



(21) 申请号 201520367735. 8

(22) 申请日 2015. 06. 01

(73) 专利权人 山东辰祥电气设备有限公司

地址 255000 山东省淄博市张店区科技工业园荣丰西路

(72) 发明人 曹文琦

(51) Int. Cl.

G01R 19/00(2006. 01)

G01R 15/18(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

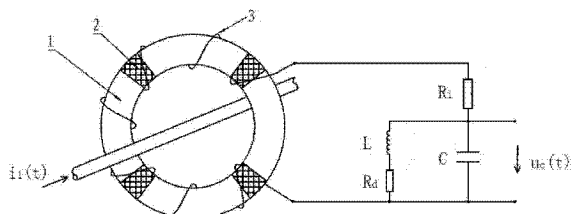
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 实用新型名称

半磁芯电流传感器

(57) 摘要

本实用新型属于高压电器领域,具体涉及一种应用于电子式电流互感器的半磁芯电流传感器,其特征在于包括环形半磁芯骨架、铜线圈、积分电阻、积分电容器、泄放电阻和泄放电感,磁性骨架段与非磁性骨架段交替相连紧固成环形半磁芯骨架,环形半磁芯骨架上绕有铜线圈,积分电阻与积分电容器串联成积分支路,铜线圈的两端接积分支路两端,泄放电阻与泄放电感串联成泄放支路,泄放支路的两端接积分电容器两端,积分电容器上的电压为输出信号。本实用新型没有铁芯线圈电流互感器的剩磁问题、没有磁饱和问题;与空芯线圈积分方案相比,尺寸减小、节省铜、提高感应电势以提高小电流测量能力,同时基本没有输出拖尾问题。



1. 一种半磁芯电流传感器,其特征在于包括环形半磁芯骨架、铜线圈、积分电阻、积分电容器、泄放电阻和泄放电感,磁性骨架段与非磁性骨架段交替相连紧固成环形半磁芯骨架,环形半磁芯骨架上绕有铜线圈,积分电阻与积分电容器串联成积分支路,铜线圈的两端接积分支路两端,泄放电阻与泄放电感串联成泄放支路,泄放支路的两端接积分电容器两端,积分电容器上的电压为输出信号。

2. 根据权利要求 1 所述的半磁芯电流传感器,其特征在于环形半磁芯骨架的非磁率为 1%至 70%。

3. 如权利要求 1 所述的半磁芯电流传感器,其特征在于泄放电阻的阻值不大于积分电容器通过泄放支路放电的临界电阻值。

4. 如权利要求 1 所述的半磁芯电流传感器,其特征在于积分电阻值大于泄放支路阻抗值的 10 倍,泄放支路阻抗值大于积分电容器容抗值的 10 倍。

5. 如权利要求 1 所述的半磁芯电流传感器,其特征在于泄放电感为非线性磁芯电感。

半磁芯电流传感器

技术领域

[0001] 本实用新型属于高压电器领域,具体涉及一种应用于电子式电流互感器的半磁芯电流传感器。

背景技术

[0002] 随着电子技术的进步,近年来电子式电流互感器发展迅速。电子式电流互感器需要一次电流传感器,比如空心线圈、铁芯线圈、霍尔效应元件和 / 或光学装置。

[0003] 国家推荐标准 GB/T 20840.8-2007《互感器第 8 部分:电子式电流互感器》的附录 D 公开了一次电流传感器的两个方案,一个是铁芯线圈式低功率电流互感器(LPCT)方案,另一个是空心线圈(罗哥夫斯基线圈)方案。

[0004] 铁芯线圈式低功率电流互感器(LPCT)方案是传统电磁感应原理电流互感器的一种演进,就是在电磁原理电流互感器(CT)的二次输出端接一个采样电阻,采样电阻上的电压与一次电流成正比,即为输出信号。原来的 CT 要带相当大的负荷,一方面是老式继电器动作需要一定功率来驱动,另外主要是二次电缆很长(从几十米到上千米),因此高压 CT 负荷动辄几十伏安,甚至上百伏安。在电子互感器中,采样部分直接移到 CT 的二次线圈附近,二次电缆变得很短(几米甚至一米之内),因此可以大幅度降低二次负荷;同时,由于 CT 的输出电流直接供给采样电阻,是设备内部的信号,不必按照原来 5A 或 1A 的标准值来设计,可以设计成毫安级别,这样就更可以大幅度降低 CT 二次负荷。这样演化后的 LPCT 与传统 CT 的最大区别是线圈输出功率由几十瓦(甚至上百瓦)降到毫瓦量级,因此在相同的铁芯截面积情况下,LPCT 电子式电流互感器的测量范围比传统 CT 有明显提升。LPCT 方案采用铁芯 CT 做传感器,因此准确度高,受温度等环境因素影响小,现在的电子式电流互感器常采用 LPCT 方案制作测量用电流互感器。

[0005] 空芯线圈方案是利用罗哥夫斯基线圈原理制作一次电流传感器。所谓罗氏线圈原理就是空心线圈的电压输出与一次电流的导数成正比,因此把空心线圈的输出电压积分后就可以得到与一次电流成正比的信号。由于空心线圈没有磁饱和问题,也没有剩磁问题,动态范围广,因此现在的电子式电流互感器常采用空心线圈方案制作保护用电流互感器。

[0006] 可以看出,铁芯线圈 LPCT 方案与空心线圈积分方案是完全不同的两个方案。LPCT 方案采用变压器原理,由变压器的“T”形等值电路可以知道,一次电流(折合后的值)几乎全部流入二次回路,一次电流和二次电流的差值就是励磁电流,也就是 LPCT 的误差电流。由于铁芯的存在,励磁电流所占比例很小,即 LPCT 误差很小,并且二次电流越接近一次电流,误差越小。空心线圈积分方案则不同,空心线圈的输出是电压,即感应电势减去内阻压降,所以二次回路的电流越小,即与一次电流(折合后)的差值越大,误差越小。也可以从另一个角度理解:一次电流几乎全部用于空心线圈的励磁,使空心线圈两端产生足够高的感应电势,这个感应电势带动后续的积分支路,以得到与一次电流成正比(而不是与一次电流导数成正比)的输出电压,积分支路的阻抗越大电流越小,则空芯线圈里的内阻压降越小,最后得到的信号误差越小。鉴于这个原因,国家推荐标准 GB/T 20840.8-2007 中指出,

空心线圈积分方案中的积分部分一般不在线圈本体进行,而是后移到继电器部分。而在现实中,通常是在 A/D 转换以后进行数字积分,这样有利于降低空芯线圈的负载电流,从而降低空芯线圈内阻压降,最终减小测量误差。

[0007] 上述两个技术方案中,LPCT 方案更适宜制作测量用电子式电流互感器,空心线圈积分方案更适宜制作保护用电子式电流互感器,也有用 LPCT 方案制作保护用电子式电流互感器的公开资料。上述两个方案都是可行的,当前也都有广泛应用。

[0008] 但是,上述技术方案中也存在明显的不足,主要是:

[0009] 1、LPCT 方案用于保护互感器时,仍存在剩磁、饱和问题,虽然比传统互感器好了很多,但对于全偏移短路电流来说,在 C-0-C-0 循环重合闸时还是容易饱和,引起电流测量误差,造成继电保护装置误动作。

[0010] 2、设计实践表明,即使将铁芯线圈加开气隙,LPCT 方案也很难满足互相矛盾的两方面要求:气隙太小(小于 0.3%),饱和问题无法彻底解决;气隙太大(大于 1%),励磁电流太大,误差超标。

[0011] 3、空心线圈方案对于大电流测量有优势,比如几十千安的短路电流;但是对于额定电流以下小电流测量准确度很低,原因在于空芯线圈的电感值较小,感应电势低。要增加电感值就要增加铜线圈的匝数或者骨架的截面积,一方面增加成本,另一方面也大大增加设备体积,丧失了电子式互感器的一个主要优势。

[0012] 4、空心线圈方案的一个很大缺点是积分环节造成的信号拖尾,即被测电流断开(为零)之后,互感器的输出电压不能及时归零,无论硬件积分还是数字积分,信号拖尾问题目前均未解决。严重的信号拖尾可能造成继电保护装置计算错误,引起误动作。

实用新型内容

[0013] 本实用新型的目的是要克服现有技术的不足,实用新型一种半磁芯电流传感器,其用于电子式电流互感器的一次电流传感和/或转换,没有铁芯线圈电流互感器的剩磁问题、没有磁饱和问题;与空芯线圈积分方案相比,尺寸减小、节省铜、提高感应电势以提高小电流测量能力,同时基本没有输出拖尾问题。

[0014] 本实用新型是通过如下技术方案来实现的:

[0015] 即一种半磁芯电流传感器,其特征在于包括环形半磁芯骨架、铜线圈、积分电阻、积分电容器、泄放电阻和泄放电感,磁性骨架段与非磁性骨架段交替相连紧固成环形半磁芯骨架,环形半磁芯骨架上绕有铜线圈,积分电阻与积分电容器串联成积分支路,铜线圈的两端接积分支路两端,泄放电阻与泄放电感串联成泄放支路,泄放支路的两端接积分电容器两端,积分电容器上的电压为输出信号。

[0016] 作为本实用新型的一个优选方案:环形半磁芯骨架的非磁率为 1%至 70%。

[0017] 作为本实用新型的一个优选方案:泄放电阻的阻值不大于积分电容器通过泄放支路放电的临界电阻值。

[0018] 作为本实用新型的一个优选方案:积分电阻值大于泄放支路阻抗值的 10 倍,泄放支路阻抗值大于积分电容器容抗值的 10 倍。

[0019] 作为本实用新型的一个优选方案:泄放电感为非线性磁芯电感。

[0020] 本实用新型首先将磁性材料的高相对磁导率和非磁性材料的不饱和特性结合起

来,制造一个等值相对磁导率 μ_p 较高、又不易磁饱和的环形骨架,本实用新型称之为半磁芯环形骨架。本说明书中,把半磁芯环形骨架中非磁性材料占整个环形骨架周长的比例称为半磁芯骨架的非磁率。与传统 CT 的有气隙环形铁芯中气隙仅占 0.1% 左右比例不同,本实用新型的半磁芯骨架的非磁率要高很多,为 1% 至 70%。带气隙铁芯 CT 中,铁芯气隙如果过大,测量误差很难满足标准要求;与之相反,本实用新型中半磁芯骨架的非磁率如果过小,测量误差反而容易超标,这是由于本实用新型的技术方案与铁芯线圈式互感器方案的原理不同造成的。铁芯线圈互感器方案的原理是:采样电阻上的电压与一次电流成正比;本实用新型的原理是:积分电容器上的电压与一次电流成正比。

[0021] 制作好半磁芯环形骨架以后,在其上缠绕铜线圈,铜线圈的两端接积分电阻与积分电容器,积分电阻与积分电容器串联成积分支路,积分电容器上的电压为输出信号。为了解决拖尾问题,在积分电容器两端接泄放支路,泄放支路由泄放电阻与泄放电感串联而成。

[0022] 本实用新型与现有的技术方案相比具有以下优点:

[0023] 1、半磁芯环形骨架的剩磁系数小于 1%,工程实际中可认为基本无剩磁;

[0024] 2、与现有铁芯线圈式电流互感器相同尺寸情况下,可保证 250kA 全偏移暂态短路电流 C-0-C-0 循环中半磁芯骨架不饱和,这个范围涵盖了目前电力系统全部可能的短路电流;

[0025] 3、半磁芯骨架的非磁性材料不影响测量误差;

[0026] 4、比同样尺寸、同样匝数的空芯线圈的输出电压提高数倍至数十倍;

[0027] 5、比同样输出电压、同样体积的空芯线圈节省铜材(是空芯线圈用铜量的几分之一甚至几十分之一);

[0028] 6、比同样输出电压、同样匝数的空芯线圈减小尺寸,从而减小互感器整体尺寸,降低制造成本。

附图说明

[0029] 图 1 为半磁芯电流传感器示意图;

[0030] 图 2 为有无泄放支路的输出电压对比。

[0031] 如图中所示:1—磁性骨架,2—非磁性骨架,3—铜线圈, R_i —积分电阻,C—积分电容器, R_d —泄放电阻,L—泄放电感。

具体实施方式

[0032] 如图 1 所示:磁性骨架段 1 与非磁性骨架段 2 交替相连紧固成环形半磁芯骨架,环形半磁芯骨架上绕有铜线圈 3,积分电阻 R_i 与积分电容器 C 串联成积分支路,铜线圈 3 的两端接积分支路两端,泄放电阻 R_d 与泄放电感 L 串联成泄放支路,泄放支路的两端接积分电容器 C 两端,积分电容器 C 上的电压 $u_c(t)$ 为输出信号。载有被测一次电流 $i_1(t)$ 的导体从环形半磁芯骨架中穿过(可以单匝导体,也可以多匝导体)。

[0033] 在环形半磁芯骨架中,各段非磁性骨架 2 的长度之和占环形半磁芯骨架周长的比例(即非磁率)不能太高或太低,应在 1% 至 70% 之间。环形半磁芯骨架的等值相对磁导率 μ_p 大致是这个比例的倒数,可以根据互感器的具体参数要求,在上述范围内调整环形骨架的非磁率。

[0034] 泄放电阻 R_d 的阻值应不大于积分电容器 C 通过泄放支路 R_d - L 放电的临界电阻值：

$$[0035] \quad R_d \leq 2\sqrt{L/C} \quad (1)$$

[0036] 即 R_d - L - C 回路应为临界阻尼或欠阻尼状态。

[0037] 另外,还应当满足：

$$[0038] \quad R_i \gg Z_d \gg (\omega C)^{-1} \quad (2)$$

[0039] 这里“ $\gg$ ”表示至少十倍以上, Z_d 是 R_d 与 ωL 的总阻抗。也就是：积分电阻值 R_i 大于泄放支路阻抗值 Z_d 的 10 倍,泄放支路阻抗值 Z_d 大于积分电容器容抗值 $(\omega C)^{-1}$ 的 10 倍。满足此条件情况下,由于增加泄放支路造成的输出电压 $u_c(t)$ 与被测电流 $i_1(t)$ 的相位差不大,可以在后续电子电路中校正或者在 A/D 转换以后再行调整。 $u_c(t)$ 的幅值与被测电流 $i_1(t)$ 的幅值的比例系数需要用标准电流互感器来标定,因此,由于增加泄放支路造成的输出电压 $u_c(t)$ 的幅值变化可以不必考虑,统一包含在最终标定的比例系数中。

[0040] 根据式 (1) 和式 (2) 选择元件参数,当泄放电感 L 值较大时应采用磁芯电感以减小电感元件的尺寸,并宜采用磁导率较大的非线性磁芯。

[0041] 图 2 是有无泄放支路的输出电压对比。可以看出,合适的泄放电阻 R_d 和泄放电感 L 能够将积分电容器 C 上的残压很快泄放掉,基本解决了拖尾问题。

[0042] 下面结合具体实例进一步说明本实用新型的实施方式。

[0043] 半磁芯环型骨架尺寸 $\Phi 170/\Phi 230-40$ ($\Phi 170$ 为内径, $\Phi 230$ 为外径, 40 为厚度), 磁性骨架部分采用冷轧硅钢片,非磁性骨架部分采用玻璃钢,非磁率 10%;磁性骨架段与非磁性骨架段交替粘接成环形,并用非磁性不锈钢带箍紧扎牢。用 $\Phi 0.55$ 聚酯铜线在半磁芯环形骨架上绕制铜线圈 2500 匝;其余元件参数为: $R_i = 1M\Omega$, $C = 1\mu F$; $R_d = 15k\Omega$, $L = 120H$ 。电感元件的磁芯为硅钢片环形铁芯。额定一次电流 1000A,额定准确等级为 5TPE,额定对称短路电流倍数 $K_{ssc} = 30$,一次回路时间常数 0.1s,工作循环 C(0.11s)—O(0.5s)—C(0.1s)—O,短路初相角为 0 (即:短路电流全偏移);额定输出电压 0.0575V。图 2 是有无泄放支路的输出电压对比, $t = 0.11s$ 时一次电流断开,如果没有泄放支路,输出电压由峰值缓慢衰减,拖尾严重,至预定的 0.5s 后重合闸时 (即图 2 中 0.61s 时刻),积分电容器 C 上残压约 1.9V,将不能正确测量重合闸的暂态短路电流 (将出现截顶失真);本具体实施实例选择的泄放电阻 $R_d = 15k\Omega$,和泄放电感 $L = 120H$ 能够在大约 0.18s 时 (即经过大约 0.07s 后) 将积分电容器上的残压泄放到 1% 以下,基本解决了拖尾问题。到预定的重合闸时刻 (即图 2 中 0.61s 时刻),积分电容器 C 上的电压已经为 0,能够正确测量短路电流。

[0044] 在额定状态下标定幅值,角差若不校正,其值为 $0.18^\circ = 10.8'$,那么稳态短路时输出电压幅值为 $0.0575 \times 30 \times 1.414 = 2.439V$,计算比差为 0,角差为 $10.8'$,复合误差 = 0.314%,符合标准要求。暂态下,计算得输出电压峰值 4.6V,最大峰值瞬时误差为 6.2%,符合标准要求。

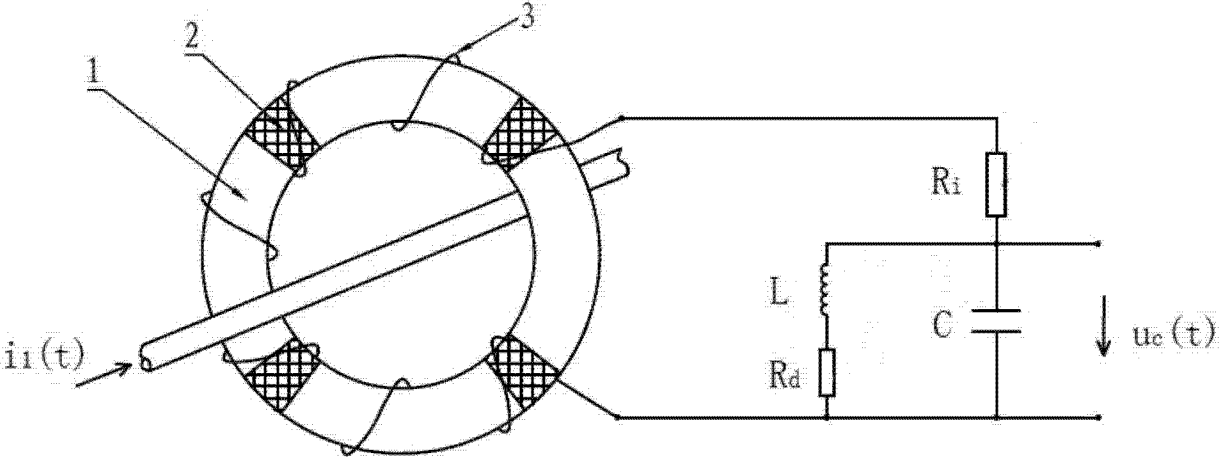


图 1

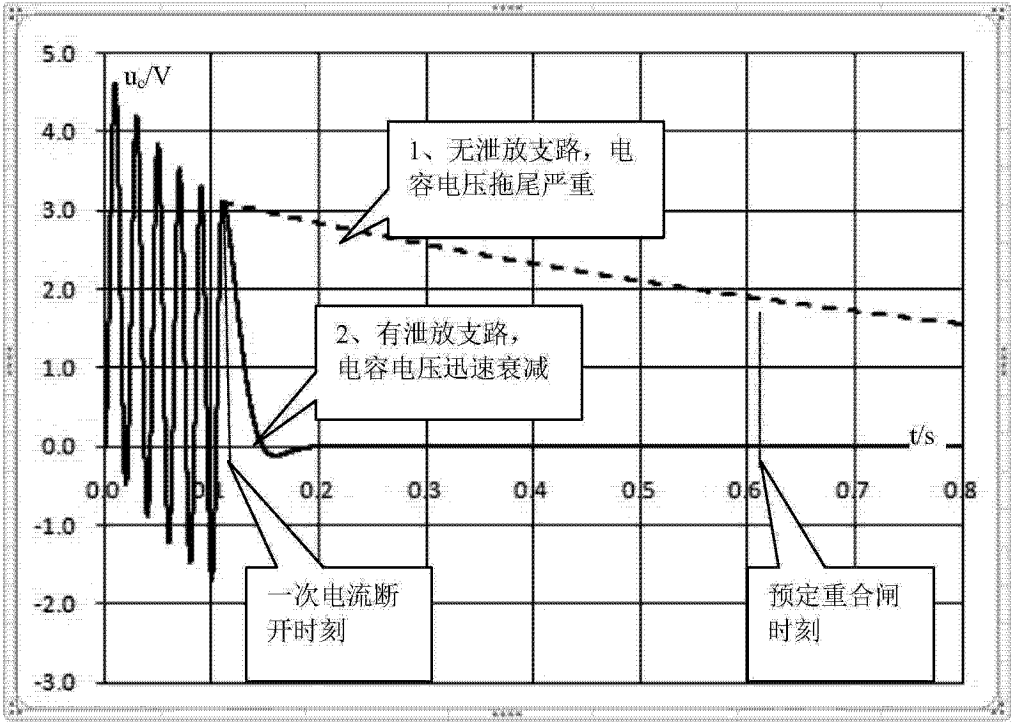


图 2