

炼 油 厂

电 气 设 计 计 算 手 册

上 册

编写： 赵易之

校对： 张印海

天 津 石 油 化 工 总 厂 设 计 室

1 9 7 8 年 7 月

英明领袖华主席在“五届人大”第一次会议的政府工作报告中指出：“我国人民在社会主义革命和社会主义建设的新的发展时期的总任务，就是要坚决贯彻执行党的十一大路线，坚持无产阶级专政下的继续革命，深入开展阶级斗争，生产斗争和科学实验三大革命运动，在本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的伟大的社会主义强国”。

为使我们的设计工作满足这一新形势的需要，特编制本手册，主要是为我室从事炼厂电气设计人员参考之用。手册的编制参考了目前国内一些电气方面的设计资料，结合炼厂电气设计方面的特点和我们的体会，偏重于公式计算和计算成果。

全手册共分上下册两部分，上册主要内容是炼厂110千伏及以下高低压变配电的负荷计算、短路电流计算，高低压电气设备选择，继电保护整定，架空线路导线力学计算。下册主要内容是炼厂防雷、接地、照明，车间高低压变配电二次结线，直流操作电源及硅整流电路，交流电动机启动调速。

由于我们水平所限，不免有些错误，希指正。

总 目 录

上册:

- 第一章 负荷计算
- 第二章 短路电流
- 第三章 高低压电气设备选择
- 第四章 交流电动机容量计算及选择
- 第五章 电压损失与电力损失
- 第六章 继电保护
- 第七章 架空线路导线力学计算

下册:

- 第八章 直流操作电源
- 第九章 磁及可控硅整流
- 第十章 车间高低压变电所二次接线
- 第十一章 交流电动机启动、调速、制动
- 第十二章 厂内防雷接地
- 第十三章 照明
- 第十四章 逻辑电路

上册分目录

第一章 负荷计算	1
一、换算系数法	1
二、轴功率法	3
第二章 短路电流计算	4
一、三相短路电流计算	4
1. 无限电源	4
2. 有限电源	4
3. 短路电流冲击值和全短路电流有效值	7
4. 异步电机的反馈短路电流	8
二、不对称短路电流计算	8
1. 各种短路电流真值	3
2. 容量无限大电源	11
3. 有限电源	12
三、基准值和标么值	12
1. 基准值	12
2. 标么值	13
3. 从一状态的标么值化到二状态的标么值	13
4. 各种电气设备电抗标么值	14
四、阻抗变换	11
五、1KV以下低压电力网络短路计算	14
六、短路电源计算成果	19

第三章 高低压电气设备选择-----35

一 高压电气设备选择-----35

1. 按工作电压选择-----35

2. 按工作电流选择-----35

3. 按断流容量选择-----37

4. 按短路电流热效应选择-----37

5. 短路电流电动效应计算-----44

6. 一般高压电气设备选择-----51

7. 电力变压器容量选择-----69

8. 限流电抗器电抗值选择-----71

二 低压电气设备选择-----73

1. 刀开关选择-----75

2. 熔断器选择-----76

3. 自动空气开关选择-----82

4. 交直流接触器和磁力起动器选择-----83

5. 热继电器选择-----83

6. 500V 以下低压电线和电缆选择-----84

第四章 交流电动机选择-----90

一 按周围环境影响选择电动机型式-----90

1. 电动机外壳结构形式-----90

2. 按周围环境选择电动机型式-----90

二 按电压选择-----92

三	容量选择-----	91
1.	负荷平稳长期工作制电机-----	91
2.	周期性波动负荷长期工作制电机-----	97
3.	短时工作制电机-----	98
4.	反复短时工作制电机-----	99
第五章	电压损失与电力损失-----	100
一	电压损失-----	100
二	电力损失-----	103
三	各种情况下允许的电压降和电压偏移值-----	105
第六章	继电保护(电磁式)-----	107
一	保护整定值计算-----	107
1.	电力变压器保护-----	107
2.	3~10KV电动机保护-----	114
3.	6~10KV架空和电缆线路的保护-----	114
二	保护装置的动作配合-----	122
1.	按动作电流配合-----	122
2.	按动作时限配合-----	122
3.	继电保护与自动装置配合-----	122
三	保护用电流互感器-----	122
四	各种保护装置在故障回路内的电流分布-----	122
五	小接地电流电网中电容电流计算-----	127
1.	6~10KV电缆线路单位长度单相接地	

2. 6~10KV 架空线路单位长度单相接地

地电容电流-----127

3. 6~35KV 小接地电网中的单相接地

电容电流-----127

4. 凸极式同步电机的电容电流-----127

5. 隐极式同步电机电容电流-----128

6. 小接地电流电网另序保护整定注意事项--128

第七章 架空线路导线力学计算-----130

一 导线计算的基本公式-----130

二 导线状态方程式-----130

三 几种物理挡距-----131

1. 代表挡距-----131

2. 临界挡距-----131

3. 等值挡距-----132

四 导线断线张力-----132

五 架空线路导线各种比载-----134

1. 计算公式-----134

2. 各种比载计算结果-----136

六 导线及避雷线的原始数据-----137

1. 导线及避雷线的机械物理特性-----137

2. 导线及避雷线技术规范-----138

第一章 负荷计算

一、换算系数法 (即需用系数法),

$$(1) S_{js} = K \Sigma P_d$$

式中: S_{js} : 计算负荷 (KVA)

ΣP_d : 电动机计算容量之和 (KW)

K : 换算系数 (即需用系数)

$$K = \frac{K_t K_f}{M_d M_g \cos \varphi} = K_t K_z$$

式中: K_t : 同时率,

K_z : 电动机单独换算系数,

K_f : 电动机平均负荷率,

m_d : 电动机平均效率,

m_g : 供电线路效率,

$\cos \varphi$: 电动机平均功率因数.

(2) 上式中各种电动机的计算容量 P_d , (KW)

(1) 连续运行的电动机 $P_d = P$ (电动机额定容量).

(2) 短时运行及断续经常运行的电动机,

$$P_d = 0.5 P$$

(3) 机修间: $P_d = 0.14 P_{\Sigma} + 0.4 P_5$

式中: P_{Σ} : 全部电动机额定容量之和

P_5 : 其中 5 台最大电动机容量之和

(4) 电焊机及电焊变压器:

$$P_d = S_e J_c \sqrt{J_c \cos \phi_e}$$

式中: $S_e J_c$: 额定暂载率时的额定视在功率 (KVA)

J_c : 额定暂载率,

$\cos \phi_e$: 额定功率因数

3. 单相负荷换算成三相负荷

$$P_a = P_{ab} \cdot P(ab)_a + P_{ca} \cdot P(ca)_a$$

$$Q_a = P_{ab} \cdot q(ab)_a + P_{ca} \cdot q(ca)_a$$

$$P_b = P_{bc} \cdot P(bc)_b + P_{ab} \cdot P(ab)_b$$

$$Q_b = P_{bc} \cdot q(bc)_b + P_{ab} \cdot q(ab)_b$$

$$P_c = P_{ca} \cdot P(ca)_c + P_{bc} \cdot P(bc)_c$$

$$Q_c = P_{ca} \cdot q(ca)_c + P_{bc} \cdot q(bc)_c$$

式中: P_a, P_b, P_c : 换算至 a、b、c 相的有功功率 (KW)

Q_a, Q_b, Q_c : 换算至 a、b、c 相的无功功率 (KVAR)

P_{ab}, P_{bc}, P_{ca} : 接于 ab、bc、ca 线电压的单相用电设备的有功功率 (KW)

$p(ab)_a, g(ab)_a$ 换算系数 见表 1-1

表 1-1 不同功率因数的换算系数

换算系数	COSφ									
	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0		
P(ab)a, P(bc)b, P(ca)c	1.27	1.17	1.0	0.89	0.84	0.8	0.72	0.64	0.5	
P(ab)b, P(bc)c, P(ca)a	-0.27	-0.17	0	0.11	0.16	0.2	0.28	0.36	0.5	
q(ab)a, q(bc)b, q(ca)c	1.05	0.86	0.56	0.38	0.3	0.22	0.09	-0.05	-0.29	
q(ab)b, q(bc)c, q(ca)a	1.63	1.44	1.16	0.96	0.88	0.8	0.67	0.53	0.29	

上述计算结果取最大相负荷的 3 倍为三相负荷值。

二、轴功率法:

$$S_{js} = K_t \Sigma \frac{P_{gd}}{M_d \cos \varphi_d} \quad (\text{KVA})$$

式中: K_t : 同时率 一般取 0.9~0.95

P_{gd} : 电动机的轴功率 (KW)

M_d : 对应于轴功率的电动机效率

$\cos \varphi_d$: 对应于轴功率的电动机功率因数

第二章 短路电流计算

一、三相短路电流计算：

1. 无限电源（以供电电源为基准的电抗标么值 ≥ 3 ）

$$S'' = I'' = I_{\infty} = \frac{1}{(X_{*\Sigma}^2 + R_{*\Sigma}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

若 $R_{*\Sigma} < \frac{1}{2} X_{*\Sigma}$ 则视 $R_{*\Sigma} = 0$

$$S' = S_{\infty} = S'' S_j$$

$$I' = I_{\infty} = I'' I_j$$

式中： S'' S_{∞} ：次暂态（0.02S）短路容量周期分量有效值

（MVA）与标么值。

I'' I_{∞} ：次暂态短路电流周期分量有效值（KA）与标么值。

I_{∞} I_{∞} ： ∞ S 短路电流周期分量有效值（KA）与标么值。

S_j ：三相基准容量（MVA）

I_j ：基准相电流（KA）

$X_{*\Sigma}$ ：短路回路总次暂态电抗标么值

$R_{*\Sigma}$ ：短路回路总电阻标么值。

2. 有限电源（以供电电源为基准的电抗标么值 < 3 ）。

(1) 运算曲线法：见图 2-1、2-2。

图中： I_{*zt} ：以短路系统发电机总容量为基准的，短路电流周期分量有效值的标么值。

X_{js} ：以短路系统发电机总容量为基准的电抗标么值。

(2) 简化公式法：见表 2-1

简化公式法是根据运算曲线分析得出的，其误差在 5% 以内。

表 2-1

发电机型式	I_{ϕ}''	$I_{\phi} 0.2$	$I_{\phi \infty}$
汽轮发电机	$I_{\phi}'' = \frac{1}{X_{\phi}}$	$I_{\phi 0.2} = \frac{1}{X_{\phi} + 4X_{\phi}'} \begin{matrix} \text{当 } X_{\phi} = 0.1 \sim 0.2 \Delta X_{\phi} = 0.085 \\ \text{当 } X_{\phi} = 0.3 \sim 0.3 \Delta X_{\phi} = 0.09 \\ \text{当 } X_{\phi} > 0.3 \Delta X_{\phi} = 0.1 \end{matrix}$	$I_{\phi \infty} = \frac{1.6}{X_{\phi} + 0.5} \quad (\text{当 } X_{\phi} < 1)$ $I_{\phi \infty} = \frac{1}{X_{\phi} - 0.125} \quad (\text{当 } X_{\phi} \geq 1)$
水轮发电机	$I_{\phi}'' = \frac{1}{X_{\phi} - 0.17}$	$I_{\phi 0.2} = \frac{1}{X_{\phi} - 0.006}$	$I_{\phi \infty} = \frac{1.56}{X_{\phi} + 0.24} \quad (X_{\phi} < 1)$ $= \frac{1}{X_{\phi} - 0.2} \quad (X_{\phi} \geq 1)$
无阻尼线圈	$I_{\phi}'' = \frac{1}{X_{\phi} - 0.0375}$	$I_{\phi 0.2} = \frac{1}{X_{\phi} + 0.064}$	$I_{\phi \infty} = \frac{1.56}{X_{\phi} + 0.17} \quad (X_{\phi} < 1)$ $= \frac{1}{X_{\phi} - 0.27} \quad (X_{\phi} \geq 1)$

表中 X_{ϕ} 为 X_{js}

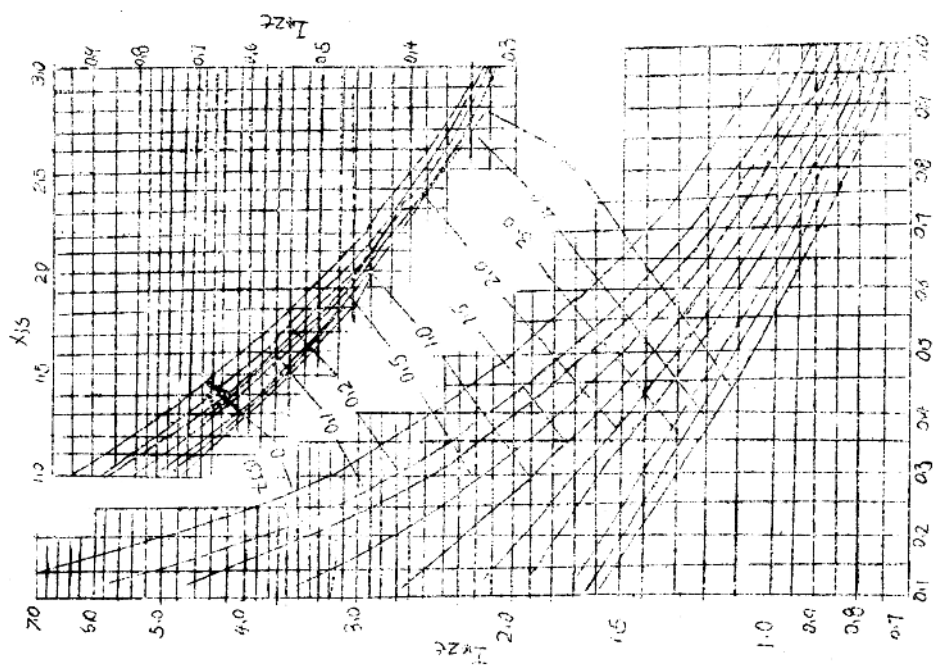


图 2-2 没有自动电压调整器的标准型汽轮发电
机运算曲线

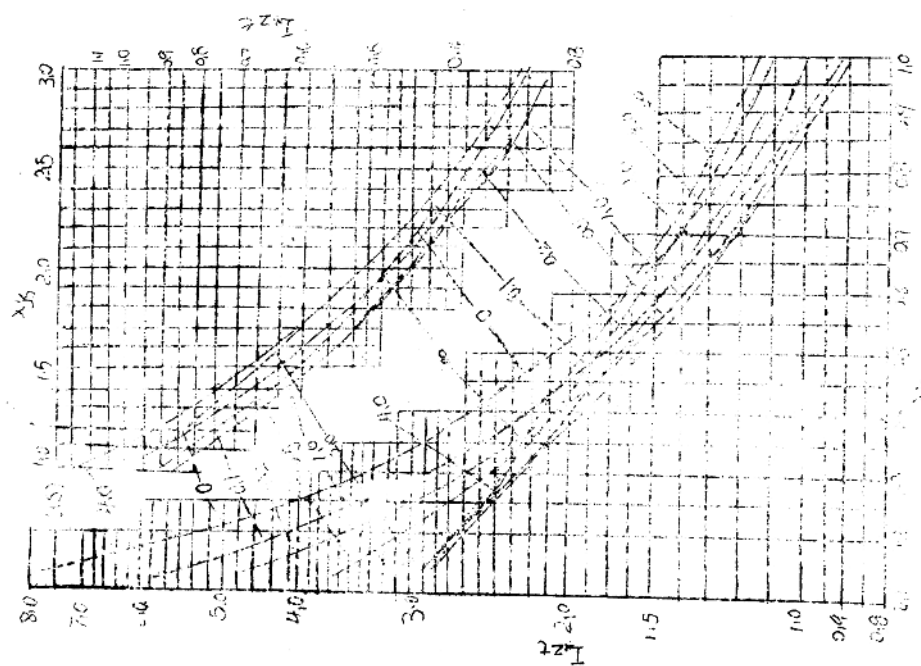


图 2-1 具有自动电压调整器的标准型汽轮发电
机运算曲线

(3) 用(1)、(2)求出 I_{zt}

$$\text{得 } I_{zt} = I_{e\Sigma} \cdot I_{zt} \quad (\text{KA})$$

$$S_{dt} = S_{e\Sigma} \cdot I_{zt} \quad (\text{KA})$$

式中: $I_{e\Sigma}$: 以短路系统发电机总容量与基准的电流 (KA)

$S_{e\Sigma}$: 短路系统发电机总容量 (MVA)

I_{zt} : 各种时间的短路电流周期分量有效值 (KA)

S_{dt} : 各种时间的短路容量周期分量有效值 (MVA)

3. 短路电流冲击值和全短路电流有效值:

短路电流经过半周期 (0.01S) 时, 短路电流即时值达到最大值, 称为短路电流冲击值 i_{ch} .

$$i_{ch} = K_{ch} \cdot \sqrt{2} I'' = \sqrt{2} I'' + \sqrt{2} I'' \cdot e^{-\frac{0.01}{T_{fi}}} \quad (\text{KA})$$

式中: $K_{ch} = 1 + e^{-\frac{0.01}{T_{fi}}}$ (K_{ch} 称为短路电流冲击系数).

$\sqrt{2} I''$: 短路电流周期分量幅值 (KA)

$\sqrt{2} I'' e^{-\frac{0.01}{T_{fi}}}$: 短路电流非周期分量幅值 (KA)

$T_{fi} = \frac{X_{\Sigma}}{314 R_{\Sigma}}$: 非周期分量衰减的时间常数 (S)

当电路内只有电抗时: $T_{fi} = \infty$, $K_{ch} = 2$

当电路内只有电阻时: $T_{fi} = 0$, $K_{ch} = 1$

当电路内 $R_{\Sigma} < \frac{1}{3} X_{\Sigma}$ 时: $T_{fi} = 0.05 K_{ch} = 1.8$, $i_{ch} = 2.55 I''$

当电路内 $R_{\Sigma} > \frac{1}{3} X_{\Sigma}$ 时: $K_{ch} = 1.3$, $i_{ch} = 1.84 I''$

当短路点发生在单机容量为 1200KW 及以上的发电机电压母线上时, $K_{ch} = 1.9$ $i_{ch} = 2.7 I''$

短路开始后第一周期内 (0.02S) 全短路电流有效值:

$$I_{ch} = \sqrt{1 + 2(K_{ch} - 1)^2} I'' \quad (\text{KA})$$

当 $K_{ch}=1.8$ 时; $I_{ch}=1.52I''$

$K_{ch}=1.3$ 时, $I_{ch}=1.09I''$

$K_{ch}=1.9$ 时; $I_{ch}=1.62I''$

4. 异步电机的反馈短路电流:

由于异步电机反馈送出的电流衰减得非常快, 因此, 计算时间 $t > 0.018$ (半周) 的短路电流不予考虑。

电动机的反馈冲击电流:

$$i_{chd} = \sqrt{2} \cdot \frac{E''}{X_{sd}} \cdot K_{ch} \cdot I_{ed} \quad (A)$$

式中: I_{ed} : 电动机额定电流 (A);

E'' : 电动机次暂态电势标么值, 一般约为 0.9。

X_{sd} : 以电动机本身容量为基准的次暂态电抗标么值, 取平均值 0.2。

K_{ch} : 短路电流冲击系数, 对高压电机取 1.4~1.8, 对低压电机取 1.0

上列数字代入公式后, 则 $i_{chd} = 6.5 K_{ch} \cdot I_{ed} (A)$

电动机反馈全短路电流最大有效值:

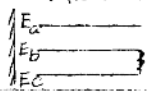
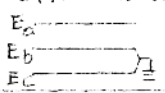
$$I_{chd} = 6.9 K_{ch} \cdot I_{ed} (A)$$

二、不对称短路电流计算:

1. 各种短路电流真值计算公式见表 2-2。

向量图见图 2-3

不对称短路、各相电流、电压计算公式汇总表 表2-2

序号	短路故障类型	短路种类		
		二相短路	单相短路	二相接地短路
				
1	a相正序电流 i_{a1}	$\frac{E_a}{j(X_{1E} + X_{2E})}$	$\frac{E_c}{j(X_{1E} + X_{2E} + X_{0E})}$	$\frac{E_a}{j(X_{1E} + \frac{X_{2E} \cdot X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}})}$
2	a相负序电流 i_{a2}	$-i_{a1}$	i_{a1}	$-i_{a1} \frac{X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}}$
3	a相零序电流 i_{a0}	0	i_{a1}	$-i_{a1} \frac{X_{2E}}{X_{2E} + X_{0E}}$
4	a相电流 i_a	0	$3i_{a1}$	0
5	b相电流 i_b	$-j\beta i_{a1}$	0	$(a^2 \frac{X_{2E} + a^2 X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}}) i_{a1}$
6	c相电流 i_c	$j\beta i_{a1}$	0	$(a \frac{X_{2E} + a^2 X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}}) i_{a1}$
7	a相正序电压 U_{a1}	$jX_{2E} i_{a1}$	$j(X_{2E} + X_{0E}) i_{a1}$	$j \frac{X_{2E} X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}} i_{a1}$
8	a相负序电压 U_{a2}	$jX_{2E} i_{a1}$	$-jX_{2E} i_{a1}$	$j \frac{X_{2E} X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}} i_{a1}$
9	a相零序电压 U_{a0}	0	$-jX_{0E} i_{a1}$	$j \frac{X_{2E} X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}} i_{a1}$
10	a相电压 U_a	$2jX_{2E} i_{a1}$	0	$3j \frac{X_{2E} X_{0E}}{X_{2E} + X_{0E}} i_{a1}$
11	b相电压 U_b	$-jX_{2E} i_{a1}$	$j[(a^2 - a)X_{2E} + (a^2 - 1)X_{0E}] i_{a1}$	0
12	c相电压 U_c	$-jX_{2E} i_{a1}$	$j[(a - a^2)X_{2E} + (a - 1)X_{0E}] i_{a1}$	0
13	电流向量图	见图2-3a	见图2-3b	见图2-3c
14	电压向量图	见图2-3d	见图2-3e	见图2-3f

式中 X_{1E} —短路回路总正序电抗 $a = e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ X_{2E} — " " " " " 负序 " " $a^2 = e^{j240^\circ} = e^{-j120^\circ} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$ X_{0E} — " " " " " 零序电抗

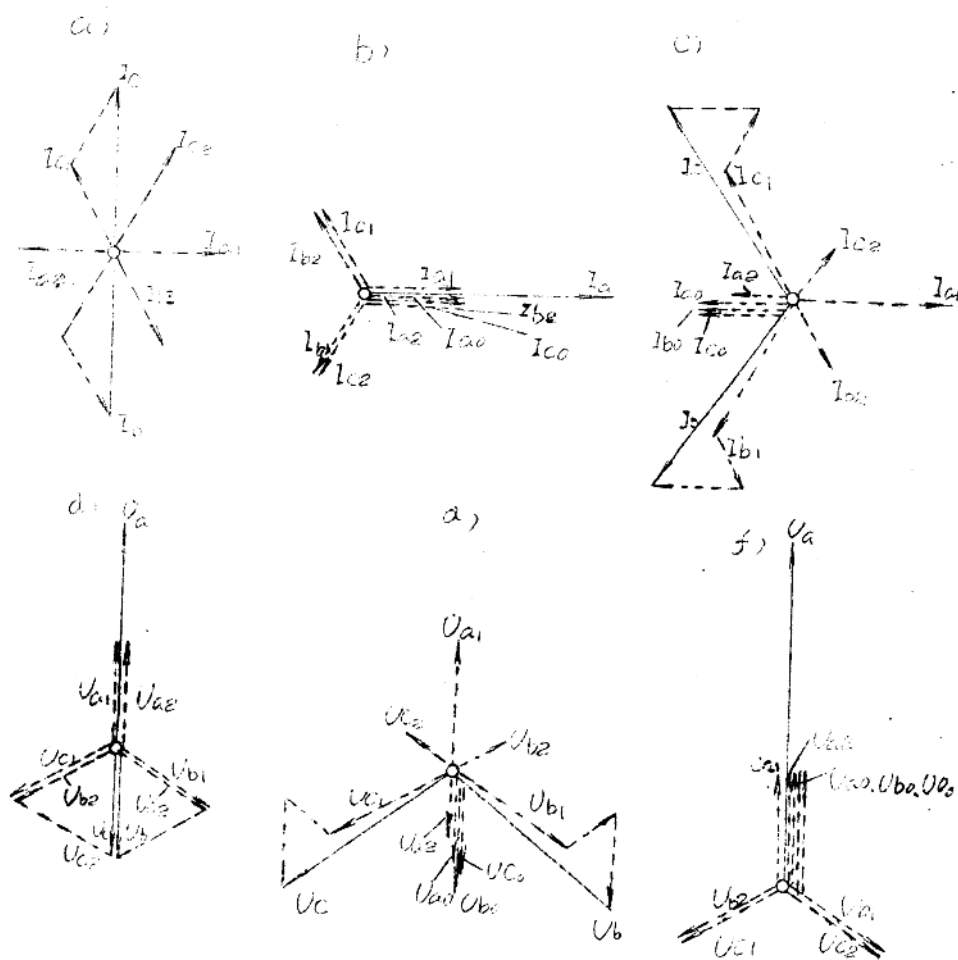


图 2-3