

# 六相电力系统的故障计算方法

金义雄, 程浩忠

(上海交通大学电气工程系, 上海 200030)

摘要: 介绍了一种基于模态的六相电力系统的故障计算方法, 利用六相系统的对称性, 通过对阻抗阵进行变形, 使其解耦成两组三相系统, 并分别对这两组三相系统采用不对称故障的分析方法, 将其组成六相系统的复合序网, 以此对其进行不对称短路故障的计算。

关键词: 六相输电; 短路计算; 不对称故障

中图分类号: TM713 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2005)01-0010-06

## 0 引言

1972年, 在国际大电网会议(CIGRE)上, 多相输电的概念首次被提出。会上 Barthold 和 Barnes 论述裸线传输线中的极限功率密度是 12 000 MW/m<sup>2</sup>, 这是通常三相输电的好几倍。多相输电是一种提高功率密度的重要方法, 它引起了众多电力研究者的兴趣。六相输电和三相输电相比有许多优点, 如它具有较低的相间电压, 轻巧的杆塔结构, 较窄的线路走廊, 大功率输送能力, 对高压断路器触头断流容量要求较低。并且在运行时的可闻噪声、无线电噪声、地面电场等环境方面的指标均优于三相系统。但多相输电线路的故障要比三相输电线路复杂得多, 三相输电线路的故障类型只有 11 种, 而六相系统的短路故障类型就达到 120 种。因而建立恰当的故障分析计算模型对于六相系统的继电保护设计及整定无疑是一项极有意义的工作。文献[1]提到了一种六相输电系统故障计算方法, 但其所采用的变换方法与本文的模态转换法不同, 六相序网结构也不相同。

本文根据六相系统的结构特点介绍了一种新型的计算方法: 将其解耦成两个相互独立的三相线路<sup>[2]</sup>, 并分别对这两组三相线路采用不对称故障的分析方法<sup>[3]</sup>, 利用故障的边界条件将其组成六相系统的复合序网。该方法适用于六相系统所有类型的故障分析, 并便于进行计算机故障分析。

## 1 六相输电线路的解耦<sup>[2]</sup>

如图 1 所示, 六相输电线路在其相间有条垂直的对称轴, 因而其阻抗阵和导纳阵的元素也具有相同的对称结构。其元素有  $aa = bb$ ,  $cc = ff$ ,  $ee = dd$ ,  $af = bc$ ,  $ad = be$ 。

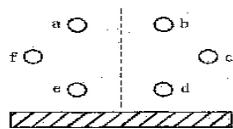


图 1 六相输电系统导线分布

Fig. 1 Line distribution of six-phase transmission system

可将这一特性用组  $(a, b)$   $(c, f)$   $(e, d)$  来表示, 三个组的两个元素在位置上是等价的。利用这种对称特性可以构造一种新的元素模态矩阵使其解耦成两个三相系统。

考虑六相电压和六相电流列向量:

$$[U] = \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \\ U_d \\ U_e \\ U_f \end{bmatrix} \quad [I] = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_d \\ I_e \\ I_f \end{bmatrix} \quad (1)$$

定义两组新的电压元素:

$m$  模态电压

$$\begin{cases} U_m = (1/\sqrt{2}) \cdot (U_a + U_b) \\ U_m = (1/\sqrt{2}) \cdot (U_c + U_f) \\ U_m = (1/\sqrt{2}) \cdot (U_e + U_d) \end{cases} \quad (2)$$

其中  $1/\sqrt{2}$  为单位化因子;

$a$  模态电压

$$\begin{cases} U_a = (1/\sqrt{2}) \cdot (U_a - U_b) \\ U_a = (1/\sqrt{2}) \cdot (U_c - U_f) \\ U_a = (1/\sqrt{2}) \cdot (U_e - U_d) \end{cases} \quad (3)$$

写成矩阵形式有:

$$\begin{bmatrix} U_m \\ U_m \\ U_m \\ U_a \\ U_a \\ U_a \end{bmatrix} = [T] \cdot [U] \quad (4)$$

其中:

$$[U] = [T]^{-1} \begin{bmatrix} U_m \\ U_m \\ U_m \\ U_a \\ U_a \\ U_a \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} U_m \\ U_m \\ U_m \\ U_a \\ U_a \\ U_a \end{bmatrix} \quad (5)$$

$[T]$  为  $T$  的转置。

$$[T] = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

同样也可得到相应的模态电流表达式。

在相模式下的线路方程为:

$$[V] = [Z] \cdot [I] \quad (7)$$

其中:  $Z$  为六相线路的阻抗阵,  $I$  为六相线路流通的电流,  $V$  为线路电压降。

考虑到线路的轮流换位,其阻抗阵形式如下:

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_s & Z_m & Z_m & Z_m & Z_m & Z_m \\ Z_m & Z_s & Z_m & Z_m & Z_m & Z_m \\ Z_m & Z_m & Z_s & Z_m & Z_m & Z_m \\ Z_m & Z_m & Z_m & Z_s & Z_m & Z_m \\ Z_m & Z_m & Z_m & Z_m & Z_s & Z_m \\ Z_m & Z_m & Z_m & Z_m & Z_m & Z_s \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中:  $Z_s$  为线路自阻抗,  $Z_m$  为线路互阻抗。

在  $m/a$  模式下有:

$$[T][U] = [T] \cdot [Z] \cdot [T]^{-1} \cdot [T] \cdot [I] \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} U_m \\ U_a \end{bmatrix} = [T] \cdot [Z] \cdot [T]^{-1} \begin{bmatrix} I_m \\ I_a \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$[Z_{ma}] = [T] \cdot [Z] \cdot [T]^{-1} = \begin{bmatrix} Z_m & 0 \\ 0 & Z_a \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$Z_m = \begin{bmatrix} Z_s + Z_m & Z_m + Z_m & Z_m + Z_m \\ Z_m + Z_m & Z_s + Z_m & Z_m + Z_m \\ Z_m + Z_m & Z_m + Z_m & Z_s + Z_m \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$Z_a = \begin{bmatrix} Z_s - Z_m & Z_m - Z_m & Z_m - Z_m \\ Z_m - Z_m & Z_s - Z_m & Z_m - Z_m \\ Z_m - Z_m & Z_m - Z_m & Z_s - Z_m \end{bmatrix} \quad (13)$$

由上可看到,通过变换  $6 \times 6$  阻抗阵变为两个独

立的  $3 \times 3$  矩阵,这就意味着原来的六相系统解耦成两个独立的三相系统。

对这两个独立的三相系统可以分别建立正、负、零序网络以计算其不对称短路。

对模态电压、电流及阻抗实施正、负、零序变换<sup>[3]</sup>:

$$\begin{bmatrix} U_{m1} \\ U_{m2} \\ U_{m0} \end{bmatrix} = [K] \begin{bmatrix} U_m \\ U_m \\ U_m \end{bmatrix} \quad (14)$$

其中  $K$  为:

$$[K] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & & 2 \\ 1 & 2 & \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

对  $a$  模态电压同样有:

$$\begin{bmatrix} U_{a1} \\ U_{a2} \\ U_{a0} \end{bmatrix} = [K] \begin{bmatrix} U_a \\ U_a \\ U_a \end{bmatrix} \quad (16)$$

将 (14), (16) 写成矩阵形式有

$$\begin{bmatrix} U_{m120} \\ U_{a120} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_m \\ U_a \end{bmatrix} = [J] \cdot [T] \cdot [U] \quad (17)$$

其中:

$$[J] = \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix} \quad (18)$$

对电流同样有:

$$\begin{bmatrix} I_{m120} \\ I_{a120} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_m \\ I_a \end{bmatrix} = [J] \cdot [T] \cdot [I] \quad (19)$$

$$\begin{bmatrix} Z_{m120} \\ Z_{a120} \end{bmatrix} = [J] \cdot [T] \cdot [Z] \cdot [T]^{-1} [J]^{-1} \quad (20)$$

$$[Z_{m120}] = \begin{bmatrix} Z_s & -Z_m & 0 & 0 \\ 0 & Z_s & -Z_m & 0 \\ 0 & 0 & Z_s & +5Z_m \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$[Z_{a120}] = \begin{bmatrix} Z_s & -Z_m & 0 & 0 \\ 0 & Z_s & -Z_m & 0 \\ 0 & 0 & Z_s & -Z_m \end{bmatrix} \quad (22)$$

从式(21)和(22)可看出,  $m$  模态的正负序阻抗为设备各相的自阻抗减去各相的互阻抗,而  $m$  模态的零序阻抗为设备各相的自阻抗加上 5 倍的各相互阻抗,这与普通三相的序阻抗关系类似,不过普通的三相零序阻抗只是通常为正负序阻抗的 2~3 倍。 $a$  模态的正负零序阻抗大小相同,都等于设备各相的自阻抗减去各相的互阻抗。

## 2 模态下的对称六相电压的正负零序分量

由式(4)得:

$$\begin{bmatrix} U_m \\ U_m \\ U_m \\ U_a \\ U_a \\ U_a \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} U & 0 \\ U & -60 \\ U & -120 \\ U & -180 \\ U & -240 \\ U & -300 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \sqrt{3}U & -30 \\ 0 \\ \sqrt{3}U & -210 \\ U & 60 \\ 2U & -120 \\ U & 60 \end{bmatrix} \quad (23)$$

再分别对  $m/a$  进行正、负零变换得:

$$\begin{bmatrix} U_{m1} \\ U_{m2} \\ U_{m0} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} U & 0 \\ U & -60 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$\begin{bmatrix} U_{a1} \\ U_{a2} \\ U_{a0} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} U & 0 \\ U & 120 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (25)$$

从式(24)、(25)可看出,对称的六相电压经变换后不仅有正序分量还有负序分量,而零序分量为0。之所以出现负序分量,是由于经过模态变换后,  $m$  和  $a$  的三相电压不再是三相对称的缘故(见式(23)),虽然  $m$  和  $a$  模态下的负序分量大小相等,方向相反,在复合序网中可以抵消,但在求各自序网的电压和电流时还需用到,故各序网中应加入相应的等值分量。

## 3 六序网的建立

作出各序网电路,在短路端口求出网络的代维南等值电路即为六序网等值电路。其形式如图2~7所示。

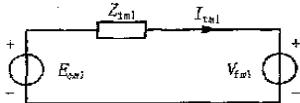


图2  $m$  模态正序等值电路

Fig. 2 Positive sequence equivalent circuit of  $m$  model

## 4 不对称短路及其复合序网

### 4.1 单相(a相)接地短路

单相接地短路时,故障处边界条件为:

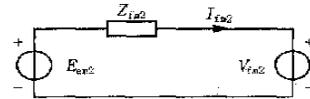


图3  $m$  模态负序等值电路

Fig. 3 Negative sequence equivalent circuit of  $m$  model

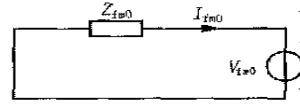


图4  $m$  模态零序等值电路

Fig. 4 Zero-sequence equivalent circuit of  $m$  model

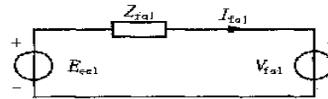


图5  $a$  模态正序等值电路

Fig. 5 Positive sequence equivalent circuit of  $a$  model

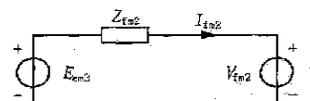


图6  $a$  模态负序等值电路

Fig. 6 Negative sequence equivalent circuit of  $a$  model

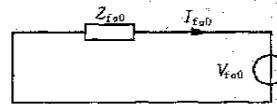


图7  $a$  模态零序等值电路

Fig. 7 Zero-sequence equivalent circuit of  $a$  model

$$V_{fa} = 0, I_{fb} = I_{fc} = I_{fd} = I_{fe} = I_{ff} = 0$$

由式(5)的变换可得:

$$\begin{bmatrix} V_{fa} \\ V_{fb} \\ V_{fc} \\ V_{fd} \\ V_{fe} \\ V_{ff} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} V_{fm} + V_{fa} \\ V_{fm} - V_{fa} \\ V_{fm} + V_{fa} \\ V_{fm} - V_{fa} \\ V_{fm} + V_{fa} \\ V_{fm} - V_{fa} \end{bmatrix} \quad (26)$$

同理可得:

$$\begin{bmatrix} I_{fa} \\ I_{fb} \\ I_{fc} \\ I_{fd} \\ I_{fe} \\ I_{ff} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} I_{fm} + I_{fa} \\ I_{fm} - I_{fa} \\ I_{fm} + I_{fa} \\ I_{fm} - I_{fa} \\ I_{fm} + I_{fa} \\ I_{fm} - I_{fa} \end{bmatrix} \quad (27)$$

则有:

$$V_{fm} + V_{fa} = 0 \quad (28)$$

$$I_{fm} = I_{fm} = I_f = I_f = 0 \quad (29)$$

$$I_{fm} = I_{fa}$$

再由(14)的逆变换可得:

$$\begin{bmatrix} V_{fm} \\ V_{fa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{fm1} + V_{fm2} + V_{fm0} \\ 2V_{fm1} + V_{fm2} + V_{fm0} \\ V_{fa1} + V_{fa2} + V_{fa0} \\ 2V_{fa1} + V_{fa2} + V_{fa0} \\ V_{fa1} + 2V_{fa2} + V_{fa0} \end{bmatrix} \quad (30)$$

同理可得:

$$\begin{bmatrix} I_{fm} \\ I_{fa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{fm1} + I_{fm2} + I_{fm0} \\ 2I_{fm1} + I_{fm2} + I_{fm0} \\ I_{fa1} + I_{fa2} + I_{fa0} \\ 2I_{fa1} + I_{fa2} + I_{fa0} \\ I_{fa1} + 2I_{fa2} + I_{fa0} \end{bmatrix} \quad (31)$$

则模式下的正、负零序边界条件为:

$$V_{fm1} + V_{fm2} + V_{fm0} + V_{fa1} + V_{fa2} + V_{fa0} = 0 \quad (32)$$

$$2I_{fm1} + I_{fm2} + I_{fm0} = 0 \quad (33)$$

$$I_{fa1} + I_{fa2} + I_{fa0} = 0 \quad (34)$$

$$2I_{fa1} + I_{fa2} + I_{fa0} = 0 \quad (35)$$

$$I_{fm1} + I_{fm2} + I_{fm0} = I_{fa1} + I_{fa2} + I_{fa0} \quad (36)$$

由式(23)、(24)、(25)可得:

$$I_{fm1} = I_{fm2} = I_{fm0} = I_{fa1} = I_{fa2} = I_{fa0} \quad (37)$$

由式(32)和式(36)可得出单相短路的复合序网

如图8所示:

由模式下的对称六相电压的正、负、零序分量表达式可得出:

$$\begin{bmatrix} E_{cm1} \\ E_{cm2} \\ E_{cm0} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} E_{cq} & 0 \\ E_{cq} & -60 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (38)$$

$$\begin{bmatrix} E_{ca1} \\ E_{ca2} \\ E_{ca0} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} E_{cq} & 0 \\ E_{cq} & 120 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (39)$$

其中  $E_{cq}$  为不经过模式变换的相电压在短路点处的代维南等值电源电势。

由此得模式下的各序电流为:

$$I_{fm1} = I_{fm2} = I_{fm0} = I_{fa1} = I_{fa2} = I_{fa0} =$$

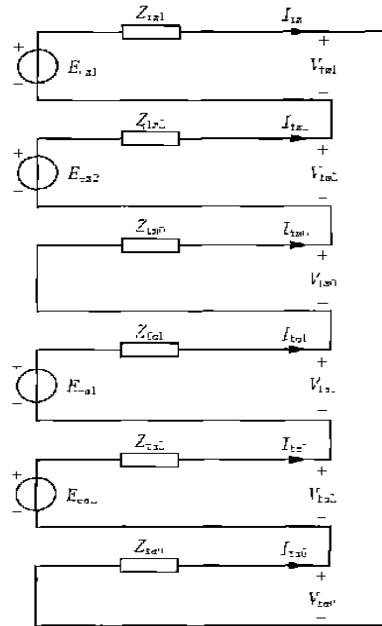


图8 单相短路复合序网

Fig. 8 Compound sequence circuit of single phase short circuit

$$\frac{\sqrt{2} E_{cq} \quad 0}{Z_{fm1} + Z_{fm2} + Z_{fm0} + Z_{fa1} + Z_{fa2} + Z_{fa0}} \quad (39)$$

根据各序网可利用各模式序电流求出故障点的各模式序电压。

得出各模式序电流和模式序电压后再经式(40)、(41)变换可得到各相的短路电流,和故障处的各相电压:

$$[I_f] = [T]^{-1} \cdot [I] \quad (40)$$

$$[V_f] = [T]^{-1} \cdot [V] \quad (41)$$

#### 4.2 其它各种短路下的模式边界条件和模式序电流、模式序电压

由于六相输电线路的故障组合情况仅考虑短路就有120种情况,下面只列出几种短路的情况以供参考。

同前面单相短路接地的分析可得到其它各种短路情况下的模式边界条件和复合序网,并求出模式电流、模式电压,其结果如下:

1) 相邻两相(a,b)短路

边界条件:

$$V_{fa1} + V_{fa2} + V_{fa0} = 0$$

$$I_{fa1} = I_{fa2} = I_{fa0}$$

$$I_{fm1} = I_{fm2} = I_{fm0} = 0$$

求解得

$$I_{f m1} = I_{f m2} = I_{f m0} = 0$$

$$I_{f a1} = I_{f a2} = I_{f a0} = \frac{U_{eq} \quad 60}{\sqrt{2} (Z_{f a1} + Z_{f a2} + Z_{f a0})} \quad (42)$$

2) 相邻两相(a,b)短路接地

边界条件:

$$V_{f m1} + V_{f m2} + V_{f m0} = 0$$

$$I_{f m1} = I_{f m2} = I_{f m3}$$

$$V_{f a1} + V_{f a2} + V_{f a0} = 0$$

$$I_{f a1} = I_{f a2} = I_{f a3}$$

求解得

$$I_{f m1} = I_{f m2} = I_{f m0} = \frac{\sqrt{3} E_{cq} - 30}{\sqrt{2} (Z_{f a1} + Z_{f a2} + Z_{f a0})} \quad (43)$$

$$I_{f a1} = I_{f a2} = I_{f a0} = \frac{E_{cq} \quad 60}{\sqrt{2} (Z_{f a1} + Z_{f a2} + Z_{f a0})}$$

3) 跨相(a,c)短路

边界条件:

$$I_{f m0} = I_{f a0} = 0$$

$$I_{f m1} = I_{f a1}$$

$$I_{f m2} = I_{f a2}$$

$$I_{f m1} + I_{f m2} = 0$$

$$(V_{f m1} + V_{f a1}) = (V_{f m2} + V_{f a2})$$

由以上的边界条件可以看出故障处序电压发生了移相。

为了描述以上的移相,由于:

$$E_{c m2} - Z I_{f m2} = V_{f m2} \quad (44)$$

将式(44)两边同乘以 得:

$$E_{c m2} - Z I_{f m2} = V_{f m2} \quad (45)$$

同理可得:

$$E_{c a2} - Z I_{f a2} = V_{f a2} \quad (46)$$

则可得如图 9 所示复合序网。

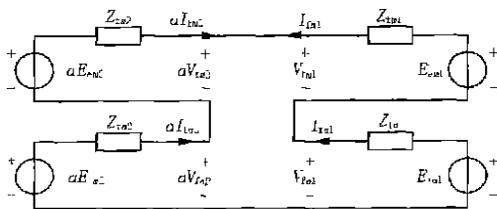


图 9 a-c 两相短路复合序网

Fig. 9 Compound sequence circuit of phase a-c short circuit

则可求得:

$$I_{f m2} = I_{f a2} = - I_{f m1} = - I_{f a1} =$$

$$\frac{\sqrt{2} E_{cq} \quad 180}{Z_{f m1} + Z_{f m2} + Z_{f a1} + Z_{f a2}} \quad (47)$$

$$I_{f m0} = I_{f a0} = 0 \quad (48)$$

4) 跨相(a,c)短路接地

边界条件:

$$I_{m0} = I_{a0}$$

$$I_{m1} = I_{a1}$$

$$I_{m2} = I_{a2}$$

$$I_{f m1} + I_{f m2} + I_{f m0} = 0$$

$$V_{f m1} + V_{f a1} = V_{f m0} + V_{f a0}$$

$$V_{f m1} + V_{f a1} = I_{f m2} + I_{f a2}$$

则可得如图 10 所示复合序网:

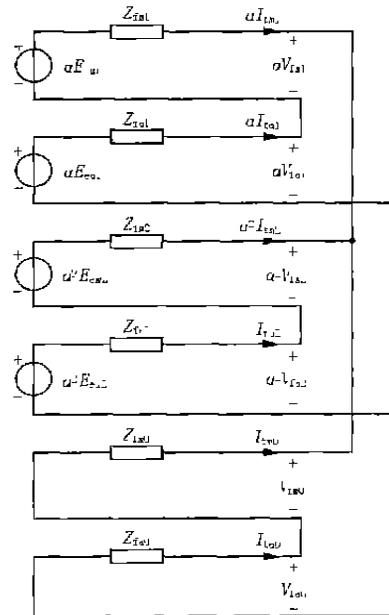


图 10 a-c 两相短路接地复合序网

Fig. 10 Compound sequence circuit of phase a-c grounding short circuit

$$I_{f m0} = I_{f a0} = I_{f m1} = I_{f a1} = I_{f m2} = I_{f a2} = \frac{\sqrt{2} E_{cq}}{Z_{f m1} + Z_{f a1} - Z_{f m0} - Z_{f a0}} \quad (49)$$

综上所述可见:

六相输电线路仅在两相短路的情况下也有多种复合序网等值电路,且各自的模态序电流表达式也是完全不一样的。如果考虑到全部可能的 120 种故障,如要用类似三相系统对其进行列举分析将是非常复杂且计算量庞大的工作,因而它是不实用的。因此六相输电线路的短路故障应根据故障的情况列出其边界条件(包括六个方程),并结合其各自的等值电路(如图 2~7 所示),一共有 12 个方程,12 个未

知数。列出方程组用计算机计算各模态序电流和故障处的模态序电压。

## 5 结论

本文采用了一种新型的六相系统的分析方法,通过模态变换将六相系统分解成为两个解耦的三相系统来研究。这种方法利用了六相输电线路的对称特性,通过对对称组的和差变换实现了系统的解耦。然后分别对两个解耦的系统进行正、负、零序变换,得到模态下的各序网,并利用故障的边界条件经过同样的模态和序变换得到了模态下的复合序网,从而可求出六相系统在不对称短路情况下的各模态序电流和模态序电压,再经反变换得到各相电压电流。

本文为六相电力系统故障分析计算建立了一种崭新的分析思路,由于六相系统的故障类型多达120种,故适合于用计算机进行分析计算,而本文所提出的方法为计算机分析计算提供了一种良好的方法,这对于六相系统的继电保护设计及整定无疑是一项极有意义的工作。

## 参考文献:

[1] 刘恩德. 六相输电系统故障分析方法[J]. 国际电力,

2004,(4):36-39.

LIU En-de. Six-phase Transmission System Fault Analysis Method [J]. International Electric Power, 2004,(4):36-39.

[2] Portela C M, Tavares M C. Six-Phase Transmission Line Propagation Characteristics and New Three-phase Representation[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1993,8(3):1470-1483.

[3] 何仰赞,温增银. 电力系统分析(上册)第三版[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.

HE Yang-zan, WEN Zeng-yin. Power System Analysis (Part One), Third Edition[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2002.

收稿日期: 2004-05-11; 修回日期: 2004-06-24

作者简介:

金义雄(1977-),男,博士研究生,研究方向为电力系统规划; E-mail: jyx77@sju.edu.cn

程浩忠(1962-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为电力系统规划、电压稳定、电能质量、电力市场。

## Fault calculation method for six-phase transmission system

JIN Yi-xiong, CHENG Hao-zhong

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** This paper introduces a model based fault analysis method for six-phase transmission system. Using basic symmetry properties of six-phase transmission line, this paper firstly transforms the impedance matrix to two uncoupled three-phase systems, and then calculates the two systems with asymmetrical fault analysis method respectively, finally does asymmetrical short-circuit calculation after composing the two systems into six-phase compound sequence system.

**Key words:** six-phase transmission; short-circuit calculation; asymmetry fault

## 2006年中国电能供需有望缓和

中国发展和改革委员会能源局局长徐锭明在出席“中国发电机组装机突破四亿千瓦”会议时表示,“2005年中国电力供需形势将有所缓解,总体偏紧,部分地区在高峰时段将出现拉闸限电,到2006年中国电能供需有望全面缓和”。

针对电力供需出现的新情况和新问题,国家对电源结构进行了有序调整。水电开发占装机总量的百分之二十四点二,三十、六十万千瓦的环保型火电机组目前还是电力建设的主力机型。但随长江上大规模的水电开发,将为有效缓解电力供需形势发挥重要作用。初步预测,2006年中国电能供需有望全面缓和。若要满足实现全面小康社会的需要,在未来十五年间,中国需新增加五十亿万千瓦以上的发电装机,这就意味未来几年将是中国电源建设更加快速发展的阶段。