

新電氣叢書

實用電動機變壓機

日本電氣工學會編・張春榮譯



實用電動機 變壓機

日本電氣工學會編・張春榮譯



序

電機機械之中，最和吾人發生切身關係的是電動機和變壓器。本書爲電機之實用書，敘述簡明，初學者亦容易理解，適合電機購買者、使用者、有志學習電機機械者作爲參考書籍。

本書內容共分四章，即基礎知識、變壓器、電動機、材料等。

本書特點爲各項內容獨立，只要閱讀所需項目即可了解，且全部經過有系統之整理。儘量避免牽涉高深理論及公式，廣泛收集實用項目。增加實用必要具體數字和慣例。

本書雖經仔細校對，錯誤之處，仍在所難免，尚祈先進，不吝指正。

張春榮 謹識於頭份

目 錄

第 1 章 基礎知識

1.1 電	1
1.2 電壓、電流、電阻	1
1.3 直流與交流之不同	2
1.4 正 弦 波	3
1.5 頻 率	4
1.6 有 效 值	4
1.7 相 位	5
1.8 單相與三相	5
1.9 向 量	5
1.10 整 流	6
1.11 磁 性	8
1.12 電流的熱作用	8
1.13 電流的磁作用	9
1.14 電磁感應作用	9
1.15 電路聯接電阻、電容、線圈時，電壓與電流之關係	10
1.16 阻 抗	12
1.17 功率因數	12
1.18 電功率與電功	14
1.19 負 載	15
1.20 輸入、輸出	15
1.21 效 率	16
1.22 損失之種類	16

1.23	磁滯損失	16
1.24	渦流損失	17
1.25	負載電流、無負載電流	17
1.26	溫度上昇	18
1.27	絕緣電阻、絕緣耐力	18
1.28	額 定	18
1.29	時間額定	19
1.30	規 格	20
1.31	規格的種類	20
1.32	電氣使用的略號、符號	21

第2章 變 壓 器

2.1	原理與構造	23
2.1.1	變壓器的原理	23
2.1.2	變壓器的一次、二次	24
2.1.3	自耦變壓器	24
2.1.4	變壓器的種類和分法	25
2.1.5	內鐵式與外鐵式之不同	26
2.1.6	冷却方式	26
2.1.7	H種絕緣變壓器	27
2.1.8	變壓器的構造	28
2.1.9	最近變壓器的進步點	30
2.1.10	線圈的構造	31
2.1.11	鐵心的構造	32
2.1.12	絕緣套管	33
2.1.13	變壓器製作的程序	34
2.1.14	線圈的絕緣處理方法	34

2.1.15	變壓器的主要構成材料	35
2.1.16	變壓器的產品重量	35
2.1.17	變壓器的名牌表示	35
2.1.18	變壓器的附屬品	36
2.2	特性與試驗	36
2.2.1	變壓器的特性	36
2.2.2	變壓器的極性	36
2.2.3	變壓器的無負載電流	37
2.2.4	變壓器的損失	37
2.2.5	變壓器的阻抗電壓	38
2.2.6	變壓器的電壓變動率	38
2.2.7	變壓器的變壓比	39
2.2.8	標準電壓與變壓器額定電壓及分接頭電壓	39
2.2.9	變壓器容量的決定	40
2.2.10	變壓器的試驗	40
2.2.11	變壓器的極性試驗	41
2.2.12	變壓器的阻抗試驗	41
2.2.13	變壓器的無負載試驗	42
2.2.14	變壓器的溫度上昇	42
2.2.15	溫度試驗	42
2.2.16	商用頻率耐壓試驗	43
2.2.17	感應絕緣試驗	43
2.2.18	衝擊耐壓試驗	44
2.2.19	變壓器效率的計算方法	44
2.2.20	標準變壓器的負載與效率之關係	45
2.2.21	全日效率	45
2.2.22	50Hz用變壓器使用60Hz之影響	46

2.3 規格與選定	46
2.3.1 選購變壓器必要的規格	46
2.3.2 輸配電使用的變壓器	47
2.3.3 電動機容量與變壓器容量之關係	47
2.3.4 單相變壓器與三相變壓器的利弊	49
2.4 運轉與保養	49
2.4.1 變壓器的接線方式	50
2.4.2 變壓器的低壓側接地	53
2.4.3 變壓器並聯運轉時應注意事項	54
2.4.4 變壓器的壽命	55
2.4.5 變壓器的超負載運轉	55
2.4.6 變壓器的噪聲	56
2.4.7 變壓器故障原因及其防止方法	56
2.4.8 油的防止劣化	57
2.4.9 變壓器的保養	57
附 表	
附表-2.1 變壓器尺寸、重量之一例	59
附表-2.2 變壓器特性表	60
附表-2.3 變壓器溫度上昇限度	63

第3章 電 動 機

3.1 原理與構造	65
3.1.1 利用電流與磁場發生電磁力的原理	65
3.1.2 感應電壓的原理	65
3.1.3 電動機的種類	66
3.1.4 感應電動機的原理	67
3.1.5 旋轉磁場	67

3.1.6	三相感應電動機的旋轉原理	68
3.1.7	直流電動機	68
3.1.8	轉 矩	69
3.1.9	單相感應電動機	70
3.1.10	分相啓動式電動機（分相電動機）	70
3.1.11	電容啓動式及電容運轉式電動機（電容電動機）	71
3.1.12	蔽極線圈式電動機	72
3.1.13	三相感應電動機的構造	73
3.1.14	鐵心的構造	74
3.1.15	定子線圈的作法	74
3.1.16	轉子線圈的作法	75
3.1.17	線圈放入槽內時的絕緣方法	75
3.1.18	線圈的絕緣處理方法	76
3.1.19	軸承的構造	76
3.1.20	電動機的形式	78
3.1.21	軸端公差	78
3.1.22	鼠籠式轉子的構造	79
3.1.23	電動機必須具備的過速度耐力	80
3.1.24	名牌的表示	80
3.2	感應電動機的特性	81
3.2.1	感應電動機的特性	81
3.2.2	感應電動機的同步速度	81
3.2.3	感應電動機的轉差率	81
3.2.4	無負載電流	82
3.2.5	三相感應電動機的轉矩特性	82
3.2.6	單相電動機的啓動特性	83
3.2.7	電動機的功率因數	84

3.2.8	電動機的損失.....	85
3.2.9	電動機的輸出與效率、功率因數間之關係	85
3.2.10	頻率或電壓變化時對電動機之影響.....	86
3.2.11	標準電動機施行的試驗.....	87
3.2.12	用圓線圖法施行的特性試驗.....	87
3.2.13	圓線圖的看法.....	88
3.2.14	利用實負載試驗關於特性的計算.....	89
3.2.15	利用損失分離法關於特性的計算.....	90
3.2.16	溫度試驗法.....	91
3.2.17	耐壓試驗.....	91
3.2.18	電動機的振動.....	92
3.2.19	電動機的噪聲.....	92
3.2.20	電動機的啓動等級.....	93
3.2.21	關於型式認可.....	94
3.3	選定與應用	95
3.3.1	感應電動機的特點.....	95
3.3.2	電動機製作之作業工程.....	95
3.3.3	選定電動機時必須注意的事項.....	95
3.3.4	選購電動機必要的規格.....	97
3.3.5	標準電動機以外的特殊電動機.....	97
3.3.6	齒輪電動機.....	98
3.3.7	屋外形電動機.....	98
3.3.8	防爆形電動機.....	99
3.3.9	起重電動機.....	99
3.3.10	三相感應電動機的啓動方法.....	100
3.3.11	GD^2 (飛輪效應)	101
3.3.12	直接啓動法.....	102

3.3.13	Y—△啓動器啓動方法	102
3.3.14	啓動補償器啓動電抗器啓動方法	103
3.3.15	平滑啓動	103
3.3.16	三相感應電動機的制動方式	104
3.3.17	制動電動機	104
3.3.18	電動機速度控制的種類	105
3.3.19	速度—轉矩特性	106
3.3.20	自動控制	107
3.3.21	變換極數電動機	108
3.3.22	渦流偶合控制	110
3.3.23	感應電動機的一次電壓控制	111
3.3.24	繞線式感應電動機的二次控制	112
3.3.25	直流電動機的速度控制	113
3.3.26	頻率控制	114
3.3.27	無整流器電動機	115
3.3.28	電動機今後的發展方向	116
3.4	運轉與保養	116
3.4.1	電動機的安裝及聯接機械應注意的事項	116
3.4.2	電動機配線上應注意的事項	118
3.4.3	運轉時應注意事項	119
3.4.4	電動機保養應注意事項	119
3.4.5	分解裝配之要領	120
3.4.6	電動機之故障及其對策	126
3.4.7	改善功率因數之方法	127
3.4.8	開關器、啓動器	128
3.4.9	配線用斷路器	129
3.4.10	電磁開關	130

8 目 錄

附表及附錄

附表-3.1 標準電動機特性表	132
附表-3.2 迴轉機的溫度上昇限度	135
附錄-1 圓線圖之一例	136
附錄-2 試驗成績表之一例	139

第4章 材 料

4.1 導電材料	141
4.1.1 使用於電動機或變壓器之銅線鋁線	141
4.1.2 引出線	142
4.1.3 銅的物理性質	142
4.1.4 鋁的物理性質	143
4.1.5 銅線鋁線之電阻隨溫度的變化	143
4.2 磁性材料	144
4.2.1 變壓器或電動機使用的磁性材料	144
4.2.2 矽鋼片	144
4.2.3 矽鋼片的種類	145
4.2.4 矽鋼片的絕緣皮膜	145
4.2.5 矽鋼片好壞的識別方法	146
4.2.6 小形電動機使用的磁性鋼片	146
4.3 絕緣材料	146
4.3.1 變壓器和電動機使用的絕緣材料	146
4.3.2 電機絕緣的種類	146
4.3.3 絕緣紙	146
4.3.4 絕緣布	147
4.3.5 雲母製品	148
4.3.6 合成樹脂	148

4.3.7 環氧樹脂.....	148
4.3.8 矽酯樹脂.....	149
4.3.9 絕 緣 油.....	149
4.3.10 絕 緣 漆.....	150

參考附表

附表 主要的關係規格.....	152
-----------------	-----

1. 基礎知識

1.1 電

西元紀元前 600 年左右，希臘的塔拉斯(Thales) 他用布摩擦琥珀而發現具有吸引較輕物體的性質，沿傳至今。此現象因琥珀出現電，吾人謂琥珀帶有電，稱為琥珀帶有電荷。琥珀在希臘語中稱為 Elektron，此現象稱為電。電在英文中為 Electricity。

用布摩擦琥珀產生負電荷（符號為 $\ominus$ ），布上產生正電荷（符號為 $\oplus$ ）。又摩擦兩物體所帶電荷的正負，係依據物質之組成而變。

此正電荷和負電荷用導線連接，則電荷移動，而正電荷與負電荷中和消失。像此電荷流動的情形，稱為電流，將正電荷流動的方向作為電流方向。

1.2 電壓、電流、電阻

(1) 如圖 1.1 所示，水由水位高的水池流向水位低的河川。此時水位之差稱為落差，以公尺表示，但是在電的現象中，相當於此落差的

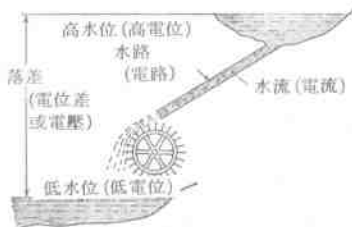


圖 1.1

2 實用電動機·變壓器讀本

是電位差，普通稱為電壓，以伏特（符號 V）表示，測量電壓使用電壓計。

家庭配電之電壓為 100 V（參照 2.2.8）。

(2) 在圖 1.1 中，相當於水路的稱為電路，相當於水路的水流稱為電流，用電流計讀數，以安培（符號為 A）表示。

100 伏特·100 瓦特的白熾電燈約流過 1 A 電流。

(3) 在圖 1.1 中，通過水路之水流流量，係依據水路內面凹凸多少，或是水路斷面積大小而異，內面凹凸多或斷面積小及長度長時，阻碍大而流量變少。

電的情形亦相同，流過電路電流的大小，依據電路之電的性質而改變，此電的性質稱為電阻，以歐姆（符號為 Ω ）表示。

電阻的大小隨導體之材質而異，若相同的材質，電阻大小與長度成正比，與斷面積成反比。

普通通過電流的電線，採用電阻小的銅線，但像電熱器利用發熱作用的電器，採用如鎳鉻線電阻大的材料。

(4) 電壓、電流、電阻之間有如下的關係，此稱為歐姆定律。

$$\text{電流 } I [A] = \frac{\text{電壓 } E [V]}{\text{電阻 } R [\Omega]}$$

$$\text{電阻 } R [\Omega] = \frac{\text{電壓 } E [V]}{\text{電流 } I [A]}$$

$$\text{電壓 } E [V] = \text{電流 } I [A] \times \text{電阻 } R [\Omega]$$

1.3 直流與交流之不同

直流係如電池流出之電流（圖 1.2），方向不變，大小一定之電流。因此，電壓方向大小亦一定。發生直流的裝置，有乾電池、蓄電池、直流發電機、整流器等。

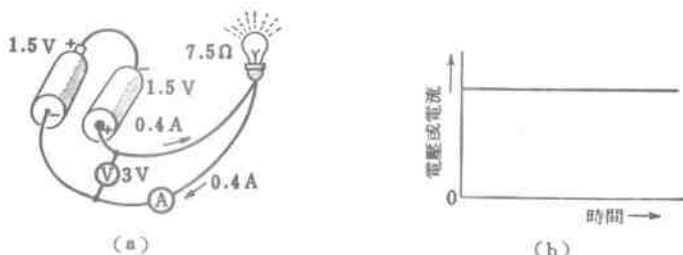


圖 1.2 直 流

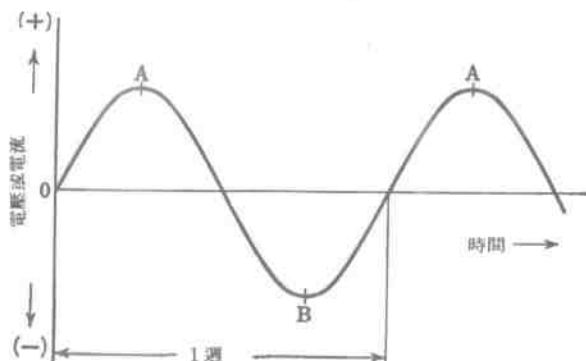


圖 1.3 交 流

交流和直流不同，電壓或電流之方向與大小以一定的週期作正弦波變化，正如時鐘的擺，來回的擺動着，（圖 1.3）。

普通直流以 DC 表示，交流以 AC 表示。家庭配電是交流，電車多半是直流。

1.4 正 弦 波 (Sine wave)

圖 1.4 表示正弦波。

此正弦波，係於圖 1.4 的圓周上，迴轉點 A 以一定速度沿箭頭方向移動時，距基準線高度為縱軸，角度 (θ) 或時間 (t) 為橫軸，而繪得之曲線圖，為了解交流電，電壓或電流必定以此曲線為基礎。

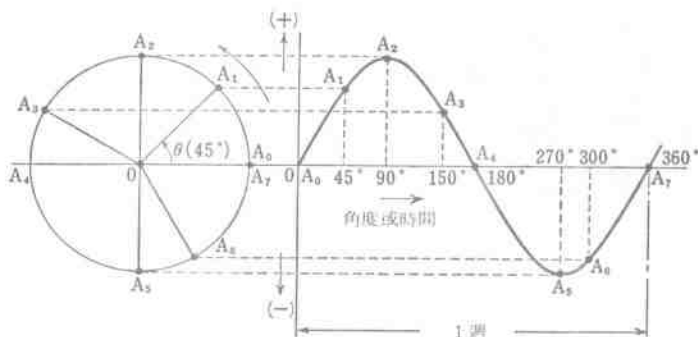


圖 1.4

1.5 頻 率

在圖 1.4 中，A 點由 A_0 於箭頭方向內一週再回到原來位置 A_1 時，此時稱為 1 週，若以電工角度表示為 360° 。1 秒鐘內此狀態往覆週數稱為頻率，用赫芝（符號為 Hz）表示。50Hz 係電壓或電流的循環在 1 秒鐘內往覆 50 週。

1.6 有效值

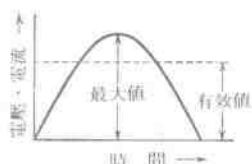
交流的情形是電壓或電流大小及方向時時刻刻在變化（此瞬間之值，稱為瞬時值，瞬時值之最大稱為最大值），利用下列之有效值表示電壓或電流。

所謂有效值係與同值直流發生相同熱作用之交流值，正弦波的情形為

$$\begin{aligned} \text{有效值} &= \frac{\text{最大值}}{\sqrt{2}} \\ &= 0.707 \times \text{最大值} \end{aligned}$$

* 圖 1.4 之 $A_0 A_4$ 間，即半週以 180° 或 π 弧度計算，電動機的一極間隔（關於極請參照電動機之 3.1.5 節），在幾何學上來說 2 極的場合為 180° ，4 極的場合為 90° ，但電氣上 1 極間隔以 180° 計算。

(圖 1.5)，電流計或電壓計顯示出之值為有效值。



1.7 相 位

所謂相位係表示電壓或電流波之位置，相

圖 1.5

位差係二波相位之差。如圖 1.6 電壓波與電流波有 θ 相位差時，稱之電流波較電壓波延遲相角 θ 。

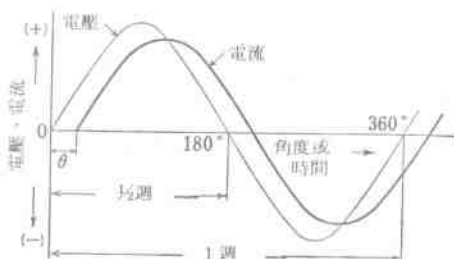


圖 1.6

1.8 單相與三相

單相交流係一電路（普通使用兩根電線，但是亦有使用三根電線）流過一個正弦波之電流（圖 1.7），電燈或單相電動機等使用單相交流。

三相交流係一電路中（普通使用三根電線，但是亦有使用四根電線）流過各維持 $1/3$ 週（電工角 120° ）相位差的三正弦波電流（圖 1.8），這些相普通用 R，S，T 相以區別之，但是亦有稱為 A，B，C 相的。

工場中三相電動機使用的為三相交流。

1.9 向 量 (Vector)