

Tentti 12.3.2009, kello 9 ... 12, sali S3

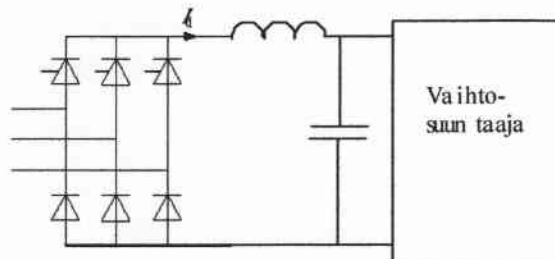
## Papereihin

- sukunimi ja etunimet
- opiskelijanumero
- koulutusohjelma.

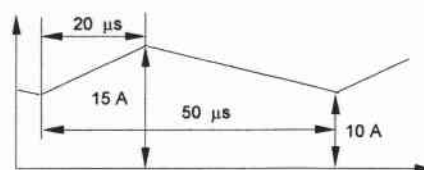
## Tentissä sallitut apuvälineet

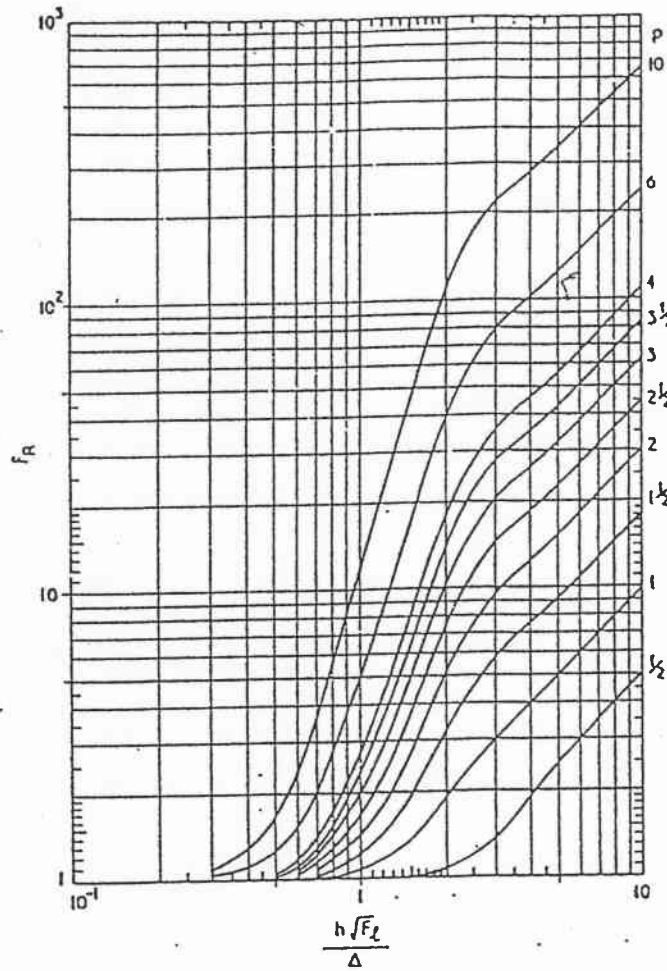
- kynät, kumit jne.
- taskulaskin
- lukion kaavakokoelma tms. + Laplace taulut

- Selvitä lyhyesti (max. 2...4 lausetta + mahdollinen kuva), mitä seuraavilla termeillä tarkoitetaan
  - neutronisäteilytys
  - muutoslämpövastus
  - schottky-diodi
  - prospektiivinen oikosulkuvirta
  - PTC vastus.
- Esittele IGBT:n rakenne, toimintaperiaate ja ominaisuudet.
- Esittele syyt puolijohdetehokomponenttien suojaukseen. Esittele myös lyhyesti käytettyjä suojausmenetelmiä.
- Kolmea tyristori/diodi -moduulia SKKH 42/16E (datalehti oheisena) käytetään allaolevasaa kolmivaiheisessa tasasuuntaajasillassa. Mikä on moduulien yhteisen jäähdytuselementin lämpövastuksen  $R_{th(s-a)}$  oltava, jotta silta kykenisi syöttämään 80 A tasavirran jäähdytysilman lämpötilan ollessa 65 °C?

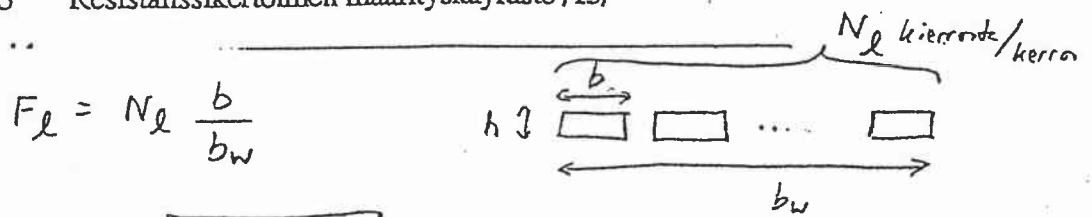


- Erään hakkuriteholähteen tasavirran suodatukseen käytetään ferriittisydämistä kuristinta, joka on käämitty kiertämällä 8 kierrosta 30 mm levyistä ja 0,5 mm paksuista kuparifoliota käämirungon ympäri. Kuparifolioon on teipattu toiselle puolelle eristeeksi 0,2 mm paksu muovikalvo. Käämirungon halkaisija on 40 mm ja leveys 38 mm. Kuristimen virta on oheisen kuvan mukainen. Laske käämin häviöteho. Huom! Mitoituksessa tarvittavia käyriä ym. on tehtäväpaperin sivulla 2.





Kuva 11.13 Resistanssikertoimen määrityskäyrästä /15/



$$\Delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu_0 \mu_c f_e}}$$

$$\rho_{Cu}(100^\circ C) = 2.26 \cdot 10^{-8} \Omega m$$

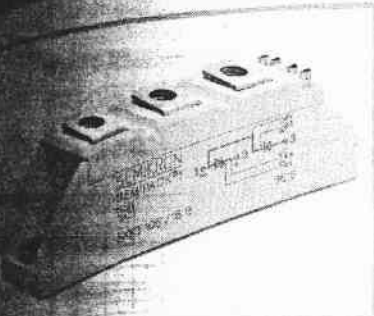
$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$$

$$f_e = \frac{1,3 f}{\sqrt{1 + 3 \left( \frac{I_0}{I_{ac}} \right)^2}}$$

$$I_{ac} = \frac{I_p - I}{2}$$

Jos  $f_e < 1 \text{ kHz} \Rightarrow I_e^2 = I_0^2 + \frac{I_{ac}^2}{3}$

SKKT 42, SKKT 42B, SKKH 42



SEMIPACK® 1

Thyristor / Diode Modules

SKKT 42  
SKKT 42B  
SKKH 42

Features

- Heat transfer through aluminium oxide ceramic isolated metal baseplate
- Hard soldered joints for high reliability
- UL recognized, file no. E 63 532

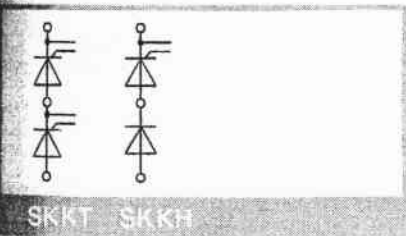
Typical Applications

- DC motor control (e. g. for machine tools)
- AC motor soft starters
- Temperature control (e. g. for ovens, chemical processes)
- Professional light dimming (studios, theaters)

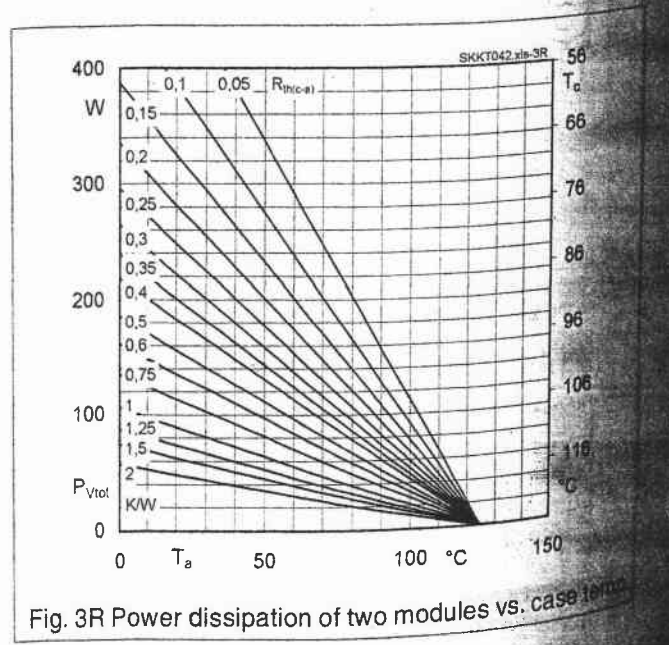
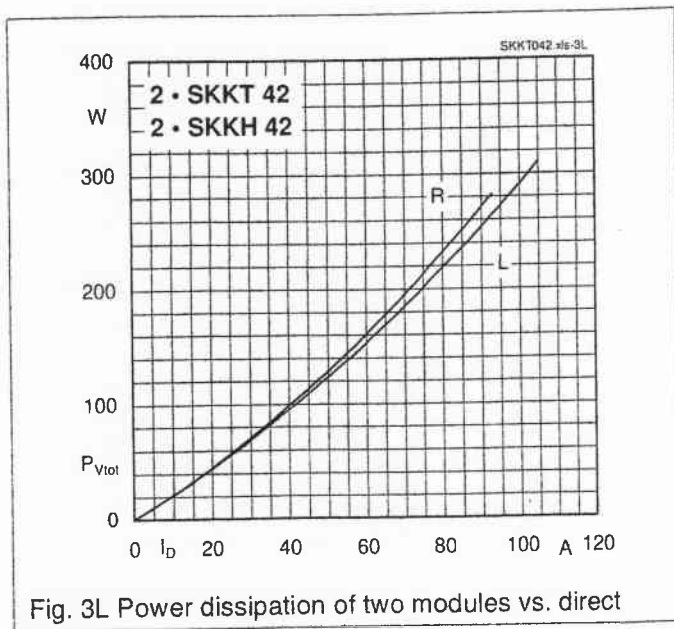
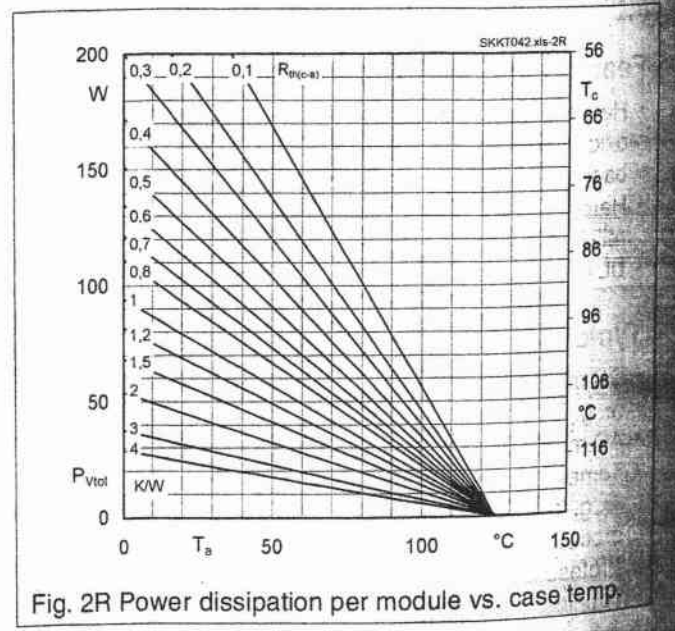
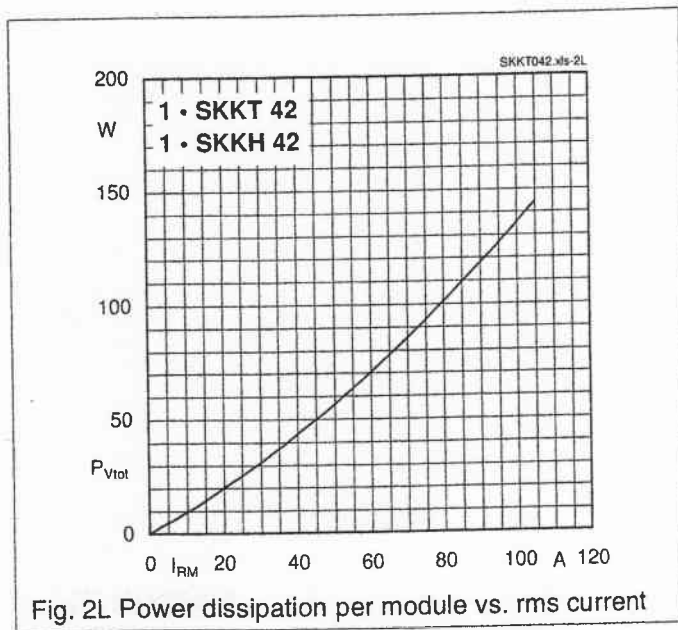
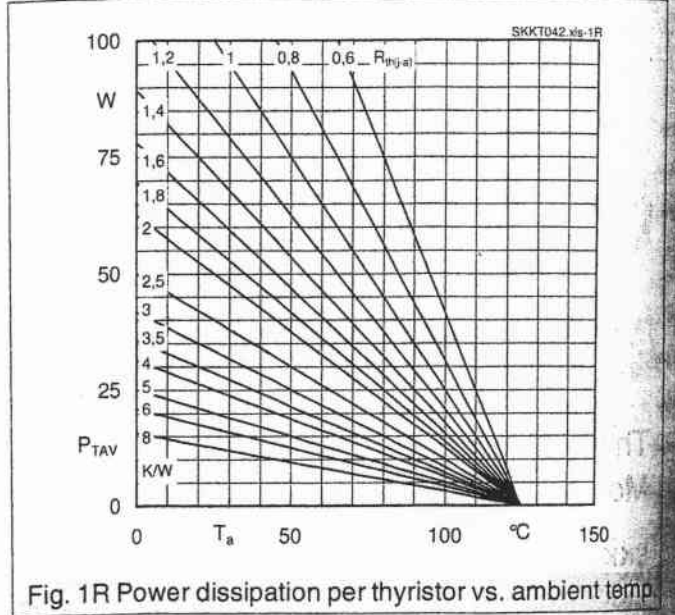
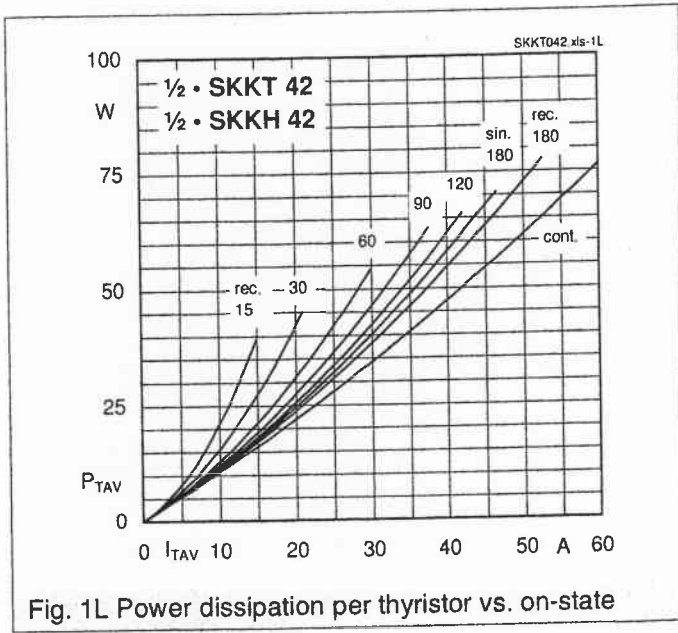
$V_{RSM}$ V	$V_{RRM}, V_{DRM}$ V	$I_{TRMS} = 75$ A (maximum value for continuous operation) $I_{TAV} = 40$ A (sin. 180; $T_c = 85$ °C)		
900	800	SKKT 42/08E	SKKT 42B08E	SKKH 42/08E
1300	1200	SKKT 42/12E	SKKT 42B12E	SKKH 42/12E
1500	1400	SKKT 42/14E	SKKT 42B14E	SKKH 42/14E
1700	1600	SKKT 42/16E	SKKT 42B16E	SKKH 42/16E
1900	1800	SKKT 42/18E	SKKT 42B18E	SKKH 42/18E

Symbol	Conditions	Values	Units
$I_{TAV}$	sin. 180; $T_c = 85$ (100) °C	40 (28)	A
$I_D$	P3/180; $T_a = 45$ °C; B2 / B6	50 / 60	A
	P3/180F; $T_a = 35$ °C; B2 / B6	85 / 110	A
$I_{RMS}$	P3/180F; $T_a = 35$ °C; W1 / W3	110 / 3 * 85	A
$I_{TSM}$	$T_{vj} = 25$ °C; 10 ms	1000	A
	$T_{vj} = 125$ °C; 10 ms	850	A
$i^2t$	$T_{vj} = 25$ °C; 8,3 ... 10 ms	5000	A <sup>2</sup> s
	$T_{vj} = 125$ °C; 8,3 ... 10 ms	3600	A <sup>2</sup> s
$V_T$	$T_{vj} = 25$ °C; $I_T = 200$ A	max. 1,95	V
$V_{T(TO)}$	$T_{vj} = 125$ °C	1	V
$r_T$	$T_{vj} = 125$ °C	4,5	mΩ
$I_{DD}; I_{RD}$	$T_{vj} = 125$ °C; $V_{RD} = V_{RRM}; V_{DD} = V_{DRM}$	max. 15	mA
$t_{gd}$	$T_{vj} = 25$ °C; $I_G = 1$ A; $di_G/dt = 1$ A/μs	1	μs
$t_{gr}$	$V_D = 0,67 * V_{DRM}$	2	μs
$(di/dt)_{cr}$	$T_{vj} = 125$ °C	max. 150	A/μs
$(dv/dt)_{cr}$	$T_{vj} = 125$ °C	max. 1000	V/μs
$t_q$	$T_{vj} = 125$ °C	80	μs
$I_H$	$T_{vj} = 25$ °C; typ. / max.	150 / 250	mA
$I_L$	$T_{vj} = 25$ °C; $R_G = 33$ Ω; typ. / max.	300 / 600	mA
$V_{GT}$	$T_{vj} = 25$ °C; d.c.	min. 3	V
$I_{GT}$	$T_{vj} = 25$ °C; d.c.	min. 150	mA
$V_{GD}$	$T_{vj} = 125$ °C; d.c.	max. 0,25	V
$I_{GD}$	$T_{vj} = 125$ °C; d.c.	max. 6	mA
$R_{th(j-c)}$	cont.; per thyristor / per module	0,65 / 0,33	K/W
$R_{th(j-c)}$	sin. 180; per thyristor / per module	0,69 / 0,35	K/W
$R_{th(j-c)}$	rec. 120; per thyristor / per module	0,73 / 0,37	K/W
$R_{th(c-s)}$	per thyristor / per module	0,2 / 0,1	K/W
$T_{vj}$		- 40 ... + 125	°C
$T_{stg}$		- 40 ... + 125	°C
$V_{isol}$	a. c. 50 Hz; r.m.s.; 1 s / 1 min.	3600 / 3000	V~
$M_s$	to heatsink	5 ± 15 % <sup>1)</sup>	Nm
$M_t$	to terminals	3 ± 15 %	Nm
$a$		5 * 9,81	m/s <sup>2</sup>
$m$	approx.	95	g
Case	SKKT	A 46	
	SKKT ...B	A 48	
	SKKH	A 47	

<sup>1)</sup> See the assembly instructions



SKKT SKKH



SKKT 42, SKKT 42B, SKKH 42

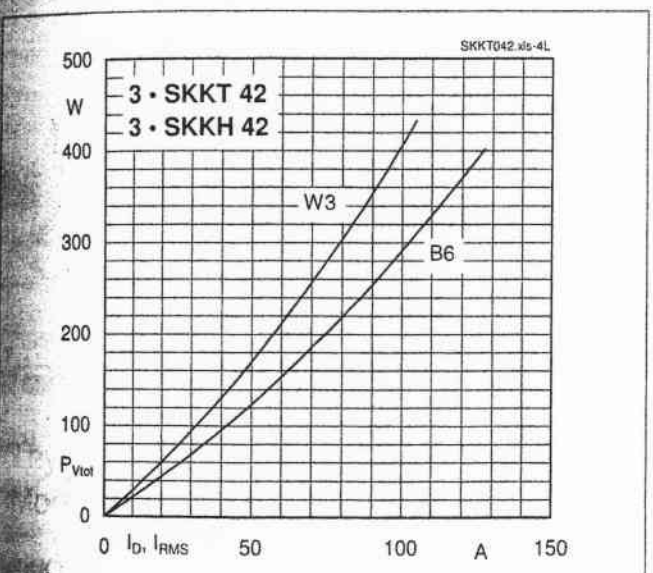


Fig. 4L Power dissipation of three modules vs. direct and indirect cooling

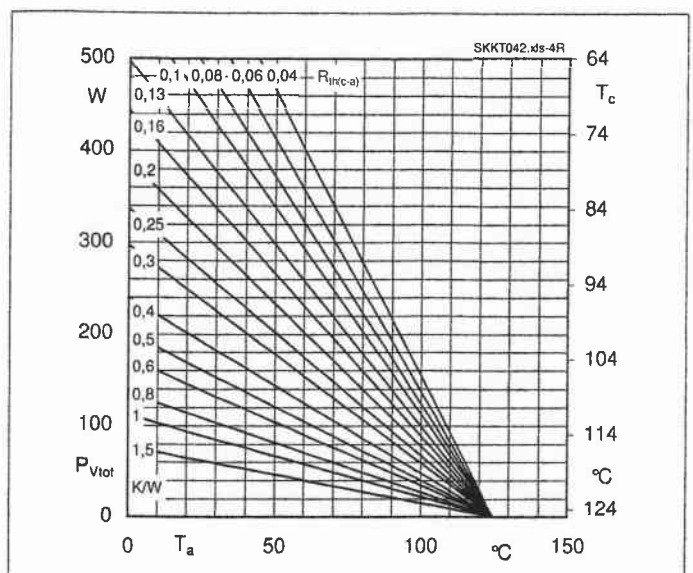


Fig. 4R Power dissipation of three modules vs. case temperature

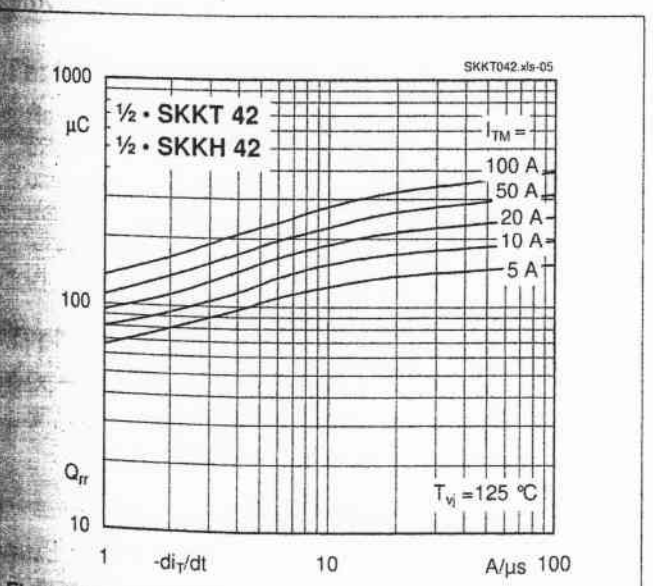


Fig. 5 Recovered charge vs. current decrease

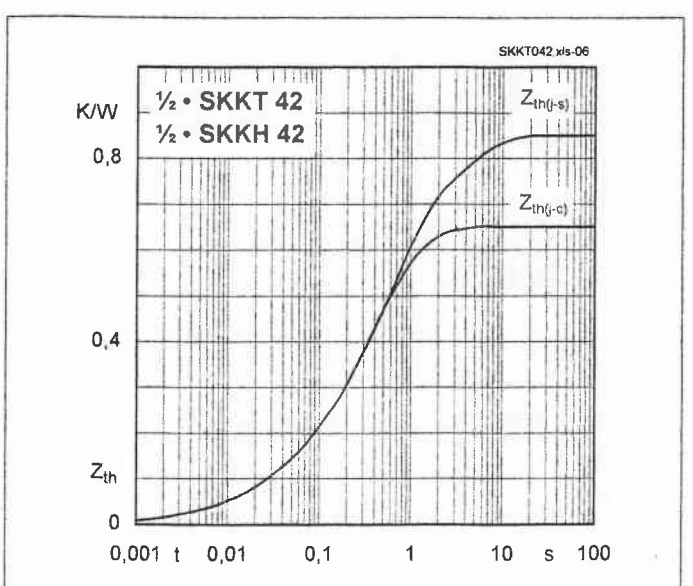


Fig. 6 Transient thermal impedance vs. time

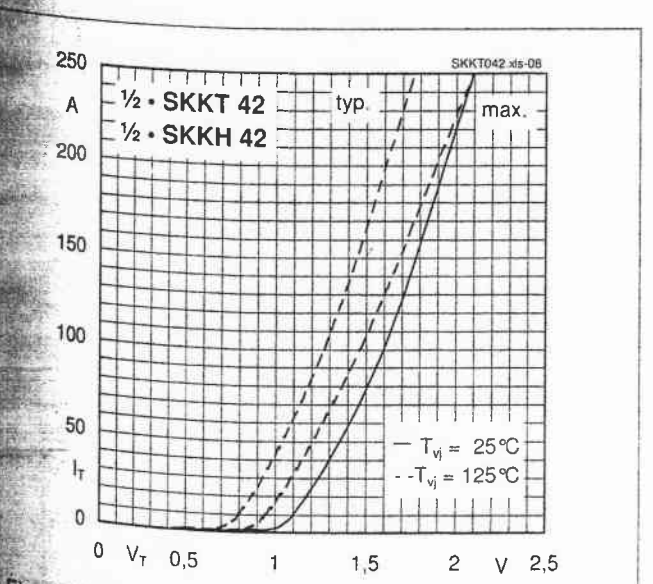


Fig. 7 On-state characteristics

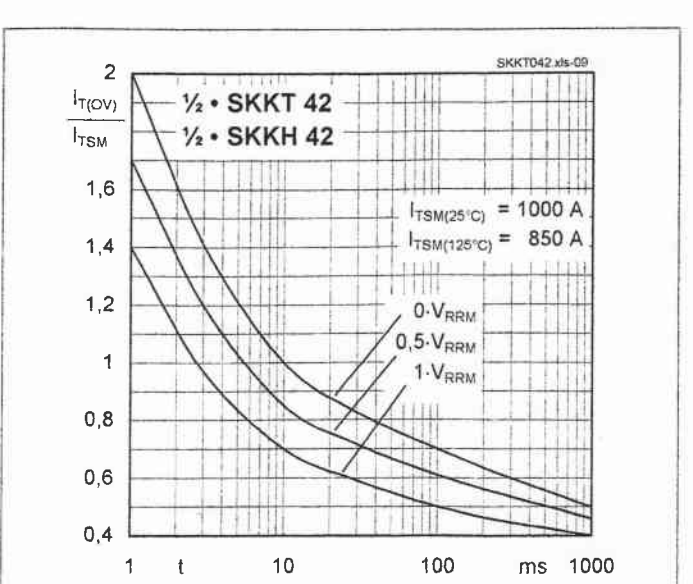


Fig. 8 Surge overload current vs. time



SKKT 42, SKKT 42B, SKKH 42

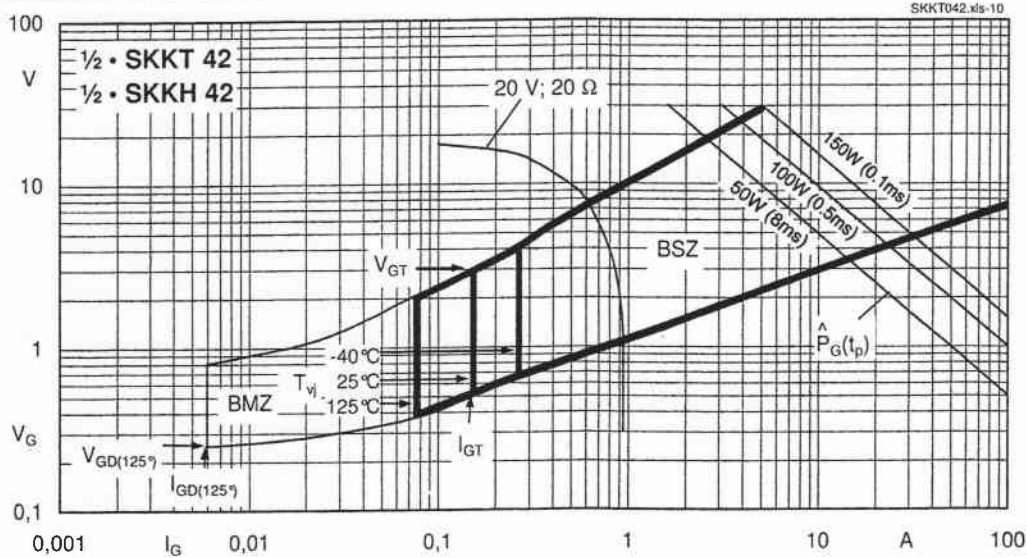
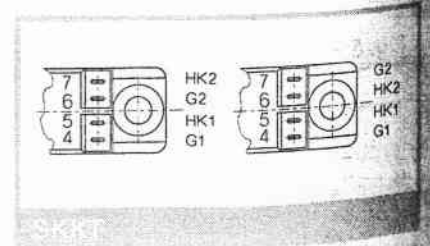
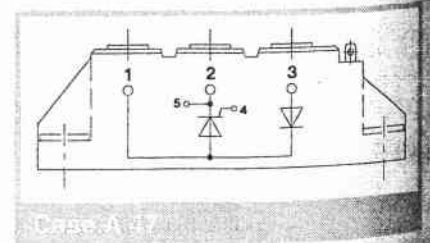
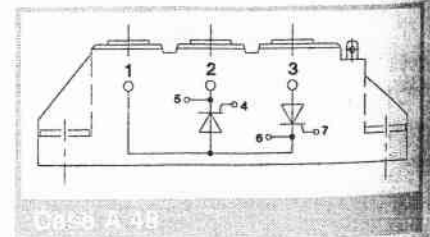
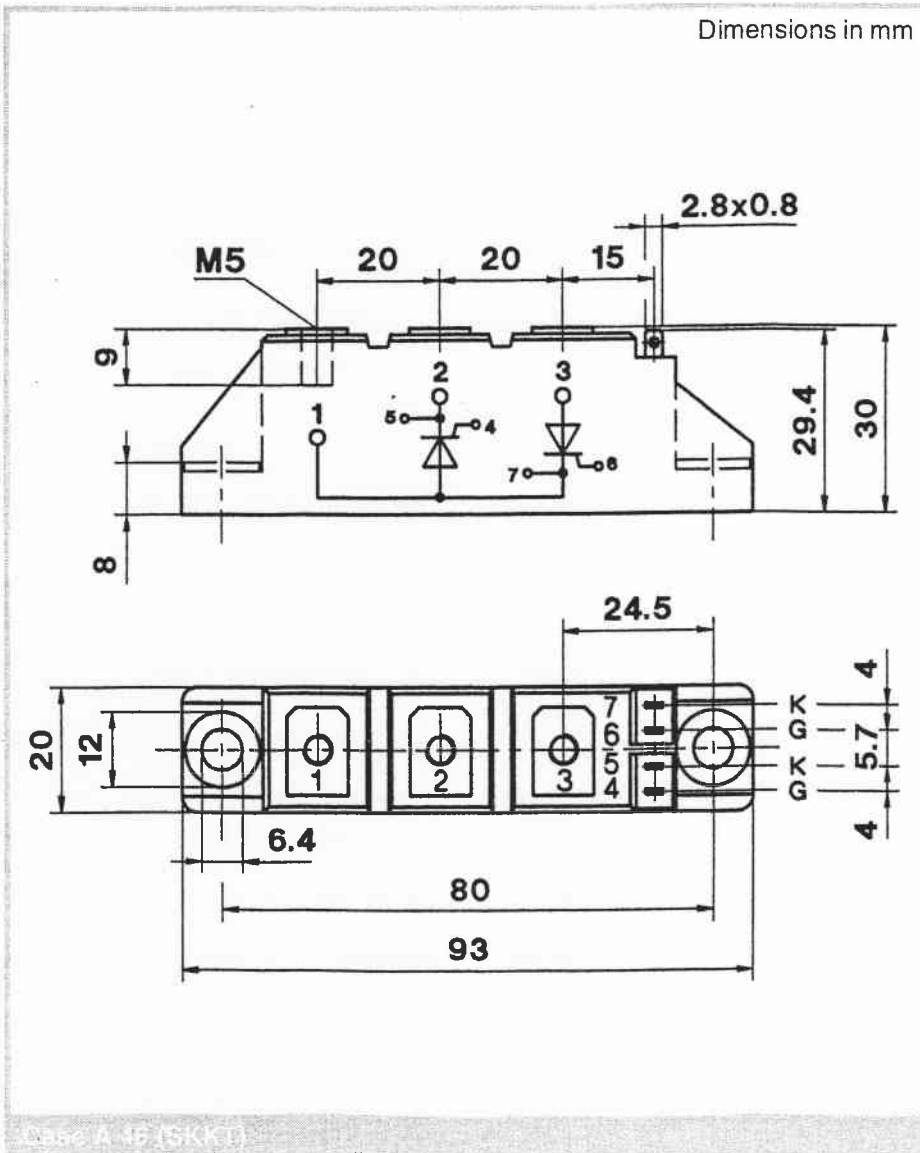


Fig. 9 Gate trigger characteristics

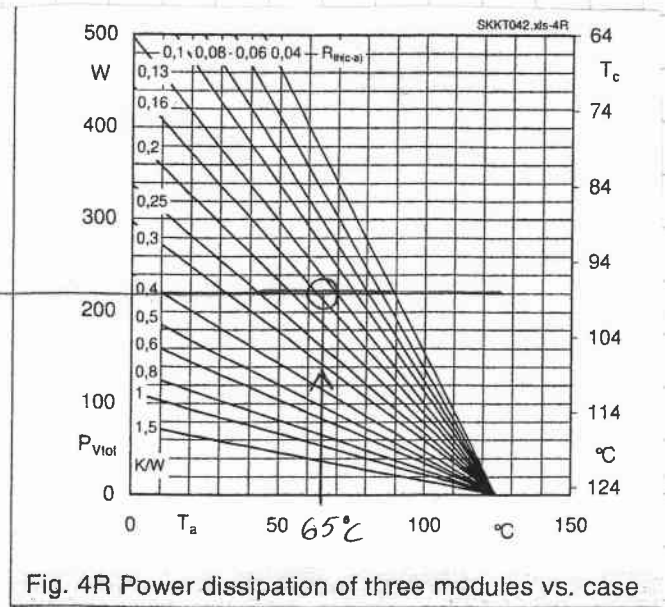
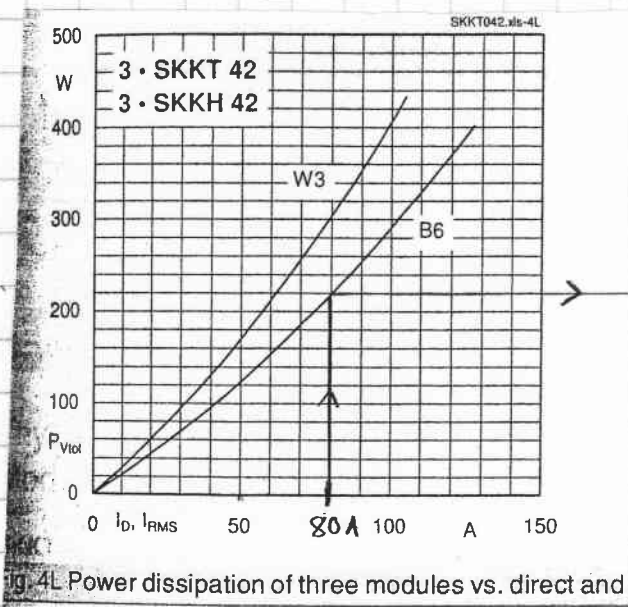


This technical information specifies semiconductor devices but promises no characteristics. No warranty or guarantee expressed or implied is made regarding delivery, performance or suitability.

Tehtävät 1-3 ; Katso kirja.

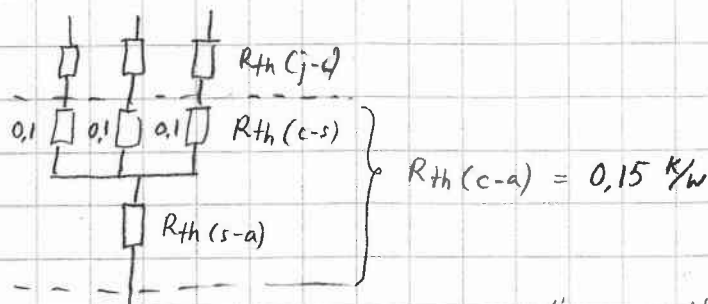
Tehtävä 4

- Datalehden sivulta 1081 saadaan  $R_{th(c-s)} = 0,1 \text{ K/W}$  per moduli
- Kuvaparista 4L ja 4R saadaan piirtämällä oheiset suorat lämpövastukseksi  $R_{th(c-a)} \approx 0,15 \text{ K/W}$
- Siten  $R_{th(s-a)} \stackrel{!}{=} R_{th(c-a)} - \frac{R_{th(c-s)}}{3} = 0,15 - \frac{0,1}{3} \approx 0,12 \text{ K/W}$



Huomaa:

- Kuvassa käyrän tunnus B6 tarkoittaa kuusipolssi-siltaa, joka on tehtävämme kytkentä.
- Tämän käyrän vaaka-asteikko on  $I_D$  eli suoraan sillan tasavirta
- Kuvien otsikoissa on painovirhe (valitettavan tavallista...) eikä rivien loppua ei näy  $\Rightarrow$  vaikeuttaa sopivasti tätä muuten aika triviaalia tehtävää
- Tehtävässä hysyttiin yhteisen jäähdytys elementin lämpövastusta. Tilanne on siten seuraava:



- Tehtävän voi ratkaista myös monella muulla tavalla.

Teht. 5

$$I_{ac} = \frac{15A - 10A}{2} = 2,5A$$

$$I_0 = 10A + \frac{15A - 10A}{2} = 12,5A$$

$$\Rightarrow f_c = \frac{1,3 \cdot f}{\sqrt{1 + 3\left(\frac{I_0}{I_{ac}}\right)^2}} = \frac{1,3 \cdot 20kHz}{\sqrt{1 + 3\left(\frac{12,5}{2,5}\right)^2}} \approx 3kHz$$

yli 1kHz  $\Rightarrow$  lienee syyte laskea  $F_R$

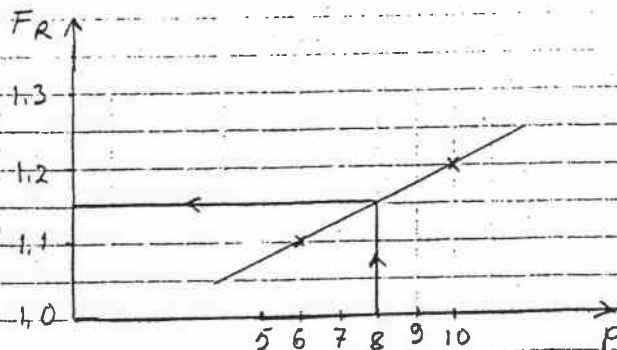
$$\Delta = \sqrt{\frac{S}{\pi \mu_0 \mu_c f}} = \sqrt{\frac{2,26 \cdot 10^{-8} \Omega m}{\pi \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m} \cdot 1 \cdot 3kHz}} \approx 1,4mm$$

( $\mu_c = 1$  kuperiille)

$F_L = 1$  foliolla ( $N_L = 1$ ,  $b = b_w$ )

$$\Rightarrow \frac{h \sqrt{F_L}}{\Delta} \approx \frac{0,5mm}{1,4mm} \approx 0,36$$

Käyrästä aukipiirtämällä ( $p = N = 8$  foliolla)



$$\Rightarrow F_R \approx 1,15$$

Johdinten pituus:

$$\text{Keskiahkaisu} \text{ noin } 40mm + 8 \cdot 0,5mm + 8 \cdot 0,2mm = 45,6mm$$

$$\Rightarrow l = N \pi d_w = 8 \pi \cdot 45,6mm \approx 1,15m$$



Ratk Tent. 5 jatk.

$$\text{Johtimen poikkipinta-ala: } A = 30 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Vastus tasasähköllä ( $100^\circ\text{C}$ )

$$R_{dc} = \frac{\rho l}{A} \approx \frac{2,26 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega\text{m} \cdot 1,15 \text{ m}}{15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 1,73 \text{ m}\Omega$$

$$\text{Efektiivinen vastus: } R_e = F_R \cdot R_{dc} = 1,15 \cdot 1,73 \text{ m}\Omega \approx 2,0 \text{ m}\Omega$$

$$\text{Efektiivinen virta } I_e = I_0 = 12,5 \text{ A, koska } f_e \gg 1 \text{ kHz}$$

Häviöteho käämissä:

$$P_H = R_e I_e^2 = 2 \text{ m}\Omega \cdot (12,5 \text{ A})^2 \approx \underline{\underline{310 \text{ mW}}}$$