

Tentti 12.01.2015, kello 16 ... 19, sali S4

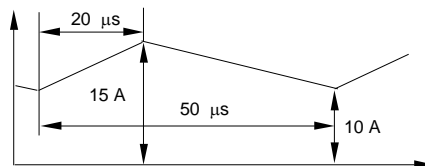
Papereihin

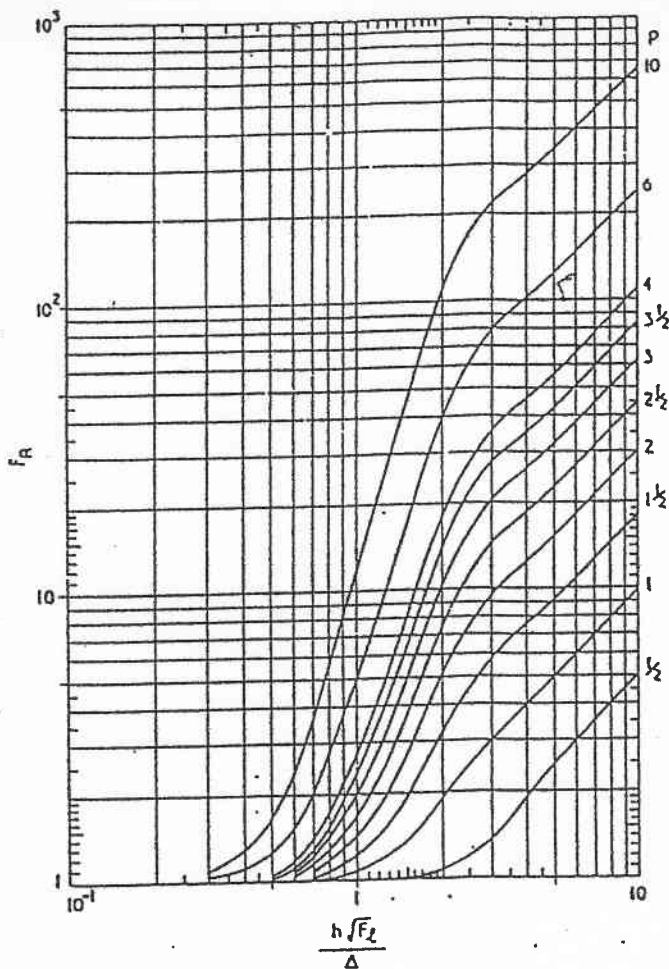
- sukunimi ja etunimet
- opiskelijanumero
- koulutusohjelma.

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
 - neutronisäteilytys
 - SiC
 - SOA
 - prospektiivinen oikosulkuvirta
 - Hall-anturi.
2. Esittele IGBT:n rakenne, toimintaperiaate ja ominaisuudet.
3. Esittele kirjassa esitetyt puolijohdetehokomponenttien jäähdytysmenetelmät ja -laitteet sekä niiden keskinäiset edut ja haitat.
4. Yksivaiheisen diodisiltamoduulin SKB 26 (datalehti oheisena) jäähdytykseen käytetään jäähdytyslementtiä, jonka lämpövastus $R_{thsa} = 5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$. Kuinka isoa tasavirtaa sillalla voidaan syöttää, kun jäähdytysilman lämpötila on $65 \text{ } ^\circ\text{C}$? Sillan lähdössä on iso suotokondensaattori.
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/

$$F_L = N_L \frac{b}{b_w}$$

N_L kierrosta/kierros

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

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

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

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

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

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



Power Bridge Rectifiers

SKB 26

Features

- Square plastic case with isolated metal base plate and wire leads
- Ideal for printed circuit boards
- Blocking voltage up to 1600 V
- High surge currents
- Notch moulded in casing for easy polarity identification
- Easy chassis mounting

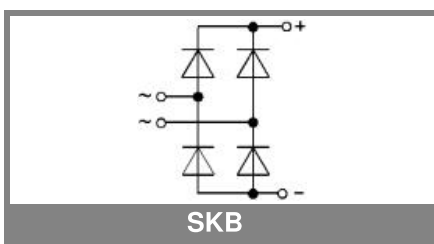
Typical Applications*

- Single phase rectifiers for power supplies
- Input rectifiers for variable frequency drives
- Rectifiers for DC motor field supplies
- Battery charge rectifiers
- Recommended snubber network:
RC: 0.1 μ F, 50 Ω ($P_R = 1$ W)

- 1) Soldered directly onto a p.c.b. of 100 x 160 mm with tinned tracking of min. 2.5 mm
- 2) Mounted on a painted metal sheet of min. 250 x 250 x 1 mm

V_{RSM}, V_{RRM} V	V_{VRMS} V	$I_D = 18$ A ($T_c = 75$ °C) Types	C_{max} μ F	R_{min} Ω
200	60	SKB 26/02		0,15
400	125	SKB 26/04		0,3
600	185	SKB 26/06		0,4
800	250	SKB 26/08		0,5
1000	310	SKB 26/10		0,65
1200	380	SKB 26/12		0,75
1400	440	SKB 26/14		0,9
1600	500	SKB 26/16		1

Symbol	Conditions	Values	Units
I_D	$T_a = 45$ °C, isolated ¹⁾	3,5	A
	$T_a = 45$ °C, chassis ²⁾	10	A
I_{DCL}	$T_a = 45$ °C, isolated ¹⁾	3	A
	$T_a = 45$ °C, chassis ²⁾	9,5	A
	$T_a = 45$ °C, P1A/120	14	A
I_{FSM}	$T_{vj} = 25$ °C, 10 ms	370	A
	$T_{vj} = 150$ °C, 10 ms	320	A
i^2t	$T_{vj} = 25$ °C, 8,3 ... 10 ms	680	A ² s
	$T_{vj} = 150$ °C, 8,3 ... 10 ms	500	A ² s
V_F	$T_{vj} = 25$ °C, $I_F = 150$ A	max. 2,2	V
$V_{(TO)}$	$T_{vj} = 150$ °C	max. 0,85	V
r_T	$T_{vj} = 150$ °C	max. 12	m Ω
I_{RD}	$T_{vj} = 25$ °C, $V_{RD} = V_{RRM}$	300	μ A
	$T_{vj} = 150$ °C, $V_{RD} = V_{RRM} \geq V$		μ A
I_{RD}	$T_{vj} = 25$ °C, $V_{RD} = V_{RRM}$	5	mA
	$T_{vj} = 150$ °C, $V_{RD} = V_{RRM} \geq V$		mA
t_{rr}	$T_{vj} = 25$ °C	10	μ s
f_G		2000	Hz
$R_{th(j-a)}$	isolated ¹⁾	15	K/W
	chassis ²⁾	4,7	K/W
	total	1,9	K/W
	total	0,15	K/W
T_{vj}		- 40 ... + 150	°C
T_{stg}		- 55 ... + 150	°C
V_{isol}	a. c. 50 ... 60 Hz; r.m.s.; 1 s / 1 min.	3000 / 2500	V~
M_s	to heatsink	2 \pm 15 %	Nm
M_t			Nm
a			m/s ²
w		20	g
F_u		20	A
Case		G 50a	



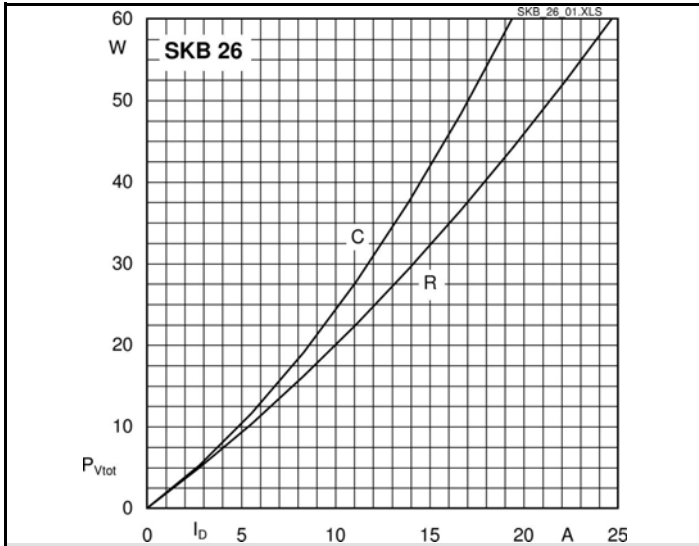


Fig. 1L Power dissipation vs. output current

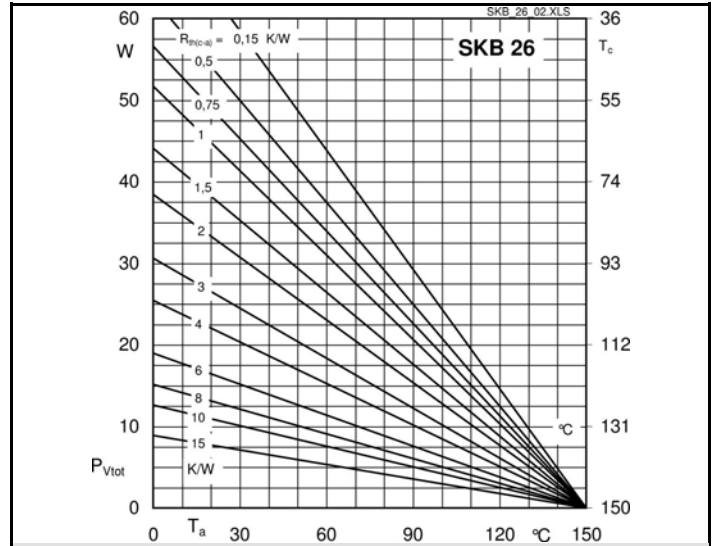


Fig. 1R Power dissipation vs. case temperature

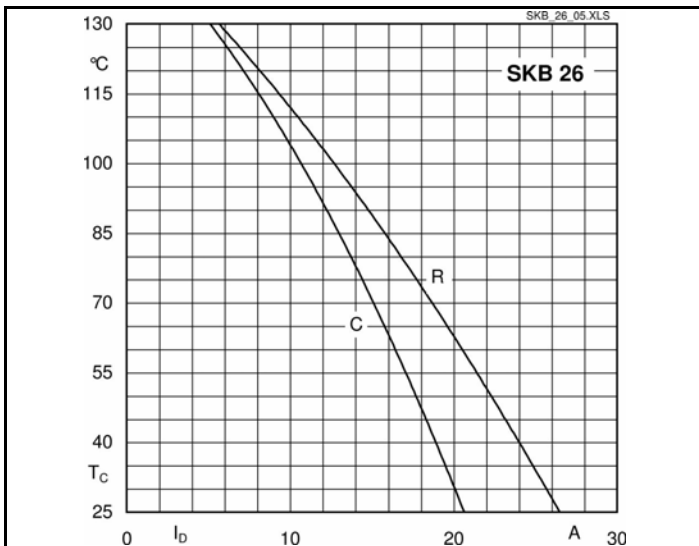


Fig. 2 Output current vs. case temperature

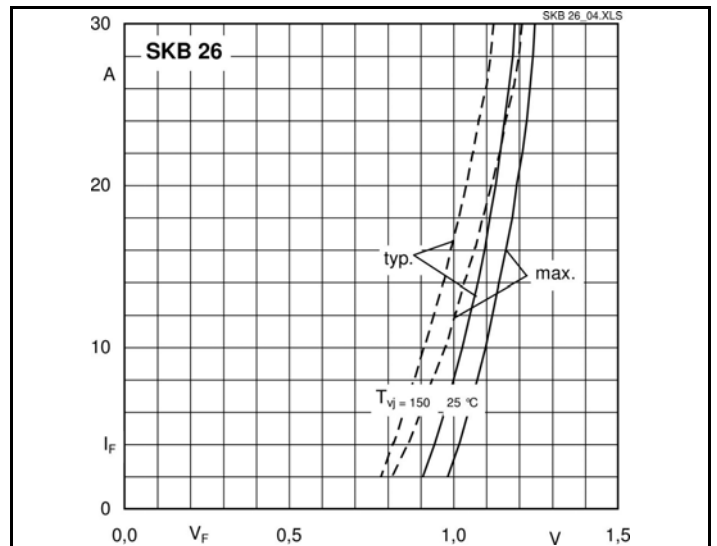


Fig. 9 Forward characteristics of a diode arm

Teht. 1-3: Katso kirja

Teht. 4

Datalehdessä löytyy kuvapari Fig. 1L ja Fig. 1R joiden avulla tasavirta I_D voidaan määrittää suoraan.

Kuvassa 1R on parametrina $R_{th(c-a)}$ eli lämpövastus kuoresta jäähdytysaineeseen

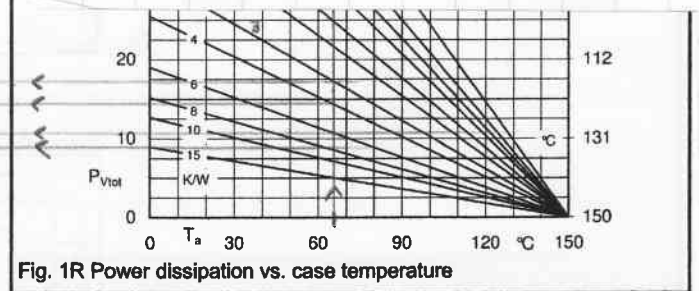
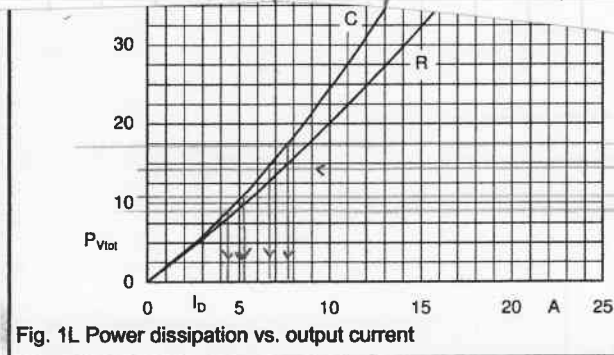
$$R_{th(c-a)} = R_{th(c-s)} + R_{th(s-a)}$$

Näistä datalehdessä annetaan numeroarvoissa

$$R_{th(c-s)} = 0,15 \text{ K/W} \quad \text{ja tehtäväpaperissa } R_{th(s-a)} = 5 \text{ K/W}$$

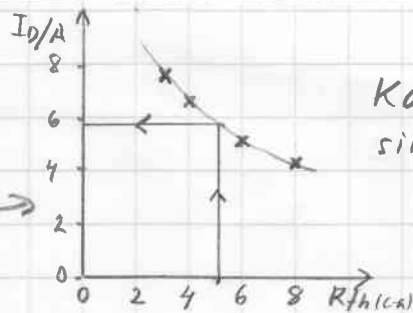
$$\text{Siten } R_{th(c-a)} = 0,15 \text{ K/W} + 5 \text{ K/W} = 5,15 \text{ K/W}$$

Kuvasta 1R huomataan, että 5,15 K/W ja 65°C kohdalla lukeminen on vaikeata epälineaarisuuden takia. Luetaan varmuuden vuoksi C-käyrältä arvot $R_{th(c-a)} = 3, 4, 6$ ja 8 K/W kohdalta (C käyrä pätee kapasitiiviselle tasajännitteen suodolle)



$R_{th(c-a)}$	I_D / A
3	7,7
4	6,7
6	5,2
8	4,3

Näistä piirretään käyrä



Käyrältä saadaan siis $I_D \approx 5,8 A$

(Tentissä hyväksyttävä myös suoraan luku ilman piirtämistä)

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

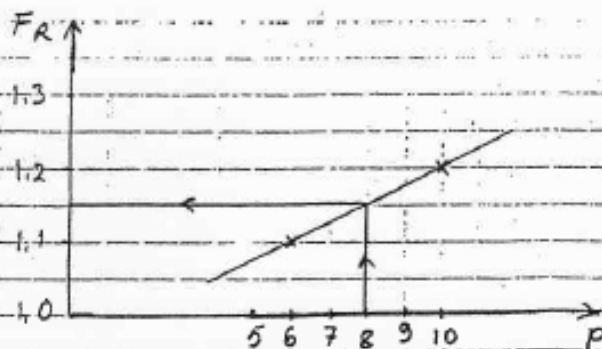
$$\Delta = \sqrt{\frac{S}{\pi \mu_0 \mu_c f}} = \sqrt{\frac{2,26 \cdot 10^{-8} \text{ J/m}}{\pi \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}} \cdot 1,3 \text{ kHz}}} \approx 1,4 \text{ mm}$$

($\mu_c = 1$ 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 ($\rho = N = 8$ foliolla)



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

Johdinten pituus:

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

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

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

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