

Sumar

Teza de fata are ca principal scop analiza performantelor controlului V/f cu bucle de corectii pentru actionari cu masini sincrone cu magneti permanenti interiori. Lucrarea prezinta si investigheaza atat prin simulari digitale cat si experimental cateva solutii noi de control V/f cu corectii pentru amplitudinea si respectiv faza vectorului tensiunii.

Acest control se doreste a fi o alternativa buna, cu performante comparative cu cele ale controlului vectorial fara senzor de pozitie, cu raspuns rapid in cuplu si viteza, dar fara utilizarea reguletoarelor de viteza si curent, fara transformari de coordonate si cu efort de calcul mai redus. Mai mult, aceasta strategie de control, rezolva pornirea masinii sincrone cu magneti permanenti, nefiind astfel necesara dezvoltarea unei strategii distincte pentru determinarea pozitiei initiale a rotorului.

Metoda de control propusa initial utilizeaza conceptul de flux activ pentru estimarea vitezei si pozitiei rotorului. In plus, schema cuprinde conditia de cuplu maxim pe curent in regiunea de cuplu constant. Utilizarea strategiei de control propusa a dus la obtinerea unui raspuns dinamic, rapid in viteza si cuplu, fara eroare de regim stationar, metoda ce poate fi aplicata cu succes pentru toate masinile de curent alternativ.

Simularile corespunzatoare controlului propus au fost realizate cu ajutorul pachetului soft Matlab/Simulink, in timp ce sistemul dSpace a fost utilizat pentru achizitia rezultatelor experimentale.

Au fost investigate in prima instanta raspunsul si performantele masinii, controlata vectorial, cu si fara senzor de pozitie. Testele au fost realizate atat cu masina la functionarea in gol cat si la incarcare, in unele cazuri pana la cuplu nominal. Comparatiile intre controlul vectorial fara senzor de pozitie si controlul V/f corectat au fost realizate in vederea validarii performantelor acestuia din urma, atat la functionarea in gol, cat si in sarcina.

Pentru a demonstra eficienta corectiilor pentru amplitudinea si faza tensiunii, adaugate controlului V/f standard, acesta din urma a fost de asemenea implementat si testat in bucla deschisa. Rezultatele au dovedit necesitatea si performantele corectiilor utilizate. Daca in cazul controlului V/f in bucla deschisa, masina este caracterizata de instabilitate in functionare, iar viteza oscileaza in jurul tintei, in cazul controlului V/f cu corectii, oscilatiile sunt eliminate, iar masina poate fi incarcata pana la cuplu nominal.

Au fost dezvoltate patru strategii diferite de control V/f cu corectii, dintre care doua au dovedit rezultate bune, comparative cu cele obtinute cu control vectorial.

Organizarea tezei

Lucrarea se intinde de-a lungul a opt capitole dupa cum urmeaza:

Primul capitol trateaza masinile de curent alternativ in general, in special pe cele sincrone cu magneti permanenti si metodele de control aferente acestora.

Capitolul al doilea propune controlul vectorial cu utilizarea encoderului pentru feedback-ul pozitiei rotorului. Raspunsul masinii in viteza si cuplu este analizat atat la mersul in gol cat si la incarcare.

În capitolul al treilea se prezintă conceptul de flux activ și este descrisă condiția de cuplu maxim pe curent. De asemenea este evidențiată aplicarea acestor condiții pentru diminuarea pierderilor și eficientizarea răspunsului în viteză și cuplu, atât în rezultate de simulare, cât și experimental, pentru diferite condiții de funcționare ale mașinii sincrone cu magneti permanenți interiori.

Capitolul al patrulea descrie în prima parte controlul V/f standard, cu prezentarea și interpretarea rezultatelor obținute atât în simulări cât și experimental. În cea de-a doua parte a capitolului se descriu buclele de corecție care se adaugă controlului V/f standard.

Prima corecție se referă la amplitudinea vectorului de tensiune, corecție obținută prin intermediul unui regulator de tip proporțional-integrator, care are ca intrare eroarea amplitudinii fluxului activ. Se prescrie curentul i_d din condiția de cuplu maxim pe curent, cu ajutorul căruia se calculează apoi fluxul activ. Pornind de la integrala tensiunii, se estimează fluxul statoric din care se extrage termenul $L_{\sigma} \cdot i_s$ obținând astfel componentele estimate, după axele α și β , ale fluxului activ. Din componentele fluxului se obține amplitudinea acestuia, ca valoare estimată. Diferența dintre mărimea prescrisă și cea estimată reprezintă intrarea regulatorului de corecție a amplitudinii vectorului tensiunii.

Cea de-a doua corecție, a fazei unghiului vectorului de tensiune, se bazează pe eroarea dintre viteză de referință și viteză estimată (viteză fluxului activ), eroare considerată ca fiind intrarea celui de-al doilea regulator de tip proporțional-integrator.

În acest capitol sunt prezentate rezultate de simulare corespunzătoare, în timp ce rezultate experimentale sunt discutate în al cincilea capitol. Tot în cadrul celui de-al cincilea capitol este realizată compararea rezultatelor obținute pe de-o parte cu metoda vectorială fără senzor de poziție, cu rezultatele obținute cu metoda de control propusă. Discuțiile comparative între rezultatele obținute prin cele două metode de control fără senzor de poziție sunt realizate atât la viteze mari, apropiate de viteză nominală a mașinii, cât și la viteze mici (0.25 Hz) ale mașinii.

Capitolul al șaselea descrie trei metode diferite de control V/f cu bucle de corecții. Rezultatul simulărilor efectuate arată faptul că dintre cele trei metode, doar una singură realizează curentul i_d negativ, motiv pentru care este propusă implementarea experimentală a acesteia. Toate cele trei metode de control V/f cu corecții utilizează condiția de cuplu maxim pe curent, în timp ce doar două dintre acestea se bazează pe conceptul de flux activ.

În capitolul al șaptelea se descriu platformele experimentale utilizate. Una dintre cele două platforme a fost realizată la Univ. din Aalborg, Danemarca, standul al doilea aparținând Laboratorului PEMC, din cadrul Departamentului de Inginerie Electrică, Timisoara.

Capitolului opt este rezervat pentru concluziile finale și contribuțiile tezei.

Contribuțiile tezei

Utilizarea senzorului de poziție în acționari electrice înseamnă un avantaj în ceea ce privește pornirea și răspunsul în cuplu și viteză, deoarece encoderul furnizează exact viteză și poziția rotorului, însă dezavantajele introduse de acesta se referă la fiabilitatea scăzută, cost ridicat al acționării, precum și volumul mai mare al întregului ansamblu.

Pentru a cunoaste performantele actionarii studiate a fost implementat initial, controlul vectorial cu si fara senzor de pozitie.

In continuare, a fost dezvoltat controlul de tip V/f cu bucle de corectii pentru amplitudinea si respectiv faza tensiunii.

Principalele obiective ale metodei de control propuse sunt in primul rand raspunsul rapid in cuplu si viteza, fara utilizarea reguletoarelor conventionale de viteza si curent, fara transformari de coordonate si cu efort de calcul redus; se remarca de asemenea capabilitatea actionarii de a porni fara utilizarea unei strategii suplimentare, precum si eficienta ridicata pentru un domeniu larg de viteze.

Rezultatele obtinute cu ajutorul metodei de control propuse sunt similare celor obtinute cu control vectorial. In plus, se remarca rezultatele la viteze mici (0,25 Hz), unde raspunsul in viteza si cuplu realizat cu metoda de control propusa pare sa urmareasca referinta cu oscilatii mai mici decat cele obtinute cu control vectorial fara senzor de pozitie.

Atat rezultatele de simulare cat si cele experimentale arata, asa cum este bine cunoscut, faptul ca actionarea cu reglaj de tip V/f standard este caracterizata de o dinamica lenta, cu valori mari ale curentilor. De asemenea, raspunsul in viteza si cuplu este oscilant, intregul sistem fiind astfel caracterizat de instabilitate in functionare. Se evidentiaza astfel necesitatea si eficienta utilizarii buclelor de corectii.

Au fost astfel implementate si testate prin intermediul simularilor digitale alte trei metode distincte de control V/f cu corectii pentru amplitudinea si faza unghiului vectorului de tensiune, doar una dintre acestea dovedind performante dinamice ridicate, cu rezultate experimentale promitatoare.