

# The Influence of Crosstalk on the On-Load Voltage Regulator and the Processing Method

Lingfu Liu Jing'an Cui Gang Liu Fengjian She

Maintenance Company of Hunan Electric Power Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410004, China

## Abstract

Whether the on-load voltage regulating device is adjusted correctly or not has a significant impact on the stability of the power system. With the increase of the length of the control cable, the corresponding crosstalk problem is more and more serious. The crosstalk induced voltage may affect the action and return of the relay, so that the control circuit cannot work normally. According to the problems encountered in the actual work, the author puts forward several measures to prevent and eliminate the influence of crosstalk induced voltage, which is simple and practical.

## Keywords

on-load voltage regulation; crosstalk; induced voltage; relay

---

## 串扰对有载调压装置的影响及处理方法

刘令富 崔静安 刘刚 余冯建

湖南省电力有限公司检修公司, 中国·湖南长沙 410004

## 摘要

有载调压装置调整正确与否对电力系统的稳定具有重大影响,随着控制电缆长度的增加,相应的串扰问题也越来越严重,串扰感应电压可能会影响继电器的动作和返回,使控制回路不能正常工作。笔者根据实际工作中遇到的问题提出了预防和消除串扰感应电压影响的几点措施,简单易行,具有实用意义。

## 关键词

有载调压; 串扰; 感应电压; 继电器

---

## 1 引言

有载调压变压器(OLTC)对电力系统稳定具有重大影响,研究表明,重载时,OLTC调整可以带来“负调压效应”甚至引起电压失稳;在电压失稳的过程中,OLTC调整又会加快电压失稳的进程,所以有载调压装置调整正确与否关系重大,有载调压装置的电气控制也显得尤为重要<sup>[1]</sup>。

现今在有载调压装置的电气控制多使用如KVVP2、KVVP2/22等普通控制电缆,当电源为交流且敷设距离较长时,便会产生较严重的串扰问题,并由此带来控制系统工作的不稳定,甚至使控制系统瘫痪,不能满足有载调压的需求。为了消除由串扰问题带来的不良影响,必须对串扰问题进行深入分析,对其形成的原理进行剖析。

论文首先用集总参数模型分析了串扰产生的原因及其影响因素,然后结合工程实例,就工作中遇见的有载调压单相交流控制回路中串扰引起的控制系统紊乱现象进行了分析,并提出可能解决该类问题的几种方法,以求对受到类似问题困扰的工程技术人员有所启发。

## 2 串扰产生原因及对控制回路影响

串扰是两条信号线之间的耦合,信号线之间的互感和互容引起线上的噪声,容性引发耦合电流,而感性耦合引发耦合电压。信号线间距对串扰有一定的影响。导线之间发生串扰时,一根导线上的信号耦合到了另一根信号线上,对与这根信号线连接的电路造成干扰,这种现象经常发生在平行的导线之间。在设计电缆时,要特别注意这种现象。

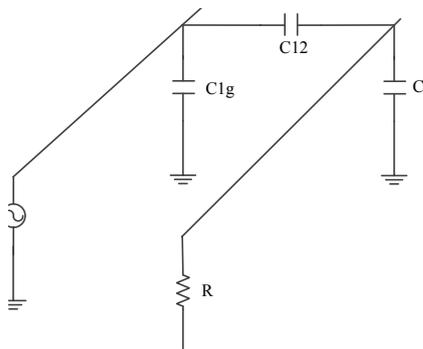


图1 平行导线串扰分析集总参数模型

对于两根平行的导线，当电缆的长度与波长相比很短(小于1/20波长)时，可以用集总参数模型来描述电容耦合，如图1所示。这样就可以用电路分析的方法来计算串扰电压，计算的结果如下。

(1) 频率很低时，R远小于C12和C2g构成的阻抗，

即  $R \ll \frac{1}{j\omega Y C_{12} + C_{2g} Y}$   $R \ll \frac{1}{j\omega Y C_{12} + C_{2g} Y}$ ，在这个条件下，串扰电压为：

$$V = R j \omega C_{12} V = R j \omega C_{12} \quad (1)$$

(2) 频率很高时，R远小于C12和C2g构成的阻抗，

即： $R \gg \frac{1}{j\omega Y C_{12} + C_{2g} Y}$   $R \gg \frac{1}{j\omega Y C_{12} + C_{2g} Y}$ ，在这个条件下，串扰电压为：

$$V = AC \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2g}} V = AC \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2g}} \quad (2)$$

串扰问题主要是由于耦合感应电压引起的，综合公式(1)(2)可知，感应电压均和导体之间的耦合电容成正比，因此当电缆长度比较长时，导体间的感应电容比较大，此时感应电压的影响便不容忽视了。

近年来生产的新型继电器和接触器自身的功率消耗越来越小，线圈阻抗则很高，在使用它们时电缆芯线的电容所产生的感应电压对交流控制的影响就越加显得不可忽视<sup>[2]</sup>。当通过控制开关(转换开关、按钮等)或继电器接点去控制远方的交流继电器(或中间继电器)，从而实现对电气设备的运行及停止操作时，控制开关距交流继电器(接触器)越远，它们之间的连接电缆就越长，而电缆如果长到一定限度，其芯线间存在的电容所产生的感应电压将有可能使交流继电器(接触器)失去控制(不能复归，甚至出现自行吸合的现象<sup>[3]</sup>。

### 3 串扰对控制系统影响实例分析

某变电站#1主变有载调压装置采用上海华明电力设备

制造有限公司的SHM-D分接开关数控操作机构，其控制系统采用单相交流电源、控制电缆选用KVVP2/22 7X1.5，长约200米，具有 $U_N \pm 8 \times 2.5\%$   $U_N \pm 8 \times 2.5\%$ 共17个分接头，启停方式有2种：(1)远控启动；(2)就地启动。正常启动使用第一种方式启动。其控制回路如图2所示。

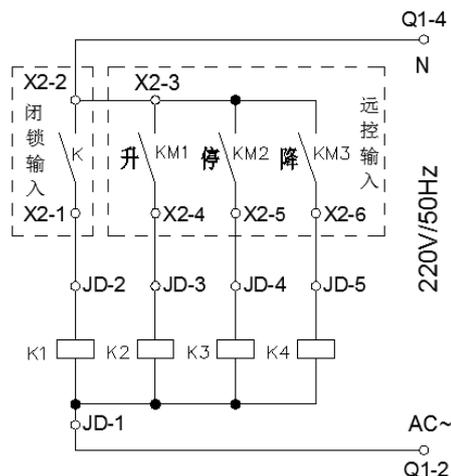


图2 SHM-D有载调压机构控制原理图

其中KM1、KM2、KM3是远控输入节点，分别控制升、停、降调档，可自动复归，K1、K2、K3、K4分别是闭锁、升档、停止、降档控制交流继电器，用于闭锁调压机构和进行调压机构的升、停、降档电机控制操作，Q1-2、Q1-4分别接交流电源AC~、N。在调压机构正常控制过程中，通过集控室发升档(停止、降档)指令使远控输入节点KM1(KM2、KM3)闭合，使升档(停止、降档)控制回路联通，交流继电器K2(K3、K4)线圈励磁后动作，从而使调档电机正确升档(停止、降档)，在升档(停止、降档)完成后，远控输入节点KM1(KM2、KM3)自动返回，KM1(KM2、KM3)控制回路断开并自动复归。

#### 3.1 串扰对调压装置控制回路影响分析

在验收过程中，出现了远控操作不灵的情况，第一次操作时可正常的升、停、降，第二次操作时远控不能实现，升、降遥控命令不能执行，偶然机会升、降命令可被执行，同时手动操作正常。针对这一现象我们进行了排查和分析，排除了以下4点可能会造成控制命令执行紊乱的情况：(1)设计图有设计缺陷。(2)图纸与安装接线不一致。(3)铁芯残磁的影响使接触器铁芯卡死。(4)接触器主触点有过热，粘接现象。排除以上4项情况后，我们多次做模拟启停实验，

发现第一次操作后, 停止接触器线圈依然有 190V 左右的电压, 接触器线圈仍然在吸合位置不返回。发现上述现象后我们又进行了以下几项检查试验。

(1) 测端子排间、端子排对地绝缘电阻、至主控室控制电缆芯线对地及线间绝缘电阻均大于 5 兆欧。由此可以排除绝缘不良、其他交流电串入, 引起的接触器线圈在吸合位置不返回。

(2) 在给远控控制电缆的一根芯线施加 220V 的交流电压后, 在同一电缆的其他被使用芯线分别出现了 36.7V、36.0V、35.8V 的对地电压。切断 220V 交流电源后, 对地电压消失。

(3) 检查控制电缆屏蔽两端接地良好

通过以上实验, 我们确认调压机构控制不灵是由于本身芯线串扰产生的感应电压影响了接触器的返回引起的。为了详尽分析, 文中将控制电路进行了简化等效, 等效电路图如图 3 (以“停止”回路为例)

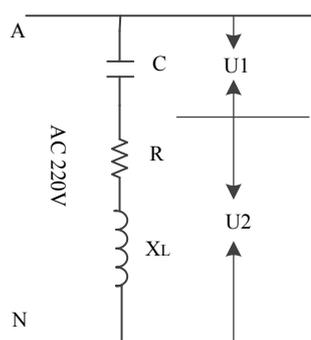


图 3 控制回路简化等效电路图

需要说明的是, 由于电缆的电阻和感抗值远小于容抗值  $X_c$ , 此处忽略不计,  $C$  表示升、降、停控制电缆线间耦合电容;  $R$ ,  $X_L$ ,  $X_L$  分别为继电器线圈的阻抗和感抗;  $U_1$ ,  $U_2$  分别为线间串扰感应电压电压和接触器线圈两端电压。

结合图 1, 3 可以看出, 当控制电缆较长时, 电缆线间电容越大, 电缆电容电压  $U_1$  也越大, 随之流过交流继电器  $K_2(K_3、K_4)$  线圈电流也将增大; 而继电器线圈两端电压  $U_2$  与流过线圈电流成正比, 也随之增大, 当  $U_2$  大于继电器返回电压时, 交流继电器  $K_2(K_3、K_4)$  将会一直保持动作状态不返回, 使  $K_2(K_3、K_4)$  辅助触点保持闭合状态, 故无法实现升降控制, 同时在处理故障时, 我们还将闭锁回路解开希望能消除故障, 但是解开闭锁回路故障并没有解除, 故排除了闭锁

回路影响。

设计图纸中交流接触器  $K_2、K_3、K_4$  的型号是  $CJX2-12$  型, 其线圈参数为: 线圈额定电压  $U_s$  为  $AC220V$ , 吸合电压为  $(0.85 \sim 1.1) U_s$ , 释放电压为  $(0.2 \sim 0.7) U_s$ , 线圈吸合功率  $70VA$ , 相应吸合电流为  $318mA$ , 线圈吸持功率  $8VA$ , 相应吸持电流为  $36mA$ 。经测量芯线的感应电压有  $37V$  左右, 由于其相位可能和交流电源 ( $Q1-2, AC220V$ ) 相位存在差异, 故有载调压升、停、降控制交流接触器线圈两端电压至少  $180V$ , 从而使接触器  $K_2$  不能释放, 调压控制一直处于停的状态, 致使升、降回路控制失效。同时由于  $180V$  处于吸合电压临界值附近, 所以第一次操作时升、降命令可能被执行, 这也解释了控制紊乱的原因。

### 3.2 解决方法

在确认是由于本身芯线带感应电压的原因影响接触器的返回后, 论文提出了以下解决方案:

(1) 对调控制回路的电源极性, 即把设计图中的相线换成零线, 零线换成相线, 如图 4 所示, 以“停止”控制回路为例。

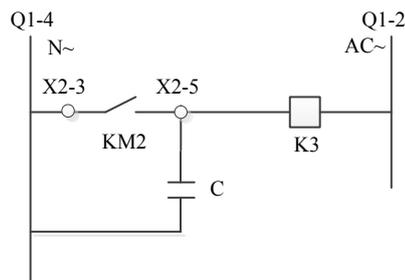


图 4 “停止”控制回路图

按此接线, 经测量  $X_2-5$  处感应电压为  $37V$  左右, 考虑到相位问题, 若感应电压和电源方向相反, 线圈两端的电压也在  $183V$  左右, 这使得停止继电器  $K_3$  无法返回, 从而使升档降档控制回路功能无法实现。对调相线和零线后,  $K_3$  线圈两端电位为感应电压大小, 约  $37V$ , 小于吸合电压, 从而可消除感应电压对继电器返回的影响。

该方法操作简单, 不过当电缆很长时, 耦合电容  $C$  值便比较大, 产生的感应电压也很高, 若此时线圈紧靠  $N$  线时, 当感应电压达到吸合电压以上时也会造成继电器无法返回的影响。

(2) 在接触器线圈两端并联合适的电容或电阻, 如图 5 所示:

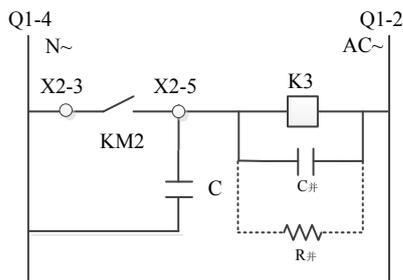


图5 并联电容（电阻）控制回路图

串扰对继电器的影响主要在于其引起的感应电压满足了继电器吸合功率，从而使继电器不能释放，引起控制的紊乱。在接触器线圈两端并联合合适的电容或电阻可以有效降低线圈两端电压或者电流，从而不能满足吸合功率大小要求，可有效消除串扰对继电器返回的影响。需要注意的是当电容电流比较大时，若选用电阻过小时，电阻会被烧坏，无法起到分流消除感应电压的作用；同时若选用电阻过大时，会增加了整个控制回路的功耗，所以应通过计算选择合适的电阻。

### （3）用驱动功率较大动作电压较高的继电器替换

长电缆回路中继电器无指令吸合是由于驱动电流通过分布电容形成回路引起的，所以更换起动电流相对较大的继电器，通常可以解决这一问题。将受影响的继电器更换成返回

电压高或消耗功率大的继电器，可消除感应电压的影响，但有时受元件选型或空间位置不足的限制，不一定能实施。

## 4 结论

论文对串扰产生的原因及其影响因素进行了分析，并结合工程实例就串扰电压引起有载调压控制系统紊乱问题提出了解决方案，以求对受到类似问题困扰的工程技术人员有所启发。

串扰电压引起的控制系统紊乱可能是大多数同行朋友都比较头疼的问题，除了采取上述方法改进后我还要提醒大家要事前提前预防，设计时在满足要求的情况下尽量减少电缆长度，采用两相制控制电源或直流控制，以免运行之后引起不必要的人力物力浪费。

## 参考文献

- [1] 彭志炜, 胡国根, 韩祯祥. 有载调压变压器调整对电力系统电压稳定性的影响 [J]. 中国电机工程学报, 1998(06):408-412.
- [2] 安江波, 袁志强, 翟晓铭. 消除交流控制线路中感应电压影响的方法 [J]. 机电工程技术, 2009(02):103-104.
- [3] 陈丹光. 交流控制回路中不容忽视的电缆电容 [J]. 中国海上油气(工程), 2001(04):24-26, 56.