

Utveckling av styrprogram till - samt provning av hjulmotor

Tobias Caesar och Simon Nilsson

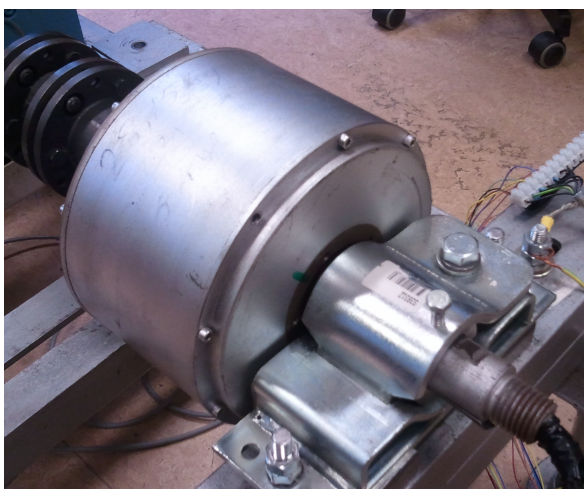
Introduktion

Hjulmotorn är en permanentmagnetiserad synkronmaskin (PMSM) som består av en roterande del *rotor* och en statisk del *stator*. Rotordelen innehåller ett antal magneter och statorn tre lindningar. En roterande kraft skapas genom att köra en ström i dessa lindningar. För att skicka den ström som skapar den största kraften är det väsentligt att känna till rotorns elektriska vinkel — vilken är beroende på antalet magneter i rotorn och rotorns fysiska vinkel. Denna vinkel kan mätas med flera olika metoder och följande fyra har undersökts:

- Digitala hallsensorer
- Digitala hallsensorer med prediktion
- Analoga hallsensorer
- Resolver

Hjulmotorn

Speciellt för en hjulmotor är att rotordelen är ytterst och den kan därför direkt utgöra fälgen hos ett fordon. Hjulmotorn som har använts har en effekt på 5 kW vid topphastigheten 800 rpm. En bild över denna visas i figur 1.



Figur 1: Hjulmotorn monterad i bromsbänk.

Undersökta sensortyper

För att kunna följa rotorns vinkel har en handfull metoder undersökts. Dessa är digitala och analoga hallsensorer samt resolver (figur 2). Vinkeluppskattningen med de digitala hallsensorerna har även utökats med en *prediktering* där rotorns hastighet har använts för att försöka förutse rotorns vinkel. Hallgivarna kan följa rotorvinkeln genom att mäta det magnetiska fält som magneterna i rotorn ger upphov till då den roterar. Resolvern sitter monterad på samma axel som rotorn och fungerar som en roterande transformator. Genom att köra rotorn med konstant hastighet och undersöka den givna vinkeln för de olika sensorerna kan prestandan mellan dessa jämföras.

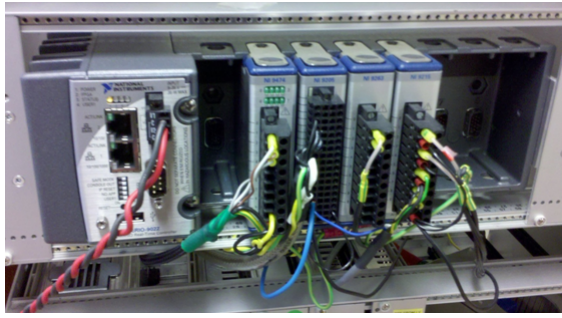


Figur 2: Resolvern med urplockad rotordel och den lilla hallsensorn.

Styrprogram

Styrprogrammet har till uppgift att reglera strömmen genom motorn beroende på den hastighetsreferens som användaren anger. För detta krävs en del tidskritiska beräkningar och dessa görs därför i *National Instruments CompactRIO* (figur 3) som erbjuder mycket beräkningskraft. T.ex. görs beräkningar för att bestämma den ström som ska skickas genom motorn på endast några mikrosekunder. CompactRIO:n är en modulbaserad utvecklingsplattform och programmering av den görs i den grafiska miljön *LabVIEW*. Fördelar med detta system är att det erbjuder korta utvecklingstider och är väldigt flexibelt.

Styrprogrammets arbetsgång kan något förenklat beskrivas enligt följande. Strömmarna från två av de tre lindningarna i statorn och hallgivarsignalerna mäts först in. Från dessa beräknas sedan rotorns elektriska vinkel och hastighet. Med hjälp av vinkeln räknas strömmarna om till rotorns koordinatsystem

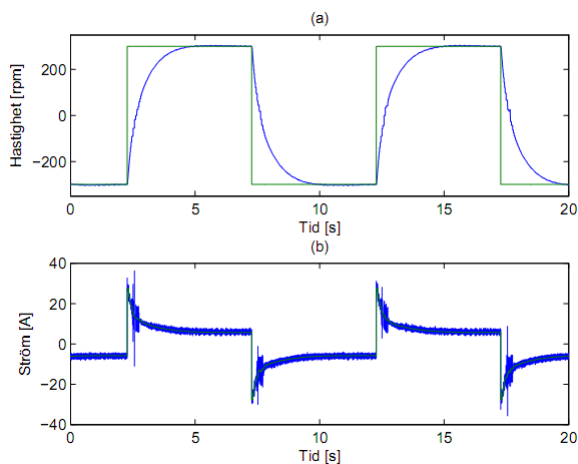


Figur 3: *National Instruments CompactRIO.*

och jämförs sedan med referensvärdena i regulatoren. Från regulatoren kommer till sist nya styrsignaler.

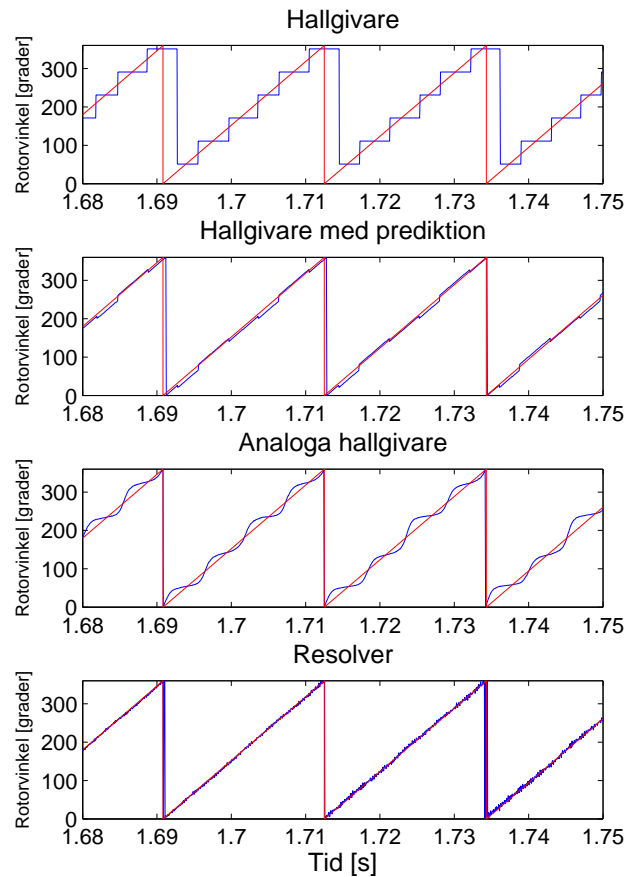
Resultat

Under accelerationstestet som visas i figur 4 har motorn körts med en referens som varierar mellan ± 300 rpm. Det tar ungefär två sekunder att nå referensvärdet och strömmen blir stor i samband med en ändring av referensen. Detta är naturligt eftersom rotorn nu ska ändra riktning och det krävs en stor kraft för att åstadkomma detta. Ett problem som uppkommer syns i (b) där stora strömspikar i samband med att rotorns hastighet är noll. Detta beror på att prediktionen av rotorvinkeln inte fungerar tillfredsställande vid låga hastigheter. En idé har presenteras om hur detta ska kunna lösas.



Figur 4: *Diagram över hastighet (a) och ström (b) under accelerationstest.*

Resultat av testet från de undersökta sensortyperna visas i figur 5. Den verkliga vinkeln är i röda linjer och vinkeln från sensorerna i blått. Här syns hur de digitala hallsensorerna med prediktion presterar mycket bra bortsett från små justeringar, dessa uppkommer eftersom sensorerna inte är hundra procentigt korrekt placerade i motorn. De analoga hallsensorerna ger ett vågigt utseende vilket kommer från att magneterna när de passerar givarna inte genererar ett idea-



Figur 5: *Test av fyra olika metoder att mäta elektrisk vinkel.*

liskt magnetiskt fält för vinkelmätning. Resolvern ser ut att prestera bra men får problem då den hamnar i vissa lägen. Detta beror på att resolvern följer den fysiska rotorvinkeln och en transformering till elektrisk vinkel gör den väldigt känslig för brus. Prismässigt är det en stor skillnad mellan en resolver och en hallsensor där den sistnämnda är betydligt billigare. Den digitala hallgivaren med prediktion är därför en god kandidat till att ersätta den traditionella resolvern i vissa applikationer.

Sammanfattning

- National Instruments CompactRIO är en bra utvecklingsplattform för motorstyrning.
- Digitala hallgivare med prediktion är ett bra alternativ till resolvern i vissa applikationer.
- De analoga givarna kan ge väldigt bra resultat om de placeras så att de mäter ett sinusformigt magnetfält.
- Då kvoten mellan antalet polpar i motorn och resolvern är hög blir vinkelangivelsen brusig.