

电力工业学校试用教材

电力系统继电保护

《第二分册》

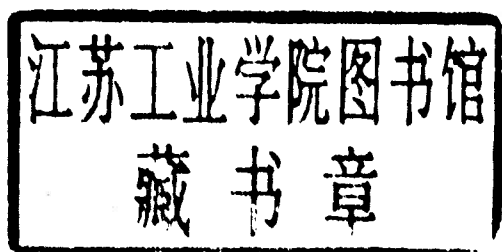
河南省电力工业学校继电保护教研组

一九九六年五月

电力工业学校试用教材

电力系统继电保护

《第二分册》



河南省电力工业学校继电保护教研组

一九九六年五月

内 容 提 要

本书为“中专一技校”一体化试用教材。全书共分三个分册,第一分册为公用模块内容为继电保护概述,继电保护的基础元件,输电线路的电流电压保护。第二分册为选择模块I,为三年制学生用,内容为电网相间短路的方向电流保护、电网的接地保护、距离保护、差动及高频保护、发电机保护、变压器保护、电动机保护及母线保护。第三分册为选择模块II,为四年制学生用,在第二分册的基础上多了继电保护整定计算,集成电路型和微机型继电保护内容。

为配合教学,每章后附有思考与练习题。

前 言

本书是根据电气运行及检修专业“中专一技校”一体化教学大纲编写的。采用模块式教学、本书是选择模块I, 为三年制学生用。

本书第四、五、六、九、十章由梅琳老师负责编写, 第七、八章由石磊老师编写, 第十一章由蒋惠昆老师编写, 第十二章由付红燕老师编写。全书由梅琳老师统稿, 初审, 由高级工程师郝武老师主审, 并得到仝全利老师, 陈水增校长的大力支持和指导, 在此一并致谢。

由于时间仓促, 水平有限, 在教材中有不足和错误之处, 恳请读者指正。

编 者

1996年5月

目 录

第四章	电网相间短路的方向电流保护	1
第一节	方向电流保护的基本概念	1
第二节	功率方向继电器的接线方式	7
第三节	方向过电流保护	12
第四节	功率方向继电器实验	13
第五章	电网的接地保护	19
第一节	电网的接地方式及其保护特点	19
第二节	大接地电流系统接地故障的零序分量	20
第三节	大接地电流系统的零序电流保护	25
第四节	零序方向电流保护	28
第五节	中性点不接地系统单相接地时的电流和电压	31
第六节	中性点不接地系统的接地保护	34
第六章	电网的距离保护	38
第一节	距离保护的基本原理	38
第二节	阻抗继电器的种类及其特性	42
第三节	全阻抗继电器	49
第四节	方向阻抗继电器	53
第五节	偏移特性阻抗继电器	55
第六节	阻抗继电器的接地方式	56
第七节	影响阻抗继电器正确测量的因素	62
第八节	距离保护的振荡闭锁装置	67
第九节	距离保护的断线闭锁	69
第十节	阻抗继电器实验	71
第七章	电网的纵差动保护	75
	纵差动保护的基本原理	75
第八章	电网的高频保护	80
第一节	高频保护的基本概念	80
第二节	高频闭锁方向保护	83
第三节	相差动高频保护	86

第九章	同步发电机的继电保护	91
第一节	发电机的故障不正常工作状态及其保护方式.....	91
第二节	发电机的纵差动保护.....	93
第三节	发电机的定子绕组匝间短路保护.....	105
第四节	发电机定子绕组的接地保护.....	110
第五节	同步发电机的电流电压保护.....	118
第六节	同步发电机转子回路接地保护.....	125
第七节	同步发电机的失磁保护.....	129
第八节	发电机保护全图举例.....	138
第九节	差动继电器实验.....	142
第十章	电力变压器继电保护	151
第一节	电力变压器的故障不正常工作状态及其保护方式.....	151
第二节	变压器的瓦斯保护.....	152
第三节	变压器的纵差动保护.....	155
第四节	变压器的电流电压保护.....	171
第五节	变压器的接地保护.....	175
第六节	变压器保护全图举例.....	178
第十一章	电动机保护	183
第一节	电动机的故障不正常工作状态及采用的保护方式.....	183
第二节	反时限特性的感应型电流继电器.....	185
第三节	电动机的相间短路保护和过负荷保护.....	192
第四节	电动机的单相接地保护.....	195
第五节	电动机的低电压保护.....	197
第十二章	母线保护	200
第一节	母线故障及其保护方式.....	200
第二节	母线完全差动保护.....	202
第三节	双母线同时运行时的母线保护.....	204
第四节	断路器失灵保护简介.....	215

第四章 电网相间短路的方向电流保护

教学目的:

- 1、了解方向过电流保护的基本原理, 时限特性。
- 2、掌握 LG—11、LG—12 功率方向继电器结构、工作原理。
- 3、熟悉方向过电流保护接线图。

第一节 方向电流保护的基本概念

教学目标:

- 1、会画出双端供电线路方向过电流保护时限特性图、会整定动作时间。
- 2、会表述方向过电流保护的基本原理。
- 3、能说出 LG—11、LG—12 继电器结构、各回路工作原理。

一、方向问题的提出

随着电力系统的发展, 出现了双侧电流辐射型电网, 及单电源的环型电网, 如图 4—1(a) 及 (b) 所示。在这样的电网中, 为了切断短路电流, 故障线路必须从两侧断开, 因此, 每一线路的两侧均装设有断路器。另外, 故障线路切除后, 接于变电所母线上的用户, 仍可通过各自的电源得到供电。例如图 4—1(a) 中, 当 D_1 点短路时, 装在该线路两侧的保护动作, 使断路器 1、2 跳闸, 从而将故障自系统中切除。故障线路切除后, 接于母线 A 上的用户, 以及接于母线 B、C 和 D 上的用户, 仍可分别从电源 I 和 II 继续受电。由此可见, 与单侧电源辐射网相比, 双侧电源网及单电源环网可大大提高供电的可靠性。

但是, 这种电网也给继电保护带来了新的问题。见图 4—1(a), 设在各条线路上均装有过电流保护, 则当 D_1 点短路时, 根据选择性的要求, 保护 2 的动作时限 t_2 应小于保护 3 的时限 t_3 , 即

$$t_2 < t_3$$

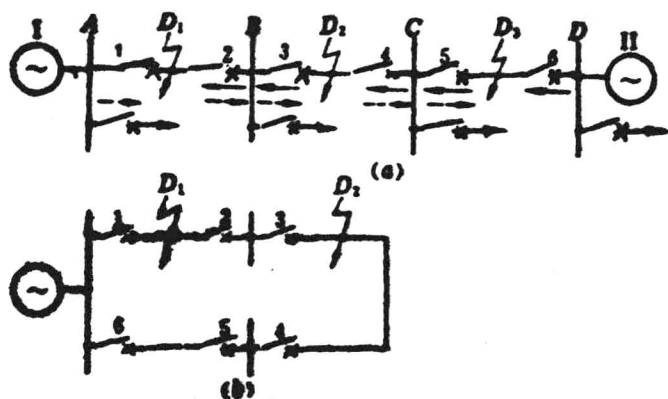


图4—1 装方向电流保护的电网图例

(a) 双电源辐射网；(b) 单电源环网

而当 D_2 点短路时，为了有选择性地切除故障，却相反地要求

$$t_2 > t_3$$

可见对位于同一母线B两侧的保护2和3，在短路点位置不同时，其时限配合的要求正好是相反的。 D_1 点短路时按选择性的要求进行时限配合的结果，在 D_2 点短路时就不能保证选择性，反之亦然。再从图4—1(b)的单电源环网中可以看出，情况也完全一样。为了解决这个问题，只有采用方向过电流保护，即使保护带上方向性。

现分析 D_1 点及 D_2 点短路时，流过保护2和3的功率方向。为了便于说明，假设从母线流向线路作为功率的正方向，则从线路流向母线的功率就是负的。见图4—1(a)，当 D_1 点短路时，流过保护2和3的短路功率是由电源II所供，其方向如图中实线箭头所示。显然，对保护2，其方向为从母线B流向线路，故为正；对保护3正相反，其方向为自线路流向母线B，短路功率是负的。如果我们在保护中增加一个方向元件——功率方向继电器，它具有判别短路功率方向的能力，并且只有在功率方向为正时才动作，那么在 D_1 点短路时，将只有保护2动作，保护3则为方向元件所闭锁。同理，当 D_2 点短路时，由电源I供给的短路功率的方向如图中虚线箭头所示，当装有方向元件时，则只有保护3动作，而保护2将不动作。可见，当过电流保护加上方向元件之后，位于同一母线两侧的保护，在不同的短路功率方向下，只有一个保护能够动作。这样，它们之间就不再有时限配合的要求。

设在图4—1(a)中所有的过电流保护均已装上方向元件，则在 D_1 点短路时，由电源II供给的短路功率将通过保护6、5、4、3和2，其中保护5和3由于被方向元件所闭锁而不会动作，保护6、4、2均可能动作。为了保护选择性，要求其动作时限满足 $t_6 > t_4 > t_2$ 。另一方面，当 D_3 点短路时，由电源I供给的短路功率将通过保护1、2、3、4和5，保护2和4被方向元件闭锁，只有保护1、3、5可以动作，显然，其时限应

按 $t_1 > t_3 > t_5$ 的条件配合。由此可见,在双侧电源电网中实施方向过电流保护时,应以保护1、3、5为一动作方向,保护6、4、2为另一动作方向,并在相同动作方向的各保护之间,按阶梯原则实现动作时限的配合,不同动作方向的保护间则不必考虑时限的配合。这样配合的结果,某一动作方向的保护离一个电源愈近时,如果时限愈长,则另一动作方向保护的时限就愈短,如图4—2所示,故称为逆向阶梯原则。

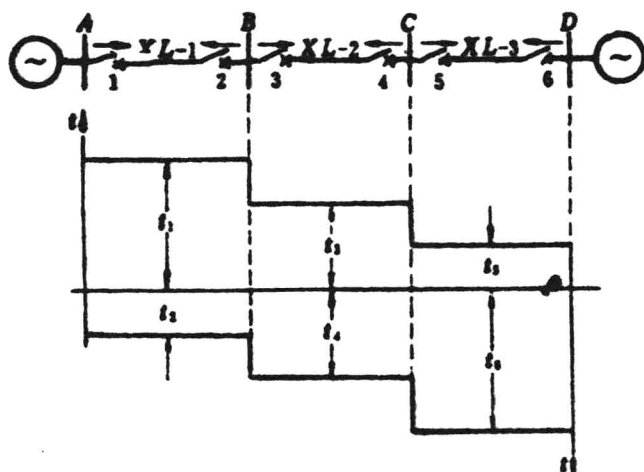


图4—2 方向过电流保护的时限特性

分析图4—2所示的时限特性可知,在一个双侧电源电网内实施方向过电流保护时,并非所有的保护都必须装设方向元件。例如变电所C母线两侧的保护4和5,由时限特性可知 $t_4 > t_5$,故当线路XL—3上短路时,就是在保护4上不加方向元件,也是由保护5动作而有选择性地跳闸,与此相反,在保护5上则必须装设方向元件,否则,当线路XL—2上故障时,将造成该保护的无选择性动作。同理,变电所B两侧保护中,保护3可不装设方向元件,而保护2则必须装设方向元件。由此可以推知,在双侧电源电网中实施过电流保护时,对同一母线上两侧线路的保护,当其动作时限不同时,凡动作时限较长者可可不装设方向元件,动作时限较短者必须装设方向元件;如这两个保护的时限相同,则两者均应装设方向元件。

二、方向过电流保护基本组成及原理

方向过电流保护的构成,如图4—3(a)所示,由以下四个基本元件构成:

- 1) 起动元件 —— 电流继电器(1LJ);
- 2) 方向元件 —— 功率方向继电器(2GJ);
- 3) 时限元件 —— 时间继电器(3SJ);
- 4) 信号元件 —— 信号继电器(4XJ)。

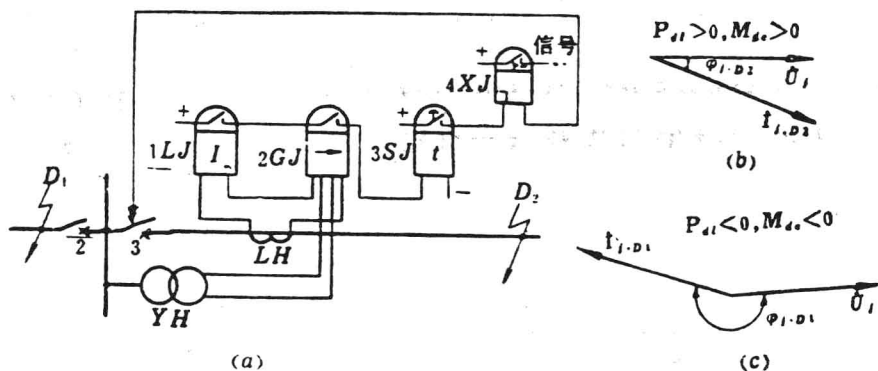


图4—3 方向过电流保护的基本原理

显然，它与定时限过电流保护的不同之处，是增加了方向元件，用以判断短路功率的方向。方向元件为一功率方向继电器，其内部有两个线圈，一为电压线圈，接至母线电压互感器YH，加入的电压为 $\dot{U}_j$ ；一为电流线圈，接自被保护线路的电流互感器LH，流进的电流为 $\dot{I}_j$ 。继电器的转矩 M_{ac} ，不仅决定于 $\dot{U}_j$ 及 $\dot{I}_j$ 的大小，而且还和它们间的相角差 φ_j 有关，即决定于短路功率 $P_{a1} = U_j I_j \cos \varphi_j$ 。功率方向继电器的接线，应使得在正向短路（如 D_2 点短路）时， $\varphi_j - D_2$ 在 $0^\circ < \varphi_j - D_2 < 90^\circ$ 的范围内（按感性电路分析）。以 $\dot{U}_j$ 作为参考，其向量图如图4—3(b)所示，显然，这时 $P_{a1} > 0$ ， $M_{ac} > 0$ ，即继电器有正的转矩。因此，正向短路时，功率方向继电器将动作。这样，当短路发生在相反的方向（如 D_1 点短路时，由于流过继电器的电流方向相反，仍以 $\dot{U}_j$ 为参考，则 $\dot{I}_j$ 的向量将转过 180° ，如图4—3(c)所示。显然，同样在感性电路的情况下， $\varphi_j - D_1$ 的变化范围为 $180^\circ < \varphi_j - D_1 < 270^\circ$ ，故 P_{a1} 为负，继电器将有负的转矩而不动作。这就是功率方向继电器能够判别短路方向的基本原理。

三、LG—11型功率方向继电器

LG—11型为用于相间短路保护的整流型功率方向继电器，LG—11型功率方向继电器的原理接线如图4—4所示。与一般整流型继电器相同，它包括电压形成回路、整流滤波回路、比较回路和执行元件等几部分。下面分别介绍它们的作用、构成以及继电器的工作原理。

（一）电压形成回路

在整流型及晶体管型继电器中，通常都设有电压形成回路，它们的作用可归纳为以下三点：

（1）变换作用 将仪用互感器二次侧的较强电压或电流，变换成与之成比例的较弱电压或电流，以适应继电器电路工作的需要；

(2) 隔离作用 使交流强电系统与继电器内的直流弱电系统在电气上互相隔离, 以保证继电器电路各元件的安全工作, 并消除互感器二次侧接地带来的影响;

(3) 移相作用 使变换后电气向量的相位能在一定的范围内调节, 以构成继电器所需的动作特性。

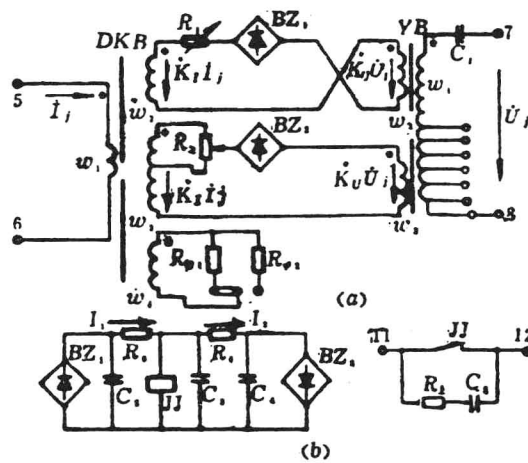


图4—4 LG—11型功率方向继电器的原理接线图
(a) 电压形成回路; (b) 比较回路

LG—11型继电器的电压形成回路由两个部分组成。第一部分是电抗变压器DKB, 它的一次绕组 ω_1 接至电流互感器的二次侧, 以取得工作电流 $\dot{I}_j$ 。它有三个二次绕组, 其中 ω_2 和 ω_3 为工作绕组, 根据DKB的工作原理, 其输出电压为 $\dot{U}_a = \dot{K}_1 \dot{I}_j$; ω_4 为移相绕组, 利用连接片可以换接欧姆值不同的电阻 $R_{\phi 1}$ 和 $R_{\phi 2}$, 以改变在 $\dot{K}_1 \dot{I}_j$ 与 $\dot{I}_j$ 间的相位差 φ_z 。下面将分析到, φ_z 的余角就是继电器的内角 α 。因此, 改接在 ω_4 回路内的两个电阻 $R_{\phi 1}$ 和 $R_{\phi 2}$, 可使LG—11型继电器获得两个不同的内角 α (30° 和 45°), 以适应不同线路参数的需要。

电压形成回路的第二部分, 是由谐振变压器构成的 $\dot{U}_j$ 转换回路。其所以称谐振变压器, 是因为中间变压器YB的一次绕组与电容器 C_1 串联后, 构成一个在工频下谐振的电路。设置串联谐振电路的目的, 是为了在外加电压 $\dot{U}_j$ 消失时, 利用储存在谐振回路内的电场能量和磁场能量, 将回路的振荡继续一段时间, 直至储存的能量全部消耗完为止。由于这个振荡是以原来的频率进行的, 所以, 在 $\dot{U}_j$ 消失后的振荡过程中, YB的二次电压依然存在, 相当于对 $\dot{U}_j$ 存有记忆作用, 故通常又称这种电路为记忆回路。整流型功率方向继电器正由于这种记忆作用, 所以在三相短路时, 没有电压死区, 这也是它比感应型继电器优越的一个重要方面。

谐振变压器的工作原理, 可用图4—5加以说明。图4—5(a) 为其局部电路图, 其

输入电压为 $\dot{U}_j$, 输出电压为 $\dot{U}_y$ 。图4—5(b) 为等值电路图, 图中 L 为谐振回路的电感, 其数值由 YB 的励磁电抗所决定; R 为谐振回路的总电阻, 包括 YB 一次绕组电阻、对应于电容器介损及变压器铁损的电阻等。图4—5(c) 为其向量图。由于电路处于谐振状态, 故电流 $\dot{I}_U$ 与 $\dot{U}_j = \dot{U}_R$ 同相, 而电感电压 $\dot{U}_L$ 超前于 $\dot{U}_j 90^\circ$, 并且与电容电压 $\dot{U}_C$ 大小

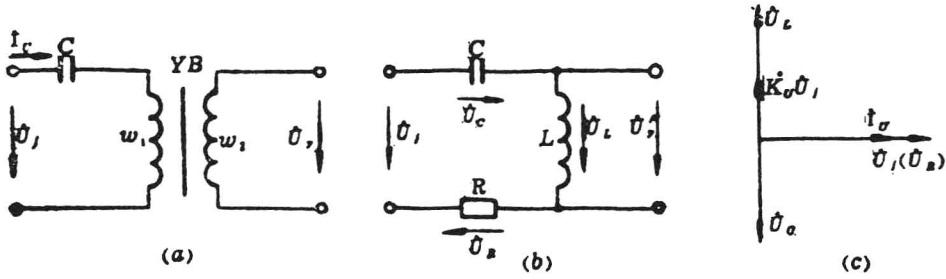


图4—5 谐振变压器的工作原理
(a) 原理电路图; (b) 等值电路图; (c) 向量图

相等, 相位相反。略去漏阻抗及铁芯损耗, 可得二次电压的折算值为 $\dot{U}'_y = \dot{U}_L$, 而实际的二次电压则为 $\dot{U}_y = \dot{U}'_y \frac{W_2}{W_1}$ 。即输出电压 $\dot{U}_y$ 的大小, 与 YB 的匝数比有关, 而其相位则超前于 $\dot{U}_j 90^\circ$, 谐振变压器的铁芯带有空气隙, 其变比为一常数。为了使谐振变压器的变换系数, 能够直接反映输入电压 $\dot{U}_j$ 与输出电压 $\dot{U}_y$ 之间的关系, 通常引用系数 K_U , 即

$$\dot{U}_y = K_U \dot{U}_j \quad (4-1)$$

显然, 变换系数 K_U 是一个没有量纲的复数, 它综合了 $\dot{U}_j$ 在 YB 一次绕组上的分配关系, $\dot{U}_L$ 超前 $\dot{U}_j 90^\circ$ 的相移关系以及 YB 一次与二次侧的变化关系等。

(二) 比较回路

LG—11 型继电器是按比较两个电气量绝对值的原理而工作的, 它的基本工作过程是, 由电压形成回路中获得两组与 $\dot{U}_j$ 、 $\dot{I}_j$ 有关的电气量, 然后通过整流、滤波回路取得它们的绝对值, 最后再对这两组电量的绝对值进行比较, 当使继电器动作的那个电量绝对值 (称为动作量) 较大时, 则执行元件——极化继电器动作; 反之, 当使继电器制动的电量绝对值 (称为制动量) 较大时, 则继电器不动作。

图4—4中 BZ_1 、 BZ_2 为两组桥式全波整流器, 电阻 R_5 、 R_6 及电容 C_2 、 C_4 构成了阻容滤波电路。电容器 C_3 与极化继电器 JJ 的线圈并联, 以便进一步滤去交流分量, 防止继电器动作时接点的抖动。由图4—4(a) 知, 由电压形成回路取得的, 加于 BZ_1 及 BZ_2 交流侧的电压分别为 $(\dot{K}_I \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j)$ 和 $(\dot{K}_I \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j)$, 经整流后, 在 BZ_1 和 BZ_2 直流侧的输出电压分别为 $|\dot{K}_I \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j|$ 及 $|\dot{K}_I \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j|$, 它们经滤波后分别加至极化继

电器JJ线圈的两端。其中 $(\dot{K}_I\dot{I}_j + \dot{K}_U\dot{U}_j)$ 所形成的电流 $\dot{I}_1$ ，在BZ₁与JJ的回路中顺时针流动，其方向将驱使极化继电器动作，故为动作量；而电压 $|\dot{K}_I\dot{I}_j - \dot{K}_U\dot{U}_j|$ 在BZ₂与JJ的回路中，形成的电流 I_2 却以相反的方向通过极化继电器，故为制动量。由此可见，继电器的动作条件是

$$I_1 > I_2$$

当回路的参数完全对称时，又可写成

$$|\dot{K}_I\dot{I}_j + \dot{K}_U\dot{U}_j| > |\dot{K}_I\dot{I}_j - \dot{K}_U\dot{U}_j| \tag{4-2}$$

其中 $|\dot{K}_I\dot{I}_j + \dot{K}_U\dot{U}_j| = |\dot{K}_I\dot{I}_j - \dot{K}_U\dot{U}_j|$

为继电器动作的边界条件。而当

$$|\dot{K}_I\dot{I}_j + \dot{K}_U\dot{U}_j| < |\dot{K}_I\dot{I}_j - \dot{K}_U\dot{U}_j|$$

时，继电器将不动作。

图4—4(b)所示的比较回路，是比较两个环路电流 I_1 和 I_2 的大小而工作的，故又称为环流法比较回路。这种比较回路接线简单，在整流型及晶体管型继电器中应用得很广泛。

第二节 功率方向继电器的接线方式

教学目标：

1、会按90°接线方式对功率方向继电器进行正确接线，会分析相间短路时功率方向继电器的动作情况。

一、对接线的要求及90°接线方式

所谓功率方向继电器的接线方式，是指在三相系统中，继电器电压及电流的接入方式，对接线方式的要求是：

(1) 应能正确地反应故障的方向，即应使保护在正向短路时能够动作，反向短路时不能动作，而不论其故障类型如何；

(2) 应使继电器能灵敏地工作，即当发生正方向短路时，加到继电器上的电压 $\dot{U}_j$ 和电流 $\dot{I}_j$ 应尽量大，而且使 φ_j 尽量接近于最大灵敏角，以提高继电器的灵敏度，消除和尽可能减小电压死区。

为了满足上述要求，在相间短路保护中，广泛采用90°接线方式。这种接线方式的特点是，每一相功率方向继电器的电流线圈，接入本相的电流，而电压线圈则

按一定的顺序接至其它两相的相间电压上,如图4—6(a)及表4—1所示,十分明显,当三相系统对称,且功率因数等于1时,接入每个继电器的电流与电压的相位差,正好等于 90° ,如图4—6(b)所示, 90° 接线方式即因此而得名。

表 4—1 90° 接线时继电器的电压和电流

继 电 器 编 号	I_j	U_j
1	I_a	U_{bc}
2	I_b	U_{ca}
3	I_c	U_{ab}

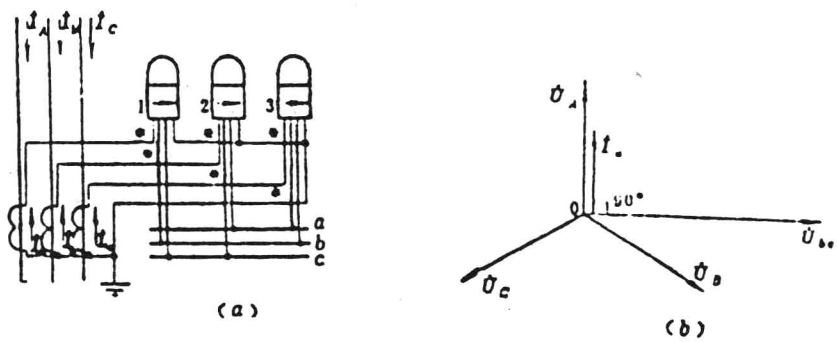


图4—6 功率方向继电器的 90° 接线
(a) 接线方式; (b) $\cos \phi = 1$ 时的向量图

(三) 工作特性及动作分析

1、LG—11型继电器的动作区

生产上常用动作范围图来分析LG—11型继电器的工作情况。在画LG—11型继电器的动作区时,习惯上常以 $\dot{I}_j$ 作为参考向量。因此,继电器的动作区虽然仍指继电器能够动作时角 φ_j 的变化区域,但对LG—11型继电器而言,就变成向量 $\dot{U}_j$ 位置的变化范围了。

LG—11型继电器的内角 α 是指DKB转移阻抗 $\dot{K}_I$ 的阻抗角 φ_z 的余角,即 $\alpha = 90^\circ - \varphi_z$ 。先分析当 $\dot{U}_j$ 和 $\dot{I}_j$ 的相位差 φ_j 正好等于 φ_z (即 $\varphi_j = \varphi_z = 90^\circ - \alpha$)时,继电器的工作情况。这时继电器的向量图如图4—7(a)所示。画向量图的步骤如下:首先将参考向量 $\dot{I}_j$ 画在横轴位置,再根据 φ_j 和 φ_z 分别画出 $\dot{U}_j$ 和 $\dot{K}_I \dot{I}_j$ 的向量,由于此时 $\varphi_j = \varphi_z$;故 $\dot{U}_j$ 与 $\dot{K}_I \dot{I}_j$ 同相。然后作出YB的二次电压 $\dot{K}_U \dot{U}_j$ 的向量,它超前于 $\dot{U}_j 90^\circ$ 。最后

作出 $\dot{K}_I \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j$ 及 $\dot{K}_I \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j$ 两个向量。由图可见, 就绝对值而言, 它们是相等的, 即符合 $|\dot{K}_I \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j| = |\dot{K}_I \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j|$ 的条件。所以, 当 $\varphi_j = 90^\circ - \alpha$ 时, 继电器正处于动作的边界状态。换言之, 在图4—7(a)中, 向量 $\dot{U}_j$ 正处于动作边界的位置。

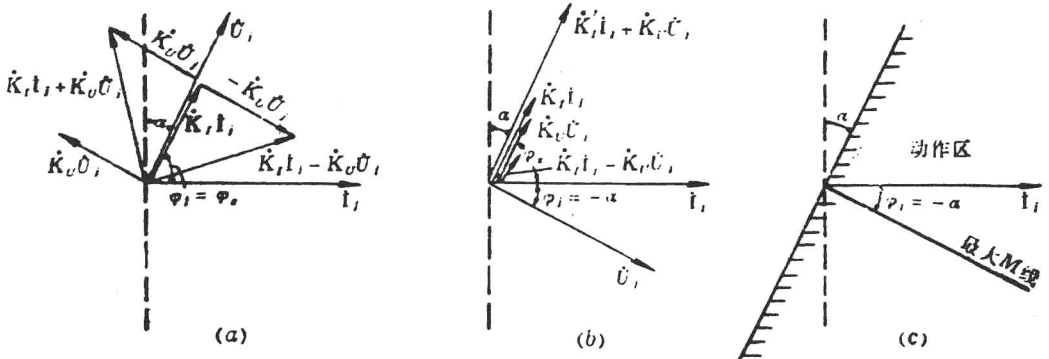


图4—7 LG—11型继电器的工作特性

(a) 动作边界下的向量图; (b) 最灵敏状态下的向量图; (c) 继电器的动作区

再分析 $\varphi_j = -\alpha$ 时的情况。此时继电器的向量图如图4—7(b)所示。作图时仍以 $\dot{I}_j$ 为参考, 然后顺序作出 $\dot{U}_j$ 、 $\dot{K}_I \dot{I}_j$ 、 $\dot{K}_U \dot{U}_j$ 以及 $\dot{K}_I \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j$ 、 $\dot{K}_I \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j$ 等向量。显而易见, 由于这时 $\dot{K}_I \dot{I}_j$ 与 $\dot{K}_U \dot{U}_j$ 同相, 因此动作量 $|\dot{K}_I \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j|$ 具有最大值, 制动量 $|\dot{K}_I \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j|$ 具有最小值, 所以继电器将工作在最灵敏状态。故继电器的最大灵敏角为 $\varphi_j = \varphi_{lm} = -\alpha$ 。

综上所述, 可以根据内角 α 作出继电器的动作区, 如图4—7(c)所示。作图的方法是, 首先画出参考向量 $\dot{I}_j$, 再作一垂直于 $\dot{I}_j$ 的辅助线(在图中用虚线表示), 然后根据内角 α 作出动作的边界线(在图中用阴影线表示), 最后根据 $\varphi_j = -\alpha$ 即可画出继电器的最大灵敏线。显然, φ_j 的变化范围在阴影线的一侧时, 继电器可以动作, 故这个范围为继电器的动作区, 当向量 $\dot{U}_j$ 落在动作区内时, 继电器可以动作, 而当 $\dot{U}_j$ 落在最大M线上时, 继电器最灵敏。由图可见, 动作边界线与最大M线互成 90° 。

2. 继电器的动作分析

下面以三相短路为例, 说明A相继电器的动作情况, 设继电器采用 90° 接线方式, 则在正向短路时, A相功率方向继电器的 $\dot{U}_j = \dot{U}_{bc}$, 将滞后于 $\dot{I}_j$ ($\dot{I}_\alpha$) 一个 $\varphi_j (=90^\circ - \varphi_{a1})$ 角。因此, 向量 $\dot{U}_j$ 落入动作区, 并位于最大M线附近, 即继电器能够灵敏地动作, 如图4—8(a)所示。实际上, 如作出 $\dot{K}_I \dot{I}_j$ 和 $\dot{K}_U \dot{U}_j$ 的向量($\dot{K}_I \dot{I}_j$ 超前 $\dot{I}_j$ 一个 φ_z 角, $\dot{K}_U \dot{U}_j$ 超前 $\dot{U}_j 90^\circ$), 即可明显看出, 此时 $|\dot{K}_I \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j| > |\dot{K}_I \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j|$ (见图4—8, b), 这与继电器动作条件是完全相符的。

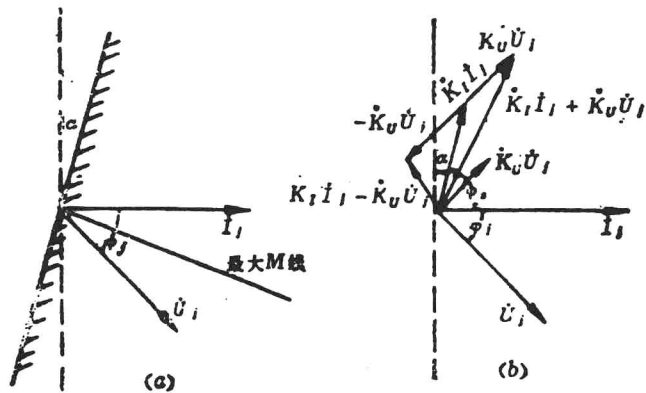


图4—8 正向三相短路时的动作分析

(a) 用动作区分析；(b) 用向量图分析

当发生反方向三相短路时，如仍以 $\dot{I}_j$ 为参考向量进行分析，则 $\dot{U}_j$ 的向量与原来的相反，即 $\dot{U}_j$ 落入不动作区，如图4—9(a)所示，继电器不动作。同样，也可作出向量图进行分析，如图4—9(b)所示，这时也符合继电器不动作的条件，即 $|\dot{K}_U \dot{I}_j + \dot{K}_U \dot{U}_j| < |\dot{K}_U \dot{I}_j - \dot{K}_U \dot{U}_j|$ 。

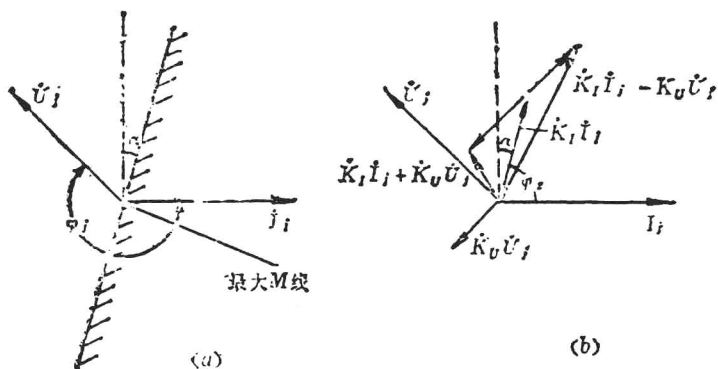


图4—9 反向三相短路时的动作分析

(a) 用动作区分析；(b) 用向量图分析

三相短路时其它两相继电器以及两相短路时继电器的动作情况，可用类似方法分析，这里不再赘述。

最后还应指出，LG—11型继电器也可能出现电流潜动和电压潜动。这是由于比较回路中各元件参数不对称，以致当在继电器上只加电流或只加电压时，极化继电器的线圈上也会出现电压，从而引起潜动。为了消除潜动，设置了电阻 R_1 和 R_2 。为

消除电流潜动,可调整 R_1 ;为消除电压潜动,则可调整 R_2 。另外,执行元件JJ的接点上,还并联一个电阻 R_7 与电容 C_6 的串联回路,以便在接点切换过程中,消除电弧,保护接点。

二、LG—12型功率方向继电器

LG—12型功率方向继电器用于保护接地短路,具有与GG—12型继电器相同的工作特性,其原理电路如图4—10所示。与LG—11型继电器相比,主要有以下两个不同点:

(1) 在中间变压器上不采用记忆回路,当发生接地短路时,加入继电器的电流 $\dot{I}_j$ 为零序电流 $3\dot{I}_0$,电压 $\dot{U}_j$ 为零序电压 $3\dot{U}_0$,考虑到在保护装设处附近发生接地短路时, $3\dot{U}_0$ 的值很高,不会出现电压死区,因此在YB的一次侧可不接入电容器,如图4—10(a)所示。显然,这时YB的一次电压就是 $\dot{U}_j$,而二次电压 $\dot{K}_U\dot{U}_j$ 与 $\dot{U}_j$ 是同相的,亦即 $\dot{K}_U$ 为一实数。

(2) 采用均压法比较回路 如图4—10(b)所示,整流器 BZ_1 和 BZ_2 直流侧的输出电压,分别加在电阻 R_5 和 R_6 上,当 BZ_1 的输出电压 $|\dot{K}_I\dot{I}_j + \dot{K}_U\dot{U}_j|$ 大于 BZ_2 的输出电压 $|\dot{K}_I\dot{I}_j - \dot{K}_U\dot{U}_j|$ 时,则m点的电位高于n点的电位,极化继电器内流过正向动作电流,故继电器动作。反之,则继电器不动作。因此,这种电路中极化继电器接于两个电压差上,直接比较两电压的大小,故称为均压法比较回路。

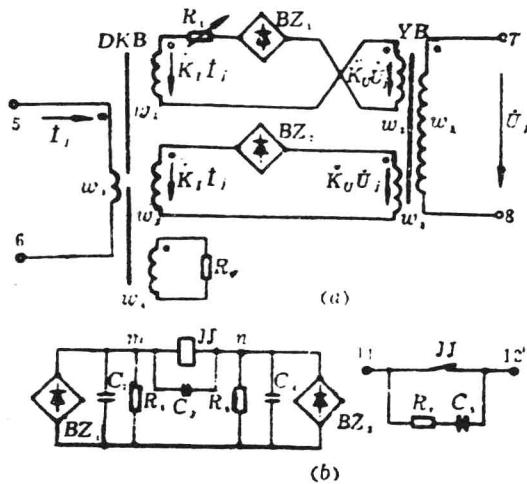


图4—10 LG—12型功率方向继电器的原理接线图

(a) 电压形成回路; (b) 比较回路

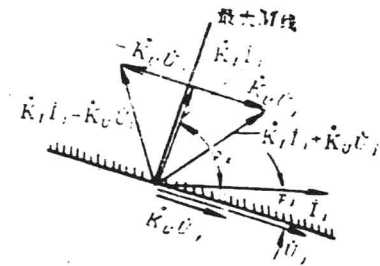


图4—11 LG—12型继电器的动作区

及最大灵敏线