

Tentti 7.1.2013, kello 9 ... 12, sali S1

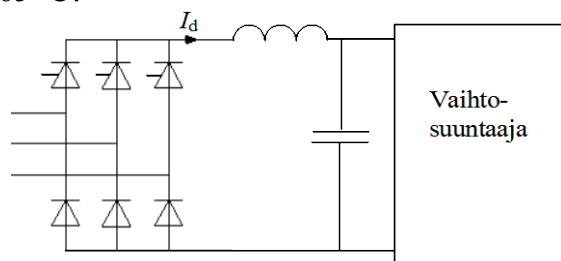
Papereihin

- sukunimi ja etunimet
- opiskelijanumero
- koulutusohjelma.

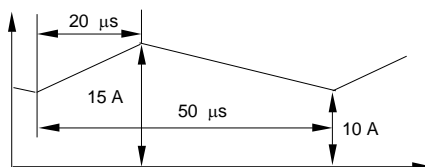
Tentissä sallitut apuvälineet

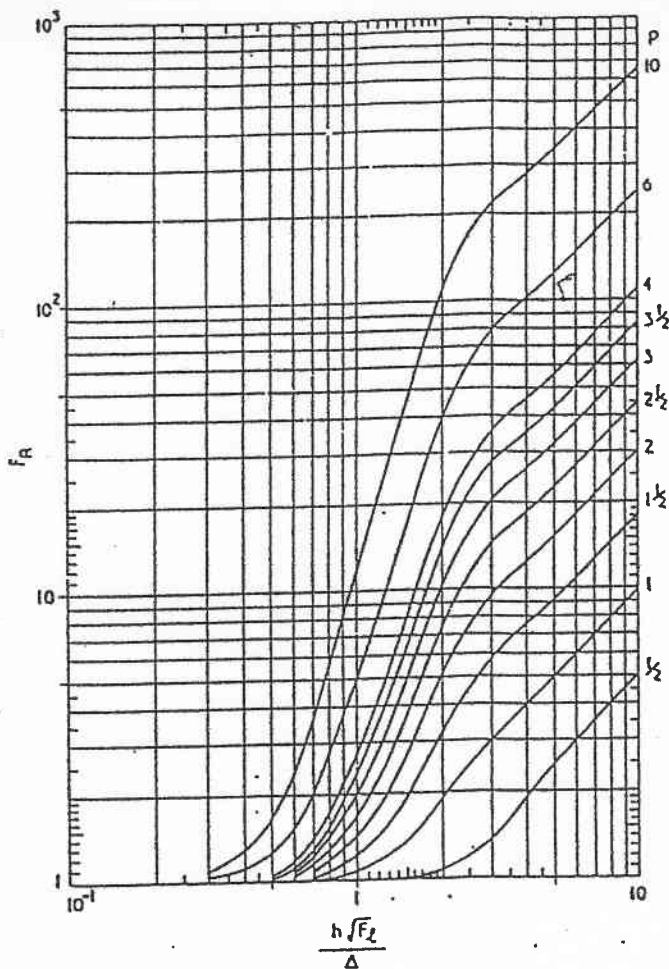
- kynät, kumit jne.
- taskulaskin
- lukion kaavakokoelma tms. + Laplace taulut

1. Selvitä lyhyesti (max. 2...4 lausetta + mahdollinen kuva), mitä seuraavilla termeillä tarkoitetaan
 - Float zone -menetelmä
 - tyristorin toipumisaika
 - darlington-transistori
 - varistori
 - kuristimen hyvyysluku.
2. Esittele IGBT:n rakenne, toimintaperiaate ja ominaisuudet.
3. Minkälaisia kondensaattoreita käytetään tehoelektronikassa? Mitkä ovat niiden ominaisuudet?
4. Kolmea tyristori/diodi -moduulia SKKH 57/16 E G6 (datalehti oheisena) käytetään allaolevassa kolmivaiheisessa tasasuuntaajasillassa. Mikä on moduulien yhteisen jäähdytuselementin lämpövastuksen $R_{th(s-a)}$ oltava, jotta silta kykenisi syöttämään 120 A tasavirran jäähdytysilman lämpötilan ollessa $65\text{ }^{\circ}\text{C}$?



5. Erään hakkuriteholähteen pienjännitelähdön tasavirran suodatukseen käytetään ferriittisydämistä kuristinta, joka on käämitty kiertämällä 8 kierrosta 35 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 määrittäjäkäyrästä /15/

$$F_l = N_l \frac{b}{b_w}$$

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

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

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

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

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

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



SEMIPACK® 1

Thyristor / Diode Modules

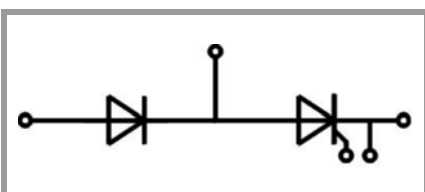
SKKH 57/16 E G6

Features

- Heat transfer through aluminium oxide ceramic isolated metal baseplate
- UL recognized, file no. E63532

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)



SKKH

Absolute Maximum Ratings				
Symbol	Conditions		Values	Unit
Chip				
$I_{T(AV)}$	sinus 180°	$T_c = 85\text{ °C}$	61	A
		$T_c = 100\text{ °C}$	45	A
I_{TSM}	10 ms	$T_j = 25\text{ °C}$	1500	A
		$T_j = 130\text{ °C}$	1200	A
i^2t	10 ms	$T_j = 25\text{ °C}$	11250	A ² s
		$T_j = 130\text{ °C}$	7200	A ² s
V_{RSM}			1700	V
V_{RRM}			1600	V
V_{DRM}			1600	V
$(di/dt)_{cr}$	$T_j = 130\text{ °C}$		140	A/μs
$(dv/dt)_{cr}$	$T_j = 130\text{ °C}$		1000	V/μs
T_j			-40 ... 130	°C
Module				
T_{stg}			-40 ... 125	°C
V_{isol}	a.c.; 50 Hz; r.m.s.	1 min	3000	V
		1 s	3600	V

Characteristics						
Symbol	Conditions		min.	typ.	max.	Unit
Chip						
V_T	$T_j = 25\text{ °C}, I_T = 180\text{ A}$			1.5	1.75	V
$V_{T(TO)}$	$T_j = 130\text{ °C}$			0.85	1	V
r_T	$T_j = 130\text{ °C}$			4.00	4.50	mΩ
$I_{DD}; I_{RD}$	$T_j = 130\text{ °C}, V_{DD} = V_{DRM}; V_{RD} = V_{RRM}$				20	mA
t_{gd}	$T_j = 25\text{ °C}, I_G = 1\text{ A}, di_G/dt = 1\text{ A/μs}$			1		μs
t_{gr}	$V_D = 0.67 * V_{DRM}$			2		μs
t_q	$T_j = 130\text{ °C}$			170		μs
I_H	$T_j = 25\text{ °C}$			150	250	mA
I_L	$T_j = 25\text{ °C}, R_G = 33\text{ Ω}$			300	600	mA
V_{GT}	$T_j = 25\text{ °C}, \text{d.c.}$		2.5			V
I_{GT}	$T_j = 25\text{ °C}, \text{d.c.}$		100			mA
V_{GD}	$T_j = 130\text{ °C}, \text{d.c.}$				0.25	V
I_{GD}	$T_j = 130\text{ °C}, \text{d.c.}$				4	mA
$R_{th(j-c)}$	cont.	per chip			0.420	K/W
		per module			0.210	K/W
$R_{th(j-c)}$	sin. 180°	per chip			0.440	K/W
		per module			0.220	K/W
$R_{th(j-c)}$	rec. 120°	per chip			0.460	K/W
		per module			0.230	K/W
Module						
$R_{th(c-s)}$	chip			0.22		K/W
	module			0.11		K/W
M_s	to heatsink M5		4.25		5.75	Nm
M_t	to terminals M5		2.55		3.45	Nm
a					5 * 9,81	m/s ²
w				75		g

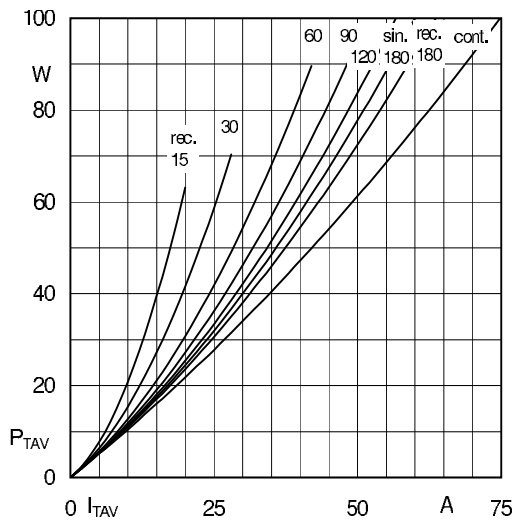


Fig. 1L: Power dissipation per thyristor/diode vs. on-state current

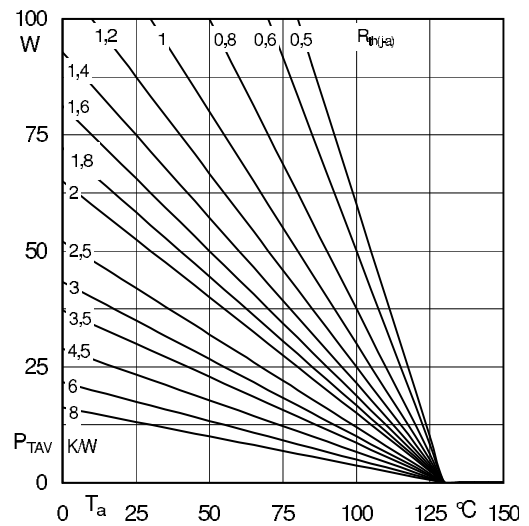


Fig. 1R: Max. power dissipation per chip vs. ambient temperature

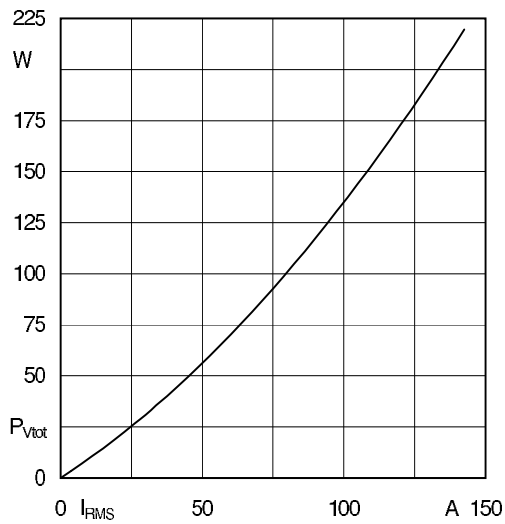


Fig. 2L: Max. power dissipation of one module vs. rms current

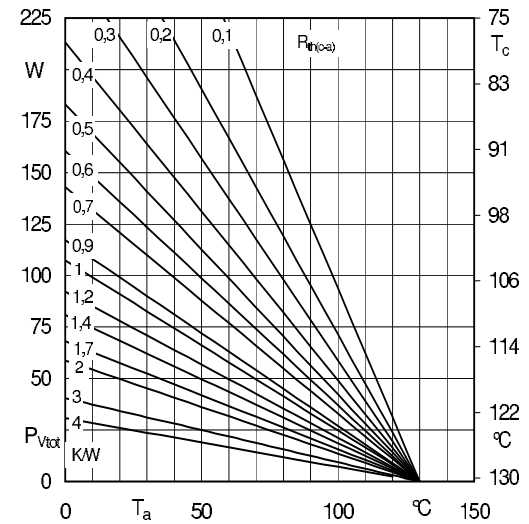


Fig. 2R: Max. power dissipation of one module vs. case temperature

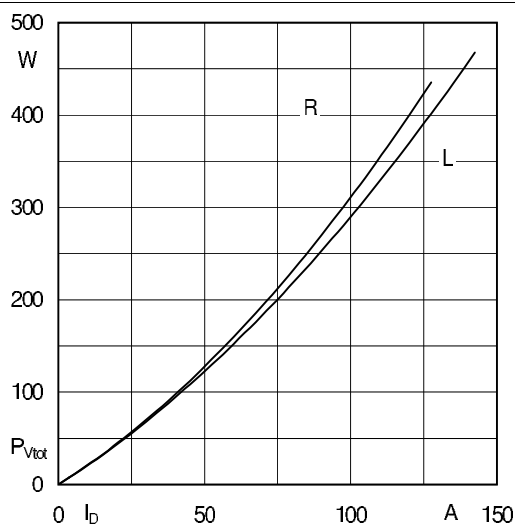


Fig. 3L: Max. power dissipation of two modules vs. direct current

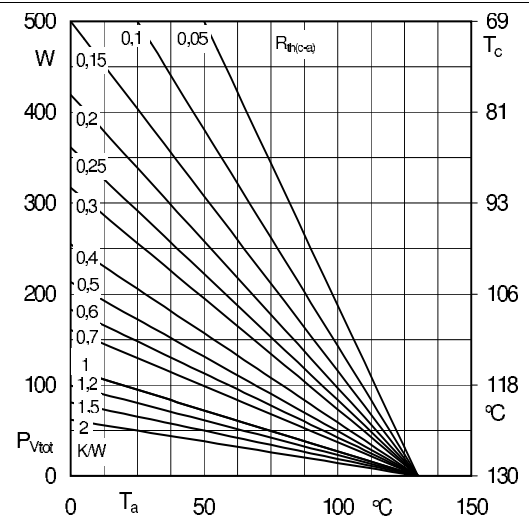


Fig. 3R: Max. power dissipation of two modules vs. case temperature

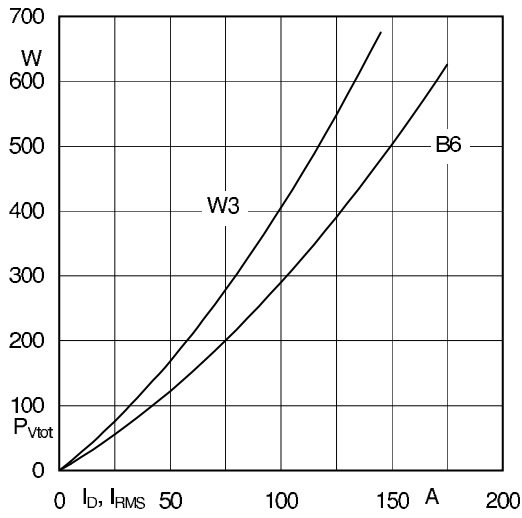


Fig. 4L: Max. power dissipation of three modules vs. direct current

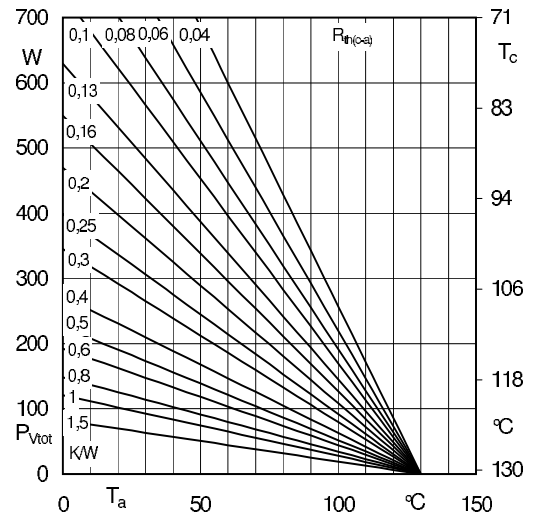


Fig. 4R: Max. power dissipation of three modules vs. case temperature

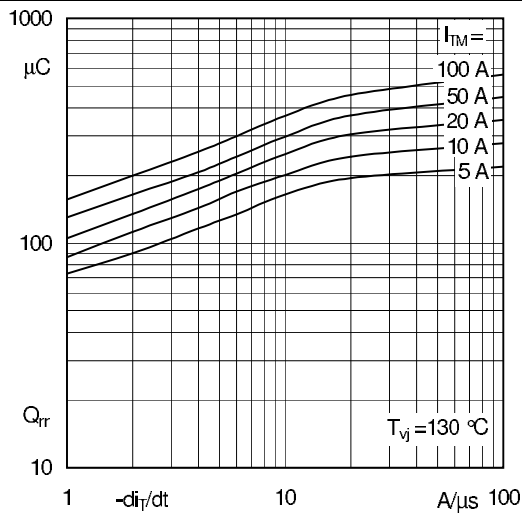


Fig. 5: Recovered charge vs. current decrease

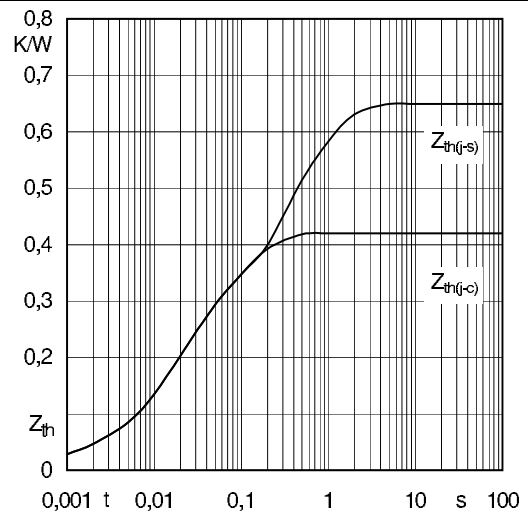


Fig. 6: Transient thermal impedance vs. time

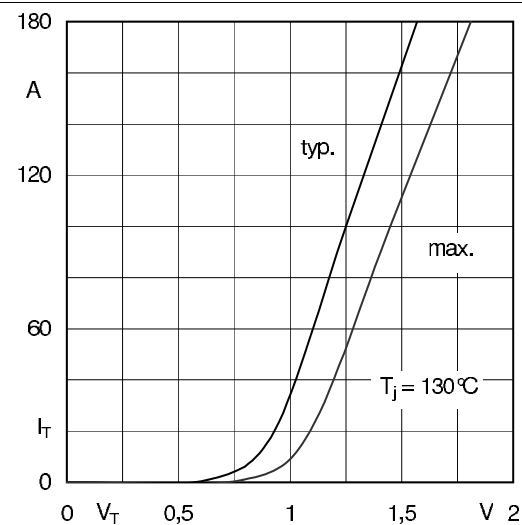


Fig. 7: On-state characteristics

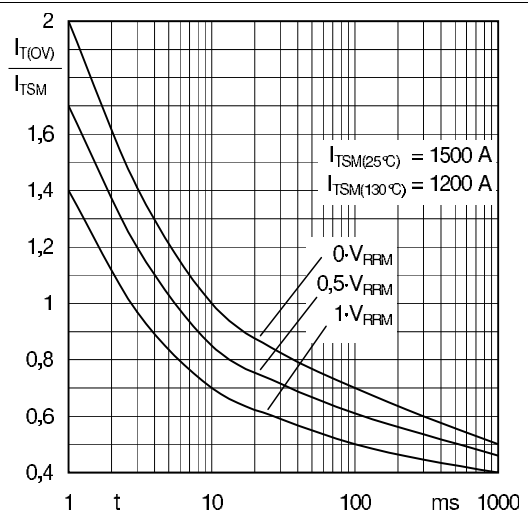


Fig. 8: Surge overload current vs. time

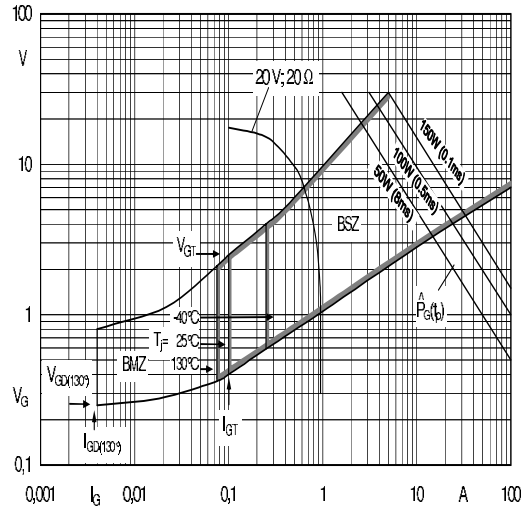
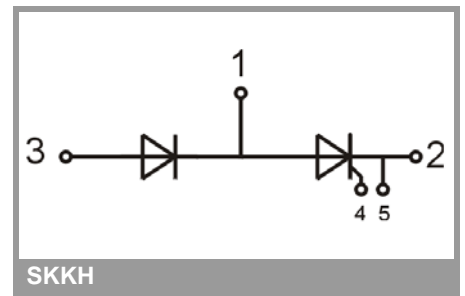
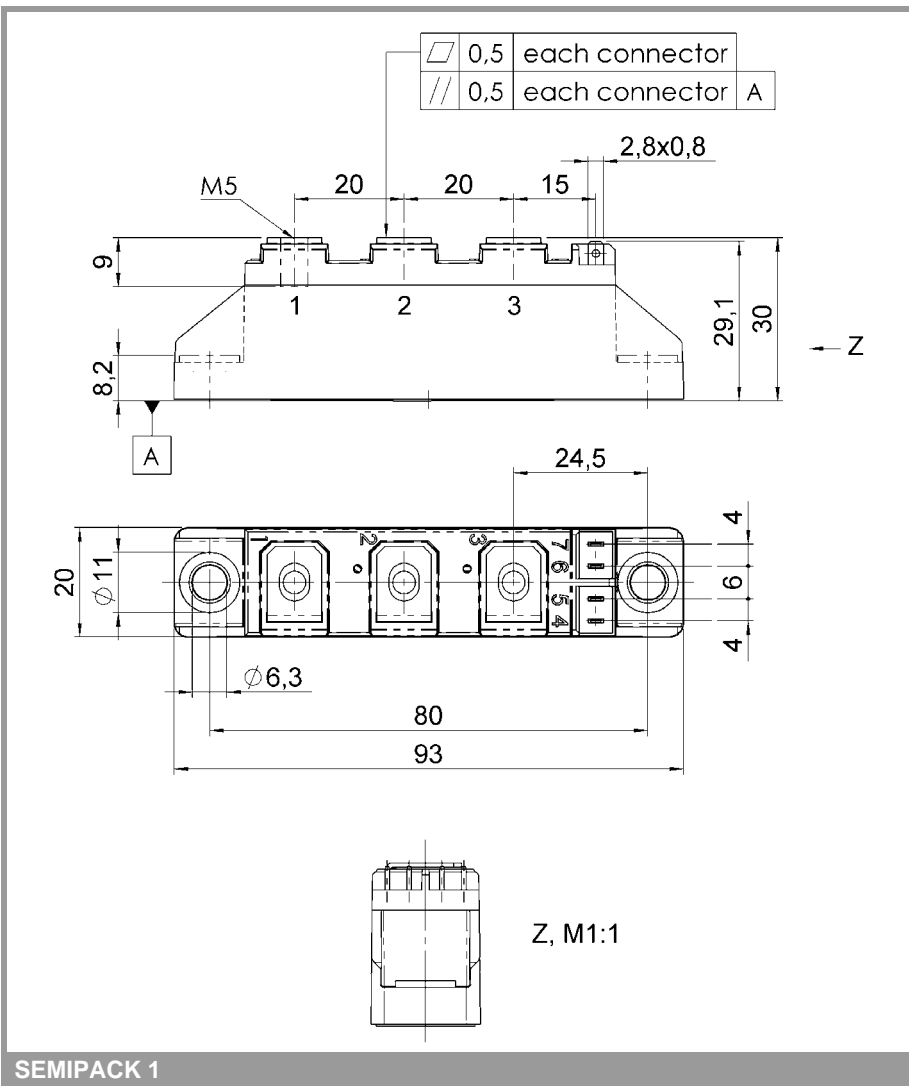


Fig. 9: Gate trigger characteristics



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

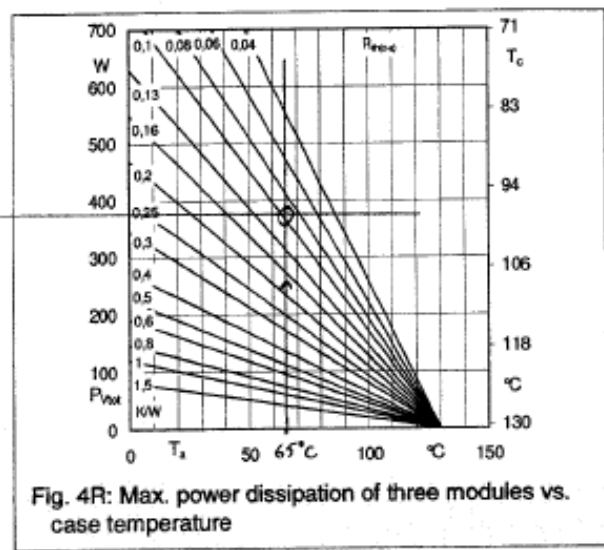
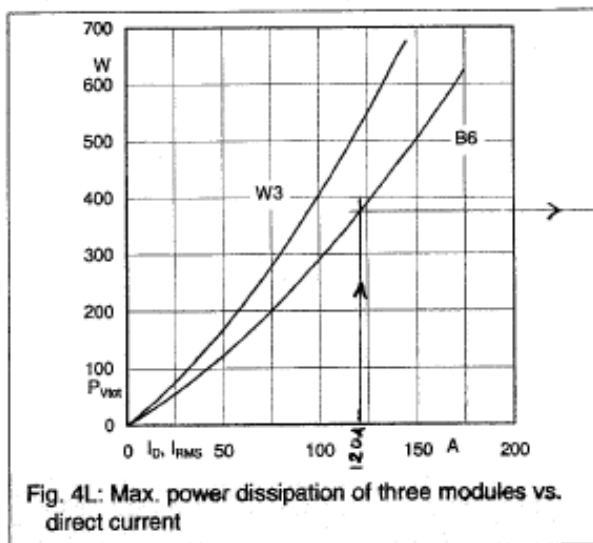
Tentti 7.1.2013 RATKAISUT

Tehtävät 1-3: Katso kirja

Tehtävä 4

Datalehden kuvat 4L ja 4R pätevät kolmelle moduulille. Kuvan 4L käyrä B6 pätee näistä tehtyyn kuusipulssisiltaan. Vaaka-asteikolla on valmiiksi I_D eli tasavirta. Siten piirtämällä pystysuora viiva kohtaan 120 A ja käyrän B6 leikkauspisteestä vaakasuora viiva oikeanpuoleiseen käyrästöön nähdään että sen ja 65°C kohtaan piirretyn suoran leikkauspisteessä on

$$R_{th(c-a)} \approx 0,095 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$



Datalehden sivulla 1 annetaan $R_{th(c-s)} = 0,11 \frac{\text{K}}{\text{W}}$ per moduuli. Nyt kyseessä on kolme moduulia, joten

$$\underline{\underline{R_{th(s-a)} \approx 0,095 \frac{\text{K}}{\text{W}} - \frac{0,11 \frac{\text{K}}{\text{W}}}{3} \approx 0,058 \frac{\text{K}}{\text{W}}}}$$

Tehtävä 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 lankaa F_R

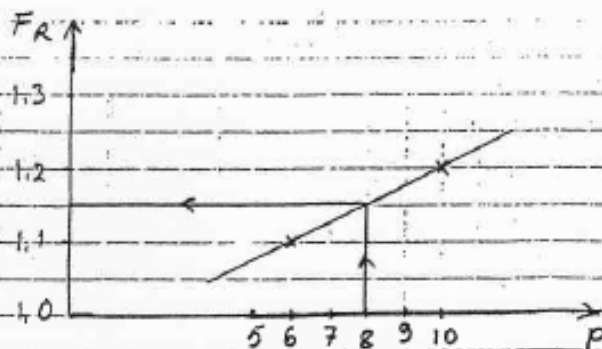
$$\Delta = \sqrt{\frac{S}{\pi \mu_0 \mu_c f}} = \sqrt{\frac{2,26 \cdot 10^{-8} \text{ Jm}}{\pi \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}} \cdot 1,3 \text{ kHz}}} \approx 1,4 \text{ mm}$$

($\mu_c = 1$ kuperille)

$F_L = 1$ foliolla ($N_L = 1$, $S = 3W$)

$$\Rightarrow \frac{h/F_R}{\Delta} \approx \frac{0,5 \text{ mm}}{1,4 \text{ mm}} \approx 0,36$$

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



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

Johdinten pituus:

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

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

Johtimen poikkipinta-ala: $A = 35 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} = 17,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Vastus tasasähköllä 100°C lämpötilassa:

$$R_{dc} = \frac{\rho l}{A} \approx \frac{2,26 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m} \cdot 1,15 \text{ m}}{17,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} \approx 1,49 \text{ m}\Omega$$

Efekttiivinen vastus: $R_e = F_R \cdot R_{dc} = 1,15 \cdot 1,49 \text{ m}\Omega \approx 1,7 \text{ m}\Omega$

Efekttiivinen virta: $I_e = I_o = 12,5 \text{ A}$ koska $f_e \gg 1 \text{ kHz}$

Häviöteho käämissä on siten likimain

$$\underline{\underline{P_H = R_e I_e^2 \approx 1,7 \text{ m}\Omega \cdot (12,5 \text{ A})^2 \approx 270 \text{ mW}}}$$