

电力系统继电保护原理与运行

华中工学院编

电力工业出版社

电力系统继电保护原理与运行

华中工学院编

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 28印张 631千字

1981年7月第一版 1981年7月北京第一次印刷

印数 00001—17110册 定价 2.90元

书号 15036·4197

内 容 提 要

本书除讲述几种常用保护的作用原理以外，还讲述了保护的运行特性，同时对计算机保护也作了一般介绍。

全书共分八篇。第一篇介绍互感器、对称分量过滤器和晶体管继电保护的基本电路；第二篇至第六篇分别介绍电力系统的电流、电压保护、距离保护、高频保护、超高压电网的特殊问题和自动重合闸；第七篇介绍电气元件的保护；第八篇介绍电子计算机在继电保护中的应用。

本书可作为高等学校“电力系统继电保护及自动化”和“电力系统及其自动化”专业的教学用书；也可供从事继电保护工作的专业人员参考。

前 言

本书是根据1978年“电力系统继电保护及自动化”专业的教学计划，按照《电力系统继电保护原理与运行》课程的教材编写大纲编写的。

全书共分八篇。第一篇为继电保护的基础知识；第二篇至第六篇为输电线路的继电保护和自动重合闸；第七篇为电气元件的继电保护；第八篇为电子计算机在继电保护中的应用。

本书着重于继电保护原理与运行特性的分析，介绍了一些新的保护方式，对现代用于保护的某些新原理也作了简单的介绍。书中附有“*”的内容为本课程的非基本部分，可供学校教学时选用。

本书由华中工学院陈德树、吴希再和吕继绍三同志编写，吕继绍同志负责主编。

本书由山东工学院王广延同志主审，参加审稿的同志还有山东工学院刘从爱、梁其绍、于九祥、李家庭、孙茂林，华北电力学院高中德、沈有昌，东北电力学院陈永琳，山东省电力工业局田佩湘、赵含芬、叶寿堂。

本书在编写过程中，得到电力系统有关部门及兄弟院校的协助以及他们提供的大量参考资料，在此表示衷心感谢。

由于编写人员的理论水平和实践经验所限、编写时间仓促，书中难免有缺点和错误，敬希读者批评指正。

符 号 说 明

一、设 备 名 称

<i>B</i>	变压器	<i>XH</i>	消弧线圈
<i>DK</i>	电抗器	<i>LJ</i>	电流继电器
<i>DKB</i>	电抗变压器	<i>YJ</i>	电压继电器
<i>DL</i>	断路器	<i>GJ</i>	功率方向继电器
<i>F</i>	发电机	<i>ZKJ</i>	阻抗继电器
<i>FLL</i>	负序电流滤过器	<i>ZJ</i>	中间继电器
<i>FYL</i>	负序电压滤过器	<i>XJ</i>	信号继电器
<i>CT</i>	电流互感器	<i>SJ</i>	时间继电器
<i>PT</i>	电压互感器	<i>ZCH</i>	自动重合闸

二、晶 体 管 元 件

<i>T</i>	三极管	<i>SCR</i>	可控硅管
<i>D</i>	二极管	<i>UJT</i>	单结晶体管
<i>Z</i>	稳压管		

三、符 号 下 角 注

<i>A、B、C</i>	三相（原方）	<i>min</i>	最小
<i>a、b、c</i>	三相（副方）	<i>m、s</i>	最灵敏
<i>ac</i>	精确工作	<i>N、n</i>	额定
<i>aper</i>	非周期	<i>o</i>	输出、外部
<i>arc</i>	电弧	<i>p</i>	保护、原方、极化
<i>b</i>	平衡、分支	<i>pu</i>	动作
<i>cal</i>	计算	<i>per</i>	周期
<i>con</i>	接线	<i>PT</i>	电压互感器
<i>CT</i>	电流互感器	<i>r</i>	继电器
<i>d</i>	微分、差分	<i>rel</i>	可靠、裕度
<i>e</i>	电磁	<i>re</i>	返回
<i>er</i>	误差	<i>res</i>	制动、剩余
<i>fl</i>	非故障	<i>s</i>	系统、副方、联系
<i>G、g</i>	发电机	<i>ss</i>	自起动
<i>i</i>	输入、内部	<i>st</i>	同型
<i>K</i>	短路	<i>set</i>	整定
<i>L、l</i>	线路、线（电压）、负荷、长度	<i>sen</i>	灵敏
<i>m</i>	机械、测量、互相	<i>T、t</i>	变压器、跳闸
<i>max</i>	最大	<i>unb</i>	不平衡

W 工作
 μ 励磁

OS 合闸
 C 配合

四、符号上角注

- | | |
|----------|-------------------|
| (1) 单相接地 | (2,0) 两相接地短路 |
| (2) 两相短路 | (1,1) 两点接地 |
| (3) 三相短路 | I、II、III 一、二、三段保护 |

五、时间电路符号



延时动作瞬时返回



延时动作延时返回



瞬时动作延时返回(脉冲展宽)



定时开放

六、门电路符号



“与”门



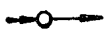
“与非”门



“或”门



“或非”门



“非”门



“否”门

目 录

前 言

符号说明

绪论	1
----	---

第一篇 基础知识

第一章 互感器与对称分量滤过器	7
1-1 电压互感器及电压变换器	7
1-2 电流互感器及电流变换器	10
1-3 电抗变压器	16
1-4 对称分量滤过器	17
第二章 晶体管继电保护的基本电路	28
2-1 继电触发器	28
2-2 方波形成电路(方波器)	34
2-3 时间电路	35
*2-4 “门”电路	39
2-5 出口电路	42
*2-6 信号电路	45

第二篇 输电线路的电流电压保护

第三章 相间短路的电流电压保护	47
3-1 电磁型继电器	47
3-2 电流保护的作用原理、整定计算和接线方式	50
3-3 电流电压联锁速断保护的作用原理、整定计算和接线图	59
3-4 三段式电流保护接线图举例	61
*3-5 晶体管电流保护举例	62
3-6 电流电压保护的评价	66
第四章 相间短路的方向电流保护	67
4-1 方向电流保护的作用原理和主要组成元件	67
4-2 感应型功率方向继电器及其 90° 接线	68
4-3 方向电流保护的整定计算和按相起动	75
第五章 接地短路的零序电流、电压和功率方向保护	77
5-1 大接地电流系统接地短路时, 零序电流、零序电压和零序功率的分布	77
5-2 大接地电流系统的多段式零序电流保护	79
5-3 零序功率方向元件的应用	83
*5-4 小接地电流系统单相接地的保护方式	87

第三篇 输电线路的距离保护(阻抗保护)

第六章 距离保护的作用原理及阻抗继电器	93
6-1 距离保护的基本原理和延时特性	93
6-2 阻抗继电器的基本构成原理与种类	94
6-3 绝对值比较原理与相位比较原理	97
6-4 圆特性阻抗继电器的实现方法	107
6-5 精确工作电流和精确工作电压	113
6-6 阻抗继电器的接入方式	116
6-7 多相补偿阻抗继电器[参考文献5]	119
*6-8 多边形阻抗继电器[参考文献6]	124
6-9 方向阻抗继电器的频率特性[参考文献7]	127
6-10 有记忆回路的方向阻抗继电器的初态特性	129
第七章 距离保护的构成和整定计算	131
7-1 系统振荡对距离保护的影响及振荡闭锁装置	131
7-2 电压回路断线闭锁装置(DBJ)	139
7-3 影响测量阻抗精确度的因素	142
7-4 距离保护举例	146
7-5 距离保护的整定计算	149
*7-6 阻抗继电器整定值的配合	151
第八章 阻抗继电器的静态运行特性	153
8-1 阻抗继电器的动作特性与变量	153
8-2 U_A/I_A 接线方向阻抗继电器的测量阻抗动作特性	154
*8-3 U_A/I_{A-0} 接线接地方向阻抗继电器的动作特性[参考文献12]	167
*8-4 多相补偿阻抗继电器的运行动作特性[参考文献2、15]	175

第四篇 输电线路的高频保护

第九章 高频保护的基本原理	182
9-1 高频保护的作用原理	182
9-2 高频通道的工作方式	184
9-3 高频讯号的应用方式	184
9-4 高频保护的分类	186
第十章 通道的基本特性	187
10-1 高频通道的构成	187
10-2 高频电流的传输途径	188
10-3 输电线路的高频特性	189
10-4 其他高频通道组件的基本特性	195
*10-5 高频通道的损耗计算	199
*10-6 高频通道的干扰和通道裕度	200
*10-7 微波通道概述	201
第十一章 高频保护的收发讯机	202

11-1	收发讯机的基本构成	202
11-2	频率稳定的振荡器	203
11-3	收发讯机的输出输入回路	208
第十二章 高频闭锁方向保护		212
12-1	高频闭锁方向保护的作用原理	212
12-2	高频闭锁方向保护的起动方式	213
12-3	高频闭锁方向保护的功率方向元件	216
12-4	高频闭锁方向保护的方框原理图举例	220
*12-5	RALDA型保护的基本原理	222
第十三章 高频闭锁距离保护		225
13-1	高频闭锁距离保护的一般原理与构成	225
13-2	高频闭锁距离保护免受系统振荡影响的方法	227
13-3	高频闭锁距离保护的接线举例	229
第十四章 相差高频保护		230
14-1	相差高频保护的基本原理与构成	230
14-2	相差高频保护的起动元件	232
14-3	相差高频保护操作电流的选择	234
14-4	相差高频保护的比相元件和闭锁角的确定	236
14-5	相差高频保护的方框原理图举例	239

第五篇 超高压线路保护的特殊问题

第十五章 非全相状态对继电保护的影响		243
15-1	非全相状态对负(零)序电流元件的影响	243
15-2	非全相状态时负(零)序功率方向元件的运行特性	243
15-3	非全相状态下阻抗继电器的动作特性	251
15-4	非全相状态下相差高频保护的动作情况	256
第十六章 串联电容补偿线路保护的特殊问题		259
16-1	概述	259
16-2	串联补偿电容附近的各种阻抗继电器的动作特性[参考文献22、23]	260
16-3	串联补偿电容对功率方向元件及高频闭锁方向保护的影响	266
16-4	串联补偿电容对相差高频保护的影响	270
*16-5	串联补偿电容器的保护[参考文献24]	271
*第十七章 输电线路分布电容、支接线路对继电保护的影响		272
17-1	输电线路分布电容对有关保护的影响	272
17-2	分支线路对线路保护的影响	280

第六篇 自动重合闸

第十八章 三相自动重合闸		284
18-1	自动重合闸的作用及其基本要求	284
18-2	单侧电源线路的三相一次自动重合闸	285
18-3	双侧电源线路的三相一次自动重合闸	288

18-4 自动重合闸与继电保护的配合	293
第十九章 综合自动重合闸	295
19-1 概述	295
19-2 单相自动重合闸的特点	296
19-3 选相元件的基本原理	298
19-4 综合自动重合闸装置的构成原则及其要求	305
19-5 综合自动重合闸的框图举例及其动作情况[参考文献29]	306

第七篇 电气元件的保护

第二十章 电力变压器的保护	313
20-1 变压器的故障和不正常工作情况	313
20-2 变压器的差动保护	313
20-3 变压器的接地保护	333
*20-4 变压器的瓦斯保护	336
20-5 变压器相间短路的后备保护	338
20-6 三绕组变压器保护的特点	341
*20-7 自耦变压器保护的特点[参考文献35]	343
第二十一章 同步发电机的保护	347
21-1 同步发电机的故障及不正常工作情况	347
21-2 同步发电机的纵差动保护	348
21-3 同步发电机的匝间短路保护	352
21-4 同步发电机定子绕组的单相接地保护	360
21-5 同步发电机的失磁保护[参考文献31、35、39]	365
21-6 同步发电机相间短路的后备保护	374
*21-7 同步发电机的转子接地保护	378
*21-8 同步调相机保护的特点	380
21-9 发电机-变压器组保护的特点	381
*21-10 发电机-变压器组保护的原理接线图举例	382
第二十二章 母线保护	385
22-1 母线的故障及装设母线保护的基本原则	385
22-2 母线的完全差动保护	385
22-3 固定连接母线的差动保护	387
22-4 电流比相式母线保护	389
*22-5 断路器失灵保护	392

第八篇 电子计算技术在继电保护中的应用

*第二十三章 电子计算机保护的算法	394
23-1 电子计算机保护概述	394
23-2 直接算法与半周积分算法	395
23-3 采样值积算法(曲线拟合法)	397
23-4 导数算法及分段积分算法	400

23-5 正交样品函数算法	401
23-6 继电器动作方程的采样值算法	405
*第二十四章 电子计算机保护的构成原理	406
24-1 电子计算机保护的构成	406
24-2 计算机距离保护举例	415
24-3 计算机差动保护举例	418
*附录I 直线和圆的数学表达式及有关变换	420
I-1 直线的数学表达式	420
I-2 圆的数学表达式	421
*附录II 分析离散系统用的Z变换	432
参考文献	435

绪 论

0-1 电力系统继电保护的任务

电力工业对我国社会主义建设、工农业生产和人民生活的影响都很大。因此，提高电力系统运行的可靠性和保证安全发电供电是从事电力事业人员的重要任务。为了提高电力系统运行的可靠性，在电力系统的设计与运行中，都必须考虑到系统有发生故障和不正常工作情况的可能性。因为发生这些情况时，会引起电流增大，电压和频率降低或升高，致使电气设备和电能用户的正常工作遭到破坏。

在三相交流电力系统中，最常见和最危险的故障是各种型式的短路，其中包括三相短路、两相短路、两相接地短路、一相接地短路、两点接地短路以及电机和变压器一相绕组上的匝间短路等。除此以外，输电线路还可能发生一相或两相断线以及上述几种故障同时发生的复杂故障。

电力系统短路可能引起下列严重后果：

- (1) 数值很大的短路电流通过短路点将燃起电弧，使故障设备烧坏甚至烧毁；
- (2) 短路电流通过故障设备和非故障设备时，产生热和电动力的作用，致使其绝缘遭到损坏或使设备缩短使用寿命；
- (3) 电力系统中大部分地区的电压下降，使大量电能用户的正常工作遭到破坏或产生废品；
- (4) 破坏电力系统各发电厂之间并列运行的稳定性，而使事故扩大，甚至造成整个电力系统瘫痪。

最常见的不正常工作情况是过负荷。长时间过负荷会使载流设备和绝缘的温度升高，而使绝缘加速老化或设备遭受损坏，甚至引起故障。此外，由于电力系统有功功率缺额而引起的频率降低，水轮发电机突然甩负荷所引起的过电压等也都是不正常工作情况。

故障和不正常工作情况都可能在电力系统中引起事故。发生事故的原因是多种多样的，其中大多数是由于设备缺陷、设计错误和安装、检修质量不高以及运行维护不当等引起的。为此，只要正确地进行设计、制造与安装，加强设备维修，就有可能把事故消灭在发生之前，防患于未然。我国许多电力工业的有关部门已经创造的连续多年安全运行记录，就证明了这一点。

电力系统各设备之间是电和磁的联系，当某一设备发生故障时，在极短的时间内就会影响到同一电力系统的非故障设备。为了防止电力系统事故的扩大，保证非故障部分仍能可靠的供电以及维护电力系统运行的稳定性，必须尽快切除故障，切除故障的时间有时甚至要求短到百分之几秒。在这样短促的时间内，由运行人员来发现故障设备并将故障设备切除是不可能的。要完成这样的任务，只有借助于安装在每一电气设备上具有保护作用的自动装置，即继电保护装置。

电力系统建立初期，通常采用熔断器作为保护装置。随着电气设备容量的增大、电压的增高以及电力系统愈来愈复杂，熔断器已不能满足要求。因而继电保护装置得到了应用和发展，因为继电保护装置是能反应电力系统各电气设备故障或不正常工作情况，并作用于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。由此可见，继电保护装置在电力系统中的作用是：

（1）藉断路器将故障设备与电力系统的非故障设备自动隔离，使系统的运行恢复正常，但对于某些故障，例如，小接地电流系统（中性点绝缘或经消弧线圈接地的系统）单相接地时，由于这种故障不会破坏电力系统的正常运行，在许多情况下，为了不影响用户的工作，继电保护装置则只作用于信号（详见第三章）；

（2）反应电气设备的不正常工作情况，并根据不正常工作情况和设备运行维护条件的不同（例如有无经常值班人员）发出信号，以便值班人员进行处理，或由装置自动地进行调整，或将那些继续运行而会引起事故的电气设备予以切除。反应不正常工作情况的继电保护装置容许带一定的延时动作。

继电保护装置是电力系统自动化的重要组成部分，是保证电力系统安全可靠运行的主要措施之一。在现代电力系统中，如果没有专门的继电保护装置，要想维持系统正常工作是根本不可能的。

0-2 电力系统继电保护的作用原理

电力系统发生短路时，电气量将发生下述变化。

1. 电流增大。在短路点与电源间直接联系的电气设备上的电流会增大。

2. 电压降低。系统故障相的相电压或相间电压会下降，而且离故障点愈近，电压下降愈多，甚至降为零。

3. 电流电压间的相位角会发生变化。例如，正常运行时，同相的电流与电压间的相位角为负荷功率因数角，约 20° 左右；三相短路时电流与电压间的相位角则为线路阻抗角，对于架空线路电流与电压的相位角是 $60^\circ \sim 85^\circ$ 。又如，在架空线路正向三相短路时，电流与电压间的相位角为 $60^\circ \sim 85^\circ$ ；而在反方向三相短路时，电流与电压之间的相位角则是 $180^\circ + (60^\circ \sim 85^\circ)$ 。

利用短路时这些电气量的变化，可以构成各种作用原理的继电保护。例如，利用电流增大的特点可以构成过电流保护；利用电压降低的特点可以构成低电压保护；利用电流增大和电压降低的特点可以构成阻抗保护；利用电流增大和电流电压间相位角的变化可以构成方向电流保护等。这些保护将在以后各章分别加以讨论。

0-3 继电保护装置的组成

如前所述，继电保护的方式虽然很多，但一般均由测量回路、逻辑回路和执行回路三部分组成，其方框图如图0-1所示。测量回路1的作用是测量被保护设备物理量（电流、电

压、功率方向等)的变化,以确定电力系统是否发生故障和不正常工作情况,而后输出相应的讯号至逻辑回路。逻辑回路2的作用是根据测量回路的输出讯号进行逻辑判断,以确定是否向执行回路发出相应的讯号。执行回路3的作用是根据逻辑回路的判断执行保护的任务,跳闸或发出信号。

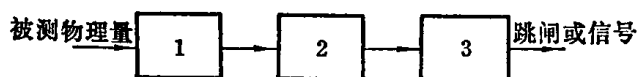


图 0-1 继电保护的方框图

现以过电流保护为例来说明继电保护装置的组成和作用原理。图0-2示出过电流保护的单相原理图。图中每个继电器的电磁铁和其上部的接点都是机械联动的(图中未示出)。电力系统正常运行时,测量回路(电流继电器1的线圈回路)流过的是负荷电流,继电器1的接点不闭合,没有输出讯号至逻辑回路(时间继电器2的线圈回路),断路器不会跳闸。当电力系统发生故障时,测量回路电流增大,电流继电器1的接点闭合,接通逻辑回路,经逻辑判断(此为延时判断)后,时间继电器2的延时接点闭合,接通执行回路(信号继电器3的线圈回路),使断路器跳闸。

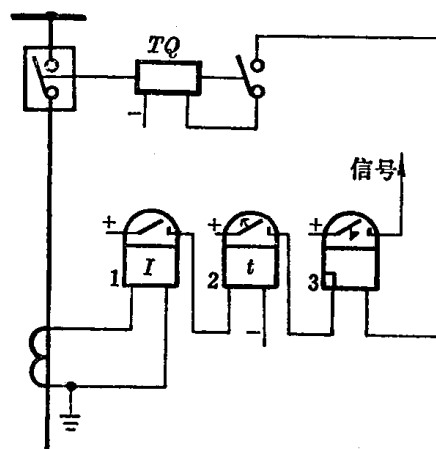


图 0-2 过电流保护的单相原理图

1—电流继电器; 2—时间继电器; 3—信号继电器

0-4 继电保护装置的基本要求

为了提高电力系统运行的可靠性,在系统发生故障时,保护装置必须能有选择地、快速地、灵敏地和可靠地将故障设备切除,以保证非故障部分继续运行。因此,在一般情况下,作用于跳闸的继电保护装置必须满足有选择性,动作迅速,灵敏度好和可靠性高的四个基本要求。对作用于信号的继电保护装置,“动作迅速”的要求可以降低一些。现分别讨论如下。

1.有选择性 作用于断路器跳闸的继电保护装置,其选择性是指电力系统发生故障时,保护装置仅将故障设备切除,电力系统中的非故障部分仍然保持运行,以尽量缩小停电范围。例如,在图0-3中当 K_1 点短路时,应由距短路点最近的保护装置5作用于断路器5DL跳闸,将故障线路BC切除。此时,除由变电所C供电的用户停电以外,所有其他用户都能继续得到供电。当 K_2 点短路时,则应由保护装置1和2分别作用于断路器1DL和2DL跳闸,将故障线

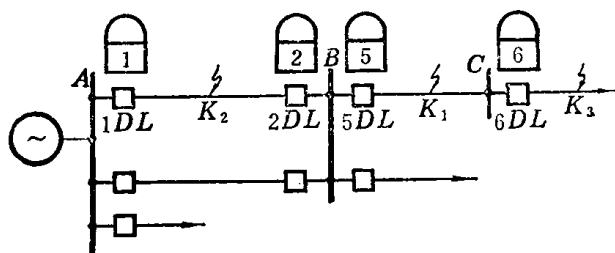


图 0-3 有选择切除故障的说明图

电范围。例如,在图0-3中当 K_1 点短路时,应由距短路点最近的保护装置5作用于断路器5DL跳闸,将故障线路BC切除。此时,除由变电所C供电的用户停电以外,所有其他用户都能继续得到供电。当 K_2 点短路时,则应由保护装置1和2分别作用于断路器1DL和2DL跳闸,将故障线

路 AB 切除, 另一平行线路 AB 继续向所有用户供电。以上两种情况说明, 保护装置的动作都是有选择性的。当 K_3 点短路且保护装置6或断路器6DL由于本身有缺陷而拒绝动作时, 应由保护装置5作用于5DL跳闸将故障切除。这种由上一设备的保护装置切除故障的情况, 虽然切除了部分非故障线路, 但是在本保护装置或断路器拒动的情况下, 还是尽量缩小了停电范围, 限制了故障的发展, 因而也认为是有选择性的。保护装置5所起的这种作用, 称为远后备作用(简称远后备)。如果保护装置6和6DL都完好, K_3 短路时5DL跳闸, 就不能认为是有选择性, 而是越级跳闸, 这是不能允许的。

保护装置动作的有选择性是保证对用户安全供电最基本的条件之一。因此, 这是研究和设计保护时, 要首先慎重考虑的问题。

2. 动作迅速 作用于断路器跳闸的保护都要求动作迅速。其主要原因如下。

(1) 快速切除故障可以减少用户在低电压下工作的时间, 从而保持用户电气设备不间断运行。电力系统短路时, 系统各处的电压下降, 当用户电压降至70%额定电压及以下时, 异步电动机的最大力矩将减小一半以上, 会使电动机制动。保护动作太慢, 电压下降的时间就长, 待电压恢复时, 电动机就很难自启动, 从而影响生产。如故障切除快, 电压恢复也快, 电动机就能自启动和恢复正常运行。

(2) 快速切除故障可以提高发电机并联运行的稳定性。如图0-4所示, 当发电厂A母线附近发生三相短路时, 该电厂母线上的电压大大下降, 甚至降为零, 该发电厂将送不出负荷, 发电机的转速迅速升高。而发电厂B的母线上还保持较高的残压, 能送出一部分负荷, 发电机的转速增加较少。这样, 两个发电厂的发电机出现转速差。如果保护动作太慢, 即短路持续时间长, 两厂的发电机就会失去同步, 从而不能保持并联运行。如果保护动作迅速, 故障切除快, 在故障切除时, 两厂发电机间的相角差增加不多, 能比较容易地再拉入同步, 恢复正常运行。

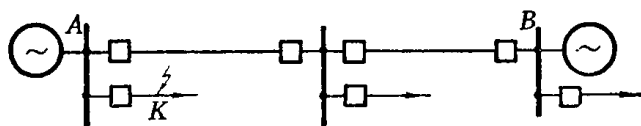


图 0-4 发电厂并联运行示意图

(3) 快速切除故障可以减小电气设备损坏的程度。因为短路时, 不仅出现很大的短路电流, 且故障点常常伴随有电弧, 由于热效应及电弧的作用, 设备将遭到严重损伤。故障切除愈慢, 短路电流持续时间愈长, 设备损坏就愈严重, 甚至被烧毁。

(4) 快速切除故障可以避免故障进一步扩大。由于短路点常常发生电弧, 短路持续时间长, 电弧点燃的时间也长, 这就有可能将接地故障发展成相间故障, 两相短路发展为三相短路, 暂时性故障发展为永久性故障。如故障切除迅速, 电弧点燃时间短, 就可避免故障的扩大。

综上所述, 无论从提高电力系统运行的可靠性, 还是从减小电气设备损坏的程度来看, 都希望故障切除时间尽可能缩短。故障切除时间等于保护装置的动作时间 t_{pu} 与断路器的跳闸时间 t_j (包括灭弧时间)之和。欲减小故障切除时间, 就必须采用快速动作的保

护和断路器。目前，世界上正式投入运行的保护，其最快的动作时间为0.02秒，断路器最快的动作时间为0.05~0.06秒。因此，最小的故障切除时间可达0.07~0.08秒。必须指出，不是在任何情况下都要求这样快速的切除故障，这将在以后有关章节进行讨论。

作用于信号的保护装置，对其动作时间的要求取决于不正常工作情况所引起的后果。一般说来，在不正常工作情况下，短时运行是允许的。因此，作用于信号的保护装置可以带一定的延时。

3. 灵敏度好 保护装置的灵敏度是指它对保护范围内故障的反应能力。灵敏度好就是要求保护在系统的任何运行方式下，当被保护设备任何地点发生任何形式的短路时，都能动作于跳闸。保护装置的灵敏度一般用灵敏系数 (K_{sen}) 来衡量。

反应数值上升的保护的灵敏系数为

$$K_{sen} = \text{保护区内金属短路时故障参数的最小计算值} / \text{保护的動作参数}$$

反应数值下降的保护的灵敏系数为

$$K_{sen} = \text{保护的動作参数} / \text{保护区内金属短路时故障参数的最大计算值}$$

故障参数（电流、电压、阻抗等）的计算值应根据实际可能的最不利运行方式、故障类型和短路点来计算。各种保护灵敏系数最小值的要求，在“电力系统继电保护和自动装置规程”中均有规定，这些规定将在以后有关章节中加以说明。

4. 可靠性高 可靠性高是指保护装置由于本身结构良好和运行、安装、维护正确，当被保护设备内发生属于该保护应该反应的故障时，该保护不会拒绝动作；不该动作时，不会误动作。

可靠性高的要求是很重要的，因为任何保护发生拒动或误动，都会给用户带来不必要的损失。例如，在图0-5所示的网络中K点短路时，本应由线路BF的保护动作于2DL跳闸，仅BF线停止供电。现在假定BF线的保护拒动或AB线的保护误动，都会使1DL跳闸，使变电所B停电，从而扩大了停电范围。由此可见，不可靠的保护本身就成了事故的根源。

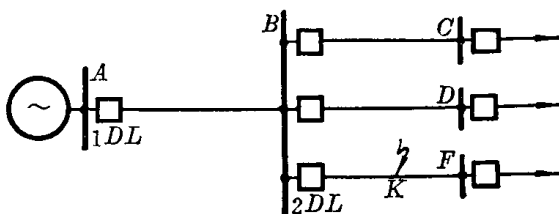


图 0-5 单电源网络接线图

一般说来，组成保护装置的继电器和电子元件（晶体管、电容器等）的质量愈高，接线愈简单，管理水平愈高，运行经验愈丰富，保护装置的可靠性就愈高。

根据上述四个基本要求，在选择保护装置时，还应从国民经济的全局出发，适当考虑经济性。即除了要考虑保护装置的初期投资和运行维护管理费用以外，还必须考虑由于保护装置不完善而发生误动或拒动时对国民经济所造成的损失。因为停电给国家带来的损失不仅是少发电的电能价值，而且还应包括用户停产和生产废品的损失。

0-5 继电保护技术发展概况

继电保护技术是随着电力系统的发展于最近几十年发展起来的一门科学。电力系统的结构和运行方式愈来愈复杂，系统电压愈来愈高，单机容量愈来愈大，继电保护也由简单发展到复杂，由慢动（几秒）发展到速动（百分之几秒）。

最先用于电力系统的保护装置是最简单的过电流保护，而后相继出现了差动保护、方向电流保护、距离保护、高频保护、微波保护和行波保护。同时还广泛采用零序电流电压滤过器、负序电流电压滤过器和非线性元件组成保护，并与电力系统自动装置（自动重合闸、备用电源自动投入装置和自动减负荷装置等）配合运行，提高了继电保护的实用效果。

五十年代开始出现固体半导体元件，从而晶体管也随之用于继电保护技术。晶体管继电保护具有重量轻、体积小、消耗低、灵敏度高、不怕震和可靠性高等许多优点，因此，晶体管保护将成为今后发展方向之一。

随着电子计算机技术的应用与发展，六十年代已有许多国家开始研究电子计算机用于保护的问题。到目前为止，多数国家还停留在实验室的试验阶段，真正投入电力系统运行的电子计算机保护为数甚少。但由于它有很多显著的优点（详见第八篇），可以预期电子计算机保护将为电力系统的安全运行作出贡献。