



實用變壓器及 電動機修理法

汪樹模 高其昌 編

商務印書館





實用變壓器及電動機修理法

汪樹模 高其昌 編

商務印書館

實用變壓器及電動機修理法

汪樹模 高其昌編

★版權所有★

商務印書館出版

上海河南中路二一一號

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)

新華書店總經售

商務印書館北京廠印刷

⊕(63724)

1952年6月初版 1955年4月6版

印數 12,001—13,200 定價 1.45元

前 言

我們寫這本書時，主觀的願望是內容能被多數人所接受而符合目前一般初級中級技術人員的要求。因此文字力求通俗，避免理論，數學以分數開方等為限，插圖比較多，講解以詳明為主。有了這樣的目標和範圍，所以文化水準在高小畢業以上的工人們和學生們就可以毫無困難的用來作參考書。

雖然這是一冊面向大眾的編著，它的材料並不十分簡略。目的在於對解決實際問題能起一定的作用。其中有些部份是一般大學、專修科和工業技術學校教科書裏所不講的。在這方面，本書多少可以供給補充。

寫這書的動機早在幾年以前，但直到看了 Robert Rosenberg 氏所著“電動機修理法”以後才覺得順着現成的系統，容易事半功倍。於是就用這書作藍本，半編半譯，開始動筆。刪去了其中二相電動機和電子管控制器等在我國目前不適用的部份。添加了電工材料、變壓器、繞組式三相感應電動機、利用舊鐵心設計新繞組和受潮電機處理法等各部份。

本書介紹有關於設計的方法，都以簡單易用為原則。複雜的公式用曲線代替。有些公式裏包含着多費斟酌的項目例如功率因數、效率、磁通量密度、電流密度等等，編者考慮了市間通用的變壓器和

電動機的一般情形而加以主觀的確定，並且把這些項目合併成一個常數。目的在省去很多名詞而免得使讀者看得眼花撩亂。這樣簡化了的公式當然已經失去全面性。容量在 100 千伏安以上的變壓器或者 100 馬力以上的電動機應用這種公式，誤差就不免太大。容量越大，差得越多。編者改造公式是一個大膽的嘗試，這是必須向讀者聲明的。用這個方法能夠幫助讀者比較容易的解決問題，但却可能模糊了理論的根據。所以文化水準能看“電機設計”一類書籍的讀者請捨棄本書這部份的內容，不必予以重視。

編著本書時，除去摘譯 Robert Rosenberg 氏所著“電動機修理法”以外，還參考了較多書籍。從各方面把選中的部份改編成合於本書目標和範圍的材料，紊亂和錯誤恐怕是在所不免的。希望讀者批評指正，以便作日後修正補充的依據。

本書初稿草寫完後，我們二人參加了西南土地改革工作團，同時曾經離開北京。其間修改和整理都出自胡稚華學長之手，特此誌謝。

汪樹模、高其昌識於北京重工業學校。

一九五一年十一月。

目 錄

第一章 電工材料	1
§1 電工材料的重要性 §2 導線的線規 §3 導線粗細量測法 §4 導線電阻量測法 §5 刷 §6 保險絲 §7 矽鋼片 §8 鑄鋼 §9 平爐鋼板 §10 雲母 §11 石棉 §12 絕緣紙 §13 絕緣漆布 §14 絕緣漆 §15 絕緣油 §16 絕緣材料分類和受熱溫度限度	
第二章 變壓器	30
(甲) 修理變壓器	30
§17 變壓器的構造 §18 重纏變壓器繞組 §19 變壓器的故障檢查和修理方法	
(乙) 利用舊鐵心設計新繞組	56
§20 設計繞組	
第三章 單相感應電動機	67
(甲) 分相感應電動機	67
§21 分相感應電動機的構造 §22 分析電動機故障的步驟 §23 重纏分相電動機繞組 §24 分相電動機故障檢查 §25 分相感應電動機的故障和修理法	
(乙) 電容器感應電動機	95
§26 電容器感應電動機 §27 電容器 §28 電容器啓動電動機和電容器運行電動機 §29 電容器啓動電動機的接法 §30 電容器運行電動	

機的接法 §31 檢查電容器的故障 §32 電容器電動機的故障	
(丙) 罩極感應電動機	112
§33 罩極感應電動機的構造 §34 重纏罩極感應電動機 §35 改變罩極電動機轉動方向的方法	
第四章 三相感應電動機	116
(甲) 籠狀感應電動機	116
§36 籠狀三相感應電動機的構造 §37 重纏三相電動機 §38 連接三相電動機的繞圈成繞組 §39 各種接法的辨別方法 §40 三相電動機用在兩種不同電壓的接法 §41 三相電動機用在兩種不同速度的接法 §42 改變三相電動機電壓的方法 §43 改變三相電動機磁極的方法 §44 三相電動機故障檢查 §45 泡漆和烘烤 §46 籠狀三相電動機的故障和修理法	
(乙) 繞組式三相感應電動機	155
§47 繞組式三相感應電動機 §48 固定子繞阻 §49 轉動子繞組和滙電環 §50 重纏感應電動機轉動子繞組 §51 繞組式三相感應電動機的故障	
(丙) 利用舊鐵心設計新繞組	169
§52 固定子繞組設計 §53 轉動子繞組設計	
第五章 直流電動機	178
§54 直流電動機	
(甲) 直流電動機的電樞繞組	179
§55 電樞和繞組 §56 直流電動機的摺繞組 §57 直流電動機的波繞組 §58 重纏直流電動機電樞繞組 §59 直流電動機整流器的故障檢查和修理方法 §60 直流電動機繞組的故障檢查和修理方法	
(乙) 直流電動機的磁極繞組	210
§61 直流電動機的種類 §62 重纏直流電動機磁極繞組	

(丙) 直流電動機的接法	217
§63 直流電動機的接法	
(丁) 直流電動機的檢查和修理法	221
§64 直流電動機在按裝以前的試驗 §65 直流電動機的故障和修理方法	
第六章 推斥電動機	240
§66 推斥電動機的構造 §67 離心短路設備 §68 改變推斥電動機轉 動方向的方法 §69 推斥電動機的繞組 §70 重纏推斥電動機繞組 §71 推斥電動機的故障和修理法	
第七章 普用電動機	257
§72 普用電動機的構造 §73 重纏普用電動機磁極繞組 §74 重纏普 用電動機電樞繞組 §75 普用電動機的故障	
第八章 電動機的啓動器	265
(甲) 交流電動機啓動器	265
§76 啓動器的用途和種類 §77 電阻器啓動器 §78 自耦變壓器啓動器 §79 星芒形三角形啓動器	
(乙) 直流電動機啓動器	270
§80 直流電動機啓動器	
第九章 直流電動機改作直流發電機	273
§81 直流電動機改作發電機 §82 別激發電機 §83 自激發電機 §84 發電機的整流磁極 §85 發電機並聯運用 §86 直流發電機的故障檢 查和修理法	
第十章 受潮的變壓器和電動機處理法	284
§87 概說 §88 測驗絕緣電阻的方法 §89 測驗變壓器油的方法 §90 變壓器油乾燥法 §91 變壓器乾燥法 §92 乾燥變壓器所需要的時間 §93 電動機乾燥法	

第 一 章

電 工 材 料

§1 電工材料的重要性 無論製造或修理一樣電機，材料和技術有同樣的重要性。修理電機的時候，儘管在技術上沒有缺點，但是倘若使用的材料不合適，所得到的結果必定不能滿意：或者減小了容量，或者改變了性能；或者在新修好以後雖然可用却不能耐久。所以最理想的是修理時換用的材料要和原有的材料在品質方面和規格方面都能一致。在物質條件不足的情形下倘若不能達到這種要求，新換的代用品對於電機會有什麼影響也應該明瞭。

講到電工材料，我們應該了解它的種類、規格、性質、用途和鑑定方法等等。這麼多的內容不是短短的篇幅所能敘說完全的。在這本書裏祇能介紹一些概念。對於鑑定方法因為要聯繫到較多的學識和需要許多的設備，雖然這是很重要的，但是在這裏祇能介紹適合於本書讀者的一些基本知識。

電工材料可分為(一)導電材料、(二)磁性材料和(三)絕緣材料三大部份。

§2 導線的線規 在電機裏用的導線有銅線和鋁線兩種，後一種不常使用。銅線又有裸線和被絕緣線的區別。各國按照線的粗細分成一定號數，編成規格，名叫線規。本書介紹的線規有下面這些種：

- (一)米制線規(歐洲大陸各國和日本通用)，
- (二)B & S 線規或稱 A.W.G. 線規(美國線規)，
- (三)S.W.G. 線規(英國線規)，
- (四)B.W.G. 線規或稱伯明漢線規(英國線規，專量鋼絲鐵絲用的)，

我國基本上根據米制線規，建立了自己的線規，稱為：

- (五)C.W.G. 線規，或稱中規。

以上五種都是圓線的線規。電機裏面常用截面是方形的或者長方形的銅線，後一種叫做扁銅線，這種線也有一定的規格。

圓線的直徑有的用密耳做單位，有的用毫米做單位。截面積有的用圓密耳做單位，但是在電機裏面用方密耳或方毫米做單位比較方便。一密耳等於千分之一吋，一個圓密耳等於直徑是一密耳的圓的面積。

知道了圓線的直徑，我們可以分別用下面這些公式計算出來截面積：

$$\left. \begin{aligned} (\text{直徑密耳數})^2 &= \text{截面積圓密耳數}, \\ (\text{直徑密耳數})^2 \times 0.7854 &= \text{截面積方密耳數}, \\ (\text{直徑毫米數})^2 \times 0.7854 &= \text{截面積方毫米數}. \end{aligned} \right\} \text{(公式 1)}$$

假如我們想把一種單位變成另外一種單位，我們可以利用下面

的單位對照表：

單 位 對 照 表

1 密 耳 = 0.001 吋	1 吋 = 25.4 毫米
1 密 耳 = 0.254 毫米	1 方 吋 = 1,273,000 圓密耳
1 圓密耳 = 0.7854 方密耳	1 方 吋 = 645.2 方毫米
1 方密耳 = 1.273 圓密耳	1 方毫米 = 1973.5 圓密耳
1 方密耳 = 0.000001 方吋	1 方毫米 = 0.00155 方吋
1 吋 = 1000 密耳	1 方毫米 = 1556.6 方密耳

各種規格導線的直徑和截面積都在下面的線規表裏面可以查到，這些全是溫度在攝氏 20 度時候的數值。在其他的溫度，冷縮熱漲，稍微有一些差別。這種差別我們可以暫時不予計較。

各種圓線線規表(一)

線 規					直 徑(在20°C)		截面積(在20°C)	
中 規 (C.W.G.)	米 制	美 規 (B & S)	英標準 線 規 (S.W.G.)	伯明漢 線 規 (B.W.G.)	密 耳	毫 米	方密耳	方毫米
線				號				
11.2	12.0	4/0	7/0	5/0	500	12.70	196300	126.7
			6/0		472.5	12.00	175900	113.0
					464	11.79	169100	109.1
				4/0	460	11.68	166200	107.2
					454	11.53	161900	104.4
					441	11.20	153300	99.0
			5/0		432	10.97	146600	94.56
				3/0	425	10.80	141900	91.52
			3/0		409.6	10.40	131800	85.03
			4/0		400	10.16	125700	81.07
10.0	10.0				393.8	10.00	121800	78.58
				2/0	380	9.65	113400	73.17
			3/0		372	9.45	108700	70.12
			2/0		364.8	9.27	104600	67.43
9.0	9.0				354.3	9.00	98589	63.62
			2/0		348	8.84	95115	61.36
				1/0	340	8.64	90790	58.58
			1/0		324.9	8.25	82890	53.48
8/0	8/0				324	8.23	82450	53.19
			1/0		314.96	8.00	77931	49.20
			1	1	300	7.62	70300	45.60
					289.3	7.35	65730	42.41
7.1	7.0	2		2	284	7.21	63350	40.87
					280	7.10	61700	39.65
			2		276	7.01	59830	38.60
					275.59	7.00	59650	38.49
				3	259	6.58	52890	33.99
					257.6	6.54	52130	33.63
6.3	6.5	3			256.0	6.50	51700	33.20
					252	6.40	49880	32.18
					248	6.30	48550	31.20
				4	238	6.045	44490	28.70
					236.2	6.00	43630	28.27
			4		232	5.893	42270	27.27
	6.0				229.4	5.827	41340	26.67
		3						

各種圓鋸規表(二)

鋸 規					直 徑(在20°C)		截面積(在20°C)	
中 規 (C.W.G.)	米 制	美 規 (B & S)	英標準 鋸 規 (S.W.G.)	伯明漢 鋸 規 (B.W.G.)	密 耳	毫 米	方密耳	方毫米
鋸	號							
5.6				5	220.5	5.600	38500	24.63
	5.5		5		220	5.588	38010	24.52
					216.5	5.500	36900	23.75
		4			212	5.385	35300	22.77
				6	204.3	5.189	32780	21.15
5.0	5.0		6		203	5.153	32370	20.88
		5			198.8	5.000	30430	19.63
				7	192.0	4.877	28950	18.68
			7		181.9	4.621	26000	16.77
4.5	4.5				180.0	4.572	25450	16.42
				8	177.2	4.500	24650	15.90
			8		176.0	4.470	24330	15.70
		6			165	4.191	21380	13.80
				9	162.0	4.115	20620	13.30
4.0	4.0		9		160.0	4.064	20110	12.97
		7			157.5	4.000	19480	12.57
				10	148	3.759	17200	11.10
3.55	3.5		10		144	3.658	16290	10.51
		8			140	3.550	15400	9.90
				11	137.8	3.500	14910	9.622
	3.2				134	3.404	14100	9.098
				12	128	3.251	12870	8.302
3.15			11		123	3.200	12500	8.015
					124	3.150	12100	7.775
				13	120	3.048	11310	7.297
	2.9	9			113	2.946	10570	6.818
					114.4	2.900	10280	6.634
2.8				12	110.3	2.800	9510	6.160
					109	2.769	9331	6.020
			12		104	2.642	8498	5.481
	2.6	10			102.5	2.600	8250	5.300
					101.9	2.591	8155	5.262
2.5				13	98.42	2.500	7609	4.908
			13		95	2.413	7088	4.573
					92	2.337	6348	4.289

各種圓線線規表(二)

線		規			直徑(在20°C)		截面(在20°C)	
中規 (C.W.G.)	米制	美規 (B & S)	英標準 線規 (S.W.G.)	伯明漢 線規 (B.W.G.)	密耳	毫米	方密耳	方毫米
線		號						
2.24	2.3	11		14	90.74	2.305	6467	4.172
					90.6	2.300	6460	4.165
					88.2	2.240	6445	3.930
					83	2.108	5411	3.491
2.0	2.0	12	14	15	80.81	2.057	5129	3.309
					80.00	2.032	5020	3.243
					78.74	2.000	4860	3.142
					72.0	1.829	4072	2.627
1.8	1.8	13	15	16	70.87	1.800	3944	2.545
					65	1.651	3318	2.141
					64.08	1.623	3225	2.081
					62.99	1.600	3116	2.011
1.6	1.6	14	16	17	58	1.473	2642	1.705
					57.07	1.448	2558	1.650
					56	1.422	2463	1.589
					55.12	1.400	2386	1.539
1.4	1.4	15	17	18	50.82	1.295	2028	1.309
					49.25	1.250	1917	1.217
					49	1.245	1886	1.217
					48	1.219	1810	1.167
1.25	1.2	16	18	19	47.24	1.200	1753	1.131
					45.26	1.150	1609	1.038
					44.1	1.120	1532	0.9810
					42	1.067	1385	0.8938
1.12		17	19	20	40	1.016	1257	0.8177
					39.37	1.000	1217	0.7854
					35.89	0.9116	1012	0.6527
					35.43	0.9000	186.1	0.6362
1.0	1.0	18	20	21	35	0.8849	962.1	0.6207
					32	0.8123	804.2	0.5189
					31.5	0.8000	779.1	0.5027
					28.46	0.7230	636.3	0.4105
0.9	0.9	19	21	22	28	0.7112	615.8	0.3973
					27.95	0.7100	612.5	0.3965
					27.56	0.7000	536.5	0.3848
0.8	0.8	20	21	22				
0.71	0.7	21	22	22				

各種圓銀線規表(四)

線 規					直 徑(在20°C)		截面積(在20°C)	
中 規 (C.W.G.)	米 制	美 規 (B & S)	英標準 線 規 (S.W.G.)	伯明漢 線 規 B.W.G.	密 耳	毫 米	方密耳	方毫米
線 號								
0.63	0.65	22		23	25.6	0.6500	514.0	0.3320
					25.35	0.6430	504.6	0.3255
					25	0.6350	490.0	0.3167
						0.6300		
0.56	0.6	23	23		24	0.6090	452.4	0.2919
					23.62	0.6000	438.3	0.2827
					22.57	0.5733	400.1	0.2582
					22.05	0.5600	381.0	0.2470
0.5	0.55	24	24	24	22.0	0.5588	380.1	0.2452
					21.68	0.5500	369.0	0.2375
					20.10	0.5106	317.3	0.2047
					20	0.5080	314.2	0.2027
0.45	0.5	25	25	25	19.68	0.5000	304.3	0.1963
					18	0.4572	254.5	0.1642
					17.90	0.4547	251.7	0.1624
					17.72	0.4500	246.5	0.1590
0.4	0.45	26	26	26	16.4	0.4166	211.2	0.1363
					16	0.4064	201.2	0.1297
					15.94	0.4049	199.6	0.1287
					15.75	0.4000	194.8	0.1257
0.335	0.4	27	27	27	14.8	0.3759	172.0	0.1110
					14.20	0.3606	158.3	0.1022
					14.0	0.3556	153.9	0.09932
					13.78	0.3500	149.1	0.09621
0.315	0.35	28	28	28	13.6	0.3454	145.3	0.09372
					13.2	0.3360	136.6	0.08827
					13	0.3302	132.7	0.08563
					12.64	0.3200	125.5	0.08098
0.28	0.32	29	29	29	12.4	0.3150	120.8	0.07791
					12	0.3048	113.1	0.07297
					11.6	0.2946	105.7	0.06818
					11.4	0.2900	102.0	0.06600
0.23	0.29	30	30	30	11.23	0.2859	99.54	0.06422
					11.04	0.2800	95.80	0.06160
					10.8	0.2743	91.61	0.05910

雙紗包扁銅線規格表(一)

裸線尺寸		包絕緣線尺寸		銅截面積	
厚(吋)	寬(吋)	厚(吋)	寬(吋)	圓密耳	方吋
0.0128	0.1875	0.0205	0.2015	2964	0.002328
0.0126	0.25	0.0205	0.2645	3967	0.003116
0.016	0.258	0.025	0.2700	5190	0.00407
0.020	0.258	0.030	0.270	6460	0.00507
0.025	0.258	0.043	0.270	8040	0.00632
0.025	0.365	0.045	0.377	11400	0.00890
0.032	0.102	0.047	0.112	3880	0.00304
0.032	0.120	0.048	0.139	5190	0.00301
0.032	0.182	0.049	0.193	7140	0.00560
0.032	0.253	0.050	0.220	10200	0.00804
0.032	0.365	0.052	0.377	14600	0.0115
0.040	0.102	0.055	0.112	4760	0.00374
0.040	0.129	0.056	0.139	6130	0.00482
0.040	0.162	0.053	0.173	7810	0.00614
0.040	0.204	0.057	0.215	9950	0.00782
0.040	0.258	0.058	0.220	12700	0.00968
0.040	0.325	0.059	0.337	16100	0.0127
0.040	0.365	0.060	0.377	18200	0.0143
0.045	0.091	0.057	0.101	4690	0.00366
0.045	0.144	0.060	0.155	7700	0.00605
0.045	0.190	0.060	0.201		0.00805
0.051	0.072	0.062	0.083	3990	0.00314
0.051	0.081	0.062	0.092	4580	0.00360
0.051	0.102	0.064	0.113	5940	0.00467
0.051	0.114	0.064	0.125	6720	0.00528
0.051	0.129	0.065	0.140	760	0.00604
0.051	0.162	0.065	0.173	1840	0.00773
0.051	0.182	0.066	0.194	11100	0.00875
0.051	0.204	0.063	0.216	12500	0.00987
0.051	0.258	0.067	0.271	16100	0.0126
0.051	0.325	0.067	0.338	20400	0.0160
0.051	0.365	0.068	0.378	23000	0.0181
0.057	0.081	0.068	0.092	5200	0.00408
0.057	0.091	0.068	0.102	5120	0.00465
0.057	0.129	0.071	0.140	8680	0.00632
0.057	0.144	0.071	0.155	9770	0.00767
0.057	0.204	0.072	0.216	14100	0.0111
0.064	0.081	0.075	0.092	6020	0.00472

雙 紗 包 扁 銅 線 規 格 表 (二)

裸 線 尺 寸		包 絕 緣 線 尺 寸		銅 截 面 積	
厚(吋)	寬(吋)	厚(吋)	寬(吋)	圓 密 耳	方 吋
0.064	0.091	0.075	0.102	8730	0.00529
0.064	0.102	0.077	0.113	7630	0.00599
0.064	0.114	0.077	0.125	8610	0.00676
0.064	0.129	0.078	0.140	9830	0.00772
0.064	0.144	0.078	0.155	11100	0.00868
0.064	0.162	0.078	0.173	12500	0.00963
0.064	0.182	0.079	0.194	14100	0.0111
0.064	0.204	0.079	0.216	15900	0.0125
0.064	0.258	0.080	0.271	20300	0.0160
0.064	0.325	0.081	0.338	25100	0.0203
0.064	0.365	0.081	0.378	29100	0.0228
0.072	0.129	0.086	0.140	11100	0.00675
0.072	0.144	0.086	0.155	12500	0.0083
0.072	0.182	0.087	0.194	16000	0.0126
0.072	0.204	0.087	0.216	18000	0.0142
0.072	0.258	0.087	0.271	23000	0.0189
0.072	0.325	0.088	0.338	29000	0.0229
0.081	0.102	0.094	0.114	9840	0.00773
0.081	0.114	0.094	0.126	11100	0.00870
0.081	0.129	0.095	0.141	12600	0.00991
0.081	0.144	0.095	0.156	14200	0.0111
0.081	0.162	0.095	0.175	16000	0.0126
0.081	0.182	0.096	0.195	18100	0.0142
0.081	0.204	0.096	0.217	20400	0.0160
0.081	0.258	0.097	0.272	25900	0.0204
0.081	0.325	0.098	0.339	32300	0.0256
0.081	0.365	0.099	0.379	37000	0.0290
0.091	0.129	0.105	0.141	14300	0.0112
0.091	0.144	0.105	0.156	16000	0.0126
0.091	0.162	0.105	0.175	18000	0.0142
0.091	0.204	0.106	0.217	23000	0.0180
0.091	0.258	0.107	0.272	29200	0.0229
0.091	0.325	0.108	0.339	37000	0.0290
0.091	0.410	0.109	0.424	46000	0.0368
0.102	0.129	0.116	0.142	16100	0.0126
0.102	0.162	0.117	0.176	20400	0.0160
0.102	0.182	0.118	0.196	23000	0.0180
0.102	0.204	0.118	0.218	25800	0.0203