

Analysis of Grounding Type and Application Scope of Power Distribution System

Haibin Ma¹ Yujie Ma² Qiang Guo³ Li Zhang³

1. PetroChina Xinjiang Oilfield Company Baikouquan Oil Production Plant, Karamay, Xinjiang, 834000, China

2. Unigroup Cloud Number Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

3. Quality Equipment Energy Saving Department of PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract

The grounding mode must adapt to the grounding type of distribution system in order to form effective protection for power system and electrical equipment. It is very important in power safety. TN, TT and IT grounding systems correspond to different grounding modes, mainly to ensure the safety of people and equipment.

Keywords

power distribution system; grounding method; characteristics; scope

配电系统接地型式及适用范围分析

马海斌¹ 马钰杰² 郭强³ 张犁³

1. 中国石油新疆油田公司百口泉采油厂, 中国·新疆 克拉玛依 834000

2. 紫光云数科技有限公司, 中国·四川 成都 610000

3. 中国石油新疆油田公司质量设备节能处, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘要

接地的方式必须与配电系统的接地型式相适应, 才能对电力系统和电气设备形成有效的保护, 在用电安全上非常重要, TN、TT、IT接地系统对应着不同的接地方式, 主要是保障人和设备的安全。

关键词

配电系统; 接地方式; 特点; 范围

1 接地

电力系统和电气装置的中性点、电气设备的外露导电部分和装置外导电部分经由导体与大地相连, 称为“接地”。电力系统中的“地”是指“电气地”, 不受接地配置的影响、电位约定为零; 接地主要目的是保障人和设备的安全。接地的型式必须与配电系统的接地型式相对应, 否则, 对电力系统和装置(设备)进行接地, 就不能形成有效的保护。

接地最重要的作用是使人有可能接触到的导电部分电位降低到接近地电位。这样, 当发生电气设备发生故障导电部分带电时, 因其电位与人体所处的地电位几乎相同, 则可以大大降低触电的危害程度, 同时还可以保证电力系统稳定运行。

按照 IEC 的规定, 电力系统接地型式由两个字母组成, 如有必要可后缀字母:

【作者简介】马海斌(1973-), 男, 中国河南人, 本科, 高级工程师, 从事电气自动化研究。

①第一个字母: 表示电源端的接地点与地的关系。其中 T 表示电源端有一点直接接地; I 表示不接地或有一点通过高电阻抗接地。

②第二个字母: 表示装置(设备)外露导电部分与地的关系, 也就是保护接地, 其中 T 表示装置(设备)的外露可导电部分直接接地, 该接地点在电气上独立于电源端接地点; N 是“中性点”, 表示装置(设备)的外露可导电部分与电源端接地点直接做电气上的连接。

③后缀字母表示中性导体(N)与保护导体(PE)的关系。其中 C 表示中性导体(N)与保护导体(PE)合并成为保护接地中性导体(PEN); S 表示中性导体(N)与保护导体(PE)分开; C-S 表示在靠近电源供给侧为保护接地中性导体(PEN), 根据工程实际需要, 从某点分开为中性导体(N)和保护导体(PE)。

中国 35kV 和 10kV 系统, 采用中性点不接地系统(就是小电流接地系统), 110kV 及以上电力系统, 采用中性点直接接地型式(就是大电流接地系统), 根据 IEC 的分类方法, 电压为交流 220/380V 配电系统的接地方式有五种: TN-C、

TN-S、TN-C-S、TT、IT 五种型式。

2 TN 系统

2.1 TN 系统类型

依据 IEC 的规定，TN 系统在供电电源端，有一点直接接地，装置（设备）的外露可导电部分通过保护导体（PE）或中性导体（N）连接到接地点。但是保护导体（PE）应在变电所（变电站）就近接地，配电系统进入构筑物时，保护导体（PE）在其入口处必须接地，并将 PE 线与就近的接地体联结。TN 系统依照中性导体（N）与保护导体（PE）的配置情况不同，又分为 3 种类型：TN-S、TN-C、TN-C-S 接地系统（见图 1）。

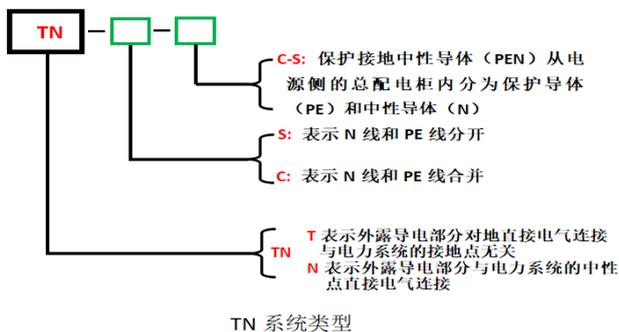


图 1 TN 系统类型图

2.2 TN-S 接地型式

整个系统的保护导体（PE）和中性导体（N）是在中性点以外分开敷设的（见图 2）。

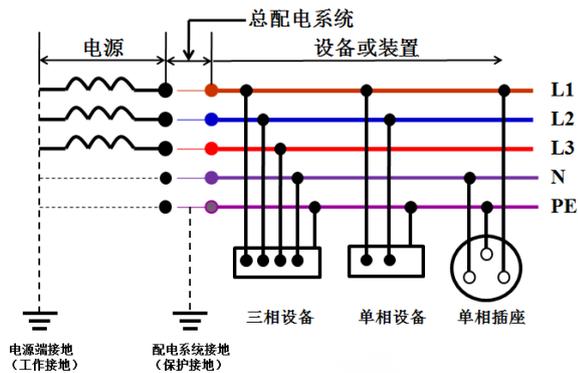


图 2 TN-S 系统

2.2.1 五线方式配电

从电源端到用户配电系统起就采用五线方式配电。系统正常工作时，保护导体（PE）对地是没有电压，装置或电气设备的导电部分外壳接在保护导体（PE）线上，只有中性导体（N）线上有不平衡电流产生，中性导体（N）线只用在有单相负载的供电回路中。装漏电保护装置，可以在 TN-S 接地型式的供电线路上安装，但 PE 线不能接入漏电保护器（装置）。在这里着重强调，TN-S 接地型式的配电线路，保护导体（PE）线不允许断线，且中性导体（N）线

不得重复接地，保护导体（PE）线可以根据工程需要做重复接地。

2.2.2 TN-S 接地型式的特点以及适用范围

①就 TN-S 系统来说，保护导体（PE）与中性导体（N）是除中性点以外分开敷设，并且彼此是相互绝缘的配电系统，保护导体（PE）线在系统正常运行时没有电流，装置或电气设备的外露可导电部分也没有电压，安全性较高；但工程施工量大、复杂、耗材多。

②保护导体（PE）在配电系统内要传导故障时的电压，对地故障电压的蔓延和相线接地而引起电压升高等问题没有安全防范作用。

③ TN-S 系统的适用范围：爆炸和有火灾危险场所、数据处理和精密电子仪器设备、机关办公大楼、商业、娱乐场所、宾馆的供电，以及相关法规中必须采用 TN-S 接地系统来确保操作人员和设备的安全用电。

2.3 TN-C 接地型式

系统的中性导体（N）和保护导体（PE）是合二为一的（见图 3）。

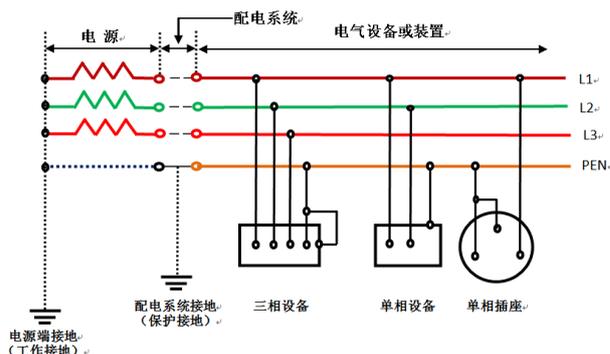


图 3 TN-C 系统

中性导体（N）和保护导体（PE）合并为保护接地中性导体（PEN）。

对三相负载不平衡、谐波电流较大，以及单相负荷，在运行时保护接地中性导体（PEN）线上是有电流通过，产生的压降将呈现在装置或电气设备的外壳和金属支架上，对物联网系统、计量检测仪器仪表和敏感的电子设备等不利。

保护接地中性导体（PEN）线上的电流，有可能在爆炸危险场所引发安全事故，因此在爆炸危险场所中不能采用 TN-C 接地型式。PEN 线同时承担保护接地和工作接地的功能，在建筑物内相互有电气连接，所以当 PEN 线断线或相线接地故障时，将产生相当高的对地电压，在电源端，PEN 线既连接到负载中性点上，又连接到装置或电气设备外露的可导电部分，这样就对人员的安全造成巨大的威胁。由于 TN-C 接地型式在技术上的种种弊端，在电力系统中已很少采用，在民用配电中已不允许采用 TN-C 接地型式。

TN-C 接地型式特点以及适用范围：

① PEN 线兼有 N 线和 PE 线的作用，工程施工量小、

简单、耗材少。

②接地短路时，故障电流大，采用一般的过电流保护器就能自动切断电源来保证安全。PEN 线可重复接地，总的接地电阻容易达到标准要求。

③ PEN 线产生电压降，装置或电气设备外露导电部分对地有电压，在内传导故障电压。

④过电流保护可以兼作接地短路故障保护。

⑤适用范围：用单位有独立变压器供电，用电负载三相均衡，有熟练的电气技术维修维护人员；在爆炸危险环境场所，禁止使用 TN-C 接地型式。

2.4 TN-C-S 接地系统

系统中一部分线路的中性导体（N）和保护导体（PE）是合并的（见图 4）。

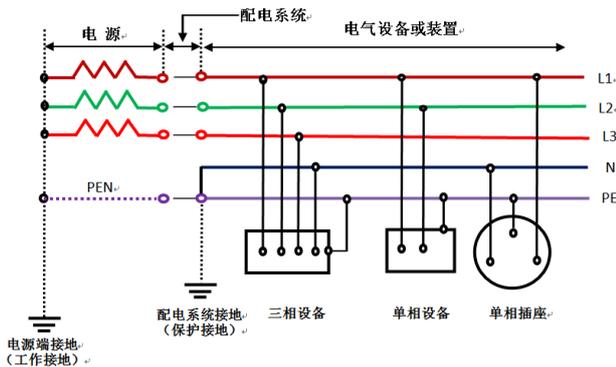


图 4 TN-C-S 系统

保护接地中性导体（PEN）从接近电源端点开始，分为保护导体（PE）和中性导体（N）。分开后的中性导体（N）线必须与地绝缘，为了防止混淆 PE 线和 N 线，国标规定，PE 线、PEN 线涂黄绿相间色标，N 线涂浅蓝色色标。保护接地中性导体（PEN）线分开后严禁再合并，否则将失去分开后形成的 TN-C-S 接地系统的特点。

TN-C-S 系统从电源端到用户总配电箱是 TN-C 接地系统，N 线和 PE 线是合二为一的；从总配电箱到电气设备或装置，N 线和 PE 线是分开的，它兼有 TN-C 接地系统和 TN-S 接地系统的优点，弥补了这两个系统的不足。常用于配电系统末端环境较差（如环境潮湿、空气中有带电离子、有爆炸危险环境等）或对电磁干扰要求较严的场所。

TN-C-S 接地系统特点以及适用范围：TN-C-S 接地系统的优点在于系统的前端可以节省一根电缆芯线，因此在民用住宅建筑的设计和工程实施中，低压配电系统中 TN-C-S 的接地型式得到广泛采用，除医院、试验楼（室）、学校、国家机关重要建筑、影院及体育场馆以及施工现场临时用电以外，在居民住宅建筑中，油田开采中，大都采用这种接地系统。

3 TT 系统

电源端或发电机的中性点必须有一个直接接地点，电

气设备或装置的外露导电部分也必须接地，并将所有外露导电部分用保护导体连接在一起，接到其共同的接地极上。当有多个保护电器分级保护时，每个保护电器所保护的所有外露导电部分都必须按照这种方法进行接地（见图 5）。

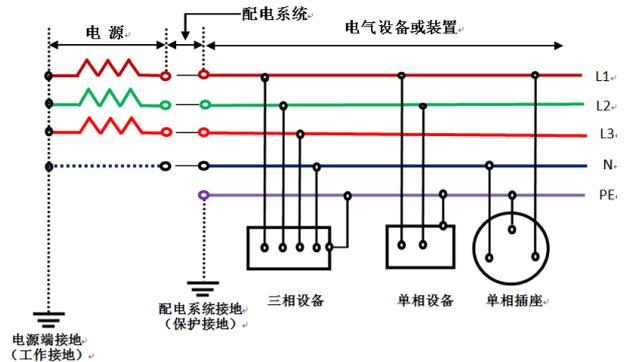


图 5 TT 系统

TT 接地系统发生接地短路时，短路电流受到电源侧接地电阻和电气设备或装置侧接地电阻的限制，短路电流不会很大，所以可减少接地短路时产生的危险性，因短路电流不大，大多数情况下不足以使一般的过电流保护器自动切断电源，这样就容易造成电击事故，所以，当电气设备或装置的容量较大时，必须采用剩余电流保护器来保证系统安全。

TT 接地系统特点以及适用范围：

①外露可导电部分有独立的保护接地，不传导故障电压，保护导体和中性导体在系统中没有电的联系，所以电气设备或装置外壳不带电，即使发生故障，外壳高电位也不会沿 PE 线传递至全系统。系统漏电电流比较小，需要使用灵敏度高的漏电保护器作保护，因此 TT 接地系统难以在电力工程中推广。

② TT 接地系统工程量大、耗材量大、成本高。

③由于电源系统和电气设备或装置是使用的两个独立接地体，发生接地故障时，因接地故障电流较小，不能采用过电流保护来兼作接地故障保护，只能采用剩余电流保护器。

④因只能采用剩余电流保护器来保护供电线路，对双电源（双变压器与柴油发电机组）转换时必须采用四极开关。

⑤适用范围：适用于电气设备或装置安装较分散的地方、适用于对电压敏感的数据处理设备、精密电子设备供电系统，适用于爆炸与火灾危险性场所，城市公共用电，建筑施工现场用电，户外场所用电。

4 IT 系统

IT 接地系统的电源不接地（或通过高阻抗接地），电气设备的外露导电部分可直接接地或通过保护导体接到电源的接地极上（见图 6）。

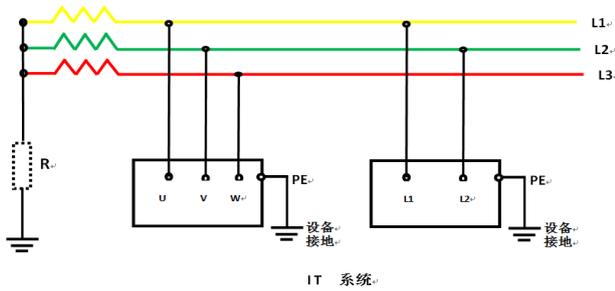


图6 IT系统

IT 接地系统出现第一次故障时,故障电流受到限制,电气设备的金属外壳上不会产生危险性的接触电压,因此可以不切断电源,电气装置仍能继续运行。此时设备或装置报警,通过专业检查检修来消除故障,可减少或消除电气装置的停电次数和时间。如果在第一次故障未消除的情况下故障进一步恶化或又发生第二次故障,故障点遭受线电压,故障

电流很大,就非常危险,因此,运行该系统,必须具有可靠而且易于检测出故障点的报警设备和熟练的电气技术人员。

IT 接地系统特点以及适用范围: ①没有中性导体引出。②发生第一次接地故障时,故障电流仅为非故障相对地的电容电流,其值很小,外露导电部分对地电压不超过 50V,不需要立即切断故障回路,能保证供电的连续性。③需要有绝缘监测仪器等报警设备来随时监测系统的绝缘情况才能保证安全运行。④适用范围:对供电稳定性、连续性要求高的场所,如应急电源、医院手术室,煤矿井下作业或其他矿井井下作业等。

参考文献

- [1] 实用电气安全技术[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 国标 GB 14050—2008 系统接地的型式及安全技术要求[S].
- [3] 国标 GBJ65—83 工业与民用电力装置的接地设计规范[S].
- [4] 国标 GB/T50065—2011 交流电气装置的接地设计规范[S].
- [5] 国标 50074—2014 石油库设计规范[S].