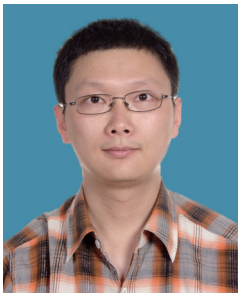
一种电动机再起动方法在石化企业的应用

现有的采用PLC为核心的再起动柜成本高、接线复杂，单机再起动继电器仅靠依赖电动机所在母线电压及接触器辅助触点位置来判别失电，且需要辅助电源，再起动失败几率较高。介绍了一种在电动机保护装置中实现的电动机（群）失电再起动方法，能够可靠区分晃电和正常停机情况，逻辑严谨，定值设定灵活，支持多种控制方式的电动机再起动，且无须增加接线及成本。该方法已应用在石化企业中，并在多次晃电过程中均能正确动作。

石 勇 魏 巍 侯 炜 刘永生/南京南瑞继保电气有限公司



石 勇/高级工程师

关键词/Keywords
失电再起动·
晃电·
电动机·

0 引言

再起动是指晃电过程中，因电压瞬时跌落引起电动机开关跳闸而甩负荷，在电压恢复正常后，电动机按照预设好的顺序时间自动分批起动的过程。

石化行业属于连续性生产企业，其低压厂用电系统中的许多电动机在工艺流程上是不允许跳闸停机的，此部分关键电动机一旦跳闸停机，将会造成非计划停运，给生产带来很大的经济损失。但是在实际运行中有很多不确定因素（如雷击、设备故障等），很容易对电网产生影响，使企业内部配电网供电电源电压降低或短时中断后又恢复供电（通常称为晃电），造成低压电动机跳闸停机，处于企业内部电网的电动机也很容易受此影响导致生产停顿，从而造成很大损失[1-2]。

目前常用的再起动方法是采用专用的自起动柜或单机再起动继电器。自起动柜硬件成本高，接线复杂。单机再起动继电器成本稍微降低，但是需要增加接线，且再起动失败几率也较高，还会在正常停车后发生误起动。

PCS－9692及PCS－9626微机可编程电动机保护装置结合石化企业电动机运行特点，提供了一种可靠、经济的电动机（群）再起动方法。

1 失电再起动逻辑

本文描述的再起动逻辑借鉴了高压线路保护中自动重合闸原理，再起动逻辑严谨。全数字化再起动过程定值设定灵活，支持多种控制方式的电动机再起动（如直接起动、正反起动和高低速电动机起动等），装置的开入开出可组态，逻辑都在软件里实现，使现场接线非常简单。模拟量采样用24点全波傅里叶算法，准确度高。装置采用高性能32位CPU，每个采样间隔0.833 ms实时计算，反应速度大大快于传统的重起动装置和PLC。

1.1 失电再起动逻辑

在电动机（群）静止状态下上电起动会对电网造成冲击，拉低母线电压，造成低电压保护跳闸或因电压太低烧坏电动机。正常运行的电动机失电后，由于惯性还会继续旋转一段时间。旋转中的电动机起动电流较小，不会将电压拉低太多，因此恢复供电后可以立即起动电动机。完全停止的电动机再起动需要根据厂用电的负荷进行分批再起动，如厂用电允许同时起动10台电动机，就每次10台分批进行再起动。

完整的失电再起动逻辑分为再起动充电（准备好）逻辑、再起动放电逻辑和再起动动作逻辑。失电再起动只有充

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

电完成后才能动作，其逻辑如图1所示。

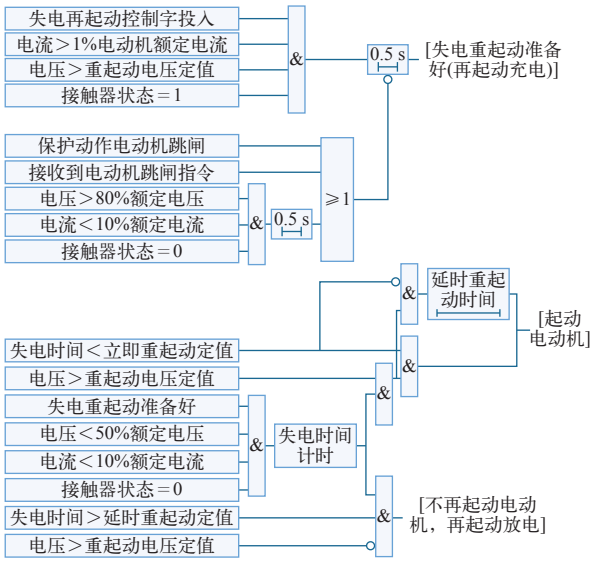


图1　失电再起动逻辑

当一般交流继电器电压低于线圈额定电压的50%，时间超过1个周期时，接触器释放；当电压低于80%甚至更高，持续5个周期时，接触器也释放[6]。

再起动充电条件：①再起动控制字投入；②电流大于10%额定电流；③母线电压大于重起动电压定值；④接触器在合位。以上条件都满足时说明电动机在正常运行状态，经过一定延时后再起动充电完成。面板上定义为“再起动充电”的LED灯点亮。

再起动放电条件：①保护动作电动机跳闸；②有跳闸指令开入。以上任一条件满足时说明电动机因为有停机指令或内部故障被停机，不应该再起动，再起动放电。面板上定义为“再起动充电”的LED灯熄灭。

再起动动作（开始计时）条件：①电流小于10%额定电流；②母线电压低于50%；③接触器在分位。采用电压和电流两个判据能够可靠区分是正常分闸还是晃电、电压跌落等引起的跳闸。

当再起动充电完成后，且满足再起动动作条件时，因为晃电或失电而导致接触器断开电动机跳闸，此时失电计时器开始计时累计失电时间。当电压恢复到重起动电压整定值以上时，若失电计时器时间小于“立即重起动时间”定值，则立即重起动电动机；若失电计时器时间大于“立即重起动失电时间”定值，但小于“延时重起动失电时间”定值，则按“重起动延时定值”延时起动电动机；如失电计时器时间超过“延时重起动失电时间”定值时电压未恢复，则电动机清除相关信息，不再重起动。

装置的失电重起动可与失电压保护配合，当失电时间超过“延时重起动失电时间”定值时，由失电压保护出口去起动另一台备用电动机。

1.2　电动机群分批再起动的实现

为了避免再起动过程中会因为数量较多的电动机同时起动时系统电压降低，低电压保护跳闸导致自起动失败，可以通过设定不同的“重起动延时定值”来实现电动机（群）分批再起动。

将电动机按重要性及负荷性质等条件排好再起动的顺序，根据电动机再起动最大电流及母线恢复电压计算出第一批应再起动电动机的容量及台数，供配电系统电压恢复后，立即起动第一批电动机。然后根据第一批电动机的起动时间及起动电流衰减计算第一批再起动后电动机（群）的母线电压及母线总电流，根据结果计算出下一批应再起动的电动机的容量（台数）及起动延时，以此类推，直至计算出全部电动机再起动延时。

电压与电流计算式电动机（群）分批再起动是目前最合理的再起动方法。

1.3　储能元件

石化企业因为电动机分布比较分散，有的场合没有为再起动装置提供专用的电源，而是和电动机共用同一路电源，当再起动装置和电动机同时失电时，为了保证再起动功能的执行，一般装置需要外设UPS、蓄电池或内部的电池来为装置供电。外部的辅助电源增加了投资和安装的工作量。内部的电池一般寿命为1～2年且容易漏液导致装置内部电路损坏，因此需要定期检查更换。

PCS－9692微机电动机保护装置在失电时，CPU及时钟芯片由内部可充电超级电容供电，在装置失电情况下仍可准确累计失电时间，不必为保护器装设专用的电源。

超级电容与电池相比突出优点是功率密度

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

高、充放电时间短以及工作温度范围宽，特别是具有超长寿命，充放电大于50万次，是Li－Ion电池的500倍，如果对超级电容每天充放电20次，可连续使用达68年且免维护。

2 再起动方法实现及动模测试

PCS－9692及PCS－9626装置是微机型电动机保护及测控一体化装置，装置逻辑可编程，在保护装置中实现失电再起动功能无须改动回路和增加外部接线。失电再起动动态模拟试验接线如图2所示，保护装置与电动机采用同一路电源，与现场情况一致。电动机起动后靠接触器KM辅助触点电流保持。装置采集母线三相电压、电动机三相电流和接触器KM位置信号。重起动出口为BO2端子105－107。

装置的失电再起动定值单如表1所示。定值

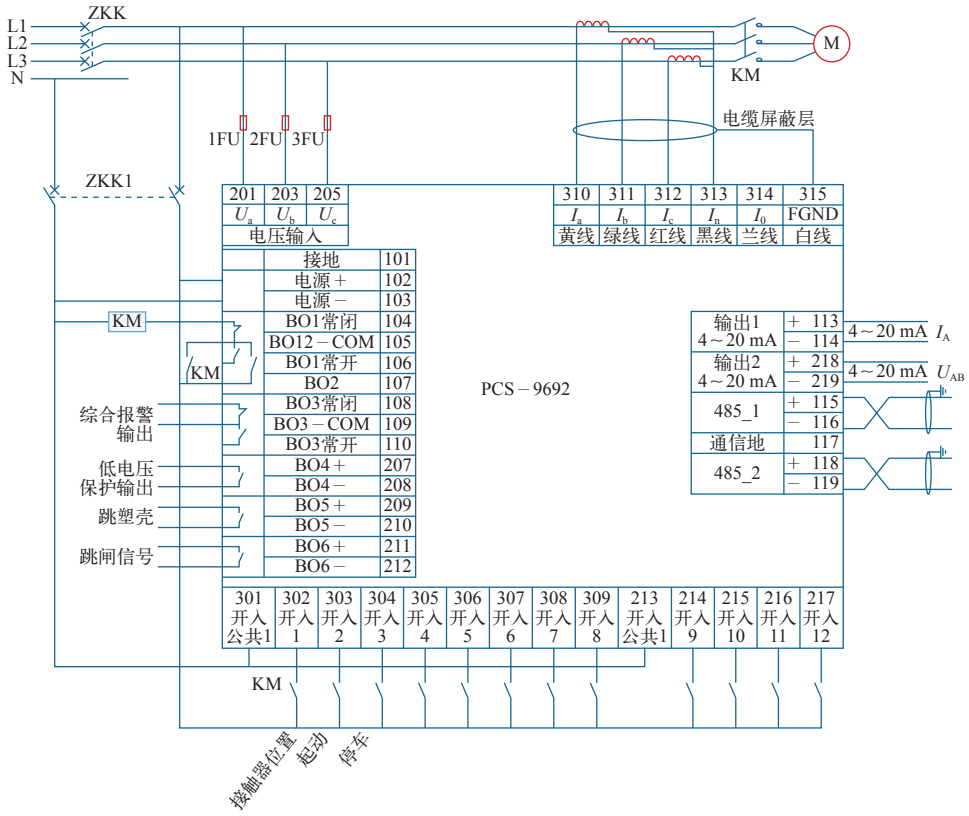


图2 失电再起动试验接线

整定原则：立即重起动失电时间，按照失电后电动机没有完全停转的时间整定，此时立即再起动不会对电网造成冲击。延时重起动失电时间根据生产工艺需求来整定，若超过延时重起动失电时间，再起动电动机已无法恢复生产，则无须再起动电动机。延时重起动延时定值根据电动机起动时间将电动机延时分批起动。如电动机起动时间为2 s，可以将第一批电动机立即再起动，第二批电动机起动延时设为2 s，第三批设为4 s，依次类推直至全部起动完成。

表1 失电再起动定值

定值名称	值/s
立即重起动失电时间	0.8
延时重起动失电时间	5
延时重起动延时	0.5

2.1 立即再起动试验

电动机正常运行后，失电再起动充电完成，充电灯亮。装置和电动机同时断电，断电大约30 ms后接触器释放，断电时间0.5 s，因断电时间小于立即重起动定值0.8 s，保护装置在电压恢复正常后立即起动

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

电动机。又因接触器动作时间有延时，实际在电压恢复50 ms后电动机起动。试验波形如图3所示。

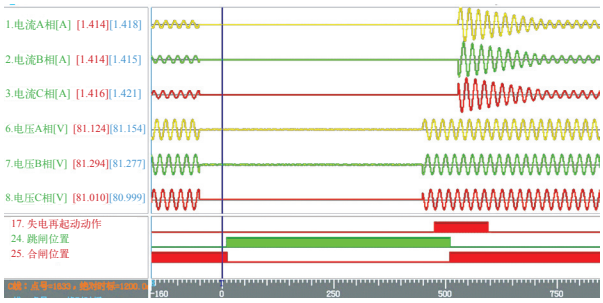


图3　立即再起动过程波形

2.2　延时再起动试验

电动机正常运行后，失电再起动充电完成，充电灯亮。装置和电动机同时断电，断电1 s后电压恢复正常，因断电时间大于立即重起动定值0.8 s，小于延时重起动定值5 s，故保护装置延时0.5 s起动电动机。试验波形如图4所示。

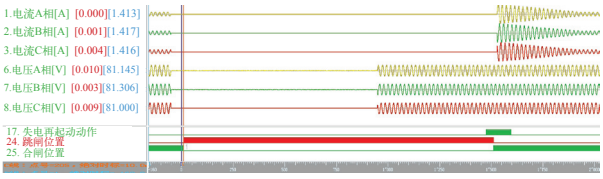


图4　延时再起动过程波形

失电再起动充电完成，充电灯亮。装置和电动机同时断电，断电6 s后电压恢复正常，大于延时重起动定值5 s，控制器将不再重起电动机，同时再起动放电。

本次动态模拟试验结果如表2所示，均正确动作。

表2　失电再起动测试结果

测试项目	测试结果
电动机正常运行时断电0.5 s	电压恢复后立即起动电动机
电动机正常运行时断电1 s	电压恢复后延时0.5 s起动电动机
电动机正常运行时断电6 s	电压恢复后不再起动电动机
电动机正常运行手动停止电动机后断电0.5 s	电压恢复后不再起动电动机
电动机停止状态母线电压断电0.5 s	电压恢复后不再起动电动机

3　结束语

本文介绍了一种在微机可编程电动机保护装置上实现电动机群失电再起动的方法，该方法具有逻辑可靠、无须改动接线和增加设备的特点。目前该方法已获得发明专利，使用该方法的电动机保护装置自2008年以来在安庆石化、扬子石化、金陵石化、福建炼化和惠州炼油厂等石化企业有上万台业绩，在晃电过程中多次正确动作，大大减少企业因晃电造成生产运行装置的停车现象，减少晃电所产生的损失，避免因晃电产生的安全事故，提高了经济效益。

参考文献

[1] Milanovic J V，Gupta C P．Probabilistic assessment of financial losses due to inte rruptions and voltage sags，part I：the methodology [J]．IEEE Transactions on Power Delivery，2006，21 (2)：918-924．

[2] Milanovic J V，Gupta C P．Probabilistic assessment of financial losses due to inte rruptions and voltage sags，part II：practical implementation [J]．IEEE Transactions on Power Delivery，2006，21 (2)：925-932．

[3] 张子富．化工企业连续供电方式的实现 [J]．电气应用，2006，25 (6)：95-102．

[4] 吴宏伟．USP 抗晃电技术及其应用 [J]．工业科技，2008，37 (2)：41-48．

[5] DL/T 744—2001 微机型电动机保护装置通用技术条件 [S]．

[6] 林抒毅，许志红．晃电故障下交流接触器的工作特性分析 [J]．中国电机工程学报，2011，24 (8)：131-136．

[7] 王茂君．用PLC实现电动机分批再启动和自动切换 [J]．石油化工自动化，2007 (4)：40-42．

[8] 孙伟森．石油化工装置杭晃电措施的探讨 [J]．电工技术杂志，2003 (9)：82-85．

[9] 蔡治通，刘军民，吴斌．防晃电技术在氯碱生产中的应用 [J]．中国氯碱，2009 (7)：9-11．

[10] 曾志刚，郑井阶．防晃电技术在顺酐生产中的应用 [J]．装备制造技术，2011 (7)：187-182．

（收稿日期：2015－03－09）EA

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net