

高等学校試用教科书



电 工 基 础

DIANGONG JICHU

中 册

俞 大 光 編

人 民 教 育 出 版 社

中 册 目 录

第五章 三相电路	1
§ 73 三相电势的产生	1
§ 74 三相制的联接法, 星形接法	5
§ 75 三角形接法	9
§ 76 三相正弦电流电路中的功率	12
§ 77 三相电路的一般性质	15
§ 78 对称三相正弦电流电路的计算	17
§ 79 三相输电线	24
§ 80 有互感的对称三相电路	28
§ 81 不对称的三相电路的计算	30
§ 82 中性点的位移, 相序的测定	34
§ 83 旋轉磁場	37
§ 84 对称分量法	44
§ 85 不对称三相量分解为对称分量	45
§ 86 求对称分量的图解方法	48
§ 87 三相电路中电压电流各序分量的性质	49
§ 88 在不对称电压作用下的对称三相电路	52
§ 89 具有对称旋轉电机的不对称三相电路	57
§ 90 三相制中的高次谐波	62
第六章 非綫性电阻电路	68
§ 91 非綫性电阻元件	68
§ 92 非綫性简单直流电路的图解算法	71
§ 93 有源支路上并联的非綫性直流电路的图解算法	76
§ 94 計算非綫性直流电路的猜試法	78
§ 95 非綫性直流电路的解析法	81
§ 96 綫性網路理論在計算非綫性直流电路方面的应用	85
§ 97 非綫性直流电路工作状态稳定的概念	88
§ 98 只含有电阻元件的非綫性交流电路	92
第七章 磁路	97
§ 99 磁場与磁路	97
§ 100 鉄磁物质的磁化	100

§ 101 磁路諸定律及磁路的特点	104
§ 102 恒定磁通无分支磁路的計算	109
§ 103 恒定磁通分支磁路的計算	115
§ 104 永久磁鉄	118
§ 105 交变磁通的磁路中鉄磁饱和对磁通与电流波形間的畸变作用	121
§ 106 交变磁化的功率	123
§ 107 磁滞对电流或磁通波形的影响及磁滞損失	128
§ 108 渦流的影响及渦流損失	130
§ 109 等值正弦波及其在交变磁通磁路中的应用	136
§ 110 交变磁通磁路的定律及其应用	140
第八章 含有非綫性电感及电容的周期电流电路	143
§ 111 鉄心綫圈电路	143
§ 112 鉄心变压器	149
§ 113 鉄磁諧振电路	157
§ 114 具有直流基磁化的鉄心綫圈	162
§ 115 鉄磁功率控制器	166
§ 116 鉄磁二倍頻率器	167
§ 117 含有鉄心綫圈的对称三相电路、鉄磁三倍頻率器	168
§ 118 非綫性电容器及其电路	170
第九章 电路中的过渡过程	173
§ 119 过渡过程的产生及換路定律	173
§ 120 电路的微分方程式及其解法, 自由分量与强制分量	176
§ 121 电阻、电感串联电路中的过渡过程	181
§ 122 电阻、电容串联电路中的过渡过程	190
§ 123 电阻、电感、电容串联电路中的过渡过程——非振荡情形	197
§ 124 电阻、电感、电容串联电路中的过渡过程——临界非振荡情形	208
§ 125 电阻、电感、电容串联电路中的过渡过程——振荡情形	207
§ 126 多迴路电路中的过渡过程	214
§ 127 算子法的数学基础	220
§ 128 欧姆定律及克希荷夫定律的算子形式	224
§ 129 用算子法計算过渡过程	223
§ 130 过渡过程化归为零原始条件的計算法	233
§ 131 傅立叶积分及其在計算过渡过程中的应用	237
§ 132 电路与任意波形电压的接通	240
§ 133 非綫性电路过渡过程的計算方法	244
§ 134 鉄心綫圈电路中的过渡过程	246
§ 135 綫性电容与非綫性电阻串联电路中的过渡过程	249
§ 136 重复性的过渡过程	253

第十章 分布参数电路	253
§ 137 电路参数的分布性及分布参数电路	258
§ 138 均匀线方程式	261
§ 139 均匀线在正弦电压作用下的稳定过程	263
§ 140 均匀线方程式解答的性质	267
§ 141 表示均匀线特性的各物理量	271
§ 142 波的反射和无反射线路	274
§ 143 均匀线的开路及短路工作状态	277
§ 144 均匀线与四端网路	231
§ 145 对称四端网路的传输系数与特性阻抗	296
§ 146 链形电路	239
§ 147 无畸变线	292
§ 148 无损失线	295
§ 149 无损失均匀线方程式的一般解	301
§ 150 线路接通时波的发出	305
§ 151 线路板断时波的发出	309
§ 152 计算线路换路时的发出波的一般方法	310
§ 153 杂散波	313
§ 154 计算无损失线反射波和透射波的一般方法	315
§ 155 多次反射	321
附录	328
附录一 信号的频谱分析	333
附录二 传递函数	336
附录三 微分电路和积分电路	339
附录四 反馈	339
附录五 网络综合的概念	341
附录六 过渡过程在相平面上的映象	349

第五章 三相电路

§ 73 三相电势的产生

交流电在动力方面的应用，几乎全部是属于所谓三相制。这是由于三相制无论在发电或输电方面以及在转换为机械动力方面都具有优点，所以自从 1888 年俄罗斯学者多里沃多布罗夫斯基创始三相制以来，三线制就一直占据着几乎是动力系统的全部领域。

所谓三相制就是由三个频率相同但相位不同的电势的电源供电的体系，这些电源称为三相电源，通常都是三相发电机。而象这样的频率相同但相位不同的三个电势联合在一起就称为三相电势。让我们先来了解一下三相发电机中是如何产生三相电势的。

在三相发电机中布在电枢表面的导线划分成三组。每组中的各导线彼此联接起来，称为一相绕组。例如图 73-1 的发电机电枢上共有 12 根导线，分为三

相绕组。第一相绕组中有导线 A, A_1, A_2, X 。导线 A 通过电枢后面的联接线（图中虚线所示）与 A_1 相联成为一个线圈，而 A_2 则与 X 相联成一个线圈。由于线圈 AA_1 与线圈 A_2X 所处的位置是相似的，只不过 AA_1 是处在第一对磁极 N_1S_1 之下，而 A_2X 则

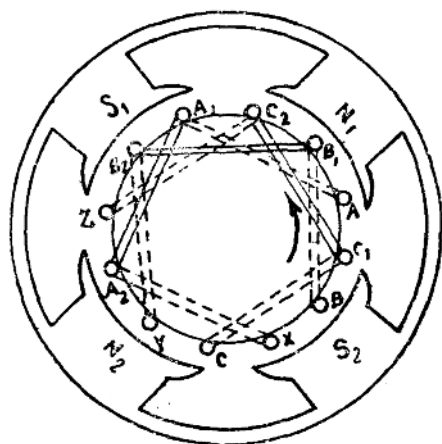


图 73-1

是处在第二对磁极 N_2S_2 之下，而感应电势则是时刻都能彼此相等的，即同相位。所以用导线 A_1A_2 （图中实线所示）将这两个线圈联

在一起,得到的电势 e_{AX} 恰为电势 e_{AA_1} 的二倍。

第二相繞組中导綫 B, B_1, B_2, Y 同样地联接起来,得到的电势 e_{BY} 显然与电势 e_{AX} 具有同样的频率及波形,但在相位上滞后一个时间。根据图 73-1 电机的构造,由于每轉过一对磁极电势的变化就完成一个周期,所以 e_{BY} 滞后于 e_{AX} $\frac{1}{3}$ 周期。

同样,第三相繞組中导綫 C, C_1, C_2, Z 联接后所得到的电势 e_{CZ} 也具有同样的频率和波形,但在相位上又滞后于 e_{BY} 。对图 72-1 电机的构造來說这滞后的时间也是 $\frac{1}{3}$ 周期。

用式子来表示三相繞組中所产生的电势为:

$$\left. \begin{aligned} e_A &= f(t) = f(t + kT) \quad (k = \text{任意整数}) \\ e_B &= f\left(t - \frac{T}{3}\right) \\ e_C &= f\left(t - \frac{2}{3}T\right) \end{aligned} \right\} \quad (73-1)$$

这样三个频率相同的电势联合在一起就組成三相电势,而图 73-1 中的发电机也就是三相发电机。各相繞組中所产生的电势称为相电势,如(73-1)式中的 e_A, e_B 及 e_C 各为 A 相、 B 相及 C 相的相电势。从超前相到滞后相的輪換次序称为相序,此处三相电势的相序为 $A-B-C$ (或 $B-C-A, C-A-B$ 均可)。

如果三个相电势在相位上彼此相差 $\frac{1}{3}$ 周期,則称为对称相电势。一般发电机由于結構上的对称,相电势总是对称的。

如果电势为时间的正弦函数,則得到正弦三相电势。对称正弦三相电势可写为

$$\left. \begin{aligned} e_A &= E_m \sin(\omega t + \psi) \\ e_B &= E_m \sin\left(\omega t + \psi - \frac{2}{3}\pi\right) \\ e_C &= E_m \sin\left(\omega t + \psi - \frac{4}{3}\pi\right) \end{aligned} \right\} \quad (73-2)$$

这个三相正弦电势如果用复数表示则为:

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_A &= \frac{E_m}{\sqrt{2}} \epsilon^{j\psi} \\ \dot{E}_B &= \frac{E_m}{\sqrt{2}} \epsilon^{j(\psi - \frac{2}{3}\pi)} = a^2 \dot{E}_A, \\ \dot{E}_C &= \frac{E_m}{\sqrt{2}} \epsilon^{j(\psi - \frac{4}{3}\pi)} = a \dot{E}_A, \end{aligned} \right\} \quad (73-3)$$

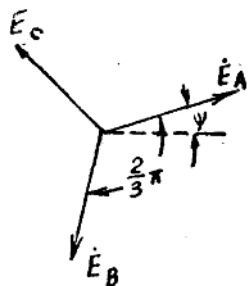


图 73-2

式中

$$a = \epsilon^{j\frac{2}{3}\pi} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (73-4)$$

为一旋轉因子, 相当于逆时针方向旋轉 120° 角, 而

$$a^2 = \epsilon^{j\frac{4}{3}\pi} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (73-5)$$

则为順时针方向旋轉 120° 的旋轉因子。 a 与 a^2 与 1 是 1 的三个立方根, 因为

$$a^3 = (\epsilon^{j\frac{2}{3}\pi})^3 = \epsilon^{j2\pi} = 1, \quad (a^2)^3 = \epsilon^{j4\pi} = 1.$$

图 73-2 为对称正弦三相电势的向量图。

一般三相发电机所产生的电势, 在正常情形下都可認為是对称正弦三相电势。

有了三相发电机以后, 我們就把只产生一个电势的交流发电机称为单相发电机或单相电源。由单相电源供电的体系則称为单相制。

单相制中的負載, 都是具有两个出綫头的二端网络, 这称为单相負載。在三相制中的負載, 一般則都是所謂三相負載, 这种負載也同样是由三个部分电路組成, 称为負載的相, 例如三相电动机的内部电路則几乎与三相发电机的内部电路无异, 这就是三相負載。但也常常見到由三个单相負載(例如电灯負載)各作一相組合而成的三相負載。此外在三相制中也还可能有一些个别未組合的单相

负载。

这样,由许多三相电源、三相负载及联接这些电源与负载的导线所组成的电路就称为三相电路。三相电路实质上是复杂电路的一种特殊类型。由于在三相电路中有各个三相电源在作用,在电路的各部分中将得到各组电压与电流,它们各由三个频率相同但相位不同的电压或电流组成,称之为三相电压或三相电流。

单相制的电路相应地也就称为单相电路,其中的电势、电压及电流也就分别称为单相电势、单相电压及单相电流。

采用三相制以后能够提高发电机的出力。如图 73-1 的发电机要改为单相,则势必将几根导线全部串联起来。由于串联以后电势的合成是按照向量合成的,故其总和的有效值显然会比发电机作三相联接时相电势有效值的三倍为小,这也就意味着并没有充分有效地利用电枢表面的空间以及所敷设的导线。因此单相发电机的出力恒较同尺寸的三相发电机为小。这就是三相制在发电方面的优越性质。

发电机电枢上所布的导线也可以任意划分为若干个绕组,因此在理论上可以制造出任意相数的发电机,产生二相、三相、四相……电势,这些电势统称为多相电势,其所相应的体系称为多相制。

多相制固然有许多优点,然而相数太多则增加了结构上的复杂性而且经济上的获益有限,因此电力工程中广泛应用的仍是三相制。其他种多相制只在特殊情况下才会遇到。

对称 m 相正弦电势中包含 m 个大小相等的正弦电势,其中相邻的两个电势具有 $\frac{2\pi}{m}$ 的相位差。例如对称六相电势中相邻两电势的相位差为 60° 。

二相制是一种例外。因若按上面规律去推,对称二相正弦电势中的两个电势具有的相位差将会是 180° ,这样,如果换取一个

电势的正方向就会得到两个同相位的电势。这种二相电势没有什么实际意义。因此规定“对称”二相正弦电势中两个电势间的相位差不是 180° 而是 90° , 即形成相位直交。因此说二相制不是一种对称制。此处所述的“对称”二相制有时称为半四相制。

二相电流将在电气测量仪表中遇到。六相、十二相电流则在一些特殊设备(例如旋转变流机, 整流用变压器等)中有所应用。

§ 74 三相制的联接法, 星形接法

一个三相电源(三相发电机)相当于三个电源。如果分别利用这三个电源, 即将图 73-1 三相发电机的三个绕组 AX , BY , CZ 各经过两个装在电机轴上的滑动环引出两根导线联接到负载, 如图 74-1 所示(图中滑环未画出), 则称为不联接的三相制。这种方式要求从发电机引出六根导线到负载, 不但结构复杂, 而且不经济。因此一般很少采用。

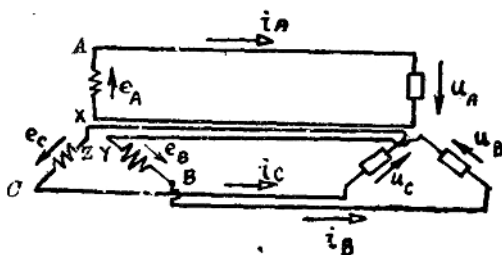


图 74-1

如果发电机产生的电势是对称正弦三相电势, 如 (73-2) 式所示, 而且各相的负载又具有相同的参数, 即在所谓负载对称的情形下, 则各相电流也必然成为一组正弦对称系统, 即各电流 i_A , i_B , i_C 振幅相等而相位互差 120° , 即

$$\left. \begin{aligned} i_A &= I_m \sin(\omega t + \psi - \varphi), \\ i_B &= I_m \sin\left(\omega t + \psi - \varphi - \frac{2}{3}\pi\right), \\ i_C &= I_m \sin\left(\omega t + \psi - \varphi - \frac{4}{3}\pi\right). \end{aligned} \right\} \quad (74-1)$$

如果将三个相的回线合并起来, 如图 74-2 所示, 则成为星形

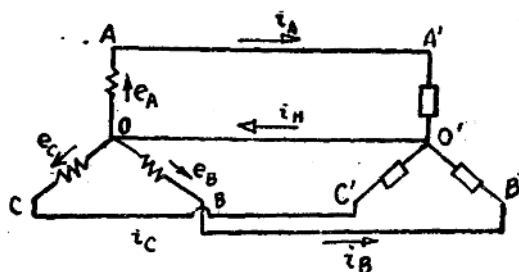


图 74-2

联接。图中的发电机与负载都是联成星形。所谓发电机联接成星形就是将三个绕组的末端联在一起(也可将首端联在一起而末端不联在一起,但不能使某些绕组的首端和另外绕组的末端相联)。这个联接点称为中性点,如 O 点。而起端则引线出去。这些从首端引出的导线称为端线(火线),从中性点引出的导线则称为中线。中线是三个相的公共电流回路,其中流过中线电流

$$i_N = i_A + i_B + i_C. \quad (74-2)$$

这种体系中联接电源与负载之间的导线共有四根,故称为三相四线制。

如果电流 i_A, i_B, i_C 是一组正弦对称三相电流,即它们符合(74-1)式的关系,则它们的和恒等于零(可作向量图证明)。因此根据(74-2)式可知中线上将没有电流流过,即

$$i_N = 0. \quad (74-3)$$

既然在这种情况下中线不负担任何电流,就可以完全去掉它

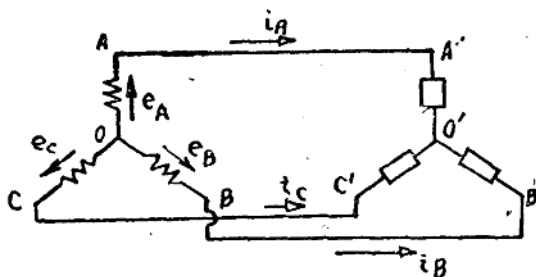


图 74-3

而成为三相三线制, 如图 74-3 所示。

实际情形下由于存在着由单相负载组成的三相负载, 这种负载常常不是对称的, 而 (74-3) 式的条件就未必能够得到满足。但在一般正常的运行状态下, 总是尽量使负载接近对称, 所以中线的电流也不会很大, 同样地可以不要中线而采用三相三线制。不过必须指出: 在这种情形下接上中线与不接中线工作状态是有所不同的。

我们把端线(火线)上的电流称为线电流, 而把引出线之间的电压称为线电压。发电机每相的电压, 例如 u_{AO} , 称为发电机的相电压, 而负载每相的电压, 例如 $u_{A'O'}$ 则称为负载的相电压。发电机内每相的电流, 例如 i_{OA} , 称为发电机的相电流, 而负载每相的电流, 例如 $i_{A'O'}$, 则称为负载的相电流。

在星形联接中, 不论有无中线存在, 相电流恒等于线电流, 但线电压则等于两个相电压的差, 即

$$\left. \begin{aligned} u_{AB} &= u_{AO} - u_{BO}, \\ u_{BC} &= u_{BO} - u_{CO}, \\ u_{CA} &= u_{CO} - u_{AO}. \end{aligned} \right\} \quad (74-4)$$

在相电压是对称的情形下, 各相电压的有效值都相等, 可用 U_ϕ 表示, 这时各个线电压的有效值也都相等, 可用 U_λ 表示。又

若电压的波形是正弦波，则可通过位形图来求出相电压与线电压的大小及相位关系。图 74-4 中画出了图 74-2 或图 74-3 内发电

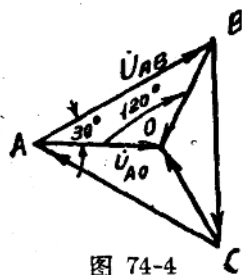


图 74-4

机部分的位形图，由于相电压 $\dot{U}_{AO}$, $\dot{U}_{BO}$, $\dot{U}_{CO}$ 是对称的，因此在位形图上形成一个正三角形 ABC ，故得

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= \sqrt{3} \dot{U}_{AO} e^{j30^\circ}, \\ \dot{U}_{BC} &= \sqrt{3} \dot{U}_{BO} e^{j30^\circ}, \\ \dot{U}_{CA} &= \sqrt{3} \dot{U}_{CO} e^{j30^\circ}. \end{aligned} \right\} \quad (74-5)$$

负载方面的情形也完全相同。就是说：在星形联接中，当正弦相电压为对称时，则线电压在数值上为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍：

$$U_A = \sqrt{3} U_\phi, \quad (74-6)$$

而在相位上超前于先行相（例如对 AB 间线电压而言先行相即为 A 相）相电压 30° 。

在对称的情形下各相电流的有效值也都相等，可用 I_ϕ 表示；各线电流的有效值也都相等，可用 I_A 表示。在星形联接中相电流就是线电流：

$$I_A = I_\phi. \quad (74-7)$$

如果相电压不对称，则不论线电压是否对称都不能应用 (74-5) 或 (74-6) 式的关系。这时若电压波形为正弦波，则可按相电压的向量差用图形或复数来计算线电压，即

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_{AO} - \dot{U}_{BO}, \\ \dot{U}_{BC} &= \dot{U}_{BO} - \dot{U}_{CO}, \\ \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_{CO} - \dot{U}_{AO}. \end{aligned} \right\} \quad (74-8)$$

不论从 (74-4) 或 (74-8) 式均可看出，不论有无中线存在也不论各线电压是否对称，它们的和应恒等于零，这是克希荷夫第二定律的直接结果：

$$\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{BC} + \dot{U}_{CA} = 0. \quad (74-9)$$

§ 75 三角形接法

图 75-1 所示的不联接三相制中, 若将每相邻两相所引出的导

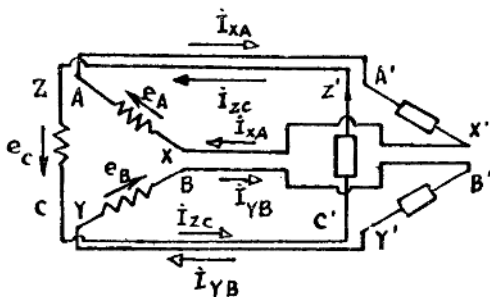


图 75-1

线两两合并, 如图 75-2 所示, 则形成三角形联接, 即发电机与负载都接成了三角形。

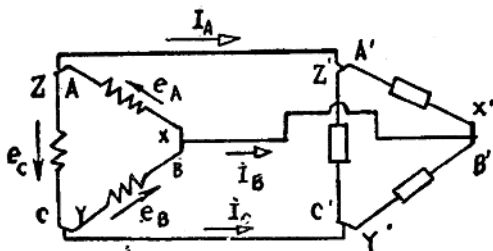


图 75-2

然而, 要将发电机接成三角形必须具备一个条件, 即在所成三角形回路中的回路电势必须等于零, 这样才能保证在没有负载(即外端开路)的情形下发电机内部不致有循环电流。由于发电机绕组对基波频率的等值阻抗极小, 即令在很小的回路电势下也会产生很大的电流, 有烧毁电机的危险。由于一般发电机所产生的电势, 大半可认为是对称正弦三相电势, 如果将每一相绕组的起端与相邻相绕组的末端相联接, 例如 A 接 Z, B 接 X, C 接 Y, 如图 75-

2 所示, 則迴路电势即为

$$\dot{E}_{\text{回}} = \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0,$$

如图 75-3 (a) 所示。設若不慎将其一相繞組反接, 例如將 C 相繞組反接 (A 接 C, B 接 X, Z 接 Y), 則迴路电势將为 [图 75-3 (b)]

$$\dot{E}'_{\text{回}} = \dot{E}_A + \dot{E}_B - \dot{E}_C = -2\dot{E}_C,$$

在数值上为一相电势的二倍, 这显然会发生巨大危險。为此, 当将一个三相电源 (发电机或变压器的副端) 联接成三角形时, 应当先用一个伏特計接到尚未联接的最后一个联接点的两端間 (图 75-4) 以測量一下迴路电势是否为零, 以防联接不慎造成事故。

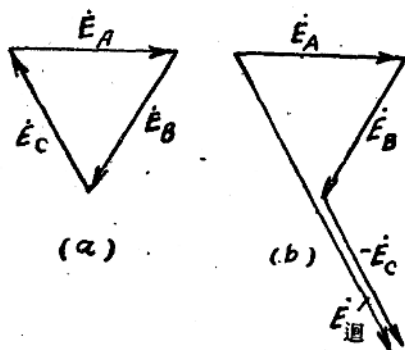


图 75-3

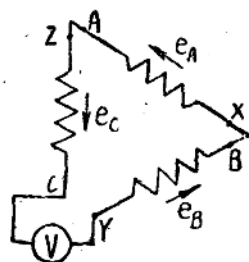


图 75-4

当一个三相負載要接成三角形时, 一般沒有这些問題 (三相电动机及变压器是例外, 此处不詳論及)。

在三角形联接中显然不可能有中性点及中綫, 因此必然是属于三相三綫制。

在三角形联接中, 綫电压也就是相电压。但綫电流与相电流則有区别。根据克希荷夫第一定律, 無論在发电机端或在負載端, 綫电流都等于两个相电流的差, 即

$$\left. \begin{aligned} i_A &= i_{XA} - i_{ZC} = i_{BA} - i_{AC}, \\ i_B &= i_{YB} - i_{XA} = i_{CB} - i_{BA}, \\ i_C &= i_{ZC} - i_{YB} = i_{AC} - i_{CB}. \end{aligned} \right\} \quad (75-1)$$

如果三个相电流是对称正弦相电流，则可通过向量图(图 75-5)以求出各个相电流与各个线电流之间的数值关系和相位关系。从图中可以明显看出：

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_A &= \sqrt{3} \dot{I}_{BA} e^{-j30^\circ}, \\ \dot{I}_B &= \sqrt{3} \dot{I}_{CB} e^{-j30^\circ}, \\ \dot{I}_C &= \sqrt{3} \dot{I}_{AC} e^{-j30^\circ}. \end{aligned} \right\} \quad (75-2)$$

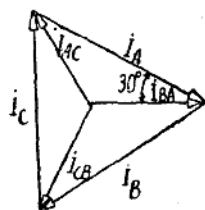


图 75-5

负载方面的情形也完全相同。就是说：在三角形联接中，当正弦相电流为对称时，则线电流在数值上为相电流的 $\sqrt{3}$ 倍：

$$I_A = \sqrt{3} I_\phi, \quad (75-3)$$

而在相位上滞后于后續相^① (例如线电流 $\dot{I}_A$ 是由 AC , BA 两相相电流合成的，而按 $A-B-C$ 相序而论 AC , BA 两相中 BA 为后續相) 相电流 30° 。

在对称的情形下三角形联接中的各相电压与各线电压的有效值彼此相等，即

$$U_A = U_\phi. \quad (75-4)$$

如果相电流不对称，则不论线电流是否对称都不能应用 (75-2) 及 (75-3) 式的关系。这时若电流波形为正弦波，则可按相电流的向量差应用向量或复数来计算线电流，即

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{BA} - \dot{I}_{AC}, \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_{CB} - \dot{I}_{BA}, \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_{AC} - \dot{I}_{CB}. \end{aligned} \right\} \quad (75-5)$$

^① 讀者应注意相位上的超前或滞后与所选电流的正方向有关。設換取各线电流的正方向，则 $\dot{I}_A$ 将超前于先行相相电流 $\dot{I}_{AC} 30^\circ$ 。

不論从(75-1)或(75-5)式均可看出: 在三角形联接中由于沒有中綫的存在, 不論各綫电流是否对称, 它們的和应恒等于零。这是克希荷夫第一定律的直接結果:

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0. \quad (75-6)$$

应当指出: 发电机接成星形或三角形是与負联接成星形或三角形互不相关的。星形联接的发电机也可供电給三角形联接的負載, 或反过来也行。

§ 76 三相正弦电流电路中的功率

以下我們將首先研究三相正弦电流电路, 在本章之末再对三相电路中的非正弦周期电压及电流进行分析。本节則先行分析三相正弦电流电路中的功率問題。

一个三相电源发出的平均功率, 或一个三相負載所接收的平均功率, 都是等于各相电路中平均功率的和, 即

$$P = P_A + P_B + P_C. \quad (76-1)$$

在正弦电流的情形下, 若已知各相电压电流的有效值及功率因数, 則可写为:

$$P = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C. \quad (76-2)$$

如果相电压和相电流都是对称的, 即在对称三相制中, 則

$$U_A = U_B = U_C = U_\phi,$$

$$I_A = I_B = I_C = I_\phi,$$

$$\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi,$$

向量图如图 76-1 所示, 則(76-2)式化为

$$P = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi, \quad (76-3)$$

即对称三相电路的平均功率为一相平均功率的三倍。

以上并未涉及电源或負載的联接法。在对称三相制中, 若发

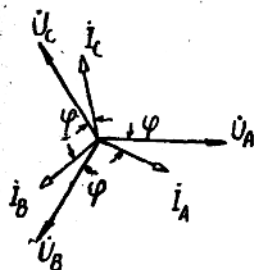


图 76-1

电机或负载联成星形, 则由 (74-6) 及 (74-7) 式有 $U_\phi = \frac{U_A}{\sqrt{3}}$ 及 $I_\phi = I_A$ 等关系, 以此代入 (76-3) 式, 则得

$$P = \sqrt{3} U_A I_A \cos \varphi. \quad (76-4)$$

若发电机或负载联成三角形, 则由 (75-3) 及 (75-4) 式有 $U_\phi = U_A$ 及 $I_\phi = \frac{I_A}{\sqrt{3}}$ 等关系, 以此代入 (76-3) 式仍是得到上面的结果。因此在对称三相制中不论联接方式如何, 平均功率总是等于线电压、线电流与功率因数 $\cos \varphi$ 三者相乘积的 $\sqrt{3}$ 倍。但应注意此处 φ 乃表示各相电流滞后于各对应相电压的角度, 切勿误为线电压与线电流间的相位差。

上式中的 $\cos \varphi$ 既是每相的功率因数, 在对称制中也就是三相制的功率因数:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} U_A I_A}. \quad (76-5)$$

三相正弦电流电路的无功功率也就是各相无功功率的和, 即

$$\begin{aligned} Q &= Q_A + Q_B + Q_C = \\ &= U_A I_A \sin \varphi_A + U_B I_B \sin \varphi_B + U_C I_C \sin \varphi_C. \end{aligned} \quad (76-6)$$

在对称制中不论星形或三角形联接, 都有

$$Q = 3 U_\phi I_\phi \sin \varphi = \sqrt{3} U_A I_A \sin \varphi. \quad (76-7)$$

三相正弦电流电路的视在功率在一般情形下并不等于各相视在功率的和, 而应按下列式计算:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (76-8)$$

在对称制中不论星形或三角形联接, 都有

$$S = 3 U_\phi I_\phi = \sqrt{3} U_A I_A. \quad (76-9)$$

在不对称的情况下, 三相正弦电流电路的功率因数可定为 $\frac{P}{S}$, 若仍记为 $\cos \varphi'$, 则 φ' 无实际意义。不过一般在不对称三相制中, 很少应用无功功率, 视在功率及功率因数等概念。