

第7章 小型变压器的修理

谢若廉

第1节 变压器的型号、规格及技术参数

小型变压器用于交流 50Hz、500V 以下的电路中，作机床控制电源和局部照明电源用。其结构为单相多绕组开启式或防护式。一次电压可根据电源

的电压不同进行选用。一般情况下，二次电压 110V 或 127V 用于机床控制；12V 或 36V 用作局部照明；6.3V 作信号灯电源。

(一) BK1 系列控制变压器

BK1 系列单相控制变压器的技术数据见表 7-1-

1。

表 7-1-1 BK1 系列单相控制变压器技术数据

容量 (VA)	铁心尺寸 (mm)	电 压 (V)	容 量 分 配		匝 数	导线直径 (mm)	导线重量 (kg)
			电压 (V)	容量 (VA)			
25	BK1-25 铁心截面：24×26 (见图 7-1-1a)	220/36	220 36	25	1460 263	0.25 0.55	0.09 0.09
		220/18	220 18	25	1460 128	0.25 0.77	0.09 0.08
		220/6.3	220 6.3	25	1460 44	0.25 1.35	0.09 0.08
		380/36	380 36	25	2470 263	0.19 0.55	0.09 0.08
		380/18	380 18	25	2470 128	0.19 0.77	0.09 0.08
		380/6.3	380 6.3	25	2470 44	0.19 1.35	0.09 0.10
50	BK1-50 铁心截面：28×36 (见图 7-1-1b)	380或220/36, 6.3	380 220 36 6.3	45 5	1580 912 161 26	0.25 0.33 0.72 0.59	0.05 0.11 0.12 0.01
		220/36, 6.3	220 36 6.3	45 5	912 161 26	0.33 0.72 0.59	0.11 0.12 0.01
		380/36, 6.3	380 36 6.3	45 5	1580 161 26	0.25 0.72 0.59	0.15 0.11 0.01
		380或220/127	380 220 127	50	1580 912 568	0.25 0.33 0.41	0.05 0.11 0.14
		220/127	220 127	50	912 568	0.33 0.41	0.11 0.14

(续)

容量 (VA)	铁心尺寸 (mm)	电 压 (V)	容 量 分 配		匝 数	导线直径 (mm)	导线重量 (kg)
			电压 (V)	容量 (VA)			
50	BK1-50 铁心截面: 28×36 (见图7-1-1b)	380/127	380 127	50	1580 568	0.25 0.41	0.15 0.13
		220/110	220 110	50	912 487	0.33 0.44	0.11 0.14
		220/60	220 60	50	912 265	0.33 0.59	0.11 0.13
		220/18	220 18	50	912 80	0.33 1.08	0.11 0.13
		380/110	380 110	50	1580 487	0.25 0.44	0.15 0.13
		380/60	380 60	50	1580 265	0.25 0.59	0.15 0.13
		380/18	380 18	50	1580 265	0.25 1.08	0.15 0.13
100	BK1-100 铁心截面: 32×48 (见图7-1-1c)	380或220/127, 36, 6.3	380 220 127 36 6.3	50 45 5	1185 687 418 119 19	0.35 0.49 0.41 0.72 0.59	0.09 0.22 0.11 0.11 0.01
		220/127, 36, 6.3	220 127 36 6.3	50 45 5	687 418 119 19	0.49 0.41 0.72 0.59	0.22 0.11 0.11 0.01
		380/127, 36, 6.3	380 127 36 6.3	50 45 5	1185 418 119 19	0.35 0.41 0.72 0.59	0.20 0.11 0.11 0.01
		380/36, 6.3	380 36 6.3	90 10	1186 119 19	0.35 1.04 0.83	0.20 0.20 0.02
		380或220/36, 6.3	380 220 36 6.3	90 10	1185 687 119 19	0.35 0.49 1.04 0.83	0.09 0.22 0.21 0.02
		220/36, 6.3	220 36 6.3	90 10	687 119 19	0.49 1.04 0.83	0.22 0.21 0.02
		380或220/127	380 220 127	100	1185 687 418	0.35 0.49 0.59	0.09 0.22 0.24
		220/127	220 127	100	687 418	0.49 0.59	0.22 0.24
		380/127	380 127	100	1185 418	0.35 0.59	0.20 0.23
		220/110	220 110	100	687 363	0.49 0.62	0.22 0.23
		220/60	220 60	100	687 198	0.49 0.86	0.22 0.24
		220/18	220 18	100	687 60	0.49 1.56	0.22 0.23

(续)

容量 (VA)	铁心尺寸 (mm)	电 压 (V)	容 量 分 配		匝 数	导线直径 (mm)	导线重量 (kg)
			电压 (V)	容量 (VA)			
100	BK1-100 铁心截面: 32×48 (见图7-1-1c)	380/260	380 260	100	1185 859	0.35 0.41	0.20 0.25
		380/220	380 220	100	1185 726	0.35 0.47	0.20 0.23
		380/110	380 110	100	1185 363	0.35 0.62	0.20 0.22
		380/60	380 60	100	1185 198	0.35 0.86	0.20 0.23
		380/18	380 18	100	1185 60	0.35 1.56	0.20 0.23
160	EK1-150 铁心截面: 32×61 (见图7-1-1d)	380或220/127, 36, 6.3	380 220 127 36 6.3	100 45 5	820 474 285 81 13	0.44 0.59 0.62 0.77 0.62	0.12 0.24 0.20 0.10 0.01
			220 127 36 6.3	100 45 5	474 285 81 13	0.59 0.62 0.77 0.62	0.24 0.20 0.10 0.01
			380 127 36 6.3	100 45 5	820 285 81 13	0.44 0.62 0.77 0.62	0.24 0.20 0.09 0.01
			380 220 127	150	820 474 285	0.44 0.59 0.74	0.12 0.24 0.29
			220 127	150	474 285	0.59 0.74	0.24 0.29
		380/127	380 127	150	820 285	0.44 0.74	0.24 0.28
		220/110	220 110	150	474 247	0.59 0.80	0.24 0.30
		220/60	220 60	150	474 135	0.59 1.08	0.24 0.29
		220/18	220 18	150	470 40	0.59 2.02	0.24 0.30
		380/260	380 260	150	820 583	0.44 0.53	0.27 0.27
		380/220	380 220	150	820 494	0.44 0.57	0.27 0.28
		380/110	380 110	150	820 247	0.44 0.80	0.27 0.27
		380/60	380 60	150	820 150	0.44 1.08	0.27 0.26
		380/18	380 18	150	820 40	0.44 2.02	0.27 0.27

(续)

容量 (VA)	铁心尺寸 (mm)	电 压 (V)	容 量 分 配		匝 数	导线直径 (mm)	导线重量 (kg)
			电压 (V)	容量 (VA)			
300	BK1-300 铁心截面: 50×52 (见图7-1-1e)	380或220/127, 36, 6.3	380	250	635	0.69	0.25
			220		365	0.93	0.53
			127		220	1.04	0.55
			36		63	0.80	0.10
			6.3		10	0.62	0.01
		220/127, 36, 6.3	220	250	366	0.93	0.53
			127		220	1.04	0.54
			36		63	0.80	0.10
			6.3		10	0.62	0.01
		380/127, 36, 6.3	380	250	635	0.69	0.53
			127		220	1.04	0.53
			36		63	0.80	0.10
			6.3		10	0.62	0.01
		380或220/127, 36, 6.3	380	200	635	0.69	0.25
			220		365	0.93	0.53
			127		220	0.93	0.43
			36		63	1.12	0.19
			6.3		10	0.93	0.02
		220/127, 36, 6.3	220	200	366	0.93	0.53
			127		220	0.93	0.42
			36		63	1.12	0.19
			6.3		10	0.90	0.02
		380/127, 36, 6.3	380	200	635	0.69	0.53
			127		220	0.93	0.40
			36		63	1.12	0.18
			6.3		10	0.90	0.02
		380或220/127	380	300	635	0.69	0.25
			220		365	0.93	0.53
			127		220	1.12	0.64
		220/127	220	300	366	0.93	0.53
			127		220	1.12	0.63
		380/127	380	300	635	0.69	0.53
			127		220	1.12	0.64
		220/110	220	300	366	0.93	0.53
			110		132	1.20	0.61
		380/250	380	300	635	0.69	0.53
			250		453	0.80	0.64
		380/220	380	300	635	0.69	0.53
			220		383	0.86	0.63
		380/110	380	300	635	0.69	0.53
			110		192	1.20	0.61
500	BK1-500 铁心截面: 50×82 (见图7-1-1e)	380或220/127, 36, 6.3	380	450	435	0.90	0.34
			220		251	1.20	0.76
			127		151	1.40	0.74
			36		43	0.80	0.08
			6.3		7	0.62	0.01
		220/127, 36, 6.3	220	450	251	1.20	0.76
			127		151	1.40	0.74
			36		43	0.80	0.08
			6.3		7	0.62	0.01
		380/127, 36, 6.3	380	450	435	0.90	0.74
			127		151	1.40	0.73
			36		43	0.80	0.08
			6.3		7	0.62	0.01

(续)

容量 (VA)	铁心尺寸 (mm)	电 压 (V)	容 量 分 配		匝 数	导线直径 (mm)	导线重量 (kg)
			电压 (V)	容量 (VA)			
500	BK1-500 铁心截面: 50×82 (见图7-1-1e)	380或220/127, 36, 6.3	380	400	435	0.9	0.34
			220		251	1.2	0.76
			127		151	1.35	0.69
			36		43	1.2	0.17
			6.3		7	0.9	0.02
		220/127, 36, 6.3	220	400	251	1.2	0.76
			127		151	1.35	0.68
			36		43	1.2	0.17
			6.3		7	0.9	0.02
		380/127, 36, 6.3	380	400	435	0.9	0.74
			127		151	1.35	0.67
			36		43	1.2	0.17
			6.3		7	0.9	0.02
700	BK1-700 铁心截面: 50×96 (见图7-1-1e)	380或220/127, 36, 6.3	380	650	422	1.12	0.55
			220		244	1.5	1.14
			127		145	1.74	1.21
			36		41	0.8	0.08
			6.3		7	0.8	0.01
		220/127, 36, 6.3	220	650	244	1.5	1.14
			127		145	1.74	1.20
			36		41	0.8	0.08
			6.3		7	0.8	0.01
		380/127, 36, 6.3	380	650	422	1.12	1.16
			127		145	1.74	1.19
			36		41	0.8	0.08
			6.3		7	0.8	0.01
		380或220/127, 36, 6.3	380	600	422	1.12	0.55
			220		244	1.5	1.14
			127		145	1.68	1.11
			36		41	1.2	0.18
			6.3		7	0.9	0.02
		220/127, 36, 6.3	220	600	244	1.5	1.14
			127		145	1.68	1.10
			36		41	1.2	0.19
			6.3		7	0.9	0.02
		380/127, 36, 6.3	380	600	422	1.12	1.16
			127		145	1.68	1.08
			36		41	1.2	0.18
			6.3		7	0.9	0.02
		380或220/127	380	700	422	1.12	0.55
			220		244	1.5	1.14
			127		145	1.74	1.21

(续)

容量 (VA)	铁心尺寸 (mm)	电 压 (V)	容 量 分 配		匝 数	导线直径 (mm)	导线重量 (kg)
			电压 (V)	容量(VA)			
700	BK1-700 铁心截面: 50×96 (见图7-1-1e)	220/127	220 127	700	244 145	1.5 1.74	1.14 1.23
		380/127	380 127	700	422 145	1.12 1.74	1.16 1.19
1000	BK1-1000 铁心截面: 50×122 (见图7-1-1e)	380或220/127, 36, 6.3	380 220 127 36 6.3	950 104 45 5	305 177 104 30 5	1.35 1.74 1.56×2 0.8 0.8	0.62 1.22 1.54 0.07 0.01
			220 127 36 6.3		177 104 30 5	1.74 1.56×2 0.8 0.8	1.22 1.58 0.06 0.01
			380 127 36 6.3		305 104 30 5	1.35 1.56×2 0.8 0.8	1.33 1.52 0.06 0.01
			380或220/127, 36, 6.3	900 104 90 10	305 177 104 30 5	1.35 1.74 2.1 1.2 1.2	0.62 1.22 1.45 0.15 0.03
		220/127, 36, 6.3	220 127 36 6.3		177 104 30 5	1.74 2.1 1.2 1.2	1.22 1.39 0.15 0.04
			380 127 36 6.3		305 104 30 5	1.35 2.1 1.2 1.2	1.33 1.32 0.15 0.04
			380或220/127 220 127	1000 104	305 177 104	1.35 1.74 1.56×2	0.62 1.22 1.60
		220/127	220 127		177 104	1.74 1.56×2	1.22 1.58
			380 127		305 104	1.35 1.56×2	1.33 1.52
			380或220/127, 36, 6.3	1400 134 79 22 2	232 134 79 22 2	1.68 1.62×2 1.95×2 1.2 0.9	0.83 1.99 2.04 0.12 0.01
		220/127, 36, 6.3	220 127 36 6.3		134 79 22 4	1.62×2 1.95×2 1.2 0.9	1.99 2.04 0.10 0.01
			380 127 36 6.3		232 79 22 4	1.68 1.95×2 1.2 0.9	1.81 2.05 0.10 0.01
			380或220/127, 36, 6.3		232 134 79 22 4	1.68 1.62×2 1.95×2 1.2 0.9	0.83 1.99 2.04 0.12 0.01
1500	BK1-1500 铁心截面: 64×106 (见图7-1-1f)	380或220/127, 36, 6.3	380 220 127 36 6.3	1350 135 15	232 134 79 22 4	1.68 1.62×2 1.95×2 1.2 0.9	0.83 1.99 2.04 0.12 0.01
			220 127 36 6.3		134 79 22 4	1.62×2 1.95×2 1.2 0.9	1.99 2.04 0.10 0.01
			380 127 36 6.3		232 79 22 4	1.68 1.95×2 1.2 0.9	1.81 2.05 0.10 0.01
			380或220/127, 36, 6.3		232 134 79 22 4	1.68 1.62×2 1.95×2 1.2 0.9	0.83 1.99 2.04 0.12 0.01

(续)

容量 (VA)	铁心尺寸 (mm)	电 压 (V)	容 量 分 配		匝 数	导线直径 (mm)	导线重量 (kg)
			电压 (V)	容量 (VA)			
1500	BK1-1500 铁心截面: 64×106 (见图7-1-1 f)	220/127, 36, 6.3	220	1350	134	1.62×2	2.00
			127		79	1.95×2	2.04
			36		22	1.2	0.10
			6.3		4	0.9	0.01
		380/127, 36, 6.3	380	1350	232	1.68	1.81
			127		79	1.95×2	2.05
			36		22	1.2	0.10
			6.3		4	0.9	0.01
		220/127	220	1500	134	1.62×2	2.00
			127		79	1.95×2	2.04
		380/127	380	1500	232	1.68	1.81
			127		79	1.95×2	2.05

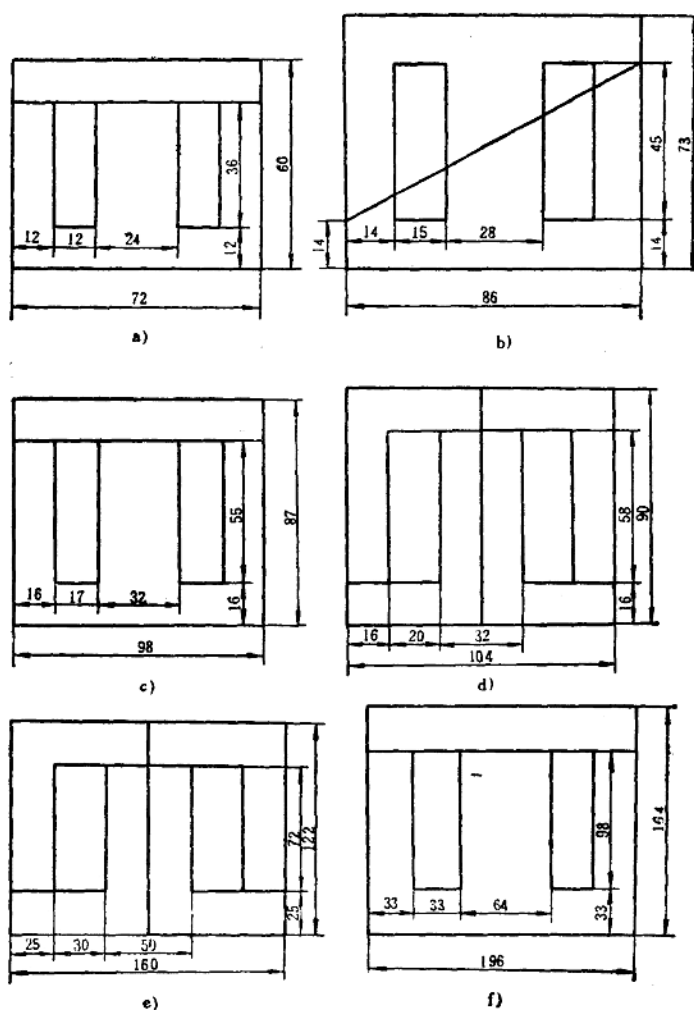


图7-1-1 变压器铁心尺寸

(二) BKC 系列控制变压器

小, 重量轻。其技术数据和外形尺寸见表 7-1-2、
表 7-1-3 和图 7-1-2。

这是一种 C 型卷铁心, 比 BK 系列变压器体积

表 7-1-2 BKC 系列控制变压器技术数据

型 号	额定功率 (VA)	一次额定电压 (V)	二次额定电压 (V)	重 量 (kg)
BKC-25	25			0.84
BKC-50	50		(1) 36	1.2
BKC-100	100	(1) 110	(2) 36, 6.3	1.85
BKC-150	150	(2) 220	(3) 127	2.45
BKC-250	250	(3) 380	(4) 127, 36, 6.3	2.90
BKC-350	350			4.9
BKC-500	500			5.96

表 7-1-3 BKC 系列控制变压器外形尺寸

(mm)

型 号	外 形 尺 寸					
	A	B	C	D	E	H
BKC-25		50		58	72	80
BKC-50	50	62	68	59	74	96
BKC-100	56	72	76	77	94	105
BKC-150	56	72	77	77	94	116
BKC-250	78	92	96	77	94	135
BKC-350	90	106	107	91	110	144
BKC-500	100	122	122	90	115	165

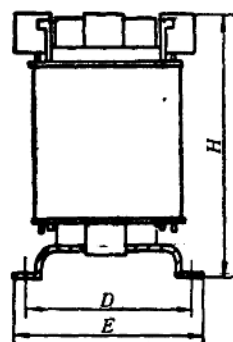
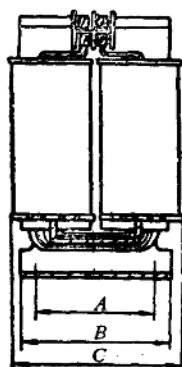


图 7-1-2 BKC 系列控制变压器外形尺寸

(三) 带防护外壳照明变压器

基础上配以 LS2-2 主令开关、熔断器和防护外壳构
成的。其技术数据见表 7-1-4~表 7-1-6。

它们主要是在 BK-50、BK-100 型控制变压器

表 7-1-4 BZ 系列防护型照明变压器技术数据

型 号	额定容量 (VA)	一次电压 (V)	二次电压 (V)
BZ-50H	50		
BZ-100H	100	380 或 220	12 或 36

表7-1-5 JMB系列机床照明变压器技术数据

型 号	额定容量 (VA)	额定电压 (V)		外形尺寸(mm) (长×宽×高)
		一 次	二 次	
JMB-50	50	220, 380	12, 24, 36	270×210×175
JMB-100	100			270×210×175
JMB-250	250			340×270×225
JMB-500	500			340×270×225
JMB-1000	1000			340×270×225
JMB-50TH	50			150×300×170
JMB-100TH	100			160×300×195
JMB-250TH	250			190×340×220
JMB-500TH	500			210×355×255
JMB-1000TH	1000			225×375×295
JMB-3000TH	3000	220, 380	12, 24, 36	425×280×505
JMB-5000TH	5000			458×327×657
JMB-8000TH	8000			478×344×722
JMB-12000TH	12000			518×404×772

表7-1-6 BJZ系列照明变压器技术数据

型 号	额定容量 (VA)	相 数	电压 (V)		重 量 (kg)	外形尺寸 (mm) (长×宽×高)
			一 次	二 次		
BJZ-50	50	1	220, 380	12, 36	3	155×145×128
BJZ-100	100				4.2	168×180×135
BJZ-150	150				5.7	168×180×135
BJZ-200	200				6.8	168×180×135
BJZ-250	250					
BJZ-300	300				9.3	226×110×175
BJZ-400	400				10.7	226×196×175
BJZ-500	500				12.5	241×206×210
BJZ-1000	1000				22	265×227×257
BJZ-2000	2000				30	283×260×264
BJZ-3000	3000				42	245×285×305
BJZ-4000	4000				55	390×300×340
BJZ-5000	5000				62	390×300×340
BJZ-500	500	3	220, 380	36, 127, 220		
BJZ-1000	1000					
BJZ-1500	1500					
BJZ-2000	2000					
BJZ-2500	2500					
BJZ-3000	3000					

(四) DG型、SG型单相和三相干式变压器

它具有防护外壳, 空气自冷, 采用500V、50Hz电源, 作安全照明和机床电源用。其技术数据见表7-1-7。

表7-1-7 DG、SG系列小型干式变压器技术数据

型 号	相 数	额定容量 (VA)	额定电压 (V)		外形尺寸 (mm) (长×宽×高)	重 量 (kg)
			一 次	二 次		
DG-0.05/0.5	1	50	380, 220, 127	220, 127, 36, 12	130×140×140	4
DG-0.10/0.5		100			150×140×180	10
DG-0.25/0.5		250			245×175×230	14
DG-0.5/0.5		500			245×175×230	15.5
DG-1/0.5		1000			245×175×280	22.4
DG-1.5/0.5		1500			285×224×340	28.4
DG-2.0/0.5		2000			285×224×340	32
DG-2.5/0.5		2500			285×224×340	37
DG-3/0.5		3000			367×257×390	41
DG-4/0.5		4000			387×307×390	62.7
DG-5/0.5		5000			387×307×390	65
SG-0.15/0.5	3	150	380, 220	220, 127, 36	285×160×250	19
SG-0.5/0.5		500			326×160×280	28
SG-1/0.5		1000			408×184×330	34
SG-1.5/0.5		1500			408×184×330	38
SG-2/0.5		2000			428×235×380	43
SG-2.5/0.5		2500			428×235×380	48
SG-3/0.5		3000			428×235×380	49
SG-4/0.5		4000			525×255×410	51
SG-5/0.5		5000			525×255×410	65

第2节 变压器的故障检查 和修理方法

下面分条列举变压器在使用时可能发生的各种故障。在每一条后面圈号里所写的数目字表示针对着这个故障的排除方法的编号。这些方法都列在本节的后面。

1) 倘若变压器接到电源, 铁心发出嗡嗡的大响声, 它的故障可能是:

- 铁心没有夹紧①;
- 电压太高②;
- 一次绕组或二次绕组短路③;
- 并联的二次绕组线圈接反⑦;
- 负载超过限度⑨。

2) 倘若变压器接到电源, 发生过热、冒烟或烧断熔断器, 它的故障可能是:

- 电压太高②;
- 一次绕组或二次绕组短路③;
- 一次绕组与二次绕组短接④;
- 一次绕组或二次绕组接地⑤;

- 并联的绕组线圈接反⑦;
- 串联的绕组线圈接反⑦;
- 负载超过了限度⑨;
- 电源频率不对⑩;
- 三相绕组联结错误⑥;
- 并联的绕组有线圈断路⑩。

3) 倘若变压器接到电源, 在不带负载时它的二次电压数值和规定的数值不合或等于零, 它的故障可能是:

- 一次绕组或二次绕组断路③;
- 一次绕组或二次绕组短路③;
- 一次绕组或二次绕组接地⑤;
- 一次绕组或二次绕组有线圈接反⑦;
- 三相绕组接法错误⑥。

4) 故障排除方法

① 变压器铁心不紧 除去很小的用沥青粘固的变压器以外, 普通的变压器在通电使用时一定会发出嗡嗡的钢片振动声音。这是不可避免而在目前认为是正常的现象。但倘若响声特别大, 那么就必定有毛病存在。新装的铁心, 可能是因为夹铁没有夹紧, 在发生这种大声音时, 应先尽力拧紧夹铁的

螺钉或穿钉。做了这种措施以后，倘若声响不减或减得不多，那么必定有其他的原因存在，而应该做一系列的试验来检查绕组接地、短路和接反等故障。

② 电压太高 一台变压器用某种方法连接时，只适用于某种电压。倘若电压太高，这种变压器即使不接负载，在一次绕组里面也会通过相当大的电流。这种电流不一定大到熔断熔断器，但是会使铁心发生很大的嗡嗡响声。倘若加电压时间太长，铁心会发热，烧坏绝缘物而使绕组短接或接地。

使用变压器时应事先了解它的额定电压和电源的电压。变压器的额定电压从铭牌上可以看到。电源的电压若是低压，可用电压表测量。必须弄清楚电压值，否则很危险。

③ 绕组短路 同层或不同层的相邻线圈因为在导线外面所包的或隔垫的绝缘物受到破坏而有了电的连接，名叫短路。当变压器接上电源时，无论它带不带负载，也不管短路的是一次绕组还是二次绕组，在短路的几匝导线里一定会有短路电流。在此情形下铁心会发出嗡嗡的大响声，并且在短时间里就会发生过热、冒烟和更烧坏绝缘物。严重时会把铜线烧断。但是倘若连接成短路的只是少数几匝线圈，那么也许连熔断器也不熔断。

一台变压器若曾经使用相当时间没有什么毛病，电源的电压和频率也都没变，忽然过热或者烧断熔体，那么短路和接地是可能性最大的原因。试验时先使变压器不带负载，连接电源，若发热很高，或一合开关立刻烧断熔体，毛病一定是发生在变压器绕组的本身。此时可以检查它的各条引线有没有相碰触或碰铁的地方。有的变压器绕组抽出了许多分接线头，每个分接线头连接到转换开关静触头接线端上。同时闭合了属于一个绕组的两个触头或是一个线头错误地压触两个相邻的触头，这都等于使这变压器在外部接成短路。这种故障通常用眼看就可以找到。如果找不到，可以用氖灯或兆欧表来检查是否接地。若检查不接地，并且在线圈的外面又找不到毛病，那么没有其他更好的办法，只有拆开铁心和线圈。

一个绕组若是由几个线圈连成的，通常短路的线圈只有一个，此时当然不必把所有的线圈都拆开。在变压器通电时，注意看冒烟的地方，或停电后立刻用手摸着探试，这样就不难发现过热的地

方，同时也可找到短路的线圈。

在拆线圈时，先把铁心的轭铁叠片拆去，再把线圈取下装在绕线机上退转。一面拆一面记住退下来的匝数。有时只拆了一部分线圈就发现了短路的地方，因为已经看到烧焦或打穿的绝缘物。此时不必再拆更多的线圈，可以在烧坏的地方包扎或隔垫新的绝缘物后再把线圈重新包好。或把烧坏的导线剪断，焊接上新线。接头处用绝缘物包好，用新线补绕上拆下去的匝数。若在拆线圈时未能找到短路的地方，那么全部线圈需要重绕。

④ 一次绕组和二次绕组短接 一次绕组和二次绕组当中的绝缘物若受到破坏，就会使一、二次绕组彼此短接。二次绕组电路如果没有接地的地方，虽然发生了这种故障暂时也许在使用上没有妨害，实际上是一次绕组的高压已经由短接的地方加到了二次绕组上，高压电正在随时准备通过电火花的方式击穿低压电路上的绝缘。对于一切接近低压电路，处在线路和地之间的人员和财产已经意外地受到了高压袭击的危险而还在不知不觉中。为了预防此种危险，不管是单相的还是三相的变压器，必须把低压二次绕组的一端接地。采取了这种措施以后，一次绕组和二次绕组一短接，熔断器就会立刻熔断。

检查此故障的方法是：在通电源的引线中串联一个检查用的氖灯，把一条引线触碰一次绕组的任一端，另一条引线触碰二次绕组的任一端。若灯发亮，则表示一二次绕组短接。

修理此故障时要把一个绕组的线圈完全拆除。另外垫上新的绝缘物后重新再绕。两种绕组中若有油道，此种故障不易发生。

⑤ 绕组接地 线圈的导线和铁心有了电的接触名叫接地。除去有计划的接地（例如三相星形绕组中点接地等）外，导线的任何地方接地就是一种故障，除去有中点接地的三相星形绕组以外，绕组有一处接了地，对于使用上并无什么妨害，但是碰到铁壳上的人会受到电击，包括有计划的接地在内，绕组若有两处或多处接地，就会产生和短路一样的毛病。

用检验灯或兆欧表可以检查绕组是否接地，二次绕组因为靠近铁心，或由于安装粗心，或因为在使用时被碰撞或电击，线圈所使用的导线相当容易接地。特别是铁心有棱角的地方，或绕线时不注意，线圈有触碰铁心的地方更容易接地。若能找到

触碰的地方并能把线圈整个取下来，再检查接地的几匝线圈有无被烧焦短路的情况，那么在铁心接地的地方垫上新的绝缘物就可把此故障修好。通常用模子绕成的线圈能整体取下，但在铁心上直接绕的线圈不能取下，需一匝一匝地拆除，再换垫绝缘物后重绕。

一次绕组在线圈里面接地的机会较少。因为它绕在最外面，必须先和二次绕组短接以后才能接触到铁心。一次线圈接地常是因引线外面绝缘物被破坏而引起的。如绝缘瓷套管等都可能因被电击坏而变成接地的桥梁。试验时应多检查这些地方，给以适当的处理。

⑥ 绕组断路 除去被短路电流烧坏以外，普通电力变压器很少有线圈内断路的情况。断路的地方通常在引线上或是接头上。此故障用眼查找或用灯试验不难找到，找到故障后修理时只需焊好松脱的接头，或换用完整的引线就能修好，比较简单。若在线圈内断路，则必须拆开线圈重焊。

⑦ 绕组的线圈接反 新绕的线圈因为连接成绕组时接头搞错，就可能发生许多毛病。现在假设有一个单相心式变压器，用在高压时它的一次绕组应按图 7-2-1 a 表示的方法把两个线圈串联后接

到电源上。若错误地按图 7-2-1 b 连接，那么接到电源时就会熔断熔断器或发生过热。

高低压绕组实际是重叠的。为说明原理，在图里上下分开画出，这一点请不要误会。

图 7-2-2 表示二次绕组的线圈串联的情况。其中图 a 是正确的接法，图 b 是错误的接法。按照图 b 连接，低压绕组的电压为零。这是一个绕组只有两个线圈时的情况。若一个绕组用四个线圈串联，这时电压应为 220 V，则每个线圈有 55 V，若将一个线圈接反了，则只有 110 V 了。

图 7-2-3 表示二次绕组并联的情况。图 a 是正确的接法，在二次绕组两个线圈连成的电路里，两个线圈的电压互相相等，故无短路电流通过。若按图 b 连接，那么两个线圈的电压要相加起来，就会通过很大的短路电流。此时，变压器一接到电源上立刻就会熔断熔断器。

⑧ 三相绕组接法的错误 若一次绕组接得不对，变压器连到电源上，不但不能得到预定的二次绕组电压，并且不管是星形还是三角形联结，都会使熔断器熔断。一次绕组虽然接的正确，若二次绕组接错了，三角形联结的会通过短路电流，使熔断器熔断，星形联结的三相输出电压会有大有小，彼

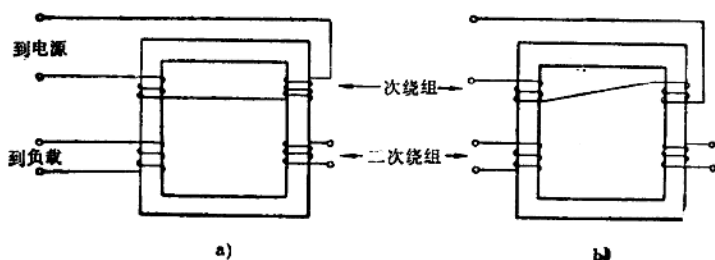


图7-2-1 单相变压器一次绕组串联接法

a) 正确 b) 错误

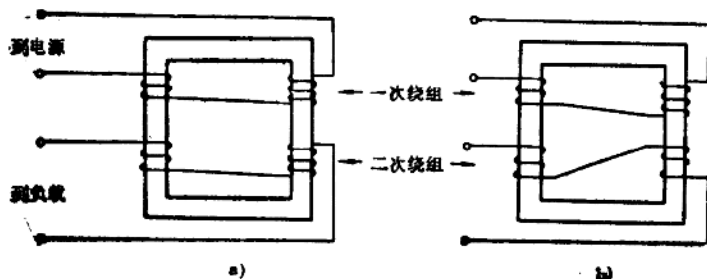


图7-2-2 单相变压器二次绕组串联接法

a) 正确 b) 错误

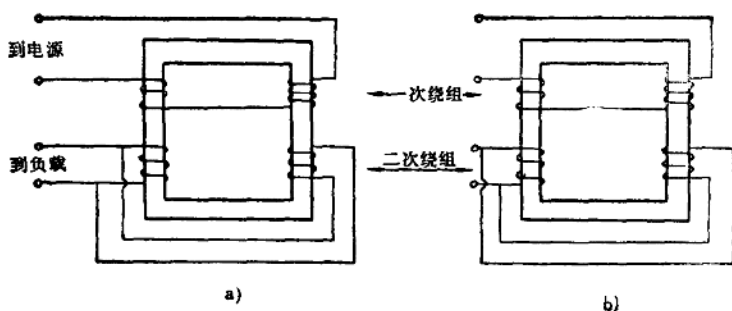


图7-2-3 单相变压器二次绕组并联接法

a) 正确 b) 错误

此不相等。

⑨ 负载超过限度

变压器的负载超过限度会使铁心发出大的嗡嗡响声，同时使电流很大而发生过热。严重时还会熔断熔断器或烧坏绕组。当遇到此种情形时，应先试着把负载减小或去掉。去除负载后，若消除了响声，那说明毛病在于负载太大；若此时毛病仍存在，那么原因也许是短路或接地。

若想知道得较确实一些，可在变压器的电路里连进一个大小适宜的交流电流表，若测量出来的电流比铭牌上规定的满载电流大，就证明负载超过限度。

⑩ 并联的绕组断路 在正常的情况下，有的变压器电流同时通过绕组的两个并联线圈。若有一个线圈断路，那么只有另外一个线圈单独通过全部电流。这时若实际负载超过了额定负载的 $1/2$ ，则对一个线圈来讲，已超过了它的限度，所以这个线圈会发生过热，但是并不会熔断熔断器。

检查这种故障时，可用测断路的方法来试验两个线圈。普通的断路常发生在引线或接头上，这些地方的毛病很容易检查出来，可适当进行处理。

⑪ 电源频率不对 一台变压器，在设计 and 制造时已规定适用于一种电源频率。原定用于 60Hz 的变压器，若用于 50Hz 的电源上，实际上没有什么影响。但若用于 25Hz 的电源上，就不免使铁心过热。

第3节 利用旧铁心设计新绕组

变压器的铁心非常坚固，但是其绕组却容易损坏，寿命比较短。一般新绕成的变压器的特性和输出与原来的相同，但有的为了适应另一种新的需要

而可能与原来的性能不同，或者输出容量不同，或者性能和输出容量都不相同。

倘若变压器的铭牌完整，在拆除绕组时又有详细的数据记载，那么利用旧铁心缠一份原样的绕组是比较容易的事情。倘若绕一个性能与原来的不同的变压器，就必须重新设计。在设计之前必须做好以下工作。

(1) 测量铁心柱的长度和宽度，计算铁心柱的净铁心截面积 因为硅钢片之间夹着绝缘物，用长度和宽度相乘得到的不是净铁心截面积，还要乘上一个系数（见表 7-3-1），才是铁心净面积。

表7-3-1 铁心净面积计算系数

铁心片厚度 (mm)	系数 (漆厚度 = 0.01mm)
0.35	0.90
0.5	0.88

如果做约略计算，可采用下面公式：

$$\text{净铁心截面积} = \text{长} \times \text{宽} \times 0.9 \quad (7-3-1)$$

(2) 测量铁心窗口的面积 变压器铁心窗口都是长方形的，见图 7-3-1。

$$\text{窗口面积} = \text{长边} \times \text{短边}$$

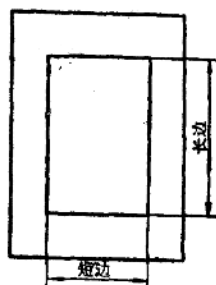


图7-3-1 变压器窗口

(3) 绕组的设计 设计时, 根据客观环境和要求, 应先确定下面五个问题:

- ① 变压器容量 (VA);
- ② 电源频率 (Hz);
- ③ 一次和二次电压 (V);
- ④ 倘若是三相变压器, 还要决定三相变压器一次绕组及二次绕组的联结。
- ⑤ 变压器的冷却方式 (空气冷却 还是 油冷却)。

设计时, 要解决以下四个问题:

- ① 铁心柱的尺寸是不是足够大。
- ② 一次和二次绕组匝数。
- ③ 一次和二次导线截面积。
- ④ 在变压器铁心的窗口里是不是能够容纳一次和二次绕组的导线和绝缘物, 并且应该留出必要的油道。

1) 决定铁心柱的尺寸是不是够大 变压器的容量从它的铭牌上可以看到。如果铭牌已丢失, 用这个铁心能绕多少千伏安的变压器就是一个首先要解决的问题。本书要介绍的是利用图 7-3-2 的曲线来查容量的方法。

图 7-3-2 曲线的纵坐标表示铁心柱净截面积, 横坐标表示变压器的容量 (kVA)。图中有三条曲线, 一条用于单相壳式变压器, 另一条用于单相心式变压器, 而第三条是用于三相心式变压器。

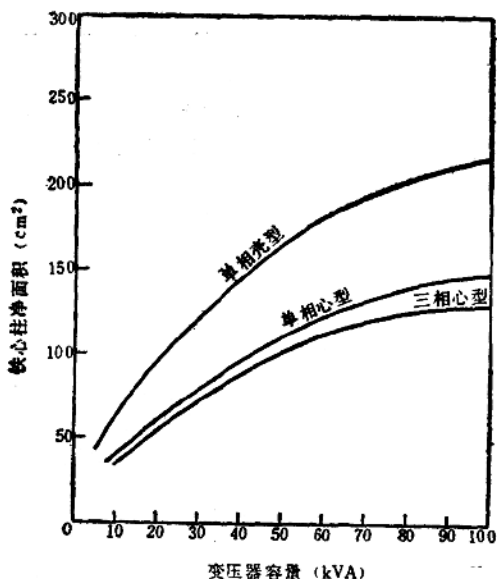


图7-3-2 变压器铁心柱截面积和容量的关系

无论是用曲线或者用其他公式, 由铁心的截面积求出变压器的容量, 都只能求出一个约略的数值。这是因为它是由许多制成品通常所采用的尺寸统计出来的。如果有些变压器选用的尺寸和一般的经验尺寸不同, 就会显得由铁心截面积求出来的容量很不准确或不很准确。所以查出来的数值只给我们作一个初步的估计, 并不能做最后的依据。

2) 决定一次和二次绕组的匝数 用下面的公式可以计算绕组的匝数:

$$\begin{aligned} & \text{单相或三相三角形联结时} \\ & \text{一次绕组匝数} \\ & = \frac{\text{一次电压 (V)}}{4.44 \times \text{频率 (Hz)} \times \text{总磁通量 (Wb)}} \end{aligned} \quad (7-3-2)$$

$$\begin{aligned} & \text{二次绕组匝数} \\ & = \frac{\text{二次电压 (V)}}{4.44 \times \text{频率 (Hz)} \times \text{总磁通量 (Wb)}} \\ & \text{三相星形联结时} \\ & \text{一次绕组的匝数} \\ & = \frac{\text{一次电压 (V)}}{7.68 \times \text{频率 (Hz)} \times \text{总磁通量 (Wb)}} \end{aligned} \quad (7-3-3)$$

$$\begin{aligned} & \text{二次绕组匝数} \\ & = \frac{\text{二次电压 (V)}}{7.68 \times \text{频率 (Hz)} \times \text{总磁通量 (Wb)}} \end{aligned}$$

总磁通量等于磁通密度乘上铁心柱净截面积。

在小型油冷却变压器的铁心里, 磁通密度一般乘用 1.2 T, 而空气冷却的变压器采用 1.0 T, 所以

$$\begin{aligned} & \text{油冷却变压器的总磁通量 (Wb)} \\ & = 1.2 \text{ T} \times \text{铁心柱净截面积 (m}^2\text{)} \end{aligned} \quad (7-3-4)$$

$$\begin{aligned} & \text{空气冷却变压器的总磁通量 (Wb)} \\ & = 1.0 \text{ T} \times \text{铁心柱净截面积 (m}^2\text{)} \end{aligned} \quad (7-3-5)$$

从铁心的净截面积算出总磁通量, 就可以从式 (7-3-2) 和式 (7-3-3) 等算出一次和二次绕组各自的匝数。

3) 决定一次和二次导线各自的截面积 在决定一次和二次绕组导线截面积时, 先计算各自绕组里所通过的额定电流。额定电流可用下列公式计算:

$$\begin{aligned} & \text{单相时} \\ & \text{一次绕组电流 (A)} = \frac{\text{容量 (kVA)} \times 1000}{\text{一次电压 (V)}} \end{aligned} \quad (7-3-6)$$

$$\text{二次绕组电流 (A)} = \frac{\text{容量 (kVA)} \times 1000}{\text{二次电压 (V)}}$$

三相三角形联结时

$$\text{高压绕组电流(A)} = \frac{\text{容量(kVA)} \times 1000}{3 \times \text{一次电压(V)}} \quad (7-3-7)$$

$$\text{低压绕组电流(A)} = \frac{\text{容量(kVA)} \times 1000}{3 \times \text{二次电压(V)}}$$

三相星形联结时

$$\text{一次绕组电流(A)} = \frac{\text{容量(kVA)} \times 1000}{1.73 \times \text{一次电压(V)}} \quad (7-3-8)$$

$$\text{二次绕组电流(A)} = \frac{\text{容量(kVA)} \times 1000}{1.73 \times \text{二次电压(V)}}$$

额定电流大,导线的截面积也要大。导线单位截面积里通过的电流叫做电流密度。导线的电流密度若太大,会使导线的温度升高得太多,并且又会影响到变压器的内阻电压降和降低效率。所以允许的电流密度的数值和变压器的容量以及它们的冷却方法有密切关系。对于空气冷却的变压器,选用的电流密度比较小;对于油冷却的,则比较大。变压器的容量越大,允许电流密度也比较大。

通常对于中小型的油冷却变压器,电流密度采用 2.5A/mm^2 , 对于空气冷却的变压器,采用 2.0A/mm^2 。这样,就可以用下列公式算出导线的截面积:

对于空气冷却变压器

$$\begin{aligned} & \text{一次导线截面积 (mm}^2\text{)} \\ &= \frac{\text{一次绕组电流 (A)}}{2.0} \end{aligned} \quad (7-3-9)$$

$$\begin{aligned} & \text{二次导线截面积 (mm}^2\text{)} \\ &= \frac{\text{二次绕组电流 (A)}}{2.0} \end{aligned}$$

对于油冷却变压器

$$\begin{aligned} & \text{一次导线截面积 (mm}^2\text{)} \\ &= \frac{\text{一次绕组电流 (A)}}{2.5} \end{aligned} \quad (7-3-10)$$

$$\begin{aligned} & \text{二次导线截面积 (mm}^2\text{)} \\ &= \frac{\text{二次绕组电流 (A)}}{2.5} \end{aligned}$$

除去很小的变压器的绕组的导线用普通漆包线外,一般的绕组都用双玻璃丝包线。通过比较小电流的,用圆铜线;通过大电流的,用扁铜线。

4) 核算变压器的铁心窗口是否够大 在铁心的窗口里面要容纳绕组的导线和线外包的绝缘物、绕组和铁心之间的绝缘物、两层线圈之间的绝缘

物,一次绕组和二次绕组之间的绝缘物。除此以外,还要容纳包缠在整个绕组外面的绝缘物,并要留出油道。在窗口的面积里即要容纳这么多的东西,所以能容纳导线的面积就较少了。可以容纳导线的截面积和窗口面积的比叫做变压器的空间因数,可用下列公式表示:

$$\text{可以容纳导线的截面积} = \text{空间因数} \times \text{窗口}$$

$$\text{即 导线截面积} = \text{空间因数} \times \text{长边} \times \text{短边}$$

(7-3-11)

空间因数大小与变压器的容量和额定电压的高低有密切关系。电压越高,需要的绝缘物越厚,空间因数就越小。从图 7-3-3 的曲线可以查出空间因数的数值。这个曲线适用于心式变压器,三相和单相时一样。倘若变压器是壳式的,应该把从曲线上查得的数值乘上 0.7。

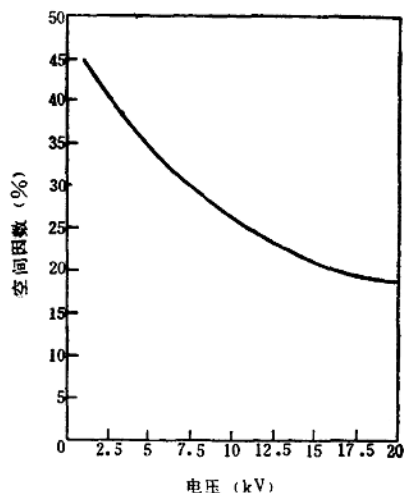


图7-3-3 心型变压器的空间因数

在一个铁心窗口里铜线的总截面积可以用下列的公式计算:

单相时

$$\begin{aligned} \text{铜线总截面积} = & (\text{一次导线截面积} \\ & \times \text{一次绕组匝数}) + (\text{二次导线面积} \\ & \times \text{二次导线匝数}) \end{aligned} \quad (7-3-12)$$

心式三相变压器时

$$\begin{aligned} \text{铜线总截面积} = & 2 \times (\text{一次导线截面积} \\ & \times \text{一次绕组匝数}) \\ & + (\text{二次导线截面积} \\ & \times \text{二次绕组匝数}) \end{aligned} \quad (7-3-13)$$

用上面两公式计算出来的导线总截面积如果比用式(7-3-11)算出的截面积大,就表示窗口里容

纳不下这些导线和绝缘物，则必须改用比较细的导线。这也是说，旧铁心窗口的面积不够大，所以缠成的变压器不能达到预先要求的容量。

为了使读者对于以上介绍的设计方法得到透彻地了解，在下面介绍两个例题。

例 7-3-1 有一个心式铁心，它的各部分尺寸如图 7-3-4 所示。利用这个铁心设计一个 50Hz、15 kVA、3300/220V 的油冷却变压器。

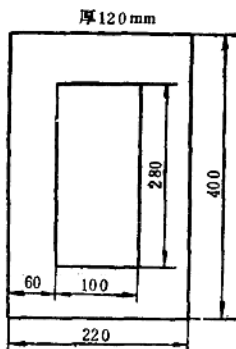


图 7-3-4 变压器铁心柱截面积和容量的关系

解

(1) 初步决定容量

$$\text{铁心净截面积} = 60 \times 120 \times 0.9 \\ = 6480 \text{ mm}^2 = 64.8 \text{ cm}^2$$

查图 7-3-2 的曲线，心式铁心净截面积 64.8 cm² 相当的容量比 15 kVA 稍微大一些，是够大的。

(2) 决定一次和二次绕组匝数

$$\text{铁心里通过的总磁通量} = 1.2 \times 64.8 \times 10^{-4} \\ = 0.0078 \text{ Wb}$$

$$\text{一次绕组匝数} = \frac{3300}{4.44 \times 50 \times 0.0078} \\ = 1906 \text{ 匝}$$

$$\text{二次绕组匝数} = \frac{220}{4.44 \times 50 \times 0.0078} \\ = 127 \text{ 匝}$$

计算出来的匝数，常会有些零数，应取整数。

(3) 决定一、二次绕组导线截面积

$$\text{一次绕组电流} = \frac{15 \times 1000}{3300} = 4.55 \text{ A}$$

$$\text{二次绕组电流} = \frac{15 \times 1000}{220} = 68.2 \text{ A}$$

$$\text{一次绕组导线截面积} = \frac{4.55}{2.5} = 2.26 \text{ mm}^2$$

查看常用的绝缘圆线的表，采用 $\phi 1.74 \text{ mm}$ 的

圆铜线（其实际截面积为 2.378 mm²）。

$$\text{二次绕组导线截面积} = \frac{68.2}{2.5} = 27 \text{ mm}^2$$

该导线可选用 27.8 mm² 的扁铜线。

(4) 核算在窗孔里是不是能容纳导线和绝缘物

$$\text{一次导线总截面积} = 2.378 \times 1906 \\ = 4532 \text{ mm}^2 = 46.61 \text{ cm}^2$$

$$\text{低压导线总截面积} = 27.8 \times 127 \\ = 3530 \text{ mm}^2 = 35.30 \text{ cm}^2$$

$$\text{全部导线总截面积} = 46.61 + 35.30 \\ = 80.62 \text{ cm}^2$$

$$\text{窗孔面积} = 28 \times 10 = 280 \text{ cm}^2$$

从图 7-3-3 的曲线可以查出 3300V、10kVA 变压器的空间因数。把查出来的数据略微加大一些（因为设计的是 15 kVA 的变压器）。这样，就得到空间因数约略等于 0.38。窗孔里可以容纳的导线截面积 = 0.38 × 280 = 110 cm²。这个数值比全部导线截面积 80.62 cm² 大，所以证明了这个铁心的窗孔足够容纳 15 kVA 变压器的铜线和绝缘物。

例 7-3-2 有一台三相心式铁心，它的各部分尺寸如图 7-3-5 所示。利用这个铁心设计缠绕一个 50Hz、10kVA、380/110V、Y,d（一次绕组作星形联结，二次绕组作三角形联结）的空气冷却三相变压器。

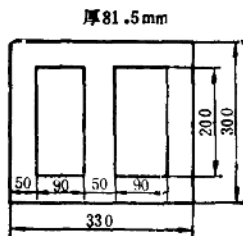


图 7-3-5 例 7-3-2 图

解

(1) 初步决定容量。

$$\text{铁心柱的净截面积} = 50 \times 81.5 \times 0.9 \\ = 4140 \text{ mm}^2 = 41.4 \text{ cm}^2$$

查图 7-3-2 中三相变压器的曲线，找到铁心净截面积 41.4 cm² 相当于容量为 15 kVA，铁心截面积是够大的。

(2) 决定一次和二次绕组匝数。

在空气冷却变压器的铁心里，采用磁通密度

1 T。

$$\text{总磁通量} = 1.0 \times 41.4 \times 10^{-4} = 0.00414 \text{ Wb}$$

因为三相一次绕组是作星形联结的, 所以

$$\text{一次绕组匝数} = \frac{380}{7.68 \times 50 \times 0.00414} = 240 \text{ 匝}$$

而三相二次绕组是作三角形联结, 所以,

$$\begin{aligned} \text{二次绕组匝数} &= \frac{110}{4.44 \times 50 \times 0.00414} \\ &= 120 \text{ 匝} \end{aligned}$$

(3) 决定一次和二次导线截面积。

$$\text{一次绕组电流} = \frac{10 \times 1000}{1.73 \times 380} = 15.15 \text{ A}$$

$$\text{二次绕组电流} = \frac{10 \times 1000}{3 \times 110} = 33.3 \text{ A}$$

对于空气冷却的变压器绕组, 电流密度采用 2.0 A/mm^2 , 计算导线截面积:

$$\text{一次绕组导线截面积} = \frac{15.15}{2.0} = 7.58 \text{ mm}^2$$

查看绝缘圆线表, 采用截面积 7.306 mm^2 的圆铜线。实际的截面积虽然比计算的稍微小一些, 在使用时, 没有妨碍。查表, 决定采用截面积等于 8.459 mm^2 的圆铜线两根并绕, 或者采用截面积等于 16.3 mm^2 的扁铜线单根。

(4) 核算铁心窗口里能否容纳导线和绝缘物。

$$\begin{aligned} \text{全部导线总面积} &= 2 \times (7.306 \times 240 + 2 \\ &\quad \times 8.459 \times 120) \\ &= 7680 \text{ mm}^2 = 76.8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

高压 380 V、10 kVA 变压器的空间系数从图 7-3-3 里的曲线上查不出来。高压在 500 V 以下变压器的空间因数可以从 0.5 到 0.75 选取。现在选用空间因数等于 0.6, 计算出窗口里可以容纳导线的截面积 $= 180 \times 0.6 = 108 \text{ cm}^2$ 。证明这个窗口容纳 10 kVA 变压器的铜线和绝缘物是有余的。

计算完后, 把各数据列于表中。

设计变压器数据表

相数: 3	电压: 380/110 V	二次绕组匝数: 120 匝
频率: 50 Hz	联结: Y, d	一次绕组导线截面积: 7.306 mm^2
容量: 10 kVA	一次绕组匝数: 240 匝	二次绕组导线截面积: $2 \times 8.459 \text{ mm}^2$

第 4 节 小型变压器的设计

(一) 小型单相变压器的设计

小型单相变压器的计算大致有六项内容: 求出变压器的输出总容量 S ; 计算变压器的输入容量 S_1 及输入电流 I_1 ; 确定变压器铁心截面积 A 及选用铁心片尺寸; 计算每个绕组的匝数 N ; 计算每个绕组的导线直径 d 和选择导线; 计算绕组总尺寸, 核算铁心窗口面积是否合适。

(1) 根据用电的实际需要求出变压器的输出总容量 S 若变压器的二次侧为多绕组时, 则输出总容量为二次侧各绕组输出容量的总和。

$$S = U_2 I_2 + U_3 I_3 + \dots (\text{VA})$$

式中 $U_2, U_3, \dots$ ——各二次绕组电压有效值 (V);

$I_2, I_3, \dots$ ——各二次绕组电流有效值 (A)。

(2) 变压器输入容量 S_1 及输入电流 I_1 的计算 变压器负载时, 由于绕组电阻发热损耗, 输入容量中有一部分损耗掉, 因此变压器输入容量 S_1 与输出容量 S 之间的关系是:

$$S_1 = S / \eta (\text{VA})$$

式中 η ——变压器的效率, η 总是小于 1, 对于容量为 1 kVA 以下的变压器, $\eta = 0.8 \sim 0.9$ 。

知道变压器输入容量 S_1 后, 就可以求出输入电流 I_1 。

$$I_1 = S_1 / U_1 \times (1.1 \sim 1.2) (\text{A})$$

式中 U_1 ——一次侧的电压有效值 (V), 一般就是外加的电源电压;

1.1~1.2——考虑到变压器空载励磁电流大小的经验系数。

(3) 确定变压器铁心截面积 A 变压器的铁心尺寸如图 7-4-1 所示, 它的铁心中柱截面积 A 的大小与变压器总输出容量有关, 即

$$A = k_0 \sqrt{S} (\text{cm}^2)$$

式中 S ——变压器总输出容量 (VA);

k_0 ——经验系数。 k_0 的大小与 S 的关系可按表 7-4-1 来选用。

根据图 7-4-1, 有

$$A = a \times b (\text{cm}^2)$$