

# 智能切换宽负载电能计量装置研制及应用

郭飞<sup>1</sup>, 郭灵丰<sup>2</sup>

(1. 内蒙古工业大学, 内蒙古 呼和浩特 010051;

2. 包头市达茂供电分公司, 内蒙古 包头 014500)

**摘要** 在实际电能计量中, 用电负载往往变化极大, 此时负载电流变化相应也极大, 而用于计量电能的电流互感器当负载变化大时, 误差也会比较大, 就造成了计量失准。因此计量系统常选用多变比电流互感器, 负载电流不同切换不同的变比进行电能计量, 这样就会降低计量误差。智能切换宽负载电能计量装置根据负载电流的变化实时自动切换多变比电流互感器的变比, 并自动调整计量倍率, 提高了电能计量的精度, 并得到了成功的应用。

**关键词** 电能计量; 宽负载; 电流互感器; 智能切换

中图分类号: TM933

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)02-0031-03

随着电网技术的不断发展, 对电能计量的准确性的要求也不断提高, 为适应用户负载功率变化剧烈的情况, 供电系统计量用电流互感器新增加了 0.5S 和 0.2S 两个准确级。0.5S 和 0.2S 级电流互感器虽然加宽了电能计量的宽度, 提高了计量精度, 但是当负载电流超出电流互感器额定一次电流百分之二十以上时, 电流互感器的测量误差就可能超标, 甚至造成电流互感器铁心饱和, 测量误差严重超标, 电能计量严重失准, 造成大量电能计量损失。当负载电流低于电流互感器额定一次电流百分之二十时, 电流互感器的误差为负值, 随着电流变小误差变大, 造成的电能计量损失相对也越大。对于负载变动较大的冶炼、电解、轧钢和机械加工等用电企业, 丢失的电量最多<sup>[1]</sup>。

智能电网技术的不断发展, 要求电能计量装置不断向自动化、信息化和互动化发展。不管是传统的单变比电流互感器, 还是多变比电流互感器, 都存在着一定的局限性, 单变比电流互感器因变比单一, 计量范围有限, 无法准确计量用电负荷变化速度快、变化范围大的用户的用电量, 经常出现当负载过低或过高时电能计量不准确的现象, 造成计量的电能比实际使用的电能要小很多; 多变比电流互感器在切换不同变比时, 不但需要停电, 还需要进行重新接线等一系列的人工操作, 不但操作不方便, 更会因停电造成经济损失。因此, 智能切换宽负载电能计量装置的研制及应用成为用户的迫切要求<sup>[2]</sup>。

## 1 智能切换宽负载电能计量装置结构组成

智能切换宽负载电能计量装置主要包括电流采样电路、电流互感器变比切换电路、电流识别分析电路

和控制电路等。电流采样电路用于实时采集负载电流, 将采集到的电流信号传输到电流识别分析电路, 由其负载电流进行实时分析判断, 再将分析结果传输到控制电路, 控制电路根据负载电流分析结果判定是否发出变比切换指令, 按照负载电流的变化及时调整电流互感器的变比, 同时将大小变比调整到同一倍率输入到电能表计量, 保证电能计量的准确性和精度<sup>[3]</sup>。智能切换宽负载电能计量装置的结构组成如图 1 所示。智能切换宽负载电能计量装置的电源由电压互感器提供, 电压为 100V 或 220V。智能切换宽负载电能计量装置采用低功耗电子元器件, 整体功耗很低。

## 2 智能切换宽负载电能计量装置工作原理

智能切换宽负载电能计量装置可以实时检测多变比电流互感器的二次输出电流, 并实时将输出电流传输到负载电流识别分析电路, 负载电流分析电路负责对负载电流的大小及变化趋势进行分析判断, 当需要切换变比时, 利用控制电路实现多变比电流互感器的大小变比自动转换。比如: 电流互感器运行在小变比, 并且负载电流增大, 当负载电流超出电流互感器小变比的额定电流时, 智能切换宽负载电能计量装置就会自动将电流互感器切换到大变比上运行。又或者电流互感器在大变比上运行, 当负载电流不断减小, 低于电流互感器大变比的百分之二十额定电流时, 智能切换宽负载电能计量装置就会将自动将电流互感器切换到小变比上运行。电能计量装置在自动切换电流互感器的变比时, 会自动将大小变比统一到同一倍率, 最后将负载电流数据输送给电能表进行计量, 从而保证了电流互感器的计量精度。

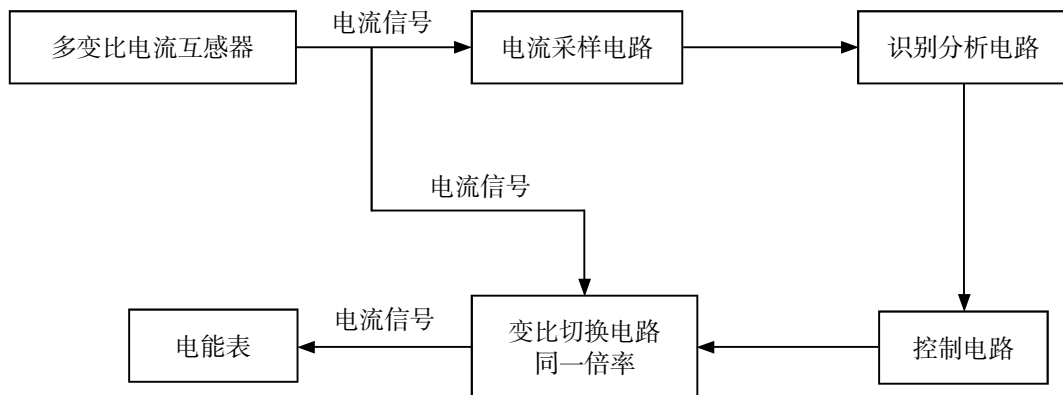


图1 智能切换宽负载电能计量装置结构组成

表1 电流计量误差限值

电流互感器	准确级	额定电流的百分数值下比值差 (%)					额定电流的百分数值下相位差 (')				
		1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
普通型	0.5		1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30		30
普通型	0.2		0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10		10
S系列	0.5S	1.5	0.75	0.5	0.5	0.5	90	45	30	30	30
S系列	0.2S	0.75	0.35	0.2	0.2	0.2	30	15	10	10	10
多变比	0.5S	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	30	30	30	30	30
多变比	0.2S	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	10	10	10	10	10

采用多变比电流互感器比采用单变比电流互感器电能计量的准确精度要高。多变比电流互感器可以有两个变比，也可以有三个及以上的变比，最大变比与最小变比的倍率差一般取2~5倍，根据负载电流的大小不停电实现多变比电流互感器的变比自动切换，并调整到同一倍率下，解决了小负载电流时电能计量失准，丢失电量的问题，同时也解决了大负载电流导致电流互感器铁心饱和造成电能计量失准，丢失电量的问题<sup>[4]</sup>。

智能切换宽负载电能计量装置的主要技术参数如下：

工作电压：AC100V 或 220V。

额定频率：50Hz。

相数：单相或3相。

功率：≤ 3W。

准确度等级：0.1级。

多变比电流互感器变比倍数：2倍、3倍、4倍、5倍。

多变比电流互感器额定二次电流：5A。

多变比电流互感器额定输出容量：5VA 或 10VA。

切换寿命：≥ 10万次。

采用多变比电流互感器的智能切换宽负载电能计量装置比采用普通单变比电流互感器的电能计量装置的负载电流计量误差要小，电流计量误差限值见表1。

智能切换宽负载电能计量装置可以设计成单相电能计量装置，也可以设计成3相电能计量装置，配套的多变比电流互感器变比数量可以是2个、3个或4个。

### 3 智能切换宽负载电能计量装置倍率选择

电能计量装置在选择配套的电流互感器时，应按照电力系统的测量和计量系统的不同要求，选择适用的电流互感器类型和准确级。测量系统一般选用准确级为0.5级的单变比电流互感器，而计量系统一般选用准确级为0.2级的单变比电流互感器，当负载电流变化范围较大时，测量系统应选用准确级为0.5S级的单变比电流互感器，计量系统则应选用准确级为0.2S级的单变比电流互感器。为进一步提高宽负载用户的测量和计量系统的准确性，可选用准确级为0.5S级或0.2S级的多变比电流互感器。

电流互感器的额定一次电流  $I_{pr}$  一般由额定负载电流决定, 当一次负载为额定负载时, 用于电能计量的电流互感器的工作电流应大于其额定电流的三分之二, 而不超过额定电流。以单相负载为例, 其工作电流可按下式计算:

$$I_1 = P_1 / UN \cos \phi$$

式中:

$UN$ ——电流互感器的额定电压 (kV)。

$P_1$ ——电流互感器所接负载的功率 (kVA)。

$\cos \phi$ ——功率因数, 一般取 0.8 或 1。

为保证计量系统的精度, 电流互感器的变比应保证负载额定运行时的电流约为电流互感器额定电流的百分之八十。

在运行中, 智能切换宽负载电能计量装置一般是将电流互感器的小变比统一到大变比进行电能计量。因此多变比电流互感器在选择变比倍率时, 应根据上述要求, 先计算出最大负载电流, 根据最大负载电流确定电流互感器的额定一次电流, 即多变比电流互感器的大变比, 确定好多变比电流互感器的大变比后, 再遵循最大负载电流等于 2 到 5 倍最小负载电流的原则, 计算出最小负载电流, 选取与其最近的标准电流值, 作为多变比电流互感器小变比的额定一次电流值, 同时智能切换宽负载电能计量装置要选择与多变比电流互感器同一倍率。

#### 4 应用中需注意的事项

##### 4.1 使用条件

必须与多变比电流互感器配合使用, 智能切换宽负载电能计量装置必须选用多变比电流互感器以实现智能切换变比。

多变比电流互感器的各变比与最小变比的倍数必须是 2~5 的整数倍关系, 并配备相同倍率的智能切换宽负载电能计量装置。

单相负载选用单相智能切换宽负载电能计量装置, 三相负载选用三相智能切换宽负载电能计量装置。

##### 4.2 接线方式

将电压互感器的二次端子  $u$  和  $n$  接入计量装置中对应的电源接线端子。

单相智能切换宽负载电能计量装置中将电压互感器的二次端子  $a$  和  $n$  接入计量装置中的对应的  $a$  和  $n$  接线端子, 将多变比电流互感器的二次出线端子  $S_1$ 、 $S_2$  和  $S_3$  等接入计量装置中的对应的  $S_1$ 、 $S_2$  和  $S_3$  等接线端子。将  $s_1$  和  $s_2$  端子接入电能表中对应的电流端子。

三相智能切换宽负载电能计量装置中将各电压互

感器的二次端子  $a$ 、 $b$ 、 $c$  和  $n$  接入计量装置中的对应的  $a$ 、 $b$ 、 $c$  和  $n$  接线端子, 将各相多变比电流互感器的二次出线端子  $S_1$ 、 $S_2$  和  $S_3$  等分别接入计量装置中的对应的  $AS_1$ 、 $AS_2$ 、 $AS_3$ 、 $BS_1$ 、 $BS_2$ 、 $BS_3$ 、 $CS_1$ 、 $CS_2$ 、 $CS_3$  等接线端子。将  $as_1$  和  $as_2$  端子接入电能表中 A 相对应的电流端子, 将  $bs_1$  和  $bs_2$  端子接入电能表中 B 相对应的电流端子, 将  $cs_1$  和  $cs_2$  端子接入电能表中 C 相对应的电流端子。

#### 4.3 常见故障

1. 电源电压不正确。应选择正确的电源电压, 否则会导致智能切换宽负载电能计量装置不工作或者烧毁电能计量装置。

2. 电压互感器接线错误。必须严格按照各电压互感器的端子接入电能计量装置对应相中对应的接线端子, 如果接线错误, 会导致电能表计量失准。

3. 多变比电流互感器接线错误。在接一次导线时, 一次导线中电流方向必须严格遵循  $P_1$  端流入  $P_2$  端流出的原则, 否则会导致电能表计量失准。各相多变比电流互感器的二次输出端子必须严格接入对应相中对应的接线端子, 否则也会导致电能表计量失准。

#### 5 结语

智能切换宽负载电能计量装置适用于用电负载变化快、变化大或季节性用电等单位的电能计量。提高了电能计量的精度, 减少了停电时间, 减少了人工操作。智能切换宽负载电能计量装置可以实时检测负载电流的大小, 根据负载电流的大小和变化趋势不停电智能切换多变比电流互感器的变比, 并自动调整计量倍率, 保证了电能计量的精度。采用此装置增加了电能计量的精度和准确性, 保证了电能交易的公平性, 提高了电网的自动化水平。

#### 参考文献:

- [1] 朱玉平. 电能计量装置故障与处理办法探究 [J]. 仪器仪表标准化与计量, 2022(06):46-48.
- [2] 李鹏程, 徐宏伟, 王俊融, 等. 电能计量装置误接线分析方法及数据管理系统设计 [J]. 电力大数据, 2022, 25(04):76-83.
- [3] 刘衡. 电能计量装置中电压比值差与相位差对计量误差的影响分析 [J]. 科学技术创新, 2021(27):189-190.
- [4] 阮志峰. 电能计量装置运行误差分析及状态评价 [J]. 中国新技术新产品, 2020(19):48-49.