

文章编号: 1000-3673 (2001) 00-0041-03

西门子7U 系列微机保护装置的 原理分析及在发变组保护中的应用

丁网林, 骆 健

(电力自动化研究院南京中德保护控制系统有限公司, 江苏省 南京市 210003)

APPLICATION AND ANALYSIS OF SIEMENS LSA7 DIGITAL PROTECTION DEVICE FOR GENERATOR-TRANSFORMER BANK

DING Wang-lin, LUO Jian

(Nanjing Sino-German Protection & Substation Control Systems Co., Ltd.,
Nanjing 210003, Jiangsu Province, China)

ABSTRACT: The basic functions of Siemens LSA7 microprocessor-based protection devices for generator-transformer bank are presented. The configuration of LSA7 protection devices for high rating generator-transformer bank are put forward. At the same time, the principles of Siemens LSA7 protection series such as differential protection, field-loss protection, stator one point grounding fault protection and rotor one point grounding fault protection are analyzed in detail.

KEY WORDS: generator-transformer bank; differential protection; field-loss protection; stator one point grounding fault protection; rotor one point grounding fault protection

摘要: 介绍了西门子7U 微机发电机—变压器组保护装置的基本功能, 对西门子7U 发变组保护的原理: 差动保护, 失磁保护, 定子一点接地和转子一点接地保护进行了分析, 并对大型发变组保护提出了7U 的配置方案。

关键词: 发电机—变压器组; 差动保护; 失磁保护; 定子一点接地保护; 转子一点接地保护

中图分类号: TM 772 文献标识码: B

随着国内大型发电机—变压器组项目的增多, 德国西门子7U 系列发电机—变压器组保护装置在国内得到越来越多的应用。它由7U T51和7UM 51两大系列产品构成: 7U T51^[1]构成主保护, 即差动保护, 7UM 51^[2,3]系列构成主保护的后备保护。下面对它们的原理及实现方案加以分析。

1 7U 发电机—变压器组保护的原理及特点

1.1 差动保护

本差动保护具有比率制动特性。为了防止变压器空载送电时的励磁涌流的影响, 采用二次谐波制

动。另外为防止变压器过激磁, 采用五次谐波制动。谐波制动采用相间交叉闭锁, 以保证只要其中一相电流的二次谐波或五次谐波达到整定值, 差动保护即被闭锁。

差动保护采取了附加稳定的功能, 其最显著的特点是为了防止外部短路产生很大故障电流的情况下, 因两侧CT 的饱和特性不同而在差动装置中产生超过整定值的差流所导致的保护误动。附加的稳定就是根据CT 的特性, 即在线路刚刚发生故障的几个周波内, 即使流过CT 的故障电流很大, CT 也不会饱和故此能反映正确的故障电流的特点, 因为这时差动电流小, 但是制动电流很大, 可确认是外部故障, 从而使差动保护闭锁一定时间, 以保证外部故障被外部保护切除, 保证了在CT 严重饱和时, 差动保护不误动。差动保护被闭锁一定时间后, 闭锁自动解除, 此时外部故障已消失, 故障电流随之消失, 差动不动作; 但是如果外部故障消失后, 差流仍然很大, 这表明可能又发生内部故障, 差动会正常动作。附加的稳定曲线如图1所示, 横坐标为制动电流 I_{stab} , 它是两侧电流绝对值之和, 纵坐标为差动电流 I_{diff} 。当制动电流达到一定倍数的额定电流时, 根据所使用CT 的饱和特性就可以认为CT 已饱和, 这正是附加稳定曲线的起点, 该曲线的延长线过原点, 其斜率为整定的比率制动斜率的1/2。刚刚发生外部故障时, 差流在该曲线以下, 制动电流在曲线以右, 正好满足外部故障条件, 从而可认为是外部故障, 因此闭锁差动保护。所以, 即使CT 饱和, 差流在动作

曲线以上装置也不会误动。

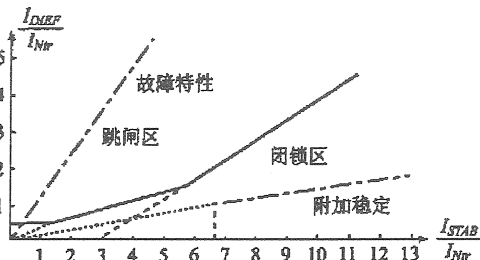


图1 带附加稳定的比率制动的原理图

Fig 1 Operation characteristic of the differential protection with add-on stabilization

1.2 定子一点接地保护(100%定子接地保护)

π 微机发电机定子一点接地保护采用两种方法实现,一种是基于发电机机端零序电压 $U_{0>}$ 的定子接地保护,一种是外加20 Hz 电源于发电机尾部的接地变压器的100%定子接地保护。

基于机端零序电压 $U_{0>}$ 的定子接地保护实现比较方便,只要计算零序偏移电压就能实现定子接地保护,但 $U_{0>}$ 定子接地保护只能实现定子85%~90%的保护带,因而通常作为定子100%接地保护的后备保护。外加20 Hz 电源的100%定子接地保护的最大的优点是克服了系统50 Hz 电源对测量接地电阻的干扰,从而精确地测出发电机定子接地电阻。具体方案如图2所示。

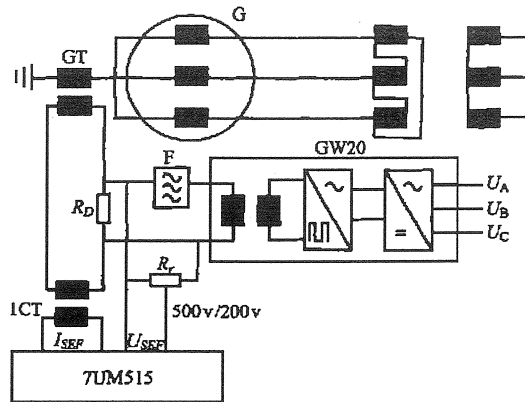


图2 外加20Hz 电源的100%定子接地保护原理图

Fig 2 Principle of stator grounding protection 100% protection with power supply of 20Hz

图中G表示发电机;GT为接地变压器;RD为负载电阻;ICT为电流互感器,其作用是将接地变的电流降低到 π UM 515容许的范围;F为滤波器; R_r 为分压电阻;GW 20为20 Hz 方波发生器; I_{SEF} 表示输入到 π UM 515的20 Hz 电流; U_{SEF} 表示输入到 π UM 515的20 Hz 电压。系统ABC三相二次电压加到GW 20装置上,作为GW 20装置产

生20 Hz 方波,经滤波器F处理后,分别加于负载电阻 R_D 和分压电阻 R_r 。加到 R_D 上的方波电压通过负载电阻与接地变压器相连。加到 R_r 上的方波电压通过分压电阻,降低加于 π UM 515装置上的电压。20 Hz 电流经变流器ICT输入 π UM 515。正常情况下,发电机定子没有发生接地故障,接地变压器跟发电机连接的一侧没有形成20 Hz 方波的电流回路,经接地变耦合而成的阻抗很大。因而20 Hz 的 I_{SEF} 电流很小。由于加入到 π UM 515的 U_{SEF} 为定值, π UM 515测到的定子接地电阻很大,表明发电机没有发生定子接地故障。相反,若系统发生定子接地故障,接地变压器跟发电机接地点之间形成20 Hz 电流回路,经接地变耦合成的阻抗会大大的减小,从而流经 π UM 515的电流 I_{SEF} 会增大,由于 U_{SEF} 不变,测出的接地电阻 R_{SEF} 会显著减小,因而 π UM 515就检测到了发电机定子故障,根据检测到的定子接地电阻 R_E 的大小, R_E 分为2段:一段 $R_E <$ 进行报警,另一段 $R_E \ll$ 跳闸。根据上述,可得出接地电阻表达式为

$$R_{Esec} = 9 \times T_{RICT} \times R_{EPmin} / T_{RETr} / T_{RVd}$$

式中 R_{Esec} 为定子接地电阻, T_{RETr} 为接地变变比; T_{RICT} 为中间电流互感器变比; T_{RVd} 为电压互感器变比; R_{EPmin} 为一次电路定子接地电阻。

实践结果表明,外加20 Hz 电源的方法,既能可靠地检测定子接地故障,又很好地克服了发电机系统电源的影响。

1.3 转子接地保护

转子接地故障用于检测激励回路高、低电阻接地故障。 π UM 515转子接地故障检测同样使用外加交变方波电源的方法来实现。具体方案如图3所示。

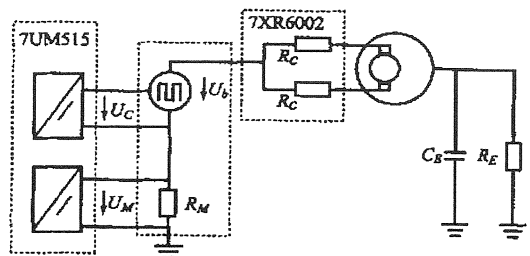


图3 外加交变方波的发电机转子接地保护原理图

Fig 3 Principle of rotor grounding protection for generators with alternate rectangular waveform

图中 U_c 为控制电压,由 π UM 515产生, U_M 为测量电压, U_b 为50 V 方波偏移电压,约2~3次/s,其变化率跟整个回路的电容电阻时间常数有关, R_M 为测量电压 U_M 所用串联电阻, R_C 为耦合电阻, C_E 为转子对地电容, R_E 为接地电阻。正常情况下,转子没有

发生接地故障时,只有接地电容的影响,而方波 U_b 极性的变化,在整个转子接地故障保护回路中产生如图4所示的交变的电容充电电流。为了消除对地电容 C_E 的影响,在计算 U_M 时,都是在 U_M 的稳态下进行的,即 $dU_M/dt=0$ 。从图4可看出,静态的 $U_{M1}=0, U_{M2}=0$, 则 $U_{M1}-U_{M2}=0$, 而接地电阻跟 $U_{M1}-U_{M2}$ 成反比,表明此时转子没有接地。不难发现,该方法很好地消除了电阻测量中励磁电路接地电容的影响。由图4还可看出,当转子发生接地故障时,加在转子上的方波 U_b 产生的 U_M 除了有交变的电容充电电压,还有两个稳态的 U_{M1} 和 U_{M2} 以及 U_i, U_{M1} 为负方波下产生的稳态电压,即 $dU_{M1}/dt=0$ 情况的电压, U_{M2} 为正方波下产生的稳态电压,即 $dU_{M2}/dt=0$ 情况的电压,而 U_i 为直流干扰电压,计算接地电阻的方法为 $1/R_{re} \propto (U_{M2}-U_{M1})$, 根据此式,可以发现, $U_{M2}-U_{M1}$ 消除了直流干扰电压的影响。 R_{re} 也分为两段, $R_{re} <$ 用于报警, $R_{re} \ll$ 用于跳闸。

本转子接地保护,既能很好地消除转子对地电容的影响,又能消除直流干扰电压的影响,能准确的对转子接地故障进行检测。

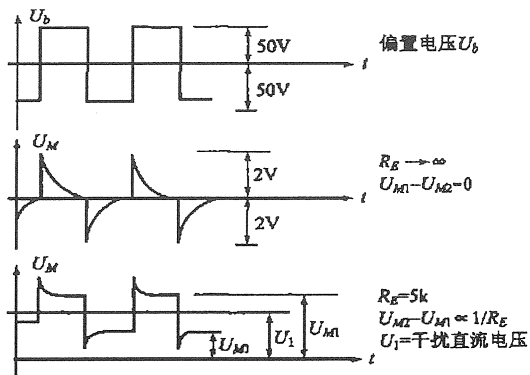


图4 U_b 方波下产生的 U_M 波形
Fig 4 U_M waveform produced by U_b rectangular waveform.

1.4 失磁保护

西门子 π 失磁保护,有两种不同原理的方案,一种是根据转子和定子的动态和静态稳定特性曲线,由发电机机端正序电流和正序电压计算发电机机端的正序导纳图。这里的导纳图与发电机转子定子动稳定和静稳定图类似。

如图5所示,曲线 $K1$ 和 $K2$ 组成第一区,当超过第一区时,发出报警信号。曲线 $K3$ 为第二区,当超过第二区时,为严重失磁,这时发电机应跳闸。根据发电机功率特性,可看出曲线 $K1, K2$ 为静稳区边界曲线,而曲线 $K3$ 为动稳区边界曲线,曲线整定时 λ

及 α 可以根据发电机组的动态稳定和静态稳定曲线给定。由于所有计算是按正序分量计算,因而消除了发电机发生短路故障的影响。

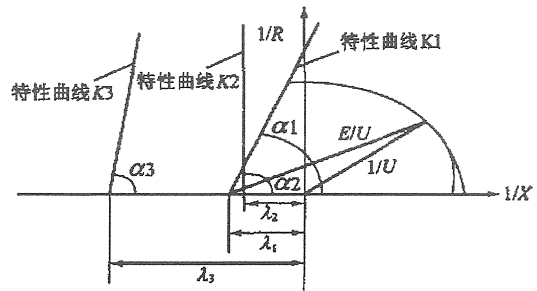


图5 类似于发电机静态稳定,动态稳定的导纳图
Fig 5 Admittance chart similar to static stability and dynamic stability chart of generator

另外一种失磁保护,是通过发电机容性无功功率来确定,由于发电机欠磁或失磁情况下,发电机容性无功会增大,通过容性无功的增大,也可做到失磁的保护。

2 7U 微机发电机-变压器组保护系统应用实例

扬州二电厂大型发变组配置的主保护^[4]分为:发变组大差动保护,发电机纵联差动保护,横差保护,不平衡电流保护;后备保护为:发电机定子一点接地保护,发电机失磁保护,发变组过激磁保护,励磁绕组一点接地保护,阻抗保护,失步保护,过压、欠压保护,逆功率保护,过、欠频率保护,零序电流保护,以及变压器非电量保护等。

采用 π 发变组保护系统,只需3台 π T51,1台 π M511,1台 π M515,1台 π M516。其中3台 π T51 分别作为发变组大差动保护,发电机纵差保护和发电机裂相横差保护;1台 π M511 用作不平衡电流保护,失磁保护,过压、欠压保护,逆功率保护,过欠频率保护,零序电流保护;1台 π M515 用作发变组过激磁保护,定子一点接地保护,励磁绕组一点接地保护;1台 π M516 用作阻抗保护,失步保护。对于非电量保护,可将非电量信号作为开关量输入至 π 保护装置里,从而实现非电量保护功能。

3 结束语

本文介绍西门子 π 保护装置的原理和特点。扬州二电厂的运行经验表明, π 保护装置的动作是可靠的。此种保护装置的设计思想可供国内有关厂商借鉴。

(下转第51页 continued on page 51)



两部制电价存在问题的焦点是用户的负荷率问题,为不损害供电部门的利益,平衡用户合理负担,鼓励用户采用经济运行方式,建议两部制电价可按下述方法进行调整。

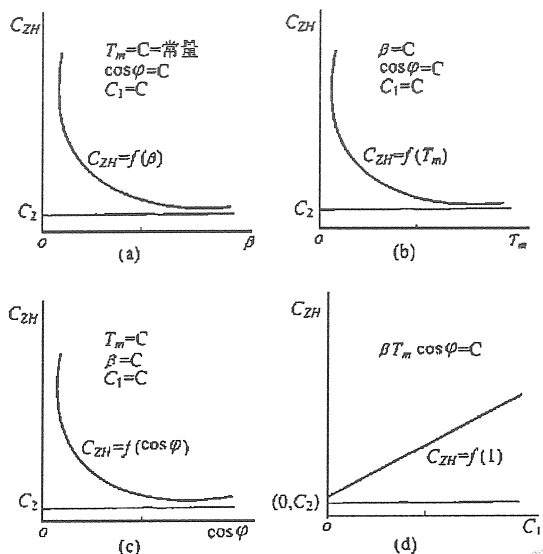


图1 影响综合电价的几个主要因素的特性曲线

Fig 1 The curves of influences function for the composite electrovalency

1) 严格控制用户的负荷率,杜绝配电变压器满载运行,或者“大马拉小车”方式运行,力争在最佳负荷率状态下运行。并以最佳负荷状态为准来收取用户的基本电费和电度电费。

2) 当负荷率偏离最佳负荷率时应进行电费调整。设 C_{1j}, S_{Tj}, W_j 为经济负载系数情况下的基本电价、变压器容量和耗电量, C_{1i}, S_{Ti}, W_i 为非经济负载系数情况下的基本电价、变压器容量和耗电量;根据合理负担电费的原则,两种情况下所交电费应该相等,即 $C_{1j} S_{Tj} + C_2 W_j = C_{1i} S_{Ti} + C_2 W_i$ 在非经济区的基本电价为

$$C_{1i} = \frac{C_{1j} S_{Tj} + C_2 (W_j - W_i)}{S_{Ti}} \quad (8)$$

也就是说将电度电价视为固定值,而将基本电价变为浮动值。

3) 关于报装贴费 T_j 的收取

目前10 kV 供电用户的报装贴费 T_j 的收取标准为450元/kVA,对此,做为标准,可对于在经济负荷状态下运行的变压器才采用这种收费办法,否则应收取附加费 ΔT_i ,即

$$T_i = T_j + \Delta T_i$$

因 $T_j S_j = T_j S_i + \Delta T_i S_i$,

故有 $\Delta T_i = T_j (S_j - S_i) / S_i$

4 结束语

节电就是在用电过程中,通过技术、装备及管理三方面措施提高电能转换率。目前,随着智能化系统控制工程技术的发展,加强负荷需求侧管理和提高整个电网的电能转换率以及全社会的经济和环境效益,来适应市场经济的发展规律,改革与调整现行电价政策与管理计费模式,研讨、开发符合新时期电网管理发展要求的智能化电力负荷管理装置应已成为现实的必然需要。

参考文献:

[1] 高松 实用用电技术[M] 北京:中国水利水电出版社,1996,1
 [2] 万善良 我国城市电网现状及发展要求[J] 电世界,1999,(10).
 [3] 张智光 电力负荷需求侧管理与现行电价政策改革[J] 深圳能源,2000,(6).

收稿日期:2000-06-05; 改回日期:2000-12-10.

作者简介:

张智光(1962-),男,学士,从事城网工程的建设监理与工程技术经济审批工作。

(编辑 杨天和)

(上接第43页 continued from page 43)

参考文献:

[1] SIPROTEC 7UT51 Numerical Differential Protection Relay[Z]
 [2] SIPROTEC 7UM 511 Numerical Generator Protection Relay [Z]
 [3] SIPROTEC 7UM 515 Numerical Generator Protection Relay [Z]
 [4] 王维俭,电气主设备继电保护原理及应用[M] 北京:中国电力出版社,1998

出版社,1998

收稿日期:2001-03-13.

作者简介:

丁网林,男,工程师,硕士,主要从事变电站综合自动化和微机保护的研究开发和应用;

骆健,女,硕士研究生,研究方向为电力系统微机保护及故障信息的采集与分析。

(编辑 杨天和)

