

消弧线圈接地电网中单相接地保护的新原理探讨

穆大庆

(长沙电力学院, 湖南 长沙 410077)

摘要: 提出了一种反映消弧线圈接地电网中单相接地故障的新保护原理, 该原理是利用比较各相之间工频电流的变化量而构成, 使保护具有较高的灵敏度和可靠性。

关键词: 消弧线圈; 单相接地保护; 相间工频变化量

中图分类号: TM773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2001)06-0026-02

1 引言

在消弧线圈接地电网中发生单相接地故障时, 故障元件与非故障元件的零序电流大小相差无几, 零序功率方向一致, 因此不能像中性点不接地电网那样利用零序电流和零序功率方向来构成有选择性的单相接地保护^[1-3]。目前在消弧线圈接地电网中普遍采用反应暂态电流或反应谐波分量(五次谐波)来构成具有选择性的单相接地保护。然而这两种保护都有一定的局限性和缺点^[1-3]。对于反应暂态电流的单相接地保护, 如果在相电压瞬时值过零点附近时发生接地故障, 保护的灵敏度很低, 甚至根本不能反应, 而且暂态电流在测量上也不可靠或不准确; 对于反应谐波分量的单相接地保护, 由于谐波分量的大小与电网结构、运行方式、故障处的过渡电阻等诸多因素有关, 因此保护的灵敏度往往得不到保证, 而且与中性点不接地电网中的零序电流保护类似, 当电网中出线较少时其灵敏度也很低。在现有的保护中对中性点非直接接地电网的单相接地故障还没有一种完善的保护原理^{[1][3]}。本文所提出的新原理是利用出线元件各相电流工频变化量之间的关系来区分故障元件和非故障元件, 其判别能力很强, 而且无须考虑出线元件的对地电容参数来进行整定, 因此其动作灵敏度和动作可靠性都将有较大的提高。

2 消弧线圈接地电网中发生单相接地时电容电流变化特点

消弧线圈接地电网如图1所示。线路 I 与线路 II 的各相对地电容分别用集中参数 C_I 、 C_{II} 表示。电网正常运行时, 由于中性点对地电压为零, 因此消弧线圈上无电感电流, 电网中除了负荷电流以外就是线路的电容电流。

正常运行时各相电容电流分别为:

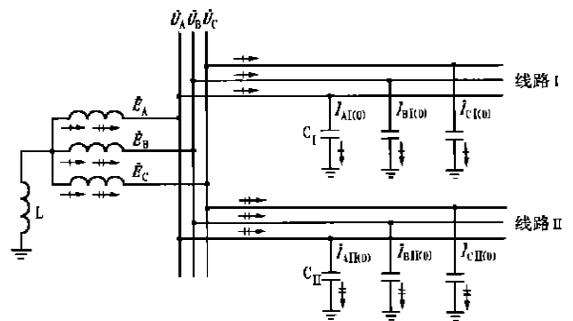


图1 消弧线圈接地电网正常时的电容电流分布

$$\begin{aligned} \text{线路 I} : \quad & \dot{I}_A(0) = j C \dot{U}_A \\ & \dot{I}_B(0) = j C \dot{U}_B \\ & \dot{I}_C(0) = j C \dot{U}_C \\ \text{线路 II} : \quad & \dot{I}_A(0) = j C \dot{U}_A \\ & \dot{I}_B(0) = j C \dot{U}_B \\ & \dot{I}_C(0) = j C \dot{U}_C \end{aligned}$$

假设线路 I 上 A 相接地, 如图 2 所示:

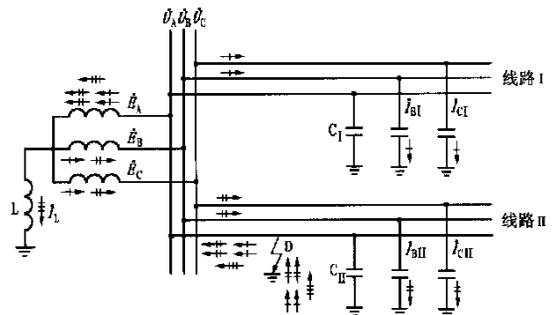


图2 消弧线圈接地电网单相接地故障时电容及电感电流分布

故障后各相电容电感电流分别为:

线路 I (非故障元件):

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= j C \dot{U}_{AD} = j C \dot{U}_A - j C \dot{U}_A = 0 \\ \dot{I}_B &= j C \dot{U}_{BD} = j C \dot{U}_B - j C \dot{U}_A \end{aligned}$$

$$\dot{I}_C = j C \dot{U}_{CD} = j C \dot{U}_C - j C \dot{U}_A$$

线路 (故障元件):

$$\dot{I}_A = -(\dot{I}_B + \dot{I}_C + \dot{I}_B + \dot{I}_C) - \dot{I}_L =$$

$$j3 C \dot{U}_A + j3 C \dot{U}_A - j \frac{1}{L} \dot{U}_A$$

$$\dot{I}_B = j C \dot{U}_{BD} = j C \dot{U}_B - j C \dot{U}_A$$

$$\dot{I}_C = j C \dot{U}_{CD} = j C \dot{U}_C - j C \dot{U}_A$$

在消弧线圈接地电网中普遍采用过补偿方式,

设过补偿度为 p (p 一般取为 $5\% \sim 10\%$), 则有:

$$|\dot{I}_L| = (1+p) |\dot{I}_B + \dot{I}_C + \dot{I}_B + \dot{I}_C|$$

$$\text{即: } \frac{1}{L} = (1+p) (3 C + 3 C)$$

$$\text{故: } \dot{I}_A = -p(j3 C \dot{U}_A + j3 C \dot{U}_A)$$

因此各相电容电感电流的工频变化量分别为:

线路 (非故障元件):

$$\dot{I}_A = \dot{I}_A - \dot{I}_A^{(0)} = -j C \dot{U}_A$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_B - \dot{I}_B^{(0)} = -j C \dot{U}_A$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_C - \dot{I}_C^{(0)} = -j C \dot{U}_A$$

线路 (故障元件):

$$\dot{I}_A = \dot{I}_A - \dot{I}_A^{(0)} = -p(j3 C \dot{U}_A + j3 C \dot{U}_A) - j C \dot{U}_A$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_B - \dot{I}_B^{(0)} = -j C \dot{U}_A$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_C - \dot{I}_C^{(0)} = -j C \dot{U}_A$$

故障前后各相电容电感电流相量如图 3 所示:

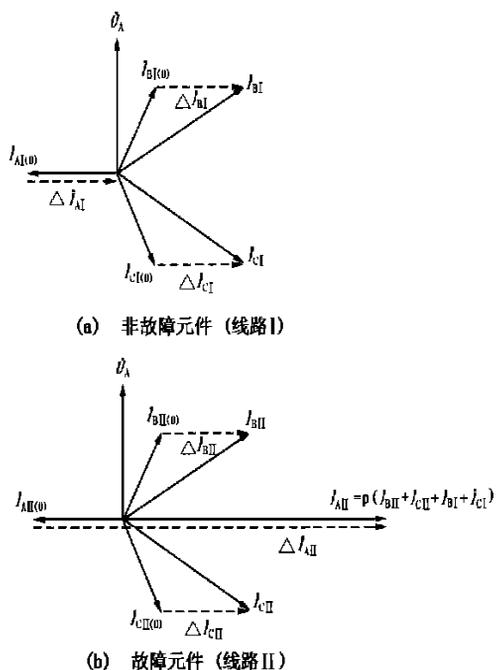


图 3 故障前后各相电容电流相量

由以上分析可见:非故障元件的各相电容电感

电流的工频变化量相同,各相之间电容电感电流工频变化量的差值为零;而故障元件的故障相电容电感电流的工频变化量与非故障相电容电感电流的工频变化量的差值为电网总电容电流的 p 倍:

$$|\dot{I}_A - \dot{I}_B| = p 3 (C + C) \dot{U}_A$$

即使是在 C 很小(相当于该电网中出线很少)的情况下该差值也能达到本故障元件非故障相电容电感电流工频变化量(其值为 $C U_A$)的 $3p$ 倍(一般为 $15\% \sim 30\%$ 倍)以上。

3 相间工频变化量保护的原理构成

利用以上分析结论,将两相电流的工频变化量的差值与另外一相电流的工频变化量的大小(或一个定值)进行比较即可构成反映消弧线圈接地电网单相接地故障的相间工频变化量保护。虽然各相电流中除了电容电感电流以外还都包含有负荷电流,但由于各相负荷电流在单相接地故障前后并不发生变化,因此各相电流的工频变化量不受负荷电流的影响,即各相电流的工频变化量就是各相电容电感电流的变化量。即使正常运行时负荷出现严重的不对称也不会对该保护造成影响,仅仅当负荷电流出现比较严重的不对称突变时,即一相负荷电流的变化量比另一相负荷电流的变化量大很多时(在正常运行时基本不可能出现这种情况)才有可能对该保护造成影响,即使是在这种情况下,由于是正常运行,完全可以采用零序电压起动元件对其进行闭锁。图 4 为利用相间电流工频变化量比较原理所构成的保护原理框图,它是以任意两相电流工频变化量的差值大于另外一相电流工频变化量的 p 倍作为动作条件,倍乘系数 p 可取为两倍过补偿度 $2p$ (也可以根据情况适当调整)。

当本元件为非故障元件时,由于各相电流的工频变化量均相同,因此任意两相电流工频变化量的差均为零,小于另外一相电流工频变化量的 $2p$ 倍,因此保护不动作。

当本元件为故障元件时,故障相与非故障相电流工频变化量的差至少为另一非故障相电流工频变化量的 $3p$ 倍,因此保护动作。

4 结论

本文提出的相间电流工频变化量保护原理由于能够很好地区分消弧线圈接地电网中单相接地时的故障元件和非故障元件,从而使保护具有较高的灵敏性和可靠性。对完善中性点非直 (下转第 34 页)

1990.

- [2] 白忠敏, 於崇干. 电力工程直流系统设计手册. 北京: 中国电力出版社, 1999, 1.
- [3] 袁涛等. PL/M 程序设计语言及应用. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [4] 孙涵芳. Intel 16 位单片机. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.

收稿日期: 2000-12-19

作者简介: 费万民(1965-), 男, 工程师, 博士生, 研究方向为电力电子技术及其应用; 张艳莉(1970-), 女, 硕士, 现从事机电一体化方面的教学与研究; 吕征宇(1957-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力电子技术及其在电力系统中的应用。

Research and development of a single-chip processor monitored operation supply system based on high frequency DC/DC converter

FEI Wan-min^{1,2}, ZHANG Yan-li², Lü Zheng-yu¹, WU Zhao-lin¹

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2 Zibo University, Zibo 255000, China)

Abstract: In this paper, it presented the structure of the main circuit, the principle of the control circuit and the software of HF DC/DC converter controlled by a single-chip processor. It also discussed the hardware architecture and software programming of the monitoring system of the operation supply based on a single-chip processor 80C196KB. Practical operation shows that this supply system has high reliability and good performances.

Key words: single-chip processor; high frequency DC/DC converter; IGBT; power system

(上接第 27 页) 接接地电网中的单相接地保护的

性能有着较大的意义。

参考文献:

- [1] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理, (第三版). 北京: 水利电力出版社, 1994, 10.
- [2] 张志竟, 黄玉铮. 电力系统继电保护原理与运行分析, (上册). 北京: 水利电力出版社, 1995, 11.
- [3] 马长贵. 继电保护基础. 北京: 水利电力出版社, 1987, 6.

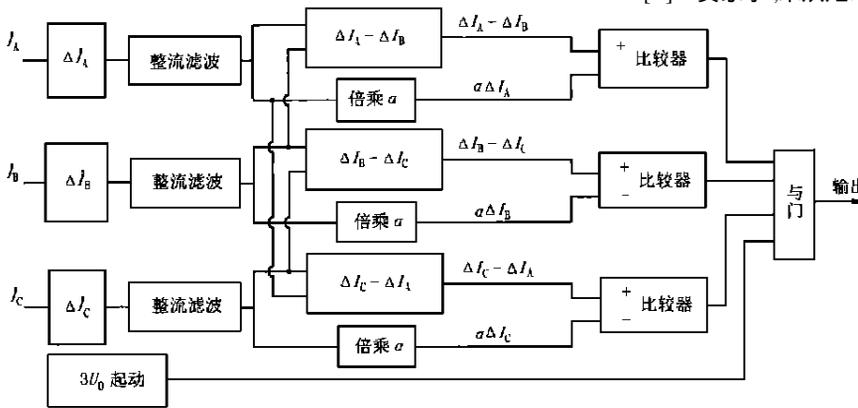


图 4 相间工频变化量保护原理框图

收稿日期: 2000-11-28

作者简介: 穆大庆(1964-), 男, 讲师, 主要从事电力系统继电保护及自动控制技术方面的教学与研究。

Study on a new principle of single-phase earth protection for arc-suppression coil grounded system

MU Da-qing

(Changsha University of Electric Power, Changsha 410077, China)

Abstract: This paper presents a new principle of single-phase earth protection for arc-suppression coil grounded system. This new principle based on comparing the fundamental component mutation between phases brings the protection a higher sensitivity and reliability.

Key words: arc-suppression coil; single-phase earth protection; fundamental component mutation between phases