

Unisystems viktindikator U2375 har en tvåaxlig lutningsgivare, med vilken man kan kompensera lutningar hos en våg upptill  $\pm 16\%$ . Tillsammans med övriga indikatorer i serien har U2375 ett generellt EU-typgodkännande, FI98.1.02 Revision 1, enligt direktivet 90/384/EEC, för användning upptill 16% lutning i två axlar och 4000 skaldelar. Tyvärr gäller detta godkännande enligt WELMEC 2.4 tillsvidare ej fordon, utan måste kompletteras med tex lutningsmätning. En hel del test kan dock uteslutas för att få ett typgodkännande (TAC) på fordonsvågen.

Nedanstående resonemang kräver vissa förkunskaper om de trigonometriska funktionerna. Här är några formler ned anknötning till problemet:

$$\cos x = 1 - x^2/2! + x^4/4! - \dots \quad (1)$$

$$\sin x = x - x^3/3! + x^5/5! - \dots \quad \text{där } n! = n(n-1)(n-2)\dots \cdot 2 \cdot 1 \quad (2)$$

$$\cos a + \cos b = 2 \cdot \cos(a+b)/2 \cdot \cos(a-b)/2. \quad (3)$$

Lastcellen är den elektromekaniska komponent, som omvandlar kraft till elektrisk signal.

Signalen vid flera lika lastceller är summan av deras utgångsströmmar, dvs utgångsspänning/utgångsresistans, som alltså skall matchas. I nedanstående resonemang antagit att utgångssignalen normerad till 1 och vid flera lastceller är alla lika.

För en ideell lastcell varierar utsignalen med cosinus för lutningsvinkeln  $x$  hos lastcellen relativt tyngdkraften. När  $x$  är  $90^\circ$  är signalen alltså noll. I praktiken, även utan last, finns dock en konstant nollsignal, som kan läsas av på indikatorn. Denna skall ej vinkelkompenseras och måste matas in vid kalibreringen av vågen i kalibreringssteg 30. Om signalen är för låg, måste man lägga in ett höghmigt motstånd mellan + matning och + signal.

Lastcellen kan pga montering ha en liten vinkelavvikelse, som även kan bero på inre avvikelser. Då varierar utsignalen som  $\cos(x+a)$ . Om man nu vrider lastcellen  $90^\circ$  (men inte kraften), erhålles signalen  $\cos(x+a-90^\circ) = \sin(x+a)$ . Den är liten, ändrar tecken vid  $x=-a$  och är alltså lastcellens känslighet för sidbelastning.

Om man monterar 2 lastceller, med små vinkelavvikelser  $a_1$  och  $a_2$  erhålles ur (3) signalen:

$$2 \cdot \cos(x + (a_1 + a_2)/2) \cdot \cos(a_1 - a_2)/2. \quad \text{Den sista termen är konstant och tas hänsyn till vid kalibrering. Den kan därför sättas till 1.}$$

Om man monterar  $n$  lastceller, med små vinkelavvikelser  $a_1, a_2, \dots, \text{resp. } a_n$ , erhålles signalen:

$$\cos(x+a_1) + \cos(x+a_2) + \dots + \cos(x+a_n) \quad \text{eller approximativt: } n \cdot \cos(x + (a_1+a_2+\dots+a_n)/n) \quad (4)$$

dvs totala vinkelfelet blir ett medelvärde och alltså litet.

Med en liten vinkelskillnad på  $b$  mellan lastcell(er) och lutningsgivare blir vinkelskillnaden:  $a + b = c$ .

Indikatorn beräknar:  $\text{Vikt} \cdot \cos(x+c)$ , som skall vara konstant för  $x$  inom givna felgränser. Men:

$$\cos(x+c) = \cos x \cdot \cos c - \sin x \cdot \sin c. \quad (5)$$

$\cos x$  beräknas av lutningskompenseringsprogrammet i indikatorn.

$\cos c$  kompenseras i den vanliga kalibreringen, Cs23 till 25.

$\sin x$  är ungeför lika med  $x$ , som används vid kompenseringen i Cs30 och 31.

$\sin c$  kan läggas till i Cs30 respektive 31. Det uppmäts lämpligen vid 80 till 90% av max lutning och beräknas ur motsvarande AD-värde och vinkel i Cs30 och 31.

För att klara vinkelkompensering upptill 16% vid 4000 skaldelar, måste man vara synnerligen noggrann vid såväl upprikning av komponenter samt kalibrering. I stället bör man föreslå mindre lutning och/eller en flerområdesvåg tex med 2000 skaldelar, vilket betydligt minskar problemen. Nedan följer en tabell över de korrekationer i skaldelar, som skall göras vid 4000 skaldelar. Korrektionen för  $\cos x$  görs automatiskt. Korrektionen för  $c$  måste matas in i Cs31 och 32 när kalibrering i övrigt är klar.  $c = 1^\circ$  har tagits som exempel.

Lutning.	$\cos x$	$c=1^\circ$
15%	45,3	10,6
10%	20,1	7,0
5%	5,0	3,5

Högt  $c$  ökar avsevärt korrektionen. Man bör då försöka göra mekaniska justeringar.

Om  $c$  ger ett osymmetriskt fel, tex -6 och + 10 skaldelar, innebär det att  $\cos x$  beräkningen är felaktig med 2 skaldelar. Troligen har då kalibreringssteg 30 fel värde. Annars har den analoga kalibreringen i lutningsgivaren ändrats. Man får inte justera lutningsgivarens utsignal, utan att vara helt säker på funktionen.

Beräknande storleken på max lutning föreskrivs i gällande standard 5%. WELMEC gruppen har i dokumentet Wellmec 2, utgåva 3, punkt 3.1.13, rekommenderat 10%. 16% torde klara alla praktiska lutningar, även om man kanske kan finna lutningar över 20%, så stannar man knappast där och väger. I praktiken borde kraven ställas större längs med fordonet (tipp) en tvärs (roll). Beräkningsmässigt klarar U2375 max lutning i båda riktningarna, men tolkningen måste vara att max lutning aldrig överskrider i någon riktning tex vid totalt 16% ca 11% i vardera riktningen.

Kalibrering då nollvärdet ADZ i Cs30 ej är känt.

Antag:

Inlagt värde i Cs30 är  $AD_{ZN}$ , (Default 29000).

I t.ex Cs 31 (Pitch dvs tipp) mäter man AD värdena:  $AD_-$ ,  $AD_0$  och  $AD_+$  för vinklarna  $\alpha_-$ , 0 resp.  $\alpha_+$ . Vinklarna bör vara minst 80% av max. För enkel beräkning enligt nedanstående formel måste absolutvärdet av vinklarna vara så lika som möjligt.

$$ADZ = AD_{ZN} + 2((AD_- + AD_+)/2 - AD_0)/(\pi(\alpha_+ - \alpha_-)/360)^2 \quad (1)$$

$$Q_p = (AD_- - AD_+)10^6/((AD_0 - ADZ)(\alpha_+ - \alpha_-)) \quad (2)$$

Exempel:

$$AD_{ZN} = 29000$$

$$AD_- = 649005$$

$$AD_0 = 650000$$

$$AD_+ = 651405$$

$$\alpha_- = -7,97$$

$$\alpha_+ = 8,05$$

Från (1)

$$ADZ = 29000 + ((649005 + 651405)/2 - 650000)/(\pi(7,97 + 8,05)/360)^2 = 49978$$

Från (2)

$$Q_p = (649005 - 651405)10^6/((650000 - 49978)(8,05 + 7,97)) = -250$$