

智能变压器简介

智能电网需要智能化变电站支撑，一个终极智能化变电站其站内所有设备应全部是智能化的，在网络的支撑下实现信息高速交互，协同操作，从而保证更安全、经济、可靠运行，一次设备智能化是发展智能电站的基础。

1. 智能高压设备的基本定义

通过网络接受系统控制指令，将设备的运行状态实时反馈到系统。

2. 智能变压器

一个能够在智能系统环境下，通过网络与其他设备或系统进行交互的变压器。其内部嵌入的各类传感器和执行器在智能化单元的管理下，保证变压器在安全、可靠、经济条件下运行。出厂时将该产品的各种特性参数和结构信息植入智能化单元，运行过程中利用传感器收集到实时信息，自动分析目前的工作状态，与其他系统实时交互信息，同时接收其他系统的相关数据和指令，调整自身的运行状态。

3. 智能变压器组成

变压器主体；检测设备各种状态的传感器；执行器；通讯网络；变压器智能化单元（TIED）；智能化辅助设备。

4. 变压器智能化单元

可简称 TIED(Transformer Intelligent Electric Device),这是整个智能化变压器的核心，其内部潜有数据管理、综合数据统计分析、推理、信息交互管理等。变压器出厂时将各种技术参数、极限参数、结构数据，推理判据等，通过专家知识库的数据组织形式植入智能化单元。用标准协议与其他智能系统交换信息。各种传感器、执行器通过各自的数字化或智能化单元接入。一些简单的模拟量、开关量可直接接入 TIED。

对 TIED 的其他要求：

- 1) 支持标准通讯协议：IEC61850 和 TCP/IP。
- 2) 具有互操作性，能够与同一厂家或不同厂家的 IED 互联。
- 3) 内嵌 Web 维护界面，支持远程维护功能。
- 2
- 4) 带有跟踪自诊断功能，确保系统异常后实时报警。
- 5) 满足室外长期运行要求，必须保证能够在恶劣环境或极端环境和变电站强电磁干扰环境下，安全可靠运行。

5. 智能变压器信号检测技术要求

智能变压器与传统变压器最大的区别除所有信号采用统一标准的数字化传输外，在运行过程中应能将运行状态通过智能化单元实时反馈给系统，涉及的关键参数及检测方法：

5.1 电压

目前变压器各绕组的工作电压不在本体上监测或检测，而是由专门的 PT 完成，供二次系统使用。

智能变压器在运行过程中各绕组的工作电压需要反映到智能化单元（TIED），这是评估自身运行状态的重要参数之一，变压器承受的电压、电压谐波、过励磁状态、传输容量计算、调压过程监测都需要通过电压分析计算。

各绕组电压参数的获取方法：

1) 在变压器内部或本体上集成电压传感器，具体传感器形式可没有限制，电磁式、电容式、光电式等，目前可采用技术成熟的检测方法。传感器获得的低压模拟信号直接接入智能化单元(TIED)，数字化后作为 TIED 的分析输入参数或打包通过网络向系统传送的信号。

传感器无论采用电磁式或电容式，其容量与传统 PT 相比很小。在满足精度和信噪比要求的前提下，仅供 A/D 转换用，低压侧 $<1\text{mA}$ 即满足要求。

2) 变压器状态评估所需的各绕组的电压实时信号，通过网络从其他智能化单元（IED）上获取。如：独立的智能化电压、电流测量单元。但必须是实时信号，而不是有效值信号。

TIED 中应支持以上两种电压信号获取方式。

电压数字化要求： 分辨率：16bit

采样率：128 点/周波。

精度：测量 0.2% 保护 5P

3

5.2 电流

传统变压器各绕组的工作电流，无论是本体上带套管 CT, 还是独立测量，都是供二次保护或测量、计量系统使用，套管 CT 的二次通过变压器端子箱，以模拟信号的形式（0-1A 或 0-5A）传给控制室。

智能变压器在运行过程中各绕组工作电流的稳态或暂态量必须实时反映到智能化单元(TIED)，用于评估自身的运行状态，分析变压器负荷、电流谐波、调压过程监测等。

电流信号的获取方法：

1) 在变压器内部集成电流互感器，具体形式不限制，电磁式、电子式、光纤式等。目前套管 CT 技术成熟，而且数字化后 CT 的容量很小，目前还应以这种形式为主，在变压器本体安装优于其他形式。从套管 CT 获取的模拟电流信号（0-10mA 或 0-5mA）直接送 TIED 数字化，作为 TIED 的分析输入信号或打包通过网络向系统传送。

与电压信号类似，电流信号本地直接数字化，在满足精度和信噪比要求的前提下，容量可以很小。

2) 外部获取，与电压信号外部获取相同。

在变压器智能化单元中应支持以上两种电流信号获取方式。

电流数字化要求： 分辨率：16bit

采样率：128 点/周波。

精度：测量 0.2% 保护：5P

5.3 油温

传统变压器的油温检测采用油面温度计（机械或电子式），输出接点控制信号或模拟信号（如：4-20mA）直接控制冷却器或通过端子箱接入主控室，有些变压器根据用户要求检测油面温度和油箱底部温度。

智能变压器油温检测采用 PT100，监测油面温度、油箱底部温度和环境温度。PT100 直接接到 TIED 或温度监测智能化单元。

智能化单元最少应具备 5 路 PT100 温度检测输入接口。

油面温度： 2 路；底部温度： 2 路；环境温度： 1 路

精度要求与目前变压器上使用的相同。

4

各路温度信号直接在 TIED 数字化，控制冷却器或打包传输，冷却器控制指令由智能化单元给出。

5.4 绕组热点温度：

目前变压器绕组温度检测主要采用绕组温度计间接检测，即通过电流补偿的形式反映绕组温度，不能真正反映绕组的热点温度。新技术主要以光纤测温为研究热点。

光纤测温是通过预埋在绕组上的多个光纤温度探头实现测温的，但由于存在很多问题，有待进一步完善和探讨。

1) 将光纤探头预埋在绕组上，目前需要在变压器线圈绕制过程中预埋，工艺难度较大，且线圈绕完后需要经过多道工序处理（整形、干燥、吊装等），进入总装后还有多道工序才能完成整体装配。光纤细而强度低，在此过程中很容易损坏。我公司根据用户要求生产过几台类似产品，但装配完后，光纤没有 100%完好的。

2) 光纤探头测量的是单点温度，预埋的位置是设计人员根据计算评估确定的，很难与实际热点温度吻合。

3) 光纤在变压器绕组内部受振动、温度、油浸等多种因素影响，寿命和精度都很难保证。由于在线圈内部，损坏后根本无法修复或更换。有些在 3-5 年后基本都退出运行了。

总之用光纤测量绕组热点温度是发展趋势，但需要在测量方法和安装

工艺上进行改进，才能进入实用阶段。

变压器绕组热点温度测量要用改进的光纤测温方法实现。

5.5 绕组变形

智能变压器需要监测绕组变形情况，目前还没有带电在线监测手段。

非带电检测绕组变形也处于评估水平。如：频响法、阻抗法、高压脉冲法等。这些手段也仅限于非带电评估检测。

真正的绕组变形检测需要内置传感器，可以考虑采用光纤检测绕组变形。

第一阶段的智能变压器可以不考虑绕组变形检测。

5.6 油压

5

与传统变压器不同，智能变压器油箱内部的油压需要通过传感器以模拟信号或数字信号的形式反映给 TIED。同时还要保留气体继电器的接点信号（轻瓦斯和重瓦斯），油压如果采用模拟传感器，可在 TIED 内直接量化，也可通过 A/D 转换层量化。

油压传感器要求，目前气体继电器+模拟压力传感器。

5.7 油中气体

反映变压器运行状态的重要分析数据是油中气体含量，目前不但有相关标准和问题分析基本判据，也有大量的经验积累。在现有技术开发的油气监测装置，从原理上主要有四种：

- 1) 传统气象色谱法：精度高，能准确分析多种气体含量，但用于在线监测，结构复杂、故障率高、消耗载气，色谱柱寿命短。
- 2) 光声光谱法：精度适中，可分析多种气体，但对环境要求高，稳定性一般，但不需要载气和耗材。
- 3) 燃料电池法：仅能反映综合气体，且以氢气为主，精度一般。
- 4) 气体传感器法：多种传感器，分别检测不同气体成分。目前技术不成熟，只要是单组分传感器。

智能变压器在第一阶段可采用目前成熟的多组分气象色谱法在线监测装置。在线监测装置内置 IED 单元，通过标准总线与 TIED 通讯。数据包格式需要进一步详细定义。

5.8 局放

在智能化变压器中局放监测是必不可少的。与油气相比，反映速度快、灵敏度高、可实现定位。近年来随着检测方法和手段的改进，逐步受到重视，已成为衡量变压器绝缘性能的关键指标。随着在线监测和分析方法的改进，已完全进入实际应用阶段。

目前变压器局放监测主要有以下几种方法：

1) 脉冲电流法：这是标准指定的方法，校验和检测都有标准，通过在放电量衡量变压器的放电水平。频段在 20kHz-400kHz，此方法是变压器出厂试验和验收试验指定的方法。用于在线监测如何克服现场干扰是关键问题，随着滤波和放电信号识别算法的改进，已进入实用阶段。检测传

6
感器安装在套管末屏或铁心（夹件）接地线上。

2) 超高频（或特高频）法：这是为克服现场干扰问题而开发的一种方法。频带在 20MHz - 1500MHz 之间，通过高频天线接收某个干扰小的频段信号，检测放电量。这种方法用于变压器局放在线监测还存在很多问题：
1. 高频信号尤其是特高频，传播衰减很快，受被测设备结构影响很大，变压器内部主要是金属部件，监测天线无论装在什么位置都会有盲区。
2. 定量困难，不但非线性，而且受放电位置影响很大，目前没有标准。
3. 在变压器上安装困难，需要开安装孔，对保证高压变压器内部油质有影响，且在单一点检测有盲区。

3) 超声法：与超高频法类似，存在定量困难、检测有盲区的缺点。目前主要用于局放定位，由于局放信号声电传输速度差明显，可实现局放定位。受各种电信号干扰小。

大型变压器在箱体外部检测超声，由于油箱磁屏蔽和箱壁的影响，灵敏度较低，一般可检测量在 1000pC 以上（受放电性质和位置影响）。鉴于上述特点，智能变压器局放检测传感器应采用内外结合放置。

外置传感器：

1) 铁心接地线上安装高频电流传感器。实践证明对于变压器本体破坏性放电，铁心接地线上都能检测到。

2) 高压套管末屏上安装高频电流传感器，植于套管末屏引出线端，监测变压器本体的同时，监测套管放电。

内置传感器：

必须在保证变压器运行安全可靠的基础上，植入内部传感器，且更换或维护不能停运或吊开变压器。满足上述条件的传感器必须是无源的，并且在变压器内部不能有电子线路。

内置传感器采用内外分置安装法。因为脉冲电流传感器内外安装没有区别，仅考虑在外部安装。

1) 超声波传感器的分置安装

在变压器箱壁上选定 2-6 个位置安装广角超声波导杆，将局放超声信号传导至油箱外部的传感器。波导杆组件与箱壁通过法兰连接，外部安装

7

超声传感器。

2) 超高频传感器的分置安装, 在变压器箱壁上选定 2-4 个重点检测部位, 安装平板型高频接收天线, 天线组件与箱壁通过法兰连接, 外部设传感器安装法兰。

在智能变压器中内外分置的两种传感器, 超声优于超高频, 因为超声可同时评估放电部位。但对电抗器的局部放电监测, 内置传感器应采用超高频。

智能变压器局放监测装置(内置 IED) 将各传感器接收到的信号, 分析处理后, 通过标准通讯协议送 TIED 单元。

局放监测主要技术要求:

在线监测灵敏度: 铁心接地线检测: 500pC。

箱壁超声或超高频监测: <1000pC。

具备位置评估和放电统计分析功能。

5.9 铁心接地电流

铁心接地电流由接地电流互感器转换成(0-10mA)模拟信号或数字化信号直接接入 TIED 单元。

5.10 油质监测

目前可与油气在线监测集成在一起, 监测油含水量, 分析结果通过自身的 IED 单元送 TIED, 作为评估变压器绝缘状态的参数之一。

5.11 内部振动监测

主要检测运行中变压器内部零部件的松动, 目前还处于探索阶段, 传感器可分置安装。

5.12 其它接点状态信号

气体继电器: 重瓦斯、轻瓦斯

压力释放器: 状态量

压力继电器: 状态量

油位: 上限、下限

油流: 油流状态

充氮灭火: 状态信号

8

电吸湿器: 状态量

预留状态输入信号: 8 个。

这些开关量直接通过无源接点方式送 TIED, 由 TIED 直接打包。

5.13 有载开关

有载开关具有独立的操作机构和控制装置, 目前这些操作和控制信号以开关或模拟量方式直接接入控制室。

智能变压器中有载开关内配有一个智能单元(IED), 接受 TIED 的指令,

将开关状态实时反馈给 TIED，有载开关内含执行机构和状态监测单元。

反馈给 TIED 的状态包括：

- 1) 当前开关位置
- 2) 操作电源状态
- 3) 机械操作机构是否正常
- 4) 开关室油质
- 5) 切换开关触头状态

以上所有信息由开关智能化单元 (IED) 打包，实时传给 TIED，统一管理和控制。

5.14 冷却器

冷却器的所有控制和状态信息由冷却器智能控制单元 (IED) 实现，冷却器智能控制单元接收 TIED 指令，优化投切冷却器，并将状态实时反馈给 TIED。

主要信息包括：

- 1) 冷却器电源状态：正常、故障、断相、停电。
- 2) 油泵状态：正常、故障。
- 3) 各组冷却器状态：工作、备用、故障、全停。

6. 智能变压器执行器

由变压器智能化单元 (TIED) 直接管理的执行单元有三个：

- 1) 冷却器控制单元
- 2) 有载开关控制单元
- 9
- 3) 充氮灭火控制单元
- 4) 电吸湿器控制

TIED 通过网络向冷却器控制单元发送投切操作指令，并将冷却器当前状态反馈给 TIED。

同样 TIED 也是通过网络向有载开关控制单元发送调节指令，并将状态反馈给 TIED。

以上执行器自带智能化单元，主要考虑其独立性，并符合 IEC61850 标准架构。第一阶段的智能化变压器可通过中间转换单元实现。

7. 智能变压器的保护

传统变压器保护其保护逻辑是由二次保护系统完成的，对于智能变压器，保护也应该由一个单独的变压器智能保护单元完成，因为各种开关和断路器的动作不能由 TIED 完成。TIED 将目前变压器的状态反馈给系统，变压器智能保护单元接收状态信息后，由预先设定的保护策略发出相应的动作指令。

变压器智能保护单元应提供以下基本保护：

1) 反应变压器油箱内部故障和油面降低的瓦斯保护，状态信号来自TIED。

2) 相间短路保护。

3) 后备保护，包括过流、复合电压启动过流、负序电流、阻抗等。

4) 零序电流保护

5) 过负荷保护

6) 过激磁保护

7) 电压频率保护

8) 事件及故障录波

8. 功能集成

全数字化变电站乃至智能化变电站要解决的关键问题是过程信息共享和设备之间的互操作性，从而提高设备的重用性、电站运行的可靠性、设备的可接入性、可维护性，使其更安全可靠、经济的运行。

10

一个智能化电站应是由各智能化设备（IED）在统一信息模型和服务模型的网络环境下实现信息共享和互操作。采用统一建模的网络协议（如：IEC61850）通过网络实现集成。这样可解决：灵活性、接入性、可靠性、经济性、安全性问题。

从传统变压器到智能变压器要解决的关键技术是如何实时反应变压器的运行状态。

11

第二部分目前变压器信号检测内容和控制配置

1. 信号测量的内容

1.1 保护信息端子箱

1) 气体继电器

轻瓦斯和重瓦斯动作信号，以无源干接点的方式上传。

2) 温度计

上限油温的报警和跳闸信号，启停冷却系统的信号，以无源干接点的方式上传。以 PT100 电阻或 DC4-20mA 的模拟信号上传油面温度。

3) 绕组温度计

上限绕组热点温度的报警和跳闸信号，启停冷却系统的信号，以无源干接点的方式上传。以 PT100 电阻或 DC4-20mA 的模拟信号上传绕组热点温度。

4) 压力释放器

压力释放器动作跳闸信号，以无源干接点的方式上传。

5) 压力继电器

压力继电器动作跳闸信号，以无源干接点的方式上传。

6) 油位计

上限和下限油位报警信号，已无源干接点的方式上传。以 DC4-20mA 的模拟信号上传储油柜的油位状态。

7) 气体在线监测仪

气体或微水超标报警信号，以无源干接点的方式上传，或以 DC4-20mA 的模拟信号上传油中故障气体和微水的含量，同时可以以 RS485 通讯口上传状态信息。

8) 套管监测仪

套管的介损超标报警信，以无源干接点的方式上传，同时可以以 RS485 通讯口上传状态信息。

9) 充氮灭火装置

变压器着火信号和充氮灭火装置工作等信号，以无源干接点的方式上传。

10) 保护继电器

有载开关重瓦斯动作信号，以无源干接点的方式上传。

12

11) 电吸湿器

电吸湿器的故障信号，以无源干接点的方式上传。或以 DC4-20mA 的模拟信号上传吸湿器的干燥状态。

12) 电流互感器

以 AC0-1A 或 AC0-5A 的电流信号上传。

1.2 有载开关控制

有载分接位置信号，以 BCD 码或以 DC4-20mA 的模拟信号上传。有载开关故障及状态信号，以无源干接点的方式上传。

1.3 冷却系统控制箱

冷却系统控制箱中电源故障及冷却系统故障等信号，以无源干接点的方式上传。PLC 控制箱可以以 RS485 通讯口上传状态信息。

2. 设备或部件的控制

2.1 有载开关控制

由于线路中负载电流的动态调整，线路压降波动较大，从而导致用户端电压不稳定，通过采用自动电压调整器来自动调整调相变压器输出端的电压，从而保证用户端的电压稳定，为了防止电网中出现过高的电压损坏用户设备，通常采用自动电压调整器向有载开关发生升或降电压的命令，自动调整变压器二次侧的出口电压，来确保下游用户端电压维持在允许的范围内，确保用户端用电设备能够安全运行。

2.2 冷却系统控制箱

由于变压器的绝缘寿命主要受温度影响，为了确保变压器的油温及绕组热点

温度处于允许的范围内，在变压器运行过程中需自动增加或减少冷却设备。冷却系统控制箱就是用来控制变压器冷却设备的启动和停止，并对电机提供过载、断相和短路保护。控制箱根据控制和执行元件的不同，分为普通继电保护式控制箱和 PLC 可编程控制箱；根据冷却装置的种类和工作方式的不同，控制箱主要分为片散控制箱（控制对象为风机，冷却装置为片散）、强油片散控制箱（控制对象为风机和油泵，冷却装置为片散）、风冷却器控制箱（控制对象为风冷却器）和水冷却器控制箱（控制对象为水冷却器）。

2.3 充氮灭火装置

13

当变压器因故障着火时，着火点附近的探测器就会将着火信号发送到控制屏，同时变压器本体的气体继电器将重瓦斯信号发送到控制屏，当控制屏接收到这两种信号后，先打开灭火箱中的排油阀将变压器油箱顶部的适量热油排出，此时变压器储油柜里的油经过关闭阀向变压器油箱里排油，由于通过关闭阀的油流涌动从而使得关闭阀关闭以防止储油柜内的油流入变压器油箱，当变压器油箱排出适量的热油后，灭火箱中的氮气阀打开，氮气瓶中的高压氮气充入变压器油箱下部，对油箱内上下油层搅动混合，使燃烧中的油的温度冷却到燃点以下，同时，氮气覆盖在油层表面，使变压器油箱顶部油层表面与空气隔开，以达到迅速灭火的目的。

3. 状态检测

3.1 气体继电器

变压器内的慢性故障产生的气体将汇集在气体继电器中，通过分析故障气体的类型可判断变压器的内部的故障类型。同时气体继电器内收集的气体达到一定的体积后，会向控制箱发出报警轻瓦斯报警和重瓦斯动作信号，变压器内的快速故障，如内部短路或存在严重的放电，都会快速使绝缘油裂解，快速产生大量气体，从而推动变压器内的油迅速向储油柜流动，从而推动气体继电器的油流挡板，发出重瓦斯跳闸信号。气体继电器作为变压器的主保护，是变压器运行的核心保护器件。

3.2 温度计

将温度计温包安装在变压器箱盖上的温度计座内，用来测量油顶层温度。主要用来启停冷却系统，同时可以向控制室发出报警和跳闸信号。可以以 PT100 电阻或 DC4-20mA 的模拟信号上传油面温度给控制室。使用户可以在控制室或其它更远的地方了解变压器油顶层温度。由于该测量方法直接可靠，是变压器运行的主要保护器件之一。

3.3 绕组温度计

绕组温度计是用来测量变压器绕组热点温度的。温度计温包插入油箱箱盖上的温度计座内，

当变压器内部油温升高时，绕组温度计的温包内的感温介质体积随之增大，这个体积增量通过毛细管传递到仪表内弹性元件上，使之产生一个相对应的位移；同

14
时变压器的负载电流（与变压器负荷成正比）通过电流互感器 CT 二次侧输出给电流匹配器，经过电流匹配器变流后，输出与变压器铜油温差相对应的电流给电热元件，通过电热元件加热后，弹性元件又增加一个位移量，两个位移经机构放大后便可驱动指针指示被测绕组热点温度，并驱动微动开关。主要用来启停冷却系统，同时可以向控制室发出报警和跳闸信号。可以以 PT100 电阻或 DC4-20mA 的模拟信号上传油面温度给控制室。使用户可以在控制室或其它更远的地方了解变压器油顶层温度。由于该测量方法属于间接测量，测量结果并不能真实准确的反映绕组的热点温度，是变压器运行的非主要保护器件。

3.4 压力释放器

压力释放阀是变压器的压力保护装置，安装在变压器油箱的顶部，当由于故障引起油箱内压力过高时，压力释放阀开启，将油箱内的油喷出以释放压力防止油箱爆裂，同时压力释放阀的微动开关动作发出跳闸信号使变压器停止运行。是变压器运行的主要保护器件之一。

3.5 压力继电器

由于受安装位置和安装数量以及压力释放器本身的动作原理的限制，在变压器发生快速故障时，不能非常有效的对油箱进行保护。因此为了保证变压器发生突发压力时的安全，选用压力继电器作为变压器的突发压力保护装置，安装在变压器油箱的顶部或侧壁，当变压器由于故障引起油箱内压力升高的速率超过规定值时，压力继电器迅速动作发出跳闸信号使变压器停止运行，防止变压器故障进一步发展。是变压器运行的主要保护器件之一。

3.6 油位计

油位计用来监视储油柜内油位状态，当储油柜内的油位高于上限油位或低于下限油位时，均能发出报警信号，以 DC4-20mA 的模拟信号上传储油柜的油位状态给控制室。使用户可以在控制室或其它更远的地方了解变压器储油柜的油位状态。是变压器运行的非主要保护器件之一

3.7 气体在线监测仪

由于目前的常规试验方法和实验周期仍存在一定的局限性，而气体在线监测仪能在线监测变压器内部各种气体的组分（H₂、CH₄、C₂H₂、C₂H₄、C₂H₆、CO、CO₂、O₂）及含量和水的含量；一些事故的先兆信息能及时捕捉到。但是

15

由于对气体在线监测仪价格、运行寿命及运行过程中的维护方面的考虑，目前只有部分大型变压器上增加气体在线监测设备，是变压器运行的非主要保护器件之一。随着电能需求量的增大、电力系统电压等级的提高、设备容量的增大，人们

对供电可靠性提出了越来越高的要求，从近年来变压器事故情况来看，许多事故是在无任何先兆的情况下发生的，这说明了为了提高变压器运行的可靠性，在大型变压器上增加一些在线监测设备已成为一种趋势和必然。

3.8 套管监测仪

主要在线监测变压器套管的电容和介损。能尽早发现套管内部存在的潜伏性故障并可随时掌握故障的发展情况，由于套管监测仪须从套管末屏引出信号，改变了套管末屏传统的死接地的方式，对套管的安全运行存在一定的风险（我公司原则上不同意增加套管监测仪），是变压器运行的非主要保护器件之一。

3.9 充氮灭火装置

控制屏是灭火装置的控制部件，安装在用户的控制室，它能接收火探测器、关闭阀和气体继电器发出的信号并控制灭火箱进行排油和注氮一系列灭火动作完成，同时显示灭火装置的工作状态。

目前常采用灭火装置油充氮灭火系统和水喷雾灭火系统。它们是变压器运行的主要保护器件之一。

3.10 保护继电器

有载开关保护继电器在有载开关切换油室内放生重大故障时，将会发出重瓦斯动作跳闸信号，以免有载开关和变压器遭受进一步的破坏。是变压器有载开关运行的主要保护器件之一

3.11 电吸湿器

吸湿器是储油柜的配套除湿装置，安装在变压器油箱壁上。当吸湿器里的吸湿剂由于吸收通过吸湿器的空气水分达到饱和时，其颜色会发生改变。吸湿器的作用是防止空气中的潮气进入储油柜。电吸湿器由于能够自动根据吸湿剂的吸湿程度来自动对吸湿剂进行加热干燥，可以减少对吸湿器的巡查次数，同时避免对常规吸湿器内的硅胶进行更换。目前由于成本较高，只有极少数变压器上采用该设备，是变压器运行的非主要保护器件之一

3.12 电流互感器

16

变压器电流互感器分为测量级和保护级，主要测量通过变压器线端或变压器绕组的电流。即可以为变压器的负载的测量设备提供信号，也可以为变压器保护设备提供信号。

3.13 有载开关控制

有载开关的自动控制通常需要采集变压器二次侧出口电压，线路中负载电流以及有载开关的当前分接位置。是变压器运行的主要保护器件之一。

3.14 冷却系统控制箱

冷却系统控制箱一般需采集油顶层温度、绕组热点温度和负载电流的大小以及变压器断路器的通断状态，可以以模拟量的形式输入或以无源干接点的方式输

入。是变压器运行的主要保护器件之一。