

館內所讀

98721

電廠設備

王守泰著



中國科學圖書儀器公司

出版

電 廠 設 備

王 守 泰 著

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司

出 版

內 容 介 紹

本書係著者根據在各大學講授電廠設備時的教材編寫而成。內容注重發電廠設備的原理、構造、性能及運用。國內現在採用尚未普遍而預料以後大有發展可能的設備，如氣冷發電機、單磁生過弧圈、集中調度制和壓氣斷路器等，討論甚詳。其他國內雖已廣用，但有漸歸淘汰的舊式設備，除作必要解釋外，更討論其被淘汰的原因。

本書內容頗能與我國電廠實際情況結合，不僅可供大專學校的電力工程系作為教本，亦可供發電廠工作人員參攷之用。

電 廠 設 備

著 者 王 守 泰

出版者 中國科學圖書儀器公司
上海延安中路537號 電話 64545

總經售 中國圖書發行公司

★ 有 限 公 司 ★

EE. 25—0.15 18開326面 322千字 每千冊用紙20.74令

新定價 ¥ 26,500 1954年2月初版 0001—2500

上海市書刊出版業營業許可證出零貳柒號

序

這本書是根據作者近年在大專學校講授電廠設備一門課所編講義加以補充整理而寫成的，內容主要是討論發電廠電氣設備的原理、構造、性能和運用。發電廠所裝置的設備，應當是各種電氣設備之中很大和很重要的一個門類；同時電廠設備這門課程又和一些其它的課程如交流電機、輸配電工程等有極密切的關係。因此作者在編寫這本書時，首先考慮的是根據什麼原則來決定教材內容的範圍。經過考慮以及和同志們研究之後，決定這本書所討論的範圍，應當是按着工程界的習慣，屬於發電廠的資產項下的各種主要設備，就是：自原動機起到用戶的引入線為止。因此像汞弧整流器、配合電動機所用的開關器具和同步換流機等，既然照一般的情形，是屬於企業用電方面的設備，本書就不予羅列。同時關於各種設備的具體式樣，也祇選擇適合於我國現行電氣制度的型式來討論；因此本書所講的設備，是以三相五十週/秒的交流器具為主。許多我國發電廠所不採用或極少採用的設備，例如直流發電設備、二相/三相連法變壓器、恆流變壓器等，都沒有包括進去。作者以為，根據這原則選擇材料，比較可以使讀者能更清楚地體會這門課各部份之間的系統性而加以融會貫通，並且切合實際。

電廠設備這門課既然和許多其它課程有極密切的關係，因此怎樣避免它的内容和其它課程重複太多，這個問題也經作者加以注意。凡是在其它課程中已討論過的問題，尤其是純理論方面的，本書儘可能少講。必要時爲了照顧材料系統的完整性必須提起的，則提綱挈領地加以敘述。例如發電機的短路問題，在交流電機那門課裏已很詳細地講過了，在本書裏祇簡單地重複一次，而不佔太多的篇幅；因爲如果講解太多，則完全重複，根本不講，則下文講發電機的運轉時，有些問題會使讀者感覺講得太突兀。又譬如輸電線路制度，在輸配電工程中講解很詳細，但是本書若不稍加敘述，則討論電驛器的應用時，就會感覺頭緒不清楚。

發電廠的各種設備，時時都在進步着，但是另一方面我們還有些尚未逾齡的，

舊式設備，在國內各電廠運用着。本書一方面對於國內現在還未採用，或者採用還不普遍，但是預料以後將大有發展的設備加以較詳細的敘述，另外一方面有些式樣已陳舊但是國內現在裝置已很普遍的設備和裝設制度仍舊加以討論，不過對於後面這一類，特別提出其漸趨淘汰，並且解釋其原因。前面這一類具體事物的例子如氙冷發電機、畢德生遏弧圈、集中調度制和壓氣斷路器等；後面這一類具體事物的例子如狄瑞自動電壓調整器和集中礮磁制等。

本書內容雖然大部份已經過試用講授，並隨時將錯誤和缺點加以修正補充，但是其中未發現的錯誤和缺點是不可避免的，希望讀者隨時批評指正。關於取材所根據的原則，更希望有寶貴的意見提出，以供日後修訂時的參攷。

王守泰 一九五三年十一月

目 錄

第 一 章	設備總論	1
1-1	電廠的任務	1
1-2	直流和交流的互變	1
1-3	交流電壓	2
1-4	頻率的標準和變換	3
1-5	相數和它的變換	4
1-6	線路的開斷和閉合	4
1-7	電力系統互連	5
1-8	載荷圖	6
第 二 章	原動設備	7
2-1	原動機的種類	7
2-2	汽輪原動設備	8
2-3	汽輪機	8
2-4	凝汽器	8
2-5	凝汽器附屬設備	9
2-6	鍋爐	10
2-7	鍋爐附屬設備	11
2-8	水力原動設備	13
2-9	水輪機	15
2-10	內燃機	21
2-11	燃氣輪	23
第 三 章	發電設備	25
3-1	交流發電機的種類	25
3-2	定子	26

3-3	轉子	27
3-4	軸承和座鈑	29
3-5	通風	32
3-6	測溫設備和滅火設備	34
3-7	氣冷發電機	35
3-8	短路	36
3-9	電壓調整率	41
3-10	礪磁機	43
3-11	礪磁機的載荷穩定性	45
3-12	集中礪磁制	47
3-13	自動電壓調整器	48
3-14	提高礪磁機電壓增長率的方法	53
3-15	感應發電機	54
3-16	同步發電機的標準規範	55

第四章 發電機的運轉 58

4-1	無限電力網和發電機輸出功率	58
4-2	穩定性	62
4-3	游盪的自然頻率	64
4-4	飛輪效應和週期參差率	66
4-5	並聯運轉發電機載荷的支配	69
4-6	發電站之間載荷的分配	71
4-7	載荷支配圖的繪製	72
4-8	並聯運轉發電機無功電流的調節	74
4-9	並聯運轉發電機速度的調節	75
4-10	頻率指示鐘	77
4-11	自動調步設備和自動覓步器	79
4-12	自動覓頻器	84
4-13	粗調步法	86

第五章 變壓設備 87

5-1	變壓設備的用途	87
5-2	電力變壓器和配電變壓器	88
5-3	變壓器的構造和附件	88
5-4	變壓器的出線端	91
5-5	冷卻和溫升	92
5-6	短路電流	94
5-7	布和式電驛器	95
5-8	三繞組變壓器	96
5-9	三倍數諧波電流和電壓的遏制	96
5-10	非三倍數諧波電流和電壓的遏制	99
5-11	單相變壓器組和三相變壓器	101
5-12	帶荷換接分頭變壓器	102
5-13	調壓變壓器	106
5-14	感應調壓器	107
5-15	移圈式調壓器	107
5-16	移相變壓器	108
5-17	接地變壓器	109
5-18	絕緣和絕緣試驗	110
5-19	絕緣油	113
5-20	絕緣油的檢驗和清濾	114
5-21	合成絕緣油	116
5-22	變壓器的運輸方法	116

第六章 進相設備 118

6-1	進相設備的功用和種類	118
6-2	同步進相機的構造和性能	119
6-3	同步進相機開動的方法	120
6-4	電容器	122
6-5	異步進相機的原理構造和性能	123
6-6	進相設備額量的估計	126

6-7	進相設備和輸電線路的穩定性	127
第 七 章 開關設備 131		
7-1	開關設備的功用	131
7-2	開關設備的組成元件	131
7-3	開關設備的發展過程	132
7-4	開關盤面和盤架	134
7-5	匯流排和副線	135
7-6	開關和電排結構	137
7-7	控制台	141
7-8	縮形匯流排	143
7-9	車式開關機構	143
7-10	鐵甲式開關機構	144
7-11	匯流排間的推拒力	145
7-12	匯流排的電阻和溫升	147
第 八 章 斷路器具和限流電抗器 152		
8-1	斷路器具的功用和種類	152
8-2	電弧發生的原理和熄滅的方法	152
8-3	復原電壓和再擊電壓與熄弧的關係	153
8-4	開關器	156
8-5	斷路器的額量	157
8-6	斷路器的觸頭	159
8-7	熄弧劑	161
8-8	絕緣油和油箱	161
8-9	去離子棚	162
8-10	爆發吹油鉢	163
8-11	壓氣斷路器	163
8-12	外噴式壓氣斷路器	165
8-13	斬流電壓和加阻斷路	166
8-14	超高壓壓氣斷路器	167

8-15	銜油斷路器	167
8-16	熔斷器斷路原理	168
8-17	爆竹式熔斷器	169
8-18	硼酸式熔斷器	170
8-19	充液式熔斷器	171
8-20	限流電抗器	171

第九章 開關設備的線路 173

9-1	線路規劃的要點	173
9-2	單匯流排制	173
9-3	備用匯流排制	173
9-4	雙匯流排單斷路器制	174
9-5	雙匯流排雙斷路器制	174
9-6	分組饋電制	174
9-7	分段匯流排制	175
9-8	直接分段制	175
9-9	環排分段制	175
9-10	調步匯流排制	176
9-11	多種電壓制度連線法	177
9-12	限流電抗器的裝置	178
9-13	分電站的開關設備	179
9-14	廠用電源的供給	179

第十章 險壓的防禦 181

10-1	險壓發生的原因	181
10-2	雷擊的現象	182
10-3	桿塔接地和架空地線	184
10-4	避雷器	185
10-5	飛弧防禦的方法	187
10-6	中點接地制和中點絕緣制	188
10-7	畢德生遏弧圈	190

第十一章 電計和儀用互感器	195
11-1 電計的分類和精確度	195
11-2 電計動作的原理	195
11-3 伏特計和安培計	197
11-4 瓦特計	198
11-5 無功伏安計	199
11-6 瓦時計和乏時計	200
11-7 功率因數計	203
11-8 示步儀	204
11-9 頻率計	205
11-10 記錄電計	206
11-11 儀用互感器的功用和式樣	206
11-12 儀用互感器的負載和精確度	207
11-13 電流互感器的種類	209
11-14 互感器和電計的連線法	210
第十二章 電驛器	211
12-1 電驛器的功用	211
12-2 電力系統的保護	211
12-3 電驛器動作原理	213
12-4 保護電驛器動作時限	213
12-5 電驛器的構造	214
12-6 流感電驛器	215
12-7 向感電驛器	215
12-8 壓感電驛器	218
12-9 差動電驛器	218
12-10 距感電驛器	219
12-11 高速距感電驛器	223
12-12 簡式高速距感電驛器	225

第十三章	保護電驛器的應用	227
13-1	交流脫扣和直流脫扣	227
13-2	發電機保護的方法	228
13-3	發電機繞組故障的保護	230
13-4	發電機磁極繞組的保護	233
13-5	匯流排的保護	234
13-6	變壓器的保護	235
13-7	輸電線路制度和保護	238
13-8	輸電線路流感和向感電驛器保護法	239
13-9	輸電線路距感電驛保護法	242
13-10	輸電線路領導線保護法	245
13-11	平行線路平衡保護法	250
13-12	輸電線路截波電流保護法	253
第十四章	短路電流的計算	255
14-1	計算短路電流的目的和數值的選用	255
14-2	百分阻抗值和單位阻抗值	257
14-3	網絡阻抗值的換算	259
14-4	三相短路電流的計算(例一)	260
14-5	三相短路電流的計算(例二)	262
14-6	三相短路電流的計算(例三)	264
14-7	對稱分量法	266
14-8	非三相短路故障的方程式	270
14-9	非三相短路電流的計算(例一)	272
14-10	非三相短路電流的計算(例二)	273
14-11	經越故障電流的計算	276
14-12	角-星或星-角連法變壓器對於各相電流的影響	278
14-13	短路電流標準衰落曲線	282
14-14	短路電流計算樞	284

第十五章	自動、遙控和集中調度制	286
15-1	自動、遙控和集中調度制的原理	286
15-2	遙控和自動制的應用	287
15-3	遙控水力發電站的線路	288
15-4	自動水力發電站的線路	290
15-5	集中調度制	292
15-6	選擇器	293
15-7	替續電驛器	295
15-8	電具選擇法	296
15-9	線路核對法	298
15-10	電具操縱法	299
15-11	動作回報法	299
15-12	斷路器自動跳斷後的報警法	300
15-13	系統運用情形遙測法	301
15-14	遙測法的線路	302
第十六章	載荷圖和載荷因數	304
16-1	載荷圖的重要性	304
16-2	有關載荷各種名詞的定義	305
16-3	各種因數的應用	306
漢英名詞對照表		309

第一章

設備總論

1-1 電廠的任務 〔電〕是能的一種式樣，以電能與熱能或動能比較，則電能的特點是最便於傳送到遠處。經過輸電線路，利用適當的電壓，我們可以輸送數十萬仟瓦的電力，到數千里以外的地點而不致發生很大的損失，這是利用別種式樣的能所做不到的。

電廠的工作任務是發出電力並且將它輸送和分配給用戶。在發電站裏，燃料燃燒所發出的熱能，或者高處水源所具的勢能，經過適當的原動設備轉變成動能；再利用發電設備，將動能轉變成電能。在發電所變成的電能，經過輸電線路、饋電線路和配電線路，按照用戶所需要的電流方式供給用戶。為了便利而且經濟地輸送和分配電力，並且為了符合用戶的需要由發電站到用戶之間，有時要經過分電站。在分電站裏，或者裝置着開關設備，控制線路的開啓和閉合；或者裝置着轉換電流的設備，將電源的方式加以變換，使適合輸電、饋電、配電和用電所需要的條件。在遠程輸電線路，有時沿路要佈置些分電站，裏面裝置着增進電源穩定性所需的設備，使電源在載荷波動之際，仍能維持着高度的穩定。

電廠向用戶供給電力，必須能保有高度的服務繼續性，停電事故，應當極力避免。為了減輕用戶負擔，抑低供電成本也是電廠經理人員和技術人員的責任。所以概括地講，電廠所負的責任，是連續不斷地、穩定地而且經濟地供給電能於用戶，達到用戶所認為滿意的程度。而電廠一切設備的製造、選擇、佈置、運轉也隨時隨地以這三點為最重要原則。

1-2 直流和交流的互變 變壓器的發明，促進電氣事業，使它起了劃時代性的進步。在這以前，發電用電普遍採用直流制度，電力輸送，受了輸電損耗和電壓調整率的限制，僅能送到距離發電所不很遠的地點。但是利用變壓器，可以將交流電源很便利地升壓或降壓，而且變壓器的構造既簡，效率又高，因此交流制度，使用逐漸普遍，發電輸電用電，可以個別地選擇最適宜的電壓，藉變壓器來

配合連繫而不致發生很大的損耗。輸電既可不受用電的拘束而選用高壓方式，輸電距離，也就可以更加遼遠。感應電動機的發明，對於交流制度的推廣，也有極大的貢獻。這種電動機構造既簡單，運轉又便利，絕非任何式樣的直流電動機所可比擬，因此電力用戶，更普遍地需要交流電源的供給。

交流制度，既然普遍地被採用着，所以本書所論，也是依照實用情形，以研究交流電廠制度為主。

然而直流制度還是不能完全被淘汰，例如電解工業，非採用直流不可；城市電車，停駛和起動比較頻繁，也宜於採用直流電動機；礦用電動機和電氣鐵道，則交流和直流制度利弊互見，尚在互爭消長。凡是在這種需用直流電源的地方，現在的制度，是普遍地用交流發電和輸電，而在適當的地點佈置分電所，裝置換流設備，將交流轉換成直流，就近分配供電。

在有一些國家裏，有些大城市的某一區，和一些大用戶如醫院旅館等，在交流制度未被採用以前，已達高度電氣化，若要改成交流配電，必須更換全部電器。在這種地方，往往仍保持着直流制度，由集中的換流設備供給電流。

高壓遠程交流輸電，因為線路上的電抗、電容、電暈和集膚作用的關係而影響其穩定性和效率。若能採用高壓直流輸電，則穩定性和效率，祇受線路電阻的影響，所以可得更好的效果。這一企圖，最近由於汞弧反換流器的發明而獲實現。反換流器可以轉換直流成為交流。現在試用的高壓直流輸電制度，在發電和饋電配電方面，仍舊保持交流制度；全面的佈置，是先將發電機發出的交流電源，經過升壓變壓器抬高電壓，再經過汞弧整流器變成高壓直流，通入輸電線路；在受電端，高壓直流經過汞弧反換流器變成高壓交流，然後再用交流制度饋電和配電。

1-3 交流電壓 在一個電力系統裏，發電、輸電、配電和用電的電壓，因為所需機件設計和構造上的限制，以及使用環境的不同，而有限大的差別。首先由用電方面講起，在「安全第一」的原則下，電壓不宜太高；像家用電具和電燈所使用的電壓，最高沒有超過 250 伏的。供給電動機的電源，保護比較周到，電壓不妨高些。城市裏饋電，為了伸展饋電距離，電壓必須提高。然而架空線路，受街道兩旁建築物的限制，使用電壓不能超過數千伏。若用地下電纜饋電，則使用的電壓，不妨增高到一萬伏以上。至於郊區輸電線路，則電壓很少受周圍環境的限制。如果在線路材料和機件方面沒有困難，則輸電電壓，儘可提高。並且就電源

穩定性講，要延長輸電距離，加大所輸電力，也有提高輸電電壓的必要。大致的情形，如果輸電線路構造相同，並且要保持相同的穩定度，所輸電力和輸電距離的相乘積，與輸電電壓的平方成正比例。在發電機方面，因為構造上和絕緣上的困難，不便使用很高的電壓。例如現在高達 230,000 伏的輸電電壓，使用已很廣泛；在蘇聯且有高達 400,000 伏者；至於發電機方面，則直接發出 33,000 伏已算是最高電壓了。

變壓器的利用，使交流電壓可以很便利地升降；所以照粗淺的想法，在電力系統的各階段，應當可以各自選用最適當的電壓。然而為了整個電氣事業的發展，電機製造的劃一和成本的減輕，以及管理上的便利，在一個國家裏，規定幾種標準電壓來選用，乃是必要的。

下表是中國標準電壓等級：

A 三相交流 50 週，1000 伏以下：

220/127 伏，	限用於礦坑及農業
380/220 伏	一般用戶

B 三相交流 50 週，1000 伏以上：

3 仟伏	限用於 100~60 仟瓦之電動機
6 仟伏	
10 仟伏	
35 仟伏	
60 仟伏	
110 仟伏	
(154)仟伏	儘可能不使用
220仟伏	

1-4 頻率的標準和變換 在交流制度纔被採用的時期，所用頻率是很不一致的。那時所用交流頻率，高的有 133.3 週和 125 週，低的則有 40 週和 25 週，中間還有很多種頻率隨意被採用着。而各電機製造廠也各自設計着一種或數種週率的電機。以後電氣事業日益發達，由小電廠發電漸漸進步到大電廠集中發電，於是頻率的統一乃見重要。現在世界上通用的交流頻率，在一般的電力和電焰方面，有 50 週和 60 週兩種標準。中國選用 50 週為標準的交流頻率。

交流頻率的變換，不像電壓變換的簡單容易。變換大量電力的頻率，須利用同步變頻機或電子變頻機。同步變頻機是由兩部同步交流電機所組成，一部用作電動機，另一部用作發電機。兩根機軸直接配合，所以輸入和輸出的交流頻率，須成一個固定簡單的比率。電子變頻機是由一部汞弧整流器和一部汞弧反換流器所組成。輸入的交流先經整流器變成直流，再通過反換流器變成所需頻率的交流。輸入和輸出的交流是由直流居間承轉，兩者的頻率不必維持一定的關係。在中國，整流設備和變頻設備一般地是由用戶自行裝置，所以本書不加論列。

1-5 相數和它的變換 三相交流制度，已是各國公用的標準多相制度。但是有些國家，仍存在着些舊存的兩相制度未能澈底淘汰掉。又有些電機，宜於製成更多的相數；例如同步換流機和汞弧整流器，相數越多，其效果越佳。

相數的轉變，除去少數特殊情形之外，並不是煩難的事。經過變壓器線圈適當的連法，我們可以很便利地由一種多相制度，換接成另外一種多相制度；假若一種多相制度的相數，是另一種制度相數簡單的倍數，則轉換更為便利。所以同步換流機，一般是通入六相交流，汞弧整流器，則連成六相或十二相式。

交流制電氣鐵道的供電，僅能利用兩根導線，一根是架空線或第三軌，另一根是車軌，所以祇能採用單相制。然而驅動車輛的電動機，則宜於採用三相式，因此在列車上需要裝置換相機，將單相交流電源轉換成三相交流電源。

由單相變成三相，不像兩種多相間互相變換的便利，因為從基本原理上講，多相電源所發出的動力是持續穩定的，而單相電源之所供給，則是脈動的；因此由單相電源變換成多相電源，必須有方法能夠儲蓄效應和放出動能，這非要靠旋轉機械轉體的飛輪效應不可。

1-6 線路的開斷和閉合 在電力系統裏，不論是發電、輸電、饋電或配電，其線路必須能適應運用情形的需要，很靈活地接通或切斷。這項工作是由開關設備來擔任。

完備的開關設備是由許多電具和儀器所組成，其中最主要的電具是斷路器。在一般主要線路中的斷路器，不但在正常運轉情形下，須能負擔開斷和閉合線路的任務，就是在線路發生短路這樣的非常情況下，它仍有能力切斷巨額的短路電流。在這種佈置中，保護電驛器也為開關設備中的一種重要元件，斷