

# Tentamen i Fysik för I 111017

Alla hjälpmedel utom sådana som innebär kontakt med andra levande varelser är tillåtna. Uppgifterna är *inte ordnade i svårighetsgrad. Tänk på att även en ansats på ett tal kan ge delpoäng.*

3,0p på A-delen erfordras för godkänt = betyg D.

För högre betyg fordras dessutom poäng på B-delen

Temat är laserstyrning av vindkraftverk

[http://www.nyteknik.se/nyheter/energi\\_miljo/vindkraft/article3283605.ece](http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/vindkraft/article3283605.ece)

Utvecklingsbolaget Windvector i Göteborg utvecklar en laserbaserad teknik för att analysera vinden innan den når fram till vindsnurrar. På så vis kan man vrida vindkraftverket i optimalt läge för att öka verkningsgraden. Man kan dessutom vinkla bladen vid plötsliga vindkast för att minska risken för haveri. Nu har företaget fått sin första order; Svenskt vindkraftstekniskt centrum på Chalmers tekniska högskola startar tester med tekniken i mitten av nästa år. – Projektet är oerhört viktig för oss. Nu kan vi visa att tekniken gör den nytta vi har sagt, säger Stellan Wickström som är en av fyra medgrundare i bolaget. I dagens vindkraftverk används ofta så kallade anemometrar, som mäter vinden vid eller bakom snurrar. Windvectors lasersystem, som sitter i snurrans topp, fokuserar i stället några hundra meter framför rotorbladen. Där reflekteras strålarna av partiklar i vinden och ändrar våglängd tack vare dopplereffekten. Genom att analysera ljuset kan man få noggranna besked om vindens hastighet, riktning och turbulens. Det gör att man kan hinna anpassa bladens vinkel innan vinden når fram.

A1

Texten ovan är lite missvisande eftersom man inte fokuserar laserstrålen på "några hundra meter framför rotorbladen" utan snarare väljer att låta sin detektor titta enbart på strålen på minst 200 m avstånd. Detta kan i sin tur göras på (minst) två olika sätt:

Man kan göra detektorn okänslig under de första 1,33  $\mu\text{s}$  efter det att laserpulsen sänts iväg.

Eller

Man kan göra ett linssystem som är så smalvinkligt att laserstrålen inte kommer in i synfältet för detektorn förrän på 200 m avstånd. För att göra detta behövs ett objektiv framför detektorn. Vilken fokallängd behövs om man vill ha en synvinkel på  $\pm 0,080$  mrad om detektorn är 1,60 mm x 1,60 mm?

A2

Linssystemet behöver naturligtvis AR-behandlas för att förbättra ljusekonomin. Detta görs med en enkelskiktbeläggning optimerad för laservåglängden 930 nm. Kommer denna beläggning att fungera som AR-beläggning även för någon annan våglängd? Vilken/vilka?

A3

I torr väderlek blir vindsnurrornas blad ofta statistiskt laddade. Antag (lite orealistiskt) att bladet är en rektangel med sidorna 190 mm resp 2100 mm och tjocklek 20 mm. Den totala laddningen 7,2  $\mu\text{C}$  är jämt fördelad över ytan. Uppskatta (= bättre noggrannhet än 20%) hur stort fältet blir 100 m från bladets ände i längsriktningen på bladet.

OBS att approximationerna nog kan bli olika i denna uppgift och i B2

A4

Rotationshastigheten kan mätas mycket exakt med en induktiv givare kopplad till propellern. Den består av en kort spole med diameter 3,0 cm som roterar inuti en lång spole med diameter 4,0 cm och längd 12 cm. Bägge spolarna har 500 varv. Ingen har järnkärna. Beräkna ömsesidiga induktansen mellan dem som funktion av korta spolens vridningsvinkel.

A5

Alla vindkraftverk avger ljud som en del upplever som störande. Värst är kanske i detta avseende infraljud med frekvenser runt 10 Hz. Vilken förskjutningsamplitud får man i dem om intensiteten är 10  $\text{mW/m}^2$ ?

B1

Ett uttryck för intensitet är

$$I = I_0 \exp\left(-\left(\frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot t - z}{3,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}}\right)^2\right) \text{ där } t \text{ är tiden och } z \text{ avståndet från lasern.}$$

Hur långvarig är pulsen? Definiera det mått du använder.

B2

I torr väderlek blir vindsnurrornas blad ofta statistiskt laddade. Antag (lite orealistiskt) att bladet är en rektangel med sidorna 190 mm resp 2100 mm och tjocklek 20 mm. Den totala laddningen 7,2  $\mu\text{C}$  är jämt fördelad över ytan. Uppskatta hur stort fältet blir 1,0 m från bladets ände i längsriktningen på bladet.

B3

För att få optimal upplösning vill man fokusera (den parallella) laserstrålen, på 200 m avstånd.

För att göra detta används två linser. Den ena har fokallängd 20 mm och den andra fokallängd -10 mm.

På vilket avstånd från varandra ska dessa placeras?