

提升低压变频器综合抗“晃电”能力的研究与技术实现

孙洪旭，张银东

(中国石油天然气股份有限公司锦州石化分公司仪电车间，辽宁 锦州 121000)

摘要：企业电力系统因内外部因素导致的电网电压波动，即“晃电”会造成低压变频器保护动作停机，变频器再次运行需要对变频器故障进行人工复位，又延长了恢复生产的时间。为减小“晃电”给企业造成的不利影响，论证一套综合的变频器抗“晃电”措施，保证变频器不间断运行。

关键词：变频器；微机综合保护器；失电跨越

Research and technical realization of improving the comprehensive anti sway ability of low voltage converter

SUN Hongxu, ZHANG Yindong

(PetroChina Jinzhou Petrochemical Company, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The power grid voltage fluctuation caused by internal and external factors in the enterprise power system, namely “power shaking”, will cause the shutdown of the protection action of the low-voltage frequency converter. When the frequency converter runs again, it needs to manually reset the frequency converter fault, which also prolongs the time to resume production. In order to reduce the adverse impact of “power shaking” on enterprises, this paper demonstrates a set of comprehensive anti power shaking measures of frequency converter to ensure the uninterrupted operation of frequency converter.

Key words: frequency converter; microcomputer integrated protector; power loss crossing

0 引言

炼化公司属于连续生产企业，生产工艺较为复杂，对供电系统的稳定运行有非常高的要求，但是，由于一次变系统故障、架空线路遭受雷击、系统线路发生短路及供配电设备内部发生故障等内外部原因造成的公司电网短时间内大幅度波动甚至断电的现象，不能够完全避免。“晃电”时低电压持续时间一般只有几十毫秒至几百毫秒，对传统控制系统的影响较小，会导致低压变频器保护动作停机。随着生产自动化程度的提高，低压变频器在我公司应用广泛，这些变频器

对我公司生产实现自动控制、调节流量、降低电动机轴承故障率以及节约电能作出了重要贡献，但低压变频器却存在抗“晃电”能力薄弱以及因“晃电”停机后恢复运行需要时间较长的缺点，这在公司近年发生的“晃电”案例中表现明显，为把“晃电”造成的生产波动和危害降低到最低限度，本文针对可能发生的各种“晃电”工况，通过对变频器原理的分析，并进行反复试验解决遇到的技术问题，设计了一套综合的变频器抗“晃电”措施。

1 提升低压变频器综合抗“晃电”能力的研究

低压变频器需要在三种“晃电”工况下，提升低压变频器综合抗“晃电”能力，实现连续运行。

1.1 低压变频器失电跨越第一阶段

动能缓冲阶段，在这种情况下，先决条件是传动负载有很大的惯性转矩，即有很大的动能，可以通过设置变频器动能缓冲（西门子MM440）、直流母线电压保持（施耐德ATV61/ATV630）和欠电压调节器（ABB ACS510）等相关技术参数，使变频器检测到直流母线电压跌落至设定值，频率将受到闭环控制，在此期间低压变频器利用电动机动能反馈来尽可能维持直流母线电压值，电网电压恢复后，变频器恢复正常运行。变频器动能缓冲频率调节如图1所示。

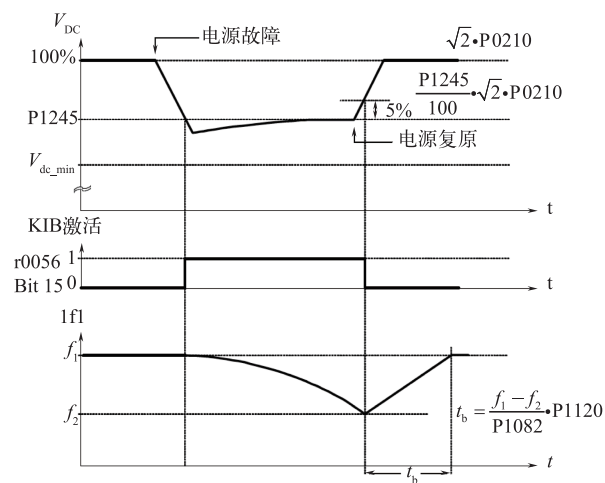


图1 变频器动能缓冲频率调节图

Fig. 1 Frequency regulation diagram of kinetic energy buffer of frequency converter

1.2 低压变频器失电跨越第二阶段

内部自动再启动阶段，通过设置变频器捕捉再启动（西门子MM440）、自动重启动+飞车启动（施耐德ATV61/ATV630）和自动复位（ABB ACS510）相关技术参数，使变频器在“晃电”发生时直流母线电压降低至变频器低电压设定值，且变频器的控制电源不掉电（变频器仍然接

收到两线控制启动命令）的情况下，当电网电压恢复后变频器自动恢复正常运行状态。

1.3 变频器失电跨越第三阶段

外部自动再启动，通过变频柜配置微机综合保护器或变频器专用抗“晃电”模块，变频器发生故障跳闸的情况下，实现自动再启动。

2 改进设计关键点

变频器失电跨越第一阶段和第二阶段，可通过变频器内部相关技术参数设置，不需要改变设计图样。但变频器失电跨越第三阶段则需要通过提升微机综合保护器再启动能力和更改变频器设计图样来实现。

1) 提升微机综合保护器再启动功能，“晃电”造成低压变频器的故障，由原始的人工复位取代为微机综合保护器自动复位。

2) 对控制原理图进行改进，利用微机综合保护的再启动功能，实现变频器的“晃电”再启动，研究微机综合保护器，并且能够自定义编译程序，通过试验提高综合保护器自身的抗“晃电”性能。

3) 低压变频器在“晃电”发生后，通过微机综合保护器实现再启动后，不发生其他故障致使变频器停机。

3 模拟试验

本文选择ATV61 37 kW这一型号变频器，配合37 kW电动机（空载）进行模拟试验。

(1) 模拟失电跨越第一阶段，电网电压波动380 V跌落至304 V又恢复到正常电压的试验

变频器相关参数设置欠电压故障电压255 V，保护出口方式报警；欠电压保护电压304 V，直流母线电压保持功能开通，维持时间999 s；飞车启动功能开通；变频器初始运行转速为1 800 r/min，变频器输出功率为2.2 kW，即6%的电动机额定功率。

通过调压器模拟电网电压从额定的380 V跌落至304 V（残压为80%），变频器直流母线电

压由530 V降至420 V, 直流母线电压保持功能起动, 电动机动能缓冲反馈维持直流母线电压, 电压持续维持在420 V, 电动机降速运行; 变频

器输出电流在电网电压波动时维持励磁电流, 电压恢复后, 随着电动机转速而变大。具体如图2所示。

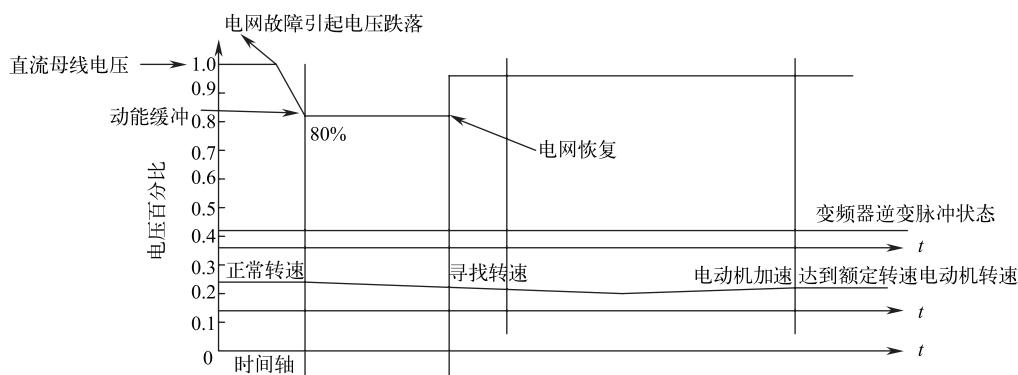


图2 变频器动能缓冲图

Fig. 2 Kinetic energy buffer diagram of frequency converter

结论：电网电压从380 V降至255 V（变频器低电压设定值）时，变频器直流母线电压保持功能激活，能够满足不间断运行要求。

(2) 模拟失电跨越第二阶段，电网电压在200~380 V之间反复波动的试验

1) 第一次试验：变频器在模拟电网电压降低至255 V时，变频器低电压报警，电网电压恢复后变频器未能起动，试验失败。

2) 第二次试验：经判断，变频器未能再次起动的原因为变频器起动控制方式为边沿触发，变频器在电网电压降低至255 V时，低电压报警退出运行状态，电网电压恢复，变频器未能检测到起动命令，因此变频器不能恢复运行。经研究决定将变频器起动控制方式边沿触发改为电平触

发，再次试验，变频器在电网电压降至255 V时故障报警；电动机坠走，电网电压恢复，电动机转速提升，直到设定转速。

3) 第三次试验：变频器在模拟电网电压降低至210 V又迅速恢复电压值380 V时，变频器报“制动过速”故障，变频器未能起动，试验失败。

4) 第四次试验：投入低压变频器自动重启功能，反复调压测试，变频器再次报“制动过速”故障后，变频器故障继电器R1没有动作，变频器实现自动重启，试验成功。

变频器低电压报警，电压恢复后再起动如图3所示。

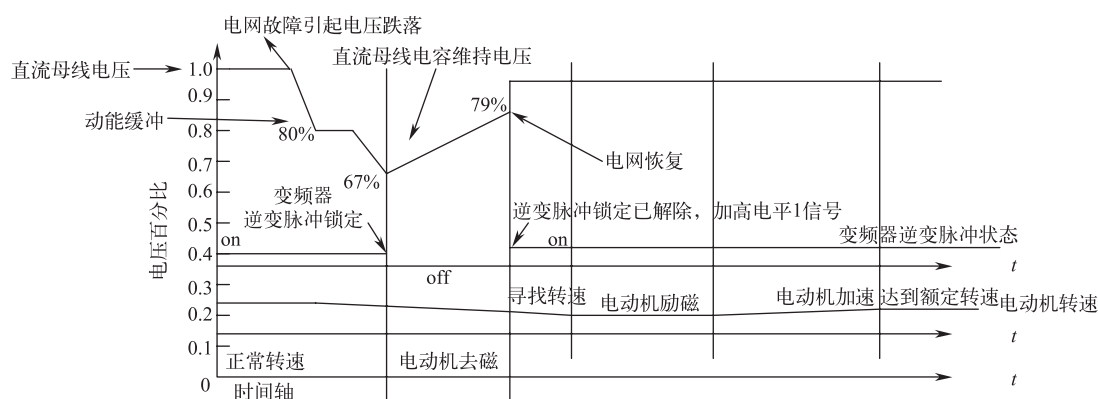


图3 变频器低电压报警，电压恢复后再起动

Fig. 3 The frequency gives low voltage alarm and starts again after the voltage recovers

结论：电网电压在200~380 V（变频柜接触器脱扣电压以上）波动时，变频器起动控制方式需要设置为电平触发，才能够满足低压变频器不间断运行要求，同时，开通低压变频器自动重起动功能，可保证变频器重新起动过程中发生变频器故障，也可以重新起动，但施耐德ATV61变频器自动重起动功能不是只针对低电压后造成的故障设计，对电动机过载等31项故障均进行自动复位，存在当变频器真正发生故障后，变频器出现在规定时间内反复起动的现象，所以应用此功能时，需要结合生产工艺进行安全分析后投用；同时经过对比，ABB ACS510变频器自动复位功能可以单独选择自动复位低电压、过电压，此项功能较施耐德ATV61选择性强；西门子MM440的自动再起功能只针对低电压后造成的故障设计，可以安全投用此项功能。

（3）模拟失电跨越第三阶段，0.3 s（电源快切装置动作时间）主电网断电时间的试验

变频器相关参数设置：欠电压保护电压255 V，保护出口方式报警；欠电压保护电压304 V，直流母线电压保持功能开通，维持时间999 s；飞车起动功能开通；自动重起动功能退出；综合保护器再起功能投入设定时间1 s，综合保护器自动复位变频器时间设定0.5 s；电动机运

行转速为2 400 r/min，变频器输出功率为5.55 kW，即15%的电动机额定功率。

1）第一次试验：变频器柜接触器及控制回路继电器失电脱扣，低压变频器电动机缺三相故障报警，电网电压恢复后，微机综合保护器再起动作，但变频器因仍处于故障报警状态，没有起动，试验失败。

2）第二次试验：经判断，变频器未能再次起动的原因为变频器故障发生故障后，即使电网电压恢复，也需要2 s时间延时才能进行复位，因此重新调整微机综合保护器的自动复位变频器时间至2.5 s后再次试验。变频器柜接触器及控制回路继电器失电脱扣，低压变频器“制动过速”故障报警，电动机堕走，电动机转速从2 400 r/min跌落至1 860 r/min，电网电压恢复，微机综合保护器再起功能起动，低压变频器故障自动复位，变频器再次起动运行，电动机转速提升，直到设定转速，试验成功。

变频器柜微机综合保护器再起如图4所示。

结论：0.3 s主电网断电（模拟电源快切装置动作时间），微机综合保护器根据要求进行程序升级改进后，合理配置变频器故障自动复位时间，能够实现变频器自动再起。

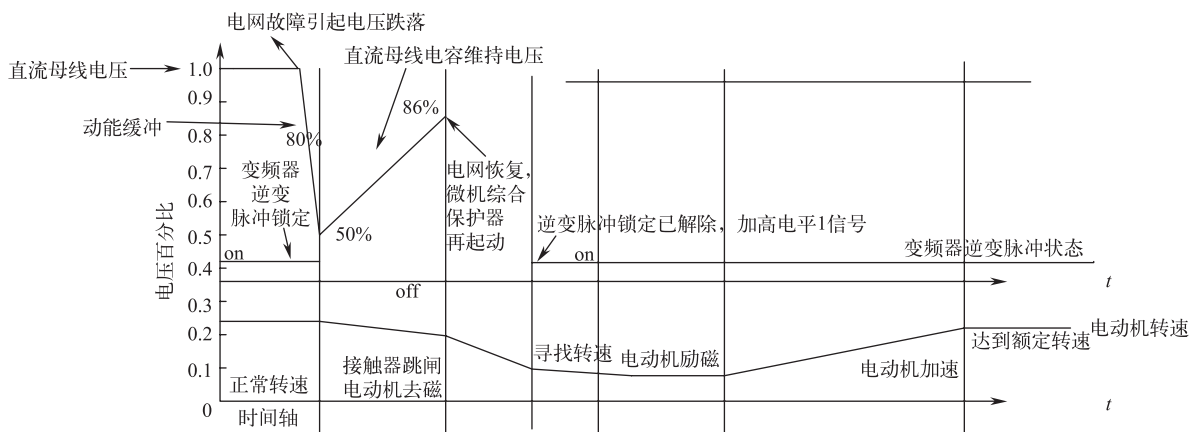


图4 变频器柜微机综合保护器再起

Fig. 4 Restart of microcomputer integrated protector in frequency converter cabinet

（4）模拟失电跨越第三阶段，1.1 s（母联备自投动作时间）主电网断电时间的试验

变频器相关参数设置：欠电压保护电压255 V，

保护出口方式报警；欠电压保护电压304 V，直流母线电压保持功能开通，维持时间999 s；飞车起动功能开通；自动重起动功能退出；综合保护器

再启动投入设定时间1 s, 综合保护器自动复位变频器时间设定2.5 s; 电动机运行转速为2 860 r/min, 满频运行, 变频器输出功率为30 kW (带载试验), 即81%的电动机额定功率。

1) 第一次试验: 变频器柜接触器及控制回路继电器失电脱扣, 低压变频器“制动过速”故障跳闸, 电网电压恢复后, 微机综合保护器再启动动作, 变频器启动后, 再次报OSF输入过电压故障, 变频器停机, 试验失败。

2) 第二次试验: 经过研究, 变频器解决输入过电压有三种方式, 即直流制动、复合制动和能耗制动, 这三种方式西门子MM440、施耐德ATV61和ABB ACS510最通用的方式为能耗制动, 即利用电压可控的制动电阻将直流母线制动能量转换成热能, 在这种情况下, 当超过直流母线阈值时, 变频器将控制电子开关接入制动电阻, 达到控制直流母线电压的目的, 因此, 试验中将低压变频器ATV61接入制动电阻, 再次试验, 变频器再没有出现直流母线过压故障, 试验成功。变频器加装制动电阻接线如图5所示。

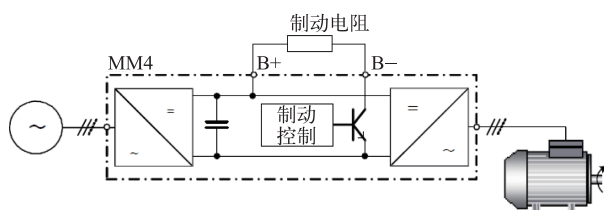


图5 变频器加装制动电阻接线图

Fig. 5 Wiring diagram for adding braking resistance to frequency converter

结论: 变频器在接带惯性负载的情况下, 对变频器进行再启动, 存在引发变频器直流母线过电压跳闸问题, 针对这种情况, 安装制动电阻可以减少变频器发生直流母线过电压故障的几率; 1.1 s主电网断电 (模拟自备投装置动作时间), 低压变频器因电网电压降低而产生的故障能够实现自动复位和变频器再启动, 因此能够满足低压变频器不间断运行要求。

(5) 模拟失电跨越第三阶段, 3 s以上主电网断电时间的试验

1) 第一次试验: 变频器柜接触器及控制回

路继电器失电脱扣, 低压变频器“制动过速”故障报警, 3 s后微机综合保护器屏幕熄灭, 电网电压恢复, 微机综合保护器恢复运行, 但再启动没有动作, 变频器停机, 试验失败。

2) 第二次试验: 经判断, 变频器未能再次启动的原因为电网断电3 s后微机综合保护器因内部储存的电能耗尽而停止工作, 因此再启动功能不能实现, 为微机综合保护器外接独立的UPS电源, 再次进行试验, 变频器实现再启动, 试验成功。

结论: 本设计可以应对系统电压波动及3 s内的短时停电, 超过3 s的停电一般可视为大面积停电, 低压变频器不需要再启动, 但可根据生产需要, 特殊重要变频器可在此设计的基础上, 增加微机综合保护器外加UPS电源, 即可在3 s以上断电时, 实现变频器再启动, 以上现场试验结果证明, 本文中新设计的低压变频器抗“晃电”措施有效, 能够实现电网波动过程中变频器的不间断运行。

4 结束语

本文设计的一套综合低压变频器抗“晃电”措施, 各项功能投用各有利弊, 可根据生产工艺安全情况选择性投用, 能够有效地提高低压变频器的抗“晃电”能力, 减少电网“晃电”造成的经济损失, 同时, 该设计在单台变频器应用, 控制回路相对独立, 稳定性好, 不会带来新的故障点, 投资成本低, 调试和改造方便, 目前, 该设计已通过模拟和实际带载试验, 在我公司应用, 同时, 在石油化工等连续生产企业有较好的应用和推广价值。EA

作者简介



孙洪旭

孙洪旭 (1984—), 男, 高级工程师, 研究方向为电气设备运行维护。

(收稿日期: 2021-09-12)