

无线电变压器设计

上海无线电二十七厂

前 言

春风杨柳万千条，六亿神州尽舜尧。在党的“九大”团结胜利旗帜的指引下，遵照伟大领袖毛主席关于“抓革命、促生产、促工作、促战备”及“互通情报”的教导，为加强技术交流，适应工人同志和技术人员的需要，根据我厂工人和技术人员的实践，通过共同努力，编汇了这本《无线电变压器设计》，以供参考。

这本资料主要叙述了无线电变压器的设计方法，第一部分叙述了电源变压器的计算公式和举例，第二部分描述音频变压器的工作原理和设计方法，第三部分介绍滤波阻流圈。

由于我们水平很低，错误一定很多，希望同志们提出宝贵的意见。

上海无线电二十七厂

1972.3.

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

前言

第一章 电源变压器	I
§ 1—1 概述	1
§ 1—2 E型电源变压器设计	7
§ 1—3 E型电源变压器设计举例	21
§ 1—4 C型电源变压器设计	27
§ 1—5 C型电源变压器设计举例	46
第二章 音频变压器	51
§ 2—1 音频变压器的基本原理	51
§ 2—2 音频变压器的参数计算	56
§ 2—3 电子管用输出变压器设计	58
§ 2—4 晶体管用输出变压器设计	78
§ 2—5 输送变压器设计	85
第三章 滤波阻流圈	90
§ 3—1 概述	90
§ 3—2 E型阻流圈设计	91
§ 3—3 C型阻流圈设计	95
参考文献	116

第一章 电源变压器

§ 1—1 概 述

电源变压器是一种电磁元件，在无线电设备和电子仪器里得到广泛应用。随着我国社会主义建设和电子工业的发展，无线电变压器的需要量在逐年增大。我厂工人同志充分发挥了无产阶级是领导阶级的先进作用，坚决响应伟大领袖毛主席的号召：“抓革命，促生产”“备战、备荒、为人民”，认真学习马列主义和毛主席著作，苦干加巧干、革命加拼命，先后制成了自动冲片机、C型卷绕机、自动排线机、手摇插片机、夹框压紧机、C型打包机等，技术革新的成果如同春天的鲜花一样盛开在我们工厂里。革命形势一片大好，工厂生产蒸蒸日上。我们誓为毛主席争气，为社会主义祖国争光，生产更多更好的变压器，为发展我国电子工业，为打击帝修反而努力！

电源变压器用汉语拼音字母 DB 表示。

我厂生产的电源变压器有E型和C型，其外观如下图所示。

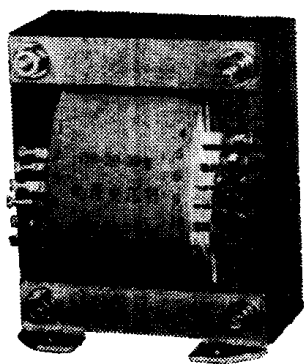


图 1 立式E型变压器

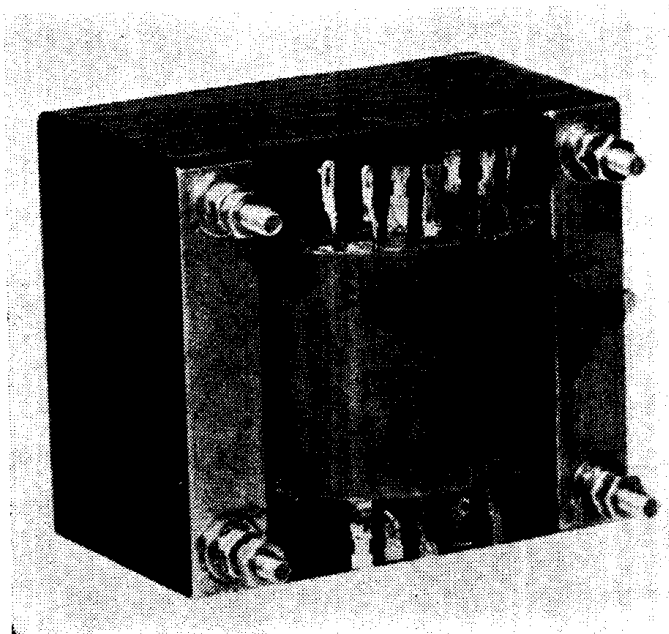


图 2 卧式E型变压器

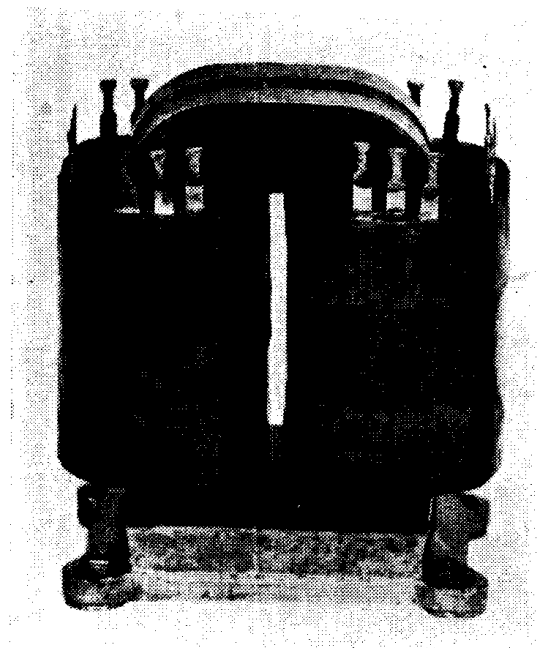


图 3 C型变压器

E型电源变压器是以 D42、D43 硅钢片作为铁心的，线圈所用的导线是 QZ 型漆包线，这类变压器的特点是成本低，最适于民用的收音机、扩音机、录音机、电视机，以及电子仪表、工业设备配套等，其电源电压一般为市电 220V 50Hz。

C型电源变压器的用途较广，既可用于 50Hz 电源，也可用于 400Hz 和 1,000Hz 电源；既可民用，也可军用；海上、陆地和天空的电子设备均可采用。C型变压器的铁心按频率而选用了三种材料：50Hz 用 D330—0.35 硅钢带，400Hz 用 DG310—0.2 硅钢带，1000Hz 用 DG330—0.08 硅钢带。C型变压器用的导线是 QZ 型高强度漆包线。由于 C型变压器体积小，重量轻，质量好，用途广，并适于大量生产，因而，我厂领导和革命群众都很重视 C型变压器的生产，使之能够配合兄弟单位的需要。目前 C型变压器已为无线电定位、电子计算机、通讯机、电子仪表等所广泛使用，因此，C型变压器的生产将会迅速发展。

由于变压器的电气参数没有标准系列，一般均按整机的需要来设计和制造。在设计之前，对变压器所用的材料应有所了解。制造变压器，主要用到三种材料：磁性材料，导电材料和绝缘材料。

磁性材料主要是硅钢，硅钢又分热轧和冷轧两类。热轧硅钢板含硅量在 3.5% 以上，冷轧硅钢带含硅量在 3.5% 以下。由于硅钢在交变磁场中损耗大为下降，因而得到了广泛的应用。硅钢材料的性能及用途列于表 1、表 2 和表 3 中。

硅钢材料在 50Hz 时的性能

表 1

硅 钢			直 流 特 性			50Hz 时 性 能					饱和磁通密度 Bs	比 重
轧制方法	牌 号	厚 度 mm	磁 通 密 度 B(GS)			导 磁 率		单位铁耗 P _y , W/kg			GS	γ _c g/cm ³
			H=			μ ₀	μ _m	B(GS)				
			10AT/cm	25AT/cm	50AT/cm			10000	15000	17000		
热 轧 硅 钢 板	D41	0.5	13000	14500	15600	350	4000	1.6	3.6	—	15600	7.55
	D42	0.5	12900	14400	15500			1.4	3.2		15500	
	D43	0.5	12800	14300	15400			1.25	2.9		15400	
	D44	0.5	12800	14300	15400			1.15	2.7		15400	
	D41	0.35	13000	14500	15600	350	4000	1.35	3.2	—	15600	7.55
	D42	0.35	12900	14400	15500			1.2	2.8		15500	
	D43	0.35	12800	14300	15400			1.05	2.5		15400	
	D44	0.35	12800	14300	15400			0.9	2.2		15400	
冷 轧 硅 钢 带	D310	0.5	15700	17000	18000	500	5000	1.15	2.55	3.5	18000	7.65
	D320	0.5	16500	18000	18700			1.05	2.3	3.2	18700	
	D330	0.5	17000	18500	19000	600	7000	0.95	2.1	2.9	19000	
	D340	0.5	17000	18500	19000			0.85	1.9	2.6	19000	
	D310	0.35	15700	17000	18000	500	5000	0.9	2.0	2.9	18000	7.65
	D320	0.35	16500	18000	18700			0.8	1.8	2.6	18700	
	D330	0.35	17000	18500	19000	600	7000	0.7	1.6	2.3	19000	
	D340	0.35	17000	18500	19000			0.6	1.4	2.0	19000	

硅钢材料在 400Hz 时的性能

表 2

硅 钢			直 流 特 性			400Hz 时 性 能					饱和磁通密度 Bs	比 重 γ _c
轧制方法	牌 号	厚 度 mm	磁 通 密 度 B(GS)			导 磁 率		单位铁耗 P _y W/kg			GS	g/cm ³
			H=			μ ₀	μ _m	B(GS)				
			5AT/cm	10AT/cm	25AT/cm			7500	10000	15000		
热 轧	DG41	0.35	11800	12900	14300	350	4000	10.7	19.0	—	15200	7.55
	DG41	0.20	11800	12800	14200			7.2	12.5			
	DG41	0.10	11500	12700	14000			6.0	10.5			
冷 轧	DG310	0.2	14000	15500	16700	700	6500	7.0	12.0	24	20000	7.65
	DG320	0.1	14000	15000	17200			—	8.5	19		
	DG330	0.1	14500	16500	18200	600	6000	—	7.5	17		
	DG330	0.08	14500	16500	18200			—	7.5	17		

硅钢材料的性能及用途

表 3

材料牌号	厚 度	材 料 性 能	应 用 范 围
D41	0.35	热轧的高合金硅钢薄板, 其饱和磁通密度高, 可在有较大的直流磁化及强磁场条件下采用。	50Hz E 型电源变压器, 音频 变压器, 滤波阻流圈。
D42			
D43	0.5		
D310	0.35	冷轧的晶粒取向硅钢带, 其饱和磁通密度高, 可在有较大的直流磁化及强磁场条件下采用。	50Hz C 型电源变压器, 音频变 压器, 滤波阻流圈。
D320			
D330	0.5		
D340			
DG310	0.2	冷轧的硅钢带, 有很高的饱和磁通密度, 可在较高频率下使用。	400Hz, 1000Hz C 型电源变压器、音频变压器, 滤波阻流圈。
DG320			
DG330	0.08		

变压器线圈所用的导线主要有二种, 列于表 4。

常 用 电 磁 导 线

表 4

名 称	型 号	技 术 标 准	等 级	工 作 温 度
高强度聚酯漆包圆铜线	QZ	JB660—68	B	-60°C~+130°C
高强度聚胺酯漆包圆铜线	QA	沪Q/YX8003—64	A	-60°C~+105°C

从表 4 可知, 电子变压器所用的导线都是涂有绝缘层的铜线。具有均匀截面积 S_m 及长度 L 的铜导体, 其电阻率 ρ 由下式决定:

$$\rho = \frac{R \cdot S_m}{L} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{M})。$$

铜线的电阻率在 20°C 时为 $0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{M}$ 。

铜导线的电阻往往随着温度的升高而显著的增加。铜导线电阻的变化与温度成正比。因之, 若令正常环境温度以 T_c 表示, 此时铜导线的电阻以 R_c 表示, 而线圈在负荷时的高温电阻则以 R_h 表示, 那么, 用电阻法则测试线圈温升 $\Delta\tau$ 的公式则为:

$$\Delta\tau = \frac{R_h \cdot (234.5 + T_c) - 234.5 R_c}{R_c} - T_c (^\circ\text{C})。$$

漆包线 QZ, QA 的规格、外径、重量等数据可在表 5 中查明。

电磁导线的规格及参数

表 5

导线直径 d	截 面 积 S _m	20°C 时 直流电阻 R=	QZ 型		QA 型	
			d _j	G _m	d _j	G _m
mm	mm ²	Ω/M	mm	g/M	mm	g/M
0.06	0.00283	6.198	0.09	0.029	—	—
0.07	0.00385	4.556	0.1	0.039	—	—
0.08	0.005	3.487	0.11	0.05	0.11	0.05
0.09	0.0064	2.758	0.12	0.063	0.12	0.063
0.10	0.0079	2.237	0.13	0.076	0.13	0.076
0.11	0.0095	1.846	0.14	0.092	0.14	0.092
0.12	0.0113	1.551	0.15	0.108	0.15	0.108
0.13	0.0132	1.322	0.16	0.126	0.16	0.126
0.14	0.0154	1.139	0.17	0.145	0.17	0.145
0.15	0.0176	0.993	0.19	0.167	0.19	0.167
0.16	0.0202	0.872	0.20	0.189	0.20	0.189
0.17	0.023	0.773	0.21	0.213	0.21	0.213
0.18	0.0255	0.689	0.22	0.237	0.22	0.237
0.19	0.028	0.618	0.23	0.264	0.23	0.264
0.20	0.0314	0.558	0.24	0.292	0.24	0.292
0.21	0.035	0.506	0.25	0.321	0.25	0.321
0.23	0.042	0.422	0.28	0.386	0.28	0.386
0.25	0.049	0.357	0.30	0.454	0.30	0.454
0.27	0.057	0.306	0.32	0.529	0.32	0.529
0.29	0.066	0.256	0.34	0.608	0.34	0.608
0.31	0.075	0.232	0.36	0.693	0.36	0.693
0.33	0.085	0.205	0.38	0.784	0.38	0.784
0.35	0.096	0.182	0.41	0.884	0.41	0.884
0.38	0.113	0.155	0.44	1.04	0.44	1.04
0.41	0.132	0.133	0.47	1.21	0.47	1.21
0.44	0.152	0.115	0.50	1.39	0.50	1.39
0.47	0.173	0.101	0.53	1.58	—	—
0.49	0.188	0.093	0.55	1.72	—	—
0.51	0.205	0.0859	0.58	1.87	—	—
0.55	0.237	0.0737	0.62	2.17	—	—
0.59	0.273	0.0641	0.66	2.50	—	—
0.64	0.321	0.0545	0.72	2.94	—	—
0.69	0.373	0.0469	0.77	3.41	—	—
0.74	0.43	0.0407	0.83	3.92	—	—
0.80	0.50	0.0348	0.89	4.58	—	—
0.86	0.58	0.0301	0.95	5.27	—	—
0.93	0.68	0.0258	1.02	6.16	—	—
1.00	0.79	0.0224	1.11	7.14	—	—
1.08	0.91	0.0191	1.19	8.32	—	—
1.2	1.13	0.0155	1.31	10.4	—	—
1.35	1.43	0.0123	1.46	13.0	—	—
1.45	1.65	0.0106	1.56	15.0	—	—
1.62	2.06	0.0085	1.73	18.6	—	—
1.74	2.38	0.00737	1.85	21.6	—	—
1.81	2.57	0.00681	1.93	23.3	—	—
1.88	2.77	0.00631	2.0	25.2	—	—
2.02	3.20	0.00547	2.14	29.0	—	—
2.26	4.0	0.00437	2.39	36.3	—	—
2.44	4.68	0.00375	2.57	42.2	—	—

绝缘材料的耐温等级示于表 6

表 6

耐 温 级 别	A	E	B	F	H	C
工 作 温 度	105°C	120°C	130°C	155°C	180°C	>180°C

常用的绝缘材料见表 7

表 7

类 别	名 称	规 格	技 术 标 准	级 别
纸 类	电缆纸K	0.08, 0.12, 0.17	QB 131—61	A
	绝缘纸板	0.2, 0.5, 1	QB 134—61	A
	半透明玻璃纸	0.03	QB 207—62	A
	电话纸 DH—50	0.05	QB 218—62	A
	乙酰化纸	0.05, 0.08, 0.12, 0.17	嘉兴东风造纸厂厂标	B
纺 织 品	黄漆绸	0.1	ODG 503, 024	A
	醇酸无硷玻璃漆管	φ 1~6	DHJ 42—62	E
	玻璃漆布	0.15	沪 Q/HG 3—008—64	B
层 压 品	酚醛纸板	1, 2, 3	ODG 503, 033	A
	酚醛布板	1, 2, 3……8	ODG 503, 035	E
	环氧酚醛玻璃布板	1, 2 ………6	ODG 503, 036	F
塑 料 制 品	聚酯薄膜	0.04, 0.05	2820	B
	聚酰亚胺薄膜	0.04, 0.05	上海革新塑料厂说明书	H
	电玉粉	408 (天蓝)	上海天山塑料厂说明书	A
	三聚氰胺甲醛玻璃纤维压塑料	(白色)	上海天山塑料厂说明书	F
浸 渍 材 料	酚醛绝缘烘漆	F 30—2	上海长征造漆厂说明书	A
	氨基醇酸绝缘清漆	A 30—2	”	A
	环氧绝缘清漆	H 30—2	”	B
	环氧无溶剂绝缘漆	H 30—1	”	E
	环氧绝缘烘漆	H 30—5	”	E

§ 1—2 E 型电源变压器设计

无线电设备用的电源变压器，温升允许高一点，所以铁心的磁通密度 B 与导线的电流密度 J 可以选得高一些。电子仪器用的电源变压器，为防止杂散磁场和温升的影响，所以 B 与 J 均应低一些。

电源变压器设计时，需要预先知道用户的使用要求，一般有：电压，电流，电源频率，整流形式，负荷特性，安装方式等。

电源变压器的计算步骤叙述于下。

1. 变压器视在功率 P_s

对灯丝系变压器 (HB) 来说，视在功率为：

$$P_s = U_2 \cdot I_2 \text{ (VA)} \dots\dots\dots (1)$$

对小功率整流电源变压器 (DB) 来说，视在功率应按整流电路 (见图 4~7) 并查表 8 而定。

小功率整流变压器参数表

表 8

技术参数 整流型式 负载特性	半 波		全 波			桥 式			二 倍 压
	R	C	R	C	L	R	C	L	C
基 波 频 率 f_1	f	f	2f	2f	2f	2f	2f	2f	2f
纹 波 电 压 $U_{\sim}$	1.21 U_0	1.21 U_0	0.482 U_0	0.482 U_0	0.482 U_0	0.482 U_0	0.482 U_0	0.482 U_0	0.482 U_0
次 级 电 压 U_2	2.22 U_0	U_0	1.11 U_0	U_0	1.11 U_0	1.11 U_0	U_0	1.11 U_0	0.5 U_0
次 级 电 流 I_2	1.57 $I_{\sim}$	2.2 $I_{\sim}$	0.785 $I_{\sim}$	1.1 $I_{\sim}$	0.707 $I_{\sim}$	1.11 $I_{\sim}$	1.56 $I_{\sim}$	$I_{\sim}$	3.1 $I_{\sim}$
初 级 功 率 P_1	2.69 P_0	1.96 P_0	1.23 P_0	1.56 P_0	1.11 P_0	1.23 P_0	1.56 P_0	1.11 P_0	1.56 P_0
次 级 功 率 P_2	3.49 P_0	2.2 P_0	1.74 P_0	2.2 P_0	1.57 P_0	1.23 P_0	1.56 P_0	1.11 P_0	1.56 P_0
视 在 功 率 P_s	3.09 P_0	2.08 P_0	1.485 P_0	1.88 P_0	1.34 P_0	1.23 P_0	1.56 P_0	1.11 P_0	1.56 P_0

表中， P_0 为整流功率。 $P_0 = U_0 \cdot I_{\sim}$ (VA)。 $\dots\dots\dots (2)$

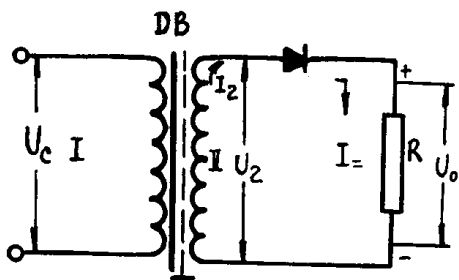


图 4 半波整流电路

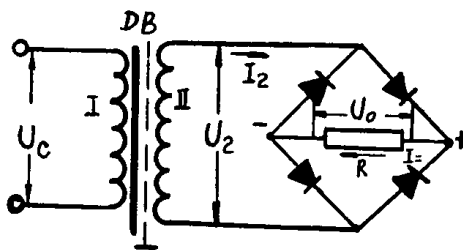


图 5 桥式整流电路

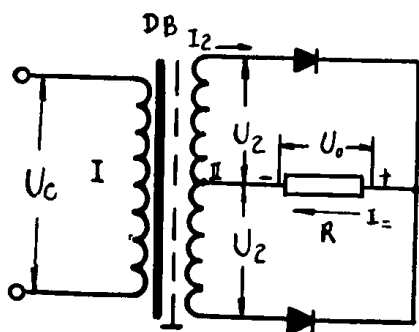


图 6 全波整流电路

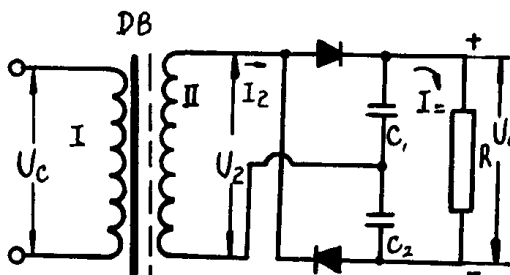


图 7 倍压整流电路

2. 铁心

铁心按下式求出的 $S_c S_o$ 值查表 10 或表 11 而选定。

$$S_c S_o = \frac{10^4}{B} \cdot \frac{P_s(1+\eta)}{2 \cdot \eta \cdot K_m \cdot J} \text{ (cm}^4\text{)} \dots\dots\dots (3)$$

式中 S_c ——铁心截面积 (cm²)。

S_o ——窗口面积 (cm²)。

P_s ——变压器的视在功率 (VA)。

B ——磁通密度 (GS)，查表 10。

K_m ——导线的占空系数，查表 10。

J ——电流密度 (A/mm²)，查表 10。

η ——效率 (%)，查表 9。

电源变压器效率查表 9。

表 9

视 在 功 率 P_s	30—80VA	80—200VA	200—400VA	400VA 以上
效 率 η	80%	85%	90%	95%

铁心片厚度 0.5mm, 占空系数 K_C 为 0.94。

表 10

序号	铁心尺寸 $L_0 \times B$	参 考 数 据									
		L_c cm	S_c cm ²	K_m	G_c kg	$S_c \cdot S_0$ cm ²	F_0 cm ²	B GS	J A/mm ²	P_s VA	A ($\times 10^{-5}$)
1	GEB 19×24	10.9	4.28	0.21	0.512	18.2	160	13500		20	18.5
2	GEB 19×28		5.0		0.595	21.3	170		4.4	27	20.3
3	GEB 19×32		5.7		0.682	24.2	182			30	21.9
4	GEB 19×38		6.78		0.81	28.8	195		4.2	34	24.2
5	GEB 22×28	12.6	5.78	0.22	0.806	31.6	220	13500		38	26.6
6	GEB 22×33		6.82		0.95	37.2	235		3.9	46	29.2
7	GEB 22×38		7.85		1.09	42.8	250			52	31.6
8	GEB 22×44		9.1		1.27	49.7	265		3.7	60	34.2
9	GEB 26×32	15	7.8	0.23	1.35	62.4	317	13500		74	39.5
10	GEB 26×39		9.53		1.65	76.2	340		3.6	85	44.5
11	GEB 26×45		11		1.89	88	360			93	48.4
12	GEB 26×52		12.7		2.19	101	385		3.4	105	51.8
13	GEB 30×38	17.2	10.7	0.25	2.02	108	405	13500		120	55.7
14	GEB 30×45		12.7		2.40	128	435		3.0	140	61.5
15	GEB 30×52		14.6		2.77	147	465			155	66.7
16	GEB 30×60		16.9		3.19	170	495		2.8	170	71.8
17	GEB 35×44	20	14.5	0.27	3.22	196	550	14000		192	79.8
18	GEB 35×52		17.1		3.77	231	585		2.5	220	88.5
19	GEB 35×60		19.7		4.36	266	625			250	95.6
20	GEB 35×70		23		5.08	310	670		2.4	290	104
21	GEB 40×50	23	18.8	0.29	5.0	352	750	14000		340	117
22	GEB 40×60		22.6		6.0	423	805		2.2	400	131
23	GEB 40×70		26.3		7.0	492	860			440	143
24	GEB 40×80		30		8.0	561	910		2.0	500	153

铁心片厚度 0.35mm, 占空系数 K_G 为 0.91

表 11

序号	铁心尺寸 $L_0 \times B$	参 考 数 据								
		L_c cm	S_c cm ²	K_m	G_c kg	$S_c \cdot S_0$ cm ⁴	F_0 cm ²	B GS	J A/mm ²	P_s VA
1	GEB 19×24	10.9	4.15	0.21	0.496	16.6	160	13500		20
2	GEB 19×28		4.84		0.576	19.4	170		4.5	27
3	GEB 19×32		5.53		0.66	22.2	182			30
4	GEB 19×38		6.57		0.783	26.4	195		4.4	34
5	GEB 22×28	12.6	5.62	0.22	0.781	30.6	220	13500		38
6	GEB 22×33		6.61		0.92	36	235		3.9	46
7	GEB 22×38		7.61		1.06	41.5	250			52
8	GEB 22×44		8.81		1.23	48	265		3.8	60
9	GEB 26×32	15	7.57	0.23	1.31	60.5	317	13500		74
10	GEB 26×39		9.23		1.60	74	340		3.5	85
11	GEB 26×45		10.7		1.83	86	360			93
12	GEB 26×52		12.3		2.12	98	385		3.4	105
13	GEB 30×38	17.2	10.4	0.25	1.96	105	405	13500		120
14	GEB 30×45		12.3		2.32	124	435		3.4	140
15	GEB 30×52		14.2		2.68	143	465			155
16	GEB 30×60		16.4		3.09	166	495		2.8	170
17	GEB 35×44	20	14.0	0.27	3.12	189	550	14000		192
18	GEB 35×52		16.6		3.65	224	585		2.5	220
19	GEB 35×60		19.1		4.22	258	625			250
20	GEB 35×70		23.3		4.92	301	670		2.4	290
21	GEB 40×50	23	18.2	0.29	4.84	340	750	14000		340
22	GEB 40×60		21.8		5.80	408	805		2.2	400
23	GEB 40×70		25.5		6.78	477	860			440
24	GEB 40×80		29.1		7.75	544	910		2.0	500

在表 10、11 中的视在功率 P_s 数值仅适用于双绕组，倘若绕组在两个以上时，则铁心要适当放大一些。

3. 初级电流 I_1 ：

$$I_1 = \frac{P_1}{U_c \cdot \eta} \dots\dots\dots (4)$$

4. 线圈匝数 W ：

$$\text{初级 } W_1 = \frac{U_c \cdot 10^8}{4.44 f \cdot B \cdot S_c} (T) \dots\dots\dots (5)$$

式中， U_c ——电源电压，一般为 220V。

$$\text{次级 } W_2 = \frac{m \cdot U_2 \cdot (1 + \Delta U \%) \cdot 10^8}{4.44 f \cdot B \cdot S_c} (T) \dots\dots\dots (6)$$

式中 m ——相数。

式中， $\Delta U \%$ 为线圈电压调整率，可按下表选择。

表 12

变 压 器 视 在 功 率 P_s, VA	$\Delta U \%$
20—50VA	15%→10%
50—100VA	10%→8%
100—250VA	8%→5%
250—500VA	5%→3%

设计时，为了方便常常求出每伏匝数 T_v ：

$$T_v = \frac{10^8}{4.44 f \cdot B \cdot S_c} \dots\dots\dots (7)$$

GEB 型系列铁心在不同磁通密度时的每伏匝数值按式(7)计算后，其值列于表 13 中。按照每伏匝数来计算匝数时，则用下式计算：

$$W_1 = U_c \cdot T_v (T) \dots\dots\dots (8)$$

$$W_2 = m \cdot U_2 (1 + \Delta U \%) \cdot T_v (T) \dots\dots\dots (9)$$

每 伏 匝 数 T_v 表

铁心片厚度 0.5mm

表 13

组 别	铁 心 型 号	铁 心 截面积 S_c cm^2	磁 通 密 度 B, GS						
			10000	11000	12000	12500	13000	13500	14000
			每 伏 匝 数 T_v						
I	GEB 19×24	4.28	10.5	9.58	8.78	8.42	8.1	7.8	7.52
	GEB 19×28	5.0	9.0	8.18	7.5	7.2	6.92	6.67	6.43
	GEB 19×32	5.7	7.9	7.2	6.58	6.32	6.07	5.85	5.63
	GEB 19×38	6.78	6.65	6.05	5.54	5.32	5.12	4.93	4.75
II	GEB 22×28	5.78	7.8	7.1	6.5	6.24	6.0	5.78	5.57
	GEB 22×33	6.82	6.6	6.0	5.5	5.28	5.07	4.88	4.71
	GEB 22×38	7.85	5.75	5.22	4.78	4.59	4.42	4.26	4.1
	GEB 22×44	9.1	4.95	4.5	4.13	3.96	3.81	3.67	3.54
III	GEB 26×32	7.8	5.78	5.25	4.82	4.62	4.45	4.28	4.12
	GEB 26×39	9.53	4.72	4.29	3.93	3.78	3.63	3.5	3.37
	GEB 26×45	11	4.1	3.72	3.41	3.27	3.15	3.03	2.92
	GEB 26×52	12.7	3.54	3.22	2.95	2.84	2.73	2.62	2.53
IV	GEB 30×38	10.7	4.21	3.83	3.5	3.37	3.24	3.12	3.0
	GEB 30×45	12.7	3.54	3.22	2.95	2.84	2.73	2.62	2.53
	GEB 30×52	14.6	3.08	2.8	2.57	2.47	2.30	2.28	2.2
	GEB 30×60	16.9	2.67	2.43	2.22	2.13	2.05	1.98	1.91
V	GEB 35×44	14.5	3.1	2.82	2.59	2.48	2.39	2.3	2.22
	GEB 35×52	17.1	2.64	2.4	2.2	2.11	2.03	1.96	1.88
	GEB 35×60	19.7	2.29	2.08	1.91	1.83	1.76	1.7	1.64
	GEB 35×70	23	1.96	1.78	1.64	1.57	1.51	1.45	1.4
VI	GEB 40×50	18.8	2.4	2.18	2.0	1.92	1.85	1.78	1.72
	GEB 40×60	22.6	2.0	1.82	1.66	1.6	1.54	1.48	1.43
	GEB 40×70	26.3	1.71	1.56	1.43	1.37	1.32	1.27	1.22
	GEB 40×80	30	1.5	1.36	1.25	1.2	1.15	1.11	1.07