

Tentti 11.01.2010, kello 9 ... 12, sali S1

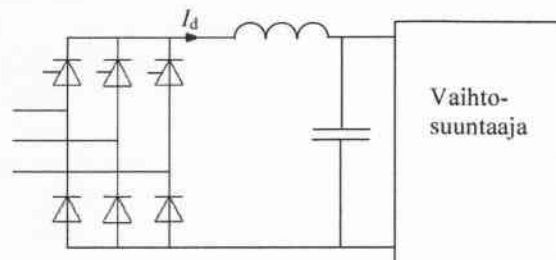
Papereihin

- sukunimi ja etunimet
- opiskelijanumero
- koulutusohjelma.

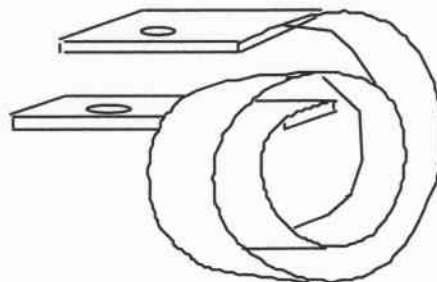
Tentissä sallitut apuvälineet

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

1. Selvitä lyhyesti (max. 2...4 lausetta + mahdollinen kuva), mitä seuraavilla termeillä tarkoitetaan
 - SiC
 - takavirran varaus
 - SOA
 - bifiliaarinen käämitys
 - kuristimen hyvyysluku.
2. Esittele IGBT:n rakenne, toimintaperiaate ja ominaisuudet.
3. Selvitä, miten verkkotaajuiset ja suurtaajuiset muuntajat eroavat toisistaan. Kuvaile sanallisesti suurtaajuusmuuntajan (esim. 50 kHz, 100 W, 400 V/15 V) suunnittelun vaiheet ja kussakin vaiheessa huomioon otettavat seikat.
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 °C?



5. IGBT-taajuusmuuttajan lähtöjännitteen du/dt -suodattimeen tarvitaan 9 μ H kuristimet. Kuristin on päätetty valmistaa ilmasydämisenä 2 x 30 mm poikkileikkauksen omaavasta kuparinauhasta rullaamalla alla olevan kuvan tapaan. Kuristimen ulkohalkaisijan tulee olla pienempi kuin 18 cm. Kierrosten väliin jätetään 2 mm eristysrako. Määrä kuristimen kierrosluku ja mitat. Tarvittava käyrästä ja kaavat löytyvät tehtäväpaperinipun lopusta.



SKKH 57/16 E G6



SEMIPACK® 1

Thyristor / Diode Modules

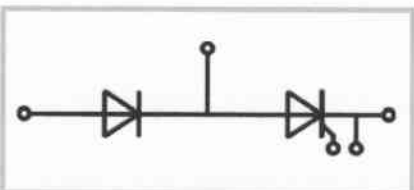
SKKH 57/16 E G6

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}	$T_j = 25\text{ °C}, I_G = 1\text{ A}, di_G/dt = 1\text{ A}/\mu\text{s}$			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	$T_j = 25\text{ °C}, R_G = 33\text{ }\Omega$			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

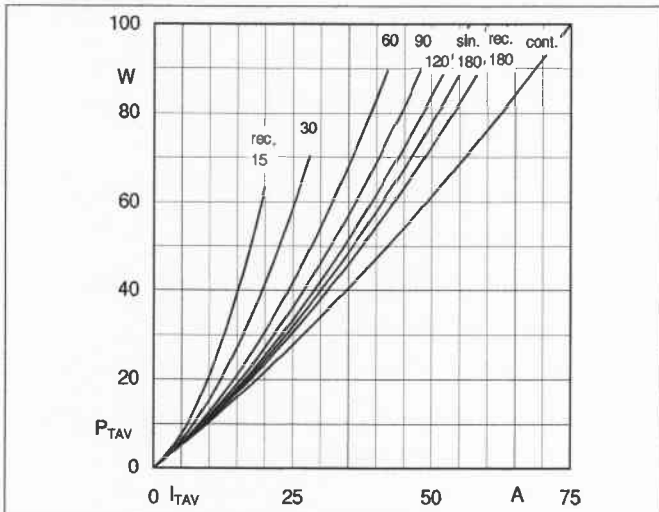


Fig. 1L: Power dissipation per thyristor/diode vs. on-state current

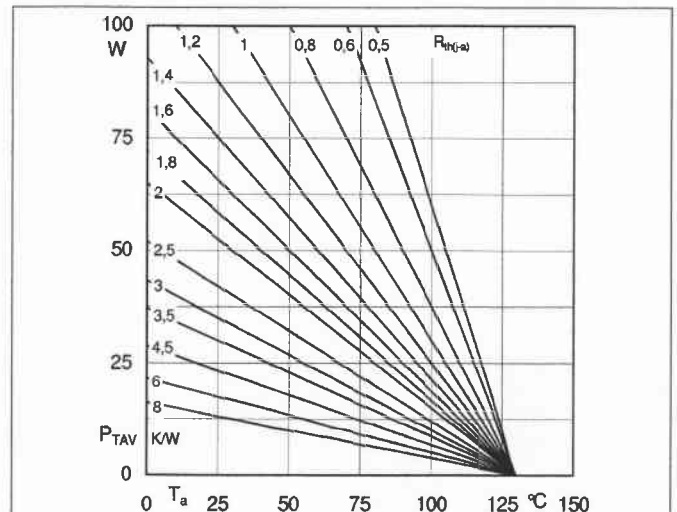


Fig. 1R: Max. power dissipation per chip vs. ambient temperature

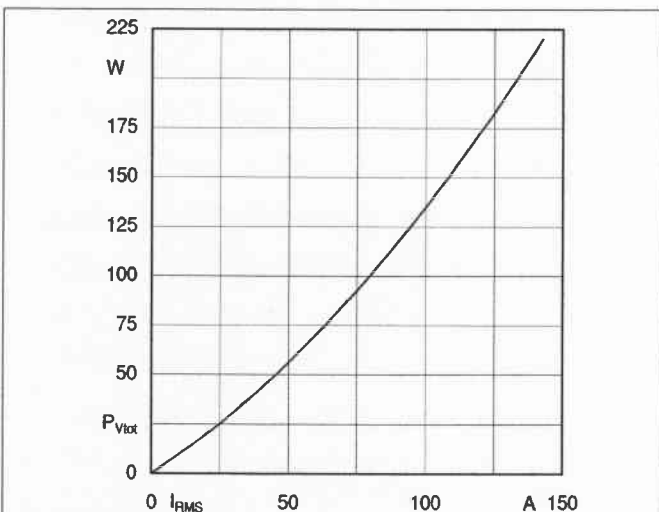


Fig. 2L: Max. power dissipation of one module vs. rms current

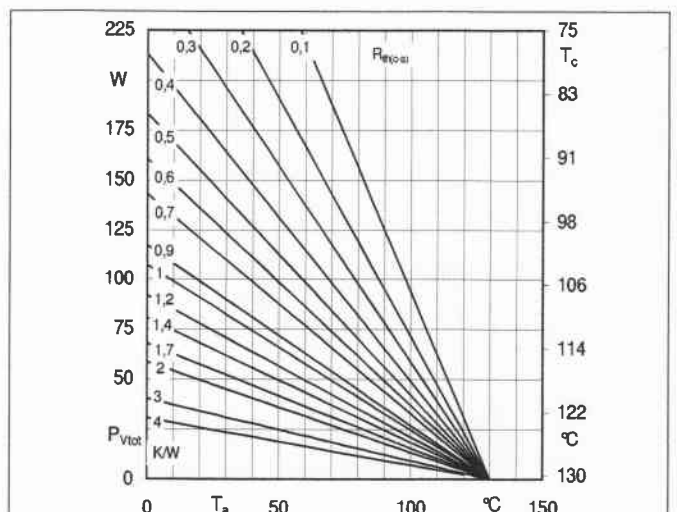


Fig. 2R: Max. power dissipation of one module vs. case temperature

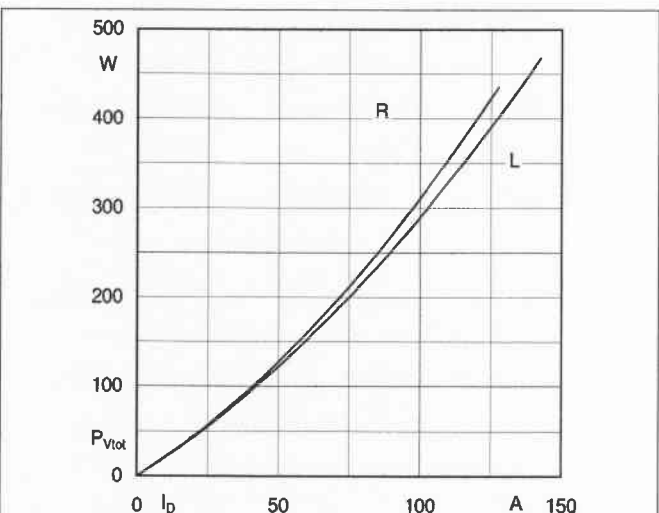


Fig. 3L: Max. power dissipation of two modules vs. direct current

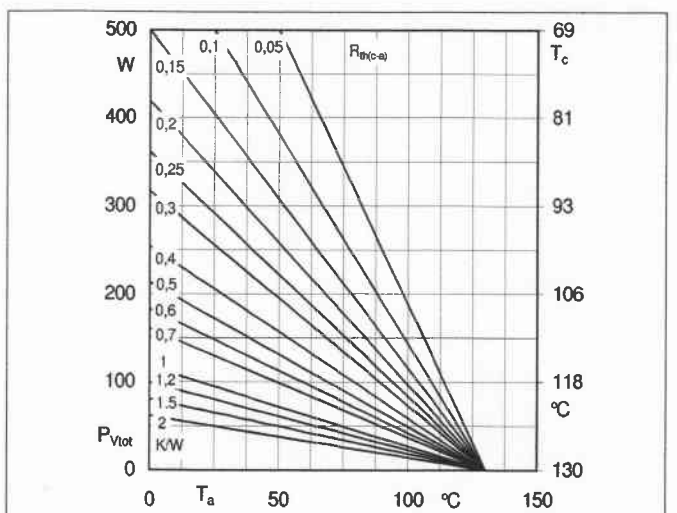


Fig. 3R: Max. power dissipation of two modules vs. case temperature

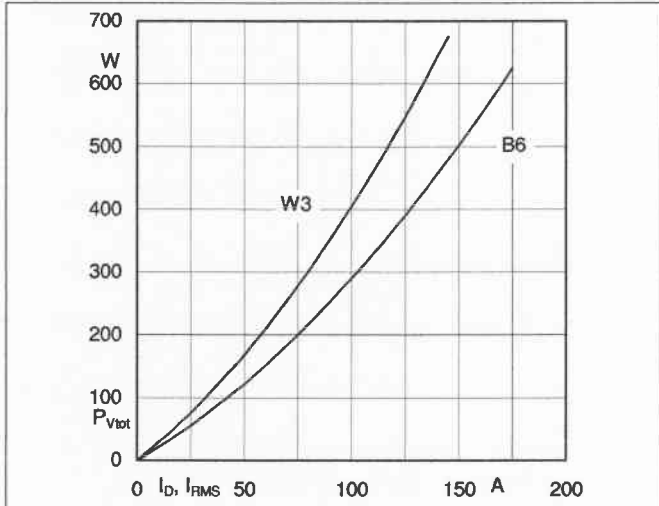


Fig. 4L: Max. power dissipation of three modules vs. direct current

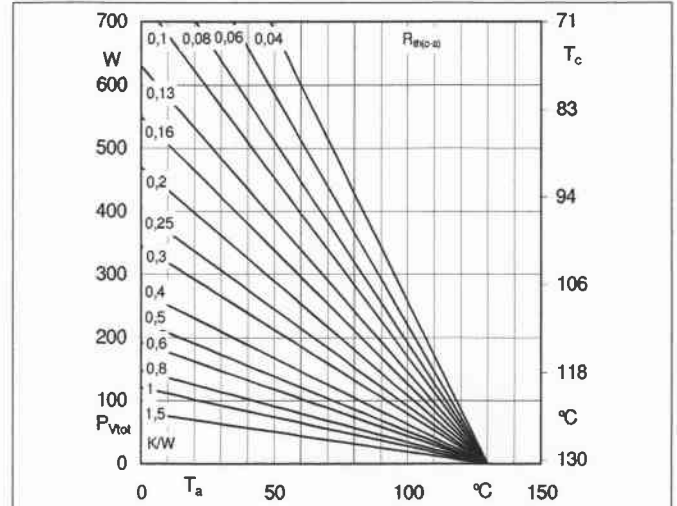


Fig. 4R: Max. power dissipation of three modules vs. case temperature

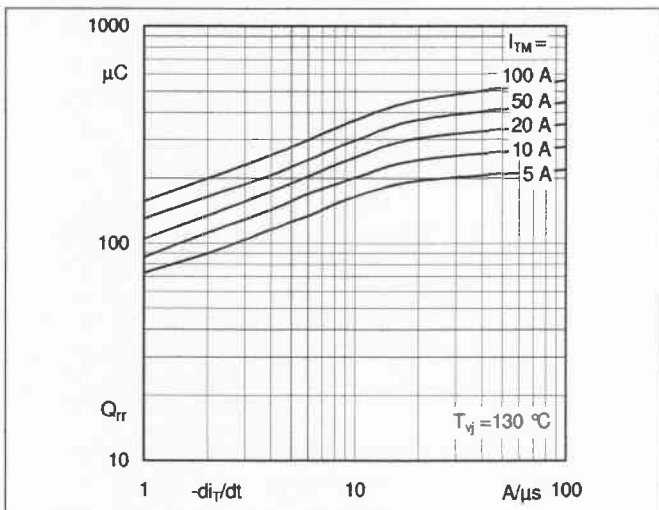


Fig. 5: Recovered charge vs. current decrease

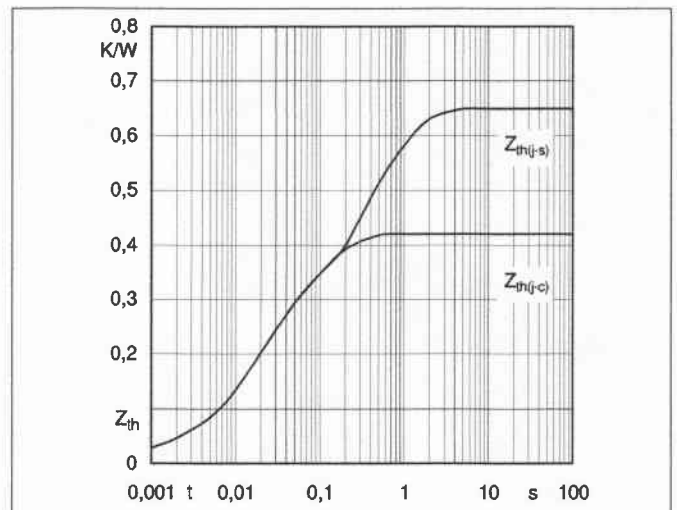


Fig. 6: Transient thermal impedance vs. time

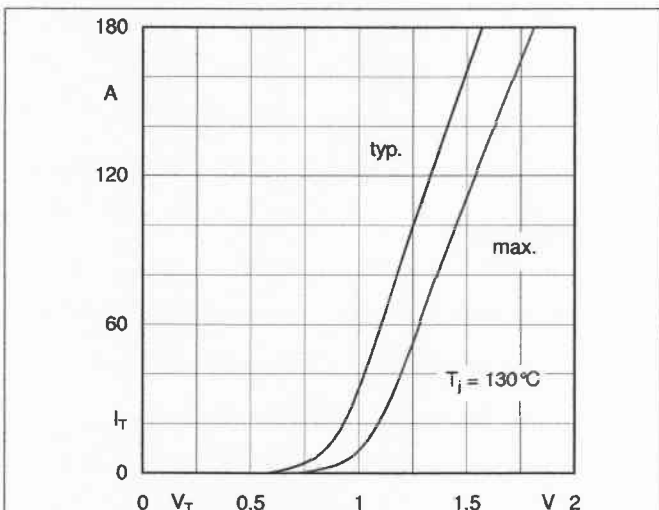


Fig. 7: On-state characteristics

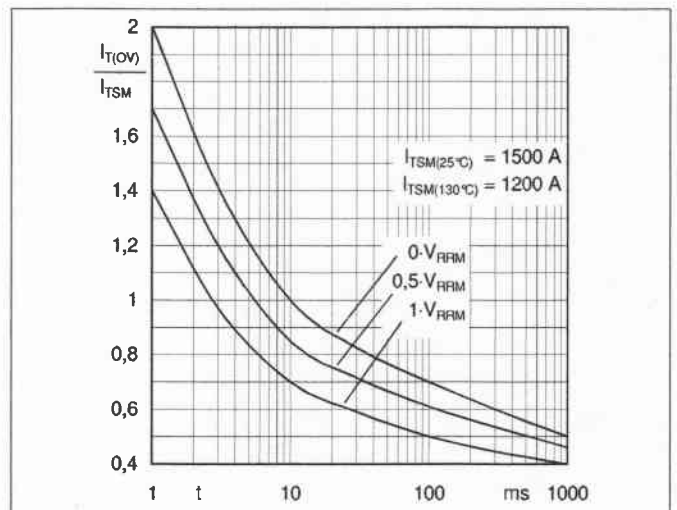


Fig. 8: Surge overload current vs. time

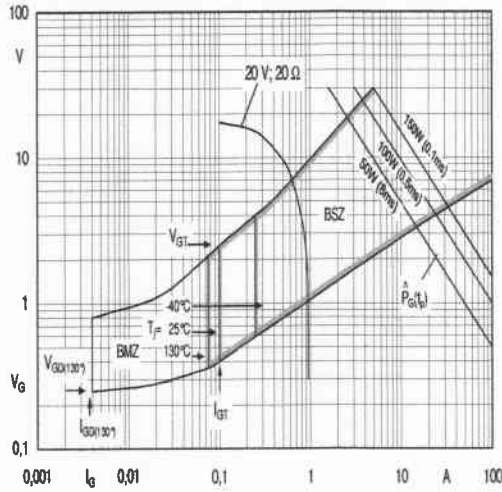
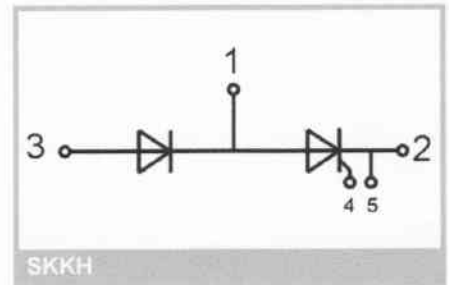
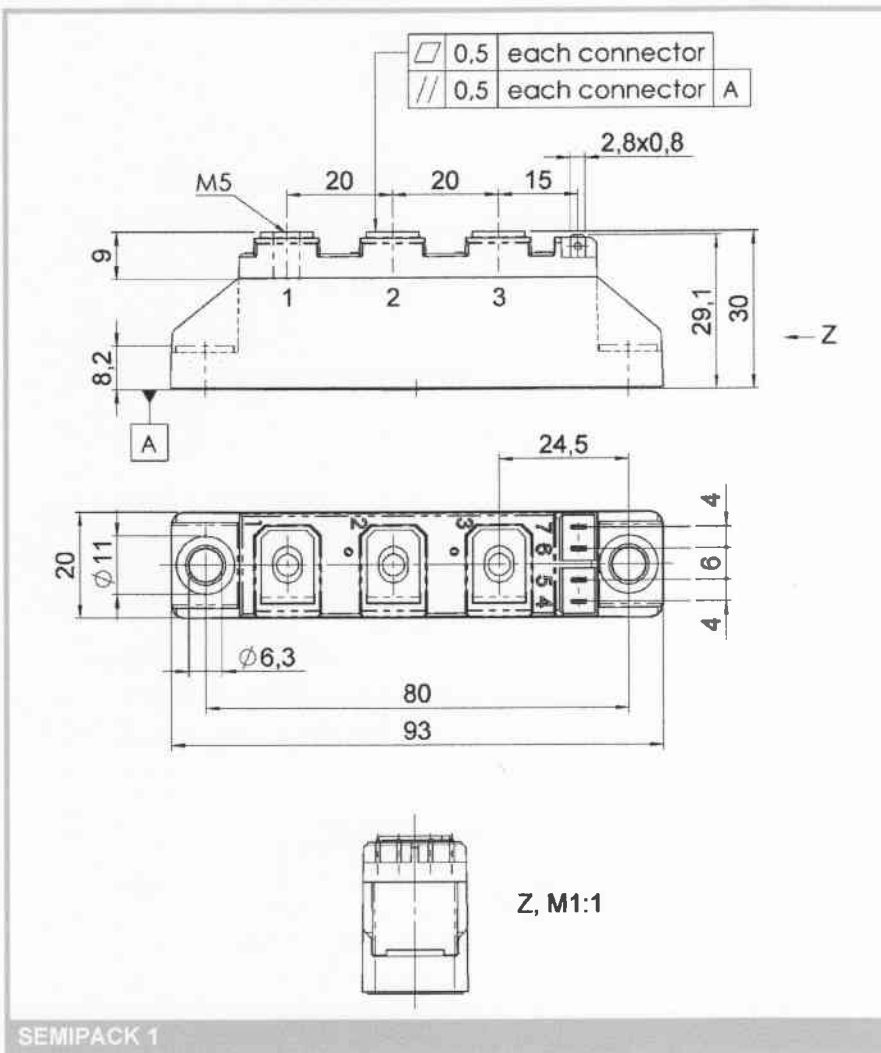
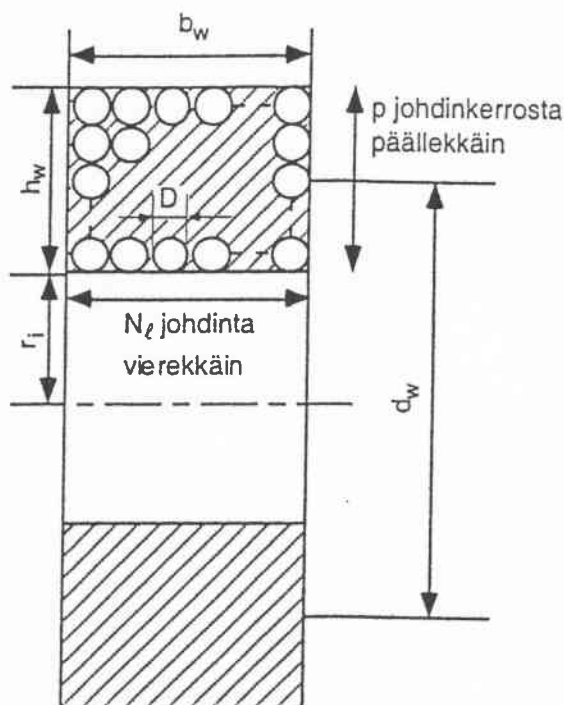


Fig. 9: Gate trigger characteristics



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



Kuva 11.18. Ilmasydämisen kuristimen mitoituksessa tarvittavat mitat

$$\frac{L}{nH} = N^2 \phi(\eta, \zeta) \frac{d_w}{\text{cm}} \quad (11.38)$$

jossa

 d_w = käämin keskihalkaisija N = kierrosluku = $N_l p$ $\phi(\eta, \zeta)$ = kuvan 11.19 käyrästä saatava arvo

Kuvan 11.19 käyrästä käytetyt muuttujat määritellään

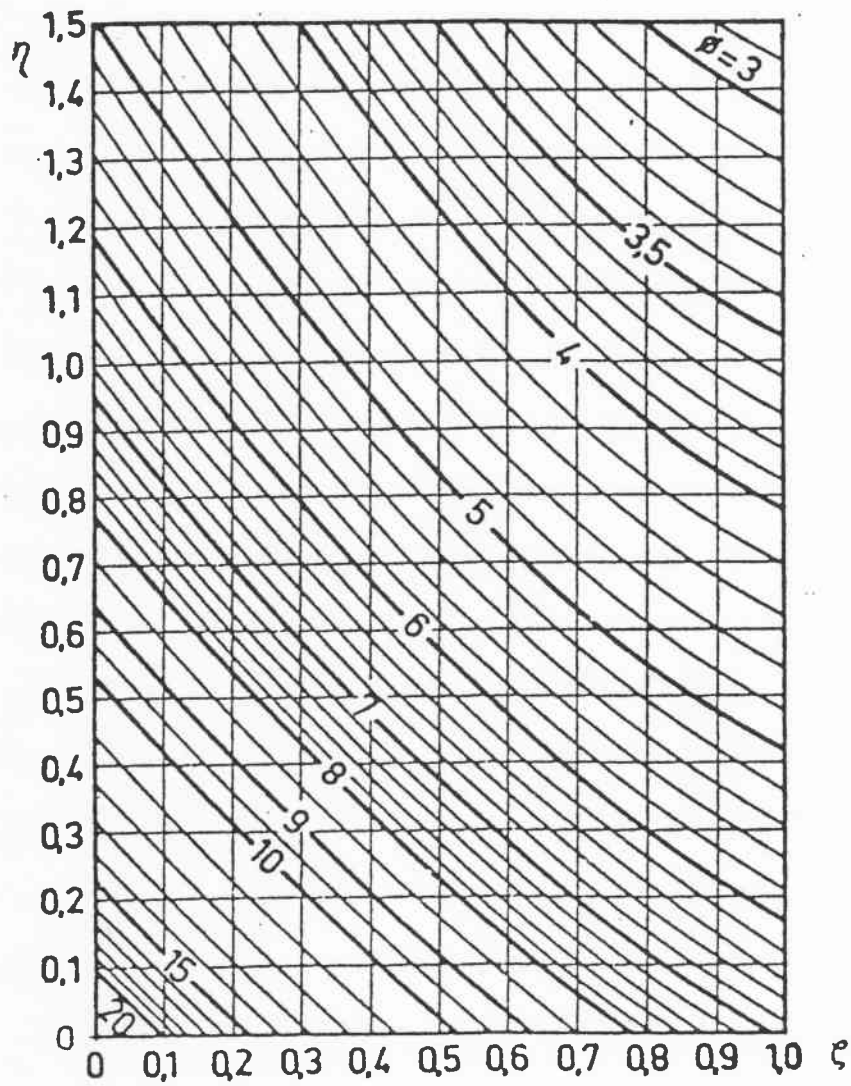
$$\eta = \frac{b_w}{d_w} = \frac{N_l D}{d_w} \quad (11.39)$$

$$\zeta = \frac{h_w}{d_w} = \frac{p D}{d_w} \quad (11.40)$$

joissa D on käämintään käytetyn johtimen keskimääräinen ulkohalkaisija, kuva 11.17, b_w käämin leveys ja h_w käämin korkeus.

Kuvassa 11.20 on esitetty johdinmenekin riippuvuus muuttujista η ja ζ . Optimia on merkitty luvulla 100. Kuten nähdään, optimipiste on saavutettavissa arvoparilla

$$\eta = \zeta = 0,34 \quad (11.41)$$



Kuva 11.19. Kuristimen ominaisinduktanssi ϕ muotomuuttujien η ja ζ funktiona [16].

jolloin $\phi_{\text{opt}} \approx 8,3$. Optimalue on melko laaja. Sopivat arvovälit muotomuuttujille ovat siten

$$0,23 < \eta < 0,5$$

$$0,23 < \zeta < 0,5$$

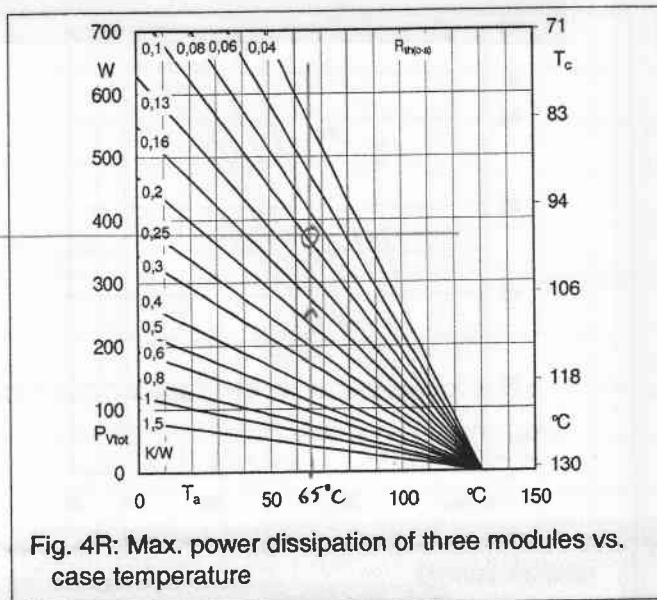
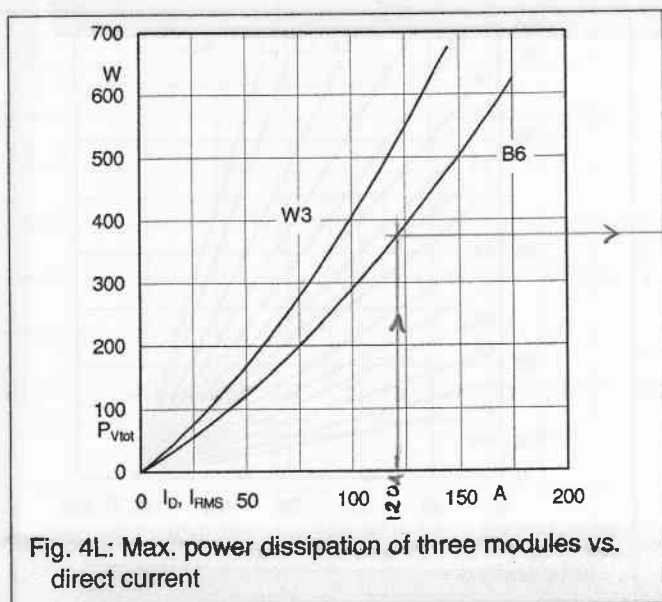
(11.42)

Teht. 1-3: Katso kirja

Teht. 4

Datalehden kuvat 4L ja 4R pätevät kolmelle moduulille. Kuvan 4L käyrä B6 pätee näistä tehtyyn kuusipulssisilttaan. Vaaka-asteikolla on valmiiksi I_p 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

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

Teht. 5

Optimaalinen piste : $\phi = 8,3$ ja $\eta = \xi = 0,34$

$$\Rightarrow N_{opt}^2 dw_{opt} = \frac{L}{\phi_{opt}} \frac{cm}{nH} = \frac{9000}{8,3} \approx 1084 \text{ cm}$$

Kuparinauha on 30 mm levyistä $\Rightarrow bw = 3 \text{ cm}$

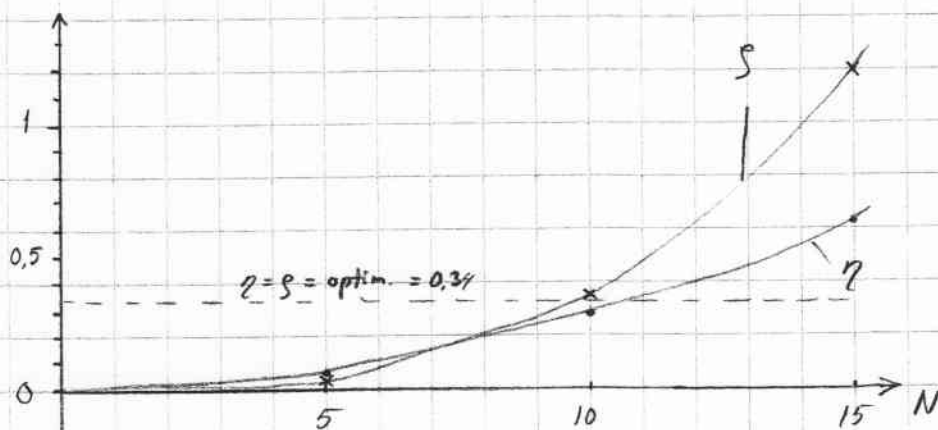
Käämin korkeus

$$h_w = N(2\text{mm} + 2\text{mm}) - 2\text{mm} = N \cdot 0,4 \text{ cm} - 0,2 \text{ cm}$$

\uparrow kuparin paksuus \nwarrow eristysväli \uparrow

Taulukoidaan : $dw_{opt} = \frac{1084 \text{ cm}}{N^2}$

N	dw / cm	η	ξ
5	43,3	0,069	0,042
10	10,84	0,277	0,351
15	4,8	0,625	1,208



Todetaan, että $N = 10$ on lähinnä optimi ξ ja η arvoja

$$\Rightarrow h_w = 10 \cdot 0,4 \text{ cm} - 0,2 \text{ cm} = 3,8 \text{ cm}$$

Tehtäväpaperin käyrästä saadaan

$$\phi(n, \rho) = \phi(0,277, 0,351) \approx 8,75 \frac{\mu\text{H}}{\text{cm}}$$

$$\Rightarrow L = N^2 \phi(n, \rho) \cdot dw = 10^2 \cdot 8,75 \cdot 10,84 = 9,485 \mu\text{H}$$

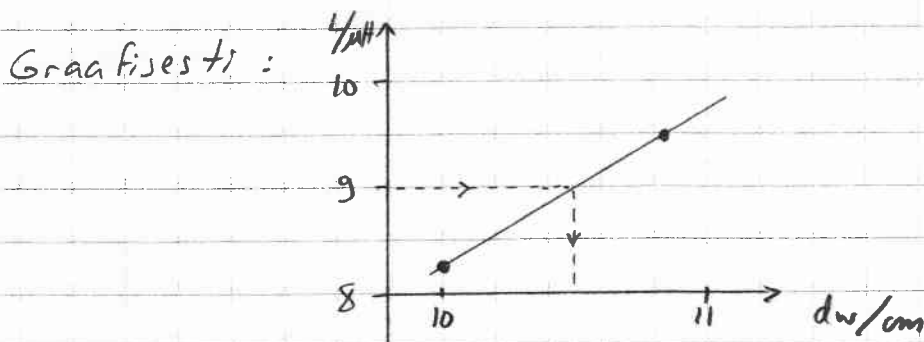
Menee siis noin 5% ylitse.

Kokeillaan arvoa $dw = 10 \text{ cm}$

$$\Rightarrow \eta = \frac{3 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 0,3 \quad \rho = \frac{3,8}{10 \text{ cm}} = 0,38$$

$$\Rightarrow \phi(n, \rho) \approx 8,25$$

$$\Rightarrow L = 10^2 \cdot 8,25 \cdot 10 = 8,25 \mu\text{H}$$



Siis keskihalkaisijan oltava noin $10,5 \text{ cm}$

$$\left. \begin{aligned} \text{(tarkistus: } \eta &= \frac{3}{10,5} = 0,286 \\ \rho &= \frac{3,8}{10,5} = 0,362 \end{aligned} \right\} \phi(n, \rho) \approx 8,7$$

$$\Rightarrow L \approx 10^2 \cdot 8,6 \frac{\mu\text{H}}{\text{cm}} \cdot 10,5 = 9,03 \mu\text{H} \Rightarrow \underline{\underline{\approx 0k}}$$

$$\text{Sisähalkaisija } d_i = 10,5 - 3,8 = 6,7 \text{ cm}$$

$$\text{Jotta johdin taipuisi, oltava } d_i \geq 6 \cdot D = 6 \cdot 2 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$

$$\text{Ulkehalkaisija } d_o = 10,5 + 3,8 = 14,3 \text{ cm} < 18 \text{ cm} \Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$