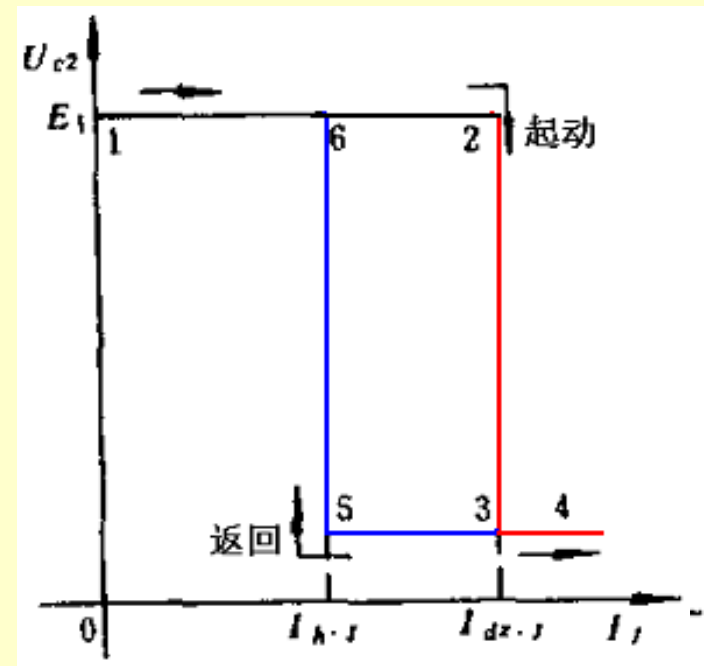


第一节 单侧电源网络相间短路的电流保护

一、继电保护的继电特性

- I_j 增大; $I_j > I_{op}$ 时, 输出端导通 (闭合)
- I_j 减小; $I_j < I_{re}$ 时, 输出端截止 (断开)
- 闭合和断开明确干脆, 无中间位置, 称为“继电特性”



三段式相间短路的电流保护分为：

1. 电流速断保护（电流保护I段）

要求检测到电流大于线路末端短路电流值时，无延时地发出断路器跳闸信号。 $I_j > I_{op} \quad t = 0$

2. 限时电流速断保护（电流保护II段）

要求检测到电流大于相邻保护动作电流值时，延时 Δt 时间发出断路器跳闸信号。

3. 定时限过电流保护（电流保护III段）

要求检测到电流大于正常工作电流值时，延时 t 时间发出断路器跳闸信号。

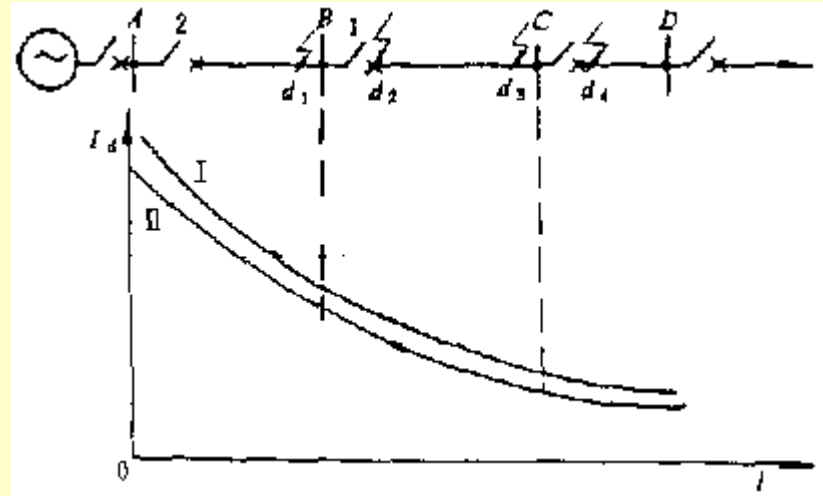
区别：动作电流值不同；动作时间不同。

电力系统短路电流与系统运行方式及故障类型的关系：

$$I_k = \frac{E\phi}{Z_{\Sigma}} = \frac{E\phi}{Z_s + Z_k}$$

对同一点短路：

- 等效相电势 $E\phi$
- $\left\{ \begin{array}{l} Z_s \text{ 最小, 短路电流最大, 称系统最大运行方式} \\ Z_s \text{ 最大, 短路电流最小, 称系统最小运行方式} \end{array} \right.$
- 短路电流还与故障类型有关, $\left\{ \begin{array}{l} \text{三相短路电流最大,} \\ \text{两相短路电流最小。} \end{array} \right.$

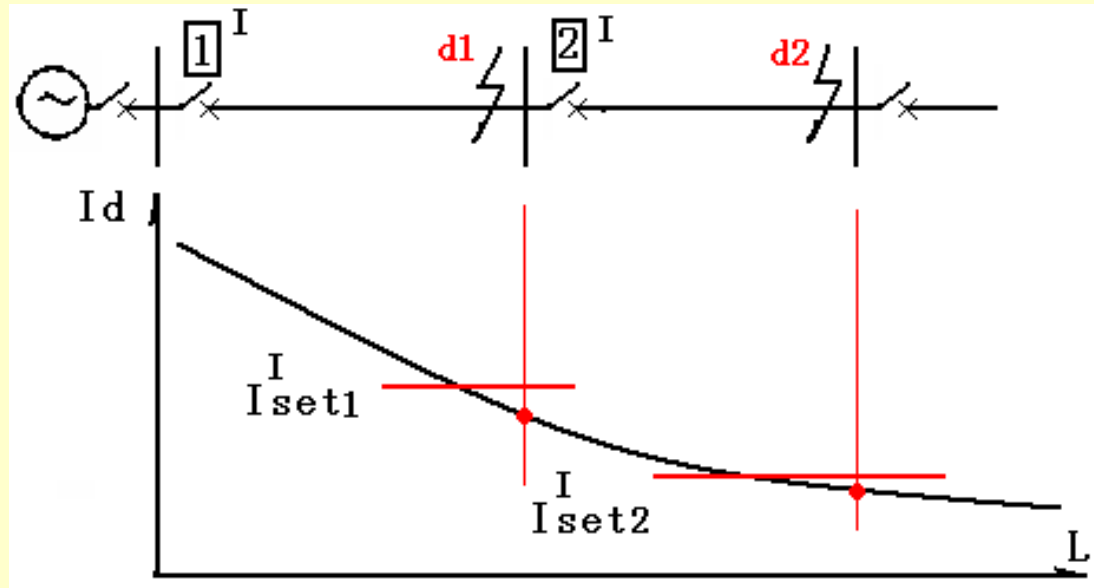


1. 电流速断保护（电流保护I段）

1) 电流速断保护（I段）整定计算原则

原则：

保证电流速断
保护动作的选
择性，整定值
大于线路末端
最大短路电
流。

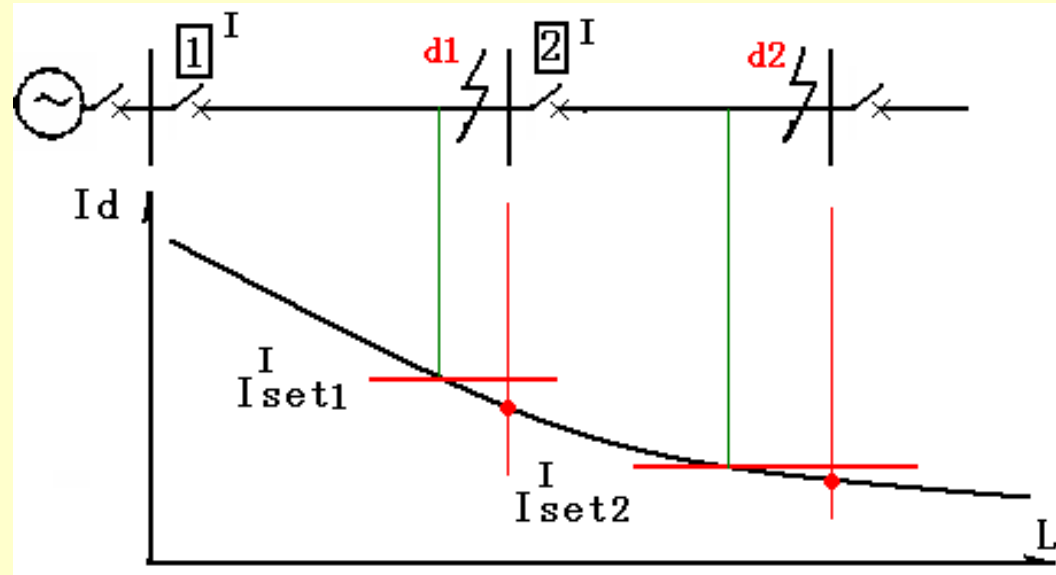


保护1电流速断保护整定值:

$$I_{set}^{I.1} = K_{rel}^I I_{k.c.max}$$

保护2电流速断保护整定值:

$$I_{set}^{I.2} = K_{rel}^I I_{k.B.max}$$



$I_{d.c.max}$ 取BC线路末端C点短路（最大方式）

$I_{d.B.max}$ 取AB线路末端B点短路（最大方式）

K_k ---可靠系数 $1.2 \sim 1.3 > 1$ 考虑:

2) 电流速断保护I段保护范围校验

要求最小运行方式下两相短路保护范围不小于被保护线路全长的（15~20）%

最小方式两相短路保护范围

速断保护I段保护整定值

$$I_{set}^I = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{E\varphi}{Z_{s \max} + Z_1 L_{\min}}$$

$$I_{set}^I = K_{rel}^I \frac{E\varphi}{Z_{s \min} + Z_{A-B}}$$

Z_1 为每公里线路阻抗，即 $Z_{A-B} = Z_1 * L$

两公式相等，可得：**保护范围校验：**

$$\frac{L_{\min}}{L} 100\% = \frac{1}{K_{rel}} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{K_{rel} Z_{s \max} - \frac{\sqrt{3}}{2} Z_{s \min}}{Z_1 L} \right] \times 100\% \geq (15 \cdots 20)\%$$

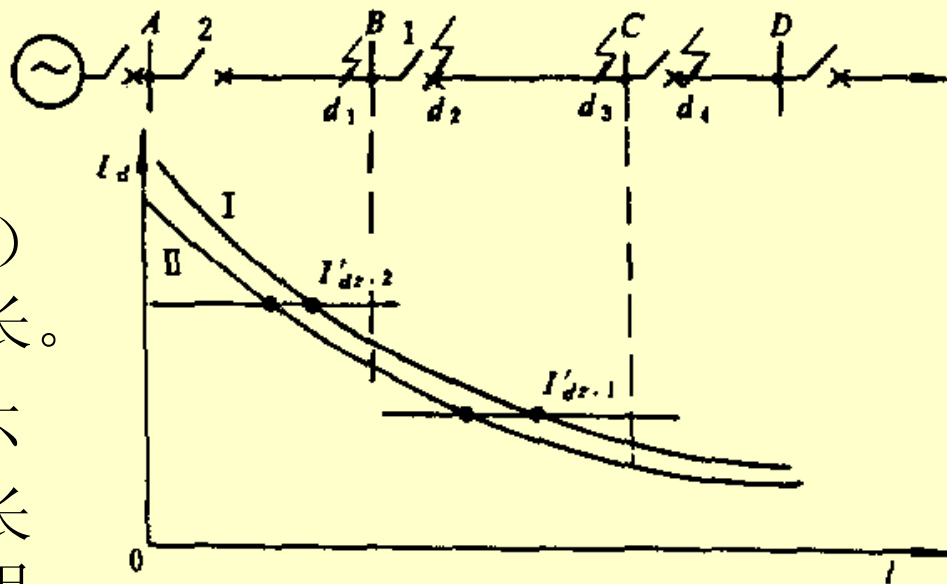
3) 电流速断保护I段特点

(1) K_{rel}^I 可靠系数 > 1

有选择性的电流速断 (I段) 保护不可能保护本线路的全长。

(2) 线路末端短路I段保护不会动作, 保护范围用线路全长百分比表达。即保护灵敏性用线路百分比表达。

(3) 系统为最大运行方式时, I段保护范围最大; 最小方式且发生两相短路时, I段保护范围最小。



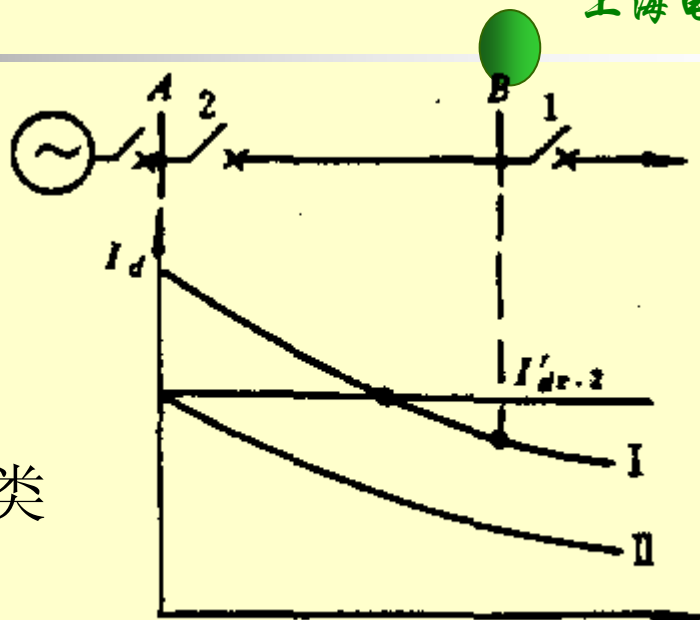
4) 电流速断保护I段优缺点

(1) 优点:

简单可靠、动作迅速, $t=0$ 。

(2) 缺点:

保护范围随系统运行及短路类型变化而变化。



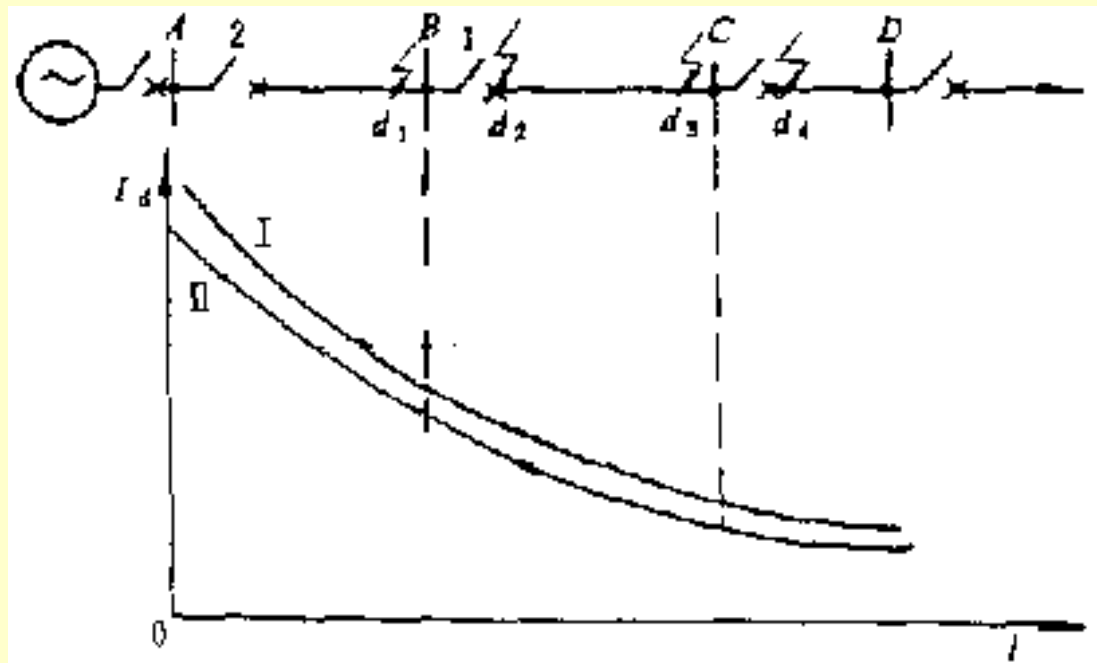
❖ 系统运行方式 (Z_s) 变化大, 使按最大运行方式末端三相短路电流整定值大于最小运行方式线路首端两相短路电流, 即使在最小方式下无保护范围。

❖ 当线路较长时, 首端与末端短路电流相差较大, 以末端电流乘 K 不会大于首端; 而当线路较短时, 首端与末端短路电流相差较小, 以末端电流乘 K 后可能使保护范围变得很小, 甚至无保护范围。

2. 限时电流速断保护（电流保护II段）

1) 设置II段的目的是与要求：

- 在任何情况下都能保护本线路的全长，有足够的灵敏性；
- 有选择性；
- 速度尽量快。



2. 限时电流速断保护（电流保护II段）

2) 整定计算原则:

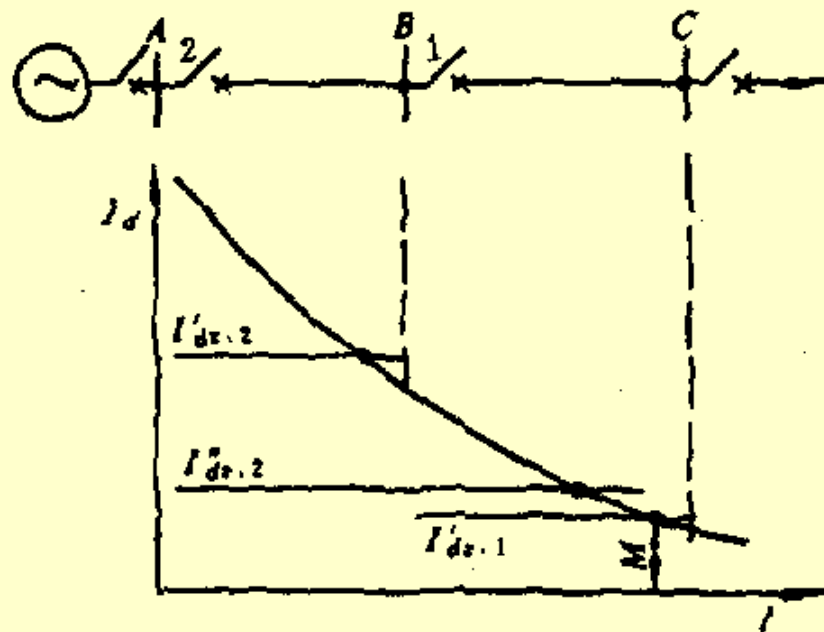
考虑保护线路全长，即延伸到下一段线路；

考虑要有选择性，则

❖ 保护范围不能延伸到下一段线路安装的保护范围之后；

$$I_{set \cdot 2}^{II} = K_{rel}^{II} I_{set \cdot 1}^I$$

$$K_{rel}^{II} = 1.1 \sim 1.2$$



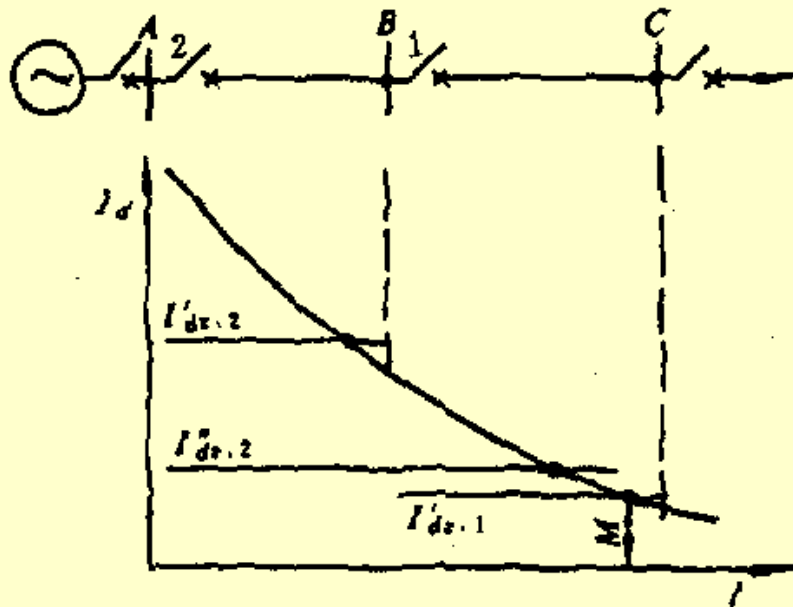
2. 限时电流速断保护（电流保护II段）

❖ 在下一段线路电流速断（I段）保护范围内故障，本线路限时电流速断保护可能会起动，但不动作跳闸，方法是给一定的延时。 Δt 取 0.5 秒。

$$t''_2 = t'_1 + \Delta t$$

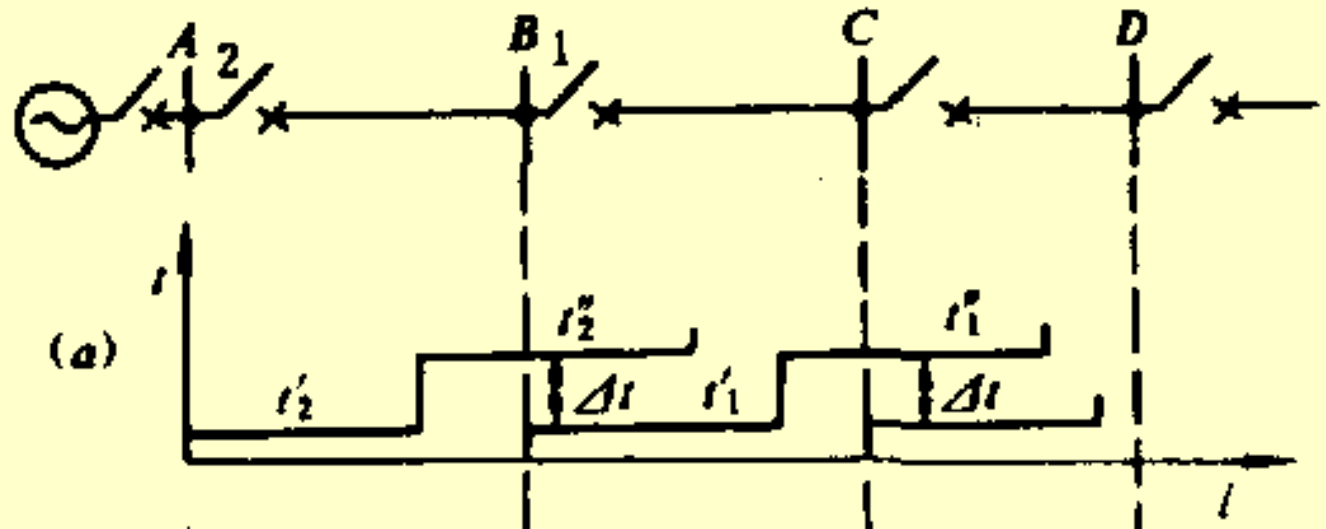
Δt 考虑：

- 包括故障线路断路器跳闸时间；
- 下一段线路保护时间偏差；
- 本线路限时电流速断保护偏差；
- 在下一段保护切除故障后，本线路限时电流速断保护返回有延时；
- 裕度。



2. 限时电流速断保护（电流保护II段）

❖ 本线路限时电流速断保护（II段）与下一段线路电流速断保护（I段）动作时限的配合关系：



2. 限时电流速断保护（电流保护II段）

3) 限时电流速断保护灵敏性校验
考虑保护线路全长，即本线路任何地点、任何形式的短路都能反应动作。

以系统为最小运行方式下本线路末端两相短路电流校验。

灵敏系数

$$K_{sen} = \frac{\text{保护范围内发生金属性短路时故障参数计算值}}{\text{保护装置的动作参数}}$$

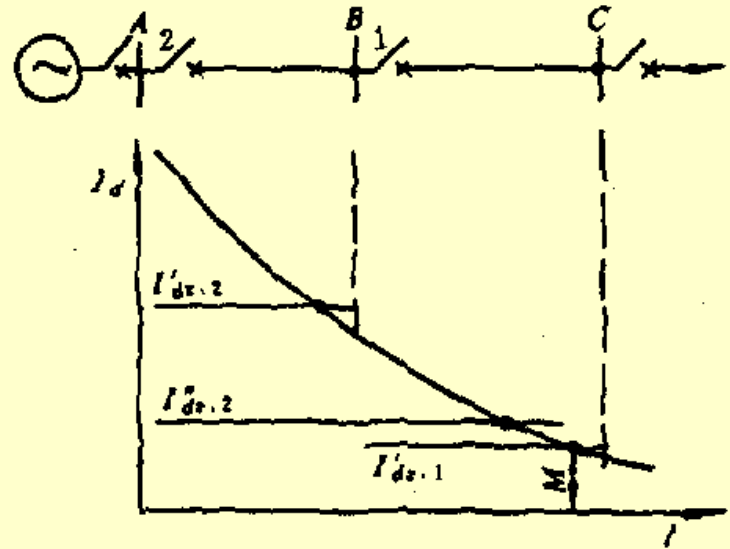
❖ 对限时电流速断（II段）（如保护2）

$$K_{sen} = \frac{I_{k.B.}^{(2)} \min}{I_{set.2}^{II}}$$

要求 $K_{sen} \geq 1.3 \sim 1.5$

$I_{k.B.}^{(2)} \min$

系统最小运行方式本线路末端两相短路电流



2. 限时电流速断保护（电流保护II段）

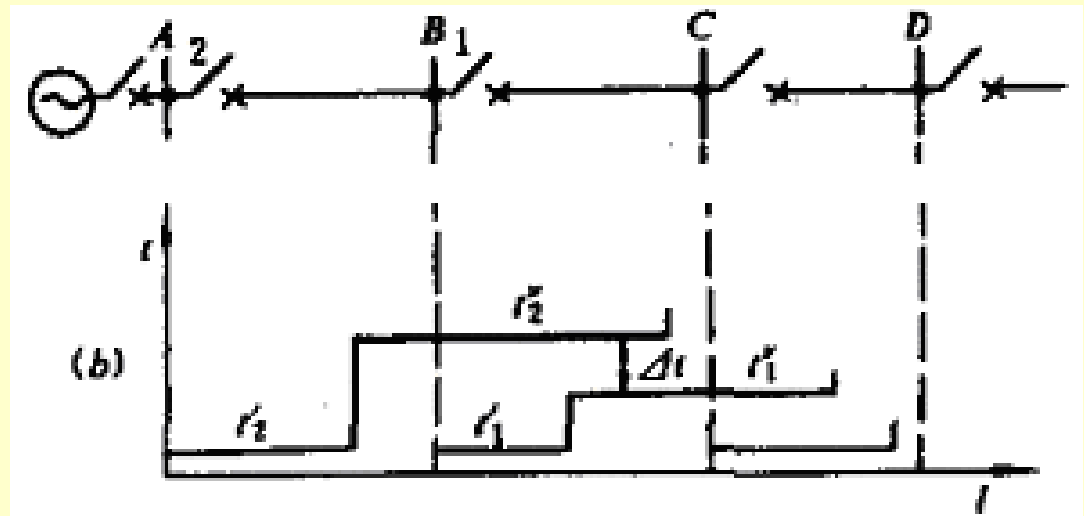
❖ 本线路限时电流速断保护（II段）的灵敏系数不满足要求的处理：

采取与下一段线路限时电流速断保护（II段）配合：

$$I_{set \cdot 2}^{II} = K_{rel}^{II} I_{set \cdot 1}^{II}$$

$$K_{rel}^{II} = 1.1 \sim 1.2$$

$$t''_2 = t''_1 + \Delta t$$

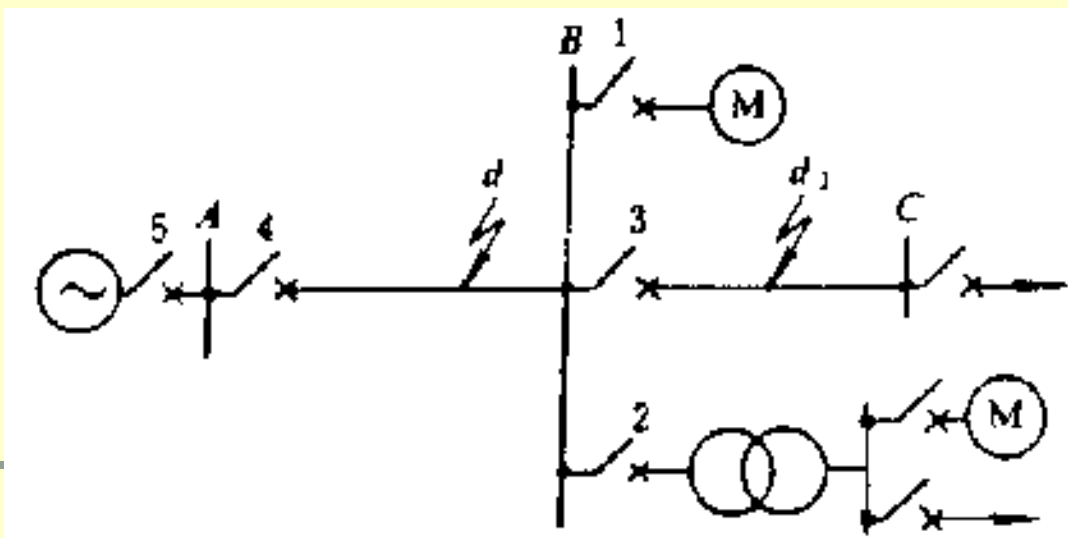


3. 定时限过电流保护（电流保护III段）

1) 工作原理和整定计算原则

动作电流大于最大负荷电流 $I_{f.max}$ ，整定值较小，不仅能保护本线路全长，而且能保护相邻线路的全长。

定时限过电流保护作为本线路主保护拒动时的近后备保护；过负荷保护；下级线路主保护和后备保护拒动的远后备保护。



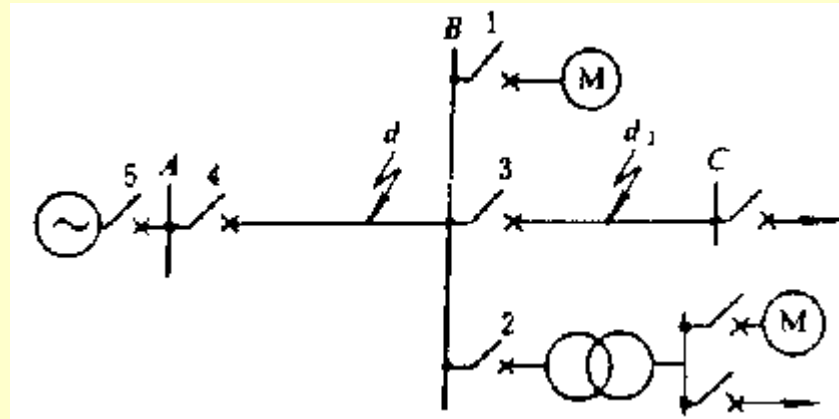
3. 定时限过电流保护（电流保护III段）

保护起动电流按照躲开本线路最大负荷电流来整定。在电网发生故障时，反映电流增大而起动。

1) 工作原理和整定计算原则

需要考虑的问题：

- 最大负荷电流 $I_{f.max}$ 的确定；
- 按选择性要求，当本线路以外故障时，本线路安装的保护III段会起动，但不应该动作跳闸，并且应该在外部故障被切除后，本装置应返回。

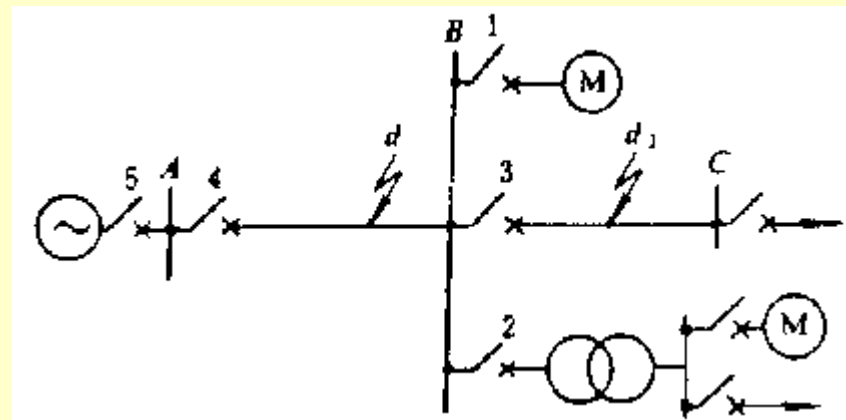


3. 定时限过电流保护（电流保护III段）

在外部故障被切除后，本装置应返回，即本装置的返回电流应大于本线路最大负荷电流。

$$I_{SS.max} = K_{SS} I_{L.max}$$

K_{SS} 在故障切除，电压恢复时电动机自起动系数，2 ~ 7。

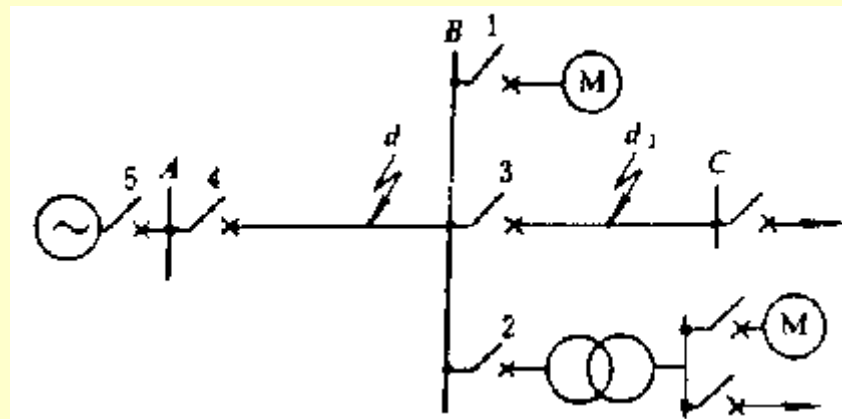


3. 定时限过电流保护（电流保护III段）

$$I_{SS.max} = K_{SS} I_{L.max}$$

再考虑可靠系数Kk，则

$$I'_{re} = K_{rel}^{III} I_{SS.max} = K_{rel}^{III} K_{SS} I_{L.max}$$



继电保护装置启动
与返回电流之间关系
为返回系数K_h，则装
置启动电流为：

$$I_{set}^{III} = \frac{1}{K_{re}} I'_{re} = \frac{K_{rel}^{III} K_{SS}}{K_{re}} I_{L.max}$$

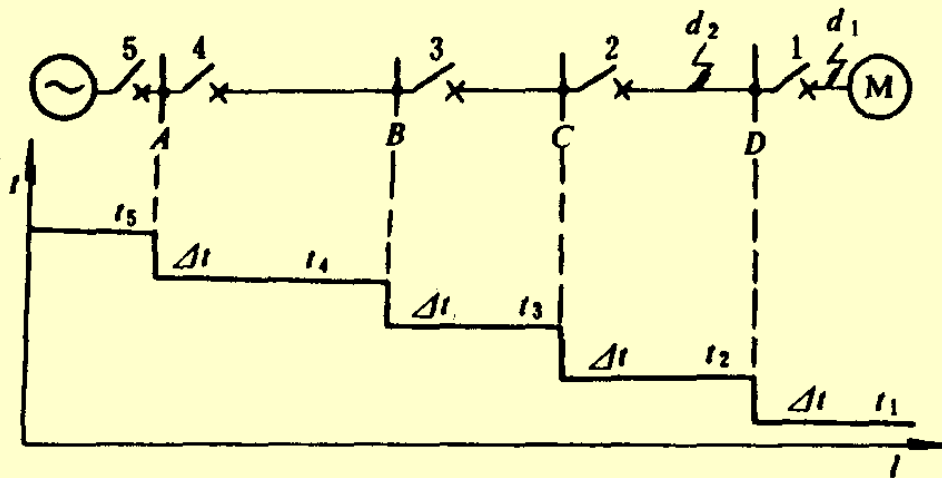
K_{rel} 可靠系数1.15 ~ 1.25；返回系数0.85；自启动系数2 ~ 7。

3. 定时限过电流保护（电流保护III段）

2) 按选择性要求整定

在多段线路的各个段上均装有过电流保护，各按躲过最大负荷电流整定。当某段线路发生故障时，电源与短路点之间的各个过电流保护均会起动。

按选择性要求，应只有故障线路的过电流保护动作切除故障，采用不同动作时限的方法，保证选择性，在故障线路的过电流保护动作切除故障后，其它已启动的过电流保护立即返回。



3. 定时限过电流保护（电流保护III段）

末段电动机保护可以取最小的动作时限 t_1 ，保护2动作时限应

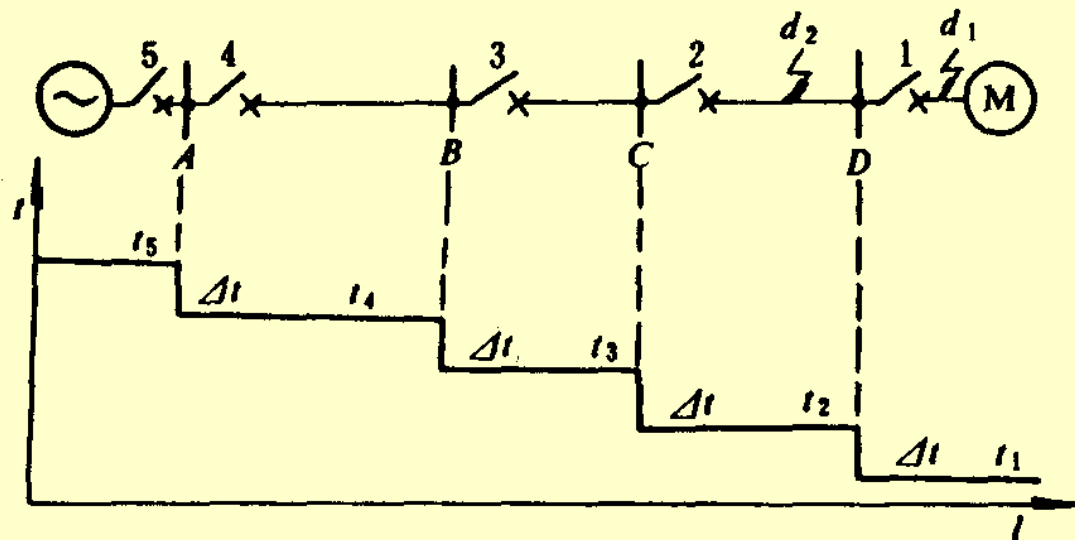
$t_2 > t_1$ ，取 Δt ，则 $t_2 = t_1 + \Delta t$ 。

同样， $t_3 = t_2 + \Delta t$ ，

$t_4 = t_3 + \Delta t$ ，

...

这种从末端时限逐步向首端升高的整定方法称为时限阶梯原则。

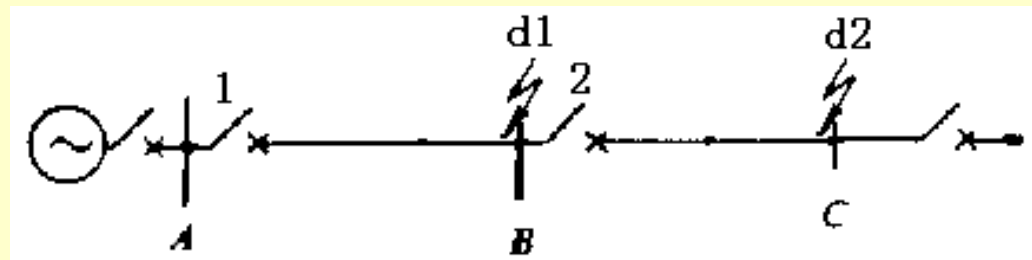


3. 定时限过电流保护（电流保护Ⅲ段）

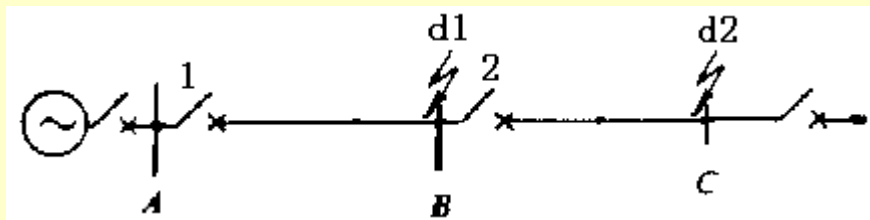
3) 过电流保护Ⅲ段

灵敏度系数校验计算公式与限时速段保护Ⅱ段灵敏度系数校验相同。

由于过电流保护按大于最大负荷电流整定，当d1或d2点故障时，保护1均会起动。若1点、2点上安装的主保护（或过电流保护2）拒动时，过电流保护1均能提供后备保护。



3. 定时限过电流保护（电流保护Ⅲ段）



1点安装的主保护拒动，而由1提供后备保护称为近后备。

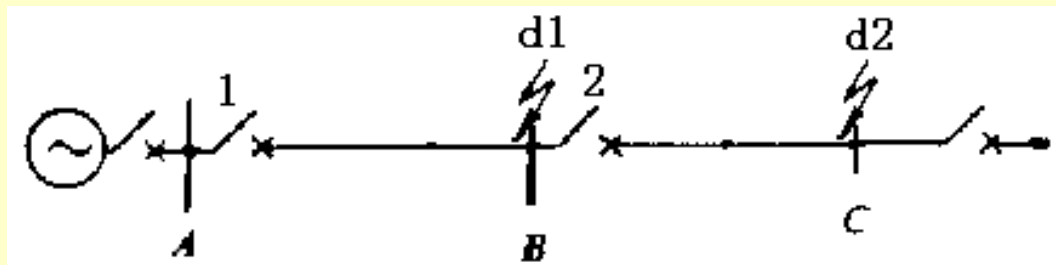
近后备灵敏度系数

$$Ksen = \frac{Ik.B.^{(2)} \min}{I_{set 1}^{III}} > 1.3 \rightarrow 1.5$$

$Ik.B.^{(2)} \min$ 最小运行方式下，B点两相短路流经保护1的电流。（本线路末端）

$I_{set 1}^{III}$ 过电流保护1整定电流，

2点安装的过电流保护拒动，而由过电流保护1提供后备保护称为远后备。



远后备灵敏度系数

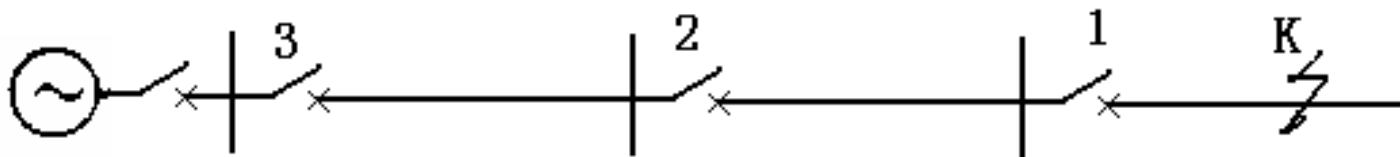
$$Ksen = \frac{Ik.c.^{(2)} \min}{I_{set1}^{III}} > 1.2$$

$Ik.c.^{(2)} \min$ 最小运行方式下，C点两相短路流经保护1的短路电流。（相邻线路末端）

I_{set1}^{III} 过电流保护1整定电流。

各个过电流保护之间的灵敏系数的配合:

对同一个故障点, 要求越靠近故障点的保护具有越高的灵敏系数。



$$K_{sen1} > K_{sen2} > K_{sen3}$$

由于越接近电源负荷电流越大, 因此保护定值越大, K点短路, 各保护流过相同短路电流, 因此有越靠近故障点的保护具有越高的灵敏系数。



4. 三段式电流保护的应用及特点

1) 各段之间的共同点与区别

- 电流速断、限时速断、过电流保护均反映电流增大而动作。

4. 三段式电流保护的应用及特点

- 不同点是起动电流整定原则不同：

- 电流速断按躲过本线路末端最大短路电流计算；

- 限时速断按躲过相邻线路速断动作电流计算；（灵敏系数不够按躲过相邻线路限时速断动作电流计算）

- 过电流保护按躲过本线路最大负荷电流计算。

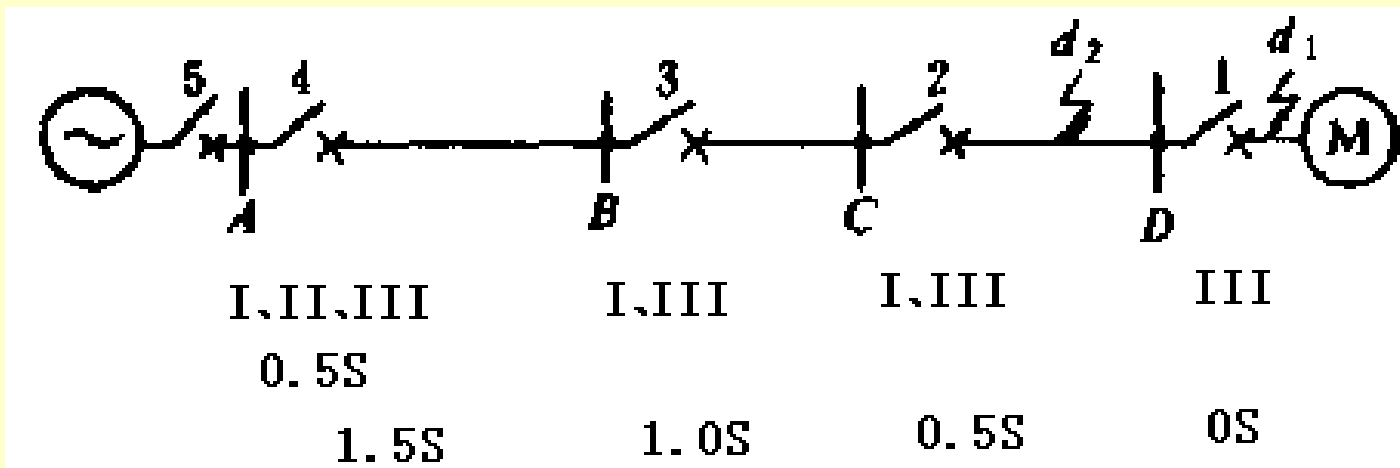
4. 三段式电流保护的应用及特点

- 不同点是动作时间原则不同：
 - 电流速断 $t = 0$;
 - 限时速断与相邻线路电流速断配合 $t = 0.5$
(或与相邻线路限时速断配合 $t = 1$);
 - 过电流保护按时间阶梯原则 $t = t_{\text{相邻}} + \Delta t$ 。

4. 三段式电流保护的应用及特点

• 保护应用:

- ▶ 在末端设备上用0秒动作的过电流保护作主保护。
- ▶ 一般线路采用电流速断I段作主保护，用过电流保护III段作后备保护。
- ▶ 近电源端因III段时间延时较大，采用I、II、III段的三段式保护。



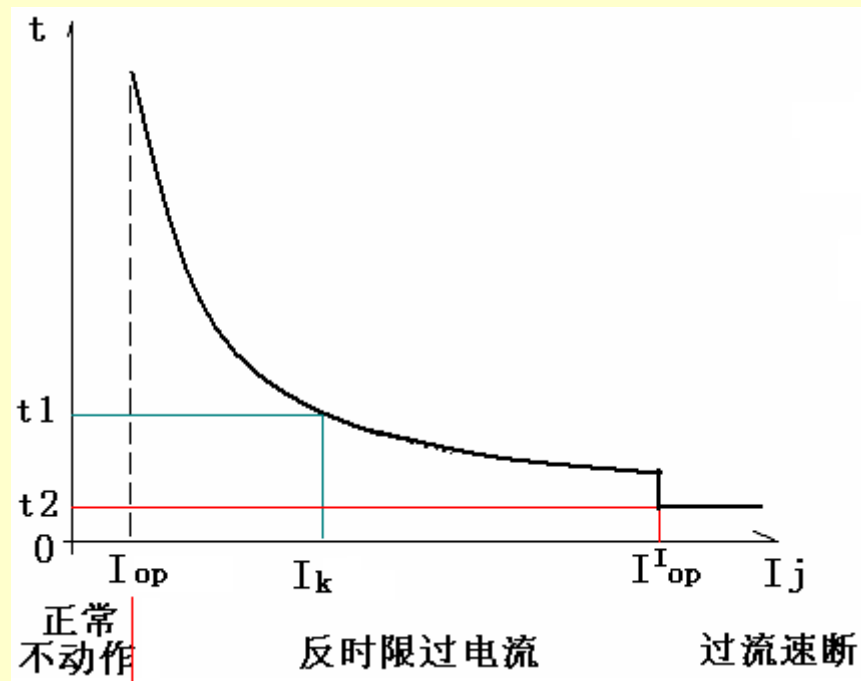
六、反时限过电流保护

1. 反时限过电流保护特点

反时限过电流保护的动作时间与短路电流大小有关。短路电流大时动作时间短，电流小时动作时间长。

即：在一条线路上，近处故障的动作时间短；远处故障的动作时间自动延长。

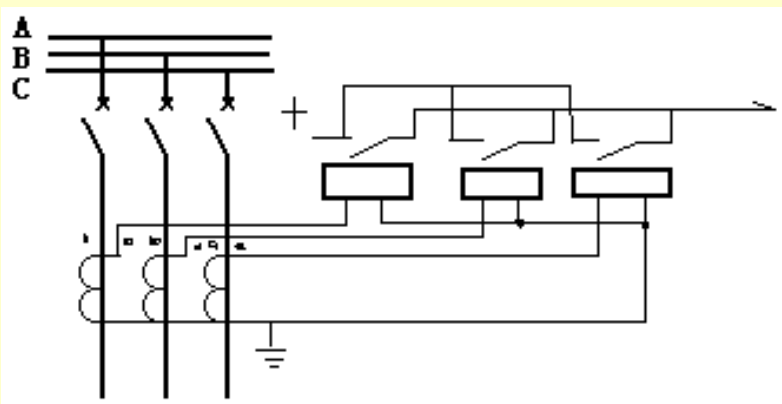
2. 电流与时间关系特性曲线



七、电流保护的接线方式及影响

1. 电流保护的接线方式

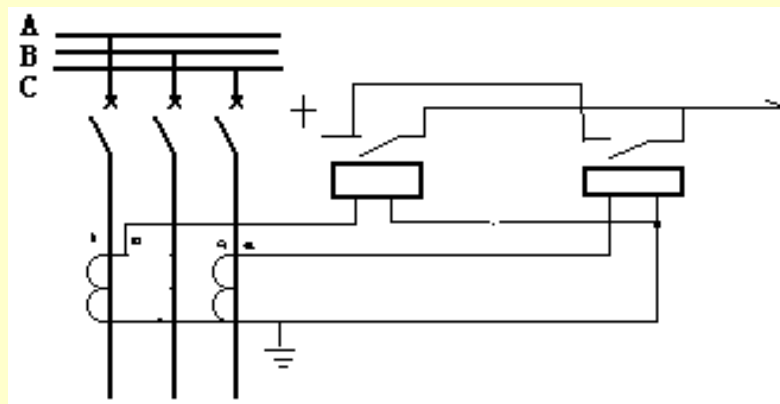
三相星形接线



三相上均装电流互感器

可以反映各种相间短路和中性点直接接地电网单相接地短路

两相星形接线



B相上不装电流互感器

不反映B相的电流

1. 电流保护的接线方式

设电流互感器变比为 n ，则电流互感器二次侧电流（流入保护的电流）为

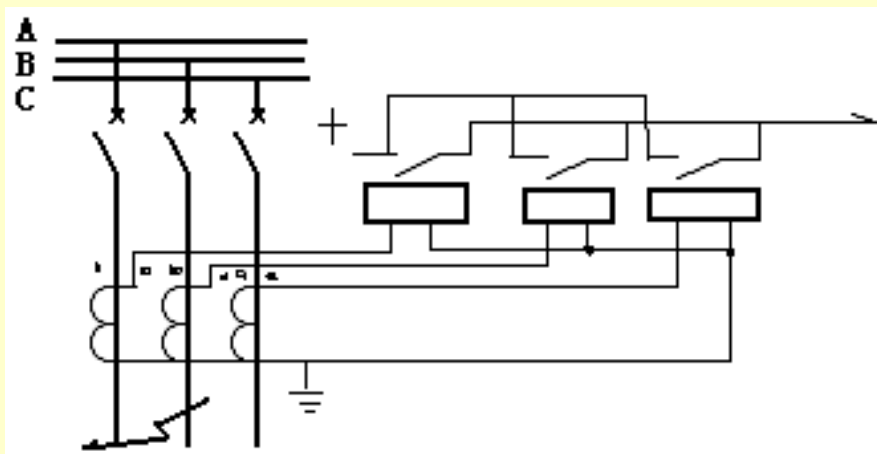
$$I_J = I_2 = I_1/n$$

设保护装置起动电流整定为 I_{op} ，则

保护装置二次侧的起动电流为： $I_{op} = I_{set}/n$

2. 相间短路的反映（中性点直接接地系统或不直接接地系统）

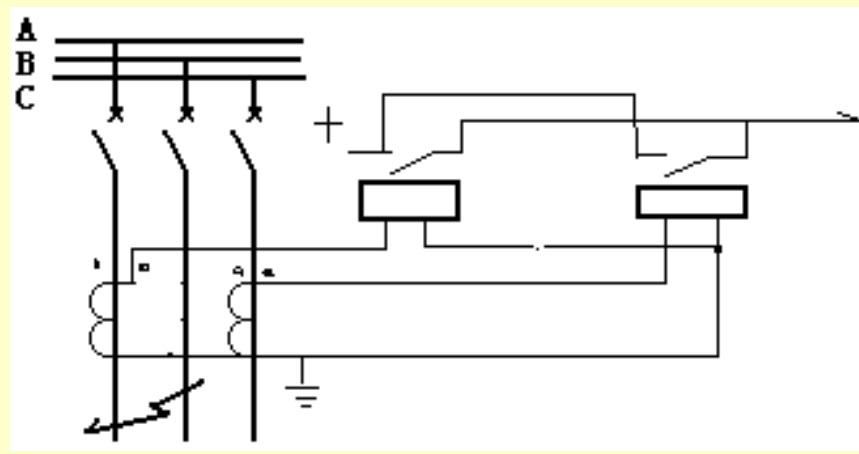
三相星形接线



三相上均装电流互感器

无论哪两相短路，均有两个反映动作

两相星形接线



B相上不装电流互感器

AB或BC两相短路，只有一个反映

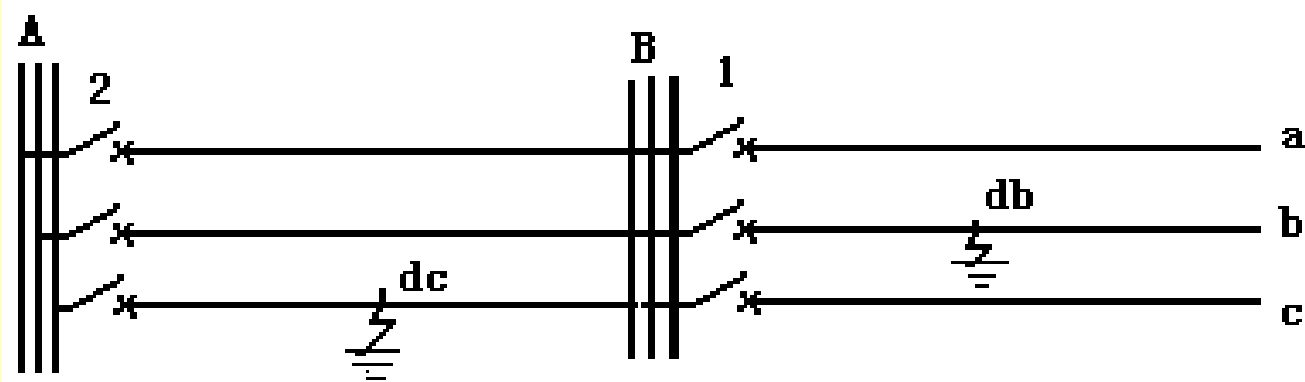
2. 相间短路的反映（中性点不直接接地系统不在同一段线路的两点接地短路）

中性点不直接接地系统发生单相接地，没有短路电流通路，因此无大的短路电流，三相仍对称，允许短时间继续运行。

2。相间短路的反映（中性点不直接接地系统不在同一段线路的两点接地短路）

当发生不在同一段线路的两点接地短路时，希望只切除一个接地点。

(1) 串联两线路



希望切除B变电所以下线路，但由于B相上不装电流互感器,BC两相（或AB）接地短路，只有保护2反映，保护1不反映，于是保护2动作，而扩大了停电范围。两相星形接线只能保证2/3机会切除B变电所以下线路。

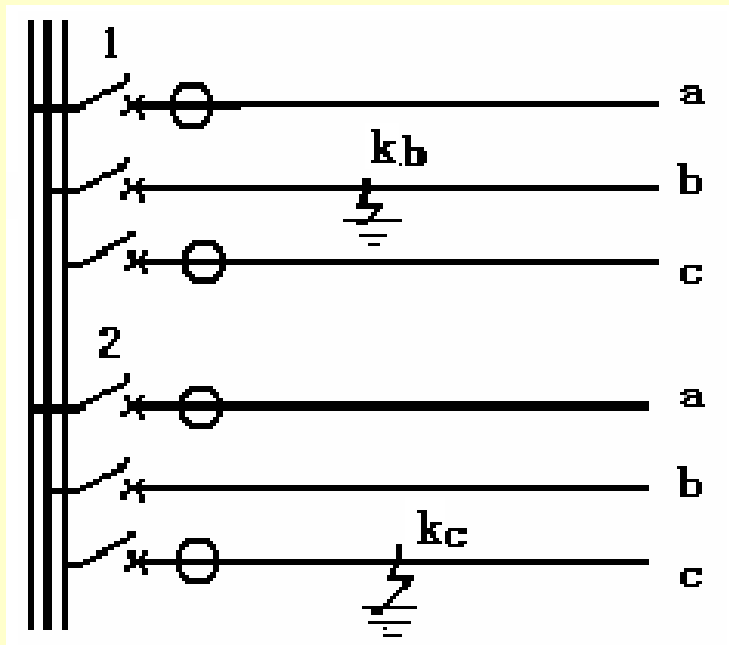
2。相间短路的反映（中性点不直接接地系统不在同一段线路的两点接地短路）

(2) 并排多线路

两相星形接线保证2/3机会切除一条线路。

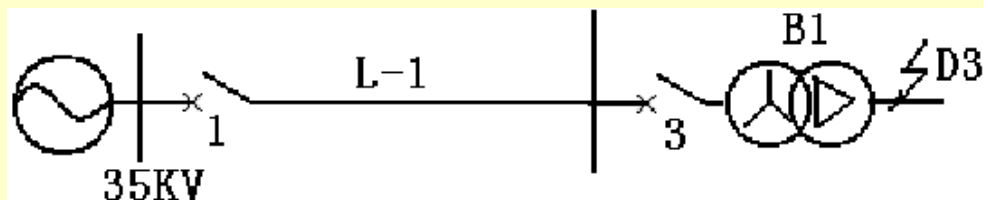
而三相星形接线则会切除两条线路，此种情况两相星形接线有优越性。

对电流保护采用两相星形接线，所有的线路的保护应都装在相同的两相上（通常装在A相和C相上）。

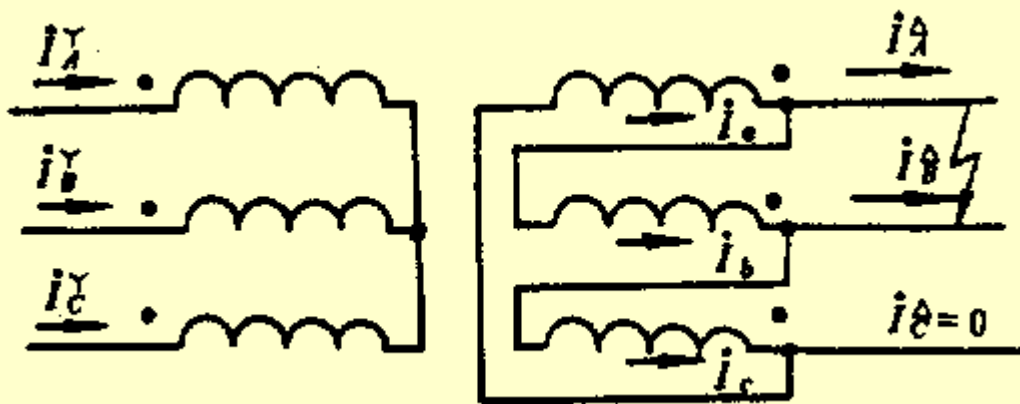


2. 相间短路的反映（中性点不直接接地系统在Y/d接线变压器后两相短路）

(3) Y/d接线变压器后两相短路，两相星形接线的保护灵敏性分析



在故障点，AB两相短路



设 Δ 侧各相绕组的电流分别为 $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ 则

$$\dot{I}_A^{\Delta} = -\dot{I}_B^{\Delta}$$

$$\dot{I}_C^{\Delta} = 0$$

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0$$

$$\dot{I}_b - \dot{I}_c = \dot{I}_B^{\Delta} = -\dot{I}_A^{\Delta}$$

$$\dot{I}_c - \dot{I}_a = \dot{I}_C^{\Delta} = 0$$

2. 相间短路的反映（中性点不直接接地系统在Y/d接线变压器后两相短路）

(3) Y/d接线变压器后两相短路，两相星形接线的保护灵敏性分析

$$\begin{array}{l}
 \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0 \\
 \dot{I}_b - \dot{I}_c = \dot{I}_B^\Delta = -\dot{I}_A^\Delta \\
 \dot{I}_c - \dot{I}_a = \dot{I}_C^\Delta = 0
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \longrightarrow \\
 \longrightarrow \\
 \longrightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \dot{I}_b = -\dot{I}_a - \dot{I}_c \\
 -\dot{I}_a - \dot{I}_c - \dot{I}_c = -\dot{I}_A^\Delta
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \longrightarrow \\
 \longrightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \dot{I}_a = \dot{I}_c = \frac{1}{3}\dot{I}_A^\Delta \\
 \dot{I}_b = -\frac{2}{3}\dot{I}_A^\Delta = \frac{2}{3}\dot{I}_B^\Delta
 \end{array}$$

根据变压器一次、二次侧的电流对应关系

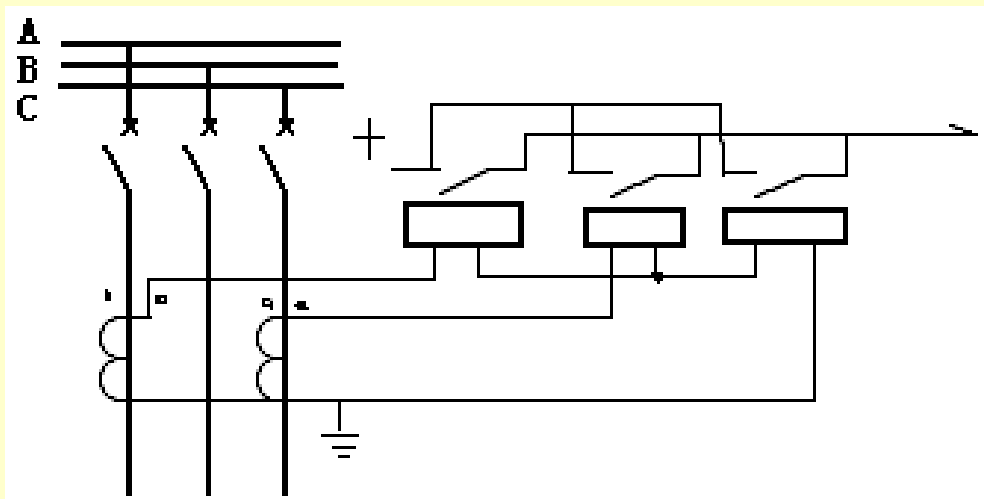
$$\begin{array}{l}
 \dot{I}_A^Y = \dot{I}_C^Y \\
 \dot{I}_B^Y = -2\dot{I}_A^Y
 \end{array}$$

即：三角侧AB两相短路，星形侧的B相电流将是A相、C相短路电流的2倍。

2. 相间短路的反映（中性点不直接接地系统在Y/d接线变压器后两相短路）

(3) Y/d接线变压器后两相短路，两相星形接线的保护灵敏性分析

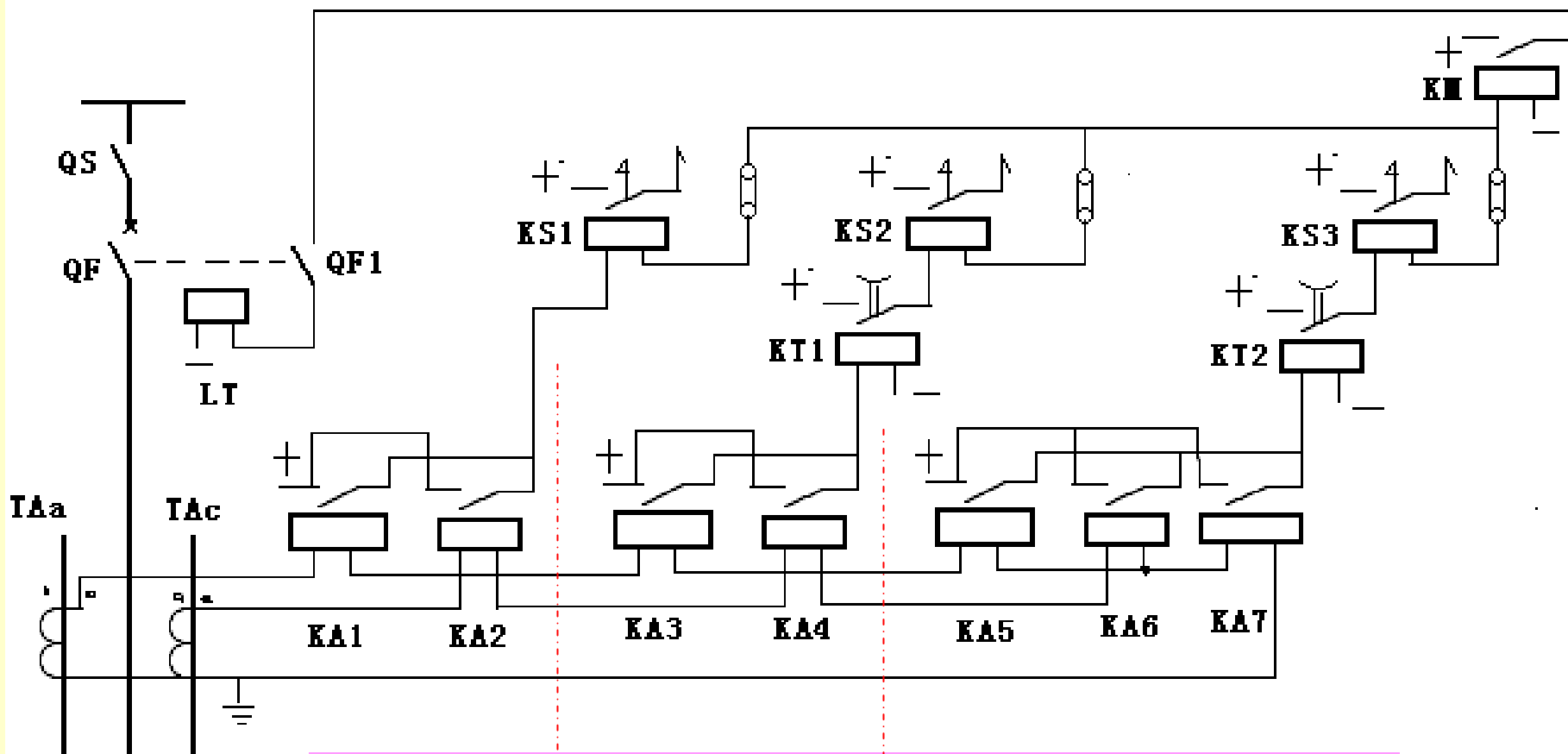
实用中，电流互感器仍采用两相星形接线，利用 $\dot{I}_b = -(\dot{I}_a + \dot{I}_c)$ 的关系，在A、C相的中线上再接入一个装置，使流过相当于B相电流，短路电流大，则灵敏系数提高。



称为两相星形
三继电器接线

第一节 单侧电源网络相间短路的电流保护----三段式相间短路的电流保护

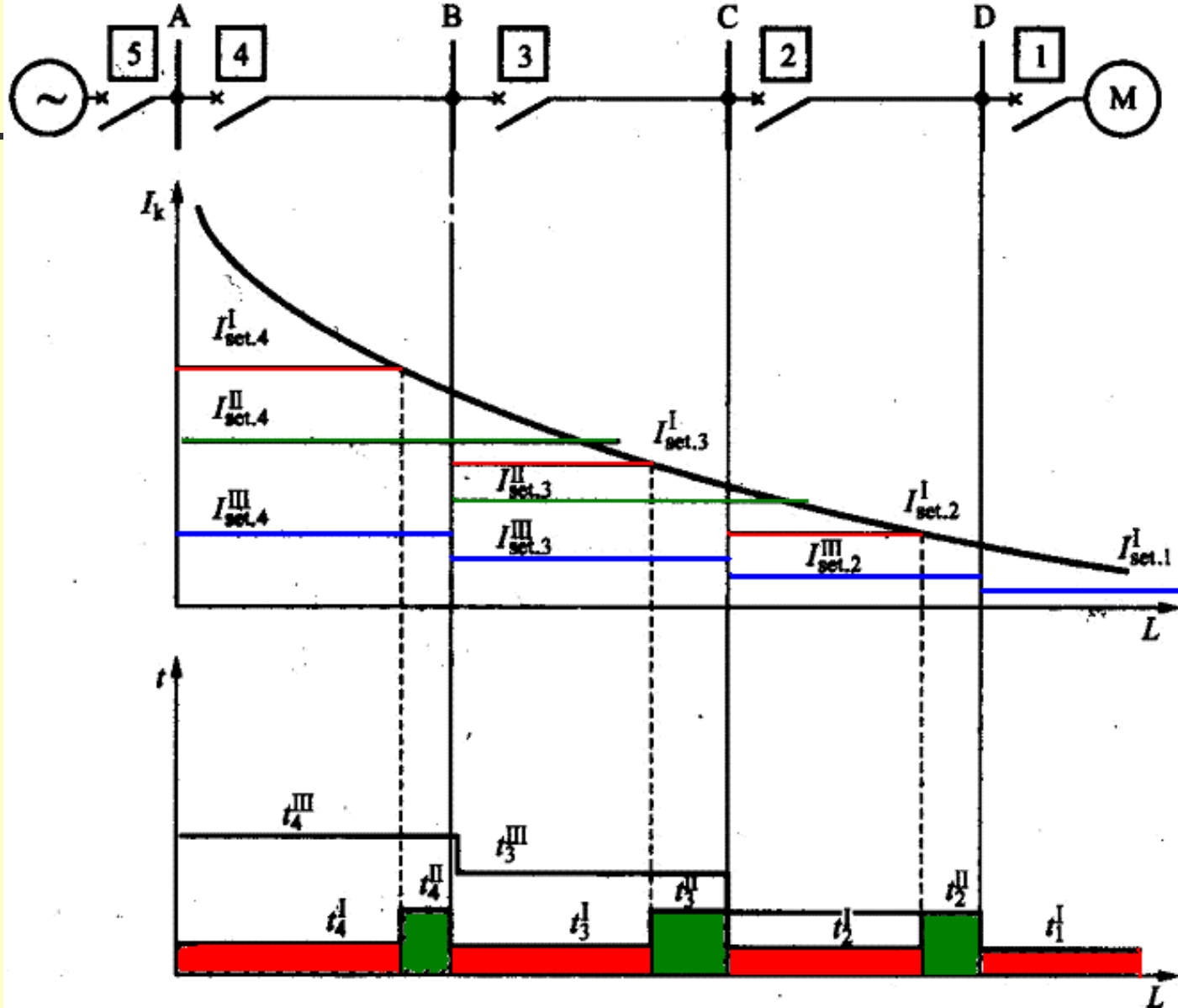
七、三段式电流保护的接线图解释



电流速断

限时电流速断

定时限过电流



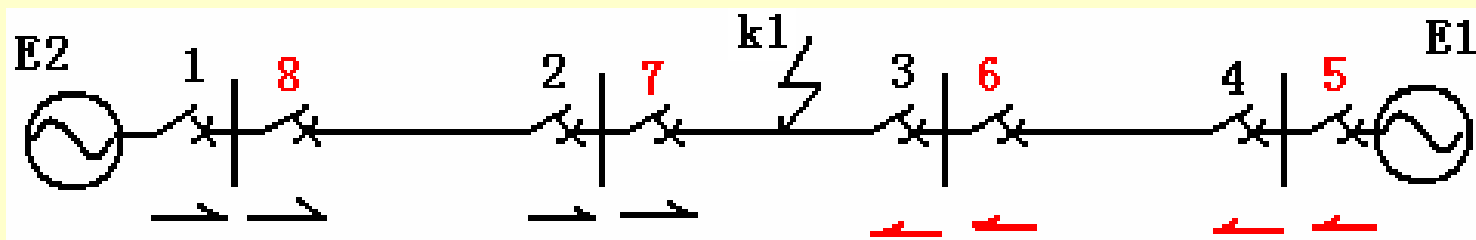
阶段式相间短路电流保护的配合和实际动作时间

第二节 电网相间短路的方向性电流保护

一、方向性电流保护的工作原理

1. 双侧电源网络短路电流分布

1) 对速断电流保护的影响



保护2设置对线路28的速断电流保护（I段）；

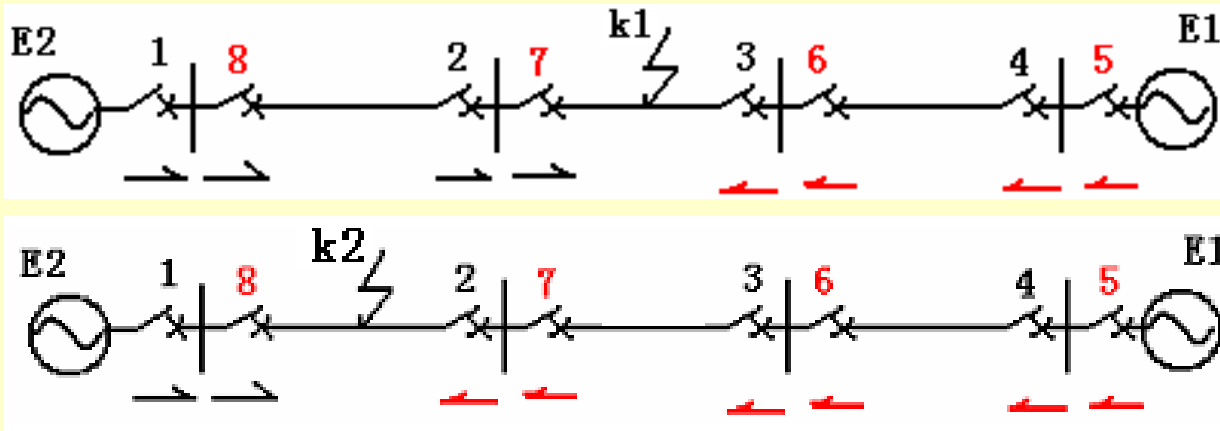
保护7设置对线路73的速断电流保护（I段）

当 k1点发生短路时，保护2和7都要动作，保护2将误把线路28切除；

同样，保护6将误把线路64切除；

原因是保护2和6没有判别短路电流方向性的能力。

1. 双侧电源网络短路电流分布
- 2) 对定时限过电流保护的影响



按照时间阶梯原则，双侧电源网络可以把E1、E2分别作用来设定延迟时间，即：1、2、3、4成一组，5、6、7、8成一组分别设置 $t_4 > t_3 > t_2 > t_1$ ； $t_8 > t_7 > t_6 > t_5$ 。

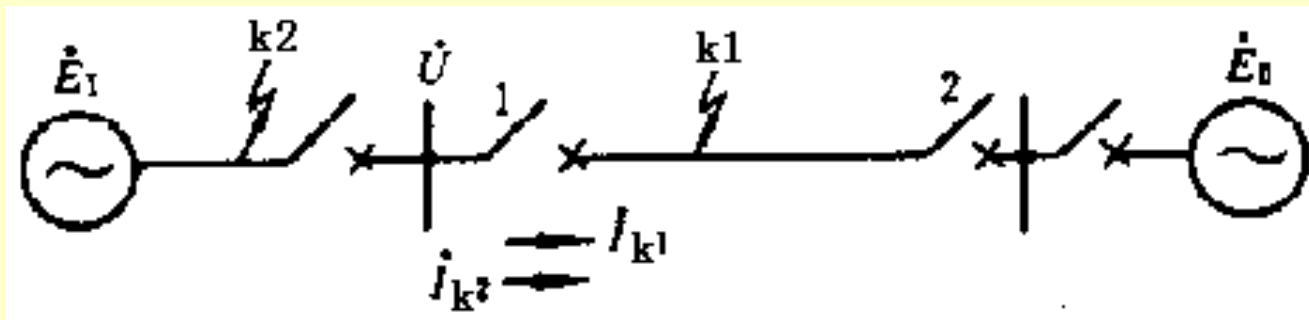
当 k_1 点发生短路时，若 $t_2 < t_7$ ，则保护2会误动作， $t_6 < t_3$ ，则保护6会误动作；

同样， k_2 点发生短路，保护1会误动作；而若 $t_2 < t_7$ ，则保护7不会误动作。

2. 增加功率方向闭锁元件的作用

分析上述矛盾：误动作由保护线路的反方向发生故障时，由另一侧电源提供短路电流引起的，对本线的保护看电流是从线路流向母线。

定义：当电流是从母线流向线路为正（有功为正）；
电流是从线路流向母线则为负（有功为负）。



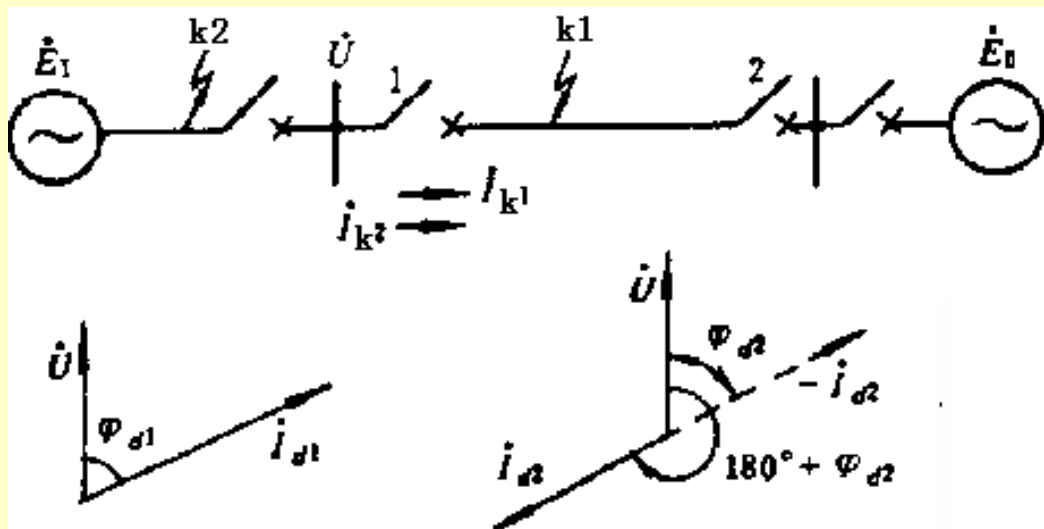
2. 增加功率方向闭锁元件的作用

对保护1:

例如取A相电压、电流

k1点电路，电流滞后于电压一个 ϕ_k 角度（由线路阻抗确定）；

k2点电路，电流滞后于电压一个 $180^\circ + \phi_k$ 角度（由线路阻抗确定）。

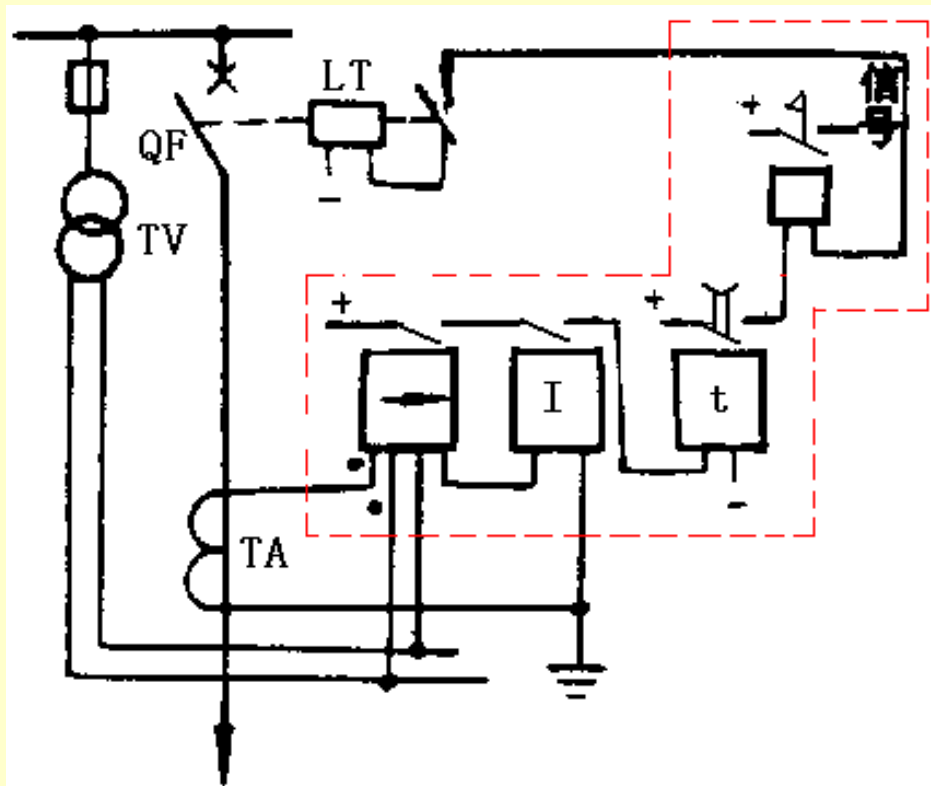


$$0^\circ \leq \phi_k \leq 90^\circ$$

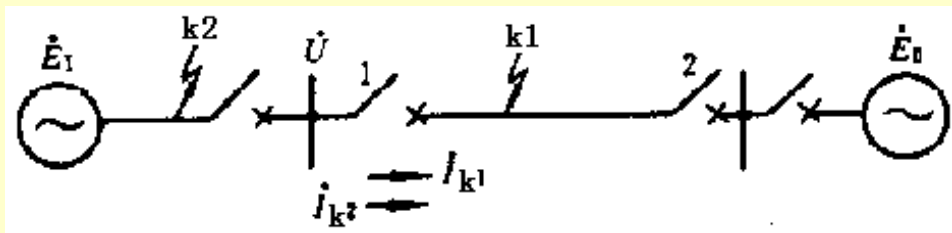
2. 增加功率方向闭锁元件的作用

相应地在保护的电流元件前面增加功率方向闭锁元件

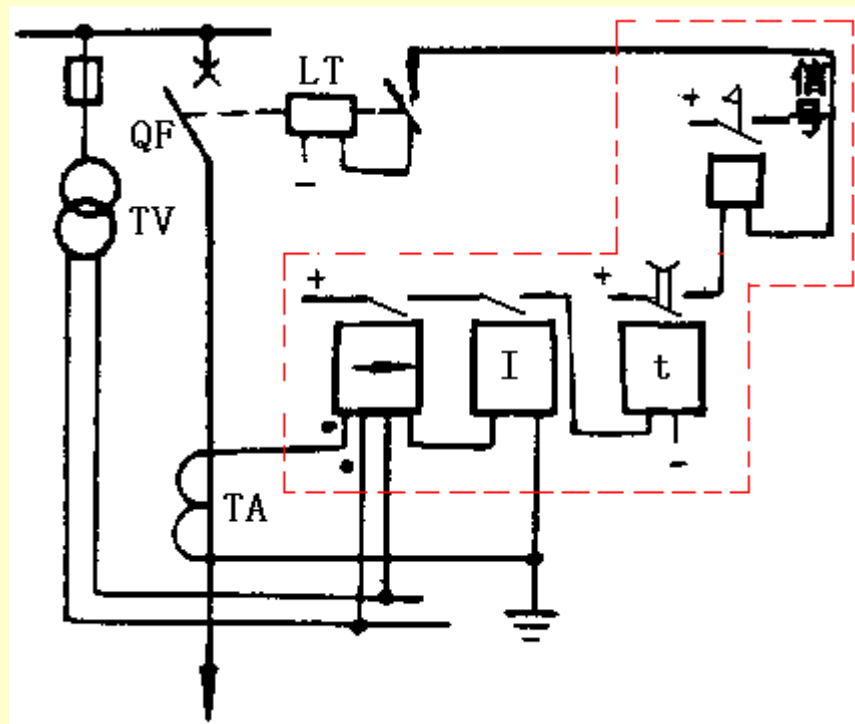
当短路功率方向为正时，功率继电器接点闭合（或逻辑允许，使断路器跳闸控制起作用）；当短路功率方向为负时，功率继电器接点不闭合（或逻辑闭锁，使断路器跳闸控制不起作用）。



2. 增加功率方向闭锁元件的作用



从上图看：当 k_1 、 k_2 点短路时，保护1的电流保护元件均会起动，但是，对 k_1 点短路功率为正，因此开放使断路器跳闸，而 k_2 点短路功率为负，因此闭锁使断路器不会跳闸。



第二节 电网相间短路的方向性电流保护

二、功率方向性电流保护的工作原理

1. 功率方向的构成原理

相应地在保护的电流元件前面增加功率方向闭锁元件

问题：若采用接入为同相电压电流时（例如接入A相电压A相电流），当发生正方向出口附近三相短路、A-B或A-C两相接地短路、A相接地时，由于 $U_A \approx 0$ ，功率方向元件将不能动作，即这种接线存在“电压死区”。

1) 功率方向元件的 90° 接线

工程实用上采用接入非对应相的相间电压来消除两相接地短路或单相接地短路所可能形成的电压死区。

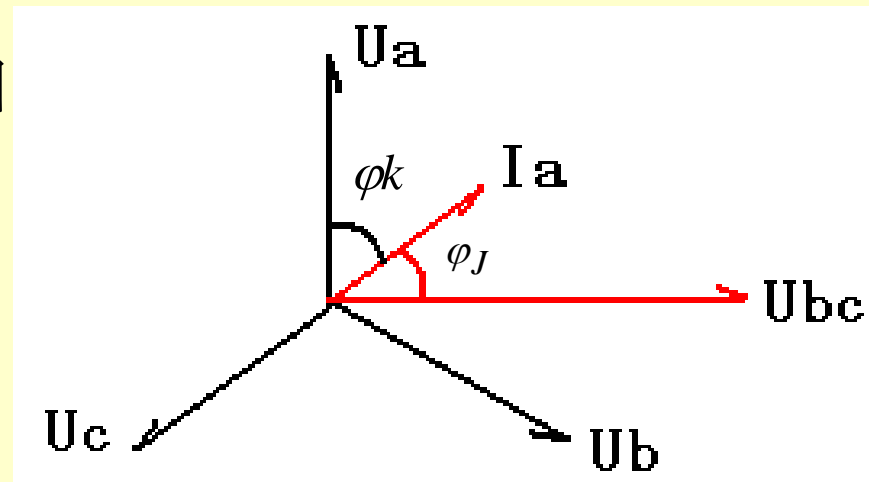
即：A相功率方向元件接入 U_{bc} ；

B相功率方向元件接入 U_{ca} ；

C相功率方向元件接入 U_{ab} 。

从向量图看：实际接入的电压与无故障且 $\cos \phi = 1$ 时的电流成 90° ，因此称之为 90° 接线，

实际接入的电压与电流的相位角度为 $\varphi_J = \varphi_k - 90^\circ$
电压滞后电流

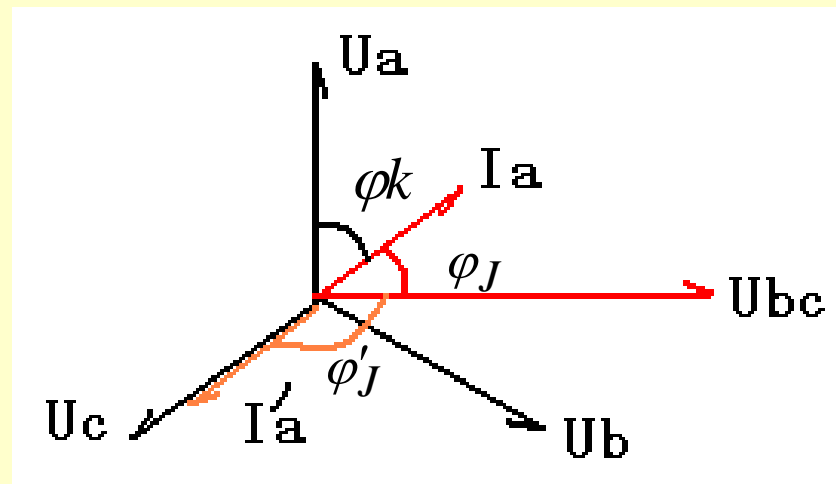


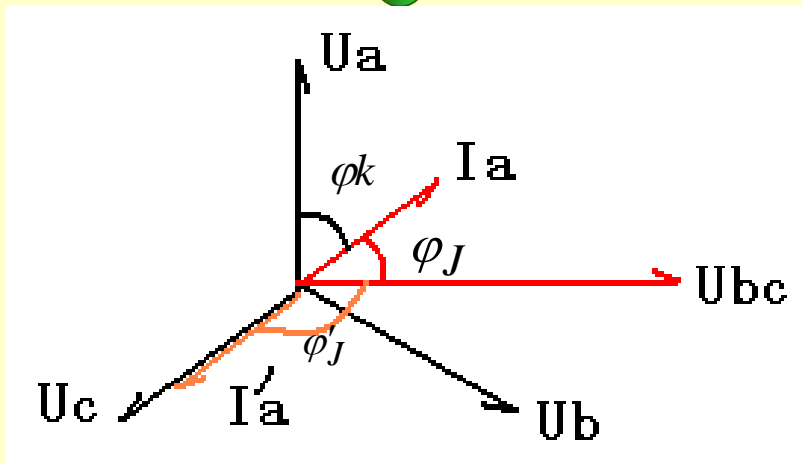
2) 功率方向元件的**最大灵敏角**

实用的功率方向元件为 90° 接线。
线。 $\varphi_J = \varphi_k - 90^\circ$

电流超前于电压一个角度

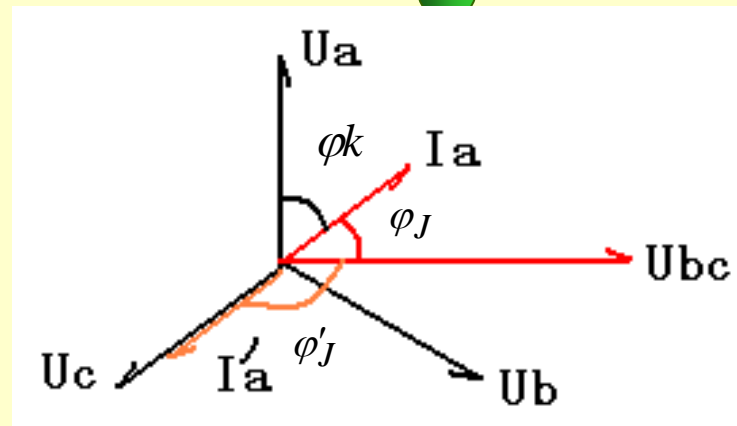
功率方向元件的动作与电压电流大小并无多大关系（只要有一定幅度就行），其是否动作决定与功率的正负。



2) 功率方向元件的**最大灵敏角**

当输入电压和电流的幅值不变，其输出值随两者间相位差的大小而改变，**输出为最大时相位差称为功率元件的最大灵敏角 Φ_{sen}** 。采用 90° 接线的功率元件其最大灵敏角 $\Phi_{sen} = \Phi_k - 90^\circ$ 。当接入的角度 $\Phi_J = \Phi_{sen} = \Phi_k - 90^\circ$ 时，动作最灵敏。不同线路 Φ_k 可以在 $0 \sim 90^\circ$ 变化，因此，动作的角度范围为 $\Phi_J = \Phi_{sen} \pm 90^\circ$ 。

功率元件的动作的角度范围为 $\phi_J = \phi_{sen} \pm 90^\circ$ 。实用功率方向元件中有一移相角 $\alpha = 90^\circ - \phi_k$ ，称为功率方向元件的内角。



若正向发生短路时，实际的线路 ϕ_k 能够使 α 满足 $\phi_J = \phi_k - 90^\circ = -\alpha$ 的要求，即达到 $\phi_J = \phi_{sen}$ ，元件动作将最灵敏。用功率公式表达为：

$$U_J I_J \cos(\varphi_J + \alpha) > 0$$

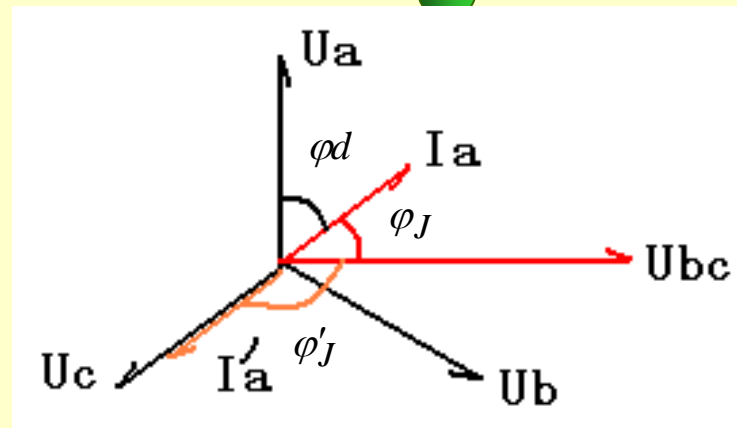
例如：A相功率元件的表达式为 $U_{BC} I_A \cos(\varphi_J + \alpha) > 0$

第二节 电网相间短路的方向性电流保护

三、功率方向的动作特性

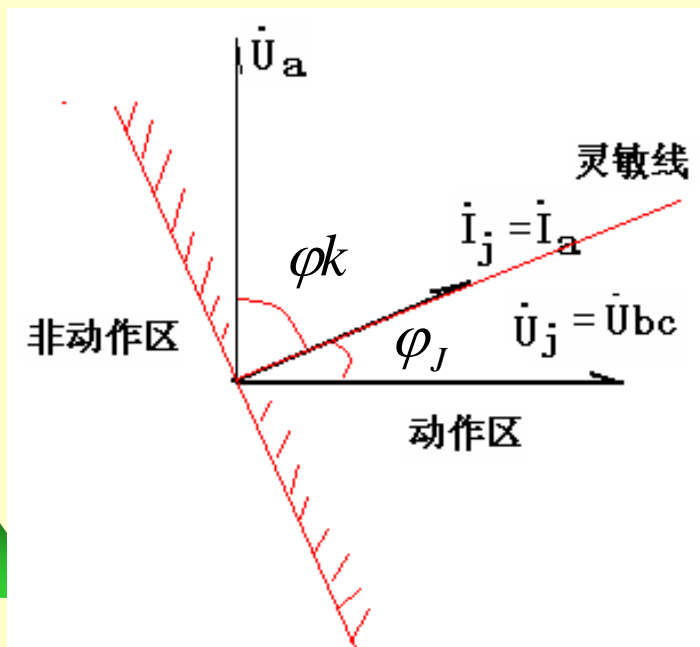
功率方向元件的角度特性

设线路阻抗角为 ϕ_k ，短路电流滞后于电源电压 ϕ_k 。电流超前于接入功率元件电压一个角度 ϕ_J 。



以A相为例：接入A相电流和Ubc线电压。

角度特性为：功率元件的动作最大灵敏角为 $\phi_{sen} = -\alpha$ ，当接入的 $\phi_J = \phi_k - 90^\circ = -\alpha$ 时， I_J 正好位于灵敏线 ϕ_{sen} 上。

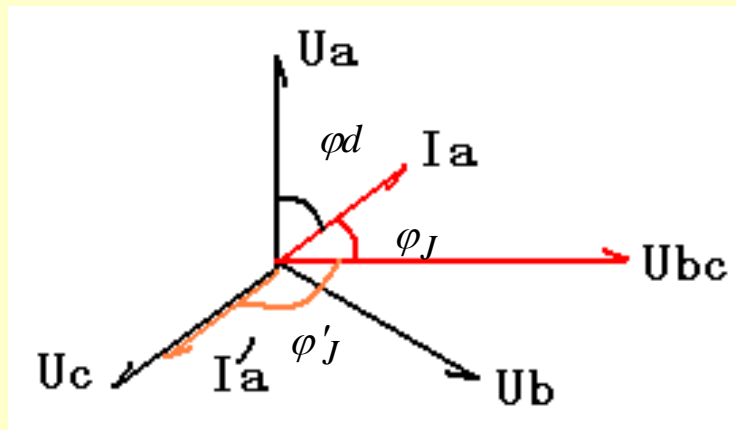


第二节 电网相间短路的方向性电流保护

三、功率方向性电流保护需注意的问题

1) 正方向出口附近三相短路使输入电压过小的问题

当正方向出口附近三相短路时，输入的电压将很小，可能使正方向判断不明，形成“电压死区”。解决方法是增加电压记忆功能，记忆故障前的电压向量。



2) “潜动”问题

“潜动”是指在只加入电流或只加入电压情况下，功率元件就能动作的现象。发生潜动的最大危害是反方向出口处三相短路时，电压几乎为0，而电流很大，潜动使功率元件误判为正方向。潜动发生的原因是电路元件参数不平衡或温度产生零点漂移等。解决方法是尽量采用相位比较法。

3) 接线问题

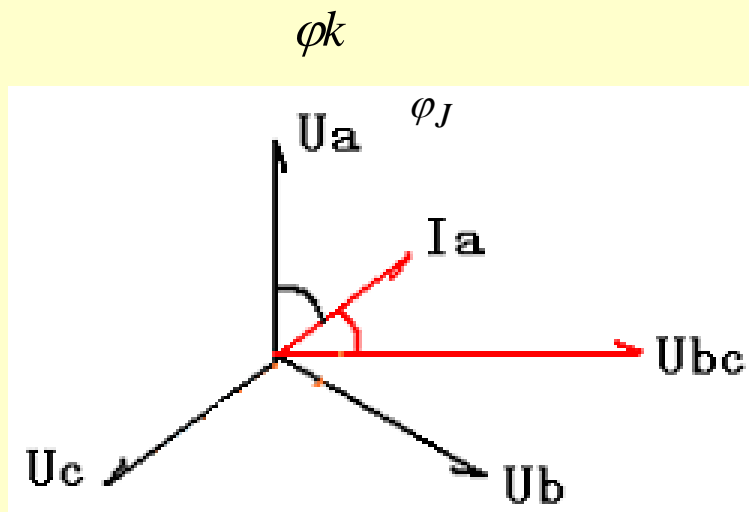
由于功率方向以电压电流相位来确定正负，因此，接线时必须十分注意电压和电流的极性，否则将导致不动作和误动作。

第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

1. 对接线方式的要求

- 1) 正方向任何型式的故障都能可靠动作，而反方向故障时应不动作。
- 2) 故障后加入的电压、电流应尽量大，并且尽可能使 ϕJ 接近最灵敏角 ϕ_{sen} ，便于消除电压死区。



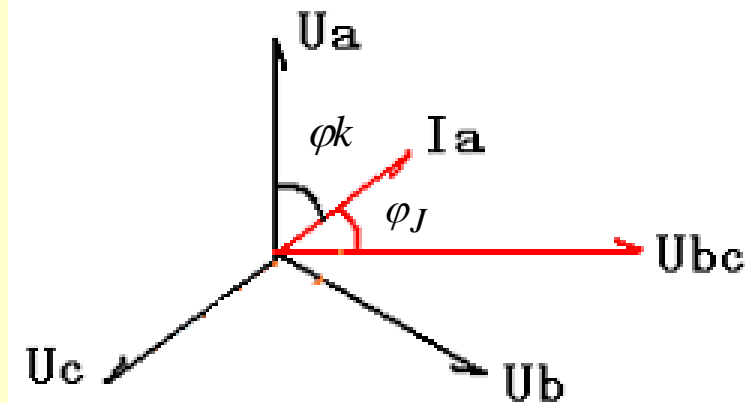
第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

2. 各种故障下 α 内角的确定

1) 正方向三相短路

三相对称，以A相功率元件分析。



$$\dot{I}_{JA} = \dot{I}_A \quad \dot{U}_{JA} = \dot{U}_{BC} \quad \varphi_{JA} = \varphi_k - 90^\circ$$

电流超前于电压。A相功率元件的

动作条件是：

$$U_{BC} I_A \cos(\varphi_k - 90^\circ + \alpha) > 0$$

短路时线路阻抗位于 $0^\circ < \varphi_k < 90^\circ$ 之间，即应有： $0^\circ < \alpha < 90^\circ$

为使工作在最灵敏的情况下，当线路 $\varphi_k = 60^\circ$ 时，应选择内角 $\alpha = 30^\circ$ 。

当线路 $\varphi_k = 45^\circ$ 时，应选择内角 $\alpha = 45^\circ$ 。

第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

2) 正方向两相短路

以B-C相两相短路为例，可分为近处短路和远处短路两种情况。

(1) 短路在保护安装处附近

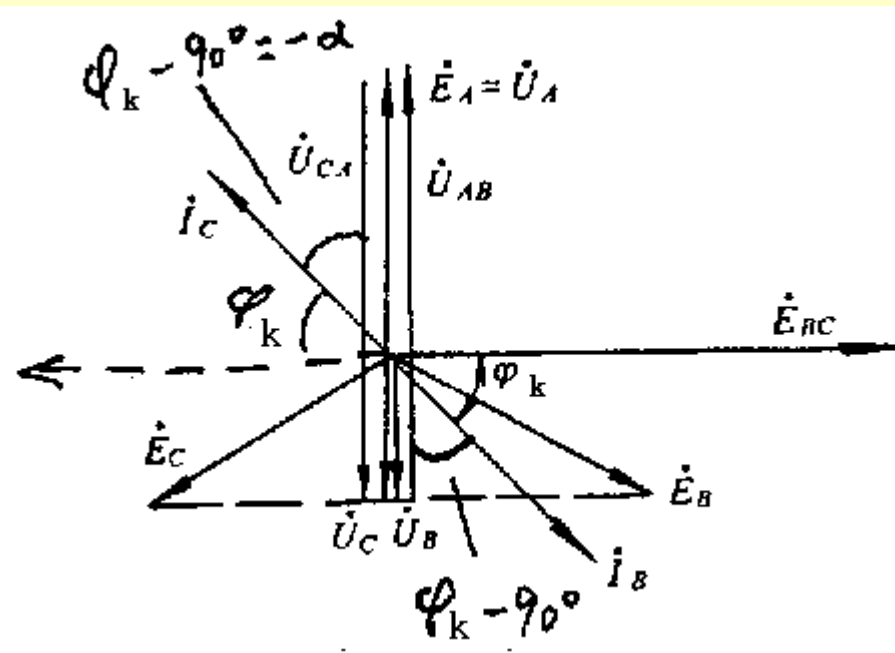
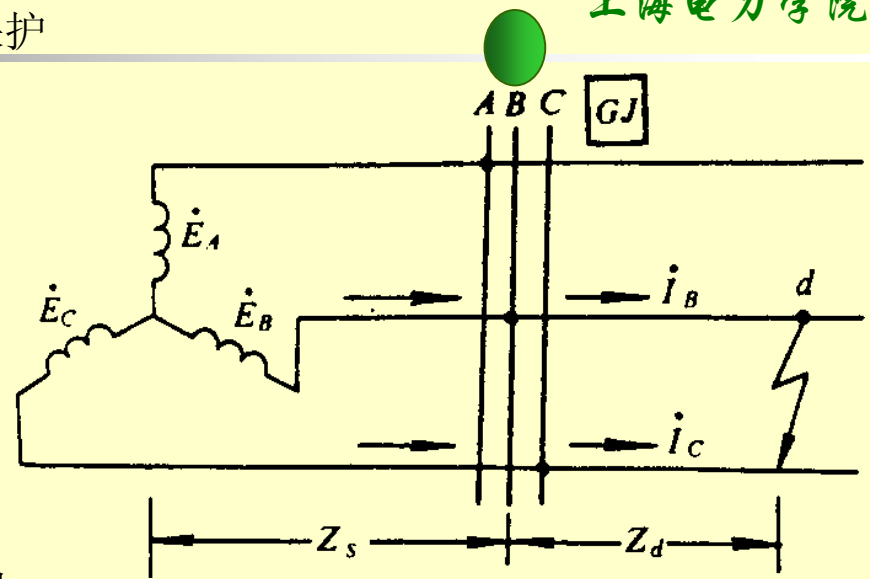
短路阻抗 $Z_k \ll Z_s$ ， Z_s 为系统阻抗。

极限时 $Z_k=0$ 。短路电流 I_B 由电势 E_{BC} 产生。

I_B 滞后于 E_{BC} 的角度为 ϕ_k 。 $I_C = -I_B$

短路点（保护安装处）的电压：

$$\dot{U}_A = \dot{E}_A \quad \dot{U}_B = -\frac{1}{2}\dot{E}_A = \dot{U}_C$$



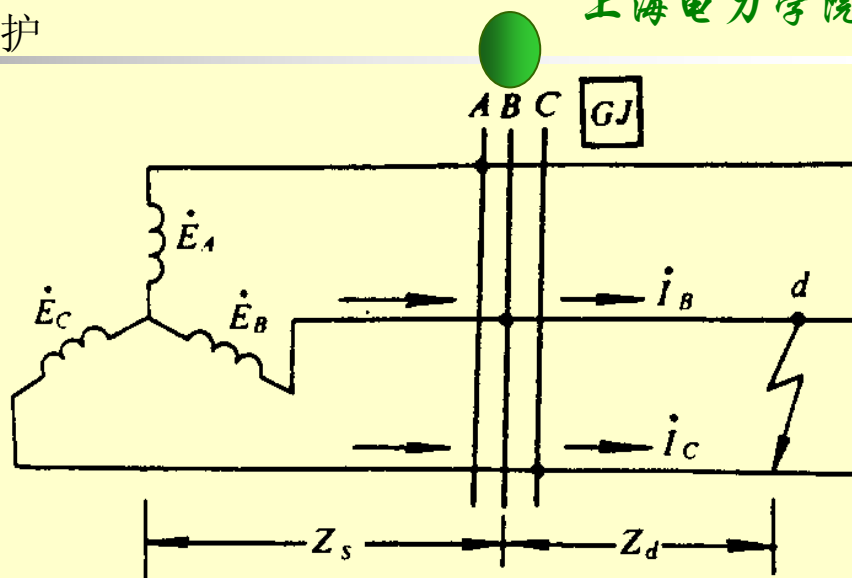
第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

2) 正方向两相短路

以B - C相两相短路为例，

(1) 短路在保护安装处附近



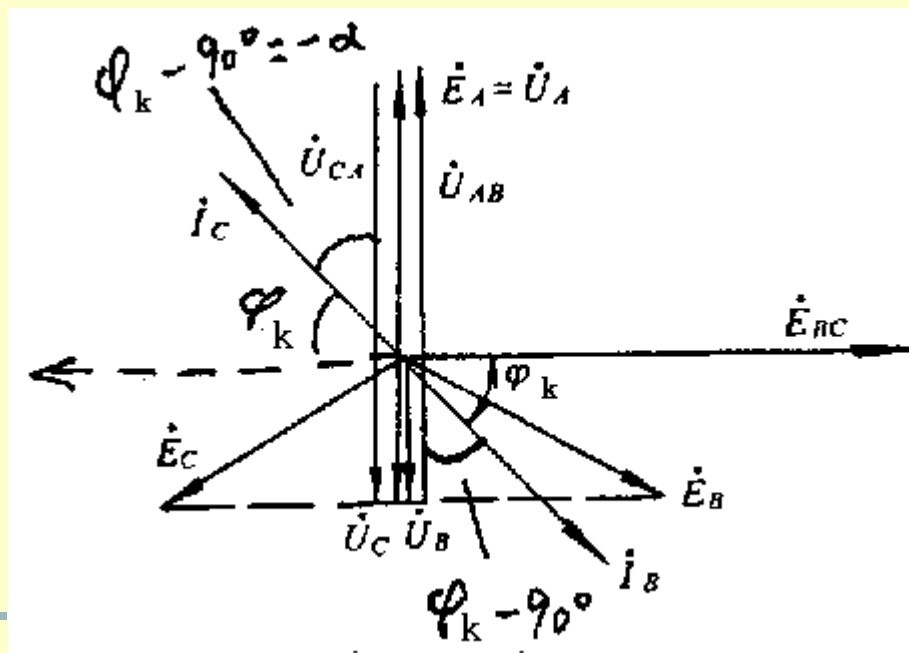
对B相功率元件

$$\dot{I}_{JB} = \dot{I}_B \quad \dot{U}_{JB} = \dot{U}_{CA}$$

$$\varphi_{JB} = \varphi_k - 90^\circ$$

B相动作条件:

$$U_{CA} I_B \cos(\varphi_d - 90^\circ + \alpha) > 0$$



第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

对C相功率元件

$$\dot{I}_{JC} = \dot{I}_C \quad \dot{U}_{JC} = \dot{U}_{AB}$$

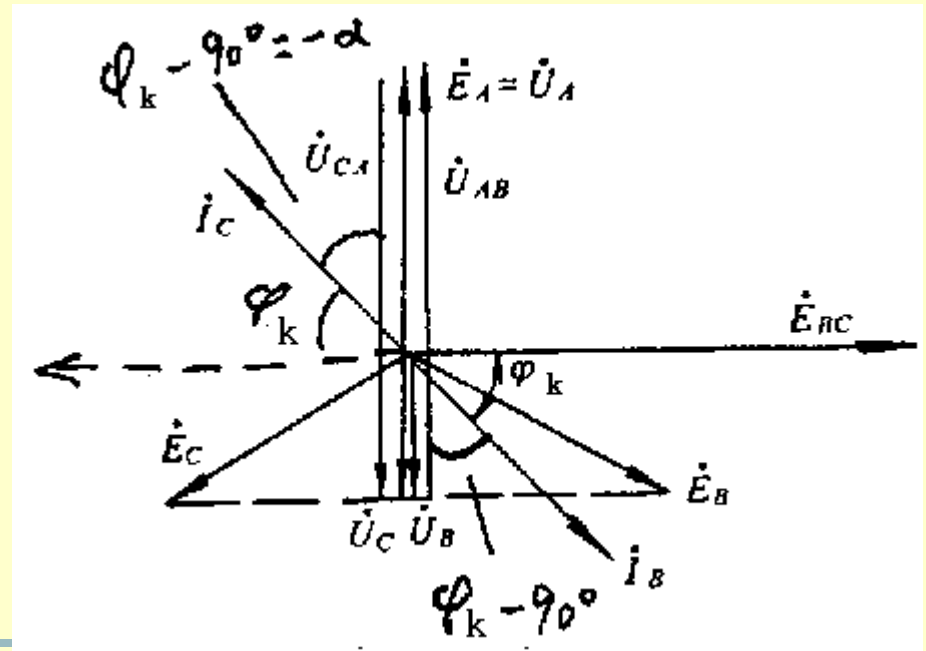
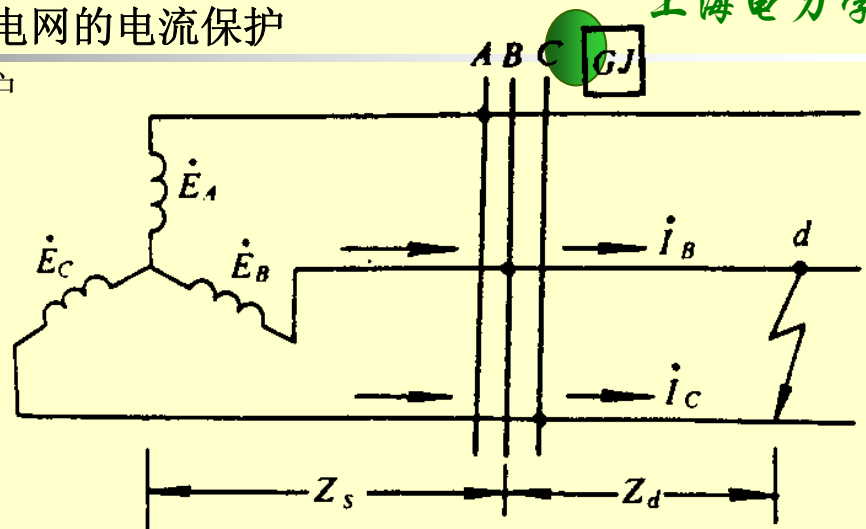
$$\varphi_{JC} = \varphi_k - 90^\circ$$

C相动作条件:

$$U_{AB} I_C \cos(\varphi_k - 90^\circ + \alpha) > 0$$

综合B相C相元件的动作要求, 选择内角 α 应满足:

$$0^\circ < \alpha < 90^\circ$$



第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

2) 正方向两相短路

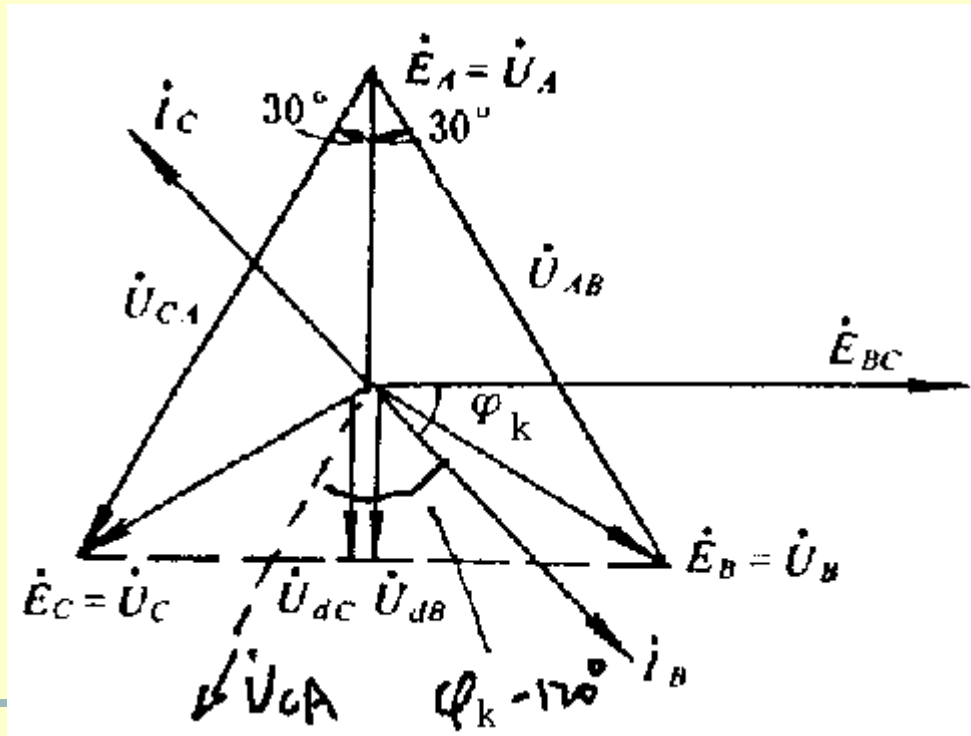
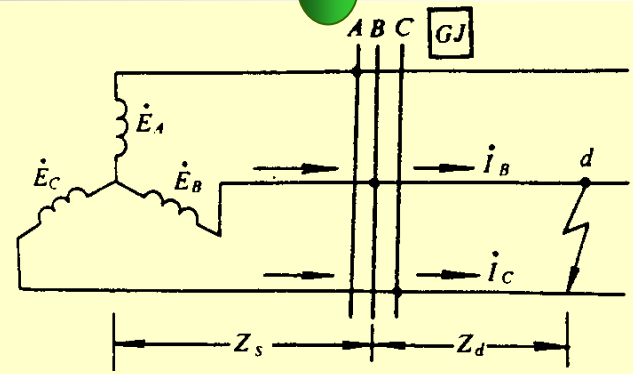
(2) 短路远离保护安装处

短路阻抗 $Z_d \gg Z_s$, 极限时 $Z_s=0$ 。短路电流 I_B 由电势 E_{BC} 产生。 $I_C = -I_B$ 。

由于短路远离保护安装处, 保护安装处的电压三相对称, 为电源电势。

$$\dot{U}_A = \dot{E}_A \quad \dot{U}_B = \dot{E}_B$$

$$\dot{U}_C = \dot{E}_C$$



第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

(2) 短路远离保护安装处

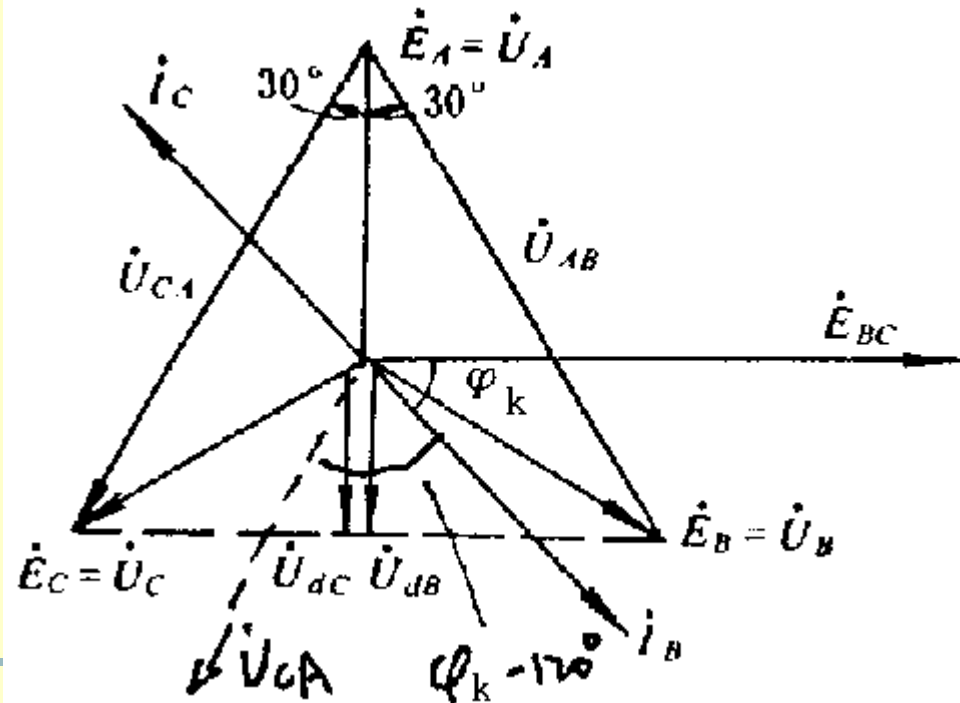
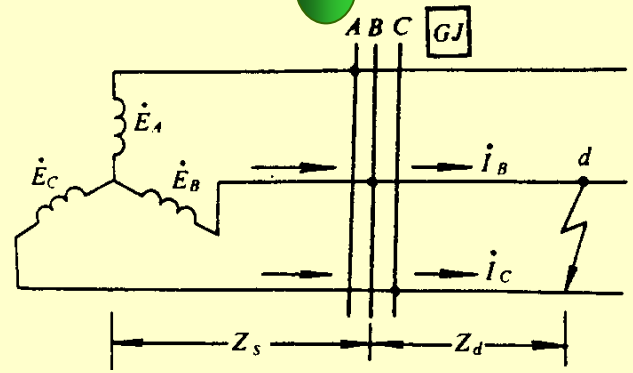
对B相功率元件,

$$\dot{U}_{JB} = \dot{U}_{CA} \quad \dot{I}_{JB} = \dot{I}_B$$

$$\varphi_{JB} = -(90^\circ + 30^\circ - \varphi_k) = \varphi_k - 120^\circ$$

B相动作条件:

$$U_{CA} I_B \cos(\varphi_k - 120^\circ + \alpha) > 0$$

要求: $30^\circ < \alpha < 120^\circ$ 

第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

2) 正方向两相短路 (2) 短路远离保护安装处

对C相功率元件,

$$\dot{U}_{JC} = \dot{U}_{AB} = \dot{E}_{AB} \quad \dot{I}_{JC} = \dot{I}_C$$

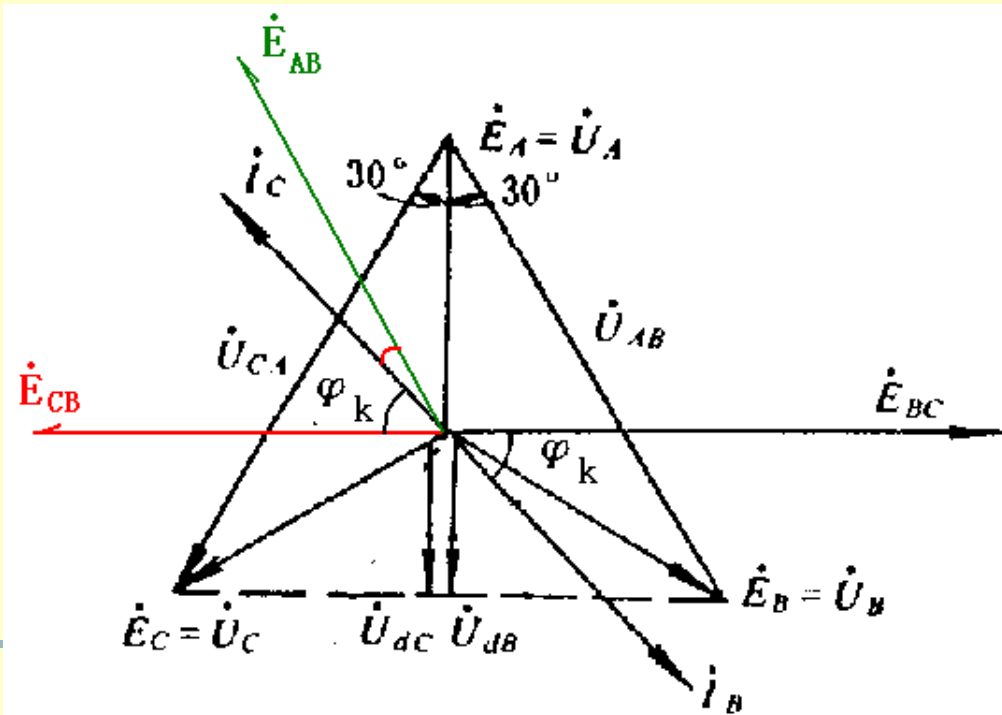
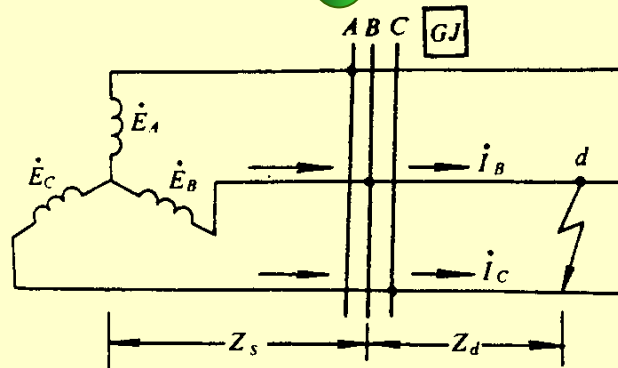
$$\varphi_{JC} = -(90^\circ - 30^\circ - \varphi_k) = \varphi_k - 60^\circ$$

C相动作条件:

$$U_{AB} I_C \cos(\varphi_k - 60^\circ + \alpha) > 0$$

要求:

$$-30^\circ < \alpha < 60^\circ$$



第二节 电网相间短路的方向性电流保护

四、相间短路功率方向的接线方式

2. 各种故障下 α 内角的确定

3) 综合确定 α 内角

以上同样适用于AB相短路和CA相短路。

综合三相短路和各种两相短路，当线路阻抗 $0 < \phi_k < 90^\circ$ 时，要求在正方向发生故障，而要求功率元件正确动作的条件为：

$$30^\circ < \alpha < 60^\circ$$

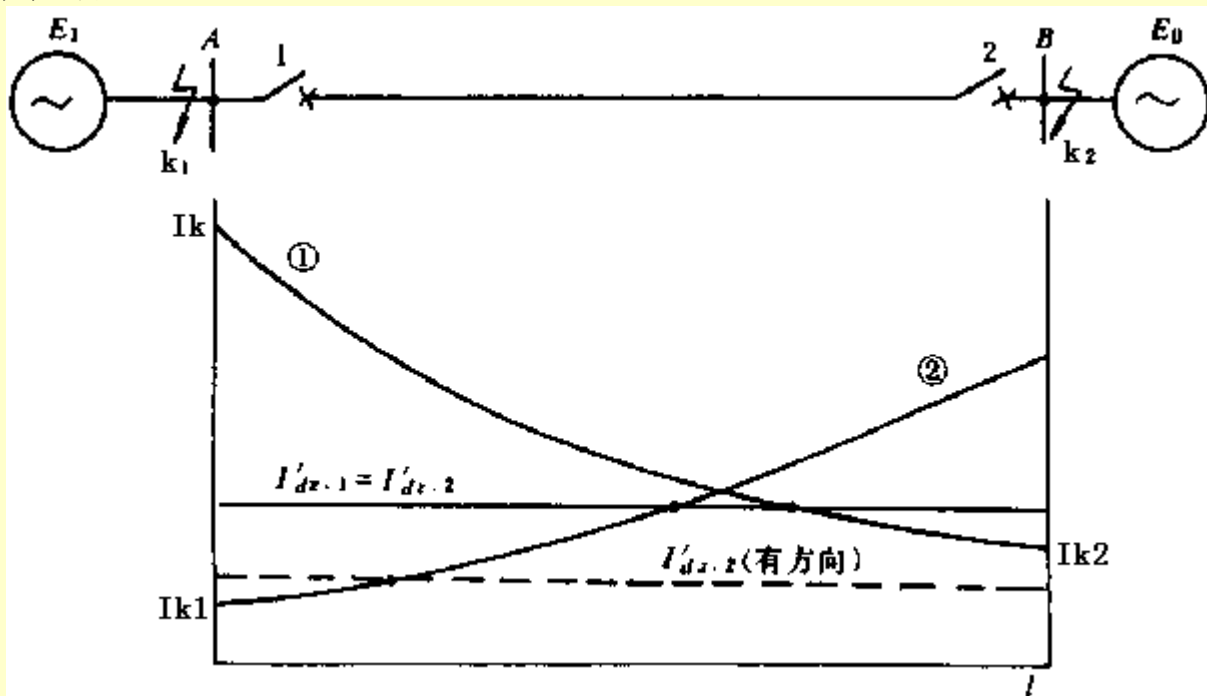
第二节 电网相间短路的方向性电流保护

五、双侧电源功率方向的配置

1. 电流速断保护

保护1和保护2分别按照各自的线路整定原则：大于末端最大短路电流计算

设E2容量小（即阻抗大），保护2的整定值小。



当d2点短路时（对本线路为区外故障），保护2会误动作，而保护1的整定值大，不会动作。

由此，线路两侧的电流速断保护，整定值小的应装功率方向；整定值大无需装功率方向。

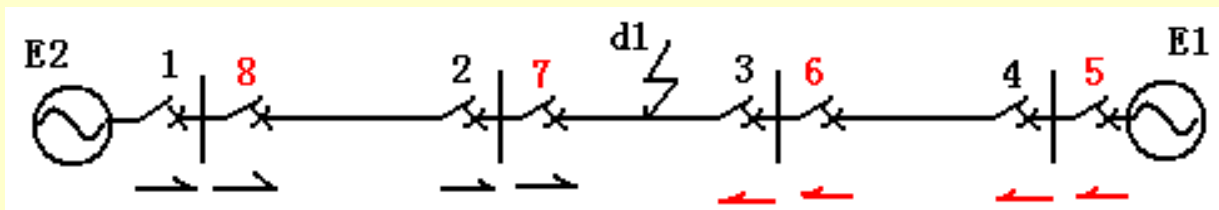
第二节 电网相间短路的方向性电流保护

五、双侧电源功率方向的配置

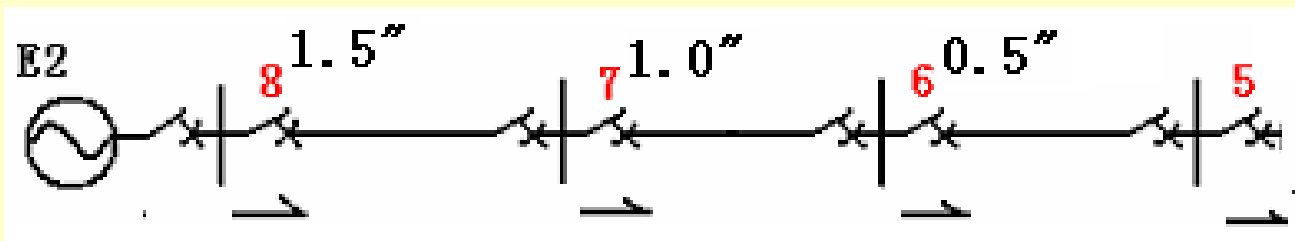
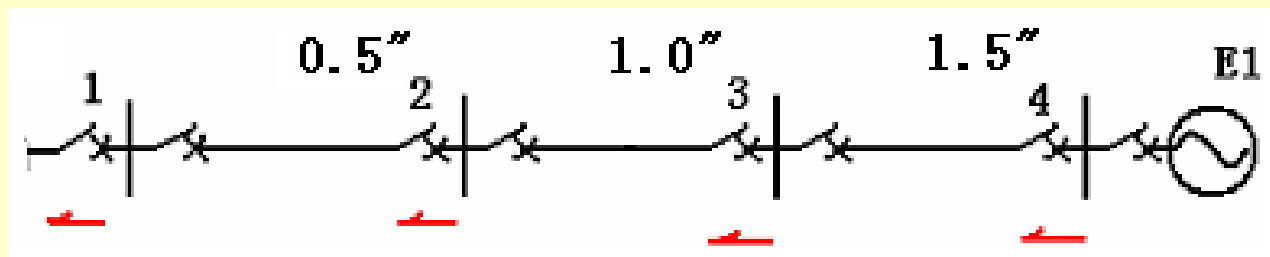
3. 定时限过电流保护

定时限过电流保护整定值小，无法以电流大小来判定。主要由动作时间来区分是否需要装功率方向元件。

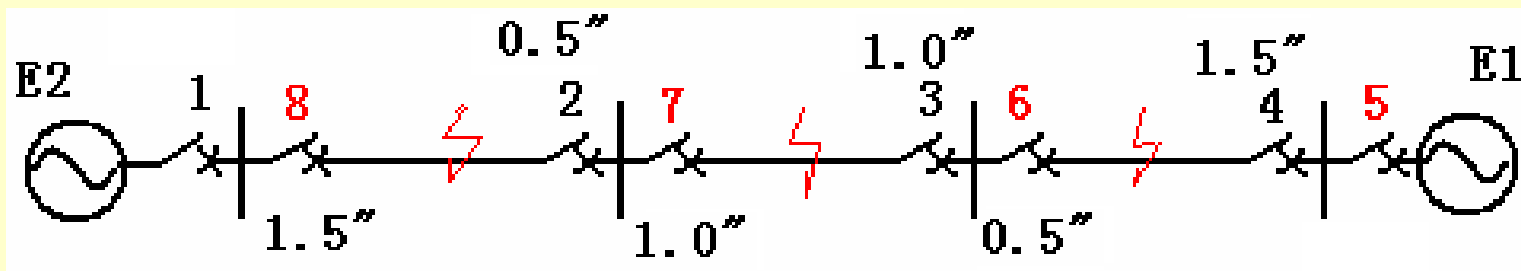
例1:



把上面的分成两个电源分别作用，分别按时间阶梯原则确定动作时间：



定时限过电流保护整定值小，无法以电流大小来判定。主要由动作时间来区分是否需要装功率方向元件。



比较各个母线两侧的时间，较小的应装功率方向元件，而大的则不用安装。

因此，在2和7中，保护2应装功率方向元件；
在3和6中，保护6应装功率方向元件；