

工程实用故障录波解析 与典型案例

何荷 陈咏涛 王洪彬 张友强 李杰 著



重庆大学出版社

内容提要

本书旨在帮助继电保护专业相关人员建立故障分析理论体系基础,提升其系统级事故分析能力、继电保护动作行为评价能力以及二次缺陷定位能力。全书共7章,内容包括故障分析基础知识、波形分析软件使用方法、线路保护动作案例分析、变压器保护动作案例分析、母线保护动作案例分析、备自投动作案例分析及事故分析要点总结。

本书可作为从事电力系统继电保护专业运行、维护、管理、设计、研发等人员的专业参考书和培训用书,也可供其他相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程实用故障录波解析与典型案例 / 何荷等著. --

重庆:重庆大学出版社,2022.5

ISBN 978-7-5689-3302-5

I. ①工… II. ①何… III. ①故障录波 IV.

①TM711.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第083184号

工程实用故障录波解析与典型案例

GONGCHENG SHIYONG GUZHANG LUBO JIEXI YU DIANXING ANLI

何 荷 陈咏涛 王洪彬 张友强 李 杰 著

策划编辑:鲁 黎

责任编辑:李定群 版式设计:鲁 黎

责任校对:刘志刚 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆天旭印务有限责任公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.25 字数:254千

2022年5月第1版 2022年5月第1次印刷

ISBN 978-7-5689-3302-5 定价:68.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

电力系统故障录波包含了丰富的信息,是电网运行工况及继电保护动作行为的重要见证。电力系统运行情况复杂多变,掌握各种工况下录波图的识图方法、提升事故分析及继电保护动作行为评价能力,对于从事继电保护运行、维护和技术管理等工作的人员而言,均具有重要的实际意义。2019年,在国家电网公司时隔10年后再次举办的继电保护专业技能竞赛中,故障分析取代了以往的装置单体调试,成为实操环节的重头戏,足以见得在电网异常运行和故障工况的识图分析方面,国网公司对继电保护专业人员的能力提出了更高的要求。基于此,作者撰写此书,对帮助继电保护专业相关人员建立故障分析理论体系基础,提升其系统级事故分析能力、继电保护动作行为评价能力以及二次缺陷定位能力,必将起到积极的助力作用。

本书搜集了部分电力系统实际波形,涵盖了10~750 kV线路故障、变压器故障、母线故障、转换性故障、复合故障、异常运行、二次回路缺陷等类型工况。本书的特色在于,首先对各种典型故障或异常工况进行充分理论分析,尽量突出重点,强调规律、特征以及与实际波形的映射,旨在帮助读者对各种异常或故障工况的波形现象建立敏感性;其次注重软件工具的深度灵活应用,做到利其器而善其事;最后在案例解析部分,按照实际工作中处理故障及保护动作的流程来逐步展开,旨在引导读者学会如何根据故障录波中挖掘出的信息,一步步抽丝剥茧,从多重干扰信息中抓住主线,顺藤摸瓜,得出最终结论。通过以理论知识为基础,软件运用为辅助,并依托实际案例,本书较全面地总结了各种工况下的波形特征,深入剖析了故障分析的思路技巧及实用方法,力求理论严谨、案例全面、授人以渔、行之有效。

本书由国网重庆市电力公司电力科学研究院何荷、陈咏涛、王洪彬、张友强、李杰撰写,在案例搜集以及分析过程中得到了国网重庆市电力公司部分供电公司继保专业人员、装置制造厂家相关技术人员等有力支持与帮助,在此表示衷心的感谢!希望本书的出版能够帮助读者有效掌握故障分析的流程与思路,助力其快速定位故障,及时发现缺陷并消除,从而为提升继电保护专业人员的综合素质能力,进而提高全网继电保护动作的可靠性,略尽我们绵薄之力!

由于作者水平有限,书中难免存在粗浅疏漏之处,敬请各位读者及同人不吝指正!

编者

2021年11月



第 1 章 故障分析基础知识	1
1.1 三相短路故障	1
1.2 单相接地故障	6
1.3 两相相间短路故障	18
1.4 两相接地短路故障	28
1.5 Y/ Δ -11 变压器两侧不对称故障	44
第 2 章 波形分析软件使用方法	60
2.1 通道显示和隐藏	61
2.2 波形缩放	64
2.3 同轴重叠显示通道曲线	65
2.4 通道组合分析	68
2.5 公式编辑器	74
第 3 章 线路保护动作案例分析	76
3.1 220 kV 线路保护后加速元件未动作之谜	76
3.2 220 kV 线路保护单端测距与双端测距之差异	82
3.3 通道收发延时不一致导致 330 kV 差动保护误动作	86
3.4 非故障相 TA 饱和导致 110 kV 差动保护误动作	91
3.5 外接零序回路两点接地导致 220 kV 差动保护闭锁	96
3.6 通道异常导致 500 kV 光纤差动保护拒动或延迟动作	98
3.7 TA 两点接地导致 750 kV 差动保护误动作	105
3.8 TV 两点接地导致 220 kV 线路保护误动作	109
3.9 110 kV 线路一次侧相序错误导致距离 I 段超越	116

第 4 章 变压器保护动作案例分析	124
4.1 空载合闸励磁涌流导致 110 kV 变压器差动保护误动作	124
4.2 恢复性励磁涌流导致 220 kV 变压器差动保护误动作	127
4.3 中压侧错接入测量用 TA 绕组导致 220 kV 变压器差动保护误动作	134
4.4 110 kV 变压器低压侧发生一点区内一点区外故障	143
4.5 35 kV 主变接线方式整定错误导致差动保护误动作	146
4.6 220 kV 变压器低压侧发生死区故障导致主变后备保护动作	150
第 5 章 母线保护动作案例分析	155
5.1 母线 TV 故障导致母线保护动作	155
5.2 母线与线路 TA 之间发生断线接地导致母差保护延迟动作	158
5.3 线路故障开关拒动导致母线失灵保护动作	163
第 6 章 备自投动作案例分析	171
6.1 TV 回路异常导致备自投动作	171
6.2 各电压等级备自投动作延时失配	176
第 7 章 事故分析要点总结	181
参考文献	188

第 1 章 | 故障分析基础知识

电力系统常见的基础故障类型有单相接地故障、两相相间短路故障、两相接地故障、三相短路故障、单相断线故障及两相断线故障。其中,前 4 类统称横向短路故障,后两类统称纵向不对称故障。关于 6 类基础故障类型的故障特性,已有多本书进行过详细分析与讲解,读者可参考学习,本书不再赘述。为方便读者将各类故障理论结论与其实际波形特征相对应,建立起根据录波图识别故障类型的敏感性,下面将对各类故障对应的典型波形特征进行总结。

1.1 三相短路故障

1.1.1 单侧电源线路

1) 金属性短路

某单侧电源系统接线图如图 1.1 所示。其中,S 为系统,M 为系统侧母线,L 为线路,N 为负荷侧母线,负荷侧变压器 T 采用 Y/ Δ -11 接线,且 Y 侧中性点接地运行。TA 为电流互感器,极性端位于母线侧,TV 为母线电压互感器,极性端位于母线侧。不考虑负荷电流影响,设系统各元件阻抗角 φ 均为 80° ,且正序、负序阻抗相等。

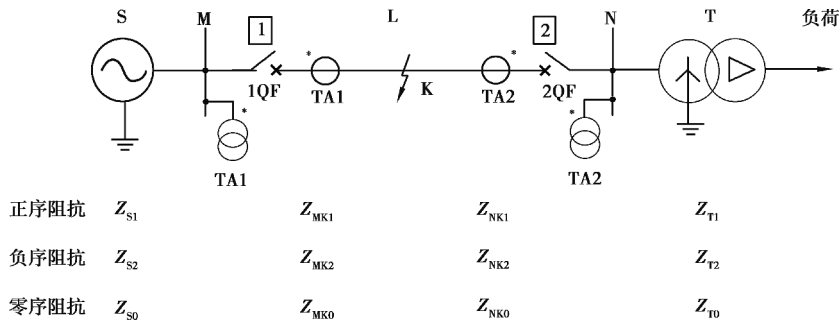


图 1.1 单侧电源系统接线图

线路区内发生三相金属性短路故障时,画出 A 相的序网图,如图 1.2 所示。

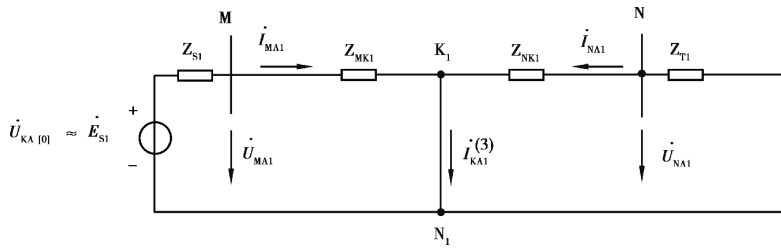


图 1.2 单侧电源线路发生金属性三相短路时的 A 相序网图

由图 1.2 可知,发生三相短路故障时,只有正序分量,无零、负序电压、电流分量。因此,负荷侧变压器 Y 侧中性点是否接地运行,对故障特征无影响。此时,系统侧保护安装处的 A 相故障电压、电流分别为

$$\begin{cases} \dot{I}_{MA} = \dot{I}_{KA1}^{(3)} = \frac{\dot{E}_{SA}}{Z_{S1} + Z_{MK1}} \\ \dot{U}_{MA} = \dot{I}_{MA} \cdot Z_{MK1} = \frac{Z_{MK1}}{Z_{S1} + Z_{MK1}} \cdot \dot{E}_{SA} \end{cases} \quad (1.1)$$

于是,可得系统侧三相电压、电流的相量关系,如图 1.3 所示。负荷侧保护安装处的三相故障电压、电流均为 0。

两侧保护安装处的典型波形如图 1.4 所示。对电压、电流特征进行总结与对比,见表 1.1。

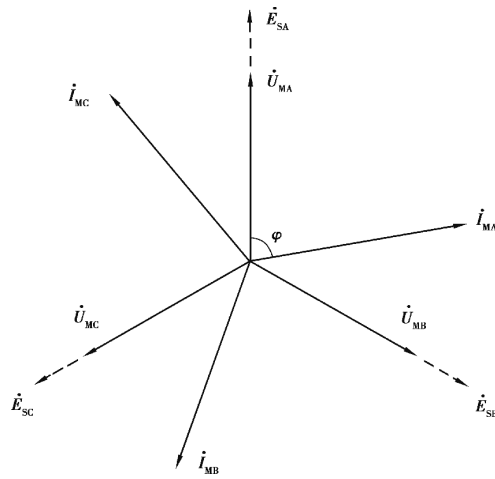
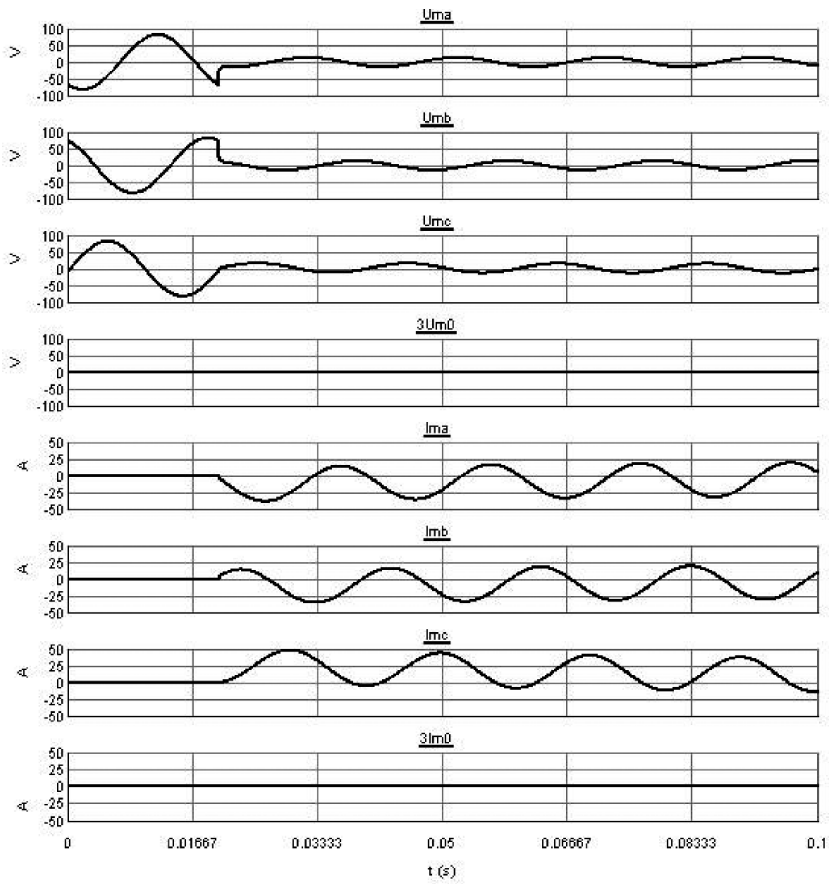
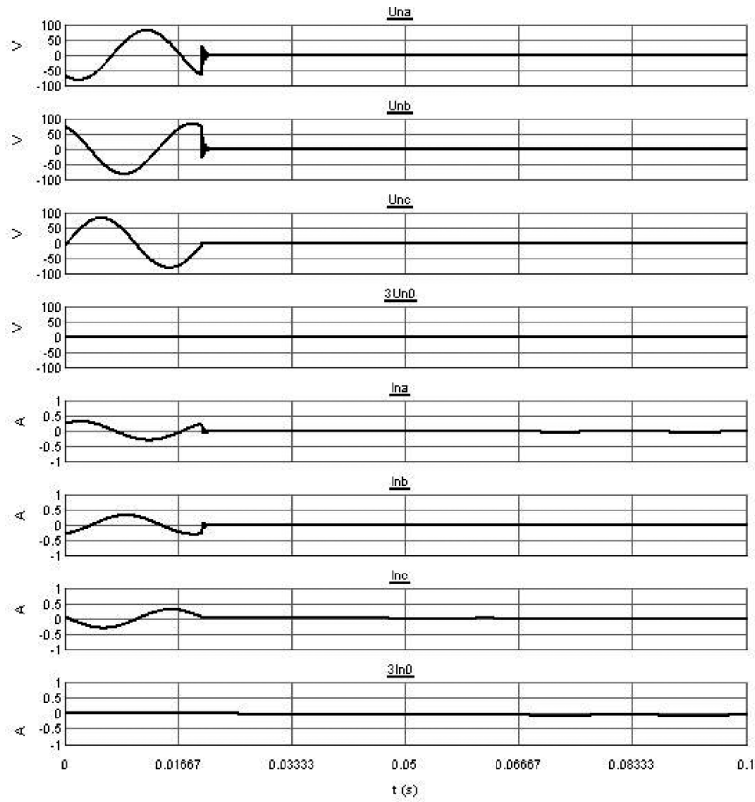


图 1.3 系统侧电压电流相量关系(金属性三相短路)



(a) 系统侧



(b) 负荷侧

图 1.4 线路区内三相金属性短路故障时两侧保护波形

表 1.1 线路区内三相金属性短路故障时两侧保护电气量特征

电气量		系统侧特征	负荷侧特征
三相电压	幅值	幅降低,且距离故障点越近,降幅越大。当出口处故障时,电压降为 0	三相电压降为 0
	相位	三相依然对称,与故障前电压同相	无
三相电流	幅值	幅升高,且同等情况下距离故障点越近,故障电流越大	无
	相位	①三相依然对称 ②相电流滞后于同相电压一个系统正序阻抗角(图中约为 80°)	无

续表

电气量		系统侧特征	负荷侧特征
零序电压	幅值	无	
	相位	无	
零序电流	幅值	无	
	相位	无	

2) 经过渡电阻短路

前面介绍了线路发生金属性故障时故障录波图呈现出的典型电气量规律。当故障点有过渡电阻时,序网图如图 1.5 所示。

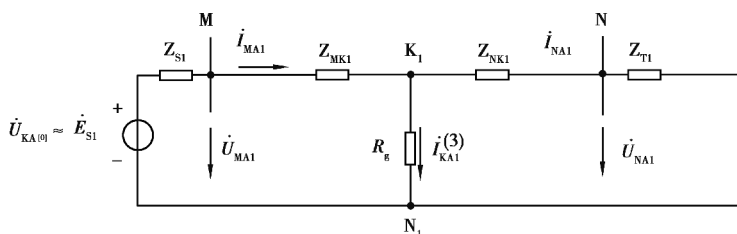


图 1.5 单侧电源线路发生经过渡电阻三相短路时的 A 相序网图

此时,保护安装处的一些电气量特征将会发生相应变化,即

$$\begin{cases} \dot{I}_{MA} = \dot{I}_{KA1}^{(3)} = \frac{\dot{E}_{SA}}{Z_{S1} + Z_{MK1} + R_g} \\ \dot{U}_{MA} = \dot{I}_{MA} \cdot (Z_{MK1} + R_g) = \frac{Z_{MK1} + R_g}{Z_{S1} + Z_{MK1} + R_g} \cdot \dot{E}_{SA} \end{cases} \quad (1.2)$$

经过渡电阻短路情况下,系统侧三相电压、电流仍保持对称,但电压不再与故障前电压同相位。以 A 相为例(见图 1.6),随过渡电阻数值由 0 到 ∞ 变化,电流相量的末端轨迹将由 a 沿着虚线圆弧向 b 移动,电压相量的末端轨迹将由 c 沿着虚线圆弧向 d 移动,两个圆弧的圆周角均为系统阻抗角的补角,即 $180^\circ - \varphi$;相电流滞后于同相电压的角度不再等于系统阻抗角,当出口处经过渡电阻故障时,该角度为 0° ;非出口处故障时,理论上随故障距离的远近及过渡电阻大小不同,该角度将在 0° 与系统阻抗角之间变化,但三相短路的过渡电阻大多数情况下是电弧电阻,数值较小。因此,实际上对该角度的影响并不明显。

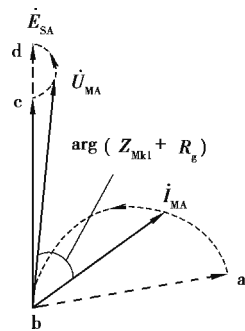


图 1.6 系统侧 A 相电压电流相量关系(非出口处经过渡电阻三相短路)

1.1.2 双侧电源联络线路

当线路为双电源联络线时(见图 1.7),其发生三相接地故障时两侧保护的电气量特征与上述单电源线路系统侧的电气量特征基本相似,可参照进行分析。

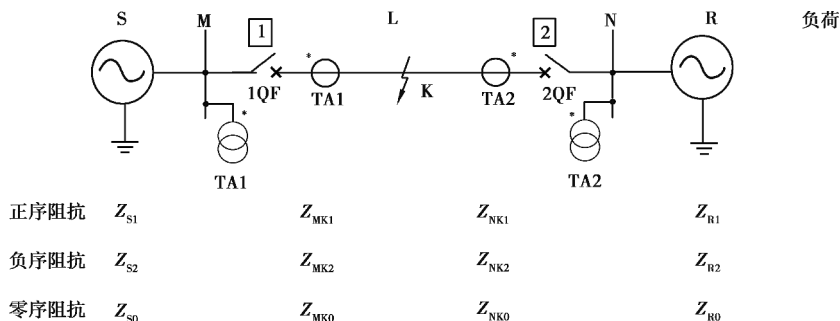


图 1.7 双侧电源系统接线图及元件参数

1.2 单相接地故障

1.2.1 单侧电源线路

1) 金属性短路

系统接线图和各元件参数如图 1.1 所示。线路区内发生 A 相金属性接地故障时,特殊相 A 相的复合序网图如图 1.8 所示。

根据图 1.8,可得正、负、零序综合阻抗分别为

$$\begin{cases} Z_{\Sigma 1} = Z_{S1} + Z_{MK1} \\ Z_{\Sigma 2} = Z_{S2} + Z_{MK2} = Z_{\Sigma 1} \\ Z_{\Sigma 0} = (Z_{S0} + Z_{MK0}) \parallel (Z_{NK0} + Z_{T0}) \end{cases} \quad (1.3)$$

则故障点的故障相电流为

$$\dot{i}_{KA}^{(1)} = \dot{i}_{KA1}^{(1)} + \dot{i}_{KA2}^{(1)} + \dot{i}_{KA0}^{(1)} = \frac{3\dot{E}_{SA}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \quad (1.4)$$

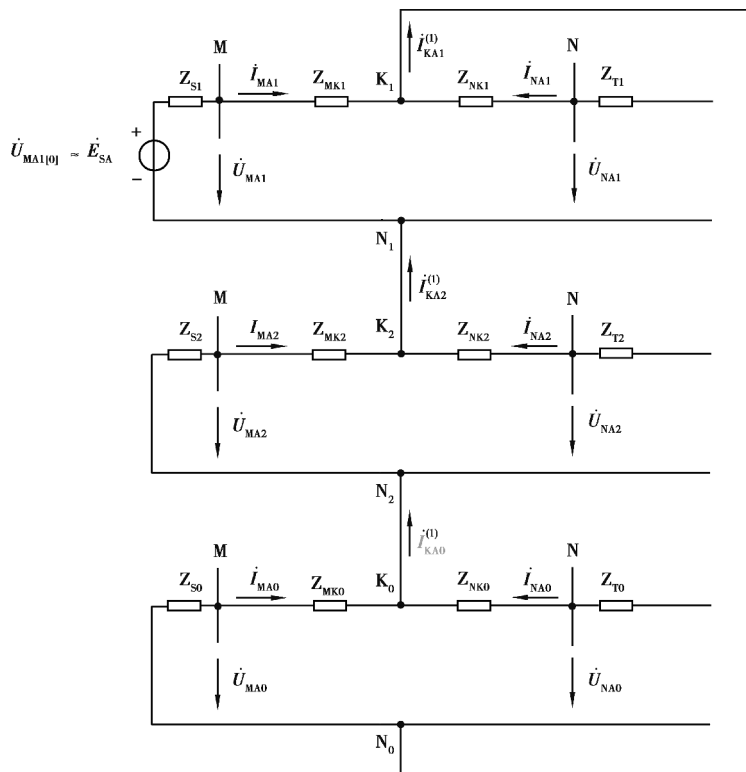


图 1.8 单侧电源线路发生金属性 A 相接地故障时的复合序网图

设系统侧的正、负、零序电流分配系数分别为 C_{1M} , C_{2M} , C_{0M} , 负荷侧的正、负、零序电流分配系数分别为 C_{1N} , C_{2N} , C_{0N} , 则

$$\begin{cases} C_{1M} = C_{2M} = 1 \\ C_{0M} = \frac{Z_{NK0} + Z_{T0}}{Z_{S0} + Z_{MK0} + Z_{NK0} + Z_{T0}} \end{cases} \quad (1.5)$$

$$\begin{cases} C_{1N} = C_{2N} = 0 \\ C_{0N} = \frac{Z_{S0} + Z_{MK0}}{Z_{S0} + Z_{MK0} + Z_{NK0} + Z_{T0}} \end{cases} \quad (1.6)$$

可知, $0 \leq C_{0M} \leq 1$, $0 \leq C_{0N} \leq 1$, 且 $C_{0M} + C_{0N} = 1$ 。

故障点的各相电压为

$$\begin{cases} \dot{U}_{KA}^{(1)} = 0 \\ \dot{U}_{KB}^{(1)} = \dot{E}_{SB} + \frac{Z_{\Sigma 1} - Z_{\Sigma 0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\ \dot{U}_{KC}^{(1)} = \dot{E}_{SC} + \frac{Z_{\Sigma 1} - Z_{\Sigma 0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} \end{cases} \quad (1.7)$$

(1) 系统侧保护安装处的电流、电压
系统侧保护安装处的电流、电压为

$$\left\{ \begin{aligned} \dot{I}_{MA} &= \dot{I}_{MA1} + \dot{I}_{MA2} + \dot{I}_{MA0} = \dot{I}_{KA1}^{(1)} + \dot{I}_{KA2}^{(1)} + C_{0M} \dot{I}_{KA0}^{(1)} = \frac{2 + C_{0M}}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} \\ \dot{I}_{MB} &= a^2 \dot{I}_{MA1} + a \dot{I}_{MA2} + \dot{I}_{MA0} = \frac{C_{0M} - 1}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} \\ \dot{I}_{MC} &= a \dot{I}_{MA1} + a^2 \dot{I}_{MA2} + \dot{I}_{MA0} = \frac{C_{0M} - 1}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} \end{aligned} \right. \quad (1.8)$$

$$\{ 3\dot{I}_{M0} = \dot{I}_{MA} + \dot{I}_{MB} + \dot{I}_{MC} = C_{0M} \dot{I}_{KA}^{(1)} \}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \dot{U}_{MA} &= (\dot{I}_{MA} + K_L 3\dot{I}_{M0}) \cdot Z_{MK1} = \frac{2 + C_{0M}(1 + 3K_L)}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} \cdot Z_{MK1} = \frac{2 + C_{0M} \cdot \frac{Z_{MK0}}{Z_{MK1}}}{3} \cdot Z_{MK1} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} \\ &= \frac{2Z_{MK1} + C_{0M}Z_{MK0}}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} = \frac{2Z_{MK1} + C_{0M}Z_{MK0}}{2Z_{S1} + Z_{S0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\ \dot{U}_{MB} &= \dot{E}_{SB} - (\dot{I}_{MB} + K_S 3\dot{I}_{M0}) \cdot Z_{S1} = \dot{E}_{SB} + \frac{1 - C_{0M}(1 + 3K_S)}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} \cdot Z_{S1} \\ &= \dot{E}_{SB} + \frac{1 - C_{0M} \cdot \frac{Z_{S0}}{Z_{S1}}}{3} \cdot Z_{S1} \cdot \frac{3\dot{E}_{SA}}{2Z_{S1} + Z_{S0}} = \dot{E}_{SB} + \frac{Z_{S1} - C_{0M}Z_{S0}}{2Z_{S1} + Z_{S0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\ \dot{U}_{MC} &= \dot{E}_{SC} - (\dot{I}_{MC} + K_S 3\dot{I}_{M0}) \cdot Z_{S1} = \dot{E}_{SC} + \frac{Z_{S1} - C_{0M}Z_{S0}}{2Z_{S1} + Z_{S0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\ 3\dot{U}_{M0} &= -3\dot{I}_{M0} \cdot Z_{S0} = -\frac{3C_{0M}Z_{S0}}{2Z_{S1} + Z_{S0}} \cdot \dot{E}_{SA} \end{aligned} \right. \quad (1.9)$$

其中, K_L , K_S 分别为系统及线路的零序补偿系数, 即

$$\begin{aligned} K_L &= \frac{Z_{MK0} - Z_{MK1}}{3Z_{MK1}} = \frac{Z_{NK0} - Z_{NK1}}{3Z_{NK1}} \\ K_S &= \frac{Z_{S0} - Z_{S1}}{3Z_{S1}} \end{aligned} \quad (1.10)$$

根据式(1.8)一式(1.10), 以 $Z_{S1} < C_{0M}Z_{S0}$ 为例, 可得系统侧电压、电流的相量关系, 如图 1.9 所示。

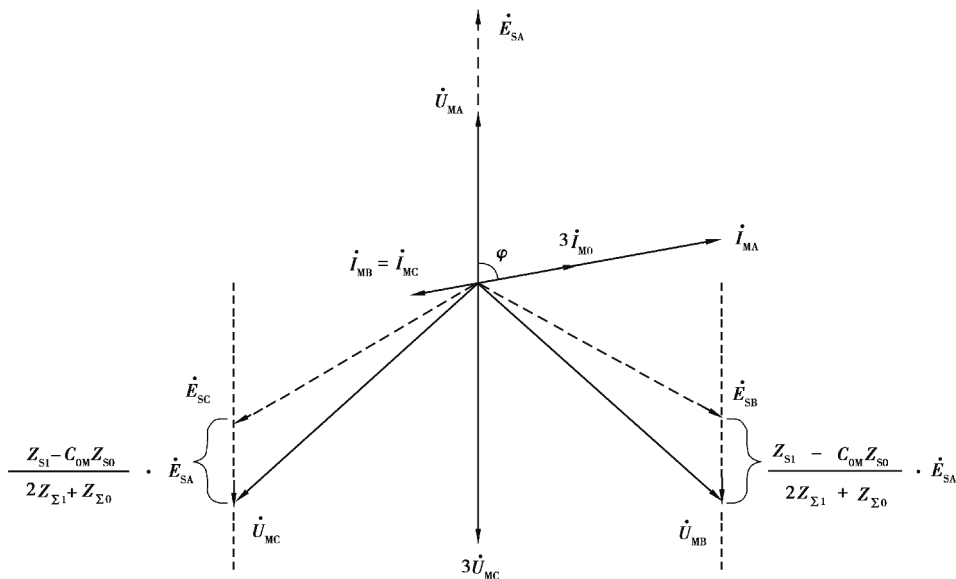


图 1.9 系统侧电压电流相量关系(金属性 A 相接地,以 $Z_{S1} < C_{0M}Z_{S0}$ 为例)

①系统侧三相电流特征

- 故障相电流与零序电流同相且不相等,与非故障相电流反相。
- 两非故障相电流等值同相。

②系统侧三相电压特征

- 故障相电压超前故障相电流的角度为系统阻抗角。
- 两非故障相电压等幅变化且始终关于故障前的非故障相电压对称。当 $Z_{S1} < C_{0M}Z_{S0}$ 时,两非故障相电压幅值增大,夹角变小;当 $Z_{S1} = C_{0M}Z_{S0}$ 时,两非故障相电压幅值不变,夹角仍为 120° ;当 $Z_{S1} > C_{0M}Z_{S0}$ 时,两非故障相电压幅值减小,夹角增大。
- 故障相电压与零序电压反相,且与该相故障前电压相比相位不变。
- 零序电压滞后于零序电流的角度为系统阻抗角的补角。

(2) 负荷侧保护安装处的电流、电压

负荷侧保护安装处的电流、电压为

$$\left\{ \begin{aligned} \dot{I}_{NA} = \dot{I}_{NB} = \dot{I}_{NC} = C_{0N} \dot{I}_{KA0}^{(1)} &= \frac{C_{0N}}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} = \frac{1 - C_{0M}}{3} \cdot \dot{I}_{KA}^{(1)} \\ \dot{U}_{NA} = \dot{U}_{NB} = \dot{U}_{NC} &= (1 - C_{0M}) \dot{U}_{KA}^{(1)} \end{aligned} \right. \quad (1.11)$$

$$\begin{aligned}
 \dot{U}_{NA} &= (\dot{I}_{NA} + K_L 3\dot{i}_{N0}) \cdot Z_{NK1} = \frac{C_{0N}(1 + 3K_L)}{3} \cdot \dot{i}_{KA}^{(1)} \cdot Z_{NK1} = \frac{C_{0N}}{3} \cdot \frac{Z_{NK0}}{Z_{NK1}} \cdot Z_{NK1} \cdot \dot{i}_{KA}^{(1)} \\
 &= \frac{C_{0N}Z_{NK0}}{3} \cdot \dot{i}_{KA}^{(1)} = \frac{C_{0N}Z_{NK0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\
 \dot{U}_{NB} &= (\dot{I}_{NB} + K_L 3\dot{i}_{N0}) \cdot Z_{NK1} + \dot{U}_{KB}^{(1)} = \frac{C_{0N}Z_{NK0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} + \dot{E}_{SB} + \frac{Z_{\Sigma 1} - Z_{\Sigma 0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\
 \dot{U}_{NC} &= (\dot{I}_{NC} + K_L 3\dot{i}_{N0}) \cdot Z_{NK1} + \dot{U}_{KC}^{(1)} = \frac{C_{0N}Z_{NK0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} + \dot{E}_{SC} + \frac{Z_{\Sigma 1} - Z_{\Sigma 0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\
 &= \dot{E}_{SC} + \frac{Z_{\Sigma 1} - C_{0N}Z_{T0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA} \\
 3\dot{U}_{N0} &= -3\dot{i}_{N0} \cdot Z_{T0} = \frac{-3C_{0N}Z_{T0}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0}} \cdot \dot{E}_{SA}
 \end{aligned}
 \tag{1.12}$$

根据式(1.11)一式(1.12),以 $Z_{\Sigma 1} > C_{0N}Z_{T0}$ 为例,可得负荷侧电压、电流的相量关系,如图 1.10 所示。

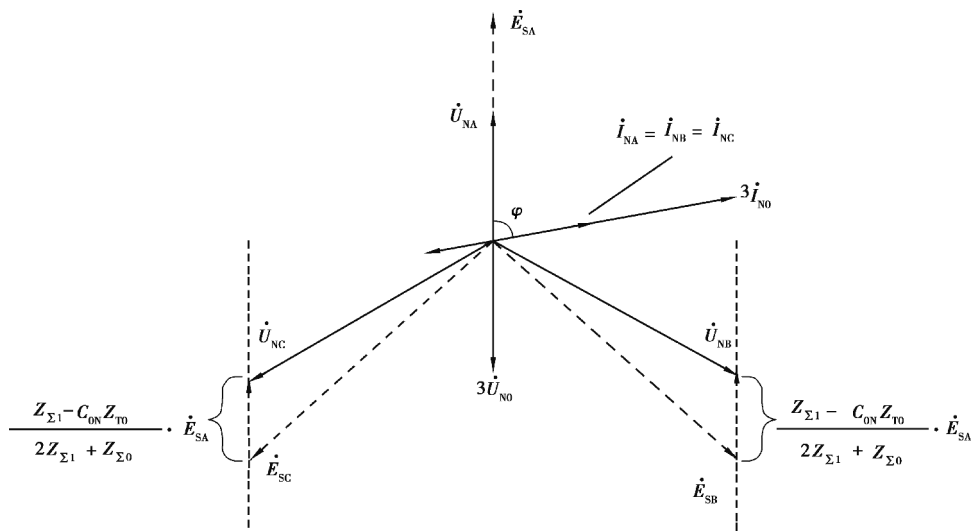


图 1.10 负荷侧电压电流相量关系(金属性 A 相接地,以 $Z_{\Sigma 1} > C_{0N}Z_{T0}$ 为例)

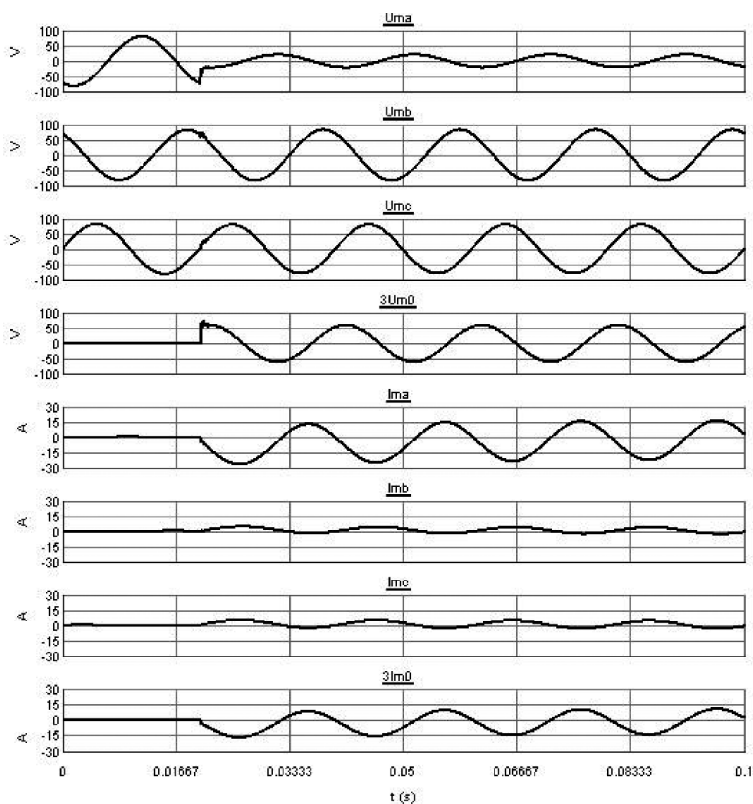
① 负荷侧三相电流特征

- a. 三相电流等值同相。
- b. 非故障相电流与系统侧等值反相,故障相电流与系统侧同相。

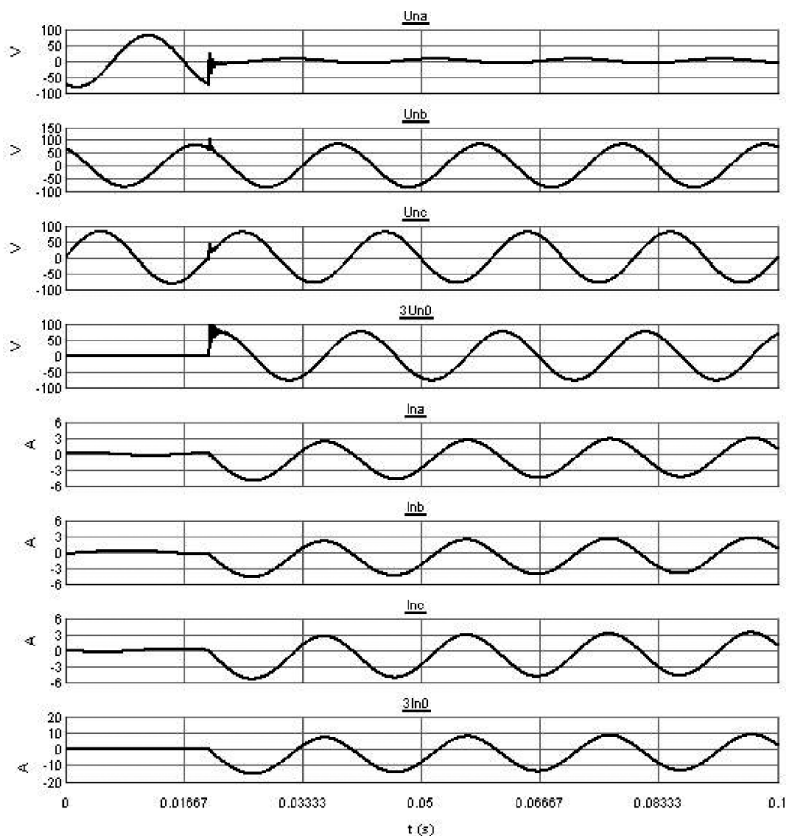
② 负荷侧三相电压特征

- a. 故障相电压超前故障相电流的角度为系统阻抗角。
- b. 两非故障相电压等幅变化且始终关于故障前的非故障相电压对称。当 $Z_{\Sigma 1} < C_{0N}Z_{T0}$ 时,两非故障相电压幅值增大,夹角变小;当 $Z_{\Sigma 1} = C_{0N}Z_{T0}$ 时,两非故障相电压幅值不变,夹角仍为 120° ;当 $Z_{\Sigma 1} > C_{0N}Z_{T0}$ 时,两非故障相电压幅值减小,夹角增大。
- c. 故障相电压与零序电压反相,且与该相故障前电压相比相位不变。
- d. 零序电压滞后于零序电流的角度为系统阻抗角的补角。

线路发生 A 相金属性接地故障时,两侧保护安装处的典型波形如图 1.11 所示。对电压、电流特征进行总结与对比,见表 1.2。



(a) 系统侧



(b) 负荷侧

图 1.11 线路区内 A 相金属性接地故障时两侧保护波形

表 1.2 线路区内单相金属性接地故障时两侧保护电气量特征

电气量		系统侧特征	负荷侧特征
故障相电压	幅值	降低,且距离故障点越近,降幅越大,当出口处故障时,电压降为 0	
	相位	与故障前本相电压相位相同	
故障相电流	幅值	明显升高,且同等情况下距离故障点越近,故障相电流越大	出现小幅故障相电流,且与非故障相电流幅值相等
	相位	①与零序电流同相 ②滞后于故障相电压一个系统阻抗角(图中为 80°)	
		与非故障相电流反相	与非故障相电流同相