

Reprodukcija rezultata diplomskog rada

Filip Cvejić

Novembar 2019.

1 Softverski paketi

U radu su korišćeni FEMM i MATLAB softverski paket, pri čemu je veza između njih bila OctaveFEMM dodatak. Verzija MATLAB-a koja je korišćena je **R2018b**, ali skripte su pisane tako da ne bi trebalo da bude problem koristiti i druge verzije. Verzija FEMM-a koja je korišćena je ona od 25. februara 2018. godine i ona se može naći ovde:

<http://www.femm.info/wiki/OldVersions>

Povezivanje dva paketa zahteva i još jedan korak koji je opisan ovde:

<http://www.femm.info/Archives/doc/octavefemm.pdf#page=2>

na dnu druge strane. Dakle, potrebno je uz pomoć `pathtool` komande dodati `mfiles` direktorijum u `search path` MATLAB-a.

Moguće je pokrenuti komandu `openfemm` radi provere. Ukoliko ne dođe do grešaka i otvori se FEMM prozor, to znači da su uspešno povezani programi.

2 Podešavanja i parametri

Trebalo bi naglasiti da je bitno da skripte budu sve u jednom, zajedničkom folderu, kao što je i priloženo. Ovaj folder takođe treba da bude i trenutno aktuelan folder u MATLAB-u.

U skriptu `motorf.m`, koja crta mašinu u FEMM-u za zadati broj žlebova i polova, uneti su podaci o izvornoj mašini sa skice ove mašine, koja je priložena u folderu `skica motora`. Ove dimenzije su rezimirane i u tabeli 2 u poglavlju 3.2. Skripta je iskomentarisana tako da je opisana svaka promenljiva, te je, uz opreznost moguće izmeniti navedene podatke. Geometrija mašine željenih parametara (broj žlebova i polova) se određuje linearnim skaliranjem dimenzija izvorne mašine. Pored parametara mašine, moguće je podešavati i parametre simulacije u istoj skripti. Skripta je organizovana u nekoliko celina koje se odnose na: formiranje FEMM dokumenta, definisanje parametara statora i rotora izvorne mašine, proračun parametara statora i rotora željene mašine, FEMM podešavanja (u okviru kojih definicija problema, segmentacije, graničnih uslova itd), crtanje rotora, statora, domena i zazora, podešavanje materijala i graničnih uslova. Napomenimo da su za crtanje umesto standardnih komandi koje su dostupne u OctaveFEMM paketu, korišćene novo-definisane funkcije kojima se predaju kompleksne koordinate, a koje te koordinate prosleđuju standardnim funkcijama. Komande koje su korišćene su okvirno opisane u komentarima, a detaljniji opis standardnih komandi moguće je naći na sledećim stranicama:

<http://www.femm.info/Archives/doc/manual42.pdf#page=82>

<http://www.femm.info/Archives/doc/octavefemm.pdf#page=3>

Druga bitna skripta, a koja ima za cilj da proračuna *cogging* momenat za dati broj žlebova i pari polova je `torquef.m`. Ona najpre poziva funkciju `motorf` i prosleđuje joj broj žlebova i polova. Nakon toga računa momenat za opseg pozicija rotora na kojem je momenat periodičan. Moguće je podesiti broj koraka simulacije na koje se ovaj opseg deli, i tako podesiti brzinu i preciznost simulacije. Krajni rezultat ove skripte je grafik talasnog oblika valovitosti momenta.

Za potrebe analitičkog modelovanja formirana je skripta `analitika.m`, koja za dati broj žlebova i pari polova računa talasni oblik *cogging* momenta. U zavisnosti od broja ulaznih argumenata koji se predaju funkciji, ona vraća amplitudu proračunatog momenta ili ga skicira. Parametri koje je moguće izmeniti se nalaze na početku skripte i to su: `u0` - permeabilnost vakuuma, `R` - poluprečnik vazdušnog zazora, `L` - aksijalna dužina mašine, `beta` - odnos ugaone širine magneta i pola, `betaA` - odnos ugaone širine zuba i žleba, `Bm` - amplituda indukcije u zazoru, `h` - broj harmonika koji se uzimaju u obzir pri proračunu, `N` - broj tačaka na koji se deli domen proračuna. U liniji koda u kojoj se računa vrednost A_j (41. linija koda) uveden je faktor slabljenja viših harmonika kao što je opisano u radu. Moguće je promeniti vrednost, koja je u skripti 1.65, kako bi se ispitao uticaj ove izmene na rezultujući talasni oblik.

Skripta `main.m` formira tabelu sa vrednostima amplitude *cogging* momenta za razmatrani opseg `S` i `p` (na osnovu analitičkog modela) i generiše grafike sa talasnim oblicima *cogging* momenta određenim pomoću analitike i softverskog alata FEMM42 za četiri karaktersitične mašine. Skripta poziva prethodno objašnjene funkcije `analitika.m` i `torquef.m`. Tabela se u samoj skripti pretvara u oblik koji je adekvatan za prikazivanje u LATEX-u, u kome je rad i pisan.

3 Postupak i interpretacija rezultata

Da bi se dobili rezultati priloženi u radu koristi se skripta `main.m` i pomoćna skripta `data` i opisana u nastavku. Matrica `Mem_max` sadrži amplitude reluktantne valovitosti momenta dobijene analitičkim proračunom za razmatrani opseg broja žlebova i polova izvršenim u okviru skripte `main`. Od ove matrice se u skripti generiše matrica `pom2` u LATEX obliku iz koje je potrebno manuelno izbaciti kombinacije koje se ne razmatraju da bi se dobila Tabela 1 data u poglavlju 2.3.

Pomoću skripte `main.m` pokreću se i proračuni i simulacije za sve četiri mašine koje se pominju u radu. Na četiri grafika prikazani su talasni oblici valovitosti momenta dobijeni na dva načina - analitika plavom bojom i FEMM simulacija crvenom bojom. Ovi grafici su u radu priloženi u poglavlju 3.3.

Za dobijanje vrednosti u Tabeli 2 koja je data u poglavlju 3.3 potrebno je za svaku od figura pokrenuti sledeću skriptu:

```

1 clear all
2 clc
3
4 %import podataka sa figure 1
5
6 set(gcf, 'name', 'Figure 1');
7 fig = gcf;
8 axObjs = fig.Children;
9 dataObjs = axObjs.Children;
10 x_a = dataObjs(1).XData;
11 y_a=dataObjs(1).YData;
12 L_a=length(y_a);
13 x_f = dataObjs(2).XData;
14 y_f=dataObjs(2).YData;
15 L_f=length(y_f);
16
17 %racunanje max,rms, max 1. harmonika
18 max_a=max(y_a)
19 max_f=max(y_f)
20 rms_a=rms(y_a)
21 rms_f=rms(y_f)
22 pom_a=findpeaks(abs(fft(y_a)*2/L_a));

```

```

23 max_1a=pom_a(1)
24 pom_f=findpeaks(abs(fft(y_f)*2/L_f));
25 max_1f=pom_f(1)

```

Skripta podrazumeva da je pokrenuta skripta `main.m` i da grafici nisu zatvoreni. Ona učitava veličine sa željenog grafika i proračunava amplitudu, efektivnu vrednost i amplitudu prvog harmonika za talasne oblike dobijene pomoću modela i simulacije.

Poslednji rezultat koji je u radu priložen a koji nismo dobili navedenim koracima jeste talasni oblik valovitosti momenta dat u poglavlju 2.2 na slici 5. Ovaj oblik je dobijen analitički pre modifikacije modela u obliku smanjenja viših harmonika. Da bi se reprodukovao potrebno je u skripti `analitika.m` eliminisati podizanje j na 1.65-i stepen i nakon toga je pokrenuti za proizvoljno S i p .