



## รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- คณะกรรมการ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. ศัพท์เทคนิควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2535
- โคทม อาริยา และ วิจิตรวรรณ ประกอบสันติสุข. รายงานการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ ขนาด 5kVA. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
- ชนากร ศุภจินตกุล. เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง ที่ใช้อินเวอร์เตอร์แบบสามสถานะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- บัณฑิต จามรภดี. คู่มือการใช้โปรแกรม Orcad/SDT & PROTEL. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด, 2536
- ยุทธนา กุลวิฑิต. รายงานเครื่องจ่ายไฟตรง 0-500 V, 10A. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
- อมร ตันวรรณรักษ์. เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง ขนาด 10 กิโลวัตต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- เอกชัย ลีลารัมย์. คู่มือการใช้งาน LEC 5.0 ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์เชิงเส้นแบบก่อน. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
- \_\_\_\_\_ . คู่มือการใช้งาน LEX 6.0 ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์เชิงเส้นแบบก่อน. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ภาษาอังกฤษ

Colonel Wm.T.Moltman. Transformer and Induction Design Handbook.  
Second Edition. Marcel Dekker, Inc., 1988.

- D.R.Grafham and E.B.Golden. SCR Manual Sixth Edition. General Electric Company, 1979.
- John Davies and Peter Simpson. Induction Heating Handbook. McGraw-Hill Book Company (UK)Limited, 1979.
- Kjeld Thorborg. Power Electronics. S.T.Teknik.Frigagatan 3C, 1985.
- MathSoft, Inc. Mathcad Release Notes Version 2.5. One Kendall Square Cambridge, MA 02139, 1989.
- M.H.Rashid. Power Electronics Circuits, Devices, and Applications. Prentice Hall, Inc., 1988.
- Mohan, Underland and Robbins. Power Electronics Converters, Application and Design. John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- P.G.Simpson. Induction Heating : Coil and System Design. New York: McGraw-Hill, 1966.
- R.D.Middle Brook and Slobodan Cuk. Advances in Switched-Mode Power Conversion. Vol 1, 1981.
- Slobodan Cuk and R.D.Middle Brook. Advances in Switched-Mode Power Conversion. Vol 2, 1983.
- William McMurray. Optimum Snubber for Power Semiconductors. IEEE of Industry and Application Group. pp. 885-893, 1971.
- Ferrites Soft-Magnetic Material Data Book. Siemens, 1986.
- Hiliteecore Homecore Non-Oriented Electrical Steel Sheets. Nippon Steel Corporation, 1977.
- Motorola Linear/Switchmode/Voltage Regulator Handbook., 1983.
- SEMIKRON Innovation 1992/1993. p. B4-3 - B4-8, 1992.
- Tomita Ferrite. Tomita Electroni Co.Ltd., 1989.
- WIMA Capacitors. Federal Republic of Germany, 1984.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

\*\*\*\*\* COIL 12 TURNS ; 5 layers; \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* STEP 1 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* CALCULATION FOR 1 LAYER \*\*\*\*\*

$d1 := 0.003175$       m      [ diameter of copper tube ]  
 $d2 := 0.0004$       m      [ thick of copper tube ]  
 $d_c := 5.7 \cdot 10^{-2}$       m      [ inner diameter of induction coil ]  
 $kr := 1.15$       [ correction factor ]  
 $r := 2.85 \cdot 10^{-2}$       m      [ inner radius of induction coil ]  
 $N_c := 12$       turns      [ turn per layer ]  
 $l := 2 \cdot \pi \cdot r \cdot N_c$       m      [ length per layer ]  
 $l = 2.14884938$       m  
 $i := 1 \dots 9$       [ index ]  
 $j := \sqrt{-1}$   
 $f_i := i \cdot 10^3$       Hz      [ frequency ]  
 $\omega_i := 2 \cdot \pi \cdot f_i$       rad/sec      [ angular frequency ]  
 $l_c := 5.2 \cdot 10^{-2}$       m      [ height of induction coil ]  
 $\mu_0 := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$       [ permeabilty of air ]

$$\mu_w := 16 \quad [ \text{permeability of work piece} ]$$

$$\mu_r := 1 \quad [ \text{permeability of copper} ]$$

$$d := 4.2 \cdot 10^{-2} \quad \text{m} \quad [ \text{diameter of work piece} ]$$

$$\rho_m := 16 \cdot 10^{-8} \quad \Omega\text{-m} \quad [ \text{resistivity of work piece} ]$$

$$A_w := \pi \cdot \frac{d^2}{4} \quad \text{m}^2 \quad [ \text{cross section area of work piece} ]$$

$$A_g := \pi \cdot \frac{d_c^2 - d^2}{4} \quad \text{m}^2 \quad [ \text{air gap area} ]$$

$$A_g = 0.00117 \quad \text{m}^2$$

$$\rho_c := 1.78 \cdot 10^{-8} \quad \Omega\text{-m} \quad [ \text{resistivity of copper} ]$$

$$\delta_{m_i} := \sqrt{2 \cdot \frac{\rho_m}{\mu_0 \cdot \mu_w \cdot \omega_i}} \quad \text{m} \quad [ \text{skin depth of work piece} ]$$

$$\delta_{c_i} := \sqrt{2 \cdot \frac{\rho_c}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot \omega_i}} \quad \text{m} \quad [ \text{skin depth of copper} ]$$

$$P_i := \frac{2}{1.23 + \frac{d}{\delta_{m_i}}} \quad [ d/\delta_{m_i} > 8 ]$$

$$q_i := \frac{2}{d} \quad [ d/\delta_m > 8 ]$$

$$\delta_m$$

$$K_i := 2 \pi f_i \mu_0 \left[ \frac{N_c}{l_c} \right]^2$$

$$R_{c_i} := K_i \frac{k r_i \pi d_c \delta_c}{2} \Omega \quad [ \text{resistance of induction coil} ]$$

$$R_{w_i} := K_i \mu_w p_i A_w \Omega \quad [ \text{resistance of work piece} ]$$

$$X_{w_i} := K_i \mu_w q_i A_w \Omega \quad [ \text{reactance of work piece} ]$$

$$L_{w_i} := \frac{X_{w_i}}{2 \pi f_i} H \quad [ \text{inductance of work piece} ]$$

$$X_{c_i} := K_i \frac{k r_i \pi d_c \delta_c}{2} \Omega \quad [ \text{reactance of induction coil} ]$$

$$L_{c_i} := \frac{X_{c_i}}{2 \pi f_i} H \quad [ \text{inductance of induction coil} ]$$

$$X_{g_i} := K_i A_g \Omega \quad [ \text{reactance of air gap} ]$$

$$Lg_i := \frac{Xg_i}{2 \cdot \pi \cdot f_i} \quad \text{H} \quad [ \text{ inductance of air gap } ]$$

$$Xt_i := Xw_i + Xc_i + Xg_i \quad \Omega \quad [ \text{ Total reactance } ]$$

$$Lt_i := \frac{Xt_i}{2 \cdot \pi \cdot f_i} \quad \text{H} \quad [ \text{ Total inductance } ]$$

$$Pw := 5300 \quad \text{w} \quad [ \text{ power of work piece } ]$$

$$A := 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot lc \quad \text{m}^2 \quad [ \text{ surface area of work piece } ]$$

$$\text{Power\_density} := \frac{Pw}{A} \quad \text{w/m}^2$$

$$\text{Power\_density} = 7.7245531 \cdot 10^5 \quad \text{w/m}^2$$

\*\*\*\*\* STEP 2 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* CALCULATION TOTAL 5 LAYERS \*\*\*\*\*

$$n := 5 \quad [ \text{ number of layer } ]$$

$$Rwt_i := n^2 \cdot Rw_i \quad \Omega \quad [ \text{ resistance of work piece } ]$$

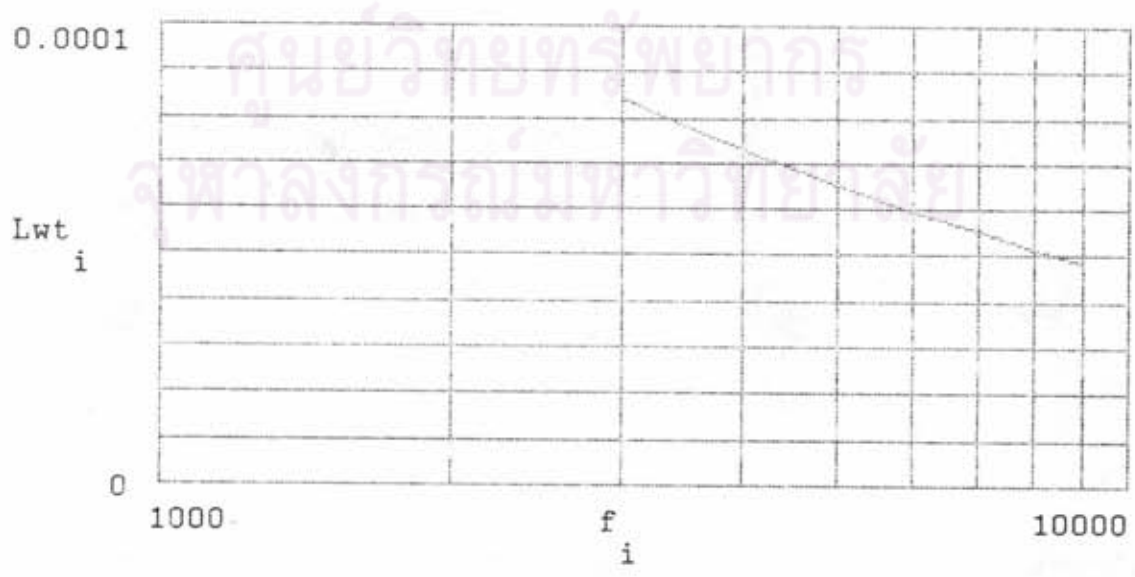
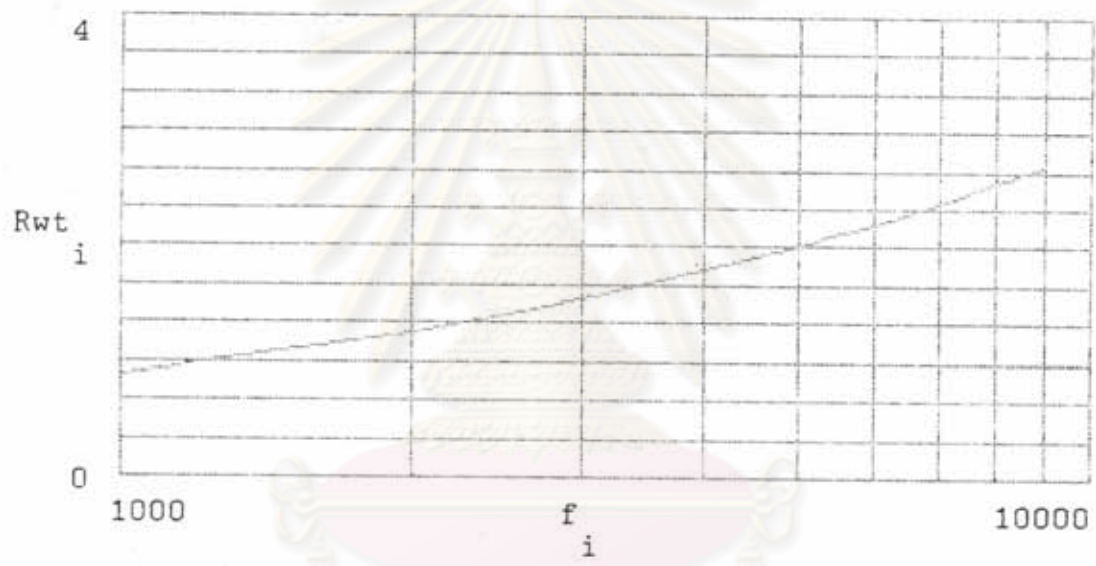
$$Lwt_i := n^2 \cdot Lw_i \quad \text{H} \quad [ \text{ inductance of work piece } ]$$

$R_{t_i} := n \cdot R_{c_i}$        $\Omega$     [ resistance of inductioe coil ]

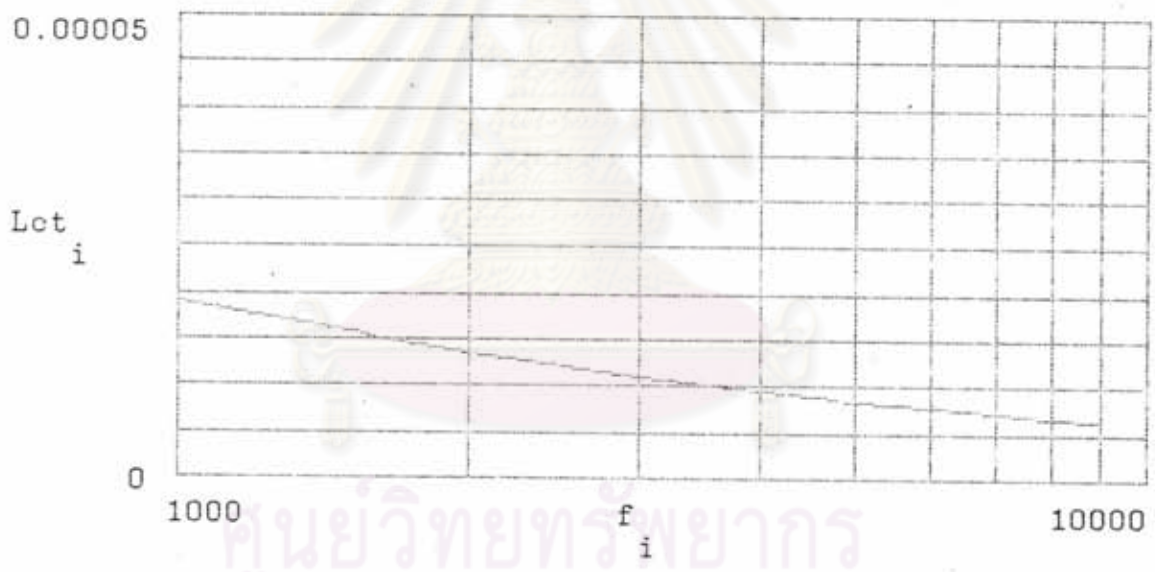
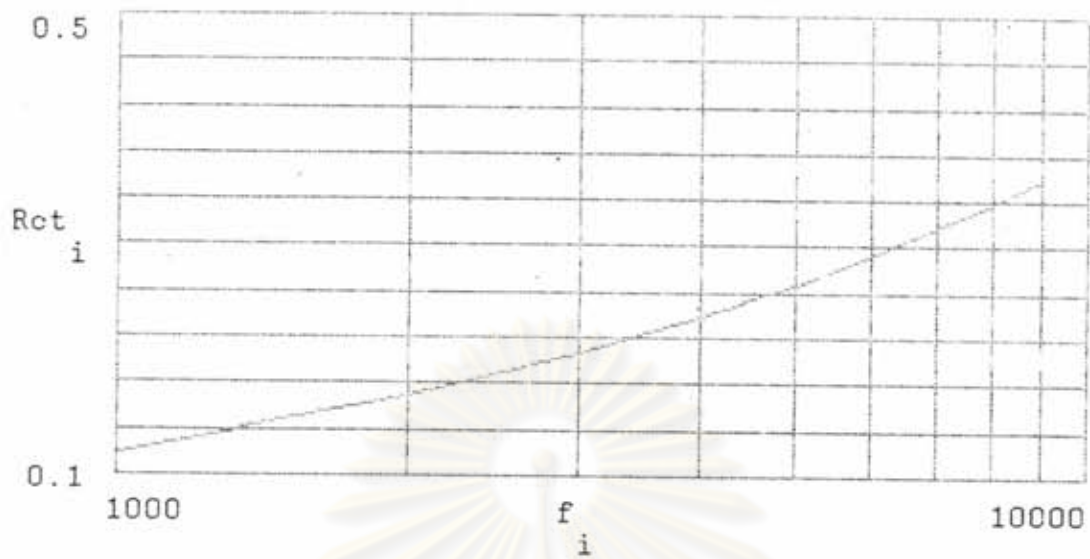
$L_{t_i} := n \cdot L_{c_i}$       H      [ inductance of induciton coil ]

$L_{g_i} := n^2 \cdot L_g$       H      [ inductance of air gap ]

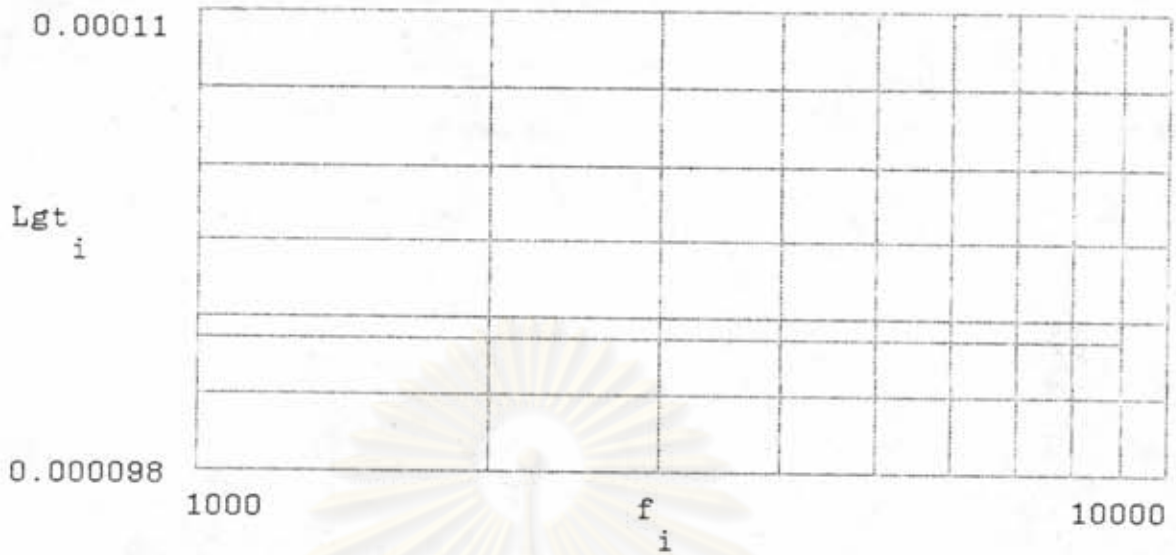
\*\*\*\*\*







ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* CONSIDERING FREQUENCY IN WORKING \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

f := 3500 Hz  
 Rwt = 1.676 ohm [ work piece resistance ]  
 Rct = 0.224 ohm [ coil resistance ]  
 Lwt = 80 μH [ work piece inductor ]  
 Lct = 10.2 μH [ coil inductor ]  
 Lgt = 0.101 mH [ gap inductor ]

ศูนย์วิทยพัชกร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลจำเพาะของเอสซีอาร์เบอร์ SKT240F12DS

**SEMIKRON**

V <sub>DRM</sub> V <sub>RRM</sub>	t <sub>q</sub> (T <sub>vj</sub> = 125 °C)	I <sub>TRMS</sub> (maximum values for continuous operation)	
		450 A	600 A
V	μs	I <sub>TAV</sub> (sin. 180; T <sub>case</sub> = ... °C; 50 Hz; DSC)	
		240 A (88 °C)	290 A (85 °C)
400	15 20	SKT 240 F 04 DS SKT 240 F 04 DT	SKT 290 F 04 DS SKT 290 F 04 DT
800	15 20	SKT 240 F 08 DS SKT 240 F 08 DT	SKT 290 F 08 DS SKT 290 F 08 DT
1000	15 20	SKT 240 F 10 DS SKT 240 F 10 DT	SKT 290 F 10 DS SKT 290 F 10 DT
1200	15	SKT 240 F 12 DS*	SKT 290 F 12 DT SKT 290 F 12 DU
	20	SKT 240 F 12 DT	
	25	SKT 240 F 12 DU	
1400	30	SKT 240 F 14 DV*	

**Fast Thyristors with Amplifying Gate****SKT 240 F  
SKT 290 F**

Symbol	Conditions	SKT 240 F	SKT 290 F
I <sub>TRM</sub>	sin. 180; T <sub>case</sub> = 60 °C; DSC; 50 Hz	900 A	1200 A
I <sub>TRM</sub>	T <sub>vj</sub> = 25 °C	4500 A	5000 A
	T <sub>vj</sub> = 125 °C	4000 A	4500 A
I <sub>T</sub>	T <sub>vj</sub> = 25 °C	101 000 A <sup>2</sup> s	125 000 A <sup>2</sup> s
	T <sub>vj</sub> = 125 °C	80 000 A <sup>2</sup> s	101 000 A <sup>2</sup> s
I <sub>GD</sub>	T <sub>vj</sub> = 25 °C; I <sub>G</sub> = 1 A; di <sub>G</sub> /dt = 1 A/μs	typ. 1 μs	
	V <sub>D</sub> = 0,67 · V <sub>DRM</sub>	typ. 1 μs	
(di/dt) <sub>cr</sub>	non-repetitive	800 A/μs	
	f = 50 ... 60 Hz	300 A/μs	
(dv/dt) <sub>cr</sub>	T <sub>vj</sub> = 125 °C	500 V/μs	
I <sub>R</sub>	T <sub>vj</sub> = 25 °C; typ./max.	200 mA/400 mA	
	T <sub>vj</sub> = 25 °C; R <sub>G</sub> = 33 Ω; typ./max.	1 A/2 A	
V <sub>T</sub>	T <sub>vj</sub> = 25 °C; I <sub>T</sub> = 900 A	2,40 V	2,05 V
V <sub>T(RO)</sub>	T <sub>vj</sub> = 125 °C	1,45 V	1,3 V
r <sub>th(j-c)</sub>	T <sub>vj</sub> = 125 °C	1 mΩ	0,75 mΩ
I <sub>DD</sub> , I <sub>RD</sub>	T <sub>vj</sub> = 125 °C; V <sub>DD</sub> = V <sub>DRM</sub> ; V <sub>RD</sub> = V <sub>RRM</sub>	70 mA	70 mA
V <sub>GT</sub> I <sub>GT</sub> V <sub>GO</sub> I <sub>GO</sub>	T <sub>vj</sub> = 25 °C	4 V	
	T <sub>vj</sub> = 25 °C	250 mA	
	T <sub>vj</sub> = 125 °C	0,25 V	
	T <sub>vj</sub> = 125 °C	10 mA	
R <sub>th(j-c)</sub>	cont.; DSC/SSC	0,070/0,148 °C/W	
R <sub>th(c-h)</sub>	DSC/SSC	0,020/0,040 °C/W	
T <sub>vj</sub>		-40 ... +125 °C	
T <sub>stg</sub>		-40 ... +125 °C	
Case	SI units	4 ... 5 kN	
	US units	900 ... 1100 lbs.	
		61 g	
	→ page B 4-21	B 8	

**Features**

- Capsule cases
- Hermetic ceramic to metal sealing
- Gold diffused silicon chips
- Amplifying gate

**Typical Applications**

- Self-commutated inverters
- DC choppers
- Motor speed control
- Inductive heating
- Uninterruptible power supplies
- Electronic welders
- General power switching applications

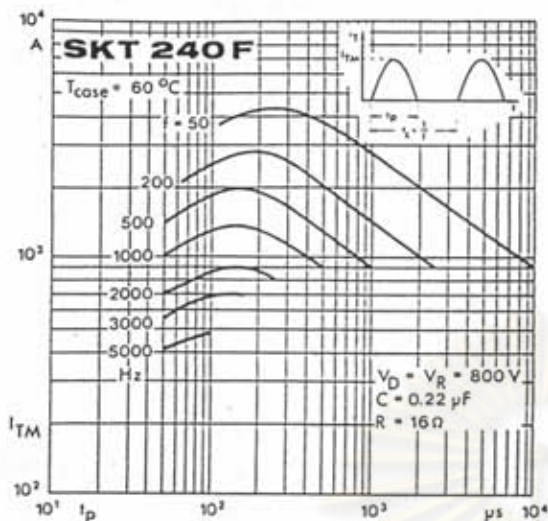


Fig. 1 a Rated peak on-state current vs. pulse duration

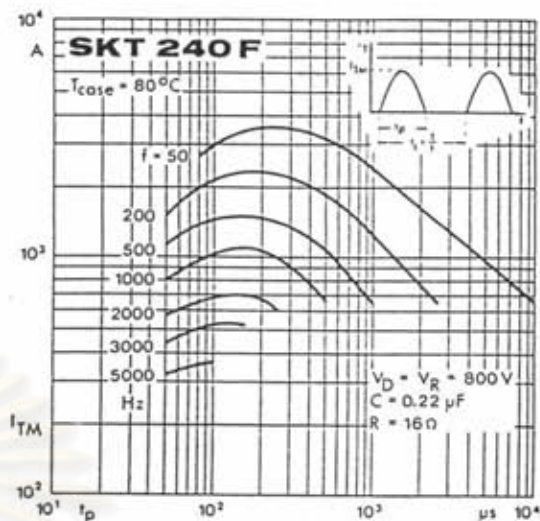


Fig. 1 b Rated peak on-state current vs. pulse duration

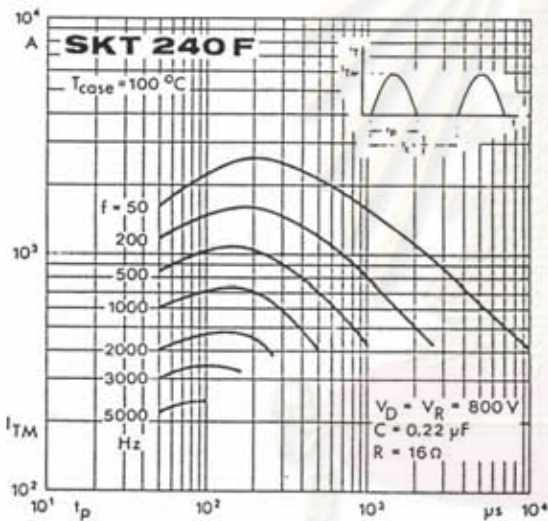


Fig. 1 c Rated peak on-state current vs. pulse duration

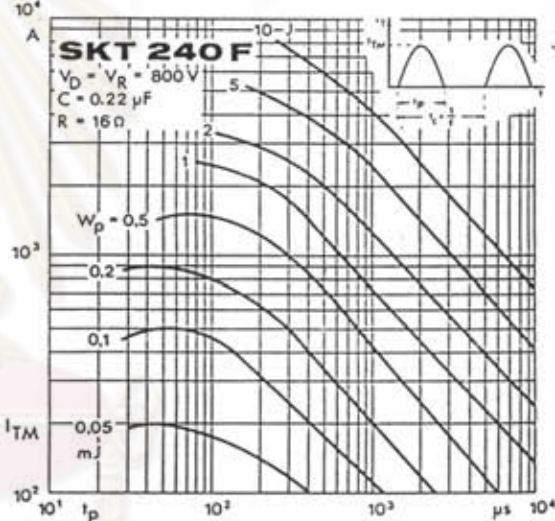


Fig. 2 Energy dissipation per pulse

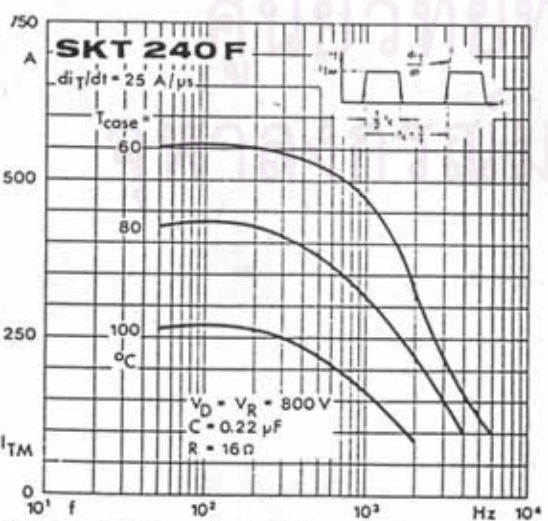


Fig. 3 a Rated peak on-state current vs. pulse duration

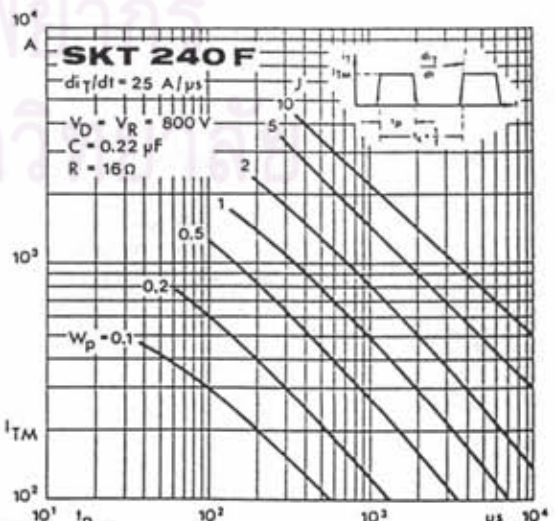
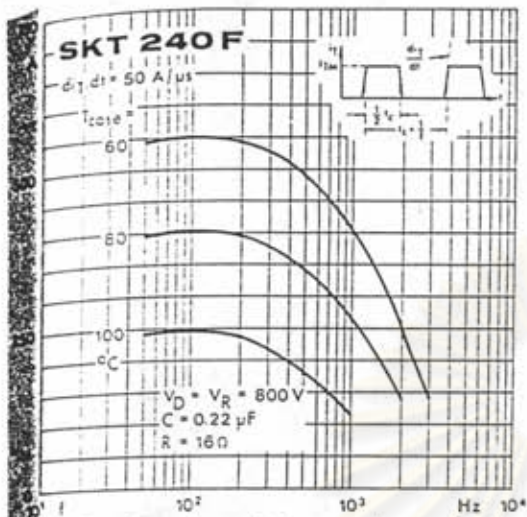


Fig. 4 a Energy dissipation per pulse



3b Rated peak on-state current vs. pulse duration

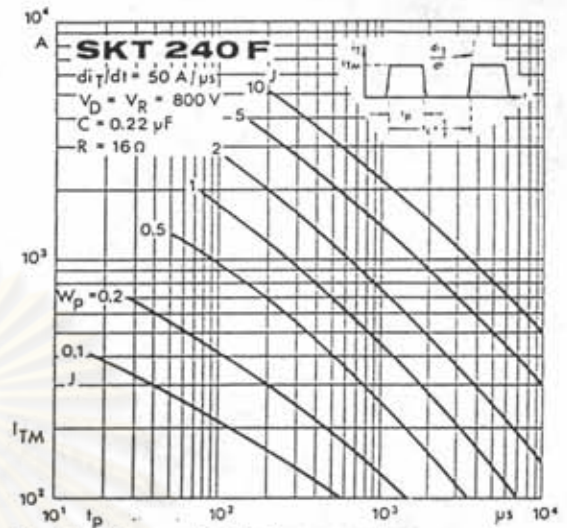
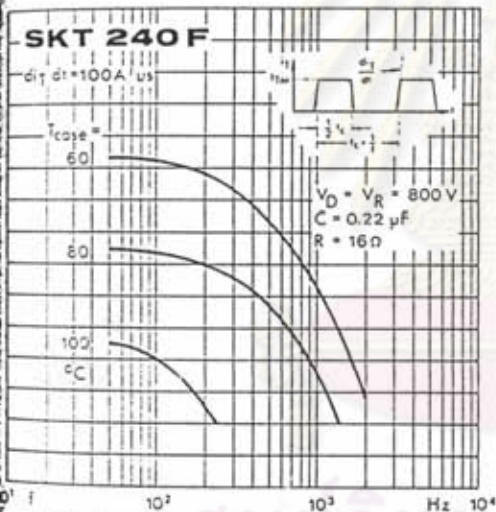


Fig. 4 b Energy dissipation per pulse



3c Rated peak on-state current vs. pulse duration

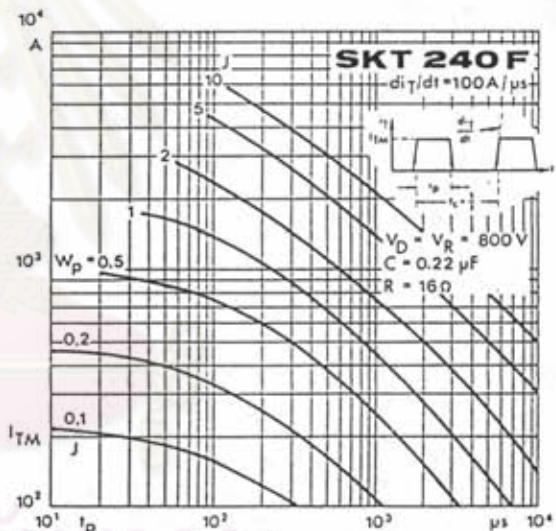
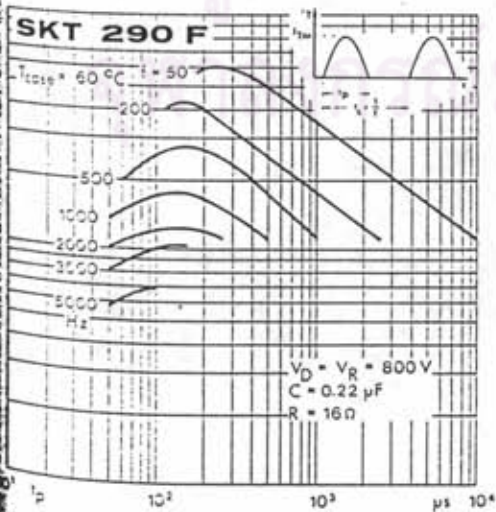


Fig. 4 c Energy dissipation per pulse



1a Rated peak on-state current vs. pulse duration

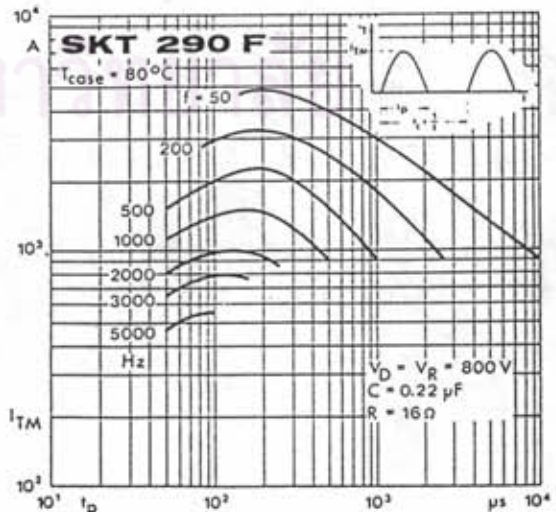


Fig. 1 b Rated peak on-state current vs. pulse duration

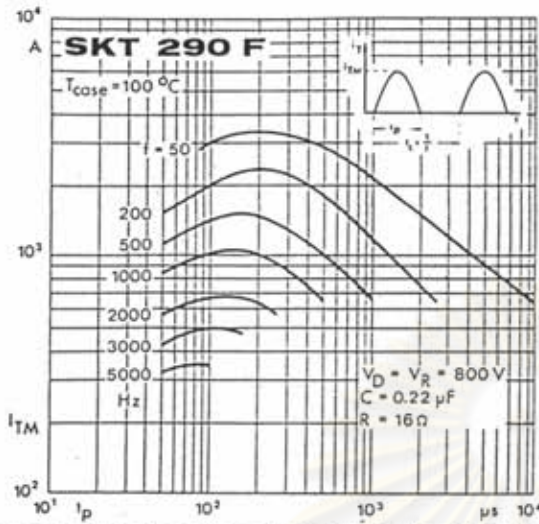


Fig. 1 c Rated peak on-state current vs. pulse duration

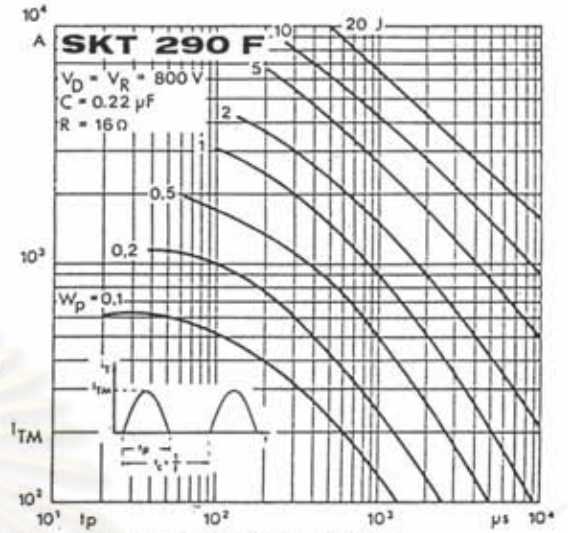


Fig. 2 Energy dissipation per pulse

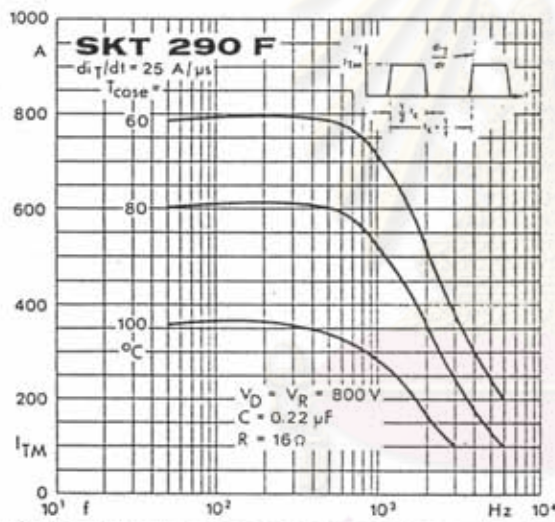


Fig. 3 a Rated peak on-state current vs. pulse duration

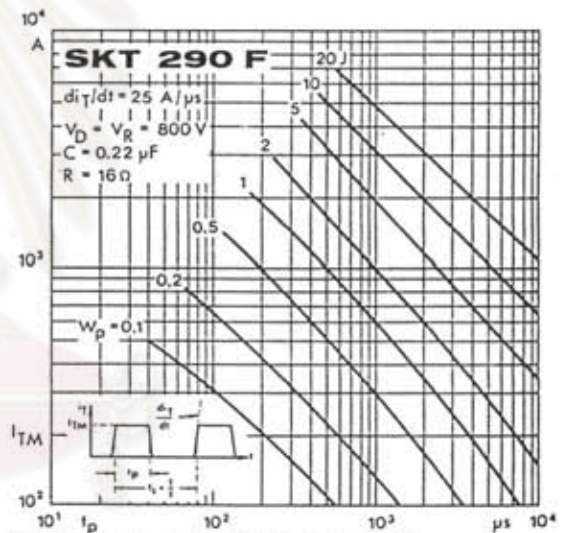


Fig. 4 a Energy dissipation per pulse

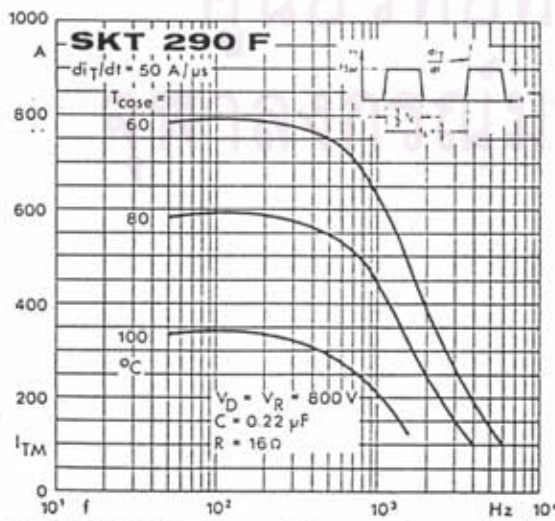


Fig. 3 b Rated peak on-state current vs. pulse duration

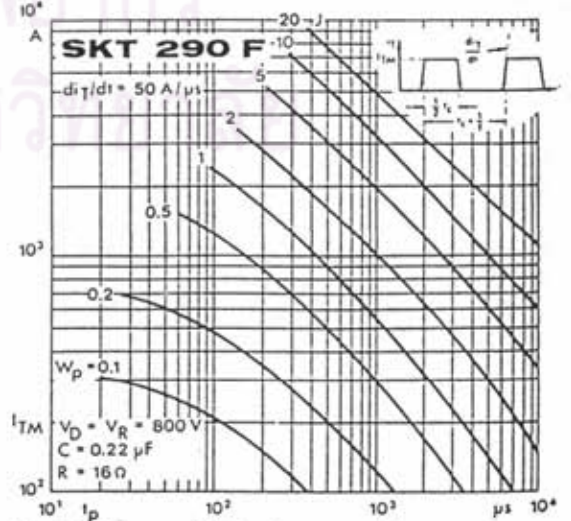


Fig. 4 b Energy dissipation per pulse

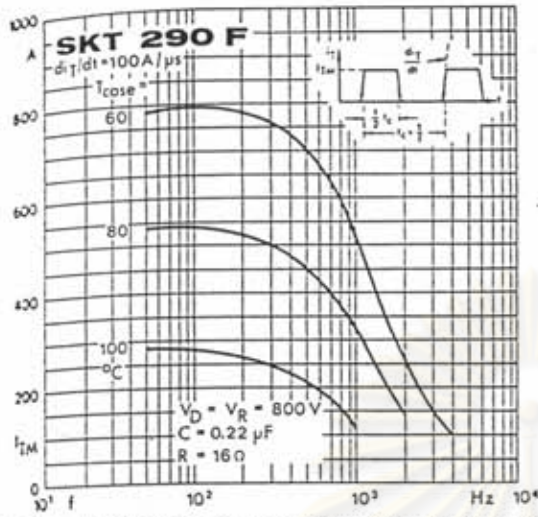


Fig. 3c Rated peak on-state current vs. pulse duration

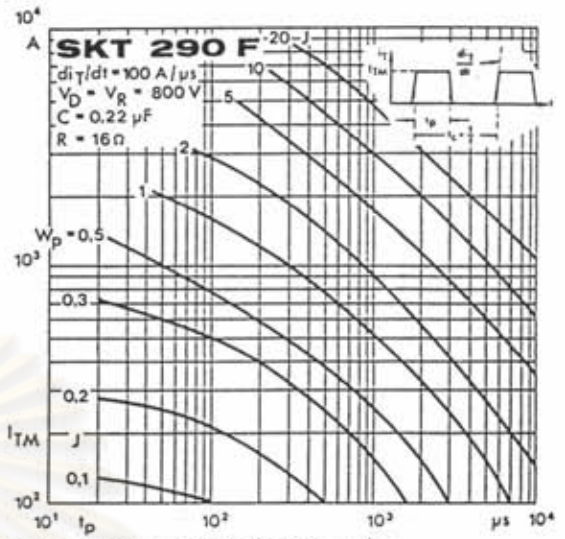


Fig. 4c Energy dissipation per pulse

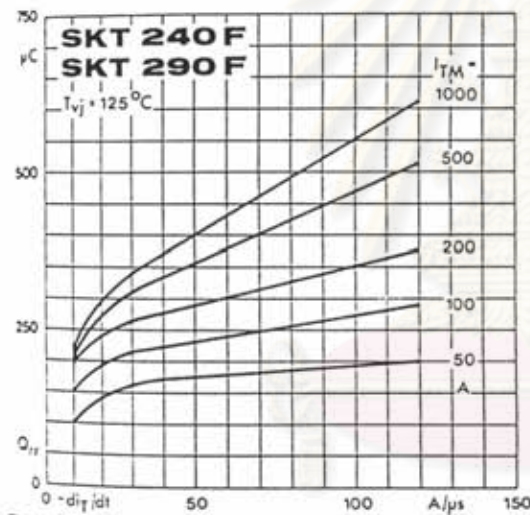


Fig. 5 Recovered charge vs. current decrease

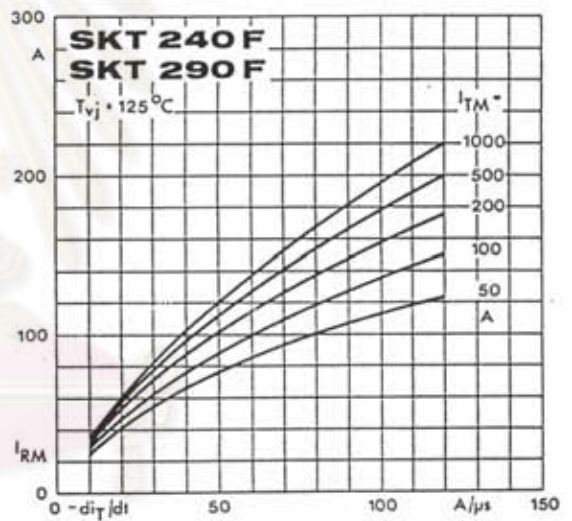


Fig. 6 Peak recovery current vs. current decrease

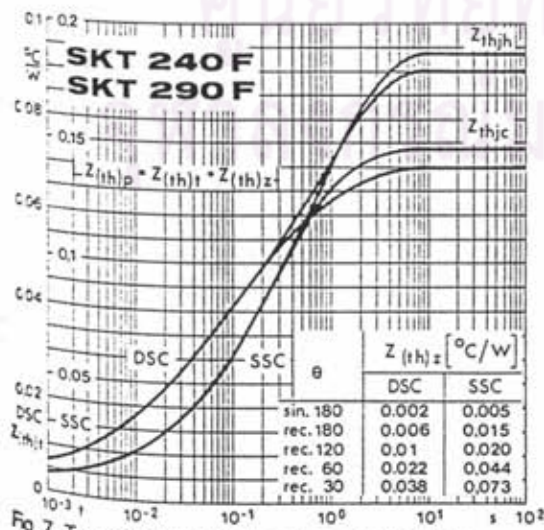


Fig. 7 Transient thermal impedance vs. time

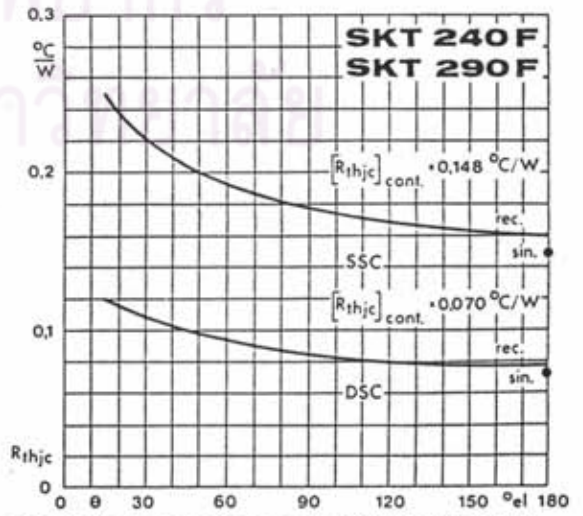


Fig. 8 Thermal resistance vs. conduction angle

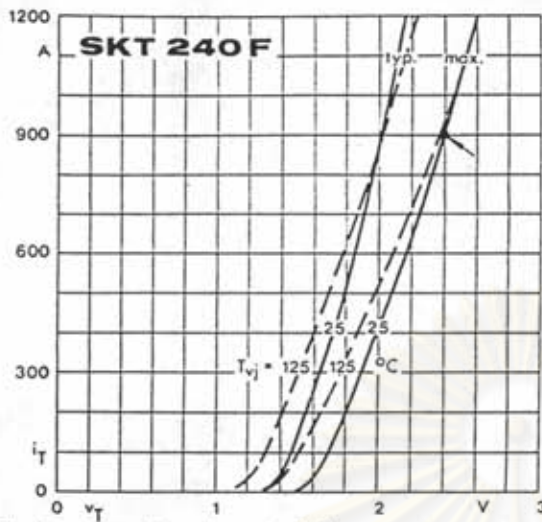


Fig. 9 a On-state characteristics

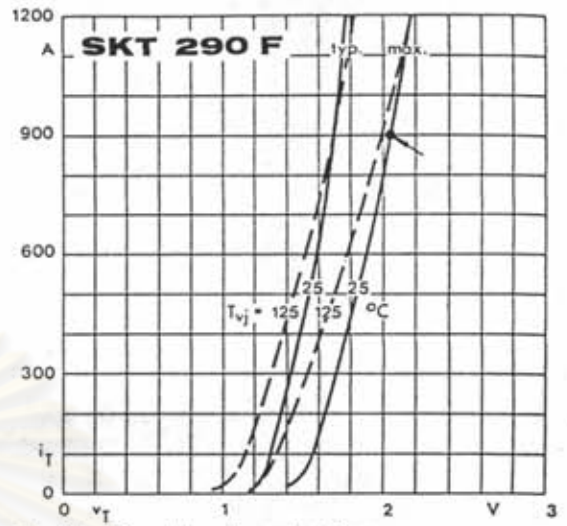


Fig. 9 b On-state characteristics

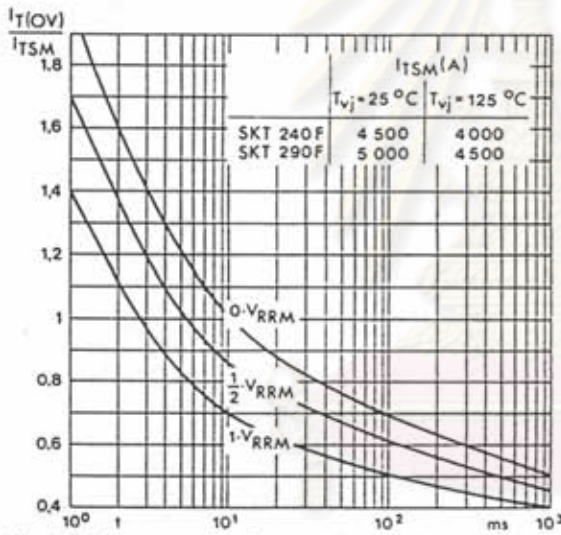


Fig. 10 Surge overload current vs. time

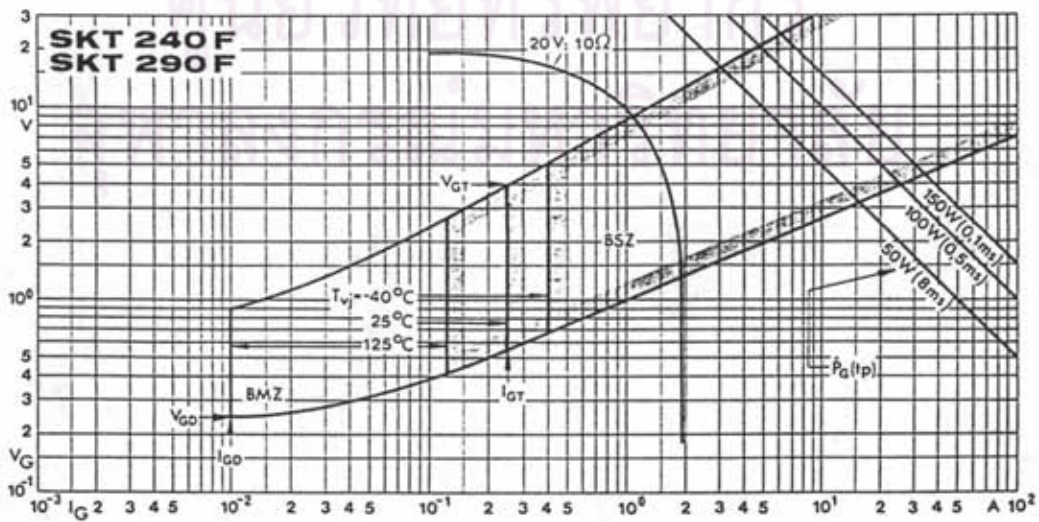


Fig. 11 Gate trigger characteristics





ประวัติของผู้เขียน

นายอนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ เกิดที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย สำเร็จ  
 การศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า (ไฟฟ้ากำลัง)  
 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2533 และ  
 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า  
 (อิเล็กทรอนิกส์กำลัง) ณ ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
 ในปีการศึกษา 2534



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย