

电磁式电流互感器保护级的选择与应用

郜小娟 管永秋

(大连北方互感器集团有限公司, 辽宁 大连 116203)

摘要 电流互感器是电力系统一次侧和二次侧的主要连接部分, 随着对电力系统继电保护的超负载和高速动作要求, 电流互感器又成为了继电保护中安全运行的重要元件, 所以应该对保护用电流互感器的性能牢牢掌握, 我们才可以准确选择和判断电流互感器, 对继电保护装置进行精确设置, 确保继电器快速动作, 从而保证电力系统正常运行, 在这里我们介绍了电流互感器的准确级及准确限值系数的选择, 二次输出负荷的计算, 伏安特性的分析, 并通过详细数据来认识保护用电流互感器。

关键词 电流互感器保护级 准确级 二次负荷 准确限值系数 伏安特性

中图分类号: TM4

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)10-0005-03

我国的电力系统中, 发电机、变压器及变电所等大型设备都要用到电流互感器, 其中保护用电流互感器主要在电力系统非正常运行和故障状态下给继电保护装置及类似电器传递信号作用。保护用电流互感器是在众多保护设备中不可缺少的元件之一, 电流互感器的主要作用是给测量仪器、仪表或继电保护、控制装置传递信息, 使测量、保护和控制装置与高电压相隔离, 其中保护用电流互感器对继电保护的准确快速动作最为重要。保护级的计算要精确, 否则可能会造成差动保护误动或者拒动, 都会影响设备安全运行。所以将保护级单独设立为二次绕组, 并对它的原理、特性和功能进行了解, 我们就可以很好地进行选择和应用, 进而更有效的保护电力系统及设备。电流互感器在继电保护中最常用的有微机保护和差动保护, 首先根据设备的各个参数指标来设定要计算的继电保护器的整定电流、最大短路电流饱和倍数, 及二次所承载的负荷和线路损耗来确定电流互感器的保护级的精度和负荷。通过保护级的精度来确定电流互感器的铁芯和误差, 通过拐点电压和伏安特性曲线来分析保护级的保护性能。

1 保护级的选择

对于保护用电流互感器准确级是以该准确级在额定准确限值一次电流下的最大允许复合误差的百分数来标称, 以“P”或“PR”表示保护级。一般保护级复合误差有5P或10P。它是由一次电流为稳态对称电流时的复合误差或励磁特性拐点来确定的^[1]。在这里5P和10P一般情况下可以通用, 但是发电机和变压器主回路及220kV以上电压线路应用复合误差较小的5P。准确限值系数度有10、15、20、25、30等, 额定输出标准值为2.5VA, 5VA, 10VA, 15VA, 20VA, 25VA, 30VA, 40VA, 50VA等。例准确级5P15指互感器复合误差为5%, 准确限值系数为15。

2 保护级的误差

保护用电流互感器的误差只需测量额定电流下的电流误差和相位差满足GB20840.2-2013, 保护用的误差可按

100%点的伏安特性来确定, 详见表1。

对互感器生产厂家来说, 保护用误差测试都是按额定一次电流这一点来测量的, 只需要通过调试好的试验设备来完成, 无需重复计算。

3 准确限值系数计算及伏安特性曲线特性

额定准确限值一次电流是指电流互感器出厂时所标明的能保证复合误差不超过该准确级允许的最大电流, 也就是二次绕组的励磁安匝与一次安匝的百分数不超过限值。保护用电流互感器的额定准确限值一次电流下的磁通密度, 通常是电流误差和相位差的相量和。计算出电流误差 $\varepsilon_{in}(\%) = \frac{(IN)_0}{(IN)_1} \sin(\alpha + \theta) \times 100$; 相位差 $\delta_i(\circ) = \frac{45E_2}{N_{2n}A_c} \cos(\alpha + \theta) \times 3440$ 。

在额定准确限值一次电流下复合误差应小于10%。准确限值系数 = $\frac{\text{额定准确限值一次电流}}{In}$ 。

下图1为伏安特性的曲线图, 从图中可以分析出电流互感器保护级的饱和程度, 间接看出保护级的复合误差。

如下图1可见保护级选择0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05五个点来电流所测得的电压值画出的曲线来分析饱和点的情况, 此图中拐点在0.036左右, 未达到饱和, 所以选用的5P20能达到20VA时可以长期运行。

4 电流互感器二次负载的计算

电流互感器的保护级用性能的基本要求, 就是在规定使用条件下的误差应在规定范围内。由于电力系统中会出现短路故障, 这样会使电流互感器励磁增加铁心饱和, 保护用互感器在过饱和状态下, 保证电流保护继电器可正常工作, 还要防止互感器二次电流不会引起误动作, 还要保证在特定故障点进电流互感器通过故障电流时, 误差不超过规定值^[2]。初选铁心截面积可以根据准确级和准确限值系数, 保护级铁心只能选择饱和磁密较高的冷轧硅钢板材料。为保证在额定准确限值一次电流下的复合误差不超过规定的限值, 忽略其它影响保护铁心的磁密可按在额定

表1 保护用电流互感器的误差限值(摘自GB20840.2-2013)

准确级	额定一次电流下的电流误差	额定一次电流下的相位差		在额定准确限值一次电流下的复合误差
		± (')	± card	
5P	1	60	1.8	5
10P	3	-----	-----	10

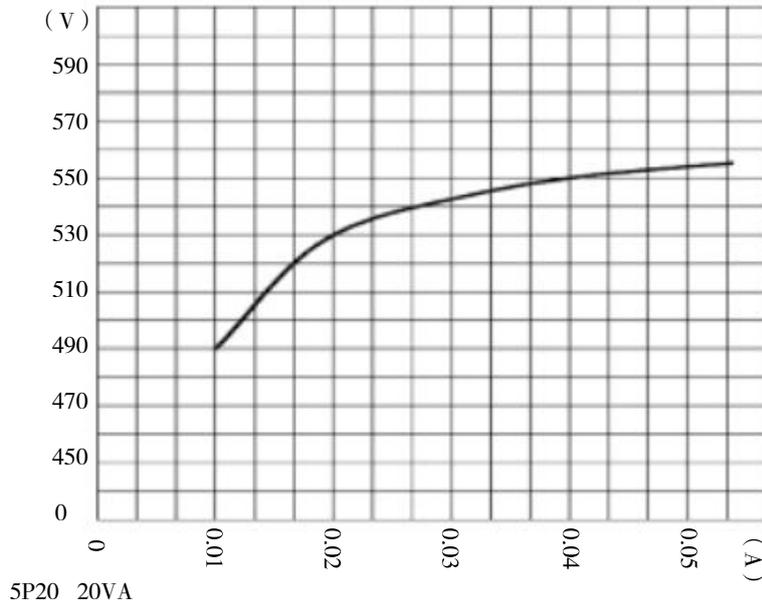


图1

准确限值一次电流下不高于1.6T。初步计算额定电流和额定二次负荷时的磁密的公式为： $B_n=1.6/K_{AlF}$ ，T， K_{AlF} -----额定准确限值系数。

计算误差先计算二次绕组 r_2 和二次绕组漏电抗 X_2 ，然后得出额定二次负荷 Z_{2n} 。

额定二次负荷的有功分量和无功分量分别为： $R_{2n}=0.8Z_{2n}$ ； $X_{2n}=0.6Z_{2n}$ 。

二次回路总阻抗： $Z_{2e} = \sqrt{(r_2 + R_{2n})^2 + (X_2 + X_{2n})^2}$ 。

计算与二次电流相对应的二次绕组感应电势 $E_2=I_2Z_2$ ，

由此可得出铁心磁通密度 B ， $B = \frac{45E_2}{N_{2n}A_C}$ ，T；

N_{2n} ----- 二次绕组额定匝数；

A_C ----- 铁心有效截面积， cm^2 ；

再根据铁心材料磁化曲线查出铁心损耗角。

1. 电流互感器的负荷通常由两部分组成：一部分是所连接的测量仪表或保护装置；另一部分是连接导线的接触电阻。计算电流互感器负荷时应注意在不同接线方式和故障形态下的阻抗换算系数。

保护用电流互感器二次输出负载为： $Z_b = \sum K_n Z_r + K_{lc} R_1 + R_c$ 。

Z_r ----- 继电器电流线圈电阻， Ω 对于数字保护可忽略电抗，仅计及电阻 R_r 。

R_1 ----- 连接导线电阻 Ω 。

R_c ----- 接触电阻， Ω 一般为0.05~0.1 Ω 。

K_{rc} ----- 继电器阻抗换算系数。

K_{lc} ----- 连接导线阻抗换算系数。

电流互感器的二次负荷定值 (S_{bn}) 可根据实际负荷需要选用2.5、5、7.5、10、15、20、30VA。在某些特殊情况，也可选用更大的额定值。

2. 保证在稳态对称短路电流下的误差。应根据实际情况选择准确限值系数 K_{alf} ，暂态系数度 $K_s=K_{alf}/K$ 。稳态性能计算二次负荷一般应大于实际二次负荷，二次负荷包括二次连接导线、接地电阻和保护装置，但是经常有 K_{alf} 不够但二次输出容量有裕度的情况。计算要精确，可以按二次极限电势或实际准确限值系数曲线来验证： $E_{sl}=K_{alf}I_{sn}(R_{ct}+R_{bn})$ ：

K_{alf} ----- 准确限值系数；

I_{sn} ----- 额定二次电流；

R_{ct} ----- 电流互感器二次绕组电阻；

R_{bn} ----- 电流互感器额定负荷。

一般在互感器制作时要按低漏磁特性，二次绕组的电阻值选取时大500m Ω ，计算连接导线的负荷时，一般情况下可忽略导线电感，而仅计及其电阻 R_2 。

$$R_2 = \rho \frac{L}{S}, \Omega$$

L—电缆长度，m；

S—导线截面， mm^2 。电流回路采用2.5 mm^2 及以上截面积的铜导线；

ρ —铜导线电阻系数，如变压器套管型电流互感器，取75 $^{\circ}C$ 时的值， $\rho=0.02135(\Omega \cdot mm^2)/m$ 。

(下转第47页)

3.4 不断推进我国城市绿色经济及产业优化升级

为了促进碳中和理念全面落实,城市必须做好绿色经济模式建设工作,将绿色经济模式与传统经济发展模式相结合,将绿色经济理念贯穿于城市经济发展始终和全部过程,以绿色理念为指导开展经济检核工作,其中的主要工作为对传统产业结构的升级和优化,将城市中产生的二氧化碳进行全面控制,以新型产业模式带动绿色经济体系建设。为了实现产业低碳化转型升级,必须以传统优势产业转型升级为主导,同时培养新兴战略性新兴产业,在存量中升级高碳排放行业,在增量中促进低碳排放行业发展,所以必须明确城市产业升级的主要方向和重点内容。首先,政府及相关部门需要准确理解碳中和的基本概念,并准确掌握国家对工业碳排放的要求,为产业转型升级指明前进方向,在大方向上保证转型不会出现偏差,从而制定科学的低碳化产业结构升级方案。其次,需要优先促进传统产业大比例重要位置,是城市发展建设必不可少的产业类型,且综合占比较大,所以必须优先对传统高碳排放产业类型进行升级和优化,使其排放总量降低。最后,需要大力发展新兴低碳排放产业,例如食品、装备制造等产业,为低碳排放产业给予相应的优惠政策,提高其发展活力,培育新的经济增长点,使其能够逐步成为城市的主要产业类型,从

而能够优化城市产业结构。

4 结语

综上所述,本文全面阐述了碳中和理念的基本内涵,并对当前部分城市在治理与发展工作中所面临的困境进行分析,最后以面临困境为切入点,提出多项有效的城市治理和可持续发展策略,希望能够对我国城市建设与发展起到一定的借鉴和帮助作用,不断提高城市生态环境质量,帮助我国城市逐渐建设成为具有绿色行、节能性的现代化都市。

参考文献:

- [1] 常志平.“碳中和”视角下的城市治理与可持续发展[J].新金融,2021(06):60-63.
- [2] 王颖.城市治理视角下社会组织可持续发展研究[J].城市发展研究,2019,26(05):81-85.
- [3] 林红兵.碳中和目标下的城市治理蓝图[N].中国建设报,2021-04-01(07).
- [4] 范锐平.推动产业生态化生态产业化 加快建设可持续发展的碳中和“先锋城市”[J].先锋,2021(05):14-19.
- [5] 田中.加强智慧城市建设提升城市治理能力的路径探索[J].中华建设,2021(09):44-45.

(上接第6页)

3. 二次输出有功功率以阻抗值表示 Z_2

$$Z_2 = R_2 X_{I_n}^2$$

R_2 ----- 二次电阻;

I_n ----- 额定二次电流, A;

Z_2 ----- 二次输出, VA。

以上电流互感器应用在各电厂和变电所运行保护当中,为了避免互感器饱和,在选择容量时要尽量降低保护用电流互感器所接的二次负荷,来减小二次感应电动势。例如某变电站开关柜继电保护为远程集中控制,电流互感器初步选择 10P20,电缆长 100m,导电为 4mm²,需要二次负荷约 12VA 左右,初步选择 15VA。保护和自动装置电流回路功耗应根据实际应用情况确定,其功耗与装置实现原理和构成元件有关,且差别很大,选择最终负荷应考虑以上损耗^[3]。

5 保护用电流互感器应用

变压器差动保护对变压器主保护起着重要作用,在选择电流互感器时应注意其参数及性能,保护级一般用 10P10 或 10P15,二次负荷选用 10VA 或 15VA 即可,也会保证继电器的速断性。如有特殊情况,一般为远程保护或是后备保护,它的线路较长,所接负荷和损耗也较大,要根据实际情况选择。

差动保护的要求,在参数选择上保护级应该在 10P15,二次负荷应在 15VA 以上保证差动足够负载,减少铁芯饱和程度。更重要的是进出线电流互感器伏安特性一致,负荷

阻抗相同,剩磁相同,减少继电器误动或者拒动。

对于近程,远程,后备保护分别给不同继电器装置提供信号,近程有速断保护和 II 段保护,一般用保护用负荷来决定。因为近程保护距离较近,一般在本柜或上屋等安装,这样保护的倍数无需太高,二次输出的负荷无需太大。所以在电流互感器参数也不需太大,这样既降低了成本,也缩小了占用的空间。

6 结语

综上所述对保护用电流互感器的特性分析可以看出在电力系统中如何正确的选择保护电流互感器,要保证在其准确度满足国标的技术参数下,互感器二次负荷标称值选择要适当,负荷偏大只会造成设备体积和增加,导致材料浪费、造价高;负荷偏低会导致互感器铁芯饱和,会影响设备正常运行,甚至损坏。所以选择保护电流互感器要从各个角度分析才能满足它的电气性能和机械性能。

参考文献:

- [1] 肖耀荣,高祖绵,朱英浩.互感器原理与设计基础[M].辽宁:辽宁科学技术出版社,2003.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会.互感器(GB20840-2014)[M].北京:中国标准出版社,2004.
- [3] 袁季修,盛和乐,吴聚业.保护用电流互感器应用指南[M].北京:中国电力出版社,2004.