# Bild 1 - Introduktion

För er som inte känner mig, jag heter Adam Richert och har tillsammans med Daniel Haverås arbetat på projekt B1. ”Fysisk realtidsmodellering av ett reglerbart vindkraftverk”. Vad titeln säger är i princip att det ska skapas en modell av ett vindkraftverk, inte svårare än så.

# Bild 2 - Bakgrund

Det vi har gjort är just det, skapat en fysisk modell som arbetar i realtid. Nu kanske ni förväntar er en miniatyrmodell av ett vindkraftverk som snurrar och producerar el, men så kul har vi tyvärr inte haft det. Utan det vi har konstruerat fungerar som en ”black box” (KLICK). Målet var alltså att skapa en sådan vindkraftsmodul som har en reglerbar vindhastighet som insignal (KLICK) och matar ut effekten (KLICK) som ett verkligt vindkraftverk skulle ge vid denna hastighet. Både vindhastigheten och effekten representeras av siffror på en skärm, så ingen riktig vind är inblandad.

Frågan är då varför vi vill göra något som inte ens kan snurra? (KLICK)

Jo, poängen är att man ska kunna använda den för att simulera verkligheten. Om vi tar Sveriges elnät som exempel så vill man ju kunna förutspå vad som skulle hända om vi bestämde oss för att stänga ner alla kärnkraftverk. Hur många nya energikällor kommer behövas? Var är bästa placeringen för att minimera energiförlusten vid eltransporten? Det är där våra modeller och simuleringar kommer in. Vårt jobb är att förutspå framtiden.

# Bild 3 - Teori

Men om vi tar det här ett steg i taget så måste vi först veta vad det är vi ska modellera. Vi valde ett helt neutralt kommersiellt vindkraftverk som heter (KLICK) E-44 från företaget Enercon. E-44 har en märkeffekt på 900 kW och når den effekten vid vindhastigheten 16 m/s som ni kan se i denna graf (KLICK). Vid högre vindhastigheter planar kurvan dock ut. Det beror på att rotorbladen på vindkraftverket vinklas och fångar upp mindre vind för att inte ta skada av de starka vindarna. Här uppe vid 30 m/s, vilket motsvarar svår storm, har vindkraftverket en automatisk säkerhetsmekanism som stänger av det helt. Det är alltså den här kurvan vi vill att vår vindkraftsmodul ska följa.

# Bild 4 - Metod

Hur skapar vi då en sådan modell? Vi valde att använda oss av (KLICK) Simulink från MathWorks som är ett grafiskt påbyggnadsprogram till MATLAB för att just skapa modeller och simulera system. För er som aldrig använt Simulink förut är det ett grafiskt programmeringsspråk där man tar funktioner i form av block och kopplar ihop dem. Vissa block är väldigt grundläggande som addition, subtraktion eller multiplikation, medan andra är sammansatta till större block. Det blocket vi valde att utgå ifrån var en färdig vindturbin av sorten dubbelmatad induktionsgenerator (KLICK).

Som ni kan se här har den två insignaler ”wind” och ”trip”. Det är vid ”wind” som vindhastigheten matas in och ”trip” fungerar som en sorts strömbrytare till hela blocket, om man sätter den till 1 så blir utsignalen 0. Vid A, B och C kopplas blocket till en trefas spänningskälla vilket beror på att en induktionsgenerator konsumerar reaktiv effekt. Vi valde dock att fokusera på endast den aktiva effekten i detta projekt.

För att få vår effektkurva att följa den för Enercon E-44 krävdes det en hel del tester av vilka parametrar som är rimliga att använda i det här blocket. Dessutom valde vi att modifiera insignalen (KLICK).

Om vi tar upp effektkurvan för E-44 (KLICK) så ser vi att effekten är konstant över 16 m/s. Detta kan erhållas med ett block för mättnad (KLICK). Om ett tal över 16 kommer in sätts det till 16, vilket innebär att vindturbinen tror att vindhastigheten är 16 m/s. Sedan ville vi att uteffekten skulle bli 0 W för vindhastigheter över 30 m/s, vilket enkelt implementeras med hjälp av en komparator. (KLICK) Blocket kommer då sätta trip-signalen till 1 för VIND större eller lika med 30, vilket ger utsignalen 0. (KLICK) 25 kV trefaskälla med transformator ner till 575 V sattes som elförsörjning till vindkraftverket. (KLICK) Utsignalen blir sedan den aktiva effekten, men som kan ses här på bilden valde vi att visa även den reaktiva effekten för att se till att den är negativ, dvs. vindkraftverket konsumerar reaktiv effekt.

När vi nu har en redo modell som ger oss de värden vi vill ha måste vi välja en hårdvara att implementera den i. Till det valde vi den Linuxbaserade hårdvaruplattformen Raspberry Pi. (KLICK)

Tyvärr kan en modell i Simulink inte köras direkt på en Raspberry Pi så först var vi tvungna att konvertera den till C-kod med hjälp av Simulinks inbyggda verktyg för detta. Det kanske låter enkelt att det bara är att trycka på en knapp, men en hel del C-programmering var tvungen att göras för att sätta ihop all genererad kod och få den att utföra beräkningarna i realtid.

# Bild 5 - Fysisk modell

Vi har vår färdiga Simulinkmodell på en Raspberry Pi, (KLICK) nästa steg är då att konstruera en insignal och göra något lämpligt med utsignalen. Vi hittade en vridpotentiometer (KLICK) som verkade lämplig, men problemet var då att Raspberry Pi inte kan ta in analoga signaler, utan bara digitala. Så med lite mer kodande fixade vi en A/D-omvandlare (KLICK) på mikrokontrollern Arduino UNO, till vilken vi dessutom programmerade en sjusegmentsdisplay (KLICK) som visar vindhastigheten reglerad av potentiometern. Kopplas allt ihop (KLICK) och en monitor kopplas för att visa den beräknade aktiva effekten (KLICK) så är vi klara. Så här blev resultatet.

# Bild 6 - Resultat

Den ser ju jättefin ut, men den stora frågan är om vindkraftsmodulen ger rätt effekt vid given vindhastighet. (KLICK) Vi vred på potentiometern och inväntade ett steady-state värde, vilket erhölls efter ca 30 sekunder. Om vi tar fram effektkurvan för Enercon E-44 igen (KLICK) och i samma graf plottar värdena vi fick vid testet (KLICK) ser vi att de stämmer ganska bra överens. Även realtidstester utfördes med resultatet att den fysiska vindkraftsmodulen bara är 0,3% för långsam i sina beräkningar, vilket vi är väldigt nöjda med.

# Bild 7 - Diskussion

En fråga som vi ställde oss själva är om modellen vi har skapat är (KLICK) kostnadseffektiv. Och svaret är nej, inte direkt (KLICK). Anledningen till detta är att vi valde komponenter för att ha möjligheten att skicka resultatet av simuleringarna ut på ett lokalt nätverk så det kan användas av andra komponenter i nätverket. Det skulle innebära att vår modell skulle kunna användas som en del av en större modell. Till exempel modellen av ett elnät i en mindre stad som skapades förra året. Den modellen ser ut så här (KLICK).

Längst ner i vänsterhörnet här ser vi några vindkraftverk. I nuläget sätter man bara in värden för effekter i deras modell, men med hjälp av vår modell (KLICK) så skulle då den totala modellen bli mer verklighetstrogen. Man bara vrider lite här (KLICK) och vi får ett värde som skickas till modellen. Vi vrider lite till (KLICK) och ett nytt värde simuleras.

# Bild 8 - Sammanfattning

För att sammanfatta det hela har vi alltså lyckats med vår uppgift. (KLICK) Vi ville göra en modell av ett verkligt vindkraftverk med reglerbar vindhastighet som insignal och som beräknar den aktiva effekten i realtid. (KLICK) Vi valde att implementera en Simulinkmodell på en Raspberry Pi och använda en Arduino som A/D-omvandlare av insignalen som kommer från en vridpotentiometer. (KLICK) Vindkraftsmodulens effektkurva beroende av vindhastigheten stämde väl överens med den för ett verkligt vindkraftverk och beräkningarna var endast 0,3% från realtid. (KLICK) Med mindre modifieringar kan även modellen bli en del av ett större system där den tillsammans med andra modeller kan hjälpa att förutspå och förebygga problem i det verkliga elnätet.