

[IT系统]

IT系统在电解铝车间的应用探讨

文/安科瑞电气股份有限公司 郑春秋

描述IT系统的特点，分析了现有工业生产供电采用IT系统的可能性。并提供相关的案例论述。

工业生产中的电气设备电源，都是一些十分庞大的多分支供电网络，不同的设备负载有着不同的工作特性，也对相关供电电源有着不同的要求。除了漏电流危害，其中一些负载对供电中断带来的影响也尤为敏感：断电带来机械损伤、断电不合格品率抬升或断电返工增加成本等。而传统配电模式一贯采用漏电流保护装置作负载保护的方法上已无法保障此类生产。以电解铝生产为例，引入一种更为适宜、有效的供电解决方案迫在眉睫。

IT系统特点

国家标准GB 16895.24（国际标准IEC 60364）区分了3类不同性质的接地系统，使用两个字母代号区分标识：TN、TT和IT。其第一个字母表示供电设备（发电设备或变压器）与大地之间的连接关系：T指将一点直接与地相接，I为没有与地相接的点或经高阻（通常指1 000 Ω ）接地。第二个字母表示电气设备外露可导电部分的与地连接关系：T指将一点直接与地相接，N为在安装位置直接与接地的中性点相接。

IT系统电源端与地绝缘，仅电气设备外露可导电部分作保护接地，因此IT系统又被称作不接地系统或隔离电源系统。

1. IT系统的主要特征

1) 电气装置带电导体与地绝缘，或电源的

中性点经高阻抗接地。

2) 所有的外露可导电部分或装置外壳导电部分经电气装置的接地极接地。

据悉，相关统计数据表明生产生活中约90%的电气事故皆缘由系统的接地故障。由于IT系统中性点对地绝缘，其出现第一次接地故障时无法形成漏电流回路，电气设备金属外壳不会产生危险性的接触电压，因此可以不切断电源，使电气设备短时继续运行。仅需通过绝缘监测装置（IMD）警示接地故障，避免第二次接地故障。

而倘若IT系统发生第二次接地故障，同引接大地的两相间产生短路，此刻必须强制切断设备电源，避免电气设备烧毁带来巨大的经济损失和人员伤亡。

2. IT系统的应用特点

1) IT系统发生第一次接地故障时，故障电流值很小，故障电流仅为非故障相对地的泄漏电容电流，不需要即时切断故障回路，从而保障供电的连续性。

2) IT系统发生第一次接地故障时，非故障相对地电压将抬升1.73倍，因系统线路保有耐压余量，此时系统可短时继续运行，但若长期高负荷运行，则可能引起非故障相绝缘薄弱的地方损坏而造成第二次接地故障。

3) 低压电网IT系统，电网对地绝缘，当人体单相触电时，接触电压一般不超过10 V，对人体

全无危害。

4) IT系统需配合安装绝缘监测系统,当系统对地绝缘达设定阈值时,将绝缘故障预警或报警出来,及时维护,杜绝二次绝缘故障。

IT系统应用场所简析

IT系统具有TN、TT系统无法比拟的优点,但实际上由于设计惯性、成本考量,加上我国对不接地系统的认知较少等原因,使得其应用受到限制,被广大电气设计人员拒于门外,甚至可以调研到的工业场所的应用案例都寥寥无几。

事实上,工业生产中IT系统供电有需求的场合非常之多。在此处再试举一些例子。

(1) 船舶

因船体本身的工作特殊性,无法与大地做可靠的等电位连接,电气设备对船体的连接无法作为一个绝对有效的接地。IT系统因中性点无需接地的特点恰好可以应用于船舶。

(2) 铁路

火车或工厂电动轨道车在工作中需要依赖可靠的电源,采用IT系统能够有效保证供电的连续,且解决了接地不可靠的难题。

(3) 潮湿环境生产场所

配电线路或设备环境相对潮湿将加剧系统绝缘性能的下降,采用常规配电系统难免带来频繁的跳电,不利于生产开展,而IT系统漏电流小,配以绝缘监测装置,可保障系统供电稳定。

其实,早年单相IT系统就已被引入我国,作为医疗2类场所的配电系统得到较为广泛的应用。医疗2类场所(如手术室、重症监护室等)大量电气设备与人体抗电能力薄弱的肌体直接接触,此外还有如呼吸机、MARINE监视机等器械用以病人生命维持。这两类电气设备对供电的安全性、连续性有着非常高的要求,而IT系统恰都可以满足。因而IT配电系统受到了广大医疗电气设计人员的广泛接受和认可,并在GB 16895.24—2005《建筑物电气装置》第7—710部分“特殊装置或场所的要求—医疗场所”等相关标准里对医疗场所IT系统做了详细的规范和认定。是为IT系统应用引入国内的一次成功尝试。

医疗场所IT系统的成功引入颇具借鉴意义,然而工业场所不同于医疗场所,仍有诸多技术难题需要攻关。一方面部分工业生产中电压等级较

高,负载类型复杂,多为三相设备接入且负荷容量大;三相IT系统如出现单相接地,非故障相对地电压抬升1.7倍,具有对地故障扩大危险;此外现场环境复杂,伴随现场设备泄漏电容电流难以控制,绝缘难度大。一系列难题都需要我们设计人员不断摸索,逐步优化,将国际先进电气技术在我国应用普及。

绝缘监测系统

绝缘监测系统为IT系统中不可缺少的一个补充部分。如前文描述,不接地系统应用中,为保持供电的连续性,在第一次接地故障时不需要即时切断故障回路,且不配备漏电流保护(RCD)装置。这样系统在可照常运行的情况下,光靠人眼无法辨识接地故障,等再次接地故障时,两相间直接发生短路,产生短路电流,造成不可挽回的损失。而绝缘监测装置可在一次故障时提供警示,避免二次故障。绝缘监测装置在IT系统中的定位非常明确,重要性也显而易见。

国家标准GB/T 50062—2008《电力装置的机电保护和制动装置设计规范》第5.0.7条就对3~66 kV中性点不直接接地电网作有如下规定。

“在发电厂和变电所母线上,应装设接地监视装置,并应动作于信号。”

国家标准GB 50058—2014《爆炸危险环境电力装置设计规范》第5.5.1条也对该类场所1 000 V交流/1 500 V直流以下的电源系统的接地有如下规定。

“爆炸环境中的IT型电源系统应设置绝缘监测装置。”

经调研市场上绝缘监测产品,一般宜具备对地绝缘电阻监测、对地泄露电容监测、继电器输出等功能,此外可选配有通讯报警输出、故障事件记录和系统自检等功能。

绝缘监测系统中绝缘电阻阈值一般是可以设定的,其对应关系参考相关资料约为每1 V对应100 Ω (依据现场绝缘要求略有调整),且应可设置相关预警阈值与报警阈值。通过绝缘监测系统及时掌握供电系统的绝缘情况,能给现场运维人员提供很大方便。也是其电力系统保证其系统运行、系统安全和经济有效运行的基础。

应用案例简析

目前,世界上所有的铝都是用电解法生产出来的,现代的制铝工业中普遍采用的是冰晶石-氧

化铝融盐电解法，高温电炉融解氧化铝为溶质、冰晶石为溶剂，再通以强大的直流电，进行化学反应后，即可产出铝溶液。其生产过程伴随大量的电能消耗，此外电解铝对环境影响较大，属于高耗能、高污染行业。

由于电解流程一旦停止就很难重启，因而电解铝厂一般皆有可靠的电力供应要求。如果工厂停电，电解槽停止加热，已经熔化了了的氧化铝会在短时间内“冻结”，而重启的成本十分高昂。此外电解反应需要持续的直流电输入，发生

断电，势必会对生产带来很大的麻烦。此外断电更是影响电解槽难以达到设计寿命，早期破损率高。电解铝工业整个生产流程都依托着持续稳定的电能供应，对电能供应有着高标准、高要求。

以国内某大型电解铝生产企业为例，该企业占地面积9 600 m²，主要以电解铝生产为主。其包含电解铝车间195间，也是设计IT配电系统供电的主要对象。车间电气负荷复杂，电源供应必须保证其科学性、可靠性和安全性。IT系统于该场所的应用分布如图所示。

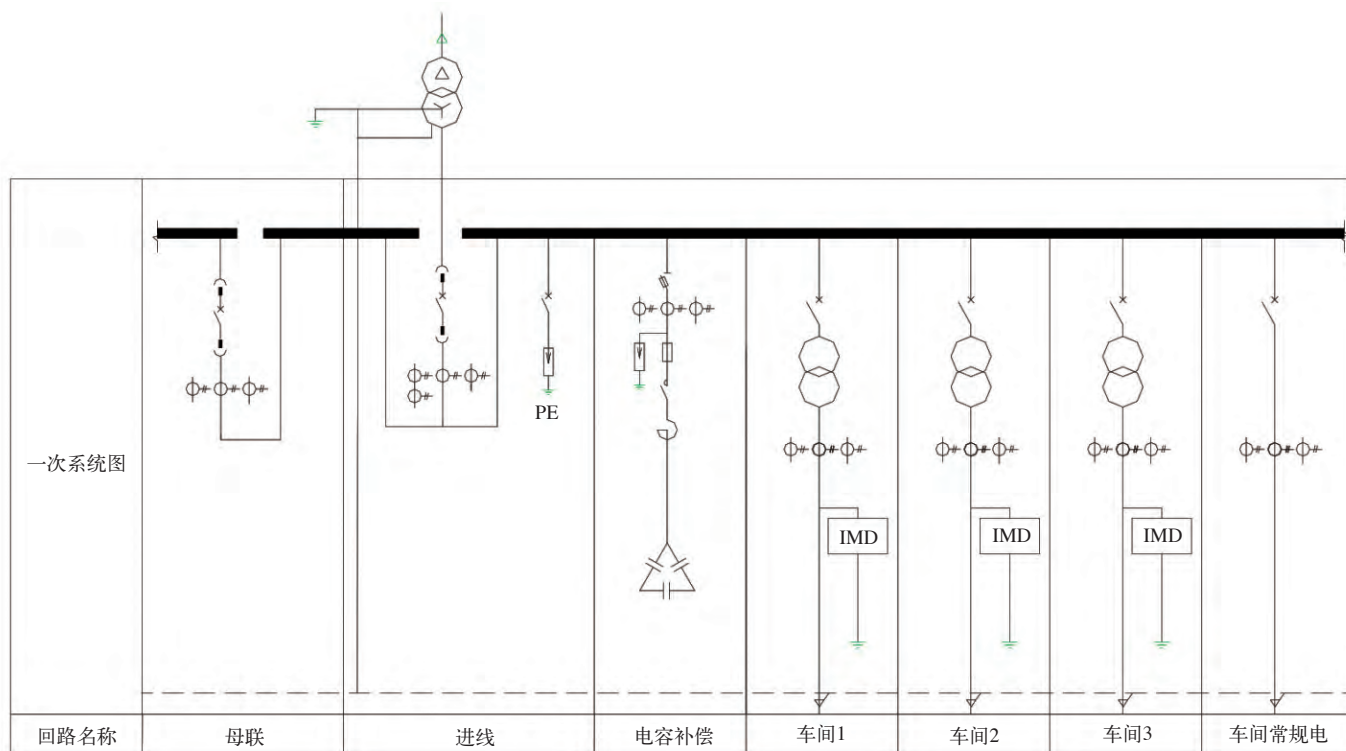


图 IT系统配置

首先将电解铝车间电气设备按照工作特性进行分类，按需供电。第一类为车间照明、插座和空调控制等常规供电负载。这类负载可采用TN-S系统进行设备供电，用漏电流保护装置（RCD）作为负载保护。

第二类为电解槽、浇筑设备以及废气和废水处理设备等重要供电负载。根据建设要求，每车间配置一套30 kV·A（及以上）隔离变压器，将这些负载接以隔离电源系统（常规通过隔离变压器将TN-S系统转化为IT系统），并配以相应的绝缘监测装置。绝缘监测装置一端接入电网母线，一端作功能接地，用以实时监测每车间IT系

统母线与大地之间的绝缘状况，并通过其继电器输出馈出预警、报警信息。供电以隔离，监测以有序。

结束语

采用IT系统于电解铝车间，甚至于更为广泛的工业生产中，除了关乎用电负荷的运行要求、供电可靠性以及是否改变接地方式影响设备成本等外，与提高生产安全、设备安全和生命安全也是息息相关。EA

（收稿日期：2015.08.14）

（编辑：刘群点）