

110004

用电安全技术参考资料

北京经济学院
劳动保护系资料室

~~1980~~·1·

序

这份资料收集了一些电气安全装置的线路，并予以分类，叙述其工作原理、应用范围和技术要求。对于从事电工技术或安全技术的工作者，以及对于从事技术革新的工作者，或许有一定参考价值。为了促进电气安全技术的发展，促进电能更好地为人类服务是编写本资料的直接目的。由于编者水平很低，资料中错误和不当之处一定很多，欢迎批评指正。

编者

一九八〇年元月

目 录

一、漏电保护装置.....	1
1 • 1 漏电保护装置的原理、分类和参数选择.....	2
1 • 2 电压型漏电保护装置.....	6
1 • 3 零序电流型漏电保护装置.....	8
1 • 4 泄漏电流型漏电保护装置.....	19
1 • 5 中性线接地保护装置.....	20
二、电气安全联锁装置.....	21
2 • 1 防止触电事故的联锁装置.....	22
2 • 2 排除电路故障的联锁装置.....	23
2 • 3 执行安全程序的联锁装置.....	29
2 • 4 防止非电事故的联锁装置.....	34
三、信号和报警装置.....	39

在生产过程中，为了保证正常工作，以及为了防止事故，可以采用各种型式的安全装置。其中，凡是与电气有密切关系的安全装置即电气安全装置。

电气安全装置除用来防止触电、接地等电气事故外，也用来防止火灾、机械伤害等非电事故。

电气安全装置种类很多，按照装置的结构，可分为机械式、电动式和电子式等三种类型。

本资料按照电气安全装置的用途，将其分为漏电保护装置、电气安全联锁装置、信号和报警装置等三类。

一、漏电保护装置

漏电保护装置的作用主要是防止由漏电引起触电事故和防止单相触电事故。其次是防止由漏电引起火灾事故、以及监视或切除一相接地故障。此外，有的漏电保护装置能切除三相电动机单相运行（即缺一相运行）的故障。

漏电保护装置适用于1000伏以下的低压系统，但作为检查漏电情况，也可用于高压系统。

用来防止触电事故及其他事故的漏电保护装置在一些发达的国家应用已很普遍。而且很多都形成了明确的规定。例如，日本规定：对地电压300伏以上者，都要求装设漏电保护装置；对地电压300伏以下、150伏以上，凡有触及可能或所在场所潮湿者，也要求装设漏电保护装置。对地电压150伏以上的携带式或移动设备都要求装设漏电保护装置；对地电压150伏以下（60伏以上），凡有触及可能或所在场所特别潮湿者，也要求装设漏电保护装置。日本还规

定：不单生产设备要求装设漏电保护装置、住宅、食堂、学校、浴室等生活场所的设备也要装设漏电保护装置。又如，美国规定：住宅户外、水池附近、建筑工地以及其他可能触及且有良好接地通路的场所，120伏单相插座均要求装设漏电保护装置。

我国很多地方和很多单位都制成了不同类型的漏电保护装置，但还没有形成统一的产品和完整的系列。

漏电保护装置最好能与电源开关组装在一起，使这种新型的电源开关具备能实现短路保护、过载保护、漏电保护和欠压保护的效能。

1.1 漏电保护装置的原理、分类和参数选择

1.1.1 原理

图-1 设备漏电图

如图-1所示，设备漏电时，出现两种异常现象：一是三相电流的平衡遭到破坏，出现零序电流，即：

$$i_0 = i_a + i_b + i_c$$

二是某些正常时不带电的金属部分出现对地电压，即：

$$U_d = I_0 R_d$$

漏电保护装置就是通过检测机构取得这两种异常讯号，经过中间机构的转换和传递，然后促成执行机构动作，并通过开关设备断开电源。有时，异常讯号很微弱，中间还需要增设放大环节。

b、分类

漏电保护装置种类很多，按照反映讯号的种类，可以分为电流型漏电保护装置和电压型漏电保护装置。前者反映零序电流的大小，后者反映对地电压的大小。电流型漏电保护装置又可分为零序电流型和泄漏电流型两种。

按照中间机构的有无，可分为直接传动型漏电保护装置和间接传动型漏电保护装置。前者没有中间机构；后者分为储能型和放大型两种，分别以储能器和放大器作为中间机构。储能器能积累讯号，待积累到一定程度再通过开关设备断开电源；放大器能放大讯号，将讯号放大后再通过开关设备断开电源。

c、参数选择

电压型漏电保护装置的主要参数是动作电压和动作时间；电流型漏电保护装置的主要参数是动作电流和动作时间。

电压型漏电保护装置的动作电压最好不超过安全电压。

电流型漏电保护装置的动作电流可分为0.005、0.01、0.03、0.1、0.3、0.5、1、3、5、10、20、毫安等11个等级。其中，30毫安及30毫安以下的属高灵敏度，30毫安以上、1000毫安及1000毫安以下的属中灵敏度，1000毫安以上的属低灵敏度。应根据具体要求适当选择保护装置的灵敏度。为了避免误动作，保护装置的不动作电流不宜低于动作电流的二分之一。

漏电保护装置的動作时间决定于保护要求，可以分为：

(1)快速型，動作时间不超过 0.1 秒；

(2)定时限型，動作时间不超过 $0.1 - 2$ 秒；

(3)反时限型，動作电流时，動作时间不超过 1 秒； 2 倍動作电流时，動作时间不超过 0.2 秒； 5 倍動作电流时，動作时间不超过 0.03 秒（对于线路额定电流单相 40 安以上、三相 60 安以上的大型漏电保护装置，要求不超过 0.15 秒）。

以防止触电为目的的漏电保护装置宜采用高灵敏度快速型漏电保护装置。一般来说，動作时间 1 秒以上者，動作电流不超过 30 毫安；動作电流 1 秒以下者，動作电流和動作时间的乘积不超过 30 毫安秒。

漏电保护装置的動作时间应符合表 1 和图 2 的要求。表 1 中，可能的接触电压一栏中有

表 1 漏电保护装置的動作时间

最大持续 时间(秒)	流经人体的 电流(毫安)	可能的接触电压(伏)			
		皮肤情况			
		BB1	BB2	BB3	BB4
7.5	2.5	80	50	25	12
5	2.5	80	50	25	12
1	4.3	115	75	40	20
0.5	5.6	130	90	50	27
0.2	7.7	170	110	65	37
0.1	12.0	230	150	90	55
0.05	21.0	320	220	145	82
0.03	30.0	400	280	190	110

图一2 漏电保护装置的动作时间

四种皮肤状况： BB_1 状况相当于干燥、无汗的皮肤，电流途径单手至双足； BB_2 状况相当于潮湿的皮肤，电流途径单手至双足； BB_3 状况相当于润湿的皮肤，电流途径双手至双足； BB_4 状况相当于浸入水中的皮肤，只考虑体内电阻。图2是 BB_2 状况下动作时

间与可能的接触电压之间的关系曲线，与表1列 内数字是一致的。

1.2 电压型漏电保护装置

电压型漏电保护装置是以反映外壳对地电压为基础的，其基本接线如图-3所示。作为检测机构的电压继电器Y，一端接地，另一端在使用时直接接于电动机的外壳。当电动机漏电，电动机对地电压达到

图-3 电压型漏电保护装置

危险数值时，继电器迅速动作，切断作为执行机构的接触器JC的控制回路，从而切断电动机的电源。图中， R_X 是限流电阻；双投开关是检查用的，也可以用复式按钮代替。为了灵敏可靠，继电器应有很高的阻抗。由于继电器有很高的阻抗，对继电器接地的要求可以降低。

电压型漏电保护装置适用于设备的漏电保护，可用于接地系统，也可用于不接地系统；可以单独使用，也可以与保护接零或保护接地同时使用。但要注意继电器的接地线和接地体应与设备重复接地或保护接地的接线和接地体分开。否则，保护装置失效。

图一4和图一5是从图一3演变出来的两种接线，其特点是省去了继电器的接地。前者是将继电器接地的一端改为接向电动机星形绕组的中性点，后者是将继电器接地的一端改为接向一个辅助星形负荷的中性点。

图一4 利用电动机中性点的电压型漏电保护装置

图一5 有辅助中性点的电压型漏电保护装置

1.3 零序电流型漏电保护装置

零序电流型漏电保护装置以零序电流作为动作讯号。可分为有互感器零序电流型和无互感器零序电流型两种。

α、有互感器零序电流型漏电保护装置

这种类型的漏电保护装置用环形的零序电流互感器作为取得漏电信号的检测机构。按照其中间机构的不同，又可分为电磁脱扣型、灵敏继电器型、晶体管放大型等三种。

电磁脱扣型漏电保护装置的原理如图一6所示。这种保护装置以极化电磁铁T作为中间机构。这种电磁铁由于有永久磁铁而具有极性；而且，在正常情况下，永久磁铁的吸力克服弹簧的拉力使衔铁保持在闭合位置。图中，三相电源线穿过环形的零序电流互感器H构成互感器的原边；与极化电磁铁连接的线圈构成互感器的副边。设备正常运行时，互感器原边三相电流在其铁芯中产生的磁场互相抵消，互感器副边不产生感应电势，电磁铁不动作；设备发生漏电时，出现零序电流，互感器副边产生感应电势，电磁铁线圈中有电流流过，并产生交

图一6 电磁脱扣型漏电保护装置

变磁通，这个磁通与永久磁铁通迭加，产生去磁作用，使吸力减小，衔铁被反作用弹簧拉开，脱扣机构 T_k 动作，并通过开关设备断开电源。图中， J_A 、 R_X 是检查支路， J_A 是检查按钮， R_X 是限流电阻。

为了提高保护装置的灵敏度，可以采用图-7和图-8所示经过改进的极化电磁铁。图中 Φ_Y 是永久磁铁产生的磁通， Φ_t 是脱扣线圈产生的磁通。这两种极化电磁铁都是根据磁通迭加后的去磁作用进行工作的。用这种电磁铁做成的电磁脱扣型漏电保护装置的動作电流（指主电路中的零序电流）可以设计到30毫安以下。

图-7 第一种改进极化电磁铁

- 1—永久磁铁；
- 2—铁芯；
- 3—衔铁；
- 4—脱扣线圈；
- 5—反作用弹簧。

图一8 第二种极化电磁铁

- 1 — 永久磁铁;
- 2 — 铁芯;
- 3 — 衔铁;
- 4 — 脱扣线圈;
- 5 — 反作用弹簧。

电磁脱扣型漏电保护装置有如下特点:

- ① 使用元件较少, 结构简单;
 - ② 只采用电磁元件, 承受过电流冲击和过电压冲击能力较强;
 - ③ 主电路缺相时, 仍能发挥保护作用;
 - ④ 如不采用极化电磁铁而采用普通电磁铁, 灵敏度大大降低;
- 极化电磁铁的磁系统宜采用高导磁率材料制成。加工精度要

求较高；

⑤ 极化电磁铁的衔铁所受永久磁铁的吸力和反作用弹簧的拉力都很小，而且接近平衡，比较容易受灰尘、潮气因素的影响而降低灵敏度，甚至失灵。因此，极化电磁铁宜采取密封式结构；

⑥ 为防止周围磁场的影响，对极化电磁铁应采取屏蔽措施；

⑦ 为防止剧烈振动造成误动作，在有强烈振动的地方，安装时要采取防振措施。

图一9 灵敏继电器型漏电保护装置

灵敏继电器型漏电保护装置以灵敏继电器作为中间机构，其工作原理如图一9所示。零序电流互感器~~II~~的副边接向继电器的线圈。继电器的常开触点串联在中间继电器~~II~~的线圈电路中，中间继电器的常闭触点串联在开关设备的脱扣线圈~~TX~~电路中。设备漏电时，继电器动作，并通过中间继电器和开关设备断开电源。

为了提高灵敏度，应采用极化继电器作为中间机构。

这种保护装置的特点与电磁脱扣型大致相同。动作电流也可以设计到30毫安以下。

晶体管放大型漏电保护装置以晶体管放大器作为中间机构，其工作原理如图—10所示。当发生漏电时，零序电流互感器将漏电信号传给晶体管放大器，经放大后传给继电器，再由继电器控制开关设备，使其断开电源。因为晶体管放大器一般都需要供给十几伏的直流电源，所以漏电保护装置要求有低压边电压11~12伏的降压变压器和整流器作为放大器的电源。降压变压器可以单独安装；但是，如果是用交流接触器作开关设备，为了简化结构，可以在

图—10 晶体管放大型漏电保护装置工作原理图

接触器铁芯上，加绕一个电压为11~12伏的低压线圈，作为整流器的电源。如果主电路容量较大，在继电器和开关设备之间可以加装

中间继电器。

图-1 1 是一种比较简单的晶体管放大型漏电保护装置线路图。其零序电流互感器 H 有三个线圈， L_1 是原线圈，通过零序电流，约 10 匝左右； L_2 是副线圈，给放大器输入漏电信号，约 1500 匝左右； L_3 是反馈线圈，放大后的讯号从这里反馈回去，约 30 匝左右。放大器 F 由 3AX31 型晶体三极管等元件组成。其中， R_1 和

图-1 1 晶体管放大型漏电保护装置线路图

H —零序电流互感器； F —晶体管放大器； J —继电器；

B —变压器； Z —整流器。

R_2 是调节灵敏度和防止短路用的，计约数千欧； R_3 起调节和限流作用，约数十欧；两支晶体二极管起过电压保护作用；滤波电容 C_1 与 L_2 构成谐振回路，起稳定作用，防止一次回路方面电压冲击波或高次谐波浸入电子元件造成误动作。图中， C_2 是继电器的交流旁路

电容，起滤波作用，兼起对继电器断电时所产生的感应过电压的防护作用。图中， C_3 是整流器的滤波电容。这种晶体管放大型漏电保护装置的动作电流不超过 20 毫安，动作时间不超过 0.1 秒

图—12 也是一种晶体管放大型漏电保护装置线路图。BG1 由

图—12 两管晶体管放大型漏电保护装置线路图

R_1 、 R_2 和 Z_2 组成稳压可调式偏置线路。 Z_2 导通时，其上压降约为 0.7 伏，使通过 R_2 加在 BG1 发射结上的电压不超过 0.7 伏，从而使 BG1 在正常时处于截止状态。BG2 因其发射结上的电压为零也处于截止状态。发生漏电时，经 L_2 、 C_2 谐振回路供给 BG1 发射结一个 50 赫的讯号电压，正半周时，BG1 导通，BG2 也导通；负半周时，BG1 截止，BG2 也截止。因此，BG2 的集电极输出每秒 50 次的脉冲电流。脉冲电流经旁路电容 C ，滤波后带动继电器 J 动作。因为增加了一级放大，这种漏电保护装置有更高的灵敏度，其动作电流可以不超过 15 毫安。

晶体管放大型漏电保护装置有如下特点：

- ① 灵敏度很高，动作电流可设计到 5 毫安；
- ② 整定误差小，动作准确；