

变压器铁芯、夹件接地问题交流探讨

张军柱

陕西送变电工程有限公司 陕西西安

【摘要】变压器铁芯、夹件的接地方式，直接关系到变压器的安全运行。近几年发现很多变电站变压器铁芯、夹件的接地是与油箱壳体绝缘引下至主接地网，改变了过去经油箱下部专用接地点接地的方式。本文通过对变压器铁芯、夹件的结构、功能分析，以及探讨两种不同接地方式下对变压器安全运行的影响，从而明确与油箱绝缘引下至主接地网的方式将影响变压器的安全运行；正确的接法应该是铁芯、夹件经油箱下部专用接地点接地。

【关键词】变压器；铁芯；夹件；接地方式

【收稿日期】2022 年 11 月 18 日 **【出刊日期】**2022 年 12 月 23 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20220067

Ac discussion on grounding of Transformer Core and clamp

Junzhu Zhang

Shaanxi Power Transmission and Transformer Engineering Co., Ltd. Shaanxi Xi'an

【Abstract】The grounding mode of transformer core and clamp is directly related to the safe operation of transformer. In recent years, many transformer cores have been found in substations, and the grounding of the clamps is caused by insulation from the oil tank shell to the main grounding grid, which has changed the way of special grounding through the lower part of the tank. In this paper, the structure and function of transformer core and clamp are analyzed, and the influence of two different grounding modes on the safe operation of transformer is discussed. Thus, it is clear that the way of insulation from the oil tank to the main ground grid will affect the safe operation of the transformer; The correct connection method should be the iron core, the clamp through the lower part of the special contact point grounding.

【Keywords】transformer; core; clamp; Grounding mode

引言

目前，我国大中型变压器铁芯、夹件都是经过套管引至油箱外部接地。以前铁芯、夹件经套管引出后都接至变压器本体油箱外壳下部的专用接地点，如（图 1）；但近几年发现很多变电站都将两者与油箱绝缘引下至主接地网，如（图 2）。这两种不同接地方式对变压器安全运行的影响是完全不同的，本文通过对铁芯、夹件的结构功能分析以及两种不同接地方式下对变压器安全运行的影响，从而明确铁芯与夹件的正确接地方式。

1 铁芯与夹件的基本概念

铁芯是变压器的主要部件之一，它构成变压器的磁路。为了提高导磁系数和降低铁芯涡流损耗，

铁芯用表面涂漆（或经处理）的硅钢片叠成（图 3）。在结构上，铁芯的夹紧装置使磁导体（硅钢片）成为一个机械上完整的结构。这里的夹紧装置也就是我们简称的所谓“夹件”，它是由机械强度较好的型钢连接而成的框架，对硅钢片进行可靠的压紧和固定。

2 变压器铁芯夹件的结构

变压器铁芯、夹件经过套管引至油箱外部接地这种情况，是在铁芯、夹件与油箱壳体三者相互绝缘的前提下。如（图 4）示：

铁芯不能两点接地，如果铁芯两点或两点以上接地，则变压器在运行过程中，由于铁芯中磁通变化会在接地回路中有感应环流产生。接地点越多，

作者简介：张军柱（1966-）男，陕西三原，施工管理部副主任，高级工程师，从事变电站电气安装技术管理工作。

环流回路也越多。这些环流将引起变压器空载损耗增大，铁芯温度升高。当环流够大时，将烧毁接地片产生故障，所以铁芯必须一点接地。



图1 以前铁芯、夹件经套管引出



图2 近几年铁芯、夹件经套管引出

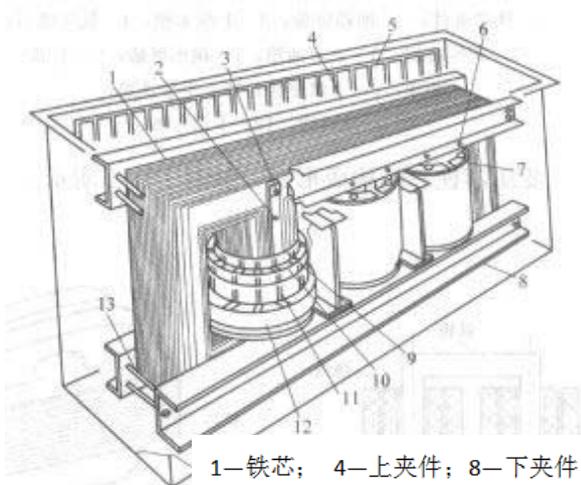


图3 铁芯用表面涂漆（或经处理）的硅钢片叠成

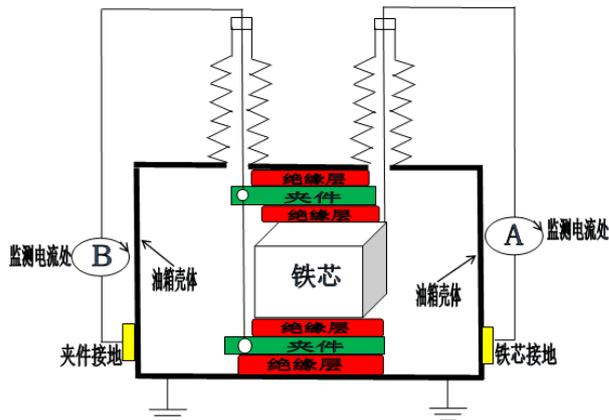


图4 变压器铁芯、夹件经过套管引至油箱外部接地

铁芯与夹件的绝缘是为了防止两者短接。若铁芯片只有一点与夹件连通并无妨碍，但在其他层的铁芯片再与夹件某处相连就会使铁芯形成环流。因此铁芯与夹件绝缘的一个主要原因就是确保铁芯一点接地。

同时，为了确保变压器内部铁芯与夹件不接触、短接，从而引起铁芯多点接地，国内大中型变压器的铁芯、夹件及油箱壳体在变压器内部都是相互绝缘的，而将其需要接地点经引线引至油箱外部进行接地。

3 铁芯夹件接地的作用

变压器在运行中，铁芯、夹件、油箱外壳等，均处在强电场中，在电场作用下，各自具有较高的对地电位。如果铁芯不接地，它与接地的夹件及油箱等之间就会有电位差存在，在电位差的作用下，会产生断续的放电现象。

另外，在绕组的周围，具有较强的磁场，铁芯和夹件等零部件都处在非均匀的磁场中，它们与绕组的距离各不相等，所以各零部件被感应出来的电动势大小也各不相等，彼此之间因而也存在着电位差。铁芯和金属构件上会产生悬浮电位差，电位差虽然不大，但也能击穿很小的绝缘间隙，因而也会引起持续性的微量放电，这些现象都是不允许的，而且要检查这些断续放电的部位，也是非常困难的。

同时，在变压器运行过程中，由于铁芯及夹件在电场中所处的位置不同，产生的电位也不同，当两点的电位差达到一定数值时便产生放电现象。放电的结果会使变压器油分解或固体绝缘损坏。为避免这些现象的产生，铁芯及其金属结构件必须有效接地。

4 变压器铁芯、夹件有效接地分析

4.1 铁芯、夹件经套管引出后接至本体油箱下部的专用接地点

现场实际接法如（图 5）所示，等效回路原理示意如（图 6）。变压器验收规范要求，变压器本体（油箱壳体）必须两点可靠接地，因此，我们可以把本体油箱壳体视为与大地等效的零电位基准点。由于铁芯、夹件在强电场作用下，各自具有较高且不相同的对地悬浮电位，它们与油箱壳体之间，以及铁芯、夹件相互之间，会产生大小不同的电位差。这些电位差会产生大小不同、断断续续的微量放电，从而使变压器油分解产生乙炔等气体，给变压器运行带来安全隐患。如果我们按照（图 5）、（图 6）所示，将铁芯、夹件接地引线经套管引出后接至变压器本体油箱下部的铁芯、夹件专用接地点上，这样就能确保铁芯、夹件与油箱壳体处于等电位状态，从而消除三者之间的悬浮电位差，进而消除以上安全隐患。这也就是过去变压器厂家在本体外壳下部设置铁芯、夹件专用接地点的原因。



图 5 现场实际接法

此种方式铁芯一点接地的位置，就是本体油箱上的这个铁芯专用接地点。通过监测 A 处的电流变化，可以判断铁芯是否有两点以上接地情况。

正常运行时，由于铁芯、夹件与油箱壳体三者之间均处于相互绝缘状态，铁芯与油箱外壳下部的专用接地点构不成电流通路，因此，在 A 处监测到的是很小的感应泄露电流，其数值只会在一个较小的幅度内，变化不会很大。

当铁芯与油箱壳体除外壳下部专用接地点以外另有一点 X 接地（且此时夹件接地无异常）时，等效回路原理示意如（图 6），接地电流按以下通路：

铁芯—铁芯引线—监测电流处 A—铁芯专用接地点—油箱外壳—铁芯与外壳接地点 X—铁芯形成电流回路。这时在 A 处会监测到比正常感应泄露电流明显变大的接地电流，接地点越多，监测到的电流越大。而此时在 B 处电流与正常运行时无异常。

同样，当夹件与油箱壳体除外壳下部夹件专用接地点以外另有一点 Y 接地，亦即与油箱壳体接地（且此时铁芯接地无异常）时，夹件接地接地电流会在夹件—夹件引线—监测电流处 B—夹件专用接地点—油箱壳体—夹件与油箱壳体接地点 A—夹件之间形成回路。此时在 B 处会监测到比正常感应泄露电流明显变大的接地电流，而此时在 A 处电流无异常。

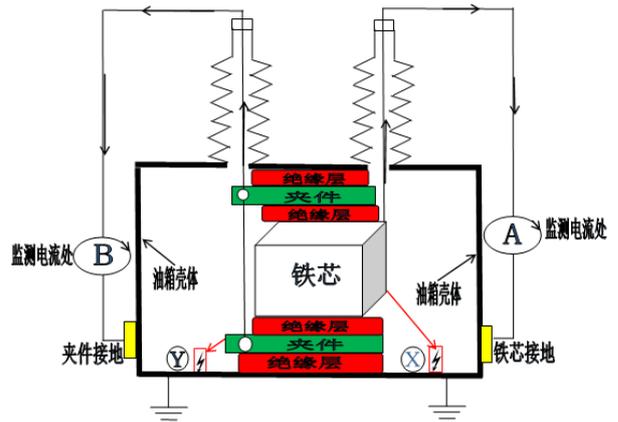


图 6 等效回路原理示意图

当铁芯与夹件之间的绝缘损坏，两者导通（且铁芯、夹件与油箱壳体之间绝缘完好无接地）时，铁芯会经夹件以及夹件专用接地点形成两点接地，接地电流会在铁芯—铁芯引线—监测电流处 A—铁芯专用接地点—油箱壳体—夹件专用接地点—监测电流处 B—夹件引线—夹件—（夹件与铁芯绝缘损坏之处）—铁芯之间形成通路。此时 A 处与 B 处监测到的接地电流相同。

当铁芯与夹件各自分别与油箱壳体有除专用接地点第二点接地时，A 与 B 处会监测到比正常运行时明显增大的接地电流，但此时两处的电流大小不一定相等。以上情况可总结为表 1。

由表 1 分析可知：

（1）正常运行时，在 A 处监测到的是很小的感应泄露电流，其数值只会在一个较小的幅度内，变化不会很大。

（2）当 A 处监测到比正常感应泄露电流明显

变大的电流，而 B 处电流与正常运行时无异常，说明铁芯存在 2 点接地，亦即铁芯与油箱壳体除外壳

下部专用接地点以外另还有接地点（此时夹件接地无异常），接地点越多，监测到的电流越大。

表 1 情况总结表

检测结果和接地情况	A 点电流	B 点电流	A 与 B 差别	电流性质
正常情况	正常（很小）	正常（很小）	差别不大	感应泄露电流
铁芯 2 点接地	明显变大	正常（很小）		感应环流
夹件 2 点接地	正常（很小）	明显变大		感应环流
铁芯-夹件短路	明显变大	明显变大	A=B	感应环流
铁芯、夹件各自 2 点接地	明显变大	明显变大	A 与 B 不一定相等	感应环流

(3)当 B 处监测到比正常感应泄露电流明显变大的电流，而此时在 A 处电流与正常时比较无异常，说明夹件存在 2 点接地，亦即夹件与油箱壳体除外壳下部专用接地点以外另还有接地点（且此时铁芯接地无异常）。

(4)当 A 与 B 处监测到比正常明显增大且大小相等的电流时，说明铁芯与夹件之间的绝缘损坏，两者导通（且铁芯、夹件与油箱壳体之间绝缘完好无接地）。

(5)当 A 与 B 处监测到比正常明显增大且两者不相等的电流时，说明铁芯与夹件各自分别与油箱壳体存在两点及以上接地。

由此可见，铁芯、夹件经本体油箱上的专用接地点接地，不仅能确保铁芯、夹件与油箱壳体三者等电位，还可通过监测 A 处与 B 处电流变化，来判断铁芯是否存在两点及以上多点接地，以及夹件绝缘是否完好等情况。

4.2 铁芯夹件与油箱壳体绝缘引下至主接地网

根据前面分析，要消除铁芯、夹件、油箱壳体三者之间的悬浮电位差，最根本的解决办法就是确保铁芯、夹件与油箱壳体三者处于等电位状态。铁芯、夹件与油箱壳体绝缘引下至主接地网（图 2）、（图 7）这种接法，从理论上讲由于三者经由主接地网构成了电气通路，应该是处于等电位的，但实际运行中与真正等电位的要求还是有一定区别。

铁芯、夹件经套管引出后接至本体油箱下部的专用接地点（图 5、图 6）是直接把油箱壳体当做接地母体以实现铁芯、夹件、油箱三者等电位。

而与油箱绝缘引下至主接地网（图 2、图 7），则是经过铁芯→铁芯引出线→F→D→C→H→油箱壳体→G→B→A→E→夹件引线夹件，这样一个经

过主接地网迂回而形成的等电位通路。很明显，这个迂回电气通路在形成等电位的效能上远不如前面直接接至油箱本体外壳上的效果。原因分析如下：

(1) 经过 F、D、C、B、A、E 等连接焊接点过渡，很有可能因某一接点的焊接处质量或接触不良引起接触电阻增大，从而使得 E、F 点在电场作用下其电位不相同。

(2) 变压器运行过程中，在周边地网由于交链磁通引起电场分布不均匀，在大地上造成的电位梯度，也可能使 E、F 点电位不同。

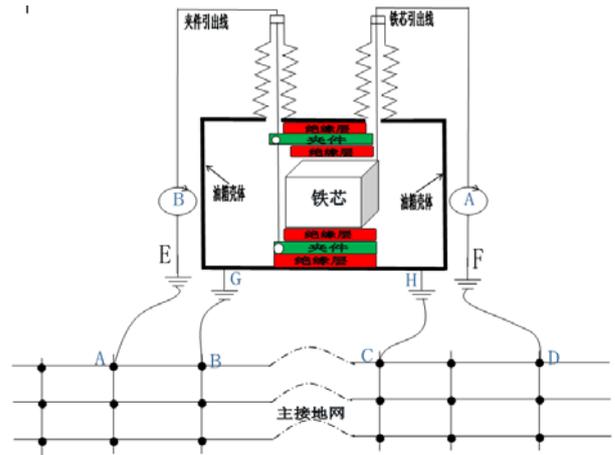


图 7 油箱绝缘引下至主接地网

(3) 由于雷电泻放入地电流、中性点过电压泄流、三相负荷不平衡时中性点对地泄放电流等等其它土壤中的动态杂散电流影响，都有可能使 E、F 点电位不同。

(4) 在变电站中设置的等电位接地网，为了保证等电位网的电位相同，设计时会在电位沟内将等电位接地排与主接地网绝缘开来，只在指定的特定位置与主接地网进行连接。依此原理，我们也可看

出，（图 7）经过埋在土壤中主接地网迂回而形成的电气通路，不满足等电位网布设的要求，因而会受到地中电流的影响而达不到等电位的效果。只要 E、F 点电位不同，就会造成铁芯、夹件、油箱三者之间产生电位差，不能保证三者等电位的效果。

如前所述，在铁芯、夹件经本体油箱上的专用接地点接地方式下，可通过监测 A 处与 B 处电流变化，来判断铁芯是否存在两点或多点接地，以及铁芯、夹件绝缘的完好情况等。而在铁芯、夹件与本体油箱壳体完全绝缘引下至主接地网接线方式下，由于正常运行时 E、F 点电位可能不同，干扰电流比较大，因而使得通过监测 A 与 B 处电流来判断铁芯夹件接地情况变得比较复杂，不便于对内部接地情况进行分析判断。

5 结论

铁芯及其金属构件（夹件）在电场的作用下，具有不同的电位，与油箱电位又不同。虽然它们之间电位差不大，也将通过很小的绝缘距离而断续放电。放电一方面使油分解，产生乙炔等气体，另一方面无法确认变压器在试验和运行中的状态是否正常。因此，铁芯及夹件必须经油箱壳体而接地，确保三者等电位，消除彼此之间的电位差；铁芯及夹件与油箱外壳绝缘引下接地，会因铁芯、夹件接地

回路经由主接地网迂回不可靠，同时受分散地电流随机影响，使得铁芯、夹件有可能产生不同的悬浮电位，从而不能保证三者等电位，给变压器的生产运行带来安全隐患。

参考文献

- [1] 王越明 王朋 杨莹 变压器诊断与维修 化学工业出版社 2008.8
- [2] 冯超 电力变压器检修与维护 中国电力出版社 2013.3
- [3] 钟洪壁 高占邦 王正官 王世阁 电力变压器检修与试验手册 中国电力出版社 2000.1
- [4] GB 50148-2010 《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》 中国计划出版社 2010.10

版权声明：©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS