



西电通用电气自动化有限公司
XD-GE AUTOMATION CO.,LTD.

M650

电动机保护测控装置



用户手册

M650 版本: 1.20
手册 P/N: 1601-0011-A-A3.0
Copyright © 2015-2018

西安总部

陕西省西安市经济技术开发区
凤城六路 101 号
电话: 400 860 1152
网址: www.xdgc-auto.com

上海分公司

上海市闵行区
元江路 3468 号

安全预防建议

- 在安装和使用本产品之前，请务必认真阅读本手册，以免造成不必要的设备损坏、人身伤害甚至人员死亡。
- 在使用本产品之前，请务必认真阅读所有“警告”和“危险”提示内容。
- 如果不按厂家规定的方式使用本产品，或当产品出现功能异常时，请务必谨慎操作。否则产品可能无法提供可靠的保护功能并会导致设备损坏。
- 警示：危险电压会导致电击、烧伤或死亡。
- 工作人员必须熟悉设备测试，必须遵守本手册中所提到的注意事项和安全规定。
- 对设备及相关电路进行检查、测试或周期维护之前，请务必隔离或切断所有危险电路及电源。
- 请务必在设备关闭之后再断开电源连接，否则会使工作人员处于危险的高电压下，导致人身伤害或死亡。
- 设备接地端应统一连接至设备的主接地系统。
- 接地线应尽量短。
- 在设备工作期间，设备的接地端子必须可靠接地。
- 除了本手册提到的安全预防建议之外，所有的电气连接还必须遵循当地适用的电气规范。
- CT 工作前必须短路。

继电器的废弃处理

危险材料的定义和规程各国都不尽相同，并且会随着对材料知识的增加会有所更改。本产品中所使用的材料通常用于电气和电子继电器。

本产品中使用的所有部件都可回收，包括塑料。处理废弃的继电器或其部件时，应联系有权处理和回收金属、电气/电子和塑料废料的当地企业。这些合作伙伴可以使用专用的分类流程对材料进行分类，并根据当地法规处理这些产品。

1. 产品描述	1.1 概述	
	1.1.1 M650 概述	1-1
	1.2 摘要	
	1.2.1 装置功能	1-3
	1.2.2 其它功能	1-4
	1.3 订货码	
	1.4 技术规范	
	1.4.1 保护元件	1-6
	1.4.2 控制	1-11
	1.4.3 监视	1-13
	1.4.4 用户可编程元件	1-14
	1.4.5 测量	1-15
	1.4.6 输入	1-15
	1.4.7 实时时钟	1-17
	1.4.8 输出	1-17
	1.4.9 工作电源	1-17
	1.4.10 通讯	1-17
	1.4.11 光特性	1-18
	1.4.12 环境特性	1-19
	1.4.13 包装和重量	1-19
	1.4.14 型式试验	1-19
	1.4.15 认证	1-19
2. 安装	2.1 机械安装	
	2.1.1 外观及开孔尺寸	2-1
	2.2 电气安装	
3. 人机接口	3.1 人机接口 (HMI)	
	3.1.1 前 LED 指示灯	3-2
	3.1.2 按键	3-2
	3.1.3 文本菜单	3-4
	3.1.4 单线图	3-10
	3.2 网络服务器	
	3.2.1 主页	3-11
4. 定值	4.1 概述	
	4.1.1 定值主菜单	4-1
	4.2 产品设置	
	4.2.1 通讯	4-7
	4.2.2 自定义 MODBUS 地址表	4-9
	4.2.3 故障报告	4-9
	4.2.4 故障录波	4-10
	4.2.5 数据记录器	4-10
	4.2.6 需量	4-11
	4.2.7 时间整定	4-14
	4.3 系统设置	
	4.3.1 系统参数	4-15
	4.3.2 用户自定义曲线	4-18
	4.3.3 断路器	4-19
	4.3.4 开关	4-20
	4.4 保护元件	
	4.4.1 元件概览	4-21
	4.4.2 反时限曲线特性	4-22
	4.4.3 热保护元件	4-29

4.4.4	差动保护元件	4-34
4.4.5	相电流	4-38
4.4.6	中性点电流	4-49
4.4.7	接地电流	4-49
4.4.8	灵敏接地电流	4-50
4.4.9	负序电流	4-51
4.4.10	电压元件	4-52
4.4.11	功率	4-56
4.4.12	电流不平衡元件	4-60
4.4.13	启动时间过长	4-61
4.4.14	堵转保护元件	4-63
4.4.15	启动闭锁	4-63
4.4.16	磁平衡差动元件	4-66
4.5	控制元件	
4.5.1	定值组	4-67
4.5.2	低频率元件 (81U)	4-67
4.5.3	过频率元件 (81O)	4-68
4.5.4	断路器失灵元件 (50BF)	4-68
4.5.5	VT 断线 (VTFF)	4-69
4.5.6	CT 断线	4-70
4.5.7	脉冲计数器	4-72
4.5.8	模拟比较器	4-72
4.5.9	频率变化率	4-72
4.6	输入 / 输出	
4.6.1	输入 / 输出端子	4-74
4.6.2	输入 / 输出定值	4-75
4.6.3	输入	4-76
4.6.4	输出	4-77
4.6.5	回路监视及接点自保持回路	4-78
4.6.6	小信号模拟量插件定值	4-87
4.6.7	小信号模拟输出	4-87
4.6.8	虚拟输入	4-88
4.6.9	虚拟输出	4-89
4.6.10	自保持虚拟输出	4-89
4.7	操作回路	
4.8	M650 IEC61850 概述	
4.8.1	通讯概要	4-92
4.8.2	TCP 连接时间	4-92
4.8.3	MMS 协议	4-92
4.8.4	点对点通讯	4-92
4.8.5	MMS 文件服务	4-92
4.9	M650 IEC103 概述	

5. 调试

5.1	外观检查	
5.2	指示灯	
5.3	电源试验	
5.4	通讯	
5.5	测量验证	
5.5.1	电压	5-5
5.5.2	相电流	5-6
5.5.3	有功、无功功率和 $\text{COS}\Phi$ 测量	5-7
5.5.4	频率	5-7
5.6	输入和输出	
5.6.1	开入	5-8
5.6.2	接点输出	5-9
5.6.3	回路完整性监视输入	5-9
5.6.4	保持电路	5-9

1.1.1 M650 概述

M650 是集成电动机保护、控制、监视和测量功能的装置。

M650 提供差动保护、磁平衡差动、热保护、启动时间过长、堵转保护、过电压和低电压保护、过频和低频保护、断路器失灵保护、故障诊断和可编程逻辑功能。

它还可提供相、中性点、接地和灵敏接地电流的瞬时和延时过流保护。延时过流保护配备多种动作曲线或用户自定义曲线（FlexCurves™ 曲线）以满足不同应用的需求。

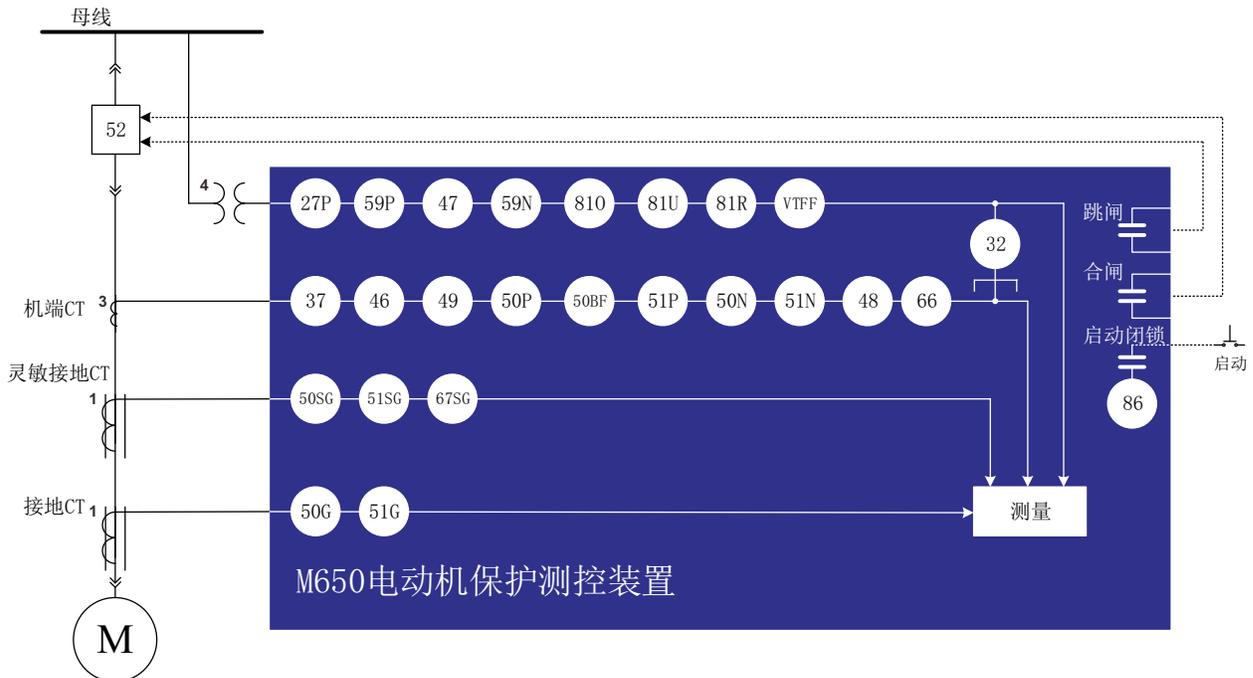
电压、电流、功率和电能测量作为标准功能内置在装置中。

诊断功能包含顺序事件记录。用于时间标记的内部时钟可通过 IRIG-B 信号或以太网端口的 SNTP 实现同步，精确的时间标记可确定整个系统的事件顺序。录波数据可记录事件前后的测量参数以便通过 PC 查看，有效缩短了故障查找时间。

可通过前面板 USB 口连接 PC，通过 PC 机进行整定和实际值查看。

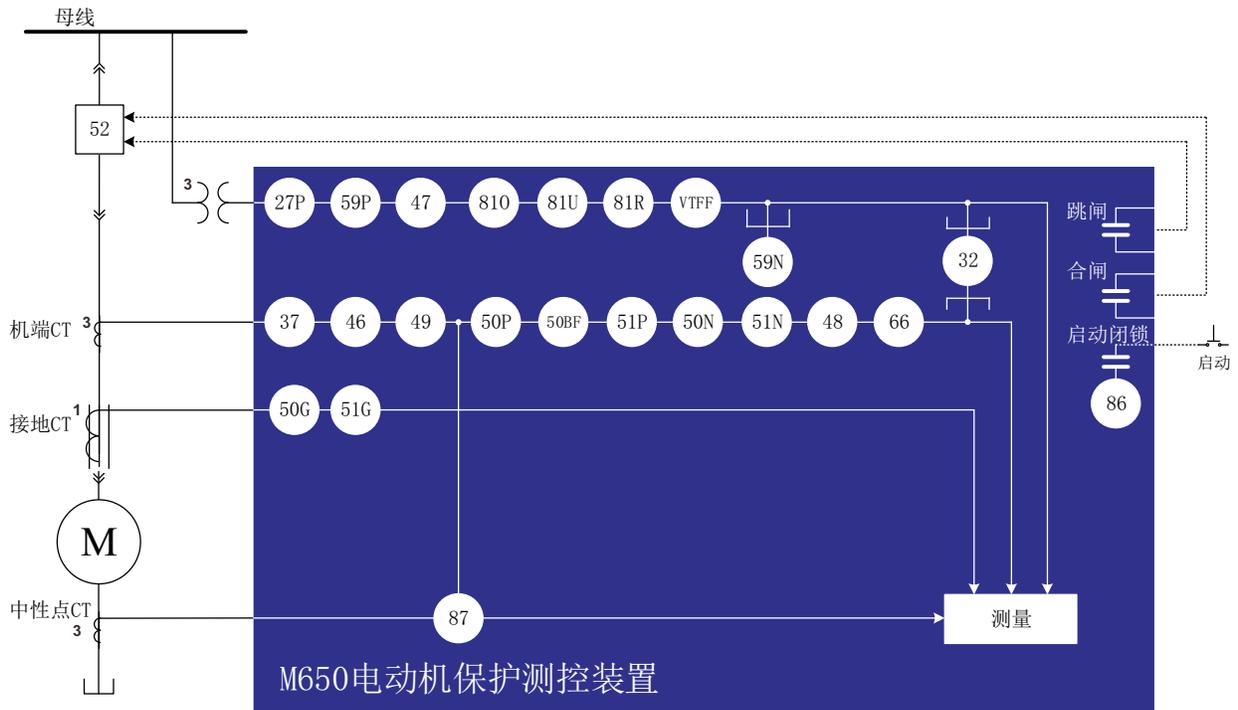
M650 可配备多种通讯模块。后端两个 RS485 口可支持运行和工程人员的独立访问、后端 COM1 端口可设置支持 IEC60870-5-103 协议。所有串行口均采用 Modbus® RTU 协议。

M650 还可选择配备两个 100BaseFX 冗余光纤口。以太网口支持 IEC 61850、IEC 60870-5-104、Modbus®/TCP 和 TFTP 协议，并允许通过标准 web 浏览器访问装置。

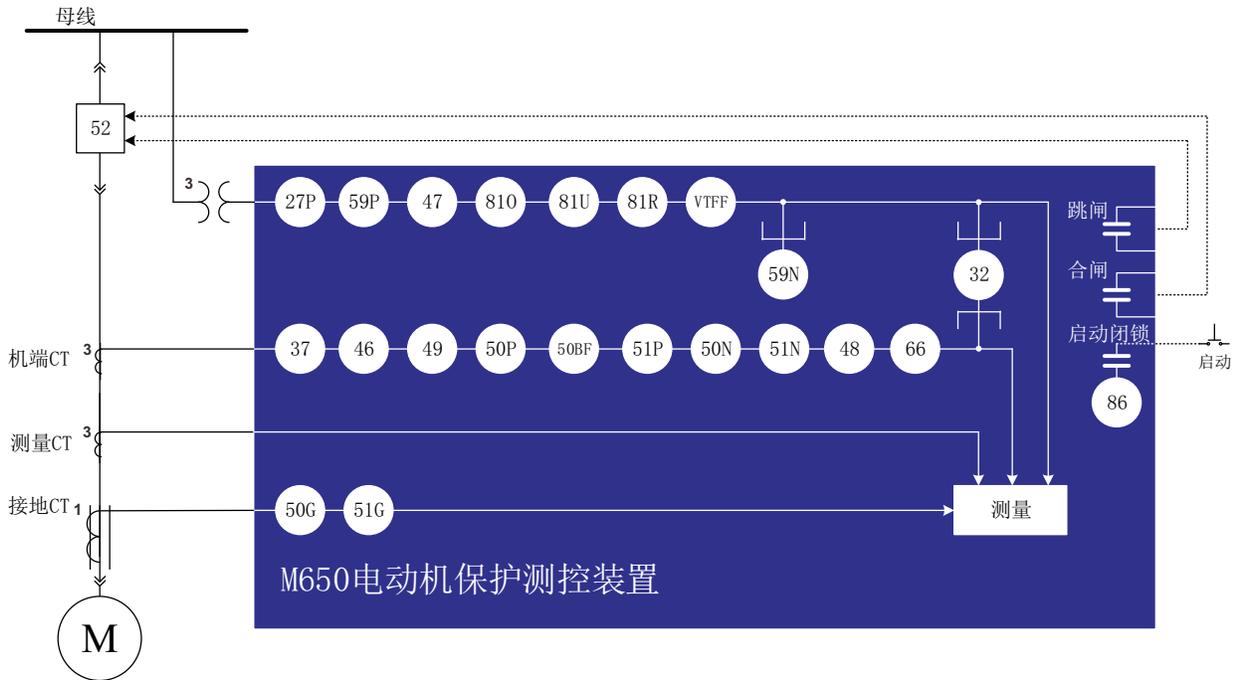


(a) M650A 基本版功能框图

1



(b) M650D 差动版功能框图



(c) M650P 加强版功能框图

图 1: 功能框图

1.2.1 装置功能

ANSI 码	功能	应用配置		
		A (基本电动机保护)	D (差动电动机保护)	P (加强电动机保护)
87	差动保护	x	●	x
50/51	磁平衡差动	x	●	x
49	热保护	●	●	●
27P	低电压	●	●	●
37	欠功率	●	●	●
32	功率方向	●	●	●
37	欠电流	●	●	●
46	负序延时过流	●	●	●
47	负序过电压	●	●	●
47	逆相序	●	●	●
50BF	断路器失灵	●	●	●
50G	接地瞬时过流 (从第四个电流互感器处测量)	●	●	●
50N	中性点瞬时过流 (通过相电流计算)	●	●	●
50P	瞬时过流一段 / 二段	●	●	●
50SG	用于灵敏接地的接地瞬时过流 (从第五个电流互感器处测量)	●	x	x
51G	接地延时过流 (从第四个电流互感器处测量)	●	●	●
51N	中性点延时过流 (通过相电流计算)	●	●	●
51P	延时过流一段 / 二段	●	●	●
51SG	用于灵敏接地的接地延时过流 (从第五个电流互感器处测量)	●	x	x
59N	零序过压	●	●	●
59P	过电压	●	●	●
67P	相方向	●	●	●
67SG	灵敏接地方向	●	x	x
81O	过频率	●	●	●
81U	低频率	●	●	●
81R	频率变化率	●	●	●
VTFF	VT 断线	●	●	●
60	CT 断线	●	●	●
46	电流不平衡	●	●	●
48	启动时间过长	●	●	●
51P	堵转	●	●	●
66	启动闭锁	●	●	●

注：●代表具有该功能；X代表无该功能。

1.2.2 其它功能

输入 / 输出	测量	通讯
A 版: 5 个 电流输入, 4 个电压输入 D 版: 7 个 电流输入, 3 个电压输入 P 版: 4 个 电流输入, 3 个测量电流输入, 3 个电压输入	测量相、接地和灵敏接地输入电流	前面板 USB, 两个后端 RS485/ 光纤口, 10/100 TX 和 100 FX Mbps 以太网口
数字可编程接点输入 (最多 64 个)	相间电压和相电压	ModBus 通讯 RTU 和 TCP/IP
数字可编程接点输出 (最多 16 个)	有功、无功、视在功率及功率因数	IEC 870-5-104
32 个自保持虚拟输入 32 个自复位虚拟输入	三相电能	ModBus 地址表
虚拟输出 (最多 512 个)	频率	IEC 61850
跳合闸回路监视	电流和电压的序分量	IEC 870-5-103 协议
远方输入 / 输出 (GSSE 和 GOOSE 信息)	脉冲计数器	
8 路小信号模拟输入 (dCmA)	模拟比较器	
2 路小信号模拟输出 (dCmA)	数字计数器	
	1-15 次电压 / 电流谐波监视	
用户接口	记录	其他
图形显示 (16 x 40)	数据记录器	断路器开断电流 (I^2t)
用户可编程 LED (15 个)	需量	断路器控制
用户可编程按键 (最多 5 个)	故障报告 (最多 10 个记录)	IRIG-B /SNTP 同步
导航键	故障录波 (最多 20 个记录)	可编程逻辑
可配置的单线图	事件记录 (最多 479 个)	定值组 (3 个)
		控制命令 (最多 24 个)
		Web 服务器应用

M650 配备 1/2 ×19 英寸宽、6 U 高的机箱，内置电源、CPU、I/O 模块和通讯模块。不同型号产品的订货码信息详见下表。

表 1: 订货码

M650	C	A	B	F	1	G	0	HI	1	0	N	A	N	A
后部串行通讯板1		F A X M												无 冗余RS485 冗余 RS485 + 光纤远方CAN bus I/O RS485 + 电缆远方CAN Bus I/O
后部网口通讯板2			B C D E											10/100 Base TX 10/100 Base TX + 100 Base FX 10/100 Base TX + 冗余 100 Base FX 冗余 10/100 Base TX
I/O板1				1 2 4 5										16个数字输入 + 8个输出 8个数字输入 + 8个输出 + 2个跳/合闸回路监视回路 32个数字输入 16个数字输入 + 8个模拟输入
I/O板2					0 1 4 5 6									无 16个数字输入 + 8个输出 32个数字输入（见注1） 16个数字输入 + 8个模拟输入（见注1） 6个数字输入 + 2个模拟输出
辅助电压								LO HI LR HR HA HB						24-48 Vdc（范围19.2 – 57.6） 110-250 Vdc（范围88 – 300）； 120-230 Vac（范围96 – 250） 冗余LO 冗余 HI 110-250 Vdc（范围88 – 300）； 120-230 Vac（范围96 – 250） + 220VDC带有独立的操作回路 110-250 Vdc（范围88 – 300）； 120-230 Vac（范围96 – 250） + 110VDC带有独立的操作回路
AC模块									1 2 3					5 CT + 4 VT (应用配置A选用) 7 CT + 3 VT (应用配置D选用, 配置差动保护) 7CT + 3 VT (应用配置P选用, 配置独立测量CT)
通讯协议									0 3 6 9					Modbus RTU, TCP/IP, IEC 60870-5-104 IEC 60870-5-103, Modbus RTU, TCP/IP IEC 61850, Modbus RTU和TCP/IP, IEC 60870-5-104 IEC 61850, Modbus RTU和TCP/IP, IEC 60870-5-103, IEC 60870-5-104（从机）
环境保护											N H			无 严酷（化学）环境保护涂层
应用配置												A D P		基本版, 基本电动机保护 差动版, 基本电动机保护+差动保护 加强版, 基本电动机保护+独立测量CT
产品版本													A	1.0

注:

1. 对包含板 4 和 5 的型号，选项 G 选择的数字必须等于或大于选项 F 所选择的数字。F1G5 为有效订货码而 F5G1 无效。

注：技术规范更改恕不另行通知。

1.4.1 保护元件

相和接地元件使用从电流输入端测量的电流值，中性点元件使用由三相电流计算的电流值。

灵敏接地 CT 的灵敏度比通用型（连接 1A 或 5A 互感器）高 10 倍，因此不允许长时间严重过载。

1.4.1.1 热保护（49）

动作值	1.01 - 1.25 FLA，误差不超过 ± 0.01 FLA
动作延时	误差不超过 $\pm 5\%$ 或 ± 200 ms

1.4.1.2 差动保护（87）

比率差动最小启动值	0.2 - 1 FLA，误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 FLA
比率差动斜率 1	0.1 - 1，误差不超过 ± 0.05
比率差动斜率 2	0.5 - 1，误差不超过 ± 0.05
比率差动	动作时间不大于 40 ms（在 2 倍整定值下）
差流速断启动值	1 - 20 FLA，误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 FLA
差流速断	动作时间不大于 30 ms（在 2 倍整定值下）

1.4.1.3 瞬时过流一段 / 二段（50P）

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.05 - 160.00 A，步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 A
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 40 ms

1.4.1.4 延时过流一段 / 二段（51P）

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.05 - 160.00 A，步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 A
动作曲线	IEEE 极端 / 非常 / 中等反时限 IEC A/B/C/ 长时反时限 / 短时反时限 IAC 极端 / 非常 / 中等反时限 ANSI 极端 / 非常 / 一般 / 中等反时限 I^2t 定时限 整流曲线 FlexCurve™ A/B/C/D 用户自定义曲线

曲线倍数	0.00 - 1200.00 s, 步长 0.01 s
延时精度	在 > 1.03 倍动作值时, 误差不超过 ±3% 或 ± 60 ms
电压制动	通过定值选择

1.4.1.5 接地延时过流 (51G)

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.05 - 160.00 A, 步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 ±2.5% 或 ± 0.01 A
动作曲线	IEEE 极端 / 非常 / 中等反时限 IEC A/B/C/ 长时反时限 / 短时反时限 IAC 极端 / 非常 / 中等反时限 ANSI 极端 / 非常 / 一般 / 中等反时限 I^2t 定时限 整流曲线 FlexCurve™ A/B/C/D 用户自定义曲线
曲线倍数	0.00 - 900.00 s, 步长 0.01 s
延时精度	在 > 1.03 倍动作值时, 误差不超过 ±3% 或 ± 60 ms

1.4.1.6 中性点延时过流 (51N)

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.05 - 160.00 A, 步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 ±2.5% 或 ± 0.01 A
动作曲线	IEEE 极端 / 非常 / 中等反时限 IEC A/B/C/ 长时反时限 / 短时反时限 IAC 极端 / 非常 / 中等反时限 ANSI 极端 / 非常 / 一般 / 中等反时限 I^2t 定时限 整流曲线 FlexCurve™ A/B/C/D 用户自定义曲线
曲线倍数	0.00 - 900.00 s, 步长 0.01 s
延时精度	在 > 1.03 倍动作值时, 误差不超过 ±3% 或 ± 60 ms

1.4.1.7 灵敏接地延时过流 (51SG)

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.005 - 16.00 A, 步长 0.001 A

返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 $\pm 1.5\%$ 或 $\pm 0.005\text{ A}$
动作曲线	IEEE 极端 / 非常 / 中等反时限 IEC A/B/C/ 长时反时限 / 短时反时限 IAC 极端 / 非常 / 中等反时限 ANSI 极端 / 非常 / 一般 / 中等反时限 I^2t 定时限 整流曲线 FlexCurve™ A/B/C/D 用户自定义曲线
曲线倍数	0.00 - 900.00 s, 步长 0.01 s
延时精度	在 > 1.03 倍动作值时, 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 50\text{ ms}$

1.4.1.8 接地瞬时过流 (50G)

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.05-160.00 A, 步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 0.01\text{ A}$
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 40\text{ ms}$

1.4.1.9 中性点瞬时过流 (50N)

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.05-160.00 A, 步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 0.01\text{ A}$
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 40\text{ ms}$

1.4.1.10 灵敏接地瞬时过流 (50SG)

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.005-16.00 A, 步长 0.001 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 $\pm 1.5\%$ 或 $\pm 0.005\text{ A}$
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 40\text{ ms}$

1.4.1.11 负序延时过流 (46)

电流输入	基波相量或 RMS
额定电流	1 A 或 5 A CT
动作值	0.05 - 160.00 A, 步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值

电流精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 A
动作曲线	IEEE 极端 / 非常 / 中等反时限 IEC A/B/C/ 长时反时限 / 短时反时限 IAC 极端 / 非常 / 中等反时限 ANSI 极端 / 非常 / 一般 / 中等反时限
	I^2t
	定时限
	整流曲线
	FlexCurve™ A/B/C/D 用户自定义曲线
曲线倍数	0.00 - 900.00 s, 步长 0.01 s
延时精度	在 > 1.03 倍动作值时, 误差不超过 $\pm 3\%$ 或 ± 60 ms

1.4.1.12 相方向 (67P)

方向	通过定值选择正向和反向
极化	正交电压: ABC 相序: 相 A (VBC), 相 B (VCA), 相 C (VAB) ACB 相序: 相 A (VCB), 相 B (VAC), 相 C (VBA)
极化电压门槛值	0- 300 Vac, 步长 1 V
电流灵敏度门槛值	50 mA
灵敏角	-90° - +90°, 步长 1°
角度精度	误差不超过 $\pm 3^\circ$ ($I > 0.1$ A, $V > 5$ Vac)

1.4.1.13 灵敏接地方向 (67SG)

方向	通过定值选择正向和反向
极化电压	V_N (测量或计算, 通过定值选择)
动作电流	I_{sg} (从第五个 CT 测量)
极化电压门槛值	0- 300 Vac 步长 1 V
灵敏角	-90° - +90° 步长 1°
角度精度	误差不超过 $\pm 3^\circ$ ($I > 0.1$ A, $V > 5$ Vac)

1.4.1.14 欠电流 (37)

跳闸动作值	0.05 - 50A, 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 A
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 50 ms

1.4.1.15 过电压 (59P)

电压输入	相间电压基波相量
动作值	3-300 V, 步长 1 V
返回值	97%- 98% 动作值
电压精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.5 V
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 50 ms

1.4.1.16 低电压 (27P)

电压输入	相电压或相间电压的基波相量
动作值	3-300 V, 步长 1 V
返回值	102%- 103% 动作值
电压精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.5 V
动作曲线	定时限或反时限曲线
曲线倍数	0.00- 900.00 s, 步长 0.01 s
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 50 ms
最小电压门槛值	0 - 300 V, 步长 1 V

1.4.1.17 零序过压 (59N)

电压输入	零序电压基波相量
动作值	3-300 V, 步长 1 V
返回值	97%- 98% 动作值
电压精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.5 V
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 50 ms

1.4.1.18 负序过电压 (47)

电压输入	负序电压基波相量
动作值	3-300 V, 步长 1 V
返回值	97%- 98% 动作值
电压精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.5 V
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 50 ms

1.4.1.19 低频率 (81U)

动作值	20.00- 65.00 Hz, 步长 0.01 Hz
返回值	动作值 + 0.03 Hz
频率精度	误差不超过 ± 0.01 Hz
最小电压门槛值	20 - 300V, 步长 1 V
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 160 ms

1.4.1.20 过频率 (81O)

动作值	20.00- 65.00 Hz, 步长 0.01 Hz
返回值	动作值 - 0.03 Hz
频率精度	误差不超过 ± 0.01 Hz
最小电压门槛值	20 - 300V, 步长 1 V
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 160 ms

1.4.1.21 欠功率 (37)

动作值	误差不超过 $\pm 1.5\%$ 或 ± 0.01 MW
延时精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 50 ms

1.4.1.22 功率方向 (32)

动作值	-10000.00 - 10000.00 MW (一次值), 步长 0.01 MW
延时精度	误差不超过 $\pm 3.5\%$ 或 ± 50 ms

1.4.1.23 堵转保护 (51P)

堵转	1.01 - 4.50 FLA, 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 FLA
动作延时	0.00 - 900.00 s, 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 40 ms

1.4.1.24 电流不平衡保护 (46)

动作电流	4 - 40% FLA, 误差不超过 $\pm 1\%$
动作延时	1.00 - 60.00 s, 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 40 ms

1.4.1.25 启动时间过长 (48)

延时	1.0 - 250.0 s, 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 50 ms
----	--

1.4.1.26 磁平衡差动 (50/51)

动作值	0.1 - 10 FLA, 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 FLA
动作延时	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 40 ms (在 1.5 倍整定值下)

1.4.1.27 逆相序 (47)

延时时间	100 ms, 误差不大于 ± 40 ms
------	---------------------------

1.4.2 控制**1.4.2.1 VT 断线**

算法基于正序电压和电流
由 V_2/V_1 比值启动

1.4.2.2 断路器失灵 (50BF)

电流输入	基波相量
额定电流	1 A 或 5 A CT
监视动作值	0.05 - 160.00 A, 步长 0.01 A
高动作值	0.05 - 160.00 A, 步长 0.01 A
低动作值	0.05 - 160.00 A, 步长 0.01 A
内部拉弧动作值	0.05 - 160.00 A, 步长 0.01 A
返回值	97% - 98% 动作值
电流精度	误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 0.01 A

延时精度 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 40 ms

1.4.2.3 CT 断线 (60)

零序电流动作值 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 0.01A$
 零序电压动作值 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 $\pm 0.5V$
 动作时间 误差不超过 $\pm 2.5\%$ 或 ± 40 ms

注：D 版中 CT 断线集成于差动保护功能。

1.4.2.4 脉冲计数器

可用脉冲计数器个数 最多 8 个

1.4.2.5 模拟比较器

模拟输入 装置中任何可用的模拟值
 模拟最大值 $-100000.000 - 100000.000$ ，步长 0.001
 模拟最小值 $-100000.000 - 100000.000$ ，步长 0.001
 模拟延时 0.00 - 900.00，步长 0.01
 模拟裕度 0.0 - 50.00，步长 0.1

1.4.2.6 频率变化率

df/dt 趋势 增加，减少，双向
 df/dt 动作值 0.10 - 10.00 Hz/s，步长 0.01
 df/dt 精度 误差不超过 ± 80 mHz/s 或 $\pm 3.5\%$
 最小电压 20.00 - 110.00%，步长 0.01
 95% df/dt 稳定时间 < 24 周波

1.4.2.7 断路器整定

开关序号 1 - 16 (用作断路器控制的开关选择)
 最大 KI^2t 0.00 - 9999.99，步长 0.01 (kA)² s
 KI^2t 积分时间 0.03 - 0.25 s，步长 0.01 s
 最大分闸次数 0 - 9999 次，步长 1
 一小时最大分闸次数 1 - 60 次，步长 1

1.4.2.8 断路器维护

KI^2t 开关 A/B/C 相计数器 0.00 - 9999.99，步长 0.01 (kA)² s
 断路器分闸计数器 0 - 9999，步长 1
 断路器合闸计数器 0 - 9999，步长 1

1.4.3.1 故障录波

最大录波数	最多 20 个录波记录
采样速率	可设置每周波 4、8、16、32 或 64 次采样
每次记录的容量	$\frac{27592 \text{ 次采样}}{\text{录波数} * \text{采样数/周波}}$

触发位置	总长度的 5% - 95%
触发源	PLC 编程
模拟量通道	5 路电流通道和 4 路电压通道
状态量通道	最多 16 路 数字通道 (PLC 编程)
格式	国际标准 COMTRADE
自动覆盖	可通过定值选择

1.4.3.2 故障报告

方法	单端
正序阻抗幅值	0.01 - 250.00 Ω , 步长 0.01 Ω
正序阻抗角	25 - 90°, 步长 1°
零序阻抗幅值	0.01 - 750.00 Ω , 步长 0.01 Ω
零序阻抗角	25 - 90°, 步长 1°
导线长度	0.0 - 2000.0, 步长 0.1
测距精度	误差不超过 5%
最大记录数	最多 10 个故障报告记录
数据	故障日期和时间, 故障前电流和电压, 故障电流和电压, 故障类型。
格式	ASCII 格式文本

1.4.3.3 事件记录

容量	479 个事件
时间标记	1 ms, 使用内部 100 μs 的时钟
计时精度	1 ms (使用 IRIG-B 同步输入)
触发源	元件启动、返回或动作 数字输入 / 输出状态变化 虚拟输入和控制事件
数据存储	非易失存储器 (闪存)

每种保护功能的事件记录过程可通过定值启用或取消。

1.4.3.4 控制事件

容量	128 个事件, 可通过 PLC 编程
时间标记	1 ms 加一个 PLC 周波, 使用内部 100 μs 的时钟。对于数字输入, 必须加上它们的去抖时间。
计时精度	1 ms (使用 IRIG-B 同步输入)
触发源	通过 PLC 编程的任何数字信号
告警	可在告警屏上作为告警事件显示。

控制事件也显示在事件记录中。

1.4.3.5 需量

通道数	9 个
参数	Ia (kA RMS), Ib (kA RMS), Ic (kA RMS), Ig (kA RMS), Isg (kA RMS), I2 (kA), P (MW), Q (MVar) 和 S (MVA)
测量	每路通道指示当前和最大测量值, 最大记录值包含日期和时间
采样	5, 10, 15, 20, 30, 60 分
精度	±2%

1.4.3.6 数据记录器

通道数	1 - 16
参数	任何可用的模拟实际值
采样	1 s, 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60 分钟

1.4.4 用户可编程元件**1.4.4.1 PLC 逻辑**

编程语言	逻辑配置使用基于 IEC 61131-3 标准的图形功能
编码行数	512 行
支持的运算	NOT, XOR, OR (2 - 8 个输入), AND (2 - 8 个输入), NOR (2 - 8 个输入), NAND (2 - 8 个输入), 自保持 (复位优先), 跳变沿检测, 计时器。
库	完全由用户编程的逻辑门
输入	任何逻辑变量、接点或虚拟输入
计时器个数	每个逻辑方案中最多 8 个

1.4.4.2 自定义曲线 (FLEXCURVES)

个数	4 (A - D)
复位点	40 个
动作点	80 个
延时	0 - 65535 ms, 步长 1 ms

1.4.4.3 用户可编程 LED

个数	15 个可配置的 LED
可编程	任何逻辑变量、接点或虚拟输入
复位模式	自复位或保持
复位信号	前 5 个 LED 由硬件自保持 (红色), 通常配置为跳闸信号。 后 10 个 (黄色和绿色) 为自复位, 但也可通过 PLC 配置为自保持 LED 可由硬件复位, 按下前面板的 RESET 键或通过 PLC 配置使用 LED 复位信号

1.4.4.4 用户可编程前面板按键

可配置按键个数	5 个
操作	PLC 操作数

1.4.5 测量

1.4.5.1 电流

精度	相和接地: 0.05 - 10 A, 误差不超过 $\pm 0.5\%$ 灵敏接地: 0.005 - 5 A, 误差不超过 $\pm 1.5\%$ 测量电流: 0-1.2 倍额定值, 误差不超过 $\pm 0.2\%$
----	---

1.4.5.2 电压

精度	10 - 120 V, 误差不超过 $\pm 0.5\%$
----	-------------------------------

1.4.5.3 有功功率 (WATT)

精度	保护: 误差不超过 $\pm 1\%$ 测量: 误差不超过 $\pm 0.5\%$
----	--

1.4.5.4 无功功率 (VAR)

精度	保护: 误差不超过 $\pm 1\%$ 测量: 误差不超过 $\pm 0.5\%$
----	--

1.4.5.5 视在功率 (VA)

精度	保护: 误差不超过 $\pm 1\%$ 测量: 误差不超过 $\pm 0.5\%$
----	--

1.4.5.6 频率

精度	误差不超过 ± 0.01 Hz
----	---------------------

1.4.5.7 角度

精度	误差不超过 $\pm 3^\circ$
----	---------------------

1.4.6 输入

1.4.6.1 AC 电流输入

CT 变比	1.0 - 6000.0, 步长 0.1
额定电流	适于 1 A 或 5 A
装置负载	< 0.04 欧姆
电流耐受	连续, 20 A 1 s, 500 A 相和接地 1 s, 50 A 灵敏接地

1.4.6.2 AC 电压输入

VT 变比	1.0 - 6000.0, 步长 0.1
额定电压	100 或 57.7 Vac
测量范围	2 - 275 Vac
装置负载	在 120 Vac 时, 0.05 VA
耐压	连续, 275 V 对中性点

1.4.6.3 开入

输入启动电压阈值	10 - 230 Vdc, 步长 1 V (通过定值选择)
阻抗	> 100 kOhm
最大误差	±10% 定值或 ± 5 V
电压监视输入负荷	2 mA + V/100 kOhm
电压监视输入电压阈值	< 10 V (固定值)
去抖时间	1 - 50, 步长 1 ms
识别时间	< 1ms
计时分辨率	1 ms

对输入启动电压阈值和去抖时间, 同组的所有输入 (即共享一个公共端的输入) 使用同一固定值
输入类型和延时输入时间不分组; 每个输入有不同的定值。

输入类型 高电平, 低电平, 上升沿, 下降沿

1.4.6.4 远方输入 (IEC61850 GSSE/GOOSE)

输入点数	32
远方装置数	16
通讯丢失的缺省状态	On, Off, 最近 /on, 最近 /off

1.4.6.5 小信号模拟输入

输入阻抗	116 Ω
电流输入 (mADC)	0 --1, 0 - +1, -1 - +1, 0 - 5, 0 - 10, 0 - 20, 4 - 20 (可编程)
转换范围	-1 - +20mA
精度	±0.2% 满刻度

1.4.6.6 小信号模拟输出

转换范围	4 - 20mA
精度	±0.5% 满刻度

1.4.6.7 IRIG-B 输入

输入电压	TTL
输入负载	1.5 mA
输入阻抗	3.3 kOhm
最小输入电压	2.4 V
最大输入电压	± 24 V

格式	B000 (*) B001, B002 和 B003 (*) (*) 信号组合的识别符合 IRIG 标准 200-95
隔离	2 kV

1.4.7 实时时钟

精度	典型 ± 20 ppm
无供电工作时间	大于 1 星期

1.4.8 输出

单接点连续载流	16 A
短时允许通过电流	60 A, 1 s
开断容量 (L/R =40 ms)	在 125 Vdc 时, 0.3 A 在 250 Vdc 时, 0.25 A
动作时间	< 8 ms
触点材料	镀银

1.4.8.1 远方输出 (IEC61850 GSSE/GOOSE)

标准输出点	32 个
用户输出点	32 个

1.4.9 工作电源

低范围 (LO)	24 - 48 V
高范围 (HI)	110 - 250 V
失电保持时间	典型值 200 ms, 装置未复位的最坏情况 100 ms
功耗	典型值 =25 VA, 最大值 =45 VA

为了确保更长的寿命和最小的功耗, 15 分钟内若没有按键操作, 背光显示即会自动关闭。

1.4.10 通讯

前面板端口:

前端口	COM2
类型	USB
波特率	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
缺省波特率	19200
可用协议	ModBus [®] RTU
典型距离	3 m
耐压	2 kV

背板异步端口:

无或两个后端口 (和型号有关)	COM1, COM2 (后端口 COM2 与前端口复用)
类型 (和型号有关):	
F 型	无
A 型	冗余 RS485

X 型	冗余 RS485 + 光纤 CAN, 用于输入 / 输出模块
M 型	电缆 CAN 口 (用于 输入 / 输出模块) + RS485 (ModBus RTU)
ST 连接器装置的光特性	波长: 1300nm
	光纤类型: 多模 62.5/125 μm 或 50/125 μm
波特率	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
缺省波特率	19200
可用协议	ModBus [®] RTU/IEC 103
典型距离	铜缆 1200m, 玻璃光纤 1000 m, 塑料光纤 50 m
耐压	2 kV
CAN 口:	
后端口	型号 M, X 中用作异步后端口的 CAN 口
类型	带 ST 连接器的多模玻璃光纤口
光纤波长	820 nm
光纤类型	多模 62.5/125 μm 或 50/125 μm
最大推荐长度	铜缆和玻璃光纤 300 m
耐压	2 kV
以太网口:	
后端口	COM3
类型 (和型号有关)	
B 型	10/100BaseTX
C 型	10/100BaseTX + 100Base FX
D 型	10/100BaseTX + 冗余 100BaseFX (物理媒介冗余)
E 型	冗余 10/100BaseTX
10/100BaseTX	RJ45 连接器
100BaseFX	ST 连接器
波长	1300 nm
光纤类型	多模 62.5/125 μm 或 50/125 μm
可用协议	ModBus [®] TCP/IP
	TCP/IP 和 UDP/IP
	IEC 61850
	Http, ftp, tftp (允许使用标准网络浏览器)
典型距离	玻璃光纤 1000 m, RJ45 电缆 300 m
对 ModBus 命令的响应时间	10 ms 典型值
耐压	2 kV
在 C 型和 D 型中, 10/100BaseTX 口通过内部跳线选择	

1.4.11 光特性

波长: 1300nm

连接器类型: ST 型光纤连接器

光纤类型: 多模 62.5/125 μm 或 50/125 μm

1.4.12 环境特性

运行温度	- 10°C - + 60°C
储存温度	- 40°C - + 80°C
湿度（无凝露）	95%
海拔	最高 2000 m
安装等级	II

1.4.13 包装和重量

净重	5 kg
毛重	6 kg
包装尺寸	30x40x40 cm

1.4.14 型式试验

种类	标准	级别	试验名称
EMC	GB/T 17626.10-1998	IV	阻尼振荡波抗扰度
	GB/T 14598.14-2010	IV	静电放电抗扰度
	GB/T 14598.9-2010	III	辐射抗扰度
	GB/T 14598.10-2012	A	电快速瞬变脉冲群抗扰度
	GB/T 14598.18-2012	IV	浪涌抗扰度
	GB/T 14598.17-2005	III	传导抗扰度
	GB/T 17626.8-2006	IV	工频磁场抗扰度
EMC 辐射能力	GB/T 14598.9-2010	III	电磁场辐射干扰试验
	GB/T 14598.16-2002	A	辐射和传导发射限值
产品	GB/T 14598.3-2006	2 kV	绝缘耐压
	GB/T 14598.3-2006	6kV.5J	冲击电压
	GB/T 14598.11-2011	100 ms	电压暂降、短时中断、电压变化
机械	GB/T 11287-2000	I	正弦振动
	GB/T 14537-1993	I	冲击和碰撞

可根据用户需求提供型式试验报告。

1.4.15 认证

ISO9001 质量体系认证。

1

本章简要说明 M650 系统的机械及电气安装。

2.1.1 外观及开孔尺寸

M650 外观及安装尺寸如下图所示。

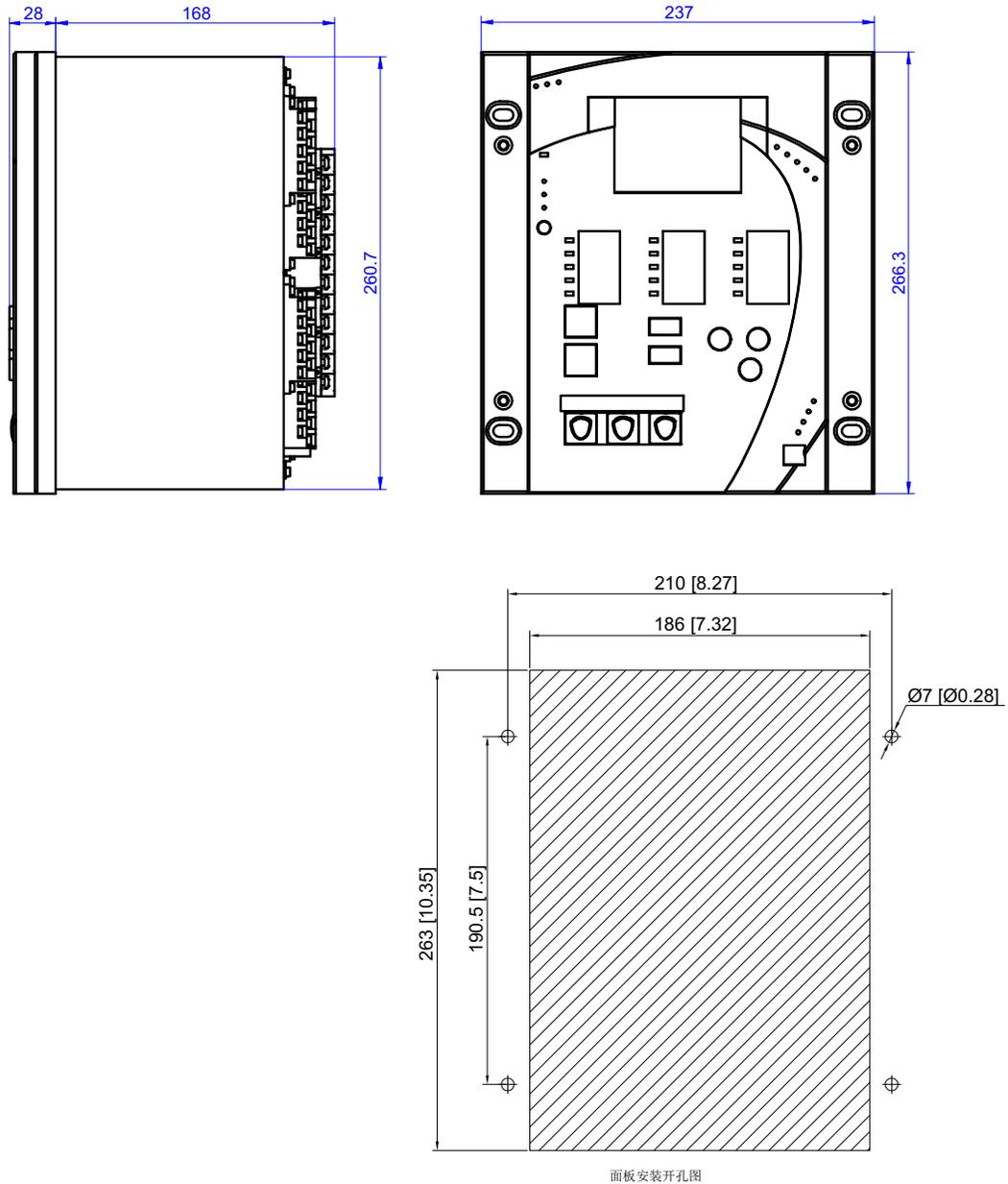


图 2: M650 外观及安装尺寸

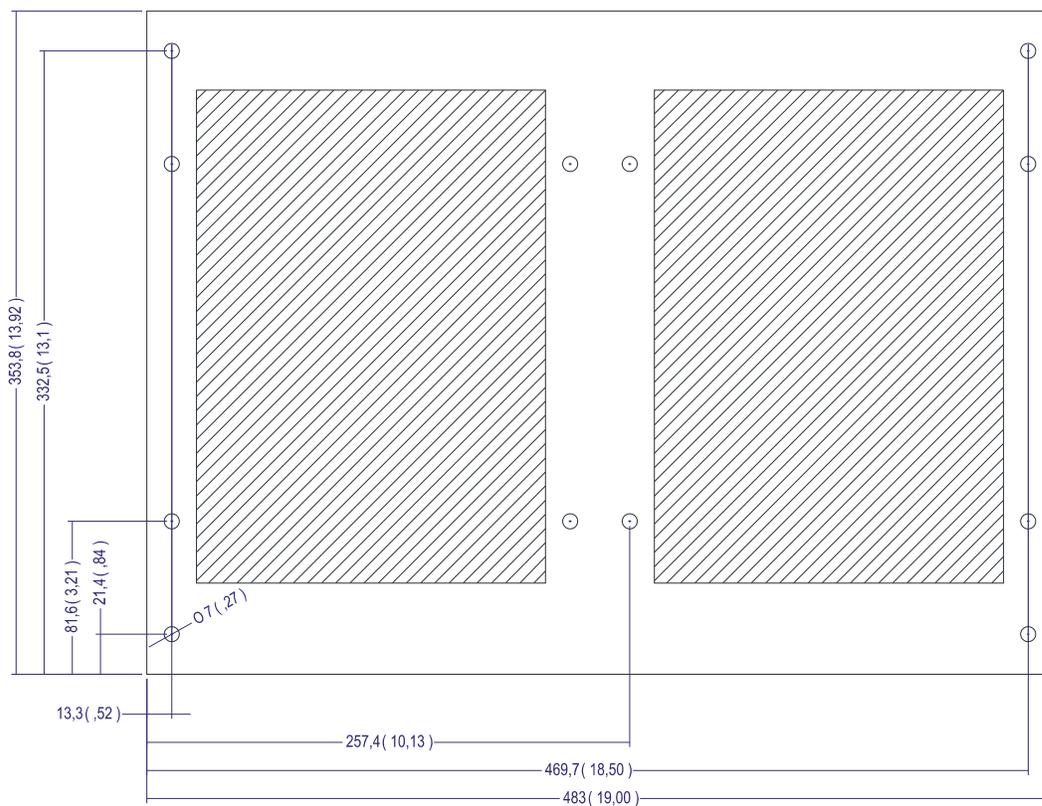
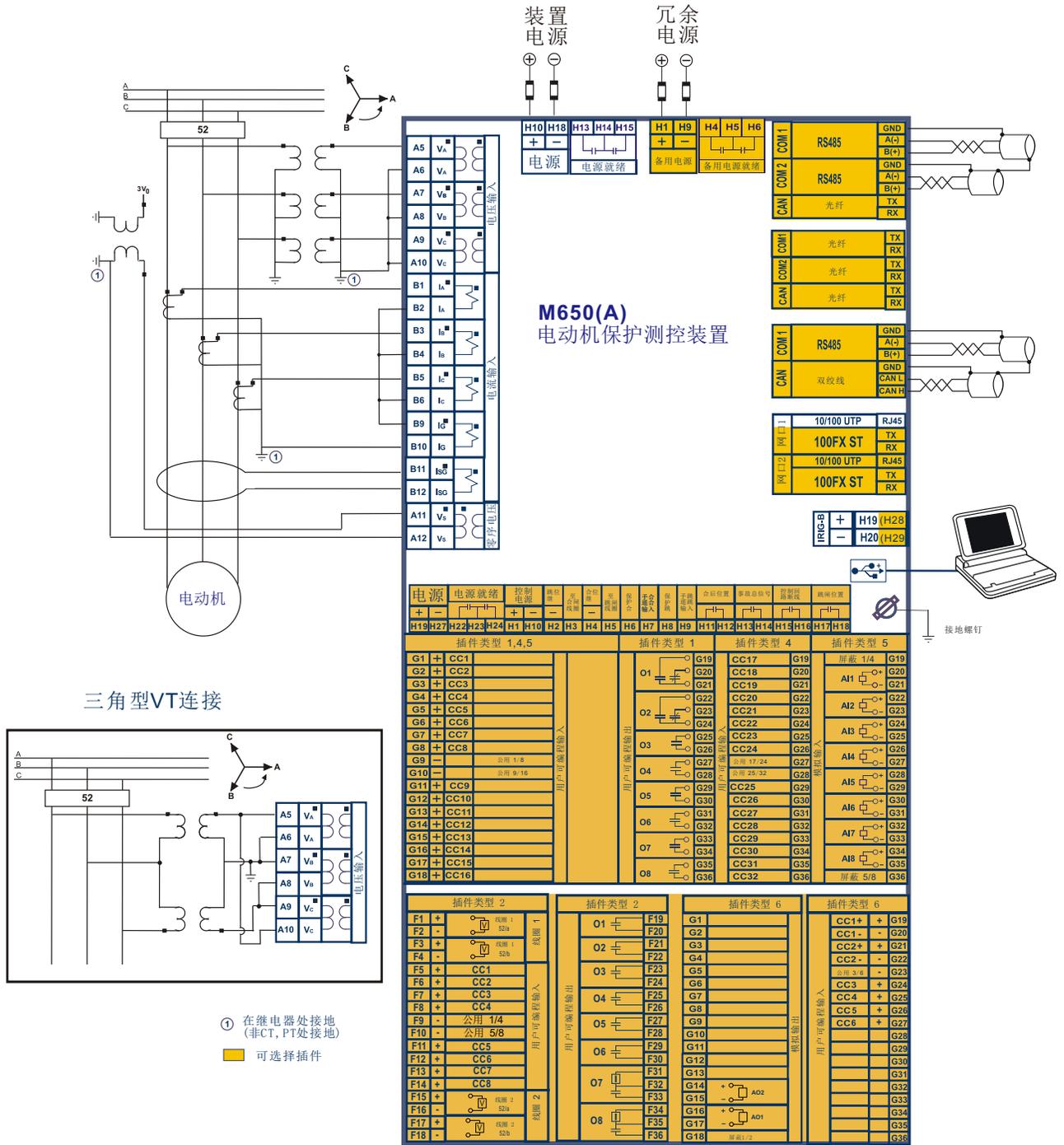
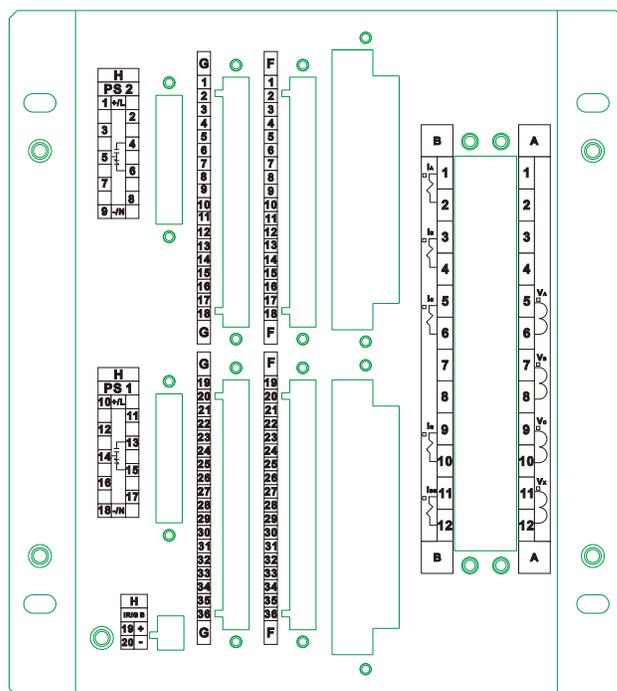


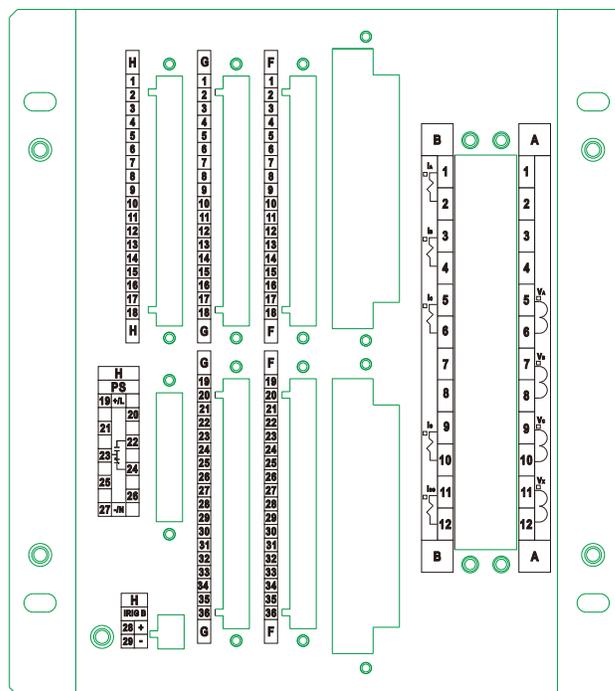
图 3: 安装 2 台 M650 的 19"8U 屏柜尺寸



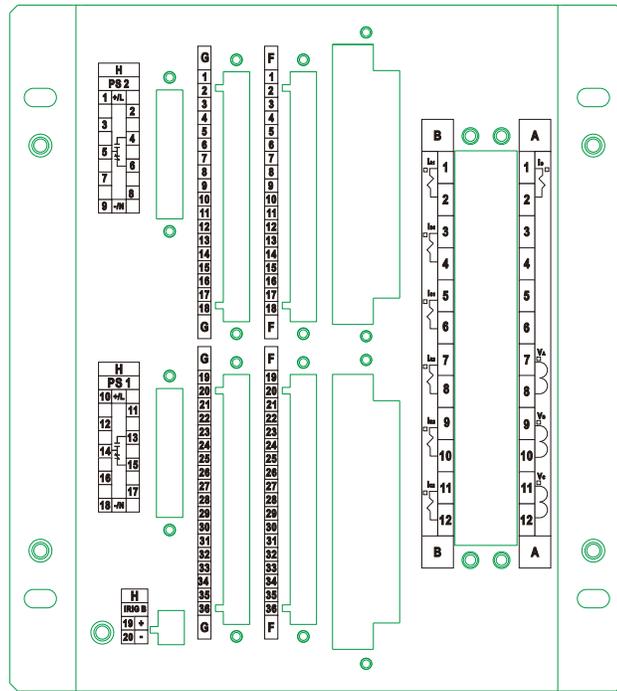
(a) M650A 基本版典型接线图



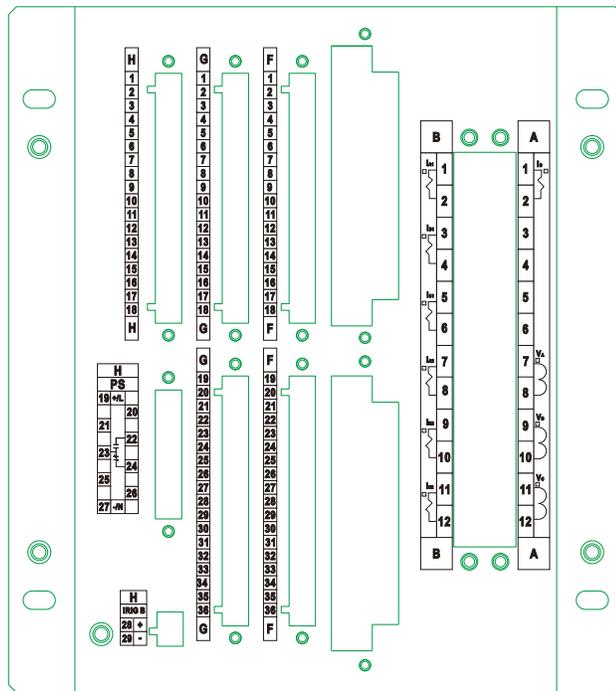
(a) M650A 基本版后端子图



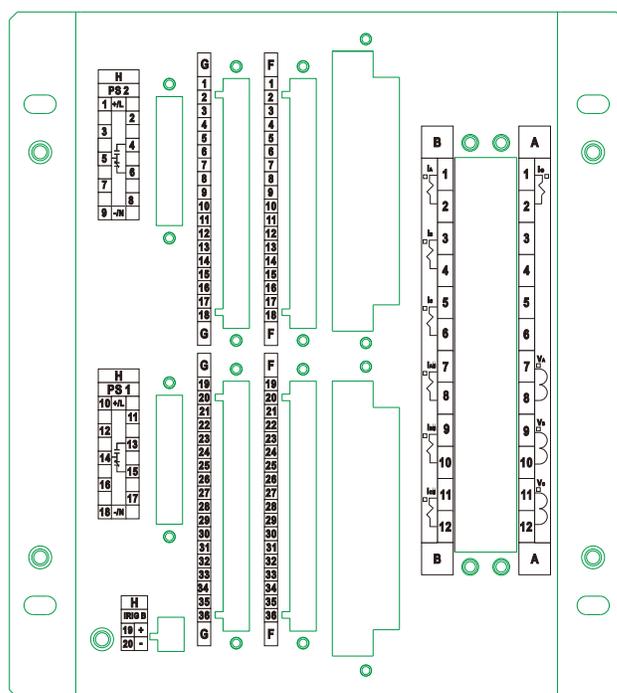
(b) M650A 基本版带操作回路后端子图



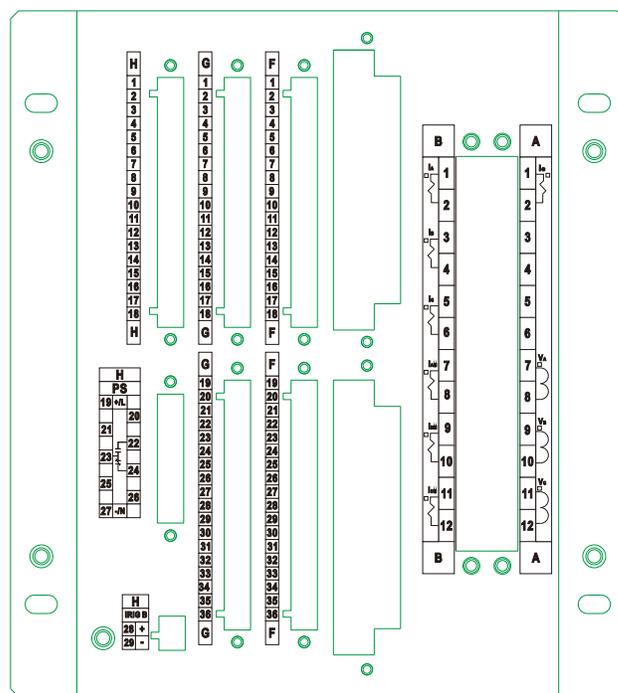
(c) M650D 差动版后端子图



(d) M650D 差动版带操作回路后端子图



(e) M650P 加强版后端子图



(f) M650P 加强版带操作回路后端子图

图 5: M650 后端子图

HMI 接口如下图所示。



图 6: HMI 接口

3.1.1 前 LED 指示灯

该装置配备 16 个 LED 指示灯：15 个用户可编程 LED 和一个不可配置、用于指示装置是否运行的 LED。

可编程 LED 分为三组，每组 LED 的颜色不同。第一组（红色）LED 指示灯由硬件自保持，通常配置为跳闸信号；第二组（黄色）和第三组（绿色）LED 指示灯为自复位类型，一旦触发条件被清除，这些指示灯立即复位，不过，它们也可通过 PLC 配置为自保持。

RESET 按键用来复位自保持的 LED 指示灯（当触发条件被清除后）。按下 RESET 按键，所有 LED 将会点亮，以此来确认它们的正确操作。释放 RESET 键，所有已编程存储的指示灯（如跳闸 LED）将被复位。按 RESET 上 / 下键可调节显示屏对比度。

还可通过 LED 复归输入信号（在**整定 > 继电器配置 > 控制元件 > 指示灯复归输入**菜单中配置）来复位自保持的 LED 指示灯，该信号默认设置为“LED 复归”操作。

3.1.2 按键

前面板提供 5 个用户可编程和 6 个非可配置按键，USB 端口用于连接至便携 PC。

3.1.2.1 按键

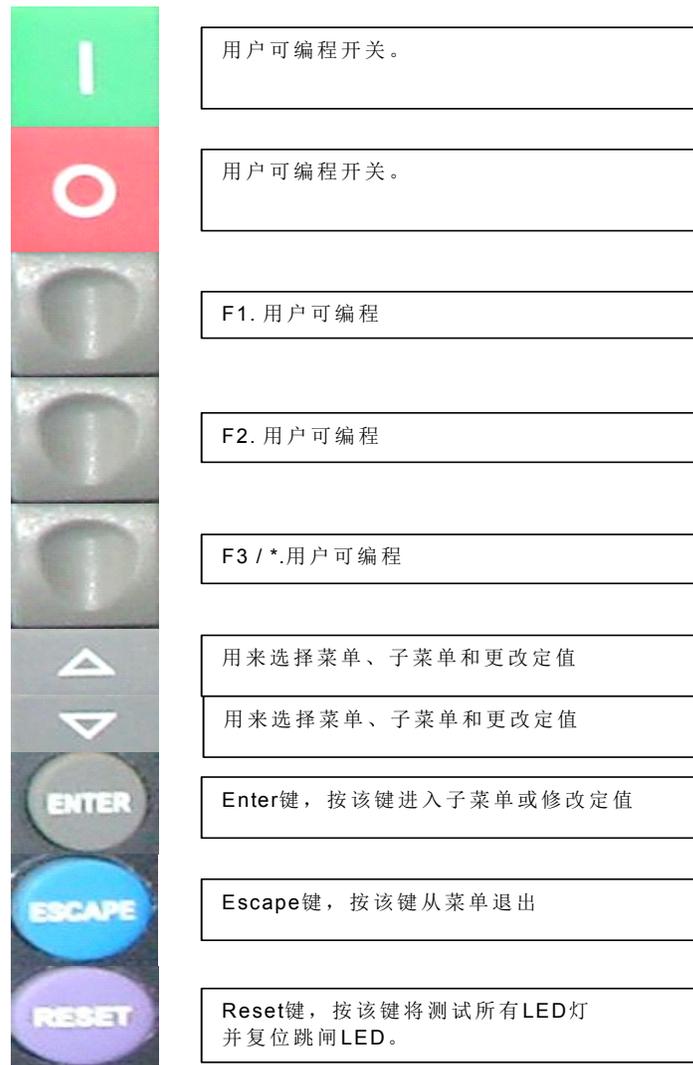
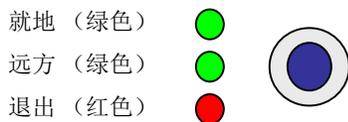


图 7：按键说明

3.1.2.2 就地 / 远方切换按键

就地 / 远方切换按键位于面板的左上方，有三种状态选择：就地、远方和退出。在就地模式下，可就地执行操作（HMI、前端口和背板 COM2 口）；在远方模式下，只能通过远方通讯（COM1 和 COM3 - 以太网）执行操作；在退出模式下，执行操作被闭锁。每种模式均由 LED 指示（见下图）：



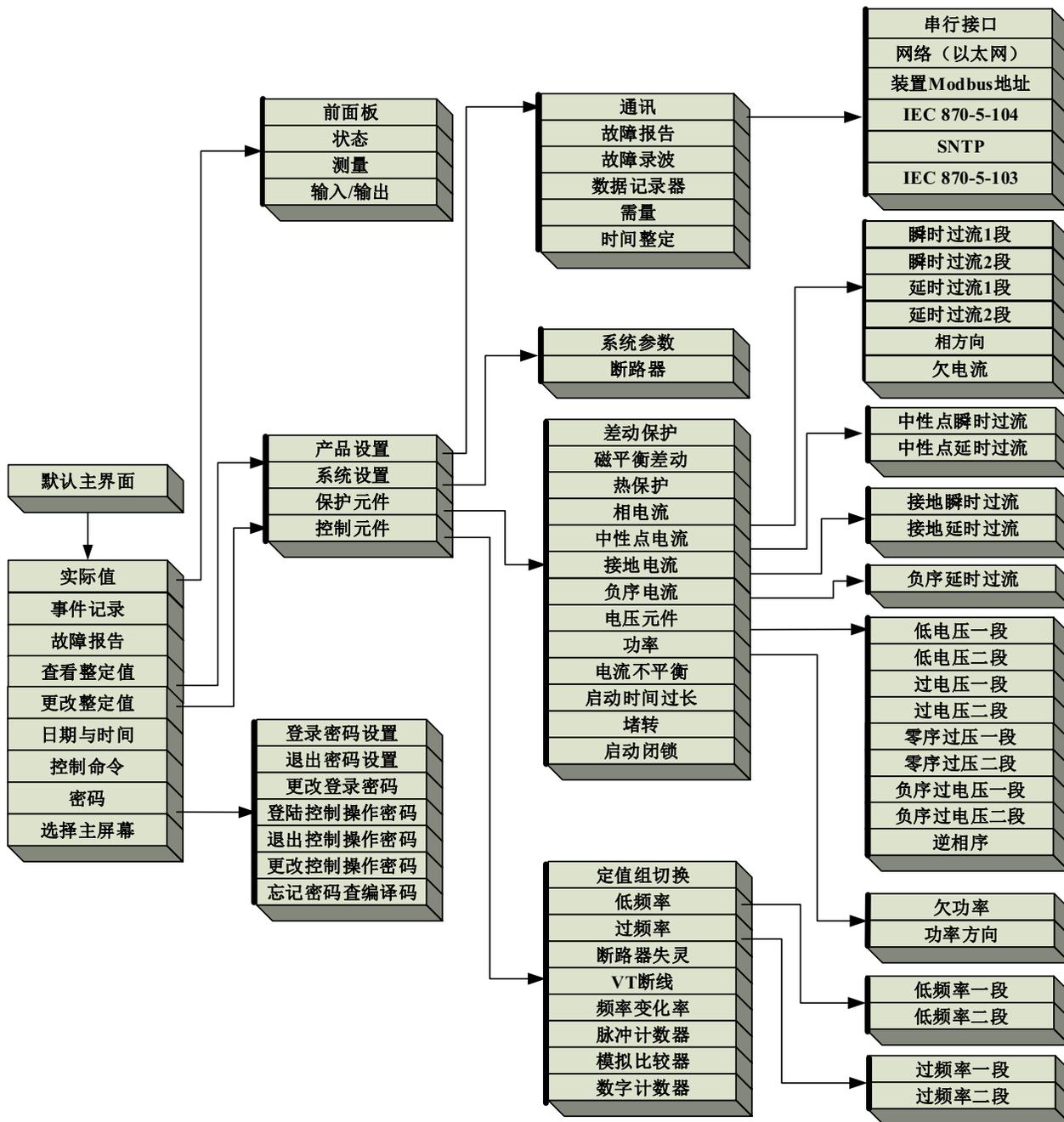
按下该按键可在就地模式和远方模式之间切换。若按下并保持几秒则可进入退出状态（切换顺序：就地 - 远方 - 退出）。还可通过可配置信号（在**整定 > 继电器配置 > 保护元件**菜单中设置）实现就地 - 远方 - 退出的顺序转换。

3.1.3.1 文本菜单导航

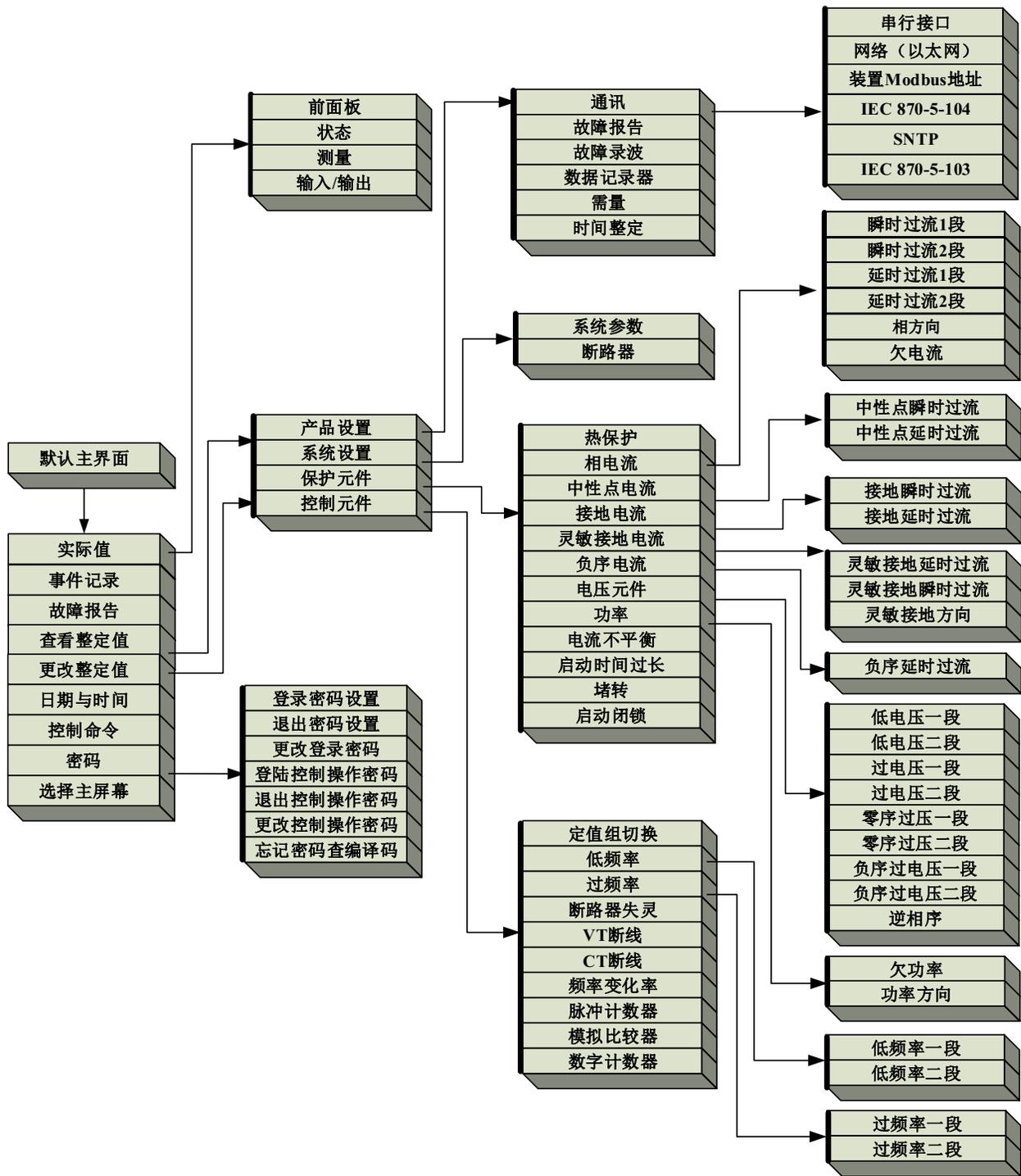
本装置配备文本菜单，可通过 HMI 查看实际值并更改定值。

主文本菜单导航示例见图 8。

3



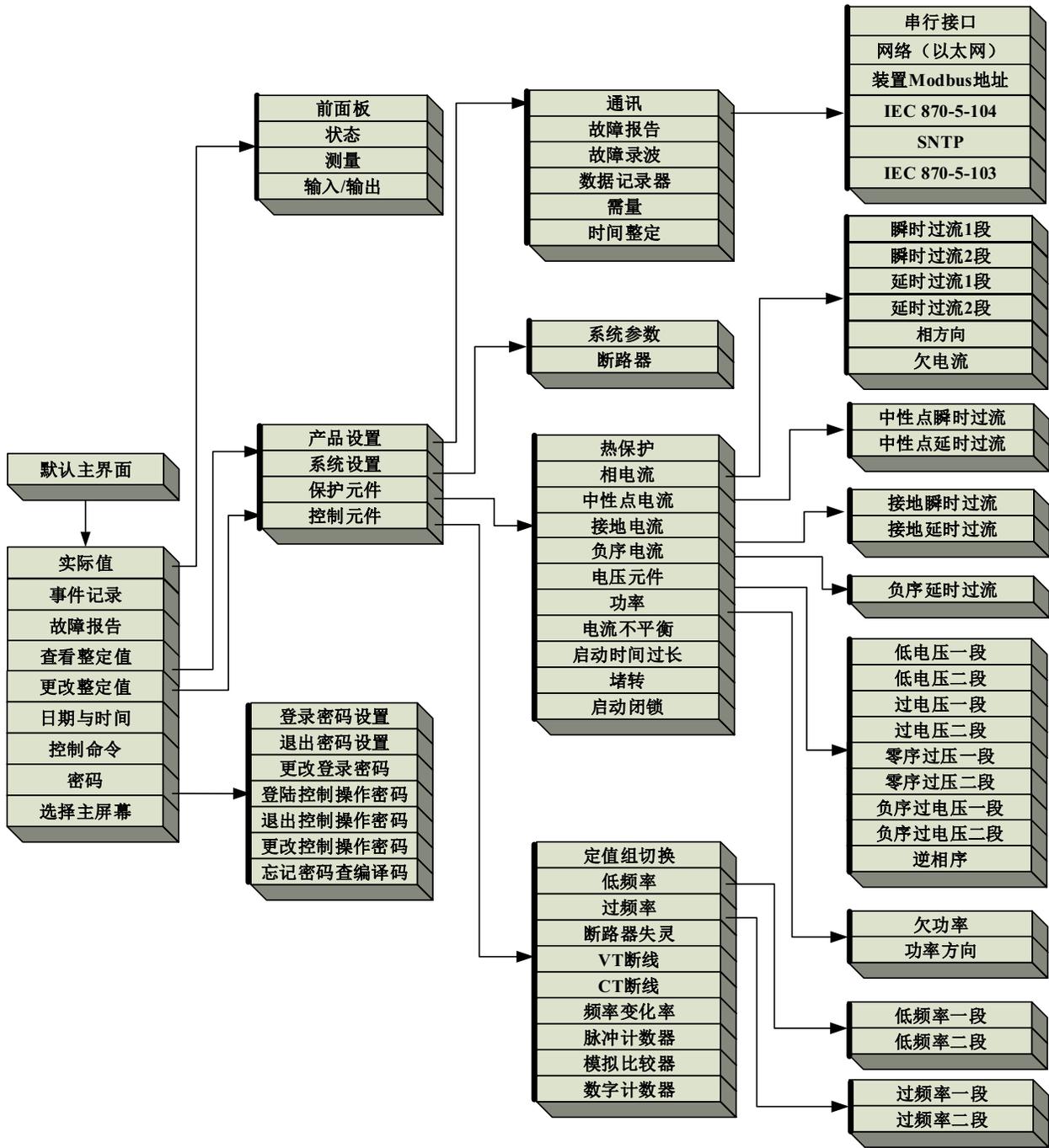
(a) M650D 差动版菜单



(b) M650A 基本版菜单

3

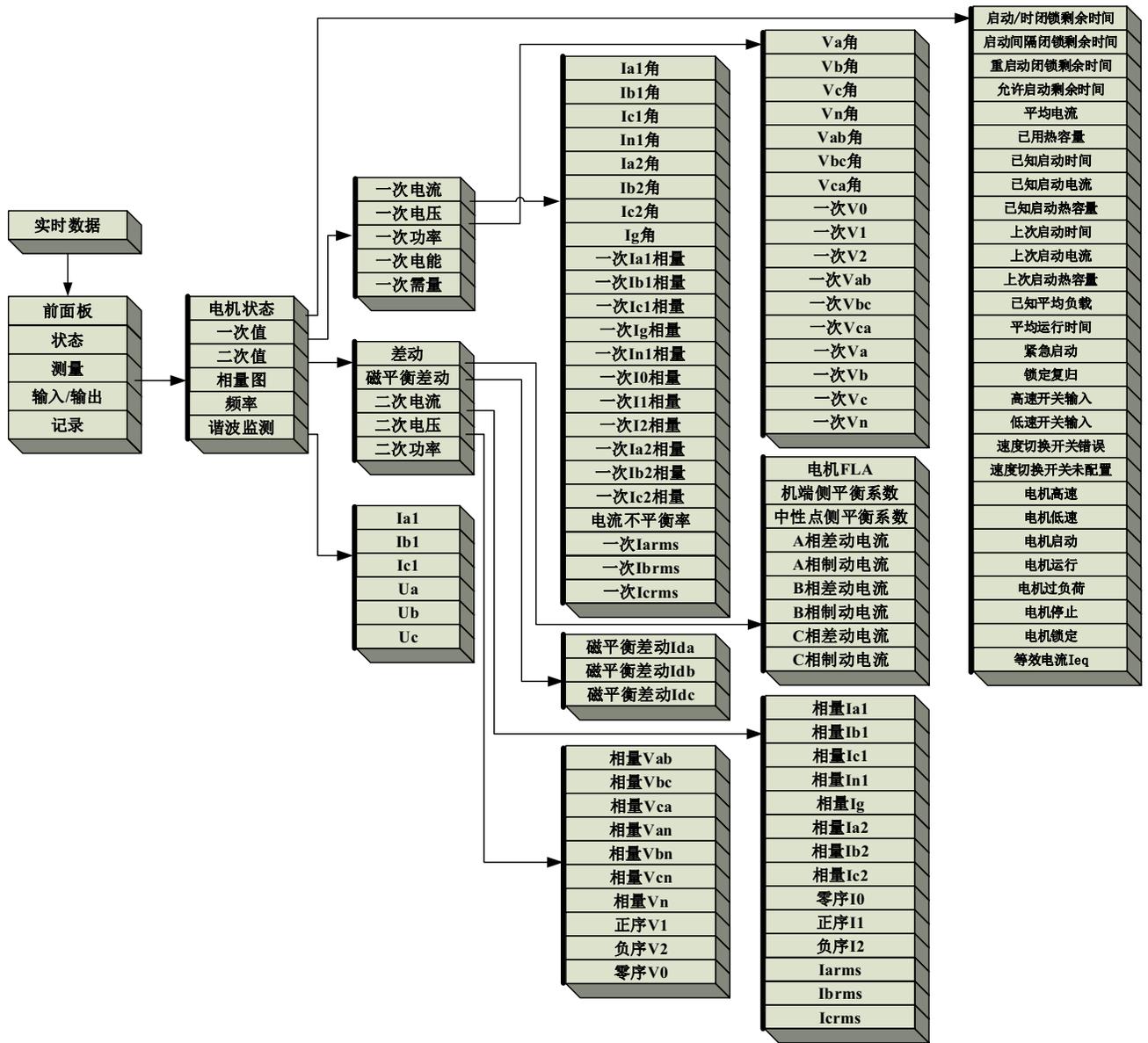
3



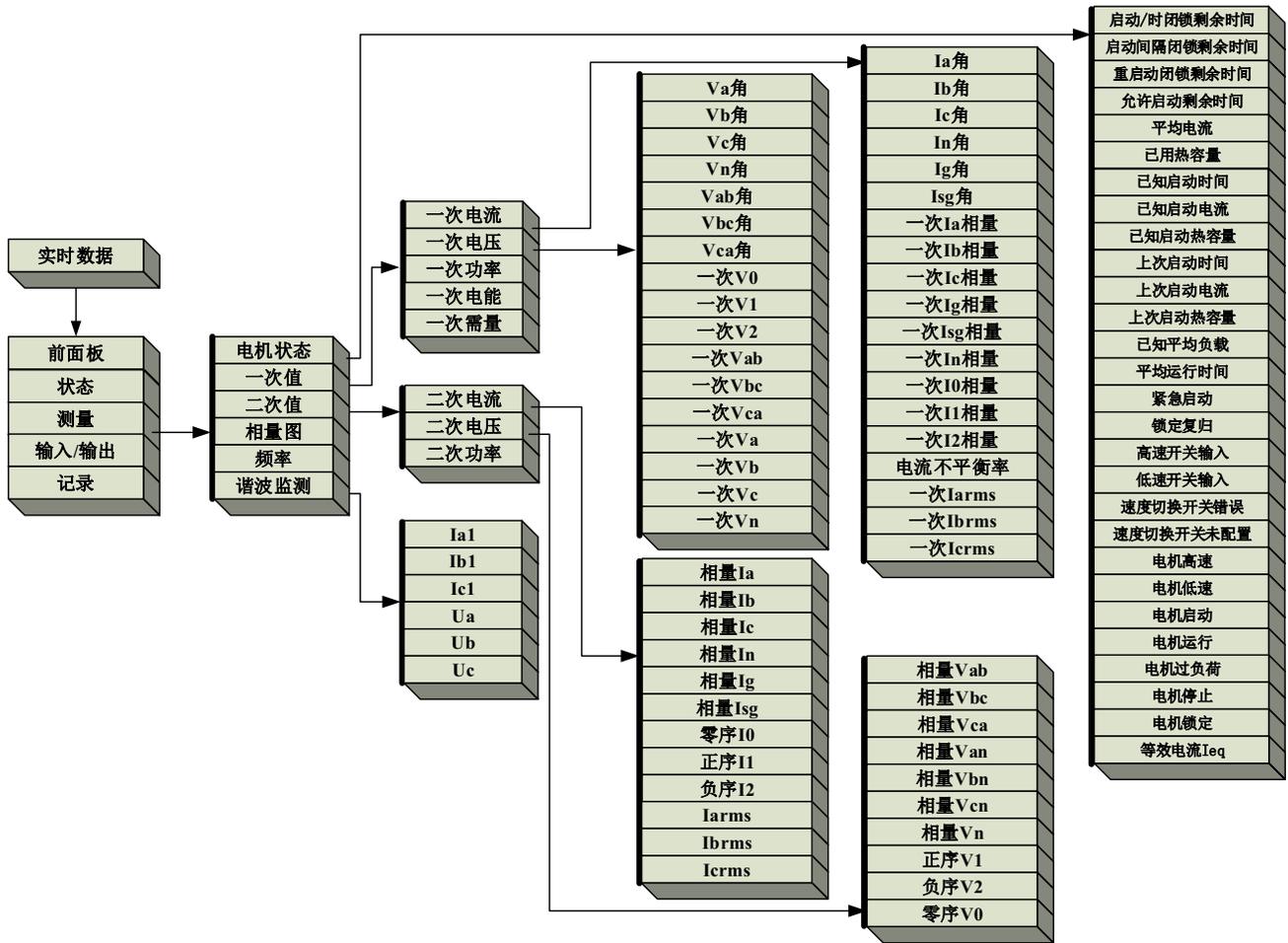
(c) M650P 加强版菜单

图 8: 主文本菜单导航

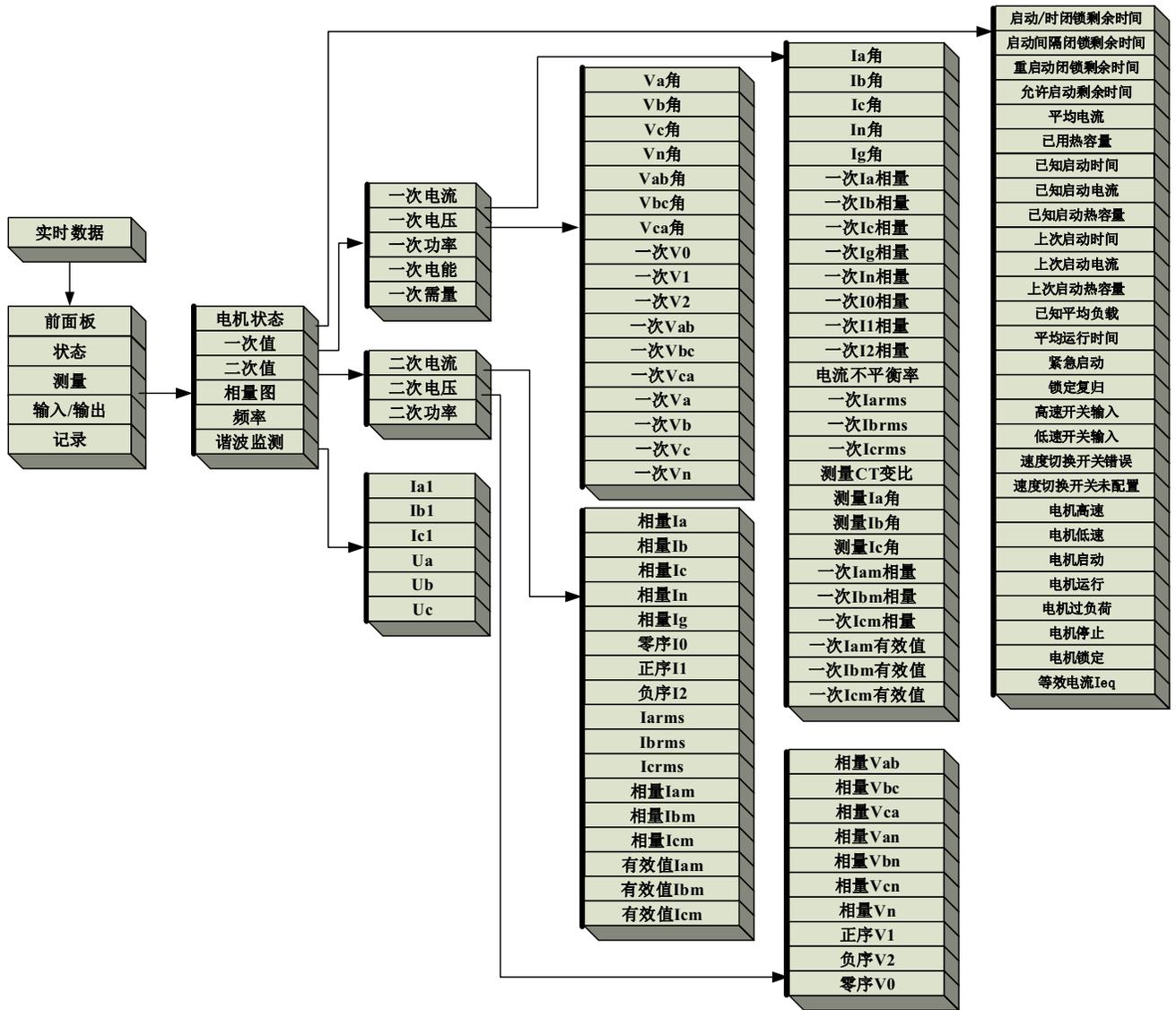
实际值菜单显示所有保护和控制元件的状态、测量、计数器、录波和事件等信息。



(a) M650D 差动版实际值



(b) M650A 基本版实际值



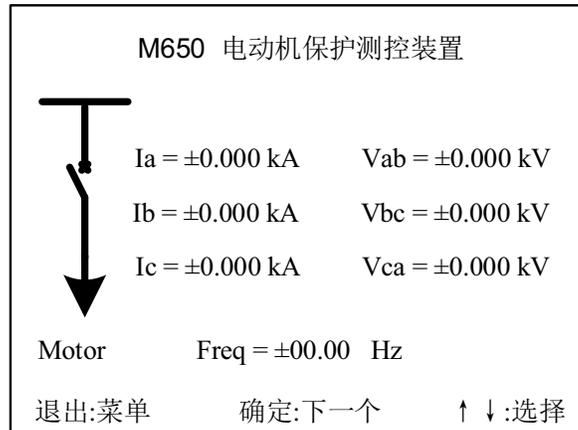
(c) M650P 加强版实际值

图 9: 实际值菜单

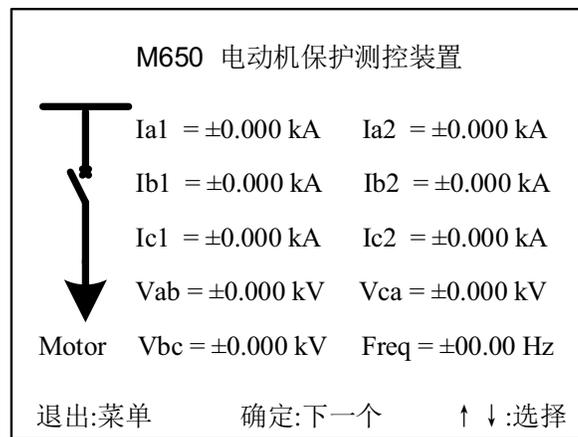
3

3.1.4 单线图

本装置默认主屏幕为单线图。单线图可通过 **energista 650** 配置工具在**整定 > 继电器配置 > HMI** 下配置。



(a) M650A 基本版单线图



(b) M650D 差动版单线图

图 10: 单线图

3.2.1 主页

M650 中的网络服务器可通过在 Windows explorer 下输入 <http://xxx.xxx.xxx.xxx> 来访问，xxx.xxx.xxx.xxx 为装置的 IP 地址，该地址必须在**整定 > 产品设置 > 通讯 > 以太网** 菜单下设置。

M650 网络服务器的主屏幕可显示装置的事件、告警、录波、故障报告、数据记录以及测量值。



图 11：网络服务器主屏幕

表 2: ENERVISTA 650 主菜单结构

M650D 差动版:

产品设置	通讯	串行接口
		网络 (以太网)
		ModBus
		IEC 870-5-104
		SNTP
		IEC 870-5-103
	自定义 ModBus 地址表	
	故障报告	
	故障录波	
	数据记录器	
	需量	
时间整定		
系统设置	系统参数	
	自定义曲线	
	断路器	
	断路器整定	
保护元件	开关	断路器维护
	相电流	瞬时过流一段
保护元件	相电流	瞬时过流二段
		延时过流一段
		延时过流二段
		相方向
		欠电流
		中性点电流
	接地电流	中性点瞬时过流
		接地延时过流
	负序电流	接地瞬时过流
		负序延时过流

电压元件	低电压一段	
	低电压二段	
	过电压一段	
	过电压二段	
	零序过压一段	
	零序过压二段	
	负序过电压一段	
	负序过电压二段	
	逆相序	
	功率	欠功率
		功率方向
	差动保护	
	热保护	
	电流不平衡	
启动闭锁		
磁平衡差动		
堵转		
启动时间过长		
控制元件	定值组切换	
	低频率一段	
	低频率二段	
	过频率一段	
	过频率二段	
	断路器失灵	
	VT 断线	
	频率变化率	
	脉冲计数器	
	模拟比较器	
	数字计数器	
输入 / 输出	接点 I/O	
	插件 F	
	插件 G	
	插件 H	
	插件 J	
	远方通讯	
继电器配置		
逻辑配置		

M650A 基本版:

产品设置	通讯	串行接口	
		网络（以太网）	
		ModBus	
		IEC 870-5-104	
		SNTP	
		IEC 870-5-103	
	自定义 ModBus 地址表		
	故障报告		
	故障录波		
	数据记录器		
	需量		
时间整定			
系统设置	系统参数		
		自定义曲线	
		断路器	
	断路器整定		
断路器维护			
开关			
保护元件	相电流	瞬时过流一段	
		瞬时过流二段	
		延时过流一段	
		延时过流二段	
		相方向	
		欠电流	
		中性点电流	
	中性点延时过流		
	中性点瞬时过流		
	接地电流	接地延时过流	
		接地瞬时过流	
	灵敏接地电流	灵敏接地延时过流	
		灵敏接地瞬时过流	
		灵敏接地方向	
	负序电流	负序延时过流	

	电压元件	低电压一段
		低电压二段
		过电压一段
		过电压二段
		零序过压一段
		零序过压二段
		负序过电压一段
		负序过电压二段
		逆相序
	功率	欠功率
		功率方向
	热保护	
	电流不平衡	
	启动闭锁	
	堵转	
	启动时间过长	
控制元件		
	定值组切换	
	低频率一段	
	低频率二段	
	过频率一段	
	过频率二段	
	断路器失灵	
	VT 断线	
	CT 断线	
	频率变化率	
	脉冲计数器	
模拟比较器		
数字计数器		
输入 / 输出		
	接点 I/O	
		插件 F
		插件 G
		插件 H
		插件 J
	远方通讯	
继电器配置		
逻辑配置		

M650P 加强版:

产品设置	通讯	串行接口
		网络（以太网）
		ModBus
		IEC 870-5-104
		SNTP
		IEC 870-5-103
		自定义 ModBus 地址表
	故障报告	
	故障录波	
	数据记录器	
	需量	
	时间整定	
	系统设置	系统参数
断路器		
断路器整定		
开关		断路器维护
保护元件	相电流	瞬时过流一段
		瞬时过流二段
		延时过流一段
		延时过流二段
		相方向
		欠电流
		中性点电流
	中性点延时过流	中性点瞬时过流
	接地电流	接地延时过流
		接地瞬时过流
		负序延时过流

	电压元件	低电压一段
		低电压二段
		过电压一段
		过电压二段
		零序过压一段
		零序过压二段
		负序过电压一段
		负序过电压二段
		逆相序
	功率	欠功率
		功率方向
	热保护	
	电流不平衡	
	启动闭锁	
	堵转	
	启动时间过长	
控制元件		
	定值组切换	
	低频率一段	
	低频率二段	
	过频率一段	
	过频率二段	
	断路器失灵	
	VT 断线	
	CT 断线	
	频率变化率	
	脉冲计数器	
模拟比较器		
数字计数器		
输入 / 输出		
	接点 I/O	
		插件 F
		插件 G
		插件 H
		插件 J
	远方通讯	
继电器配置		
逻辑配置		

4.2.1.1 串行接口

COM1 和 COM2 串口通讯的波特率及奇偶校验设置见下表。

表 3：串口定值

产品设置 > 通讯 > 串行接口			
名称	默认值	步长	范围
COM1 波特率	19200	N/A	[300 : 115200]
COM2 波特率	19200	N/A	[300: 115200]
COM1 奇偶校验	无	N/A	[无：奇校验：偶校验]
COM2 奇偶校验	无	N/A	[无：奇校验：偶校验]

4.2.1.2 以太网

COM3 的以太网通讯参数设置见下表，可使用两个不同的以太网地址。以太网端口使用的 ModBus 从站地址在 COM2 中设置。

表 4：以太网定值

产品设置 > 通讯 > 网络（以太网） 网络（以太网）1 > 网络（以太网）2			
名称	默认值	步长	范围
IP 地址 Oct1	0	N/A	[0: 255]
IP 地址 Oct2	0	N/A	[0: 255]
IP 地址 Oct3	0	N/A	[0: 255]
IP 地址 Oct4	0	N/A	[0: 255]
网络掩码 Oct1	0	N/A	[0: 255]
网络掩码 Oct2	0	N/A	[0: 255]
网络掩码 Oct3	0	N/A	[0: 255]
网络掩码 Oct4	0	N/A	[0: 255]
网关 IP Oct1	0	N/A	[0: 255]
网关 IP Oct2	0	N/A	[0: 255]
网关 IP Oct3	0	N/A	[0: 255]
网关 IP Oct4	0	N/A	[0: 255]

4.2.1.3 MODBUS

串口和以太网通讯的 ModBus 从站地址设置和 Modbus TCP/IP 的 Modbus 端口号设置见下表。

表 5：MODBUS 定值

产品设置 > 通讯 > MODBUS			
名称	默认值	步长	范围
ModBus 地址 COM1	254	1	[1 : 255]
ModBus 地址 COM2	254	1	[1 : 255]
ModBus 端口号	502	1	[0 : 65535]

4.2.1.4 IEC 60870-5-104

IEC 60870-5-104 协议的通讯设置见下表。

表 6: IEC 60870-5-104 协议定值

产品设置 > 通讯 > IEC 870-5-104			
名称	默认值	步长	范围
功能	退出	N/A	[退出 - 启用]
TCP 接口	2404	1	[1 : 65535]
ASDU 公共地址	255	1	[0 : 65535]
循环测量周期	0	1	[0 : 3600]
同期事件	0	1	[0 : 3600]

4.2.1.5 SNTP

SNTP 设置见下表。

表 7: SNTP 协议定值

产品设置 > 通讯 > SNTP			
名称	默认值	步长	范围
功能	退出	N/A	[退出 - 单播 - 广播 - Anycast]
UDP 口	123	1	[1 : 65535]
服务器 IP Oct1	0	1	[0 : 255]
服务器 IP Oct2	0	1	[0 : 255]
服务器 IP Oct3	0	1	[0 : 255]
服务器 IP Oct4	0	1	[0 : 255]

M650 支持 SNTP，可从以太网获得时钟时间，作为 SNTP 的客户端从 SNTP/NTP 服务器接收时间信息。SNTP 支持三种模式：单播、广播和 anycast。

若启用 SNTP 的同时 IRIG-B 连接到 M650，只要 IRIG-B 信号有效，则由它为 M650 提供时钟源。若 IRIG-B 信号源被移除，则从 SNTP 服务器获取时间。

若使用 SNTP 单播模式，服务器 IP Oct1...4 必须设置为 SNTP/NTP 服务器 IP 地址。在该模式下，M650 从 SNTP/NTP 服务器获得时间。由于会接收到多个时间信息并进行平均，通常需要 40 秒与 SNTP/NTP 服务器完成时钟同步。若服务器离线，M650 最长等待一分钟后指示 SNTP 出错。

若使用 SNTP 广播模式，M650 可监听 SNTP 广播消息，若等待 18 分钟（1024 秒）仍未收到广播消息，则指示 SNTP 出错。

anycast 模式应用于客户端预先不知道服务器 IP 地址的情况。M650 向一个多播组地址（由 IANA 根据 NTP 协议分配）发送请求，该地址为 224.0.1.1，一组 SNTP/NTP 服务器对其监听，一旦接收到请求，这些服务器向客户端做出单播响应。M650 与第一个做出响应的服务器绑定，继而工作在单播模式，对随后其它服务器的单播响应不予理睬。工作在单播模式时，选定的服务器可离线，此时 M650 需要 1 分钟左右指示 SNTP 出错，同时切换回 anycast 模式、重新搜索可用的其它时间服务器。anycast 模式下，M650 会在指示 SNTP 出错之前的 5 分钟内持续发送多播消息。

4.2.1.6 IEC 60870-5-103

IEC 60870-5-103 协议的通讯设置见下表。

产品设置 > 通讯 > IEC 60870-5-103			
名称	默认值	步长	范围
通讯端口	无	N/A	[无 - COM1]
从机号	1	1	[0 : 254]
同步超时	30 分钟	1	[0 : 1440]

若通讯端口设置为“无”，IEC 60870-5-103 协议不可用。

若计时超过同步超时时间还未收到同步消息，时间标记信息中的时间标识将设置为无效。

4.2.2 自定义 MODBUS 地址表

用户自定义 ModBus 地址表设置如下。

表 8：自定义 MODBUS 地址表

产品设置 > 自定义 MODBUS 地址表			
名称	默认值	步长	范围
地址 00	0000		[0000 : FFFF]
地址 01	0000		[0000 : FFFF]
...			...
地址 254	0000		[0000 : FFFF]
地址 255	0000		[0000 : FFFF]

4.2.3 故障报告

4.2.3.1 概述

故障报告定义了故障类型（三相、相间、相地）和故障发生时间等信息。故障报告触发信号通过**整定 > 继电器配置 > 保护元件**进行设置。

装置可存储最近 10 次故障报告，用户可通过 **Enervista 650** 配置工具或网页版进行查看。每个故障报告包含如下信息：

- 故障发生日期和时间
- 故障前的一次电流、电压值
- 故障时的一次电流、电压值
- 故障类型

此外，装置还可支持前面板显示故障告警消息。

4.2.3.2 故障报告定值

表 9：故障报告定值

定值 > 产品设置 > 故障报告			
名称	默认值	步长	范围
功能	退出	N/A	[退出 - 启用]
正序模	3.00	0.01 Ohm	[0.01 : 250.00]
正序角	75°	1°	[25 : 90]
零序模	9.00	0.01 Ohm	[0.01 : 750.00]
零序角	75°	1°	[25 : 90]
在屏幕上显示故障	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.2.3.3 故障报告状态

故障报告状态（实际值 > 状态 > 记录 > 故障报告）如表 10 所示。

表 10: 故障报告状态

故障报告状态
故障报告触发
清除故障报告
故障日期
故障类型
故障报告数

4.2.4 故障录波

4.2.4.1 概述

M650 为故障录波功能提供 1MB 的非易失存储容量。

录波记录以 COMTRADE 标准格式存储。当发生故障时，录波模块可存储 9 路模拟通道和 16 路可编程数字信号的实时数据。

4.2.4.2 故障录波定值

录波定值（整定 > 产品设置 > 故障录波）的说明见表 11。

表 11: 故障录波定值

整定 > 产品设置 > 故障录波			
名称	默认值	步长	范围
功能	启用	N/A	[退出 - 启用]
故障前时间	30	1%	[5 : 95]
采样 / 周波	64	N/A	[4 - 8 - 16 - 32 - 64]
最大录波数	4	1 oscillo	[1 : 20]
自动覆盖	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.2.5 数据记录器

M650 数据记录器最多可存储 16 路模拟通道的数据，采样频率可整定。数据记录器的内存为 64 KB。每个通道需要两个字节。数据存储的时长由所选的通道数和采样频率决定。

4.2.5.1 数据记录器设置

可通过菜单整定 > 产品设置 > 数据记录器设置数据记录器。

表 12: 数据记录器

整定 > 产品设置 > 数据记录器			
名称	缺省值	步长	范围
功能	退出	N/A	[退出 - 启用]
数据记录速率	1 秒	N/A	[1 秒, 5 分钟, 10 分钟, 15 分钟, 20 分钟, 30 分钟, 60 分钟]
数据记录通道 X	无	N/A	[1 - 16]

4.2.6.1 测量值和定值

根据以下参数计算需量：

表 13：一次需量值

一次需量值	步长
IA (RMS)	KA
IB (RMS)	KA
IC (RMS)	KA
IG (RMS)	KA
ISG (RMS)	KA
I2	KA
三相有功功率 (W)	MW
三相无功功率 (VAR)	MVA _r
视在功率 (VA)	MVA

可选择不同的方法计算电流和功率需量值。

需要计算的需量值如下：

表 14：需量计算值

需量计算值		
需量 IA	需量 IG	需量有功功率
需量 IA 最大值	需量 IG 最大值	需量有功功率最大值
需量 IA 日期	需量 IG 日期	需量有功功率日期
需量 IB	需量 ISG	需量无功功率
需量 IB 最大值	需量 ISG 最大值	需量无功功率最大值
需量 IB 日期	需量 ISG 日期	需量无功功率日期
需量 IC	需量 I2	需量视在功率
需量 IC 最大值	需量 I2 最大值	需量视在功率最大值
需量 IC 日期	需量 I2 日期	需量视在功率日期

需量整定值如下：

表 15：需量定值

定值 > 产品设置 > 需量			
名称	默认值	步长	范围
功能	退出	N/A	[退出 - 启用]
电流需量方法	热指数	N/A	[热指数：闭锁区间：滚动需量]
功率需量方法	热指数	N/A	[热指数：闭锁区间：滚动需量]
需量时限	5 分钟	N/A	[5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 60]
触发器启用	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.2.6.2 需量计算方法

a) 计算方法 1: 热指数

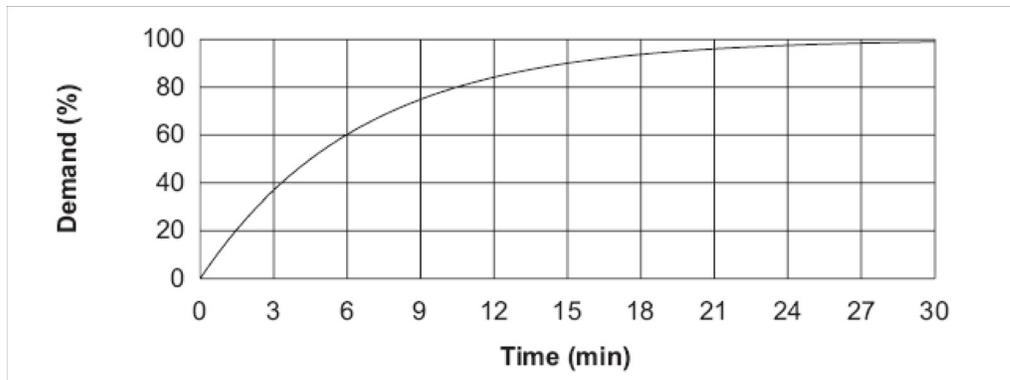
热指数计算公式如下:

$$d(t) = D(1 - e^{-Kt})$$

其中:

D	输入信号 (常量)
d(t)	在 t 时段内 (单位: 分钟), 输入值对应的需量值
K	2.3/ 90% 热响应时间

下图示出 15 分钟内需量值达到 90% 的特征曲线。



b) 计算方法 2: 滚动需量

该方法计算需量时限内的线性平均值。每秒计算一次。该计算值每分钟更新一次。

c) 计算方法 3: 区间式

该方法和“触发器启用”的设置有关。

计算方法 3a: 区间式 – 触发设置为退出

本方法计算需量时限内所有测量值的平均值, 每秒计算一次。间隔时间期满后, 将给出对应的需量值。

例如, 若时间间隔设置为 15 分钟, 需量值每 15 分钟更新一次 (尽管每秒计算一次)。

计算方法 3b: 区间式 – 触发设置为投入

本方法计算两个连续的输入脉冲之间所有测量值的平均值, 每秒计算一次。该输入配置用作“需量触发”。

若两次脉冲间隔超过 60 分钟, 装置将计算最近一次脉冲之后 60 分钟的需量值, 随后更新测量值并开始新的需量计数。

图 12 示出不同整定值对应的需量计算的特征曲线。

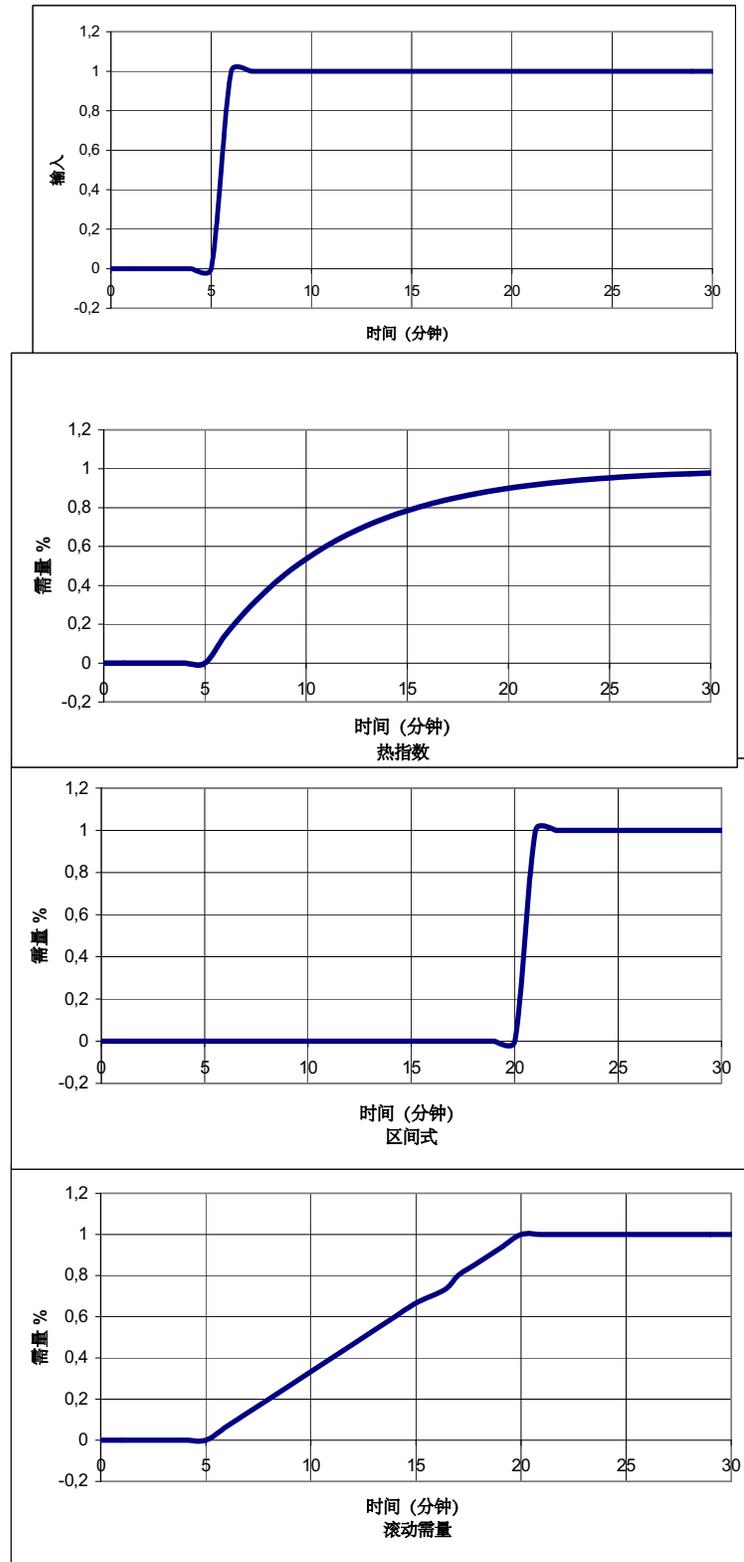


图 12: 不同需量计算方法的结果

4.2.7 时间整定

可使用 SNTP 或 IRIG-B 协议，通过**时间整定**将日期和时间与已知时间同步。

本章节介绍系统设置的相关定值。

4.3.1 系统参数

系统参数的整定值如下表所示，可通过 Enervista 650 配置工具在**整定 > 系统设置 > 系统参数**菜单下访问这些定值。

表 16：基本版 M650A 系统参数

整定 > 系统设置 > 系统参数			
名称	缺省值	步长	范围
电机额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
电机额定电压	3000 V	1 V	[100 : 20000]
FLA	1.00 A	0.01 A	[0.10 : 15.00]
相 VT 变比	1.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
相 VT 连接方式	星形	N/A	[星形 - 三角形]
VT 二次额定线电压	100.0 V	0.1 V	[1.0 : 250.0]
机端电流 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
灵敏接地 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
接地 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
双速使能	退出	N/A	[退出 - 启用]
高速 FLA	1.00	0.01	[0.10 : 15.00]
高速额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
机端电流高速 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
高速灵敏接地 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
高速接地 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
系统额定频率	50 Hz	N/A	[50 - 60]
相序	ABC	N/A	[ABC - ACB]
频率基准相	Va/Vab	N/A	[Va/Vab-Vb/Vbc-Vc/Vca]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]
继电器退出运行	退出	N/A	[退出 - 启用]

表 17：差动版 M650D 系统参数

整定 > 系统设置 > 系统参数			
名称	缺省值	步长	范围
电机额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
电机额定电压	3000 V	1 V	[100 : 20000]
FLA	1.00 A	0.01 A	[0.10 : 15.00]
相 VT 变比	1.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
相 VT 连接方式	星形	N/A	[星形 - 三角形]
VT 二次额定线电压	100.0 V	0.1 V	[1.0 : 250.0]
机端电流 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
中性点电流 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
接地 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
双速使能	退出	N/A	[退出 - 启用]
高速 FLA	1.00	0.01	[0.10 : 15.00]
高速额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
机端电流高速 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
中性点电流高速 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]

高速接地 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
系统额定频率	50 Hz	N/A	[50 - 60]
相序	ABC	N/A	[ABC - ACB]
频率基准相	Va/Vab	N/A	[Va/Vab-Vb/Vbc-Vc/Vca]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]
继电器退出运行	退出	N/A	[退出 - 启用]

表 18: 加强版 M650P 系统参数

整定 > 系统设置 > 系统参数			
名称	缺省值	步长	范围
电机额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
电机额定电压	3000 V	1 V	[100 : 20000]
FLA	1.00 A	0.01 A	[0.10 : 15.00]
相 VT 变比	1.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
相 VT 连接方式	星形	N/A	[星形 - 三角形]
VT 二次额定线电压	100.0 V	0.1 V	[1.0 : 250.0]
机端电流 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
接地 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
双速使能	退出	N/A	[退出 - 启用]
高速 FLA	1.00	0.01	[0.10 : 15.00]
高速额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
机端电流高速 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
高速接地 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
系统额定频率	50 Hz	N/A	[50 - 60]
相序	ABC	N/A	[ABC - ACB]
频率基准相	Va/Vab	N/A	[Va/Vab-Vb/Vbc-Vc/Vca]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]
继电器退出运行	退出	N/A	[退出 - 启用]
测量 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
测量 CT 二次值	1 A	N/A	[1A - 5A]
高速测量 CT 变比	1000.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
高速测量 CT 二次值	1 A	N/A	[1A - 5A]

系统的额定电压用作相过电流元件的电压制动功能的参考值。

频率基准相选择测量系统频率的电压通道。

当保护采用磁平衡 CT 时，其变比采用定值“中性点电流 CT 变比”和“中性点电流高速 CT 变比”的值。



在整定保护之前须先整定系统定值，若更改系统定值，则所有保护需重新投退一遍。

4.3.1.1 退出运行

用户只能在系统参数中配置“退出运行”定值，同时只能通过**继电器配置 > 控制元件**菜单配置“退出运行状态”。这些状态可冻结 PLC 逻辑以及输入 / 输出插件的任何更改。因此，当输入或输出有任何变化时，装置在重置为就绪模式之前不会显示这种变化。退出运行定值默认设置为启用，因此，起动装置工作时，需将该定值改为退出。

这些状态的流程图如下图所示：

继电器退出运行流程图

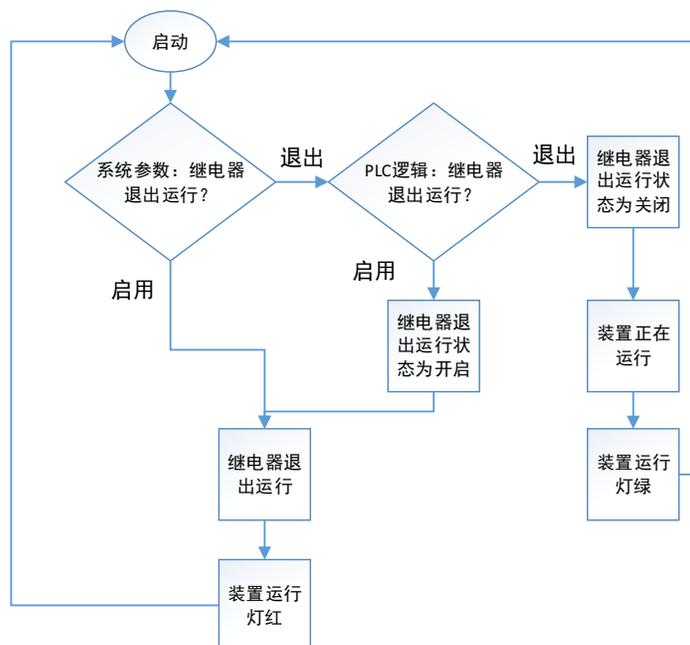


图 13：继电器退出运行流程图

4.3.2 用户自定义曲线

M650 装置包含 4 条用户自定义曲线 A、B、C 和 D。用户可在 Enervista 650 配置工具的**整定 > 系统设置 > 自定义曲线**菜单下定义构成这些曲线的点。用户自定义曲线可作为动作曲线用于装置的所有延时过流功能。

在自定义曲线菜单中，共有 120 个点来定义用户曲线。40 个点用于复位（0 到 0.98 倍的启动值），80 个点用于动作（1.03 到 20 倍的启动值）。

表 19: 自定义曲线定值

整定 > 系统设置 > 自定义曲线 自定义曲线 A > 自定义曲线 B > 自定义曲线 C > 自定义曲线 D			
名称	缺省值	步长	范围
时间 0.00x 启动值 [返回]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]
时间 0.05x 启动值 [返回]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]
...
时间 0.97x 启动值 [返回]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]
时间 0.98x 启动值 [返回]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]
时间 1.03x 启动值 [返回]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]
时间 1.05x 启动值 [返回]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]
...
时间 19.50x 启动值 [动作]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]
时间 20.00x 启动值 [动作]	0.000	0.001 s	[0.000 : 65.535]

4

可在装置的自定义曲线整定菜单下直接定义曲线点，也可通过 Enervista 650 配置工具中自定义曲线菜单下的**编辑曲线**选项，使用其提供的图形工具创建曲线点。

在用户自定义曲线编辑界面（见图 14）下，可从标准曲线菜单中选择一条基准曲线作为创建用户曲线的模板。一旦选定标准曲线，用户可通过**自定义曲线 > 从标准曲线设置自定义曲线**菜单对用户曲线（动作、复位或两者）进行拟合，然后编辑表中的数值以修改相应的曲线点。

用户还可查看不同于自定义曲线模板的曲线模型，二者进行比较以采用最适当的值。

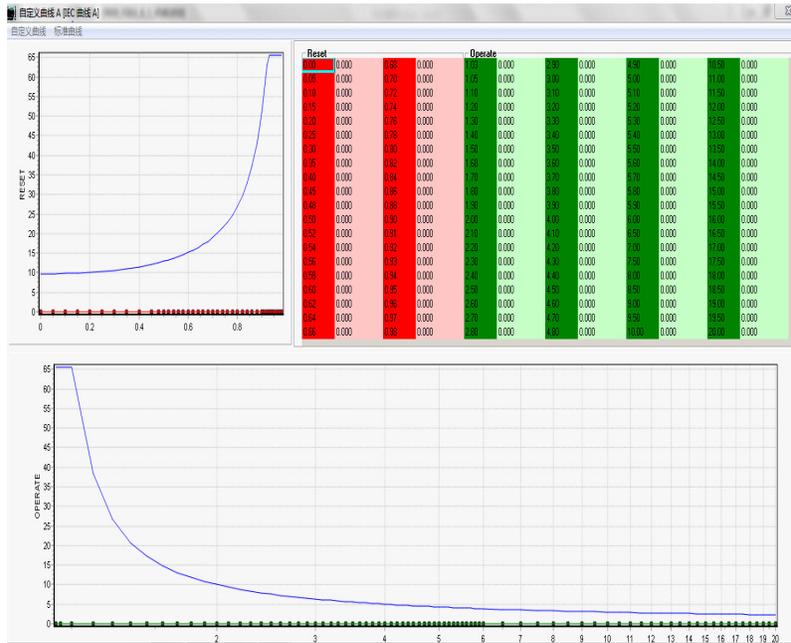


图 14：自定义曲线编辑

4.3.3 断路器

断路器设置分两种：

断路器整定：该定值应用于 M650 中用作断路器的开关设备。

断路器维护：该定值应用于 $(KI)^2t$ 计数器的初始化以及用作断路器的开关设备的分合闸次数计数。

4.3.3.1 断路器整定

表 20：断路器整定

整定 > 系统设置 > 断路器 > 断路器整定			
名称	缺省值	步长	范围
开关序号	1	1	[1 : 16]
$(KI)^2t$ 最大值	9999.99 (KA) ² s	0.01(KA) ² s	[0.00 : 9999.99]
$(KI)^2t$ 积分时间	0.03 s	0.01s	[0.03 : 0.25]
最大分闸次数	9999	1	[0 : 9999]
一小时最大分闸次数	40	1	[1 : 60]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.3.3.2 断路器维护

装置允许对 I^2t 值和动作次数进行初始化设置。用户可在断路器维护菜单中设置断路器维护参数。

表 21: 断路器维护

整定 > 系统设置 > 断路器 > 断路器维护			
名称	缺省值	步长	范围
(KI) ² t 开关 A 相计数器	0.00 (KA) ² s	0.01 (KA) ² s	[0.00 : 9999.99]
(KI) ² t 开关 B 相计数器	0.00 (KA) ² s	0.01 (KA) ² s	[0.00 : 9999.99]
(KI) ² t 开关 C 相计数器	0.00 (KA) ² s	0.01 (KA) ² s	[0.00 : 9999.99]
开关断开计数器	0	1	[0 : 9999]
开关合闸计数器	0	1	[0 : 9999]

4.3.4 开关

可在**整定 > 系统设置 > 开关**菜单中设置是否启用每个开关的事件记录。

表 22: 开关定值

整定 > 系统设置 > 开关			
名称	缺省值	步长	范围
事件记录开关 1	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 2	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 3	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 4	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 5	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 6	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 7	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 8	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 9	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 10	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 11	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 12	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 13	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 14	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 15	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录开关 16	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.1 元件概览

M650 包含以下保护元件:

分组	保护元件名称	ANSI 码
电流元件	瞬时过流一段	50P
	瞬时过流二段	50P
	延时过流一段	51P
	延时过流二段	51P
	欠电流	37
	中性点延时过流	51N
	中性点瞬时电流	50N
	接地延时过流	51G
	接地瞬时过流	50G
	灵敏接地延时过流	51SG
	灵敏接地瞬时过流	50SG
	负序延时过流	46P
	相方向	67P
	灵敏接地方向	67SG
	电压元件	低电压一段
低电压二段		27P
过电压一段		59P
过电压二段		59P
零序过压一段		59N
零序过压二段		59N
负序过电压一段		47
负序过电压二段		47
逆相序		47
功率元件		欠功率
	功率方向	32
电流不平衡		46
启动时间过长		48
堵转		51P
启动闭锁		66
差动保护		87
磁平衡差动		50/51
热保护		49

M650 还包含以下控制元件:

控制元件名称	ANSI 码
定值组切换	
低频率一段	81U
低频率二段	81U
过频率一段	81O
过频率二段	81O
断路器失灵	50BF
VT 断线	VTFF
CT 断线	60
频率变化率	81 df/dt
脉冲计数器	
模拟比较器	
数字计数器	

M650 的保护元件具有灵活的定值组设置：

保护元件分为三个独立的定值组，在指定的时段内只有一个定值组中的保护有效。通过逻辑信号（如开入）选择哪个定值组有效，从而对不同应用工况提供相应的保护。

可通过**整定 > 控制元件 > 定值组切换**菜单进行定值组设置：

表 23：定值组切换定值

整定 > 控制元件 > 定值组切换			
名称	缺省值	步长	范围
启用定值组	组 1	N/A	[组 1 – 组 2 – 组 3]
事件记录	退出	N/A	[退出 – 启用]

注：当用于投入不同定值组的信号同时激活时，定值组编号最高的将会有效。例如，若定值组 1 和定值组 2 的投入信号同时激活，则定值组 2 将为有效定值组。

4.4.2 反时限曲线特性

延时过流保护中的反时限曲线类型如下：

- IEEE 极端 / 非常 / 中等反时限
- IEC 曲线 A/B/C/ 长时 / 短时反时限
- IAC 极端 / 非常 / 中等反时限
- ANSI 极端 / 非常 / 中等 / 一般反时限
- I^2t
- 定时限曲线
- 整流曲线
- 用户自定义曲线 A/B/C/D

计算动作时间是基于内部变量“能量”来实现的。当“能量”值达到 100% 时，意味着达到了动作时间。

因此，一旦电流值超过启动电流，则开始增加“能量”变量值，当其达到 100% 时，保护元件动作。当电流值跌至 97% 启动值时，保护元件返回。共有两种返回模式：瞬时返回模式和线性返回模式。

瞬时返回模式指电流值低于 97% 启动值时，“能量”值被直接置 0；线性返回模式是指“能量”值按照返回曲线设定的速度下降，目的在于模拟电磁式继电器的行为特性。

4.4.2.1 IEEE 曲线

该曲线基于 IEEE C37.112-1996 标准，分为极端反时限、非常反时限和中等反时限。IEEE 曲线公式如下：

$$t = Dial \times \left[\frac{A}{\left(\frac{I}{I_{tap}}\right)^p - 1} + B \right] \qquad T_{RESET} = Dial \times \left[\frac{t_r}{1 - \left(\frac{I}{I_{tap}}\right)^2} \right]$$

其中：

t = 动作时间（单位：秒）

Dial = 动作时间倍数定值

I = 输入电流

I_{tap} = 启动电流

A, B, p = 常数

T_{RESET} = 返回时间（单位：秒）

t_r = 特征常数

表 24: IEEE 曲线常数

IEEE 曲线	A	B	P	TR
IEEE 极端反时限	28.2	0.1217	2.0000	29.1
IEEE 非常反时限	19.61	0.491	2.0000	21.6
IEEE 中等反时限	0.0515	0.1140	0.0200	4.85

表 25: IEEE 曲线动作时间 (单位: 秒)

倍数	电流 (I/ITAP)									
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
IEEE 极端反时限										
0.5	11.341	4.761	1.823	1.001	0.648	0.464	0.355	0.285	0.237	0.203
1.0	22.682	9.522	3.647	2.002	1.297	0.927	0.709	0.569	0.474	0.407
2.0	45.363	19.043	7.293	4.003	2.593	1.855	1.418	1.139	0.948	0.813
4.0	90.727	38.087	14.587	8.007	5.187	3.710	2.837	2.277	1.897	1.626
6.0	136.090	57.130	21.880	12.010	7.780	5.564	4.255	3.416	2.845	2.439
8.0	181.454	76.174	29.174	16.014	10.374	7.419	5.674	4.555	3.794	3.252
10.0	226.817	95.217	36.467	20.017	12.967	9.274	7.092	5.693	4.742	4.065
IEEE 非常反时限										
0.5	8.090	3.514	1.471	0.899	0.654	0.526	0.450	0.401	0.368	0.345
1.0	16.179	7.028	2.942	1.798	1.308	1.051	0.900	0.802	0.736	0.689
2.0	32.358	14.055	5.885	3.597	2.616	2.103	1.799	1.605	1.472	1.378
4.0	64.716	28.111	11.769	7.193	5.232	4.205	3.598	3.209	2.945	2.756
6.0	97.074	42.166	17.654	10.790	7.849	6.308	5.397	4.814	4.417	4.134
8.0	129.432	56.221	23.538	14.387	10.465	8.410	7.196	6.418	5.889	5.513
10.0	161.790	70.277	29.423	17.983	13.081	10.513	8.995	8.023	7.361	6.891
IEEE 中等反时限										
0.5	3.220	1.902	1.216	0.973	0.844	0.763	0.706	0.663	0.630	0.603
1.0	6.439	3.803	2.432	1.946	1.688	1.526	1.412	1.327	1.260	1.207
2.0	12.878	7.606	4.864	3.892	3.377	3.051	2.823	2.653	2.521	2.414
4.0	25.756	15.213	9.729	7.783	6.753	6.102	5.647	5.307	5.041	4.827
6.0	38.634	22.819	14.593	11.675	10.130	9.153	8.470	7.960	7.562	7.241
8.0	51.512	30.426	19.458	15.567	13.507	12.204	11.294	10.614	10.083	9.654
10.0	64.390	38.032	24.322	19.458	16.883	15.255	14.117	13.267	12.604	12.068

4.4.2.2 IEC 曲线

该曲线基于欧洲 IEC 255-4 和英国 BF142 标准，分为 IEC A/B/C 曲线、长时反时限和短时反时限。IEC 曲线公式如下：

$$t = Dial \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_{tap}}\right)^E - 1} \right] \qquad T_{RESET} = Dial \times \left[\frac{t_r}{1 - \left(\frac{I}{I_{tap}}\right)^2} \right]$$

其中：

t = 动作时间（单位：秒）

Dial = 动作时间倍数定值

I = 输入电流

I_{tap} = 启动电流

K, E = 常数

T_{RESET} = 返回时间（单位：秒）

t_r = 特征常数

表 26: IEC 曲线常数

IEC 曲线	K	E	tr
IEC 曲线 A（一般反时限）	0.140	0.020	9.7
IEC 曲线 B（非常反时限）	13.500	1.000	43.2
IEC 曲线 C（极端反时限）	80.000	2.000	58.2
IEC 长时反时限	120.000	1.000	120.0
IEC 短时反时限	0.050	0.040	0.5

表 27: IEC 曲线动作时间 (单位: 秒)

倍数	电流 (I/ITAP)									
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
IEC 曲线 A										
0.05	0.860	0.501	0.315	0.249	0.214	0.192	0.176	0.165	0.156	0.149
0.10	1.719	1.003	0.630	0.498	0.428	0.384	0.353	0.330	0.312	0.297
0.20	3.439	2.006	1.260	0.996	0.856	0.767	0.706	0.659	0.623	0.594
0.40	6.878	4.012	2.521	1.992	1.712	1.535	1.411	1.319	1.247	1.188
0.60	10.317	6.017	3.781	2.988	2.568	2.302	2.117	1.978	1.870	1.782
0.80	13.755	8.023	5.042	3.984	3.424	3.070	2.822	2.637	2.493	2.376
1.00	17.194	10.029	6.302	4.980	4.280	3.837	3.528	3.297	3.116	2.971
IEC 曲线 B										
0.05	1.350	0.675	0.338	0.225	0.169	0.135	0.113	0.096	0.084	0.075
0.10	2.700	1.350	0.675	0.450	0.338	0.270	0.225	0.193	0.169	0.150
0.20	5.400	2.700	1.350	0.900	0.675	0.540	0.450	0.386	0.338	0.300
0.40	10.800	5.400	2.700	1.800	1.350	1.080	0.900	0.771	0.675	0.600
0.60	16.200	8.100	4.050	2.700	2.025	1.620	1.350	1.157	1.013	0.900
0.80	21.600	10.800	5.400	3.600	2.700	2.160	1.800	1.543	1.350	1.200
1.00	27.000	13.500	6.750	4.500	3.375	2.700	2.250	1.929	1.688	1.500
IEC 曲线 C										
0.05	3.200	1.333	0.500	0.267	0.167	0.114	0.083	0.063	0.050	0.040
0.10	6.400	2.667	1.000	0.533	0.333	0.229	0.167	0.127	0.100	0.081
0.20	12.800	5.333	2.000	1.067	0.667	0.457	0.333	0.254	0.200	0.162
0.40	25.600	10.667	4.000	2.133	1.333	0.914	0.667	0.508	0.400	0.323
0.60	38.400	16.000	6.000	3.200	2.000	1.371	1.000	0.762	0.600	0.485
0.80	51.200	21.333	8.000	4.267	2.667	1.829	1.333	1.016	0.800	0.646
1.00	64.000	26.667	10.000	5.333	3.333	2.286	1.667	1.270	1.000	0.808
IEC 长时反时限										
0.05	12.000	6.000	3.000	2.000	1.500	1.200	1.000	0.857	0.750	0.667
0.10	24.000	12.000	6.000	4.000	3.000	2.400	2.000	1.714	1.500	1.333
0.20	48.000	24.000	12.000	8.000	6.000	4.800	4.000	3.429	3.000	2.667
0.40	96.000	48.000	24.000	16.000	12.000	9.600	8.000	6.857	6.000	5.333
0.60	144.000	72.000	36.000	24.000	18.000	14.400	12.000	10.286	9.000	8.000
0.80	192.000	96.000	48.000	32.000	24.000	19.200	16.000	13.714	12.000	10.667
1.00	240.000	120.000	60.000	40.000	30.000	24.000	20.000	17.143	15.000	13.333
IEC 短时反时限										
0.05	0.153	0.089	0.056	0.044	0.038	0.034	0.031	0.029	0.027	0.026
0.10	0.306	0.178	0.111	0.088	0.075	0.067	0.062	0.058	0.054	0.052
0.20	0.612	0.356	0.223	0.175	0.150	0.135	0.124	0.115	0.109	0.104
0.40	1.223	0.711	0.445	0.351	0.301	0.269	0.247	0.231	0.218	0.207
0.60	1.835	1.067	0.668	0.526	0.451	0.404	0.371	0.346	0.327	0.311
0.80	2.446	1.423	0.890	0.702	0.602	0.538	0.494	0.461	0.435	0.415
1.00	3.058	1.778	1.113	0.877	0.752	0.673	0.618	0.576	0.544	0.518

4.4.2.3 IAC 曲线

该曲线基于 GE IAC 电磁式继电器标准，曲线公式如下：

$$t = Dial \times \left[A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{tap}} - C\right)} + \frac{D}{\left(\frac{I}{I_{tap}} - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\frac{I}{I_{tap}} - C\right)^3} \right] \quad T_{RESET} = dial \times \left[\frac{t_r}{1 - \left(\frac{I}{I_{tap}}\right)^2} \right]$$

其中：

t = 动作时间（单位：秒）

Dial = 动作时间倍数定值

I = 输入电流

I_{tap} = 启动电流

A, B, C, D, E = 常数

T_{RESET} = 返回时间（单位：秒）

t_r = 特征常数

表 28: IAC 曲线常数

IAC 曲线形状	名称	A	B	C	D	E	TR
IAC 极端反时限	IAC 极端反时限	0.0040	0.6379	0.6200	1.7872	0.2461	6.008
IAC 非常反时限	IAC 非常反时限	0.0900	0.7955	0.1000	-1.2885	7.9586	4.678
IAC 中等反时限	IAC 中等反时限	0.2078	0.8630	0.8000	-0.4180	0.1947	0.990

表 29: IAC 曲线动作时间（单位：秒）

倍数	电流 (I/I _{TAP})									
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
IAC 极端反时限										
0.5	1.699	0.749	0.303	0.178	0.123	0.093	0.074	0.062	0.053	0.046
1.0	3.398	1.498	0.606	0.356	0.246	0.186	0.149	0.124	0.106	0.093
2.0	6.796	2.997	1.212	0.711	0.491	0.372	0.298	0.248	0.212	0.185
4.0	13.591	5.993	2.423	1.422	0.983	0.744	0.595	0.495	0.424	0.370
6.0	20.387	8.990	3.635	2.133	1.474	1.115	0.893	0.743	0.636	0.556
8.0	27.183	11.987	4.846	2.844	1.966	1.487	1.191	0.991	0.848	0.741
10.0	33.979	14.983	6.058	3.555	2.457	1.859	1.488	1.239	1.060	0.926
IAC 非常反时限										
0.5	1.451	0.656	0.269	0.172	0.133	0.113	0.101	0.093	0.087	0.083
1.0	2.901	1.312	0.537	0.343	0.266	0.227	0.202	0.186	0.174	0.165
2.0	5.802	2.624	1.075	0.687	0.533	0.453	0.405	0.372	0.349	0.331
4.0	11.605	5.248	2.150	1.374	1.065	0.906	0.810	0.745	0.698	0.662
6.0	17.407	7.872	3.225	2.061	1.598	1.359	1.215	1.117	1.046	0.992
8.0	23.209	10.497	4.299	2.747	2.131	1.813	1.620	1.490	1.395	1.323
10.0	29.012	13.121	5.374	3.434	2.663	2.266	2.025	1.862	1.744	1.654
IAC 中等反时限										
0.5	0.578	0.375	0.266	0.221	0.196	0.180	0.168	0.160	0.154	0.148
1.0	1.155	0.749	0.532	0.443	0.392	0.360	0.337	0.320	0.307	0.297
2.0	2.310	1.499	1.064	0.885	0.784	0.719	0.674	0.640	0.614	0.594
4.0	4.621	2.997	2.128	1.770	1.569	1.439	1.348	1.280	1.229	1.188

6.0	6.931	4.496	3.192	2.656	2.353	2.158	2.022	1.921	1.843	1.781
8.0	9.242	5.995	4.256	3.541	3.138	2.878	2.695	2.561	2.457	2.375
10.0	11.552	7.494	5.320	4.426	3.922	3.597	3.369	3.201	3.072	2.969

4.4.2.4 ANSI 曲线

该曲线基于美国 ANSI C37.90 标准，分为 ANSI 极端反时限、非常反时限、一般反时限和中等反时限。ANSI 反时限曲线公式如下：

$$T = Dial \times \left[A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C\right)} + \frac{D}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C\right)^3} \right] \quad T_{reset} = TDM \times \left[\frac{T_r}{1 - \left(\frac{I}{I_{pickup}}\right)^2} \right]$$

其中：

T = 动作时间（单位：秒）

Dial = 动作时间倍数定值

I = 输入电流

I_{pickup} = 启动电流

A, B, C, D, E = 常数

T_{reset} = 返回时间（单位：秒）

T_r = 特征常数

表 30：ANSI 曲线常数

ANSI 曲线	A	B	C	D	E	TR
ANSI 极端反时限	0.0399	0.2294	0.5	3.0094	0.7222	5.67
ANSI 非常反时限	0.0615	0.7989	0.34	-0.284	4.0505	3.88
ANSI 中等反时限	0.0274	2.2614	0.3	-4.1899	9.1272	5.95
ANSI 一般反时限	0.1735	0.6791	0.8	-0.08	0.1271	1.08

表 31：ANSI 曲线动作时间（单位：秒）

倍数	电流 (I/ITAP)									
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
ANSI 极端反时限										
0.50	2.000	0.872	0.330	0.184	0.124	0.093	0.075	0.063	0.055	0.049
1.00	4.001	1.744	0.659	0.368	0.247	0.185	0.149	0.126	0.110	0.098
2.00	8.002	3.489	1.319	0.736	0.495	0.371	0.298	0.251	0.219	0.196
4.00	16.004	6.977	2.638	1.472	0.990	0.742	0.596	0.503	0.439	0.393
6.00	24.005	10.466	3.956	2.208	1.484	1.113	0.894	0.754	0.658	0.589
8.00	32.007	13.955	5.275	2.944	1.979	1.483	1.192	1.006	0.878	0.786
10.00	40.009	17.443	6.594	3.680	2.474	1.854	1.491	1.257	1.097	0.982
ANSI 非常反时限										
0.50	1.567	0.663	0.268	0.171	0.130	0.108	0.094	0.085	0.078	0.073
1.00	3.134	1.325	0.537	0.341	0.260	0.216	0.189	0.170	0.156	0.146
2.00	6.268	2.650	1.074	0.682	0.520	0.432	0.378	0.340	0.312	0.291
4.00	12.537	5.301	2.148	1.365	1.040	0.864	0.755	0.680	0.625	0.583
6.00	18.805	7.951	3.221	2.047	1.559	1.297	1.133	1.020	0.937	0.874

8.00	25.073	10.602	4.295	2.730	2.079	1.729	1.510	1.360	1.250	1.165
10.00	31.341	13.252	5.369	3.412	2.599	2.161	1.888	1.700	1.562	1.457
ANSI 一般反时限										
0.50	2.142	0.883	0.377	0.256	0.203	0.172	0.151	0.135	0.123	0.113
1.00	4.284	1.766	0.754	0.513	0.407	0.344	0.302	0.270	0.246	0.226
2.00	8.568	3.531	1.508	1.025	0.814	0.689	0.604	0.541	0.492	0.452
4.00	17.137	7.062	3.016	2.051	1.627	1.378	1.208	1.082	0.983	0.904
6.00	25.705	10.594	4.524	3.076	2.441	2.067	1.812	1.622	1.475	1.356
8.00	34.274	14.125	6.031	4.102	3.254	2.756	2.415	2.163	1.967	1.808
10.00	42.842	17.656	7.539	5.127	4.068	3.445	3.019	2.704	2.458	2.260
ANSI 中等反时限										
0.50	0.675	0.379	0.239	0.191	0.166	0.151	0.141	0.133	0.128	0.123
1.00	1.351	0.757	0.478	0.382	0.332	0.302	0.281	0.267	0.255	0.247
2.00	2.702	1.515	0.955	0.764	0.665	0.604	0.563	0.533	0.511	0.493
4.00	5.404	3.030	1.910	1.527	1.329	1.208	1.126	1.066	1.021	0.986
6.00	8.106	4.544	2.866	2.291	1.994	1.812	1.689	1.600	1.532	1.479
8.00	10.807	6.059	3.821	3.054	2.659	2.416	2.252	2.133	2.043	1.972
10.00	13.509	7.574	4.776	3.818	3.324	3.020	2.815	2.666	2.554	2.465

4.4.2.5 I²T 曲线

该反时限曲线公式如下：

$$t = Dial \times \left[\frac{100}{\left(\frac{I}{I_{tap}}\right)^2} \right] \quad T_{RESET} = Dial \times \left[\frac{100}{\left(\frac{I}{I_{tap}}\right)^{-2}} \right]$$

其中：

t = 动作时间（单位：秒）

Dial = 动作时间倍数定值

I = 输入电流

I_{tap} = 启动电流

T_{RESET} = 返回时间（单位：秒）

表 32: I2T 曲线动作时间 (单位: 秒)

倍数	电流 (I/TAP)									
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
0.01	0.444	0.250	0.111	0.063	0.040	0.028	0.020	0.016	0.012	0.010
0.10	4.444	2.500	1.111	0.625	0.400	0.278	0.204	0.156	0.123	0.100
1.00	44.444	25.000	11.111	6.250	4.000	2.778	2.041	1.563	1.235	1.000
10.00	444.444	250.000	111.111	62.500	40.000	27.778	20.408	15.625	12.346	10.000
100.00	4444.444	2500.000	1111.111	625.000	400.000	277.778	204.082	156.250	123.457	100.000
600.00	26666.667	15000.000	6666.667	3750.000	2400.000	1666.667	1224.490	937.500	740.741	600.000

4.4.2.6 定时限曲线

当电流大于启动值且持续时间超过“Dial”设定值时, 保护元件动作。Dial 设定值的范围为 0 - 900 秒 (步长 10 ms)。

4.4.2.7 整流曲线

整流曲线公式如下:

$$T = TDM \times \left[\frac{45900}{\left(\frac{I}{I_{pickup}}\right)^{5.6} - 1} \right] \quad T_{reset} = TDM \times \left[\frac{45900}{1 - \left(\frac{I}{I_{pickup}}\right)^2} \right]$$

其中:

T = 动作时间 (单位: 秒)

TDM = 动作时间倍数定值

I = 输入电流

I_{pickup} = 启动电流

T_{reset} = 返回时间 (单位: 秒)

4.4.3 热保护元件

热保护主要为了防止电机过热, 因此在 M650 中设置一个模拟电机发热的模型, 综合考虑电机正序电流和负序电流的热效应。根据电机状态, 采用不同的公式计算 TCU 值以检测电机的过负荷状态。

如果热保护跳闸, 电机不会立即重启, 直到电机温度冷却至允许范围。

已用热容量 (TCU)

M650 的热保护元件包含了定子和转子的过热保护。电机的升温速率通过测量机端电流得到, 电机当前的累计热容量值保存在已用热容量 (TCU) 实时值寄存器中。

- 当电机停止时, 计算 TCU 如下:

$$TCU_i = TCU_{i-1} - TCU_{i-1} * \text{delta}T / \text{停止时冷却时间} \quad \text{公式 (a)}$$

式中“停止时冷却时间”为定值项。

- 当电机启动时, 计算 TCU 如下:

$$TCU_i = TCU_{i-1} + \frac{\text{delta}T}{\text{StartTime to Trip}} * 100\% \quad \text{公式 (b)}$$

$$\text{Start Time to Trip} = \min\left(t_{LRcold} * \frac{I_{LR}^2}{I_{eq}^2}, \frac{\text{CurveMultiplier} * 87.4}{I_{eq}^2 - 1}\right)$$

式中: t_{LRcold} 为定值项“冷安全堵转时间”, I_{LR} 为定值项“堵转电流”, I_{eq} 为计算出的等效电机热电流, CurveMultiplier 为定值项“曲线系数”。

- 当电机运行时，计算 TCU 如下：

$$TCU_i = TCU_{i-1} + (TCU_{ss} - TCU_{i-1}) * \Delta T / \text{运行时冷却时间} \quad \text{公式 (c)}$$

$$TCU_{ss} = I_{eq} * (1-HCR) * 100\%$$

式中： I_{eq} 为计算出的等效电机热电流； HCR 为定值项“热/冷安全堵转比”。

- 当电机过负荷时，计算 TCU 如下：

$$TCU_i = TCU_{i-1} + \frac{\Delta T}{\text{OverloadTime to Trip}} * 100\% \quad \text{公式 (d)}$$

$$\text{Overload Time to Trip} = (\text{曲线系数} * 87.4) / (I_{eq}^2 - 1)$$

高速时采用定值“高速曲线系数”。

具体计算逻辑见下图。

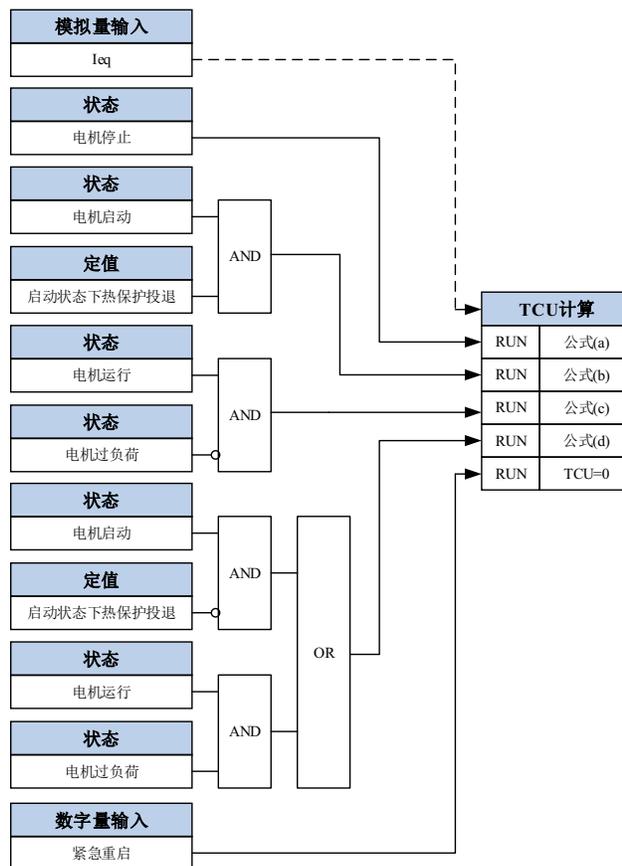


图 15: TCU 计算逻辑图

不平衡偏置

不平衡电流（即负序电流），将产生除正常正序电流发热外的额外发热。当电机运行时，转子将以正序磁动势（MMF）的方向以接近同步转速的速度旋转。感应的转子电流频率由同步转速和转子转速差所决定，该频率通常为 2-4 Hz。这样低频的电流将平均的流过转子条的所有部分。另一方面，负序定子电流将产生与转子旋转方向相反的磁动势（MMF），这将引起 2 倍于系统频率的感应转子电流。该频率下的集肤效应将使转子电流集中在槽顶部的转子条外部，这将导致转子电阻明显增加，从而导致额外的转子发热。由电机制造商所提供的热限曲线不能反映这些额外的升温，因为曲线只考虑了平衡供电和平衡的电机结构所产生的正序电流。

为了有效显示此额外发热，装置允许对热过负荷曲线进行不平衡偏置设置。该偏置是通过使用等效电机热电流、而非简单的机端电流（ I_{avg} ）得到的。等效电流计算如下：

$$I_{eq} = I_{avg} \sqrt{1 + k \times \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2}$$

其中：

I_{eq} 代表以 FLA 为单位的等效电机热电流；

I_{avg} 代表以 FLA 为单位的机端电流有效值的平均值；

I_2/I_1 为负序电流和正序电流的比值；

k 为不平衡系数设定值，用于配置合适的平衡偏置。

k 可以由下面公式计算：

$$k = \frac{175}{I_{LR}^2} \quad ; \quad k = \frac{230}{I_{LR}^2}$$

第一个公式对应典型估算，第二个对应保守估算，其中 I_{LR} 为以 FLA 为单位的堵转电流。如果 K 设置为 0，则没有不平衡偏置，过负荷曲线只和电机平均电流有关。

热过负荷曲线

热过负荷曲线可以选标准曲线，也可以由用户自定义。标准热过负荷曲线是一组具有相似形状的曲线，该通用曲线形状是基于电机典型热限曲线而来。用户自定义曲线（FlexCurve）更多用于定制的电机热过负荷保护，从而使特定的电机可正常启动并运行。

表 33：热保护定值

整定 > 保护元件 > 热保护 > 热保护 1 > 热保护 2 > 热保护 3			
名称	缺省值	步长	范围
热过负荷投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
启动状态下热保护投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
堵转电流	6.0 FLA	0.1 FLA	[2.0:11.0]
冷安全堵转时间	10.0 s	0.1 s	[1.0:600.0]
曲线系数	4 s	1 s	[1:15]
高速曲线系数	4 s	1 s	[1:15]
热过负荷启动值	1.01 FLA	0.01 FLA	[1.01:1.25]
不平衡系数 K	0	1	[0:19]
运行时冷却时间	15 min	1 min	[1:1000]
停止时冷却时间	15 min	1 min	[1:1000]
热冷安全堵转比	0.85	0.01	[0.01:1.00]
热告警投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
热告警启动值	75%	1%	[15:100]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

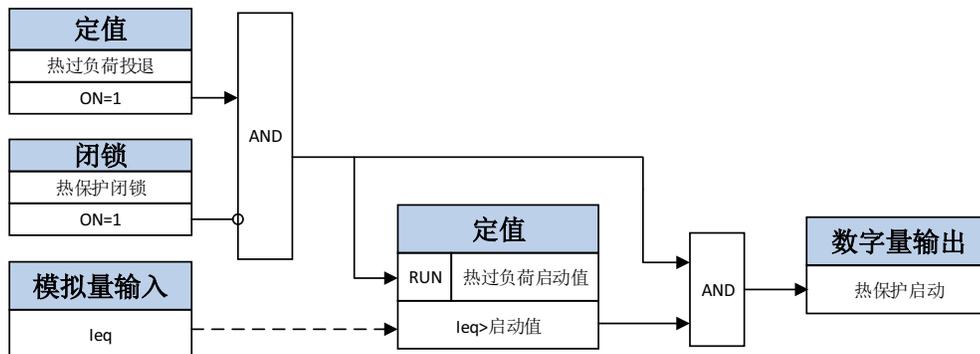


图 16：热保护启动逻辑图

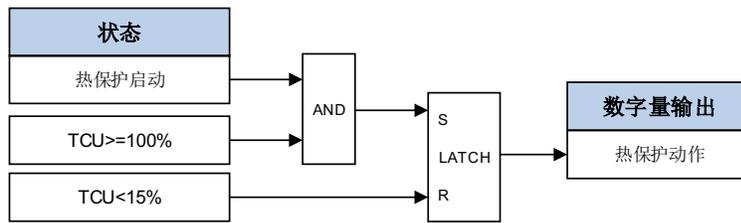


图 17: 热保护逻辑图

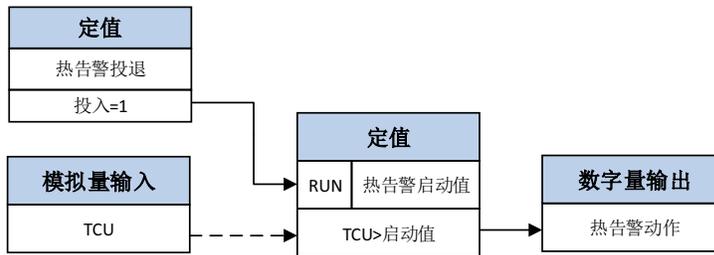


图 18: 热告警逻辑图

冷却速率

当电机等效电流 (I_{eq}) 小于热过负荷启动设定值时, TCU 将以指数形式骤减。TCU 减少的过程模拟了电机的冷却过程。由于停转电机的冷却速度远小于运行电机, 装置提供了两个冷却时间常数设定值, 一个用于电机不工作的情形 (停止), 另一个用于电机运行时的情况。冷却时间常数指的是电机温度降至初始温度与环境温度差值的 63% 时所需的时间 (单位: 分钟)。

电机冷却由下式计算:

$$TCU = (TCU_{used_start} - TCU_{used_end})(e^{-t/\tau}) + TCU_{used_end}$$

$$TCU_{used_end} = \left(\frac{I_{eq}}{O/L_{PKP}}\right)(1 - HCR) \times 100\%$$

其中:

TCU_{used_start} 为过负荷引起的已用热容量。

TCU_{used_end} 为电机运行时由热/冷安全堵转比决定的已用热容量。电机停止时该值为 0。

t: 时间 (单位: 分钟)

τ : 冷却时间常数 (运行或者停止)

I_{eq} : 等效电机热电流

O/L_{PKP} : 过负荷启动设定值, 以 FLA 为单位的倍数

HCR: 热/冷安全堵转比

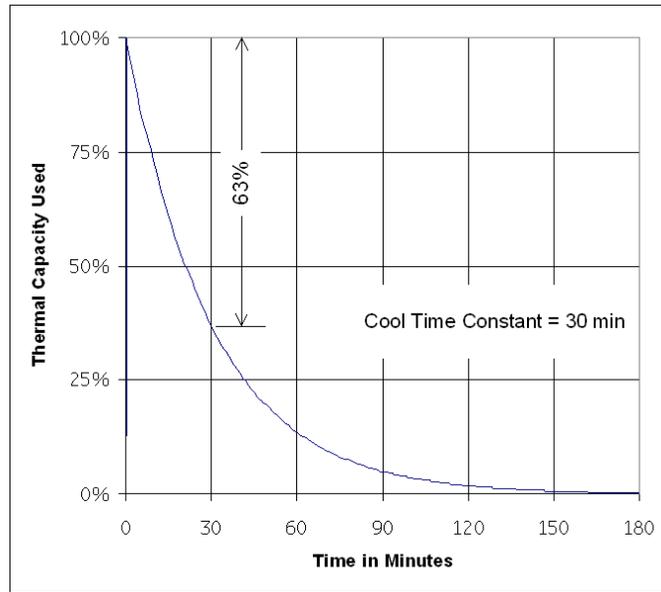


图 19.0 时刻跳闸后的热保护冷却曲线

热保护复归

热保护操作十分重要，它将导致电机锁定，除非通过紧急重启或锁定复归，否则电机在冷却之前不能复归。紧急重启将 TCU 从当前值重置为 0%，从而使过热电机可重启。需要注意：锁定复归不会重置 TCU 寄存器的值，如果电机重启，它可能很快再次跳闸。

热容量告警

热容量升高至高于设定的热容量告警启动值时，产生热容量告警。

4.4.4 差动保护元件

M650 差动保护包含：差流越限、比率差动和差流速断。

比率差动（87T）

比率差动保护的菜单设置定义了双斜率双拐点的差动 / 制动特性。差动和制动电流的计算如下图所示：

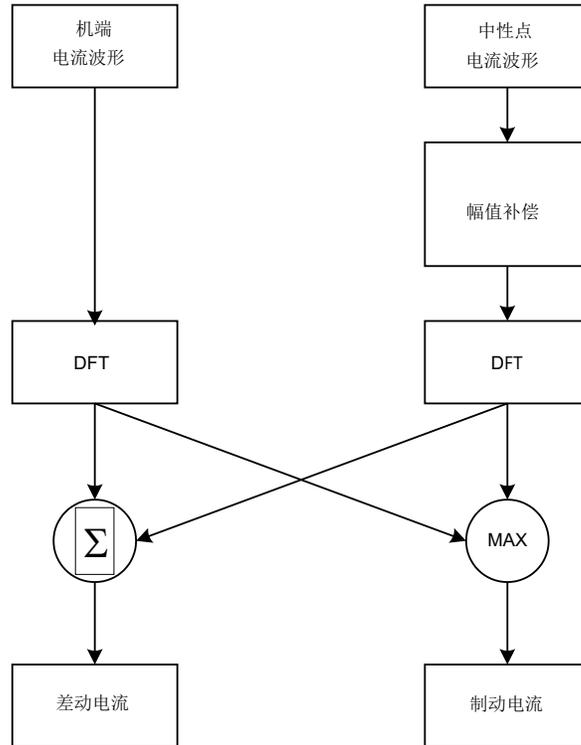


图 20：电动机差动电流 (ID) 和制动 (IR) 电流的计算

M650 装置会持续计算每一相差动和制动电流值，并把它们的比率同用户预定义的差动 / 制动特性曲线做比较。该特性曲线提供了差动保护的动作区和不动作区，确保比率差动保护在区内故障时的灵敏度和可靠性，以及在区外故障时不动作的安全性。

差动电流的计算方法是：在幅值补偿后，以相为单位，每相的电流值求向量和。

$$I_d = \bar{I}_{1_{comp}} + \bar{I}_{2_{comp}}$$

制动电流是取内部补偿电流的最大值：

$$I_r = \max(|\bar{I}_{1_{comp}}|, |\bar{I}_{2_{comp}}|)$$

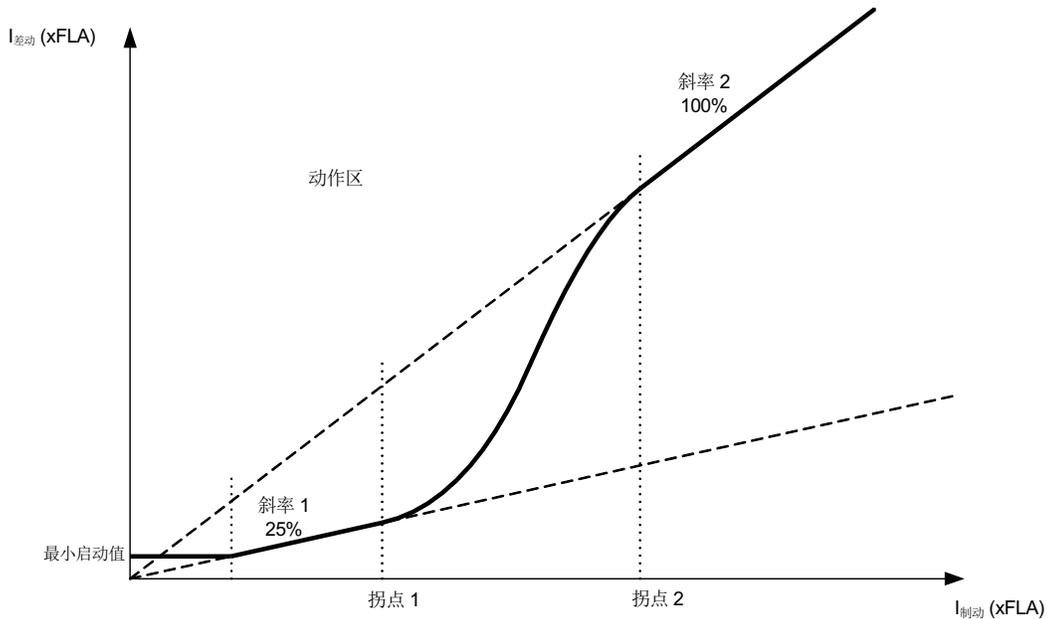


图 21：差动 / 制动电流特性曲线

电动机比率差动保护的差动 / 制动特性曲线如上图所示。

差流速断

装置的每一个定值组提供一个差流速断保护元件。差流速断保护和瞬时过流保护的方式相似。输入该保护元件的电流是以每相的差动电流为基础计算得到的。如果任一相计算的相差动电流高于差流速断启动设定值，继电器装置将动作。

差流速断保护通常用于严重故障的场合。如果使用该保护，设定其启动值时应遵循以下标准：

- 启动设定值（以 FLA 为单位）应高于电动机启动时产生的最大不平衡电流值。
- 启动设定值应高于由保护区外部故障引起的故障电流值。
- 启动设定值应低于由区内故障引起的最大故障电流值。

差流越限

当任一相差流电流大于定值“差流越限告警值”时，延时 5 s 报差流越限信号。

平衡系数计算

机端侧平衡系数置为 1，中性点侧平衡系数计算公式为：

$$M(w2) = \frac{CT(w2)}{CT(w1)}$$

式中：

CT(w2) 和 CT(w1) 分别为中性点侧和机端侧的 CT 变比。

如果 $M < 0.1$ 或 $M > 10$ ，将“平衡系数超界”状态置为 1，用该状态闭锁差动保护。

表 34：87 元件定值

整定 > 保护元件 > 差动保护 差动保护 1 > 差动保护 2 > 差动保护 3			
名称	缺省值	步长	范围
差流超限投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
差流超限告警值	0.25 FLA	0.01 FLA	[0.10:10.00]
比率差动投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
最小启动电流	0.30 FLA	0.01 FLA	[0.20:1.00]
斜率 1	0.25	0.01	[0.10:1.00]
拐点 1	2.00 FLA	0.01 FLA	[0.50:4.00]
斜率 2	1.00	0.01	[0.50:1.00]
拐点 2	6.00 FLA	0.01 FLA	[4.00:10.00]
比率差动延时	0.020 s	0.001 s	[0.000:0.100]
CT 断线投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
CT 断线闭锁差动	退出	N/A	[退出 - 投入]
差流速断投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
差流速断电流值	5.0 FLA	0.1 FLA	[1.0:20.0]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

差动保护的逻辑原理如下图所示。

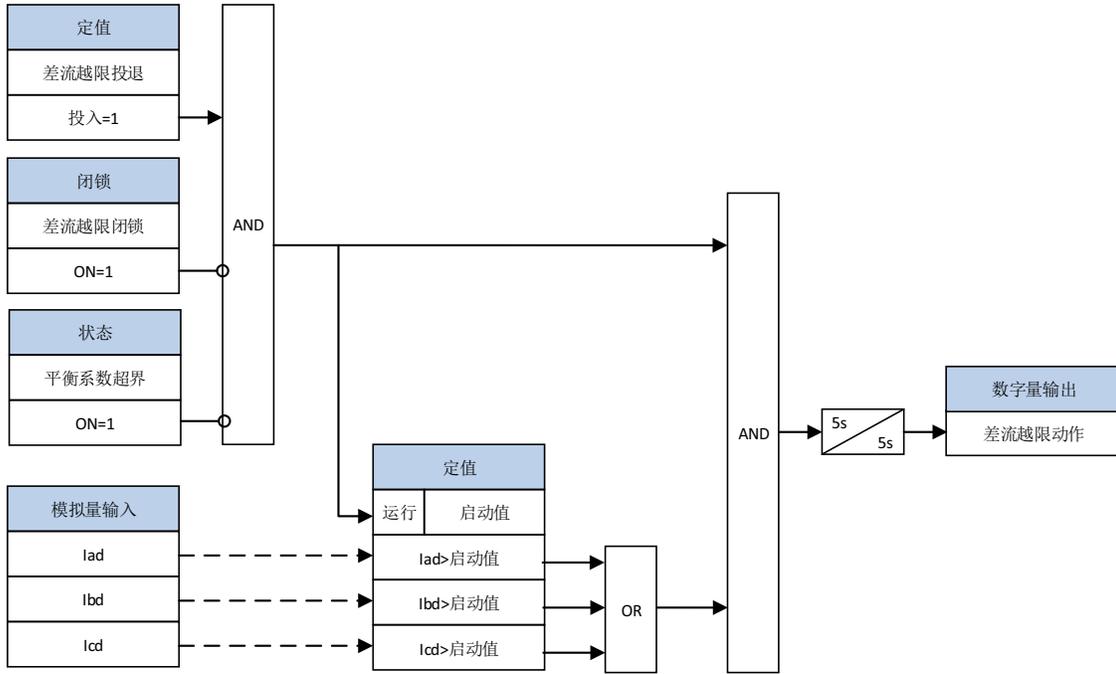


图 22: 差流越限逻辑图

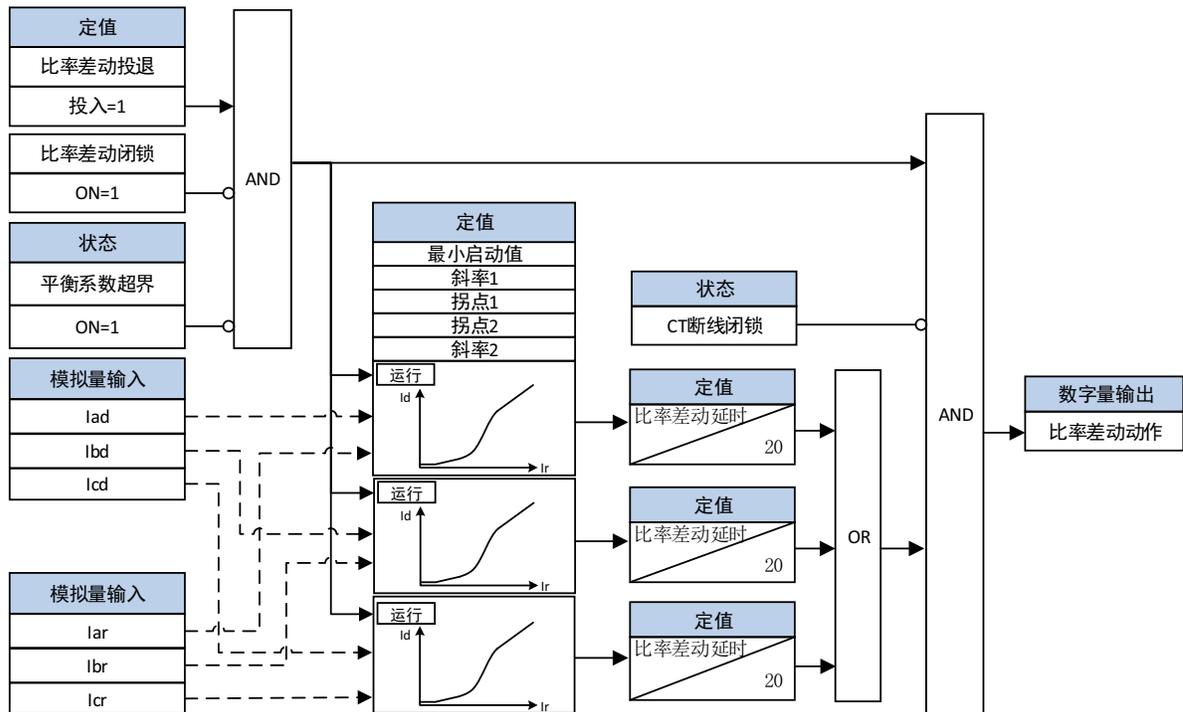


图 23: 比率差动逻辑图

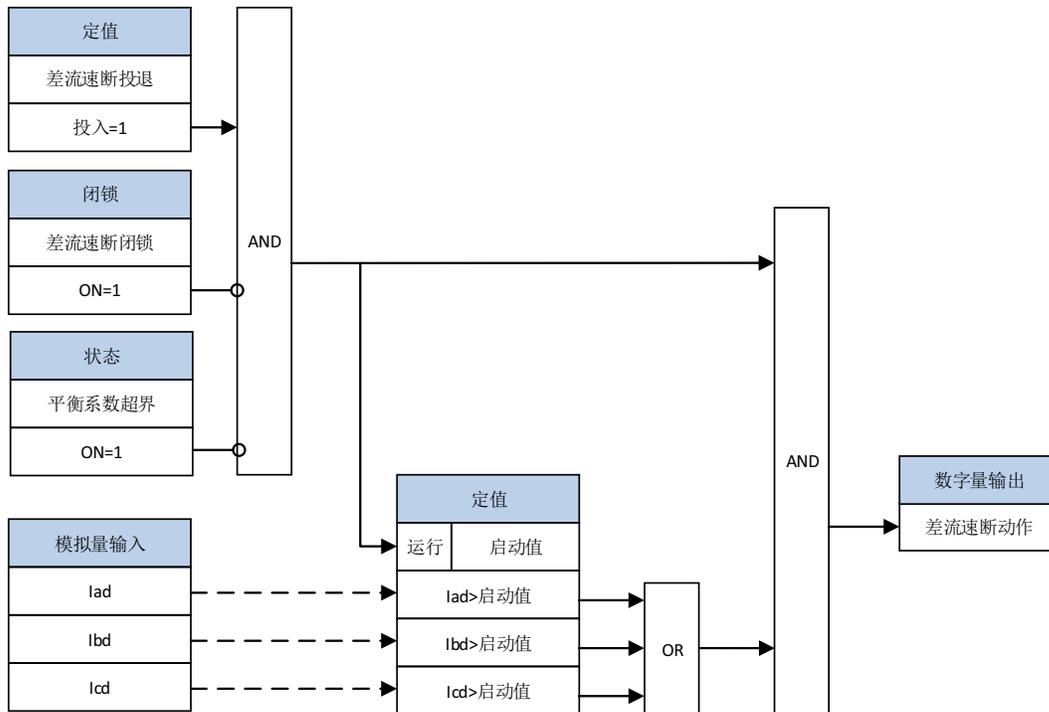


图 24：差流速断逻辑图

4.4.5 相电流

M650 的相电流菜单包含以下保护元件：

- 瞬时过流一段
- 瞬时过流二段
- 延时过流一段
- 延时过流二段
- 相方向
- 欠电流

4.4.5.1 瞬时过流一段 / 二段 (50P)

瞬时过流一段 / 二段元件定值范围为 0.05 - 160A，可设置为速断或定时限，定时限设定范围为 0.00 - 1200 s。输入相电流可选为 DFT 基波或 RMS 值。元件返回时间可设为 0 - 900 s。

该元件对于每相均有相应的闭锁输入。保护元件的逻辑输出有每相的启动和跳闸信号以及总启动和跳闸信号。

表 35: 瞬时过流一段 / 二段定值

整定 > 保护元件 > 相电流 > > 瞬时过流一段 > 瞬时过流一段 1 > 瞬时过流一段 2 > 瞬时过流一段 3 > 瞬时过流二段 > 瞬时过流二段 1 > 瞬时过流二段 2 > 瞬时过流二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
输入	基波值	N/A	[基波值 - 有效值]
动作值	30.00	0.01 A	[0.05 : 160.00]
高速动作值	30.00	0.01 A	[0.05 : 160.00]
跳闸延时	0.00	0.01 s	[0.00 : 1200.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

瞬时过流一段 / 二段的保护逻辑图如下所示。

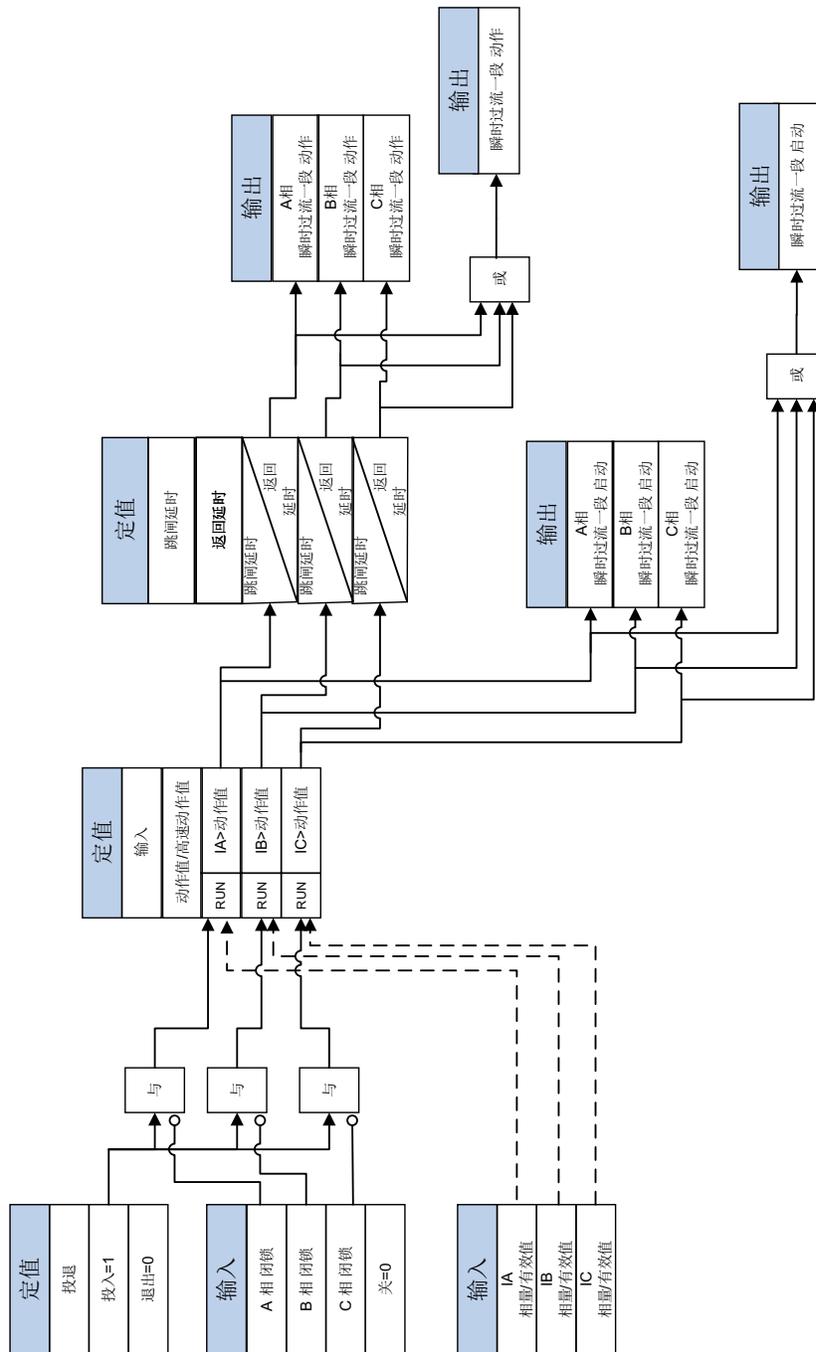


图 25: 瞬时过流一段保护逻辑图

注: 电机低速状态下采用 "动作值" 定值, 高速状态下采用 "高速动作值" 定值。

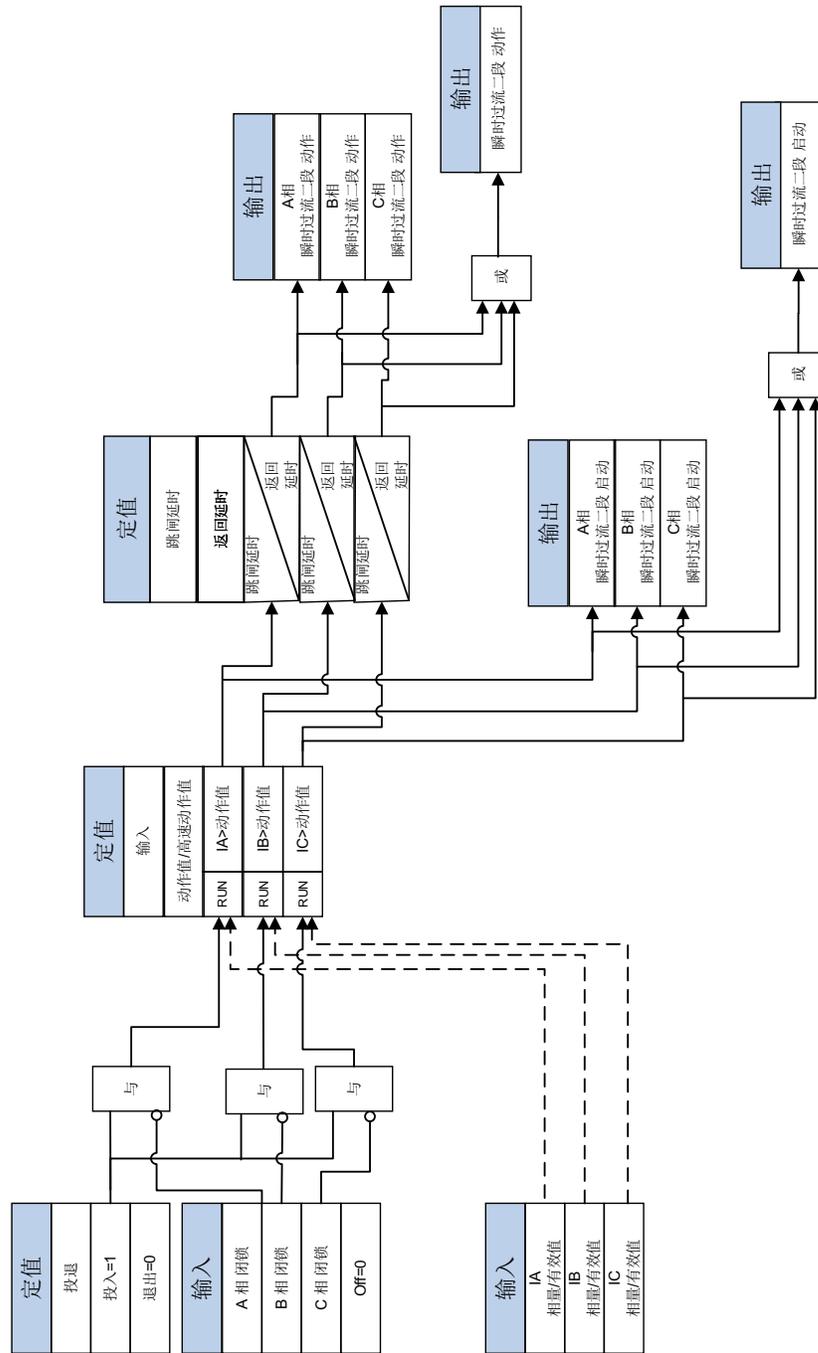


图 26: 瞬时过流二段保护逻辑图

注: 电机低速状态下采用 "动作值" 定值, 高速状态下采用 "高速动作值" 定值。

4.4.5.2 延时过流一段 / 二段 (51P)

延时过流一段 / 二段元件 (51P) 根据电流和设定的曲线对应不同的动作时间, 输入相电流可选为 DFT 基波或 RMS 值, 元件返回可选为瞬时或线性返回模式。

如果该元件设为定时限, 则使用 TD 值定义动作时间和返回时间 (若选择线性返回)。

该元件对于每相均有相应的闭锁输入。当元件被闭锁时, 跳闸时间计数器复位为 0。该特性允许使用闭锁输入瞬时复位保护元件动作计时。元件的启动值可通过电压制动特性动态降低。保护元件的输出有每相的启动和跳闸信号、以及总启动和跳闸信号。

启动电流大小可根据当前电压值动态减小, 使用电压制动定值设定。电流启动值与测得的相间电压成正比, 其系数如图 27 所示: 通过电压制动特性曲线上与相间电压对应的 Mvr 来完成; 电流启动值是定值“Mvr”和“动作值”的乘积。图中 Vpp 是相间电压, VT Nominal 是系统参数下的额定电压值。

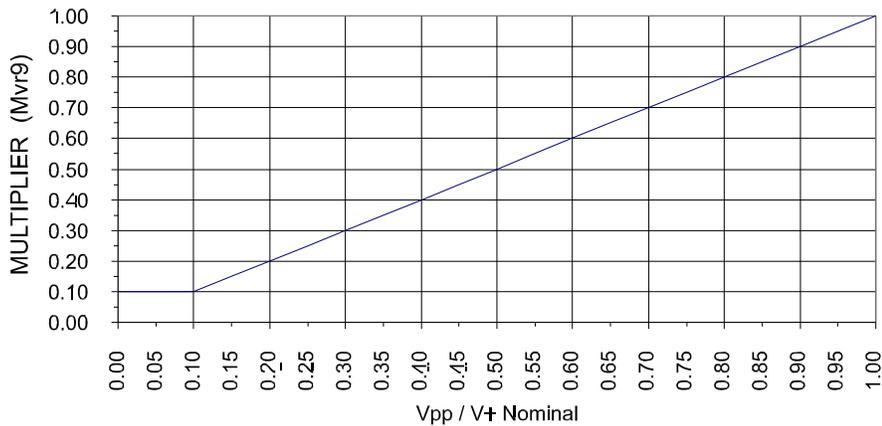


图 27: 电压制动特性

表 36: 延时过流一段 / 二段元件定值

整定 > 保护元件 > 相电流 > > 延时过流一段 > 延时过流一段 1 > 延时过流一段 2 > 延时过流一段 3 > 延时过流二段 > 延时过流二段 1 > 延时过流二段 2 > 延时过流二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
输入	基波值	N/A	[基波值 - 有效值]
动作值	1.00	0.01 A	[0.05 : 160.00]
高速动作值	1.00	0.01 A	[0.05 : 160.00]
曲线	IEEE 极端反时限	N/A	[参见曲线列表]
时间倍数 TD 值	1.00 s	0.01 s	[0.00 : 1200.00]
电压制动	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

若电压制动功能退出, 启动值始终保持在启动定值。

下图为延时过流一段 / 二段元件的保护逻辑图。

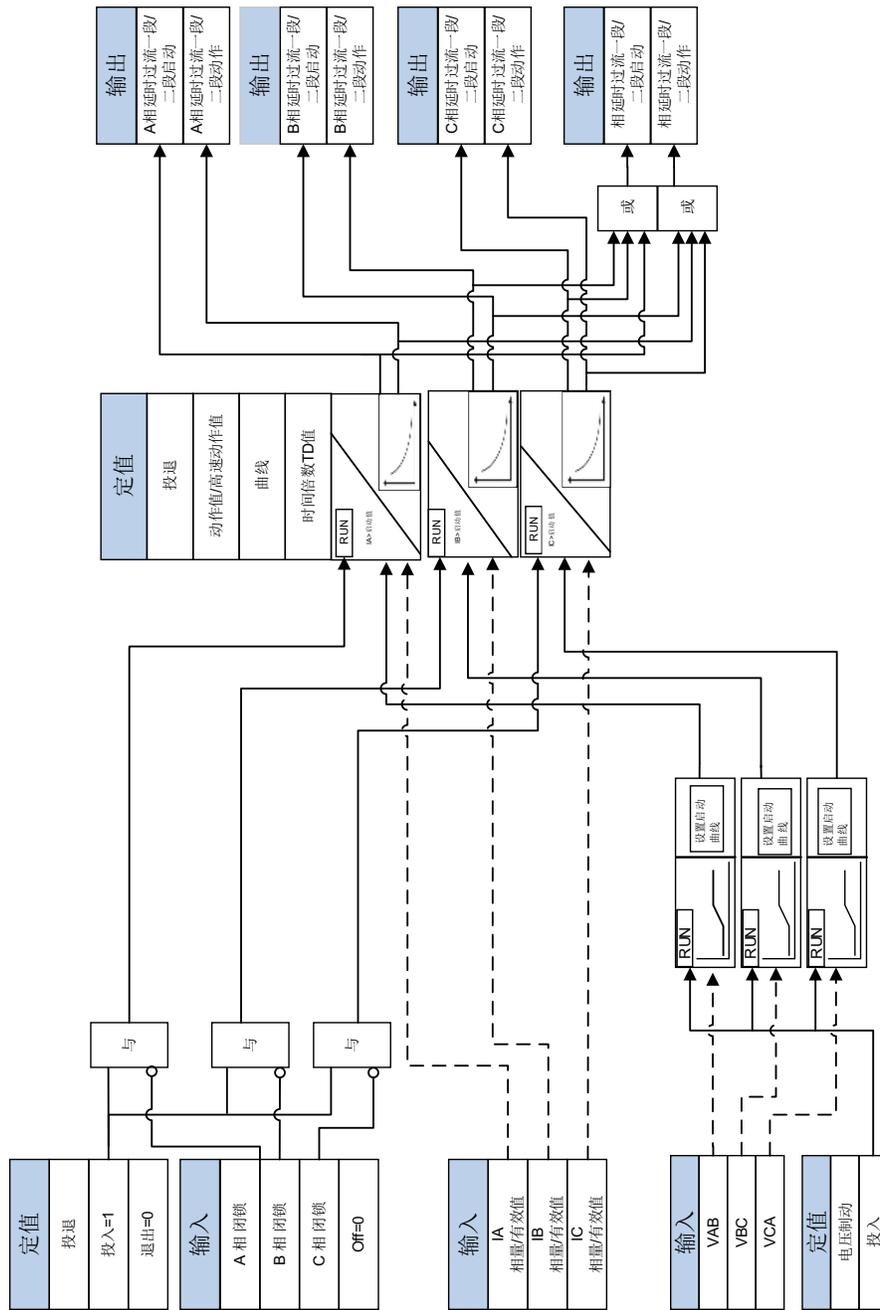


图 28: 延时过流一段 / 二段元件保护逻辑图

注: 电机低速状态下采用 "动作值" 定值, 高速状态下采用 "高速动作值" 定值。

4.4.5.3 相方向元件 (67P)

相方向元件 (67P) 对于每相均有独立的元件, 用于确定在永久性故障和短时性故障状况下的电流方向。

该元件的主要作用是对过流元件启用闭锁信号, 当电流流过某方向时防止其动作。为了确定电流方向, 该元件使用相电流值作为启动值, 相间电压作为极化值。使用 90° 接线方式进行极化。

相方向元件的定值如表所示。

表 37: 相方向元件定值

整定 > 保护元件 > 相电流 > 相方向 > 相方向 1 > 相方向 2 > 相方向 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
灵敏角	45°	1°	[-90 : +90]
方向	正向	N/A	[正向 - 反向]
闭锁逻辑	允许	N/A	[闭锁 - 允许]
极化电压门槛值	40 V	1 V	[0 : 300]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

极化电压门槛值: 这是方向计算所需的最低电压值。低于该值时元件将闭锁。

相方向元件为每相提供闭锁和动作信号, 这些信号可通过装置的 HMI 或 Enervista 650 配置工具在**实际值 > 状态 > 保护元件 > 相电流**下查看。

图 29 为相过流闭锁输入的默认配置。当**闭锁逻辑**定值设置为“闭锁”时, 该输入将在方向元件闭锁的情况下激活, 以避免任一相过流跳闸。当“**闭锁逻辑**”定值设置为“允许”时, 相过流元件允许跳闸, 以防在极化电压跌落的情况下方向元件误闭锁。

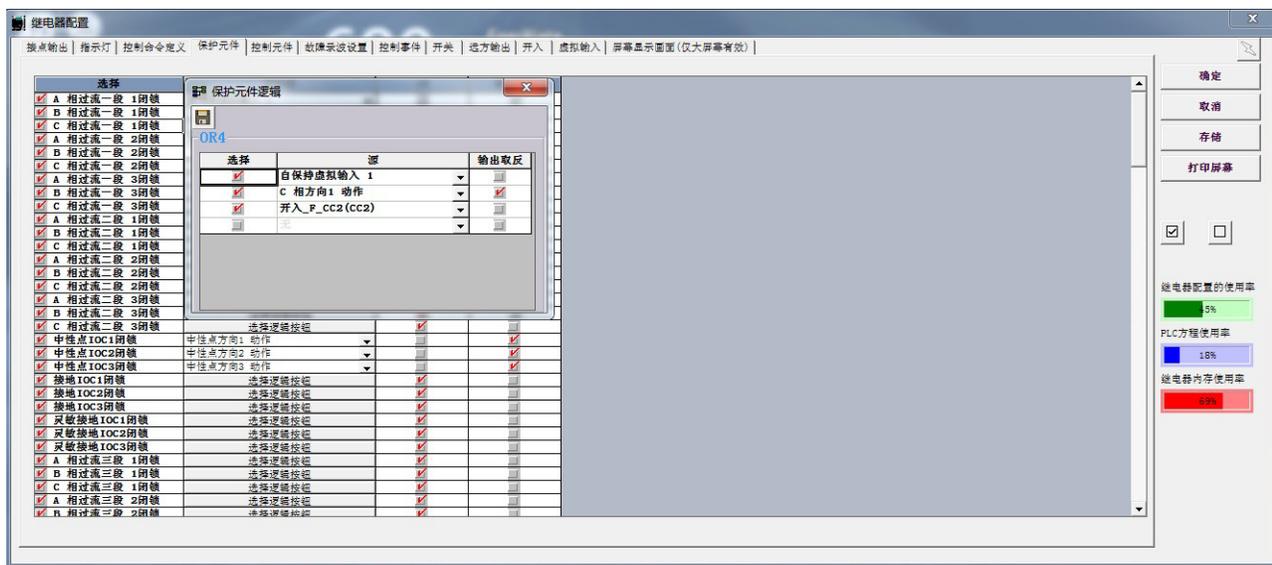


图 29: 通过方向元件配置过流元件闭锁

方向元件也可由其它继电器、PLC 逻辑产生的信号闭锁, 此时使用的信号为相方向闭锁输入。图 30 为方向元件由数字输入控制的默认闭锁配置示例, 每个定值组均有一个闭锁信号输入。



图 30：通过输入配置方向元件闭锁

相方向元件的主要组成是相位比较器，它的两个输入为：动作值（相电流）和极化值（旋转过 MTA 角度的相间电压）。

该方向元件的极化类型是 90° 接线方式，这意味着：如果 A 相出现故障，动作值将是 I_a ，极化值将是旋转过 MTA 角度的 V_{bc} ；若 B 相出现故障，动作值将是 I_b ，极化值将是旋转过 MTA 角度的 V_{ca} ；若 C 相出现故障，动作值将会是 I_c ，极化值将是旋转过 MTA 角度的 V_{ab} 。

表 38：方向元件的动作值和极化值

相	动作信号	极化信号 VPOL	
		ABC 相序	ACB 相序
A	I_A 角	V_{BC} 角 $\times 1$ MTA	V_{CB} 角 $\times 1$ MTA
B	I_B 角	V_{CA} 角 $\times 1$ MTA	V_{AC} 角 $\times 1$ MTA
C	I_C 角	V_{AB} 角 $\times 1$ MTA	V_{BA} 角 $\times 1$ MTA

极化图如下所示：

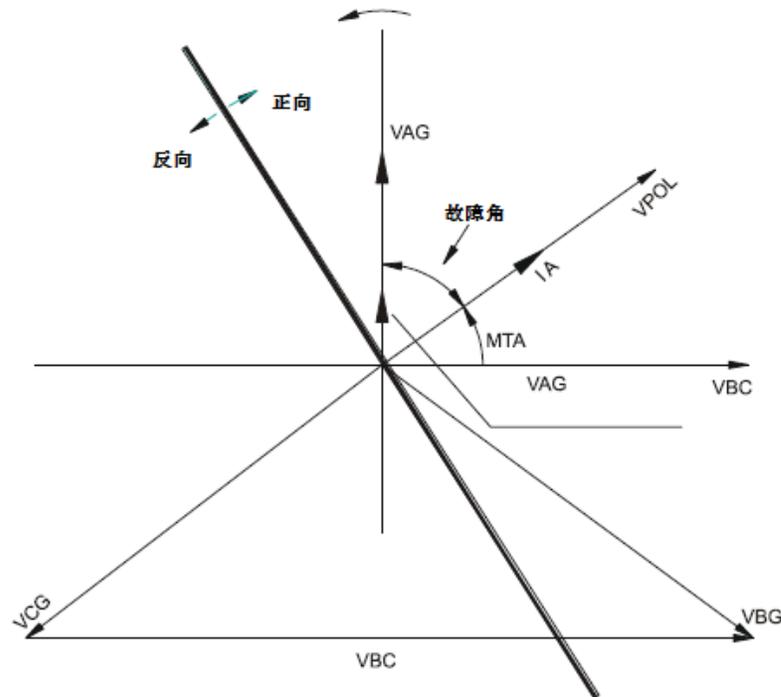


图 31：极化图

上图表示 A 相发生故障，故动作值为 I_A ，极化值为旋转过 MTA 角度的 V_{BC} 。逆时针旋转为正角，顺时针旋转为负角。故障电流在极化电压的两侧 $\pm 90^\circ$ 的弧形内时，方向为正向。在方向元件定值中有一个方向设定，可设定以正向或反向为动作区。动作范围包括每侧 5° 的裕度。从非动作区进入动作区时，应用该裕度。从动作区进入非动作区时，不考虑裕度。

注意：在故障期间发生电流反转时，相方向元件将需要大约 20 ms 来建立闭锁信号。而某些电流速断元件可能在接收到方向元件的闭锁信号之前启动。为避免出现方向元件不能准确闭锁瞬时过流的情况，我们建议为瞬时过流元件增加 50 ms 的延时。

相方向元件的保护逻辑如图 32 所示：

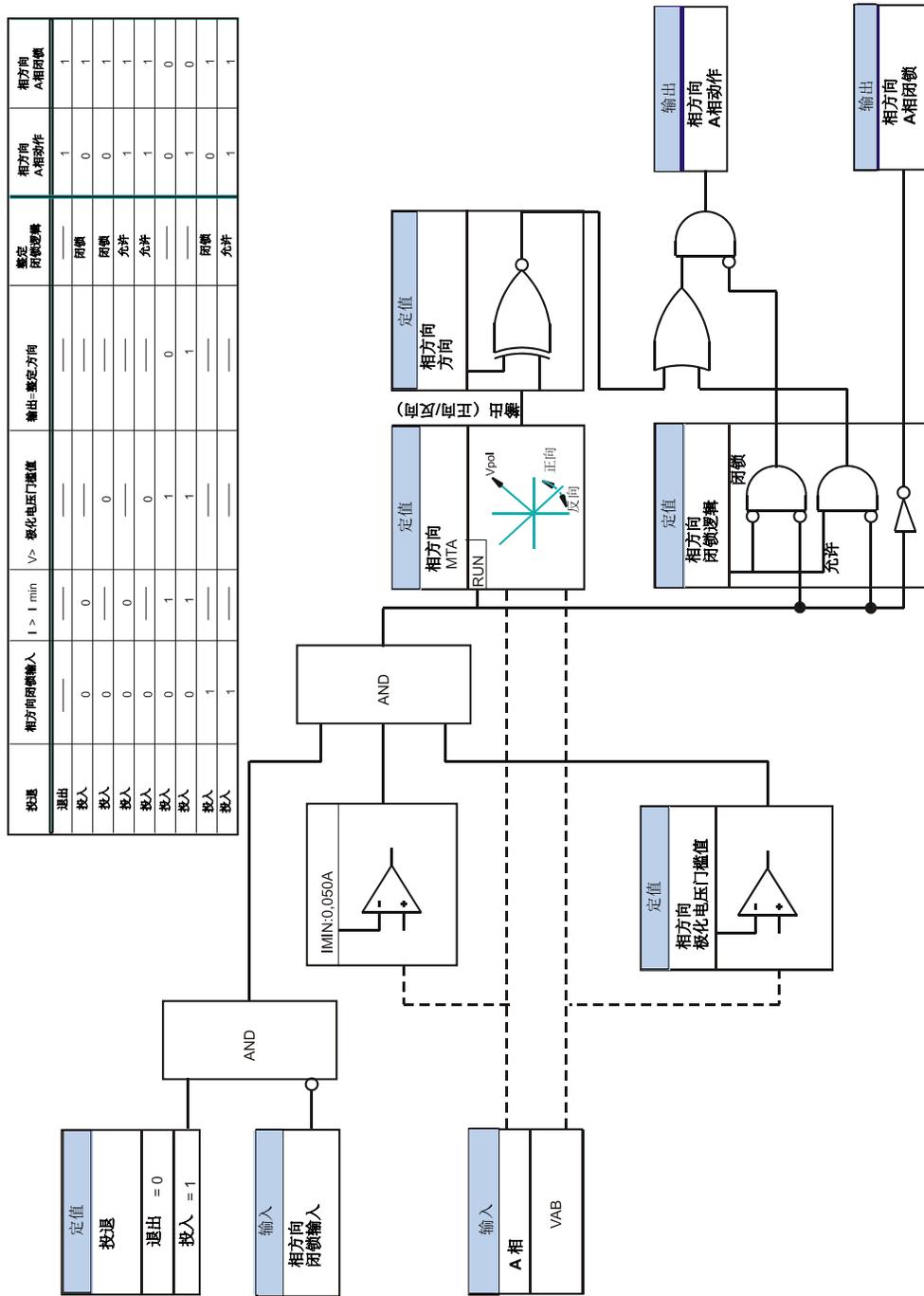


图 32：方向元件的保护逻辑图

4.4.5.4 欠电流

电机运行时，如果任意一相电流的幅值跌至欠电流告警启动值以下一段时间（该时长由欠电流告警延时设定）后，系统将告警。如果任意一相电流的幅值跌至欠电流跳闸启动值以下一段时间（该时长由欠电流跳闸延时设定）后，系统将跳闸；欠电流告警和跳闸启动值应低于电机的最小正常运行电流值。

例如，某泵是由其泵入 / 出的液体冷却，失去负载意味着泵会过热。在这种情况下将开启欠电流功能。如果电机负载等效电流值从不低于 75% FLA，则欠电流跳闸启动值可设定为 70% FLA，欠电流告警启动值可设定为 75% FLA。欠电流跳闸延时和欠电流告警延时通常为越快越好（如 1.00 秒）。

欠电流元件只在电机运行时有效，在电机启动阶段（该时长由启动时闭锁欠电流设定）被闭锁。闭锁用于允许泵在欠电流保护跳闸或告警之前达到额定工作模式。

表 39: 欠电流元件定值

整定 > 保护元件 > 相电流 > 欠电流 > 欠电流 1 > 欠电流 2 > 欠电流 3			
名称	缺省值	步长	范围
告警投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
启动时闭锁时长	1 s	1 s	[1 - 600]
告警动作值	0.05 A	0.01 A	[0.05 - 50.00]
高速告警启动	0.05 A	0.01 A	[0.05 - 50.00]
告警延时	1.00 s	0.01 s	[1.00 - 60.00]
跳闸投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
跳闸动作值	0.05 A	0.01 A	[0.05 - 50.00]
高速跳闸动作值	0.05 A	0.01 A	[0.05 - 50.00]
跳闸延时	1.00 s	0.01 s	[1.00 - 60.00]
告警事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]
跳闸事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

欠电流的逻辑原理如下图所示。

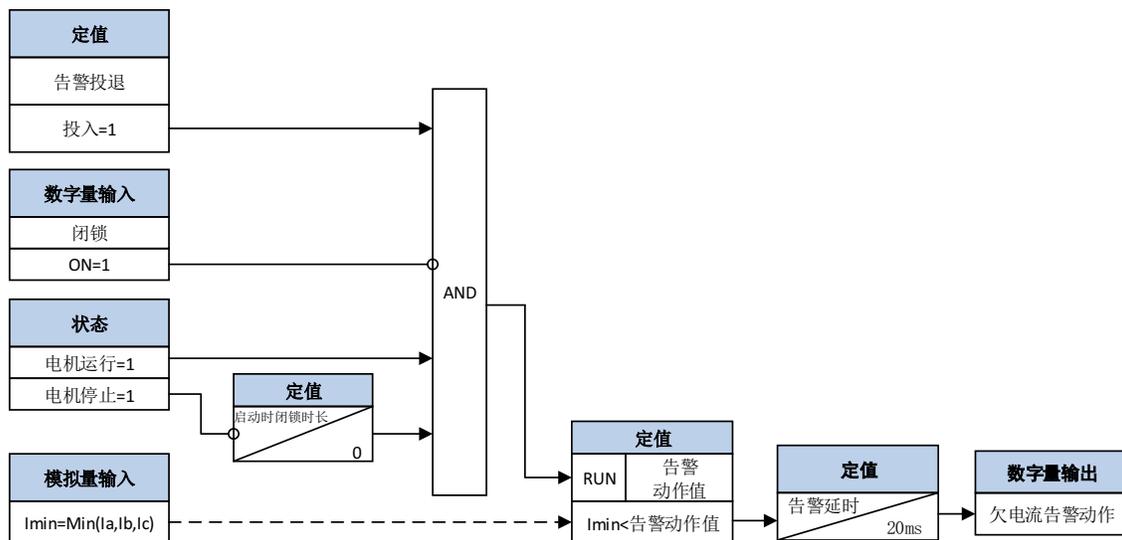


图 33: 欠电流告警逻辑图

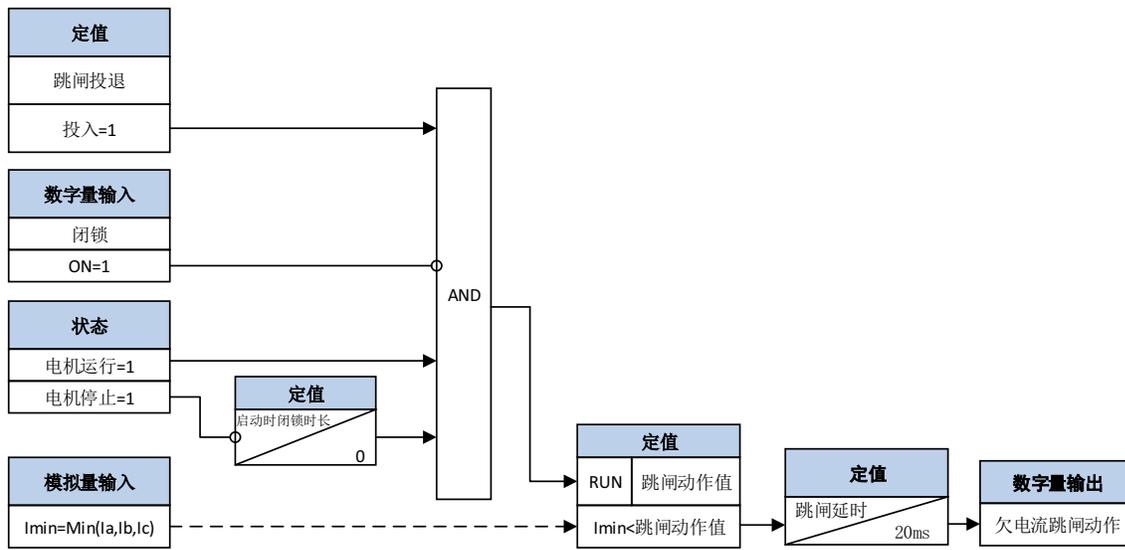


图 34: 欠电流跳闸逻辑图

4.4.6 中性点电流

中性点电流菜单包含以下过流元件：

- 中性点延时过流元件
- 中性点瞬时过流元件

4.4.6.1 中性点延时过流元件（51N）

该元件的输入为三相相电流相加得到的中性点电流。跳闸时间可由曲线选定。返回方式可选择瞬时或线性。

表 40：中性点延时过流元件定值

整定 > 保护元件 > 中性点电流 > 中性点延时过流 中性点延时过流 1 > 中性点延时过流 2 > 中性点延时过流 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	1.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
曲线	IEEE 极端反时限	N/A	[参见曲线列表]
时间倍数 TD 值	1.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回	瞬时	N/A	[瞬时 - 线性]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.6.2 中性点瞬时过流元件（50N）

该元件可用作速断元件或定时限元件。该元件的输入为三相相电流相加得到的中性点电流。

表 41：中性点瞬时过流元件定值

整定 > 保护元件 > 中性点电流 > 中性点瞬时过流 中性点瞬时过流 1 > 中性点瞬时过流 2 > 中性点瞬时过流 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	30.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
跳闸延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.7 接地电流

接地电流菜单包含以下过流元件：

- 接地延时过流元件（51G）
- 接地瞬时过流元件（50G）

4.4.7.1 接地延时过流元件（51G）

接地延时过流是接地反时限过流保护元件。接地电流从接地输入（B9-B10）测量，可选为 DFT 基波或 RMS 值。跳闸时间可由曲线选定。元件返回方式可选择瞬时或线性。

表 42: 51G 元件定值

整定 > 保护元件 > 接地电流 > 接地延时过流 接地延时过流 1 > 接地延时过流 2 > 接地延时过流 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
输入	基波值	N/A	[基波值 - 有效值]
动作值	1.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
曲线	IEEE 极端反时限	N/A	[参见曲线列表]
时间倍数 TD 值	1.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回	瞬时	N/A	[瞬时 - 线性]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.7.2 接地瞬时过流元件 (50G)

接地瞬时过流是接地过流速断保护元件，定值范围为 0.05 A - 160 A。该元件也可设为定时限，延时可选 0 - 900 秒。接地电流从接地输入端 (I_g) 测量，可选为 DFT 基波或 RMS 值。该元件的返回时间可选 0 - 900 秒。元件输出为启动和跳闸信号。

表 43: 50G 元件定值

整定 > 保护元件 > 接地电流 > 接地瞬时过流 接地瞬时过流 1 > 接地瞬时过流 2 > 接地瞬时过流 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
输入	基波值	N/A	[基波值 - 有效值]
动作值	30.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
跳闸延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.8 灵敏接地电流

M650 A 版和 D 版的灵敏接地电流菜单包含以下过流元件（加强版 M650P 无此功能）：

- 灵敏接地延时过流元件
- 灵敏接地瞬时过流元件
- 灵敏接地方向过流元件

4.4.8.1 灵敏接地延时过流元件 (51SG)

灵敏接地延时过流元件的定值范围为 0.005A - 16A，灵敏接地电流输入从灵敏接地输入端 B11-B12 测得，可选为 DFT 基波或 RMS 值。跳闸时间可由动作曲线选择，元件返回可选择瞬时或线性。

表 44: 51SG 元件定值

整定 > 保护元件 > 灵敏接地电流 > 灵敏接地延时过流 灵敏接地延时过流 1 > 灵敏接地延时过流 2 > 灵敏接地延时过流 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
输入	基波值	N/A	[基波值 - 有效值]
动作值	0.050 A	0.001 A	[0.005 : 16.000]
曲线	IEEE 极端反时限	N/A	[参见曲线列表]
时间倍数 TD 值	1.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]

复位	瞬时	N/A	[瞬时 - 线性]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.8.2 灵敏接地瞬时过流元件 (50SG)

灵敏接地瞬时过流元件的定值范围为 0.005A - 16.00A。该元件也可设为定时限，延时范围 0 - 900 s。接地电流输入从灵敏接地输入端测量，可选为 DFT 基波或 RMS 值。元件返回时间可设为 0 - 900 s。元件输出为启动和跳闸信号。

表 45: 50SG 元件定值

整定 > 保护元件 > 灵敏接地电流 > 灵敏接地 瞬时过流 灵敏接地 瞬时过流 1 > 灵敏接地 瞬时过流 2 > 灵敏接地 瞬时过流 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
输入	基波值	N/A	[基波值 - 有效值]
动作值	0.100 A	0.001 A	[0.005 : 16.000]
跳闸延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.8.3 灵敏接地方向元件 (67SG)

灵敏接地方向元件主要用来监控灵敏接地过流。动作值为从相应输入端 (B11-B12) 直接测量的灵敏接地电流；极化值为从专用电压输入端 (A11-A12) 测量得到的零序电压 (V_x)。A 版有该功能，D 版及 P 版无该功能。

注：当 VT 接线方式为三角形时，对于 A 版，投入使用前需确认。

表 46: 灵敏接地方向元件定值

整定 > 保护元件 > 灵敏接地电流 > 灵敏接地方向 > 灵敏接地方向 1 > 灵敏接地方向 2 > 灵敏接地方向 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
灵敏角	-45°	1°	[-90 : +90]
方向	正向	N/A	[正向 - 反向]
闭锁逻辑	允许	N/A	[闭锁 - 允许]
极化电压门槛值	10 V	1 V	[0 : 300]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

注：灵敏角用于旋转极化电压。灵敏角为正，极化电压逆时针旋转；为负，则极化电压顺时针旋转。极化电压确定了灵敏线， V_x 指向的半个平面对应反向故障， $-V_x$ 指向的半个平面对应正向故障。

4.4.9 负序电流

负序菜单包含负序延时过流元件。

4.4.9.1 负序延时过流元件 (46P)

该元件能够检测系统中的负载不平衡、断线和非全相故障。跳闸时间可由动作曲线选择，元件返回可选择瞬时或线性。

表 47：负序延时过流元件定值

整定 > 保护元件 > 负序电流 > 负序延时过流 > 负序延时过流 1 > 负序 延时过流 2 > 负序 延时过流 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	1.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
曲线	IEEE 极端反时限	N/A	[参见曲线列表]
时间倍数 TD 值	1.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回	瞬时	N/A	[瞬时 - 线性]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.10 电压元件

M650 装置包含以下电压元件：

- 低电压
- 过电压
- 零序过压
- 负序过电压

这些保护元件可应用于多种操作，例如：

低电压保护：对于感应电动机负载型，电压骤降会导致电流增大，相低电压元件（27P）可发出跳闸或告警信号。

负载转移：若发生低电压的情况，可利用低电压元件（27P）发送信号将负载转移至其它电源。

低电压元件可设为定时限或反时限曲线。若设为定时限，低电压元件会在电压低于设定值并达到所设延时的情况下动作。延时范围 0 - 900 s（步长 10ms）。

该元件也可设为反时限曲线，该曲线族由下式定义：

$$T = \frac{D}{1 - \frac{V}{V_{pickup}}}$$

其中：

T = 总动作时间

D = 动作延时定值

V = 测量电压

Vpickup = 电压启动值



图 35: 反时限低电压曲线

4.4.10.1 低电压元件 (27P)

该元件可根据实测的电压基波（星形接线可采用相电压或相间电压，三角形接线只能采用相间电压）选用反时限或定时限动作特性。一旦电压超过返回电压，元件可瞬时复位。

时间倍数 TD 值定值选择最小动作时间。**最小电压**设定动作电压的下限，电压低于该值时保护被闭锁。

低电压元件对于每相会输出独立的启动和动作信号、还可输出总启动和动作信号，总信号可由相电压信号逻辑“或”（任一相信号）或逻辑“与”（所有相信号）。

表 48: 27P 元件定值

整定 > 保护元件 > 电压元件 > 低电压一段 > 低电压一段 1 > 低电压一段 2 > 低电压一段 3 低电压二段 > 低电压二段 1 > 低电压二段 2 > 低电压二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
输入模式	相间	N/A	[相间, 相对地]
动作值	10 V	1 V	[3 : 300]
曲线	定时限	N/A	[定时限 - 反时限]
延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
最小电压	0 V	1 V	[0 : 300]
逻辑	任一相	N/A	[任一相 - 两相 - 三相]
52 监视	退出	N/A	[退出 - 启用]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.10.2 过电压元件 (59P)

相过电压元件可用作速断元件或定时限元件。输入电压为相间电压，从三角形接线 VT 直接测量或星形接线 VT 计算得到。动作延时可设为 0 - 900 s。元件返回可延时 0 - 900 s。

相过电压元件对于每相均有独立的启动和动作信号。总信号可由相电压信号逻辑“或”或逻辑“与”。

表 49：59P 元件定值

整定 > 保护元件 > 电压元件 > 过电压一段 > 过电压一段 1 > 过电压一段 2 > 过电压一段 3 过电压二段 > 过电压二段 1 > 过电压二段 2 > 过电压二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	10 V	1 V	[3 : 300]
跳闸延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
逻辑	任一相	N/A	[任一相 - 两相 - 三相]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.10.3 零序过压元件

零序过压元件可用于检测接地故障或一相、两相掉电等系统电压不对称的情况。

零序电压 ($3V_0$) 可由三相相电压计算得到 (D 版、P 版)，或通过第四路电压互感器 (V_x) 测量得到 (A 版)。

配置该元件时需考虑 VT 误差和正常电压的不平衡度。

该元件的动作延时和返回延时均可设为 0 - 900 s。

注：当 VT 接线方式为三角形时，对于 D 版及 P 版，该功能由于缺失 V_n ，不建议投入使用；对于 A 版，投入使用前需确认

表 50: 59N 元件定值

整定 > 保护元件 > 电压元件 > 零序过压一段 > 零序过压一段 1 > 零序过压一段 2 > 零序过压一段 3 零序过压二段 > 零序过压二段 1 > 零序过压二段 2 > 零序过压二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	10 V	1 V	[3 : 300]
跳闸延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.10.4 负序过电压元件 (47)

负序过电压元件采用由相电压值计算出的负序分量作为输入值, 该元件可检测一相、两相掉电或电压不平衡情况。

表 51: 47 元件定值

整定 > 保护元件 > 电压元件 > 负序过电压一段 > 负序过电压一段 1 > 负序过电压一段 2 > 负序过电压一段 3 负序过电压二段 > 负序过电压二段 1 > 负序过电压二段 2 > 负序过电压二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	10 V	1 V	[3 : 300]
跳闸延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.10.5 逆相序元件

装置可检测三相电压的相序。当所有相间电压 (V_{ab} , V_{bc} 和 V_{ca}) 均大于 50V 时, 若三相电压的相序和设定的电源相序不同、且无断线故障, 系统将在 100 ms 内告警 / 跳闸并且启动闭锁。

表 52: 逆相序元件定值

整定 > 保护元件 > 电压元件 > 逆相序 逆相序 1 > 逆相序 2 > 逆相序 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

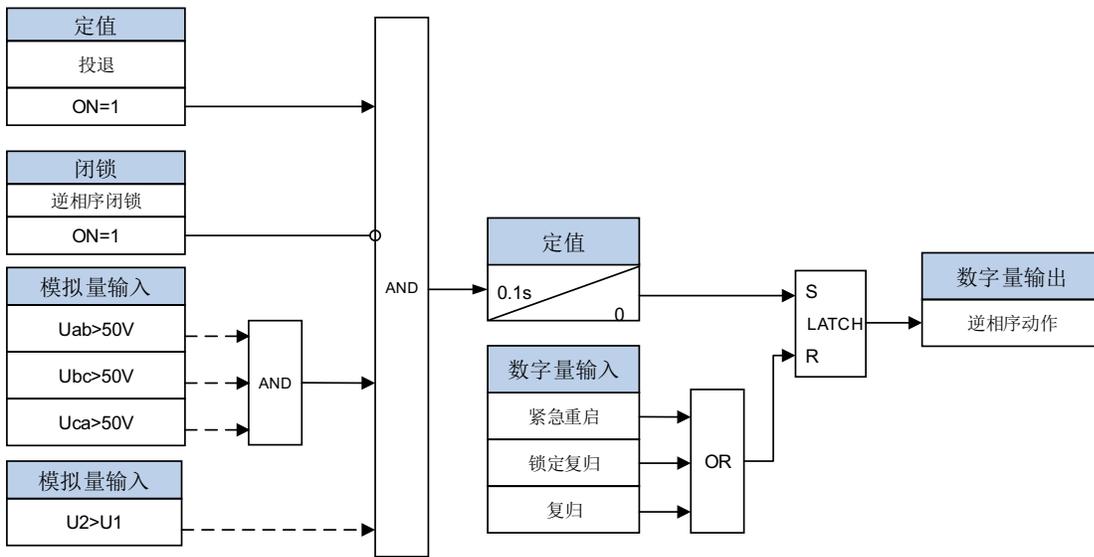


图 36: 逆相序逻辑图

4.4.11 功率

4

4.4.11.1 欠功率

电机运行期间，一旦三相有功功率的幅值降至启动值以下并达到所设延时，元件会产生跳闸或告警。启动值基于电机铭牌额定功率（MNR）设定，应小于电机正常运行的最小负载功率。例如，欠功率可用于失载检测。

用户可使用启动时闭锁欠功率特性。只有当电机运行且启动时闭锁一段时间（该时长由启动时闭锁欠功率设定）后，欠功率元件才会被激活。

表 53: 欠功率定值

整定 > 保护元件 > 相电流 > 欠功率 > 欠功率 1 > 欠功率 2 > 欠功率 3			
名称	缺省值	步长	范围
告警投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
启动时闭锁时长	1 s	1 s	[1 : 600]
告警动作值	70% MNR	1% MNR	[10 : 100]
告警延时	1.00 s	0.01 s	[1.00 : 60.00]
跳闸投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
跳闸动作值	60% MNR	1% MNR	[10 : 100]
跳闸延时	1.00 s	0.01 s	[1.00 : 60.00]
告警事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]
跳闸事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

欠功率的逻辑原理如下图所示。

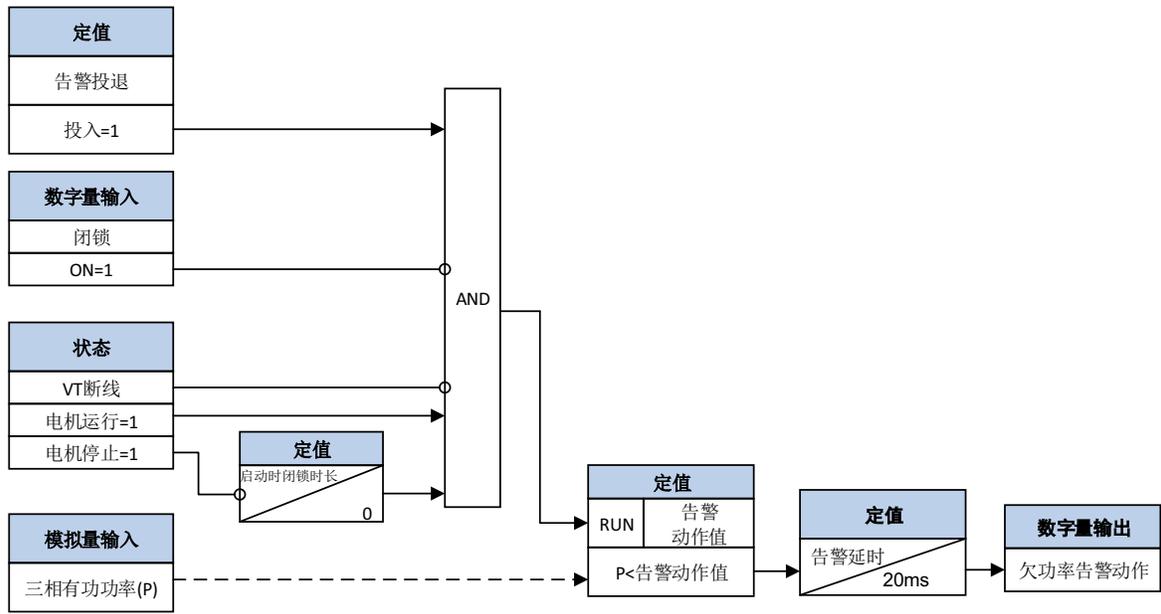


图 37：欠功率告警逻辑图

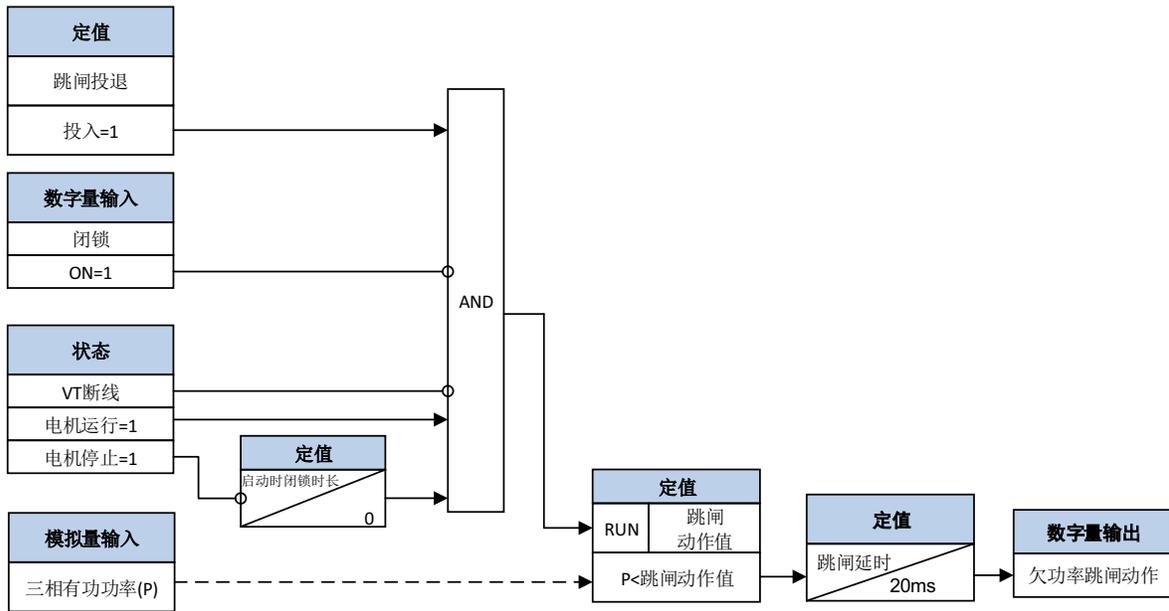


图 38：欠功率跳闸逻辑图

4.4.11.2 功率方向

功率方向元件监测三相功率方向，可用在同步电机或联合发电连接点的逆功率和正向低功率应用场合。

该元件具有可调节的特性角和最小工作功率，如下图所示。满足下面的条件时元件作出响应：

$$P \cos \theta + Q \sin \theta > SMIN \quad (\text{公式 4.1})$$

其中： P 和 Q 分别为有功和无功功率
 θ 为元件特性角（功率方向灵敏角）
 $SMIN$ 为最小工作功率

功率方向特性如下图所示：

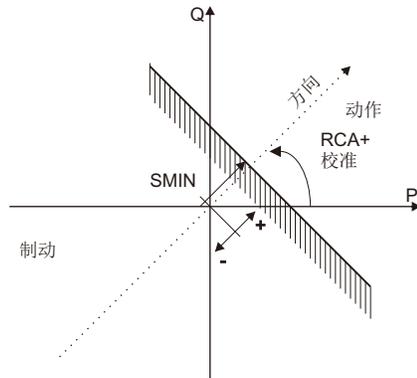


图 39: 功率方向特性

通过调整特性角从 $0^\circ \sim 180^\circ$ ，步长 0.01° ，可实现如下图所示各种动作特性。如特性角设置为 0° 时，元件正向功率动作，当特性角设置为 180° 时，元件反向功率动作。当角度为 90° 和 270° 时情况相似，但针对无功功率方向。

下图 (a, b, c, d, e, f) 分别示出了不同功率应用的整定设置。

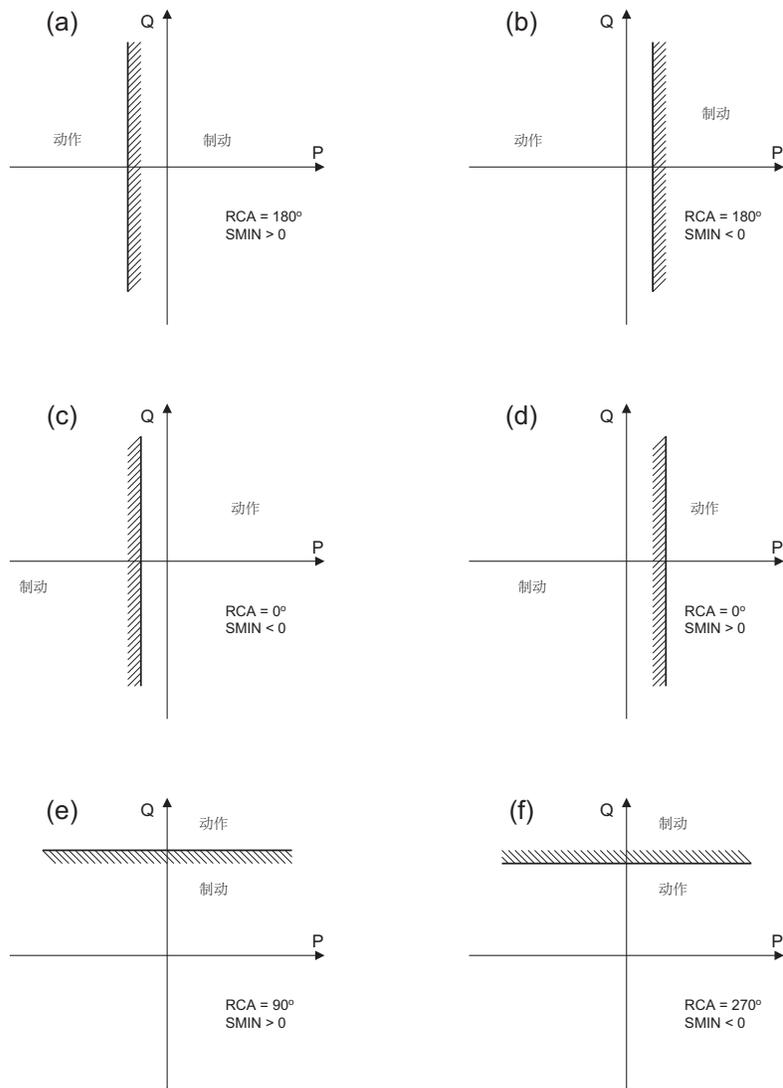


图 40: 功率方向元件应用举例

表 54: 功率方向定值

整定 > 保护元件 > 功率 > 功率方向			
功率方向 1 > 功率方向 2 > 功率方向 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
合闸后的闭锁时间	0.00 s	0.01 s	[0.00 - 900.00]
功率方向角 1	0.00°	0.01°	[0.00- 359.99]
I 段最小值	10.00 MW	0.01 MW	[-10000.00 - 10000.00]
I 段延时	60.00 s	0.01 s	[0.00 - 900.00]
功率方向角 2	0.00°	0.01°	[0.00- 359.99]
II 段最小值	20.00 MW	0.01 MW	[-10000.00 - 10000.00]
II 段延时	60.00 s	0.01 s	[0.00 - 900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.12 电流不平衡元件

不平衡电流，也称为负序电流或者 I_2 ，将导致转子升温。如果热过负荷保护的不平衡偏置功能已开启，一旦不平衡电流导致升温、电机的热容量被耗尽时，热过负荷保护将通过跳闸来保护电机免受损坏。不过，不平衡电流保护在电机充分升温之前就能检测到不平衡的情况并告警甚至跳闸。

当电机运行的平均电流（ I_{avg} ）大于等于 FLA 时，电流不平衡度定义为负序电流与正序电流的比值：

$$\frac{I_2}{I_1} \times 100\%$$

当电机运行时的平均电流小于 FLA 时，电流不平衡度由下式定义：

$$\frac{I_2}{I_1} \times \frac{I_{avg}}{FLA} \times 100\%$$

如果该功能开启，一旦不平衡度达到或超过启动值一定的时间，系统将发生跳闸和 / 或告警。

设置启动值时需要注意：1% 的电压不平衡通常等价于 6% 的电流不平衡。为避免误跳闸或误告警，启动值不应设置过低。此外，由于短时不平衡经常发生，应设置一个合适的延时以避免误跳闸或误告警。

表 55：电流不平衡定值

整定 > 保护元件 > 电流不平衡 > 电流不平衡 1 > 电流不平衡 2 > 电流不平衡 3			
名称	缺省值	步长	范围
告警投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
告警动作值	15%	1%	[4 : 40]
告警延时	1.00 s	0.01 s	[1.00 : 60.00]
跳闸投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
跳闸动作值	30%	1%	[4 : 40]
跳闸延时	1.00 s	0.01 s	[1.00 : 60.00]
告警事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]
跳闸事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

电流不平衡的逻辑原理如下图所示。

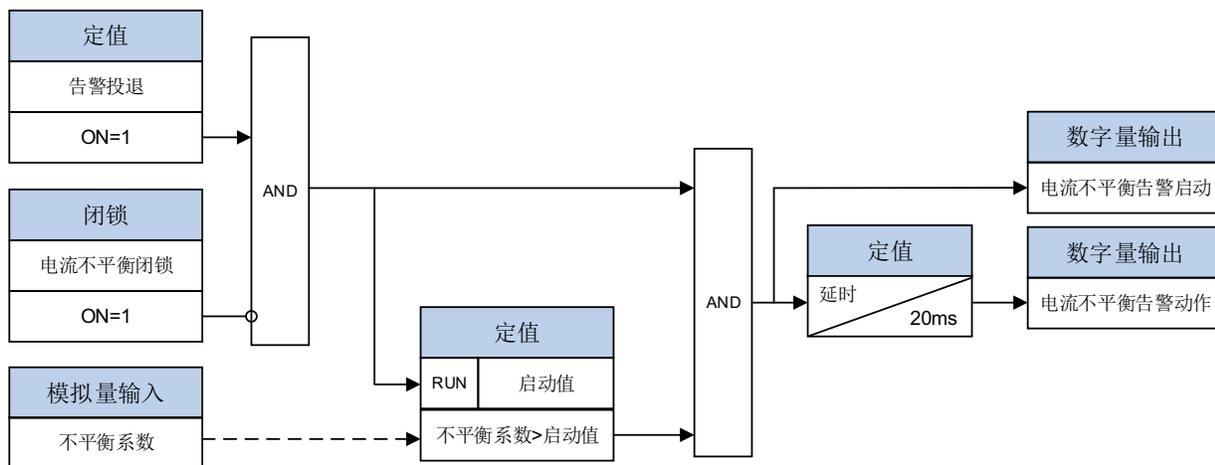


图 41：电流不平衡告警逻辑图

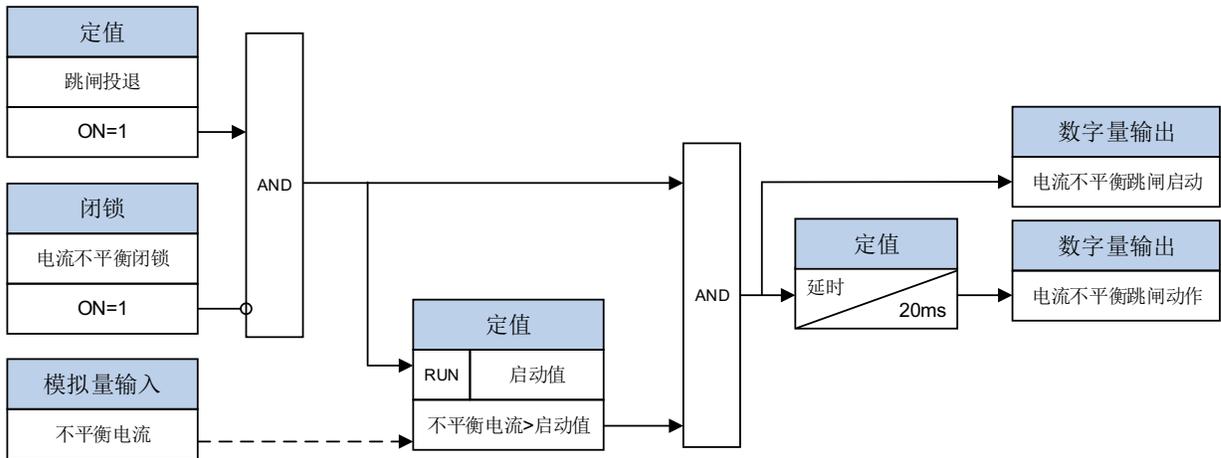


图 42: 电流不平衡跳闸逻辑图

4.4.13 启动时间过长

热保护适用于启动和过负荷条件下的电机，而启动时间过长是对热保护的补充。比如，电机始终在 2 秒内启动，但安全堵转时间为 8 秒，没必要让电机处在堵转状态 7 或 8 秒之后热保护才动作。

启动时间过长功能开启时，若电机在设定的启动时间内未从启动状态达到运行状态，该保护将会跳闸。在双速电机应用中，需要分别设置从停止到低速和停止到高速的启动时间。若电机的启动时间可变，该定值应略大于最长启动时间。

表 56: 启动时间过长定值

整定 > 保护元件 > 启动时间过长 > 启动时间过长 1 > 启动时间过长 2 > 启动时间过长 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
停止到低速启动时间	10.0 s	0.1 s	[1.0 : 250.0]
停止到高速启动时间	10.0 s	0.1 s	[1.0 : 250.0]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

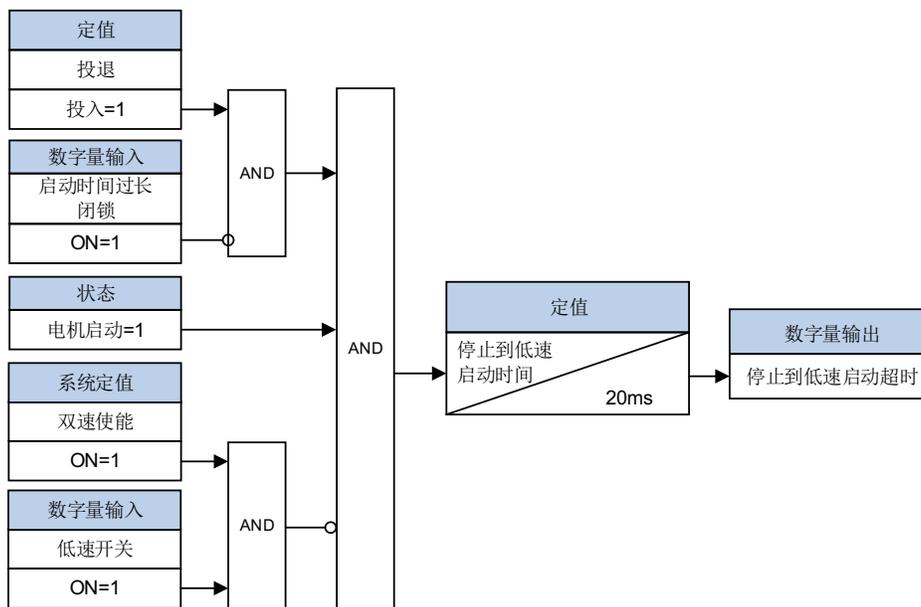


图 43: 停止到低速启动时间过长逻辑图

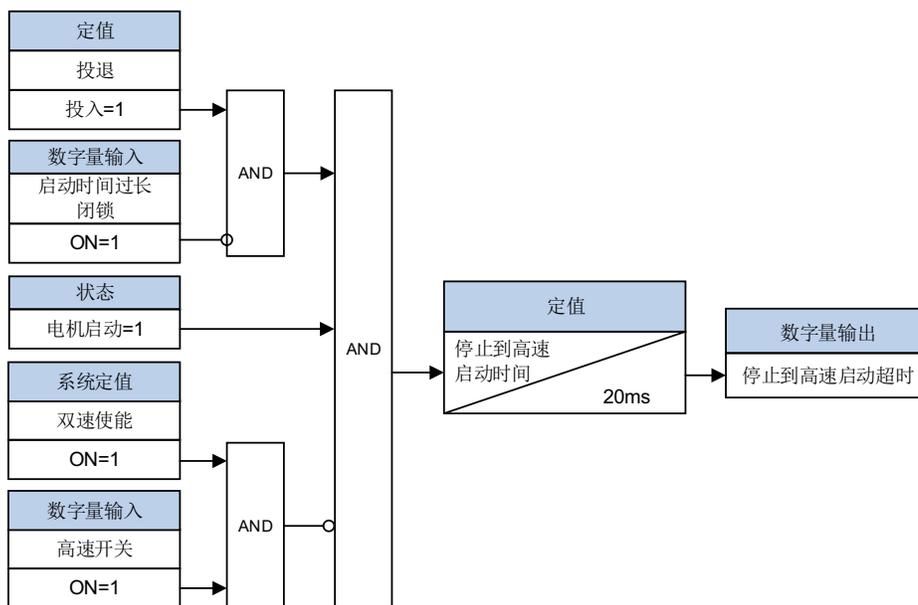


图 44: 停止到高速启动时间过长逻辑图

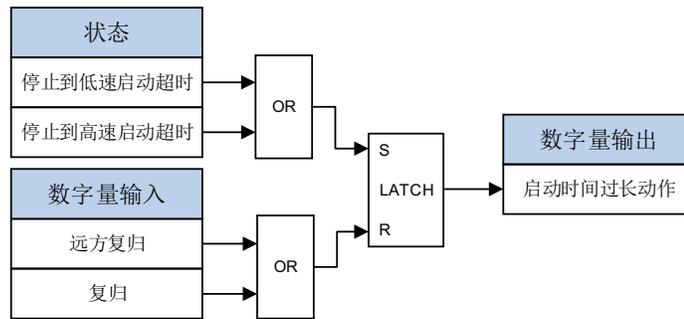


图 45: 启动时间过长逻辑图

4.4.14 堵转保护元件

电机负荷可能会在启动或正常运行时被堵转。启动时的电流幅值变化不能准确反映是否发生负荷堵转，还需通过监视加速时间和转速来检测。一旦任意一相电流幅值超过堵转启动值一段时间（该时长由堵转延时设定）后，装置将产生跳闸。堵转发生时，经过设定的延时之后若热容量达到 100%，热保护元件也将动作。在运行过程中若电机被堵转，堵转保护不仅比热保护更快的将电机切除，它还会为驱动设备提供保护或降低损坏。

堵转启动值应高于电机正常带载运行时的电流值、低于堵转电流值。延时通常设定为最小延时或高于瞬时负载波动时间，以免引起误跳闸。

堵转是严重故障，它将导致电机锁定，除非通过紧急重启或锁定复归，否则电机不能复归。

表 57: 堵转保护定值

整定 > 保护元件 > 堵转保护 > 堵转保护 1 > 堵转保护 2 > 堵转保护 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	1.01 FLA	0.01 FLA	[1.01:4.50]
高速动作值	1.01 FLA	0.01 FLA	[1.01:4.50]
跳闸延时	0.00 s	0.01 s	[0.00:900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.4.15 启动闭锁

热启动闭锁

热容量不足以支持电机成功启动时，该功能用于电机启动闭锁。电机启动闭锁逻辑由热闭锁定值决定。如果热闭锁定值设为 0，启动被闭锁，直至已用热容量衰减至 15%；如果该定值大于 0，当可用热容量低于启动已知热容量时，启动被闭锁。

每小时启动次数闭锁

该保护元件规定了 60 分钟内允许电机启动的次数。

装置测得电机电流从零增加到某个数值时，该元件认为电机启动。此时，启动次数计时器载入 60 分钟，期间不成功的启动也将被记录。一旦电机停机，过去 1 小时内的启动次数将与允许的启动次数相比较。如果次数相同，启动闭锁出口继电器将被激活，电机启动闭锁。一旦出现闭锁，锁定时间将等于 1 小时减去过去 1 小时启动后经过的最长时间。

启动间隔闭锁

该功能强制两次连续启动之间的最小时间间隔。每次启动尝试均有一个延时，在延时期间电机不能重新启动。装置测得电机电流从零增加到某个数值时，该元件认为电机启动。此时，启动间隔计时器载入设置值，期间不成功的启动也将被记录。电机停止时，如果从最近一次启动开始经过的时间小于设定的启动时间间隔，启动闭锁出口继电器将被激活，电机启动闭锁。

重启闭锁

如果出现闭锁，锁定时间等于启动时间间隔减去最近一次启动经过的时间。

重启闭锁 重启闭锁功能规定了电机从停止到重启所经过的总时间，该功能在某些应用场合非常有用。比如电机用于井下泵，在电机停止后，泵中液体可能回流至管道使转子反转，此时最好不要启动电机。

紧急重启

当电机驱动的进程连续比电机本身的保护更为重要时，使用紧急重启功能。闭合该开入，已用热容量寄存器复位为零，启动次数闭锁计数器复位，启动间隔闭锁计时器复位，所有跳闸和告警复归，从而过热电机可被重启。因此，紧急重启开入端使能时，跳闸开入会保持在正常的不跳闸状态。该功能只用于应对紧急状况，启用时装置的电机保护功能不起作用。

表 58：启动闭锁定值

整定 > 保护元件 > 启动闭锁			
名称	缺省值	步长	范围
热闭锁投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
热闭锁裕度	10%	1%	[0 : 25]
启动次数 / 时限制投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
启动次数 / 时限制值	5	1	[1 : 5]
启动间隔时间投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
启动间隔时间	60 s	1 s	[1 : 3600]
重启闭锁投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
重启闭锁时间	1000 s	1 s	[1 : 50000]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

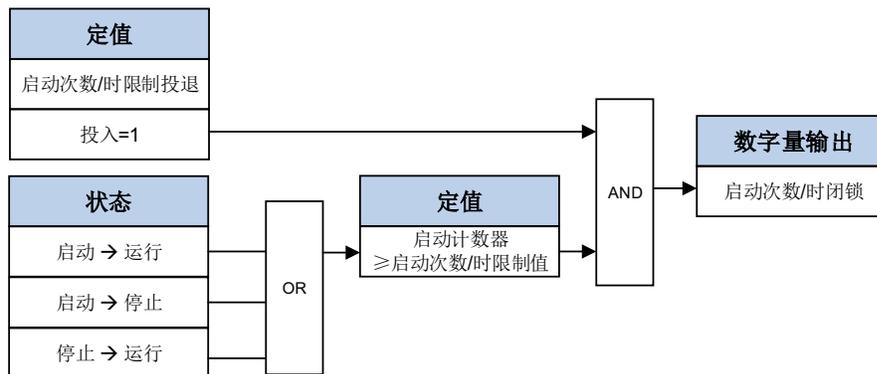


图 46：每小时启动次数闭锁逻辑图

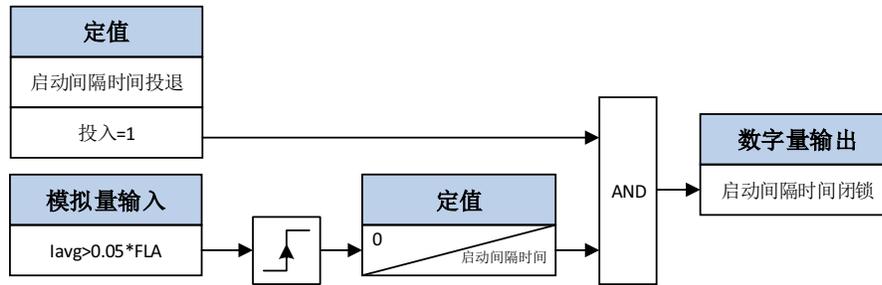


图 47: 启动间隔时间闭锁逻辑图

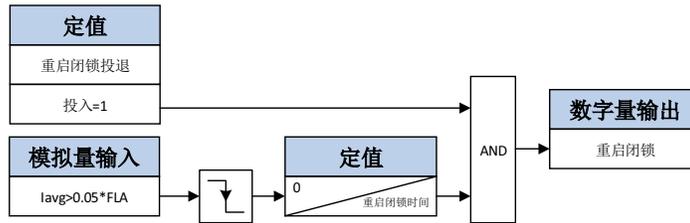


图 48: 重启闭锁逻辑图

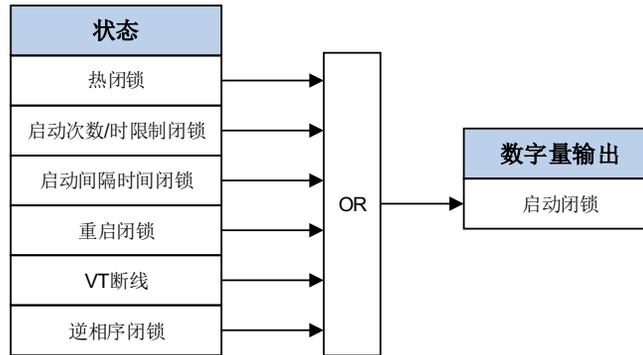


图 49: 启动闭锁逻辑图

4.4.16 磁平衡差动元件

磁平衡差动保护用于保护带磁平衡差动 CT 的电动机，该 CT 能直接测量机端和中性点回路的电流差。磁平衡差动保护和差动保护在现场应用中不会同时共用，可通过整定定值控制其投退。磁平衡差动 CT 的连接见下图：

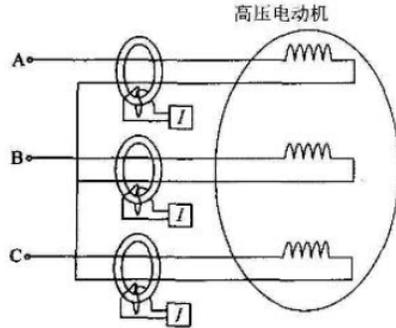


图 50: 磁平衡差动 CT 连接示意图

注：磁平衡差动 CT 引入装置时连接至 IA2（B7-B8）、IB2（B9-B10）、IC2（B11-B12）端子。

表 59: 磁平衡差动定值

整定 > 保护元件 > 磁平衡差动 > 磁平衡差动 1 > 磁平衡差动 2 > 磁平衡差动 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
启动值	0.50 A	0.01 A	[0.05:160.00]
延时	0.05 s	0.01 s	[0.00:600.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

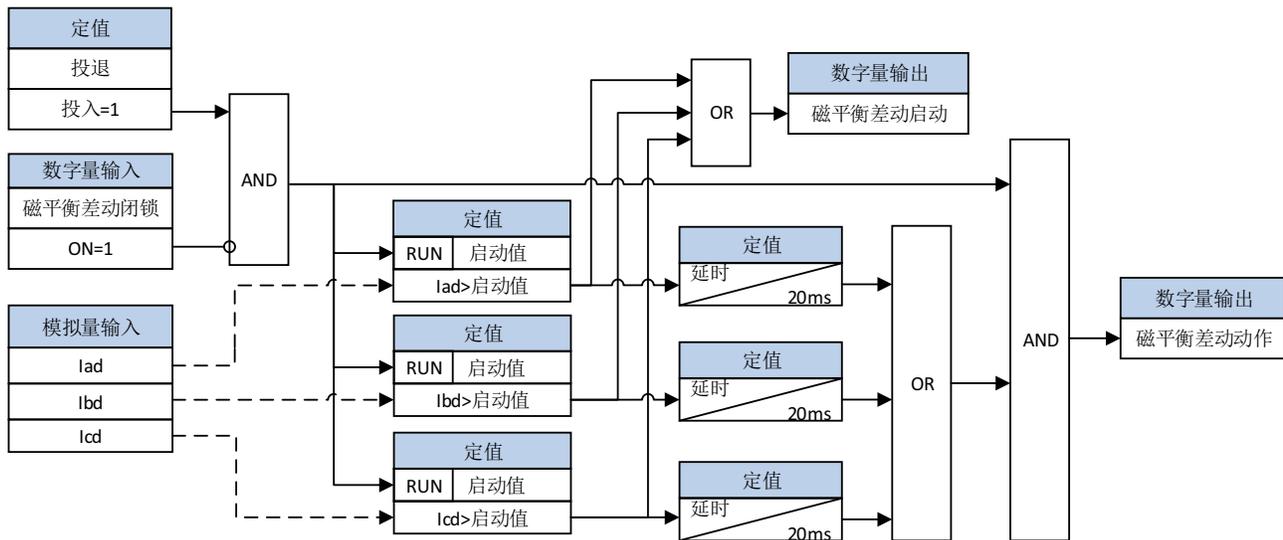


图 51: 磁平衡差动逻辑图

M650 包括以下控制元件：

- 定值组切换
- 低频率
- 过频率
- 断路器失灵
- VT 断线
- CT 断线
- 频率变化率
- 脉冲计数器
- 模拟比较器
- 数字计数器

注：使用所有与断路器相关的控制元件时，需要将开关配置为断路器。可在**整定 > 继电器配置 > 开关**下最多配置 16 个开关元件，但仅有一个可配置为断路器，用于监控开关的通断次数及 $(KI)^2t$ 。

4.5.1 定值组

定值组管理可通过**整定 > 控制元件 > 定值组切换**菜单进行设置：

表 60：定值组切换定值

整定 > 控制元件 > 定值组切换			
名称	缺省值	步长	范围
启用定值组	组 1	N/A	[组 1 - 组 2 - 组 3]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.5.2 低频率元件（81U）

电网的稳态频率表示发电与负荷之间的平衡。当缺少重要发电机组单元而导致二者失衡时，则系统频率降低。“甩负荷”调节能够根据系统的实时频率自动切断选定的负荷，进而快速恢复系统的平衡，最终保持系统的完整性并尽可能缩小停电范围。

低频率控制元件的启动值范围为 20.00 - 65.00Hz，跳闸延时和返回延时范围均为 0.00-900.00 秒，要使该元件启动，必须确保电压值大于最小电压定值，这样可防止当测量频率信号变弱或测量值较低时引起误跳闸。

表 61: 81U 元件定值

整定 > 控制元件 低频率一段 > 低频率一段 1 > 低频率一段 2 > 低频率一段 3 低频率二段 > 低频率二段 1 > 低频率二段 2 > 低频率二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	49.50 Hz	0.01 Hz	[20.00 : 65.00]
跳闸延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
最小电压	30 V	1 V	[20 : 300]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.5.3 过频率元件 (81O)

过频率保护元件的启动值范围为 20.00 - 65.00Hz，跳闸延时和返回延时范围均为 0.00 - 900.00 秒。

表 62: 81O 元件定值

整定 > 控制元件 > 过频率一段 > 过频率一段 1 > 过频率一段 2 > 过频率一段 3 过频率二段 > 过频率二段 1 > 过频率二段 2 > 过频率二段 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
动作值	50.50 Hz	0.01 Hz	[20.00 : 65.00]
跳闸延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
返回延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
最小电压	30 V	1 V	[20 : 300]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

4.5.4 断路器失灵元件 (50BF)

断路器失灵元件的使用意味着发送给断路器的跳闸指令在设定的延时无效引起。一旦发生断路器失灵，50BF 元件必须向当时连接在同一母线的其它断路器发出跳闸信号。

断路器失灵检测是通过比较整定值和测量电流来实现的。接收到断路器跳闸启动信号后，若在超过延时定值后电流值依然大于设定值，则表示断路器在接收跳闸命令后跳闸失败。装置将会给相应的断路器发送失灵信号。

断路器失灵元件包含两段电流和时间元件，还包含一个无电流（监视断路器位置）元件和一个内部拉弧检测元件。

可在**整定 > 继电器配置 > 控制元件**下配置断路器失灵启动信号。

断路器失灵元件的整定值见下表。

表 63: 50BF 元件定值

整定 > 控制元件 > 断路器失灵			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
监视动作值	1.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
高整定动作值	5.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
低整定动作值	2.00 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
内部拉弧动作值	0.10 A	0.01 A	[0.05 : 160.00]
内部拉弧延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
监视延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
高整定值延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]

低整定值延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
II 段延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
无电流延时	10.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

断路器失灵元件的逻辑原理如下图所示：

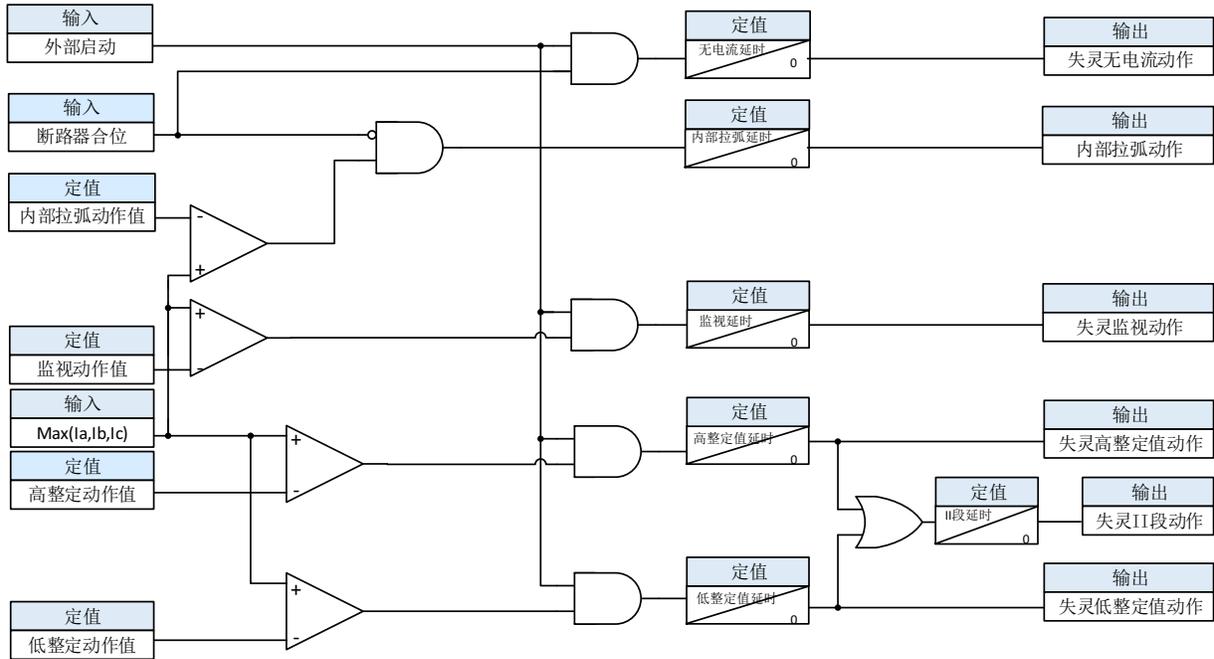


图 52：50BF 的保护逻辑

4.5.5 VT 断线 (VTFF)

VT 断线元件用于闭锁由于部分或全部电压缺失导致误动作的保护元件，因为电压缺失有可能是 VT 断线造成的。

表 64：VT 断线元件定值

整定 > 控制元件 > VT 断线			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

可通过**实际值 > 状态 > 控制元件 > VT 断线**查看 VT 断线元件提供的断线信号（VT 断线故障）。

4.5.5.1 断线算法

检测不同类型的断线应采用不同的检测方法。例如，一相或两相断线会产生很大的负序电压，而三相断线会导致较低的正序电压。

M650 元件在以下三种情况下会检测到断线：

1. 断路器合位，三相电流（ I_a 、 I_b 、 I_c ）任意一相大于 0.05A，且三相线电压（ U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} ）均小于无压定值（ $U_{ab} < 0.3 \text{ pu}$ ； $U_{bc} < 0.3 \text{ pu}$ ； $U_{ca} < 0.3 \text{ pu}$ ）；
2. 三相线电压（ U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} ）均小于无压定值（ $U_{ab} < 0.3 \text{ pu}$ ； $U_{bc} < 0.3 \text{ pu}$ ； $U_{ca} < 0.3 \text{ pu}$ ）且正序电流高于 0.075 A（ $I_{1>} > 0.075 \text{ A}$ ）；

3. 负序和正序电压比率 (V_2/V_1) 高于 0.25；负序电流和正序电流的比率 (I_2/I_1) 小于 0.2，且正序电流 (I_1) 大于 0.05A；

上述任一种情况发生 80 毫秒之后，则生成断线信号 (VT 断线)。

断线信号可发出告警或用于闭锁某些保护元件，一般针对电压制动过流元件和方向元件。

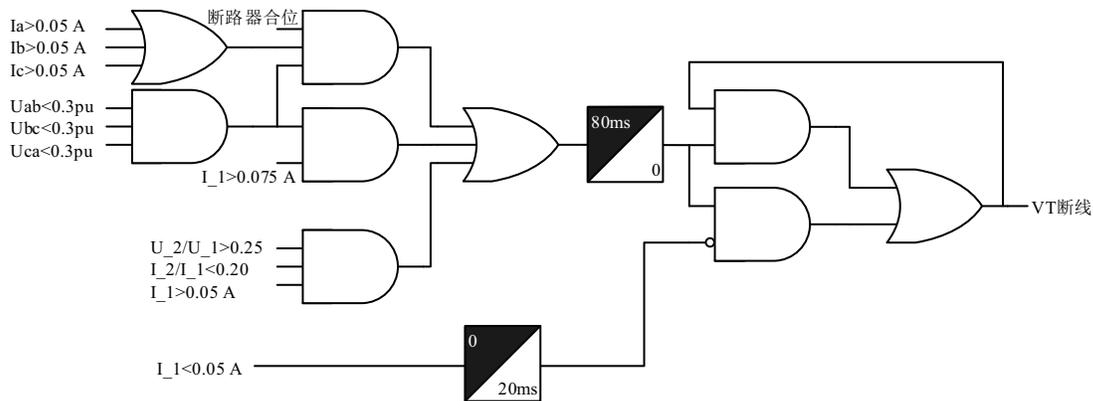


图 53: VT 断线原理图

4.5.6 CT 断线

4

该功能用于监视一次侧 CT 是否因断线而导致一相或两相电流无法被测量到的情况。在这种情况下，保护装置会测量到比较大的负序和零序电流，以致某些保护误动作；同时由于某一相或两相的电流无法被保护装置测量到，而导致某些故障无法被正确的检测出来，具有严重的安全隐患。因此，该元件用于给出 CT 断线报警、闭锁其他相关保护或直接跳断路器来对故障 CT 进行检修。

表 65: CT 断线定值

整定 > 控制元件 > CT 断线			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
零序电流动作值	0.5 A	0.001 A	[0.05 : 10.00]
零序电压动作值	30 V	0.1 V	[5.00 : 100.00]
动作延时	0.02 s	0.01 s	[0.02 : 20.00]
返回延时	0.02 s	0.01 s	[0.00 : 20.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

CT 断线的逻辑原理如下图所示。

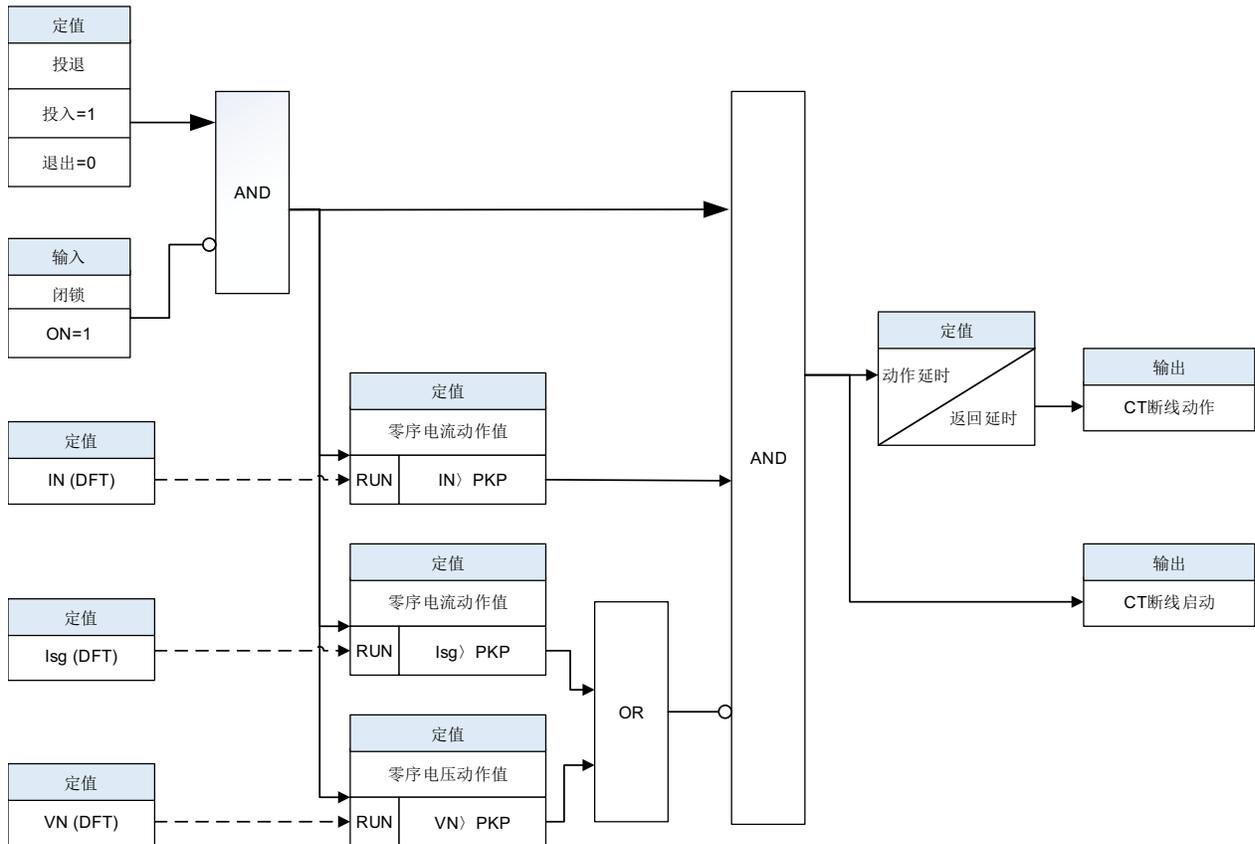


图 54: CT 断线逻辑图

说明:

1. 逻辑图中的 IN 和 VN 均为计算值，即 $IN=I_a+I_b+I_c$ ， $VN=V_a+V_b+V_c$ ；
2. 如果采用 VN 进行判断，则 PT 必须为星形接线方式。
3. CT 断线动作返回条件： $(IN < 0.97 * PKP) \text{ AND } (I_{sg} < 0.97 * PKP) \text{ AND } (VN < 0.97 * PKP)$ 。
4. 对于 M650P 加强版：Isg 由 Ig 替代。

4.5.7 脉冲计数器

M650 包含 8 个脉冲计数器，每个计数器存储输入的脉冲数，通过乘以整定的系数得到实际值。
脉冲计数功能的输入可选择。

表 66: 脉冲计数器定值

整定 > 控制元件 > 脉冲计数器			
名称	缺省值	步长	范围
脉冲计数器 X 启用	退出	N/A	[退出 - 启用]
脉冲计数器 X 名称	脉冲计数器 X	N/A	N/A
脉冲计数器 X 系数	1.000	0.001	[0.000 : 65000.000]
脉冲计数器 X 溢出	65535	1	[0 : 1000000]
脉冲计数器 X 插件	F	N/A	[F,G,H,I]
脉冲计数器 X 输入端号	1	1	[1 : 32]
注: X 为脉冲计数器编号 (1-8)。			

4.5.8 模拟比较器

M650 提供 20 个模拟比较器。当模拟量在最大值和最小值范围的区间内或区间外时，模拟比较器均会有相应的指示。

表 67: 模拟比较器定值

整定 > 控制元件 > 模拟比较器			
名称	缺省值	步长	范围
模拟功能	退出	N/A	[退出 - 启用]
模拟事件	退出	N/A	[退出 - 启用]
模拟 X 输入	无	N/A	[所有可用的模拟值]
模拟 X 最大值	1.000	0.001	[-100000.000 : 100000.000]
模拟 X 最小值	1.000	0.001	[-100000.000 : 100000.000]
模拟 X 延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 900.00]
模拟 X 裕度	1.0	0.1	[0.0 : 50.0]
模拟 X 方向	out	N/A	[In-Out]
注: X 为模拟比较器编号 (1-20)。			

4.5.9 频率变化率

M650 根据设定的信号作为频率参考。可在 **整定 > 系统设置 > 系统参数 > 频率基准相** 中设置参考信号。

表 68: 频率变化率定值

整定 > 控制元件 > 频率变化率 频率变化率 1 > 频率变化率 2 > 频率变化率 3			
名称	缺省值	步长	范围
投退	退出	N/A	[退出 - 投入]
频率变化率趋势	增加	N/A	[增加 - 减少 - 双向]
频率变化率动作值	0.50 Hz/s	0.01 Hz/s	[0.10 : 10.00]
最小电压	40.00	0.01%	[20.00 : 110.00]
频率下限	45.00 Hz	0.01 Hz	[20.00 : 80.00]
频率上限	65.00 Hz	0.01 Hz	[20.00 : 80.00]
频率变化率延时	0.00 s	0.01 s	[0.00 : 60.00]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

频率变化率动作值： 该定值定义了该元件的启动值。方向设为“增加”，则 $df/dt >$ 启动值时动作；方向设为“减少”时，则 $-df/dt >$ 启动值时动作；如果方向设为“双向”，则 $|df/dt| >$ 启动值时动作。

最小电压： 当用于频率参考的电压比值小于该定值时，闭锁该保护。



在整定保护之前须先整定系统定值，若更改系统定值，则频率变化率需重新投退一遍。

NOTE

4.6.1 输入 / 输出端子

端子	1型	2型	4型	5型	6型	
1	CC1	 COLL1 52/a	CC1	CC1		
2	CC2		CC2	CC2		
3	CC3		 COLL1 52/b	CC3	CC3	
4	CC4			CC4	CC4	
5	CC5	CC1	CC5	CC5		
6	CC6	CC2	CC6	CC6		
7	CC7	CC3	CC7	CC7		
8	CC8	CC4	CC8	CC8		
9	COMMON 1/8	COMMON 1/4	COMMON 1/8	COMMON 1/8		
10	COMMON 9/16	COMMON 5/8	COMMON 9/16	COMMON 9/16		
11	CC9	CC5	CC9	CC9		
12	CC10	CC6	CC10	CC10		
13	CC11	CC7	CC11	CC11		
14	CC12	CC8	CC12	CC12		
15	CC13	 COLL2 52/a	CC13	CC13		
16	CC14		CC14	CC14		
17	CC15	 COLL2 52/b	CC15	CC15		
18	CC16		CC16	CC16	SHIELD 1/2	
19	 O1	 O1	CC17	SHIELD 1/4	CC1+	
20	 O2	 O1	CC18	 AI1	CC1-	
21		 O2	CC19		CC2+	
22		 O3	CC20	 AI2	CC2-	
23		 O4	CC21		COMMON 3/6	
24	 O3	 O4	CC22	 AI3	CC3	
25	 O3	 O5	CC23		CC4	
26	 O4	 O6	CC24	 AI4	CC5	
27	 O4	 O7	COMMON 17/24		CC6	
28	 O5	 O8	COMMON 25/32	 AI5		
29	 O5	 O9	CC25			
30	 O6	 O10	CC26	 AI6		
31	 O6	 O11	CC27			
32	 O7	 O12	CC28	 AI7		
33	 O7	 O13	CC29			
34	 O8	 O14	CC30	 AI8		
35	 O8	 O15	CC31			
36	 O8	 O16	CC32	SHIELD 5/8		

图 55: 输入 / 输出端子

4.6.2 输入 / 输出定值

输入 / 输出定值只能通过 Enervista 650 配置工具访问（**整定 > 输入 / 输出 > 接点 I/O > 插件 X**，其中 X 表示对应的 I/O 插件），无法通过 HMI 访问。

和 I/O 插件相关的定值描述见表 69。

表 69：I/O 插件定值

整定 > 输入 / 输出 > 接点 I/O > 插件 F > 插件 G > 插件 H > 插件 J			
名称	默认值	步长	范围
I/O 插件类型 _X	无	-	[无, 16 输入 + 8 输出, 8 输入 + 8 输入 + 监视, 32 输入, 16 输入 + 8 模拟量输入, 6 输入 + 2 模拟量输出]
电压门槛值 A_X	80	1 V	[10 : 230]
电压门槛值 B_X	80	1 V	[10 : 230]
电压门槛值 C_X	80	1 V	[10 : 230]
电压门槛值 D_X	80	1 V	[10 : 230]
去抖时间 A_X	15 ms	1 ms	[1 : 50]
去抖时间 B_X	15 ms	1 ms	[1 : 50]
去抖时间 C_X	15 ms	1 ms	[1 : 50]
去抖时间 D_X	15 ms	1 ms	[1 : 50]
输入类型 _X_CCY (CCY)	常开 (脉冲)	-	[常开 (脉冲) : 常闭 (脉冲) : 常开 : 常闭]
输入延时时间 _X_CCY (CCY)	0 ms	1 ms	[0 : 60000]
输出逻辑 _X_OZ	常规	-	[常规 : 取反]
输出类型 _X_OZ	正常	-	[正常 : 脉冲 : 保持]
脉冲输出时间 _X_OZ	10000 ms	1 ms	[0 : 60000]
范围 _X_OZ	无	-	[无, -1 - 0mA, 0 - 1 mA, -1 - 1 mA, 0 - 5 mA, 0 - 10 mA]
最小值 _X_OZ	0.00	0.01	[-9999.99 : 9999.99]
最大值 _X_OZ	0.00	0.01	[-9999.99 : 9999.99]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]

X 为 I/O 插件名，可以是 F、G、H、J，选择哪种插件取决于具体的继电器型号。

F 和 G 是装置内部插件，无定值“I/O 插件类型_X”。H 和 J 是外部可用的 CIO 模块（远方总线 CAN I/O 模块）。

I/O 插件类型具体见下表：

表 70：I/O 插件类型

插件编号	ENERVISTA 650 配置工具的插件设置	插件类型
0	无	无
1	16 输入 + 8 输出	混合
2	8 输入 + 8 输入 + 监视	监视
4	32 输入	32 数字输入
5	16 输入 + 8 模拟量	16 数字量输入 + 8 模拟量输入
6	6 输入 + 2 模拟量输出	6 数字量输入 + 2 模拟量输出

CCY 代表 I/O 插件的输入名。

OZ 代表 I/O 插件的不同输出名。

4.6.3.1 输入定值说明

电压门槛值：设置范围 10 - 230v，每组输入共用一个定值。在插件 1/2 上有 A、B 两组输入，而插件 3 则有 4 组输入，每组 8 路。

去抖时间：该定值用来确定输入状态（1 - 50 ms），滤除抖动信号。作为过滤时窗，当输入变化的持续时间小于该定值时，则认为这个状态变位不可靠。每组中的所有开入共用一个去抖时间。

输入类型：外部输入的逻辑类型。常开、常闭设置对应于外部输入信号的电平高低，此时考虑延时定值。常开（脉冲）、常闭（脉冲）对应于外部输入电平发生跳变的情况，此时不考虑延时时间，只考虑去抖时间，该跳变沿信号维持一个 PLC 扫描周期后自动返回。图 56 示出在不同输入配置下的信号类型。

输入延时时间：输入信号会用到该延时，默认值 0 ms，即无延时。定值范围 0 - 60000 ms。该定值用在低速开关设备中。每一路输入都有独立的延时定值。必须强调的是要区分**输入延时时间**和**去抖时间**，去抖时间主要用来过滤那些瞬时不可靠的输入信号，去抖时间始终会加到延时时间上。

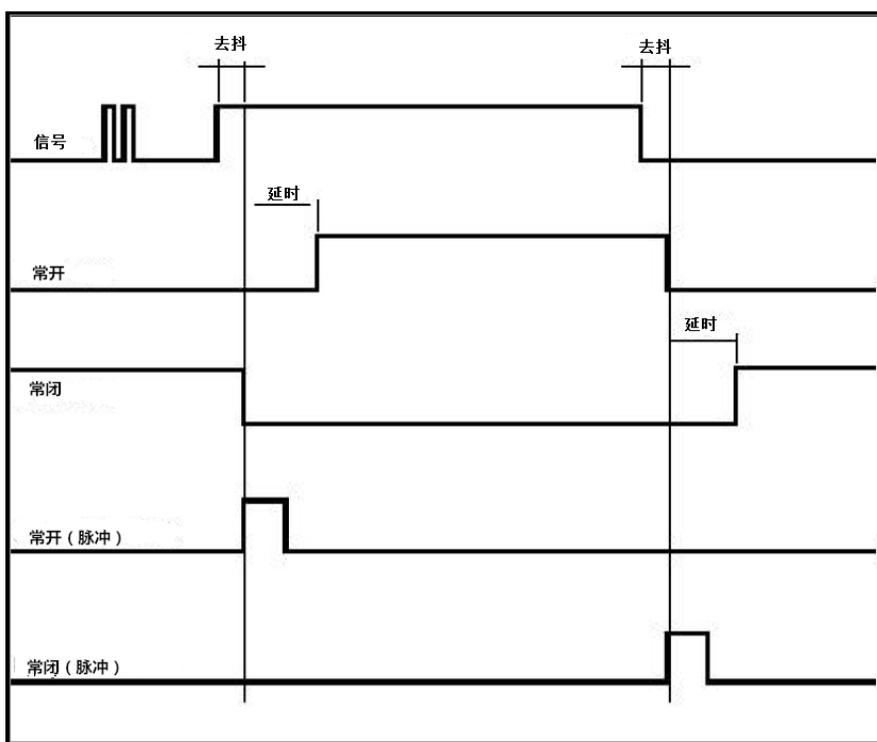


图 56: 输入逻辑类型

4.6.3.2 输入状态信号

可通过菜单**实际值 > 输入 / 输出 > 开入 > 插件 X**查看不同 I/O 插件对应的开入状态：

表 71: 开入状态

开入状态 (X: 插件 F, G, H, J)	插件类型 1 和 5	插件类型 2	插件类型 4		插件类型 6
开入 _X_CC1	CC1	CC1	CC1	CC17	CC1
开入 _X_CC2	CC2	CC2	CC2	CC18	CC2
开入 _X_CC3	CC3	CC3	CC3	CC19	CC3
开入 _X_CC4	CC4	CC4	CC4	CC20	CC4

开入_X_CC5	CC5	CC5	CC5	CC21	CC5
开入_X_CC6	CC6	CC6	CC6	CC22	CC6
开入_X_CC7	CC7	CC7	CC7	CC23	
开入_X_CC8	CC8	CC8	CC8	CC24	
开入_X_CC9	CC9	Va_COIL1	CC9	CC25	
开入_X_CC10	CC10	Vb_COIL1	CC10	CC26	
开入_X_CC11	CC11	Va_COIL2	CC11	CC27	
开入_X_CC12	CC12	Vb_COIL2	CC12	CC28	
开入_X_CC13	CC13	O7_SEAL	CC13	CC29	
开入_X_CC14	CC14	O8_SEAL	CC14	CC30	
开入_X_CC15	CC15	SUP_COIL1	CC15	CC31	
开入_X_CC16	CC16	SUP_COIL1	CC16	CC32	

4.6.4 输出

4.6.4.1 输出定值说明

输出逻辑_0X_0Z: 表示应用到输出的逻辑类型。可取常规或取反，默认为常规。根据输出类型的不同，接点输出将与触发命令同向（常规）或反向（取反）。

输出类型_0X_0Z: 表示输出波形类型，可以选择“正常”、“脉冲”或“保持”，默认值为正常。

正常: 接点输出跟随触发命令，一直保持到激励信号消失。

脉冲: 当有激励时触发一个脉冲，脉冲时长由**脉冲输出时间**决定。

保持: 激励信号消失后仍保持输出，其复归信号可通过**整定 > 继电器配置 > 接点输出 > 接点输出复归配置**。

脉冲输出时间_0X_0Z: 表示选择**脉冲**输出时脉冲触发的时间；默认值为 10000 ms。

图 57 示出不同输出类型对应的输出信号。

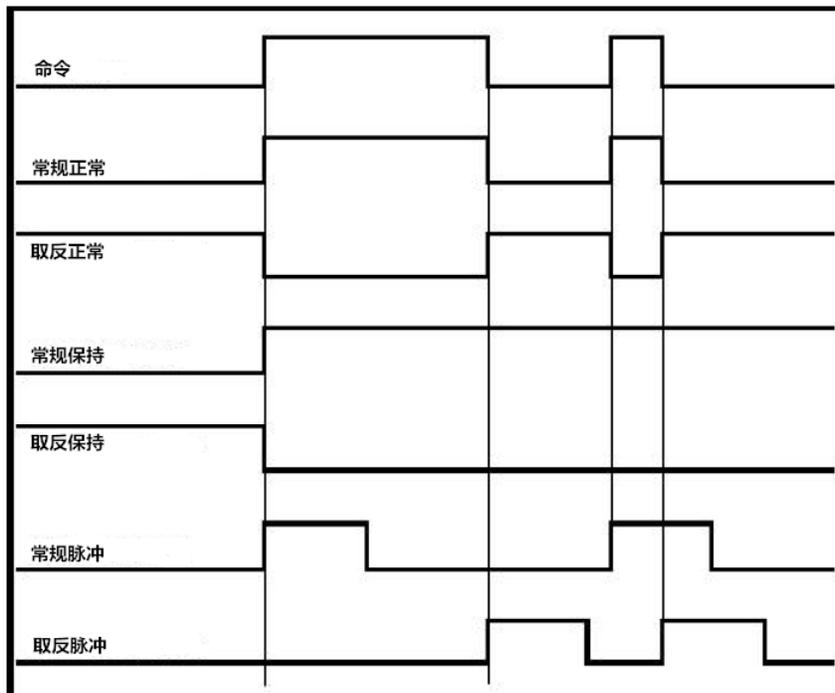


图 57: 输出逻辑类型

4.6.4.2 输出状态信号

插件类型 1 和 2 均有 8 路接点输出。

实际值 > 输入 / 输出 > 接点输出状态

接点输出的实际状态。

实际值 > 输入 / 输出 > 接点输出动作信号

内部驱动开出动作或不动作的变量的状态。

实际值 > 输入 / 输出 > 接点输出复归信号

接点输出复归的逻辑状态。输出为保持时，通过 **整定 > 继电器配置 > 接点输出 > 接点输出复归** 设置是否复归接点输出。

实际值 > 输入 / 输出 > I/O 插件状态

不同 I/O 插件的状态，指示内部 I/O 插件是否异常或是否适用于当前的装置。

表 72：接点输出信号

接点输出状态	接点输出动作信号	接点输出复归信号	IO 插件状态
接点输出 _X_01	接点输出动作信号 _X_01	接点输出复归信号 _X_01	插件 F 状态
接点输出 _X_02	接点输出动作信号 _X_02	接点输出复归信号 _X_02	插件 G 状态
接点输出 _X_03	接点输出动作信号 _X_03	接点输出复归信号 _X_03	插件 H 状态
接点输出 _X_04	接点输出动作信号 _X_04	接点输出复归信号 _X_04	插件 J 状态
接点输出 _X_05	接点输出动作信号 _X_05	接点输出复归信号 _X_05	
接点输出 _X_06	接点输出动作信号 _X_06	接点输出复归信号 _X_06	
接点输出 _X_07	接点输出动作信号 _X_07	接点输出复归信号 _X_07	
接点输出 _X_08	接点输出动作信号 _X_08	接点输出复归信号 _X_08	

4.6.5 回路监视及接点自保持回路

回路监视:

M650 可选用监视回路插件（类型 2），可通过内部 F 插件、或利用附加的 CIO 模块通过 CAN 总线连接 H 插件来实现回路监视。这类插件包含 4 个电压检测器，执行跳闸回路监视控制逻辑。

接点自保持:

接点自保持用于跳闸触点闭合时监视回路中的电流状态。若跳闸回路中电流大于 200 mA，该功能将保持跳闸触点状态。

在跳闸回路中，电流自保持功能主要用于辅助接点 52/a 动作太慢的情况，当跳闸命令返回时，这可能会引起装置触点断开早于断路器辅助接点 52/a。通过接点自保持功能，可以阻止装置触点断开跳闸回路，避免设备损坏（因为此时的电流可能远远超过装置触点的额定开断电流）。

电流监视功能的回路和电流阈值如下图所示：

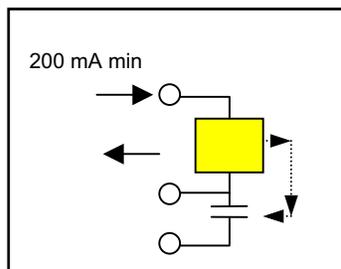


图 58：电流监视

4.6.5.1 数字输入

a) 带跳闸回路监视

监视插件包括：

8 个数字输入分为两组，每组 4 个输入带 1 个公共端（F9-F10）。

8 个辅助输出：6 个常开接点（F19-F30）和两个电流感应（保持）输出（F31-F33 和 F34-F36）。

两组跳闸回路监视输入带 4 个电压检测器。第一组对应两个隔离的数字输入（F1-F2 和 F3-F4）；第二组对应隔离电压输入 F15-F16 和 F17-F18。

通过电压检测和电流监视，可实现跳闸或合闸回路的监视及对元件输出接点的保护。

实现这些功能时，无需对元件设置任何定值，装置内部执行监视功能并始终提供以下逻辑操作数：

表 73：监视逻辑操作数

实际值 > 输入 / 输出 > 开入 > 插件 X X 表示对应的插件	
操作数	说明
开入 _X_CC9 (Va_COIL1)	当在端子 F1-F2 检测到电压时激活（回路 1）
开入 _X_CC10 (Vb_COIL1)	当在端子 F3-F4 检测到电压时激活（回路 1）
开入 _X_CC11 (Va_COIL2)	当在端子 F15-F16 检测到电压时激活（回路 2）
开入 _X_CC12 (Vb_COIL2)	当在端子 F17-F18 检测到电压时激活（回路 2）
开入 _X_CC13 (O7_SEAL)	当传感器在输出端子 F31-F33 检测到电流时激活
开入 _X_CC14 (O8_SEAL)	当传感器在输出端子 F34-F36 检测到电流时激活
开入 _X_CC15 (SUP_COIL1)	当在回路 1 检测到回路完整时激活
开入 _X_CC16 (SUP_COIL2)	当在回路 2 检测到回路完整时激活

在一个回路中，当两个电压检测器（Va 和 Vb）检测到电压下降超过 500 ms，则认为该回路出现异常。该检测功能不受断路器状态的影响。

这些操作数可关联到内部信号（虚拟输出）、LED 灯或元件输出，以便发出告警信号或闭锁相关功能，例如当检测到跳闸回路异常时，可闭锁断路器操作。

M650 可提供以下监视方案：

1. 不带监视
2. 带电流监视（自保持）
3. 带简单电压监视
4. 带双电压监视
5. 带电流和简单电压监视（自保持）
6. 带电流和双电压监视（自保持）
7. 带电流和双电压监视（自保持）并在电压监视回路串联电阻

下面将简要说明每种监视方案的连接方式。由于监视回路原理相同，因此仅以第一组连接举例说明。

b) 不带监视

这是常见情况，此时只需将跳闸回路连接到 F35 和 F36，端子 F34、F15、F16、F17 和 F18 保留不用。

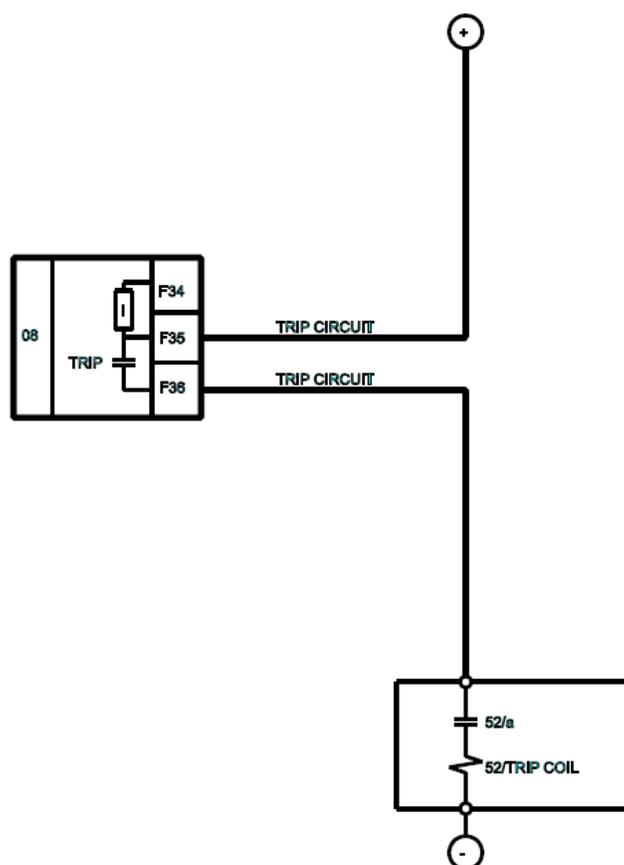


图 59: 不带监视的跳闸回路

c) 带电流监视（自保持）

如图 60 所示，电流监视回路串接输出接点，因此外部回路连接到 F34 和 F36。该回路串联一个低阻抗继电器，它在电流超过 200 mA 时激活并向 CPU 发送信号，这时它会自保持继电器输出，以便电流超过 200 mA 时保持闭合状态。采用这种自保持特性，无需配置任何定值，用户只需连接外部回路到 F34 和 F36。

在这种方案下，M650 一旦没有断开断路器的辅助接点，不会通过接点输出断开跳闸线圈电流，因为这样可能会损坏接点（因为它设计用在 125 V 直流电压时电流 0.35 A 左右）。

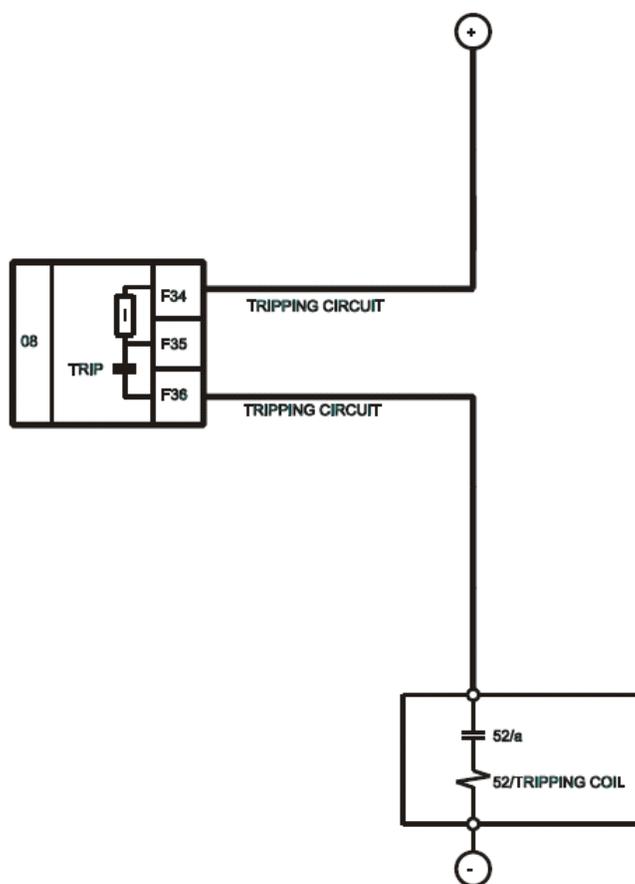


图 60: 带电流监视的跳闸回路

d) 带简单电压监视

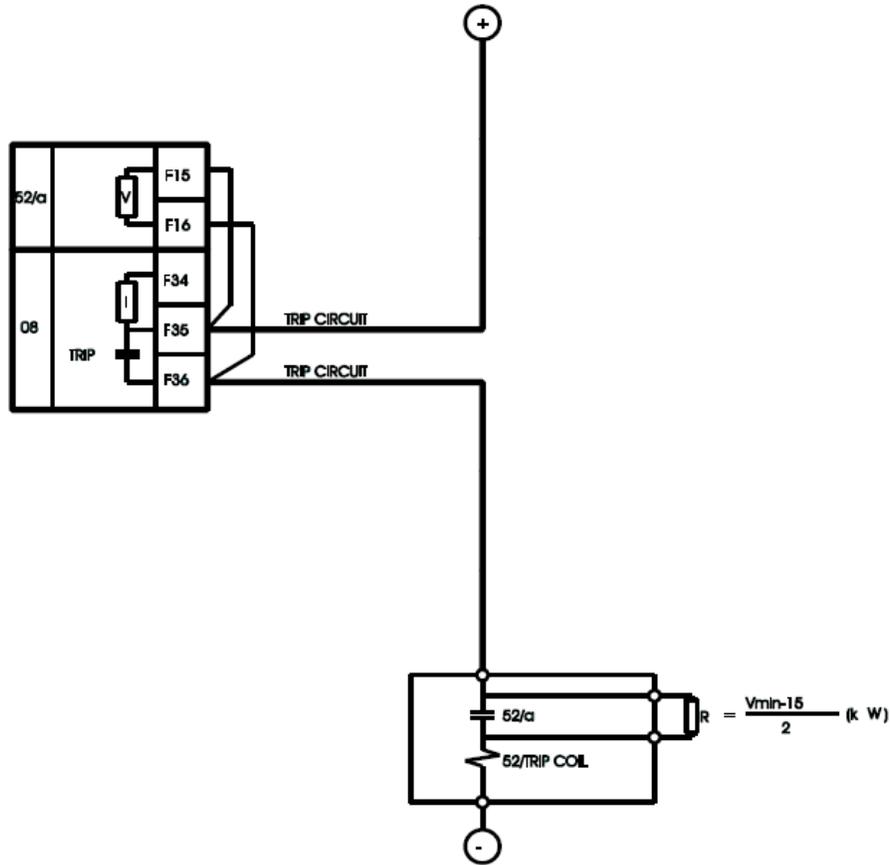


图 61: 带辅助接点 52A 和电阻 R 的回路监视

表 74: 带 52/A 的监视

内部状态	V 52/A	监视
52 分	ON	正常
52 合	ON	正常
跳闸	OFF	时间 < 0.5 s 正常
跳闸 (52 分)	OFF	时间 < 0.5 s 正常

当输出接点断开时，可通过监视它两端的电压 Vdc 来监视跳闸回路和串联的跳闸线圈。

表 75: 简单电压监视方案的监视算法

元件状态			M650 输入	判定
回路状态	输出状态 (F35-F36)	断路器状态	操作数 开入_X_CC11 (VA_COIL2) V 52/A (F15-F16)	操作数 开入_X_CC16 (SUP_COIL2)
正常	分	52 合	ON	ON
正常	分	52 分	ON	ON
正常	合	52 合	OFF	ON (< 500 ms) OFF (> 500 ms)

正常	合	52 分	OFF	ON (< 500 ms) OFF (> 500 ms)
故障	分	52 合	OFF	OFF (500 ms 延时)
故障	分	52 分	OFF	OFF (500 ms 延时)
故障	合	52 合	OFF	OFF (500 ms 延时)
故障	合	52 分	OFF	OFF (500 ms 延时)

在上面的表中，ON 表示启用电压监视器 V52/a 检测电压。

如上表列出的第一种情况，断路器闭合状态下，通过 V52/a 检测到电压，这意味着该回路完整。

如图 61 所示，当继电器未跳闸时，跳闸接点 F35-F36 打开，若断路器闭合，其辅助接点 52a 是闭合的，电流通过 52a 和跳闸线圈 52TC 形成回路，因此不仅仅是跳闸线圈、整个跳闸回路均得到监视。

如表列出第二种情况，断路器断开时，52/a 也是断开状态，电流不能构成回路。为了正确的监视该回路，必须通过一个电阻 R 并联在 52/a 两端。通过合理的选择电阻值，既保证回路中有适当的电流，也要保证断路器合位时不会驱动断路器跳闸线圈。

$$R = \frac{V_{\min} - 15}{2}$$

V_{min} 为最小电压值；

R 为电阻值；

2 为流经 V52/a 的 2 mA 电流。

断路器断开时，电流会流过 R，将在 V52/a 测得电压。

在稳定状态下该回路正常工作。然而，如果断路器跳闸，当它正在打开时，F35-F36 就会短接输入 V52/a，它的输入信号就会无效。因此，如果有跳闸信号，此时没有检测到电压是正常的。

图 62 给出断路器闭合时监视整个回路的可能性。在这种情况下，如果不使用电阻 R，则必须在元件逻辑中检测信号“开入 _F_CC16 (SUP_COIL2)”以便在断路器断开时，提示监视功能不可用。

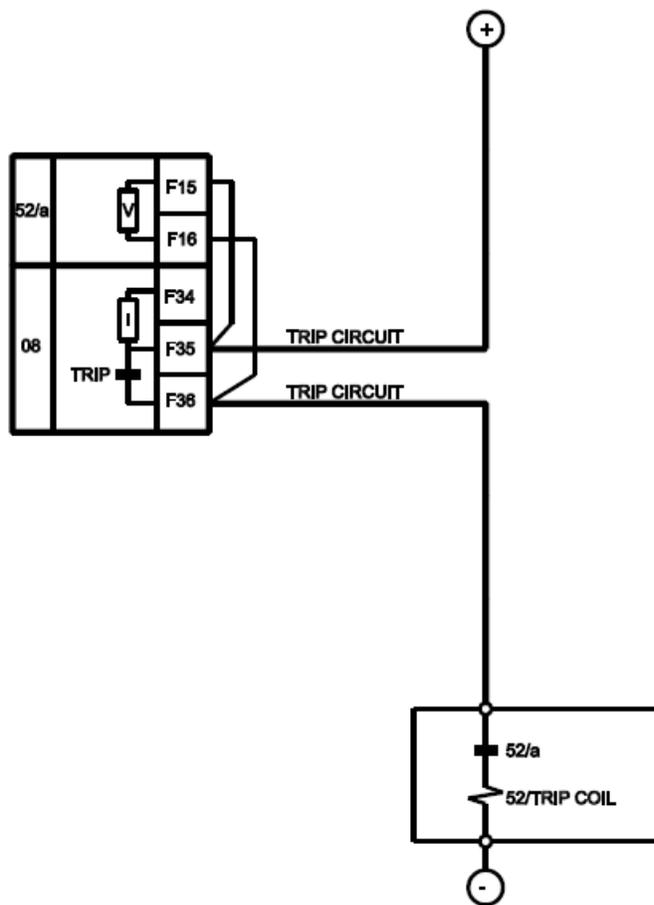


图 62：使用辅助接点 52/A 的跳闸回路和跳闸线圈监视（断路器闭合时）

e) 双电压监视

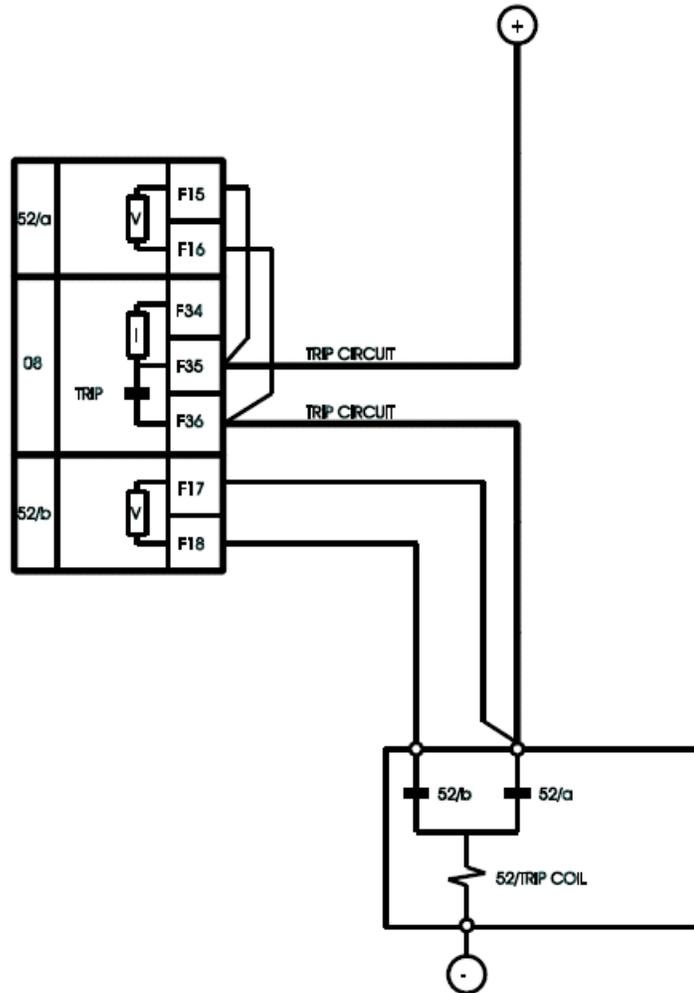


图 63: 使用辅助接点 52A 和 52B 的监视回路

表 76: 双电压监视方案的监视算法

元件状态			M650 输入		判定
回路状态	输出状态 (F35-F36)	断路器状态	操作数 开入 _X_CC11 (VA_COIL2) V 52/A (F15-F16)	操作数 开入 _X_CC12 (VB_COIL2) V 52/B (F17-F18)	操作数 开入 _X_CC16 (SUP_COIL2)
正常	分	52 合	ON	OFF	ON
正常	分	52 分	ON	ON	ON
正常	合	52 合	OFF	OFF	ON (< 500 ms) OFF (> 500 ms)
正常	合	52 分	OFF	ON	ON (< 500 ms) OFF (> 500 ms)
故障	分	52 合	OFF	OFF	OFF (500 ms 延时)
故障	分	52 分	OFF	OFF	OFF (500 ms 延时)
故障	合	52 合	OFF	OFF	OFF (500 ms 延时)
故障	合	52 分	OFF	OFF	OFF (500 ms 延时)

还可通过辅助触点 52/a 和 52/b 监视回路的完整性，无需在 52/a 两端并联电阻 R。正确的连接方式如图 63 所示。

该回路的工作原理和前面描述的原理类似，区别在于它采用两个监视输入 F15-F16 和 F17-F18。

这个方案的优点就是在监视 52 断开时回路更加完整（因为采用了开关 V52/b）。

f) 监视回路中带双电压监视和串联电阻 R

通过额外电阻 R 监视回路的方案如图 64 所示。

在 52/a 电压监视回路串联电阻，避免电压监视短路时断路器误跳。断路器断开时，52/a 分、52/b 合。短路 52/a 电压监视不会引起跳闸，因为 52/b 电压监视电流被限制在 2mA 以内。短路 52/b 电压监视不会引起误跳，因为 52/a 在串联回路中电流也被限制在 2mA 以内。

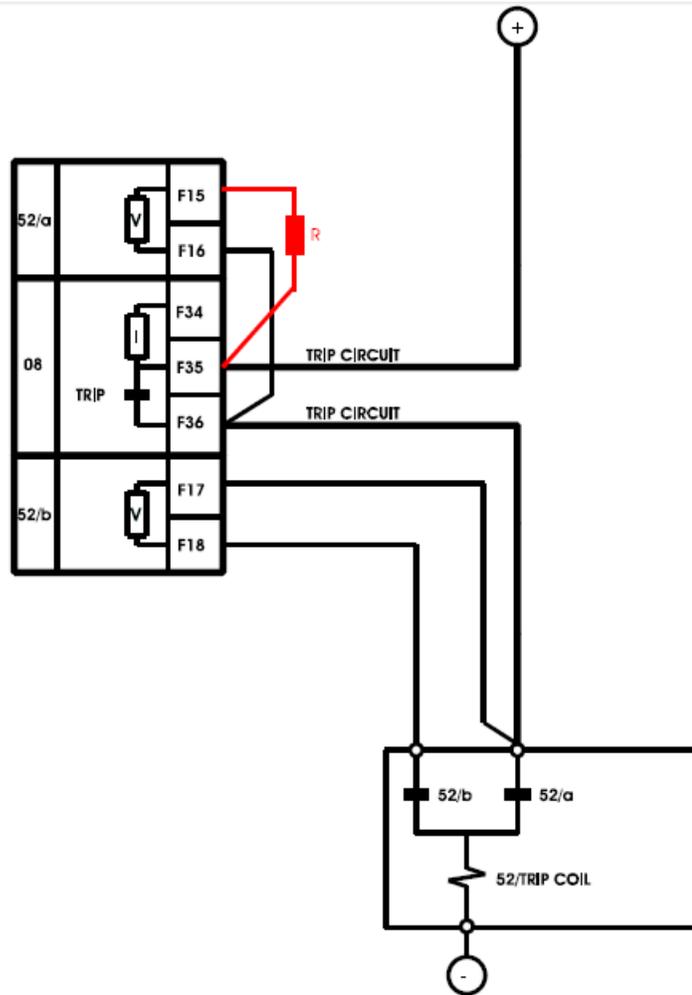


图 64：使用辅助接点 52A 和 52B 并在 F15-F16 串联电阻 R 的监视回路

4.6.6 小信号模拟量插件定值

小信号模拟量插件可接收来自外部变送器的 -1 到 +20 mA 的直流信号，将其线性转换成数字量，作为输入信号参与逻辑运算。

小信号模拟量插件的输入范围定值定义了连接到输入通道的变送器的 mA 直流范围。

- 范围：-1 - 0, 0 - 1, -1 - 1, 0 - 5, 0 - 10, 0 - 20, 4 - 20。

最小最大定值用来设置变送器一次单元的范围：

- 最小值：-9999.99 - 9999.99
- 最大值：-9999.99 - 9999.99

4.6.7 小信号模拟输出

装置提供 2 路 4-20mA 的 AO，且能够设置 AO 的输入源（电压、电流、有功功率）及对应的输出上下限并在程序中计算对应的电流输出值。

小信号的输出源应能且只能从下面列表中选择。

表 77：不同小信号的源及其 PU 值对应表

序号	SRC 源选择	PU 值
1	A 相测量电流	按照系统定值（测量 CT 二次值）选择 1A 或 5A。
2	B 相测量电流	
3	C 相测量电流	
4	A 相电压	二次 pu 值为 57.7V (系统定值“VT 二次额定线电压”/sqrt(3))
5	B 相电压	
6	C 相电压	
7	AB 线电压	二次 pu 值为 100V (系统定值“VT 二次额定线电压”)
8	BC 线电压	
9	CA 线电压	
10	A 相测量有功功率	根据相电压和测量电流的 pu 值乘积得到。
11	B 相测量有功功率	
12	C 相测量有功功率	
13	总测量有功功率	

对于 4-20mA 输出的要求：

- 装置未上电时不输出电流；
- 装置上电但输入源选择“无”时不输出电流；
- 装置上电且输入源选择有输入源选择时输出电流，输出电流的计算方法为：
 - 当 SRC 的量值小于下限时，输出 4mA；
 - 当 SRC 的量值大于上限时，输出 20mA；
 - 当 SRC 的量值在上下限之间时，输出电流按下式进行计算。

在计算时，需要把当前值转成二次 pu 值，然后代入以下公式：

$$\text{当前输出电流} = \frac{\text{当前源值} - \text{下限}}{\text{上限} - \text{下限}} * 16mA + 4mA$$

表 78：小信号输出源定值

名称	缺省值	步长	范围
小信号输出源 _G_01	无	/	略
小信号输出下限 _G_01	0.000pu	0.001	[-90.000pu : 90.000pu]
小信号输出上限 _G_01	0.000pu	0.001	[-90.000pu : 90.000pu]

小信号输出增益 _G_01	1.00	0.01	[0.95 : 1.05]
小信号输出偏置 _G_01	0.00mA	0.01mA	[-0.3mA : 0.3mA]
小信号输出源 _G_02	无	/	略
小信号输出下限 _G_02	0.000pu	0.001	[-90.000pu : 90.000pu]
小信号输出上限 _G_02	0.000pu	0.001	[-90.000pu : 90.000pu]
小信号输出增益 _G_02	1.00	0.01	[0.95 : 1.05]
小信号输出偏置 _G_02	0.00mA	0.01mA	[-0.3mA : 0.3mA]

4.6.8 虚拟输入

虚拟输入是可以通过通讯直接写入的信号，其状态可通过 EnerVista 650 设置为 ON（1）或 OFF（0）。

虚拟输入状态的改变和类型有关：自保持虚拟输入会保持设定值直至通讯改变其状态；自复位虚拟输入在写入后只保留一个 PLC 周期即返回。共有 32 个自保持和 32 个自复位虚拟输入。

4.6.8.1 写虚拟输入

在**整定 > 输入 / 输出 > 虚拟输入**下勾选某虚拟输入的复选框、点击保存，该虚拟输入即就被写入装置（如图 65 所示）：

- 若选择自复位输入，该虚拟输入值保持一个 PLC 周期后将被自动清除。
- 若选择自保持输入，该虚拟输入值只能由用户清除，通过再次勾选对应的复选框并单击保存完成。



图 65：通过 ENERVISTA 650 写虚拟输入

4.6.8.2 虚拟输入状态监视

通过实际值 > 输入 / 输出 > 虚拟输入 > 自保持虚拟输入 / 自复位虚拟输入监视其状态。

表 79: 虚拟输入状态

自保持虚拟输入	自复位虚拟输入
自保持虚拟输入 1	自复位虚拟输入 1
自保持虚拟输入 2	自复位虚拟输入 2
...	...
自保持虚拟输入 32	自复位虚拟输入 32

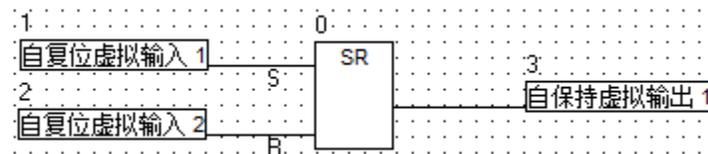
我们可在**整定 > 继电器配置 > 虚拟输入**下修改虚拟输入的文本信息，该信息不会发送到装置内部，只是便于用户理解。

4.6.9 虚拟输出

通过逻辑配置功能最多可配置 512 个虚拟输出。未被配置的虚拟输出被强置 OFF（逻辑 0）。每一个虚拟输出分配一个 ID。

4.6.10 自保持虚拟输出

通过逻辑配置功能最多可配置 16 个自保持虚拟输出，未被配置的输出被强置 OFF（逻辑 0）。虚拟输出通过对应的逻辑方程计算后输出。自保持虚拟输出只能配置为 S/R 输出，它们只连接到 PLC 的 S/R 输出，具有输出保持功能。



虚拟输出保持可通过 PLC 设置复位，如下图所示。



M650 具有独立的操作回路板，能够完成跳闸保持、合闸保持、防跳、跳位监视、合位监视等功能，并能输出合后位置、跳闸位置、事故总信号和控制回路断线信号。

跳闸保持回路采用电压型继电器，能自动适应断路器跳闸线圈的启动电流在 0.5-4A 之间。

合闸保持回路采用电压型继电器，能自动适应断路器合闸线圈的启动电流在 0.5-4A 之间。

防跳功能可方便启用和取消，默认情况下不启用，如果启用只需将电阻 R25 剪掉即可。

装置的“跳闸位置”信号从 TWJ 继电器的接点输出。

装置的“合后位置”信号从 KKJ 继电器的接点输出。

装置的“事故总信号”通过将 KKJ 继电器的接点与 TWJ 的接点串联得到，为了避免在手跳断路器时 TWJ 动作较快而 KKJ 返回较慢，从而导致装置误报“事故总信号”的现象，在现场中应用时建议将该信号增加 100ms 以上的延时时间。

装置的“控制回路断线”信号通过将 TWJ 和 HWJ 的常闭接点串联得到，为了避免在手合或手跳断路器瞬间 TWJ 和 HWJ 同时满足瞬时闭合状态从而误报“控制回路断线”信号，在现场中应用时建议将该信号增加 100ms 以上的延时时间。

操作回路配置	
H1	控制电源+
H2	至TWJ负端
H3	至合闸线圈
H4	至HWJ负端
H5	至跳闸线圈
H6	保护合
H7	手合/遥合输入
H8	保护跳
H9	手跳/遥跳输入
H10	控制电源-
H11	合后位置
H12	
H13	事故总信号
H14	
H15	控制回路断线
H16	
H17	跳闸位置
H18	

图 66：操作回路端子图

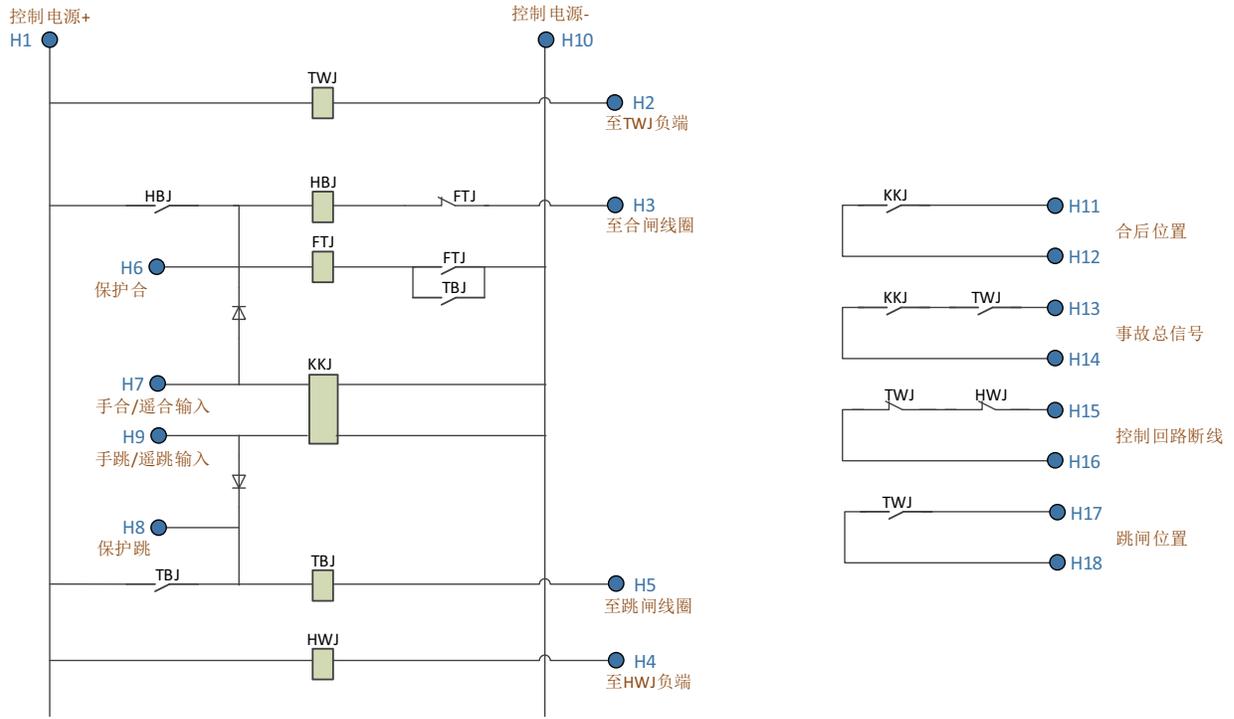


图 67：操作回路原理图

当订货码协议位选择为 6 或 9 时，M650 装置将支持 IEC61850（MMS 和 GOOSE/GSSE）。IEC61850 配置工具位于 EnerVista 650 配置工具的顶层菜单。配置项允许：

- 浏览或编辑 M650 ICD 文件
- 配置 IEC61850 报告
- 配置 GOOSE 报文



4.8.1 通讯概要

4

M650 支持 IEC61850 服务器服务（基于 TCP/IP），因此需要为 M650 配置一个 IP 地址以建立通讯。M650 最多支持五个并发的连接。

4.8.2 TCP 连接时间

如果一个 TCP 连接超过 30 秒仍与 M650 没有数据交互，该连接将被 M650 终止。因此，当使用 IEC61850 协议时，客户机需做相应配置，从而确保至少每 30 秒发出一个完整的报文。

4.8.3 MMS 协议

IEC61850 指定应用层使用 MMS 协议传输实时数据。该协议提供了一组适用于变电站内部局域网环境交互数据的服务。可通过 MMS 浏览器软件（如 Sisco MMS Object Explorer and AXS4-MMS）连接 M650，查看详细的数据结构和实际值。

4.8.4 点对点通讯

IEC61850 GOOSE/GSSE 服务支持数字量状态信息（远方输入 / 输出）的点对点通讯。该功能可以在支持 IEC61850 的装置之间进行数字量信息交互。

4.8.5 MMS 文件服务

M650 支持 MMS 文件服务。用户可使用 MMS 客户机从 M650 中读取录波、事件记录等文件。

当订货码协议位选择为 3 或 9 时，M650 装置将支持 IEC103 协议。设置菜单位于：整定 > IEC103 配置（EnerVista 配置工具）。



打开 IEC103 配置工具时，将会询问是否打开一个已存在的“M650iec103.cfg”配置文件，若选择取消，用户将会进入 IEC103 配置工具并且没有文件被选择。可通过“恢复配置”按钮从 M650 中恢复配置文件。用户修改配置文件后，按下“发送配置”按钮可将新配置文件发送至 M650。为了使新配置生效，必须重启装置。

IEC103 从站 ID 可使用长名称（最多 8 个字符）和种类名（最多 4 个字符），可在 IEC103 配置文件中设置。

可配置的控制数据有：开关量状态、测量值（模拟量）和命令。用户可在配置文件里配置 IEC103 参数，然后发送至装置。

确认装置在运输中没有遭受任何损坏，所有螺丝可靠固定，所有端子处于良好状态。

给装置上电并确认当执行 LED 复位操作时所有 LED 应点亮，按下 RESET 键指示灯熄灭。

给装置施加最小和最大电压。如果装置配备冗余电源，应对两个电源进行试验。

根据装置型号施加的电压值如下表所示：

电源	最小电压	最大电压
HI/HR/HA/HB/ 110-250 Vdc 120-230 Vac	88 Vdc 96 Vac	300 Vdc 250 Vac
LO/LR 24-48 Vdc	20 Vdc	57.6 Vdc

注：代码 HR 和 LR 对应冗余电源配置。

检验通讯端口能否与装置正常通讯。

需要检查的端口如下：

- 前端口：USB
- 后端口：2 x RS485，2 x 光纤 - 串行，2 x 光纤 - 以太网，1 x RJ45 - 以太网。

必须使用一台安装 Enervista 650 配置工具的 PC 和一套适当的连接器。

以 D 版为例，装置设置如下：

整定 > 系统设置 > 系统参数			
名称	缺省值	步长	范围
电机额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
电机额定电压	3000 V	1 V	[100 : 20000]
FLA	1.00 A	0.01 A	[0.50 : 15.00]
相 VT 变比	1.0	0.1	[1.0 : 6000.0]
相 VT 连接方式	星形	N/A	[星形 - 三角形]
VT 二次额定线电压	100.0 V	0.1 V	[1.0 : 250.0]
机端电流 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
中性点电流 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
接地 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
双速使能	退出	N/A	[退出 - 启用]
高速 FLA	1.00	0.01	[0.50 : 15.00]
高速额定功率	3000 kW	1 kW	[100 : 10000]
机端电流高速 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
中性点电流高速 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
高速接地 CT 变比	1000	0.1	[1.0 : 6000.0]
系统额定频率	50 Hz	N/A	[50 - 60]
相序	ABC	N/A	[ABC - ACB]
频率基准相	Va/Vab	N/A	[Va/Vab-Vb/Vbc-Vc/Vca]
事件记录	退出	N/A	[退出 - 启用]
继电器退出运行	退出	N/A	[退出 - 启用]
远方闭锁	退出	N/A	[退出 - 启用]

注：

1. 所有显示的角均为滞后角。
2. 当保护采用磁平衡 CT 时，其变比采用定值“中性点电流 CT 变比”和“中性点电流高速 CT 变比”的值。

5.5.1 电压

给装置施加如下电压和频率值：

通道	相角	频率			
		50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
VI	0°	0	5	50	100
VII	120°	0	5	50	100
VIII	240°	0	5	50	100
VX	0°	0	5	50	100

确认装置的测值误差为 $\pm 0.5\%$ 施加值（10 V - 120 V）。

5.5.2 相电流

给装置施加如下电流和频率值：

通道	相角	频率				
		50 Hz				
Ia (A)	45°	0	10	5	1	0.1
Ib (A)	165°	0	10	5	1	0.1
Ic (A)	285°	0	10	5	1	0.1
IG (A)	0°	0	10	5	1	0.1
ISG (A)	0°	0	1	0.1	0.01	0.005

确认装置的相和接地测量误差不超过 $\pm 0.5\%$ (0.05 - 10 A)。

确认装置的灵敏接地测量误差不超过 $\pm 0.5\%$ (0.005 - 5 A)。

5.5.3 有功、无功功率和 $\cos\Phi$ 测量

星形接线的功率计算公式如下：

每相功率	三相功率
$P=V*I*\cos\varphi$	$P=P_a+P_b+P_c$
$Q=V*I*\sin\varphi$	$Q=Q_a+Q_b+Q_c$

施加如下电流和电压值：

每相施加的电流 / 电压值			
A 相	B 相	C 相	V-I 角
$V_I = 50 \text{ V}, 0^\circ$	$V_{II} = 50 \text{ V}, 120^\circ$	$V_{III} = 50 \text{ V}, 240^\circ$	$\varphi=45^\circ$
$I_a = 10\angle 45^\circ$	$I_b = 10\angle 165^\circ$	$I_c = 10\angle 285^\circ$	$\cos\varphi=0.707$

使用以上电流 / 电压值，确认功率测量与下表给出的理论值相符：

理论功率值			
A 相	B 相	C 相	三相
$P_a = 353.55 \text{ MW}$	$P_b = 353.55 \text{ MW}$	$P_c = 353.55 \text{ MW}$	$P = 1060.66 \text{ MW}$
$Q_a = 353.55 \text{ MVAr}$	$Q_b = 353.55 \text{ MVAr}$	$Q_c = 353.55 \text{ MVAr}$	$Q = 1060.66 \text{ MVAr}$

有功功率和无功功率的最大允许误差为 $\pm 1\%$ 试验值， $\cos\varphi$ 的最大误差为 0.02。

5.5.4 频率

通道 VI 上的频率测量（端子 A5-A6）：

- 将 50 Vac 50 Hz 加到通道 VI。最大允许误差： $\pm 10 \text{ mHz}$
- 将 50 Vac 60 Hz 加到通道 VI。最大允许误差： $\pm 12 \text{ mHz}$

通道 Vx 上的频率测量（端子 A11-A12）：

- 将 50 Vac 50 Hz 加到通道 Vx。最大允许误差： $\pm 10 \text{ mHz}$
- 将 50 Vac 60 Hz 加到通道 Vx。最大允许误差： $\pm 12 \text{ mHz}$

在所有试验过程中，装置背板的紧固螺丝必须接地。

5.6.1 开入

该试验期间，用户将确定装置中每个输入的动作值 / 返回值。

确认误差不超过 $\pm 10\%$ （动作值 +10%，返回值 -10%）。

输入试验的缺省插件定值可在 Enervista 650 配置工具的菜单 **整定 > 输入 / 输出 > 开入 > 插件 X** 下修改：

X 将由相应插件替代：

- F 用于第一个插槽的插件
- G 用于第二个插槽的插件
- H 用于 CIO 模块第一个插槽的插件
- J 用于 CIO 模块第二个插槽的插件

混合插件的试验定值（类型 1：16 个输入和 8 个输出）：

I/O 插件类型 1（混合）	
电压阈值 A_X	30 V
电压阈值 B_X	40 V
去抖时间 A_X	5 ms
去抖时间 B_X	5 ms
输入类型 _X_CC1（CC1）	正
...	...
输入类型 _X_CC16（CC16）	正

该类插件有两组输入（每组 8 路），共用一个公共端，因此其输入试验分组进行。第一组 8 输入的电压阈值定值为电压阈值 A；另一组 8 输入的电压阈值定值为电压阈值 B。输入类型 CC1 – CC16 必须设置为正。

混合插件的试验定值（类型 2：8 个数字输入，4 个监视和 8 个输出）：

I/O 插件类型 2（监视）	
电压阈值 A_X	30 V
电压阈值 B_X	40 V
去抖时间 A_X	5 ms
去抖时间 B_X	5 ms
输入类型 _X_CC1（CC1）	正
...	...
输入类型 _X_CC8（CC8）	正

该类插件有两组输入（每组 4 路），共用一个公共端，因此其输入试验分组进行。第一组 4 输入的电压阈值定值为电压阈值 A；另一组 8 输入的电压阈值定值为电压阈值 B。输入类型 CC1 – CC8 必须设置为正。

如果装置使用更多输入模块，这些模块都要进行输入试验。

5.6.2 接点输出

确认每个输出正确动作。

对于每个输出，必须给出单个接点的动作命令，随后检验只有该接点被触发动作。可利用 **Enervista 650** 配置工具完成此测试（**整定 > 输入 / 输出 > 强制输出**）。

5.6.3 回路完整性监视输入

对监视输入进行试验时，电压值为 19 V。

线圈 1:

- 将 19 Vdc 加到 52/a（端子 F1-F2）和 52/b（端子 F3-F4）“线圈 1”回路监视输入端，确认它们被触发动作。
- 将 -19 Vdc 加到 52/a（端子 F1-F2）和 52/b（端子 F3-F4）“线圈 1”回路监视输入端，确认它们被触发动作。
- 移除两个输入电压后，确认输入状态改变需要 500 ms（返回）。

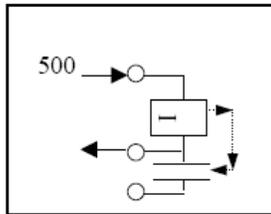
线圈 2:

- 将 19 Vdc 加到 52/a（端子 F15-F16）和 52/b（端子 F17-F18）“线圈 2”回路监视输入端，确认它们被触发动作。
- 将 -19 Vdc 加到 52/a（端子 F15-F16）和 52/b（端子 F17-F18）“线圈 2”回路监视输入端，确认它们被触发动作。
- 移除两个输入电压后，确认输入状态改变需要 500 ms（返回）。

5.6.4 保持电路

向保持接点（F31-F33）发送合闸命令。

1. 将 500 mA 的循环电流施加给与检测端子串联的接点。
2. 发送分闸命令，确认该接点未断开。
3. 中断电流，检查该接点被释放。



其它保持接点（F34-F36）重复该试验。

手册 P/N	发布日期	变更说明
1601-0011-A-A1	2015.07.28	第一版
1601-0011-A-A2	2015.12.30	定值范围及逻辑修改
1601-0011-A-A2.1	2016.03.23	定值及逻辑修改
1601-0011-A-A2.2	2016.06.24	定值修改
1601-0011-A-A2.3	2016.09.29	定值修改，增加装置后端子图
1601-0011-A-A3.0	2018.10.19	增加“继电器的废弃处理”

A

联系信息

西安总部

陕西省西安市经济技术开发区

凤城六路 101 号

电话：400 860 1152

上海分公司

上海市闵行区

元江路 3468 号

一般声明

本用户手册如有变更，恕不另行通知。
如有疑问，请及时联系当地供应商。



西电通用电气自动化有限公司
XD-GE AUTOMATION CO.,LTD.