

ZXX—1 型电压互感器消谐装置

云南省电力设计院 姜存信

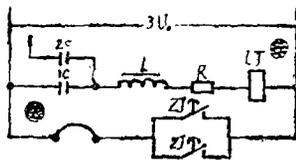
一、前言

在 3~60 千伏中性点不接地系统中，高压线路对地电容与中性点接地的电磁式电压互感器并联，其参数匹配在一定范围内，当受到强烈的冲击扰动时，由于中性点自发位移，经常发生谐振过电压事故，表现为基波、高次谐波或分次谐波谐振。基波及高次谐波谐振过电压威胁着电网中的弱绝缘设备；分次谐波谐振过电压易导致电压互感器因激磁电流过大而烧毁或其高压熔断器熔断等事故。为了保证电网的安全运行，迅速而准确地判断并消除这种过电压，是电力系统急待解决的一个课题。《电力工业技术管理法规定》；《电力设备过电压保护设计技术规程》；《导体和电器选择设计技术规定》等都明确规定要采取必要的消谐措施。多年来国内外也在寻求一种简单可靠的消谐办法，先后使用过在互感器开口三角绕组中接入固定电阻、灯泡；中性点串电阻以及各种消谐装置等方法或手段。

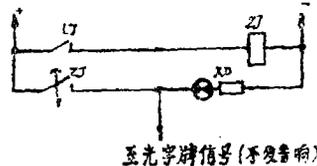
ZXX—1 型电压互感器消谐装置，是接在互感器开口三角绕组中的一种消谐装置。它结构简单，动作准确可靠，能及时自动地消除危及设备安全的各种谐振过电压，既考虑了电网暂态过渡过程的影响，抗干扰能力强，具有正确区分接地故障和铁磁谐振的能力，也考虑了和网内各种继电保护及自动装置相互配合、协调工作的问题。由于装置在接地故障时消耗功率小，因而不会影响电度计量的准确性；装置运行寿命长，维护工作量也很小；这种消谐装置，在有联系的电网中，只要在其中一台互感器上装设即可达到消谐的目的。装置通过试验室试验、现场工业试验和在不同变电所 1~2 年试运行的考验，效果是满意的。

二、装置构成及工作原理

1、装置原理接线图



交流回路接线



直流回路接线

2. 工作原理:

(1) 选频回路

装置的选频回路由线性电感和电容器构成。

ZXX—1型电压消谐装置通过切换可构成消除分次谐波及高次谐波的消谐装置或消除分次谐波及基波的消谐装置。前者为电感L与电容器2C并联再与电容器1C串联的接线, 计及电感线圈的损耗电阻r, 则电路入端复阻抗可近似用下式计算:

$$Z_r(\omega) = -j \frac{1}{\omega \cdot 1C} + \frac{(r + j\omega L) \left(-j \frac{1}{\omega \cdot 2C} \right)}{r + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot 1C} \right)}$$

$$= -j \frac{1}{\omega \cdot 1C} + \frac{\frac{\omega L}{\omega \cdot 2C} \left[r - \frac{r}{\omega L} \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot 2C} \right) - j \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot 2C} + \frac{r^2}{\omega L} \right) \right]}{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot 2C} \right)^2}$$

确定L及r后, 选择2C, 使并联电路部分在 $f = 50\text{Hz}$ 时阻抗最大, 此时意味着这部分复导纳最小, 而并联电路复导纳的虚部为零是理想的情况。故有:

$$\omega L - \frac{1}{\omega \cdot 2C} + \frac{r^2}{\omega L} = 0;$$

$$\omega^2 = \frac{L - r^2 \cdot 1C}{2C \cdot L^2};$$

$$2C = \frac{L}{\omega^2 L^2 + r^2}$$

选择与2C接近的标准电容器后, 再选择1C。

整个电路在25Hz时阻抗最小, 意味着这部分复阻抗最小, 而复阻抗的虚部为零是理想的情况。故有

$$-\frac{1}{1C \cdot \omega} \left[r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{2C \cdot \omega} \right)^2 \right] - \frac{L}{2C} \left[\omega L - \frac{1}{2C \cdot \omega} + \frac{r^2}{\omega L} \right] = 0;$$

$$2C \left[r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{2C \cdot \omega} \right)^2 \right] + 1C \cdot \omega L \left[\omega L - \frac{1}{2C \cdot \omega} + \frac{r^2}{\omega L} \right] = 0;$$

从而

$$1C = \frac{-2C \left[r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{2C \cdot \omega} \right)^2 \right]}{\omega L \left(\omega L - \frac{1}{2C \cdot \omega} + \frac{r^2}{\omega L} \right)}$$

L及1C、2C元件确定后, 按近似计算可求出不同频率和电压下通过的电流值, 以此选择相应的电流继电器, 构成对分频反应极灵敏, 而在工频时高度闭塞的起动装置。这样, 就可以成功地消除分次谐波谐振过电压。由于装置在工频及分频时的复阻抗相差很大, 因而在系统单相接地故障时, 即使由于弧光接地使互感器3U₀电压波形过零点发

生偏移(频率下降),其动作电压也可以整定得较高,可以保证装置此时不会发生误动。

在6~10千伏及以下网络,空投母线或仅有短线路运行以及网络中含有多组电压互感器时,有时会产生高次谐波谐振过电压,例如2次、3次、5次谐波谐振过电压,此时整个电路的入端复阻抗并不很大,故装置能正确动作消除高次谐波谐振。

然而,在某些10千伏及以下网络或35千伏空投母线时,有时会出现基波谐振过电压,此时,装置可选用电容器1C与2C并联后再与线性电感L(包括线圈的损耗电阻r)和电阻R相串联的接线,其电路入端复阻抗为

$$-j\omega\frac{1}{(1C+2C)}+j\omega L+r+R$$

串接电阻R的目的,是为了保证分次谐波谐振时可靠动作,而在接地故障(包括间歇性弧光接地故障)时可靠闭锁,但在发生超过对地额定电压2.3倍的基波谐振过电压时装置又能动作。

消谐装置的两种不同接线在 $f=20\text{Hz}$ 及以下时的动作电压都较 $f=25\text{Hz}$ 时大大提高,故在系统其它故障切除时,出现低周低压暂态分量时也能闭锁。

(2) 延时回路

装置动作延时,是为了躲过雷电冲击和接地瞬间暂态过电压的影响,同时也考虑到在中性点不接地系统中,发生弧光接地时的电弧电阻将随时间的延长而急剧增大,从而开口三角绕组的电压值会有所降低,故装置动作稍带延时对保证装置在各种干扰下不发生误动大有好处。现场工业试验中,我们在激发起分次谐波谐振过电压后,分别经0.5秒、0.8秒、1秒、1.5秒时限再自动投入消谐装置,消除谐振所需时间都在35~60毫秒内,消谐效果相差不多。因此,装置稍带延时动作是允许的。ZXX—1型电压消谐装置,整组动作时间要求调整在0.2秒左右。

装置返回延时,是为了保证装置返回时基本处于无电压状态。装置动作后,其接点一方面短接开口三角绕组,同时也短接了接在开口三角绕组中的起动回路,消谐时间一般需要几个周波,装置返回带有延时,就可使接点断开时处于谐振已消除无压返回的状态,不会发生使执行元件触点断开大电流或因谐振尚未消除而导致触点跳跃的情况。

(3) 出口回路

装置采用执行元件触点直接短接开口三角绕组进行消谐的方法。无数试验证明,在互感器开口三角绕组中接入阻值较小的电阻或直接短接开口三角绕组,因其阻尼作用比较大,谐振导致的中性点位移电压迅速降低,故其冲击电流并不大,消谐的过渡过程时间也极短。相反,若按照消谐电阻 $\leq 0.4X_{Lc}$ (X_{Lc} 为互感器励磁电抗值)选择接入固定电阻,由于消谐时间较长,开始时开口三角绕组中的电流仍遵循欧姆定律变化,其电流有效值反而较大;若将固定电阻改为非线性电阻,则须考虑以下问题:

①非线性电阻小阻值持续的时间应能满足消谐的要求,且此小阻值还应满足在互感器群中只装一台消谐装置就能消谐的要求。

②非线性电阻由小阻值到大阻值的过渡过程中最好无任何有触点元件。

③非线性电阻呈高阻值后。应在谐振消除无电压情况下,迅速恢复到原始状况(恢

复时间不应超过若干秒), 以备再次发生谐振时仍能可靠消除。

从目前的情况看, 要研制出符合上述要求的非线性电阻器是很困难的。

综上所述, 在保证消谐装置不发生误动的情况下, 采用执行元件触点直接短接开口三角绕组(以消谐装置到互感器开口三角绕组处的控制电缆作为消谐电阻), 是行之有效的最简单可靠的方法。除60千伏系统消谐装置应靠近互感器安装外, 一般将其置于控制室继电器屏上即可。

(4) 保护回路

断线引起的工频过电压, 由于幅值与波形均与基波谐振过电压相近, 故当采用消除分次谐波及基波谐振的接线时, 若遇断线过电压, 装置可能长时间误动, 此时消谐装置应自动地迅速断开, 故消谐装置应外配熔断器, 熔断器建议采用带熔断指示器的熔断器, 熔丝可选用25安~30安。在消谐装置内部元件出现异常情况时, 熔断器也可起到良好的保护作用。

运行经验证明, 电磁式电压互感器引起的谐振过电压, 危害最大且最难对付的是分次谐波谐振过电压。基波及高次谐波谐振, 对地过电压的幅值很少超过三倍, 由此造成的穿击闪络事故是较少的。因此, 在考虑消谐装置的接线方式时, 在出现基波谐振可能性不多的系统, 还是优先选用电感L与电容器2C并联再与电容器1C串联的接线方式为好, 短期需要(例如空投母线时)可采用临时切换的方式解决。

三、主要技术要求

1、额定参数

(1) 系统单相接地时电压互感器开口三角绕组额定电压: 100伏(下述技术要求均以此为依据, 开口三角绕组额定电压为173伏者应特殊订货)。

(2) 直流电源额定电压: 220伏, 110伏, 48伏, 24伏。

(3) 动作电压及频率:

A、装置采用电感L与电容器2C并联后再与电容器1C串联的接线时(消除分次谐波及高次谐波谐振)

频率	25Hz	35Hz	50Hz	150Hz
动作电压	<60V	>120V	>220V	<150V

B、装置采用电容器1C与2C并联后再与电感L及电阻R串联的接线时(消除分次谐波及基波谐振)

频率	25Hz	35Hz	50Hz
动作电压	<65V	>90V	<160V

(4) 整组动作时间:

25Hz100V时在0.2秒左右。

(5) 返回值;

A、交流回路: 不小于0.8。

B、直流回路: 不小于2%额定值。

(6) 动作值的变差: 不大于6%。

(7) 功率消耗:

A、交流回路: 当电压为100V, 频率为50Hz时不大于15VA。

B、直流回路: 当电压为额定值时不大于6W。

(8) 使用环境温度: $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 。

(9) 装置设有信号指示。

(10) 装置应设熔断器(外购件)保护。

(11) 若电网出现低于2.3倍相对地过电压的基波谐振(对设备一般无危害)而又希望消除时, 可在装置出口回路ZJ接点处接入按钮手动消除。

四、结束语

ZXX-1型电压消谐装置, 是在云南省电力试验研究所、许昌继电器研究所、昆明供电局和巡检司电厂的协助支持下进行研制并进行现场工业试验的, 并相继在昆明、邯郸、平泉等地变电所投入试运行, 从研制到试运行结束, 历时5年之久, 去年, 已通过技术鉴定, 来自全国科研、教育、设计、生产、安装单位的代表一致认为装置已可投入生产和使用, 为电力系统的安全运行做出有益的贡献。

我们希望, 在进一步的运行考验中, 不断得到有关方面提出宝贵意见, 以使装置更加完善。

(上接37页)

型计算机在调压和补偿装置中已开始使用, 它以齐全而灵活的功能, 方便可靠的使用为调压无功补偿开辟了一个崭新的天地。它可方便地将V、Q、P、 $\cos\varphi$ 、T等参数根据需要而灵活地组合, 并将取消功率变送器、无功变送器、电压变送器、功率因数变送器等外加设备, 以使装置更灵活、更精巧、更可靠、更完善。

调压和无功补偿是一个大有可为的领域, 有许多工作等待着我们去。我们愿尽力而为, 为电力工业做出贡献。