)$ és $\Psi_{ga}(I)$ pedig a hozzájuk tartozó mágneses fluxusok. Mint korábban említettük, a fenti mennyiségek mindegyike függ a motoron átfolyó áram erősségétől. Az $M_{terh}(\omega)$ és $M_{ell}(\omega)$ mennyiségek a motort terhelő nyomatékok, amelyek függenek a motor fordulatszámától. Az előbbi a jármű mozgatásából az utóbbi a motor csapágyellenállásából adódik. A J_m mennyiség a motor forgórészének tehetetlenségi nyomatéka. Az $L_a(I)$, $L_g(I)$, $L_{ga}(I)$ és $M_{ell}(\omega)$ karakterisztikákat mérés útján kell meghatározni. J_m értéke szerepelhet a motor katalógusában, vagy ki kell mérni. Az $M_{terh}(\omega)$ karakterisztikát a program számítja a jármű jellemzőiből.

1.1. A MATLAB környezetben írt motor szimulációs program

A motor szimulációs programblokkot az (1) és (2) egyenletek alapján MATLAB környezetben fejlesztettük ki, illeszkedve ez által a korábbi járműdinamikai szimulációs programunkhoz. A motor szimulációs program blokkdiagramját az alábbi ábra mutatja:



2. ábra. A motormodell alapján MATLAB környezetben készült szimulációs program

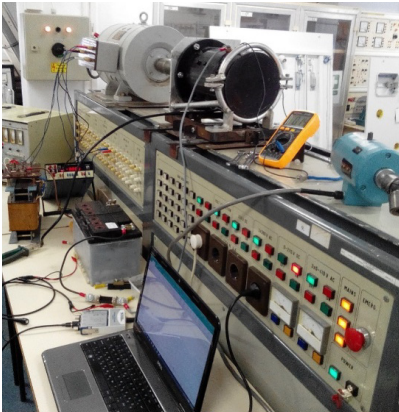
A mérés útján meghatározott $L_a(I)$, $L_g(I)$, $L_{ga}(I)$ és $M_{ell}(\omega)$ karakterisztikákat „lookup table”-k formájában építettük be a programba, míg az $U_{táp}$, R_a , R_g és J_m mennyiségek konstansok formájában szerepelnek. A „lookup table”-ben tárolt mennyiség értékét az aktuális áramerősség illetve szögsebesség függvényében olvassa be a program.

2. A bemenő modellparaméterek kísérleti meghatározása

A szimulációs program futtatásához a bemenő műszaki paraméterek értékét ismernünk kell.

A fenti paraméterek kísérleti meghatározását a Debreceni Képző Központtal (DKK) együttműködésben végeztük. Az említett paraméterek az alábbiak: a motorban lévő tekercsek ohmos ellenállásai, továbbá dinamikus ön- és kölcsönös induktivitásuk, valamint a

forgórész csapágy ellenállási és tehetetlenségi nyomatéka.

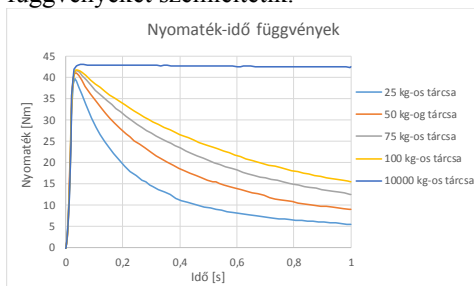


3. ábra. Kísérleti elrendezés a DKK-ban

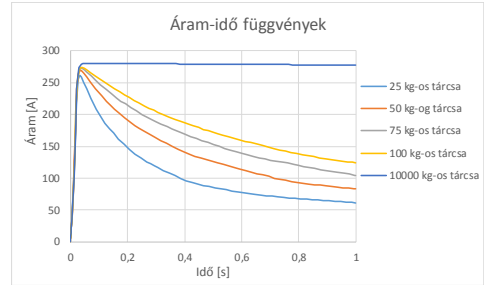
A mérések részletes leírás a [6] irodalomban található.

3. Szimulációs eredmények

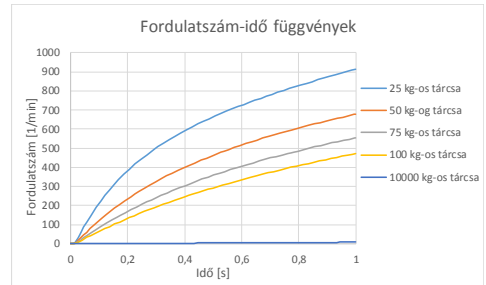
A motor szimulációját különböző terhelő tehetetlenségi nyomatékok mellett végeztük el. Nevezetesen a motor forgórészének tehetetlenségi nyomatékát 25, 50, 75, 100 és 10000 kg tömegű, 20 cm átmérőjű, homogén tömegeloszlású korongnak megfelelő tehetetlenségi nyomatékokkal növeltük meg. A programot lefuttatva rögzítettük a motor által kifejtett nyomatékot, a rajta átfolyó áram erősségét és a motor fordulatszámát az idő függvényében. Az alábbi ábrák ezeket a függvényeket szemléltetik.



4. ábra. A motor által kifejtett nyomaték az idő függvényében



5. ábra. A motoron átfolyó áram az idő függvényében



6. ábra. A motor fordulatszáma az idő függvényében

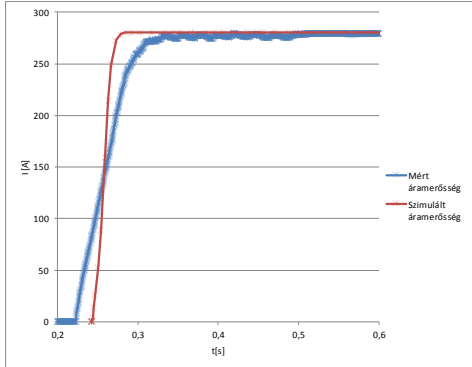
Az 10000 kg-os tömeg gyakorlatilag a rögzített forgórészű motort modellezi. Látható, hogy ebben az esetben a szögsebesség az adott 1 [s] időtartamban közelítőleg zérus. Azaz a rögzített forgórészű motor szimulációját megvalósíthatjuk a szögsebesség zérus értékben történő rögzítésével, vagy a forgórész tehetlenségi nyomatékának „végtelen nagy” értékű megválasztásával.

Látható az is, hogy az áramerősség és a nyomaték csúcserőke közelítőleg ugyanazon időpillanathoz tartozik, erre magyarázatot az $M_{motor} = L_{ga}(I) \cdot I^2$ összefüggés szolgáltat.

4. Tesztmérések és következtetések

A mért ohmos ellenállások és dinamikus induktivitások pontosságát, valamint a szimulációs programunk megfelelő működését tesztmérésekkel ellenőriztük. A

tesztmérések során a rögzített forgórészű motorra rákapcsoltuk a feszültséget és mértük az áramerősség és forgatónyomaték időbeli felfutását. Az alábbi ábra az áramerősséget mutatja az idő függvényében.



7. ábra. Az áramerősség időbeli felfutásának vizsgálata. A mérés során a motor forgórészét rögzítettük, majd a motorra pillanatszerűen rákapcsoltuk a feszültséget. (Forrás: [6])

A szimuláció és tesztmérések eredményeinek jó egyezéséből arra következtetünk, hogy az új dinamikus motormodell, és a rá épülő szimulációs program az elvárásoknak megfelelően működik.

A motor szimulációjával kiegészített járműdinamikai programban már a motor feszültsége is szabályozható, így különböző

teljesítmények esetén el tudjuk végezni a szimulációt. Mivel így már a motoron eső feszültség és rajta átfolyó áramerősség időfüggése is szimulálható, meghatározható a motor pillanatnyi teljesítménye az idő függvényében.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Szántó Attila: *Elektromos hajtású tanszéki versenyautó járműdinamikai modellezése*, TDK dolgozat (2015), Debreceni Egyetem Műszaki Kar.
- [2] MATLAB 2014b, The MathWorks, Inc, Natick, Massachusetts, United States.
- [3] http://webaruhaz.permanent.hu/termek/elektromos_auto-1-motorok-135/dc48v_os_4kw_os_soros_villanymotor-187
- [4] Szántó Attila, Szíki Gusztáv Áron, Hajdu Sándor: *Soros gerjesztésű egyenáramú motorral hajtott versenyautó dinamikai modellezése*, Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi régióban 2016, szerk. Bodzás Sándor, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, Debrecen, 406-414, 2016.
- [5] Miralem Hadžiselimović, Matic Blaznik, Bojan Štumberger, Ivan Zagradišnik: *Magnetically Nonlinear Dynamic Model of a Series Wound DC Motor*, Przegľad Elektrotechniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 87 NR 12b/2011
- [6] Gál Tibor: *Soros gerjesztésű egyenáramú motor elektromágneses és dinamikai jellemzőinek mérése*, TDK dolgozat (2016), Debreceni Egyetem Műszaki Kar