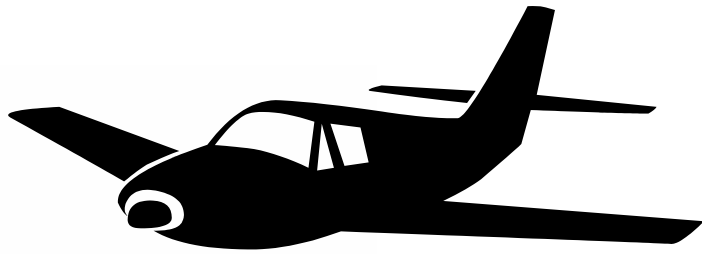


高頻變壓器不良分析与設計培訓資料

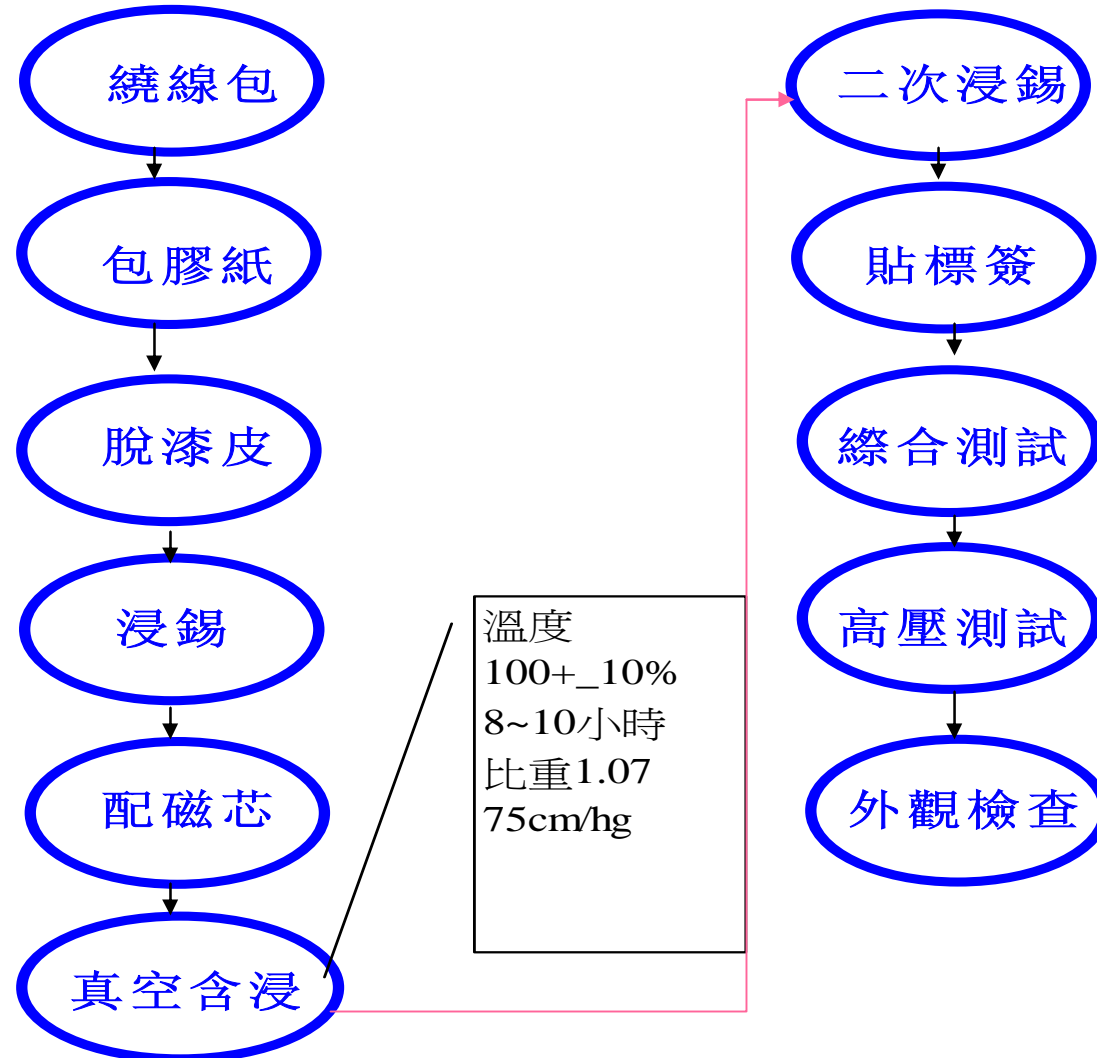


- 1變壓器制造簡介
- 2變壓器不良与分析
- 3.變壓器原材料
- 4.變壓器安全規定
- 5.RCC 電路變壓器設計

編著：譚湘燕

12/01/2004

變壓器生產流程



變壓器不良与分析

骨架不良	整腳机损坏
線包超尺寸	線包未繞緊,線圈重疊,客戶規格過緊,設計時線包窗口面積留的太小,線線力度不夠,排線不勻
磁芯殘缺	研磨机行程与速度過大損傷磁芯
膠紙不良	骨架腳刺破膠帶,膠紙收口處弄髒后,導致TAPE翹起
相位反	線包制程時分腳反,成品未測試
L值Q值低	線包繞制用力拉大,損傷線材,線包制程中的壓線包制程損傷線包
異音	鐵芯破 鐵芯不良 含浸不良
雜信不良	鐵芯與電路不匹配 鐵芯材料不穩定,線包收線不好,交叉

變壓器不良与分析

變壓器溫度過高 (Class b表面溫度 太高約90度)線包溫 度110度以上	溫度過高原因為散熱不良 負載電流過大 線徑太細可造成一次側線包开路,層間短路与區間short,引發原因主要為線包為UEW線,材質太差,繞線拉力太大,壓線包損傷,高溫高壓衝擊.也可引發小功率整流二極管burn in振鈴增加過熱損壞,
感值偏小	振動后,鐵芯GAP位置變化,溫度變化
變壓器漏感大	繞線不平整,出腳套管未套好或套管太厚設計線圈層數太多,可引起阻尼二極管過溫損壞,輸出雜信高,電路不穩定,干擾Pwm電路,MOSEFF耐壓不好時,SCP或开机時炸机
H/P打火	壓線包制程損壞 輸出線包與鐵芯太近

變壓器測試与理論常識

變壓器測試与理論常識：

(1). 測感值与Q值, 應盡可能采用开關電源主頻率, Q值可反映批次鐵芯質量, 繞線工藝.

(2). DCR值和線經与變壓溫升關係极大. 變壓器漏感与繞線工藝有關, 与設計的初級次級層數有關 三明治線法漏感小, 但可能溫升高點

(3). 隱含性層間与匝間Short, 可采用脈衝振鈴波進行比較測試.

(4). 鐵芯有無斷裂与鐵芯磁特性可進行Load test 即加DC電流測電感. 此不良一般不能用測感值Q值測出, 也難以用其它方式測出.

變壓器一次側与二次側之間的接地銅片主要用來作靜電屏蔽, 清除二次側分布電容效應.

變壓器外部所包一圈短路銅片, 是利用其渦流与環流減少高頻漏泄磁場影響,, 最好接地, 也可利用封閉式鐵芯体磁芯達到以上目的.

變壓器安規要求

1. 一次側與二次側線圈至少二層以上絕緣膠帶(不包含三層絕緣線變壓器)
2. 輸出功率 $\geq 75W$ 電源變壓器的擋板寬度 4mm.
3. Boost 架構 Power supply 輸出功率 $> 100w$ 擋板寬度 $\geq 5mm$
4. (Primary Pin 沿 Bobbin 致 core 的距離) + (core 沿著 bobbin 至 secondary pin 的距離) \geq 變壓器擋牆寬度 2 倍 .
5. 二層絕緣線折角 < 45 度時彎角處不視為絕緣線材 (尤其是出線部分).

變壓器安規要求

6. 三層絕緣線, 變壓器過錫爐導致絕緣層內收縮裸露銅線, 使安規距離不夠.

7. 使用CTI結構變壓器必須採用IEC, 認可的CTI材質.

8. 對其溫度要求:

Class A –105 度 $\Delta T \leq 75K$

Class E –120度 $\Delta T \leq 90K$

Class B –130度 $\Delta T \leq 95K$

Class F–155度 $\Delta T \leq 115K$

變壓器材料特性

一 BOBBIN(線架)及CASE

1. 材質及其特性

1.1 電木PHENOLIC(T357J T375J T373J PM9820)表面有光澤度,易破碎,一般可耐高溫.

1.2 塑膠:PBT PET(FR530)NY66表面無光澤,較粗糙,經高溫焊錫后,易變形.

1.3 ABS (CASE材料)較軟.

1.4 PPO(CASE材料).

變壓器材料特性

三 WIRE(銅線/PVC線)

1. 材質及其特性

1.1 PEW-(聚脂)-耐熱 $130^{\circ}\text{C}/155^{\circ}\text{C}/180^{\circ}\text{C}/200^{\circ}\text{C}$ -分(0,1,2)种-比
UEW优良,需脫皮方可焊錫,
一般呈暗褐色.

UEW-(聚氨基甲酸酯)-耐熱 $105^{\circ}\text{C}/130^{\circ}\text{C}$ -分(0,1,2,3)种可直
焊性,在 300°C 以上焊爐中

漆包膜可直接溶解,顏色可根據要求染色.

UEW-NY-尼龍外被聚脂-耐熱 $130^{\circ}\text{C}/105^{\circ}\text{C}$ -分(0,1,2,3)种直接
焊性.

變壓器材料特性

1.2 種類及對應允收針孔數:(UEW,UEW-NY)

1.3 漆膜厚度

0,1,2,3依次減薄

1.4 三層絕緣線(TRIPLE INSULATION WINDING WIRE)

1.4.1 TEX-E:耐溫105°C,表面呈黃色,可直接焊錫,廠商為FURUKAWA.

1.4.2 TEFZEL:耐溫130°C,表面呈棕紅色,必須剝皮后方可鍍錫,廠商為RUBUDUE.

1.4.3 DUPONT KAPTON 150FN019:耐溫200°C,必須剝皮方可鍍錫,廠商為VIRGINA.

變壓器材料特性

四 TAPE(膠布)

1. 材質及其特性行 (以3M公司及常用TAPE為例)

1.1 #44聚脂薄膜,薄墊,又稱擋牆膠布,一般用作擋牆及貼焊,依其層數分爲1L,2L,3L,絕緣破壞性

電壓至少4.5KV 1mA 3S,一層的厚度爲0.14mm寬度可由實際要求而定,耐溫130°C, 同廠商天瑞的#40,日東的31CT是同一种材質.

1.2 玻璃布#79,厚度爲0.18mm,一般用于外銅箔之焊上,耐溫155°C.

1.3 #1350聚脂薄膜又稱麥拉膠布,由一層MYLAR FILM和一層有粘性的膠質組成,厚度爲0.05mm/t耐溫130°C,耐破壞性電壓至少4.5KV 1mA 3S(特制品除外).

變壓器材料特性

1.4 #10環氧薄膜,厚度為0.05mm/t,耐溫130°C,一般用于貼于銅箔的焊點.

1.5 #1350F為環保膠布,特性同#1350膠布.

1.6 18mils厚度為0.45mm,特性相當于#44的3L.

1.7 #44D厚度為0.26mm,特性相當于#44的2L.

六 SLEEVE(套管)

1. 材質及其特性

1.1 鐵佛龍(TEFLON):一役般無色透明,亦可依据客戶要求指定染色,內徑以AWG稱呼,耐溫

至少200°C,根据壁厚之不同,分三種:

L型(LIGHTWEIGHT WALL),

變壓器材料特性

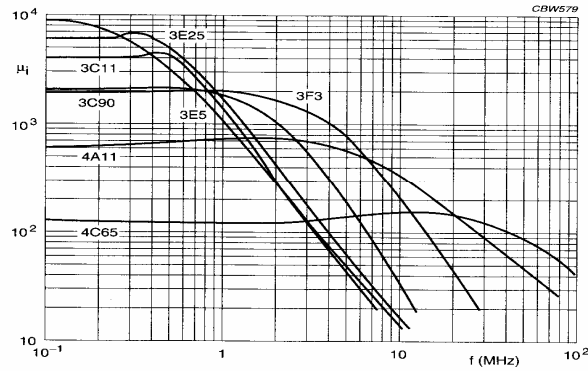


Fig.40 Permeability as a function of frequency of different materials.

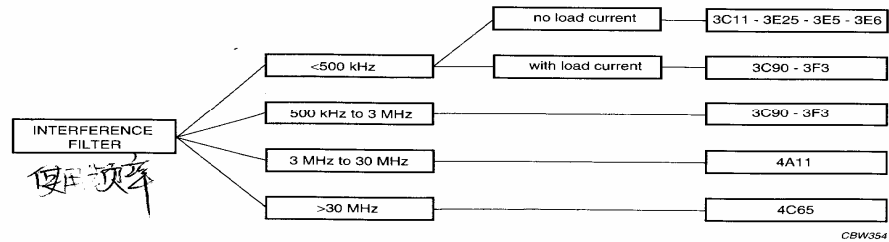
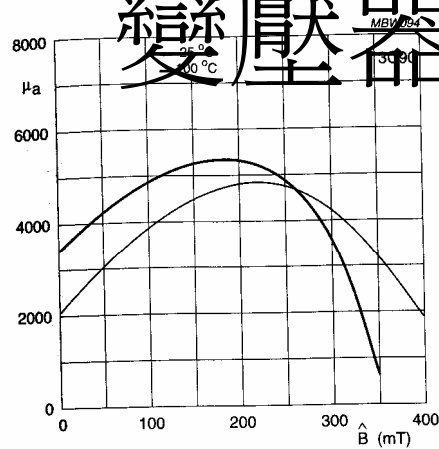
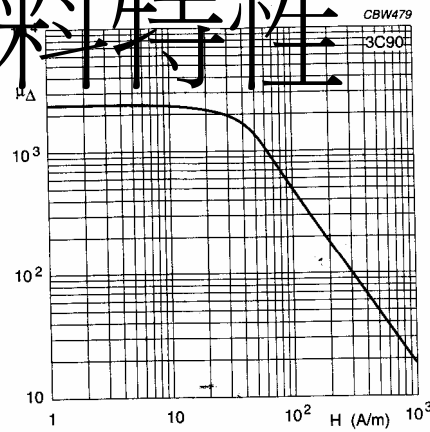


Fig.41 Selection chart for materials used in input filters.

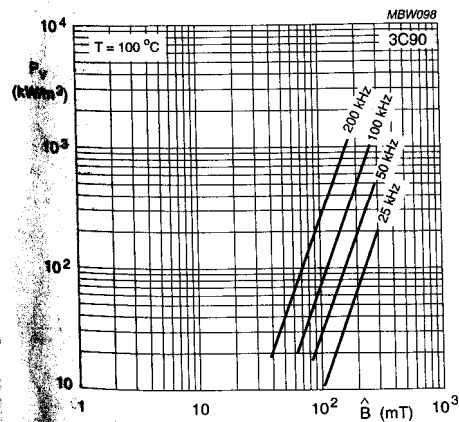
變壓器材料特性



磁通密度与振幅变化的关系
Fig.4 Amplitude permeability as a function of peak flux density.



磁通密度与微分磁率的关系
Fig.5 Incremental permeability as a function of magnetic field strength.



在100°C 磁芯损耗与峰值磁通密度、频率的关系

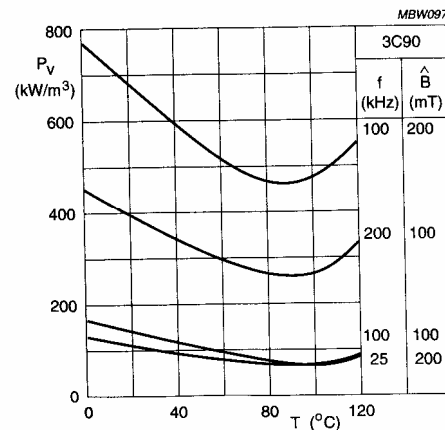


Fig.7 Specific power loss for several

變壓器材料特性

Material grade specification

3C90

3C90 SPECIFICATIONS

SYMBOL	CONDITIONS	VALUE	UNIT
μ_i	25 °C; ≤ 10 kHz; 0.1 mT	$2300 \pm 20\%$	
μ_a	100 °C; 25 kHz; 200 mT	$5500 \pm 25\%$	
B	25 °C; 10 kHz; 250 A/m	≥ 430	mT
	100 °C; 10 kHz; 250 A/m	≥ 340	mT
P _v	100 °C; 25 kHz; 200 mT	≤ 80	kW/m ³
	100 °C; 100 kHz; 100 mT	≤ 80	
	100 °C; 100 kHz; 200 mT	≈ 450	
ρ	DC, 25 °C	≈ 5	Ωm
T _c		≥ 220	°C
density		≈ 4800	kg/m ³

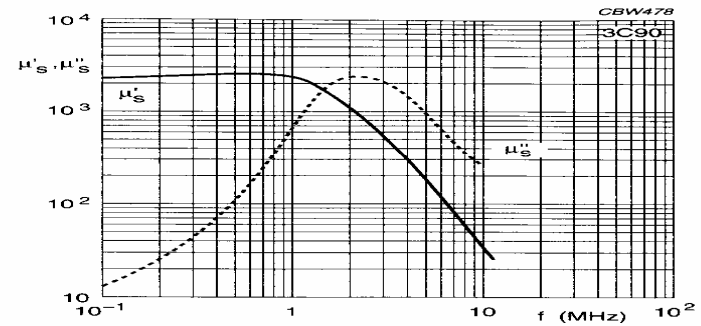


Figure 1 复数磁导率
Complex permeability as a function of frequency.

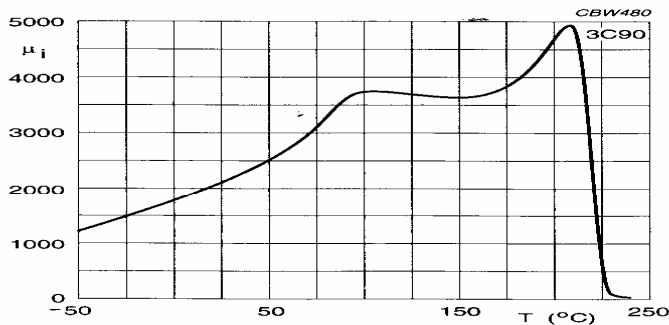


Figure 2 初始磁导率与温度关系
Initial permeability as a function of temperature.

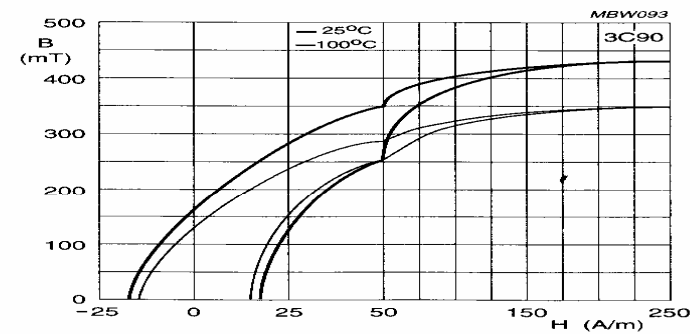


Figure 3 Typical B-H loops.

變壓器材料特性

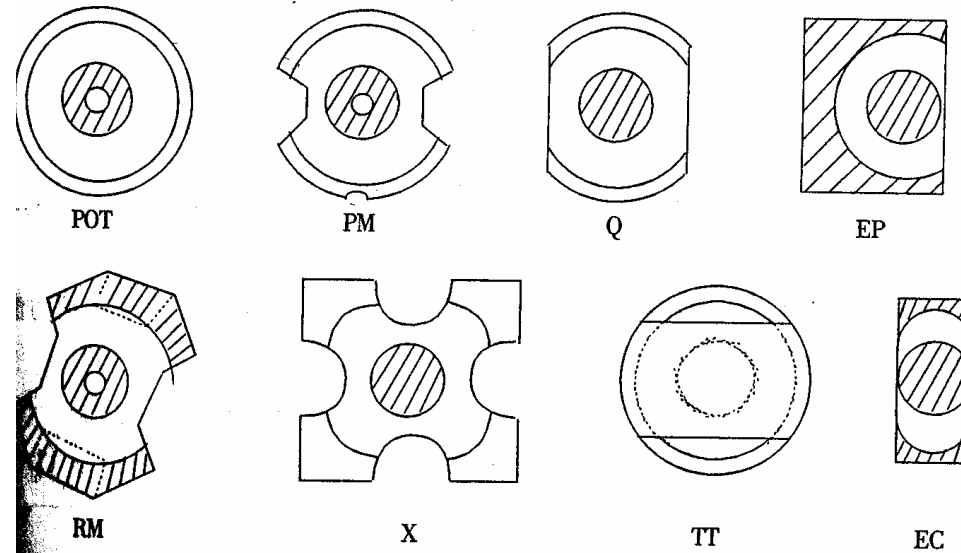


图 5-7 为解决 PQ 型散热出现的各型铁芯示意图

用一定要在居里温度以内。这是选择磁芯材质首先要顾及的问题。缺 E

變壓器材料特性

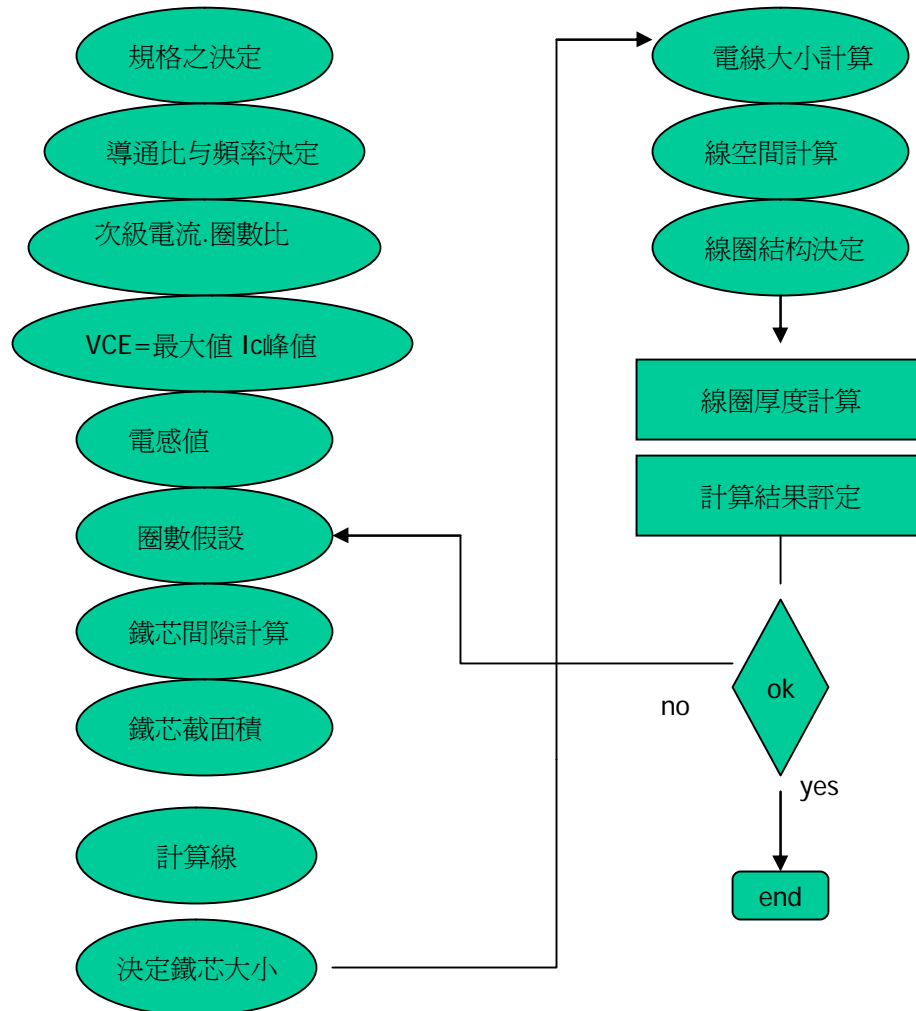
MATERIAL GRADE SURVEY
Ferrite material grade survey

FERRITE MATERIAL	μ_i at 25 °C	B _{sat} (mT) at 25 °C (3000 A/m)	T _c (°C)	ρ (Ω m)	FERRITE TYPE	MAIN APPLICATION AREA	AVAILABLE CORE SHAPES		
3D3	750	≈400	≥200	≈2	MnZn	telecom filters signal transformers pulse transformers delay lines 電信濾波 信號變壓器 脈沖變壓器 延遲線圈	RM, P, PT, PTS, EP, E, ER, RM/I, RM/ILP, toroids		
3B7	2300	≈450	≥170	≈1	MnZn				
3H3	2000	≈400	≥160	≈2	MnZn				
3E1	3800	≈400	≥125	≈1	MnZn				
3E4	4700	≈400	≥125	≈1	MnZn				
3E5	10000	≈400	≥125	≈0.5	MnZn				
3E55	10000	≈350	≥100	≈0.1	MnZn				
3E6	12000	≈400	≥130	≈0.1	MnZn				
3E7	15000	≈400	≥130	≈0.1	MnZn				
3E8	18000	≈350	≥100	≈0.1	MnZn				
3E25	6000	≈400	≥125	≈0.5	MnZn				
3E27	6000	≈400	≥150	≈0.5	MnZn				
3E28	4000	≈400	≥145	≈1	MnZn				
3C15	1800	≈500	≥190	≈1	MnZn			power conversion general purpose transformers 功率轉換 一般的變壓器	E, Planar E, EC, EFD, EP, ETD, ER, U, UR, I, RM/I, RM/ILP, P, P/I, PT, PTS, PQ, toroids
3C30	2100	≈500	≥240	≈2	MnZn				
3C34	2100	≈500	≥240	≈5	MnZn				
3C81	2700	≈450	≥210	≈1	MnZn				
3C91	3000	≈450	≥220	≈5	MnZn				
3C90	2300	≈450	≥220	≈5	MnZn				
3C94	2300	≈450	≥220	≈5	MnZn				
3C96	2000	≈500	≥240	≈5	MnZn				
3F3	2000	≈450	≥200	≈2	MnZn				
3F4	900	≈450	≥220	≈10	MnZn				
3F35	1400	≈500	≥240	≈10	MnZn				
4F1	80	≈350	≥260	≈10 ⁵	NiZn				
3S1	4000	≈400	≥125	≈1	MnZn	EMI-suppression EMI 抑制	EMI beads, EMI 磁珠 beads on wire, 1/4 磁珠 SMD beads, Multilayer suppressors, common-mode chokes, 共模電感 cable shields, rods, ring cores (toroids), wideband chokes, 寬頻電感 U cores		
3S3	350	≈350	≥225	≈10 ⁴	MnZn				
3S4	1700	≈350	≥110	≈10 ³	MnZn				
4S2	700	≈350	≥125	≈10 ⁵	NiZn				
4S4	250	≈300	≥130	≈10 ⁵	NiZn				
4S7	200	≈300	≥140	≈10 ⁵	NiZn				
4C65	125	≈400	≥350	≈10 ⁵	NiZn				
4A11	700	≈350	≥125	≈10 ⁵	NiZn				
4A15	1200	≈350	≥125	≈10 ⁵	NiZn				
3C11	4300	≈400	≥125	≈1	MnZn				
3E25	6000	≈400	≥125	≈0.5	MnZn				
3E26	7000	≈450	≥155	≈0.5	MnZn				

變壓器材料特性

特性	符號	條件	單位	LP2	LP3	LP4	HP1	HP2	HP3
初始磁導率	U _i	100k0.1mT		2500	2300	1400	5500	7000	10000
飽和磁感應強度	B _s 1200/am	100度	mT	390	390	380	420	400	400
余磁感應強度	Br	25度	mT	120	95	190	150	90	90
矯頑力	H _c	25度	A/m	12	12	35	8	8	8
磁芯損耗	P _c	100k200mT	KW/m ³	600	410				
居里溫度	T _c		度	>230	>215	>240	>140	>130	>120
CONDA	TDK		PHILIPS	SIEMENS MATSVSHITA		FDK	TOKIN	HITACHI FERRITE	
LP2	PC30	H7C1	3C85		N27		6H10	2500B	SB-7C
LP3	PC40	H7C4	3C90	3F3	N67	N87	6H20	2500B2	SB-7C
LP4	PC50	H7CF	3F4		N47	N49	7H10	B40	SB-1M
HP1	H5B	HS50	3E4		N30		2H06	4000H	GP-7
HP2	H5B2	HS72	3E25		T35		2H07	6000H	GP-9
HP3	H5C2		3E5		T38		2H10	12001H	GP-11

變壓器設計步驟



計算變壓器常用公式

- 1.) 開關管ON 時變壓器初級電流

$$i = \frac{VCC}{L} * t$$

$$i_{cp} = \frac{2T}{T_{ON}} I_{IN} = 2 \left(1 + \frac{N_s}{N_p} * \frac{V_{in}}{V_o} \right) * \frac{P_{IN}}{V_{IN}}$$

- 開關管VCE電壓

$$vce = V_{IN} + \frac{N_p}{N_s} * V_o$$

- 一次側電感

$$L_p = \frac{V_{IN}^2}{2f * P_{IN} * \left(1 + \frac{n_s}{n_p} * \frac{V_{IN}}{V_o} \right)^2}$$

計算變壓器常用公式

- 輸入電壓 V_{IN} 輸入電流

$$V_{IN} = L_P * \frac{di}{dt}$$
$$i_{cp} = \frac{V_{IN} * T_{ON}}{L_P} \quad E_l = \frac{1}{2} L_P * i_{cp}^2 = \frac{(V_{IN} * T_{ON})^2}{2L_P}$$

- 輸出電流

$$i_{DP} = \frac{V_O}{L_S} * T_{OFF} \quad \frac{V_O}{V_{IN}} = \frac{N_S}{N_P} * \frac{T_{on}}{T_{off}}$$

- 輸出頻率

$$f = \frac{1}{2L_P * P_{IN}} * \frac{V_{IN}^2}{(1 + \frac{N_S}{N_P} * \frac{V_{IN}}{V_O})^2}$$

計算變壓器常用公式

- 6.) ON時間 OFF時間

$$T_{ON} = \frac{L_P}{V_{IN}} * \sqrt{\frac{2P_{IN} * T}{L_P}}$$

$$T = \frac{2L_P * P_{IN}}{V_{IN}} * \left(1 + \frac{N_S}{N_P} * \frac{V_{IN}}{V_O}\right)^2$$

$$T_{Off} = T_{ON} * \frac{N_S}{N_P} * \frac{V_{IN}}{V_O}$$

- 7.) RCC 電路輸出輸入電壓

$$V_O = \frac{T_{ON}}{T_{OFF}} * \frac{N_S}{N_P} * V_{IN}$$

$$f = \frac{V_{IN}^2}{2L_P * P_{IN} * \left(1 + \frac{N_S}{N_P} * \frac{V_{IN}}{V_O}\right)^2}$$

計算變壓器常用公式

- 9.)輸入有效電流

$$I_{IN(RMS)} = \sqrt{\left(\frac{V_{IN}}{L_p}\right) * \frac{T_{ON}^3}{3T}}$$
$$= \sqrt{I_{IN}^2 * \frac{4T}{3T_{ON}}} = \sqrt{\frac{4T}{3T_{ON}}} * I_{IN}$$

- 輸出有效電流

$$I_{s(RMS)} = \sqrt{\frac{T_{OFF}}{3T}} * I_{DP} = \sqrt{\frac{4T}{3T_{OFF}}} * I_o$$

- 線徑

$$D = \sqrt{\frac{I_{(RMS)}}{\pi}} \text{ mm}$$

計算變壓器常用公式

變壓器繞線線徑及鐵芯選用

$$H_1 * l_1 + H_0 * l_0 = n * i$$

$$H_1 = \frac{B_1}{\mu_1 * \mu_0}$$

$$H_0 = \frac{B_1}{\mu_0}$$

$$i_{(sat)} = \frac{B_{(sat)}}{n * \mu_0} * \left(\frac{l_1}{\mu_1} + l_0 \right)$$

$$L = \frac{\mu_0 * n^2 * S}{\left(\frac{l_1}{\mu_1} + l_0 \right)} (H)$$

$$S_C = \frac{L}{\mu_0 * n^2} * \left(\frac{l_1}{\mu_1} + l_0 \right) (m^2)$$

$$I_{P(rms)} = \sqrt{\frac{4T}{3T_{ON}}} * I_{IN}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{4T}{3T_{OFF}}} * I_O$$

$$D = \sqrt{\frac{I_{RMS}}{\pi}} * (mm)$$