



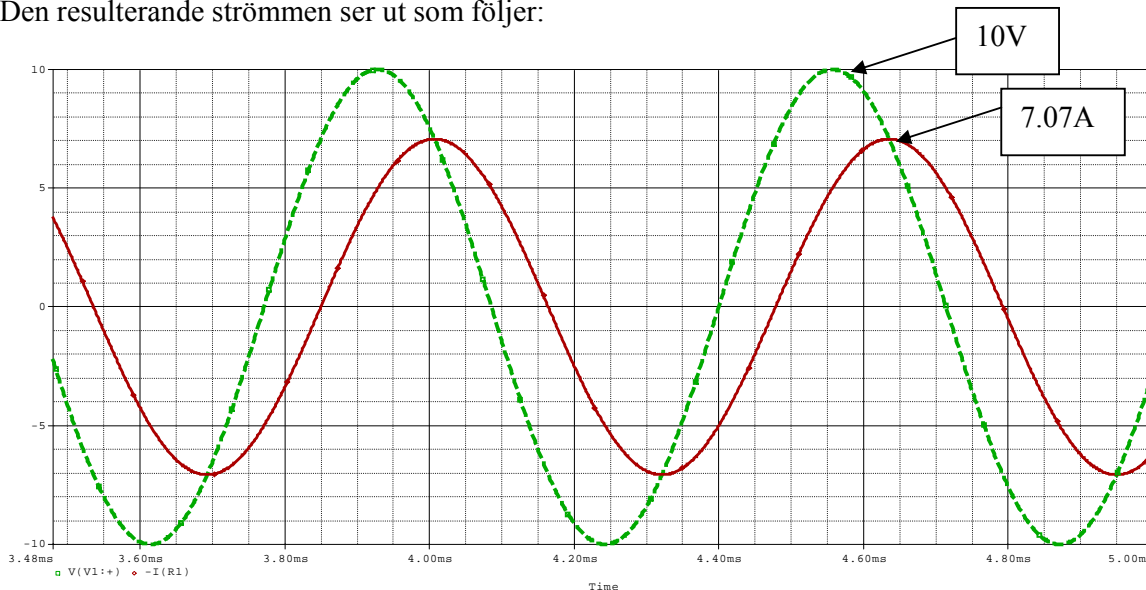
Lösningsförslag

1a. Du blir ombedd att bygga en spole, att användas enligt uppgifterna nedan. I specifikationen för spolen står det ”med hänsyn till en hållbar utveckling måste en avvägning göras mellan en kraftigare järnkärna och kraftigare kopparledning i lindningarna”. Gör den avvägningen. Svaret måste givetvis motiveras väl. (6 p)

Svaret **ska** innehålla fördelar respektive nackdelar med kopparledningar respektive järnkärna vid byggande av spole, för de rent elektriska egenskaperna hos spolen. Miljömässiga fördelar och nackdelar med de två materialen **ska** vara med i deras färdiga form (järnkärna, kopparledning). Ekonomiska aspekter på järn och koppar kan vara med. Man kan ta med även miljöaspekter vid utvinning och förädling av metallerna. Med lämpliga antaganden kan även en bedömning göras av de sociala förhållanden som råder vid brytningen och förädlingen. Tranporter brukar också komma med.

1b. Spolen ni tillverkar har induktansen $100\mu\text{H}$. Ni kopplar denna i serie med en resistans med resistansen $1\ \Omega$ och ansluter er krets till en spänningskälla som ger ut en sinusformat spänning med RMS-värde 7.1V (toppvärdet på sinusvågen är 10V) och med frekvensen 1591Hz . Beräkna den resulterande strömmen, rita den tillsammans med den matande spänningen och ange tydligt amplituder samt tidpunkt för nollgenomgång. Visa kurvformerna för en period (8p)

Den resulterande strömmen ser ut som följer:



$$I_{\text{peak}} = \frac{10\text{V}}{1\Omega + j \cdot 1591\text{Hz} \cdot 2\pi \cdot 100\mu\text{H}} = 7.07\text{A} \angle -45^\circ$$

Eftersom vi har en induktiv last kommer strömmen efter spänningen (induktansen är strömtrög).

1c. Nu ändrar ni till en fyrkantsspänning (0-10V) istället och sänker då frekvensen till 1Hz. Beräkna hur strömkurvformen ser ut. Ange viktiga tidpunkter samt storlek på strömmen. (8p)

Genom att studera kretsen och tillämpa Kirchoffs spänningslag (maskanalys) fås följande uttryck:

$$-v_{in} + Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i = \frac{v_{in}}{L}$$



Lösningsförslag

Genom att multiplicera båda sidor med den integrerande faktorn $e^{-\frac{t}{\tau}}$ fås:

$$\frac{di}{dt} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{R}{L} i e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{v_m}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow \frac{d}{dt} (i e^{-\frac{t}{\tau}}) - \frac{v_m}{L} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Integration av båda sidor ger:

$$\int \frac{d}{dt} (i e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{v_m}{L} \int_0^t e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow i e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{v_m}{L} \left[\frac{L}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \right]_0^t = \frac{v_m}{R} (e^{-\frac{t}{\tau}} - 1)$$

Om den önskade storheten (strömmen $i(t)$) löses ut fås det slutliga uttrycket:

$$i e^{-\frac{t}{\tau}} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{v_m}{R} (e^{-\frac{t}{\tau}} - 1) e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow i(t) = \frac{v_m}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

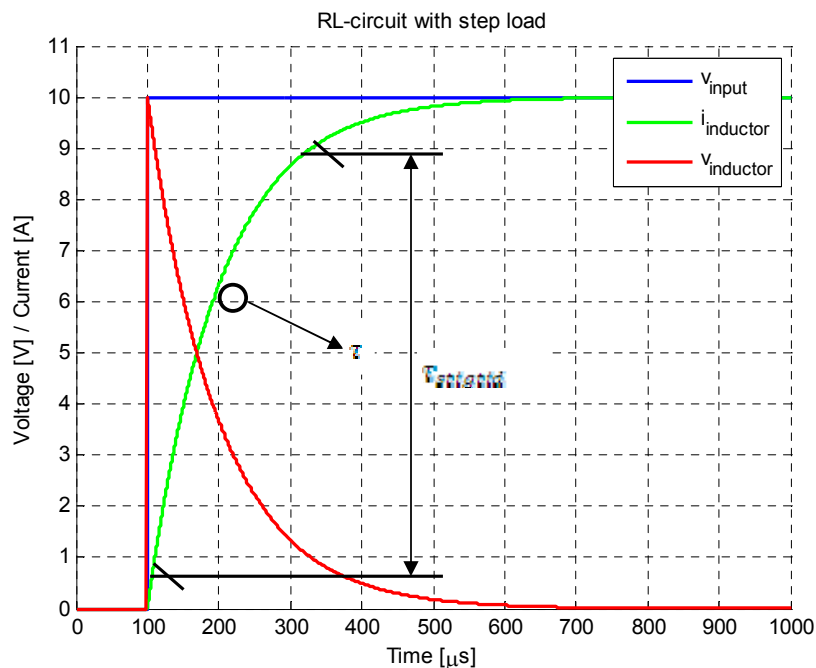
Spänningen över en induktans definieras som:

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

Om det tidigare härledda uttrycket för strömmen sätts in fås det slutliga uttrycket för spänningen över induktansen:

$$v_L = L \frac{d}{dt} \left(\frac{v_m}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \right) = \frac{v_m L R}{R L} e^{-\frac{t}{\tau}} = v_m e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Om ovanstående ekvationer plottas i Matlab får följande resultat:





Lösningsförslag

1d. Vilken är kretsens tidskonstant? Vad är bandbredden? (4 p)

Tidskonstanten, vanligtvis benämnt med τ , för ett system beskriver hur frekvenssvaret för ett första ordningens system ser ut. För ett elektriskt system såsom en RL-krets och RC-krets beskriver tidskonstanten den tid det tar för systemets stegsvar att nå 63% av det slutgiltiga värdet. Ett första ordningens system definieras av en exponentiell tillväxt/avtagande med en viss tidskonstant. För ovanstående system kan strömmens tillväxt tecknas som

$$i = \frac{V_{in}}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Där termen $\alpha = \frac{R}{L}$ beskriver hur fort strömmen växer mot dess slutvärde samt karakteriserar systemets bandbredd. Tidskonstanten (τ) förhåller sig till bandbredden (α) som:

$$\tau = \frac{1}{\alpha}$$

Systemets stigtid ($\tau_{stigtid}$), den tid som det tar för stegsvaret att gå från 10 % till 90 % av det slutliga värdet, förhåller sig till bandbredden (α) som:

$$\tau_{stigtid} = \frac{\ln(9)}{\alpha} = \frac{2.2}{\alpha}$$

För en RL-krets definieras tidskonstanten alltså som

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Och för en RC-krets definieras tidskonstanten som

$$\tau = RC$$

I ovanstående system blir tidskonstanten

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{100\text{mH}}{1\Omega} = 100\mu\text{s}$$

Bandbredden blir:

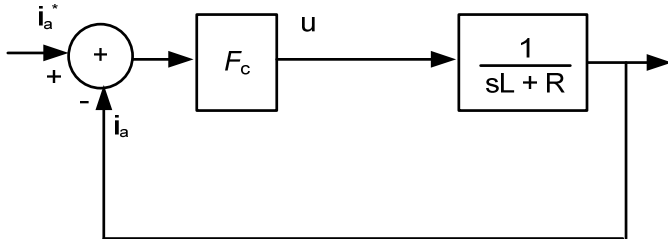
$$\alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{100\mu\text{s}} = 10\text{kHz}$$

1e. Ni bygger nu en strömregulator för att reglera in strömmen genom R-L-kretsen. Härled en strömregulator med en tidskonstant på 10 ms. Plotta ett stegsvar och ange viktiga tidpunkter på strömkurvans utseende (8 p)



Lösningförslag

Vi skall nu styra in strömmen och vi skall då ha en regulator som kan förse vår R-L krets med en sådan spänning att strömmen blir den önskade:



Vi antar att överföringsfunktionen från strömsignal till reglerad ström skall ha utseendet av ett första ordningens system;

$$\frac{i_a}{i_a^*} = \frac{\alpha}{s + \alpha} = \frac{\alpha/s}{1 + \alpha/s}$$

Vi räknar nu ut överföringsfunktionen för systemet i bilden ovan och erhåller:

$$H(s) = \frac{F_c \frac{1}{sL + R}}{1 + F_c \frac{1}{sL + R}}$$

Om vi försummar R så erhåller vi

$$H(s) = \frac{F_c \frac{1}{sL}}{1 + F_c \frac{1}{sL}}$$

$$\alpha/s = F_c \frac{1}{sL} \Rightarrow F_c = \alpha L$$

Regulatorn består nu endast av en proportionaldel $K_p = \alpha L$.

Vi kan också göra en PI-regulator och då erhåller vi i stället att

$$\alpha/s = F_c \frac{1}{sL + R} \Rightarrow F_c = \alpha R/s + \alpha L$$

Vi får du förutom proportionaldelen även en integraldel



Lösningsförslag

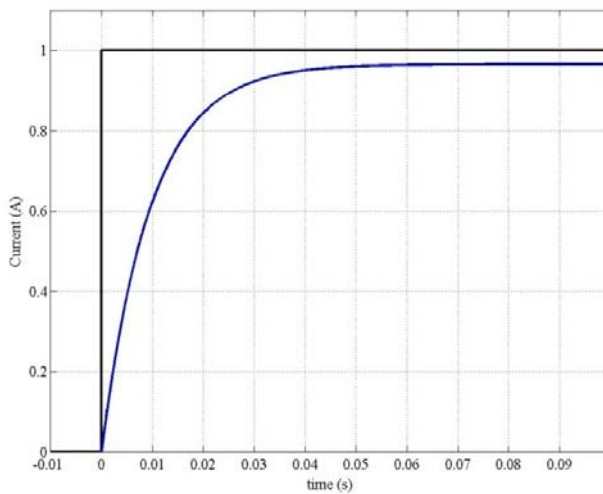
$$K_i = \alpha L.$$

$$\text{Tidskonstant: } \tau = \frac{1}{\alpha}$$

Eftersom tidskonstanten skulle vara 10 ms blir bandbredden 100 rad/s.

$$\text{Stigtiden blir då: } \tau_R = \frac{\ln(9)}{\alpha} = \frac{2.2}{\alpha}$$

Strömstegsvaret ser då ut som den blåa kurvan



Viktigt är att vid 10 ms har stegsvaret nått 63 % av sitt slutvärde vilket är definitionen på tidskonstant.

1f. Vad är stigtiden för systemet? (2 p).

Det framgår av slutet av delfrågan strax ovanför.

1g. Gör en livscykelanalys av spolen. (4 p)

Följ materialen ”från vaggan till graven”. Mycket av underlaget finns antagligen redan under delfråga 1a. Det är viktigt att bestämma avgränsningen av analysen, målsättningen och själva analysen. Vill man kan man ta med förslag på möjliga förbättringar.

2. Förklara hur man kan uppnå en miljövinst genom hybriddrift av fordon? För maxpoäng krävs att svaret visar på en djup förståelse av problematiken.

Man måste visa på att man har förstått minst en av de två huvudvarianterna av hybriddrift: I seriehybriden driver förbränningsmotorn en generator som laddar batterierna som i sin tur driver en elmotor som driver hjulen. I parallellhybriden ger både elmotorn och förbränningsmotorn kraft till drivningen. Serie är enklare än parallell. Parallell har möjlighet att ge mer kraft i en del lägen när t ex extra kraft/moment behövs så som i uppförsbackar, omkörningar, start. Har man detta klart för – själva principen – så är det inte så svårt att hitta miljövinster. För maxpoäng behöver man även visa på insikt att det inte enbart behöver vara en miljövinst. Det kan bero på t ex ökad vikt och driftförhållanden.



Lösningförslag

- 3 a. Hållbar utveckling sägs bero på tre grundprinciper. Vad menar man? Ge en definition av hållbar utveckling.**

De tre grundprinciperna är ekologisk, ekonomisk och social hållbar utveckling. Man måste utveckla alla tre delarna för att nå en hållbar utveckling. En definition: "Meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs" (WCED 1987:87). Hållbar utveckling tillfredsställer dagens behov utan att äventyra förutsättningarna för kommande generationer att tillfredsställa sina behov.

(14 p)

- b. För var och en av de tre grunderna ger du ett exempel på hur ditt arbete som Z-ingenjör kan bidra till en hållbar utveckling.**

Detta har ni tränat på i kursen, både i eget arbete och lyssnat på andras presentationer och borde inte vara några problem!

- 4 Ett kraftverk med effekten 400 MW_{el} drivs med biomassa som produceras på en närbelägen plantage. Hur stor areal måste plantagen ha? Svara i km^2 .**

Anläggningen består av ett biomassa-förgasningssteg integrerat med elproduktion i en gaskombicykel. Antag att full-last-tid är 88% på årsbasis (dvs den tid som kraftverket producerar el), samt att avkastningen på plantagen är 12 ton TS/ha/år (ton torrsubstans per hektar och år) med ett specifikt energiinnehåll på 22 GJ/ton TS. Gör rimliga antaganden i övrigt.

(14 p)



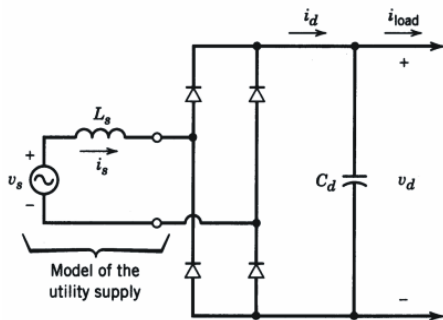
Lösningförslag

	Effekt	Fulllasttid	Energi- produktion	Antagande	Behov av primärenergi
	P [MWe]	"Load factor"	GJ/år	omvandlings- effektivitet	GJ/år
Kraftverk	400	0.88	11100672	0.6	18501120
Biomassaplantage			Produktion	Behov för att täcka primärenergin till kraftverket	omvandling
	Avkastning [t TS/ha/år]	Energiinnehåll GJ/tTS	Energi/ha/år GJ/ha/år	ha	1ha=10000m ² => 1km ² =100ha
	12	22	264	70080	km² 700.8

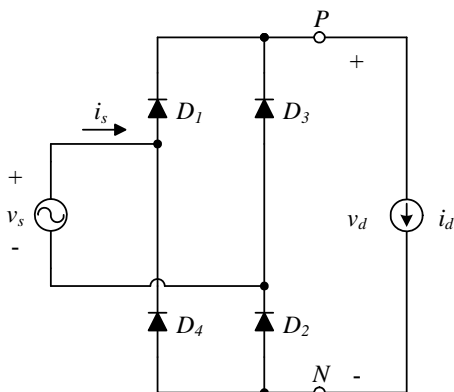
Svar: Det skulle behövas ca 70000ha=700 km² area för att odla den mängd biomassa som behövs för att driva kraftverket.

- 5 a. Rita en enfass diodbrygga matat från ett 230 V 50 Hz nät. (2p)
b. Rita kurvformen för strömmen om det är en strömstyv last på liksidan. (Antag en jättestor induktans som last på likströmssidan) (6p)

a)

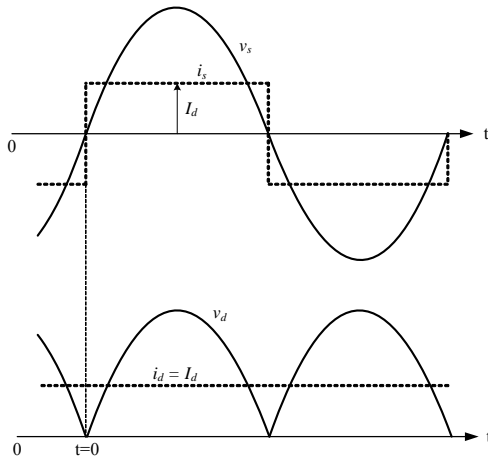


b) strömstyv last



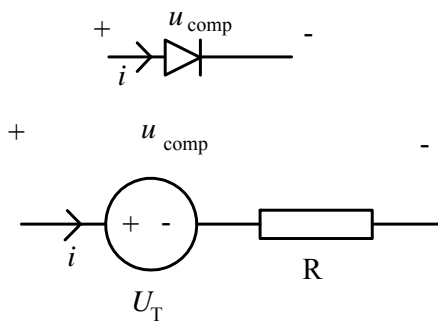
Lösningförslag

Har vi en strömstyv last blir strömmen på liksidan en ren likström. Beroende på om spänningen på AC-nätet är positiv eller negativ kommer omväxlande diod 1 och diod 3 att leda i positiv strömriktning och diod 2 eller 4 i negativ riktning. Sålunda får vi en fyrkantsström in i AC-nätet.



6 a) Hur beräknas spänningsfallet över en MOSFET och en diod ? Vilka två karakteristika av strömmen behöver man använda och hur får man fram dessa ”strömkaraktiseringsvärden”.

Spänningsfallet över en krafthalvledarkomponent brukar delas in i två delar. En konstant spänningsfallsdel, och en resistiv spänningsdel. Vissa komponenter såsom MOSFETen saknar konstant spänningsfallsdel och är endast en resistans medan den vanliga PN-dioden har ett konstant spänningsfall på ca 0.9 V (Det finns en diodtyp som heter Shottkydiod som knappast har något spänningsfall alls)



Spänningsfallet blir då

$$u_{\text{comp}} = R \cdot i + U_T$$



Lösningförslag

R och U_T hittar man i datablad, för MOSFETen var det 0.06Ω och för Dioden 0.0125Ω .
Framspänningsfallet för MOSFETen är 0 och för dioden 0.9 V .

6 b) Till en början flyter nu en likström på 3 A genom respektive komponent, vad blir effektförlusten i de två komponenterna ?

Vi har

$$P = U \cdot I \quad (1)$$

och

$$U = R \cdot i \quad (2)$$

vilket ger

$$P = R I^2 \quad (3)$$

Eller

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (4)$$

Spänningen över MOSFETen blir

$$U = R \cdot i = 0.06 \cdot 3 = 0.18 \text{ V}$$

Och vi kan då räkna ut effektförlusten

$$P = U \cdot I = 0.18 \cdot 3 = 0.54 \text{ W}$$

Eller direkt

$$P = R I^2 = 0.06 \cdot 3^2 = 0.54 \text{ W}$$

För dioden har vi

$$U_{\text{diod}} = R \cdot i + U_T = 0.0125 \cdot 3 + 0.9 = 0.93 \text{ V}$$

Och vi kan då räkna ut effektförlusten

$$P = U \cdot I = 0.93 \cdot 3 = 2.79 \text{ W}$$

Lösningförslag

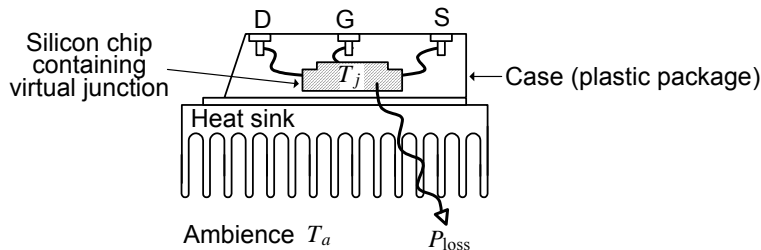
Uppenbarligen är den konstanta spänningstermen för dioden ett stort problem i förlustsammanhanget. Om man arbetar med en spänning under ca 50 V skall man i allmänhet välja en Shottkydiod i stället.

6 c) Om en kylfläns har en termisk resistans på $9^\circ\text{C}/\text{W}$, dvs $R_{th}=9^\circ\text{C}/\text{W}$ eller $9^\circ\text{K}/\text{W}$ och en komponent placerad på denna kylfläns avger 4 W förluster, beräkna hur varm komponenten blir.

$$T = P \cdot R_{th} + T_a = 49 + 25 = 61^\circ\text{C}$$

6 d) Om en komponent är monterad på en kylfläns, rita för detta fall en schematisk skiss över hur värmen leds ut, markera de olika termiska resistanserna samt skriv ett uttryck där inre kiseltemperaturen kan beräknas utifrån förlusteffekt, omgivningstemperatur samt de individuella termiska resistanserna.

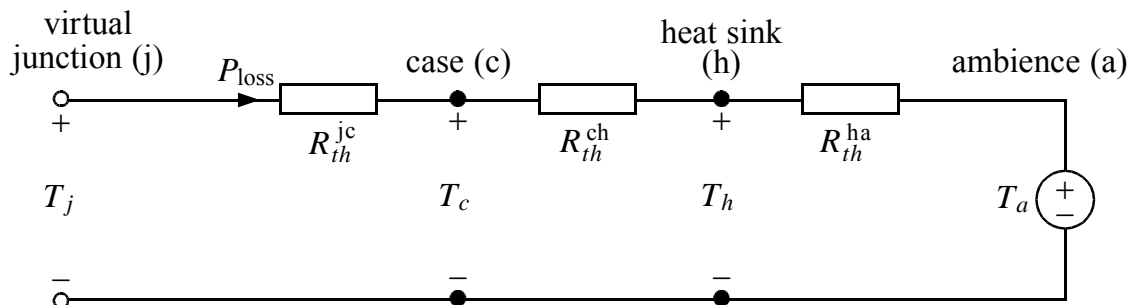
Krafthalvledarkomponenter kan typiskt vara monterade på en kylfläns enligt figuren nedan:



j står för junction (temperatur inne i halvledarens kisel), a står för ambience (omgivning) och sedan till kommer en till viktig bokstav "h" som står för heat sink. Det som är av störst intresse är temperaturen inne i kiset, den s.k. "junction temperature". Det är den totala termiska resistansen

$$R_{th} = R_{th/ja}$$

Som bestämmer kislrets temperatur. Observera att "j" stod ju för "junction" och "a" för "ambience", så det är hela vägen från kiset till omgivningsluften som räknas. Ofta finns det ett behov av att förbättra kylningen (få en totalt sett lägre termisk resistans) och då kan man koppla på en kylfläns. Denna monteras med en termisk pasta gentemot komponenten, så denna termiska pasta ger en viss termisk resistans. Sammantaget ser den termiska modellen ut såsom figuren nedan visar.





Lösningsförslag

Den totala resistansen delas då upp i en bit som representerar den termiska resistansen från kiset till höljet, en bit från höljet till kylflänsen och en bit från kylflänsen till omgivningen.

$$R_{tot} = R_{kisa} = R_{kisa} + R_{hjl} + R_{kylflans}$$

Vilket ger beräkningsuttrycket för kiseltemperaturen till

$$T_j = P \cdot R_{kisa} + T_a = P \cdot (R_{kisa} + R_{hjl} + R_{kylflans}) + T_a$$