

项目 9

电压互感器的使用

9.1 项目描述

电压互感器广泛应用于电力系统中的各个环节，包括发电、输电、变电、配电等。在电力仪表中，电压互感器常用于测量电压信号，是电力系统中不可或缺的重要设备之一，具有高精度、安全可靠、维护简单等优点。电压互感器是一种将高电压信号转换成低电压信号的电器设备，以便于测量和监测。它与变压器类似，但变换电压的目的主要用于给测量仪表和继电保护装置供电，以及测量线路的电压、功率和电能，或在线路发生故障时保护线路中的贵重设备。

9.2 知识准备

9.2.1 电压互感器的结构

电压互感器是一种小型的降压变压器，由铁芯、一次绕组、二次绕组、接线端子和绝缘支撑物等构成，一次绕组并接于电力系统一次回路中，其二次绕组并接了测量仪表、继电保护装置或自动装置的电压线圈（即负载为多个元件时，负载并联后接入二次绕组，且额定电压为 100 V）。由于电压互感器是将高电压变成低电压，所以它的一次绕组的匝数较多，而二次绕组的匝数较少。电压互感器在电路中的符号如

图 9-1 所示,用“TV”来表示,一、二次绕组绝缘套管分别标记“•”的两个端子为同名端或同极性端。

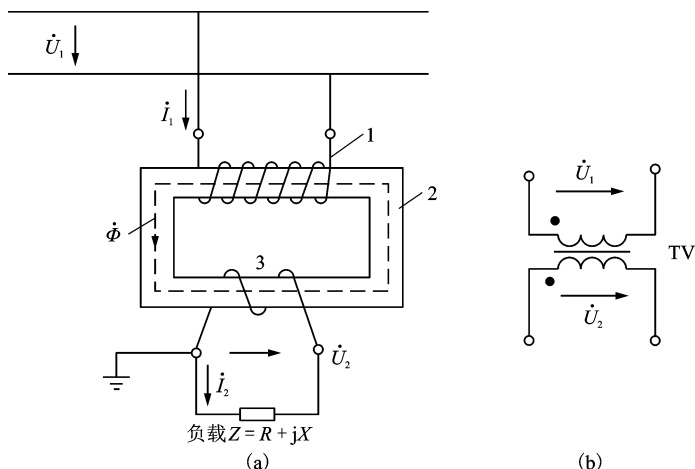


图 9-1 电压互感器在电路中的符号

(1)一次绕组并联在主回路中,二次绕组并联二次回路中的仪表、继电器等的电压线圈,由于这些二次绕组的电压线圈阻抗很大,电压互感器工作时二次绕组接近于开路状态。

(2)一次绕组匝数较多,二次绕组的匝数较少,相当于降压变压器。

(3)一次绕组的导线较细,二次绕组的导线较粗,二次侧额定电压一般为 100 V,用于接地保护的电压互感器二次侧额定电压为 (100/1) V,辅助二次绕组则为 (100/3) V。

电压互感器的变压比用 K_U 表示:

$$K_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

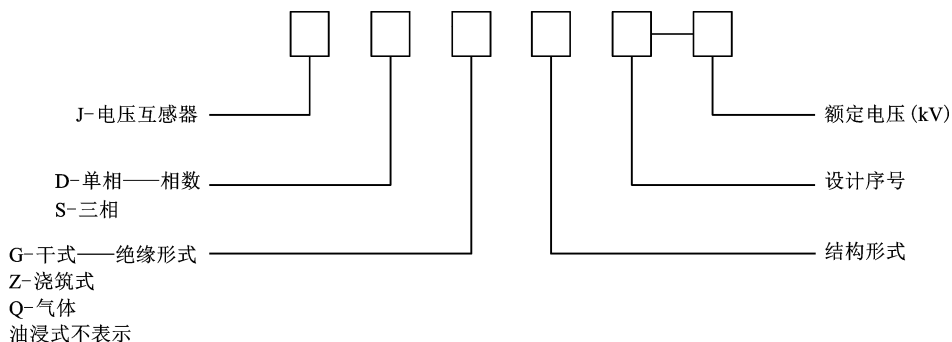
式中, U_1 、 U_2 分别为电压互感器一次绕组和二次绕组额定电压, N_1 、 N_2 为一次绕组和二次绕组的匝数。变压比通常表示成如 10/0.1 kV 的形式。电压互感器有单相和三相两类,在成套装置内,采用单相电压互感器较为常见。

9.2.2 电压互感器的类型和型号

(1)电压互感器按绝缘介质分,有油浸式、干式(含环氧树脂浇注式)两类;按使用场所分,有户内式和户外式;按相数来分,有三相式、单相式;按电压分有高压

(1 kV 以上)和低压(0.5 kV 及以下);按绕组分有三绕组、双绕组;按用途来分,有测量用的、保护用的;按结构原理分有电容分压式、电磁感应式。电压互感器还有气体电压互感器、电流电压组合互感器等高压类型。

(2)电压互感器型号的表示如下:



结构形式的字母含义: X—带零序(剩余)电压绕组; B—三相带补偿绕组; W—五芯柱三绕组。

9.2.3 电压互感器是性能指标

1. 电压互感器的额定电压

一次额定电压即所接电网电压,国内投运的电压互感器一次额定电压有 6、10、15、20、35、110、220、330、500 kV。二次额定电压通常有 100、57.7 V。

2. 电压互感器的变比

电压互感器的一次电压 U_1 与二次电压 U_2 之间关系: $N_1/N_2 = U_1/U_2$ 即 $K_U = U_1/U_2$ (N_1 和 N_2 为一次侧和二次侧匝数)所以电压互感器的变比为一次侧和二次侧电压的比值 K_U 。

电压互感器的作用是将电力系统的一次高压转换成与其成比例的低压,输入到继电保护、自动装置和测量仪表中。

3. 电压互感器误差

影响电压互感器误差的主要原因除了互感器本身铁芯、绕组等因素外,还有运行中一次电压、二次负载和负荷功率因数等参数。因此,为了减少电压互感器的误差,在结构上,应采用导磁率高的冷轧硅钢片,减少电压互感器的损耗;在运行时,则应根据准确度的要求,把一次电压、二次负载和负荷功率因数等参数控制在相应的范围内。

9.2.4 电压互感器的操作方法与使用注意事项

1. 电压互感器在工作时，其一、二次侧不得短路

由于电压互感器二次回路中的负载阻抗较大，其运行状态近于开路，当发生短路时，将产生很大的短路电流，有可能造成电压互感器烧毁；其一次侧并联在主回路中，若发生短路会影响主电路的安全运行。因此，电压互感器一、二次侧都必须装设熔断器进行短路保护。

2. 电压互感器二次侧有一端必须接地

这样做的目的是防止一、二次绕组间的绝缘击穿时，一次侧的高压蹿入二次侧，危及设备及人身安全。通常将公共端接地。

3. 电压互感器在接线时，必须注意其端子的极性

三相电压互感器一次绕组两端标成 A、B、C、N，对应的二次绕组同名端标为 a、b、c、n；单相电压互感器的对应同名端分别标为 A、N 和 a、n。在接线时，若将其中的一相绕组接反，二次回路中的线电压将发生变化，会造成测量误差和保护误动作（或误信号），甚至可能对仪表造成损害。因此，必须注意其一、二次极性的一致性。

9.2.5 电压互感器的常见故障与简单维护

1. 铁芯片间绝缘损坏

故障现象：运行中温度升高。产生故障的可能原因：铁芯片间绝缘不良、使用环境条件恶劣或长期在高温下运行，促使铁芯片间绝缘老化。

2. 接地片与铁芯接触不良

故障现象：运行中铁芯与油箱之间有放电声。产生故障的原因：接地片没插紧，安装螺丝没拧紧。

3. 铁芯松动

故障现象：运行时有不正常的振动或噪声。产生故障的原因：铁芯夹件未夹紧，铁芯片间松动。

4. 绕组匝间短路

故障现象：运行时，温度升高，有放电声，高压熔断器熔断，二次侧电压表指示不稳定，忽高忽低。产生故障的原因：系统过电压，长期过载运行，绝缘老化，制造

工艺不良。

5. 绕组断线

故障现象：运行时，断线处可能产生电弧，有放电响声，断线相的电压表指示降低或为零。产生故障的原因：焊接工艺不良，机械强度不够或引出线不合格，而造成绕组引线断线。

6. 绕组对地绝缘击穿

故障现象：高压侧熔断器连续熔断，可能有放电响声。产生故障的原因：绕组绝缘老化或绕组内有导电杂物，绝缘油受潮，过电压击穿，严重缺油等。

7. 绕组相间短路

故障现象：高压侧熔断器熔断，油温剧增，甚至有喷油冒烟现象。产生故障原因：绕组绝缘老化，绝缘油受潮，严重缺油。

8. 套管间放电闪络

故障现象：高压侧熔断器熔断，套管闪络放电。产生故障原因：套管受外力作用发生机械损伤，套管间有异物或小动物进入，套管严重污染，绝缘不良。

9.3 任务实现

9.3.1 电压互感器的调试

1. 调试前的准备

在使用电压互感器之前，需要进行一些准备工作，包括检查电压互感器的外观是否完好，是否有明显的损坏或磨损；检查电压互感器的电气连接是否正确，确保接线正确无误；检查电压互感器的额定电压和额定频率是否符合使用要求。

2. 电压互感器的接线方式

电压互感器在电力系统中要测量的电压有线电压、相电压、相对地电压和单相接地时出现的零序电压。为了测取这些电压，电压互感器就有了不同的接线方式，最常见的有以下几种。

1) 单相电压互感器接法

图 9-2 为一只单相电压互感器接线示意图，可用于测量 35 kV 及以下中性点不

直接接地系统的线电压或 110 kV 以上中性点直接接地系统的相对地电压。

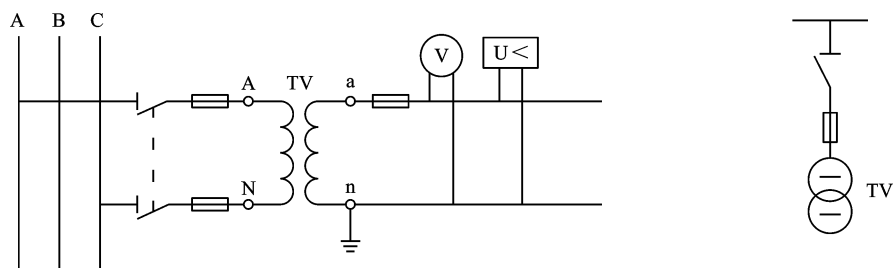


图 9-2 单相电压互感器接法

2) 电压互感器的 V_v 接法

电压互感器的 V_v 接法如图 9-3 所示，供仪表和继电器接于各个线电压，适用于三相三线制系统。将两台全绝缘单相电压互感器的高低电压绕组分别接于相与相间构成不完全三角形。这种接法广泛用于中性点不接地或经消弧线圈接地的 35 kV 及以下的高压三相系统中，特别是 10 kV 的三相系统中。 V_v 接法不仅能节省一台电压互感器，还能满足三相表计所需要的线电压。这种接线方法的缺点是不能测量相电压，不能接入监视系统绝缘状况的电压表。

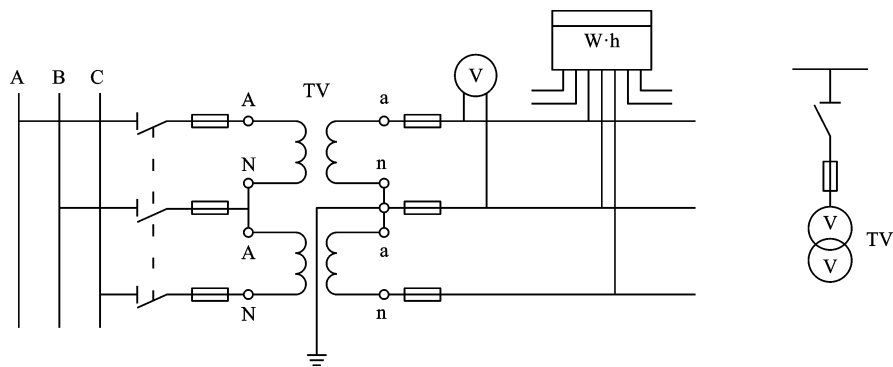


图 9-3 电压互感器的 V_v 接法

3) 电压互感器的 Y_{yn} 接法

三个单相电压互感器 Y_{yn} 接法如图 9-4 所示，供电给要求线电压的仪表和继电器；在小接地电流系统中，供电给接相电压的绝缘监视电压表，在这种接线方式中电压表应按线电压选择。常用于三相三线和三相四线制线路。

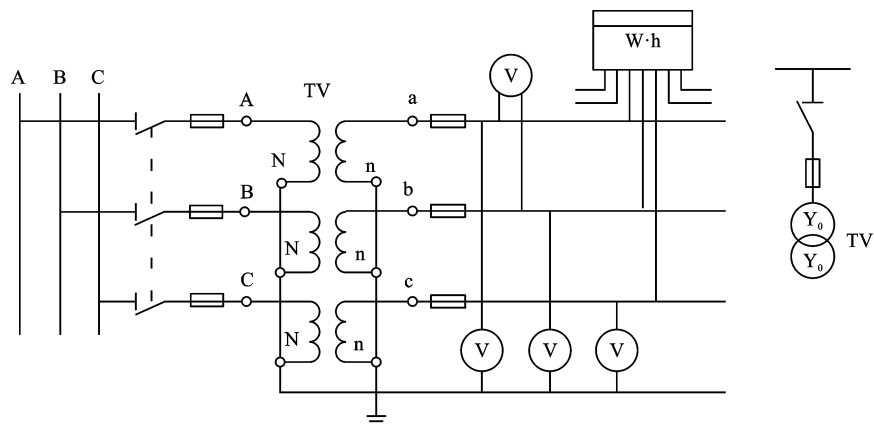


图 9-4 电压互感器的 Yyn 接法

这种接法是用三台单相电压互感器构成一台三相电压互感器，也可以用一台三铁芯柱式三相电压互感器，将其高低压绕组分别接成星形。多用于小电流接地的高压三相系统，可以测量线电压。这种接线方法的缺点是：①当三相负载不平衡时，会引起较大的误差；②当一次高压侧有单相接地故障时，它的高压侧中性点不允许接地，否则，可能烧坏互感器，故而高压侧中性点无引出线，也就不能测量对地电压。

3. 调试步骤

1) 选型

根据实际需求选择合适的电压互感器，包括额定功率、额定电压、绝缘等级等参数。选型不准确可能导致测量误差或设备无法正常工作，甚至对系统安全产生影响。

2) 安装

电压互感器的安装位置应符合设计要求，并保持良好的固定。同时，注意相邻设备的距离以及周围环境的影响，避免干扰或损坏。

3) 校准校验

电压互感器的准确性会随着使用时间的增长而降低，因此需要定期进行校准和校验。校准的频率和方法需按照相关标准进行操作。

4) 安全操作

在对电压互感器进行检修、测量电压等操作时，必须遵循相关安全规定，佩戴必要的防护装备，并切断相关电源以保证工作安全。

综上所述，电压互感器在电力系统中具有广泛的应用场景和重要的功能作用。在使用过程中，需要注意选型、安装、维护、校准和安全操作等方面的问题，以确保

其正常运行和电力系统的安全稳定。

4. 调试注意事项

电压互感器调试是确保其在电力系统中能够准确、安全、稳定运行的重要环节。以下是一些电压互感器调试时的注意事项。

1) 安全第一

在进行调试之前,必须确保电源已经切断,并悬挂相应的安全警示牌,以防止误送电。调试人员应穿戴好个人防护装备,如绝缘手套、绝缘鞋等,确保人身安全。

2) 核对资料与设备

仔细核对电压互感器的型号、规格、变比、极性等技术参数,确保与设计要求一致。检查电压互感器的外观是否完好,有无损坏或锈蚀现象。

3) 检查接线

检查电压互感器的二次接线是否正确,确保无短路、断路或接错现象。确认二次回路的接地点是否只有一个,并且接地可靠。

4) 绝缘测试

在进行调试之前,应对电压互感器进行绝缘电阻测试,确保绝缘电阻值符合要求。

5) 极性检查

使用正确的方法(如直流法或交流法)检查电压互感器的极性,确保极性正确无误。

6) 升压试验

在进行升压试验时,应逐步增加电压,避免电压突变对设备造成冲击。注意观察并记录电压互感器的输出电压和波形,确保输出电压稳定且波形正常。

7) 误差校验

如果条件允许,应对电压互感器进行误差校验,以确保其测量精度符合要求。

8) 注意环境因素

调试过程中应注意环境温度、湿度等环境因素对电压互感器性能的影响,避免在恶劣天气条件下进行调试工作。

9) 记录与报告

调试过程中应详细记录各项测试数据和观察结果,以便后续分析和处理。调试完成后应编写调试报告,总结调试过程中的经验教训,并提出改进措施。

10) 遵循规程

调试工作应严格按照相关规程和标准进行,确保调试过程的规范性和科学性。请注意,以上注意事项仅为一般性指导原则,具体调试过程中还需根据电压互感器的

具体型号、规格和实际情况进行灵活调整。

9.3.2 电压互感器的选择

电压互感器的选择是确保电力系统安全、稳定运行的关键步骤之一。在选择电压互感器时,需要综合考虑多个因素,以确保所选设备能够满足实际运行需求。以下是一些主要的选择原则。

1. 额定电压和变比

1) 额定电压

应根据电力系统中的实际电压水平来选择电压互感器的额定电压,确保电压互感器的额定电压不低于系统最高电压,以保证其正常运行。

2) 变比

变比是电压互感器一次侧与二次侧电压之比。选择适当的变比可以确保二次侧电压在测量、保护和控制设备的额定电压范围内。

对于不同用途的电压互感器,其变比的选择也会有所不同。例如,用于计量的电压互感器可能需要更高的精度和稳定性,因此需要选择合适的变比以满足计量要求。

2. 准确等级

电压互感器的准确等级是衡量其测量准确性的重要指标。不同用途的电压互感器对准确等级的要求也不同:

(1) 计量用电压互感器:准确度选 0.5 级以上,以确保计量的准确性和可靠性。

(2) 测量用电压互感器:准确度选 1.0 级或 3.0 级,满足一般测量需求。

(3) 保护用电压互感器:准确级为 3P 和 6P,满足保护设备对电压测量的要求。

3. 结构和类型

1) 结构

电压互感器主要由一次线圈、二次线圈和铁芯组成。根据实际需要选择合适的结构形式,如油浸式、干式等。

2) 类型

根据系统需要选择单相或三相电压互感器。对于需要监测三相电压的系统,应选用三相电压互感器。

对于需要检测和监视一次回路单相接地的情况,应选用三相五柱式电压互感器或具有第三绕组的单相电压互感器。

4. 容量和负载

(1) 容量：电压互感器的容量应满足所连接测量仪表、保护装置和自动装置的总负载要求。容量过小会导致互感器过载，影响测量准确性和设备寿命。

(2) 负载：在选择电压互感器时，需要考虑其所连接的负载类型和数量，以确保互感器在额定负载下稳定运行。

5. 其他因素

(1) 环境要求：根据安装地点的环境条件(如温度、湿度、海拔高度等)选择适合的电压互感器型号。

(2) 经济性：在满足技术要求的前提下，考虑设备的经济性和性价比，选择合理的电压互感器配置方案。

综上所述，电压互感器的选择需要综合考虑额定电压、变比、准确等级、结构和类型、容量和负载以及其他因素。通过合理选择电压互感器，可以确保电力系统的安全、稳定运行，并满足各种测量、保护和控制需求。

9.4 考核评价

9.4.1 考核内容

电压互感器的考核内容主要包括以下几个方面。

1. 基本性能试验

(1) 交流电阻试验：检查电阻大小是否符合标准要求，测试时出现的电压降应稳定在规定范围之内。

(2) 绝缘电阻试验：验证电压互感器的绝缘是否良好，包括一次绕组、二次绕组以及非被测绕组与外壳之间的绝缘电阻测量。

(3) 工频耐压试验：检验电压互感器在额定电压下的耐受性，以确保其在长期工作中的安全性。

2. 动态性能试验

(1) 动稳定性试验：模拟负载或短路情况，检查电压互感器在恶劣工况下的稳定性和动态响应。

(2) 额定输出电压和相角试验：验证电压互感器的额定输出电压和相角是否在规

定的误差范围内,以保证测量精度。

(3)脉冲高压试验:测试电压互感器在受到瞬态过电压时的运行情况,评估其抗过电压能力。

(4)介质损失正切值测量:评估电压互感器的绝缘性能,通过测量介质损失正切值来发现绝缘缺陷。

(5)局部放电测量:检测电压互感器内部是否存在局部放电现象,以进一步评估其绝缘状态。

3. 其他试验

(1)外观检验:检查电压互感器的外观是否完好,有无损伤、锈蚀等现象。

(2)密封性试验:验证电压互感器的密封性能是否良好,防止内部受潮或漏气。

(3)极性检验:检查电压互感器的绕组极性是否正确,确保测量结果的准确性。

9.4.2 考核要求

电压互感器的考核要求通常基于相关标准和规范,如国际电气工程委员会(IEC)和国家电力部门制定的标准。这些要求包括但不限于:

(1)安全性要求:确保电压互感器在正常工作及故障条件下均不会对人员和设备造成危害。

(2)准确性要求:电压互感器的测量误差应在规定的范围内,以保证电力系统的稳定运行和准确计量。

(3)可靠性要求:电压互感器应具有良好的长期运行稳定性和可靠性,减少故障率和维修成本。

(4)环境适应性要求:电压互感器应能适应各种环境条件,包括温度、湿度、电磁干扰等。

9.4.3 评价标准

电压互感器的评价标准主要基于其试验结果和性能指标是否符合相关标准和规范。具体评价标准可能因不同标准而异,但通常包括以下几个方面:

(1)试验结果合格性:各项试验结果应满足标准要求,无超标或不合格项。性能指标达标性:电压互感器的各项性能指标(如准确度、稳定性、绝缘电阻等)应达到规定要求。

(2)质量一致性:同一批次或同一型号的电压互感器在性能和质量上应具有一致

性。安全性评估：对电压互感器的安全性能进行全面评估，确保其在使用过程中不会对人员和设备造成危害。

综上所述，电压互感器的考核内容、考核要求及评价标准是确保其性能、质量及安全性的重要保障。在实际应用中，应严格按照相关标准和规范进行考核和评价。

9.5 拓展提高

(1) 铭牌

型 号	JDZ11-10A	变 比	10/0.1	出厂日期	
额定绝缘水平	—	耐热等级	—	准确级	0.2
热极限输出	—	频 率	50 Hz	额定电压	12 kV
出厂编号	A 相 41107112606003 C 相 41107112606002			制造厂	江苏科兴电器有限公司

(2) 绝缘电阻测量(MΩ)

相别 一次绕组	A 相			B 相			C 相		
	an	dadn	地	an	dadn	地	an	dadn	地
AX	500	500	500				500	500	500

(3) 互感器变比检查

一次绕组/ 二次绕组	A 相		B 相		C 相	
	给定值	误差	给定值	误差	给定值	误差
AX--an	99.866	-0.13%			99.829	-0.17%
AX--dadn						

(4) 极性检查

A、a、da 同极性

(5) 一次侧直流电阻测量(kΩ)

A	1.760	B		C	1.770
---	-------	---	--	---	-------

(6) 交流耐压试验

一次侧加压 21 kV, 时间 1 min, 结论合格。

(7) 结论: 合格。

(8) 依据标准: 电气装置安装工程电气设备交接试验标准(GB 50150—2006)。

(9) 使用仪器: 直流电阻测试仪 TG-3960-A#0008323 变比测试仪
绝缘电阻测试仪 PC27-2H; 交流电压表 T19/1-V 0.5 级
#719.61 #719.59
指针式万用表 MF-47 #0098666; 高压试验变压器 TDM
5 kVA #0917