

TIDSKONSTANT

FRÅGA: Jag har i olika sammanhang träffat på tidskonstanten τ . Vad betyder den och när kan man använda den?

Johan H

SVAR: Tidskonstanten är ett mått på hur snabbt en parameter i ett system ändras med tiden. I ett elektriskt system kan spänningen vara en sådan parameter och i ett termodynamiskt system kan det vara temperaturen. Ursprungligen var förutsättningen för begreppet tidskonstant att systemets ändring med tiden skulle styras av en första ordningens ordinär differentialekvation, men begreppet används numera även i andra sammanhang. En RC-krets, där en kondensator C laddas ur genom ett elektriskt motstånd R, är ett exempel på ett system, där spänningens tidsvariation följer en första ordningens differentialekvation. Om spänningen var V_0 volt från början så ändras spänningen, V volt, vid urladdning enligt sambandet.

$$V = V_0 e^{-t/(RC)}$$

där, t är tiden i sekunder, R resistansen i ohm och C kondensatorns kapacitans i Farad. Den tid som det tar för spänningen att sjunka från V_0 till $V_0 e^{-1} = 0.37V_0$ (dvs 37 %

av V_0) kallas tidskonstanten τ och den anges normalt i sekunder. I detta fall gäller $\tau = RC$.

Om man försummar temperaturdifferensen inom ett manteltermoelement som sitter i en mätkrets och betraktar termoelementet som en "klump" med temperaturen $T(t)$ styrs avsvälningen av en första ordningens ordinär differentialekvation. (Ref 1) Om temperaturen i termoelementets omgivning ändras stegvis från begynnelsestemperaturen T_0 °C till omgivningstemperaturen T_{omg} °C ($T_{omg} < T_0$) ändras termoelementets temperatur, $T(t)$ °C, enligt sambandet

$$(T(t) - T_{omg}) / (T_0 - T_{omg}) = e^{-t(hA)/(c\rho V)}$$

där, h är värmeövergångskoefficienten i $W/(m^2K)$, A termoelementets värmeöverförande yta i m^2 , t tiden i s, ρ densiteten i kg/m^3 , c specifika värmekapaciteten i $(Ws)/(kgK)$ och V volymen i m^3 . Kondensatorns kapacitans C i RC-kretsen motsvaras av (ρcV) och resistansen R av $1/(hA)$. Eftersom manteltermoelementet innehåller olika material är storheterna ρ och c medelvärden. Tidskonstanten τ blir i termoelementfallet

$$\tau = (c\rho V)/(hA).$$

Storheten $(c\rho V)$, där (ρV) är termoelementets massa, är ett mått på termoelementets förmåga att lagra

FRÅGA ? SVAR

De frågor vi tar upp här ska ha allmänt mättekniskt och/eller värmetekniskt intresse.

energi. Ju större specifik värmekapacitet och ju större massa desto större lagringskapacitet har termoelementet – tidskonstanten ökar. Storheten $1/(hA)$ är ett mått på värmemotståndet. Ju mindre värde på produkten (hA) desto större värmemotstånd och därmed tar det längre tid att ändra termoelementets temperatur – tidskonstanten ökar.

Det finns emellertid en väsentlig skillnad mellan RC-kretsen och termoelementet. RC-kretsen har alltid en konstant tidskonstant, $\tau = RC$, oavsett om den är inkopplad i ett elektriskt nät eller om den ligger "på hyllan". Termoelementets tidskonstant varierar däremot och den beror av värmeflödet till eller från termoelementet, vilket här karakteriseras av storheten (hA) , dvs produkten av värmeövergångskoefficienten och den värmeöverförande arean.

Ref 1: www.pentronic.se > Nyheter > Teknikartiklar > Repetitionskurs i värmeöverföring > Dynamiska mätfel (8 och 9)

Har du synpunkter eller frågor kontakta professor Dan Loyd på LiU, dan.loyd@liu.se