

化工装置仪表供电开关选择性配合研究与实践

于洪乾 关俊鹏

万华化学（福建）有限公司

摘要：仪用 UPS 作为石油化工企业重要设备，其所带负载为企业核心负载。UPS 输出至现场仪表负载的配电开关选择性配合至关重要，若配合不当会出现短路故障时越级跳闸的情形，扩大故障范围。因此供电开关上下级保护配合对电源系统配置至关重要。本文从实际案例出发详细介绍石油化工仪表电源上下级开关选择性配合方案，旨在降低开关越级跳闸风险，提高仪表供电可靠性。

关键词：仪用 UPS ；保护配合；越级跳闸

1 背景介绍

某化工企业发生一起仪用 UPS 负载短路引起开关越级跳闸进而导致装置停车事故。仪表重要负载采用双机 UPS 供电，供电单线图如图 1 所示。基于该事故对仪用 UPS 输出开关及下级开关进行优化改造。本文将详细介绍 UPS 输出开关、STS 输出开关、仪表进线柜总开关及分支开关之间的选型过程，通过保护整定最终实现上下级开关完全选择性，确保故障短路时不发生越级跳闸情况。

2 原因分析

图 1 中开关 1、2、3、4 选型均为微型断路器，当短路电流达到某个值时，上下级开关不满足选择性要求。因此需结合保护定值校验结果对开关进行重新选型，满足上下级完全选择性要求。

3 选型优化

3.1 单线图及选型复核

本次改造只针对 UPS AC220V 单电源负载，即 STS 所带仪表负载，对于仪表 DC24V 冗余电源负载不在改造

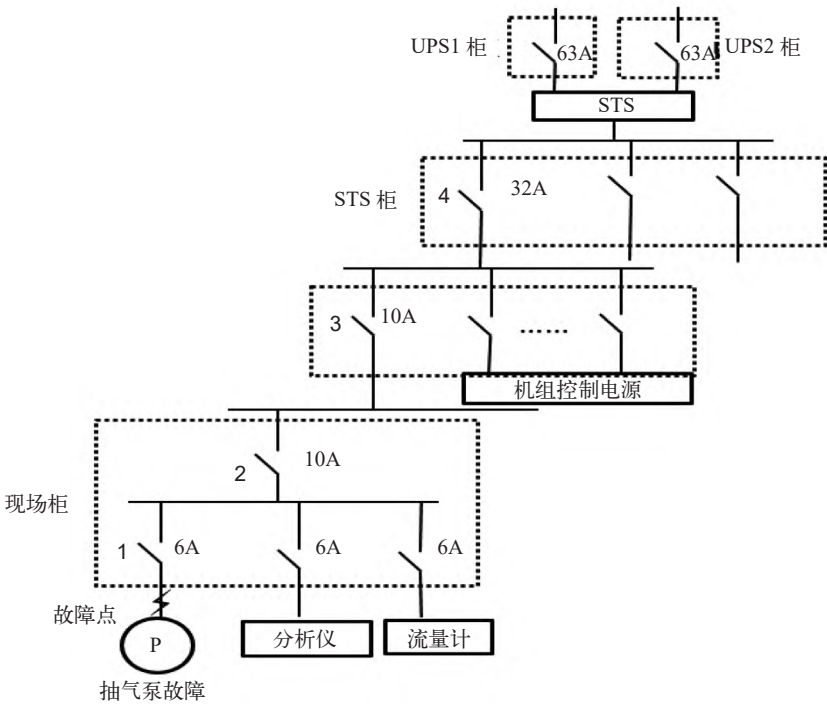


图 1 供电单线图

注：现场分析小屋抽气泵额定电压 AC220V，额定电流 1A，抽气泵电机短路导致开关 1、2、3、4 同时跳闸，机组控制电源全部失电，进而造成装置联锁停车。

范围之内。因 STS 上侧为双路 UPS 供电，以下只针对第 1 路 UPS 所带 STS 负载开关进行举例，第 2 路 UPS 参照第 1 路 UPS 开关选型即可。改造后开关分断能力、额定电流、开关极数均满

足要求。UPS 柜内及 STS 柜内所用开关品牌均为 ABB，输出开关型号如图 2 所示。

3.2 短路电流计算

考虑开关选择性配合，需计算最

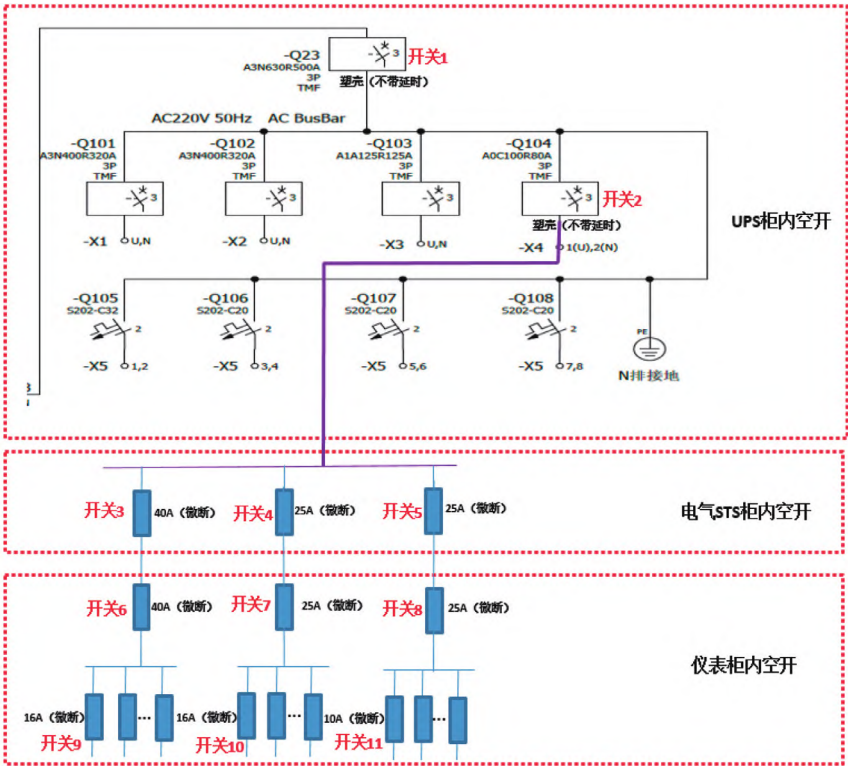


图 2 单线图及开关容量

大短路电流下馈出开关是否满足选择性要求。因现场仪用 UPS、STS、仪表进线柜距离较近，最大短路电流以 UPS 输出侧短路电流为基准。UPS 正常运行在主路，逆变器有限制短路电流的能力，技术参数见表 1。仪用 UPS 容量为 80kVA，额定输出电流 348A，UPS 最大输出短路电流 981A，过载动作曲线如图 3 所示。

以某装置 80kVA UPS 为例，由表 1、图 3 可知，最大短路电流下 100 ~ 500 ms UPS 会自动切至旁路运行，且最大短路电流会被限制在 981A 以下。

当 UPS 切至旁路运行后，输出最大短路电流主要取决于 UPS 旁路输出隔离变容量及短路阻抗，不同容量 UPS 旁路隔离变参数见表 2。

经计算 UPS 旁路运行时，最大短路电流近似计算方法为： $I=364/5.9\%=6\,169\text{ A}$ 。当短路电流小于 6 169 A 时，上下级开关具备选择性就不会发生故障时越级跳闸情况。

3.3 开关型号选择

考虑下级仪表侧均配置为施耐德

开关，本次电气侧改造开关统一更换为施耐德品牌，保证上下级开关品牌一致。开关型号分级选择分为 3 个部分：第一级为仪表柜内分支开关与仪表进线柜总开关之间的配合，即图 2 中开关 9 和 6，开关 10 和 7，开关 11 和 8；第二级为 STS 柜内分支开关与 UPS 分支开关的配合，即图 2 中开关 3 和 2，开关 4 和 2，开关 5 和 2；第三级为 UPS 分支开关与 UPS 输出总开关之间的配合，即图 2 中开关 2 和 1，以下针对每一级配合进行分析。

3.3.1 仪表柜内分支开关与仪表进线柜总开关之间的配合

开关 9、开关 10、开关 11 为仪表柜内分支微断开关，开关 9 现场容量最大为 16A，开关 10 现场容量最大为 16A，开关 11 现场容量最大为 10A。施耐德选择性配合见表 3。当下级为微断开关时，上级选择电子脱扣带延时开关，可实现完全选择性配合。据此开关 6、7、8 选择施耐德开关型号为：

表 1 逆变器短路电流（AEG）

UPS	额定输出电流 /A	主机	
		短路电流	最大短路电流承受时间 /ms
单相输出 10 kVA	43	110.08	500（旁路不可用时）
单相输出 20 kVA	87	252.3	500（旁路不可用时）
单相输出 30 kVA	130	370.5	500（旁路不可用时）
单相输出 40 kVA	174	544.62	500（旁路不可用时）
单相输出 60 kVA	261	746.46	500（旁路不可用时）
单相输出 80 kVA	348	981.36	500（旁路不可用时）
单相输出 100 kVA	435	1226.7	500（旁路不可用时）
单相输出 120 kVA	522	1586.88	500（旁路不可用时）

Proterct 8 系列 UPS

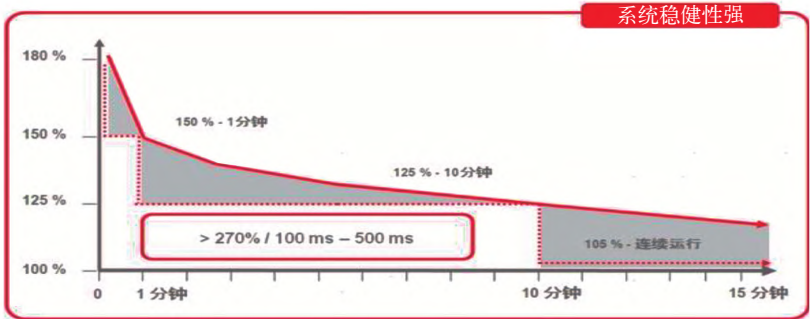


图 3 UPS 过载曲线

表 2 UPS 旁路隔离变参数 (AEG)

旁路隔离变压器			
容量 /kVA	额定输入电流 /A	额定输出电流 /A	短路阻抗 (%)
10	25/26.5/27.8	45.5	5.10
20	55.5/52.6/50	90.9	5.30
30	83/79/75	136.5	4.65
40	111/106/100.5	182	3.50
60	166/158/150	273	3.80
80	221.5/210.5/200.5	364	5.90
100	250.6/263/277	455	4.30
120	300.8/315.8/332.4	545.5	4.00

表 3 选择性配合表 (T 代表完全选择性)

Ue ≤ 440 V AC [1]

Upstream		NSX100B/F/N/H/S/L/R							
Trip unit		Micrologic [2]							
Downstream	Rating (A)	40				100			
	Setting Ir	16	25	32	40	40	63	80	100
Selectivity limit (kA)									
IDPN	≤ 10	T	T	T	T	T	T	T	T
IDPN N	13-16		T	T	T	T	T	T	T
IDPN N Vigl	20			T	T	T	T	T	T
IDPN H Vigl	25				T	T	T	T	T
All curves	32						T	T	T
	40						T	T	T
IC40	≤ 10	T	T	T	T	T	T	T	T
IC40 N	13-16		T	T	T	T	T	T	T
ICV40	20			T	T	T	T	T	T
ICV40 N	25				T	T	T	T	T
ICV40 H (<=32)	32					T	T	T	T
All curves	40					T	T	T	T
IC60N/H	≤ 10	T	T	T	T	T	T	T	T
Curves B, C, D	13-16		T	T	T	T	T	T	T
	20			T	T	T	T	T	T
	25				T	T	T	T	T
	32					T	T	T	T
	40						T	T	T
	50							6	6
	63								6

表 4 选择性配合表 (T 代表完全选择性)

Upstream		NSX100B/F/N/H/S/L/R				NSX160B/F/N/H/S/L				NSX250B/F/N/H/S/L/R			
Trip unit		Micrologic [1]				Micrologic [1]				Micrologic [1]			
Downstream	Rating (A)	40				100				160			
	Setting Ir	16	25	32	40	40	63	80	100	80	100	125	160
Selectivity limit (kA)													
Compact NSX100 16 B/F TM-D	25					1.5	1.5	1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	32					1.5	1.5	1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	40						1.5	1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	50							1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	63								1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	80									2.4	2.4	2.4	2.4
	100										2.4	2.4	2.4
	160											2.4	2.4
Compact NSX100 16 N/H/S/L/R TM-D	25					1.5	1.5	1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	32					1.5	1.5	1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	40						1.5	1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	50							1.5	1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	63								1.5	2.4	2.4	2.4	2.4
	80									2.4	2.4	2.4	2.4
	100										2.4	2.4	2.4
	160											2.4	2.4
Compact NSX160 ≤ 63 B/F/N/H/S/L TM-D	80									2.4	2.4	2.4	3
	100										2.4	2.4	3
	160											2.4	3
	200												3
Compact NSX250 ≤ 100 B/F/N/H/S/L/R TM-D	125												3
	160												3
	200												3
	250												3
Compact NSX100 40 B/F Micrologic	100												
	160												

NSX100F 5.2B 40A LSI 3P。根据现场需求调整对应的 I_r 值即可。开关 3、4、5 与开关 6、7、8 为同一级开关,选型一致即可。

3.3.2 STS 柜内分支开关与 UPS 分支开关的配合

开关 3、4、5 与开关 6、7、8 选型应该保持一致,型号为: NSX100F 5.2B 40A LSI 3P。同时需与开关 2 保证完全选择性配合,施耐德选择性配合,具体见表 4。

据此开关 2 选型为 NSX250F 5.2B 250A LSI 3P,与开关 3、4、5 满足完全选择性要求。

3.3.3 UPS 分支开关与 UPS 输出总开关之间的配合

开关 2 选型为 NSX250F 5.2B 250A LSI 3P,需与开关 1 满足完全选择性要求,查询施耐德选择性配合表见表 5。

据此开关 1 选型为 NSX630F 5.3B 630A LS 3P Ii 关闭,考虑施耐德开关上下级能量脱扣值与瞬动保护值的配合,将开关 1 瞬动保护关闭,与开关 2 满足完全选择性要求。开关最终选型,具体见表 6。

3.4 开关保护整定

通过与厂家进行核算校验,各级开关保护整定如图 4 所示。

开关 9、10、11 为施耐德微断开关,无需整定;开关 1 到 8 选型为带 LSI 型开关。需通过调节保护整定值实现完全选择性配合,保护整定值见表 7。

说明:施耐德开关选择性手册表中标注为“T”的代表完全选择性。开关选型完成后通过保护定值设定可实现上下级完全选择,按照以上定值设定在短路电流 6169A 以下可实现上下级完全选择,避免出现故障时开关越级跳闸情况发生。保护定值整定完成后,开关保护动作曲线如图 5 所示。

4 结语

本文详细介绍 UPS 输出开关、

表 5 选择性配合表 (T 代表完全选择性)

Upstream	NSX400F/N/H/S/L/R					NSX630F/N/H/S/L/R				
Trip unit	Micrologic [T]					Micrologic [1]				
Downstream	630					630				
Rating (A)	160	200	250	320	400	250	320	400	500	630
Setting Ir										
Selectivity limit (kA)										
IDPN, IDPN N	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
IC40, IC40N	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
IC60N/H/L	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
C120N/H	≤ 80	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	125		T	T	T	T	T	T	T	T
NG125N/H/L	≤ 80	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	125		T	T	T	T	T	T	T	T
Compact NSXm	≤ 100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
E/B/F/N/H	125	T	T	T	T	T	T	T	T	T
TN-D	160	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Compact NSXm	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T
E/B/F/N/H	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Micrologic 4.1	100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	160		T	T	T	T	T	T	T	T
Compact	≤ 80	T	T	T	T	T	T	T	T	T
NSX100										
B/F/N/H/S/L/R	100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
TN-D										
Compact	≤ 100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
NSX160										
B/F/N/H/S/L	125	T	T	T	T	T	T	T	T	T
TN-D	160		T	T	T	T	T	T	T	T
Compact	≤ 100	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	T	T	T	T
NSX250	125		4.8	4.8	4.8	4.8	T	T	T	T
B/F/N/H/S/L/R	160			4.8	4.8	4.8	T	T	T	T
TN-D	200				4.8	4.8		T	T	T
	250					4.8		T	T	T
Compact	40	T	T	T	T	T	T	T	T	T
NSX100										
B/F/N/H/S/L/R	100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Micrologic										
Compact	40	T	T	T	T	T	T	T	T	T
NSX160										
B/F/N/H/S/L	100	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Micrologic	160		T	T	T	T	T	T	T	T
Compact	≤ 100	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	T	T	T	T
NSX250	160			4.8	4.8	4.8	T	T	T	T
B/F/N/H/S/L/R	250					4.8		T	T	T

表7 开关保护定值

开关位置	开关	开关型号	保护整定值
仪表进线柜总空开	6	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P	$I_r=40A$ $T_r=4s$ $I_{sd}=8I_r=320A$; $T_{sd}=0.1s$; $I_i=15I_n=600A$
	7	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P	$I_r=25A$ $T_r=16s$ $I_{sd}=10I_r=250A$; $T_{sd}=0.1s$; $I_i=15I_n=600A$
	8	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P	$I_r=25A$ $T_r=16s$ $I_{sd}=10I_r=250A$; $T_{sd}=0.1s$; $I_i=15I_n=600A$
电气 STS 分支开关	3	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P	$I_r=40A$ $T_r=4s$ $I_{sd}=8I_r=320A$; $T_{sd}=0.1s$; $I_i=15I_n=600A$
	4	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P	$I_r=25A$ $T_r=16s$ $I_{sd}=10I_r=250A$; $T_{sd}=0.1s$; $I_i=15I_n=600A$
	5	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P	$I_r=25A$ $T_r=16s$ $I_{sd}=10I_r=250A$; $T_{sd}=0.1s$; $I_i=15I_n=600A$
UPS 分支开关	2	NSX250F 5.2B 250A LSI 3P	$I_r=100A$ $T_r=4s$ $I_{sd}=8I_r=800A$; $T_{sd}=0.2s$; $I_i=12I_n=3000A$
UPS 总空开	1	NSX630F 5.3B 630A LS 3P li 关闭	$I_r=500A$ $T_r=4s$ $I_{sd}=8I_r=4000A$; $T_{sd}=0.3s$; $I_i=OFF$

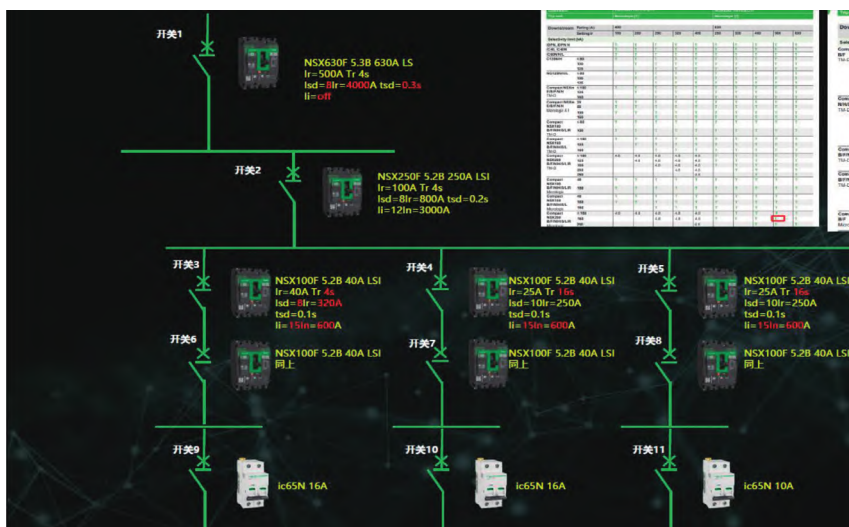


图4 开关定值整定

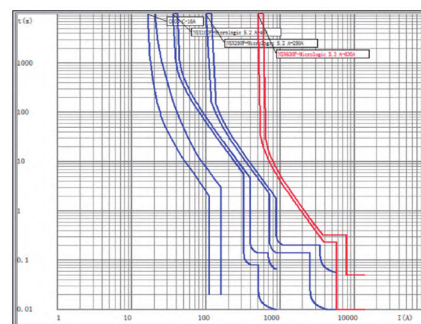


图 5 开关保护动作曲线

表 6 开关型号规格

开关位置	开关型号规格
仪表进线柜总空开	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P
电气 STS 分支开关	NSX100F 5.2B 40A LSI 3P
UPS 分支开关	NSX250F 5.2B 250A LSI 3P
UPS 总空开	NSX630F 5.3B 630A LS 3P li 关闭

STS 输出开关、仪表进线柜总空开、仪表进线柜分支开关之间开关选择性配合。通过对开关特性参数研究分析并参照开关选择性配合手册对开关定值进行校验、分析,最终实现开关上下级选择性配合,避免出现故障越级跳闸事件发生。通过源头改造提升仪表核心负载供电可靠性,期待为仪表供电电源开关选型配合提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] Schneider Electric. 施耐德低压设备产品目录 - 附加技术信息 -2021 版 [Z]. 2021.
- [2] 刘屏周. 工业与民用供配电设计手册 (第四版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2016.