

Illustration: Forfatteren

Rømer-satellitten

- en udfordring for styresystemer

Hvis alt går som det skal, vil Danmarks 2. satellit, RØMER, blive sendt i kredsløb omkring Jorden i år 2004. Men inden da, skal en lang række teknologiske udfordringer løses – f.eks. kræver satellitten et uhyre nøjagtigt styresystem.

Af Elmo Schreder

■ Det er efterhånden mere end to år siden, at Danmarks første videnskabelige satellit ØRSTED blev sendt i kredsløb omkring jorden. Det var det første væsentlige skridt, der for alvor satte gang i den danske rumforskning. Den næste danske videnskabelige satellit, der skal følge i ØRSTEDs fodspor,

er RØMER-satellitten. Denne 85 kg tunge små-satellit er opkaldt efter den kendte danske astronom Ole Rømer (1644-1710), som i sin tid undersøgte lyset fra stjernerne og herved opdagede "lysets tøven" - dvs. at lyset havde en endelig hastighed.

Opsendelsen af Rømer-satel-

litten skal efter planen ske i 2004 og sandsynligvis ombord på en russisk Sojus-Fregat raket. Hovedbestanddelen af RØMERs videnskabelige mission er MONS-projektet (MONS = Measuring Oscillations in Nearby Stars), som går ud på at observere nære stjerners svingninger over et

længere tidsrum (se boks).

Udviklingen og konstruktionen af Rømer-satellitten sker via et samarbejde mellem Dansk Rumforskningsinstitut, Århus Universitet, virksomheden TERMA samt en række andre forskningsinstitutioner og virksomheder. Også på Aalborg Universitet er vi involveret i

MONS-teleskopet

Dette teleskop er i realiteten mere en lysmåler end et almindeligt teleskop. Normalt bruger man på satellitter teleskoper til at tage billeder af f.eks. stjerner med. MONS-teleskopet skal derimod måle stjerners lysintensitet med en meget høj præcision. Derfor drejer det sig i ikke om at kunne tage skarpe og pæne billeder af de stjerner, der skal observeres.

Teleskopet er udstyret med en CCD-detektor (i lighed med digitale kameraer), som gør det muligt at optage digitale billeder. Ved hjælp af CCD-detektoren vil lysforholdene i det om-

råde, som stjernen befinder sig i, med jævne mellemrum blive målt for at bestemme forandringerne. I stedet for at bruge stærke linser for at tage nøjagtige billeder bruges der i dette tilfælde et forholdsvis uskarpt billede som udgangspunkt for målingerne. Dette billede er så til gengæld yderst følsomt, hvad angår lysintensiteten og det farvespektrum, som stjernen udsender.

Billederne, som tages med MONS-teleskopet, gemmes i satellittens computer for senere at blive sendt ned til kontrolcentret på jorden.

projektet via Institut for Elektroniske Systemer, hvor vi bl.a. udvikler Rømers styresystemer, der skal få satellitten til at orientere sig nøjagtigt i forhold til de objekter, der skal observeres.

En teknologisk udfordring

Til trods for, at Rømer vil blive en del tungere end dens forgænger ØRSTED og på trods af, at den er på størrelse med en mindre vaskemaskine, er RØMER en små-satellit eller mikro-satellit. Dette skal ses i forhold til de mest gængse størrelser på satellitter, som typisk vejer flere tons. Hovedbestanddelen af satellitten vil være selve MONS-teleskopet, som skal bruges til at observere stjerner med (se boks).

Da Rømer skal fungere under meget barske betingelser, stilles der selvsagt mange krav til

satellittens konstruktion. Den skal eksempelvis kunne tåle rummets vakuum og de store temperaturforskelle, den vil blive udsat for. Når RØMER er på plads i sin bane vil solpanelerne være udsat for solens strålingsenergi og dermed blive varmet op til temperaturer omkring 80-90 grader celsius. Omvendt vil temperaturen på den side, som ligger i skyggen, komme ned omkring frysepunktet. Under disse barske temperaturforhold skal satellittens måleudstyr være isoleret og kunne udføre deres opgaver.

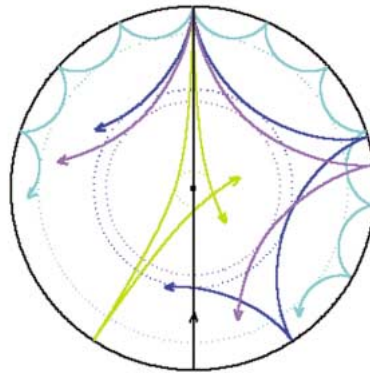
Et andet stort problem er den kraftige stråling, som satellitten vil blive udsat for udenfor jordens beskyttende atmosfære. Dette kan i de værste tilfælde medføre beskadigelse af satellittens elektroniske kompo-

Rømers videnskabelige mission

Stjernerne synger

Den romerske digter Scipio skrev i et af sine digte, at planeterne og stjernerne bevægelse måtte resultere i en vidunderlige musik; sfærerne musik. I dag ved vi, at der er stilhed i universet. Til trods for dette kan man alligevel sige, at stjernerne i universet i en vis forstand "synger", idet de alle svinger eller fluktuerer i lysstyrken.

På samme måde som jord-skælv, der opstår i vores planets indre og breder sig ud på jordoverfladen, findes der



såkladte stjerneskeelv hos stjerner. Sådanne er blevet observeret på vores egen stjerne, solen, gennem de seneste år, og derfor er man nu interesseret i at observere fænomener hos andre stjerner.

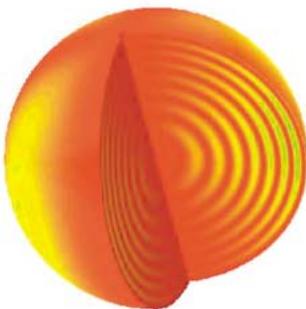
Stjerneskeelv frembringer lydbølger, der bevæger sig over stjernens overflade og gennem dens indre. Når disse bølger reflekteres fra overfladen og bevæger sig langs den, medfører det en forandring i stjernens overfladetemperatur og lysstyrke. Da dette forekommer med jævne mellemrum og med forskellige frekvenser siger man, at stjernen svinger eller oscillerer.

Ved at observere disse effekter på stjernen over et længere tidsrum, vil det være muligt at bestemme mønstret af lydbølgerne, som vandrer hen over og gennem stjernen. De effekter, der skal observeres er dog så beskedne (lysvariationer på nogle millionte dele og forandringer i overfladetemperaturen på få milligrader), at målingerne ikke kan foretages via teleskoper placeret på Jorden, hvor atmosfærens luftlag vil virke alt for forstyrrende. Det er derfor nødvendigt at placere teleskopet ude i rummet, og det er her Rømer-satelliten kommer ind i billedet.

Variationerne i stjernernes lysstyrke skal opsamles ved hjælp af nøjagtige langtids-observationer, der vil tage omkring 1 til 2 måneder for hver enkel stjerne (der skal undersøges 25 i alt).

Ud fra observationerne af dette komplekse svingningsmønster vil det være muligt at bestemme adskillige faktorer vedrørende stjernerne. F.eks. vil målingerne kunne give oplysninger om stjernernes rotationshastighed, temperatur, materiale og struktur.

Med lidt held vil man også ud fra målingerne kunne opdage fremmede solsystemer. Hvis der er planeter i omløb om en stjerne, vil dette kunne registreres som en aftagen af stjernens lysstyrke i tilfælde af, at en planet passerer foran denne. En sådan videnskabelig opdagelse vil dog i forhold til Rømers primære mission være en sidegevinst.



nenter med svigt til følge. For at undgå sådanne svigt under RØMERs observationer, vælges komponenter som er specielt kvalificeret til de høje strålingsdoser.

Strålingsforsøg på disse komponenter kan foretages på jorden ved hjælp af acceleratore, der frembringer højenergi-stråling, som de elektroniske komponenter udsættes for. En lignende forsøgsopstilling for strålingstests er for tiden under planlægning på Aarhus Universitet.

Rømer skal tænke selv

Satellitter som RØMER kan generelt betegnes som autonome intelligente systemer. Dette betyder, at satellitten skal kunne udføre visse opgaver selvstændigt og uden indflydelse fra menneskerne på jorden.

Som eksempel kan nævnes selve orienteringen af satellitten i rummet. Når RØMER sendes ud i rummet skal den selv kunne orientere sig rigtigt, og rette sine solceller mod solen og sit teleskop mod de objekter, den skal undersøge. For at muliggøre dette skal RØMER blandt andet forsynes med to stjernekameraer, som ved hjælp af stjernekonstellationer kan bestemme satellittens orientering i rummet. Da de stjerner, som skal observeres med satellittens teleskop, i sig selv er meget små objekter, og RØMER skal udføre meget nøjagtige observationer på disse, kræver dette et meget nøjagtigt styresystem.

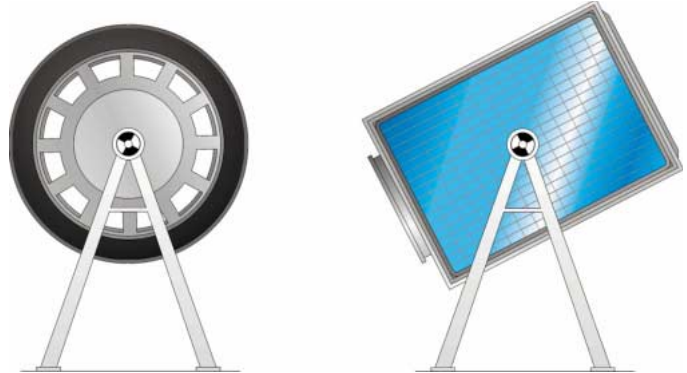
Til sammenligning svarer opgaven til at holde en almindelig kikkert præcist rettet mod et objekt på størrelse med en femogtyve-øre, som befinder sig i en afstand på over en kilometer fra kikkerten.

Dette indebærer, at styresystemet af sig selv skal kunne udligne al form for forstyrrelse, som vil forekomme, når satellitten bevæger sig i dens bane, og som kan få negativ indvirkning på satellittens nøjagtige orientering. Sådanne forstyrrelse kan f.eks. være fænomener som solvinde eller den varierende tiltrækningskraft fra jorden.



Et princip, der nemt kan efterlignes. Hvis en person sidder på en drejelig kontorstol med fødderne løftet op fra gulvet og begynder at bevæge en tung genstand hurtig i den ene retning, vil stolen med personen selv bevæge sig et stykke i den modsatte retning. Så snart personen bremser genstanden ned igen, vil kontorstolen (med personen) bevæge sig et stykke tilbage til startpositionen.

På et hjul sidder massemidtpunktet normalt i dets geometriske center. Derfor kan et hjul også spinde frit rundt, hvis dets center sættes op i et leje og sættes i rotation. Det vil kun bremses ned af gnidningen i dets leje. På lignende måde kan satellitten hænges op i et leje, så den frit kan rotere.



Fejlretning

Foruden den normale drift af RØMER under observationerne og kommunikation med kontrolcentret på – er der en anden vigtig faktor at tage hensyn til, nemlig forekomst af mulige fejl i udstyret eller svigt af styreenheder og sensorer.

Når RØMER først er placeret i sin bane omkring Jorden vil det naturligvis være umuligt manuelt at reparere eventuelle fejl, beskadigelser eller at udskifte komponenter, der er gået i stykker. Dette indebærer, at satellittens styresystemer skal være fejltolerante. Det vil sige, at satellitten først og fremmest må være i stand til selvstændigt at opdage en fejl og dernæst at isolere fejlen og kompensere for den.

I tilfældet af, at en af

sensorerne svigter vil styresystemet f.eks. slukke for denne komponent og skifte over til en anden sensor. Dette vil eventuelt medføre en reduktion i satellittens ydeevne, men det vil til gengæld forhindre et fuldstændigt driftsstop. Satellitten vil herefter "melde" fejlen til kontrolcentret på jorden.

Da der kan tænkes at opstå et utal af mulige fejl i en så kompleks maskine som en satellit, er selve udviklingen af styresystemerne tilsvarende kompliceret. Således må der i udviklingen tages hensyn til alle tænkelige fejl, hvilket er en stor udfordring for ingeniørerne.

Principperne for RØMERS styresystemer

På nuværende tidspunkt eksisterer RØMERS styresy-

stem endnu kun på tegnebrættet, men det adskiller sig væsentligt fra ØRSTEDS på grund af kravet til høj præcision, da MONS-teleskopet kræver en meget stor nøjagtighed.

Orienteringen af RØMER sker på baggrund af to grundlæggende fysiske principper. Det første princip udnytter jordens magnetfelt og elektriske spoler, der findes ombord på satellitten. Når spolerne aktiveres genererer satellitten et magnetfelt. Ved at ændre strømstyrken og strømretningen i en spole kan magnetfeltet i spolen bruges til at interagere med det naturlige magnetfelt, der findes omkring jorden. Da der bruges flere spoler, som er orienteret i forskellige retninger, er det således muligt at bevæge satellitten i tre dimensioner.



Det andet princip går ud på at bruge et svinghjul, som kan få satellitten til at dreje i rummet ved at accelerere nogle roterende vægte op eller bremse dem ned og derved bruge deres kinetiske energier. Dette kan sammenlignes med en person, der sidder på en drejelig kontorstol og som har fødderne løftet op fra gulvet. Hvis denne person holder en tung genstand i hænderne, som han hurtigt accelerere i den ene retning, så vil stolen og personen selv dreje i den modsatte retning. Effekten i dette tilfældet er dog begrænset, idet personen ikke kan bevæge hænderne med genstan-

den særlig langt rundt. Dette vil til gengæld være muligt med svinghjulene på RØMER.

Satellit-laboratoriet

Udviklingen af RØMERs styresystemer baseres på computersimuleringer af de fysiske betingelser i rummet. Ønsker man en fysisk simulering af satellittens bevægelse er dette kun muligt ved at bruge avancerede laboratorie-faciliteter. Et sådant laboratorie findes på Afdelingen for Proceskontrol ved Aalborg Universitet. I dette laboratorium kan man simulere nogle af de forhold, der findes ude i rummet, f.eks. vægtløshed og jordens magnetfelt.

De to bevægelsesmekanismer, de elektriske spoler og momenthjulene, og det styresystem, der skal styre og regulere disse, kan vi teste i dette satellit-laboratorium. Jordens magnetfelt simuleres ved hjælp af store spoler, der opstilles omkring satellitten.

Vægtløsheden bliver simuleret ved at balancere satellitten på et sfærisk leje. Dette indebærer, at satellitten skal ophænges i dette friktionsfrie leje, hvor

tyngdepunktet befinder sig i lejets omdrejningspunkt. Satellitten vil således være ophængt i lighed med et hjul, der kan spinde frit rundt. Forskellen er bare, at lejet er udformet som en stor kugle, så satellitten kan rotere omkring flere akser, til forskel fra et hjul, som kun roterer omkring een akse. På denne måde vil satellitten kunne dreje frit i enhver retning, hvilket svarer til en fri rotationsbevægelse i vægtløshed.

Endnu en brik i puslespillet

I det hele taget byder RØMER-projektet på mange interessante teknologiske udfordringer, hvor man må bevæge sig ud i teknikens grænseområder.

Og hvis alt går vel, vil RØMER-projektet komme til at levere videnskabelige data, der vil blive eftertragtet verden over – data, som vil hjælpe med til at sætte endnu en brik på plads i vores forståelse af universets store puslespil. RØMER vil dermed give os nye svar, men helt sikkert også stille nye spørgsmål om det gådefulde univers, vi omgives af. ☺

Om forfatteren



Elmo Schreder er civilingeniør-studerende på 8. sem. Institut for Elektroniske Systemer, afd. for Proceskontrol Aalborg Universitet Frederik Bajers Vej 7 9220 Aalborg Øst

*E-post: sch00@control.auc.dk
www.control.auc.dk/~esch00/*

*Yderlige oplysninger:
www.control.auc.dk/roemer/
www.rummet.dk/roemer/
<http://astro.ifa.au.dk/MONS/>*