

**ELEKTR DVIGATEL ROTORINING DINAMIKASINI MATLAB
SIMULINK MUHITIDA MODELLASHTIRISH****МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РОТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В
СРЕДЕ MATLAB SIMULINK****MODELING THE DYNAMICS OF AN ELECTRIC MOTOR ROTOR IN THE
MATLAB SIMULINK ENVIRONMENT**

Niyazova N.A. katta o'qituvchi

Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr dvigatel rotori dinamikasining matematik modeli ishlab chiqilib, uning ishlash jarayoni Matlab/Simulink muhiti orqali modellashtirilgan. Tadqiqot davomida rotorning aylanishi, unga ta'sir etuvchi elektromagnit moment, ishqalanish kuchlari hamda dempferlash koeffitsientining ta'siri o'rganilgan. Nyutonning aylanish harakati tenglamalari asosida differensial tenglamalar tuzilib, Simulink bloklari yordamida vizual model yaratildi. Modellashtirish natijalari rotorning burchak tezligi va burchak holatining vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatib, modelning real jarayonga yaqinligini tasdiqladi. Shuningdek, boshlang'ich shartlarning o'zgarishi rotor harakatiga qanday ta'sir ko'rsatishi grafiklar orqali tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari elektr mashinalari dinamikasini o'rganish, boshqaruv tizimlarini loyihalash va ularning samaradorligini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: rotor, dinamik model, Simulink, aylanish momenti, dempferlash, elektr mashina.

Аннотация. В данной статье разработана математическая модель динамики ротора электрического двигателя и выполнено моделирование его работы в среде Matlab/Simulink. В ходе исследования изучены процессы вращения ротора, действующий на него электромагнитный момент, силы трения, а также влияние коэффициента демпфирования. На основе уравнений вращательного движения Ньютона составлены дифференциальные уравнения, и с использованием блоков Simulink создана визуальная модель. Результаты моделирования показали изменение угловой скорости и углового положения ротора во времени, что подтвердило приближенность модели к реальному процессу. Кроме того, проанализировано влияние изменения начальных условий на движение ротора с помощью графических результатов. Полученные выводы имеют практическое значение для изучения динамики электрических машин, проектирования систем управления и повышения их эффективности.

Ключевые слова: ротор, динамическая модель, Simulink, крутящий момент, демпфирование, электрическая машина.

Abstract. This article presents the development of a mathematical model of the dynamic behavior of an electric motor rotor and the simulation of its operation in the Matlab/Simulink environment. The study examines the rotor's rotational motion, the electromagnetic torque acting on it, friction forces, and the effect of the damping coefficient. Based on Newton's equations of rotational motion, differential equations were formulated, and a visual model was created using Simulink blocks. The simulation results demonstrate the time-dependent changes in the rotor's angular velocity and angular position, confirming the model's closeness to real physical processes. Additionally, the influence of initial conditions on the rotor's motion was analyzed through graphical outputs. The findings have practical significance for studying the dynamics of electrical machines, designing control systems, and improving their efficiency.

Keywords: rotor, dynamic model, Simulink, torque, damping, electric machine.

В данной статье разработана математическая модель динамики ротора электродвигателя и выполнено моделирование его рабочего процесса в среде Matlab/Simulink. Изучены процессы вращения ротора, воздействующие на него моменты, а также влияние сил трения. Согласно полученным результатам, проанализированы изменения скорости и угловой скорости ротора во времени. Доказано, что модель, построенная в среде Simulink, полностью отражает реальный процесс.

Ключевые слова: ротор, динамическая модель, Simulink, крутящий момент, демпфирование, электрическая машина.

In this article, a mathematical model of the dynamic behavior of an electric motor rotor is developed, and the operational process is simulated in the Matlab/Simulink environment. The study examines the rotor's rotation processes, the acting torques, as well as the influence of friction forces. Based on the obtained results, the changes in the rotor's speed and angular velocity over time are analyzed. It is demonstrated that the model built in the Simulink environment accurately reflects the real process.

Keywords: rotor, dynamic model, Simulink, torque, damping, electric machine.

Elektr dvigatellarning barqaror ishlashi rotorning mexanik holati va unga ta'sir etuvchi tashqi momentlarga bog'liq. Rotorning aylanish jarayonini aniq matematik model asosida o'rganish dvigatelni boshqarish, stabilizatsiya qilish, energiya samaradorligini oshirish kabi vazifalar uchun muhim ahamiyatga ega. Matlab dasturining Simulink moduli bu jarayonlarni vizual tarzda modellashtirish va tahlil qilish imkonini beradi.

Matlab (Matrix Laboratory) – texnologik hisoblarni yechish uchun mo'ljallangan bir qator dasturlar majmuasidir. Simulink – MATLAB dasturining tizim osti hisoblanib, bu dinamik tizimlarni blokli imitatsion modellashtirish tizimidir. Simulink modellashtirish vositalari MATLAB ning dasturaviy vositalariga asoslanadi, shu bilan birga u MATLAB tilidan foydalanmagan holda qo'llanilishi va grafik ko'rinishida standart bloklalar yordamida modellar yaratish imkoniga egadir [1].

Murakkab masalalarni samarali yechishda asosiy elementlardan biri bu– qo'llash uchun qulay ko'rinishdagi modelni qurish va uni muvofiq ishlatish. Model bu –ob'ekt yoki sistemaning real mavjudligidan farqli ravishda bir qancha ko'rinishlardagi tasviridir. Model turli xil formada va turli darajadagi matematik ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Model qurishning murakkablik darajasi, uni qanday ishlatilishini rejalashtirish orqali aniqlanadi.

Modellashtirishning asosiy bosqichlari: modelning tavsiflanishi; elementlar modelini matematik tavsiflash tenglamasini ishlab chiqish; tenglamalarni hisoblash dasturlarini ishlab chiqish; tashqi ta'sir qiluvchi omillar imitatsiyasi; EHM da hisoblashlar va ro'yhatdan o'tkazish, modelning adekvatligini tekshirish; variantlarni ko'rib chiqish hisobiga sistemani optimal sozlanmalari ko'rsatkichlari aniqlanadi.

Dvigatel rotorining fizik va matematik modellari qurib olindi. Fizik model deb – real ob'ektning xususiyatlarini yoki xarakterini o'zida mujassam etgan fizik qurilma yoki maketga aytiladi. Matematik modellarni real ob'ektning xususiyatlarini ifodalovchi kattaliklar to'plami ko'rinishida tasvirlash mumkin [2].

Rotorning fizik modelini tuzib olamiz. Rotor radiusi r , massasi m bo'lgan silindr ko'rinishida tasavvur qilinadi. U o'q atrofida erkin aylanadi va unga ikki asosiy moment ta'sir etadi:

1. $M(t)$ – dvigatel hosil bo'ladigan elektromagnit moment.
2. $M_e = -b \cdot \omega$ – ishqalanish va havo qarshiligi hisobiga hosil bo'ladigan tormozlovchi moment.

bu yerda:

ω – rotorning burchak tezligi;

b – dempferlash koeffitsenti.

Rotor uchun inertsia momenti:

$$J = \frac{1}{2} m r^2 \quad (1)$$

Rotorning matematik modeli. Nyutonning aylanish harakati tenglamasiga asosan:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M(t) - b\omega \quad (2)$$

Bunga asoslanib burchak tezlik:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M(t) - b\omega) \quad (3)$$

Burchak holati esa:

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \quad (4)$$

Model ikki differensial tenglamadan iborat bo'lib, Simulinkda **Integrator** bloklari orqali amalga oshiriladi.

Model ikki differensial tenglamadan iborat bo'lib, Simulinkda **Integrator** bloklari orqali amalga oshiriladi.

$m = 0.5;$ % kg

$r = 0.05;$ % m

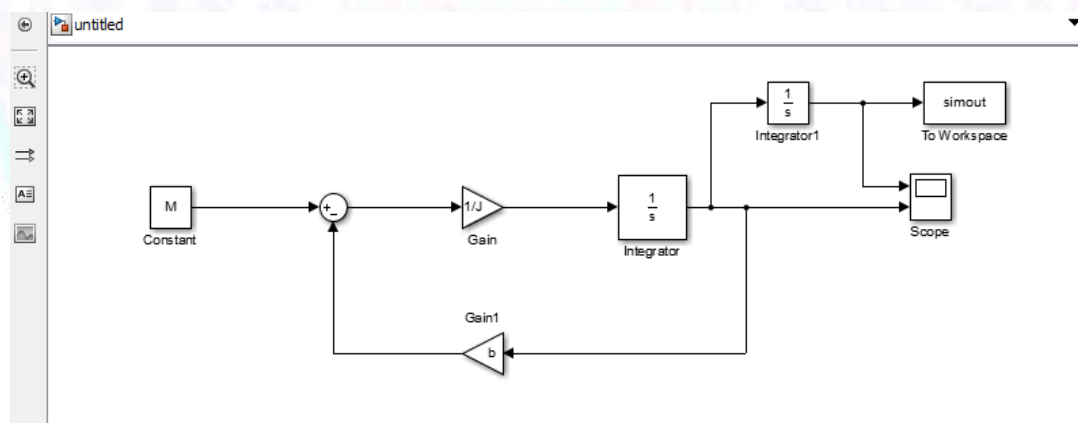
$J = 0.5*m*r^2;$

$b = 0.02;$ % dempferlash

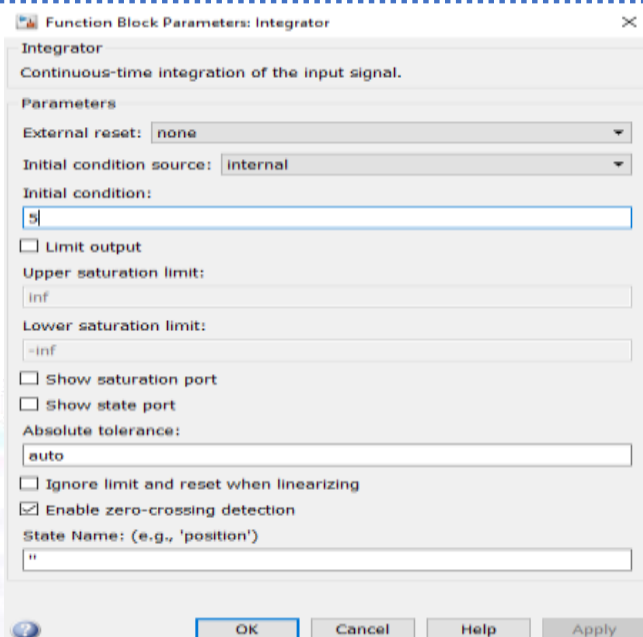
$M = 0.1;$ % elektromagnit moment (N*m)

Matematik modelga ega bo'ldik, endi modellashtirish jarayoniga o'tamiz.

Simulink kutubxonasini ishga tushiramiz. Yangi model tanlanib, unda Simulink kutubxonasi ochiladi. Simulink kutubxonasi o'zida ba'zaviy va qo'shimcha bloklarni mujassam etgan. Ushbu bloklardan foydalanib quyidagi sxema quriladi:

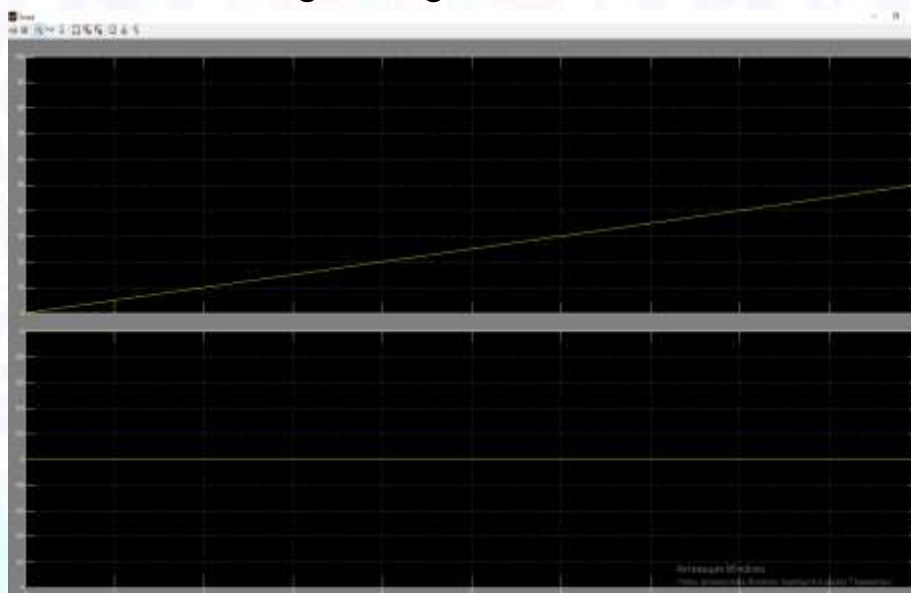


1-rasm.



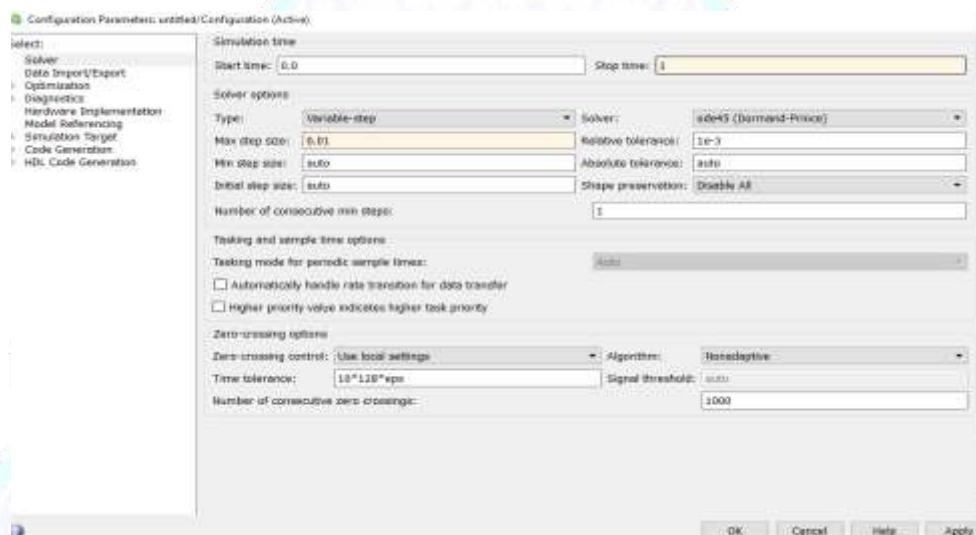
2-rasm

Jarayonni modellashtiramiz. Natijada osillografda grafik hosil bo'ladi. Grafikdan ko'rinib turibdiki natija 0 ga teng (2-rasm). Chunki $\theta=0$ ga teng burchagida turg'un bo'lmagan muvozanat holatida bo'ladi va u bunday holatda unga tashqi ta'sir etilmaguniga qadar o'z holatini o'zgartirmagan holatda turishi mumkin.

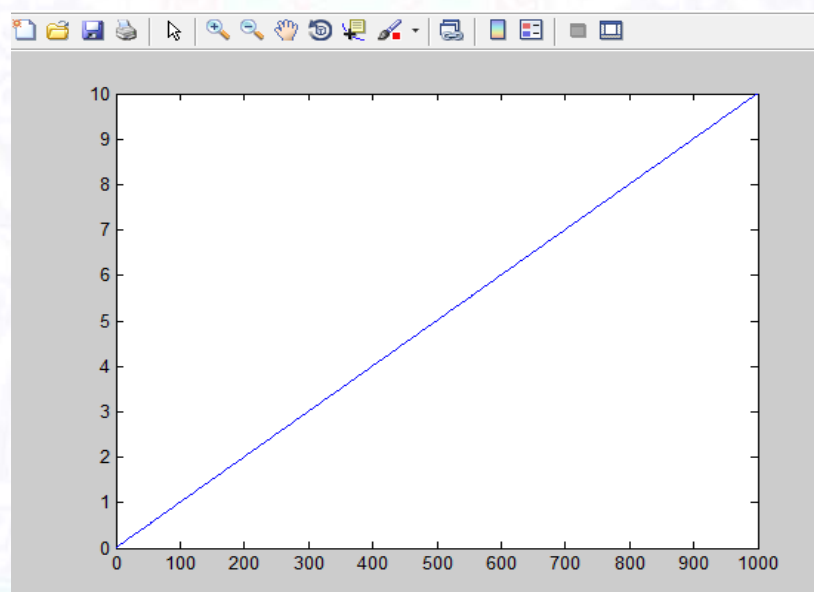


3-rasm

Jarayonni faollashtirish uchun uni mayatnikni kichik qiymatdagi θ burchakga og'diramiz va qolgan ishni gravitatsiyaga qo'yib beramiz. Buning uchun integrator sozlamariga kirib burchakning boshlang'ich qiymatiga 0.01 radian ga o'zgartiramiz (4-rasm). Hosil bo'lgan grafikni tushunarli qilib kuzatishimiz uchun modellash vaqtini 100 s ga va hisoblagich sozlanmasiga kirib integrallashning maksimal qadamini *Max step size*: 0.01 ga qilib o'zgartiramiz, natijada quyidagi grafik hosil bo'ladi:



4-rasm.



5-rasm

Model grafigini qurib oldik. Bu grafikda Tools ga kirib Edit plot ni tanlab sozlash amallarini bajarish mumkin. Hosil bo'lgan natijada File Generate Code...amali bajariladi va saqlanadi. Modeldan olingan natija huddi real ob'ektda jarayon qanday sodir bo'lsa shunday ko'rsatgichda bo'ladi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, real bir ob'ekt va uning Matlab dasturida yaratilgan modelining ishlash prinsiplari bir hil ekanligi isbotlandi. Ana shunday zamonaviy dasturlar yordamida real ob'ektlarda sodir bo'ladigan jarayonlarni

ob'ektning modeli yaratilgan holda uning jarayonini simulyatsiyasini kuzatish mumkin. Ob'ekt yoki biron bir jarayon murakkab vaziyatlarda o'zini qanday tutishini uning modelida kuzatish va shu bilan birga hozirgi kunda ishlab chiqarish jarayonlarida vaziyatning qanday borishini tahmin qilish imkonini beruvchi Matlab dasturi muhandislar uchun keng imkoniyatlar ochib bermoqda.

Adabiyotlar

1. Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.
2. А.Н.Тимохин, Ю.Д.Румянцев “Моделирование систем управления с применением Matlab” Учебное пособие, Москва – 2016.
3. exponenta.ru/news/gyroboy-matlab-project.