

浅谈电动机、变压器极性判断的差异

吕彦飞 姚 媛

国能神东煤炭集团 陕西 榆林 719315

摘要：电动机与变压器在极性判断上存在显著差异。电动机极性判断关乎旋转磁场形成与电能转换效率，错误接线可能导致三相电流不平衡、过热等严重问题。而变压器极性判断则直接影响并联运行的稳定性与安全性，极性不一致会引发环流、短路等故障。本文对比了两者的基本工作原理、结构特点，并分析了直流通断法等极性判断方法在电动机与变压器中的应用差异及原因。

关键词：电动机；变压器；极性判断；差异

引言：电动机与变压器作为电力系统中的核心组件，其极性判断的正确性对于设备的可靠运行至关重要。两者虽均基于电磁感应原理工作，但在结构与功能上存在显著差异，导致极性判断方法及重要性各不相同。本文将深入探讨电动机与变压器在极性判断方面的异同，分析不同极性判断方法的适用性及其在实际应用中的挑战，以期为电力设备维护与故障排查提供理论指导与实践依据。

1 电动机与变压器的基本工作原理

1.1 电动机的工作原理

(1) 异步电动机的电磁机械转矩原理：异步电动机的电磁机械转矩源于定子绕组通入三相交流电产生的旋转磁场，与转子绕组中感应电流相互作用。旋转磁场切割转子导体，引发电磁感应，转子电流在磁场中受安培力，形成电磁转矩驱动转子转动。其转速始终低于旋转磁场转速（转差率存在），正是这一转速差保证了转子电流的持续产生，使转矩得以维持，实现电能到机械能的转换。(2) 定子与转子间的磁场感应作用：定子三相绕组通交流电后，产生以同步转速旋转的旋转磁场。该磁场穿过转子铁芯，切割转子绕组（笼型或绕线型），依据电磁感应定律，转子绕组中产生感应电动势和电流。转子电流产生的磁场与定子旋转磁场相互作用，形成电磁力，促使转子跟随旋转磁场转动，两者通过磁场实现能量传递，定子是磁场的激发端，转子则是受力与能量输出端。

1.2 变压器的工作原理

(1) “电-磁-电”转换过程：变压器基于电磁感应定律实现能量传递。原绕组接交流电源时，电流产生交变磁通，完成“电-磁”转换。交变磁通通过铁芯耦合到副绕组，使副绕组感应出交变电动势，若副绕组接负载则产生电流，实现“磁-电”转换。整个过程无电的直接连

接，依赖磁场作为媒介，将原边电能传递到副边，且频率保持不变。(2) 主磁通与绕组间的感应作用：原绕组电流产生的磁通分为主磁通和漏磁通，主磁通沿铁芯闭合，同时穿过原、副绕组。根据电磁感应定律，主磁通的交变在原、副绕组中分别感应出电动势，其大小与绕组匝数、主磁通变化率成正比。匝数多的绕组感应电动势高，通过匝数比实现电压变换，主磁通是绕组间能量传递的关键载体。

2 电动机与变压器的结构差异

2.1 电动机的结构特点

(1) 定子与转子的结构与材料：电动机定子由定子铁芯、定子绕组和机座组成。定子铁芯多采用0.35-0.5mm厚的硅钢片叠压而成，硅钢片表面涂有绝缘漆，以减少涡流损耗；定子绕组通常由铜导线绕制，按一定规律嵌入铁芯槽内，通入电流后产生旋转磁场。转子分为笼型和绕线型，笼型转子铁芯同样用硅钢片叠成，转子绕组由铸铝或铜条与端环构成闭合回路；绕线型转子则有三相绕组，其结构与定子绕组相似，绕组末端通过滑环和电刷与外部电路连接。(2) 空气隙的存在及其对性能的影响：电动机定子与转子之间存在空气隙，其厚度通常为0.2-1.5mm。空气隙是电动机磁路的重要组成部分，虽然其磁阻远大于铁芯磁阻，但它的存在是保证转子自由转动的必要条件。空气隙过大，会导致磁阻增大，使励磁电流增加，电动机的功率因数降低；空气隙过小，则可能引起定子与转子之间的摩擦，同时会使谐波磁场增强，增加附加损耗，影响电动机的运行性能^[1]。

2.2 变压器的结构特点

(1) 铁芯与绕组的静止性：变压器的铁芯和绕组均为静止部件，没有像电动机那样的旋转部分。铁芯是变压器的磁路，由硅钢片叠装而成，形成闭合的磁路，为磁通提供低磁阻路径。绕组套装在铁芯上，分为原绕组

和副绕组，两者之间没有电的直接连接，仅通过电磁感应传递能量。这种静止结构使得变压器运行稳定，无需考虑旋转部件带来的机械磨损和动态平衡问题。（2）绕组绕制方法与材料选择：变压器绕组的绕制方法根据容量和电压等级有所不同，常见的有同心式和交叠式。同心式绕组中，原、副绕组同心地套装在铁芯柱上，低压绕组通常靠近铁芯，高压绕组则套在低压绕组外面，以减小绝缘距离；交叠式绕组的原、副绕组交替叠放，多用于大容量、高电压的变压器。绕组材料多选用铜导线，因其导电性能好、损耗低，对于小容量变压器，也可采用铝导线以降低成本。绕组导线外面包裹着绝缘材料，如绝缘纸、漆布等，以保证绕组间和绕组与铁芯间的绝缘。

3 极性判断的重要性

3.1 电动机极性判断的重要性

（1）三相异步电动机接线板损坏时的风险：三相异步电动机接线板若损坏，绕组引出线的首尾标识会丢失或模糊，此时若不进行极性判断就盲目接线，极易导致绕组首尾端接错。这会使定子绕组产生的旋转磁场紊乱，甚至无法形成有效的旋转磁场，造成电动机无法启动。即便能启动，也会出现转速异常、振动剧烈、发出异常声响等问题，加速轴承等机械部件的磨损。同时，磁场的不对称还会引发铁芯过热，缩短电机的使用寿命，增加设备维修成本。（2）错误接线导致的三相电流不平衡、过热等问题：极性判断错误引发的错误接线，会破坏三相电流的对称性，导致三相电流不平衡。不平衡的电流会使电机运行时产生负序磁场，该磁场不仅会增加电机的附加损耗，还会使绕组局部温度急剧升高，加速绝缘层的老化。长期运行下，可能造成绕组烧毁，引发电机故障。此外，三相电流不平衡产生的不均衡电磁力，会使电机振动加剧、噪声增大，影响其运行的稳定性和安全性，甚至可能对整个电力系统的正常运行造成干扰。

3.2 变压器极性判断的重要性

（1）并联运行时极性一致性的必要性：多台变压器并联运行时，必须保证极性一致。极性一致意味着各变压器原绕组和副绕组的同名端对应关系相同，这样才能确保副边输出电压的相位一致，避免在并联回路中产生环流。若极性不一致，副边电压会形成电位差，从而产生环流。环流会消耗大量电能，降低变压器的运行效率，同时使绕组过热，影响变压器的输出容量，严重时会破坏并联运行的稳定性，导致整个供电系统出现故障^[2]。

（2）极性错误可能引发的短路事故：变压器极性错误在

多种场景下都可能引发严重的短路事故。例如，当两台极性相反的变压器并联时，或者在进行绕组的串联、并联组合以调整电压时出现极性错误，会使绕组之间形成低阻抗回路，瞬间产生巨大的短路电流。这股电流会烧毁绕组的绝缘层和铁芯，造成变压器损坏，甚至可能引发火灾等安全事故。另外，极性错误还会导致测量仪表的读数失真，影响对变压器运行状态的准确判断，给设备的安全运行埋下隐患。

4 电动机与变压器极性判断方法

4.1 电动机极性判断方法

（1）串联判别法：将三相绕组中任意两相的首尾端串联，第三相接入低压交流电源。若串联绕组形成的回路电流较小，且电机无异常发热，说明串联的是异名端（一相首端与另一相尾端）；若电流骤增、绕组发烫，则为同名端串联。通过轮换测试三相绕组，可依次确定各相的首尾极性。（2）直流通断法：将直流电源（如1.5V干电池）连接到某相绕组两端，另一相绕组接入直流毫安表。闭合电源瞬间，若毫安表指针正向偏转，表明接电源正极的端点与接毫安表正极的端点为同名端；断开电源时指针反向偏转，可验证判断。该方法利用电磁感应中“磁通变化产生感应电流”的原理，通过电流方向反映绕组极性关系。（3）转子转动法：适用于笼型异步电动机，将任意两相绕组并联后接交流电源，第三相开路。若转子能灵活转动且无明显卡滞，说明并联的是异名端（磁场方向一致）；若转子被“锁定”难以转动，为同名端并联（磁场相互抵消产生制动效应）。通过调换接线重复测试，可精准确定各相首尾。（4）直流法差异分析：毫安表指针偏转方向直接反映感应电流方向。当电源接通时，原绕组磁通增强，被测绕组感应电流产生的磁通会阻碍原磁通变化。若指针正向偏转，说明两绕组感应磁通方向相反（异名端）；反向偏转则表示感应磁通方向相同（同名端）。偏转幅度与绕组匝数、磁耦合强度相关，匝数对称时偏转幅度应基本一致。

4.2 变压器极性判断方法

（1）电压表法：将原绕组A端与副绕组a端连接，原边接低压交流电源，测量原边电压U1、副边电压U2及X与x端电压U。若 $U = |U_1 - U_2|$ ，则A与a为同名端（电压相位相同）；若 $U = U_1 + U_2$ ，为异名端（相位相反）。该方法利用电压叠加原理，通过差值与和值判断极性关系。（2）直流通断法：原绕组接直流电源与开关，副绕组接直流电流表。闭合开关瞬间，若电流表指针正向偏转，原边接电源正极的端与副边接电流表正极的端为

同名端；断开时指针反向偏转。原理基于楞次定律，感应电流的磁场总是阻碍原磁通变化，指针方向直接反映绕组极性。（3）氖气管法：原绕组接220V交流电源，用氖气管一端接原绕组非电源端，另一端接触副绕组一端。若氖气管发光，说明接触的两端为异名端（存在电位差）；不发光则为同名端（电位相近）。测试时需注意安全，避免直接接触带电体^[3]。（4）交流法测试绕组端电压相位关系：将原、副绕组同名端假设为A与a，分别测量A-X、a-x的电压。再测A与a间电压，若读数为两电压差值，说明假设正确（相位相同）；若为两电压之和，则相位相反，需重新标记极性。该方法通过相位一致性判断同名端，适用于高精度测试场景。

5 直流通断法在电动机与变压器极性判断中的差异分析

5.1 直流通断法的应用原理

（1）同名端的定义与判定：同名端指两个绕组中，当电流同时流入时产生的磁通方向相同的端点。在直流通断法中，通过观察绕组中感应电流的方向判定同名端：当电源接通瞬间，若被测绕组感应电流使仪表指针正向偏转，说明接入电源正极的端点与仪表正极连接的端点为同名端；反之则为异名端。这一判定基于电磁感应中“磁通变化产生感应电流阻碍磁通变化”的楞次定律。（2）电动机与变压器中电流与磁通的关系：两者均遵循电磁感应定律，电流变化会产生交变磁通，进而在其他绕组中感应电动势。电动机中，定子绕组通入直流电流时产生恒定磁通，断开瞬间磁通突变，转子绕组因电磁感应产生电流；变压器中，原绕组通断直流时，铁芯中磁通变化，副绕组会感应出瞬时电流。但电动机的磁通路径包含空气隙，而变压器磁通主要沿铁芯闭合，两者磁通耦合效率存在差异。

5.2 差异原因剖析

（1）电动机与变压器磁路结构的不同：电动机存在定子与转子间的空气隙，磁路磁阻较大，磁通在空气中的扩散效应明显，导致定子与转子绕组的磁通耦合度较低。而变压器铁芯为闭合磁路，磁阻小，原、副绕组紧密绕在同一铁芯上，磁通耦合几乎无漏磁。这种结构差异使电动机感应电流的幅值较小，而变压器感应电流更

显著，对仪表灵敏度要求不同。（2）电流产生磁通的右手螺旋定则在两者中的应用差异：在电动机中，定子绕组通入直流电流时，根据右手螺旋定则，磁通沿定子铁芯、空气隙、转子铁芯形成回路，磁场方向与绕组绕向及电流方向相关；转子绕组的感应电流方向需结合磁通变化方向（楞次定律）判断。变压器中，原绕组电流产生的磁通完全沿铁芯闭合，右手螺旋定则直接决定铁芯中磁通的环绕方向，副绕组感应电流的方向仅由原磁通变化方向和绕组绕向决定，无需考虑空气隙的磁通扩散影响^[4]。（3）直流通断法下毫安表指针偏转方向的解释：电动机中，由于空气隙导致磁通耦合较弱，且转子绕组可能因结构（如笼型）形成多回路，毫安表指针偏转幅度较小，且需区分定子与转子绕组的相对运动影响（静态测试时需固定转子）。变压器中，原、副绕组耦合紧密，磁通变化率高，感应电流大，指针偏转明显；指针方向严格对应原、副绕组的绕向关系，即同名端感应电流方向始终遵循“阻碍磁通变化”原则，偏转方向与绕组绕向的关联性更直接。

结束语

综上所述，电动机与变压器在极性判断上的差异不仅源于其各自独特的工作原理和结构特点，更体现在实际应用中对安全性与效率的不同要求。正确判断极性对于保障设备的正常运行、预防故障发生具有至关重要的意义。未来，随着电力技术的不断进步，对电动机与变压器极性判断的准确性及效率将提出更高要求。因此，深入研究极性判断的新方法、新技术，对于提升电力设备运行水平、保障电网安全具有重要意义。

参考文献

- [1] 刘希村. 变压器同名端与三相异步电动机首尾端判别方法分析[J]. 机电工程技术. 2021,(11):104-105.
- [2] 杨海燕. 浅析三相异步电动机定子绕组首尾端的判别[J]. 轻工科技. 2020,(10):91-92.
- [3] 黄河. 三相异步电动机定子绕组首尾端的判别方法及原理[J]. 职业. 2021,(17):147-148.
- [4] 徐文媛. 浅谈电动机、变压器极性判断的差异[J]. 计测技术, 2020,(05):70-71.