

开合式电流互感器解决方案

蒋大维

江阴市星火电子科技有限公司

摘要: 现在的物联网、智慧终端云平台都是基于各种信息传感器、红外感应器、等各种装置和技术,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程,通过采集其声、光、热、电、气等各种信息,实现对事务的智能化感知、处理。那联系到我们电力网络,我们国家现在提出建设智能电网、配电自动化一样需要各种传感器来作为前端信息收集器,而在电网中最重要的就是一些电力数据的快速有效的采集,其中能够快速采集电网中线路电流大小及相位就需要使用就需要使用开合式电流互感器,开合式电流互感器主要起到对电网电能的监测,测量及保护,根据开合式电流互感器的功能,本文就是列举了开合式电流互感器在电网中的七大解决方案的解决方案,供各电力人员进行参考。

关键词: 开合式电流互感器, 改造, 配电自动化, 智能电网, 测量, 保护, 监测

1、电力线路的电能测量改造

这是开合式电流互感器最传统的应用方式,基于我国近年来电网建设的步伐越来越快,建设需求越来越大,导致传统的电流互感器安装方式及应用特点已经无法满足现在在我国配电改造的需求,所以开合式电流互感器由于其安装方便,准确度优良,线性度好的优点,代替了传统的闭合式电流互感器。

传统的配电改造型开合式电流互感器应用场景如大型企业、单位能源节能管理的改造;城市小区、农村电网增装配电终端监测等。传统的配电改造型开合式电流互感器可以用于户内配电柜中的各类母排或者电缆;(如图1)也可以应用于户外变压器的二次侧的电缆上(如图2)或者隧道、铁路的地下电缆上,(如图3)其防护等级能够达到IP67。

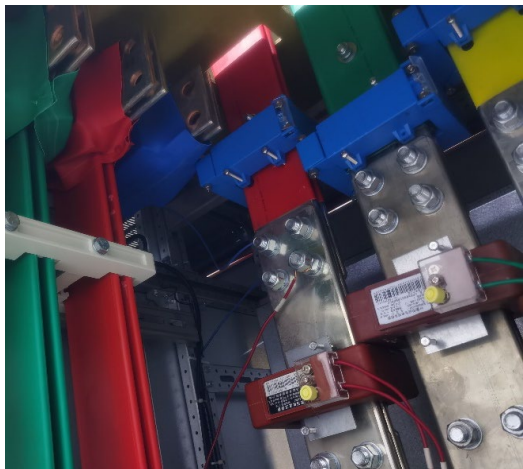


图1: 应用于江苏某小区配电柜内的母排型开合式电流互感器



图2: 应用于江苏某农村10KV变压器的户外开合式电流互感器



图 3：应用于隧道护层环流监测的户外开合式电流互感器

户内母排使用的开合式电流互感器一般使用在母排上，所以内孔一般为方形，外观结构根据母排的排布情况进行横向切割或者纵向切割。一般根据母排的尺寸，20、30、60、80、100、120 等设计相应的内孔尺寸，其电流大小一般在 50-5000A 之间，二次输出电流为 5A，其准确度等级根据电流大小可以在 0.5-0.5S 之间。(如图 4)



图 4：户内配电柜型号匹配推荐 - 母排型开合式电流互感器

户外电缆使用的开合式电流互感器一般使用在户外电缆上，电缆线一般是台区变压器的输出端，即是 0.4KV

电压，如果二次电缆有足够的绝缘，在有足够的安全绝缘及安全措施，开合式电流互感器通过安全绝缘处理也可以使用在 10KV 以下，其内孔一般在 $\phi 30-60\text{mm}$ 之间，电流范围一般在 100-3000A 之间，其准确度等级能够满足 0.5-0.5S 之间。户外防护等级能够满足 IP67。(如图 5)

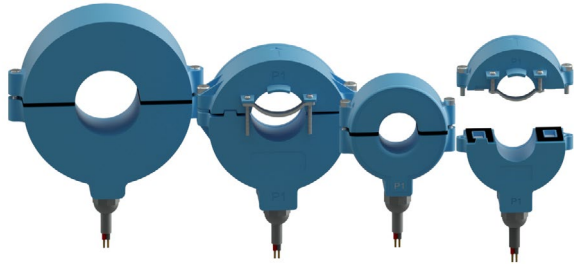


图 5：户外电缆式型号匹配推荐 - 母线穿心开合式电流互感器

2、电力线路的电力保护改造 - 过载保护

根据国标，保护用电流互感器和测量用电流互感器一样，二次输出标准电流为 5A/1A，保护用电流互感器不同于测量用电流互感器，除了要确定电流互感器变比、准确度等级，还要确认标准准确限值系数，用通俗的语言就是过载电流的倍数，标准准确限值系数 (ALF，传统说法即是过载电流倍数) 为 5、10、15、20、30，ALF 值越大。例如 5P20，100/5A 的保护用电流互感器，即是额定变比为 100/5A，同时在 $20 \times 100 = 2000\text{A}$ 时的过载电流情况下，复合误差不能大于 5%，即是 ALF 值越大，要求越高，其互感器的尺寸相较就越大，保护用电流互感器用于配线路的保护，通常与继电装置配合，对电力线路进行监测及保护，在线路发生短路等故障时，向继电装置提供信号切断故障电路，保护电力系统的安全。

保护用电流互感器通常用于户内配电柜的母排上，所以其外形和户内配电柜的测量型开合式一样，只是相对尺寸要大点。(如图 6)

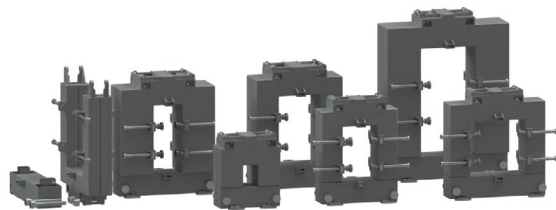


图 6：保护用开合式电流互感器

3、电力线路的电力保护改造 - 零序（剩余）不平衡电流保护

首先零序用电流互感器和剩余用电流互感器的用途是不一样的，所以其工作原理也是不一样的，简单而言：零序用是监测电力线路能产生三相不平衡，保护电力线路的安全；剩余用是监测电力线路的单相接地故障，保护电力线路的安全。（参照图 7 和图 8）同时工作电流也有明显的区别，（参照图 9）但两者在互感器的设计上又有相同之处，同时都属于保护电路的一种电流互感器，所以在这里把它们放到一起。（具体请参见作者《零序电流互感器和剩余电流互感器的异同及设计》）

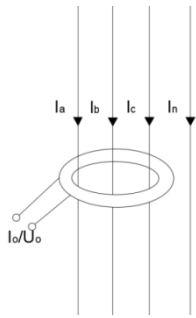


图 7：零序电流互感器的 $I_a+I_b+I_c$ 使用方法图

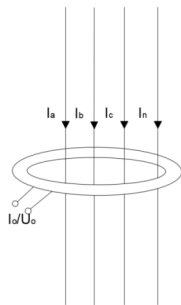


图 8：零序电流互感器的 I_n 使用方法图

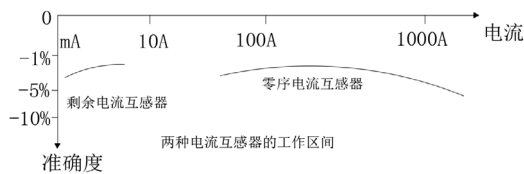


图 9：两种电流互感器的工作区间

4、物联网、智能电网建设用电子式传感器

物联网终端采集传感器（如图 10）对电网的低压侧的电气数据进行采集，然后实时计算、分析，判断电网是否正常，实现对其的整体监控和状态评价，提高供电可靠性。计算分析的电气数据主要又以电压和电流的数据为主：一

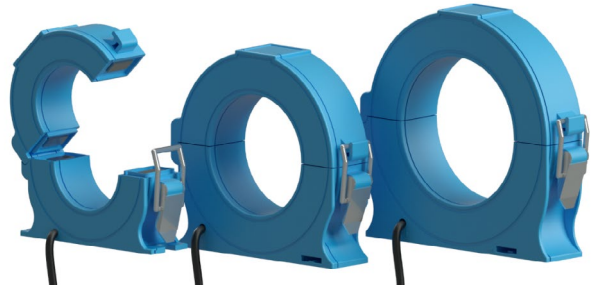
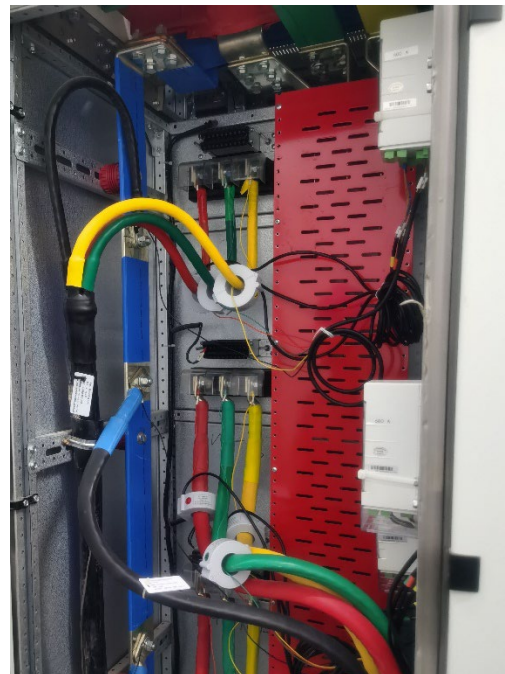


图 10：零序（剩余）用开合式电流互感器



图 11：物联网、智能电网建设用电子式传感器



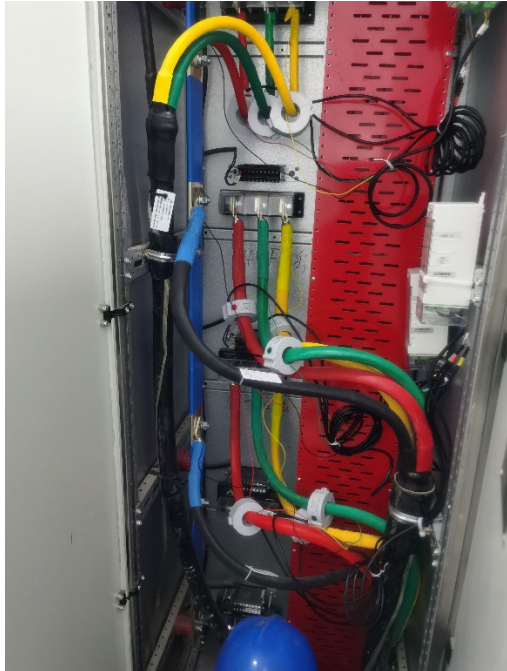


图 12：配电柜内低压侧分路监测单元用电子式传感器

般电压数据的采集直接在低压设备的二次侧进行直采即可。而电流的采集一般需要配套的传感器进行采集。传感器是物联网终端的眼睛，是物联网终端能够准确判断处理各种情况的数据来源，如何快速有效的采集电流数据也是物联网终端采集数据的重点，所以一个性能良好的传感器是终端良好工作的保障。

所以物联网、智能电网建设用电子式传感器可配套具有边缘计算的融合终端、配套低压支路单元监测，区别于传统的开合式电流互感器，其优点是尺寸小，输出模拟小信号或者数字信号，安装及运行安全可靠，为智能电网保驾护航。

5、太阳能光伏、水电、风电等清洁能源逆变的电能监测

建设坚强智能电网是国家新能源战略的必然选择，所以清洁能源的利用是国际化发展的必然趋势。

清洁能源都会进行并网，目前，我国中低压配电网大部分都没有安装高级监测装置，对电网运行状态的控制也没有达到智能化程度，当大规模清洁能源并入电网后，其

运行故障发生的可能性也会随之加大，尤其是频繁的启动停止等操作、功率输出不稳定等因素，给电网安全运行构成威胁。因此在清洁并网技术研究中，加强发展智能配电自动化系统必不可少，所以开合式电流互感器作为清洁能源逆变并网的重要元器件，用以对并网电能的进行测量和保护。(如图 13)



图 13：光伏应用场景框图

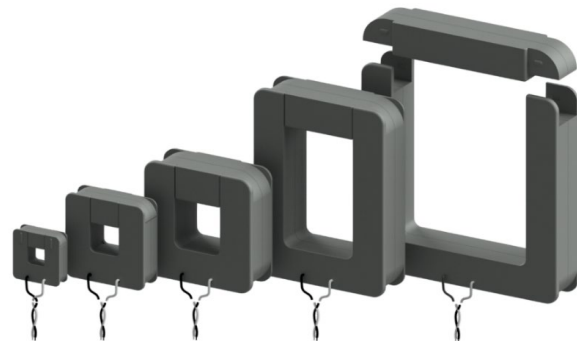


图 14：光伏用开合式电流互感器，目前出口欧美等国家

6、电力线路配电空间狭小，过载电流大，一次导体不规则

由于罗氏线圈不含铁心，所以线性度较好，能够满足准确度为 1.0 级的测量电路；同时因其具有较快的瞬间反应能力、较宽的频率范围、较大过载电流，所以可以广泛应用于高频、大电流的保护线路。

罗氏线圈分为硬性罗氏线圈及柔性罗氏线圈，硬性线圈特点是准确度较好，柔性的特点是在狭窄且不规则一次导体的安装。



图 15: 罗氏线圈

与磁场有关的场合中使用, 所以可适用于交、直流测量的应用场景, 霍尔传感器可以制作成开合式或者闭合式两种结构, 二次输出为小信号电压、电流, 也可变送输出 DC: 0-5V 或者 4-20mA。如光伏逆变、汽车充电站、5G 信号基站。



图 16: 霍尔传感器

7、充电桩、5G 基站等交直流场合的监测

霍尔传感器可以利用霍尔效应来测量磁场, 可在各种

上接154页

伴随着电力电子器件的飞速发展, 大功率逆变器及交流调速技术的发展也日趋高性能化。

近年来, 国民经济各部门对风机和水泵需求不断增长, 据有关部门统计, 全国风机、水泵电动机装机总容量约 35000MW, 耗电量约占全国电能耗量的 40% 左右。以火力发电厂为例, 据统计全国火力发电厂的送风机、引风机、一次风机、排粉风机、锅炉给水泵、循环水泵、凝结水泵和灰浆泵等的配套高压电动机总容量约为 15000MW, 这些设备为长期连续运行但常处于低负荷及变负荷的运行状态, 因此其节能潜力很大。据估计通过变频器调速提高风机、水泵系统运行效率的节能潜力每年可达 300 ~ 500 亿度, 相当于 6 ~ 10 座装机容量为 1000MW 级的大型火力发电厂的年发电总量。因此大力推广变频器特别是高压变频器的应用是十分有意义的。目前国际上对高压电动机变频调速技术的研究非常活跃, 变频器种类繁多。我国高压电动机多为 6KV 和 10KV 等级, 由于受到电力电子器件耐压限制, 尚难以实现该等级变频器的直接高压输出。而单元串联式多电平变频器的输出电压可达到 10KV 甚至更高, 且输入、输出波形好, 对电网的谐波污染小, 因此在我国得到广泛应用。国际上该技术比较成熟, 输出电压可达 14.4KV, 变频器采用水冷技术, 单机最大容量可达 15000KW。我国采用空冷技术, 变频器驱动的电动机功率在 3500KW 以下。国外变频器基本已做到开环、闭环以及无速度传感器控制三位一体的控制, 而我国的产品大

多仍是普通的 V/F 控制方式。业内在变频器调速系统方面已开展了许多研究, 当务之急是如何将理论知识转化为工业产品, 提高我国变频器的性能和质量。变频器发展对与之配套的电动机提出了新的要求。

以往对配套电动机的研究, 主要在减小变频器供电电源的谐波分量所引起的电动机损耗增加、温升升高、振动加大、噪声增大以及谐波转矩增大等方面。近年来, 随着 IGBT 在变频器中的应用, 载波频率甚至高达 20K, 由此带来一系列负面影响, 如高频的 PWM 脉冲波严重影响电动机的绝缘和寿命, 变频器输出的共模电压, 形成轴电流, 造成轴承点蚀, 从而缩短电动机寿命。此外变频电动机的供电电源经高频调制, 其性能测试方法不同于工频电机, 急需研制适合变频电机性能测试的方法和检测仪器。

5 结束语

交流异步电动机被人们广泛地使用来拖动工作机械, 中国是一个中小型电机的生产大国, 也是一个中小型电机的使用大国。电机作为主要的驱动动力源, 交流电动机耗用的电能已占全国总发电量的 60% 以上, 可我国 80% 以上的电机产品效率比国外先进水平低 2 ~ 3 个百分点。伴随我国经济的高速增长, 资源能源消耗、生态环境恶化已经成为经济社会可持续发展的瓶颈因素和最大障碍。节约能源、保护环境和提高经济效益, 开发和推广高效节能电机已是势在必行, 意义巨大。