

170545

TM77-44
4054

电气运行人员技术问答

继电保护

(第二版)

中国电力出版社

内 容 提 要

本书以问答形式介绍了发电厂及变电站的继电保护基本原理、整定原则和运行问题。本书特点是使读者不仅知其然,也知其所以然。本书为第二版,在原书基础上增加了微机保护,行波保护,微波保护,并联电抗器保护,接地距离保护,发电机、变压器的过励磁保护,发电机的失步保护、逆功率保护、低频保护,电动机的堵转保护、相电流不平衡保护等新技术,从而使之更完善,更符合新时代技术进步要求。

全书共分十部分:基本知识、6~35kV线路保护、距离保护、高频保护、零序保护、发电机保护、变压器保护、母线保护、电动机保护、微机保护。

本书可供电力系统及其他部门具有一定运行实践经验的电气运行人员和集控运行工人自学使用,也可供继电保护工人及其他行业的电气工作人员参考,还可作为有关培训班的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气运行人员技术问答:继电保护/李素芯.-2版.北京:中国电力出版社,1998

ISBN 7-80125-690-5

I.电… II.李… III.①电力系统-问答 ②电力系统-继电保护-问答 IV.TM7-44

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第06306号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 邮政编码100044)

北京四季青印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1986年9月第一版

1998年7月第二版 1998年7月北京第四次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 14.25印张 311千字

印数55201—60260册 定价17.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

再 版 前 言

科学技术的发展，推动着继电保护技术的进步。微电子技术已深入继电保护领域，计算机保护得到广泛的应用，为适应新时代技术进步的要求，再版书增加了微机保护部分。

再版书共分十部分：基础知识、10~35kV 线路保护、距离保护、高频保护、零序保护、发电机保护、变压器保护、母线保护、电动机保护、微机保护。

本书还补充了行波保护，微波保护，并联电抗器保护，接地距离保护，用电阻突变量 dR 和电阻变化率 $\frac{dR}{dt}$ 双重判据原理构成的振荡闭锁装置，发电机、变压器的过励磁保护，发电机的失步保护、逆功率保护、低频保护，电动机的堵转保护、相电流不平衡保护等新技术，从而使本书更完善。本书对有争议的零序功率方向继电器的带负荷检测问题，也作了适当的补充，使之更有效。对电容器保护、调相机保护和同步电动机保护，也作了相应的补充。

本书以问答形式，介绍了发电厂及变电站的继电保护基本原理、整定原则和运行问题，而不涉及具体装置。本书旨在提高电气运行人员的继电保护水平，在编写上，力求深入浅出，让读者知其然，也知其所以然。

本书在书稿编写过程中，参考了大量继电保护专著及国内外专业期刊，在此对原作者表示深切的感谢，限于篇幅，不一一罗列参考书目及作者姓名，敬希原作者谅解。书稿编

写过程中还得到华北电管局继电保护科、北京供电局、高井发电厂等单位有关同志的帮助，在此一并表示衷心的感谢。

限于水平，书中有错误和不当之处，敬希读者批评指正。

李素芯

1997.12.5

目 录

再版前言

基 本 知 识

1. 什么叫向量和相量? 如何进行向量和相量的加减运算? 1
2. 为什么分析计算交流电路时要假设电流、电压的正方向? 6
3. 什么叫对称分量? 7
4. 什么叫同极性端? 10
5. 什么叫谐振? 13
6. 什么叫谐波? 17
7. 电容的充放电过程是怎样进行的? 20
8. 什么叫调制和解调? 23
9. 什么叫匹配? 24
10. 什么叫输入阻抗和输出阻抗? 25
11. 什么叫波阻抗? 27
12. 什么叫电平? 30
13. 什么叫负序电压滤过器? 32
14. 什么叫负序电流滤过器? 35
15. 什么叫复合电流滤过器? 41
16. 三相式负序电流滤过器的工作原理是怎样的? 41
17. 什么叫电流互感器的 10% 误差曲线? 如何测绘 10% 误差曲线? 46
18. 如何进行六角图检验? 52
19. 电力系统短路是怎么回事? 56

20. 发电机接至无穷大电源系统母线上运行时的功角特性是怎样的？	57
21. 什么叫电力系统稳定和振荡？	61
22. 继电保护装置应满足哪些基本要求？	66
23. 什么叫主保护、后备保护和辅助保护？	69
24. 什么叫数字信号？什么叫模拟信号？	70
25. 什么是二进制？	70
26. 为什么数字滤波器比模拟滤波器优越？	72
27. 什么叫干扰？	73
28. 计算机的硬件和软件指什么？	74

10~35kV 线路保护

29. 电流速断、限时电流速断和过电流保护有什么区别？	76
30. 过电流保护有哪几种接线方式？	80
31. 一个继电器的两相电流差接线为什么不能反应 Y/△、△/Y 接线变压器后面的两相短路和 Y/Y ₀ 接线变压器后面的单相接地短路？	84
32. 为什么要用方向电流保护？	87
33. 怎样判断功率方向继电器接线的正确性？	93
34. 什么叫电压速断保护？	94
35. 为什么要用电流电压连锁速断保护？	97
36. 为什么有的短线路要装设纵联差动保护？	98
37. 什么叫横联差动方向保护？	101
38. 母差保护动作时为什么要闭锁双回线横差方向保护？	106
39. 什么叫电流平衡保护？	107
40. 电力电容器装置应装设哪些保护？	110

距 离 保 护

41. 什么叫距离保护？距离保护的时限阶梯特性是怎么回事？	116
-------------------------------	-----

42. 距离保护由哪些主要部件组成?	118
43. 方向阻抗继电器的特性圆是怎么回事?	119
44. 方向阻抗继电器为什么要加记忆回路?	127
45. 什么叫全阻抗继电器?	132
46. 什么叫偏移特性的阻抗继电器?	136
47. 阻抗继电器的最小精确工作电流是怎么回事? 它有什么实际意义?	142
48. 保护相间短路的距离继电器为什么通常采用接入相间电压和相间电流的 0° 接线?	145
49. 距离保护为什么有时在事故过负荷时误动作?	148
50. 为什么距离保护需经振荡闭锁装置闭锁?	150
51. 如何利用短路和振荡的差异来实现距离保护的振荡闭锁装置。	155
52. GH-11 型距离保护的 BZ-11 型振荡闭锁装置在运行中有些什么问题?	156
53. 为什么要采用负序加零序电流增量起动的振荡闭锁装置?	159
54. 为什么要采用电阻突变量 dR 和电阻变化率 $\frac{dR}{dt}$ 双重判据的振荡闭锁装置?	164
55. 距离保护中为什么要有断线闭锁装置? 断线闭锁装置是怎样构成的?	167
56. 运行中切换母线时, 距离保护要注意什么?	170
57. 什么叫接地距离保护?	171

高 频 保 护

58. 什么叫高频保护? 为什么要采用高频保护?	175
59. 什么叫高频通道?	175
60. 什么叫相差动高频保护?	179
61. 相差动高频保护的相位特性是怎么回事?	184

62. 相差动高频保护的 $\dot{I}_1 + KI_2$ 操作滤波器为什么选取负序分量 \dot{I}_2 比正序分量 \dot{I}_1 大?	189
63. 什么叫高频闭锁方向保护?	190
64. 高频保护为什么用两组灵敏度不同的起动元件?	193
65. 什么叫高频闭锁距离保护?	194
66. 高频保护运行时, 为什么运行人员每天要交换信号以检查高频通道?	196
67. 高频收发信机由哪些部分组成?	199
68. 什么叫收信机的灵敏度?	203
69. 什么叫微波保护?	204
70. 什么叫行波保护?	206

零 序 保 护

71. 什么叫中性点直接接地电力网? 什么叫中性点非直接接地电力网?	213
72. 中性点直接接地电力网单相接地短路时零序电压和零序电流是怎样分布的?	214
73. 为什么要采用零序电流保护作为中性点直接接地电力网的接地保护? 它是怎样构成的?	218
74. 为什么要用方向性零序电流保护? 零序功率方向继电器的最大灵敏角为什么是 70° ?	221
75. 如何用模拟零序电压和负荷电流检验零序功率方向继电器接线的正确性?	224
76. 中性点非直接接地电力网单相接地时, 电流和电压是怎样分布的?	234
77. 中性点非直接接地电力网的绝缘监视装置起什么作用?	238
78. 怎样实现中性点非直接接地电力网的零序电流保护? 对零序电流互感器的安装有些什么要求?	239
79. 为什么有的中性点非直接接地电力网的线路采用	

零序电流方向保护作接地保护?	242
80. 中性点经消弧线圈接地的电力网单相接地时电流 分布有什么特点?	243
81. 如何利用五次谐波反应接地故障?	246

发 电 机 保 护

82. 发电机纵差保护起什么作用?	248
83. 纵差保护投入运行前要做些什么试验?	251
84. 发电机的横差保护起什么作用?	253
85. 为什么可以用零序电压构成发电机的定子接地 保护?	257
86. 反应零序电流的发电机定子绕组接地保护是怎样 构成的?	260
87. 利用三次谐波电压构成的 100% 定子接地保护是 怎样实现的?	265
88. 如何实现转子一点接地保护?	271
89. 如何实现转子两点接地保护?	275
90. 发电机的复合电压起动的过电流保护起什么作用?	278
91. 发电机的负序电流保护起什么作用?	281
92. 发电机失磁对系统和发电机本身有什么影响?	285
93. 如何实现发电机的失磁保护?	289
94. 为什么水轮发电机和大型汽轮发电机要装设过电压 保护?	294
95. 发电机的过负荷保护是怎样实现的?	295
96. 大型发电机为什么要装设过励磁保护?	299
97. 大型发电机为什么要装设失步保护?	302
98. 大型汽轮发电机为什么要装设逆功率保护?	303
99. 大型汽轮发电机为什么要装设低频保护?	304
100. 同步调相机应装设哪些保护?	306

变 压 器 保 护

101. 瓦斯保护起什么作用? 309
102. 变压器瓦斯保护动作后如何进行取气试验? 314
103. 变压器的电流速断保护起什么作用? 314
104. 变压器的纵差保护有些什么特点? 315
105. 变压器纵差保护的不平衡电流是怎样产生的? 320
106. 什么叫比率制动式差动保护? 322
107. 什么叫二次谐波制动的差动保护? 324
108. 变压器差动保护动作后应如何检查、判断和处理? 326
109. 如何利用外加电源对变压器进行一次通电试验? 327
110. 如何求取纵差保护用的电流互感器二次负荷阻抗? 329
111. 变压器零序电流保护起什么作用? 332
112. 变压器的接地保护是怎样适应变压器中性点运行
方式变化的? 333
113. Y/Y_0 接线的低压厂用变压器的零序电流保护是
如何构成的? 336
114. 变压器的过电流保护起什么作用? 338
115. 如何实现变压器的过负荷保护? 339
116. 超高压大容量变压器为什么要装设过励磁保护? 339
117. 自耦变压器的零序差动保护起什么作用? 343
118. 自耦变压器的接地保护是如何实现的? 345
119. 自耦变压器的过负荷保护有些什么特点? 349
120. 并联电抗器应装设哪些保护? 350

母 线 保 护

121. 什么叫母线完全差动电流保护? 353
122. 什么叫母线不完全差动电流保护? 355
123. 什么叫元件固定连接的双母线完全差动电流保护? 357
124. 母联相位差动保护是如何实现的? 362

125. 什么叫电流比相式母线保护?	367
126. 母线联络断路器代替线路断路器运行时, 母线保护 应如何处理?	373
127. 母线检修完投入运行时发生故障, 母线保护怎么 动作?	374
128. 母线保护盘上的电流表起什么作用?	375
129. 什么叫断路器失灵保护?	376

电动机保护

130. 如何实现高压电动机的相间保护?	378
131. 380V 低压电动机的相间短路保护是如何构成的?	380
132. 电动机的过负荷保护是如何实现的?	381
133. 如何实现电动机的单相接地保护?	383
134. 电动机的低电压保护起什么作用?	384
135. 电动机为什么要装设相电流不平衡保护?	389
136. 电动机的堵转保护是怎么回事?	389
137. 同步电动机应装设哪些保护?	391

微机保护

138. 微机保护有些什么特点?	396
139. 微机保护的硬件是怎样组成的?	399
140. 电压形成回路在微机保护中起什么作用?	401
141. 采样保持器 S/H 在微机保护中起什么作用?	402
142. 为什么采样保持器前要用模拟低通滤波器 (ALF)?	404
143. 模拟量多路转换开关 (MPX) 在微机保护中起什么 作用?	407
144. 模数转换器 A/D 在微机保护中起什么作用?	408
145. 微机保护中的主机是如何完成继电保护功能的?	412
146. 微机保护的开关量输入输出系统是如何组成的?	413
147. 键盘和打印机在微机保护中起什么作用?	416

148. 微机保护的算法指什么?	417
149. 微机保护的自动检测是怎么回事?	421
150. 微机保护在硬件方面有哪些抗干扰措施?	426
151. 微机保护的软件有哪些抗干扰措施?	430
152. 磁通制动原理的微机变压器差动保护是如何构成的?	435

基 本 知 识

1. 什么叫向量和相量？如何进行向量和相量的加减运算？

向量是既有大小、又有方向的量。它可用一个有一定长度和方向的有向线段来表示。线段的长度（又称向量的模）表示向量的大小（其长度比例可任意选定），其箭头所指的方向表示向量的方向。不带箭头的那端称向量的始端，带箭头的那端称向量的终端。向量的记号表示为 \vec{A} 、 \vec{B} ……时，向量的模则表示为 $|\vec{A}|$ 、 $|\vec{B}|$ ……。

向量的相加是这样进行的：将进行相加的两向量 \vec{A} 、 \vec{B} 的始端放在一起，以 \vec{A} 、 \vec{B} 两向量为平行四边形的邻边作平行四边形，则平行四边形的对角线即为 \vec{A} 、 \vec{B} 两向量的和 ($\vec{A} + \vec{B}$)。这种求和规则称为向量加法的平行四边形规则。如图 1-1 (a) 所示。换言之，如果把向量 \vec{B} 的始端和向量 \vec{A} 的终端放在一起，再将向量 \vec{A} 的始端和向量 \vec{B} 的终端相联，则箭头指向向量 \vec{B} 终端的连线所代表的向量即为二向量之和 ($\vec{A} + \vec{B}$)。如图 1-1 (b) 所示。这种求和规则称向量加法的三角形规则。

利用向量加法规则，可进行多个向量的相加。例如 \vec{A}

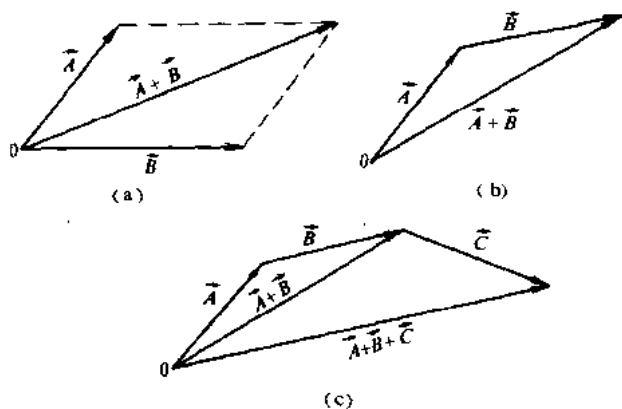


图 1-1 向量的相加

(a) 向量加法的平行四边形规则；(b) 向量加法的三角形规则；(c) 多个向量的相加

$+\vec{B} + \vec{C}$ 可这样进行：将向量 \vec{A} 的终端和 \vec{B} 的始端放在一起，再将 \vec{C} 的始端和 \vec{B} 的终端放在一起，连接 \vec{A} 的始端和 \vec{C} 的终端，则箭头指向 \vec{C} 终端的连线所代表的向量即为 $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ ，如图 1-1 (c) 所示。

向量的相减可根据向量的相加法推出。例如，根据向量加法的平行四边形规则知：平行四边形的一条邻边所代表的向量即为对角线所代表的向量 \vec{A} 减去另一邻边所代表的向量 \vec{B} ，如图 1-2 (a) 所示；根据向量加法的三角形规则知，向量 \vec{A} 减去向量 \vec{B} 所得两向量之差，可这样求得：将 \vec{A} 、 \vec{B} 两向量的始端放在一起，再将其终端相连，连线的箭头指

向被减向量 \vec{A} 终端，则连线所代表的向量即为 $\vec{A} - \vec{B}$ ，如图 1-2 (b) 所示。

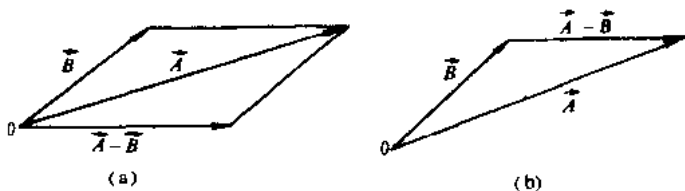


图 1-2 向量的相减

(a) 向量减法的平行四边形规则；(b) 向量减法的三角形规则

由于向量的加减运算比较简单明了，因此我们在进行交流电路分析时，常常将稳态交流电路的正弦量的运算转化为向量的运算。

下面举两个例子：

例 1 是阻抗的加减运算。由于阻抗 Z 是一个包括电阻 R 和电抗 X 的复数量，因此可表示为

$$Z = R + jX$$

阻抗 Z 可在复数平面上表示。在平面上取一直角坐标系，横坐标为 R ，纵坐标为 jX 。则根据向量加法的平行四边形规则，阻抗向量 Z 为以 R 和 jX 作邻边的平行四边形的对角线，如图 1-3 所示。图中阻抗向量 Z 和横坐标的夹角即为阻抗角 θ 。这样，阻抗的加减运算就可按照向量的加减运算进行。

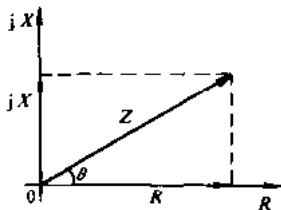


图 1-3 阻抗向量在复数平面上的表示法

例2是稳态正弦交流电路的正弦量运算。

我们知道，正弦波的三要素为：最大值（振幅）、频率（角频率或周期）和初相角。有了这三个参数，就可确定一个正弦波。而我们在分析稳态的正弦交流电路时，经常遇到的是电流电压这样的同频率的正弦波。这些正弦波仅在最大值和初相角上有所区别。因此，在电工学中，引出相量这一名词，来表征同频率的正弦波。所谓相量，实际上是一个模（即大小）为正弦波的最大值而幅角为正弦波的初相角的一个复值常数，记作 \dot{A} 、 \dot{B} ……如电流相量，可写作

$$\dot{I} = I_m e^{j\varphi} = I_m \angle \varphi$$

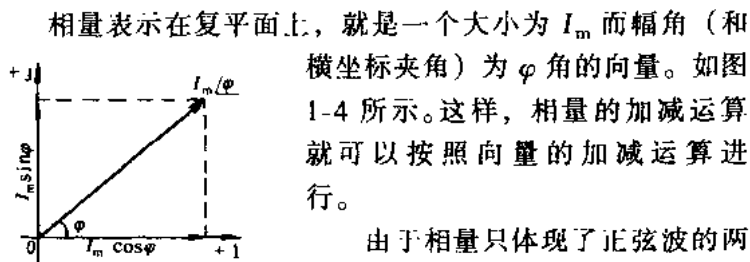


图 1-4 电流相量图

相量表示在复平面上，就是一个大小为 I_m 而幅角（和横坐标夹角）为 φ 角的向量。如图 1-4 所示。这样，相量的加减运算就可以按照向量的加减运算进行。

由于相量只体现了正弦波的两要素：最大值和初相角。因此，还须考虑频率这个要素。通常，用旋转相量 $\dot{I} e^{j\omega t} = I_m \angle \varphi \cdot e^{j\omega t} =$

$I_m \angle \varphi + \omega t$ 来表征正弦波。这个旋转相量的大小等于正弦波的最大值，旋转相量的起始位置和横坐标的夹角等于正弦波的初相角 φ 。该旋转相量以等于正弦波角频率 ω 的角速度逆时针方向旋转。旋转相量（设为电流）在纵坐标上的投影即为下式所表示的正弦电流

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

图 1-5 显示了旋转相量在 $t=0$ 和 $t=t_1$ 两个不同瞬时

的位置。图中右侧波形即表示旋转相量在纵坐标上的投影随时间 t 变化的规律。

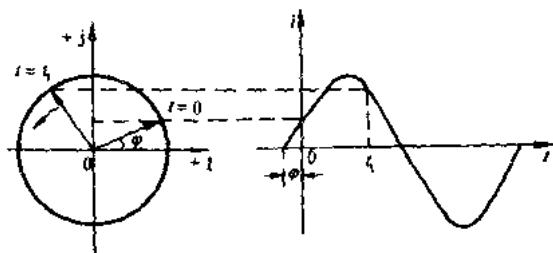


图 1-5 旋转相量及其在纵坐标上的投影

由于同频率的正弦波用旋转相量表示时，其转向和转速是相同的，故各旋转相量处在相对静止之中，因此只要画出某一瞬时它们之间的相对关系，就可表示其旋转时的相对相位关系。通常，在分析交流电路问题时，着重研究的是各电量间的相位关系，因此只需画出某一瞬时各相量间的相位关系，即可进行研究。

由于各旋转相量都是按逆时针方向旋转的，因此在表示各相量的相对关系时，就出现了超前和滞后的问题。通常认为 A 相量超前 B 相量指的是： A 相量相对 B 相量逆时针转一角度。 A 相量滞后 B 相量指的是： A 相量相对 B 相量顺时针转一角度。如图 1-6 所示。

最后需要指出，旋转相量是一时间相量，它在复平面上的位置和方向是随时间而变的。而向量表示的是在空间具有大小和方向的量。

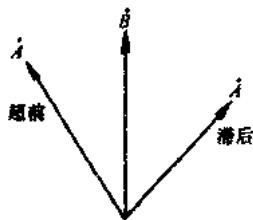


图 1-6 相量的超前和滞后