

**VIŠOKA ŠKOLA ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA STRUKOVNIH STUDIJA-
VIŠER, BEOGRAD**

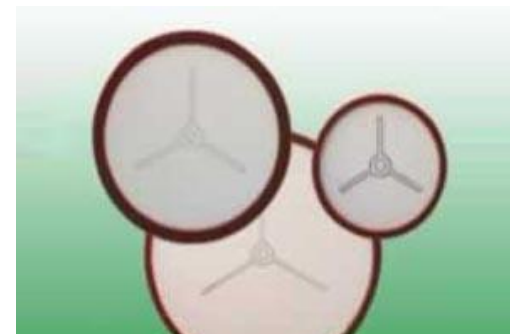
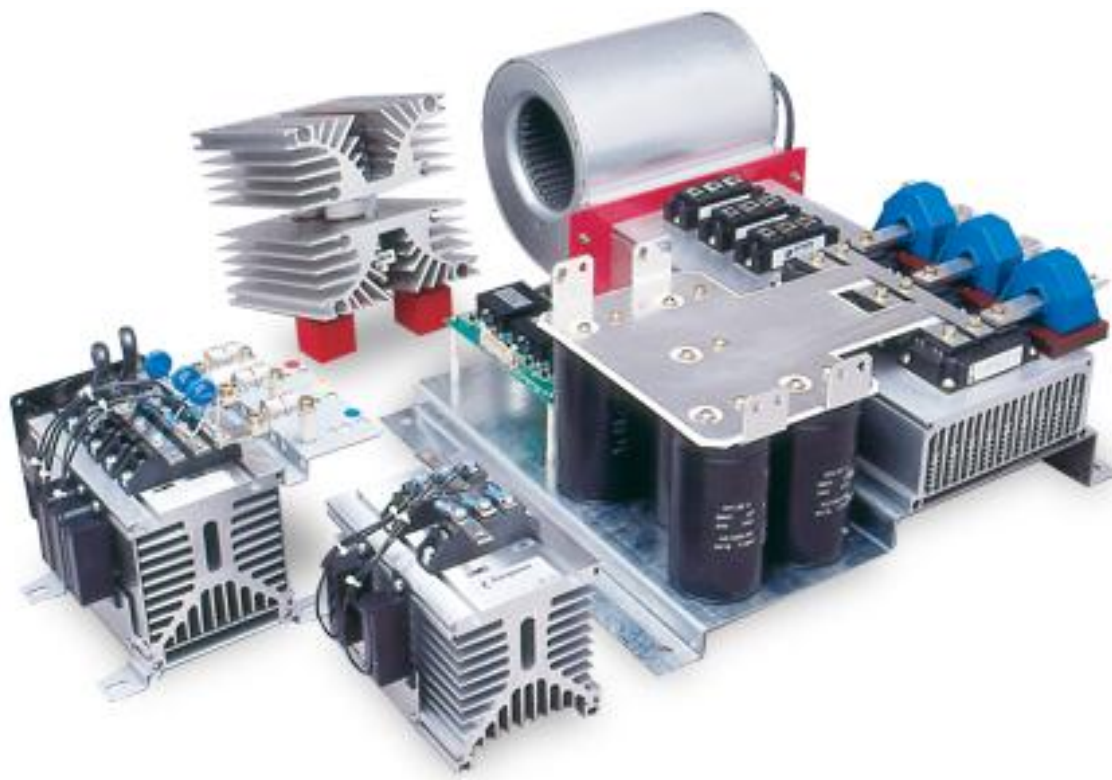
STUDIJSKI PROGRAM: Elektrotehničko inženjerstvo

MASTER STUDIJE 2017/2018

PREDMET : PROJEKTOVANJE ELEKTROENERGETSKIH PRETVARAČA



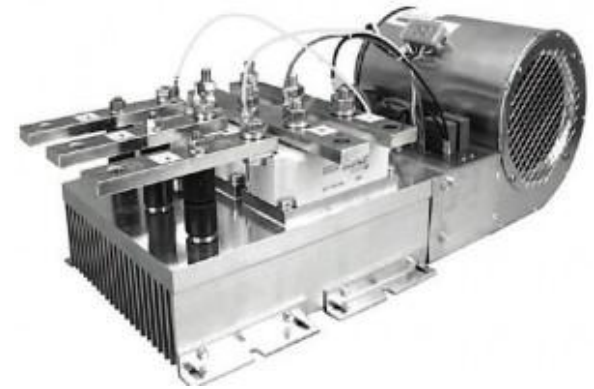
FORSIRANO VAZDUŠNO HLAĐENJE ENERGETSKIH PRETVARAČKIH MODULA KROZ PRAKTIČNE PRIMERE



Predmetni profesor: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž

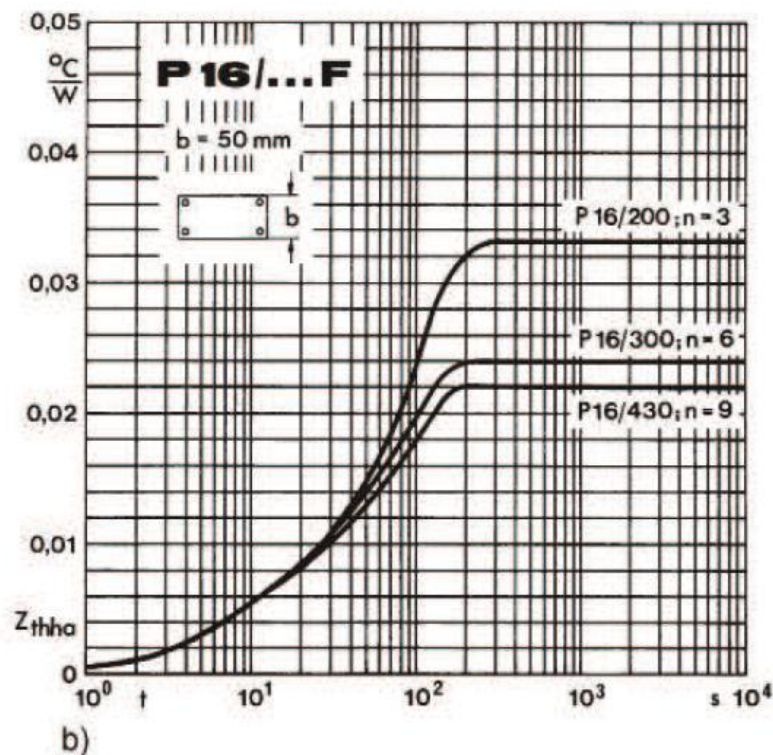
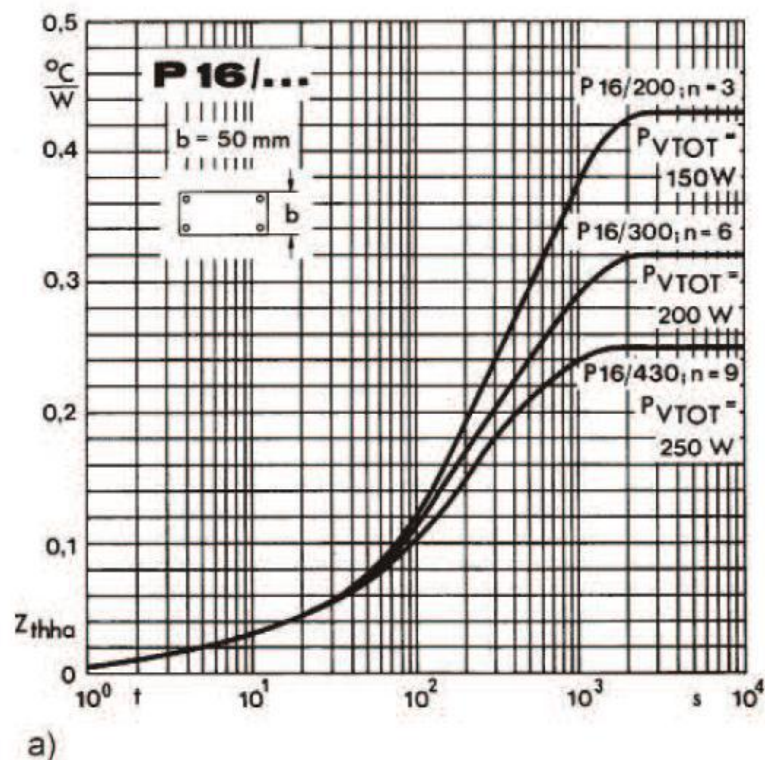
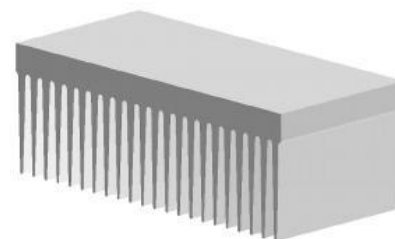
UVOD

- U poređenju sa prirodnim vazdušnim hlađenjem, forsirano vazdušno hlađenje redukuje značajno termičku otpornost hladnjaka.
- Redukcija termičke otpornosti hladnjaka doprinosi boljem i efikasnijem odvođenju toplote sa pretvaračkih modula
- Teži se da ova termička otpornost bude što manja
- Za veće snage disipacije (npr. veće od 100 W), često se koristi prinudno vazdušno hlađenje, što uključuje uduvavanje vazduha kroz prozor hladnjaka, pri čemu se kao sredstvo za prinudnu cirkulaciju koristi ventilator
- Zavisno od protoka vazduha, dolazi do smanjenja toplotnog otpora hladnjaka za jednu trećinu pa čak i do više, tako da njegova karakteristika postaje nezavisna od snage disipacije
- Premazivanje ili farbanje hladnjaka u crno ne dovodi do daljnjeg poboljšanja kada se koristi prinudno hlađenje.



Na Slici 1 je prikazan uporedni pregled karakteristika dinamičkih termičkih impedansi $Z_{th(s-a)}$, za slučaj prirodnog i forsiranog vazdušnog hlađenja do konačne vrednosti u ustaljenom stanju $R_{th(s-a)}$, za slučaj energetskog hladnjaka SEMIKRON P16 i za različite dužine.

Izgled hladnjaka P16 SEMIKRON



Slika 1. $Z_{th(s-a)}(t)$ karakteristike za različite dužine hladnjaka P16, date $u[\text{mm}]$ i za broj termičkih izvora n ; a) slučaj slobodne konvekcije za različite disipacije snage, b) za slučaj forsiranog vazdušnog hlađenja.

- Koeficijent α (koeficijent prenosa toplote) je mnogo veći za slučaj forsiranog hlađenja u odnosu na slučaj hlađenja putem slobodne konvekcije.
- Radna površinska temperatura na hladnjaku koji je forsirano hlađen obično ne sme prelaziti vrednosti 80°C-90°C, pri temperaturi ambijenta od 35°C (uslovi koji su dati u katalogu proizvođača).
- Pošto je konvekcija uglavnom odgovorna za disipaciju toplote, premazivanje hladnjaka crnim premazom praktično neće imati efekat u slučaju prinudnog hlađenja vazduhom.
- Materijal hladnjaka mora obezbediti optimalnu toplotnu provodljivost i prostiranje toplote (visok koeficijent toplotne provodljivosti λ) uz razumne troškove materijala i obrade. Iz ovih razloga se obično upotrebljava aluminijum-Al ($\lambda = 247 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ za čist Al), ali se vrlo često koristi i bakar kada treba ispuniti visoke zahteve ($\lambda = 398 \text{ W/K}\cdot\text{m}$).
- Za projektansku praksu su veoma bitni tzv. PROFILI HLADNJAKA

Profili hladnjaka

- Zavisnost prostiranja i širenja toplote u zavisnosti od proizvodnog procesa i korišćene legure je značajna. U praktičnom slučaju vrednosti λ su između 150 W/K·m (Al- legure) i 220 W/K·m (AlMgSi ekstrudirani material).
- Širenje toplote u materijalima ima značajan uticaj na termičku efikasnost hladnjaka. Stoga su za optimalno dimenzionisanje značajne debljina rebara, broj rebara i njihova visina:
- Koren hladnjaka je završni deo montažne površine na koju se montiraju moduli snage koji disipiraju toplotu.
- Rebra na jednom vazдушnom hladnjaku se koriste za disipaciju većeg dela toplote u okolinu, putem konvekcije
- Da bi se odredili optimalni uslovi za forsirano vazdušno hlađenje profila hladnjaka, toplotna provodljivost i konvekcija mogu se dobiti integracijom po visini hladnjaka
- Uz izvesna pojednostavljenja i odgovarajućim matematičkim metodama mogu se dobiti sledeće formule:

IZRAČUNAVANJE TERMIČKE OTPORNOSTI HLADNJAKA

$$R_{th(s-a)} = \frac{1}{n\sqrt{\alpha \cdot U \cdot \lambda \cdot A} \cdot \left[\frac{1}{1 + e^{-2k}} - \frac{1}{1 + e^{2k}} \right]}$$

$$k = h \cdot \sqrt{\frac{\alpha \cdot U}{\lambda \cdot A}}$$

U datim formulama su :

α -koeficijent prenosa toplote,

U -obim rebra,

λ - koeficijent termičke provodnosti za material od koga je načinjen hladnjak,

A -površina poprečnog preseka rebra,

h -visina rebra.

Tabela 1 pruža grubi pregled karakteristika dizajna različitih vrsta hladnjaka.

	
<i>Tanji koren hladnjaka</i>	<i>Deblji koren hladnjaka</i>
<i>Više rebara</i>	<i>Manje rebara</i>
<i>Niži termički otpor $R_{th(s-a)}$</i>	<i>Viši termički otpor $R_{th(s-a)}$</i>
<i>Niski kapacitet preopterećenja (na primer za pumpe)</i>	<i>Visoki kapacitet preopterećenja (na primer za liftove)</i>
<i>Kratku vremensku konstantu</i>	<i>Duga vremenska konstanta</i>
<i>Malo širenje toplote</i>	<i>Dobro širenje otoplote</i>
<i>Visok pad pritiska – manje vazduha</i>	<i>Nizak pad pritiska- više vazduha</i>
<i>Osetljiv na prljavštinu</i>	<i>Manje osetljiv na prljavštinu</i>

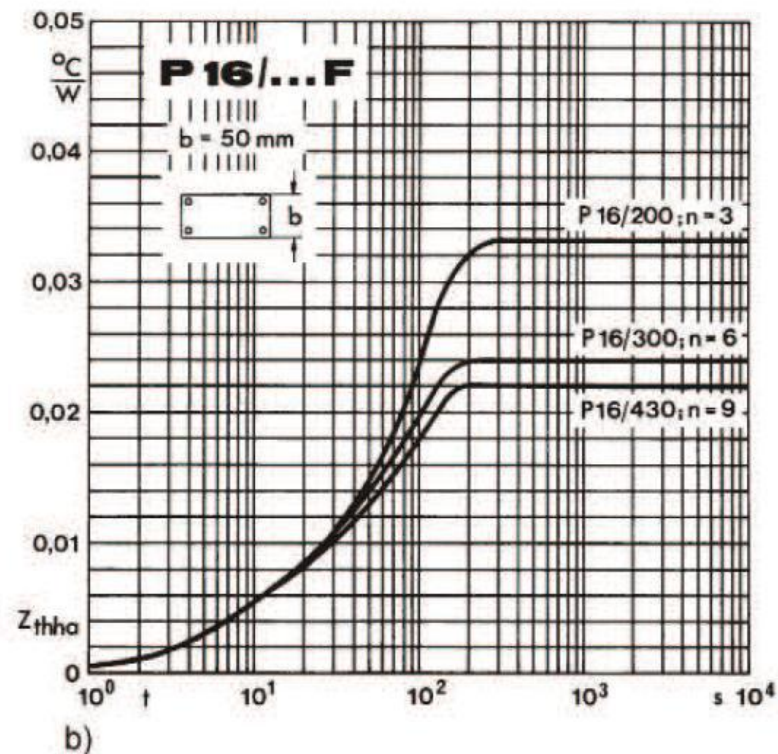
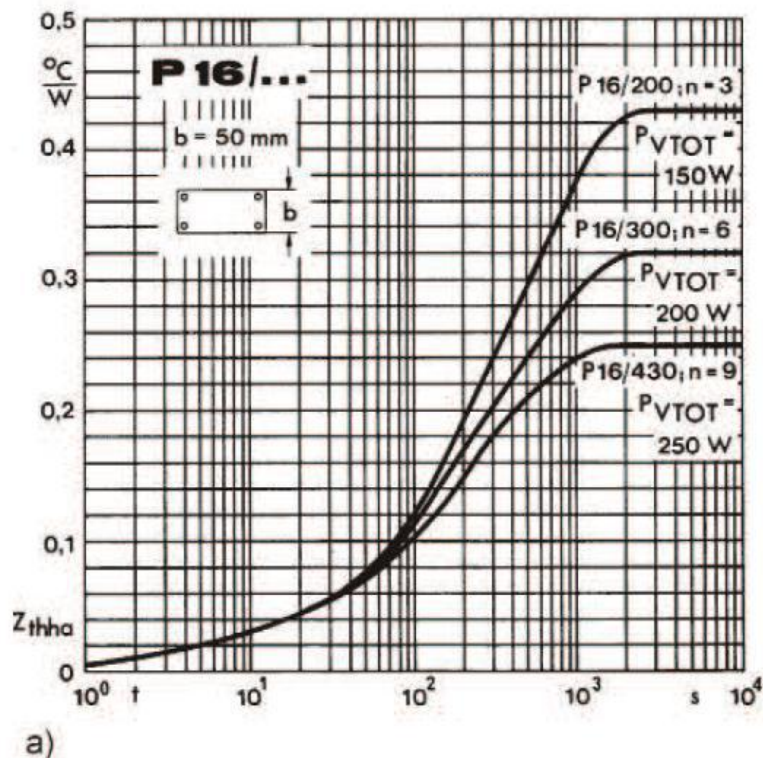
Tabela 1. Osobine i kriterijumi izbora za različite profile hladnjaka

Pad pritiska i zapreminski protok hladnjaka

Termička otpornost $R_{th(s-a)}$ u slučaju forsiranog hlađenja je određena vrednostima zapreminskog protoka u vremenu V_{air}/t , koja je određena srednjom vrednošću brzine rashladnog vazduha v_{air} i površine poprečnog preseka A :

$$v_{air} [m / s] \cdot A [m^2] = \frac{V_{air} [m^3]}{t [s]}$$

- Umesto pretpostavljenog laminarnog vazdušnog toka, vazdušni vrtlog na površini hladnjaka će izazvati turbulentne uslove protoka koji će poboljšati disipaciju toplote u vazduh, pod uslovom da su površine hladnjaka postavljene na adekvatan način.
- Treba napomenuti da se ovo prethodno rečeno odnosi ne samo na statičku termičku otpornost, već i na tranzijentnu (dinamičku) termičku impedansu Z_{th} koja se smanjuje primenom forsiranog hlađenja vazduhom.



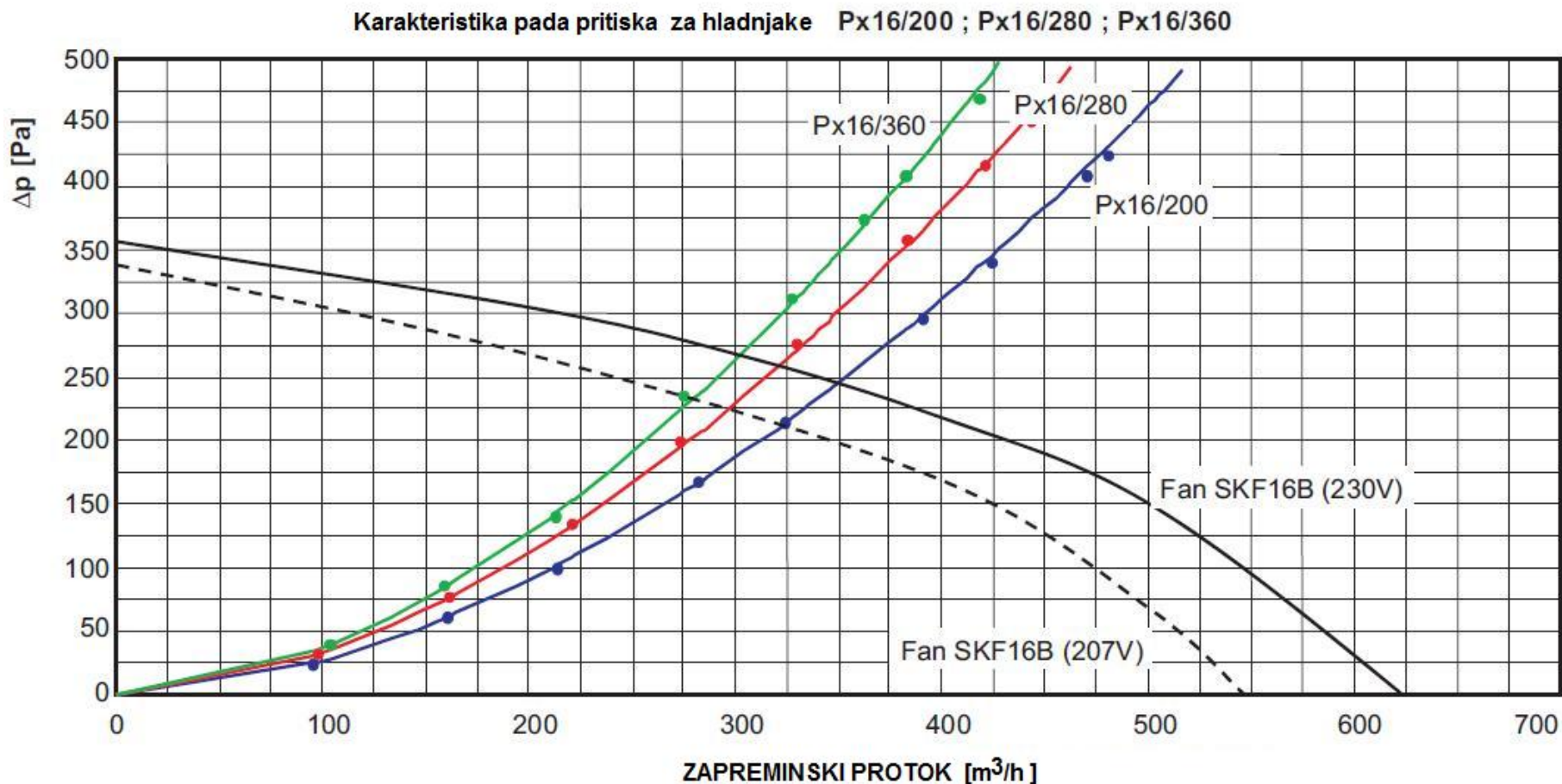
$Z_{th(s-a)}(t)$ karakteristike za različite dužine hladnjaka P16, date $u[\text{mm}]$ i za broj termičkih izvora n ; a) slučaj slobodne konvekcije za različite disipacije snage, b) za slučaj forsiranog vazdušnog hlađenja.

Sa karakteristike impedanse $Z_{th(s-a)}$ se može dobiti krajnja ustaljena vrednosti $R_{th(s-a)}$ za prirodno i forsirano hlađenje za hladnjak SEMIKRON, tip P16. Vremensko ponašanje u ova dva slučaja se razlikuje i do deset puta. Dok se kod prirodnog hlađenja statička krajnja vrednost dobija nakon 2000...3000 s, u slučaju forsiranog hlađenja ovaj proces se završava znatno brže, i to nakon 200...300 s.

UTICAJ POVEĆENJA BROJA REBARA HLADNJAKA

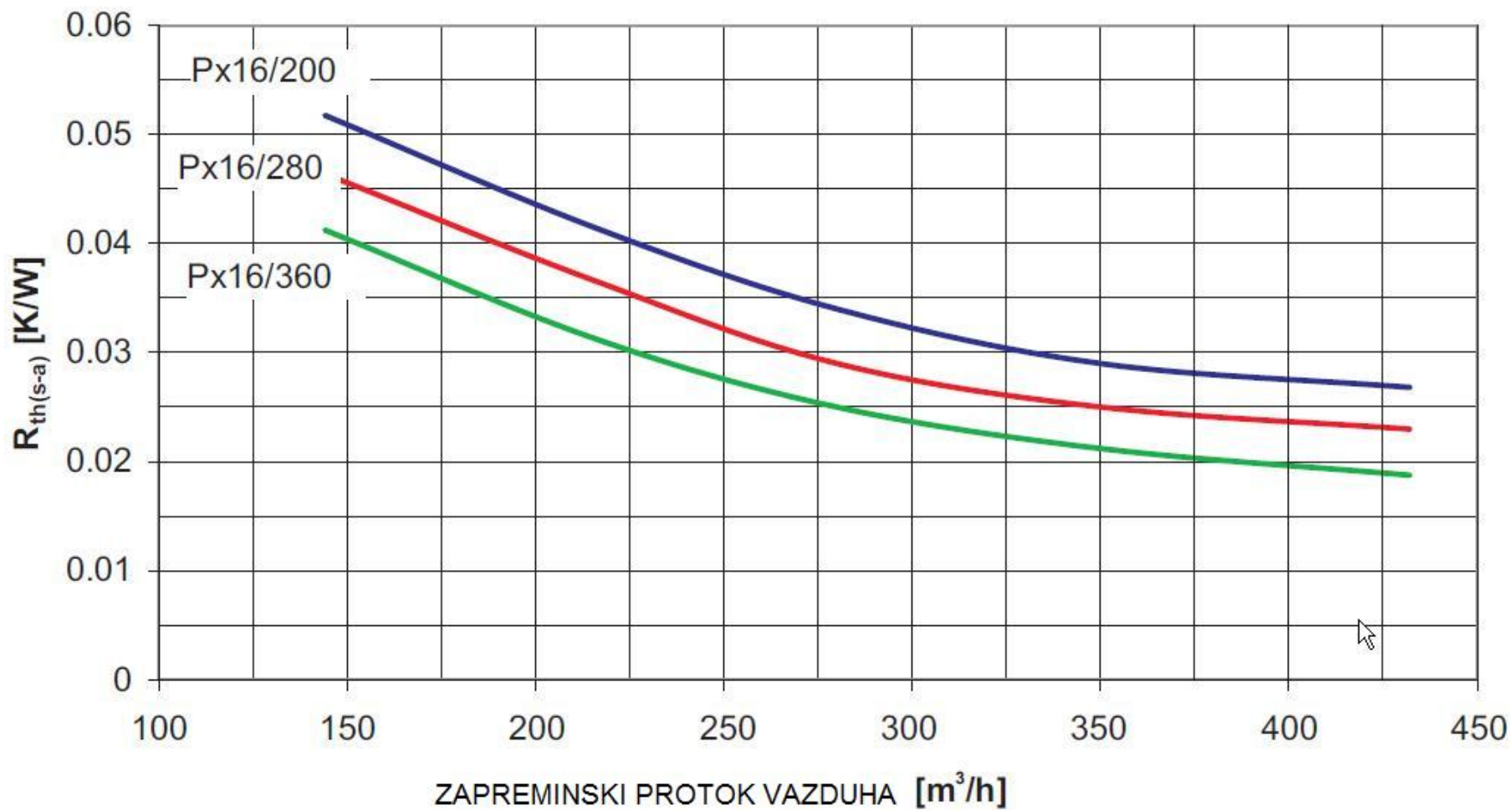
- Povećanje broja rebara hladnjaka i njihove širine će u značajnoj meri redukovati efektivnu vrednost prenosnog poprečnog preseka hladnjaka.
- Sa porastom dužine hladnjaka, pad pritiska rashladnog vazduha Δp raste i vrednost zapreminskog protoka opada.
- Ovo je suprotan efekat od proširenja rashladne površine.
- Iz ovih razloga, ventilator ima optimalnu širinu u skladu sa protokom po poprečnom preseku, dužinom hladnjaka i zapreminskim protokom.
- Odvođenje disipacije toplote je zavisno od osobina ventilatora, koje su opisane njegovom karakteristikom $\Delta p = f(V_{\text{air}} / t)$

Presek karakteristične krive ventilatora i krive pada pritiska hladnjaka $\Delta p = f(V_{\text{air}}/t, L)$ daje vrednost protoka u radnoj tački, koja će biti određena kao što je pokazano na Slici2



Slika 2. Protok rashladnog vazduha profila hladnjaka Px16 za njegove različite dužine i za karakteristiku ventilatora SKF 16B.

- Kada se integriše karakteristika ventilatora, dopuštenu fluktuacija radnog napona (na primer $230\text{ V} \pm 10\%$) treba uzeti u obzir.
- Adekvatno hlađenje mora biti osigurano čak i kada je primenjeni napon minimalan, odnosno kada se ima manji protok rashladnog vazduha.
- Prenosna termička otpornost $R_{th(s-a)}$ hladnjaka je funkcija određene vrednosti zapreminskog protoka. (naredn i slajd)



Slika 3. Karakteristične krive za hladnjak Px16 u funkciji zapreminskog protoka vazduha

U blizini poznate radne tačke, $R_{th(s-a)}$ će biti određena kao funkcija zapreminskog protoka u skladu sa sledećom jednačinom:

$$R_{th(s-a)2} = R_{th(s-a)1} \cdot \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} \right)^k$$

gde je vrednost koeficijenta k obično data na osnovu iskustva i ima vrednosti $k = 0.7 \dots 0.9$.

Ventilatori

- Ventilatori proizvode protok vazduha u skladu sa zahtevima forsiranog vazdušnog hlađenja.
- U zavisnosti od vrste hladnjaka i aplikacije, koriste se različiti tipovi ventilatora (Slika 4).



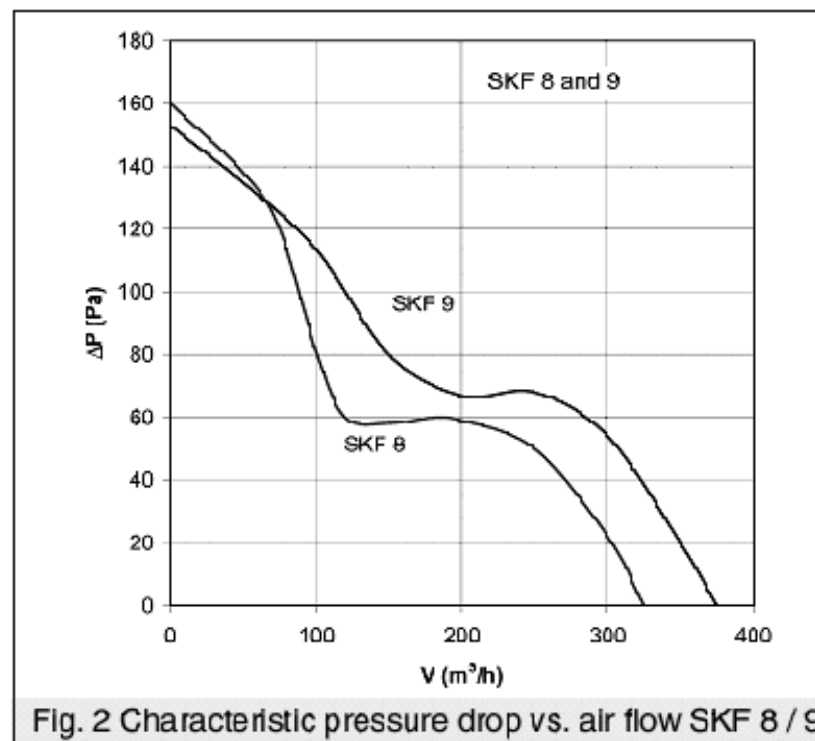
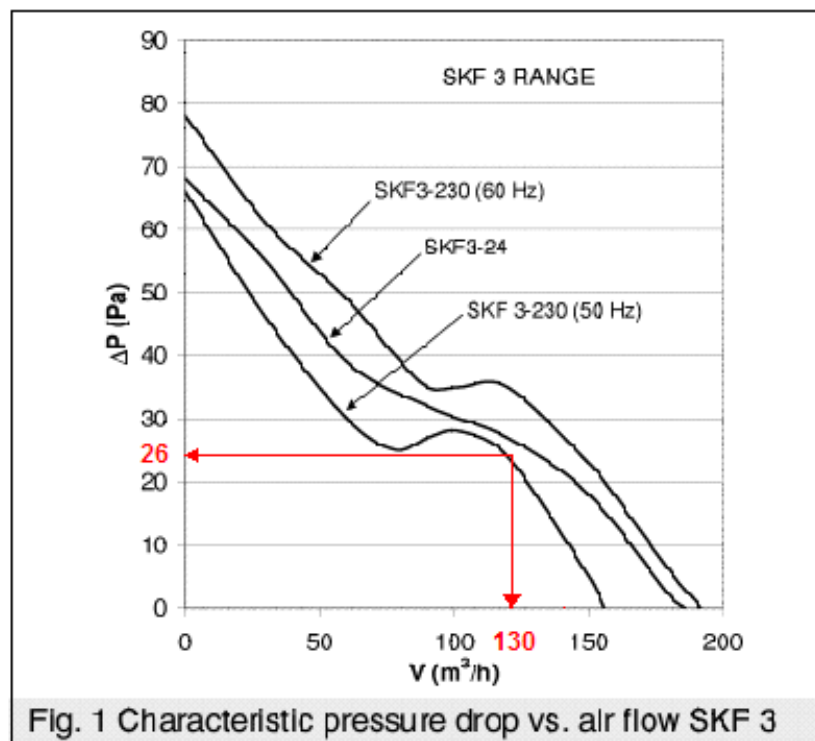
Slika 4. Neki tipovi standardnih ventilator koji se koriste u sistemima za hlađenje energetske modula; a) aksijalni ventilator, b) radijalni ventilator, c) ventilator sa unakrsnim poprečnim “cross flow” tokom vazduha

Aksijalni ventilatori

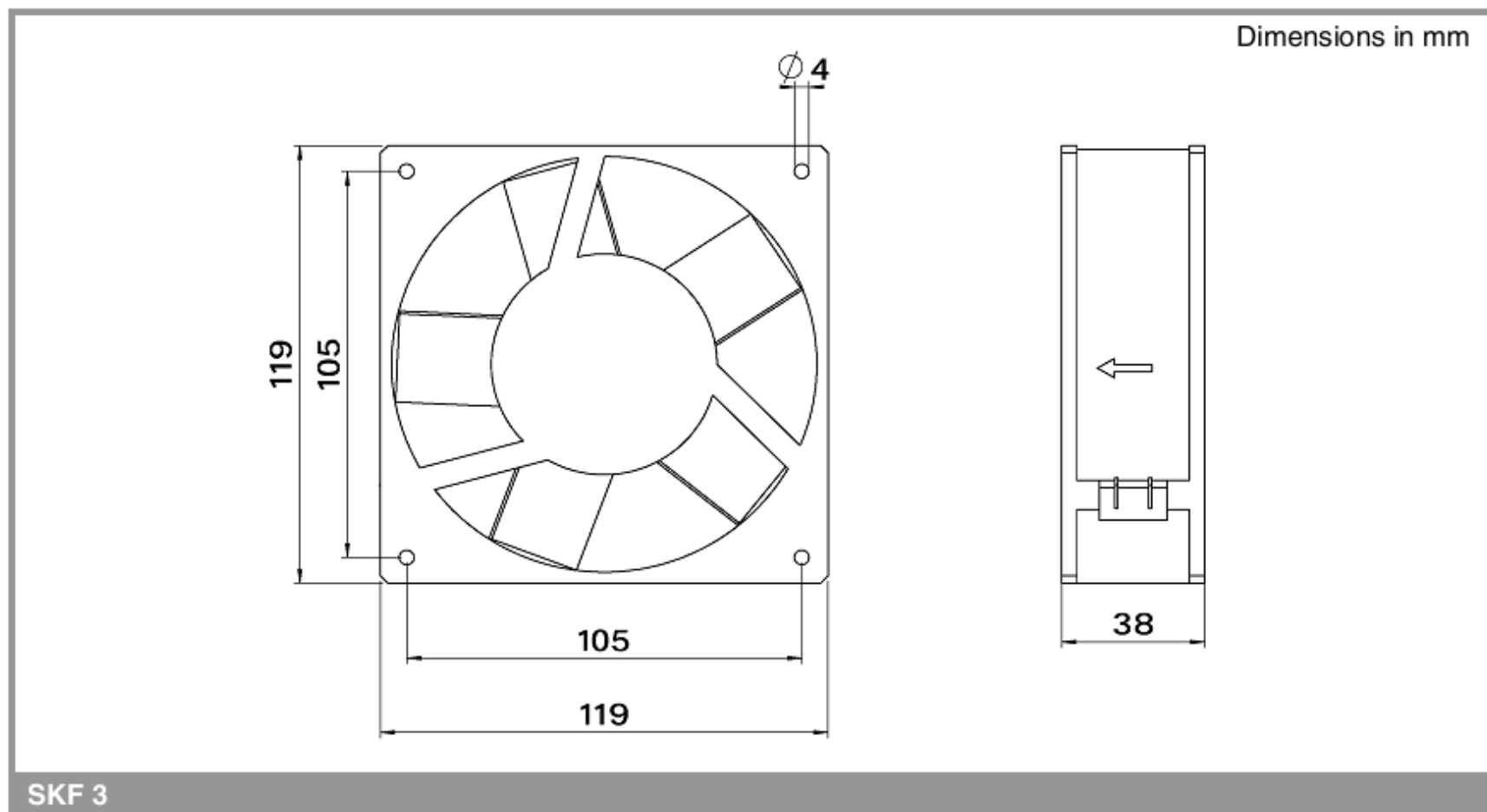
- Osovina spina aksijalnog rotora odvija se paralelno sa protokom vazduha.
- Vazduh se pomera kroz aksijalni rotor koji deluje slično vakuumu.
- Prednosti ventilatora aksijalnog protoka su relativno male dimenzije u odnosu na visoku brzinu protoka vazduha.
- Njihov nedostatak je povećanje pritiska u poređenju sa radijalnim ventilatorima.
- Na Slici 5 su date tehničke karakteristike aksijalnih ventilatora proizvodnje SEMIKRON, dok je na Slici 6 dat izgled aksijalnog ventilatora SKF 3.

Axial Fans

Types	Ident No.		f Hz	V ₁ V	Max volume m ³ /h	P W	T _{amb} max °C	Weight kg	Noise dB
SKF 3-230-01	30031061		50 / 60	230	159 / 190	15 / 14	70	0,55	37 / 41
SKF 3-115-01	30031110		50 / 60	115	160 / 190	15,5 / 14,5	70	0,55	37 / 41
SKF 3-24c-01	VE001030		DC	24	185	7,5	70	0,26	43
SKF 8-230-01	30145431		50	230	325	45	50	1,1	48
SKF 9-230-01	30142395		50	230	375	24	70	1	54



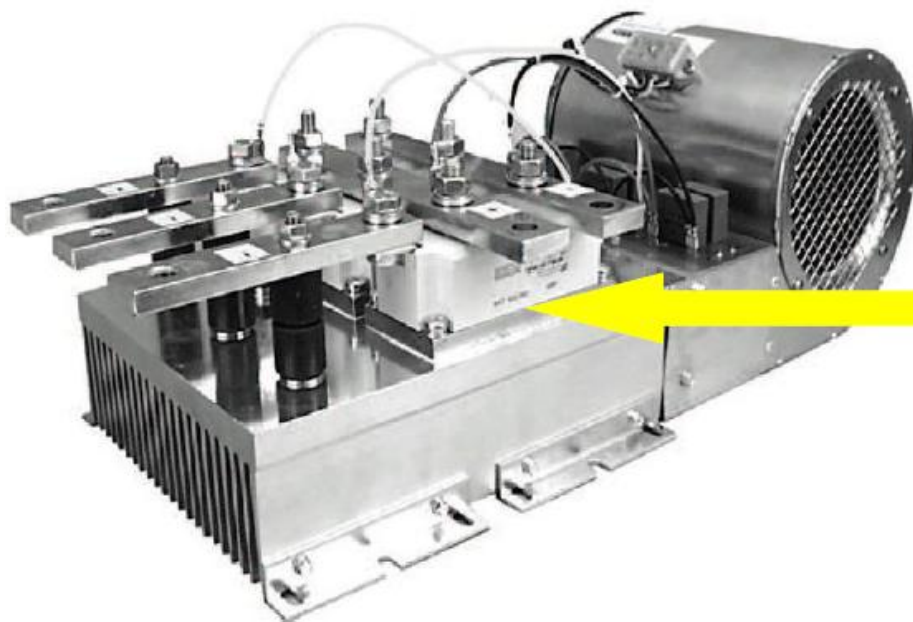
Slika 5. Tehnički podaci i karakteristike pada pritiska u funkciji zapeminskog protoka rashladnog vazduha nekoliko aksijalnih ventiliatora proizvodnje SEMIKRON



Slika 6. Izgled i dimenzije ventilatora SKF 3,
proizvodnje SEMIKRON

Radijalni ventilatori (centrifugalni ventilatori)

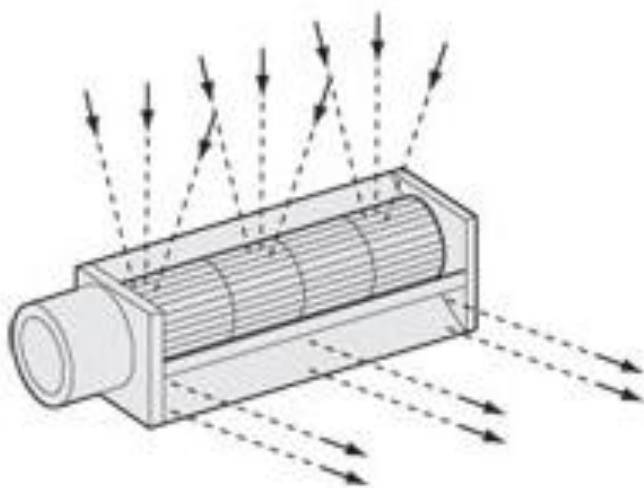
- Radijalni ventilatori (naredni slajd), za razliku od aksijalnih, se koriste kad god je potrebno za istu količinu vazduha potrebno dobiti , za razliku od ventilatora aksijalnog toka, veći porast pritiska.
- Vazduh se usisava paralelno ili aksijalno u odnosu na osu pogona ventilatora radijalnog toka, a odbija se za 90° kao rezultat rotacije radijalnog rotora i oduvavanja u radijalnom pravcu.
- Kako bi se smanjili gubici pritiska zbog visoke izlazne brzine vazduha iz radijalnog ventilator, mora se voditi računa da se nastavi kanalisanje vazduha
- Ovo se može ostvariti korišćenjem ogovarajućeg difuzora.



Slika 7. Set od tri diodna energetska modula (3x half bridge) u trofaznom ispravljaču na profilu sa radijalnim ventilatorom

Tangencijalni (“cross flow”) ventilatori

- Ventilatori sa tzv. “unakrsnim tokom” (tzv. “*cross flow*”) imaju ulazni i izduvni prolaz preko cele dužine.
- Vazduh se usisava u unutrašnjost rotora kroz vijugavi i zakrenuti ulazni priključak, gde se uduvavanje odvaja i odvaja izuzetno homogeno (Slika 8).
- Ventilatori unakrsnog protoka obezbeđuju visoki protok vazduha čak i pri malim brzinama i stoga mogu biti konstruisani da emituju relativno nizak nivo buke.
- Dužina rotora i izlazni otvor su usklađeni sa širinom hladnjaka.



Slika 8. Princip rada i izgled jednog komercijalnog ventilatora sa unakrsnim tokom vazduha

Uticaj nadmorske visine

- Količina toplote koja se disipira na energetsom modulu, zavisi od atmosferskog pritiska i gustine rashladnog vazduha.
- Gustina vazduha, a time i efikasnost hlađenja, smanjuje se kada se povećava nadmorska visina.
- Smanjenjem gustine vazduha pogoršava se disipaciju toplote.
- Efikasnost hladnjaka se takođe pogoršava.
- Da bi ovo uzelo u obzir pri termičkom proračunu, neophodno je smanjiti snagu pretvarača ili pomnožiti termičku otpornost R_{th} sa korekcionim faktorom u skladu sa vrednostima koje su date u Tabeli 2 (naredni slajd)
- Ova ograničenja performansi se takođe primjenjuju u sistemima vodenog prinudnog hlađenja, ako je temperatura rashladne vode regulisana pomoću vazdušnog izmjenjivača toplote.

Nadmorska visina [m]	Redukcija performansi	Korekcionni factor za $R_{th(s-a)}$
0 / nivo mora	1	1
1000	0.95	1.05
1500	0.90	1.11
2000	0.86	1.16
3000	0.8	1.25
3500	0.75	1.33

Tabela2. *Uticaj nadmorske visine na termičku otpornost hladnjaka*

A) PRIMER IZBORA HLADNJAKA $R_{th(s-a)} \leq 0.2 \text{ K/W}$

Kataloški podaci za hladnjak P3

Standard lengths ¹⁾	n	b mm	R_{thha} ²⁾ natural cooling °C/W	R_{thha} ³⁾ forced air cooling °C/W	w kg
P3/120	1	20	0,55 (100 W)	0,167	2,1
	2		0,53 (100 W)	0,157	
	3		0,43 (150 W)	0,147	
P3/180	1	20	0,47 (70 W)	0,145	3,1
	2		0,39 (150 W)	0,132	
	3		0,36 (180 W)	0,120	
	6		0,33 (200 W)	0,108	
	1	34		0,144	3,1
	2			0,126	
	3			0,118	

1) Non-standard lengths available on request

2) At the given power dissipation per semiconductor component

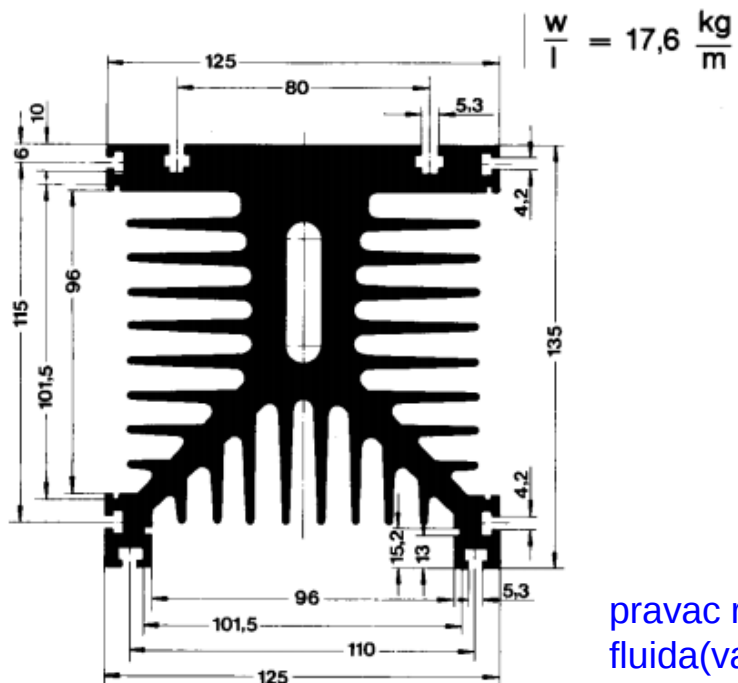
3) With fan type SKF 3-230-01 (see B14-109)

Hladnjak tip P3

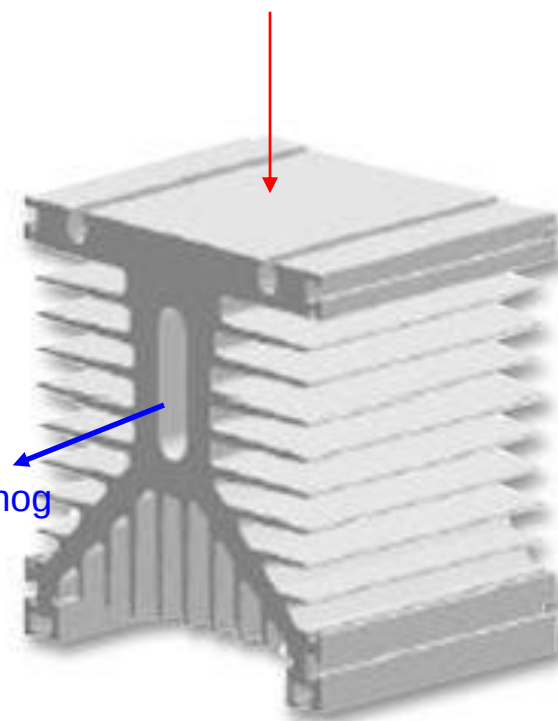


Iz date tabele zaključujemo da za sve date vrednosti termičke otpornosti u slučaju prirodnog hlađenja, ovaj način hlađenja ne zadovoljava. Za $n=1$ (jedan modul), i uz uslov $R_{th(s-a)} \leq 0.2 \text{ K/W}$, sledi da je izbor koji daje povoljan ishod , HLADNJAK P3/120 sa prinudnim hlađenjem sa vazduhom. Potrebno je u sledećem koraku odrediti protok vazduha u m^3/h .

P 3

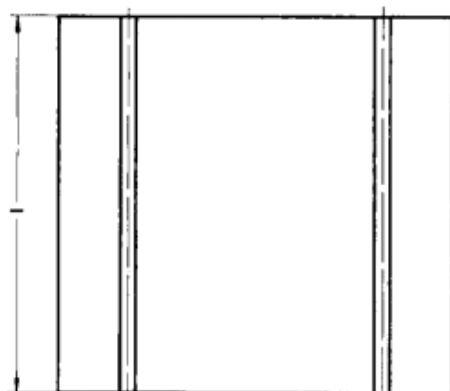


površina na koju se montira
SCR modul



pravac rashladnog
fluida(vazduha)

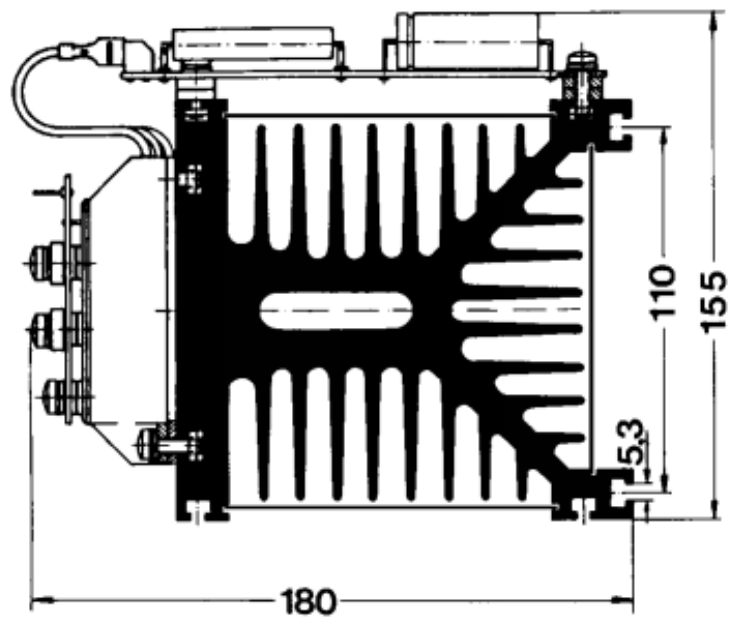
3D prikaz



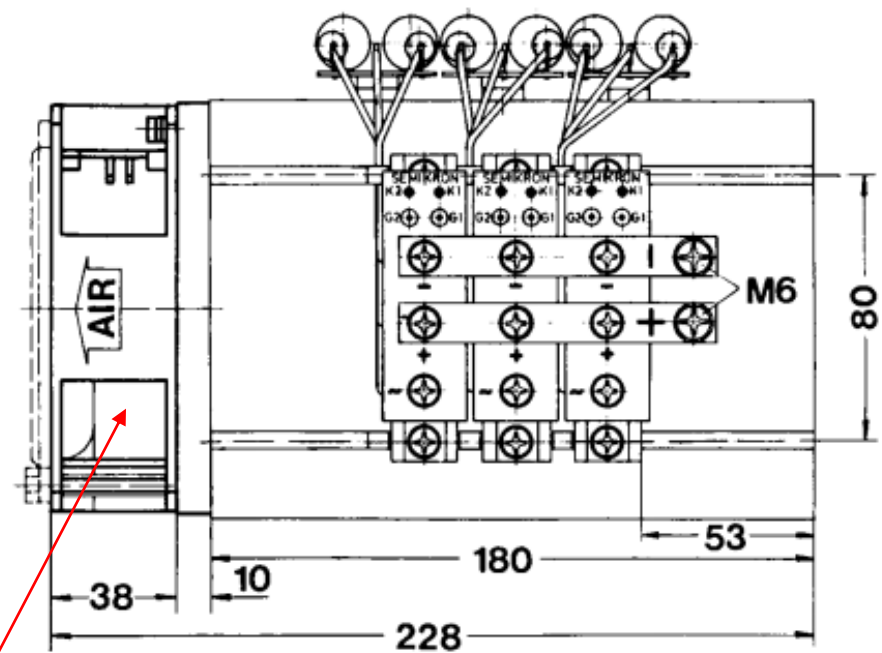
P3/120 : l = 120 mm
P3/180 : l = 180 mm
P3/265 : l = 265 mm
P3/300 : l = 300 mm

Dimensions in mm

P3/180F



Dimensions in mm



VENTILATOR

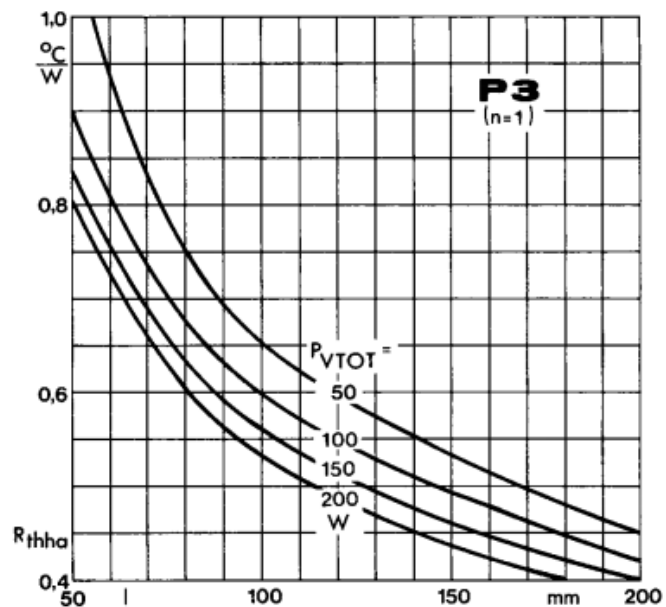


Fig. 3 a Total thermal resistance vs. length

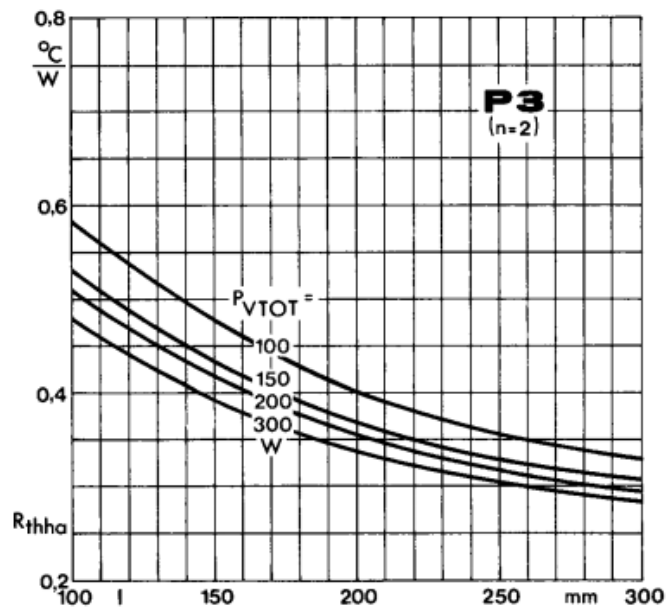


Fig. 3 b Total thermal resistance vs. length

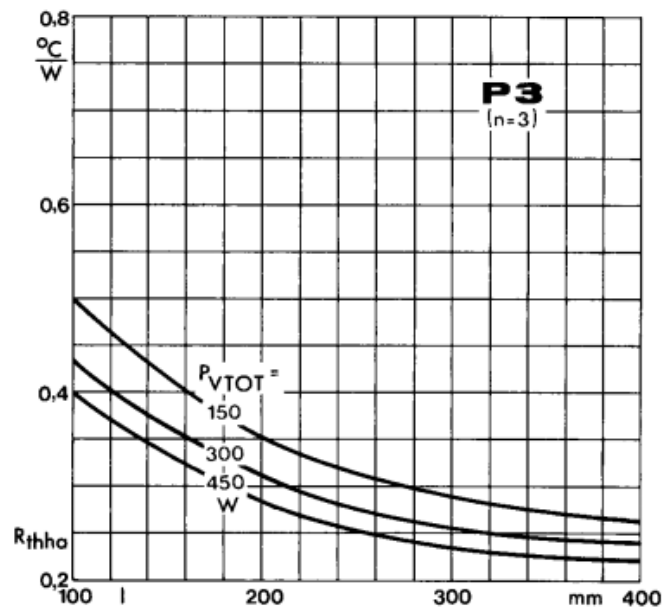


Fig. 3 c Total thermal resistance vs. length

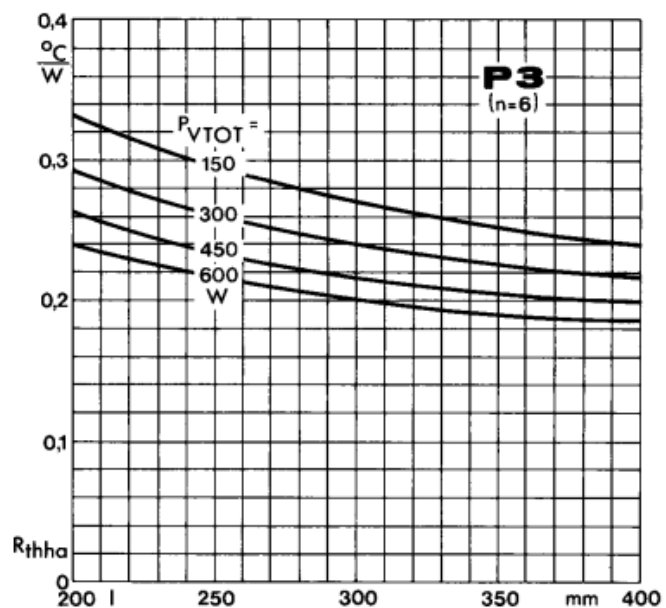


Fig. 3 d Total thermal resistance vs. length

P3/...**F** - forisirano hlađenje (**F**)

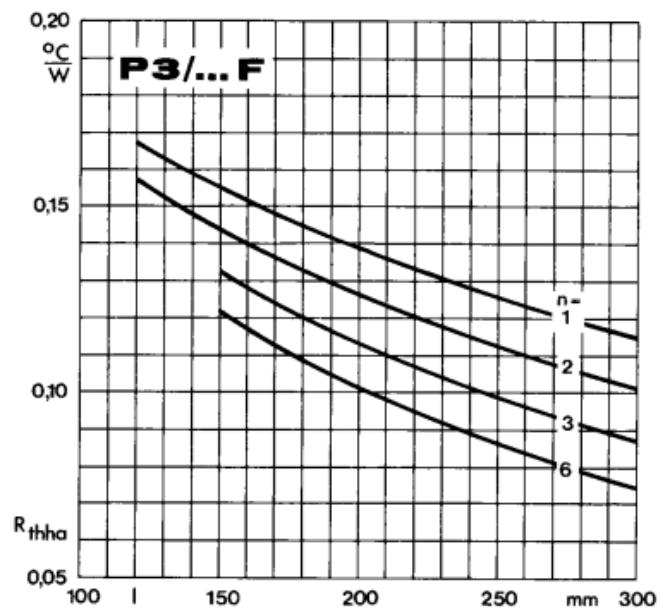
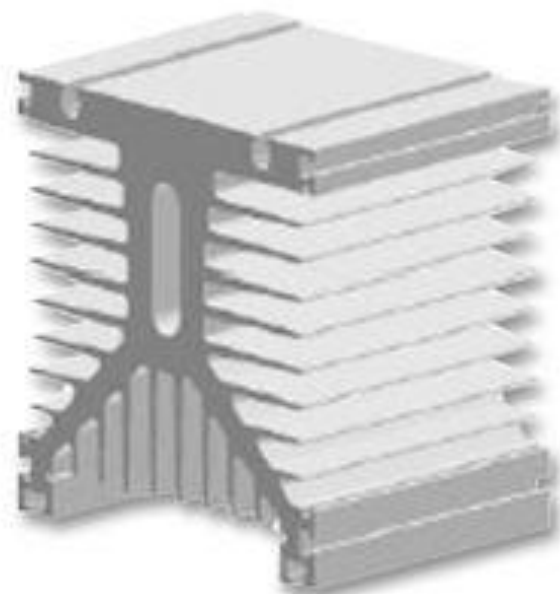


Fig. 6 Total thermal resistance vs. length

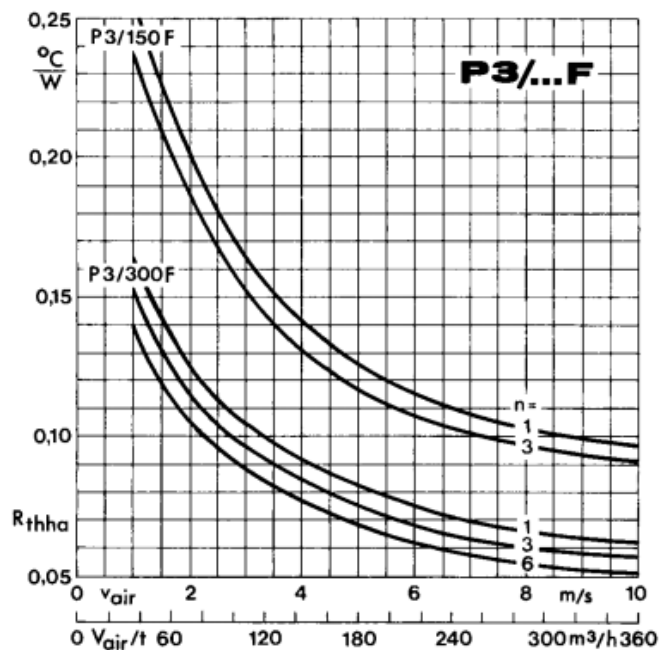


Fig. 7 Total thermal resistance vs. air flow

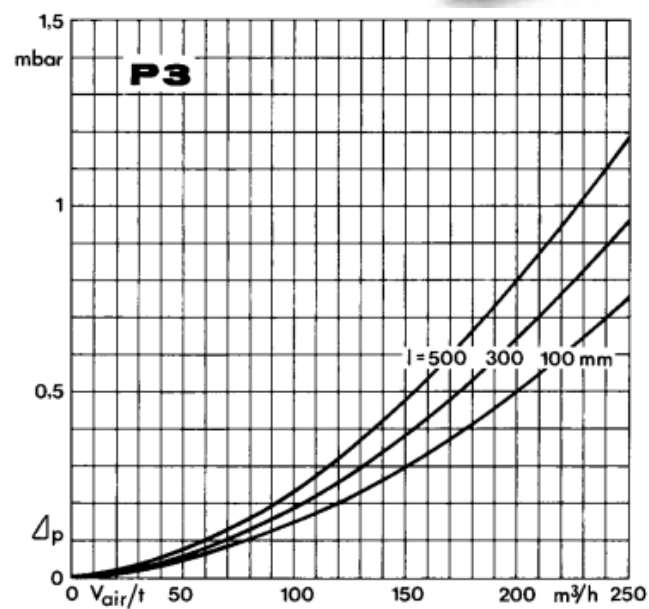


Fig. 8 Pressure drop vs. air flow

Termičke impedanse SKT modula (n=1.....6)

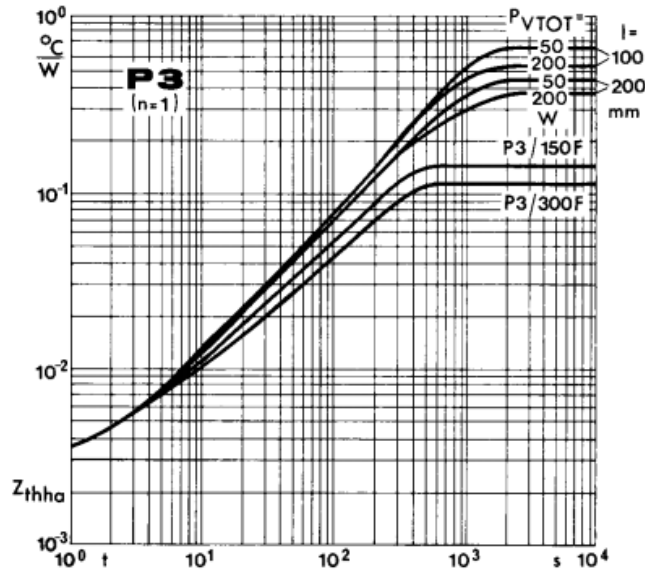


Fig. 10 a Total transient thermal impedance vs. time

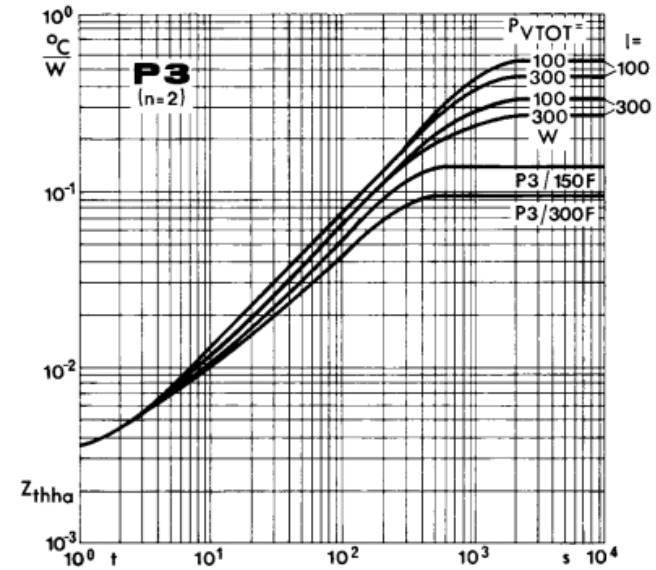


Fig. 10 b Total transient thermal impedance vs. time

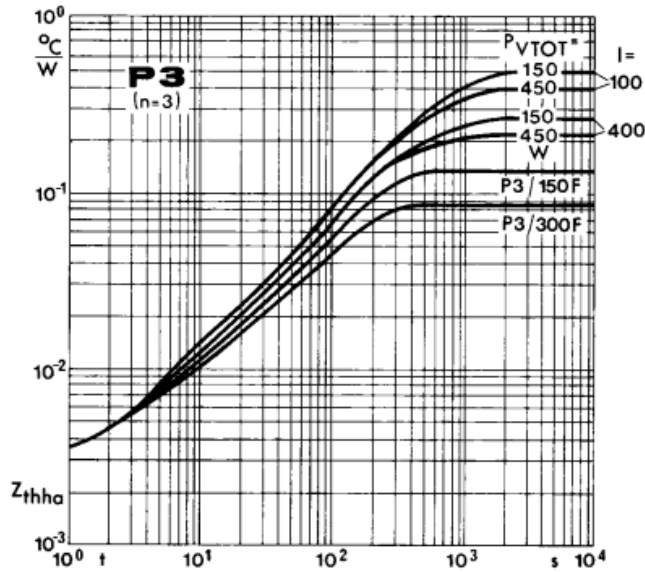


Fig. 10 c Total transient thermal impedance vs. time

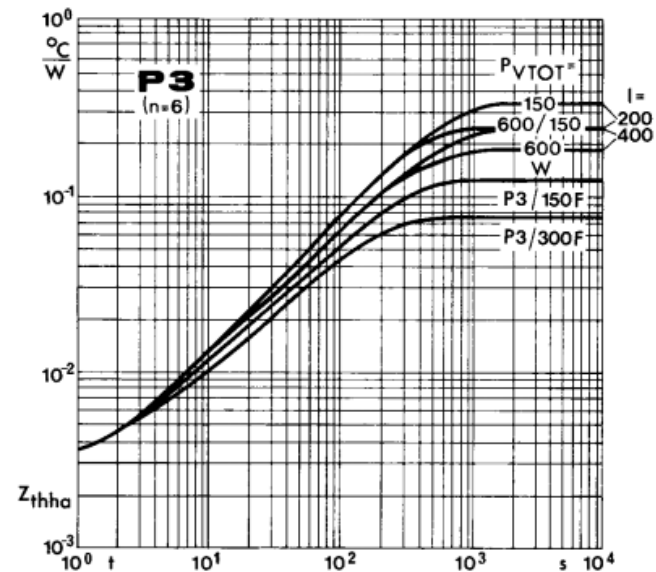
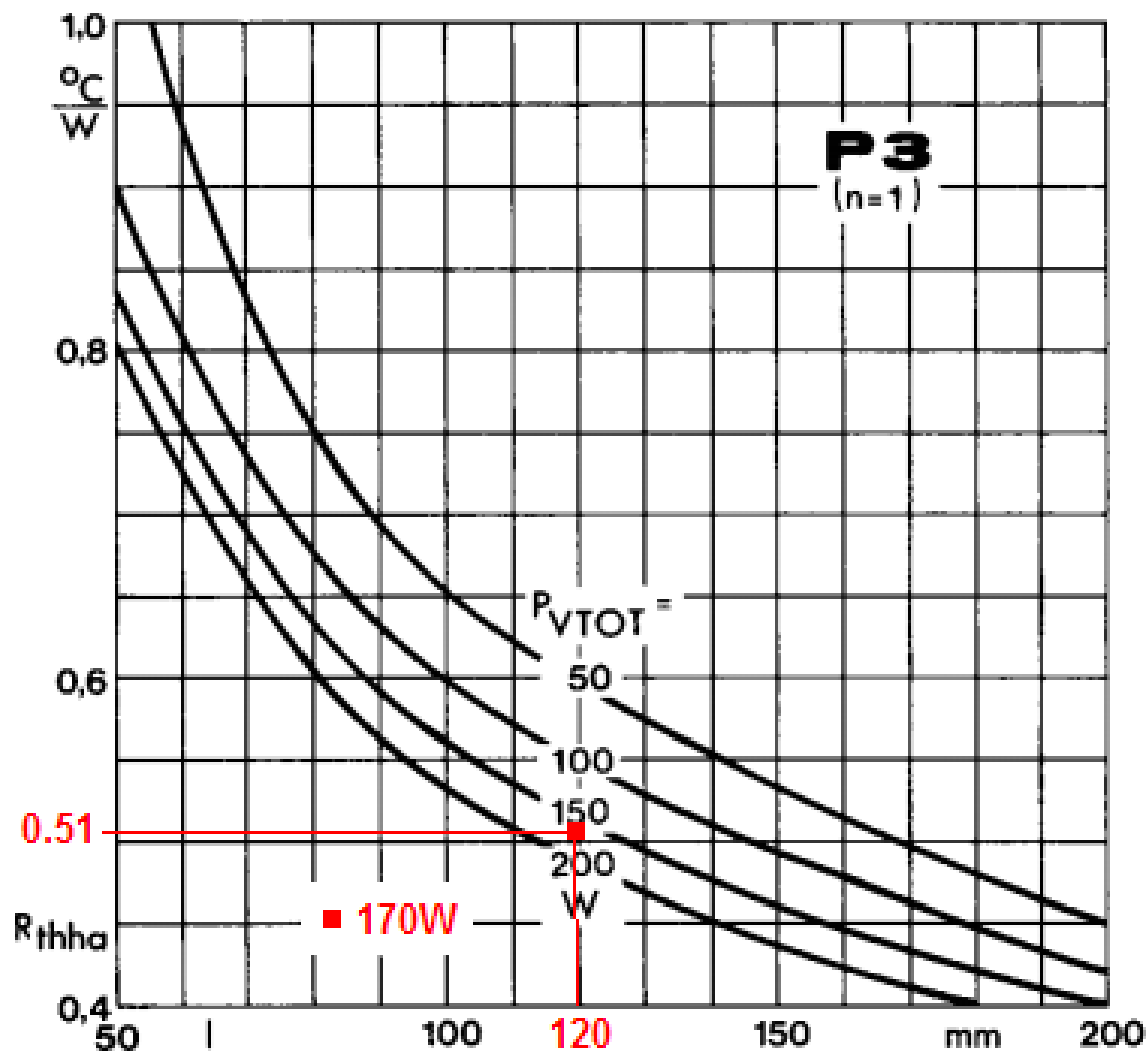


Fig. 10 d Total transient thermal impedance vs. time



Ukupni termički otpor hladnjaka u funkciji od njegove dužine (prirodno hlađenje)

Fig. 3 a Total thermal resistance vs. length

Očigledno je da prirodno hlađenje ne zadovoljava jer za datu dužinu hladnjaka od 120mm nije zadovoljen uslov $R_{th(s-a)} \leq 0.2 \text{ K/W}$ (dobijena vrednost je 0.51 K/W)

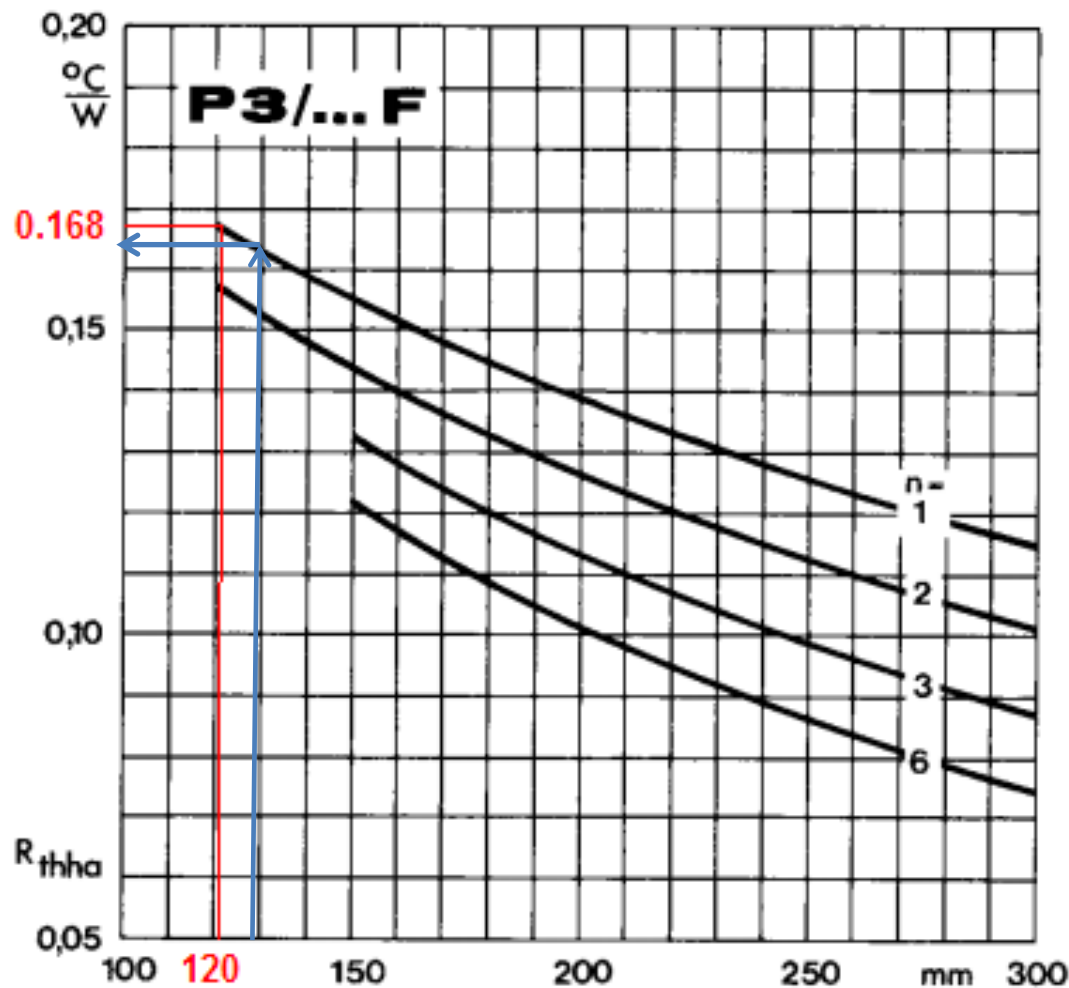


Fig. 6 Total thermal resistance vs. length

Ako se usvoji forsirano hlađenje sa $130\text{m}^3/\text{h}$ i za dužinu hladnjaka od 120mm dobija se da je $R_{th(s-a)}=0.16\text{K/W} \leq 0.2\text{K/W}$, tako da ova konfiguracija hlađenja koja se koristi za pretvarački modul, zadovoljava.

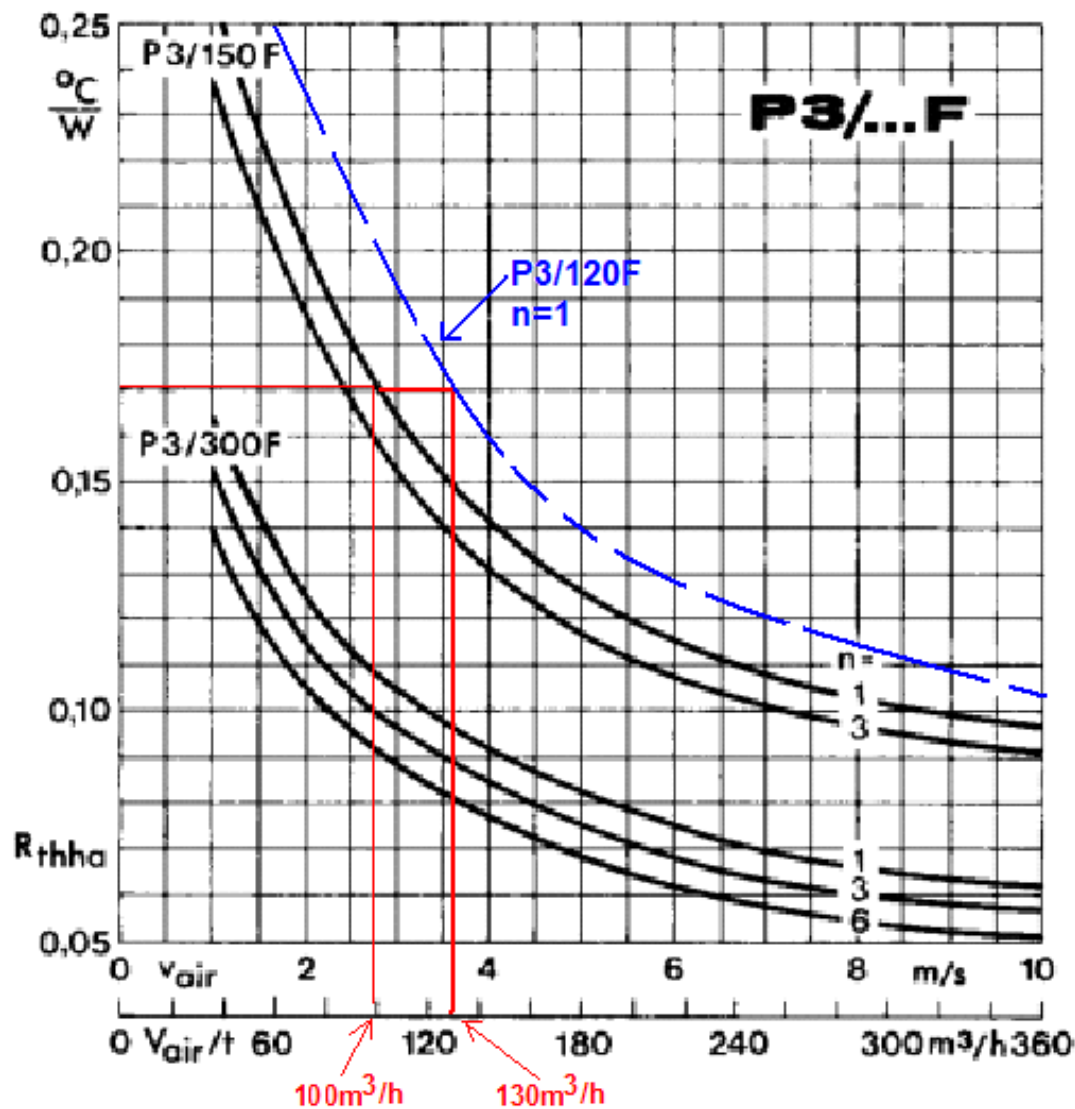
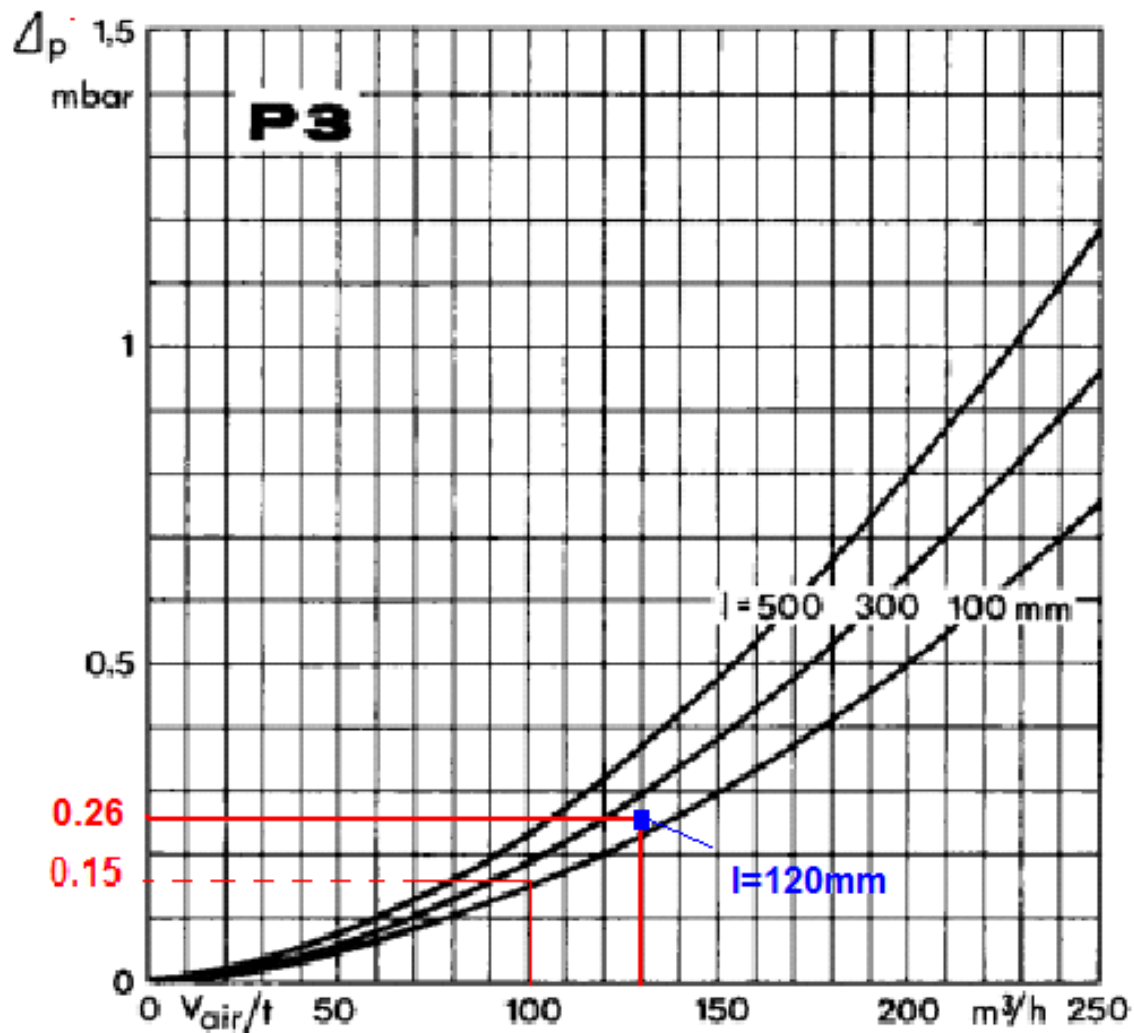


Fig. 7 Total thermal resistance vs. air flow

Termički otpor hladnjaka
u funkciji protoka rashladnog
vazduha

Za protok vazduha
 $130 m^3/h$ ($v=3.6 m/s$) i za
hladnjak P3/120F, $n=1$
se dobija
 $R_{th(s-a)} = 0.17 K/W \leq 0.2 K/W$.

Napomena: Karakteristika
P3/120F (plava kriva) je
estimirana na osnovu
karakteristika P3/150F i
P3/300F.



Pad pritiska u funkciji
od protoka vazduha

Za protok od $130 m^3/h$ se
dobija pad pritiska od
 $0.26 mbar$ ($26 Pa$).

Za ove vrednosti se bira
ventilator :

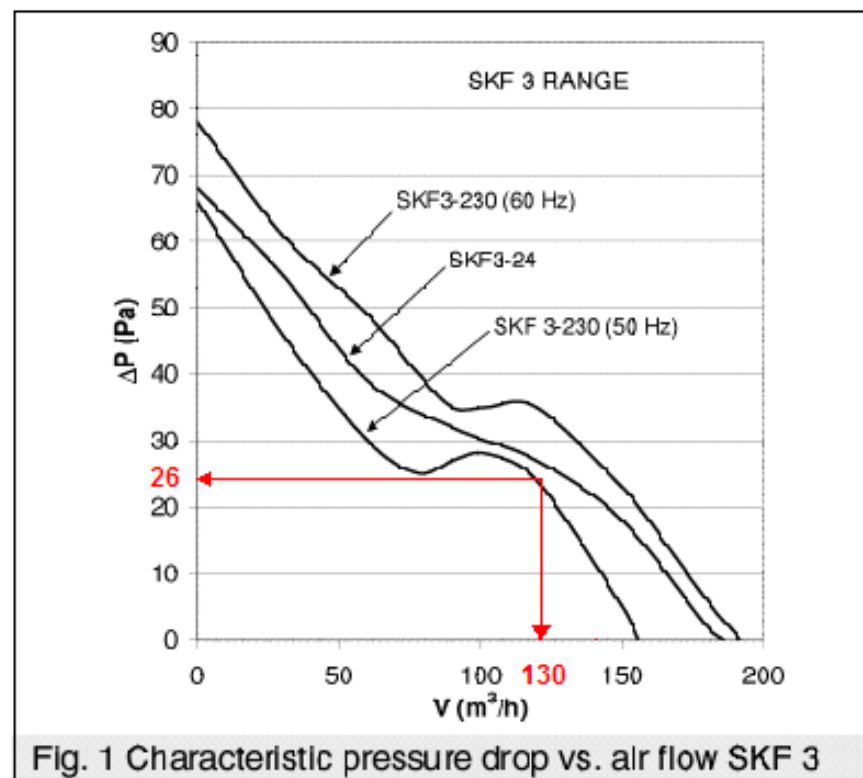
SEMIKRON

SKF-3-230-01

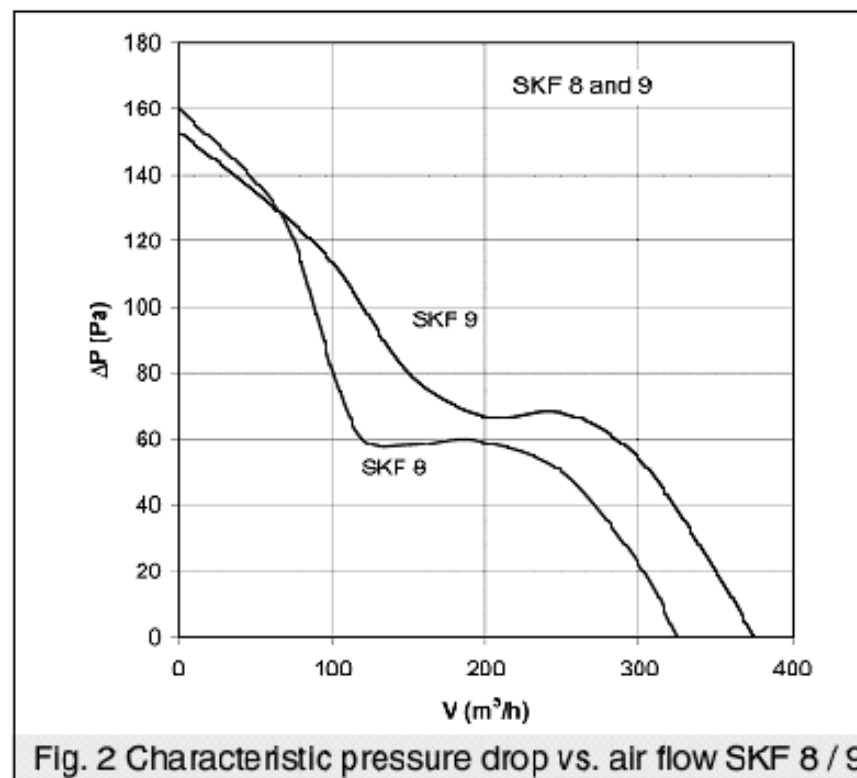
Fig. 8 Pressure drop vs. air flow

Axial Fans

Types	Ident No.		f Hz	V ₁ V	Max volume m ³ /h	P W	T _{amb} max °C	Weight kg	Noise dB
SKF 3-230-01	30031061		50 / 60	230	159 / 190	15 / 14	70	0,55	37 / 41
SKF 3-115-01	30031110		50 / 60	115	160 / 190	15,5 / 14,5	70	0,55	37 / 41
SKF 3-24c-01	VE001030		DC	24	185	7,5	70	0,26	43
SKF 8-230-01	30145431		50	230	325	45	50	1,1	48
SKF 9-230-01	30142395		50	230	375	24	70	1	54



1mbar=100Pa



B) PRIMER IZBORA HLADNJAKA $R_{th(s-a)} \leq 0.09 \text{ K/W}$

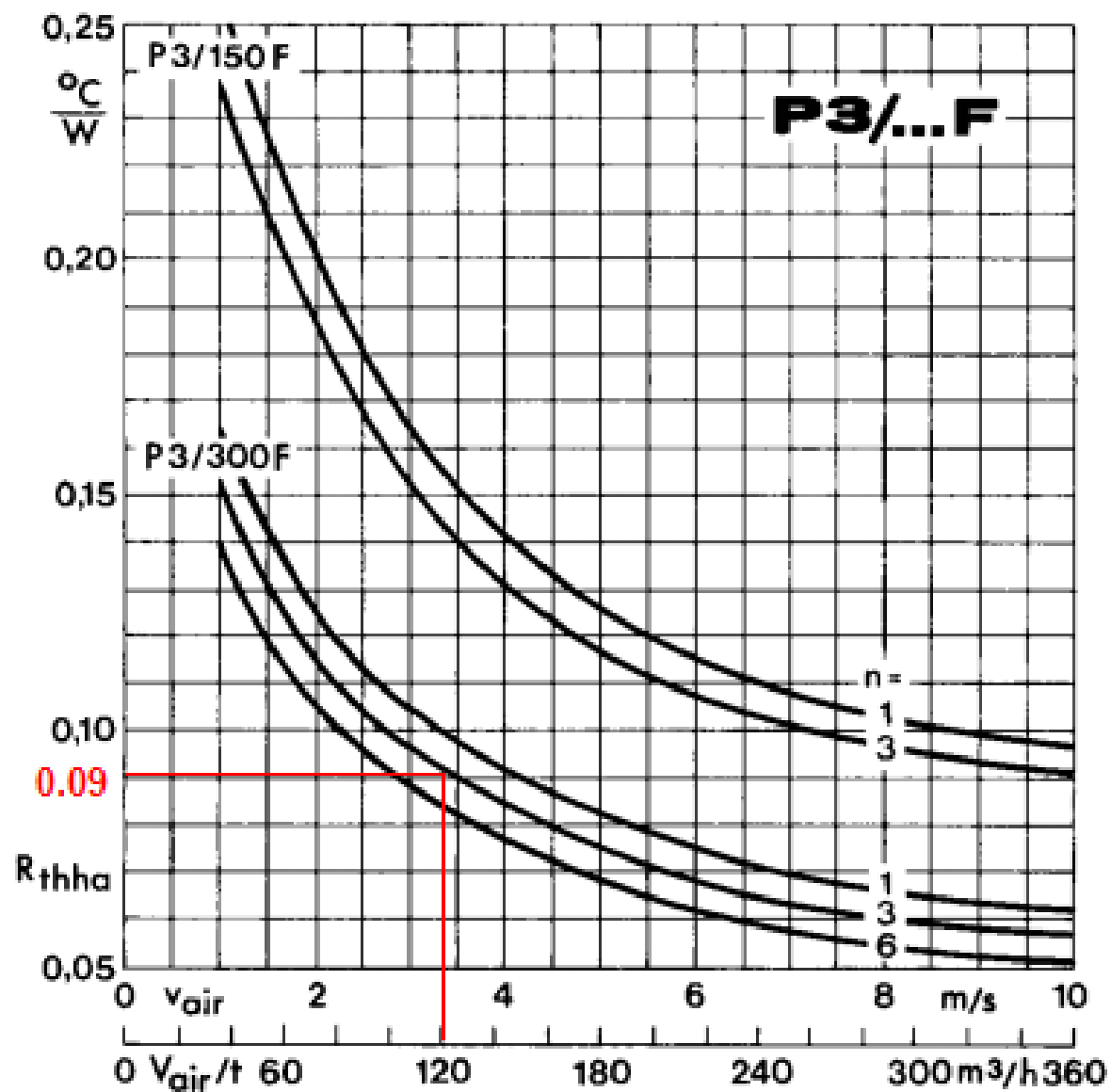
Ovo je veoma mali termički otpor!!!!

ZAHTJEVI ZA HLADNJAKOM SU: $R_{th(s-a)} = 0.09 \text{ K/W}$ za $n = 3$ izvora toplote /tri modula (1), (2) i (3). Jedno od mogućih rešenja je hladnjak tipa P3/300 sa ventilatorom koji mora da obezbedi $120 \text{ m}^3/\text{h}$ (ustvari oznaka mu je P3/300F)

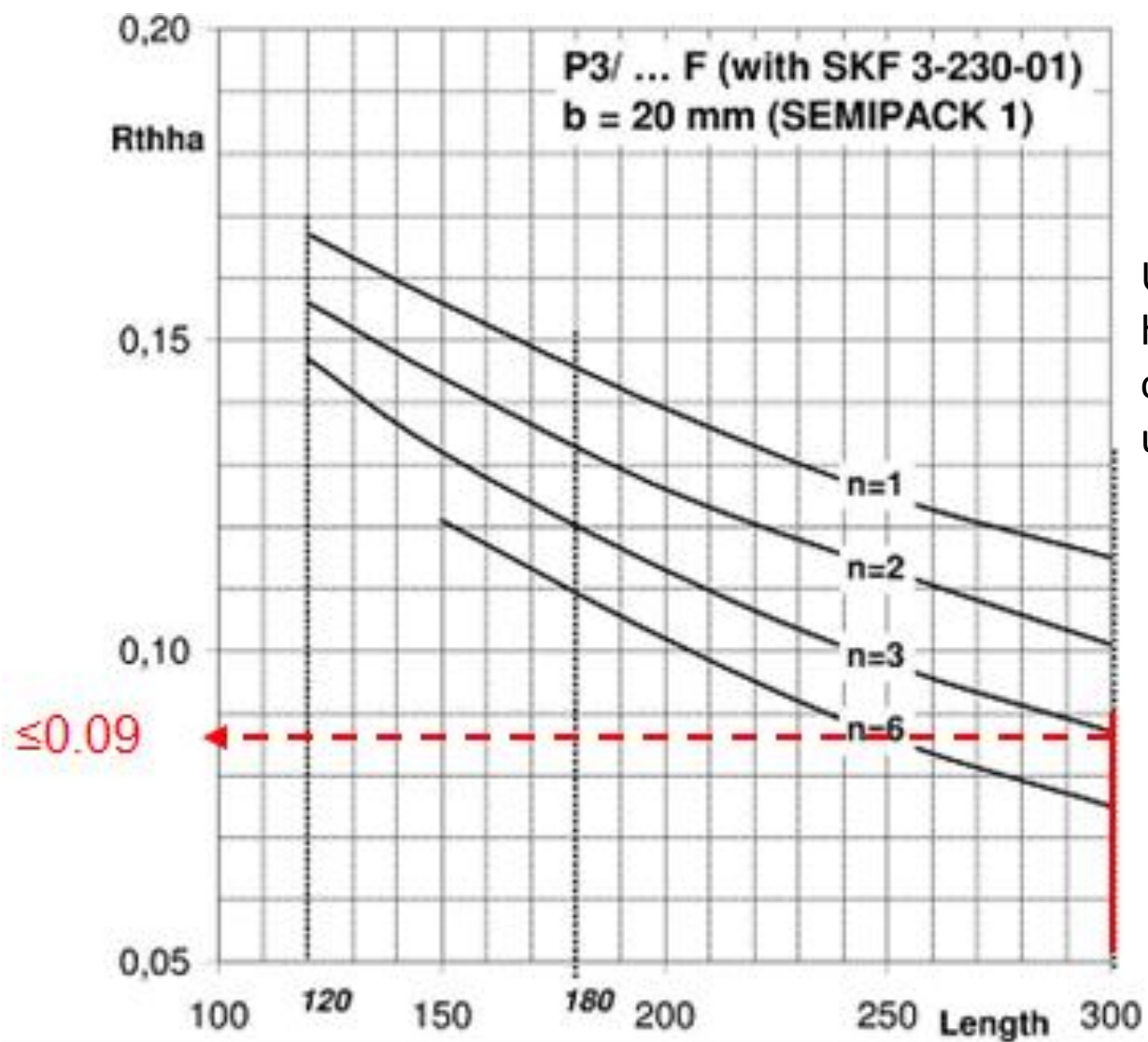


P3/300F

Standard lengths	n	b / d Ø mm	R_{thha} natural cooling K/W	R_{thha} with Fan SKF 3-230-01 K/W	w kg
P 3/120	1	20	0,55 (100W)	0,167	2,1
	3		0,43 (150W)	0,147	
P 3/180	2	20	0,39 (150W)	0,132	3,1
	3		0,36 (180W)	0,12	
	6		0,33 (200W)	0,108	
	1	34		0,144	
P 3/300	3	34		0,118	5,3
	3			0,0847	
	3				

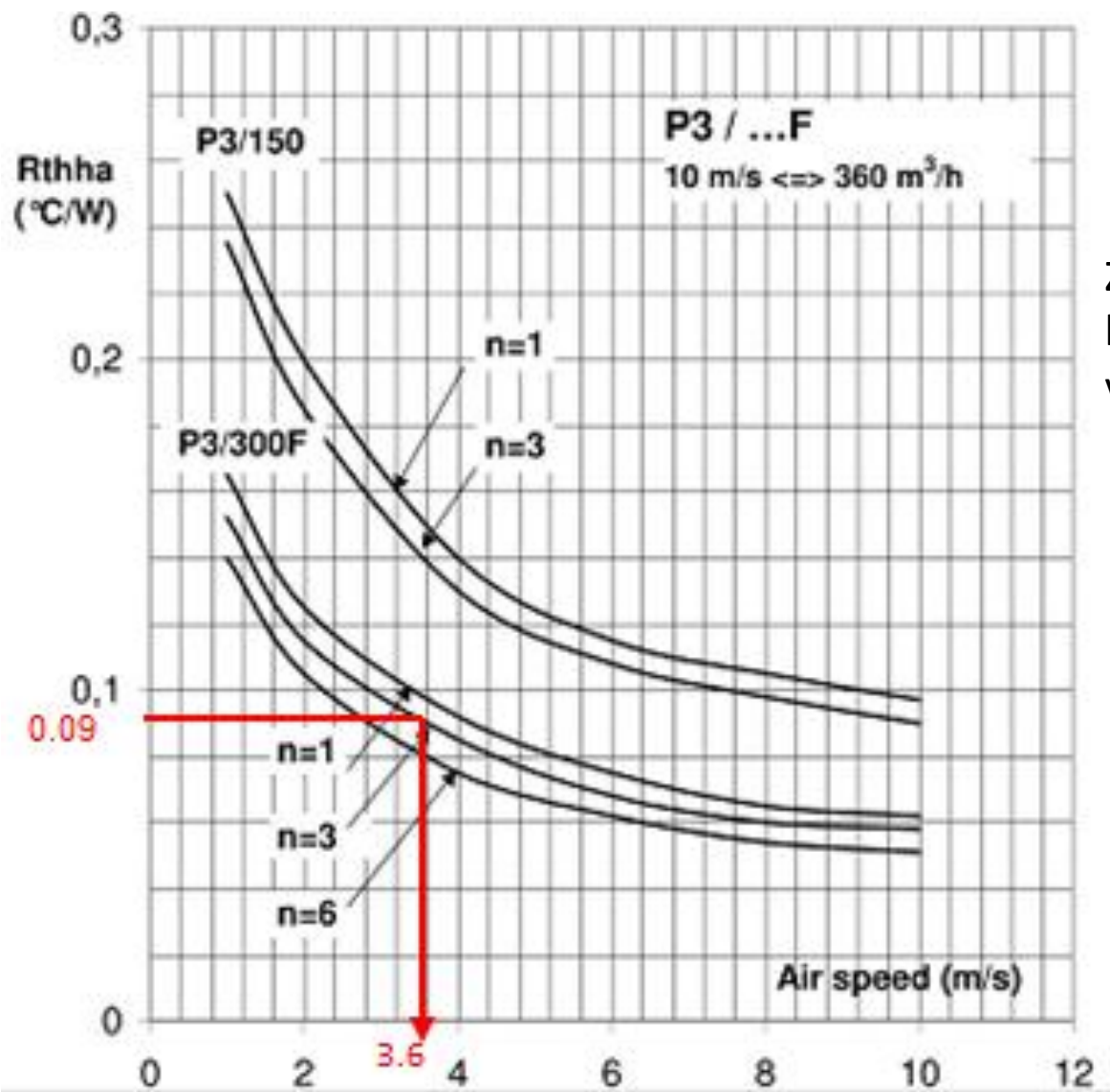


Ukupna termička otpornost u funkciji
od protoka vazduha

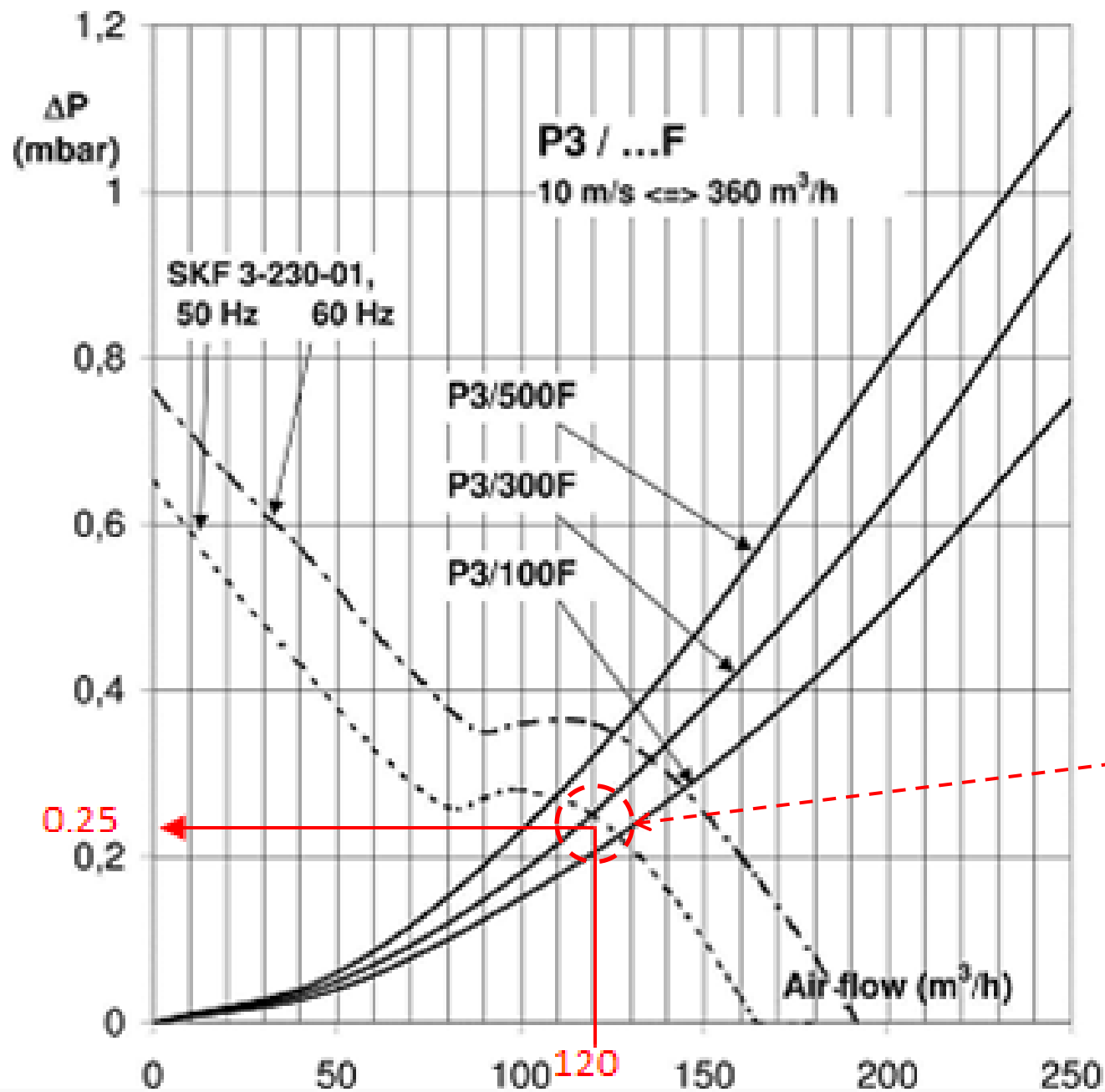


Ukupna termička otpornost hladnjaka P3/ ...F sa forisranim odvođenjem toplote u zavisnosti od dužine hladnjaka

Za $n=3$, $L=300\text{mm}$, $R_{th}(s-a) \leq 0.09\text{K/W}$

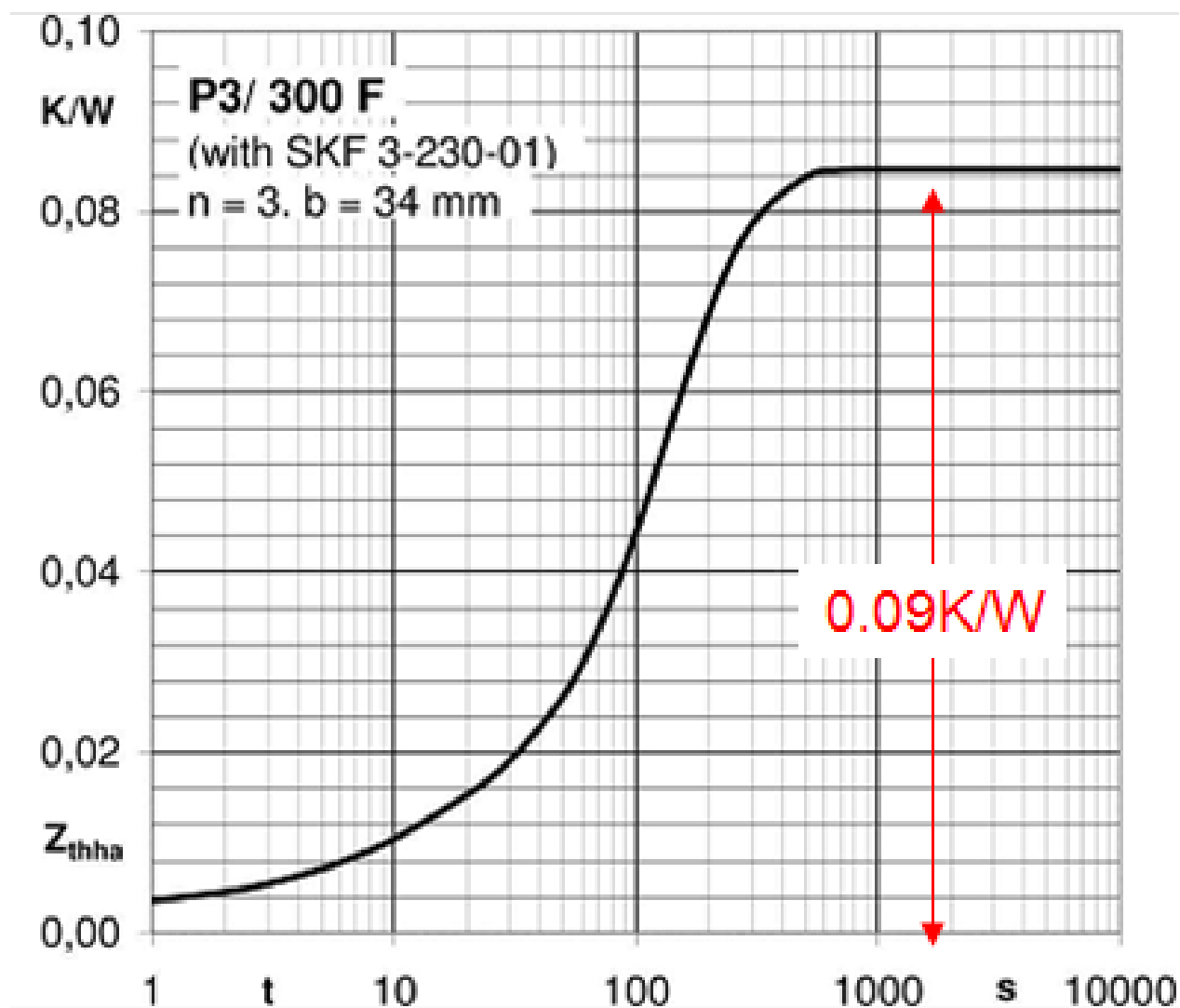


Zavisnost termičke otpornosti hladnjaka P3 sa forsiranim vazдушnim strujanjem (P3/...F) od brzine strujanja vazduha



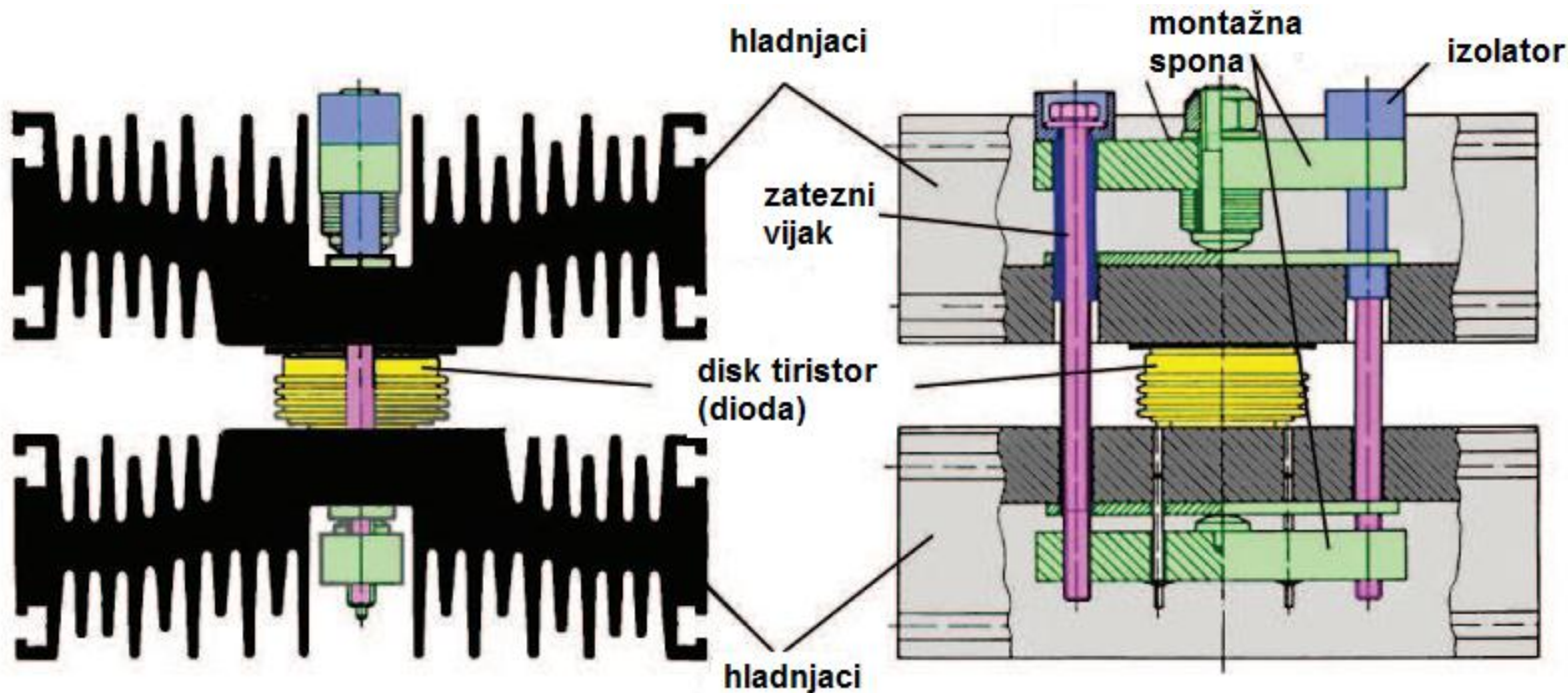
Izbor radne tačke
za slučaj
korišćenja
ventilatora
SKF 3-230-01

Radna tačka



Vremenski dijagram termičke impedanse (ustaljena „aktivna“ termička otpornost
Se postiže nakon 10-15 minuta)

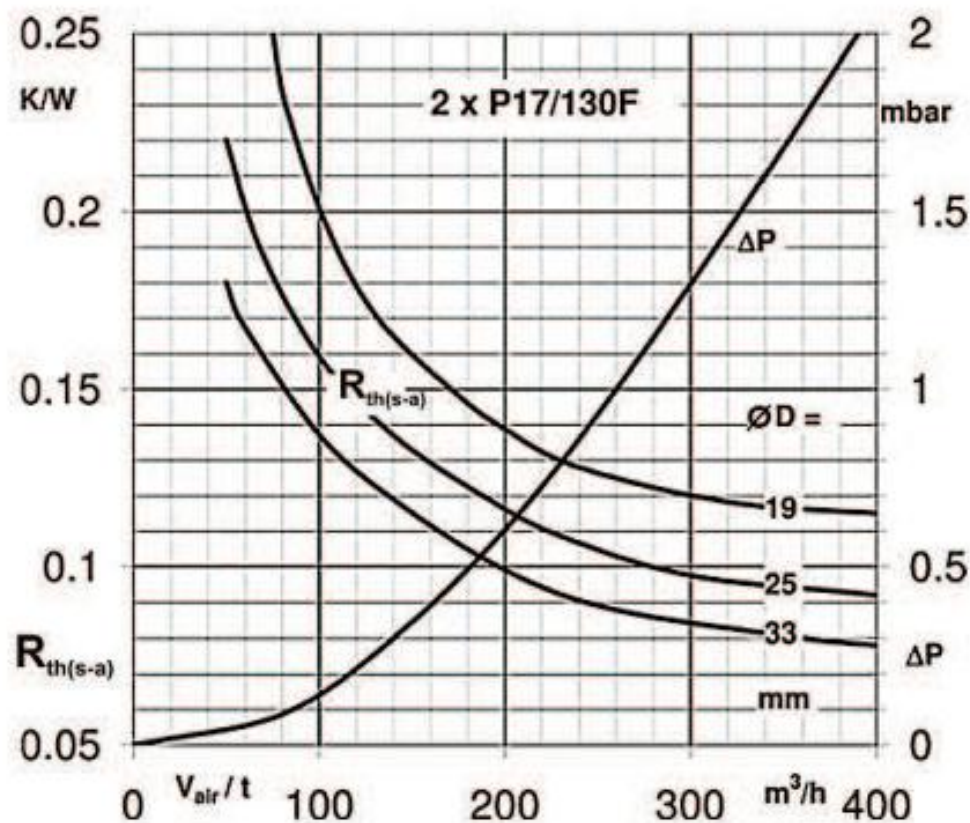
DVOSTRUKO HLAĐENI DISK TIRISTOR POSTAVLJEN IZMEĐU DVA PROFILA HLADNJAKA



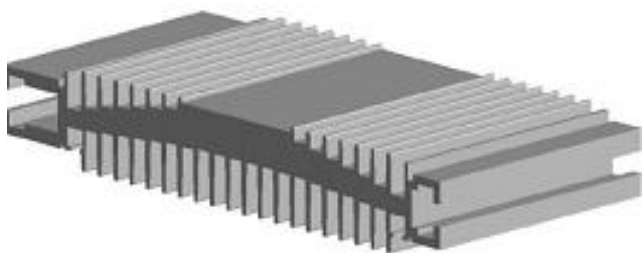
Da bi se postiglo dvostrano hlađenje tiristora oblika diska i samim tim dvostruko Manja termička otpornost $R_{th(j-s)}$, komponenta se ugrađuje između dva profila hladnjaka. Sistem za pričvršćenje mora biti dimenzionisan tako da je bar jedna ploča hladnjaka pokretna kako bi se osiguralo da je distribucija pritiska na celoj površini ćelije diska ravnomerna.

C) PRIMER IZBORA HLADNJAKA ZA DISK TIRISTORE (dvostrano hlađenje)

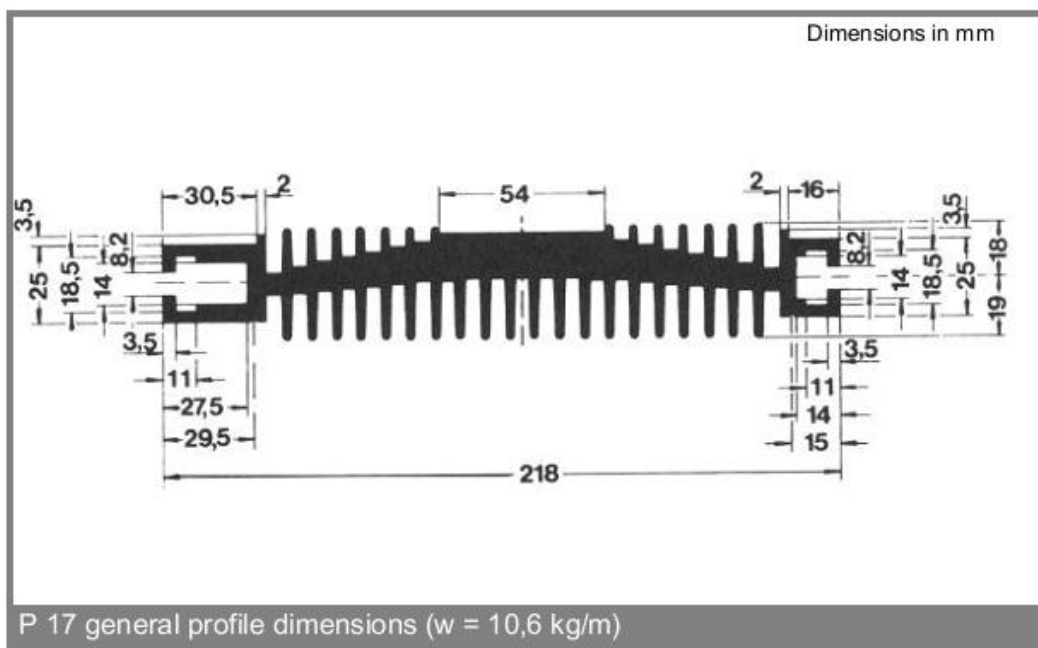
- Zahteva se laminarni protok.
- Među lopaticama hladnjaka, međutim, protok vazduha je normalno turbulentan.
- To je od prednosti jer to pomaže poboljšanju prenosa toplote iz hladnjaka u vazduh.
- Ako postoji turbulencija, neće se moći dobiti tačnu vrednost za srednju brzinu rashladnog vazduha.
- Zato je ova specifikacija ove vrednosti ograničena.
- Da bi se postigao toplotni otpor R_{th} predviđenog sklopa hladnjaka sa određenim ventilatorom, prvi je korak mapiranje specificiranog grafikona pada pritiska Δp u hladnjaku a u funkciji zapreminskog protoka rashladnog vazduha V_{air}/t .



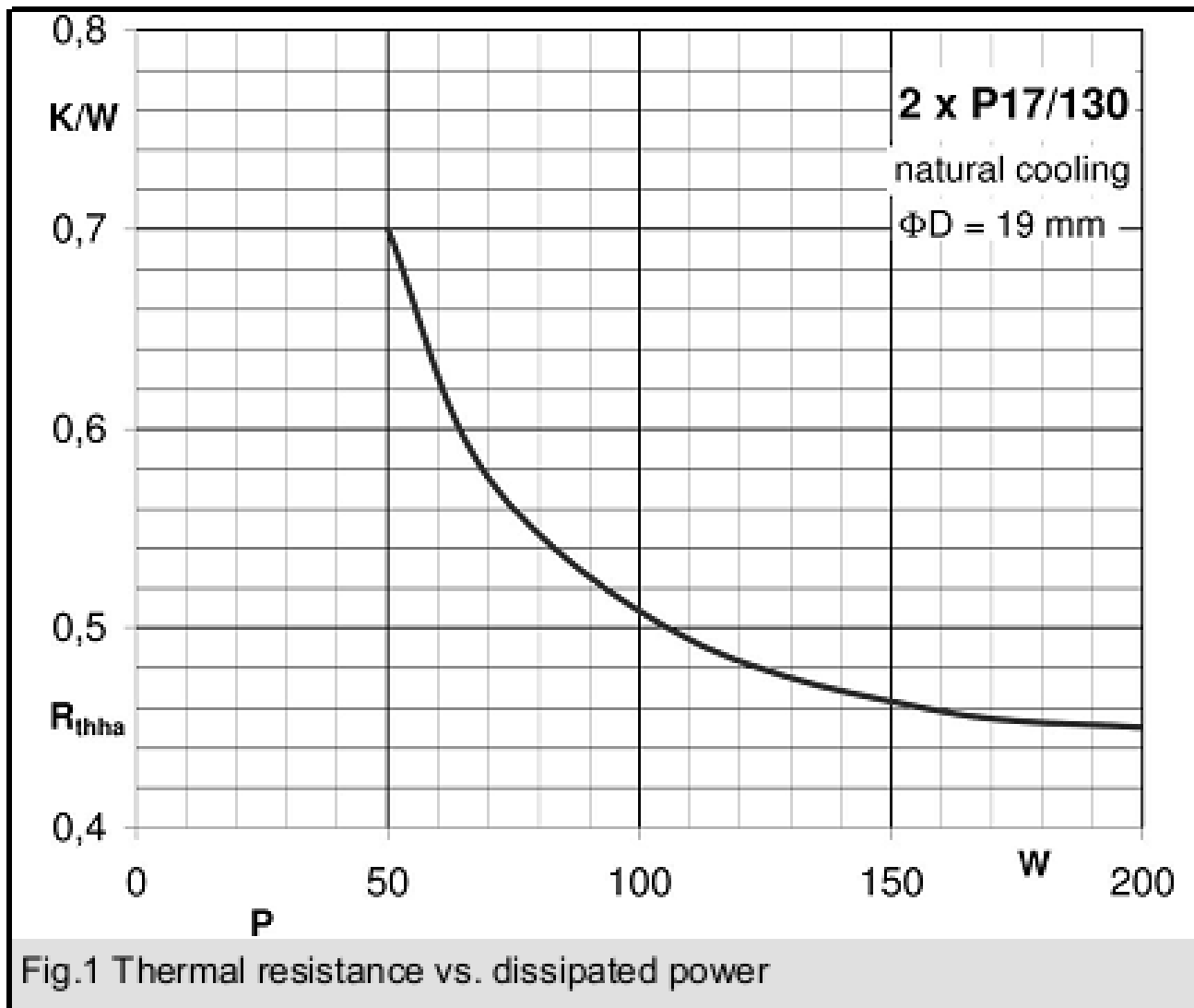
$R_{th(s-a)}$ za hladnjak tipa P17 SEMIKRON dužine 130mm za hlađenje disk tiristora sa dvostranim hlađenjem i pad pritiska Δp između ulaza i izlaza vazduha u funkciji od zapreminskog protoka u vremenu (m^3/h). $\varnothing D$ je prečnik kontaktnog elementa disk poluprovodničke ćelije



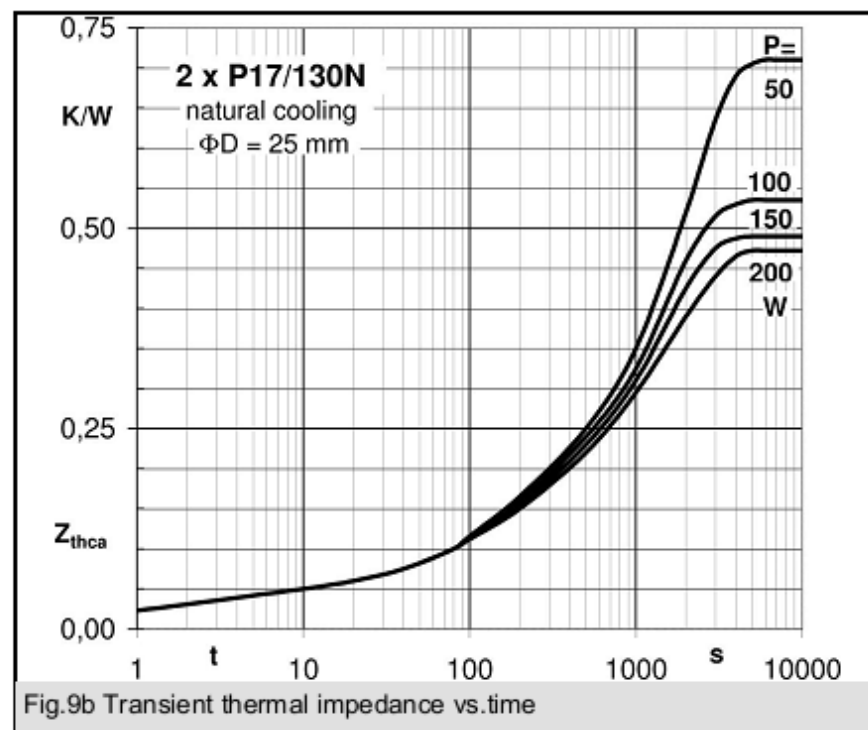
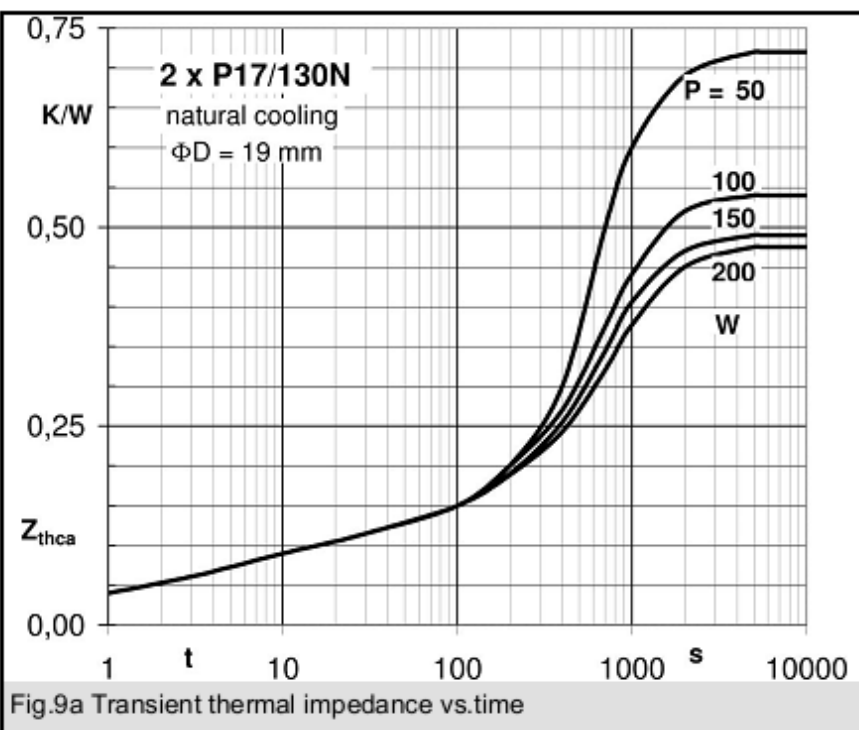
P17 hladnjak
proizvodnje SEMIKRON



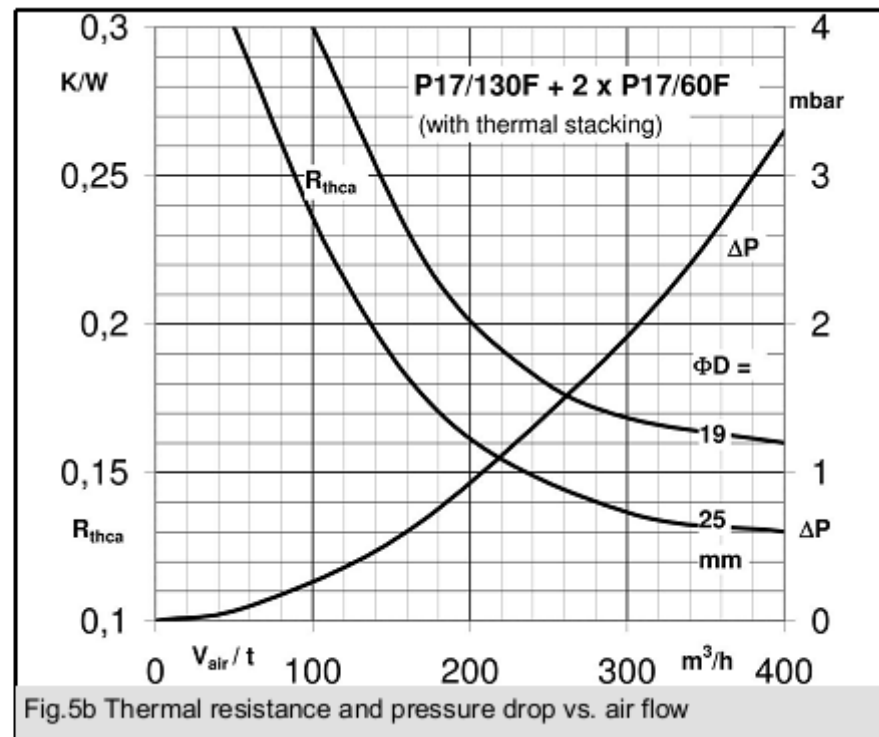
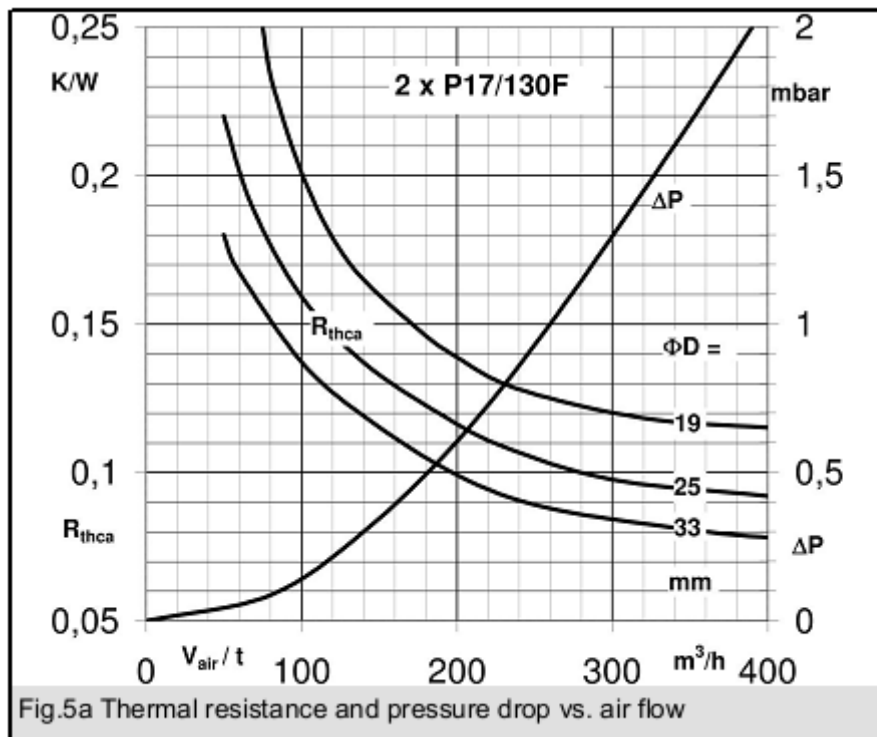
Standard lengths	n	b / d Ø	R_{thha} natural cooling K/W	R_{thca} (V_{air}/t) forced air cooling K/W	w
		mm			kg
2x P 17/130		19 ± 1	0,49 (120W)	0,122 (300 m³/h)	3
		25 ± 2	0,48 (120W)	0,1 (300 m³/h)	
		33 ± 2	0,47 (120W)	0,085 (300 m³/h)	
P 17/130		19 ± 1		0,175 (300 m³/h)	2,9
+ 2x P 17/60		25 ± 2		0,14 (300 m³/h)	
STACK 1000		25 ± 2		0,135	38
(with P 17/130)		33 ± 2		0,122	
See Fig. Appl.2		47 ± 2		0,115	



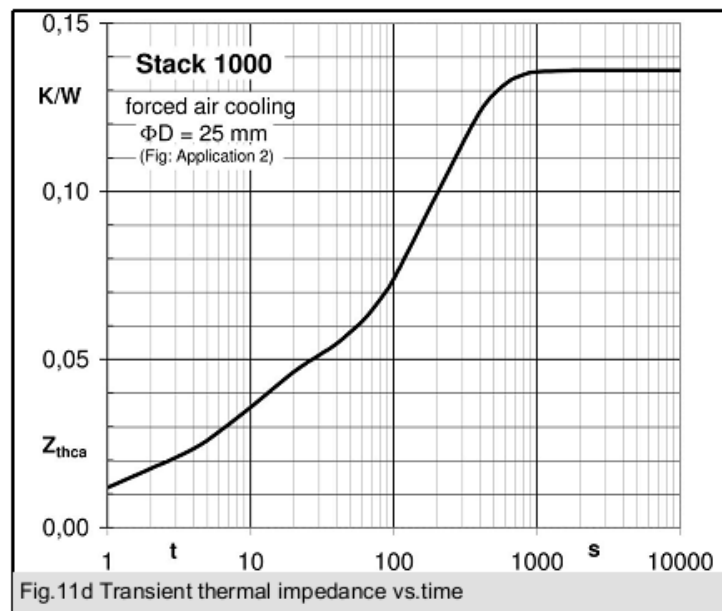
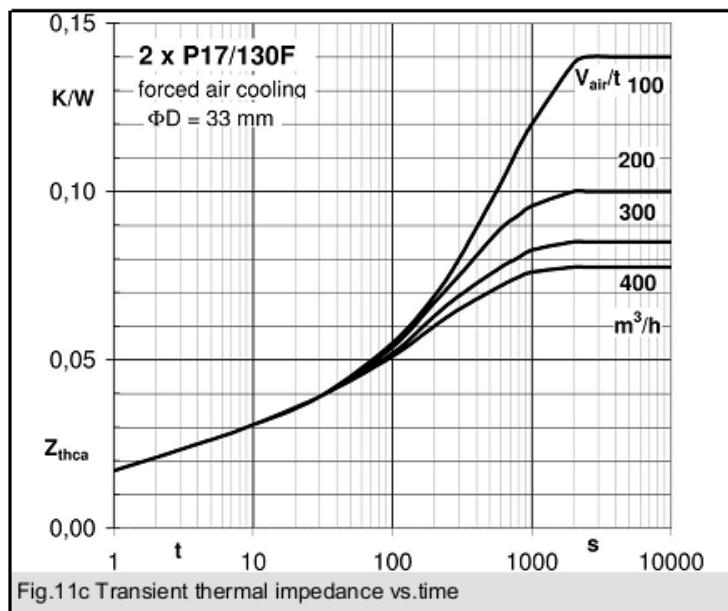
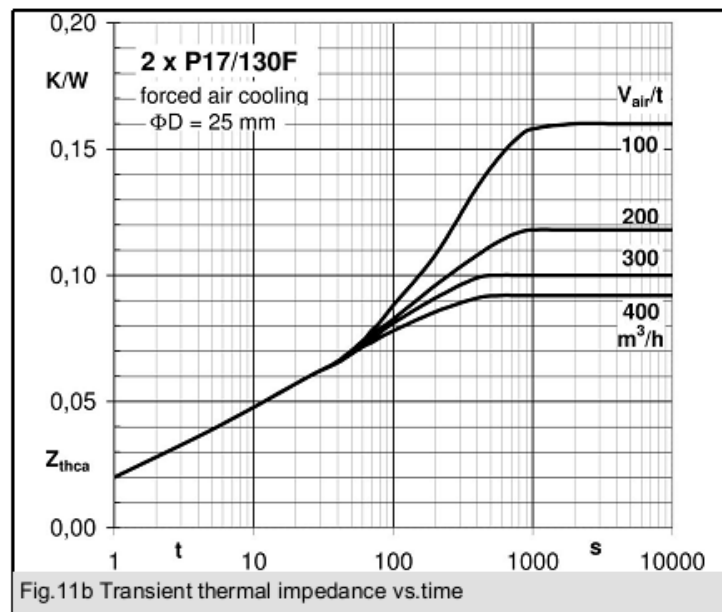
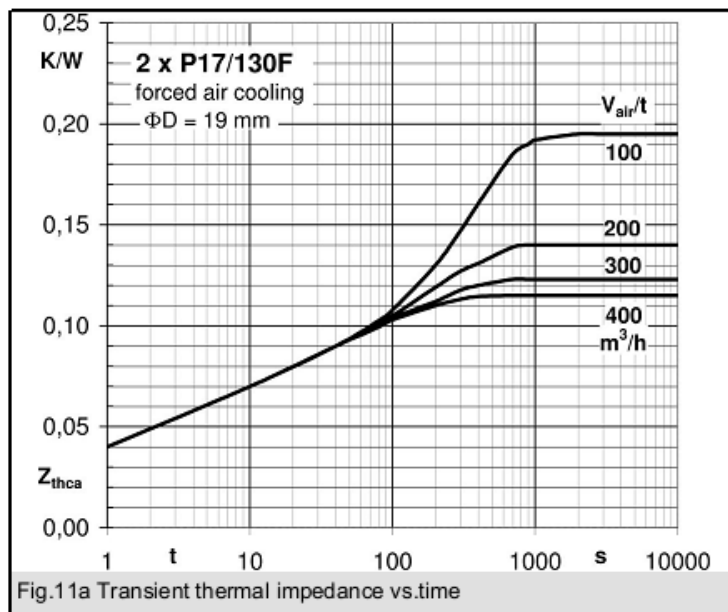
Karakteristika prirodnog hlađenja za 2xP17/130



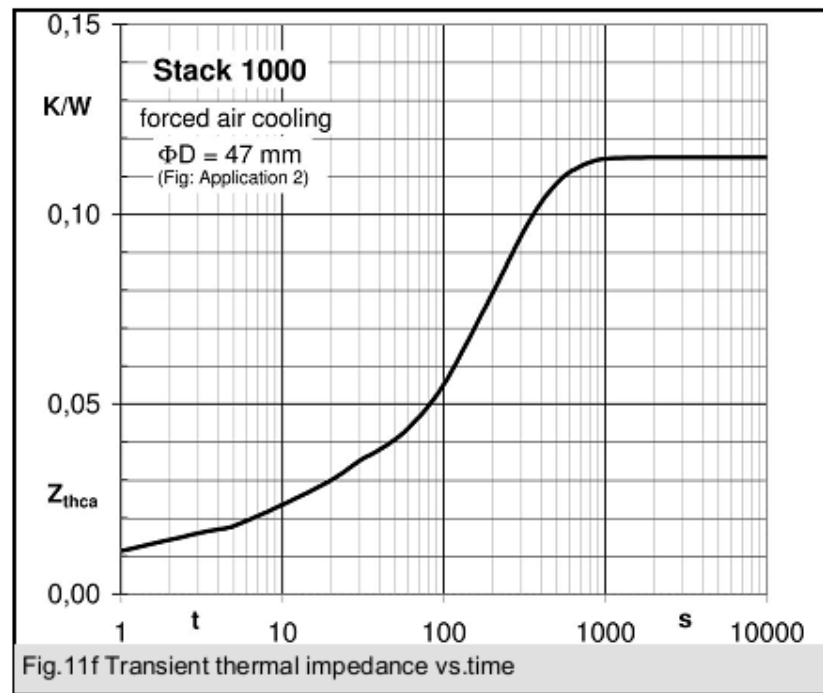
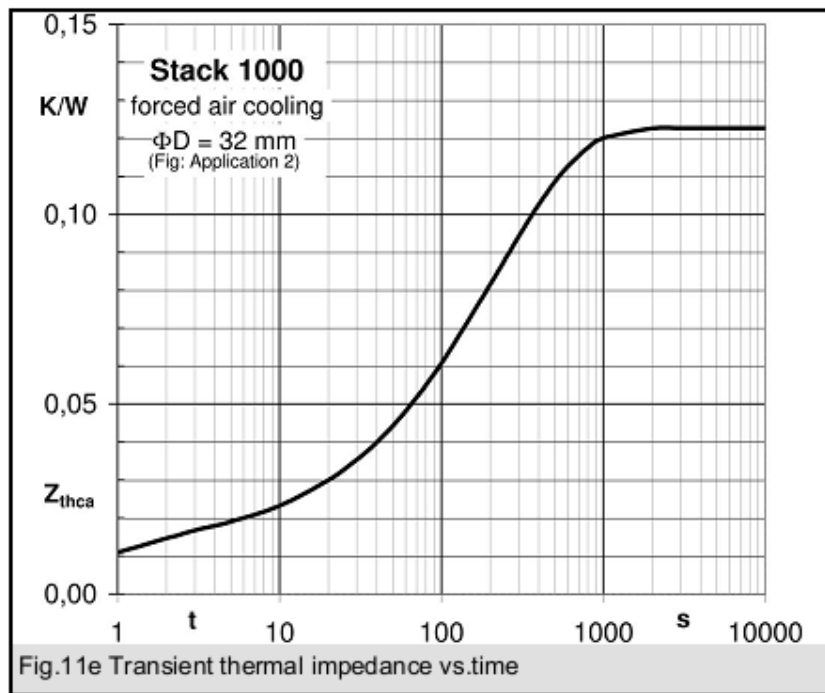
Hladnjak 2x P17/130N -Tranzijentne termičke impedanse za slučaj prirodnog hlađenja i za dve vrednosti prečnika kapsule (diska) 19mm i 25mm



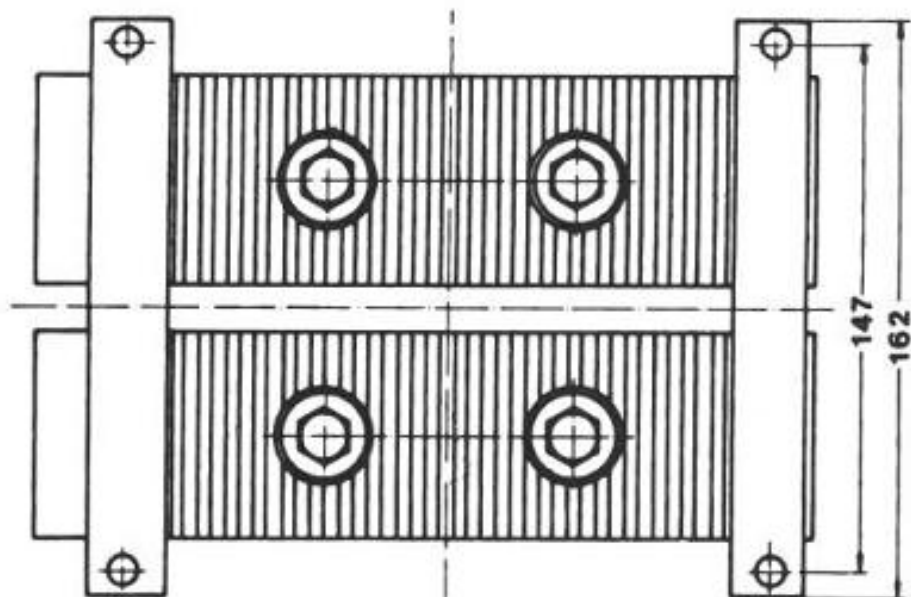
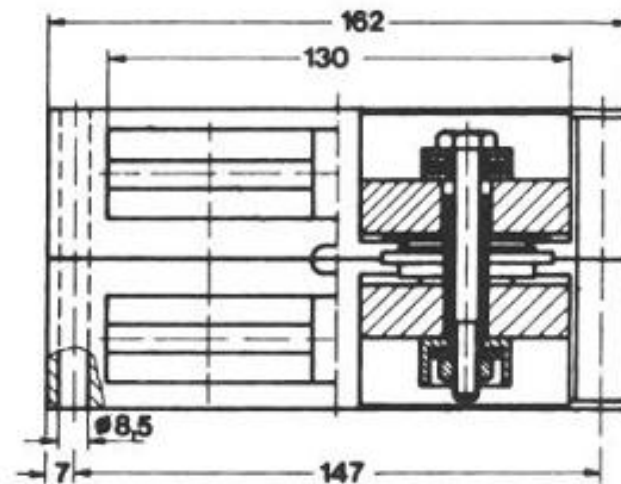
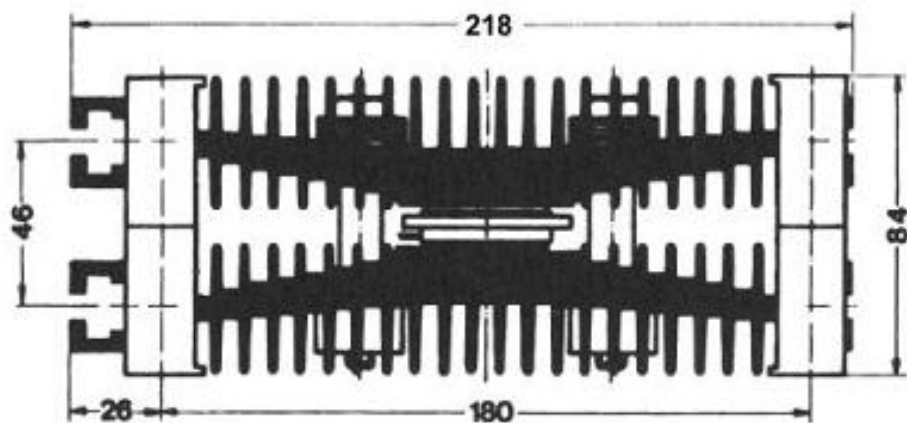
Karakteristike prinudnog hlađenja za P17/130F



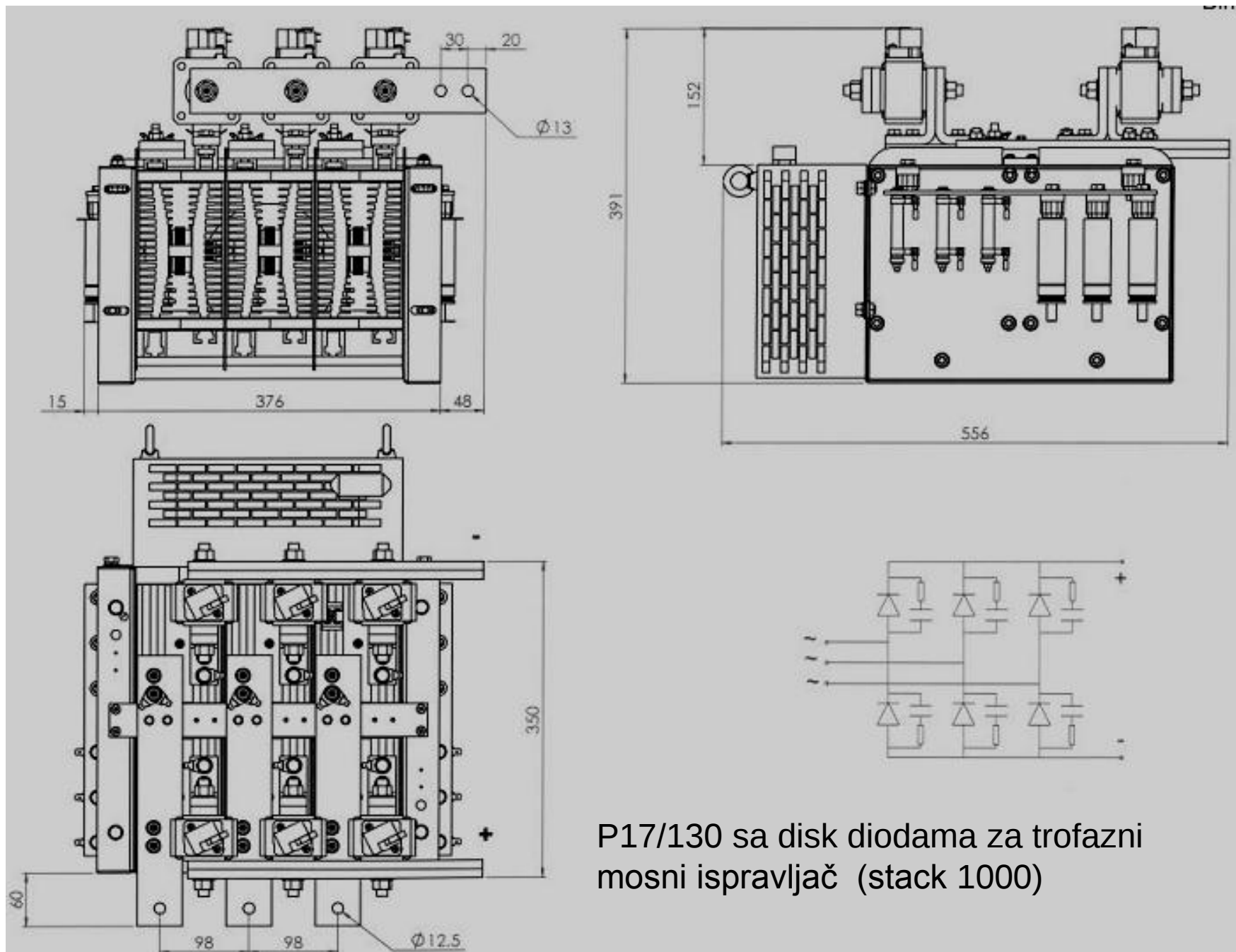
Hladnjak 2x P17/130F -Tranzijentne termičke impedanse za slučaj prinudnog hlađenja



Stack 1000 -Tranzijentne termičke impedanse za slučaj prinudnog hlađenja

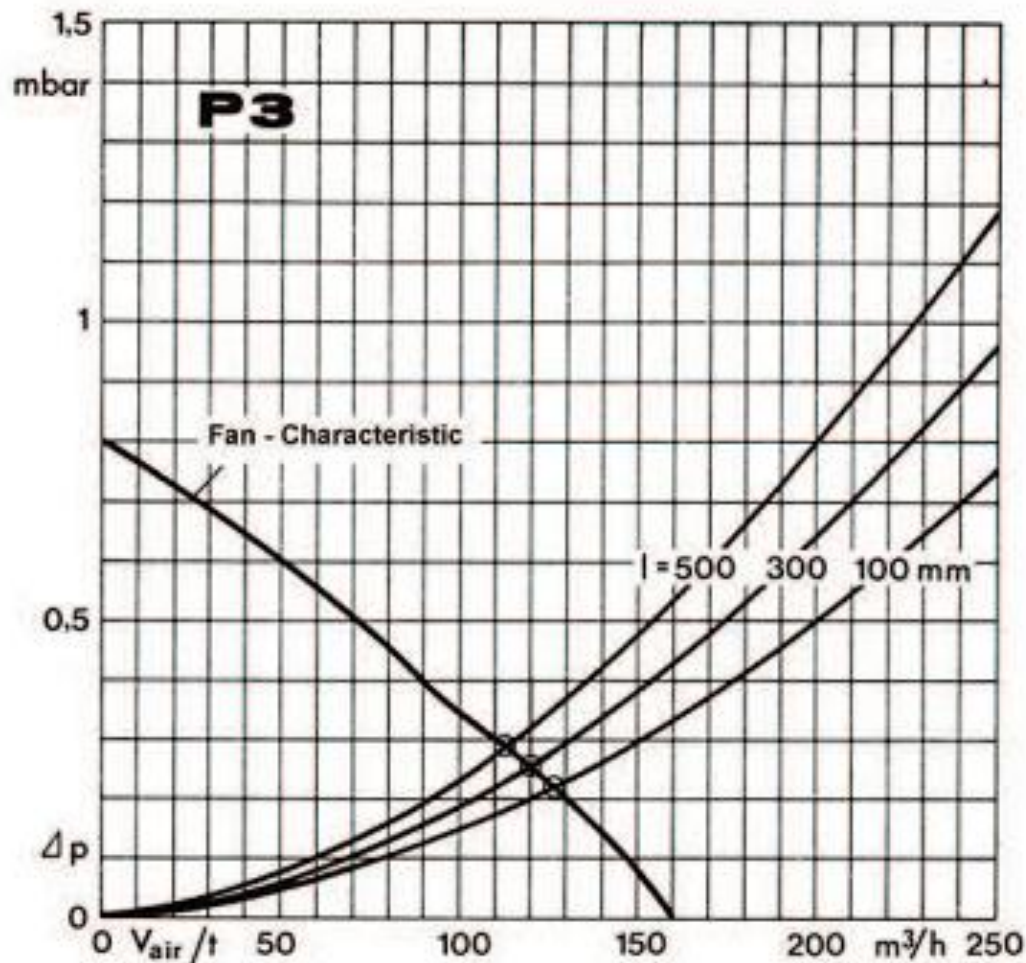


- P17/130 +2xP17/60 sa dve kapsule
- Sve dimenzije su u mm



P17/130 sa disk diodama za trofazni mosni ispravljač (stack 1000)

D) PRIMER ZA PRINUDNO HLAĐENJE SA HLADNJAKOM P3-Semikron

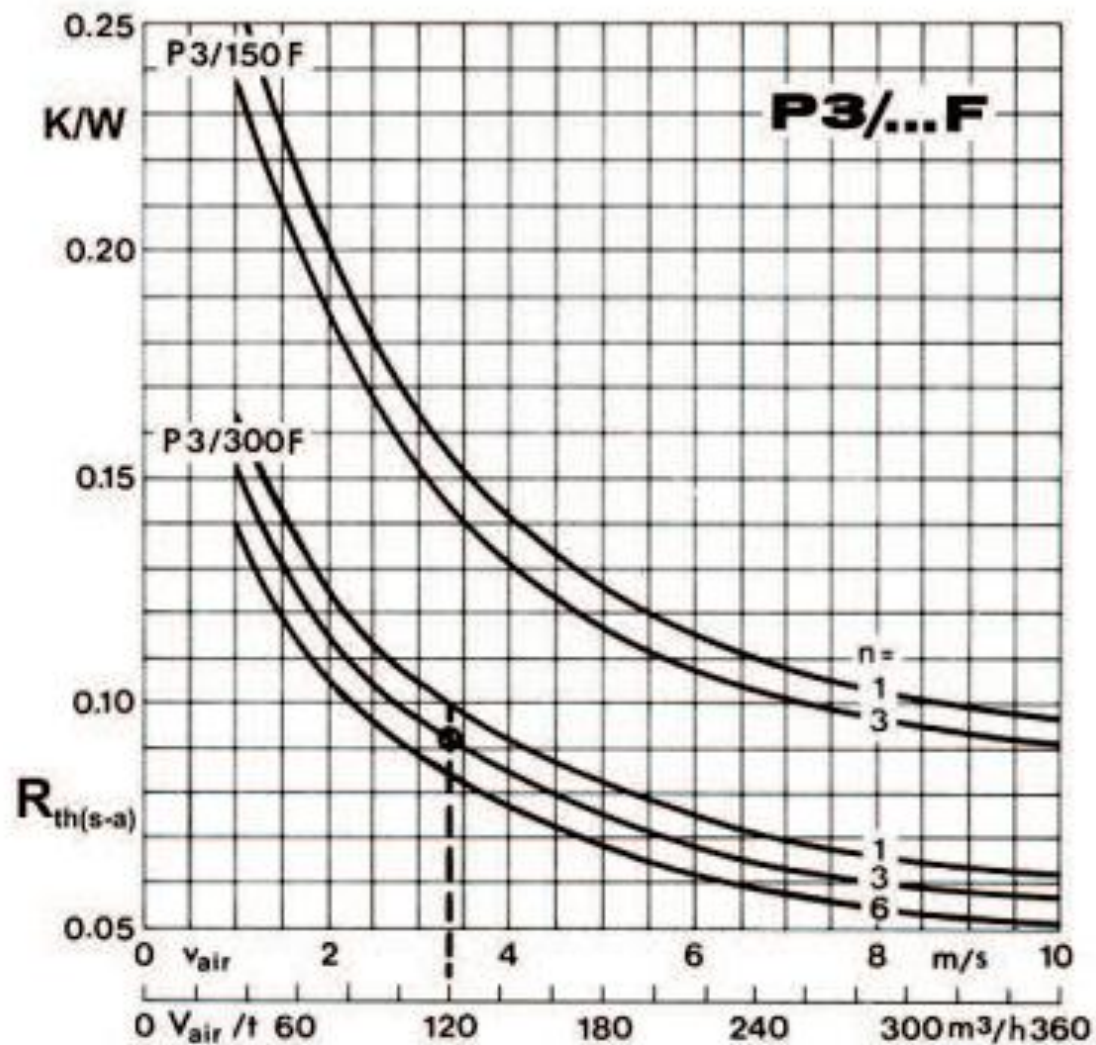


- Za proračun je bitno odrediti tačku preseka krive ventilatora i krive hladnjaka.
- Ova tačka preseka ustvari predstavlja rezultujući zapreminski protok za datu konfiguraciju ventilator/profil hladnjaka
- Za zapreminski protok od 120m³/h i za 300mm dužinu hladnjaka dobija se pad pritiska od 0.25mbara(25Pa)



Dijagrami koji prikazuju pad pritiska za različite dužine P3 hladnjaka SEMIKRON u funkciji zapreminskog protoka vazduha (m³/h), kao i karakteristiku ventilatora (zapreminski protok vazduha evakuisanog od strane ventilatora u funkciji negativne promene pritiska)

TAČKA PRESEKA DAJE REZULTUJUĆI ZAPREMINSKI PROTOK ZA OVU KOMBINACIJU



Za profil hladnjaka
300mm dužine i za slučaj
montaže tri izvora toplote
($n=3$) dobija se termička
otpornost

$$R_{th(s-a)} = 0.093 \text{ K/W}$$

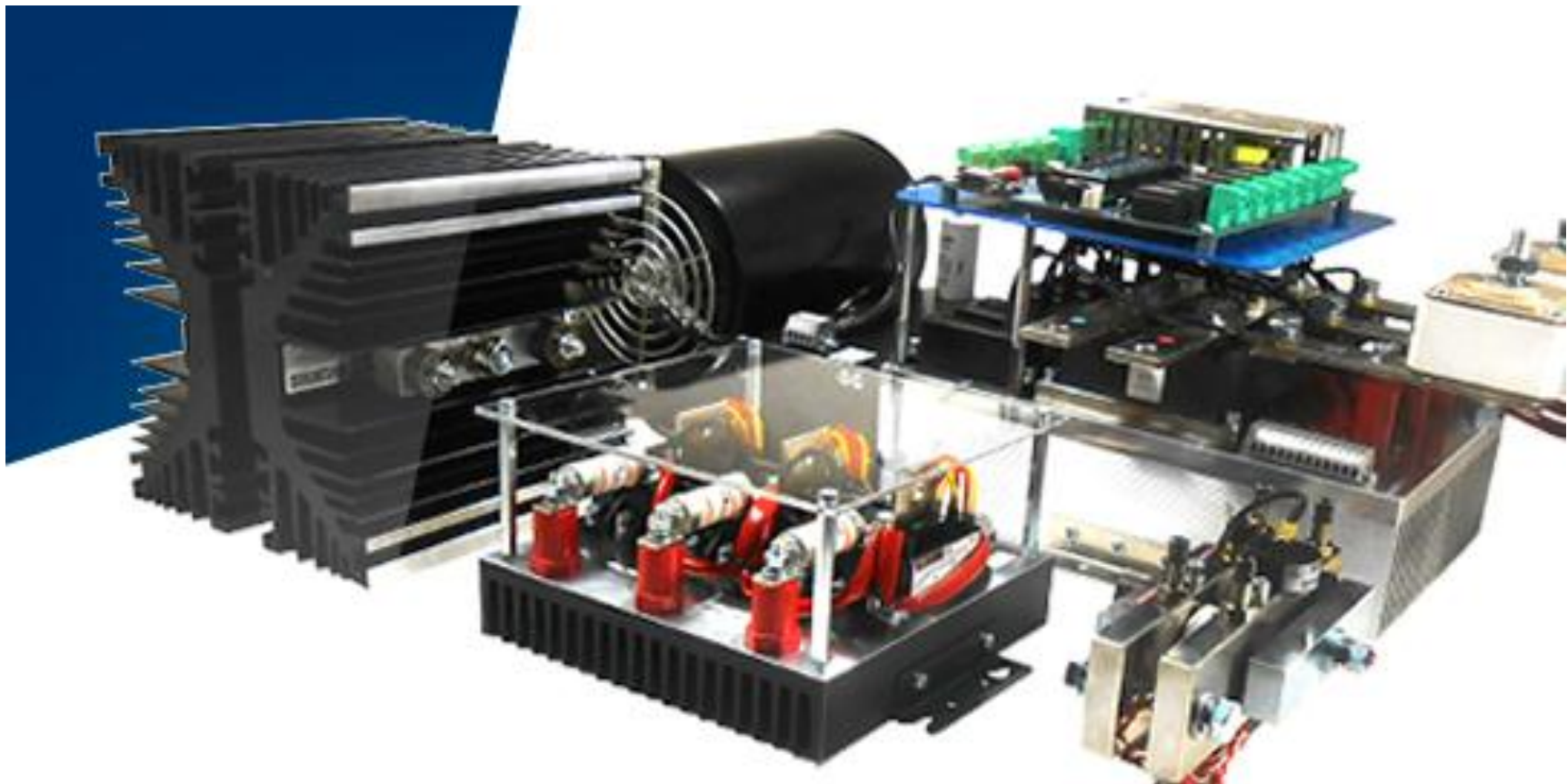


P3/300F

LITERATURA

1. A.Wintrich, U.Nicolai, W.Tursky, T.reimann „**Application Manual Power Semiconductors**“- **SEMIKRON 2017**, International GmbH
2. Eisele, R.; Rudzki, J.; Kock, M.
"Pressure Sintering for Thermal Stack Assembly", PCIM Europe 2007, Conference Proceedings
3. Bayerer, R. "Higher Junction Temperature in Power Modules – a demand from hybrid cars, a potential for the next step increase in power density for various Variable SpeedDrives", PCIM Europe 2008, Conference Proceedings

HVALA NA PAŽNJI !!!
Pitanja????



NOVEMBAR 2017