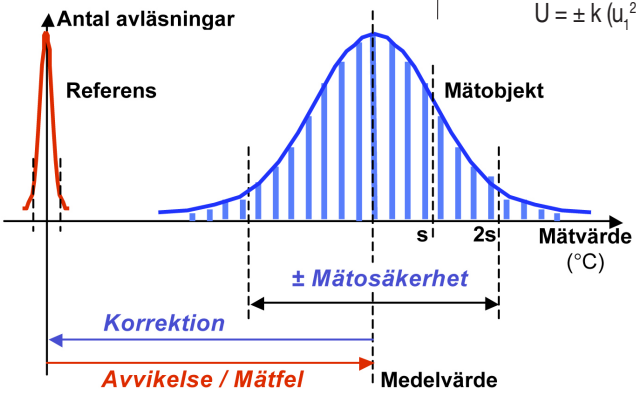
Grundläggande om kalibrering

(1) Mätfel och mätosäkerhet

Pentronic håller sedan 1991 regelbundna kurser i temperaturmätning och -kalibrering. Vi ser att många fler skulle behöva kunskap om vad kalibrering egentligen innebär och hur resultat ska tolkas. Under våren erbjuder vi läsarna möjlighet att förkovra sig i ämnet.

Kalibrering innebär att ett mätdon jämförs med en känd normal och är en uppmätning av donets avvikelse vid en viss tidpunkt och under vissa specificerade betingelser. Om kalibreringen utförs korrekt kan den som behöver processmätvärden lita på dessa inom ramen för beräknad mätosäkerhet. Kvalitetsstandarden ISO 9000 kräver spårbarhet till nationella normaler, som i praktiken ges via ackrediterade kalibreringslaboratorier.



Figur 1. Principiellt histogram över en kalibrering där staplarna visar hur många gånger ett och samma mätvärde förekommit. Korrektionsterm och mätosäkerhet ska redovisas för att kalibreringen ska vara fullständig och uppfylla kraven i kvalitetsstandarder som ISO 9000.

Mätningar sprider

Histogrammet i figur 1 visar en kalibrering där åtskilliga mätvärden registrerats med den upplösning som objektet har och stapelavståndet anger. Statistisk teori säger att redan vid 10 - 20 mätvärden får man en fördelning som nära ansluter till en s k normalfördelningskurva. Skillnaden mellan medelvärdet och referensvärdet utgör mätfelet eller avvikelsen från det ”sanna” värde som referensen representerar genom sin spårbarhet till ackrediterat labb. Med omvänt tecken utgör avvikelsen en korrektionsterm. Genom att addera korrektonstermen till objektets medelvärde, kan man justera det till att visa ”sanna värdet”. Man får inte glömma att korrektionstermen rymmer en mätosäkerhet grundad på vår oförmåga att mäta perfekt beroende av drift, digital upplösning, spridningen i mätvärden m m.

Total mätosäkerhet

Totala mätosäkerheten (U) består förenklat av ett antal delosäkerheter (u) som uttrycks som standardavvikelser och som man adderar kvadratiskt och sedan drar roten ur och multiplicerar med en täckningsfaktor (k). Se ekvation (1) samt [ref 1].

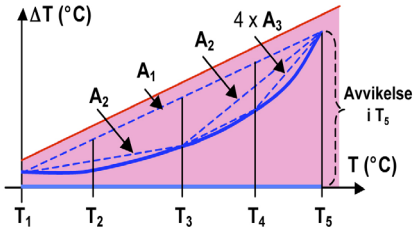
$$U = \pm k\,(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \ldots)^{1/2} \qquad (1)$$

Summan blir normalfördelad med standardavvikelsen s som i figur 1 och man har bestämt att sätta täckningsfaktorn k=2 vilket ger den sammanlagda mätosäkerheten storleken 2s, d v s ca 95% av utfallen. 1s innebär ca 68% av alla utfall medan 3s betyder ca 99%. 1s blir för litet och 3s blir för mycket - ett ”worst case” som överdriver mätosäkerheten. Man kan säga att om alla delosäkerheterna har uppskattats aningen pessimistiskt, dvs ”avrundats” uppåt, får man tillräcklig säkerhetsmarginal för att mätosäkerheten med 95% sannolikhet ligger inom det beräknade värdet.

Kalibrera i kritiska punkter

Kalibrering i en enstaka temperaturpunkt lämnar besked om korrektion och mätosäkerhet endast i omedelbar närhet av punkten. För att säkra ett intervall kan det räcka med två punkter. Flera kalibreringspunkter mellan de yttersta värdena ökar säkerheten men kostar tid och pengar som måste vägas mot behovet av säkerhet. Det är inte tillåtet att utnyttja kalibreringspunkter i ett intervalls ytterändar för att få spårbarhet utanför intervallet, s k extrapolering. I figur 2 får man alltså inte dra slutsatser om avvikelser under T_1 eller över T_5. Strävan bör vara att kalibrera i de temperaturer som är mest kritiska för mätsystemet och där man vill kunna enkelt bevisa vad som gäller.

I praktiken gäller att Pt100 av god kvalitet i låg temperatur kan ge riktigt små mätosäkerheter, medan termoelement i höga temperaturer ger större värden.



Figur 2. Positiva toleransen för en fiktiv givare är inom det rosa området. Avvikelserna är relaterade till normkurvan (x-axeln). Här ger kalibrering i punkterna T_1 och T_5 approximationen A_1 och stora avvikelser vid T_3 vid linjärinterpolation. Kalibrerar man även i T_3 minskar avvikelsen genom interpolationer enligt A_2-linjerna. Ytterligare kalibrering i T_2 och T_4 ger de fyra A_3-approximationerna som ger bäst anpassning. Glöm inte att alla avvikelser är behäftade med en mätosäkerhet, se figur 1.

Inkludera mätosäkerheten

Ibland använder företagslabb och underhållsavdelningar inte mätosäkerhetskalkylering, utan nöjer sig med att konstatera att mätdonen ger en utsignal som ligger inom ett föreskrivet intervall. Så kan man göra bara om man använder mätosäkerhetsberäkningar för att fastställa intervallens storlek. I figur 1 betyder det intervallet från referens till markeringen 2s, två standardavvikelser. Mätosäkerhetens betydelse blir naturligtvis större med minskande storlek på avvikelsen. [ref 2]

REFERENSER: Se www.pentronic.se > Kundtidningen > Stopextra - arkiv:
[1] StoPextra 2003-2 & 2003-1, båda sida 4.
[2] StoPextra 2005-2 & 2003-3, båda sida 4.

Har du synpunkter eller frågor kontakta Hans Wenegård: hans.wenegard@pentronic.se