

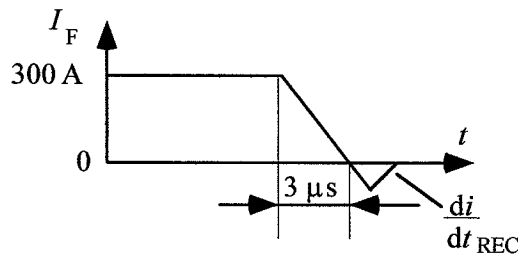
Papereihin

- sukunimi ja etunimet
- opiskelijanumero
- osasto ja vuosikurssi.

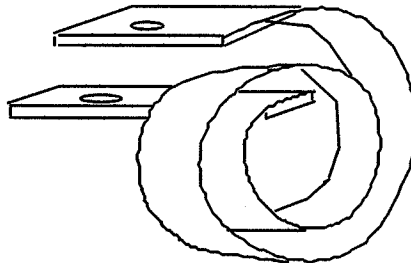
Tentissä sallitut apuvälineet

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

1. Selvitä lyhyesti (max. 2...4 lausetta + mahdollinen kuva), mitä seuraavilla termeillä tarkoitetaan
 - neutronisäteilytys
 - vyöry eli avalanche-diodi
 - trench-gate
 - varistori
 - PTC vastus.
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.a) Johda lauseke diodin vaimennusaikaiselle takavirran derivaatalle di/dt_{REC} , kun tunnetaan virran derivaatta di/dt estoviiveen aikana, takavirran varaus Q_{RR} ja takavirran huippuarvo I_{RRM} sekä oletetaan takavirran muuttuvan lineaarisesti vaimennusaikana.
- b) Mikä on di/dt_{REC} diodilla SKN 420 F, kun virran käyrämuoto on oheisen kuvan mukainen?

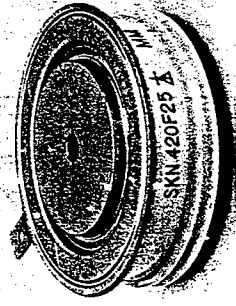


5. IGBT-taajuusmuuttajan lähtöjännitteen du/dt -suodattimeen tarvitaan $9 \mu\text{H}$ kuristimet. Kuristin on päätetty valmistaa ilmasydämisenä $2 \times 30 \text{ mm}$ poikkileikkauksen omaavasta kuparinauhasta rullaamalla alla olevan kuvan tapaan. Kuristimen ulkohalkaisijan tulee olla pienempi kuin 18 cm. Kierrosten väliin jätetään 2 mm eristysrako. Määrää kuristimen kierrosluku ja mitat. Tarvittava käyrästö ja kaavat löytyvät tehtäväpaperinipun lopusta.



Fast Recovery Rectifier Diodes

SKN 420 F



Features

- Small recovered charge
- Soft recovery
- Up to 2500 V reverse voltage
- Hermetic capsule type metal cases with ceramic insulators

Typical Applications

- Inverse diodes for GTO and asymmetric thyristors
- Inverters and choppers
- A. C. motor control
- Uninterruptible power supplies

V_{RSM} V_{RRM} V	I_{FAV} (sin. 180; $T_{case} = 85^\circ C$) 420 A
1800	SKN 420 F 18
2000	SKN 420 F 20
2200	SKN 420 F 22
2500	SKN 420 F 25

Symbol	Conditions	SKN 420 F	Units
I_{FAV}	sin. 180; DSC; $T_{case} = 85^\circ C$; 500 Hz	420	A
I_{FSM}	sin. 180; $R_{thjha} = 0,05^\circ C/W$; $T_{amb} = 35^\circ C$; DSC; 500 Hz	415	A
i^2t	$T_{vj} = 25^\circ C$; 10 ms	7500	A
	$T_{vj} = 125^\circ C$; 10 ms	7000	A
	$T_{vj} = 25^\circ C$; 8,3... 10 ms	281 000	A ² s
	$T_{vj} = 125^\circ C$; 8,3... 10 ms	245 000	A ² s
Q_{rr}	$T_{vj} = 125^\circ C$; $I_{FM} = 300 A$; $\frac{di}{dt} = 100 \frac{A}{\mu s}$	550	μC
I_{RM}	$T_{vj} = 125^\circ C$; $I_{FM} = 500 A$; $\frac{di}{dt} = 100 \frac{A}{\mu s}$	245	A
I_R	$T_{vj} = 25^\circ C$; $V_R = V_{RRM}$	4	mA
	$T_{vj} = 125^\circ C$; $V_R = V_{RRM}$	60	mA
V_F	$T_{vj} = 25^\circ C$; $I_F = 1500 A$; max.	2,4	V
$V(TO)$	$T_{vj} = 125^\circ C$	1,2	V
r_T	$T_{vj} = 125^\circ C$	0,8	m Ω
R_{thjc} R_{thch}	DSC/SSC (Double-sided cooling/ single-sided cooling)	0,045/0,092 0,012/0,024	$^\circ C/W$ $^\circ C/W$
T_{vj}		-40... + 125	$^\circ C$
T_{sig}		-40... + 125	$^\circ C$
F	SI units	5,2...8	kN
W	US units	1200...1800	lbs.
Case		95	g
		E 30	

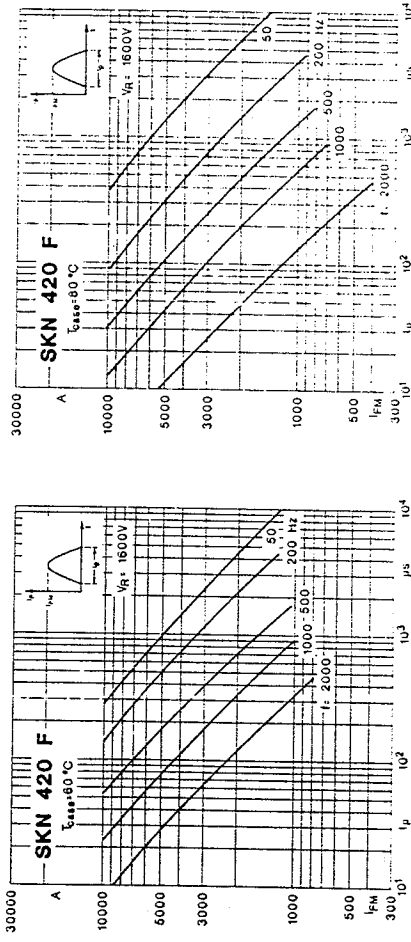


Fig. 1 a Rated sinusoidal peak forward current

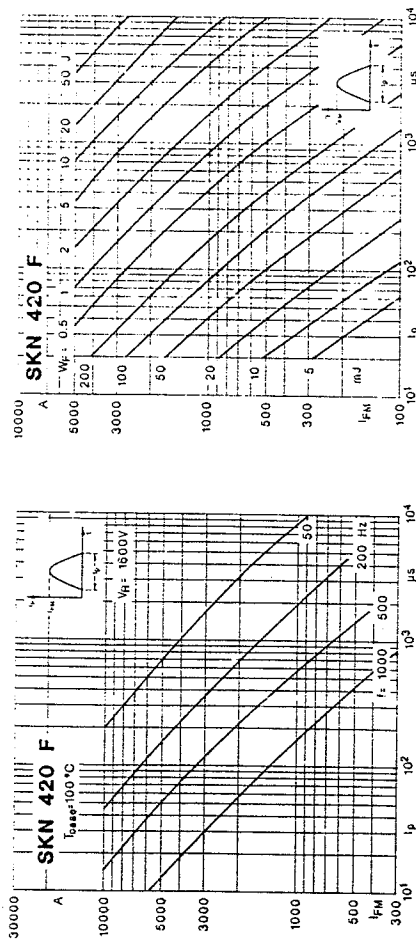


Fig. 2 Forward energy dissipation, sinusoidal

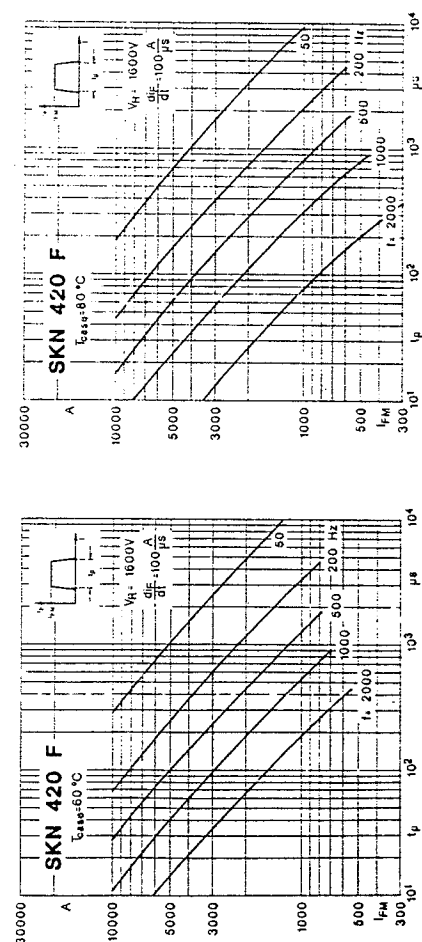


Fig. 3 a Rated rectangular peak forward current

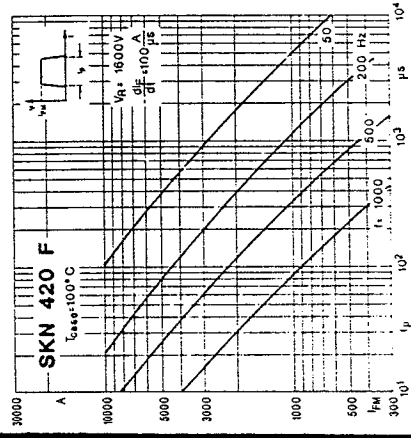


Fig. 3 c Rated rectangular peak forward current

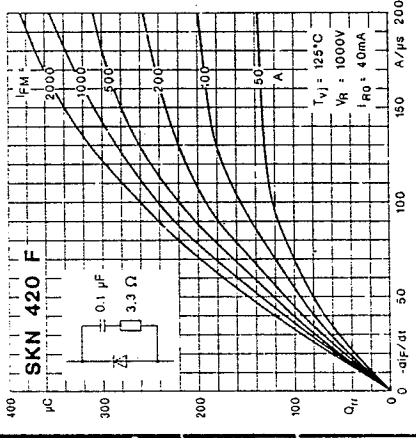


Fig. 5 Recovered charge

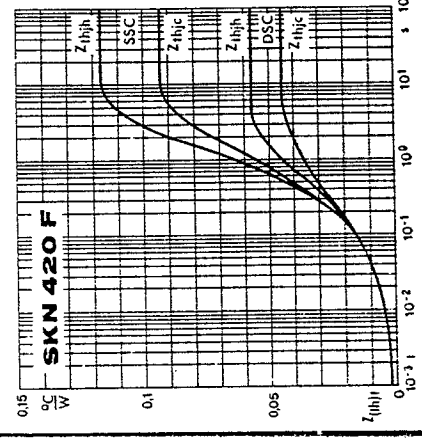


Fig. 7 Transient thermal impedance

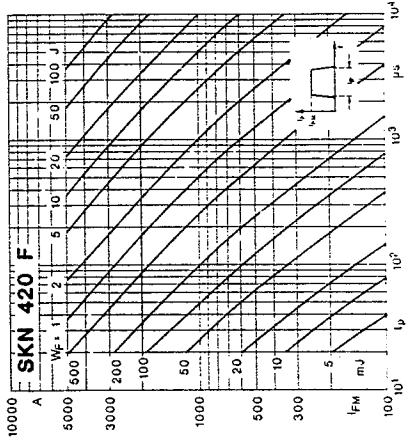


Fig. 4 Forward energy dissipation, rectangular

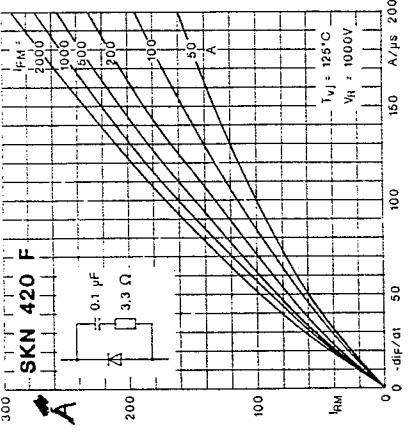


Fig. 6 Peak reverse recovery current

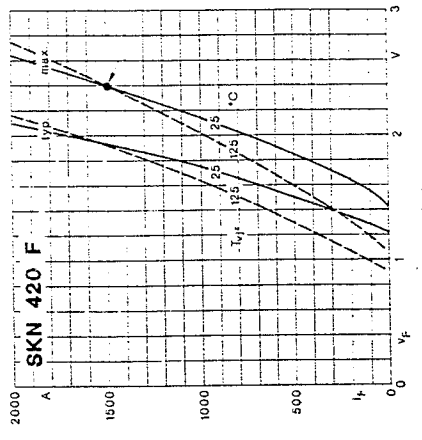


Fig. 8 Forward characteristics

V_{RSM}	
V_{RRM}	
V	
	800
	1200
	1400
	1600
	1800

Symbol	
I_{FAV}	
I_{FSM}	
r_T	
Q_{rr}	
I_{RM}	
I_r	
V_F	
$V(r_o)$	
r_r	
$R_{th(j-c)}$	
$R_{th(c-h)}$	
T_{vj}	
T_{sig}	
F	SI
W	US
Case	

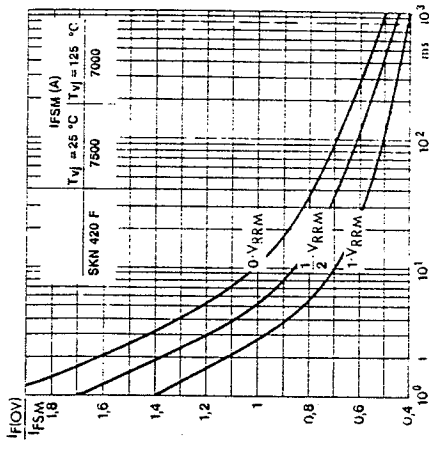
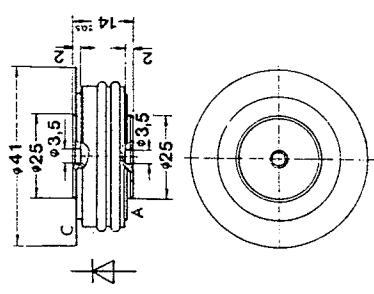


Fig. 9 Rated surge overload current

SKN 420 F

Case E 30

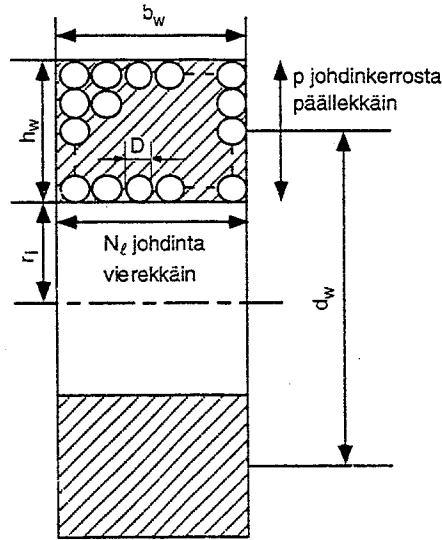
DIN 41 814: 152 A 2
 JEDEC: DO-200 AB



Dimensions in mm

en komponentit

ella. Kuvassa
ms. lämpene-
arilangan tulee
yyden suuru-
panoja kiertää
ssa tarvittavaa
tekemään itse.
an poistamaan
säikeitä,



Kuva 11.18. Ilmasydämisen kuristimen mitoituksessa tarvittavat mitat

$$\frac{L}{nH} = N^2 \phi(\eta, \zeta) \frac{d_w}{\text{cm}} \quad (11.40)$$

a käämimällä.

jossa

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

Kuvan 11.19 käyrästä käytetyt muuttujat määritellään

$$\eta = \frac{b_w}{d_w} = \frac{N_l D}{d_w} \quad (11.38)$$

$$\zeta = \frac{h_w}{d_w} = \frac{p D}{d_w} \quad (11.39)$$

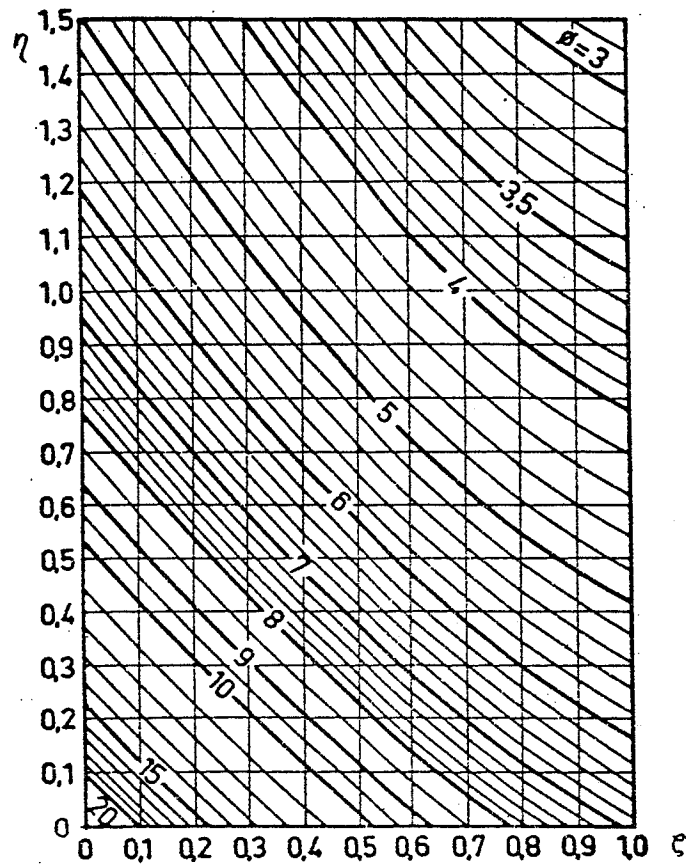
onenti-epoksi
minen käämin
jännite-eroja
Aikaa myöten

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

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

asta /16/:



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

Optimialue on melko laaja. Sopivat arvovälit muotomuuttujille ovat siten

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

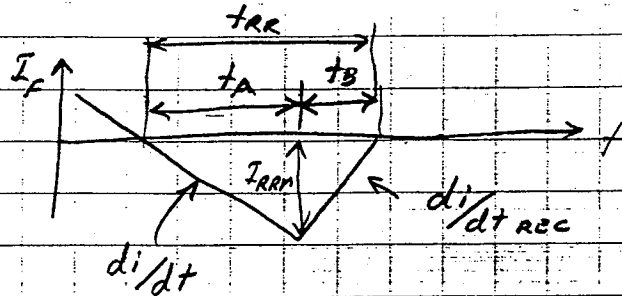
$$0,23 < \zeta < 0,5$$

(11.42)

Teht. 1, 3 = Katso kirja

Teht. 4:

a)



$$Q_{RR} = \frac{I_{IRM} t_{RR}}{2}$$

$$I_{IRM} = \frac{di}{dt} \cdot t_A = \frac{di}{dt_{REC}} t_B$$

$$\Rightarrow t_A = \frac{I_{IRM}}{\frac{di}{dt}}$$

$$t_{RR} = t_A + t_B = \frac{I_{IRM}}{\frac{di}{dt}} + t_B$$

$$\Rightarrow t_B = t_{RR} - \frac{I_{IRM}}{\frac{di}{dt}} = \frac{2Q_{RR}}{I_{IRM}} - \frac{I_{IRM}}{\frac{di}{dt}}$$

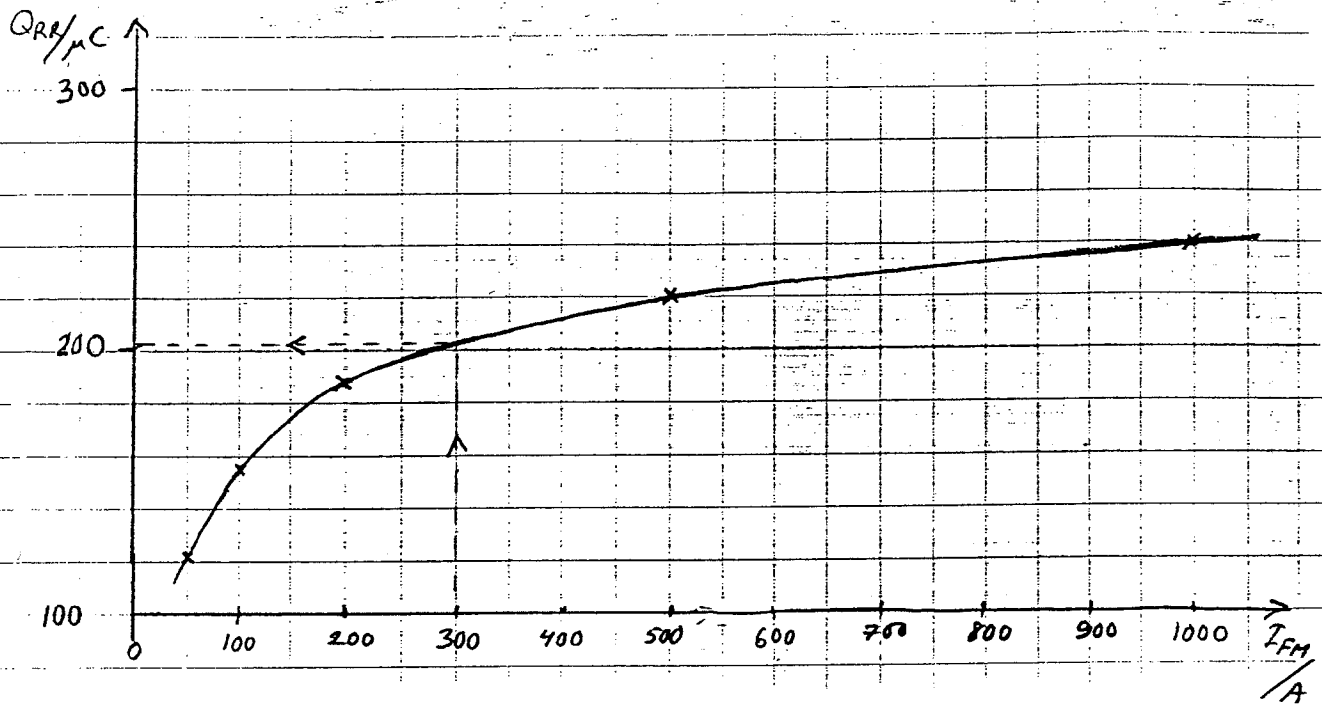
$$\Rightarrow \frac{di}{dt_{REC}} = \frac{I_{IRM}}{t_B} = \frac{I_{IRM}}{\frac{2Q_{RR}}{I_{IRM}} - \frac{I_{IRM}}{\frac{di}{dt}}}$$

b)

$$\frac{di}{dt} = \frac{300A}{3\mu s} = 100 A/\mu s$$

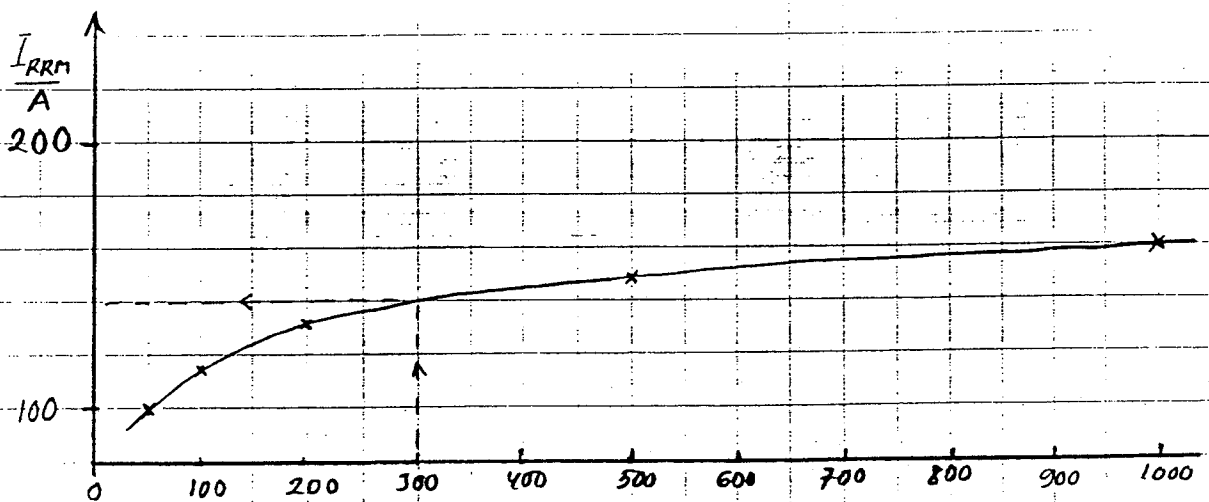
teht. 4 jatkoa

Piirretään kuva 5 auki 100 A/μs lehdalta



$\Rightarrow Q_{RR} \approx 202 \mu C$ (Huom! Tämä on tyypillinen arvo, numeroarvoissa annettu max 550 μC)

Piirretään kuva 6 auki 100 A/μs lehdalta



$\Rightarrow I_{RRM} \approx 140 A$

$$\Rightarrow \frac{di}{dt}_{REC} = \frac{140 A}{2 \cdot 202 \mu C} \cdot \frac{140 A}{100 A/\mu s} \approx 94 \frac{A}{\mu s}$$

Teht. 5

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

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

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

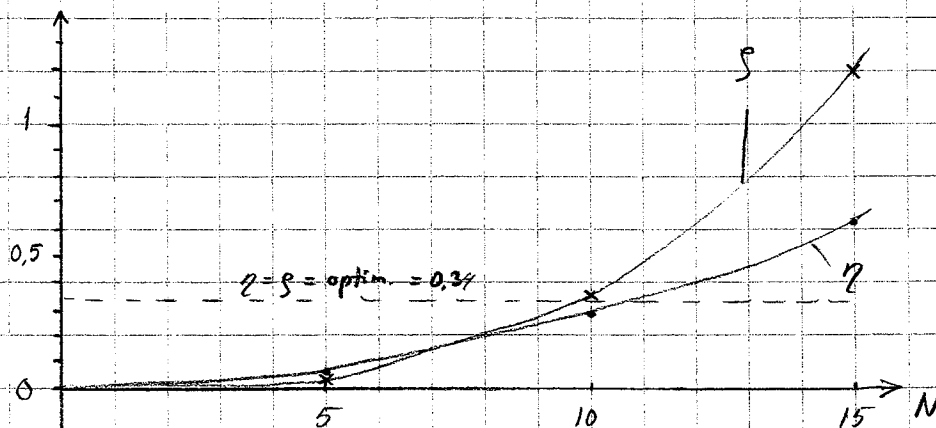
Käämin korkeus

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

\uparrow kuparin paksuus \nwarrow eristysväli \nearrow

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

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

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

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

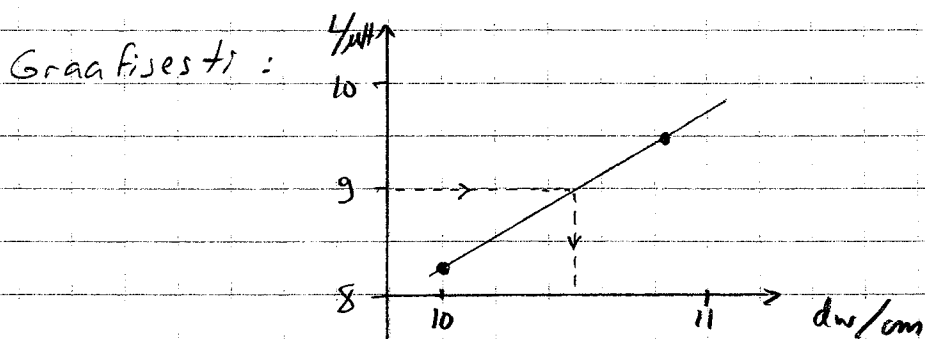
Menee siis noin 5% ylitse.

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 $10,5 \text{ cm}$

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

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

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

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

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