

三相不对称电路的探讨

郑 怡 樊建军

(兰州石化职工大学 甘肃 兰州 730060)

摘要:本文主要讨论三相不对称负载电路的特点,以及如何利用这种电路判断电源的相序。

关键词:电源;负载;不对称三相电路;相序

中国法分类:TM131.4⁺3 **文献标识码:**A

当电源不对称或负载不对称时,称为不对称的三相电路。一般讲,三相电源总可以认为是对称的,不对称主要是指负载的不对称。本文就三相负载不对称又无中线的情况讨论。

电路如图1所示,现可将图1画成图2所示电路

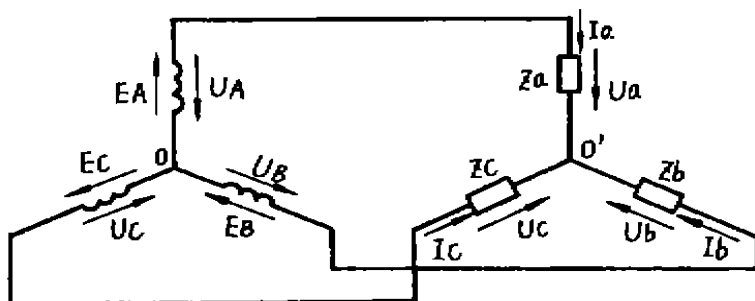


图1 三相不对称负载的星形电路

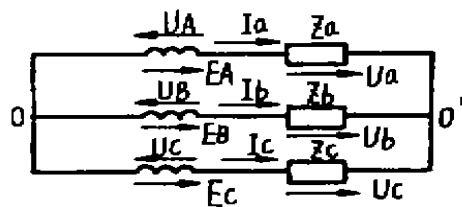


图2

由图可看出,这时的电路是具有两个节点的复杂交流电路,按节点电压法可列出如下计算公式:

$$\begin{aligned}\dot{U}_{O'O} &= \frac{\frac{\dot{E}_A}{Z_a} + \frac{\dot{E}_B}{Z_b} + \frac{\dot{E}_C}{Z_c}}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b} + \frac{1}{Z_c}} \\ &= \frac{\dot{U}_A Y_a + \dot{U}_B Y_b + \dot{U}_C Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c}\end{aligned}$$

$$\text{各相电流} \quad \dot{I}_a = \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_{O'O}}{Z_a} \quad \dot{I}_b = \frac{\dot{U}_B - \dot{U}_{O'O}}{Z_b} \quad \dot{I}_c = \frac{\dot{U}_C - \dot{U}_{O'O}}{Z_c}$$

各相负载上的电压为:

$$\dot{U}_a = \dot{U}_A - \dot{U}_{O'O} = \dot{I}_a Z_a \quad \dot{U}_b = \dot{U}_B - \dot{U}_{O'O} = \dot{I}_b Z_b \quad \dot{U}_c = \dot{U}_C - \dot{U}_{O'O} = \dot{I}_c Z_c$$

从以上讨论可以看出,不对称Y形负载电路无中线时,负载的相电压不再是对称的,产生相电压有的偏

收稿日期:1998-12-05.

高,有的偏低的现象,这可能使有的负载因电压偏高而损伤,有的负载因电压偏低而不能正常工作。因此,为了使负载正常工作,应使负载尽量对称。

我们曾做过一个实验:4个功率相同的白炽灯联接成星形电路,A相并联2个,B、C相各接1个。通电后,B、C相的2个灯亮度相同,A相的2个灯较暗。我们就这个问题计算讨论如下:

$$\text{设 } Z_b = Z_c = R, \text{ 则 } Z_a = \frac{1}{2}R \quad \dot{U}_A = U_P \angle 0^\circ \text{V} \quad \dot{U}_B = U_P \angle 120^\circ \text{V} \quad \dot{U}_C = U_P \angle 120^\circ \text{V}$$

$$\text{则 } \dot{U}_{oo} = \frac{\dot{U}_A/Z_a + \dot{U}_B/Z_b + \dot{U}_C/Z_c}{1/Z_a + 1/Z_b + 1/Z_c} =$$

$$\frac{U_P/\frac{1}{2}R + U_P \angle 120^\circ/R + U_P \angle 120^\circ/R}{1/\frac{1}{2}R + 1/R + 1/R} = \frac{U_P/R(2 + 1 \angle -120^\circ + 1 \angle 120^\circ)}{4/R} = 0.25 U_P$$

$$\text{所以 } \dot{U}_a = \dot{U}_A - \dot{U}_{oo} = U_P - 0.25 U_P = 0.75 U_P$$

$$\dot{U}_b = \dot{U}_B - \dot{U}_{oo} = U_P(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} - 0.25) = 1.15 U_P \angle -131^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_c = \dot{U}_C - \dot{U}_{oo} = U_P(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} - 0.25) = 1.15 U_P \angle -131^\circ \text{V}$$

当 $\frac{1}{2}R$ 接到 B 相, A、C 相分别接 R, 同上理可得:

$$\dot{U}_a = 1.15 U_P \angle 11^\circ \text{V} \quad \dot{U}_b = 0.75 U_P \angle -120^\circ \text{V} \quad \dot{U}_c = 1.15 U_P \angle 109^\circ \text{V}$$

当 $\frac{1}{2}R$ 接到 C 相, A、B 相分别接 R, 也可得:

$$\dot{U}_a = 1.15 U_P \angle -11^\circ \text{V} \quad \dot{U}_b = 1.15 U_P \angle -109^\circ \text{V} \quad \dot{U}_c = 0.75 U_P \angle 120^\circ \text{V}$$

由以上讨论可以看出,不对称 Y 形负载电路无中线时,如果有两相的负载对称,则其两端的电压有效值相等。这反映了同一性质(纯阻性、纯感性和纯容性)的这种电路的特点。如果对这种电路加以改进,以判断电源相序。

下面再对相序指示器电路进行分析讨论:

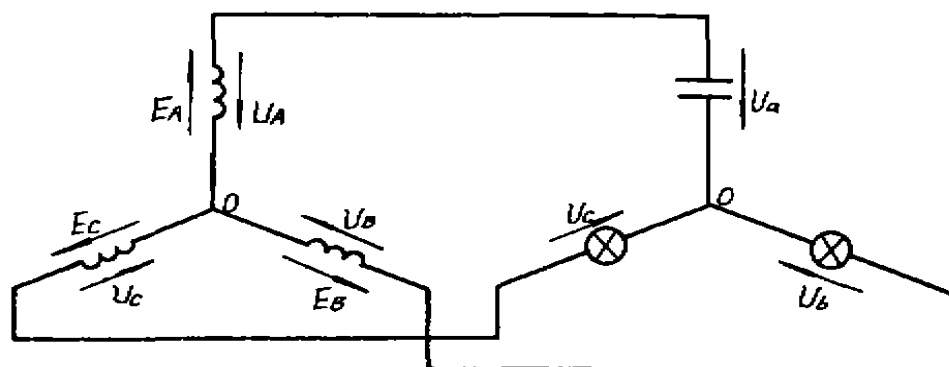


图 3

相序指示器是用来测定电源的相序的,它是由一个电容器和两个相同的电灯联接成星形电路。如果电容器所接的是 A 相,则灯光较亮的是 B 相,灯光较暗的另一相则为 C 相,现在予以证明。我们知道,相序只有两种,即顺相序 A-B-C 和逆相序 A-C-B,因而三者的关系是相对的,任何一相都可以作为 A 相,但 A 相确

定后,B 相(规定为滞后 A 相 120°)和 C 相(规定为超前 A 相 120°)也就一定了。 $\dot{U}_{oo} = \frac{\dot{U}_A/Z_a + \dot{U}_B/Z_b + \dot{U}_C/Z_c}{1/Z_a + 1/Z_b + 1/Z_c}$

$$\text{设 } Z_a = -jR \quad Z_b = Z_c = R$$

$$\dot{U}_A = U_p \angle 0^\circ \text{V} \quad \dot{U}_B = U_p \angle -120^\circ \text{V} \quad \dot{U}_C = U_p \angle 120^\circ \text{V}$$

$$\begin{aligned} \text{则 } \dot{U}_{o'o} &= \frac{U_p \angle 0^\circ / Z_a + U_p \angle -120^\circ / Z_b + U_p \angle 120^\circ / Z_c}{1/Z_a + 1/Z_b + 1/Z_c} \\ &= \frac{U_p / -jR + U_p(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2})/R + U_p(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2})/R}{1/-jR + 1/R + 1/R} \\ &= \frac{U_p[j + (-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}) + (-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2})]}{j + 1 + 1} = U_p(-0.2 + j0.6) = 0.63 U_p \angle -180.4^\circ \text{V} \end{aligned}$$

因而可得到

$$\dot{U}_b = \dot{U}_B - \dot{U}_{o'o} = U_p(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}) - U_p(-0.2 + j0.6) = 1.496 U_p \angle -110.6^\circ \text{V}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_c &= \dot{U}_C - \dot{U}_{o'o} = U_p(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}) - U_p(-0.2 + j0.6) = U_p(-0.3 + j0.266) \\ &= 0.4 U_p \angle 138.4^\circ \text{V} \end{aligned}$$

由于 $U_b = 1.496 U_p > U_c = 0.4 U_p$, 故 B 相灯较 C 相灯为亮, 从而判明了电路的 A、B、C 相。也可将电容改为电感, 得 $U_b = 0.4 U_p < U_c = 1.496 U_p$, B 相灯较 C 相灯暗, 从而判明 A、B、C 相。利用判明的 A、B、C 相, 可以根据电路需要组成不同的相序。

注意: 如果在 380/220V 制中, $1.496 U_p = 330$, 不能用额定电压为 220V 的灯泡, 可用六只 220V 同样白炽灯, 每三只并联, 分别接在 B、C 相上。此时, $\dot{U}_{o'o} = 0.52 U_p \angle 152.2^\circ \text{V}$ 、

$\dot{U}_b = 1.11 U_p \angle -92.1^\circ \text{V}$ $\dot{U}_c = 0.624 U_p \angle 93.7^\circ \text{V}$, 可以非常明显地看出实验结果, 从而判明 A、B、C 相。

参 考 文 献

- (1) 王元熊. 电工学(上册). 上海交通大学出版社, 1985.10
- (2) 屈义襄. 电工学. 化学工业出版社, 1990
- (3) 李翰荪. 电路分析(下册). 中央广播电视大学出版社, 1988.2

The Discussion of Three-phase Unsymmetrical Circuit

Zheng Yi Fan Jianjun

(Lanzhou Petro-chemical Workers staff College, Cansu, Lanzhou, 730060)

Key Words: power, load, unsymmetrical, three-phase circuit, phase-order.

Abstract: The papers mainly discussed the properties of three-phase Unsymmetrical Load circuit, and how to judge the phase-order of power by this circuit.

[责任编辑: 曹向东]