

基于 ETAP 的继电保护整定及优化

张泽巨

(中国石化工程建设有限公司, 北京 100101)

摘要: 随着石化装置规模的不断扩大, 对供电的可靠性和稳定性要求更加苛刻, 由此带来的继电保护整定和校验工作也越来越复杂, 而借助工程软件可以极大提高整定效率和质量。对具体工程实例进行继电保护定值计算和校验, 并利用 ETAP 进行保护曲线配合分析和定值优化调整。实际运行效果表明, 借助 ETAP 能快速准确地输出 TCC 曲线, 定值及曲线调整方便, 可以极大地提高整定效率和质量。

关键词: 继电保护 ETAP 整定计算 保护配合

1 系统参数及保护配置

1.1 系统概况

该装置内设 10 kV 变电所 1 座, 电源由上级变

电所 10 kV 母线供电, 经 350 m 长双拼电缆送至变电所。上级变电所 10 kV 母线三相短路电流 $I''_{\max} = 24.519 \text{ kA}$, $I''_{\min} = 9.7 \text{ kA}$, 供电单线图见图 1。

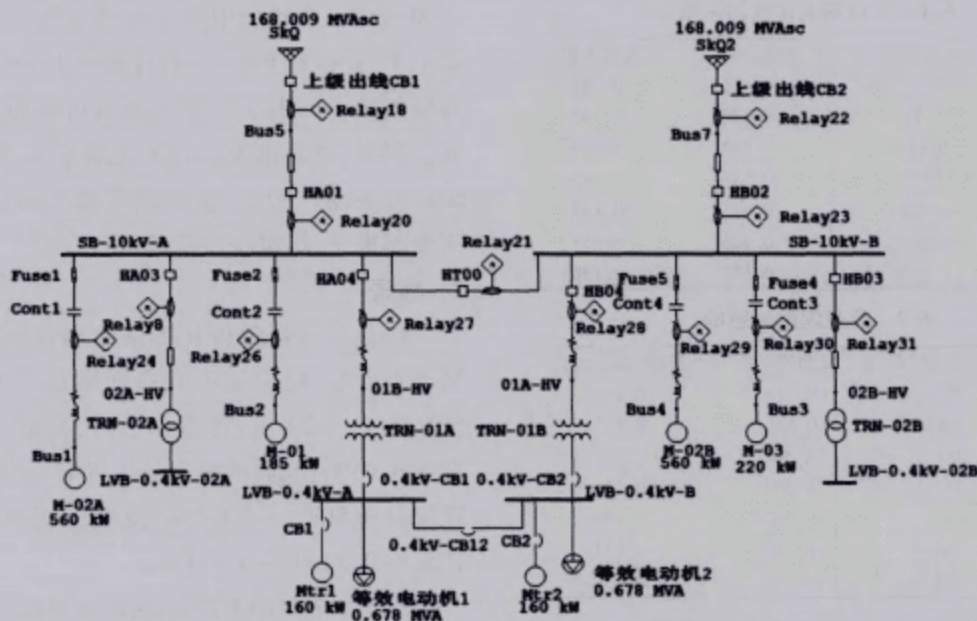


图1 供电系统单线图

最大运行方式及最小运行方式下母线短路电流值见表1。

1.2 保护配置及设备参数

保护继电器选型、保护配置及 CT 变比见表2。设备参数: 电机参数见表3, 变压器参数见表4。

2 整定值计算

整定计算原则及公式参见文献[1]第七章及第十一章, 部分整定值见表5。

3 ETAP 保护曲线配合

在 ETAP 中按上述定值录入后生成的配合曲线如图2(a)和图3(a)所示。经过分析, 发现存在下列问题:

收稿日期: 2014-07-15。

作者简介: 张泽巨, 男, 2009年毕业于吉林大学电气工程及其自动化专业, 工学学士, 助理工程师, 现从事电气设计工作。联系电话: 010-84875225; E-mail: zhangzeju@sei.com.cn

表1 母线短路电流值

母线编号	母线电压/kV	最大运行方式					最小运行方式			
		三相短路/kA			两相短路/kA		三相短路/kA		两相短路/kA	
		I_k''	I_p	I_k	I_k''	I_k	I_k''	I_k	I_k''	I_k
LVB-0.4kV-01A/B	0.4	64.462	162.938	52.732	55.554	55.554	40.968	40.968	35.48	35.48
SB-10kV-A/B	10	23.664	52.461	22.76	20.448	20.448	9.4	9.4	8.141	8.141
LVB-0.4kV-02A/B	0.4	53.547	139.492	53.358	46.364	46.364	41.413	41.413	35.864	35.864

表2 保护继电器选型和保护配置及 CT 变比

继电器名称	继电器型号	开关设备位置	保护配置	CT 变比
Relay18/22	REF542+	上级变电所 10kV 出线柜	过流/延时速断	1250/1
	PR121/P-LSI	LVB-0.4kV-01A/B 低压侧进线及母联柜	过流/延时速断	3200/1
Relay27/28	REF542+	TRN-01A/B 变压器出线柜	过流/速断	150/1
Relay8/32	REF542+	TRN-02A/B 变压器出线柜	过流/速断	150/1
Relay20/23	REF542+	SB-10kV-A/B 进线柜	过流/延时速断	1250/1
Relay21	REF542+	SB-10kV-A/B 母联柜	过流/速断	1250/1
Relay26	REM615/CMF63A1	M-01 10kV 185kW 电机出线柜	速断/过流	50/1
Relay24/29	REM615/CMF63A1	M-02A/B 10kV 560kW 电机出线柜	速断/过流	50/1
Relay30	REM615/CMF100A1	M-03 10kV 220kW 电机出线柜	速断/过流	50/1

1. 电动机出线回路中速断保护由熔断器完成,过电流保护由继电器完成。

表3 电机参数

电动机位号	额定功率/kW	电机额定电流/A	电机起动电流/A
M-01	185	$I_N = 12.9$	$I_{st} = 83.85$
M-02A/B	560	$I_N = 39.1$	$I_{st} = 254.15$
M-03	220	$I_N = 15.4$	$I_{st} = 100.0$

曲线与电动机 M-02A 的熔断器 Fuse1 时间电流特性曲线部分交叉,在交叉区可能发生越级跳闸;且 Relay18 及 Relay20 的定时限过电流保护定值位于进线电缆 1 的载流量右侧,不能保护电缆。

1) 图 2(a) 中,上级 10 kV 馈线柜保护 Relay18 及 10 kV 进线柜保护;Relay20 的定时限过电流保护

2) 图 3(a) 中,TRN-01A/B 出线柜保护 Relay27 的过负荷保护曲线与 380V 进线断路器 0.4 kV -

表4 变压器参数

变压器位号	额定容量/kVA	高压侧额定电流/A	低压侧额定电流/A	励磁涌流倍数
TRN-01A/B	1 600	$I_{1rT} = 92.4$	$I_{2rT} = 2309$	6
TRN-02A/B	2 000	$I_{1rT} = 115.5$	$I_{2rT} = 2887$	6

表5 部分整定值列表计算值^[1]

名称	保护类别	计算公式	灵敏度校验	整定值	灵敏度 K_{sen}	备注
380V 进线、母联柜	长延时保护	$I_1 = I_C$		$I_1 = 0.6 I_N$ $t = 12 s$		I_N 为断路器额定电流
	短延时保护	$I_2 = 1.2 [I_{NMI} + I_{C(N-1)}]$		$I_2 = 2.5 I_N$ $t = 0.4 s$		母联柜 $t = 0.2 s$
TRN-01A/B 出线柜 Relay27/28	过负荷保护	$I_1 = \frac{K_{rel} K_{js} I_{1rT}}{K_r n_{TA}}$		$I_1 = 0.65 A$ TMS = 0.2		长时反时限
	过电流保护	$I_2 = \frac{K_{rel} K_{js} K_{gh} I_{1rT}}{K_r n_{TA}}$	$K_{sen} = \frac{I_{2k2min}}{I_{op}} \geq 1.5$	$I_2 = 2.53 A$ $t = 0.6 s$	2.159	
	电流速断保护	$I_3 = \frac{K_{rel} K_{js} I_{2k3max}}{n_{TA}}$	$K_{sen} = \frac{I_{1k2min}}{I_{op}} \geq 2$	$I_3 = 22.34 A$ $t = 0.015 s$	2.43	
M-02A 电动机 出线柜 Relay30	过负荷保护	$I_1 = \frac{K_{rel} K_{js} I_{rM}}{K_r n_{TA}}$		$I_1 = 0.86 A$ TMS = 1.5		标准反时限
	电流速断保护					熔断器保护
上级 10kV 馈线 柜保护 Relay18/22	过电流保护	$I_1 = \frac{K_{rel} K_{js} I_{gh}}{K_r n_{TA}}$	$K_{sen} = \frac{I_{2k2min}}{I_{op}} \geq 1.2$	$I_1 = 0.44 A$ $t = 1.6 s$	1.489	下级线路远后备
	带时限电流速断保护	$I_2 = \frac{K_{co} K_{js} I_{op.3}}{n_{TA}}$	$K_{sen} = \frac{I_{2k2min}}{I_{op}} \geq 2$	$I_2 = 2.95 A$ $t = 0.5 s$	2.207	
V10kV 进线柜保护 Relay20/23	过电流保护	与上级 10kV 馈线柜保护相同		$I_1 = 0.44 A$ $t = 1.1 s$	1.489	
	带时限电流速断保护	与上级 10 kV 馈线柜保护相同		$I_2 = 2.95 A$ $t = 0.3 s$	2.207	

CB1 长延时曲线较靠近,可能发生越级跳闸。

3)对策。对于问题“1)”:由于 Relay18 及 Relay20 的过电流保护定值位于进线电缆载流量右侧,为满足保护定值要求需将过电流定值适当调小,若不改变 Relay18 及 Relay20 的过电流保护动作特性,其保护曲线与熔断器保护曲线交叉的更

多。可将 Relay18 及 Relay20 的过电流保护曲线类型改为正常反时限,定值调整为 0.4 A,时间因子分别调整为 0.5 及 0.3;调整后的配合曲线见图 2(b)粗线部分。对于问题“2)”:可将 Relay27 的过负荷保护时间因子调为 0.3,调整后的配合曲线见图 3(b)粗线部分。

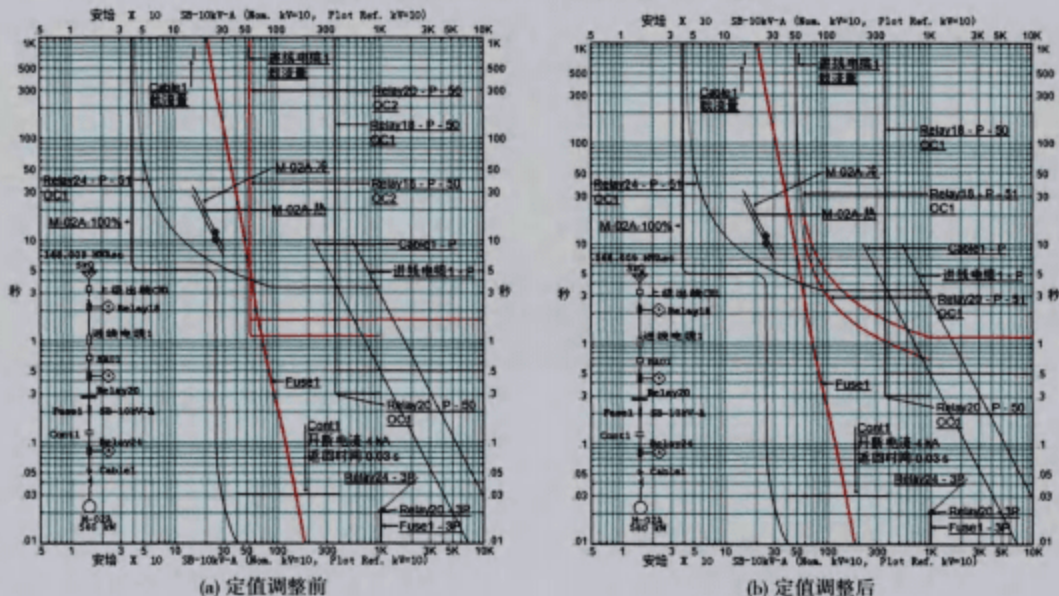


图2 定值调整前后中压电机出线柜至上级变电所 10 kV 出线柜保护配合曲线

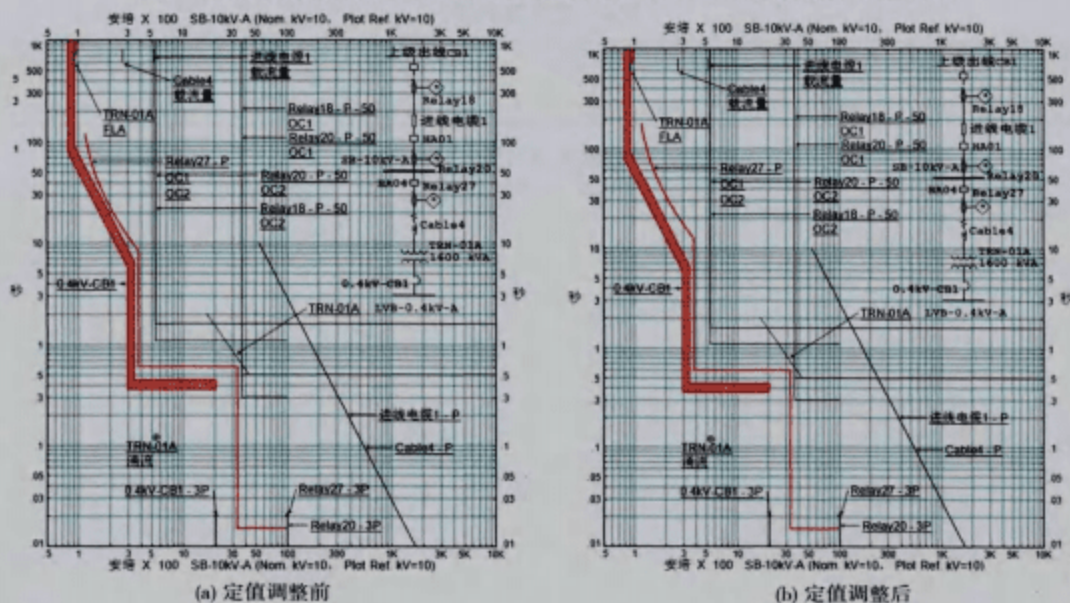


图3 定值调整前后低压进线柜至上级变电所 10 kV 出线柜保护配合曲线

调整后的保护曲线没有交叉重叠部分,既能完成对相关设备的保护,又能满足选择性要求。可以在 ETAP 模型中任意位置模拟故障,以检验继电保护动作顺序。以表 6 定值为例,当在 LVB -

0.4 kV -01 A 母线处发生两相短路故障时,动作时序如下:动作时序呈现每级动作继电器动作的保护类型和动作时间。经过 ETAP 优化后的定值,在石化装置投产后取得了很好的运行效果。

(下转第 27 页)

4 容器的建造

按照 GB 150.1 中 3.1.15 条中对低温容器的定义,“设计温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的碳素钢、低合金钢、双向不锈钢和铁素体不锈钢制容器,以及设计温度低于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的奥氏体不锈钢容器”。按此定义,LNG 真空绝热深冷储罐不属于 GB 150.1 规定的低温容器,不需要按照 GB 150.3《关于低温压力容器的基本设计要求》附录 E 进行建造。本容器设计温度等于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$,应按照 GB 150.4《制造、检验和验收》标准建造^[1,6]。因为容器采用真空绝热结构,建造标准还应遵照 GB/T 18442.1~18442.6—2011《固定式真空绝热深冷压力容器》,该标准和 GB 150 同属与压力容器系列标准,并对低温绝热容器做了进一步规定^[7]。低温绝热容器的夹层冻结真空度,容器液体蒸发率,真空夹层漏率,真空夹层漏放速率等均应遵守 GB/T 18442 的规定。

由于 LNG 真空绝热深冷容器采用应变强化技术,其制造的过程中有应变强化的工序。容器的制造、检验以及验收等,需要区分应变强化前与应变强化后 2 种状态。例如焊缝的返修,焊接工艺评定拉伸试验结果合格指标等,均应区分强化前

后的不同情况。

综上所述,随着近年来国内天然气产业的迅速发展,液化天然气真空绝热深冷容器的数量不断增加。该容器的设计和制造技术越来越成熟,而应变强化理论在深冷容器的设计、应变强化工艺、制造等方面的广泛应用,使奥氏体不锈钢深冷容器的壁厚大大减薄,产品材料成本大幅下降,在节能降耗方面产生了显著的效益。

参考文献:

- [1] GB 24511—2009 承压设备用不锈钢钢板及钢带[S].
- [2] EN 10028-7:2007 Flat products made of steels for pressure purpose—part 7: stainless steels[S].
- [3] GB 150.1-150.4—2011 压力容器[S].
- [4] TSGR004—2009 固定式压力容器安全技术监察规程[S].
- [5] GB/T 18442.1-18442.6 固定式真空绝热深冷压力容器[S].
- [6] 郑津洋,缪存坚,寿比南. 轻型化—压力容器的发展方向[J]. 2009, 26(6): 42-48.
- [7] 陈朝晖,徐峰,杨国义. GB 150—2011《压力容器》问题解答[M]. 北京: 新华出版社, 2013.

(上接第 24 页)

表 6 动作时序

时间(ms)	ID	If(kA)	T1(ms)	T2(ms)	条件
440	0.4kV-CB1	38.819	360	440	Phase
600	Relay27	1.792	600		相-OC2-50
655	HA04		55.0		脱扣由 Relay27 相-OC2-50
	Relay20	1.729	1 672		相-OC1-51
1 727	HA01		55.0		脱扣由 Relay20 相-OC1-51
	Relay27	1.729	2 072		相-OC1-51
2 127	HA04		55.0		脱扣由 Relay27 相-OC1-51
2 786	Relay18	1.729	2 786		相-OC1-51
2 841	上级出线 CB1		55.0		脱扣由 Relay18 相-OC1-51

4 结语

随着石化装置规模的不断扩大,对供电的可靠性和稳定性要求更加苛刻,由此带来的继电保护整定和校验工作也越来越复杂,传统手绘继电保护配合曲线工作量将会大大增加,而且定值调整后更新配合曲线非常复杂;而利用工程软件可以方便准确地输出 TCC 曲线,定值整定及曲线调整方便直观,能显著减少工作量。采用工程软件

进行继电保护整定及曲线配合分析,可以极大地提高整定效率和质量。

参考文献:

- [1] 中国航空工业规划设计研究院组,编. 工业与民用配电设计手册(3 版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.