

APPLICATION OF MATLAB IN DC MOTOR RESEARCH ⁷

Assoc. Prof. Anka Krasteva, PhD

Department of Electric Power Engineering,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: 082-888 655

E-mail: akrasteva@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Vyara Ruseva, PhD

Department of Electric Power Engineering,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: 082-888 655

E-mail: vruseva@uni-ruse.bg

Abstract: DC motor drives are used in industry because they are easy to model and control. This paper presents the study of DC motors under different operating modes. The simulations were carried out using the MATLAB/Simulink environment. Virtual benches have been developed in which the parameters of DC motors are determined using a genetic algorithm. The resulting models were analyzed.

Keywords: DC motor, MATLAB/SIMULINK, modelling.

ВЪВЕДЕНИЕ

За производствени машини, работещи с чести пускания и спирания, спирачните режими са много по-отговорни от пусковите. Те се използват за намаляване на скоростта или за бързо и точно спиране на електрозадвижването. Тези режими на работа могат да бъдат моделирани с използване на програмния продукт Matlab/Simulink. За да се получат виртуални стендове, които достоверно да описват реалните процеси в производството, е необходимо блоковете, използвани при моделиране, да бъдат правилно настроени (Bebikhov, V., A., Semenov, M., Semenova, I., Yakushev, 2019). Използват се експериментални и аналитични методи за определяне параметрите на постояннотоковите двигатели (Jesenik, M., Hamler, A., Trbušić, M. and M. Trelep, 2000). Все по-често се прилагат еволюционни методи, един от които е генетичният алгоритъм (Amiri, M., Ibrahim, M. & Ramli, R., 2020; Lankarany, M. & Rezazade, A., 2007).

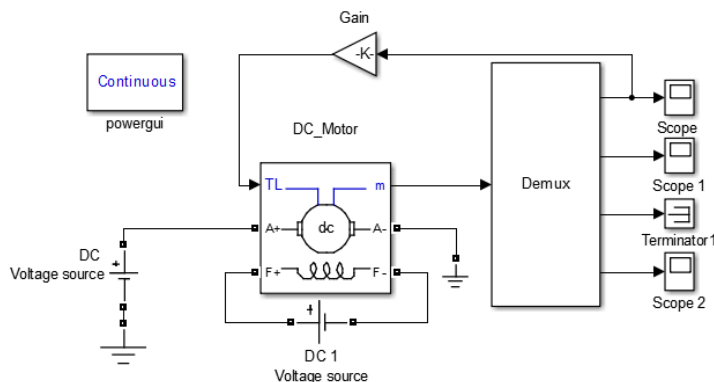
Целта на разработката е да се синтезират виртуални стендове в програмната среда Matlab, с които да се симулират процесите на директно пускане, пускане при понижено напрежение, реверсиране и динамично спиране на постояннотоков двигател с независимо възбуждане.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Пускането на двигателите е процес, по време на който неподвижният ротор се развърта до работната честота на въртене. При този процес е необходимо да се осигурят пусков момент и условията, необходими за достигане на желаната честота на въртене, без да се допуска протичането на голям ток. В разработката се представят виртуални стендове, синтезирани чрез подходящо подбрани блокове в средата Matlab, с които се симулира: директно пускане; пускане при понижено напрежение с използване на пусков реостат, реверсиране и динамично спиране на постояннотоков двигател с независимо възбуждане. Във виртуалните стендове се използва постояннотоков двигател с независимо възбуждане

⁷ Докладът е представен на 25 октомври 2024 г. в секция „Електротехника, електроника и автоматика“ с оригинално заглавие на български език: ПРИЛОЖЕНИЕ НА MATLAB В ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА ПОСТОЯННОТОКОВИ ДВИГАТЕЛИ

с номинална мощност $P_n=3\text{kW}$, номинално напрежение $U_n=220\text{V}$ и честота на въртене $n=1500\text{min}^{-1}$. На фиг. 1 е показана схемата на виртуален стенд, създаден в програмната среда Matlab, който се използва за директно пускане на изследвания двигател. Подходящо са подбрани следните основни блокове от средата Matlab/Simulink: DC_Motor - модел на постояннотокова машина; DC Voltage source и DC1 Voltage source – източници на постоянно напрежение, подавано съответно към котвената и възбудителната намотки; Demux – блок, на изхода на който се получават данни за ъгловата скорост на вала на двигателя (Scope), котвения ток (Scope 1), възбудителния ток и електромагнитния момент на машината (Scope 2).



Фиг. 1. Модел за директно пускане на постояннотоков двигател с независимо възбуждане

Необходимите входни данни за настройване на блока DC_Motor са представени в табл.1. Активните и индуктивните съпротивления на котвената и възбудителната намотки на двигателя са измерени предварително чрез използване на Sverker 760 (Ruseva, V., A., Krasteva, 2023). Чрез генетичен алгоритъм са изчислени следните параметри: коефициент на взаимна индукция; приведен към котвата инерционен момент; коефициент на триене и момент на триене (Krasteva, A., D., Ivanova, V., Ruseva, 2024).

Таблица 1. Входни данни за блока DC Machine

1. Данни от табелката на двигателя		
Номинална мощност	kW	3
Номинална честота на въртене	min^{-1}	1500
Номинално захранващо напрежение, U_n	V	220
2. Измерени		
Активно съпротивление на котвената намотка, R_a	Ω	2,1
Индуктивност на котвената намотка, L_a	H	0,0199
Активно съпротивление на възбудителната намотка, R_f	Ω	271
Индуктивност на възбудителната намотка, L_f	H	11,1
3. Изчислени		
Коефициент на взаимна индукция, L_{af}	H	1,8
Приведен към котвата инерционен момент, J	kg.m^2	0,02
Коефициент на триене, B_m	N.m.s	0,0295
Момент на триене, T_f	N.m	0,0058

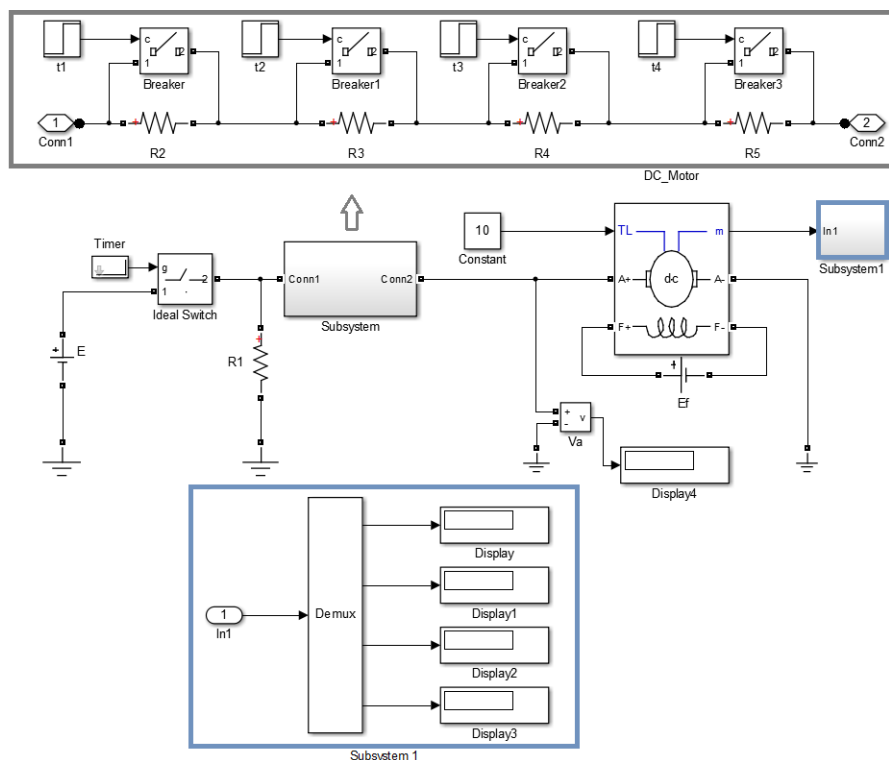
Математичният модел, който описва динамиката на електрозадвижване с постояннотоков двигател, посочен на фиг.1, се състои от следните диференциални уравнения, описващи електрическите и механични процеси в задвижването:

$$U = E + Ri + L \frac{di}{dt}; \quad (1)$$

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2)$$

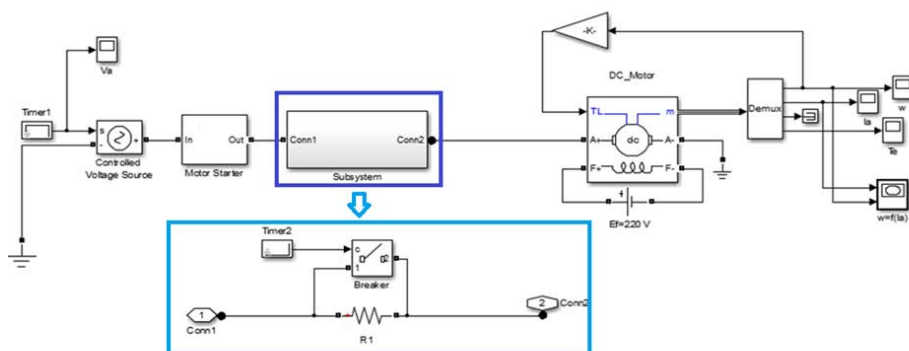
където U е напрежението на котвената намотка на двигателя, V ; E - електродвижещото напрежение на котвата (е.д.н.), V ; i - токът през котвената намотка, A ; Φ - магнитният поток във въздушната междина, Wb ; M - електромагнитният момент на двигателя, $N.m$; M_c - съпротивителният момент, $N.m$; ω - скоростта на въртене на вала на двигателя; $rad.s^{-1}$; R - активното съпротивление на котвената верига, Ω ; L - индуктивността на котвената верига, H ; J - сумарният инерционен момент на котвата и товара, $kg.m^2$.

На практика пускането в ход на постояннотоковите двигатели се реализира чрез директно включване на изводите на двигателя към захранващата мрежа или чрез подаване на понижено напрежение на котвената намотка. Последното се постига с пусково съпротивление, което се включва последователно към котвената намотка или с използване на източник на постоянно регулируемо напрежение. За реализиране на виртуален стенд за пускане на постояннотоков двигател с независимо възбуждане при понижено напрежение, към виртуалния стенд от фиг. 1 са добавени следните блокове: Subsystem, Subsystem1, Ideal Switch, Timer, E и E_f – източници на постоянно напрежение към котвена и възбудителни намотки, Constant – за задаване на съпротивителния момент, Display, Display1, Display2, Display 3, Display 4 – за визуализиране на ъгловата скорост на вала на двигателя, котвения и възбудителния ток, електромагнитния момент на двигателя, подаваното напрежение към котвената намотка. Блоковете Breaker, Breaker1, Breaker2, Breaker 3 са ключове, които се затварят след време, въведено в блоковете Step, означени на фиг. 2 с $t1 \dots t4$. Стойностите им и тези на съпротивленията $R1 \dots R5$ се изчисляват по методика (Chernykh, V., 2008). Процесът на пускане на двигателя се осъществява след време, зададено в блока Timer.



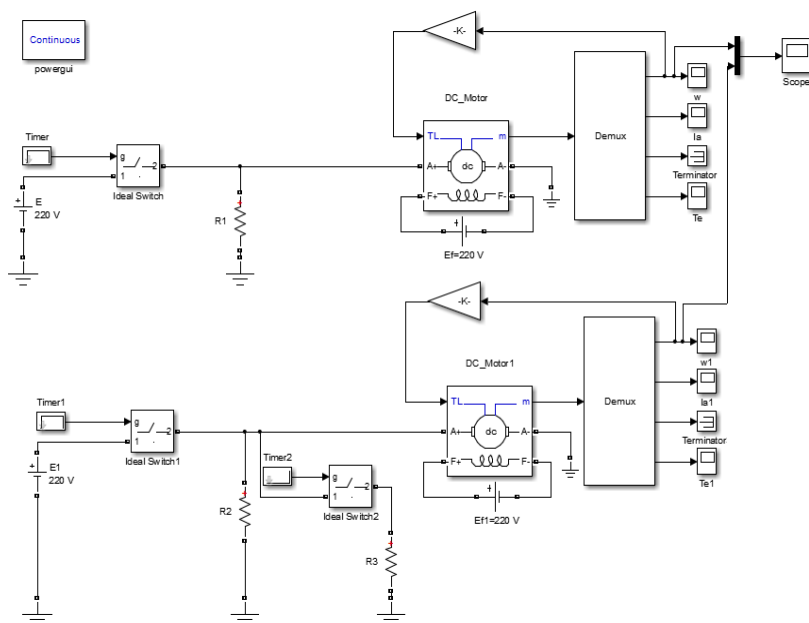
Фиг. 2. Модел за пускане на постояннотоков двигател с независимо възбуждане при понижено напрежение

На фиг.3 е представен модел за реверсиране на постояннотоков двигател с независимо възбуждане. Промяната на посоката на въртене на вала на двигателя е реализирана чрез промяна на поляритета на захранващото напрежение към котвената му намотка, осъществено чрез блока Controlled Voltage Source, след време, за което е настроен блок Timer 1. За ограничаване на пусковия ток при подаване на захранващо напрежение към котвената намотка на двигателя, се използва подсистемата Motor Started, чието устройство е като на подсистемата Subsystem от фиг.2. Чрез блока (Va) може да се визуализира, подаваното напрежение към котвената намотка на двигателя.



Фиг. 3. Модел за реверсиране на постояннотоков двигател с независимо възбуждане

За ограничаване на тока през котвената намотка, при реверсиране, се използва допълнителното съпротивление R1. То се включва чрез ключа Breaker след време, зададено в блока Timer 2. Това е времето, в което се осъществява реверсиране. На фиг.4 са синтезирани в Matlab и съпоставени два модела: модел за директно пускане на постояннотоков двигател с независимо възбуждане и модел за динамично спиране.



Фиг. 4. Модели за директно пускане и динамично спиране на постояннотоков двигател с независимо възбуждане

При първият модел, двигателят се пуска като се захранва директно от мрежата с номинално напрежение и се изключва определено време след това. Това е времето, за което настроен блокът Timer. За същото време е настроен и блок Timer1. След изтичане на това време, котвената намотка на DC_Motor 1 (фиг. 4) се изключва от захранващия източник и се включва към спирачно съпротивление R3. Възбудителната намотка остава включена към независим източник на напрежение. В Scope (фиг.4) се визуализира изменението на скоростта при директно пускане и спиране, както и при пускане и динамично спиране на постояннотоков двигател с независимо възбуждане.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В програмната среда Matlab са синтезирани модели за изследване на постояннотокови двигатели с независимо възбуждане. Моделите (виртуалните стендове) могат да се използват за анализиране на процесите, протичащи в тях при директно пускане, пускане при понижено напрежение - чрез използване на пусков реостат в котвената верига на двигателя, реверсиране и динамично спиране. При правилно настроени блокове и определени параметри на изследваните двигатели, моделите могат да се използват за изследователски цели.

REFERENCES

- Amiri, M., Ibrahim, M. & Ramli, R. (2020). *Optimal parameter estimation for a DC motor using genetic algorithm*. International Journal of Power Electronics and Drive Systems, Vol 11, June, pp.1047-1054, <http://doi.org/10.11591/ijpeds.v11.i2.pp1047-1054>.
- Bebikhov Y.V., A.S. Semenov, M.N. Semenova, I.A. Yakushev. (2019). *Analysis of Methods of Simulation Modelling of Technical Systems in the Matlab Environment*. Modelling, Optimisation and Information Technologies. Scientific Journal, vol. 7, No. 3, 2019. (**Оригинално заглавие:** Бебихов Ю.В., А.С.Семенов, М.Н.Семенова, И.А.Якушев. Анализ методов имитационного моделирования технических систем в среде Matlab. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал, том 7, № 3)
- Chernykh I. V. (2008). *Modelling of Electrotechnical Devices in MATLAB, SimPowerSystems and Simulink*, DMK Press, Moscow. (**Оригинално заглавие:** Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink, ДМК Пресс, Москва 2008.)
- Jesenik, M., Hamler, A., Trbušić, M. and M. Trelep. (2000). *The Use of Evolutionary Methods for the Determination of a DC Motor and Drive Parameters Based on the Current and Angular Speed Response*. Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, University of Maribor, Koroška cesta 46, 2000 Maribor, Slovenia, <https://doi.org/10.3390/math8081269>
- Krasteva, A., D. Ivanova, V. Ruseva (2024). *Determination of the Parameters of a DC Motor with Parallel Excitation by a Genetic Algorithm*. The Journal of CIEES, 4, 7-10, doi: 10.48149/jciees.2024.4.1.1.
- Lankarany, M. & Rezazade, A. (2007). *Parameter Estimation Optimization Based on Genetic Algorithm Applied to DC Motor*. In Proceeding of the International Conference on Electrical Engineering, Lahore, Pakistan, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICEE.2007.4287313.
- Ruseva V., A. Krasteva. (2023). *Using the Matlab Programming Environment in the Course of Student Training in the Electrical Machines Discipline*. IN: 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), Opatija, Croatia,, IEEE, , pp. 1561-1566, ISBN 978-953-233-104-2.