

Tentti 9.3.2012, kello 9 ... 12, sali S3

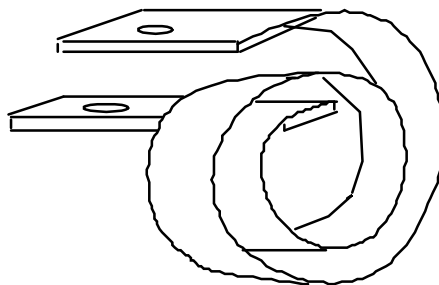
Papereihin

- 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
 - diffuusiomenetelmä
 - takavirta
 - darlington-transistori
 - ESR
 - bifiliaarinen käämitys.
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. Yksivaiheisen diodisiltamoduulin SKB 26 (datalehti oheisena) jäähdytykseen käytetään jäähdytyslementtiä, jonka lämpövastus $R_{thsa} = 5 \text{ °C/W}$. Kuinka isoa tasavirtaa sillalla voidaan syöttää, kun jäähdytysilman lämpötila on 65 °C? Sillan lähdössä on iso suotokondensaattori.
5. Erään IGBT-taajuusmuuttajan lähtöjännitteen du/dt -suodattimeen tarvitaan 9 μH 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. Määrää kuristimen kierrosluku ja mitat. Tarvittava käyrästä ja kaavat löytyvät tehtäväpaperinipun lopusta.





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

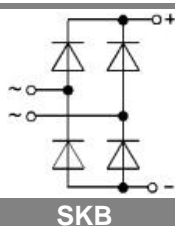
Typical Applications*

- 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)

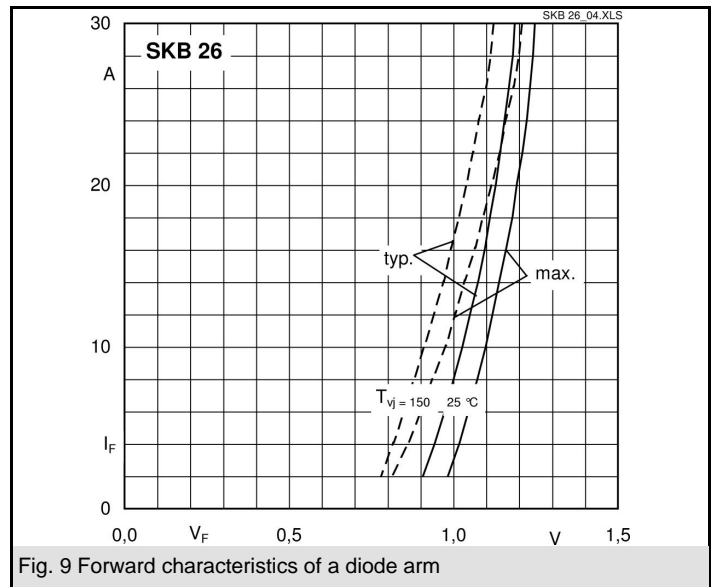
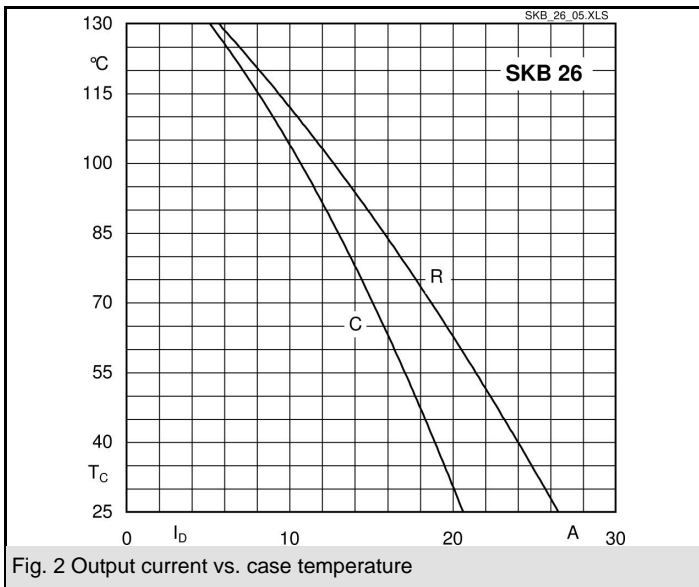
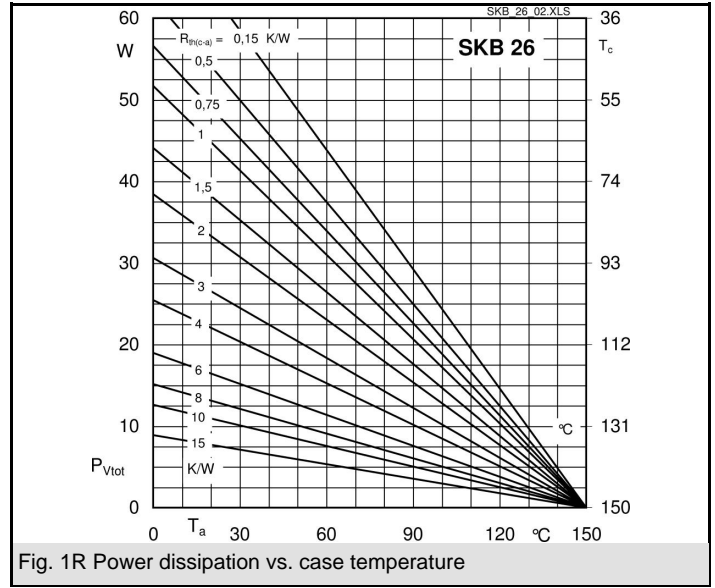
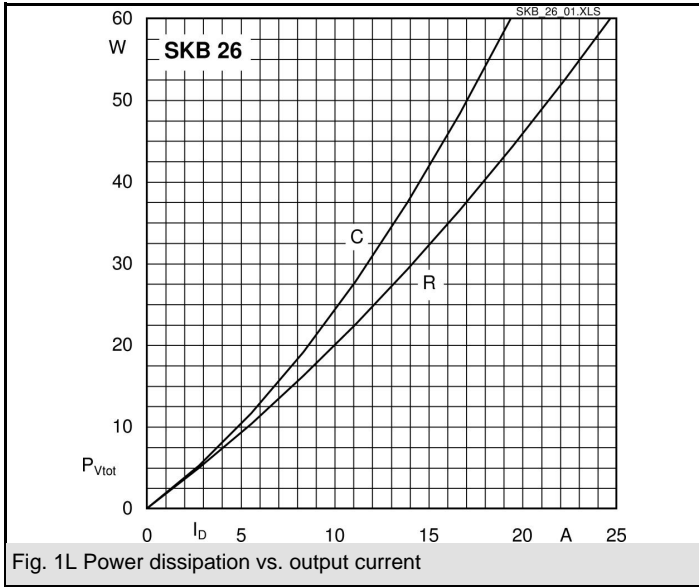
- 1) Soldered directly onto a p.c.b. of 100 x 160 mm with tinned tracking of min. 2.5 mm
- 2) Mounted on a painted metal sheet of min. 250 x 250 x 1 mm

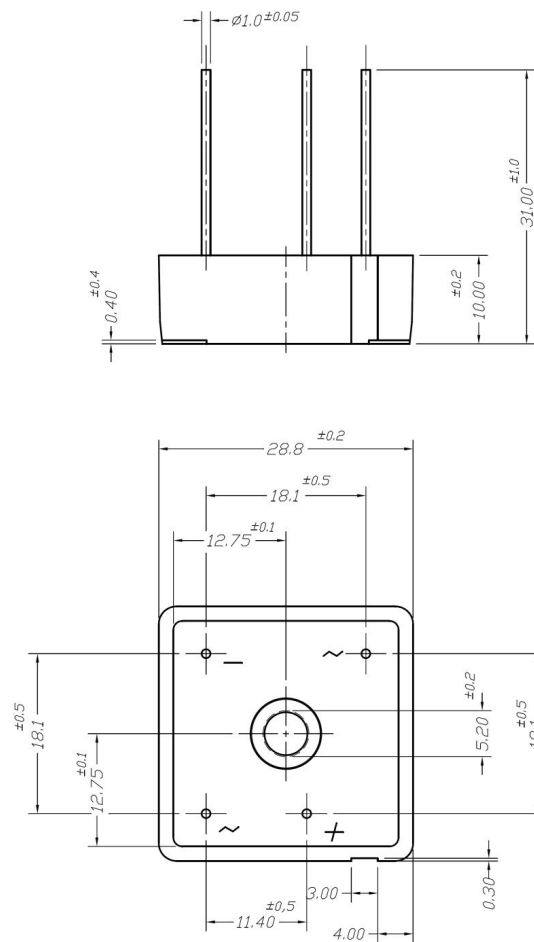
V_{RSM}, V_{RRM} V	V_{VRMS} V	$I_D = 18$ A ($T_c = 75$ °C) Types	C_{max} μ F	R_{min} Ω
200	60	SKB 26/02		0,15
400	125	SKB 26/04		0,3
600	185	SKB 26/06		0,4
800	250	SKB 26/08		0,5
1000	310	SKB 26/10		0,65
1200	380	SKB 26/12		0,75
1400	440	SKB 26/14		0,9
1600	500	SKB 26/16		1

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	



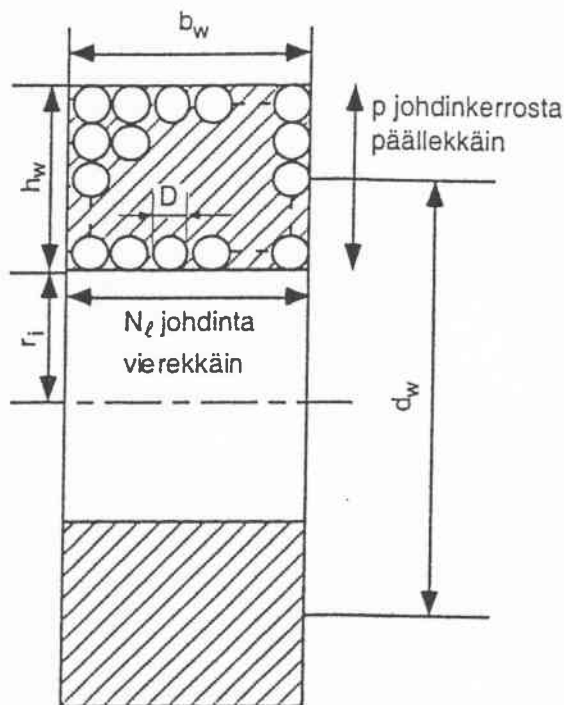
SKB





Case G 50a

* The specifications of our components may not be considered as an assurance of component characteristics. Components have to be tested for the respective application. Adjustments may be necessary. The use of SEMIKRON products in life support appliances and systems is subject to prior specification and written approval by SEMIKRON. We therefore strongly recommend prior consultation of our personal.



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

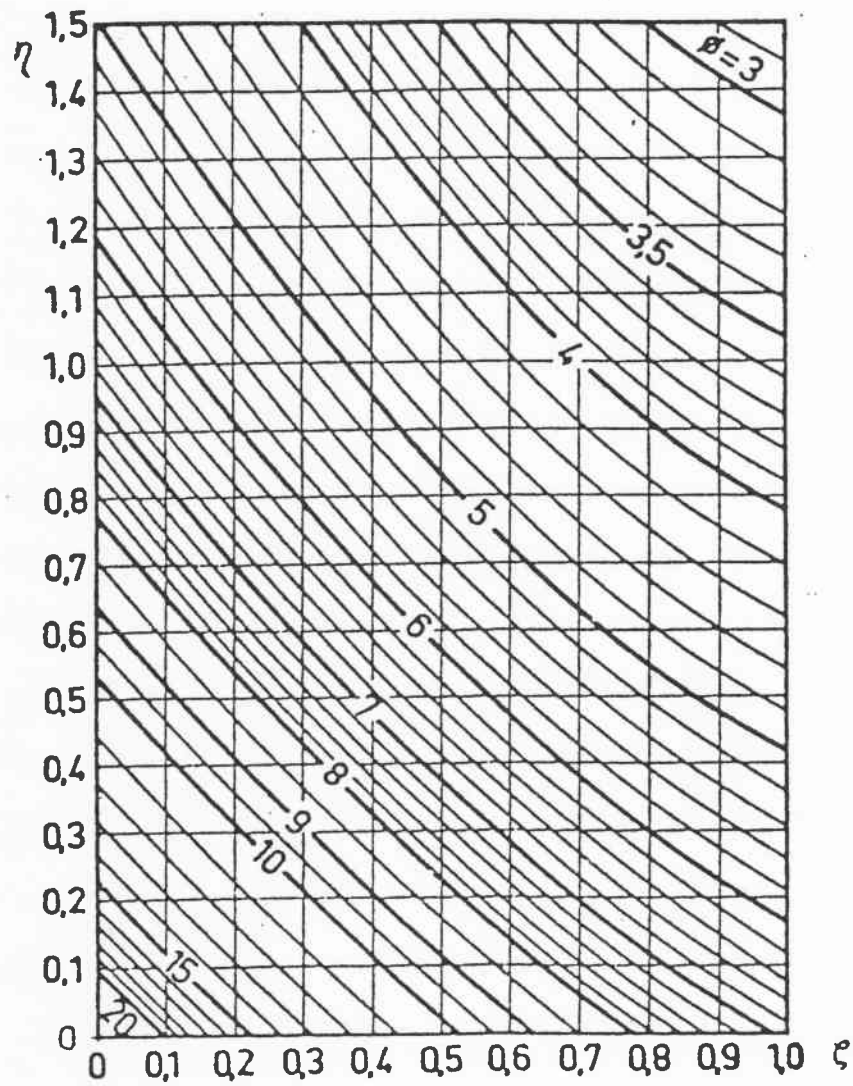
$$\eta = \frac{b_w}{d_w} = \frac{N_l D}{d_w} \quad (11.39)$$

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

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

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

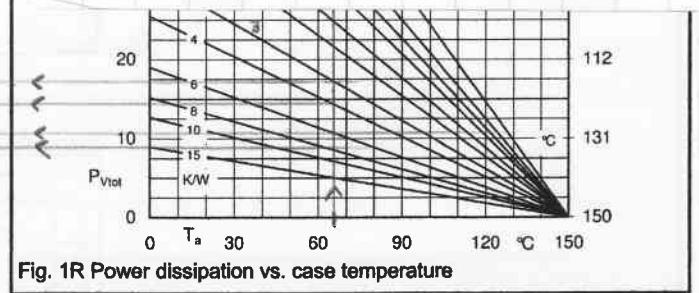
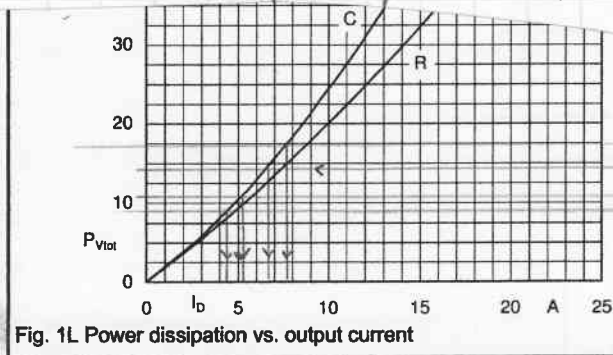
$$R_{th(c-a)} = R_{th(c-s)} + R_{th(s-a)}$$

Näistä datalehdessä annetaan numeroarvoissa

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

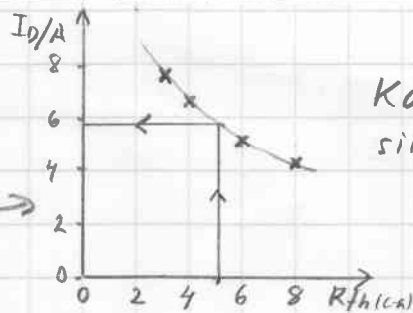
$$\text{Siten } R_{th(c-a)} = 0,15 \text{ K/W} + 5 \text{ K/W} = 5,15 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Kuvasta 1R huomataan, että $5,15 \text{ }^\circ\text{C/W}$ 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 $I_D \approx 5,8 \text{ A}$

(Tentissä hyväksyttävä myös suoraan luku ilman piirtämistä)

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 $\Rightarrow bw = 3 \text{ cm}$

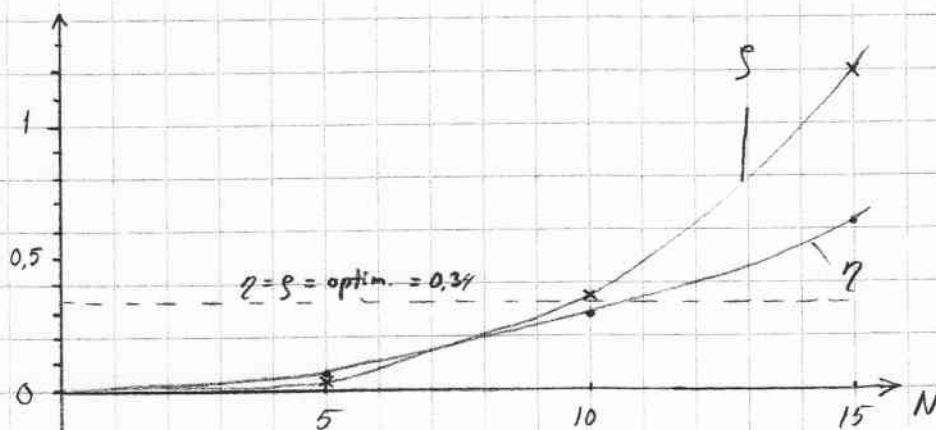
Käämin korkeus

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

\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

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

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

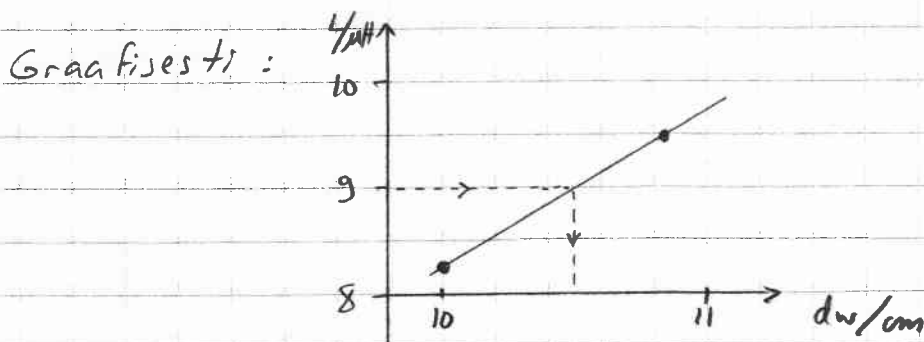
Menee siis noin 5% ylitse.

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 keskiahkaisuus oltava noin $10,5 \text{ cm}$

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

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

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

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

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