

利用负序电流实现的电动机不对称保护

牟龙华 中国矿业大学 (221008)

摘要 文章在分析电动机发生不对称故障时电流变化特点、原有保护存在缺陷的基础上,提出了采用基于负序电流实现的电动机不对称保护方案,并给出了实现此方案的一种电子线路。

关键词 短路保护 断相保护 负序电流

电动机常见的电流不对称故障有:两相短路、断相、电机绕组内部故障、电网电压不对称等,这些故障都将使三相线电流的大小、相位不再对称,并且是造成电动机的异常运行和烧毁的主要原因。因此,对这些故障实施良好的保护是非常必要的。

当电动机外部供电线路发生两相短路故障时,故障相电流相位差 180° ;当电动机内部发生绕组相间短路、匝间短路时,供电线路三相阻抗不再对称,从而造成三相电流也不再对称,其相互间的相位差也将不再是 120° 的关系。

当变压器一次侧缺相时,二次电压将出现严重不平衡,造成电动机的端电压、三相电流也不平衡;当电动机供电线路断一相,或电动机定子绕组一相断线时,也将发生三相电流不对称现象。断相故障不但使电流增加,而且线电流间的相位也将发生变化。常见的断相故障分析如表 1 所示。

表 1

绕组接法	电机 Y 形	电机 Δ 形	电机 Δ 形	变压器 Y/Y	变压器 Y/ Δ
断相位置	电源 A 相	电源 A 相	电机 AB 相绕组	一次侧 C 相	一次侧 C 相
线电流大小关系	$I_a = 0, I_b = I_c = 1.73I_c$	$I_a = 0, I_b = I_c = 1.73I_c$	$I_b = 1.5I_c,$ $I_a = I_c = 0.866I_c$	$I_b = 0, I_a = I_c = 1.73I_c$	$I_c = 2I_c,$ $I_a = I_b = I_c$
电流相位关系	I_b, I_c 反相	I_b, I_c 反相	I_a, I_c 差 $60^\circ,$ 与 I_b 差 150°	I_a, I_c 反相	I_a, I_b 同相,与 I_c 反相

注:表中 I_c 为电机额定电流,且断相发生在电机满载运行情况下。

对于电动机的断相保护,过去常以过负荷保护来兼顾,这种方法虽简单方便,但也存在下列问题:一是过负荷保护有较长的延时,以利于电机的起动,而断相保护希望能较快地切除;二是过负荷保护电流不能正确反映各种断相故障时电机绕组的电流,将造成动作值不准确,使保护效果变差,这从表 1 中的分析可以清楚地看出。

对于短路保护问题,其关键是如何区分电动机的起动电流与短路电流。目前国内外采取的主要方法有:一是加大电缆截面和限制电动机起动电流的方法。在法国曾采用过这种方法,他们将保护整定在短路电流的最小值上,再通过加大电缆截面并在电机设计中将起动电流限制在 3~4 倍的额定电流上,以使短路电流与电动机的起动电流区分开来。这种方法的缺陷是系

收稿日期:1995-07-29

《继电器》1996 年第 1 期 37

统造价高,电缆截面加大,给运输、安装带来不便,此外,人为地增加故障电流对安全不利。另一种方法是采用高频保护。其保护原理是将大约 5kHz 的高频电流引入配电系统中。在此频率时纯电阻性的故障电弧电阻不变,而电动机的负载阻抗却增加约 100 倍。这样就很容易将故障电流与正常负荷电流区分开来。但当供电电缆较长、电网对地电容较大时,采用这种方法实现的保护就难以十分准确地反映短路故障,从而出现误动现象。

我们知道,电网正常运行时一般是对称的,各种电气参数中只包含正序分量。当发生不对称故障,其对称电势作用于三相不对称电路,或者不对称电势作用于三相对称电路时,电流、电压将不再对称,除正序分量外,总有负序分量同时出现。电动机的电流不对称故障也是一样,它存在正序分量的同时,必将出现负序分量。利用这个特点构成反应负序分量而动作的保护装置就具有显著特点。同时,由于这种装置只反应故障时出现的相序分量,故整定值可选得较小,灵敏度较高。

下面介绍一种利用负序电流滤序器实现的电动机不对称保护。

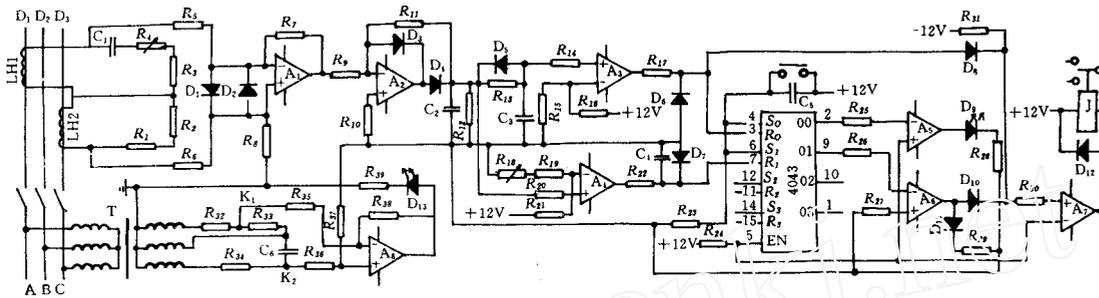


图1 电动机不对称保护原理图

图1为此保护的原理图,图2为负序电流滤序器的等值电路图。为使滤序器的输出只与负序电流有关,其参数选择为: $R_1 = 2R_2$,
 $X_C = \sqrt{3} R_2$ 。则滤序器的输出电压为:

$$\begin{aligned} U_{sc} &= U_1 + U_2 = I_A(R_2 - jX_C) + I_C R_1 \\ &= 2I_C R_2 + 2I_A R_2 e^{-j60^\circ} \end{aligned} \quad (1)$$

根据对称分量原理有

$$\left. \begin{aligned} I_A &= I_1 + I_2 + I_0 \\ I_B &= a^2 I_1 + a I_2 + I_0 \\ I_C &= a I_1 + a^2 I_2 + I_0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中 $a = e^{j120^\circ}$, $a^2 = e^{j240^\circ}$; I_1 、 I_2 、 I_0 分别为正

序、负序、零序电流分量。对中性点不直接接地电网,零序电流可以忽略不计,将式2代入式1得

$$U_{sc} = 2R_2 I_1 (a + e^{-j60^\circ}) + 2R_2 I_2 (a^2 + e^{-j60^\circ}) = 2R_2 \sqrt{3} I_2 e^{-j90^\circ} \quad (3)$$

上式表明滤序器输出电压只与负序电流有关。当电动机正常运行,即只有正序电流时,滤序器输出电压为零,即 $U_{sc} = 0$ 。当电动机发生不对称故障时,滤序器输出电压 $U_{sc} \neq 0$,大小如式3所示。滤序器输出送到差动放大器 A_1 ,经放大后送入半波整流器 A_2 ,整流输出经 C_2 、 R_{12} 滤

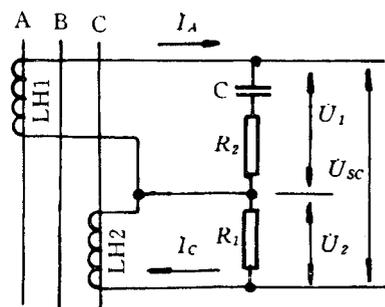


图2 负序电流滤序器等值电路

波后得到一直流分量,此直流分量分两路送到后级电路。一路经 R_{13} 、 C_3 延时后作为断相比较器 A_3 的输入信号,当达到动作值时,出口电路 A_7 翻转,继电器 J 动作,使开关跳闸;同时 RS 触发器 4043 翻转,指示灯 D_9 点亮,以实现灯光信号的闭锁。另一路送入短路动作值比较器 A_4 中,当输入信号达到短路动作设定值时, A_4 输出高电平,使 RS 触发器翻转,指示灯 D_{11} 点亮,继电器 J 动作,并实现灯光和跳闸动作信号的闭锁。当故障排除后,可按下复位按钮 S,以解除闭锁。图 1 中, R_2 、 R_4 用于滤序器调零,以消除元件参数分散性的影响; D_8 、 D_{10} 构成一或门电路; R_{18} 供调节短路动作整定值用。

由于滤序器对电源相序非常敏感,只有在电源为正相序下,滤序器输出电压才只与负序电流成正比,故在线路中设置了相序指示电路。图中 R_{32} 、 R_{33} 、 R_{34} 、 C_8 构成一相序检测器,其参数为: $R_{32}=R_{33}=33\text{k}\Omega$, $R_{34}=55\text{k}\Omega$, $X_{C8}=R_{34}/\sqrt{3}=31\text{k}\Omega$ 。当电源为正相序时, K_1 、 K_2 两点等电位, $U_{K1K2}=0$,指示灯 D_{13} 不亮;如为反相序,则 $U_{K1K2}=0.866U_{AB}$,指示灯 D_{13} 点亮。

参考文献

- 1 赵红军. 基于负序电压的电动机断相保护. 电工技术杂志,1995,3
- 2 崔景岳等. 煤矿供电. 北京:煤炭工业出版社,1991

电力系统继电保护测试技术研讨会及继电保护检测设备展示会在昆明召开

为了促进继电保护测试技术的发展,交流经验,沟通供需信息,江苏省电机工程学会继电保护专委会发出倡议,得到云南省电机工程学会继电保护专委会、全国继电保护专委会的积极响应和支持,于 1995 年 9 月 25 日~28 日在昆明联合举办了首次继电保护测试技术研讨会和继电保护检测设备展示会。

会议对当前继电保护测试技术发展方向和继电保护测试检验设备的基本要求进行了深入且热烈的讨论。来自科研部门、高等院校的专家和现场从事运行调试经验丰富的专业人员纷纷发表了宝贵的见解。

本次展示会展出和演示的各种先进设备引起与会代表和参观人员的极大兴趣,来自美国 AVO 公司、力源公司和瑞典保珈玛公司的代表带来了他们的先进设备,国内有关院校和研究单位开发研制的多种试验设备各具特色,更贴近我国现场使用习惯和要求,在性价比上占有一定优势。

为会议汇编的会议资料包括三大部分。第 I 部分为《继电保护测试技术论文汇编》,第 II 部分为《继电保护试验检测标准选编》。第 III 部分为《继电保护检测设备(产品)汇编》。需要订购的单位请与电力自动化研究院学会办公室(210003,南京市 323 信箱)联系。