

583355

电流互感器

5053
4927



成都科学技术大学图书馆

1981

山西人民出版社

电 流 互 感 器

赵 修 民

山西人民出版社

山西人民出版社出版 (太原并州路七号)

山西省新华书店发行 山西省七二五厂印刷

*

开本, 787×1092 1/32 印张, 3 字数: 60千字

1980年2月第1版: 1980年2月第1次印刷

印数: 1—16,500册

*

书号: 15088·102 定价: 0.23元

编 者 的 话

本书作者赵修民是山西省机械设计研究所工程师。多年来，从事互感器的设计、研究工作，作出了成绩，曾在全国科学大会上受奖。最近他根据全国各地生产的需要写成本书，介绍了有关互感器结构、参数、误差、补偿和试验等技术知识，其中包括他自己提出的圆环磁分路补偿的原理、参数选择和计算公式，这种补偿方法在1968年全国互感器统一设计会议上采用。此外，书中还介绍了目前大量生产和使用的HEB型互感器校验仪的接线和使用方法，是一本具有一定水平的、有实用价值的书。

目 录

电流互感器的用途和基本结构.....	1
电流互感器的误差和计算.....	17
电流互感器误差的补偿.....	45
电流互感器的误差试验.....	76
附 录.....	87

D 3 4 0 (曲线1)和D 3 1 0 (曲线2)冷轧硅钢片
带绕铁心B—H和 Φ —H曲线

电流互感器的用途和基本结构

一、电流互感器的用途

电流互感器是发电厂、变电所等输电、供电系统所不可缺少的电器元件。

电流互感器和变压器很相像，变压器接在线路上，主要用来改变线路的电压，而电流互感器接在线路上，主要用来改变线路的电流，所以电流互感器从前也叫做变流器。后来，一般把直流电变成交流电的仪器设备，叫做变流器，把改变线路上电流大小的电器元件，根据它通过互感的工作原理，叫做电流互感器。

线路上为什么需要变电流呢？这是因为根据发电和用电的不同情况，线路上的电流大小不一，而且相差悬殊，有的只有几安，有的却大至几万安。要直接测量这些大大小小的电流，就需要根据线路电流的大小，制作相应为几安直到几万安不同的许多电流表和其他电气仪表。这样就会给仪表制造带来极大的困难。此外，有的线路是高压的，例如22万伏或1万伏等高压输电供电线路，要直接用电气仪表测量高压线路上的电流，那是极其危险的，也是绝对不允许的。

如果在线路上接入电流互感器变电流，那么就可以把线路上大大小小的电流，按不同的比例，统一变成大小相近的电流。只要用一种电流规格的电气仪表，例如通用的电流为

5 安的电气仪表，就可以通过电流互感器，测量线路上小至几安和大至几万安的电流。同时电流互感器的基本结构和变压器很相像，它也有两个线圈，一个叫原边线圈或一次线圈；一个叫副边线圈或二次线圈。两个线圈之间有绝缘，使两个线圈之间有电的隔离。电流互感器在运行时一次线圈 W_1 接在线路上，二次线圈 W_2 接电气仪表，因此在测量高压线路上的电流时，尽管原边电压很高，但是副边电压却很低，操作人员和仪表都很安全。

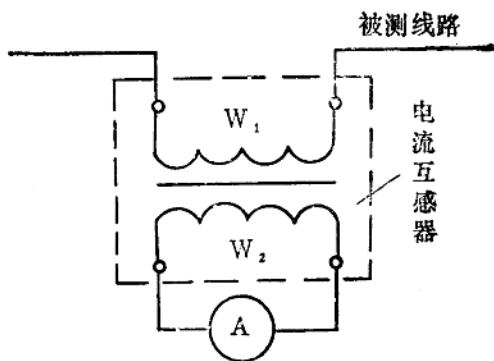


图 1 电流互感器原理线路

由此可见，电流互感器除了可以将线路上大小不一的电流变成一定大小的电流，以便于测量之外，还可以起到与线路绝缘的作用，以保证操作人员和仪表的安全。

电流互感器既然用来变电流，那么它最主要的参数就是电流比，一般用 K 表示，电流比就是一次电流 I_1 与二次电 流

I_2 之比，可以列出公式：

$$K = \frac{I_1}{I_2} \quad (1)$$

为了生产和使用的方便，电流互感器的一次电流和二次电流都规定有标准，叫做额定一次电流和额定二次电流。额定电流的意思就是说，在这个电流下，线圈可以长时期通电而不被烧坏。当线圈的电流超过额定电流时，叫做过负荷，长期过负荷运行，会把线圈烧坏或降低互感器的寿命。

在电力系统中电流互感器所采用的额定一次电流有：5、10、15、20、30、40、50、75、100、150、200、(250) 300、400、(500)、600、(750)、800、1000、1200、1500、2000、3000、4000、5000、6000、8000、10000、15000、20000、25000安等。额定二次电流一般都用5安，特殊的有用1安或0.5安。

这样，额定一次电流 I_{1n} 和额定二次电流 I_{2n} 的比例，就叫做额定电流比，用 K_n 表示，一般仍然简称为电流比。因此，电流互感器的电流比为：

$$K_n = \frac{I_{1n}}{I_{2n}} = \frac{5}{5} \text{ 或 } \frac{10}{5} \text{ 或 } \frac{15}{5} \cdots \cdots \text{ 或 } \frac{25000}{5} \quad (2)$$

由此可见，如果电流互感器的名牌上标明电流比为100/5，那么不仅说明互感器二次电流乘上20倍就等于一次电流，而且还说明互感器一次线圈允许长期通过的电流为100安，二次线圈允许长期通过的电流为5安。所以电流比100/5不能写成20/1，这是因为20/1说明互感器的额定一次电流为20

安,额定二次电流为1安,与100/5比值虽同而实际意义不同。

当我们利用互感器进行测量时,就按图1的原理接线,一次线圈串联接在被测量的线路中,二次线圈则和5安的电流表串联。

这样,我们实际上测量到的是电流互感器二次线圈的电流,然后再根据名牌上所标明的电流比,折算出一次线圈(即被测线路上)的实际电流。在电力系统中,为了测量方便起见,电流表都预先经过折算,直接按一次线圈的电流来刻度,同时在电流表上注明要用相应电流比的电流互感器。例如我们要测量线路上最大达到200安的电流,就可以选用200/5的电流互感器和200安的电流表,这个电流表同时注明要用200/5的电流互感器。这样,可以由电流表的指示,直接读出一次线圈电流值。这时电流表刻度虽然标的是200安,但实际上通过电流表的电流,也就是二次线圈的电流只有5安。因此,我们也可以用普通5安的电流表来测量,只要把测得的电流表读数,按电流比折算到原边,同样可以得到一次电流的数值。

例1: 设线路上的电流约为900安,应该怎样测量?

电流互感器额定一次电流大于900安的为1000安,因此可选用1000/5的电流互感器和1000安的电流表,这个电流表上标有应用1000/5的电流互感器,按图1接线就可由电流表的指示直接读出线路上的电流。

例2: 在例1中,如线路电流为900安,问实际通过电流表的电流有多大?

通过线路的电流为 I_1 ,通过电流表的电流为 I_2 ,因此由式(1)可以得到:

$$I_2 = \frac{I_1}{K_n} = \frac{900}{1000/5} = 4.5 \text{ 安}$$

实际通过电流表的电流是4.5安。

例3：在例1中，如改用普通5安电流表进行测量，当电流表的读数为4.8安时，线路上电流有多大？

由公式（1）可以得到：

$$I_1 = K_n I_2 = 1000/5 \times 4.8 = 960 \text{ 安}$$

这时线路上的电流为960安。

例4：在10千伏高压线路上通过约3安的电流，应如何测量？

线路上的电流大约只有3安，可以采用普通的5安电流表进行测量。但是在高压线路上，不能直接用电表进行测量，必须通过高压电流互感器，因此选用10千伏5/5高压电流互感器和5安电流表，按图1接线进行测量。因为互感器的电流比为5/5，即一次电流等于二次电流，所以与直接测量时一样，电流表可以直接读出线路上的电流数值，这时电流互感器实际上是用来起绝缘隔离的作用。

由此可见，凡是不需要改变电流的大小，而需要二次和一次有绝缘隔离的，可以采用5/5的电流互感器。

电流互感器按照用途，可以分为测量用电流互感器和保护用电流互感器两大类。

（一）测量用电流互感器

测量用电流互感器的用途，如土所述，主要有列两方面：

（1）用来测量高压线路上的电流和功率，起绝缘隔离的作用，以保证操作人员和仪表的安全。

(2) 用来测量高压或低压线路上的大电流和大功率，使用统一的 5 安的二次线路和测量仪表。

因此，对于测量用电流互感器主要有两个要求：

第一、绝缘必须可靠，以保证安全；

第二，必须有一定的测量准确度。

电流互感器在测量时，实测的二次电流都是按额定电流比折算为一次电流。这样的折算实际上是有误差的。也就是说，电流互感器实际电流比并不等于额定电流比，二者之间具有一定的误差。因此，测量用电流互感器根据变电流时所产生的误差，规定电流互感器的准确等级。国产电流互感器的准确等级计有：0.01级、0.02级、0.05级、0.1级、0.2级、0.5级、1级、3级和10级等。各级电流互感器的允许误差都有详细的规定，这将在下一节中介绍。但是在额定电流附近，各级电流互感器的误差，也可以大致简单的认为，相应于0.01级……10级，其误差为0.01%……10%。0.2级以上的电流互感器，一般叫做精密电流互感器，主要用于试验室，进行电流、功率和电能的精密测量，或者作为标准，用来校验低等级的电流互感器，也可以与标准仪表配合，用来校验仪表，所以也叫做标准电流互感器。

0.5级以下电流互感器，主要用于电力系统中。一般测量电能的，要求用0.5级；测量电流和功率的，用1级；3级和10级只能用来大致观察电流大小。3级主要用作保护用电流互感器，10级只用于高压断路器套管上，也就是以下所说的装入式电流互感器。

(二) 保护用电流互感器

在电力系统中，为了保证正常供电以及保护贵重设备

——发电机、变压器的安全，都有一套由各种继电器控制设备组成的继电保护线路。当电力系统中发生故障时，这些保护装置就会动作，切断故障的线路，如果是偶然的故障，还能够自动合闸，保证正常供电。

保护用电流互感器，就是将线路上的电流变为一定大小的电流，给继电器等保护装置供电。当线路上发生短路或其它故障，使线路上电流剧增时，通过电流互感器供给继电器等保护装置的电流也随着剧增，使继电保护装置动作，切断故障线路。

保护用电流互感器的级号用“B”表示。

由此可见，保护用电流互感器的工作条件与测量用电流互感器完全不同。测量用电流互感器是在线路正常供电时，用来测量线路上的电流和功率，而保护用电流互感器只是在线路发生故障时，比正常供电电流大几倍甚至几十倍的电流下，才开始有效的动作。因此，对于保护用的电流互感器，主要有下列三个要求：

- (1) 绝缘必须可靠，以保证安全；
- (2) 必须有足够大的额定10%倍数。
- (3) 必须有足够的热稳定性和动稳定性。

电流互感器在正常运行时，一次电流和二次电流基本上都是按式(1)的比例关系上升或下降的。但是当发生故障，一次电流剧增时，由于铁心饱和了，二次电流随着一次电流增大至一定程度时，就不再按比例增大，甚至不再增大了。10%倍数就是用来说明电流互感器的这种性能的。

根据定义，所谓10%倍数是指在某一规定的二次负荷下，电流互感器能满足比值差限值负10%时，一次电流对额

定一次电流的倍数。

B级电流互感器在额定二次负荷下所应保证的10%倍数，叫做额定10%倍数。

由此可见，所谓10%倍数是说明电流剧增至多少倍额定电流后，互感器误差已经达到10%，再增加一次电流，误差更大，二次电流就不再按比例增大，甚至不增大了。

因此，对于保护用电流互感器，必须要求有足够大的额定10%倍数，使线路发生故障一次电流剧增时，能够由二次电流反映给继电保护装置，保证继电保护及时可靠地动作，切断故障线路。在额定一次电流和额定二次负荷下保护用电流互感器的比值差不超过 $\pm 3\%$ 。

保护用电流互感器是在线路发生过负荷或短路故障时起作用的，这时线路上瞬时通过电流互感器的电流往往比额定电流大很多倍，这样大的电流一方面产生热量，一方面产生电动力，因此电流互感器必须能承受这样的热量和电动力，而不会被它们所破坏。

在二次线圈短路下，互感器在一秒钟内所能承受短路电流热作用而无损伤的一次电流有效值，叫做额定热稳定电流。

在二次线圈短路下，互感器所能承受而无电的损伤或电磁力造成的机械损伤的一次电流峰值，叫做额定动稳定电流。

保护用电流互感器最常用的有下列三种：

(1) 过负荷保护电流互感器，用来保护线路的过负荷。

(2) 差动保护电流互感器，一般用来保护变压器内部

故障。这种电流互感器过去称为D级。

(3) 接地保护电流互感器，用来保护单相或两相接地。这种电流互感器过去称为J级，也叫做零序电流互感器。

二、电流互感器的容量

电流互感器的名牌上，除了标明电流比外，还标有额定容量（简称容量）或额定负荷和额定电压。

电流互感器的负荷，就是指电流互感器二次所接电气仪表和联接导线的总阻抗，它包括这些仪表或继电器的阻抗，以及联接导线的电阻和联接点的接触电阻等所有二次外接负荷的全部阻抗。

电流互感器的负荷与电流互感器所接的线路上的负荷没有任何直接的关系。只要电流互感器的二次接线不变，不管线路上的负荷如何变化，电流互感器的负荷都不变。

由于电流互感器二次的接线是随着线路的要求而改变的，所以每个电流互感器的实际负荷都不相同。为了制造和使用的方便，对于各种电流互感器，也都规定有标准的负荷，叫做额定负荷。

至于电流互感器的额定容量，是指电流互感器在额定电流和额定负荷下运行时二次所输出的容量。所以额定容量 S_n 和额定负荷 Z_n 之间的关系，可以用下面公式来表示：

$$S_n = I_{2n}^2 Z_n \quad (3)$$

前已说过，对于一般电力系统用的电流互感器，额定二次电流 $I_{2n} = 5$ 安，因此，

$$S_n = 5^2 Z_n = 25 Z_n \text{ (伏安)} \quad (4)$$

这就是说，额定容量与额定负荷之间只差一个系数（例如上式中的系数25），额定容量和额定负荷一样，都是说明电流互感器二次允许联接的各种电气仪表（包括联接导线和接触电阻）的全部阻抗。因此额定负荷也可用额定容量的伏安数表示。

按照标准规定，电流互感器的额定二次负荷标准值应为：5、10、15、20、25、30、40、50、60、80或100伏安。对于额定二次电流为5安的电流互感器，额定负荷的阻抗为：0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.6、2.0、2.4、3.2或4.0欧。

电流互感器的额定电压，是指一次线圈所接线路上的线电压。电流互感器一次线圈是串联接在线路上的，所以电流互感器的额定电压并不是电流互感器一次线圈两端的电压，而是电流互感器一次线圈对二次线圈和地的绝缘电压。因而电流互感器的额定电压只是说明电流互感器的绝缘强度，而和电流互感器的容量没有任何直接的关系。

由上面计算公式也可以看出，电流互感器的额定容量只与额定负荷有关，而与电流互感器的额定电压没有关系。如果按照变压器容量的概念来理解电流互感器的容量，认为额定容量为额定电压与额定电流的乘积，那显然是错误的。这是因为变压器的额定电压就是变压器一次或二次线圈的额定电压，而电流互感器的额定电压，既不是它一次线圈的电压，也不是它二次线圈的电压。

电流互感器二次线圈电压（指二次线圈两端的电压），等于二次电流和二次负荷的乘积。在线路上改变电流互感器的二次负荷时，二次电流基本不变，二次线圈的电压就随着

二次负荷成正比地变化。电流互感器一次线圈电压（指一次线圈两端的电压），也相应地随着二次线圈电压而增大或减小。但是，由于电流互感器运行在短路状态，线圈内阻抗压降很大，以致一次线圈电压与二次线圈电压的比例关系也不完全是固定不变的。因为电流互感器一次线圈和二次线圈电压都是随着二次负荷的改变而改变，所以在所有电流互感器中都不标明一次线圈和二次线圈的电压。在电力系统中所用电流互感器，电流比都大于1，一次线圈电压一般都小于二次线圈电压。

电流互感器的额定容量，即在额定电流和额定负荷时二次输出的容量，也等于二次额定电流和这时二次线圈电压的乘积，也就等于二次额定电流的平方和额定负荷的乘积，这就是上面所列的公式（3）。

电流互感器的额定电压，也按照线路上的额定电压规定为：0.5、10、15、20、35、60、110、220、330千伏等几种电压等级。

国产各种电压等级电流互感器的电流规格如表1所示。

表1

额定电压(KV)	0.5	10	15~20	35
额定一次电流(A)	5~25000	5~6000	800~15000	15~1500
额定电压(KV)	60	110	220	330
额定一次电流(A)	20~600	5~2000	300~1200	300~1200

电流互感器的额定电压一般都以千伏为单位，标在电流互感器的型号后面，例如LA——10即为10千伏电流互感器。

例5：LMZJ——0.5型电流互感器的额定容量为10伏安，问它的额定负荷多大？

由式（4）可以求得额定负荷

$$Z_n = \frac{S_n}{25} = \frac{10}{25} = 0.4 \text{ 欧}$$

例6：例5 LMZJ——0.5型电流互感器的额定电压多高？

型号上所标的0.5，说明其额定电压为0.5千伏，即为500伏低压电流互感器。

例7：额定负荷为0.2欧的电流互感器，其额定容量多大？

由式（4）可以求得额定容量

$$S_n = 25Z_n = 25 \times 0.2 = 5 \text{ 伏安}$$

例8：额定容量为5伏安的电流互感器，如果其额定二次电流为1安，求它的额定负荷。

由式（3）可以求得额定负荷

$$Z_n = \frac{S_n}{I_n^2} = \frac{5}{1^2} = 5 \text{ 欧}$$

例9：容量为5伏安的100/5电流互感器，在20%额定电流时的容量多大？

由例7计算结果知道5伏安互感器的额定负荷是0.2欧，