

通过 ISO9001 质量体系认证企业



JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置

技术使用说明书

(V3000.1 版)

保定嘉丰电气有限公司

华北电力大学

前 言

首先，祝贺并感谢您使用或准备使用保定嘉丰电气有限公司与华北电力大学联合研制的 JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置(V3000)。

本套说明书共分为《JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置(V3000)技术使用说明书》、《JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置(V3000)用户手册》和《JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置录波调试分析软件用户手册(V3000)》三册。

《技术使用说明书》是为用户和设计部门选型和设计及安装部门安装使用而编写的，重点说明消弧线圈的选型和接线方面的内容。

《用户手册》是为用户日常使用和维护使用而编写的，重点说明消弧线圈控制柜使用界面和操作以及故障处理和接线方面的内容。

《JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置录波调试分析软件用户手册(V3000)》是为带录波功能的用户提供的，重点说明与产品配套的上位机录波分析软件的使用方法。

您所看到的本手册为《技术使用说明书》，虽然本套装置选型、接线比较简单，我们依然建议您在使用前仔细阅读本手册，以便使之更好的为您服务。

您可以顺序阅读本手册，也可以按目录检索您感兴趣的内容。

目 录

1 引言	3
2 消弧线圈补偿系统工作原理	3
2.1 消弧线圈补偿原理	3
2.2 自动跟踪补偿原理	4
2.3 偏磁式消弧线圈设计原理	5
3 JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置 (V3000)	5
3.1 应用范围	5
3.2 成套装置选型说明	5
3.3 成套装置的特点	6
3.4 成套装置的组成	6
4 成套装置组件及结构说明	6
4.1 控制柜	6
4.2 偏磁式消弧线圈本体	9
4.3 接地变压器	10
4.4 其它附件	11
5 成套装置接线详述	11
5.1 柜体外接线说明	11
5.2 成套装置安装使用说明	12
6 成套装置的主要部件规格	14
6.1 偏磁式消弧线圈本体	14
6.2 接地变压器	18
7 订货须知	21
8 运输	21
9 贮存	21
10 质量保证	21
附录 A: “油浸偏磁式消弧线圈及接地变压器” 的安装使用的补充说明	22
附录 B: “干式偏磁式消弧线圈及干式接地变压器” 使用补充说明	24
附录 C: JF—PXB 消弧线圈屏通讯规约	26

1 引言

我国的城市电网及厂矿企业的中压系统，大部分为中性点不接地(即小电流接地)系统。这种系统在发生单相接地时，电网仍可带故障运行，这就大大降低了运行成本，提高了供电系统的可靠性，但这种供电方式在单相接地电流较大时容易产生弧光过电压和相间短路，给供用电设备造成了极大的危害。防止这种危害的方法之一就是在中性点和地之间串接一个电抗器，这个电抗器也就是通常所说的消弧线圈。它能有效地减少接地点电流，从而达到自动熄灭电弧的目的。

2 消弧线圈补偿系统工作原理

2.1 消弧线圈补偿原理

2.1.1 电容电流

电容电流是指中性点不接地供电系统的单相接地电流，由于其主要成分是容性无功分量，所以又称单相接地电容电流。

电容电流的危害：

(1) 发生间歇性电弧接地时，伴随相对地电容上的电荷积累，会产生高幅值的过电压，一般为相电压的 2~3.5 倍。

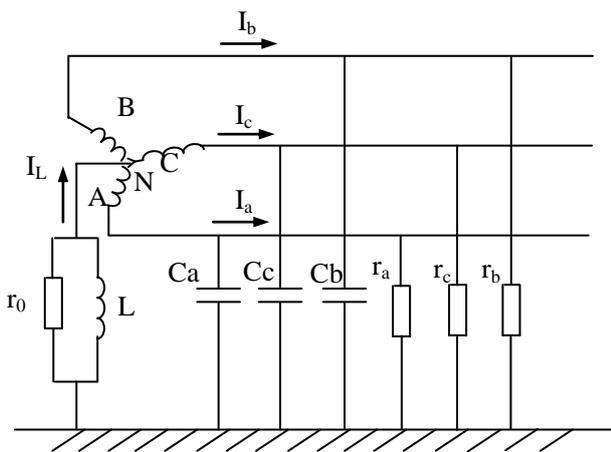
(2) 在单相接地的暂态过程中，会产生较大的接地电流，这会使接地点的相间绝缘热破坏，造成相间短路。

(3) 单相接地电弧引起电压互感器励磁电流激增是引起电压互感器破坏的一个重要原因。在中性点不接地电网中，治理单相接地电容电流过大造成的危害的方法之一是在中性点加装消弧线圈。消弧线圈的作用是当电网发生单相接地故障后，提供一个电感电流 I_L 补偿接地电容电流 I_C ，使接地电流减小，也使得故障相接地电弧两端的恢复电压迅速降低，达到自动熄灭电弧的目的。当消弧线圈正确调谐时，不仅可以有效的减少产生弧光接地的几率，同时也最大限度地减少了故障点热破坏作用及接地过电压等。

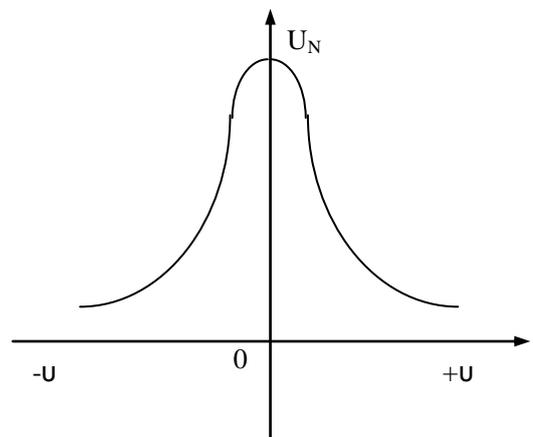
2.1.2 消弧线圈接地系统的中性点电压位移

2.1.2.1 正常运行时的中性点电压位移

消弧线圈接地系统等效电路如图一所示。其中 L 是消弧线圈的电感， r_0 代表消弧线圈有功损耗的等效电阻。设三相电源电压完全平衡，其值为 U_ϕ ，各相漏电阻相等 $r_a=r_b=r_c=r$ ，且以 U_A 作为参考相量。



图一 消弧线圈正常运行时的等值图



图二 谐振曲线

$$U_N = - \frac{j\omega (C_a + \alpha^2 C_b + \alpha C_c)}{j\omega (C_a + C_b + C_c) - j(1/\omega L) + 1/r_0 + 3/r} U_A$$

$$\begin{aligned}
 &= - \frac{j\omega (Ca + \alpha^2 Cb + \alpha Cc)}{j\omega (Ca + Cb + Cc)} \cdot U_\phi \\
 &= - \frac{j\omega (Ca + Cb + Cc) - j(1/\omega L)}{j\omega (Ca + Cb + Cc)} \cdot \frac{1}{-jR\omega (Ca + Cb + Cc)} \\
 &= - \frac{k_\infty}{u - jd} U_\phi
 \end{aligned}$$

式中: $k_\infty = \frac{Ca + \alpha^2 Cb + \alpha Cc}{Ca + Cb + Cc}$ 电网不对称度

$d = \frac{1}{R\omega (Ca + Cb + Cc)}$ 电网阻尼率

$u = \frac{j\omega (Ca + Cb + Cc) - j/\omega L}{j\omega (Ca + Cb + Cc)} = \frac{I_c - I_L}{I_c}$ 电网脱谐度

$$\frac{1}{R} = \frac{3}{r} + \frac{1}{r_0}$$

中性点位移电压的大小

$$U_N = \frac{k_\infty U_\phi}{\sqrt{u^2 + d^2}} = \frac{U_0}{\sqrt{u^2 + d^2}} \quad \text{..... (1)}$$

式中 U_0 为中性点未加消弧线圈时电网的自然不平衡电压

从式一 (1) 可见, 补偿系统中性点位移电压随着脱谐度变化而变化。其变化曲线即谐振曲线如图二所示。可见脱谐度 u 越趋于零, 中性点位移电压愈高。当 $u = 0$ 即全补偿时, 其值为 U_0/d 。所以加装消弧线圈后, 对中性点位移电压起到了放大作用。脱谐度愈小, 放大作用愈强, 放大倍数约为 10-40 倍。

2.1.2.2 故障时的中性点位移电压

当电网中出现单相断线、非全相合闸等故障时, U_0 增大, U_N 将可能超过限值。另外, 电网中出现非同期合闸或大型异步电机投切操作都可能产生过电压, 只有一点补偿电网同未补偿电网是相同的, 即发生单相金属性接地时, 中性点位移电压都是 U_0 。

2.1.2.3 小结

(1) 在电网正常运行情况下, 正确调谐的消弧线圈对电网安全运行有害无利, 为了满足正常运行时中性点位移电压不超过某一限值的要求而不得不将消弧线圈的脱谐度整定在较大的数值, 使接地残流加大, 补偿效果降低。

(2) 在电网发生断线故障, 断路器非同期合闸事故或大型异步电机投切操作时, 小脱谐度的消弧线圈使中性点电压位移比无补偿电网严重得多, 将出现危险的过电压。

(3) 消弧线圈发挥有利作用是在电网出现单相接地后, 并且脱谐度越小效果越好, 最好是全补偿。

可见 (1)、(2) 和 (3) 是矛盾的, 如何解决这种矛盾呢? 一种方法是采用增大电网阻尼率 d 的方法, 如采用消弧线圈并联或串联电阻接地方案, 这种方案在生产实践中发挥了有益的作用。但是 d 增大必然造成接地残流增大。另外, 附加大容量的电阻从设计到制造安装维护都有一定的困难。由于现代微电子科学和电力电子技术的发展, 完全可以实现动态补偿方案, 即在电网正常运行时, 消弧线圈工作在远离谐振点位置, 出现单相接地后, 瞬间调整消弧线圈实施全补偿。

2.2 自动跟踪补偿原理

目前国内外已有的自动跟踪调节消弧线圈补偿系统实际上都是一种随动系统, 即消弧线圈的电抗自动跟踪电网电容电流的变化而调整, 这种调整发生在单相接地故障之前。其基本工作原理有两种。

a) 一种是利用中性点位移电压和参考电压之间的相位移与消弧线圈脱谐度之间的关系来跟踪调整消弧线圈电感, 对于一个实际的电网, 即使电容电流不变, 也会给调谐带来误差, 为了弥补这一缺陷, 需要在某相对地之间附加一电容, 增大电网的不平衡度。

b) 另一种方法是利用中性点位移电压的幅值随脱谐度变化的关系来跟踪调整消弧线圈电感。从图二

可见，随着脱谐度向零点逼近中性点位移电压趋近其最大值。

c) 可见以上两种调节过程也就是电网出现串联谐振过电压的过程。另外，这些方法都不能实时检测电网电流的具体数值，也很难定量地调节线圈的脱谐度。

根据 (1) 式

$$u \gg d \text{ 时 } U_N = \frac{U_0}{U} = \frac{U_0 \omega C_\Sigma}{\omega C_\Sigma - 1/\omega L} \dots\dots\dots (2)$$

式中： $C_\Sigma = C_a + C_b + C_c$

所以在远离谐振点处，当消弧线圈电感值为 L_1 时，测得中性点位移电压为 U_{N1} ，调整电感为 L_2 时，测得中性点位移电压幅值为 U_{N2} ，则可以利用 (3) 式计算出 C_Σ

$$C_\Sigma = \frac{U_{N1} / (U_{N2} \omega L_1) - 1/\omega L_2}{\omega (U_{N1}/U_{N2} - 1)} \dots\dots\dots (3)$$

如果利用微机的计算能力强的特点，在具体算法上采取一系列提高精度的措施，设定检测灵敏度上采取某种处理方法，可以利用上述原理精确地实时测定电网电流值，并给以直观的显示。

2.3 偏磁式消弧线圈设计原理

偏磁式消弧线圈在其交流工作线圈内布置了一个铁芯磁化段，通过改变铁芯磁化段磁路上的直流助磁磁通大小来调节交流等值磁导，实现电感连续可调的目的。其直流励磁绕组采取反串连接方式，使整个绕组上感应的工频电压相互抵消。通过对三相全控整流电路输出电流的闭环调节，实现消弧线圈励磁电流的控制。利用微机的数据处理能力，对这类消弧线圈伏安特性上固有的不大的非线性实施动态校正。

3 JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置 (V3000)

3.1 应用范围

JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置 (V3000) 主要用在 6kV 至 66kV 中性点不接地电网中，用来自动跟踪动态补偿电网单相接地电容电流。发生单相接地故障时，可自动实施最佳补偿，使故障点的残流小于 5A；可有效地抑制弧光接地过电压危害，预防由于单相接地而引发的相间短路及电缆放炮等故障；该装置也可按照用户要求整定为用户希望达到的补偿状态。该装置广泛应用于各种矿井、石油、化工建材、冶金以及大中城市的中压配电网。

3.2 成套装置选型说明

3.2.1 型号含义



3.2.2 选型原则

在选择消弧线圈自动跟踪补偿成套装置的时候，应谨慎。如果选择容量过大，将造成投资浪费；如果选择容量过小，将造成二次投资。

一般应事先实测或用经验公式计算出系统最大电容电流，最大电容电流乘以系统的额定相电压，然后再乘上一系数作备用，常规选择 1.35 倍。这样消弧线圈的容量就选定了。

接地变压器的容量的选择：接地变压器不带二次绕组的，接地变压器的容量等于或略大于消弧线圈的容量；接地变压器带二次绕组的，接地变压器的容量等于或略大于消弧线圈的容量加上接地变压器二次绕组的容量。

3.3 成套装置的特点

3.3.1 偏磁式消弧线圈本体的特点

动态补偿要求消弧线圈在单相接地后能够瞬间调整至全补偿状态。这就对消弧线圈有两点基本要求：一是能够带额定电压连续调节电感值，二是调节速度快。利用机械运动改变铁芯中气隙长度，从而改变消弧线圈电感的方法不能满足这一要求。同样有载开关调匝式的电感也不能满足这一要求。偏磁式消弧线圈为全静态结构，内部无任何运动部件，无触点，调节范围大，可靠性高，调节速度快(ms 数量级)。这种线圈的基本工作原理是利用施加直流励磁电流，改变铁芯的磁阻，从而达到改变消弧线圈电抗值的目的，它可以在不切断高压的情况下，以毫秒级的速度调节电抗值。

3.3.2 控制方法的特点

采用动态补偿方式，从根本上解决了补偿系统串联谐振过电压问题。众所周知，消弧线圈在电网正常运行时无任何好处，如果这时调谐到全补偿状态或接近全补偿状态，会出现串联谐振过电压，使中性点电压升高，电网中的各种正常操作及单相接地以外的各种故障的发生都可能产生危险的过电压，所以在电网正常运行时，调节消弧线圈使其跟踪电网电容电流的变化是有害的，这也就是电力部门有关规程规定“固定补偿式消弧线圈不能工作在全补偿及接近全补偿状态”的原因。国内同类自动补偿装置均是一种随动系统，都是在电网尚未发生故障前即将消弧线圈调节到全补偿状态等待接地故障的发生，为了避免出现过高的串联谐振过电压而在消弧线圈上串联一个阻尼电阻，将谐振过电压限制到允许的范围内。由于电阻的瓦数受限，在出现接地故障后必须在数秒内迅速切除，这无疑给电网增加了一个不安全因素。

本系列产品不是采取限制串联谐振过电压的方法，而是采用避开谐振点的动态补偿方法，不让串联谐振产生，即在电网正常运行时，不施加励磁电流，将消弧线圈调谐到远离谐振点的状态，但实时检测电网电容电流的大小，当电网发生单相接地后，瞬间(约 20ms)调节消弧线圈实施全补偿。

3.4 成套装置的组成

JF-PXB 偏磁式消弧线圈自动跟踪补偿成套装置(V3000)一般由以下几部分组成：

- (1) 微机控制柜；
- (2) 偏磁式消弧线圈本体；
- (3) 如果是 6kV 和 10kV 系统则还有接地变压器；如为 35kV、66kV 系统或发电机中性点则没有接地变压器；
- (4) 其他附件：如避雷器、隔离开关、高压真空开关及电力电缆等，如需要我公司提供，须在订货时说明，否则将不提供。

4 成套装置组件及结构说明

4.1 控制柜

4.1.1 控制柜型号说明

控制柜型号与配套成套装置型号相同。6kV 和 10kV 系统控制柜，不带平波电抗器；35kV 和 66kV 系统控制柜，带平波电抗器。

4.1.2 控制柜的使用环境

- a) 海拔高度不超过 1000 米（高于 1000 米视为特殊定货）；
- b) 环境温度 $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，通风状态良好；
- c) 空气相对湿度不大于 90%，无导电尘埃存在；
- d) 无火灾、爆炸危险；
- e) 不含有腐蚀金属和破坏绝缘的气体以及蒸汽场所；
- f) 无剧烈振动和冲击，垂直倾斜度不超过 5 度的场所；
- g) 控制柜防护等级：IP30。

4.1.3 技术参数

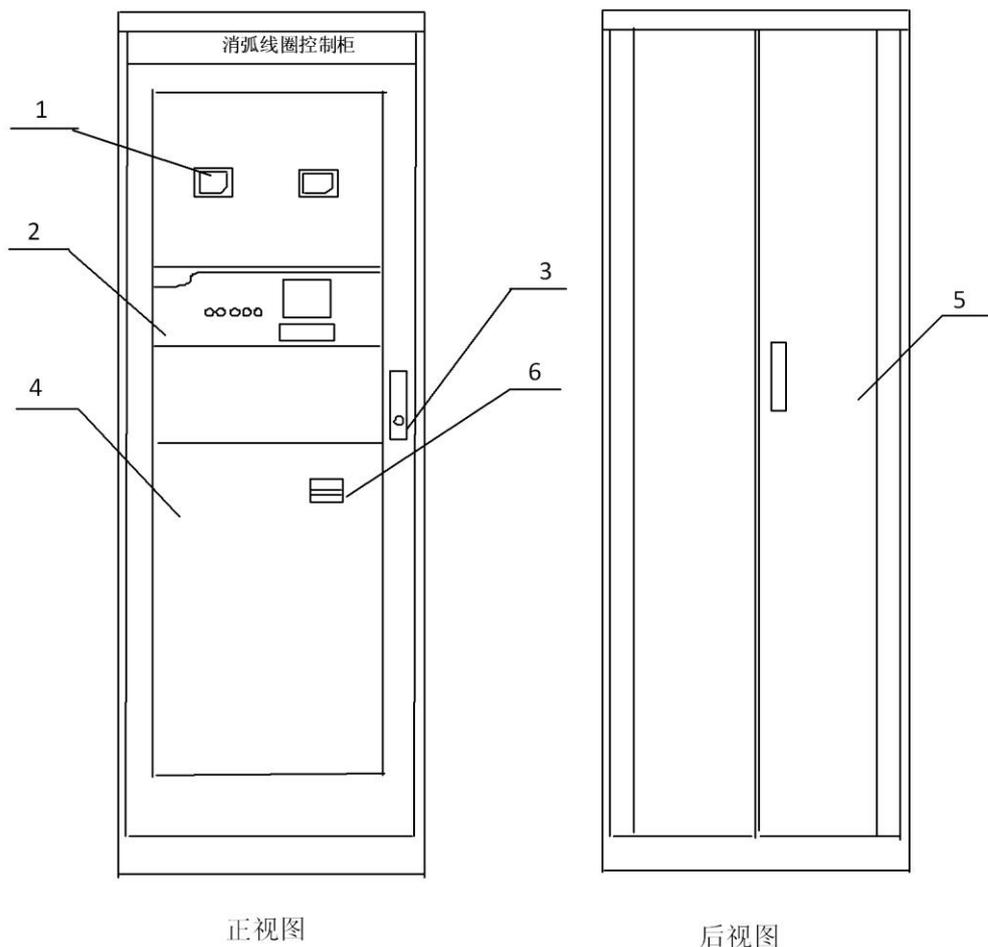
- a) 控制柜电源：三相四线 380V，最大 15kVA；
- b) 励磁电流从零上升到最大值的时间：不大于 20ms；

- c) 工频无功接地残流：小于 5A；
- d) 单相接地后补偿脱谐度：小于 5%。

4.1.4 控制柜功能特点

- a) 装置由 TI 公司最新的 DSP 芯片控制，可实时显示电网电容电流，并具有电容电流追忆功能及自检功能等；
- b) 实时性实施补偿功能。在任何状态下，一旦电网出现单相接地故障，控制器即瞬时施加所需励磁电流给消弧线圈，实施最佳补偿；
- c) 装置可选装单相接地选线单元，监视多条馈出支路；
- d) 具有双套并运功能；
- e) 装置配有大屏幕点阵图形液晶显示器，可将系统运行状态及参数显示出来；
- f) 可按用户要求配置 422/485 串行接口，可同上位机、变电所监控装置通讯，实时传送电容电流、中性点电压、装置自检信息，电网发生接地故障后传送补偿电流、残流等信息。

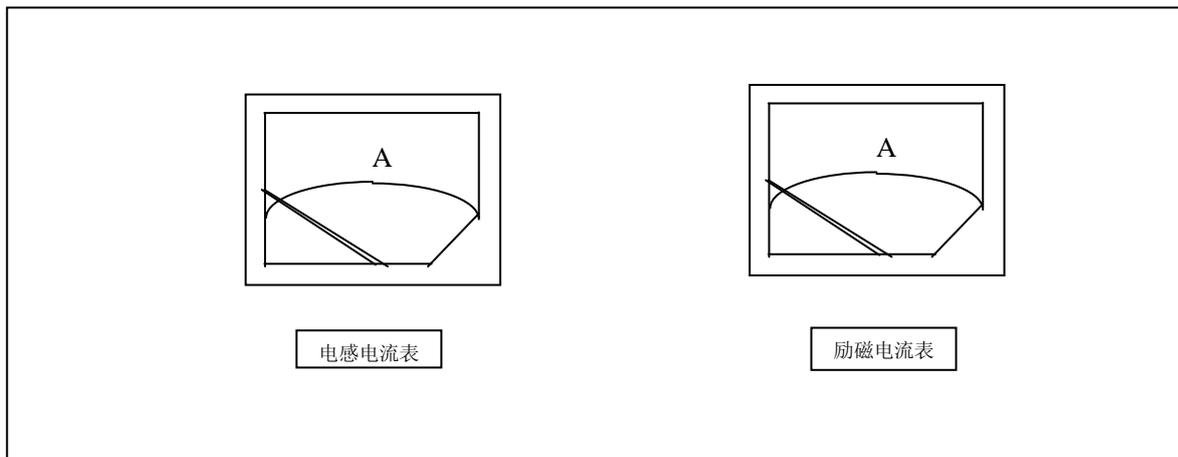
4.1.5 控制柜外形图



图一 控制柜外形图

说明：（1）仪表盘 （2）控制器 （3）锁 （4）玻璃门 （5）后门 （6）空气开关
您所使用的控制柜外形可能与此不同，应以实物为准。也有可能双套装于一个柜上，外形图不再示出。

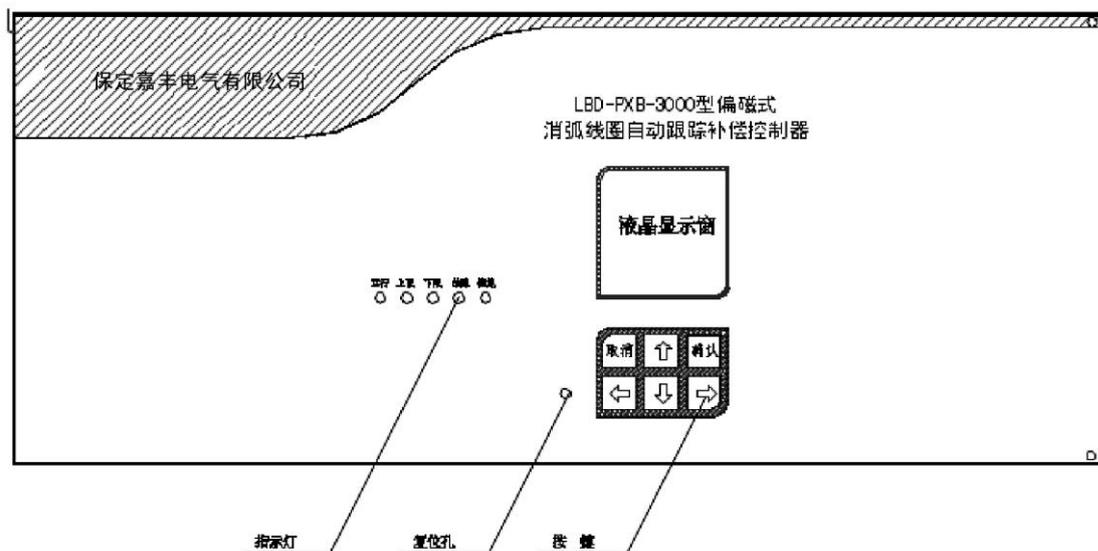
4.1.5.1 控制柜的仪表盘



图二 仪表盘

电感电流表：用于指示消弧线圈通过的补偿电流的大小；
励磁电流表：用于指示消弧线圈直流励磁电流的大小。

4.1.5.2 控制器



4.1.5.2.1 指示灯：用于指示补偿系统当前状态。

运行灯：正常运行时闪烁。

上限灯：正常运行时，此灯不亮；当其亮时，说明补偿系统将运行于上限状态。

下限灯：正常运行时，此灯不亮；当其亮时，说明补偿系统将运行于下限状态。

故障灯：正常运行时，此灯不亮；当其亮时，说明补偿系统将运行于故障状态。

接地灯：正常运行（电力系统不接地）时，此灯不亮；当其亮时，说明电力系统运行于接地状态，补偿系统将运行于补偿状态。

4.1.5.2.2 按键：用于操作控制柜，共分：↑、↓、←、→、取消、确认、复位 7 个键；

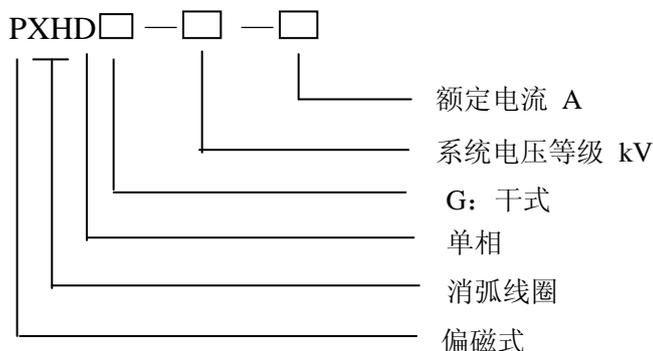
4.1.5.2.3 液晶显示器：128×128 点阵图形显示器，用于显示补偿系统当前状态和参数；

4.1.5.3 空气开关：为用于控制柜投入和退出该系统的电源开关。

4.2 偏磁式消弧线圈本体

4.2.1 偏磁式消弧线圈本体型号说明

偏磁式消弧线圈本体分为油浸式和干式两类，6kV、10kV、35kV、66kV 四大系列。



4.2.1.1 油浸式本体

执行标准：GB/T10229-1988、GB1094.1-1996、GB1094.2-1996、GB1094.3-2003、GB1094.5-2003、GB/T6451-1999。

电压等级：6kV；10kV；35kV；66kV。

绝缘水平：LI60 AC25kV；LI75 AC35kV；LI200 AC85kV；LI325 AC140kV。

冷却方式：ONAN。

使用条件：户内或户外。

4.2.1.2 干式本体

执行标准：GB/T10229-1988、GB1094.1-1996、GB1094.2-1996、GB1094.3-2003、GB1094.5-2003、GB/T6450-1986。

电压等级：6kV；10kV；35kV。

绝缘水平：LI40 AC20kV 或 LI60 AC25kV；LI60 AC28kV 或 LI75 AC35kV；LI145 AC70kV。

耐热等级：H 级。

冷却方式：AN。

使用条件：户内或户外。

外壳防护等级：IP00；IP20；IP23。

4.2.2 偏磁式消弧线圈本体使用环境

4.2.2.1 油浸式本体使用环境

- 海拔高度：1000 米以下（高于 1000 米视为特殊定货）；
- 环境温度：-25℃～ +40℃ 或 -45℃～ +40℃；
- 空气相对湿度：日平均不超过 95%，月平均不超过 90%；
- 周围无严重影响绝缘性能的污秽、无腐蚀和爆炸介质；
- 电源电压的波形近似于正弦波；
- 系统频率：50Hz；
- 具有良好的接地网。

4.2.2.2 干式本体使用环境

- 海拔高度：1000 米以下（高于 1000 米视为特殊定货）；
- 环境温度：-30℃～ +40℃；
- 空气相对湿度：日平均不超过 95%，月平均不超过 90%；
- 周围无严重影响绝缘性能的污秽、无腐蚀和爆炸介质；
- 电源电压的波形近似于正弦波；
- 系统频率：50Hz；

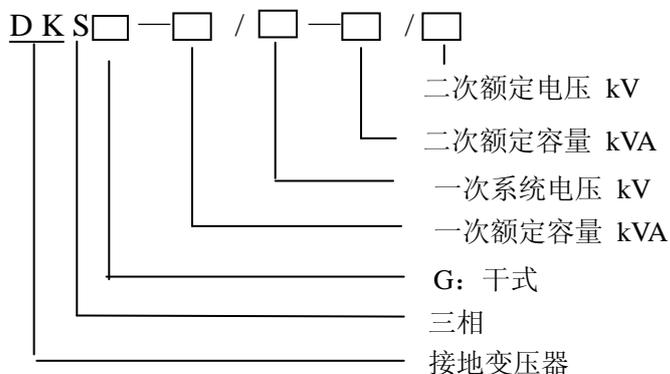
g) 具有良好的接地网。

4.3 接地变压器

4.3.1 接地变压器型号说明

接地变压器用来为无中性点的 6kV 和 10kV 系统提供一个人为的、可带负载的中性点，供系统接地。接地变压器也可带一连续使用的二次绕组，作站（所）用变压器使用。

接地变压器分为油浸式和干式两类，6kV、10kV 两大系列。



4.3.1.1 油浸式接地变压器

a) 执行标准：GB/T10229-1988、GB1094.1-1996、GB1094.2-1996、GB1094.3-2003、GB1094.5-2003、GB/T 6451-1999。

b) 电压等级：6kV；10kV；

带二次低压：0.4 kV。

c) 绝缘水平：LI60 AC25kV；LI75 AC35k。

d) 冷却方式：ONAN。

e) 分接：带二次绕组的接地变压器的一次分接电压为±5%或±2×2.5%。

f) 联结组标号：ZN 为不带二次；ZNyn11 为带二次。

g) 使用条件：户内或户外。

4.3.1.2 干式接地变压器

a) 执行标准：GB/T10229-1988、GB1094.1-1996、GB1094.2-1996、GB1094.3-2003、GB1094.5-2003、GB/T 6450-1986、GB/T10228-1997。

b) 电压等级：6kV；10kV；

带二次低压：0.4 kV。

c) 绝缘水平：LI40 AC20kV 或 LI60 AC25kV；LI60 AC28kV 或 LI75 AC35kV。

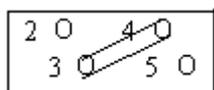
d) 耐热等级：H 级。

e) 冷却方式：AN/AF。

f) 分接：带二次绕组的接地变压器的一次分接电压为±5%或±2×2.5%。

1) 分接电压±5%时：

分接电压标志牌

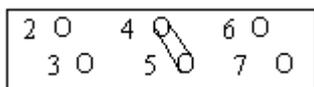


2-3 联接：+5%

3-4 联接：额定

4-5 联接：-5%

2) 分接电压±2×2.5%时：



分接电压标志牌

2-3 联接: +5%

3-4 联接: +2.5%

4-5 联接: 额定

5-6 联接: -2.5%

6-7 联接: -5%

g) 联结组标号: ZN 为不带二次; ZNyn11 为带二次。

h) 使用条件: 户内或户外。

i) 外壳防护等级: IP00; IP20; IP23。

4.3.2 接地变压器使用环境

4.3.2.1 油浸式接地变压器使用环境

与油浸式消弧线圈本体使用环境相同。

4.3.2.2 干式接地变压器使用环境

与干式消弧线圈本体使用环境相同。

4.4 其它附件

4.4.1 高压真空开关: 在负荷小于 500kVA 时, 也可用负荷开关代替。此件为用户自备件, 我方不提供器件和相关电缆及安装附件。

4.4.2 隔离开关: 建议用户为 6kV 或 10kV 系统时户外采用 GW9 型隔离开关, 户内采用 GN19 型隔离开关。此件不为必选件, 也可以不设立。此件为用户自备件, 我方不提供器件和相关电缆及安装附件。

4.4.3 避雷器: 建议用户:

6kV 采用 HY5WZ10/27;

10kV 采用 HY5WZ17/45;

35kV 采用 HY5WZ51/134。

此件不为必选件, 也可以不设立。此件为用户自备件, 我方不提供器件和相关电缆及安装附件。

4.4.4 电线电缆: 建议用户: 380V 三相交流电源线选用四芯 BVR-10mm² 铜电缆; 连接消弧线圈和控制柜的直流励磁端 L1、L2 采用两芯 70mm² 低压铠装铜电缆; 连接本体内 CT 和控制柜 C1、C2 采用两芯 2.5mm² 低压屏蔽铜电缆。这些电线电缆为用户自备件, 我方不提供器件和相关安装附件。

5 成套装置接线详述

5.1 柜体外接线说明

5.1.1 内部布局说明

打开柜体后门, 将看到柜体内部从上到下有:

① 仪表、控制器、整流和保护部分以及整流变压器。整流和保护部分从右到左又分: 散热器和整流模块、保护部分、熔断器 FU、霍尔传感器和分流器 R, 其中分流器 R 的空悬端为连接本体的 L1 端; 在 6kV 和 10kV 系统控制柜中的熔断器 FU 的空悬端为连接消弧线圈本体的 L2 端, 在 35kV 和 66kV 系统控制柜中则连接到平波电抗器的一端。见 5.2 的说明。

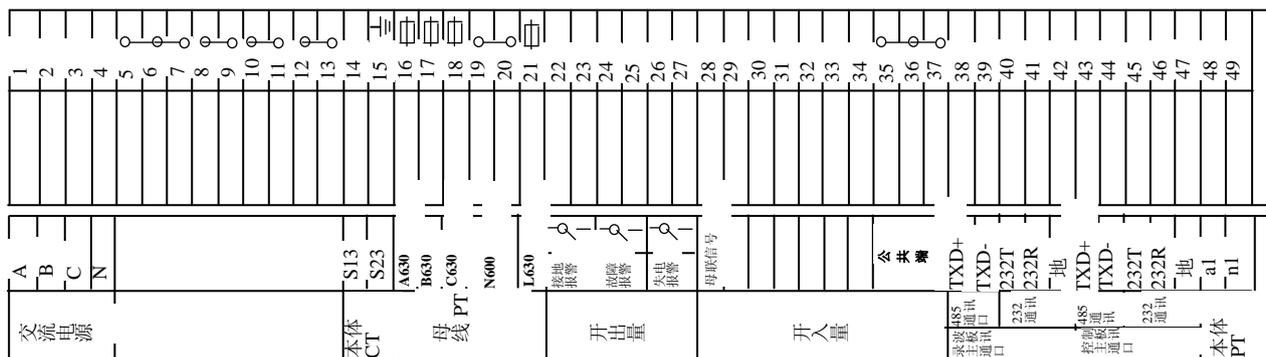
② 在柜体左侧有一端子排 X1。

③ 如果是 35kV 或 66kV 补偿系统柜体, 则在整流变压器外侧还有一平波电抗器 L, 其中空悬端为连接消弧线圈本体的 L2 端。如果是 6kV 和 10kV 补偿系统柜体, 则没有此电抗器。见“5.2 的说明”。

5.1.2 对外连接说明

5.1.2.1 端子排 X1 说明

为了便于说明，将竖排端子横画



① 端子 1-4 为三相电源输入端；

② 端子 14、15 为从消弧线圈本体 CT 来的 S1、S2 输入端；

③ 端子 16、17、18、19 为从母线 PT 引来的 A630、B630、C630、N600 输入端。端子 20、21 为开口三角电压信号的输入端；

④ 端子 22-27 为开出信号输出端；作报警常开接点用。

此处继电器的触点容量与寿命为：

循环容量 感性负载 220Vdc $\tau = 5ms$ 50W 或 220Vac, $COS\Phi = 0.4$ 250VA；

接通容量 感性负载 220Vdc ($\tau = 5ms$) 5A 不断弧； 10^5 开断机械寿命。

⑤ 端子 28-37 为开入信号输入端；端子 35、36、37 为开入信号的公共节点，28-34 为 7 路开入信号；

⑥ 端子 38-47 为通讯信号输出端，端子 38、39 为录波主板的 485 通讯口，端子 40、41、42 为录波主板的 RS232 通讯口；端子 43、44 为控制主板的 485 通讯口，端子 45、46、47 为控制主板的 RS232 通讯口；

⑦ 端子 48、49 为消弧线圈本体处零序 PT 信号引入线。

5.1.2.2 励磁输出接线说明

控制屏内的分流器 R 外接消弧线圈本体的 L1 接线柱；对于 6kV 和 10kV 系统，控制柜中熔断器 FU 的空悬端接消弧线圈本体的 L2 接线柱，对于 35kV 和 66kV 系统，控制柜中平波电抗器的空悬端接消弧线圈本体的 L2 接线柱，如 5.2.1、5.2.2 接线图所示。

注：L1 与 L2 的一端由 M8 螺丝紧固，另一端由 M12 螺丝紧固，制作连接电缆时连接件应与之对应。

5.2 成套装置安装使用说明

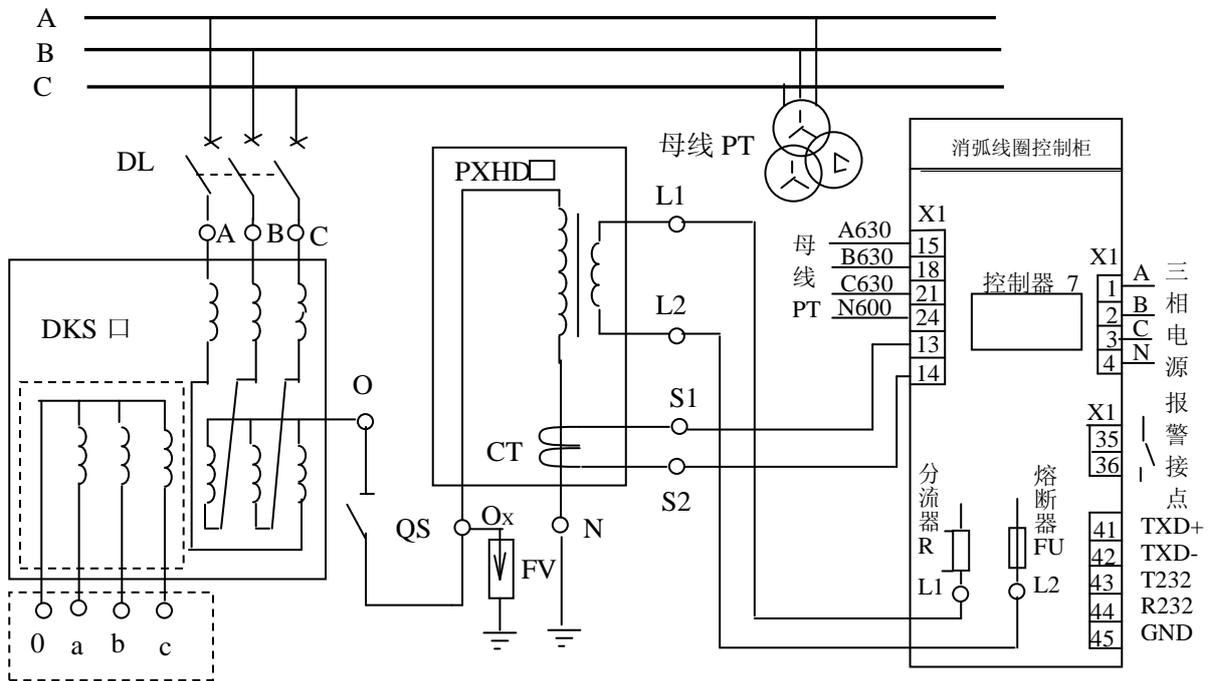
消弧线圈的安装地点的接地电阻应符合 DL/T621-1997 《交流电气装置的接地》的规定。

油浸式 6kV 和 10kV 系列（容量大于 1000kVA）接地变压器及消弧线圈，35kV 和 66kV 消弧线圈，需加装瓦斯继电器。其接点将不在以下图中出现，请在设计和接线时注意。“油浸偏磁式消弧线圈及接地变压器”的安装使用的补充说明详见附录 A。

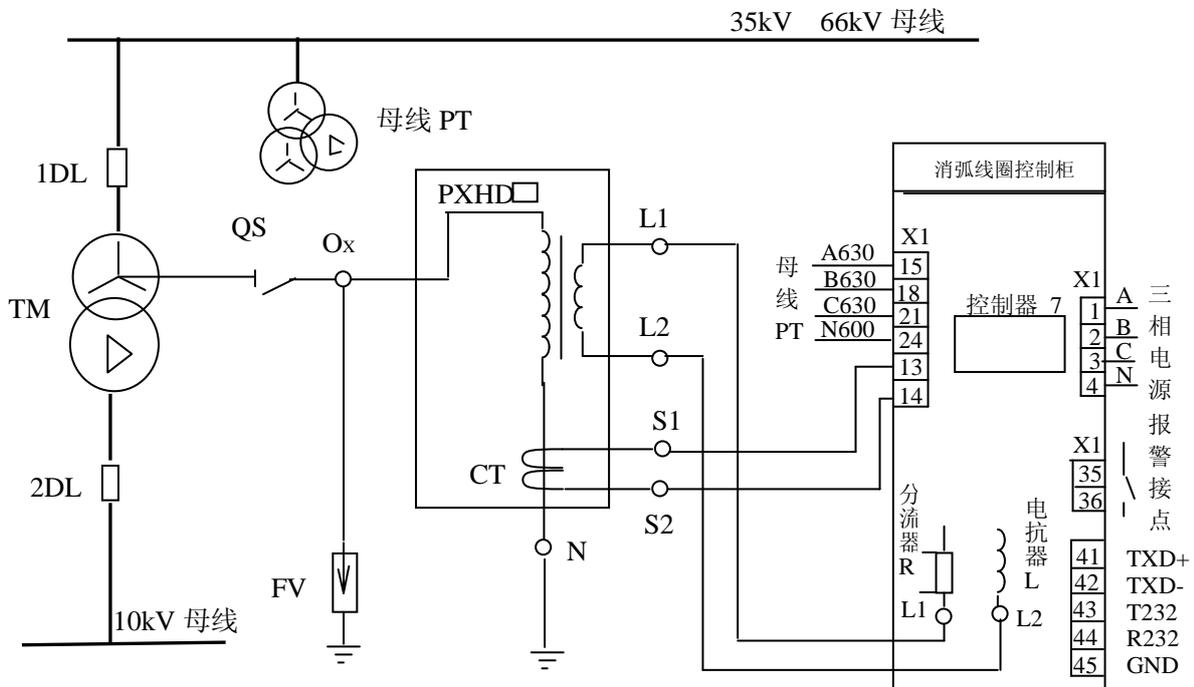
另外，油浸式装置运输时将吸湿器摘除，装置就位后，验收及安装时应特别注意。

对于干式偏磁式消弧线圈及干式接地变压器的安装使用详见附录 B。

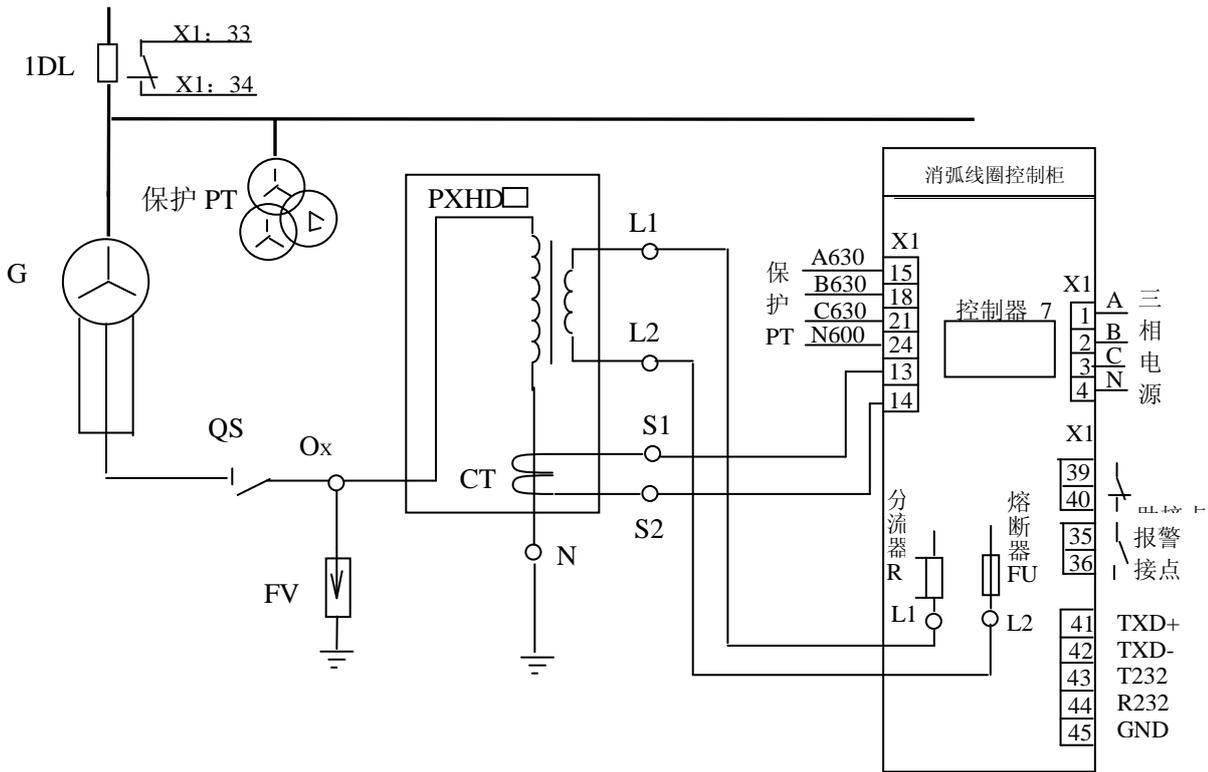
5.2.1 6kV 和 10kV 电压等级线路补偿系统接线说明



5.2.2 35kV 和 66kV 电压等级线路补偿系统接线说明



5.2.3 发电机中性点补偿系统接线说明



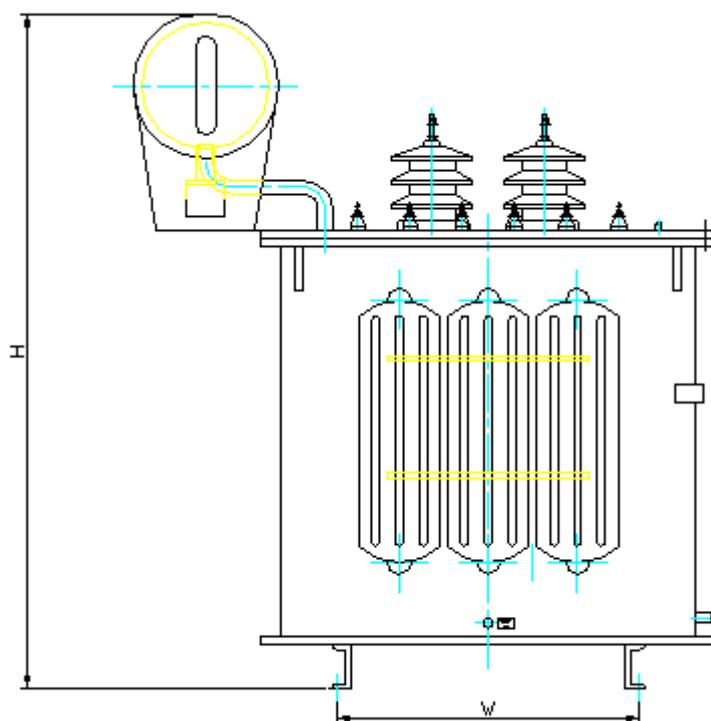
注：以上接线仅供参考，最终接线应以随货接线图为准。

6 成套装置的主要部件规格

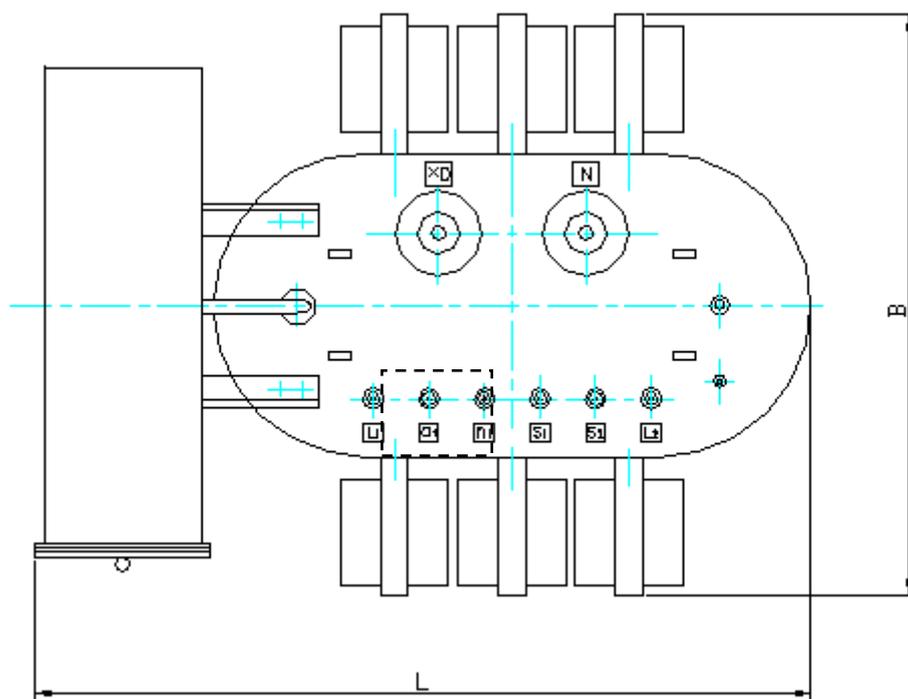
6.1 偏磁式消弧线圈本体

6.1.1 不含接地变压器的油浸式偏磁式消弧线圈本体。

6.1.1.1 外形图



正视图



俯视图

注：虚线框内指的是消弧线圈本体的内装 PT，定货时如不特别指出，本体一般不带该 PT。

6.1 .1.2 规格型号、容量及外形尺寸见下表：

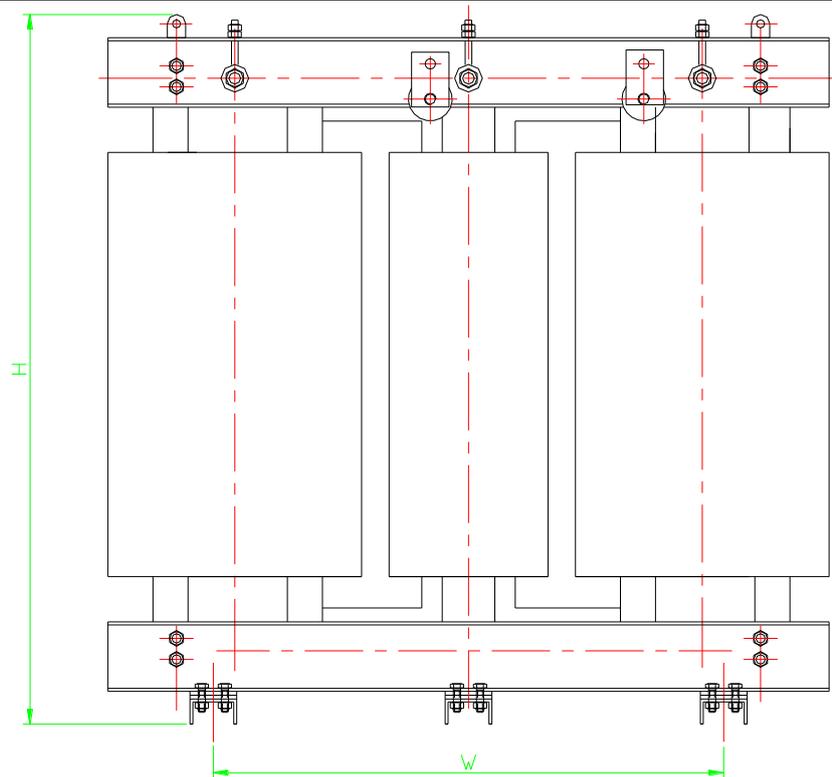
外形尺寸表 (mm)

型号	H	L	B	W	容量 (kVA)
PXHD-6-25	2100	1700	1000	550	90
PXHD-6-50	2400	2100	1100	550	180
PXHD-6-75	2550	2150	1200	660	270
PXHD-6-100	2700	2250	1500	660	360
PXHD-6-150	2800	2300	1800	660	546
PXHD-6-200	3100	2400	2000	820	728
PXHD-10-25	2200	1800	1300	550	152
PXHD-10-50	2350	2200	1400	660	304
PXHD-10-75	2600	2300	1500	660	456
PXHD-10-100	2900	2500	1600	820	607
PXHD-10-150	3100	2600	2000	820	910
PXHD-10-200	3400	2800	2200	820	1213
PXHD-35-25	3200	2500	1600	820	556
PXHD-35-50	3200	2600	2100	820	1112
PXHD-35-75	3700	2800	2400	820	1667
PXHD-35-100	4000	3000	2400	1070	2223
PXHD-35-150	4700	3500	3000	1475	3334
PXHD-66-50	4300	3200	2000	1070	1905
PXHD-66-100	4800	3500	3400	1475	3811
PXHD-66-200	5400	4200	3600	2000	7622

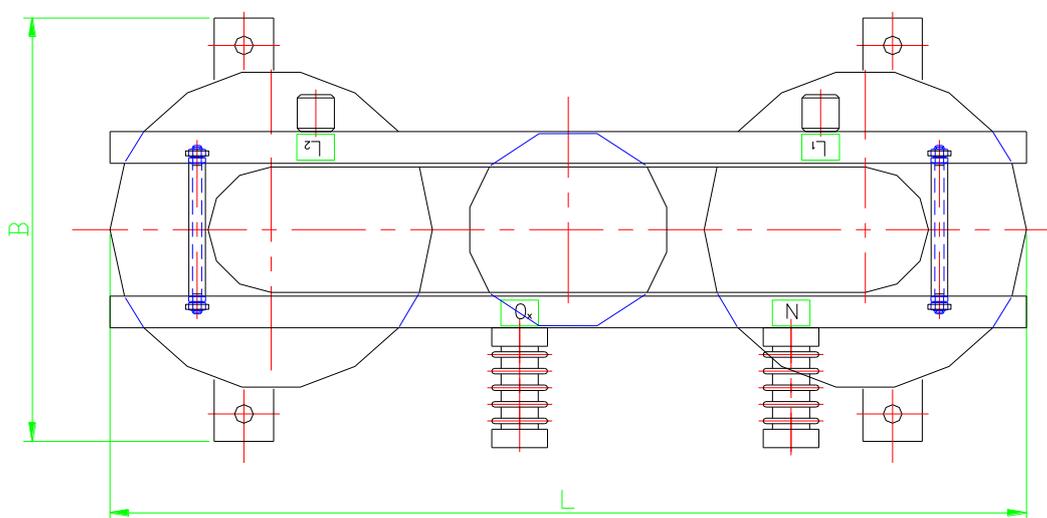
注：以上数据仅供参考，我公司保留更改的权利，并接受特殊定货。

6.1 .2 干式偏磁式消弧线圈本体

6.1 .2.1 外形图



正视图



俯视图

6.1.2.2 规格型号、容量及外形尺寸见下表：

外形尺寸表 (mm)

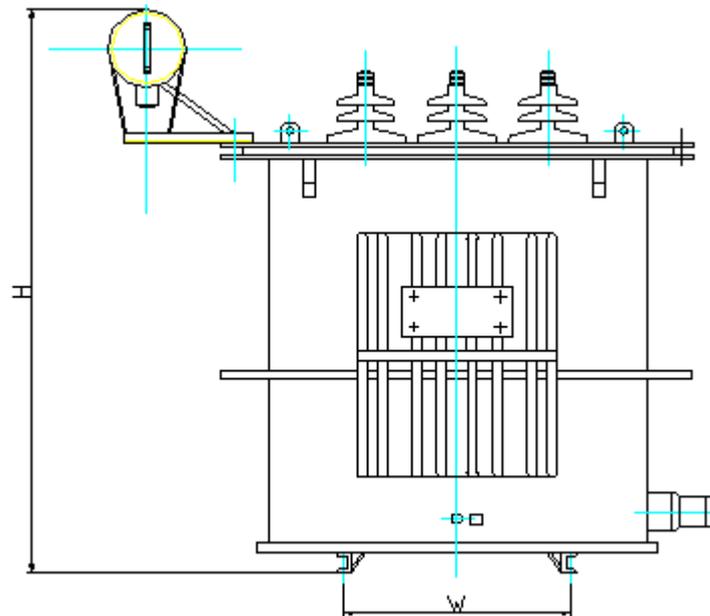
型号	H	L	B	W	容量 (kVA)
PXHDG-6-25	1500	1270	730	660	90
PXHDG-6-50	1650	1370	730	820	180
PXHDG-6-75	1810	1390	730	820	270
PXHDG-6-100	2050	1490	820	1070	360
PXHDG-6-150	1445	1605	1000	1070	510
PXHDG-6-200	1560	1720	1000	1070	730
PXHDG-10-25	1550	1350	730	660	150
PXHDG-10-50	1750	1440	730	820	300
PXHDG-10-75	1950	1490	820	820	450
PXHDG-10-100	2150	1600	820	1070	600
PXHDG-10-150	1550	1680	1000	1070	900
PXHDG-10-200	1690	1760	1200	1070	1210

注：以上数据仅供参考，我公司保留更改的权利，并接受特殊定货。

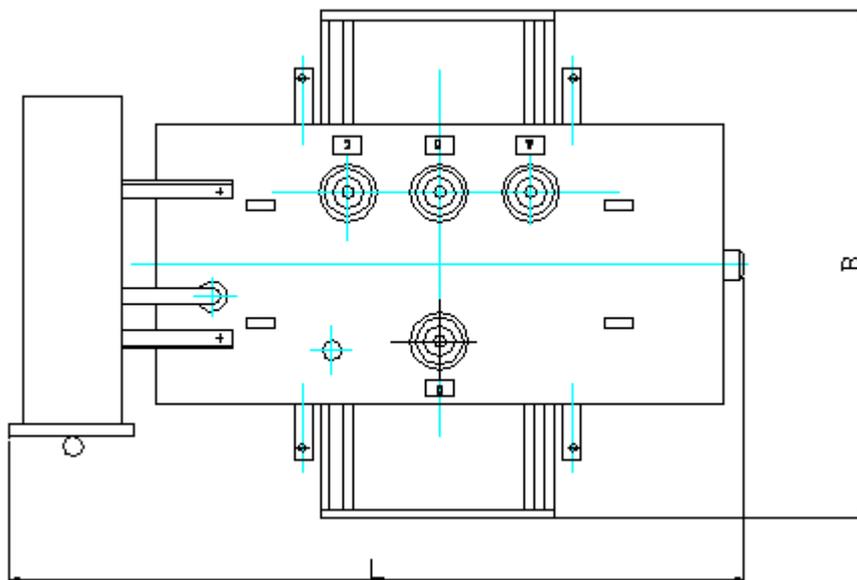
6.2 接地变压器

6.2.1 油浸式接地变压器

6.2.1.1 外形图 (不含二次容量)



正视图



俯视图

6.2.1.2 规格型号、容量及外形尺寸见下表：

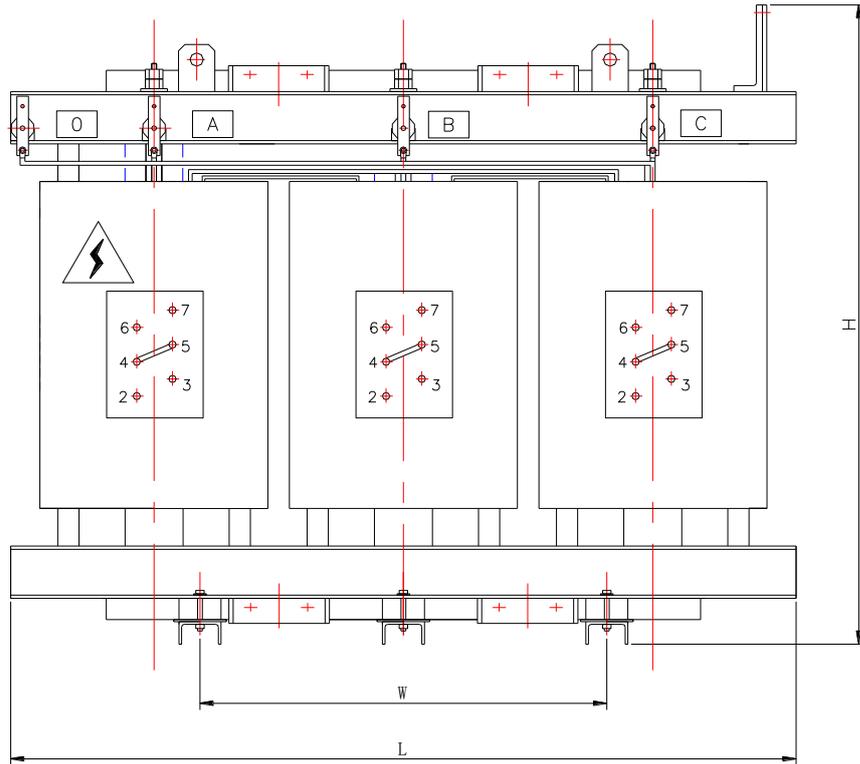
参数表

型号	中性点电流 A	外形尺寸 mm LXBXH	轨距 mm L1XB1	容量 (kVA)
DKS-100/6	25	1100X700X1200	400X450	100
DKS-200/6	50	1250X750X1300	550X550	200
DKS-315/6	75	1200X800X1450	550X650	315
DKS-400/6	100	1500X900X1550	550X750	400
DKS-600/6	150	1800X1100X1800	660X850	600
DKS-800/6	200	1900X1200X1900	660X850	800
DKS-200/10	25	1300X800X1450	550X550	200
DKS-350/10	50	1200X800X1450	550X650	350
DKS-500/10	75	1550X1100X1600	550X750	500
DKS-700/10	100	1900X1200X1900	820X850	700
DKS-1000/10	150	2000X1300X2000	820X850	1000
DKS-1350/10	200	2100X1500X2100	820X850	1350

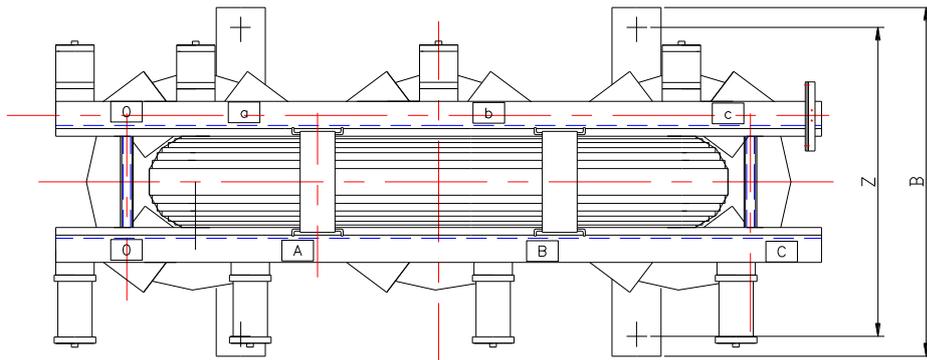
注：以上数据仅供参考，我公司保留更改的权利，并接受特殊定货。

6.2.2 干式接地变压器

6.2.2.1 外形图（不含二次容量）



正视图



俯视图

6.2.2.2 规格型号、容量及外形尺寸见下表：

外形尺寸表 (mm)

型号	H	L	B	W	Z	容量 (kVA)
DKSG-200/10	1050	1300	730	660	660	200
DKSG-315/10	1100	1400	730	660	660	315
DKSG-400/10	1150	1450	730	820	660	400
DKSG-500/10	1200	1500	730	820	660	500
DKSG-630/10	1250	1550	730	820	660	630
DKSG-800/10	1300	1600	850	1070	820	800
DKSG-1000/10	1400	1700	850	1070	820	1000
DKSG-1250/10	1450	1750	850	1070	820	1250

注：以上数据仅供参考，我公司保留更改的权利，并接受特殊定货。用户如需二次容量，订货时需特别说明。

7 订货须知

7.1 使用条件

包括：使用地的海拔高度、环境温度及在户外还是户内使用。

7.2 系统运行条件

是否为发电机中性点及系统电压等级。

7.3 接地变压器运行参数

额定容量、额定电压、高压分接范围、连接组别、额定中性点电流，零序阻抗或阻抗电压（带二次时）、二次侧额定容量、二次侧额定电压、绝缘水平；

7.4 消弧线圈运行参数

额定容量、额定电压、补偿电流调节范围、绝缘水平。

7.5 本体装置是油浸产品还是干式产品；干式产品是否带外壳以及外壳的技术要求和防护等级。

7.6 是否配接地选线装置，及母线段数和馈线支数。

7.7 控制柜要求

柜体尺寸、颜色（色标号及色标厂家）、柜体开门为内扣还是外扣。

7.8 其他性能参数要求

7.9 特别声明：说明书中配置更改恕不另行通知，以随货说明书为准。

8 运输

包装好的产品运输过程中的贮存温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于95%。产品应承受在此环境中的短时贮存。运输过程中，产品倾斜不得超过 15° 。详见附录A、B。

9 贮存

包装好的产品应贮存在 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于80%、周围空气中不含有腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内。详见附录A、B。

10 质量保证

除另有规定外，在用户完全遵守本标准、产品标准及产品说明书规定的运输、贮存、安装和使用要求的情况下，产品自出厂之日起二年内，如发现产品及其配套件损坏，制造厂负责免费修理或更换。

附录 A：“油浸偏磁式消弧线圈及接地变压器”的安装使用的补充说明

A1 适用范围

本说明书适用于以下系列产品：1、电压等级为 10kV 及以下的油浸式接地变压器；2、电压等级 35kV，容量为 4000kVA 及以下油浸偏磁式消弧线圈。

上述系列产品经正常运输后，不需再做吊芯检查，只要将需要装配的有关零部件安装好后，即可做验收试验项目，合格后，便可投入运行。

A2 运输

A2.1 产品至安装地点的运输方式，主要为公路或铁路运输，且为带油运输，其附带的零件、配套件、出厂技术文件等，另装成箱与产品一起发运。

A2.2 起吊产品时，应同时使用箱壁上的四个吊拌。这四个吊拌可以承受产品的总重量。箱盖上的吊板供起吊器身之用。起吊时绳与垂线之间夹角不得大于 30°。对于全密封型的产品，起吊产品时，应起吊箱盖上的四个吊板（油箱上的吊拌只在起吊油箱时使用）。

A2.3 运输过程中产品的倾斜角不得大于 15°。

A3 验收

A3.1 用货单位收到产品以后，应立即按铭牌查对所收到的产品之型号、规格是否与定货合同相符，按出厂文件一览表检查技术文件及产品附件是否齐全，并检查 A3.1.1、A3.1.2、A3.1.3 条：

A3.1.1 有无漏油、渗油现象；

A3.1.2 产品与附件有无损坏；

A3.1.3 易损部件，如套管、信号温度计、气体继电器等附件有无损坏。

A3.2 压力释放器的使用

当产品内部发生故障后导致油箱内的油被汽化，使压力急速升高，如果此时压力得不到及时释放，往往会将油箱撑裂或变形，安装压力释放器后，在运行前去掉上面的封片，就可保证油箱内部压力在早于油箱爆裂或变形之前得到释放（详见压力释放阀说明书）。

A4 储存

产品存放时，油箱油面应经常保持在箱盖以上，并定期检查其存放情况。对于运输中拆卸储油柜的产品，存放时必须装上储油柜（包括吸湿器）以保证有一定的油压与油量，适应其温度变化的需要。

A5 总装配

A5.1 对不拆卸运输的产品，即可直接做投入运行前的试验项目。对拆卸运输的产品，必须先安装好储油柜及其附件，方可做投入运行前的试验项目。

A5.2 装水银温度计、信号温度计时要将温度计座内注满与油箱内相同的变压器油。

A5.3 装吸湿器时要将吸湿器的下部注变压器油（详见吸湿器使用说明书）。

A5.4 装配好其他零部件。

A5.5 将散热器及储油柜的蝶阀打开，注入合格变压器油至储油柜正常油面高度（视其环境温度而定），注油时散热器、气体继电器、套管的放气塞必须打开，冒油时再密封好。

A5.6 注入变压器油后，将散热器、气体继电器、套管的放气塞密封好，并检查所有密封面，停放 24h 后，

检查其是否有渗油现象，并再次放出气体继电器的气体。在补注变压器油时，须注意补注变压器油的型号、产地或油基，不同型号的变压器油一般不得混合使用。

A5.7 取该产品的油样，并做油耐压试验和油化验分析。

A5.8 注油完毕应开始做密封试验。试验方法如下：

气体静压试验：利用储油柜上的通气孔，用 $0.25\text{Kg}/\text{cm}^2$ 干净干燥的压缩空气作静压试验，保持 3h 应无渗油现象（通气孔的螺纹为 $M30\times 1.5$ ）。

A5.9 试验注意事项：

A5.9.1 气压静压试验时，将吸湿器拆下，联管处用铁盖板密封好，试验完后再拆掉铁盖板，装上吸湿器；

A5.9.2 使套管内充满变压器油；

A5.9.3 气体继电器放气。

A5.10 产品如装有气体继电器，安装到基台后，其储油柜的一端应垫高 $10\sim 15\text{mm}$ ，使产品略有倾斜，以增加气体继电器的动作灵敏度。

A6 投入运行

A6.1 产品总装后，在投入运行前应按“运行规程”规定的项目进行试验。

对于有载调压接地变压器，应先了解有载开关的结构及使用说明，接上控制器检查开关动作顺序。

注：产品在注满油后需静放后再做各项试验：10kV 及以下至少静放 10h，35kV 至少静放 30h。

A6.2 产品通过了第 A6.1 条所列的试验项目后，应进行如下检查：

A6.2.1 整定与试验保护装置、气体继电器、过电流继电器、差动继电器的动作；

A6.2.2 检查储油柜油面，储油柜与油箱的联管活门一定要开通；

A6.2.3 校验温度计的读数；

A6.2.4 检查产品各处是否有其他不相干的东西存在；

A6.2.5 油箱接地是否良好；

A6.2.6 是否漏油。

A6.3 装有气体继电器的产品，在投入运行前，应先将气体继电器的信号触头接至产品的电源跳闸回路，过电流保护时限定为瞬时动作，然后接入额定电压，历时 30min，此时应倾听音响，如有可能对产品接入的电压应由零逐渐升高，以便早期发现故障。

A6.4 接地变压器应由供电侧接入电源，因为接地变压器的保护装置多装在该侧，如产生不正常情况能及时切断电源。

A6.5 试验完毕后，切断电源，重新调整过电流保护整定值，并将气体继电器的信号触头接至报警回路，跳闸触头接至继电器保护的跳闸回路，再使产品在额定电压下空载合闸 3~5 次，以检验在激磁电流冲击作用下的继电保护装置的動作。

A6.6 如接入电压的试验结果良好，便可投入运行。

（注：200kVA 及以下接地变压器在投入运行前，请将储油柜上呼吸帽内的胶圈取出，以保证接地变压器安全运行。）

A6.7 在运行中，应经常检查温度指示及油面指示和保护装置（如气体继电器等）以保证其动作可靠；经常查看各个密封处有无漏油。

A6.8 关于产品的维护应遵照水电部颁布的《变压器运行规程》。

附录 B：“干式偏磁式消弧线圈及干式接地变压器”使用补充说明

B1 适用范围

本说明书适用于标称电压等级为 10kV 级及以下的干式偏磁式消弧线圈、干式接地变压器、外壳及其附属零部件。

B2 成套设备组装

干式偏磁式消弧线圈及干式接地变压器分别经过出厂试验合格后，放在外壳内，并按照接线图正确接线，接线一般采用铜排连接。最后，进行成套设备的出厂试验。

B3 运输

B3.1 该成套设备一般为整体运输，通常采用公路或铁路运输方式。其附带的零件、配套件、出厂技术文件等，另装成箱与干式偏磁式消弧线圈及干式接地变压器一起发运。

B3.2 起吊该成套设备时，应同时使用外壳底座槽钢上的四个可抽拉的吊拌，这四个可抽拉的吊拌完全可以承受干式偏磁式消弧线圈、干式接地变压器及外壳这三部分的总重量。起吊时绳与垂线之间夹角不得大于 30°。

B3.3 运输过程中外壳的倾斜角不得大于 10°。

B4 验收

用货单位收到该成套设备以后，应立即按发货清单查对设备的产品型号、规格是否与定货合同相符，按出厂文件一览表检查技术文件及产品附件是否齐全，并检查产品与附件有无损坏。

B5 安装

B5.1 对于整体吊装的该成套设备，在安全到达现场后即可将外壳按照基础图的布置就位。起吊该成套设备时，应同时使用外壳底座槽钢上的四个可抽拉的吊拌，绳与垂线之间夹角不得大于 30°，就位基准找好后，将外壳底座的槽钢与基础的预埋铁焊接牢固。

B5.2 对于经过分体运输后到达现场的设备，需要对设备进行整体组装。

B5.3 对于整体运输后安装的成套设备，安装完成后，应对设备间的所有连接螺栓仔细检查一遍，发现有松动的，必须将其紧固。

B6 投入运行

现场经过调试并且按照“运行规程”试验合格后即可投运。

B7 成套设备运行时的维护

根据成套设备安装场所的环境污染情况，定期切断电源，检查如下：

B7.1 检查外壳内通风情况，在任何时候室内温度应不大于 40℃，并经常保持室内清洁。

B7.2 检查干式消弧及接地变压器的铁心引线及所有金属部件是否有腐蚀现象，如果发现腐蚀仅为局部现象，则将锈除去，涂上硅树脂绝缘漆，如发现大面积腐蚀则有必要检查室内空气的成分，并针对情况采取

适当措施。

B7.3 检查绝缘表面有无积尘、碳化，如有应进行清除处理。

B7.4 用清洁柔软的布擦净引线、导线夹、绝缘子、接线板和其它主绝缘部分，注意切勿用苯汽油和丙酮之类的稀料，对那些不便擦到的绝缘部分可用风吹或吸尘方法清除。

B7.5 检查干式消弧线圈及接地变压器器身上所有紧固螺栓是否有松动，如有松动应及时拧紧锁牢。

B7.6 检查所有导电部分的连接处有无腐蚀、变色过热现象，如发现有过热现象，应查找原因并采取适当修理措施。

B7.7 有关成套设备其它维护事项应遵守水电部颁布的"变压器运行规程"进行维护。

B7.8 各种附件，如温度控制器、冷却风机等的维护，请参照相关说明书。

附录 C: JF—PXB 消弧线圈屏通讯规约

C1 CDT 形式规约

采用 RS485 串口通讯, 波特率为 4800bit/s, 基于基本 CDT 规约, 在五秒内发一帧, 数据为 8 位, 停止位一位, 无校验位。

控制字节为 71。功能码: 遥信从 F0 开始, 遥测从 00 开始。帧别: 遥信为 F4, 遥测为 61; 源站地址为 02, 目的地址为 01;

C1.1 遥信量通过高低电平 (即 0、1) 表示两种状态。

C1.1.1 遥信量字节 BYTE1:

- A. 7: 母线 1 未投运为 0, 母线 1 投运为 1;
- A. 6: 母线 2 未投运为 0, 母线 2 投运为 1;
- A. 5: 母线 1 未补偿为 0, 母线 1 补偿为 1;
- A. 4: 母线 2 未补偿为 0, 母线 2 补偿为 1;
- A. 3: 母线 1 未断线为 0, 母线 1 断线为 1;
- A. 2: 母线 2 未断线为 0, 母线 2 断线为 1;
- A. 1: 为 1 时, 表示测得的母线 1 电容电流为上限;
- A. 0: 为 1 时, 表示测得的母线 1 电容电流为下限;

C1.1.2 遥信量字节 BYTE2:

- B. 7: 为 1 时, 表示测得的母线 2 电容电流为上限;
- B. 6: 为 1 时, 表示测得的母线 2 电容电流为下限;
- B. 5: 为 1 时, 表示系统不平衡电压超过规定值;
- B. 4: 为 1 时, 表示装置自身故障;

C1.1.3 遥信量字节 BYTE3:

备用。

C1.1.4 遥信量字节 BYTE4:

备用。

C1.1.5 遥信帧: EB 90 EB 90 EB 90 71 F4 01 02 01 1E
F0 BYTE1 BYTE2 BYTE3 BYTE4 CRC 校验码

C1.2 传送的遥测量有: 电网电容电流 i_c (功能码为 00)、消弧线圈电感电流 i_l (功能码为 01)、残流 i_a (02); 补偿时三个量均有; 未补偿时, 只有 i_c 值, i_a 和 i_l 等于 0; 无符号位, 皆为正值, 以 BCD 码形式发送。

C1.3 遥测帧:

a) 补偿时:

EB 90	EB 90	EB 90	71 61 03 02 01 D0
00	<u>百位</u>	<u>十位</u>	<u>个位</u> <u>小数点后一位</u> <u>CRC 校验码</u>
01	<u>百位</u>	<u>十位</u>	<u>个位</u> <u>小数点后一位</u> <u>CRC 校验码</u>
02	<u>百位</u>	<u>十位</u>	<u>个位</u> <u>小数点后一位</u> <u>CRC 校验码</u>

b) 未补偿时:

EB 90	EB 90	EB 90	71 61 03 02 01 D0
00	<u>百位</u>	<u>十位</u>	<u>个位</u> <u>小数点后一位</u> <u>CRC 校验码</u>
01	<u>百位</u>	<u>十位</u>	<u>个位</u> <u>小数点后一位</u> <u>CRC 校验码</u>
03	<u>百位</u>	<u>十位</u>	<u>个位</u> <u>小数点后一位</u> <u>CRC 校验码</u>

C2 MODBUS 形式规约

采用 RS485 串口通讯，波特率为 4800bit/s，基于基本 MODBUS 规约，采用 RTU 传输模式，数据格式为 8 个数据位、1 个停止位、无奇偶校验。

本装置地址为 02；功能码：遥测为 03，遥信为 02

C2.1 遥信量

C2.1.1 遥信量的数量：两个字节的遥信量（分别用为 A、B 表示）。

C2.1.2 遥信量各 BIT 位的含义如下：

- A. 7: 母线 1 未投运为 0，母线 1 投运为 1；
- A. 6: 母线 2 未投运为 0，母线 2 投运为 1；
- A. 5: 母线 1 未补偿为 0，母线 1 补偿为 1；
- A. 4: 母线 2 未补偿为 0，母线 2 补偿为 1；
- A. 3: 母线 1 未断线为 0，母线 1 断线为 1；
- A. 2: 母线 2 未断线为 0，母线 2 断线为 1；
- A. 1: 为 1 时，表示测得的母线 1 电容电流为上限；
- A. 0: 为 1 时，表示测得的母线 1 电容电流为下限；
- B. 7: 为 1 时，表示测得的母线 2 电容电流为上限；
- B. 6: 为 1 时，表示测得的母线 2 电容电流为下限；
- B. 5: 为 1 时，表示系统不平衡电压超过规定值；
- B. 4: 为 1 时，表示装置自身故障。

C2.1.3 上位机（主机）下发报文格式（十六进制）：

02 02 00 02 CRC 校验码（字）

C2.1.4 本装置（从机）回应报文格式（十六进制）：

02 02 02 A 字节 B 字节 CRC 校验码（字）

C3 遥测量

C3.1 遥测量的数量：有电网电容电流 i_c （占 4 字节）、消弧线圈电感电流 i_l （占 4 字节）、残流 i_a （占 2 字节）共 3 个模拟量。各模拟量无符号位，皆为正值，且以 BCD 码形式发送。

C3.2 上位机（主机）下发报文格式（十六进制）：

C3.2.1 未发生单相接地故障时（即遥信量 A. 4=0、A. 5=0）：

02 03 00 04 CRC 校验码（字）

C3.2.2 发生单相接地故障时（即遥信量 A. 4=1 或 A. 5= 1）：

02 03 00 0A CRC 校验码（字）

C3.3 本装置（从机）回应报文格式（十六进制）：

C3.3.1 未发生单相接地故障时（即遥信量 A. 4=0、A. 5=0）：

02 03 00 04 i_c （百位 十位 个位 小数点后一位）CRC 校验码（字）

C3.3.2 发生单相接地故障时（即遥信量 A. 4=1 或 A. 5= 1）：

02 03 00 0A i_c （百位 十位 个位 小数点后一位） i_l （百位 十位 个位 小数点后一位） i_a （个位 小数点后一位）CRC 校验码（字）。