

舰船复杂树型电网新型保护方法的研究

王征, 沈兵, 庄劲武, 陈博

(海军工程大学电气工程系, 湖北 武汉 430033)

摘要: 分析了我国舰船树型电网现有的电流原则和时间原则对大电网保护的不可靠性, 通过研究舰船树型电网发生短路故障时的电流特征, 依靠电网上下级保护开关的故障电流特征进行综合逻辑判断, 达到对舰船树型电网的保护, 同时考虑了用电流方向判断装置来解决馈电流误动作问题。

关键词: 舰船; 树型电网; 保护; 方法

中图分类号: TM771 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)09-0062-04

0 引言

树型电网又叫辐射型电网, 是舰船电力系统最常见的网络类型。舰船上最常见的干馈混合配电制就属于这种电网。短路故障是电力系统中经常发生的危害较严重的故障。

舰船电网多采用三相三线制, 短路的基本类型有三相相间短路, 两相相间短路等。三相相间短路时, 三相电路依旧是对称的, 称为对称短路, 两相相间称为不对称短路, 短路引起的后果往往是破坏性的。

本文分析了现有时间和电流原则对复杂树型电网的保护的局限性, 综合考虑电网上下级保护开关的故障电流特征, 进行逐级向上的综合逻辑判断, 并结合后备保护和过载保护, 达到对整个复杂树型电网的综合保护。新型保护方法的最大特点是利用断路器输出的开关量逐级向上传递, 代替原有利用时间整定的原则, 具有良好的网络扩展性, 并能达到保护的快速性。

1 现有的时间和电流原则对舰船复杂树型电网保护的局限性

目前舰船电力系统短路保护与陆地电力系统的三段式保护类似, 通常采用电流原则和时间原则来达到选择性保护的要求。

由于舰船电力系统本身的特点及其与陆地电力系统的不同, 使得在舰船上利用电流原则实现对短路保护的选择性, 多数情况下不能得到保证。主要原因有二:

1) 舰船上电缆长度较短, 线路阻抗很小, 这使得相邻两级保护开关保护范围内的短路电流大小很相近, 保护开关的动作电流值难以整定。

2) 舰船上发生短路的可能性很多, 从金属性短路到具有极限限流作用的电弧性短路都存在。短路电阻不确定, 短路电流范围很大, 也使保护开关的动作电流难以整定。

按时间原则实现选择性保护可以解决电流原则存在的问题, 整定比较容易, 也比较可靠。但时间原则对复杂树型电网保护也存在以下问题:

1) 按时间原则整定时, 越靠上级的保护开关延迟时间越长, 这影响了保护快速性要求。短路电流的持续对电网和设备不利。

2) 在一定的允许时间内, 由于受时间继电器精度限制, 时间继电器只能整定有限的几级延迟。如在 0.4 s 之内, 国产断路器可以有三级时间延迟。在现代化高科技战争的要求下, 舰船电力系统的容量飞速发展, 电力网络越来越庞大, 电网分级也越来越多, 时间原则将无法满足四级以上树型电网的选择性保护要求。

树型电网某处发生短路时, 电动机类负载会向短路点馈送电流, 这个馈电流虽不象短路电流那么大, 但其最大值也远远高于电动机正常工作电流, 如果多台电动机的馈电流同时流经某个保护开关, 有可能引起该保护开关动作, 而短路点并不在该开关的保护范围之内, 这就违背了选择性要求。

由此可见, 舰船电力系统故障保护已难以保证舰船电力系统安全运行, 必须探索新的故障保护方法。

2 舰船复杂树型电网新型保护方法的提出

现有方法无法满足复杂树型电网选择性的主要原因是各断路器单独根据本地的电力参数进行故障判断, 缺乏对其它位置电力参数的考虑, 可能出现误判。只要综合考虑多个必要点的电力参数, 就可以

去伪存真,给每个断路器正确的动作指令,做到满足选择性要求。

2.1 新型方法中的逐级向上综合逻辑判断原则

由于舰船电力系统电缆长度较短,当某级保护开关流过的电流过大时,该开关无法判断到底是本级支路发生短路还是下级支路发生短路。只需把下级各支路是否出现过电流的信号告诉上级开关,上级开关即可正确判断是否应该动作。

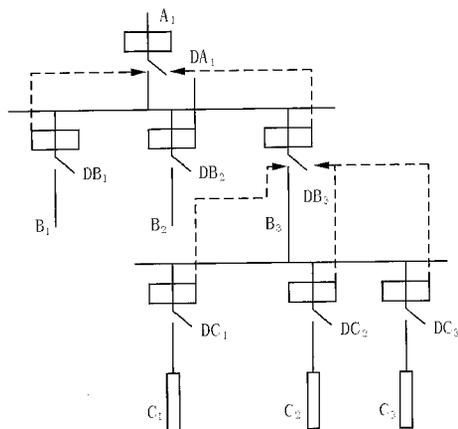


图 1 逐级向上综合逻辑判断原则示意图

Fig 1 Schematic diagram of stepwise synthetically logical judgement principle

图 1 是一个三级树型网络示意图,其中第三级的三个支路都是电网的最末端,直接接有负载,像这样的支路称为树梢支路。

在每一个支路的入端(即近发电机端)都设有一个保护开关,用以保护该支路的全长。在每个开关的入端串接一个过电流传感装置(该装置也可与保护开关封装在一起)。当流过电流传感装置的电流小于该开关的动作电流值时,该过电流传感装置产生一个逻辑“0”信号(即低电平),通过信号线,传送到上级开关的相关部件中;当流过此过电流传感装置的电流大于或等于该开关的动作电流值时,该过电流传感装置产生一个逻辑“1”信号(即高电平),通过信号线,传送到上级开关的相关部件中。

在每个非树梢支路的保护开关中,都设有一个逻辑判断装置,其输入为下级各支路的过电流传感装置送来的逻辑信号(高低电平信号)和本支路的过电流传感装置送来的逻辑信号。下级支路送来的信号先进行“或非”运算,然后再与本级支路送来的信号进行“与”的运算,结果作为输出。逻辑判断装置输出为“1”时,保护开关动作,输出为“0”时,保护开关不动作。也就是说,只有下级各支路都未出现

过电流,但本级支路出现过电流时,本支路开关才动作。图 2 是 DB3 开关中的逻辑判断装置结构示意图:

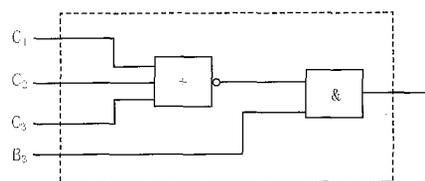


图 2 DB3 开关中的逻辑判断装置示意图

Fig 2 Schematic diagram of logical judgement device in switch DB3

例如,当 C_3 支路发生短路时,开关 DA_1 、 DB_3 、 DC_3 中电流都会很大。按照上述原则, DC_3 立即动作,同时 C_3 支路的过电流传感装置送给 DB_3 开关的逻辑判断装置一个“1”信号, C_1 、 C_2 支路的过电流传感装置送给一个“0”信号,即使 B_3 支路的过电流传感装置送给一个“1”信号,最终输出仍为“0”, DB_3 开关不动作。同理, DA_3 开关也不动作。这就满足了选择性要求。

在树梢支路的保护开关中无须安装上述逻辑判断装置,只根据本支路是否出现过电流即可判断动作与否。

2.2 新型方法中的后备保护和过载保护的配合

后备保护可以提高电力系统安全运行的性能,尤其在舰艇参加战斗时,保护开关被损坏而同时电网出现短路的可能性又很大,如果没有后备保护,任何一个保护装置的拒绝动作都可能导致整个电网崩溃。

在以上所述的逐级向上综合判断法中并没考虑后备保护。仍以图 1 为例说明,当 C_3 支路发生短路时,开关 DC_3 由于故障而未动作,由于开关 DB_3 和 DA_1 的逻辑判断装置收到的信号不变, DB_3 和 DA_1 也不会动作,短路就无法切除,故障将无限蔓延,这样危害是非常严重的。

依照现在的舰船电力系统故障保护方案,新型方法中可以采用时间原则实现后备保护。当某级开关故障而不能切除其保护范围内的短路故障时,流经上级开关的电流将持续在一个较高值,当这个持续时间超过时间原则的整定时间时,上级开关就会动作,切除故障,防止故障的进一步扩大。

仍用图 1 进行说明:除树梢支路的保护开关之外,每个保护开关装入一个时间继电器,给保护开关整定一个最大延迟时间 t ,当流经保护开关的电流超过延迟动作电流值,并一直持续,持续时间超过这个

最大延迟 t 时,无论内外条件如何,保护开关都应动作。

保护开关起后备保护作用时,它要保护下级甚至下级电路的全长,所以延迟动作电流值 I_0 应比较小。可以把这个延迟动作电流值整定得小于保护范围内的过载电流值,这时保护开关可以同时起到过载保护的作用。也就是说,当该保护开关范围内用电设备过负荷或电缆上绝缘下降引起电流过大,如果电流达到了危及设备、电缆和系统安全时,保护开关也会动作。

由于新型方法的时间原则只起到后备保护和过载保护功能,当保护开关不故障时,对正常的短路判断,并不影响快速性。

考虑到后备保护的选择性,必须使越上级的时间延迟越长。但是,如前文所述,时间继电器的精度有限,在有限的时间内只能做到有限的几级延迟。这样后备保护也就只能做成有限的几级,这时就存在一个如何配置后备保护的问题。为了保证电网最大的安全性,应该把有限的几级用到电网靠上级的保护开关中,如图 3。

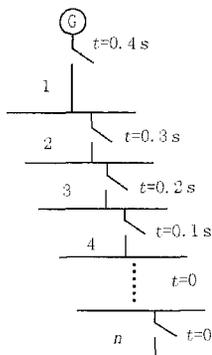


图 3 时间原则实现后备过载保护

Fig 3 Reserve/overload protection realization with time principle

这样,2、3、4级保护开关故障时,由其上级开关作为其后备保护,5~n级保护开关故障时,都由4开关作为后备保护。

另外,如果最上级的保护开关故障,则无保护开关可做为它的后备保护,所以发电机出端保护开关需要保证较高质量并经常检修。

2.3 新型方法对馈电电流误动作问题的解决

电网发生短路时,会引起距离短路点较近的电动机类负载向短路点馈送很大的电流。这个电流通常不如短路电流大,但对如主要负载为电动机的舰船,如果多台电动机的馈电电流同时流经某个保护开

关,就可能引起该开关的误动作,造成本没有故障的区域失电。

为解决馈电电流引起的上述误动作和拒绝动作的问题,只需要在可能因馈电电流引起动作的开关中加入电流方向检测装置。对正常方向的电流,该装置产生“1”信号,对逆方向电流,该装置产生“0”信号。该装置的输出与过电流检测装置的输出进行“与”运算后沿原来过电流检测装置的输出线路传给本级开关和上级开关。

馈电电流有个特征,即电动机在电网发生短路故障后馈电电流相位反相,所以电流方向检测装置可以采用以下方法检测电流方向:

加入电流方向检测装置,就可以同时根据电流的幅值和相位来区分正常电流、短路电流和馈电电流了,也就可以避免馈电电流引起的保护开关误动作和拒绝动作现象了。

2.4 舰船复杂树型电网新型保护方法的总述

综上所述,新法满足了选择性和快速性保护的要求,实现了后备保护和过载保护功能,解决了馈电电流引起误动作的问题。图4为新型方法的结构示意图。

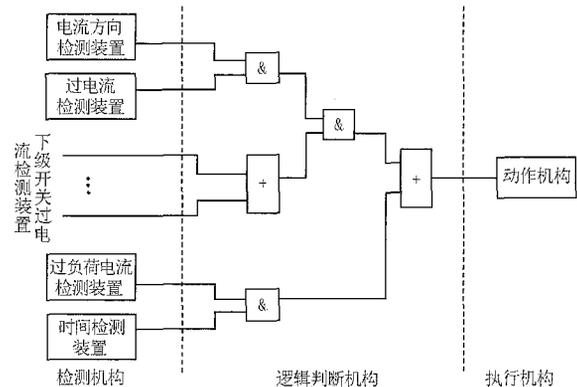


图 4 新型方法的结构示意图

Fig 4 Schematic diagram of new method

3 结论

1) 新型方法很好地解决了电流原则和时间原则实现故障保护的缺点和不足,实现了选择性和快速性要求;

2) 新型方法采用延时电流保护实现了后备过载保护功能,提高了可靠性;

3) 新型方法考虑了短路时电动机类负载产生反向馈电电流对故障保护的影响,并提出用电流方向判断装置解决这个问题。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与运用 (第二版) [M]. 北京:中国电力出版社, 2002
WANG Wei-jian Principle and Application of Main Electrical Equipment Protection, Second Edition [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002
- [2] 黄滨, 蒋心怡, 沈兵. 舰船交流电力系统短路电流的改进算法及计算机软件编制 [J]. 海军工程大学学报, 1999, (1): 27-33.
HUANG Bin, JIANG Xin-yi, SHEN Bing An Improvement Algorithm of Vessel Alternating Power System's Short Circuit Fault Current and Establishment of Calculating Software [J]. Journal of Naval University of Engineering, 1999, (1): 27-33.
- [3] 郝鹏, 刘维亭, 庄肖波. 舰船电力系统短路计算及仿真 [J]. 华东船舶工业学院学报 (自然科学版), 2003, (10): 11-15.
HAO Peng, LU Wei-ting, ZHUANG Xiao-bo Calcula-

tion Research and Its Simulation of Short-circuit Current on Combat Marine Power System [J]. Journal of East China Shipbuilding Institute, Natural Science, 2003, (10): 11-15.

- [4] YANG Xiu-xia, ZHANG Xiao-feng, ZHANG Yi, et al The Study of Network Reconfiguration on the Shipboard Ring-configuration Power Supply System [A]. International Marine Electro-technology Conference. 2003.

收稿日期: 2004-08-24; 修回日期: 2004-09-28

作者简介:

王 征 (1978 -), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统及其自动化; E-mail: wangzheng0921@126.com

沈 兵 (1961 -), 男, 博士, 副教授, 主要从事舰船电力系统安全、稳定运行及计算机监控等方面的教学和科研工作;

庄劲武 (1967 -), 男, 博士, 副教授, 主要从事舰船电力系统安全、稳定运行及计算机监控等方面的教学和科研工作。

Study of a new complex tree-structure network protection in shipboard

WANG Zheng, SHEN Bing, ZHUANG Jin-wu, CHEN Bo

(Dept of Electrical Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: This paper discusses the current principle and time principle of complex tree-structure network in domestic shipboard at present. Based on the study of current characteristics of complex tree-structure network, the paper employs the one protective switch and the lower switch's fault current characteristics to get the comprehensive logic judgement to protect the complex tree-structure network in shipboard. This paper also presents the method of using the feedback current's direction to solve maloperation by feedback current.

Key words: shipboard; tree-structure network; protection; way

(上接第 61 页 continued from page 61)

Research on a new type of microprocessor-based directional current relay

FENG Jian-qin, LU Kang

(Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: A new type of microprocessor-based directional current relay is put forward. And its basic principle, hardware structure and basic realization method are analyzed respectively. Meanwhile, countermeasures to some problems that could be faced in concrete process of realization are also discussed. Furthermore, the current directional relay can correctly distinguish the direction in which short-circuit fault occurs only by means of measuring the magnitude of current and the phase of voltage. Because it can work properly without measuring the magnitude of voltage, it has many advantages such as simpler hardware structure, lower cost, easily being constructed, rapidly operating, reliably working and so on. Moreover, its operating range and sensitive operating angle can be adjusted easily, conveniently and freely. What is more, it successfully overcomes voltage dead zone.

Key words: directional relay; phase comparison relay; directional current protection; microprocessor-based protection