

# PLC 控制系统的稳定性分析与提高

黄 宁

(四川机电职业技术学院, 四川攀枝花 617000)

摘要: 找出 PLC 控制系统的干扰源, 以西门子 S7 为例, 从应用的角度提出了 PLC 控制稳定性的方法。

关键词: PLC 控制系统; 稳定性; 提高

中图分类号: TP273 文献标识码: A 文章编号: 1009-9492 (2005) 02-0075-03

## 1 引言

PLC 是 80 年代发展起来的新一代工业控制装置, 它是集自动控制、计算机和通信技术于一体的产物, 因其具有通用性好、可靠性高、维修方便、性价比高、编程方法容易等优点, 在 90 年代便广泛应用于工业控制领域。但是, 如果 PLC 工作的稳定性不高, 工厂的生产效率将得不到提高, 甚至会产生设备或安全事故, 因此提高 PLC 控制系统的稳定性具有十分重要的意义。

## 2 影响 PLC 控制系统的稳定性的主要因素

PLC 不稳定的主要表现为内部信息被破坏, 导致控制系统混乱, 执行机构误动作和网络出错, 影响设备的正常运行。其主要原因为:

- (1) 设备选型不合理, 抗恶劣环境条件 (如强磁场、超高温、潮湿、强腐蚀、超低压等) 而引起的干扰能力不强。
- (2) 没有严格按照安装规程进行安装, 如电源处理不当、接地系统不好、布线时未考虑强磁场干扰、网络设计不合理等。
- (3) 软件设计不合理。

## 3 提高 PLC 控制系统的稳定性的主要措施

提高系统的稳定性实际上就是要提高系统的抗干扰能力, 我们必须从系统选型、安装、网络和程序设计等方面采取切实有效的措施, 抑制干扰源, 切断或衰减电磁场干扰的传播途径<sup>[1]</sup>。

### (1) 科学选型

PLC 多数是工作在复杂恶劣环境下, 这不仅对于 PLC 本身, 而且对于现场检测机构、供电设备等外围设备的可靠性也提出了严格的要求。我们首先要了解现场给出的抗干扰指标, 如共模抑制比、差模抑制比、耐压等级、工作所允许的磁场强度环境 (电场强度和频率) 等, 然后根据

要求合理选择具有较高抗干扰能力的 PLC, 如采用浮地技术、隔离性能较好、可靠性好的机型, 以保证 PLC 能在强干扰恶劣环境中长期可靠稳定地运行。其次要根据实际要求选择具有完善的输入、输出功能的模块, 以保证系统能灵活地处理模拟量、数字量和开关量。

### (2) 选择高性能电源, 采取措施抑制电网干扰

电源是干扰进入 PLC 的主要途径之一, 电源干扰主要是通过供电线路的阻抗耦合产生的, 各种大功率的用电设备 (如输配电线路、变频器电源、电磁阀接触器等执行器件、CPU 电源等) 是主要的干扰源。

如果使用 PLC 系统的交流供电电源, 在干扰较强或可靠性要求很高的场合, 可以在 PLC 的交流电源输入端加接带屏蔽层的隔离变压器和低通滤波器, 屏蔽层应可靠接地; 也可以在初级、次级绕组之间加屏蔽层, 并将它们和铁芯一起接地, 以提高高频共模干扰能力<sup>[2]</sup>。

由于变频器供电电源和 PLC 系统有直接电器连接的仪表的供电电源将受到空间电磁干扰而在线路上产生感性电压和电流; 尤其是电网内部的变化、开关操作产生的浪涌、大型电力设备的起停、交直流传动装置引起的谐波电网短路暂态过程的冲击等, 均通过输电线路传到原边, 引起变频器和仪表工作不正常, 因此它们最好采用不间断供电电源 UPS。

### (3) 规范安装 PLC、合理安排接地系统

#### ① PLC 安装规范

不同类型的 PLC 有不同的安装规范, 以 S7-300 为例<sup>[3]</sup>: 它要求了 CPU 和电源的安装位置、机架间的距离、接口模块的安装位置、I/O 模块量、机架与安装部分的连接电阻等。PLC 的开关量信号 (如按钮、限位开关等提供的信号) 对信号电缆无严格的要求, 可选用一般的电缆, 而模拟信号线和高速信号线 (如脉冲传感器、计数码盘等提供的信号) 应选

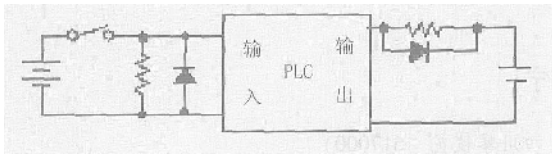


图 1 直流通圈并续流二极管线路

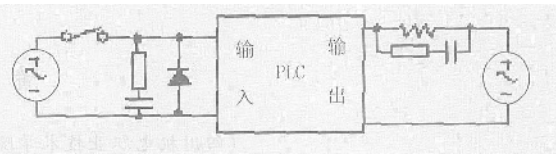


图 2 交流线圈并 RC 选频网络线路

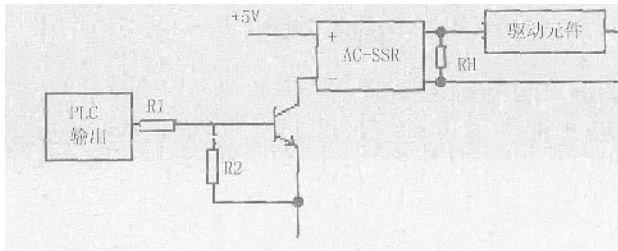


图 3 电磁阀、接触器的过压保护线路

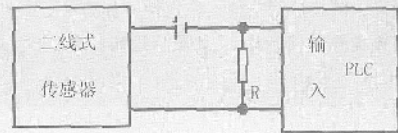


图 4 PLC 与传感器的连接保护线路

用屏蔽电缆。高频信号电缆应尽量选择厂家提供的电缆，中、低频信号则可选用带屏蔽的双绞线电缆。对于大于 60V 的信号线，必须单独捆扎或穿管，对于大于 400V 的信号线，必须布置在接线盒外，并保证 10cm 以上的距离。PLC 应远离强磁场干扰源，信号线若不能避开干扰源，应采用光纤电缆。在室外安装时须采取防雷击的措施，比如在两端接地的金属管线中走线。如果模拟量输入输出/输出信号距离 PLC 比较远，应采用 4~20mA 或 0~10mA 的电流传输方式。PLC 对电缆长度也有限制，如 s7~300 中规定非屏蔽电缆的最大允许长度为 600m（模拟信号模块除外），屏蔽电缆的最大允许长度为 1000m。PLC 还应注意与传感器元件的连接保护，若传感器采用的是 220V 转换成 24V 的四线制供电方式，则应在 PLC 接线端子前加隔离端子。

② 感性负载的过压保护

PLC 在感性负载情况下，必须采取过压保护措施：方法是在直流通圈的两端并联续流二极管或齐纳二极管（如图 1 所示），图中二极管的额定电流电流可选 1A，额定电压应大于电源电压的 3 倍；在交流线圈的两端拉入 RC 吸收网络（如图 2 所示），图中电容取 0.1~0.47μF，其额定电压应大于电源的峰值电压，电阻取 51~120Ω [4]。若为电磁阀或交流接触器之类的元件时可在输出端与驱动元件之间增加固定继电器（AC-SSR） [5] 进行隔离并并联压敏电阻 RH，如图 3 所示。

③ PLC 与传感器类元件连接的保护

当 PLC 与接近开关、光电开关这一类两线式传感器连接时，由于此类传感器的漏电流较大，可能出现错误的输入信号而导致 PLC 的误动作。为此，应在输入端并联旁路电阻 R，如图 4 所示。旁路电阻 R 的阻值由下式确定：

$$I = \frac{R \frac{U_e}{I_e}}{R + \frac{U_e}{I_e}} \leq U_L$$

式中 I 为传感器漏电流，U<sub>e</sub>、I<sub>e</sub> 分别为额定电压和额定电流，U<sub>L</sub> 是 PLC 输入电压低电平的上限值。 [6]

④ 正确选择接地点，完善接地系统

正确选择接地点，完善接地系统对 PLC 系统的正常工作至关重要。接地的目的主要是为了系统的安全和抑制干扰，良好的接地系统是抑制电磁干扰的最重要的措施之一。对于 PLC 控制系统一般采用一点接地和串联一点接地方式。集中布置的 PLC 系统适用于并联一点接地方式，各装置的柜体中心接地点以单独的接地线引向地极。如果装置间距大，应采用串联一点接地方式。用一根大截面铜母线连接各装置的柜体中心接地点然后将接地母线的直接连接地极做成等电位连接。接地线采用截面大于 22mm<sup>2</sup> 的铜导线，总母线截面应采用大于 60mm<sup>2</sup> 的铜排，接地极的接地电阻应小于 1Ω，接地极最好埋在距建筑物 10~15m 远处，而且 PLC 系统接地点必须与强电设备接地相距 10m 以上。信号源接地时，屏蔽层应在信号侧接地；没有接地时，应在 PLC 侧接地；信号线中间有接头时，屏蔽线应牢固连接并进行绝缘处理，总之，严禁多点接地或不接地 [7]。

⑤ 提高网络的可靠性

在网络的安装和设计过程中，我们一定要按网络协议的要求和网络硬件的参数要求进行安装，以 PROFIBUS-DP 为例，电气的网络是一种有屏蔽的双绞线电缆，在干扰较小时可不用屏蔽层，不同的段之间可加中继器进行连接，但最多可以加 8 个，干扰较强时应在 7 个以下，OLM（光纤连接模块）应特别注意采用共点接地，我们还要特别

注意根据数据率合理选择包括节点在内的段长等<sup>[8]</sup>。

#### (4) 软件的抗干扰措施

控制系统的可靠性除与硬件有关外，还与软件有关。在进行系统设计时，建立系统控制算法、控制模型是至关重要的。因为它的好坏，不仅直接关系到控制系统的控制精度，也关系到整个系统工作的稳定性，甚至成败。因此，采用较好的控制模型、算法，可使控制系统稳定性大大提高。采用采样值数字滤波方法，可有效滤除虚假干扰信号；采用不完全微分方法，可防止控制过程产生震荡；采用选择性控制调解模式，驱使接近危险区域的被控量脱离危险界限，排除故障先兆，避免事故发生；采用 Smith 预估控制，对大滞后系统进行 Smith 补偿，克服常规 PID 调节难以适应的超调现象，均收到良好效果。因此，针对不同的控制对象，采用不同的或综合多种控制算法模式，是提高 PLC 控制系统精度和稳定性的一种有效手段。

#### (5) 采用冗余技术来保证系统的可靠性

在可靠性要求极高的大型系统中，常采用冗余技术来保证系统的可靠性。所谓冗余系统是指系统中有多余的部分，没有它，系统照样工作，但在系统出现故障时，这种多余的部分能立即替代故障部分而使系统继续正常运行。实现方法有两种：一是靠硬件实现的冗余系统。这种系统中有两个 CPU 模块在同时工作，它们执行同一个用户程序。主模块工作时，备用模块的输出被禁止，当主模块失效时，备用模块立即投入使用，切换过程是由冗余处理单

元控制。二是靠软件实现的冗余系统。这种系统也有两个 CPU 模块在同时运行一个程序，不同的是，系统不是靠冗余处理单元对两个 CPU 模块进行切换。冗余系统的投资费用相当大，不是十分必须场合不必使用。

## 4 结束语

PLC 控制系统所处的环境差异很大，其干扰源也各有不同。在实际的开发应用中，只要我们措施得当，就能使 PLC 安全、可靠地工作。

参考文献：

- [1] 肖荣主编. 微型计算实时控制的抗干扰 [M]. 湖北: 湖北科学出版社, 1985.
- [2] 杨存祥. 提高 PLC 控制系统的可靠性设计 [J]. 机床与液压, 2003, (5).
- [3] 西门子 s7 PLC 系统、维护和编程集成课程 (上) [Z].
- [4] 宫淑贞主编. 可编程控制器原理及应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [5] 刘美俊. 提高 PLC 控制系统可靠性的措施 [J]. 电工技术杂志, 2001, (1).
- [6] 廖常初主编. 可编程控制器应用技术 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1996.
- [7] 陶光才. PLC 控制系统的抗干扰措施 [J]. 有色设备, 2003, (4).
- [8] 通信 PROFIBUS-DP [Z].

作者简介: 黄宁, 男, 1968 年生, 重庆万州人, 讲师。研究领域: 电气自动化。  
(编辑: 梁玉)

(上接第 63 页)

也就是说对于任意的  $\lambda$  和任意的  $P_w, E_{\text{osw}}$ , 为了达到最好的效果, 使上式它们之间的比率至少为  $e/(e-1)$ , 因此我们可以凭此选择恰当的  $t_{\text{re}}$ 。从文献<sup>[3]</sup>知道, 未经最小化的比率为 2, 则有  $(2-1.58)/2=21\%$ , 也即是说最小化后的待机能耗比原来的待机能耗提高 21% 的节能效果。

下面来看看多电源状态的情况。设  $\beta_i$  为状态  $i$  转换到工作态所需的能耗,  $\alpha_i$  为状态  $i$  的能耗, 设备有  $k+1$  个电源状态, 表示为  $\{s_0, \dots, s_k\}$ , 如果  $i < j < k$ , 则有:

$$\alpha_i < \alpha_j < \alpha_k$$

同时我们假设从高能耗到低能耗不需要时间和能耗, 全部计算到从低能耗到高能耗的情况里。另外假设从状态  $i$  到状态  $j$  与直接从状态  $i$  到状态  $k$  所需要的能耗是一样的。

如果存在  $t_i$  使  $\alpha_i t + \beta_i = \alpha_{i-1} t + \beta_{i-1}$ , 则  $t_i$  就是从状态  $i-1$  到状态  $i$  的临界点。

假设  $t_1 < t_2 < \dots < t_{k-1} < t_k$ , 我们简化为  $t_0$  为 0, 而  $t_{k+1}$  为  $\infty$ , 那么预期的能耗为:

$$\sum_{i=0}^k \int_{t_i}^{t_{i+1}} \lambda(t) [\alpha_i t + \beta_i] dt$$

优化问题就成为选择从状态  $i-1$  到状态  $i$  的开始转换时刻  $\tau_i$ 。对于任意分布的请求, 同样存在比率为  $\leq e/(e-1)$ , 因此对于多电源状态的情况, 也可以通过这个优化比率选

择恰当的状态转换时刻, 达到最佳的节能效果。

## 4 结束语

我们可以通过设备的请求信息, 得到设备的利用率, 根据利用率的高低来确定设备的电源状态, 另外我们还提供了一个选择最佳状态转换时机的优化方法。

参考文献:

- [1] Yung-Hsiang Lu, Tajana Simunic, Giovanni De Micheli. Operating-System Directed Power Reduction 2000 9 ACM P39-P40 [Z].
- [2] Anna Karkin, Mark Manasse, Lyle McGeoch, and Susan Owicki. Competitive Randomized Algorithms for Non-Uniform Problems In Proceedings, Symposium on Discrete Algorithms, 1990 P301-P309 [Z].
- [3] Yung-Hsiang Lu. Comparing System-Level Power Management Policies [J]. 2001 IEEE P10-P18.
- [4] 李善平等. Linux 内核 2.4 版源代码分析大全 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

作者简介: 刘向文, 男, 1965 年生, 广东梅州人, 硕士研究生, 工程师。研究领域: 嵌入式系统。已发表论文 1 篇。  
(编辑: 梁玉)