

五次谐波共振

技术应用文章



电力质量
案例研究

问题描述

一个小城采用 30 英里以外的一个山顶湖泊供水。在湖中有一个泵水系统，水顺着一个短斜坡被提取，并进入到一条长长的重力自流管道，被送进该小城的自来水配送系统。

进入管道之前，水流经一个过滤器，以除去杂质。当过滤器两端的压力差过大时，巨大的回流泵立即工作，反向驱动水流，以清除过滤器。该回流将杂质带入到一个沉淀池中。

驱动该回流泵的是一个功率 650 马力、带有软启动功能的一个三相电机。采用了一个“负序检测器”帮助保护该至关重要的电机，当发生断相或者电压失真超过预定值时，就切断该电机的电源。

该电机电力通过来自小城、长为 30 英里的公用设施电线进行供电。在回流泵附近，安装了一个功率因数校正电容器，以改善功率因数，并降低该 30 英里长电线的端电压损失。很长时间以来，该装置的工作一直毫无问题。

附近的山头发生了一次小地震以后，问题就出现了：一旦供电中断，供水的连续性就不能保证。若公用设施连接因地震而损坏，该小城如何才能获得水源呢？答案就在于发电机。随后，该城就另加了一台柴油动力发电机以及系统切换开关（见图 1）。

测量工具：Fluke 43B 电力质量分析仪

实验员：水厂电气工程师

所用功能：电压、谐波频谱

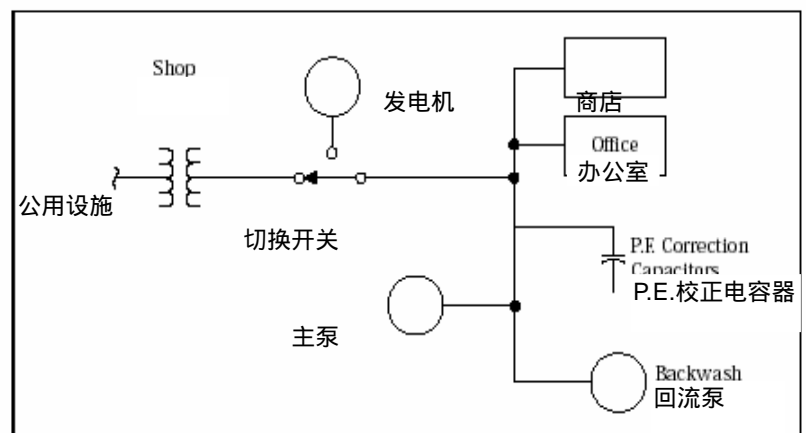


图 1. 水厂单线电路图

在发电机供电下进行的系统测试发现了一个问题。在启动顺序中，回流泵会意外地中途停机。且停机原因是负序检测器向电机控制器发出了一个停机信号。该负序检测器到底是保护了电机的哪一种电气异常呢？是断相吗？电压失真过大？该异常的特性和来源是什么呢？不幸得很，采用手头的测试设备，该城的工程师无法回答这些问题。经过一番研究，确定哪种设计可以让他明白到底是怎么回事以后，他决定订购一台福禄克 43 B。

测量

该工程师怀疑电压发生了畸变，因此，他将福禄克 43B 相对相地跨接在软启动装置的输入端，并选择“谐波”功能。

在启动顺序期间，福禄克 43B 显示，在先于停机信号前，5 次谐波失真上升到了基波的 80%。

理论与分析

理想情况下，位移功率因数(DPF)为 1.0。其条件就是电流和电压处于“相平衡”状态。感性电机负荷导致了电流迟滞，因而，使位移功率因数下降。这样，通常会导致公用设施的惩罚性收费，因此，大多数用户都会安装电容器，以校正位移功率因数。

然而，电感和电容的组合，可能构成共振回路，在共振频率处产生大环流。标准操作规程是选择值足够大的电容器，以将位移功率因数至少校正到 0.9，而电容器值不至于大到使电压滞后于电流。结果配置在 5 次和 7 次谐波之间产生了一个共振频率。

如果回路有一个接近于该共振频率的谐波源，则问题就出现了。在回流泵案例中，软启动装置的半导体切换操作正是这个谐波源。

为什么采用公用设施供电时，该电路工作很好，而采用发电机供电时，则不能工作呢？差别就在于电源内阻。公用设施内阻很低，意味着它能吸收掉谐波电流，而不会产生严重的电压畸变。发电机的内阻比公用设施要高得多。谐波电流流入发电机，导致电压发生足够大的畸变，从而，触发了负序保护电路，并产生停机信号。

解决方案

该小城工程师将该电容器移至切换开关的公用设施侧，便解决了这个问题。如此配置后，发电机再也见不着该电容器，因而，发电机为回路供电时，也就不存在共振条件。