

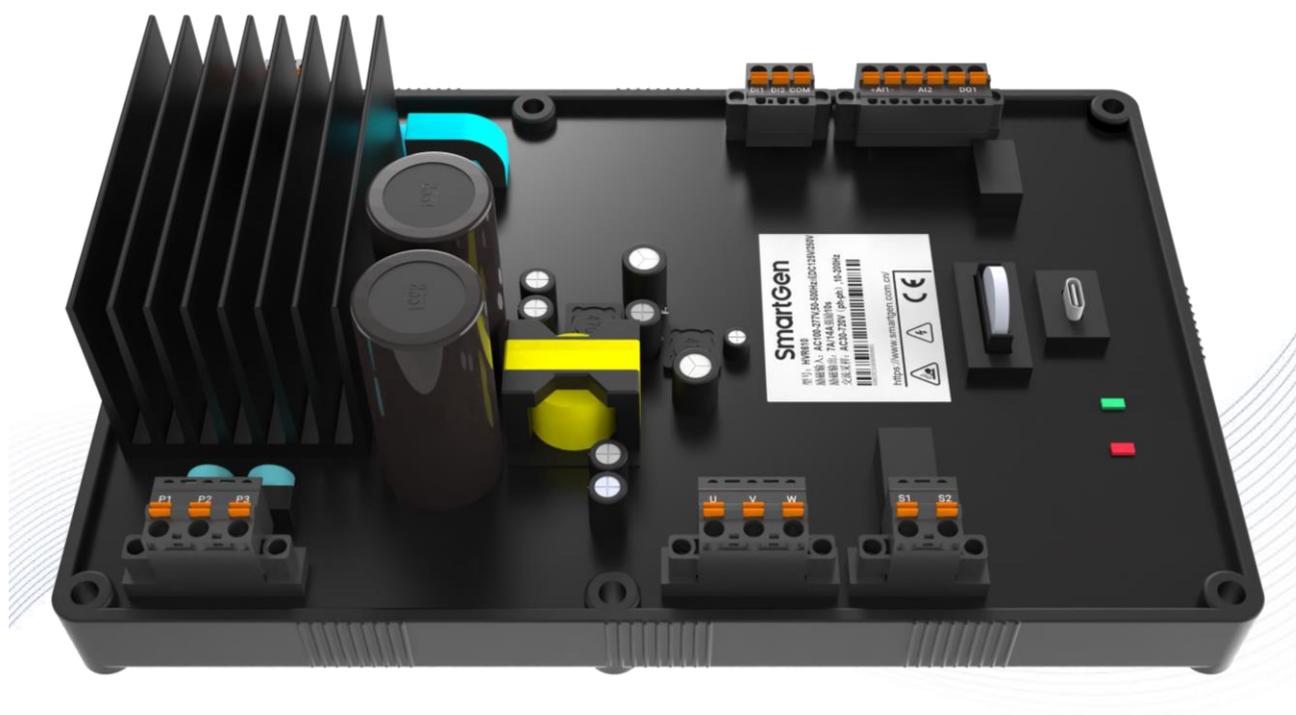
SmartGen

MAKING CONTROL SMARTER

HVR610

数字电压调节器

用户手册



郑州众智科技股份有限公司
SMARTGEN(ZHENGZHOU)TECHNOLOGY CO.,LTD.

目 次

前 言	4
1 概述	6
2 型号对比	7
3 性能特点	8
4 规格	9
5 操作	11
5.1 说明	11
5.1.1 指示灯和接线	11
5.1.2 励磁电源输入	12
5.1.3 励磁输出	13
5.1.4 发电机电压检测输入	13
5.1.5 发电机电流检测	13
5.1.6 模拟量输入	15
5.1.7 开关量输入	15
5.1.8 开关量输出	15
5.2 励磁调节说明	16
5.2.1 原理框图	16
5.2.2 启动	16
5.2.3 自动电压调节模式(AVR)	18
5.2.3.1 说明	18
5.2.3.2 U/F 伏频坡度特性	19
5.2.3.3 下垂控制	19
5.2.3.4 传输线压降补偿	19
5.2.3.5 加载补偿	20
5.2.3.6 运行过程	21
5.2.4 励磁电流调节模式(FCR)	21
5.2.5 无功功率调节模式(VAR)	22
5.2.6 功率因数调节模式(PF)	23
6 保护和限制	25
6.1 警告报警	25
6.2 故障报警	26
6.3 欠励限制	28
6.4 过励限制	28
6.5 定子电流限制	29
7 编程参数范围及定义	31
7.1 参数设置内容及范围	31
7.2 可编程输出口 1 可定义内容	39
7.2.1 可编程输出口 1 可定义内容一览表	39
7.2.2 自定义组合输出	40
7.3 开关量输入口 1-2 可定义内容	40
8 参数设置	42

9 实时数据分析	43
10 试运行	44
11 典型应用.....	45
12 安装	46
12.1 外形及安装尺寸	46
12.2 安装方法及安装方式.....	47
13 故障排除.....	49
14 附录 1 符号术语定义	50

SmartGen

前 言

SmartGen是众智的注册商标

不经过本公司的允许，本文档的任何部分不能被复制（包括图片及图标）。
本公司保留更改本文档内容的权利，而不通知用户。

公司地址：中国.河南省郑州市高新区雪梅街 28 号

电话：+86-371-67988888/67981888/67992951

+86-371-67981000（外贸）

传真：+86-371-67992952

网址：www.smartgen.com.cn/

www.smartgen.cn/

邮箱：sales@smartgen.cn

表1 版本发展历史

日期	版本	内容
2025-4-15	1.0	开始发布。
2025-11-4	1.1	1.修改开关量输入口丝印名称； 2.修改开关量输入口和开关量输出口参数； 3.修改数据和参数显示的小数点位数。

表2 本文档所用符号说明

符号	说明
 注意	该图标提示或提醒操作员正确操作。
 小心	该图标表示错误的操作有可能会损坏设备。
 警告	该图标表示错误的操作有可能会造成死亡、严重的人身伤害或重大的财产损失。

SmartGen

1 概述

HVR610数字电压调节器用于调节无刷交流同步发电机励磁机的励磁电流。产品具有四种励磁调节模式：自动电压调节(AVR)、励磁电流调节(FCR)、无功功率调节(VAR)、功率因数调节(PF)。

产品采用32位微处理器技术，实现了多种参数的精密测量、保护阈值调节、实时数据监控分析、灵活全面的故障保护等功能，所有参数可使用PC机通过USB接口进行读取和配置。其结构紧凑、接线简单、可靠性高，可应用于各种无刷交流同步发电机，如永磁励磁发电机（PMG），辅助绕组励磁发电机（AUXW），自励磁发电机（SHUNT）。

SmartGen

2 型号对比

表3 型号对比图

项目		HVR610	HVR1000	HVR620	HVR410
调控模式	AVR 模式	•	•	•	•
	FCR 模式	•	•		
	VAR 模式	•	•		
	PF 模式	•	•		
发电电压检测		•	•	•	•
发电电流检测		•	•		•
励磁电源		DC63V 励磁系统： AC(100-139)V 或 DC125V DC125V 励磁系统： AC(190-277)V 单相，三相 AC(190-260)V 或 DC250V		DC63V 励磁系统： AC(100-139)V 或 DC125V DC125V 励磁系统： AC(190-277)V 或 DC250V	AC(100-264)V
励磁电流		7A (短时 10s, 14A)	7A (短时 10s, 14A)	4A (短时 10s, 7.5A)	4A (短时 10s, 7.5A)
模拟量输入	电压输入	•	•		•
	电阻输入	•	•		•
输入口个数		2	4		
输出口个数		1	2		
额定电压电位器				•	•
通信接口	蓝牙		•		
	CAN		•	•	
	USB	•	•	•	•
温度保护	绕组温度保护			•	
	散热片温度保护			•	•
实时时钟		•	•		
事件记录		•	•	•	•
运行数据记录		•	•		
报警时刻数据记录 (黑匣子)		•	•	•	•

▲注意：本文档中所提到的HVR1000、HVR620、HVR410控制器功能有可能更改，准确信息可以查阅产品用户手册。

3 性能特点

HVR610数字电压调节器其主要特点如下：

- 四种励磁调节模式：自动电压调节(AVR)、励磁电流调节(FCR)、功率因数调节(PF)、无功功率调节(VAR)；
- 具有过励限制、欠励限制、定子电流限制、伏频(U/F)限制功能；
- 自动电压调节(AVR)和励磁电流调节(FCR)模式具有软启动功能；
- 励磁调节采用 PID 算法，四种调节模式的参数独立；
- 可通过开关输入，模拟量电压输入、模拟量电阻输入调整输出目标值；
- 电流互感器二次侧额定电流可设置为 5A 或 1A；
- 在额定电压 63V 或 125V 下，可连续提供电流 7A（70°C 室温）或 10A（55°C 室温）。短时最大电流持续 10s，11A（70°C 室温）或 14A（55°C 室温）；
- 加载补偿功能(LCF)；
- 下垂功能，并联运行发电机可通过下垂功能自动进行无功负载分配；
- 传输线压降补偿功能；
- 两路可编程开关量输入，一路可编程开关量输出，一路(-10-10)V 模拟电压输入，一路(0-6000)Ω 模拟量电阻输入；
- 适合于三相三线、三相四线、二相三线、单相二线，额定频率 10Hz - 200Hz 系统；
- 可检测发电电压谐波 THDu，发电电流谐波 THDi，1-15 次谐波；
- 发电电压和发电电流测量为真有效值；
- 采集并显示励磁电压、励磁电流、发电机电压、发电机电流、频率、功率等参数；
- 通过 PC 软件进行实时数据曲线分析；
- 具有发电过压、发电欠压、发电过频、发电欠频、电压不平衡、波形失真度高、发电丢失、励磁过压、励磁过流、旋转二极管故障等保护检测功能；
- 如果使能电流互感器则具有发电过流、短路、过功率、逆功率、功率因数低、失磁报警、电流波形失真度高等报警检测功能；
- 所有参数可使用 PC 通过 USB 接口配置；
- 适用于各种无刷交流同步发电机如永磁励磁发电机 (PMG)，辅助绕组励磁发电机 (AUXW)，自励磁发电机 (SHUNT)；
- 具有运行数据记录，电压调节器在运行过程中 1s 记录一次运行数据，可记录 8192 条运行数据，通过 PC 软件可保存为 CSV 文件；
- 具有实时时钟，历史记录功能，可循环记录 999 条事件；
- 具有黑匣子功能，可循环记录 5 组故障报警数据；
- 模块化结构设计，可插拔式接线端子，螺丝固定安装方式，结构紧凑，安装方便。

4 规格

表4 性能参数

项目	内容
励磁电源	DC63V 励磁系统： AC(100-139)V 或 DC125V 励磁电流 7A 时，500W；10A 时，720W DC125V 励磁系统： AC(190-277)V 单相，三相 AC(190-260)V 或 DC250V 励磁电流 7A 时，920W；10A 时，1320W 频率：(50-500)Hz 或 DC
功耗	<40W
励磁输出电流	额定电压：63V 或 125V 连续电流：7A 70°C 室温，10A 55°C 室温 短时最大电流：10s，11A 70°C 室温，14A 55°C 室温 线圈电阻 > 4 欧姆
交流控制电压	精度：0.25% THDu<5%
交流采样	线电压 范围：AC30V - AC720V (ph-ph) 分辨率：0.1V 精度：0.2%
	交流频率 范围：10Hz - 200Hz 分辨率：0.01Hz 精度：0.1Hz
	交流电流 额定：5A 或 1A 范围：0A - 15A（额定 5A 时）或 0A - 3A（额定 1A 时） 分辨率：0.1A 精度：0.5%
模拟量输入	电阻输入 范围：0Ω - 6000Ω 分辨率：0.1Ω 精度：1Ω（推荐使用(2-5)KΩ 电位器）
	电压输入 范围：-10V - 10V 分辨率：0.001V 精度：1%
开关量输出口	10A AC250V 无源输出（继电器输出）
开关量输入口 1-2	低接通阈值电压 1.5V
振动	(18-2000)Hz: 5g IEC 60068-2-6
冲击	50g _n , 11ms, 半正弦，三个互相垂直方向的每一方向连续施加三次冲击，即共 18 次

项目	内容
	IEC 60068-2-27
碰撞	25g, 16ms, 半正弦 IEC 60255-21-2
外形尺寸	239mm x 154mm x 71mm
工作温度	(-40~+70)°C
工作湿度	(20~93)%RH
贮存温度	(-40~+80)°C
重量	1.39kg
安装方式	螺钉安装
防护等级	IP20

SmartGen

5 操作

5.1 说明

5.1.1 指示灯和接线

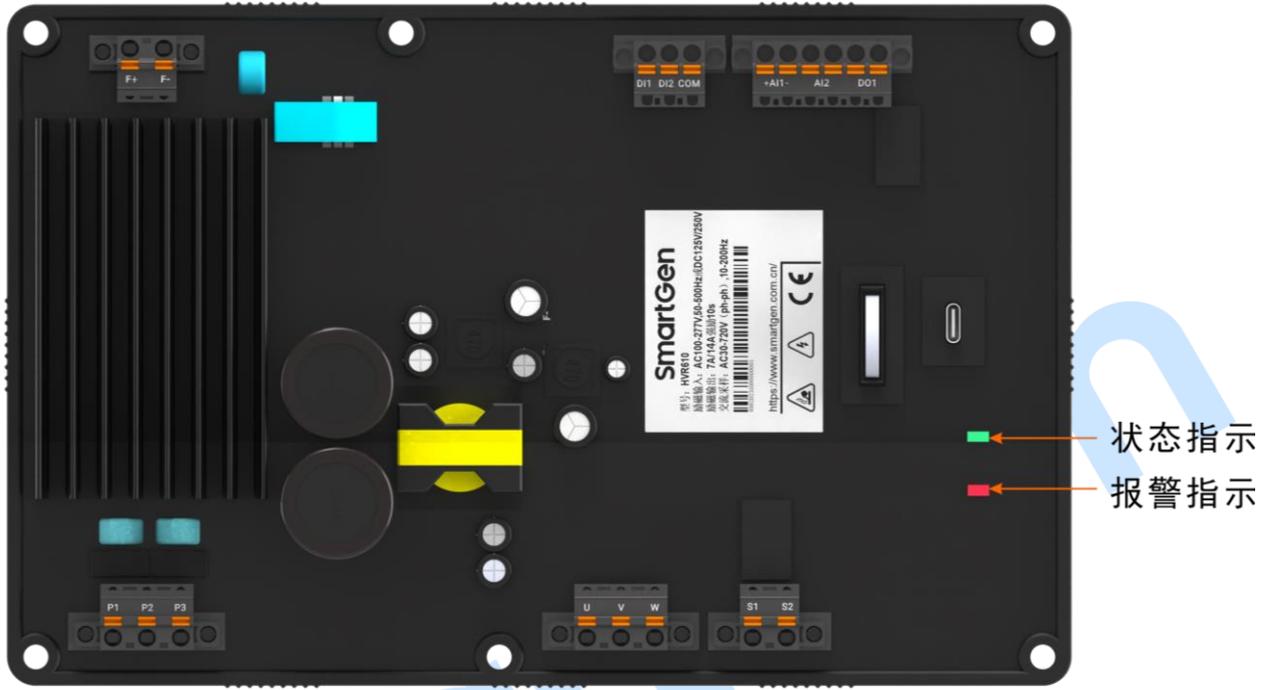


图1 HVR610 俯视图

表5 指示灯介绍

指示灯类型	功能	描述
报警指示（红色）	报警	当模块有严重报警时，快速闪烁（1秒5次）； 当模块有一般报警时，慢速闪烁（1秒1次）； 当模块无报警时，熄灭。
状态指示（绿色）	状态	当模块电源正常时，常亮； 有警告和故障读秒时，慢速闪烁（1秒1次）。

表6 接线端子接线描述

标号	功能	导线规格	备注
F+	励磁输出正极	1.5mm ²	励磁输出。
F-	励磁输出负极	1.5mm ²	
DI1	开关量输入口 1	1.0mm ²	接公共端有效。
DI2	开关量输入口 2	1.0mm ²	接公共端有效。
COM	开关量输入口公共端	1.0mm ²	开关量输入口公共端。
AI1	模拟量输入 1	1.0mm ²	电压型模拟量输入。
		1.0mm ²	
AI2	模拟量输入 2	1.0mm ²	电阻型模拟量输入。
		1.0mm ²	

标号	功能	导线规格	备注
D01	开关量输出 1	1.5mm ²	10A AC250V 无源输出（继电器输出）。
		1.5mm ²	
P1	电源输入 P1	1.5mm ²	励磁电源输入。
P2	电源输入 P2	1.5mm ²	
P3	电源输入 P3	1.5mm ²	
U	发电机 U 相电压监视输入	1.0mm ²	连接至发电机输出 U 相（推荐 2A 保险丝）。
V	发电机 V 相电压监视输入	1.0mm ²	连接至发电机输出 V 相（推荐 2A 保险丝）。
W	发电机 W 相电压监视输入	1.0mm ²	连接至发电机输出 W 相（推荐 2A 保险丝）。
S1	电流互感器监视输入	1.5mm ²	外接电流互感器二次线圈（额定 5A 或 1A）。
S2		1.5mm ²	
DEVICE	USB	隔离型	TYPE-C 接口，可向模块供电，可使用 PC 软件对电压调节器进行参数编程、实时监控数据和升级程序。

注意：该电压调节器上的USB接口可直接连接PC进行参数编程，在待机和运行时均可。

小心：严禁发电机运行时，进行程序升级。

5.1.2 励磁电源输入

励磁电源输入为励磁控制输出提供电源，并为电压调节器提供工作电源。

励磁电源输入端子为P1、P2、P3，可通过永磁励磁发电机PMG，辅助绕组励磁发电机AUXW，自励磁发电机SHUNT提供。

励磁输入电源可以使用单相或三相三线电源供电，单相电源时可通过任意两个励磁电源输入端子供电。

交流供电范围为：AC100V - AC277V。

建议最小剩磁电压 AC8V。

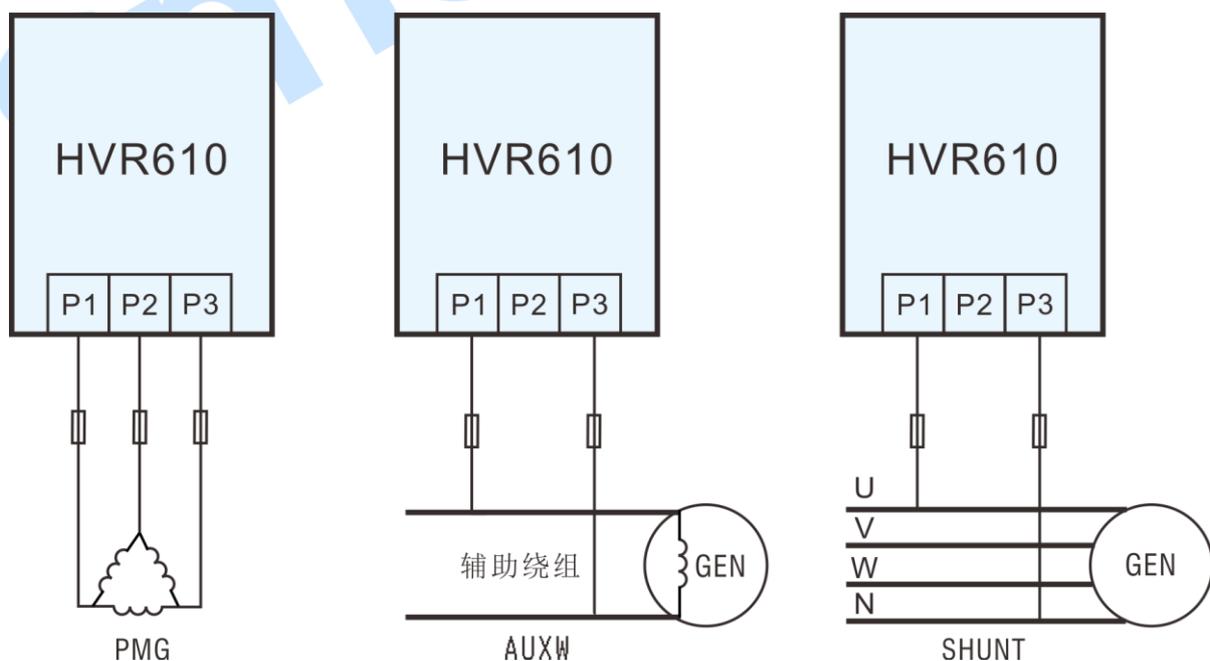


图2 励磁电源输入接线图

5.1.3 励磁输出

励磁输出为励磁机提供直流励磁功率输入。励磁输出端子为F+、F-。

在 70°C 室温工作条件下，可提供 7A 连续工作电流，强励时可提供 10s 最大励磁电流为 11A；在 55°C 室温工作条件下，可提供 10A 连续工作电流，强励时可提供 10s 最大励磁电流为 14A。

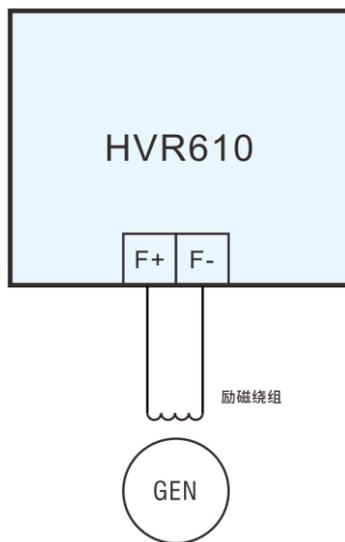


图3 励磁输出接线图

5.1.4 发电机电压检测输入

三相发电机电压检测端子为U、V、W。

该检测端子交流输入范围：AC30V - AC720V (ph-ph)。

可通过系统设置->交流输入采样设置接线为三相（U-V-W）、二相（V-W）。

自动电压调节模式（AVR），发电电压检测为三相时，发电端电压为三相线电压的平均值。

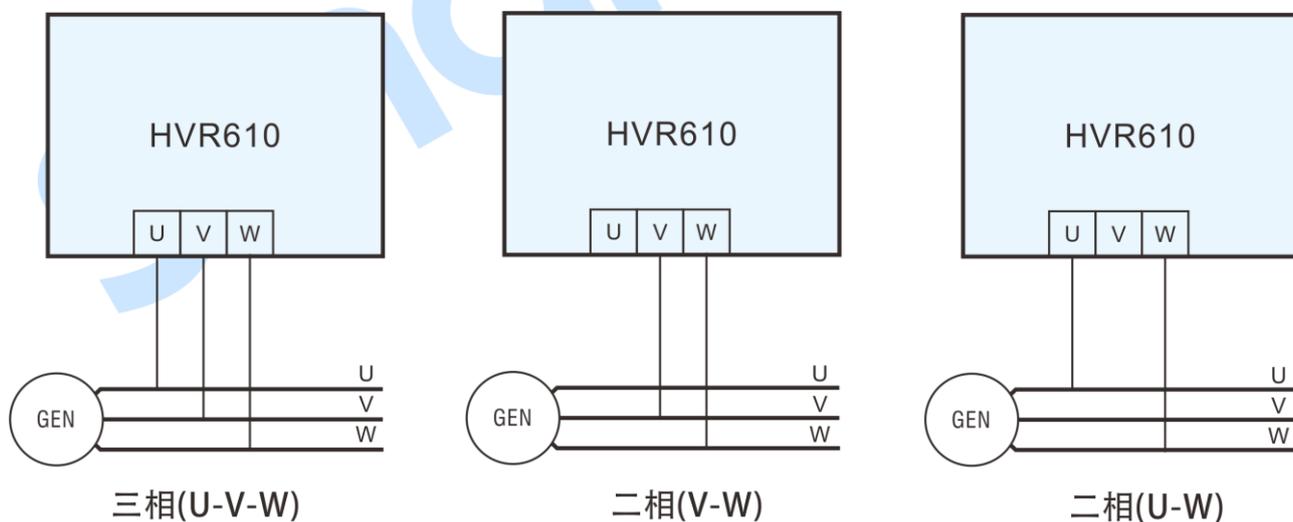


图4 发电电压检测接线图

5.1.5 发电机电流检测

三相发电机电流检测端子为：S1、S2。

电流互感器二次侧电流额定值可设置为 5A 或 1A，额定 5A 检测范围：0A - 15A，额定 1A 检测范围：0A - 3A。

当发电电压检测设置为三相三线（U-V-W）时，CT 接线可设置为：IA 或 IB。

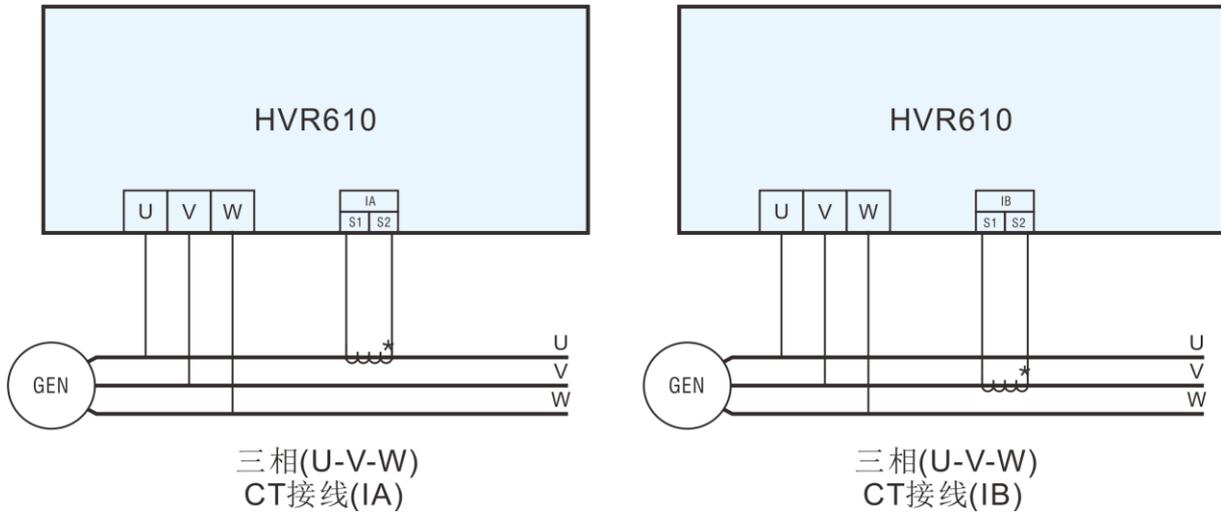


图5 三相三线发电电流检测 CT 接线图

当发电电压检测设置为二相(V-W)时，CT 接线设置固定为 IA。

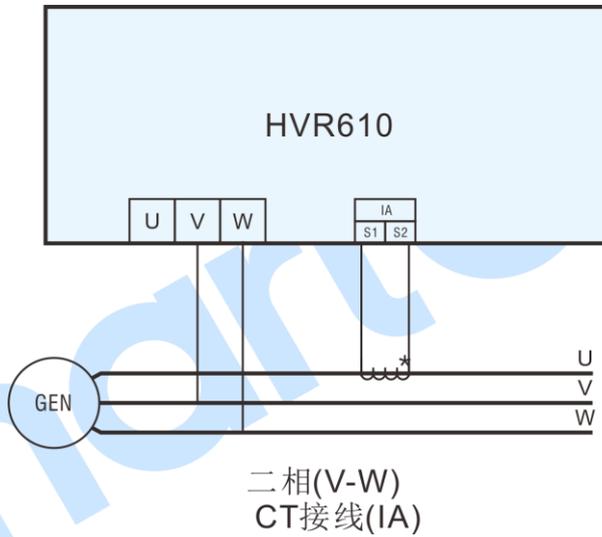


图6 二相(V-W) CT 接线图

当发电电压检测设置为单相二相(U-W)时，CT 接线设置固定为 IB。

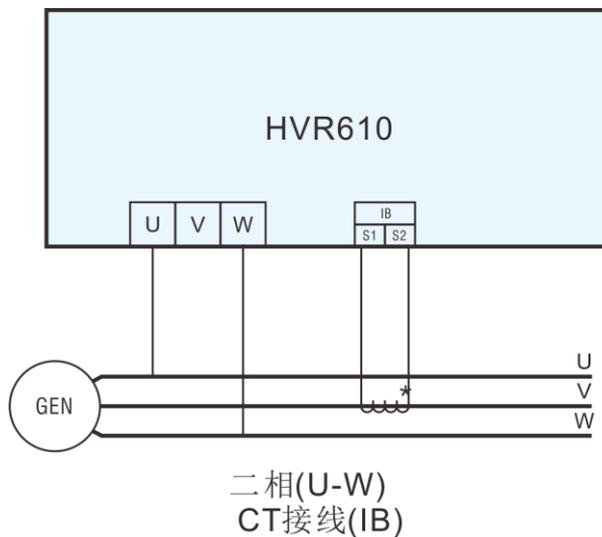


图7 二相(U-W) CT 接线图

5.1.6 模拟量输入

具有两个模拟量输入口，模拟量输入1（电压型）端子为AI1；模拟量输入2（电阻型）端子为AI2。AI1的输入范围为(-10-10)V，AI2的输入范围为(0-6000) Ω ，推荐使用(2-5)K Ω 电位器。

▲注：模拟量输入均为非隔离的。

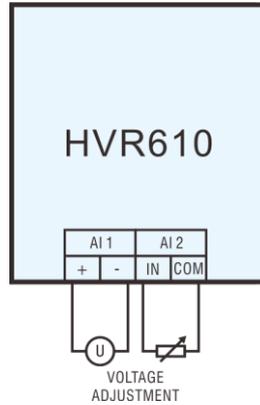


图8 模拟输入接线图

5.1.7 开关量输入

具有两个开关量输入口，所有输入均为接COM有效。

▲注：低接通阈值电压1.5V，断开阈值电压1.8V。

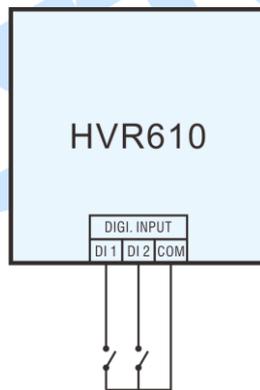


图9 开关量输入接线图

5.1.8 开关量输出

具有一个无源继电器输出。继电器容量为10A AC250V。

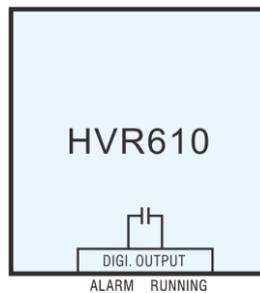


图10 开关量输出接线图

5.2 励磁调节说明

5.2.1 原理框图

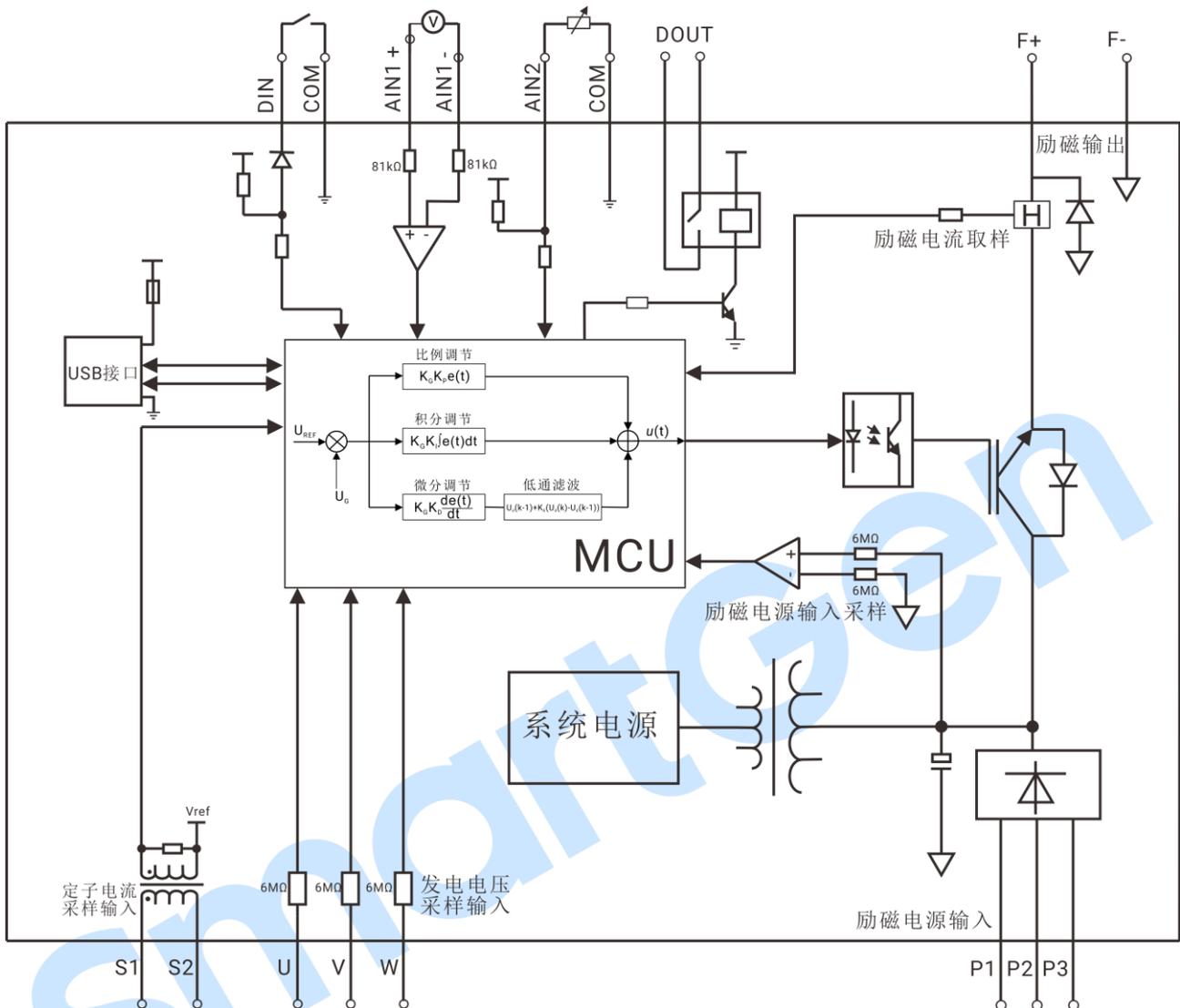


图11 HVR610 原理框图

5.2.2 启动

软启动

软启动功能在自动电压调节模式(AVR)和励磁电流调节模式(FCR)可控制发电机启动时发电机端电压或励磁电流的变化速度，如软启动曲线图所示。

软启动时间：(0.1~120.0)s，默认3.0s，软启动时间为从软启动开始到100%目标值的时间。

启动阈值：(0.1~100.0)%，默认20.0%，当发电机端电压达到启动阈值时，开始自动调节。

初始占空比：(0~100.0)%，默认0.0%，励磁调节初始PWM值。

在发电机软启动过程中，发电机的U/F伏频特性依然有效，并优先控制发电机电压。

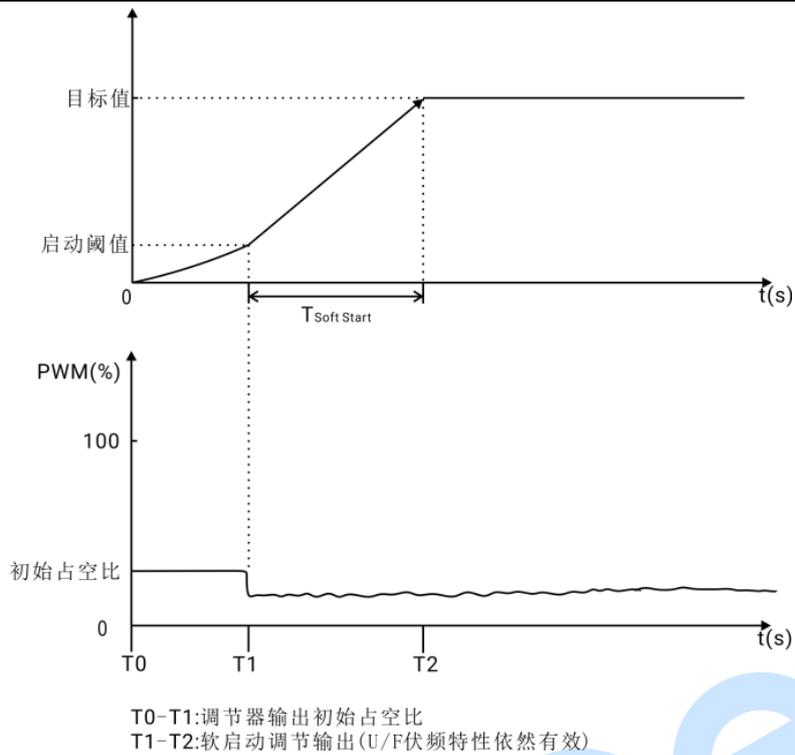


图12 软启动曲线图

阈值启动模式

阈值启动功能适用于自动电压调节模式(AVR)，电压调节器输出设置的初始占空比，当电压调节器检测到发电机端电压大于设置的启动阈值时，电压调节开始有效。目标电压按照设置的U/F伏频特性进行调节。

阈值启动模式的停止励磁输出条件：当发电频率小于设置的停止励磁的频率值，且励磁电源输入电压小于设置的停机励磁时供电电压阈值时，延时设置的时间，励磁停止输出。

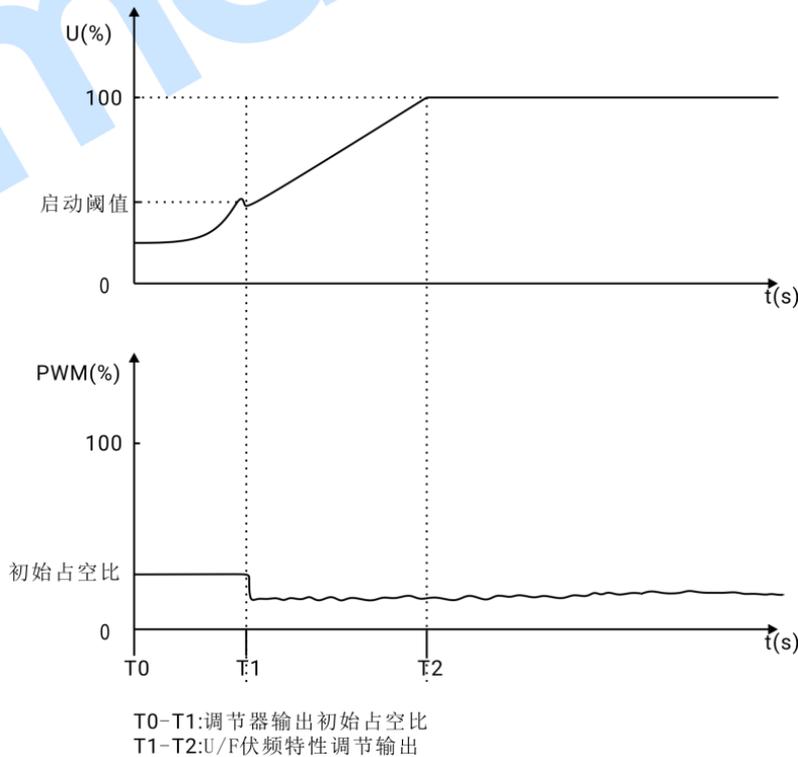


图13 阈值启动曲线图

5.2.3 自动电压调节模式(AVR)

5.2.3.1 说明

可通过参数配置或AVR模式输入口将励磁调控模式设为自动电压调节模式(AVR)。

AVR输出值有四种调节方法：

1. 设置AVR输出电压值（固定值）；
2. 通过开关量UP输入或DOWN输入调节输出电压值；
3. 通过改变模拟量输入电压(-10-10)V，调节输出电压值；
4. 通过改变模拟量电阻(0-6000) Ω ，调节输出电压值；

辅助调节输出电压为以上调节方式的调节偏差总和的平均值。

举例：

The screenshot displays the AVR configuration interface with the following settings:

- 发电额定电压:** 400 V (range: 30-30000)V
- AVR输出电压:** 100.0 % (range: 0-200.0)%
- AVR微调设置:**
 - 下限值:** -10.0 % (range: -50.0-(-0.1))%
 - 上限值:** 10.0 % (range: 0.1-50.0)%
- 开关量微调使能:** (disabled)
- 调节速率:** 1.0 %/s (range: 0.1-9.9)%/s
- 电压微调使能:** (enabled)
 - 下限电压值:** 0.0 V (range: -10.0-10.0)V
 - 上限电压值:** 5.0 V (range: -10.0-10.0)V
- 电阻微调使能:** (enabled)
 - 下限电阻值:** 0 Ω (range: 0-6000) Ω
 - 上限电阻值:** 5000 Ω (range: 0-6000) Ω

1. 当电压微调为1.0V时：

电压微调偏差EV = $-10.0\% + (10.0\% - (-10.0\%)) * 1.0 / (5.0 - 0) = -6.0\%$ ；

2. 当电阻微调为1500 Ω 时：

电阻微调偏差ER = $-10.0\% + (10.0\% - (-10.0\%)) * 1500 / (5000 - 0) = -4.0\%$ ；

3. 总偏差ET = $(EV + ER) / 2 = -5.0\%$ ；

电压目标值 = $400 * (100.0\% + ET) = 380V$ 。

5.2.3.2 U/F 伏频坡度特性

启动频率(F_{start}): (10.0~100.0)%, 默认10.0%。

转折频率(F_{knee}): (70.0~100.0)%, 默认96.0%。

U/F坡度(SLOPE): (0.5~5.0)%/Hz, 默认1.0。当前发电频率每变化1Hz, 变化SLOPE%的发电电压。

U/F伏频特性图如下所示。

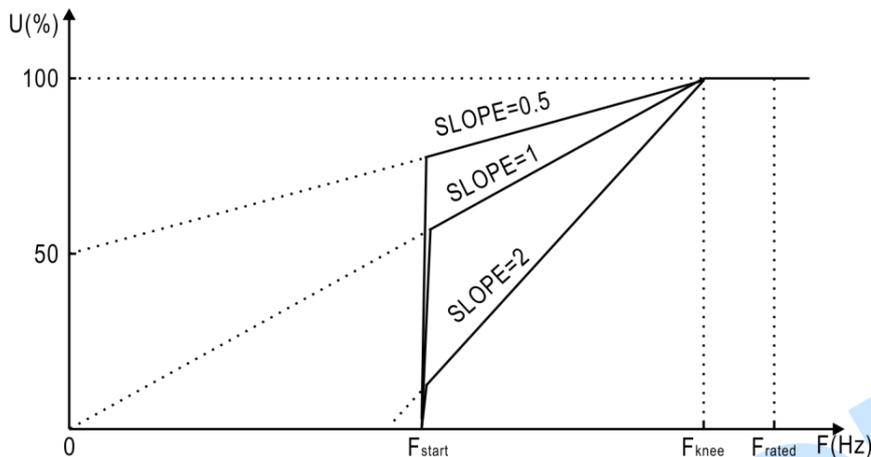


图14 U/F 伏频特性

5.2.3.3 下垂控制

并联运行发电机可通过下垂功能自动进行无功负载分配。

下垂范围: (0~10.0)%, 默认3.0%。

当无功功率为0%时, 目标电压不变, 当无功功率为100%时, 目标电压减小设置的补偿电压。

举例: 设置下垂为5%, 额定电压为400V, 当无功功率为0%时, 目标电压为400V, 当无功功率为100%, 目标电压为 $400 \times 95\% = 380V$ 。下垂控制电压曲线如下图所示。

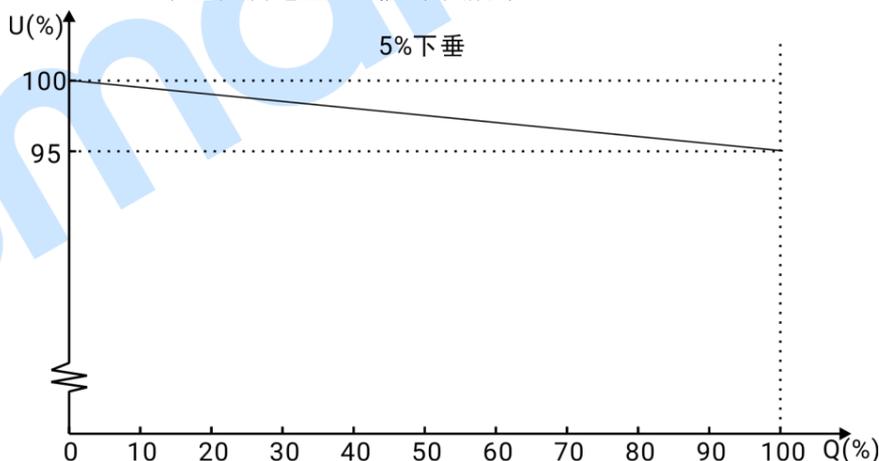


图15 下垂控制电压曲线

5.2.3.4 传输线压降补偿

传输线压降补偿范围: (0~20.0)%, 默认3.0%。

当视在功率为0%时, 目标电压不变, 当视在功率为100%时, 目标电压增加设置的补偿电压。

举例: 设置传输线压降补偿为5%, 额定电压为400V, 当视在功率为0%时, 目标电压为400V, 当视在功率为100%, 目标电压为 $400 \times 105\% = 420V$ 。传输线压降补偿电压曲线如下图所示。

此功能用于补偿传输电缆比较长, 负载电流增大会引起传输线压降较大的场合。

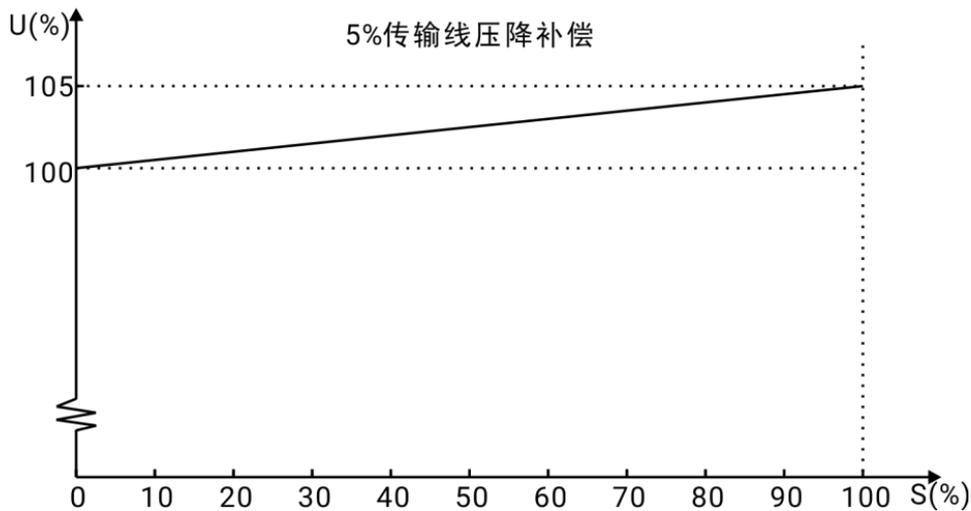


图16 传输线压降补偿曲线

5.2.3.5 加载补偿

下降值(U_{lcf}): (70.0~100.0)%, 默认90.0%。

持续延时(T_{lcf}): (0~10.0)s, 默认1.0s。

上升坡度(T_{rise}): (0~100.0)%/s, 默认0.2%/s。

当发电频率下降到转折频率(F_{knee})后, 目标电压下降到设置的电压值 U_{lcf} , 瞬间降低发动机的输出功率, 当频率开始回升时目标电压按 T_{rise} 设置逐渐上升, 提高机组突加载性能。当延时 T_{lcf} 时间后本次加载补偿完成。在加载补偿过程中, 发电机的U/F伏频坡度特性依然有效, 并优先控制发电机电压。

此功能用于机组突加负载时, 通过降低发电机端电压, 减少机组输出功率, 达到改善机组突加性能的目的。

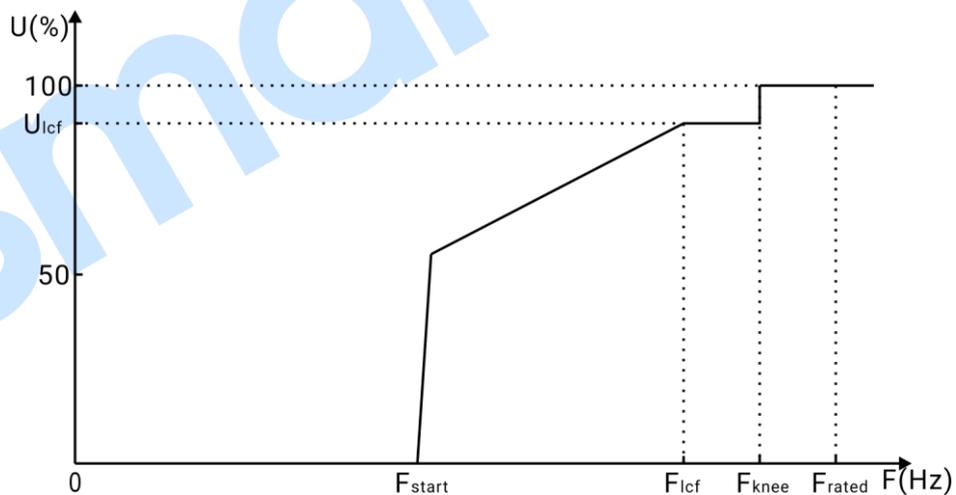
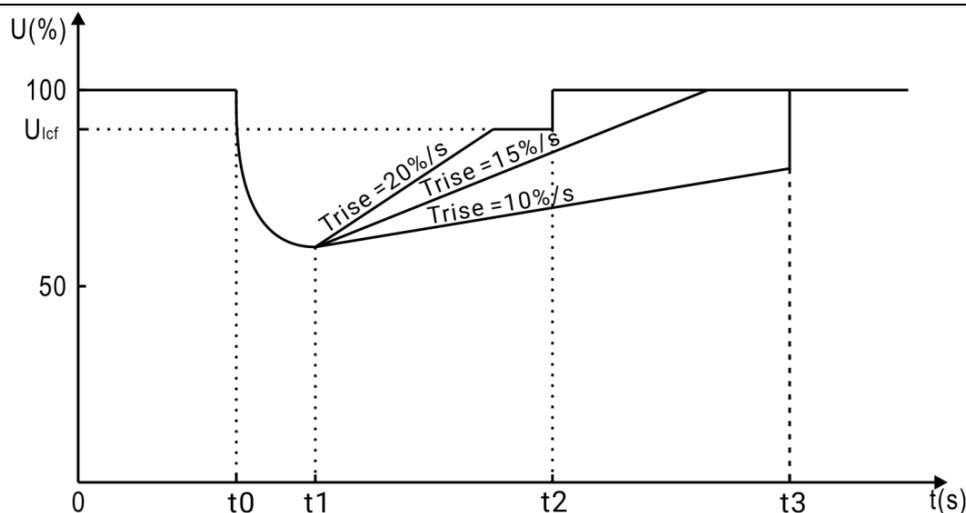


图17 加载补偿时电压频率曲线



t_0 :发电频率 < 加载补偿频率($F < F_{lcf}$)

t_1 :发电频率 > 加载补偿频率($F > F_{lcf}$)

t_2 :发电频率 > 转折频率($F > F_{knee}$)

t_3 :持续时间结束($t_3 = t_1 + T_{lcf}$)

图18 加载补偿时电压时间曲线

5.2.3.6 运行过程

- 发电机开始运行时，电压调节器输出初始占空比，当检测到发电机端电压大于设置的启动阈值电压时，电压调节进入软启动过程，逐渐加大励磁输出；
- 软启动结束后，按 U/F 伏频曲线调节励磁输出，当发电频率大于转折频率，电压调节器以额定电压为目标进行调节；
- 发电机停机时，逐渐停止励磁输出，当发电频率小于停止励磁频率时结束本次运行；
- 当电压调节器检测到故障停机报警时，励磁停止输出。

5.2.4 励磁电流调节模式(FCR)

可通过参数配置或FCR模式输入口将电压调节器切换为励磁电流调节模式(FCR)。

励磁电流调节模式(FCR)优先于其他励磁调节模式。

励磁电流调节模式(FCR)直接控制励磁电流输出大小。

励磁电流输出值有四种调节方法：

- 设置FCR励磁电流输出（固定值）；
- 通过开关量UP输入或DOWN输入调节输出励磁电流值；
- 通过改变模拟量输入电压(-10-10)V，调节输出励磁电流值；
- 设置励磁电流输出范围，使能模拟量电阻微调，通过改变模拟量电阻(0-6000) Ω ，调节输出励磁电流值；

辅助调节输出励磁电流为以上调节方式的调节偏差总和的平均值。举例如果有两种方式调节，调节偏差值等于这两种调节偏差总和除以2。

举例：

励磁电流

额定电流

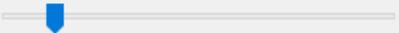
1.0 A

1.0A

(0-10.0)A

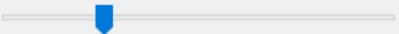
FCR

励磁电流跟踪设置

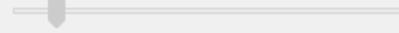
FCR励磁电流 A  1.2A (0-10.0)A

FCR微调设置

下限值 %  -50.0% (-100.0-0)%

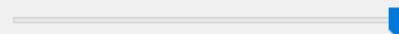
上限值 %  50.0% (0-200.0)%

开关量微调使能

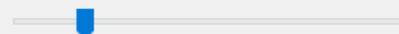
调节速率 %/s  1.0%/s (0.1-9.9)%/s

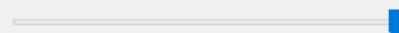
电压微调使能

下限电压值 V  0.0V (-10.0-10.0)V

上限电压值 V  10.0V (-10.0-10.0)V

电阻微调使能

下限电阻值 Ω  1000Ω (0-6000)Ω

上限电阻值 Ω  6000Ω (0-6000)Ω

1. 当电压微调为4.0V时:

电压微调偏差 $EV = -50.0\% + (50.0\% - (-50.0\%)) * 4.0 / (10.0 - 0) = -10.0\%$;

2. 电阻微调为1000Ω时:

电阻微调偏差 $ER = -50.0\% + (50.0\% - (-50.0\%)) * 1000 / (6000 - 1000) = -30.0\%$;

3. 总偏差 $ET = (EV + ER) / 2 = -20.0\%$;

励磁电流目标值 = $1.2 + 1.0 * ET = 1.0A$ 。

5.2.5 无功功率调节模式(VAR)

可通过参数配置或VAR模式输入口将电压调节器切换为无功功率调节模式(VAR)。

无功功率调节模式(VAR)应用于发电机与市电并联或与大容量母排并联时, 发电机输出固定的无功功率。

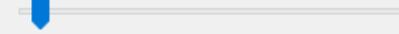
在此模式下需要使能电流互感器, 直接控制发电机向负载输出无功功率。

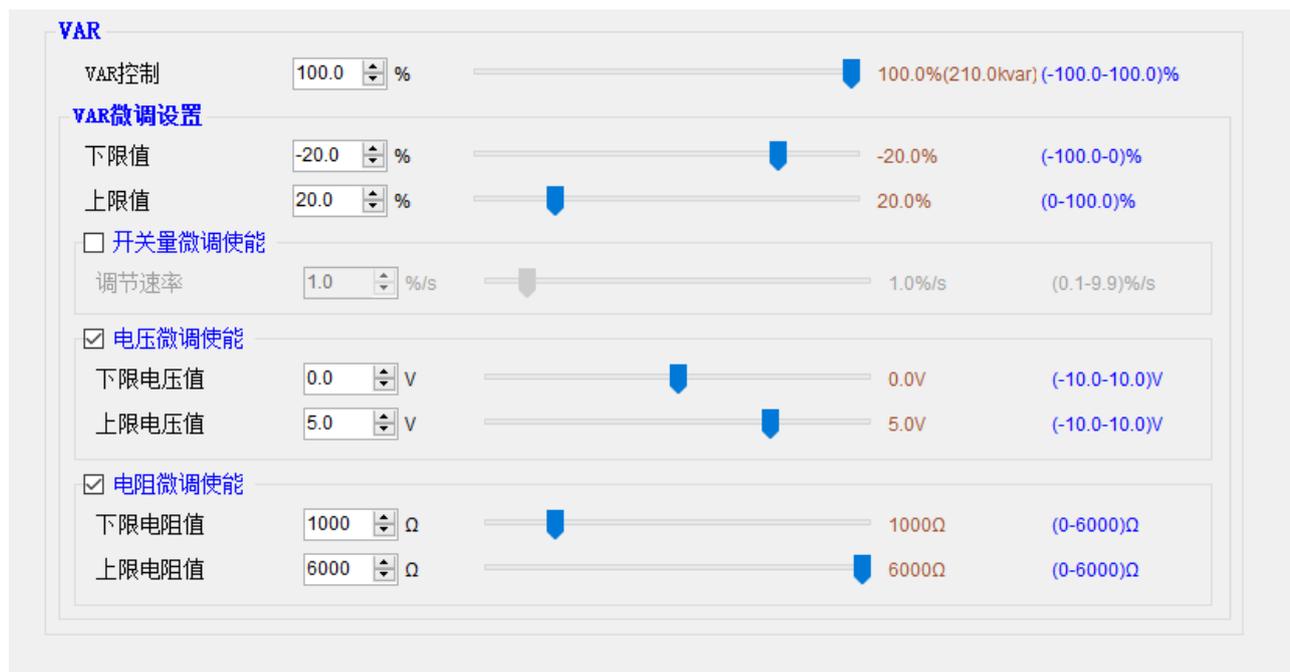
有四种调节方法:

1. 设置无功功率(固定值);
2. 通过开关量UP输入或DOWN输入调节输出无功功率值;
3. 通过改变模拟量输入电压(-10-10)V, 调节输出无功功率值;
4. 通过改变模拟量电阻(0-6000)Ω, 调节输出无功功率值;

辅助调节输出无功功率为以上调节方式的调节偏差总和的平均值。举例如果有两种方式调节, 调节偏差值等于这两种调节偏差总和除以2。

举例:

发电额定无功功率 kvar  210kvar (0-6000)kvar



1. 当电压微调为4.0V时：
电压微调偏差 $EV = -20.0\% + (20.0\% - (-20.0\%)) * 4.0 / (5.0 - 0) = 12.0\%$;
2. 当电阻微调为3000Ω时：
电阻微调偏差 $ER = -20.0\% + (20.0\% - (-20.0\%)) * 3000 / (6000 - 1000) = 4.0\%$;
3. 总偏差 $ET = (EV + ER) / 2 = 8.0\%$ ；
无功功率目标值 $= 210 * (100.0\% + ET) = 226.8\text{kvar}$ 。

5.2.6 功率因数调节模式(PF)

可通过参数配置或PF模式输入将电压调节器切换为功率因数调节模式(PF)。

功率因数调节模式(PF)应用于发电机与市电并联或与大容量母排并联时，发电机稳定在设置的功率因数。

在此模式下需要使能电流互感器，直接控制发电机的功率因数。

功率因数值有四种调节方法：

1. 设置功率因数（固定值）；
2. 通过开关量UP输入或DOWN输入调节功率因数；
3. 通过改变模拟量输入电压(-10-10)V，调节功率因数；
4. 通过改变模拟量电阻(0-6000)Ω，调节功率因数；

选择开关量调节时，输出功率因数值为功率因数设置值（设置值）加开关量调节偏差；

选择模拟量电阻或电压调节时，输出功率因数值为调节方式的调节值总和的平均值。举例如果有两种方式调节，调节偏差值等于这两种调节偏差总和除以2。

举例：

PF

PF控制 0.80L (0.50L-0.50C)

PF微调设置

下限值 0.50L (0.50L-0.50C)

上限值 1.00 (0.50L-0.50C)

开关量微调使能

调节速率 /s 0.10/s (0.01-0.99)/s

电压微调使能

下限电压值 V 0.0V (-10.0-10.0)V

上限电压值 V 10.0V (-10.0-10.0)V

电阻微调使能

下限电阻值 Ω 1000Ω (0-6000)Ω

上限电阻值 Ω 6000Ω (0-6000)Ω

1. 当电压微调为4.0V时:

电压调节目标值 $TV = 0.50L + (1.00 - 0.50L) * 4.0 / (10.0 - 0) = 0.70L$;

2. 当电阻微调为1000Ω时:

电阻调节目标值 $TR = 0.50L + (1.00 - 0.50L) * 1000 / (6000 - 1000) = 0.60L$;

3. 功率因数目标值 $T = (TV + TR) / 2 = 0.65L$ 。

6 保护和限制

6.1 警告报警

当电压调节器检测到警告信号时，电压调节器仅警告不断开励磁输出。

表7 警告报警量

序号	类型	描述
1	发电过压警告	发电过压报警检测使能时，当电压调节器检测到发电机的端电压大于设定的发电过压警告阈值时，电压调节器发出警告信号。 一直检测。
2	发电欠压警告	发电欠压报警检测使能时，当电压调节器检测到发电机的端电压小于设定的欠压警告阈值时，电压调节器发出警告信号。 首次发电频率大于转折频率后开始检测。
3	发电过频警告	发电过频报警检测使能时，当电压调节器检测到发电机的频率大于设定的发电过频警告阈值时，电压调节器发出警告信号。 一直检测。
4	发电欠频警告	发电欠频报警检测使能时，当电压调节器检测到发电机的频率小于设定的发电欠频警告阈值时，电压调节器发出警告信号。 首次发电频率大于转折频率后开始检测。
5	无发电警告	无发电报警检测使能时，电压调节器检测到发电电压为 0 且发电频率为 0 时，电压调节器发出警告信号。 首次发电频率大于转折频率后或励磁电流大于设置的阈值时检测。
6	励磁过流警告	过励限制使能时，当电压调节器检测到励磁电流大于设定的励磁过流 1 阈值时，或过励限制有效且过励限制动作为警告时，电压调节器发出警告信号。 一直检测。
7	励磁过压警告	励磁过压检测使能时，当电压调节器检测到励磁电压大于设定的励磁过压警告阈值时，电压调节器发出警告信号。 一直检测。
8	电压波形失真警告	电压波形失真检测使能时，当电压调节器检测到发电端电压波形失真度大于设定的电压波形失真警告阈值时，电压调节器发出警告信号。 一直检测。
9	电压不平衡警告	电压不平衡检测使能时，当电压调节器检测到电压不平衡度大于设定的阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
10	发电缺相警告	发电缺相检测使能，当电压调节器检测到发电缺相时，电压调节器发出报警信号。 发电电压大于 50V 时检测。
11	发电逆相序警告	发电逆相序检测使能，当电压调节器检测到发电逆相序时，电压调节器发出报警信号。 发电电压大于 50V 时检测。
12	功率因数低警告	功率因数低检测使能时，当电压调节器检测到发电功率因数小于设定的报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 当前功率大于额定功率的 10% 时检测。

序号	类型	描述
13	定子过流警告	定子电流限制使能时,当电压调节器检测到定子电流大于设定的定子过流报警 1 阈值时,或定子电流限制有效且定子电流限制动作为警告时,电压调节器发出警告信号。 一直检测。
14	过功率警告	过功率报警检测使能时,当电压调节器检测到发电机功率大于设定的过功率警告阈值时,电压调节器发出警告信号。 一直检测。
15	逆功率警告	逆功率报警检测使能时,当电压调节器检测到发电机的逆功率值(功率为负)大于设定的阈值时,电压调节器发出报警信号。 一直检测。
16	失磁警告	失磁报警检测使能时,当电压调节器检测到发电机的无功功率(功率为负)大于设定的阈值时,电压调节器发出报警信号。 一直检测。
17	电流谐波过大警告	电流波形失真检测使能时,当电压调节器检测到定子电流波形失真度大于设定的电流波形失真度警告阈值时,电压调节器发出警告信号。 一直检测。
18	短路警告	短路检测使能时,当电压调节器检测到定子电流值大于设定的短路报警阈值时,电压调节器发出报警信号。 一直检测。
19	旋转二极管开路警告	旋转二极管开路检测使能时,当电压调节器检测到励磁电流波形失真度大于设定的开路报警阈值(默认 5%)时,电压调节器发出报警信号。 一直检测。
20	旋转二极管短路警告	旋转二极管短路检测使能时,当电压调节器检测到励磁电流波形失真度大于设定的短路报警阈值(默认 10%)时,电压调节器发出报警信号。 一直检测。

▲注:当极比(励磁电机极数/发电机极数)不等于0时,励磁电流谐波值为极比接近的两个谐波值和;极比等于0时,励磁电流谐波值为各次谐波值总和。举例:14极的励磁电机和6极的发电机,极比为2.33,取谐波2和3的百分比相加。

6.2 故障报警

当电压调节器检测到故障报警信号时,电压调节器立即断开励磁输出,同时显示报警类型。

表8 故障报警量

序号	类型	描述
1	发电过压故障报警	发电过压报警检测使能时,当电压调节器检测到发电机的端电压大于设定的故障报警阈值时,电压调节器发出报警信号。 一直检测。
2	发电欠压故障报警	发电欠压报警检测使能时,当电压调节器检测到发电机的端电压小于设定的故障报警阈值时,电压调节器发出报警信号。 首次发电频率大于转折频率后开始检测。
3	发电过频故障报警	发电过频报警检测使能时,当电压调节器检测到发电机的频率大于设定的故障报警阈值时,电压调节器发出报警信号。 一直检测。
4	发电欠频故障报警	发电欠频报警检测使能时,当电压调节器检测到发电机的频率小于设定的故障报警阈值时,电压调节器发出报警信号。

序号	类型	描述
		首次发电频率大于转折频率后开始检测。
5	无发电故障报警	无发电报警检测使能时，电压调节器检测到发电电压为 0 且发电频率为 0 时，电压调节器发出报警信号。 首次发电频率大于转折频率后或励磁电流大于设置的阈值时检测。
6	励磁过流故障报警	过励限制使能时，当过励限制有效且过励限制动作为故障时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
7	励磁过压故障报警	励磁过压报警检测使能时，当电压调节器检测到励磁电压大于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
8	电压不平衡故障	发电电压不平衡检测使能时，当电压调节器检测到不平衡电压大于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
9	电压波形失真故障报警	发电电压波形失真检测使能时，当电压调节器检测到电压波形失真度大于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
10	过功率故障报警	过功率检测使能时，当电压调节器检测到负载的功率值（功率为正）大于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
11	逆功率故障报警	逆功率检测使能时，当电压调节器检测到负载的逆功率值（功率为负）大于设定的故障报警阈值时，控制器发出报警信号。 一直检测。
12	功率因数低故障报警	功率因数低检测使能时，当电压调节器检测到发电功率因数小于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 当前功率大于额定功率的 10% 时检测。
13	定子过流故障报警	发电过流检测使能时，当电压调节器检测到定子电流大于设定的故障报警阈值时，控制器发出报警信号。 一直检测。
14	电流波形失真故障报警	电流波形失真检测使能时，当电压调节器检测到电流波形失真度大于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
15	短路故障报警	短路检测使能时，当电压调节器检测到负载电流大于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
16	失磁故障报警	失磁报警检测使能时，当电压调节器检测到发电机的无功功率（功率为负）大于设定的故障报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
17	旋转二极管开路故障报警	旋转二极管开路检测使能时，当电压调节器检测到励磁电流波形失真度大于设定的开路报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。
18	旋转二极管短路故障报警	旋转二极管短路检测使能时，当电压调节器检测到励磁电流波形失真度大于设定的短路报警阈值时，电压调节器发出报警信号。 一直检测。

6.3 欠励限制

发电机因励磁电流过度减小会引起失步，并且会引起发电机端部过热。可通过使能欠励限制功能，进行欠励限制。欠励限制曲线可设置5个点，可以根据发电机功率特性曲线设置有功功率百分比和无功功率百分比，欠励限制曲线图所示。

欠励限制在无功功率调节模式(VAR)功率因数调节模式(PF)有效。当限制有效后，电压调节器限制励磁电流，使发电机运行在功率特性曲线限制范围内和热稳定限制线以内。

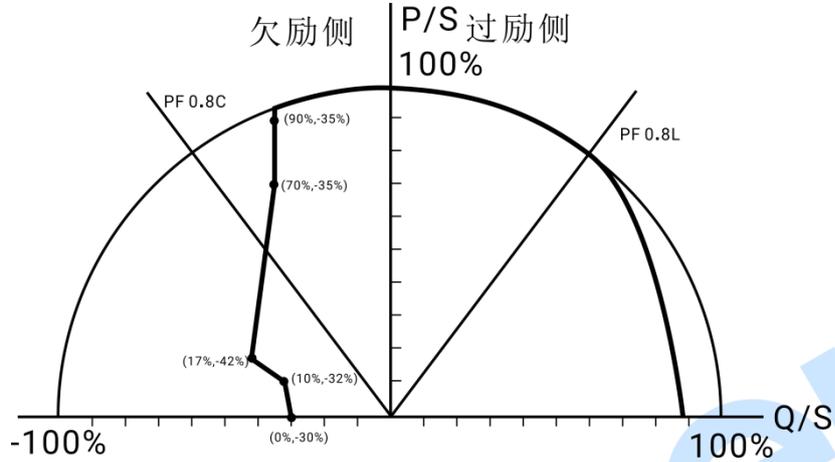


图19 欠励限制曲线

6.4 过励限制

当发电机运行在功率特性曲线过励磁范围内，会导致励磁绕组过热，因此发电机需恢复系统电压，向系统提供更多的无功功率，即强励磁能力。过励限制可以设定两个励磁过流阈值，励磁过流2阈值为强励限制值，励磁过流1阈值为长期允许励磁电流。调节器对强励时的励磁电流实现瞬时限制，当强励限制有效时，将励磁电流限制在励磁过流2阈值的0.95倍以下；当励磁电流超过过流1阈值，且达到过励反时限时间后，励磁电流过励限制有效，将励磁电流限制在励磁过流1阈值的0.95倍以下，等待积累热量释放。

过励限制有效时动作可设置，当过励限制有效后，调节器延时设置的过励限制动作时间后，发出警告或故障报警。

过励反时限时间计算方法：

通过励磁过流1阈值、励磁过流2阈值两点确定反时限限制曲线。

$$t = \frac{I_{FEL}^2 - I_{OEL}^2}{I_E^2 - I_{OEL}^2} Tq$$

计算公式为：

定义： I_{FEL} （强励限制值）--- 励磁过流2阈值 Tq （强励允许时间）--- 过流延时值
 I_{OEL} （过励限制值）--- 励磁过流1阈值 I_E --- 实际励磁电流值
 t --- 反时限时间计算值

过励限制方法：

通过计算热量累计 $B = \int (I_E^2 - I_{OEL}^2) dt$ 与最大允许累计热量 $B_0 = (I_{FEL}^2 - I_{OEL}^2) Tq$ 比较来进行过励限制。当热量累计 $B \geq B_0$ 或过励累计时间到达最大延时值时，过励限制有效。

累计热量计算：

- 1) $B=0$, $I_E \leq I_{OEL}$, 过励未发生过，无过热累计；
- 2) $B=0$, $I_E > I_{OEL}$, 过励未发生过，当前过励，热量进行累计 $B = B + (I_E^2 - I_{OEL}^2) \Delta t$;
- 3) $B > 0$, $I_E > I_{OEL}$, 过励发生过，当前过励，热量进行累计 $B = B + (I_E^2 - I_{OEL}^2) \Delta t$;
- 4) $B > 0$, $I_E < I_{OEL}$, 过励发生过，当前无过励，热量反向进行累计 $B = B - (I_E^2 - I_{OEL}^2) \Delta t$ ，即热量释放过程，当 $B \leq 0$ 时，计算截止， $B=0$ 。

过励限制有效后，限制励磁电流为励磁过流 1 阈值的 0.95 倍以下，进行热量释放，直到热量释放完 (B=0)，此过程中不允许再次强励。

举例：

励磁电流

额定电流	2.0 A		2.0A	(0-10.0)A
<input checked="" type="checkbox"/> 过励限制使能				
励磁过流1阈值	110.0 %		110.0%(2.2A)	(0-300.0)%
励磁过流2阈值	200.0 %		200.0%(4.0A)	(0-300.0)%
过流延时值	10 s		10s	(1-120)s
过励动作	警告			
过励动作延时	10 s		10s	(0-3600)s

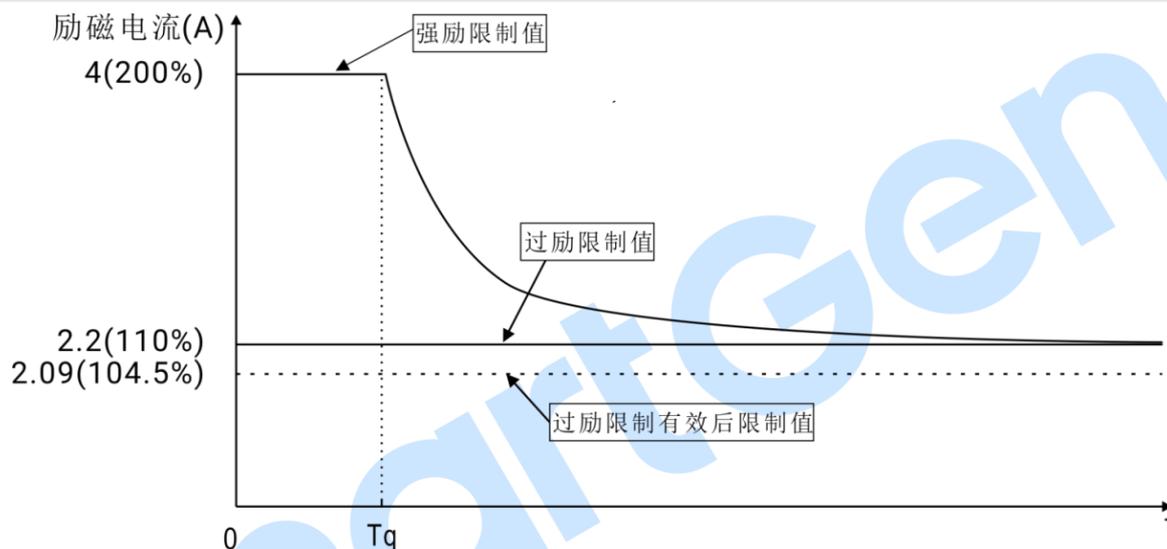


图20 过励限制设置

6.5 定子电流限制

发电机在运行过程中，当定子电流超过设置的过流1阈值时，开始定子电流反时限计算，当定子电流过流达到反时限限制时间后，将限制定子电流在定子过流1阈值的0.95倍。定子电流限制有效后，需等待定子内部热量释放后才允许再次过流。定子电流限制通过两点确定限制曲线。

定子电流限制在自动电压调节模式(AVR)有效。

定子电流限制有效时动作可设置，当定子电流限制有效后，调节器延时设置的限制动作时间后，发出警告或故障报警。

定子电流反时限时间计算方法和过励限制反时间计算方法一样。

计算公式为：

$$t_g = \frac{I_{eq}^2 - I_{gL}^2}{I_L^2 - I_{gL}^2} T_{eq}$$

定义： I_{eq} （等效定子电流）--- 过流 2 阈值 T_{eq} （等效定子电流值下的允许延时）--- 过流报警延时值
 I_{gL} （最大的长时间允许定子电流）--- 过流 1 阈值 I_L --- 实际定子电流值
 t_g --- 反时限时间计算值

定子电流限制方法：

通过计算热量累计 $B = \int (I_L^2 - I_{gL}^2) dt$ 与最大允许累计热量 $B_0 = (I_{eq}^2 - I_{gL}^2) T_{eq}$ 比较来进行定子电流限制。当热量累计 $B \geq B_0$ 或过流累计时间到达最大延时值时，定子电流限制有效。

累计热量计算：

- 1) $B=0, I_L \leq I_{gL}$, 过流未发生过, 无过热累计;
- 2) $B=0, I_L > I_{gL}$, 过流未发生过, 当前过流, 热量进行累计 $B = B + (I_L^2 - I_{gL}^2)\Delta t$;
- 3) $B > 0, I_L > I_{gL}$, 过励发生过, 当前过流, 热量进行累计 $B = B + (I_L^2 - I_{gL}^2)\Delta t$;
- 4) $B > 0, I_L < I_{gL}$, 过励发生过, 当前无过流, 热量反向进行累计 $B = B + (I_L^2 - I_{gL}^2)\Delta t$, 即热量释放过程, 当 $B \leq 0$ 时, 计算截止, $B=0$ 。

定子电流限制有效后, 限制定子电流为过流 1 阈值的 0.95 倍以下, 进行热量释放, 直到热量释放完 ($B=0$), 此过程中不允许再次过流。

举例：

发电额定电流	500 A	500A	(5-6000)A
定子电流限制			
过流报警1阈值	110.0 %	110.0%(550.0A)	(0-300.0)%
过流报警2阈值	200.0 %	200.0%(1000.0A)	(0-300.0)%
过流报警延时值	10 s	10s	(1-120)s
限制动作	警告		
限制动作延时	10 s	10s	(0-3600)s

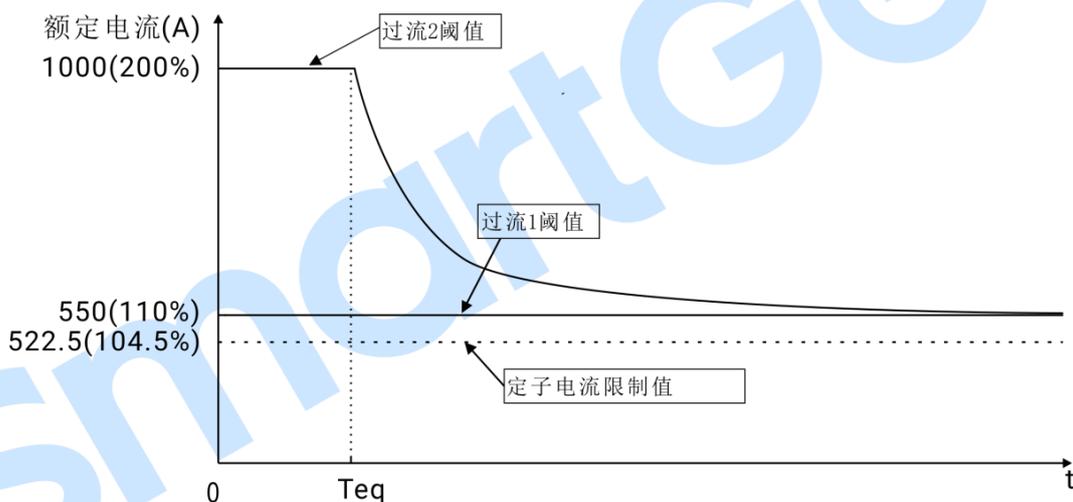


图21 定子电流限制设置

7 编程参数范围及定义

7.1 参数设置内容及范围

表9 参数设置内容及范围一览表

序号	项目		参数范围	默认值	描述
模块设置					
1	口令设置		(0-9999)	0318	
2	报警数据记录间隔		(0-60.0)s	0.1	
系统设置					
1	交流输入采样		(0-2)	0	0: 三相三线(U-V-W) 1: 二相(V-W) 2: 二相(U-W)
2	电压互感器	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		初级电压	(30-30000)V	100	电压互感器初级电压。
		次级电压	(30-30000)V	100	电压互感器次级电压。
3	电流互感器	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		初级电流	(5-6000)A	500	电流互感器初级电流。
		次级电流	(0-1)	0	0: 5A; 1: 1A。
		CT 接线	(1-2)	1	1: IA 2: IB
4	励磁电机极数		(0-64)	0	极比=励磁电机极数/发电极数; 用于旋转二极管故障检测。
5	发电机极数		(1-64)	4	
6	发电额定电压		(30-30000)V	400	为发电过压、发电欠压、发电目标电压提供基准。如使用电压互感器,此值为互感器初级电压。
7	发电额定电流		(5-6000)A	500	发电机的额定电流,用于定子电流的基准。
8	发电额定功率因数		(0-1.00)	0.80	发电机的额定功率因数,用于负载功率因数的基准。
9	发电额定频率		(10.0-200.0)Hz	50.0	为发电过频、发电欠频、伏频提供基准。
10	发电额定有功功率		(0-6000)kW	276	发电机的额定有功功率,用于负载有功功率的基准。
11	发电额定无功功率		(0-6000)kvar	208	发电机的额定无功功率,用于负载无功功率的基准。
12	发电额定视在功率		(0-6000)kVA	346	发电机的额定视在功率,用于负载视在功率的基准。
励磁设置					
1	额定励磁电压		(0-200)V	63	额定励磁电压,为励磁过压、欠压提供基准。
2	励磁过压1设	使能	(0-1)	1	0: 不使能; 1: 使能。
		阈值	(0-200.0)%	120.0	设置值为额定励磁电压的百分比。

序号	项目		参数范围	默认值	描述
3	置	返回值	(0-200.0)%	116.0	返回值为额定励磁电压的百分比。 延时值。 动作：0：无；1：警告；2：故障。
		延时值	(0-3600)s	3	
		动作	(0-2)	2	
	励磁过 压 2 设 置	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	110.0	
		返回值	(0-200.0)%	108.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
4	额定励磁电流		(0-10.0)A	5.0	额定励磁电流，为过励限制提供基准。
5	过励限制 (OEL)	使能设置	(0-1)	0	0：不使能；1：使能。
		过流 1 阈值	(0-300.0)%	110.0	阈值为额定励磁电流的百分比。
		过流 2 阈值	(0-300.0)%	200.0	
		过流延时值	(1-120)s	10	延时值。
		过励	动作	(0-2)	1
		延时	(0-3600)s	10	延时值。
6	欠励限制 (UEL)	使能设置	(0-1)	0	0：不使能；1：使能。
		有功功率(%)	(0-100.0)%	0.0	欠励限制点 1
		无功功率(%)	(-100.0-0)%	-30.0	
		有功功率(%)	(0-100.0)%	10.0	欠励限制点 2
		无功功率(%)	(-100.0-0)%	-32.0	
		有功功率(%)	(0-100.0)%	17.0	欠励限制点 3
		无功功率(%)	(-100.0-0)%	-42.0	
		有功功率(%)	(0-100.0)%	70.0	欠励限制点 4
		无功功率(%)	(-100.0-0)%	-35.0	
		有功功率(%)	(0-100.0)%	90.0	欠励限制点 5
无功功率(%)	(-100.0-0)%	-35.0			
7	旋转二 极管短 路设置	使能	(0-1)	0	0：不使能；1：使能。 设置值为励磁电流谐波值的百分比。 返回值为励磁电流谐波值的百分比。 延时值。 动作：0：无；1：警告；2：故障。
		阈值	(0-100.0)%	10.0	
		返回值	(0-100.0)%	9.0	
		延时值	(0-3600)s	1	
		动作	(0-2)	2	
8	旋转二 极管开 路设置	使能	(0-1)	0	
		阈值	(0-100.0)%	5.0	
		返回值	(0-100.0)%	4.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	2	
发电设置					
1	逆相序检测		(0-1)	0	0：不使能；1：使能。
2	缺相检测		(0-1)	0	0：不使能；1：使能。
3	发电过 压报警 1	使能	(0-1)	1	0：不使能；1：使能。
		阈值	(0-200.0)%	120.0	设置值为额定发电电压的百分比。
		返回值	(0-200.0)%	118.0	返回值为额定发电电压的百分比。

序号	项目	参数范围	默认值	描述	
		延时值	(0-3600)s	3	延时值。 动作：0：无；1：警告；2：故障。 0：不使能；1：使能。 设置值为发电额定频率的百分比。 返回值为发电额定频率的百分比。 延时值。 动作：0：无；1：警告；2：故障。
		动作	(0-2)	2	
4	发电过 压报警 2	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	110.0	
		返回值	(0-200.0)%	108.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
5	发电欠 压报警 1	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	80.0	
		返回值	(0-200.0)%	82.0	
		延时值	(0-3600)s	3	
		动作	(0-2)	2	
6	发电欠 压报警 2	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	84.0	
		返回值	(0-200.0)%	86.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
7	发电过 频报警 1	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	114.0	
		返回值	(0-200.0)%	110.0	
		延时值	(0-3600)s	3	
		动作	(0-2)	2	
8	发电过 频报警 2	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	110.0	
		返回值	(0-200.0)%	108.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
9	发电欠 频报警 1	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	80.0	
		返回值	(0-200.0)%	82.0	
		延时值	(0-3600)s	3	
		动作	(0-2)	2	
10	发电欠 频报警 2	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	84.0	
		返回值	(0-200.0)%	86.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
11	发电电 压不平 衡 1	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	10.0	
		返回值	(0-200.0)%	5.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
12	发电电	使能	(0-1)	0	0：不使能； 1：使能。 设置值为发电电压不平衡度。 返回值为发电电压不平衡度。 延时值。 动作：0：无；1：警告；2：故障。

序号	项目	参数范围	默认值	描述	
	压不平衡 2	阈值	(0-200.0)%	10.0	
		返回值	(0-200.0)%	5.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	0	
13	发电波形失真 1	使能	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。 设置值为发电电压波形失真度。 返回值为发电电压波形失真度。 延时值。 动作: 0: 无; 1: 警告; 2: 故障。
		阈值	(0-200.0)%	10.0	
		返回值	(0-200.0)%	5.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	0	
14	发电波形失真 2	使能	(0-1)	0	
		阈值	(0-200.0)%	10.0	
		返回值	(0-200.0)%	5.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	0	
15	无发电报警	使能	(0-1)	1	0: 不使能; 1: 使能。
		阈值	(0-100.0)%	30.0	设置值为额定励磁电流百分比。
		返回值	(0-100.0)%	10.0	
		延时值	(0-3600)s	2	延时值。
		动作	(0-2)	2	动作: 0: 无; 1: 警告; 2: 故障。
16	定子电流限制 (SCL)	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		过流报警 1 阈值	(0-300.0)%	110.0	阈值为发电额定电流的百分比。
		过流报警 2 阈值	(0-300.0)%	200.0	
		过流报警延时值	(1-120)s	10	延时值。
		限制动作	(0-2)	1	动作: 0: 无; 1: 警告; 2: 故障。
		限制动作延时	(0-3600)s	10	延时值。
17	短路报警 1	使能	(0-1)	1	0: 不使能; 1: 使能。 设置值为发电额定电流的百分比。 返回值为发电额定电流的百分比。 延时值。 动作: 0: 无; 1: 警告; 2: 故障。
		阈值	(0-500.0)%	200.0	
		返回值	(0-500.0)%	180.0	
		延时值	(0-3600)s	1	
		动作	(0-2)	2	
18	短路报警 2	使能	(0-1)	0	
		阈值	(0-500.0)%	200.0	
		返回值	(0-500.0)%	180.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
19	电流波形失真 1	使能	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。 设置值为负载电流波形失真度。 返回值为负载电流波形失真度。 延时值。
		阈值	(0-200.0)%	10.0	
		返回值	(0-200.0)%	5.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	0	
20	电流波形失真 2	使能	(0-1)	0	动作: 0: 无; 1: 警告; 2: 故障。
		阈值	(0-200.0)%	10.0	
		返回值	(0-200.0)%	5.0	

序号	项目	参数范围	默认值	描述	
	延时值	(0-3600)s	5	<p>0: 不使能; 1: 使能。 设置值为发电额定有功功率的百分比。 返回值为发电额定有功功率的百分比。 延时值。 动作: 0: 无; 1: 警告; 2: 故障。</p>	
	动作	(0-2)	0		
21	过功率报警 1	使能	(0-1)		1
		阈值	(0-200.0)%		120.0
		返回值	(0-200.0)%		118.0
		延时值	(0-3600)s		3
		动作	(0-2)		2
22	过功率报警 2	使能	(0-1)		0
		阈值	(0-200.0)%		110.0
		返回值	(0-200.0)%		108.0
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
23	逆功率报警 1	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	10.0	
		返回值	(0-200.0)%	8.0	
		延时值	(0-3600)s	3	
		动作	(0-2)	2	
24	逆功率报警 2	使能	(0-1)	0	
		阈值	(0-200.0)%	5.0	
		返回值	(0-200.0)%	3.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
25	失磁故障 1	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-200.0)%	20.0	
		返回值	(0-200.0)%	18.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
26	失磁故障 2	使能	(0-1)	0	
		阈值	(0-200.0)%	20.0	
		返回值	(0-200.0)%	18.0	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	
27	功率因数低报警 1	使能	(0-1)	1	
		阈值	(0-1.00)	0.70	
		返回值	(0-1.00)	0.75	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	2	
28	功率因数低报警 2	使能	(0-1)	0	
		阈值	(0-1.00)	0.70	
		返回值	(0-1.00)	0.75	
		延时值	(0-3600)s	5	
		动作	(0-2)	1	

励磁模式调控设置

序号	项目		参数范围	默认值	描述	
1	调控模式		(0-3)	0	0: AVR 模式; 1: FCR 模式; 2: VAR 模式; 3: PF 模式。	
2	启动阈值		(0.1-100.0)%	20.0	AVR 模式设置值为额定电压的百分比; FCR 模式设置值为额定励磁电流的百分比。	
3	初始占空比		(0-100.0)%	0.0	初始 PWM 占空比。	
4	软启动使能设置		(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	
5	软启动时间		(0.1-120.0)s	3.0	软启动功能使能时, 发电端电压从软启动开始电压到额定电压的时间。	
6	停止励磁时	频率	(10.0-100.0)Hz	10.0	停止励磁输出时的频率。	
		供电电压	(0-450.0)V	20.0	停止励磁输出时的功率输入电压。	
		延时	(0-3600)s	0	当以上两个停止励磁条件同时满足时的延时值。	
7	阈值启动模式使能		(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	
AVR 调控设置						
1	AVR 输出电压		(0-200.0)%	100.0	自动电压调节模式(AVR), 输出电压值, 额定电压百分比。	
2	伏 频 (U/F) 设置	启动频率	(10.0-100.0)%	10.0	伏频特性开始时的发电频率。	
		转折频率	(70.0-100.0)%	96.0	伏频特性转折频率。	
		U/F 坡度	(0.5-5.0)%/Hz	1.0	伏频特性坡度, 变化 1Hz 的额定频率, 变化 SLOPE%的额定电压。	
3	加载补偿 (LCF)	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	
		下降值	(70.0-100.0)%	90.0	设置值为额定电压的百分比。	
		持续延时	(0-10.0)s	1.0	加载补偿持续时间。	
		上升坡度	(0-100.0)%/s	0.2	发电电压每秒上升的额定电压百分比。	
4	下垂设置	使能设置	(0-1)	0	下垂使能和传输线压降补偿使能不能同时有效。	
		设置值	(0-10.0)%	3.0		
5	传输线压降设置	使能设置	(0-1)	0		
		设置值	(0-20.0)%	3.0		
AVR 微调设置						
1	下限值		(-50.0-(-0.1))%	-10.0		设置值为额定发电电压百分比。
2	上限值		(0.1-50.0)%	10.0		
3	开关量微调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	
		调节速率	(0.1-9.9)%/s	1.0	开关量调节使能时, 通过输入口上升或下降调节输出发电机电压。	
4	电压微调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	
		下限电压值	(-10.0-10.0)V	0.0	模拟量电压调节使能时, 通过调节模拟量输入电压可调节输出发电电压。	
		上限电压值	(-10.0-10.0)V	5.0		
5	电阻微	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	

序号	项目		参数范围	默认值	描述
	调	下限电阻值	(0-6000) Ω	0	模拟量电阻调节使能时，通过调节模拟量输入电阻可调节输出发电电压。
		上限电阻值	(0-6000) Ω	6000	
FCR 调控设置					
1	励磁电流跟踪设置		(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
2	FCR 励磁电流		(0-10.0)A	0.1	励磁电流调节模式 (FCR)，输出励磁电流。
3	下限值		(-100.0-0)%	-100.0	设置值为额定励磁电流百分比。
4	上限值		(0-200.0)%	100.0	
5	开关量 微调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		调节速率	(0.1-9.9)%/s	1.0	开关量调节使能时，通过输入口上升或下降调节输出励磁电流。
6	电压微 调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		下限电压值	(-10.0-10.0)V	0.0	模拟量电压调节使能时，通过调节模拟量输入电压可调节输出励磁电流。
		上限电压值	(-10.0-10.0)V	5.0	
7	电阻微 调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		下限电阻值	(0-6000) Ω	0	模拟量电阻调节使能时，通过调节模拟量输入电阻可调节输出励磁电流。
		上限电阻值	(0-6000) Ω	6000	
VAR 调控设置					
1	VAR 控制		(-100.0-100.0)%	0	无功功率调节模式 (VAR)，输出无功功率百分比。
2	下限值		(-100.0-0)%	-100.0	设置值为额定无功功率百分比。
3	上限值		(0-100.0)%	100.0	
4	开关量 微调	使能设置	(0-1)	0	开关量调节使能时，通过输入口上升或下降调节输出无功功率。
		调节速率	(0.1-9.9)%/s	1.0	
5	电压微 调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		下限电压值	(-10.0-10.0)V	0.0	模拟量电压调节使能时，通过调节模拟量输入电压可调节输出无功功率。
		上限电压值	(-10.0-10.0)V	5.0	
6	电阻微 调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		下限电阻值	(0-6000) Ω	0	模拟量电阻调节使能时，通过调节模拟量输入电阻可调节输出无功功率。
		上限电阻值	(0-6000) Ω	6000	
PF 调控设置					
1	PF 控制		(0.50L-0.50C)	0.80L	功率因数调节模式 (PF)，目标功率因数。
2	下限值		(0.50L-0.50C)	1.00	设置值为功率因数最大值和最小值。
3	上限值		(0.50L-0.50C)	1.00	
4	开关量 微调	使能设置	(0-1)	0	开关量调节使能时，通过输入口上升或下降调节功率因数。
		调节速率	(0.01-0.99)%/s	0.01	
5	电压微 调	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
		下限电压值	(-10.0-10.0)V	0.0	模拟量电压调节使能时，通过调节

序号	项目	参数范围	默认值	描述	
	上限电压值	(-10.0-10.0)V	5.0	模拟量输入电压可调节功率因数。	
6	电阻微调	使能设置	(0-1)	0: 不使能; 1: 使能。	
		下限电阻值	(0-6000) Ω	0	模拟量电阻调节使能时, 通过调节模拟量输入电阻可调节功率因数。
		上限电阻值	(0-6000) Ω	6000	
PID 设置					
1	DC 补偿使能	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	
2	励磁功率输入电压	(0-450.0)V	270.0	电压调节器正常工作时的励磁功率输入电压。	
3	DC 补偿系数	(1-10)	3	DC 补偿时, 补偿系数。	
4	最大输出占空比	(0-100.0)%	100.0	励磁调节时输出的最大占空比。	
5	负励磁使能	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。	
PID 参数					
1	AVR	KG 系数	(0-20.000)%	1.000	PID 设置值系数。
		KP 增益	(0-2000.0)%	20.0	励磁电压调节模式 PID 设置值。
		KI 稳定度	(0-2000.0)%	20.0	
		KD 微分	(0-2000.0)%	0	
		KE 微分滤波系数	(0-20.000)%	1.000	微分滤波系数。
2	FCR	KG 系数	(0-20.000)%	1.000	PID 设置值系数。
		KP 增益	(0-2000.0)%	20.0	励磁电流调节模式 PID 设置值。
		KI 稳定度	(0-2000.0)%	20.0	
		KD 微分	(0-2000.0)%	0	
		KE 微分滤波系数	(0-20.000)%	1.000	微分滤波系数。
3	VAR	KG 系数	(0-20.000)%	1.000	PID 设置值系数。
		KP 增益	(0-2000.0)%	20.0	无功功率调节模式 PID 设置值。
		KI 稳定度	(0-2000.0)%	20.0	
		KD 微分	(0-2000.0)%	0	
		KE 微分滤波系数	(0-20.000)%	1.000	微分滤波系数。
4	PF	KG 系数	(0-20.000)%	1.000	PID 设置值系数。
		KP 增益	(0-2000.0)%	20.0	功率因数调节模式 PID 设置值。
		KI 稳定度	(0-2000.0)%	20.0	
		KD 微分	(0-2000.0)%	0	
		KE 微分滤波系数	(0-20.000)%	1.000	微分滤波系数。
开关量输入设置					
开关量输入 1 设置					
1	输入口设置	(0-20)	0	0: 未使用。 功能描述详见表 11。	
2	输入口有效类型	(0-1)	0	0: 闭合; 1: 断开。	
3	输入口输入延时	(0-20.0)s	2.0	从检测输入口有效到确认的时间。	
开关量输入 2 设置					
1	输入口设置	(0-20)	0	0: 未使用。 功能描述详见表 11。	
2	输入口有效类型	(0-1)	0	0: 闭合; 1: 断开。	
3	输入口输入延时	(0-20.0)s	2.0	从检测输入口有效到确认的时间。	
开关量输出口设置					

序号	项目	参数范围	默认值	描述
开关量输出口 1 设置				
1	输出口内容设置	(0-1)	0	0: 常开; 1: 常闭。
2	输出口输出类型	(0-40)	0	0: 未使用。 功能描述详见表 10。
选择性配置 1				
1	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。 功能描述详见表 12。
选择性配置 2				
1	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。 功能描述详见表 12。

7.2 可编程输出口 1 可定义内容

7.2.1 可编程输出口 1 可定义内容一览表

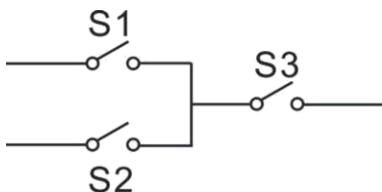
表10 可编程输出口 1 可定义内容一览表

序号	名称	功能描述
0	未使用	
1	自定义输出组合输出 1	功能描述详见后文。
2	自定义输出组合输出 2	
3	保留	
4	保留	
5	保留	
6	保留	
7	报警输出	电压调节器发出公共警告、公共故障报警时动作。
8	正常运行输出	电压调节器正常运行时输出。
9	发电过压报警	发电过压报警时动作。
10	发电欠压报警	发电欠压报警时动作。
11	发电过频报警	发电过频报警时动作。
12	发电欠频报警	发电欠频报警时动作。
13	励磁过流报警	励磁过流报警时动作。
14	励磁过压报警	励磁过压报警时动作。
15	保留	
16	发电电压不平衡	发电电压不平衡报警时动作。
17	无发电报警	无发电报警时动作。
18	电压谐波过大	发电电压谐波过大报警时动作。
19	旋转二极管开路报警	旋转二极管开路报警时动作。
20	旋转二极管短路报警	旋转二极管短路报警时动作。
21	过功率报警	发电过功率报警时动作。
22	逆功率报警	发电逆功率报警时动作。
23	功率因数低报警	发电功率因数低报警时动作。
24	定子过流报警	定子过流报警时动作。
25	失磁报警	发电失磁报警时动作。
26	保留	
27	电流谐波过大	发电电流谐波过大报警时动作。

序号	名称	功能描述
28	短路报警	短路报警时动作。
29	AVR 模式	AVR 模式有效时输出。
30	FCR 模式	FCR 模式有效时输出。
31	保留	
32	VAR 模式	VAR 模式有效时输出。
33	PF 模式	PF 模式有效时输出。
34	下垂使能输出	下垂模式有效时输出。
35-40	保留	

7.2.2 自定义组合输出

自定义组合输出由三部分组成：或条件输出S1、或条件输出S2、与条件输出S3。



S1 或 S2 为真，且 S3 为真，自定义组合输出会输出；

S1 且 S2 为假，或 S3 为假，自定义组合输出不输出。

注1：S1、S2、S3 可以为输出口设置中除自身自定义组合输出的任意其他内容；

注2：自定义组合输出的三个部分（S1、S2、S3）不能包含或递归包含自身。

或条件输出S1内容：报警输出。

或条件输出S1有效/无效时闭合：有效时闭合（无效时断开）。

或条件输出S2内容：下垂使能。

或条件输出S2有效/无效时闭合：有效时闭合（无效时断开）。

与条件输出S3内容：AVR模式。

与条件输出S3有效/无效时闭合：有效时闭合（无效时断开）。

当报警输出或下垂使能有效时，若AVR模式有效，自定义组合输出输出，若AVR模式无效，自定义组合输出不输出。

当报警输出无效且下垂使能无效时，无论AVR模式有效与否，自定义组合输出均不输出。

7.3 开关量输入口 1-2 可定义内容

表11 开关量输入口 1-2 可定义内容一览表（全部为接公共端有效）

序号	名称	功能描述
0	未使用	
1	下垂使能输入	当输入有效时，AVR 励磁控制模式下垂功能使能。
2	励磁断开输入	输入口设置此功能后，当输入有效时，电压调节器进入待机状态，励磁断开输出。当无效时，自动清除所有报警，电压调节器进入自动调节状态。
3	AVR模式输入	当输入有效时，电压调节器切换到 AVR 励磁控制模式。
4	FCR模式输入	当输入有效时，电压调节器切换到 FCR 励磁控制模式。
5	保留	
6	PF模式输入	当输入有效时，电压调节器切换到 PF 励磁控制模式。
7	VAR模式输入	当输入有效时，电压调节器切换到 VAR 励磁控制模式。
8	UP 输入	不同励磁控制模式功能不同，有效检测 10ms。

序号	名称	功能描述
9	DOWN 输入	
10	报警复位输入	当输入有效时，自动清除所有报警。
11	选择性配置1	当输入有效时，选择性配置 1 有效。
12	选择性配置2	当输入有效时，选择性配置 2 有效。
13	保留	
14	保留	
15	保留	
16	保留	
17	保留	
18	保留	
19	保留	
20	保留	

表12 选择性配置内容一览表

序号	项目	参数范围	默认值	描述
0	使能设置	(0-1)	0	0: 不使能; 1: 使能。
1	交流输入采样	(0-2)	0	0: 三相三线(U-V-W) 1: 二相(V-W) 2: 二相(U-W)
2	CT 接线	(1-2)	1	1: IA 2: IB
3	发电额定电压	(30-30000)V	230	发电额定电压。
4	发电额定频率	(10.0-100.0)Hz	50.0	
5	发电额定电流	(5-6000)A	500	
6	发电额定有功功率	(0-6000)kW	276	
7	发电额定无功功率	(0-6000)kvar	210	
8	发电额定视在功率	(0-6000)kVA	346	
9	额定功率因数	(0.00-1.00)	0.80	
10	额定励磁电压	(0-200)V	63	
11	额定励磁电流	(0-10.0)A	5.0	

注：输入口设置选择性配置1时，当该输入口有效后，选择性配置1有效，即控制器选择性配置相关的参数更改为选择性配置1设置的参数。

8 参数设置

通过PC软件进行参数设置时，需要输入与电压调节器一样的密码才能进行参数设置。

注意事项：

- a) 进行参数设置前，需给调节器供电（USB 供电或励磁电源输入）；
- b) 请在待机状态下修改调节器内部参数（如可编程输入/输出口配置、各种延时等），否则可能出现故障报警或其它异常现象。PID 参数可在运行中直接调整；
- c) 过高阈值必须大于过低阈值，如过压阈值必须大于欠压阈值，否则将出现既过压同时又欠压的情况；
- d) 设置警告报警时，请正确设置返回值，否则将出现不能正常报警的情况，设置过高警告时，返回值应小于设置值，设置过低警告时，返回值应大于设置值；
- e) 可编程输入口 1-2 不能设置为相同的项目，否则不能出现正确的功能。

SmartGen

9 实时数据分析

PC软件中可以进行实时数据曲线分析，同时可监控8个参数。每个监控参数可设置最大值和最小值，也可（取消）选中参数前的复选框来（关闭）打开参数显示。如下图所示数据分析界面。

点击“开始”按钮即可开始数据监控，点击“暂停”按钮可以暂停数据监控，点击“停止”按钮可停止数据监控。点击“保存CSV”按钮或“保存XML”按钮可将曲线保存为csv文件或xml文件，点击“导入CSV”按钮，可加载并查看已保存的CSV格式曲线文件。

实时数据采样间隔固定为10ms。

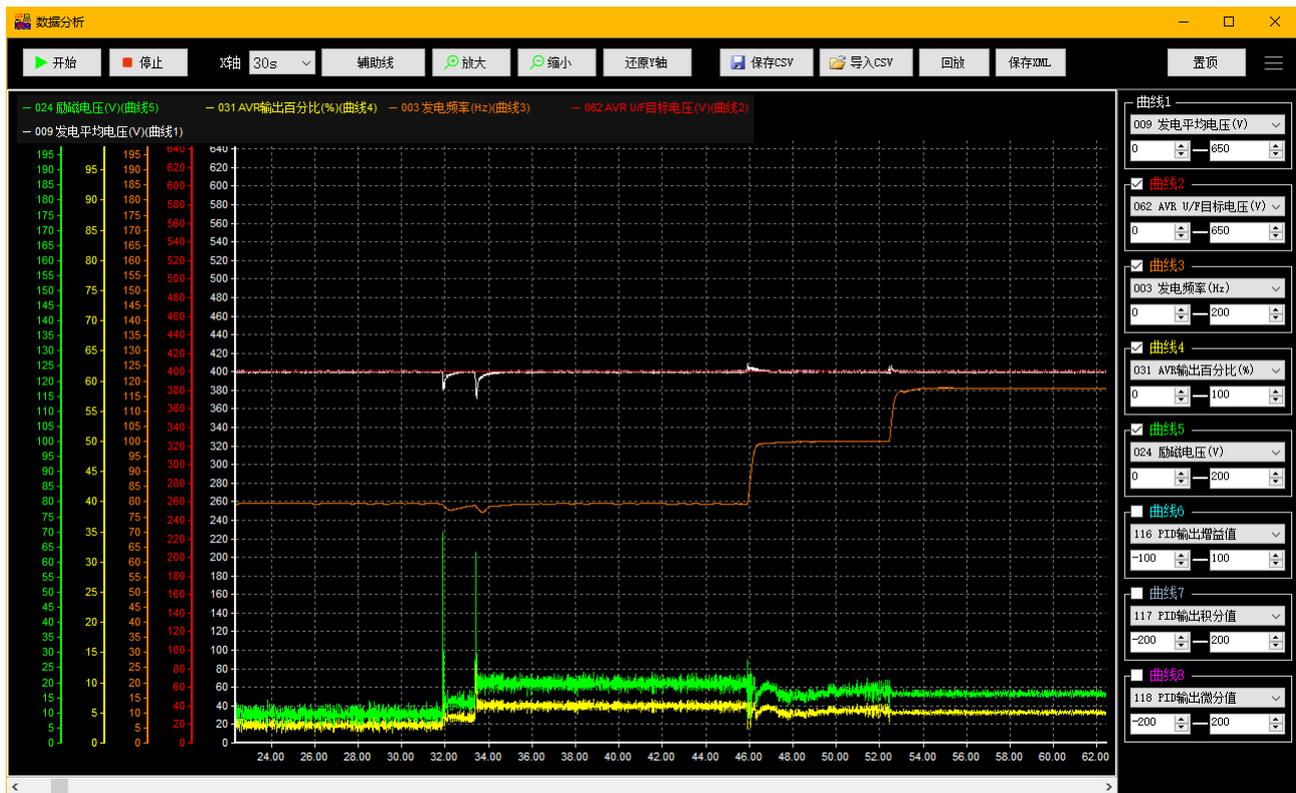


图22 PC 软件实时数据分析图

10 试运行

以自动电压调节模式为例试运行。

- 检查所有接线均正确无误，并且线径合适；
- 通过 USB 连接 PC 软件进行发电机额定参数、励磁调节模式等参数设置；
- 使能阈值启动模式，设置初始占空比和合适的 PID 参数，并采取适当的防护措施，启动发电机组，当发电电压达到启动开始电压后，电压调节器进入软启动状态，软启动结束后，根据伏频（U/F）特性自动调节 PWM 占空比稳定发电机端电压；
- 调压器稳态工作正常后，可进行突加突卸负载测试，查看电压曲线，通过调整 PID 参数满足发电机的动态特性需求。
- 如有其他问题，请及时联系本公司服务人员。

SmartGen

11 典型应用

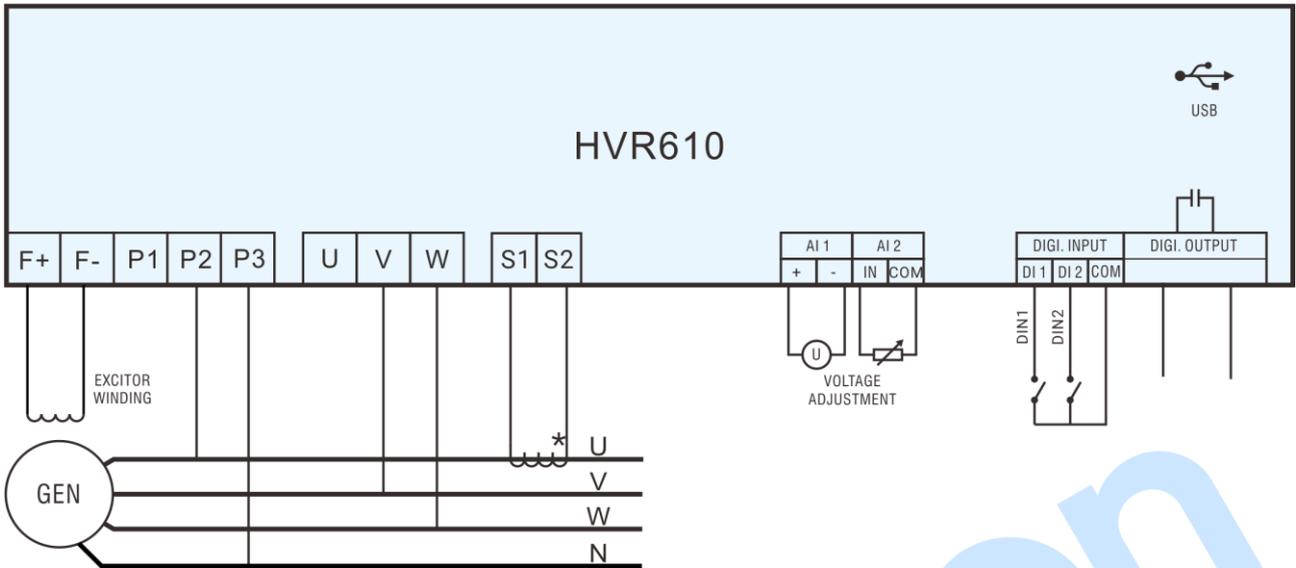


图23 HVR610（二相(V-W)）自励/辅助绕组典型应用

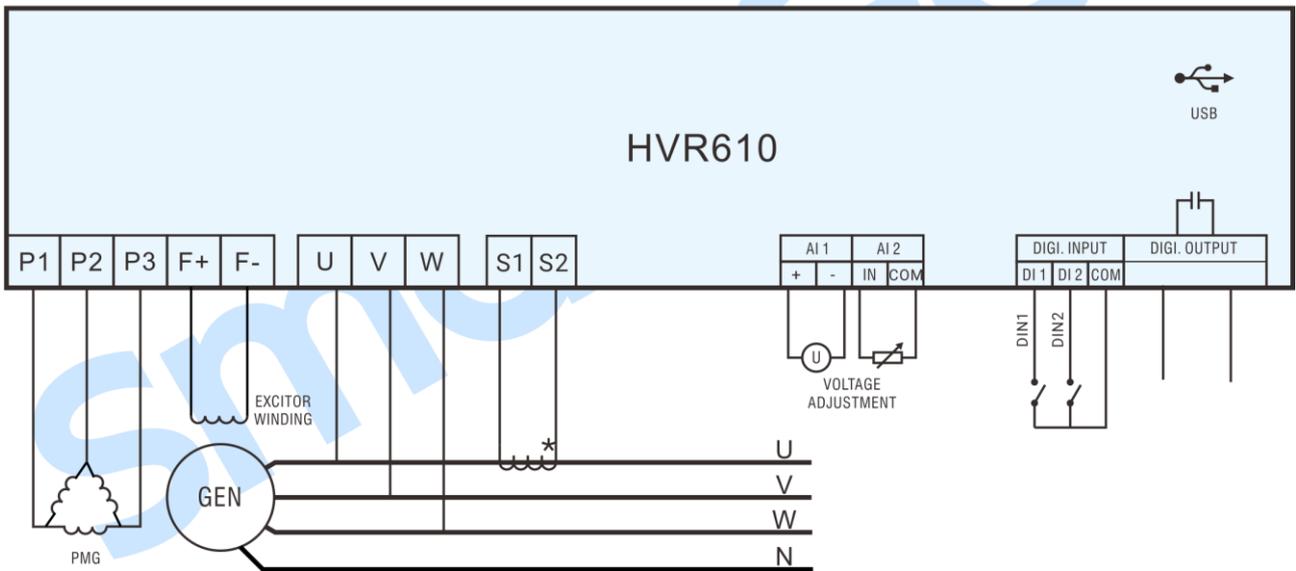


图24 HVR610（三相三线）PMG 典型应用

12 安装

12.1 外形及安装尺寸

单位: mm

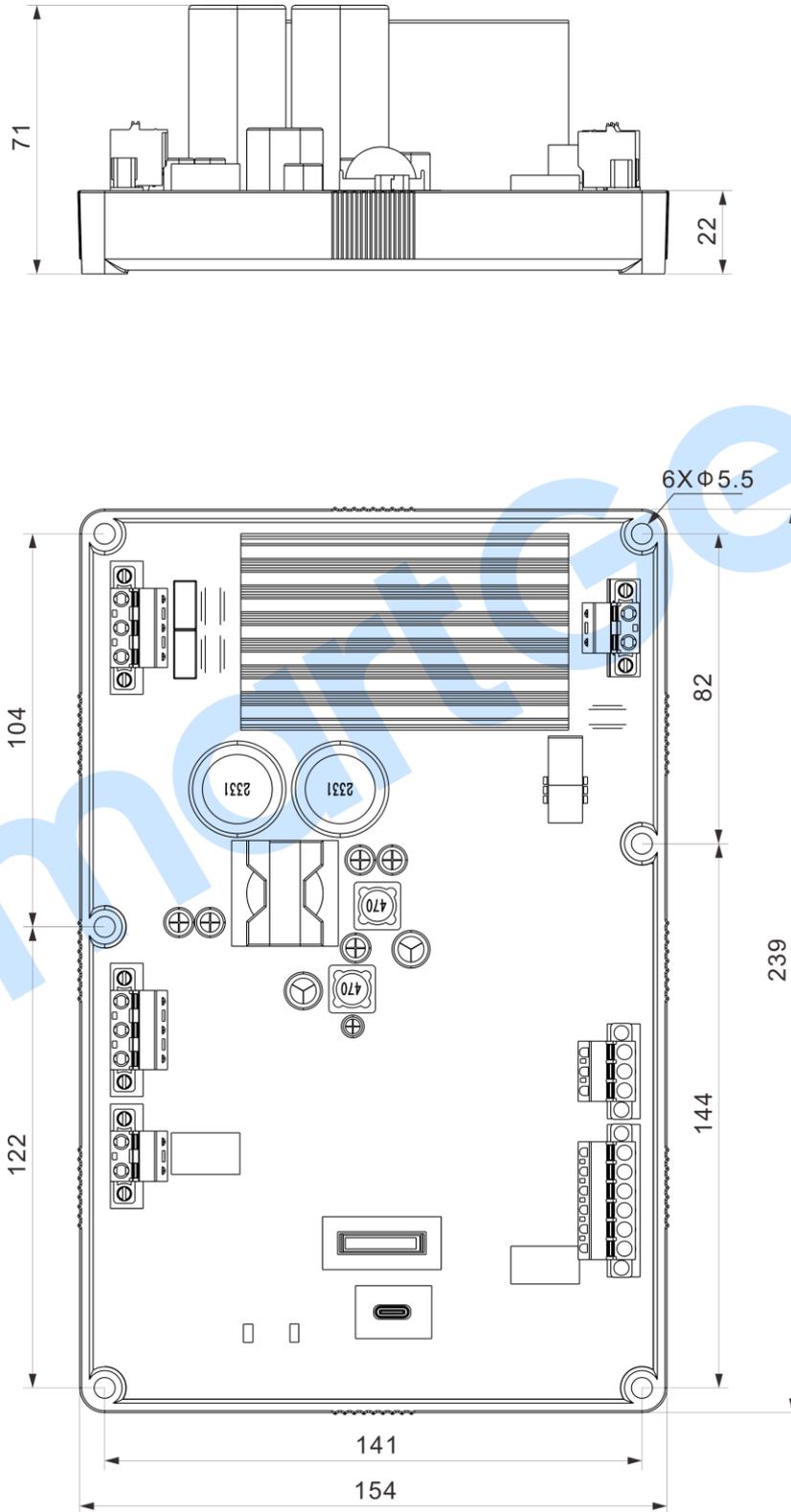


图25 外形及安装尺寸

12.2 安装方法及安装方式

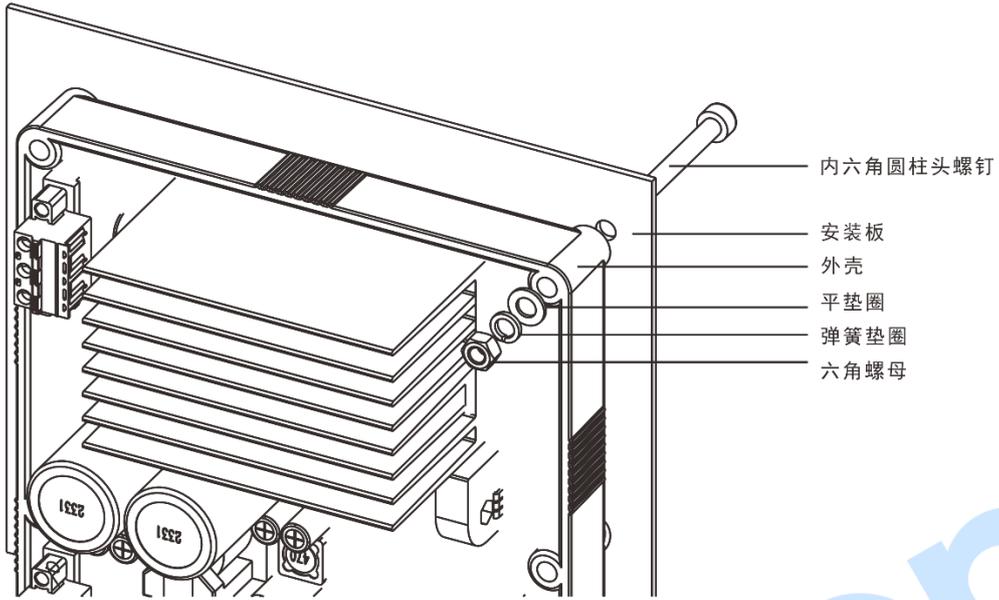
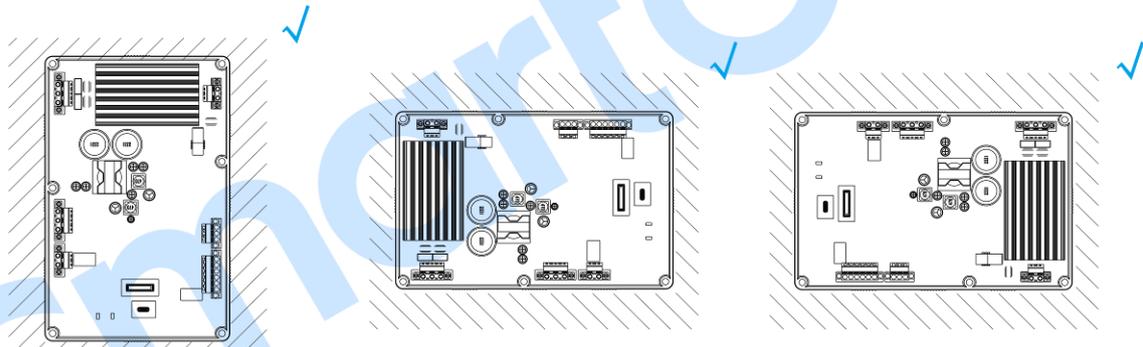


图26 安装方法示意图

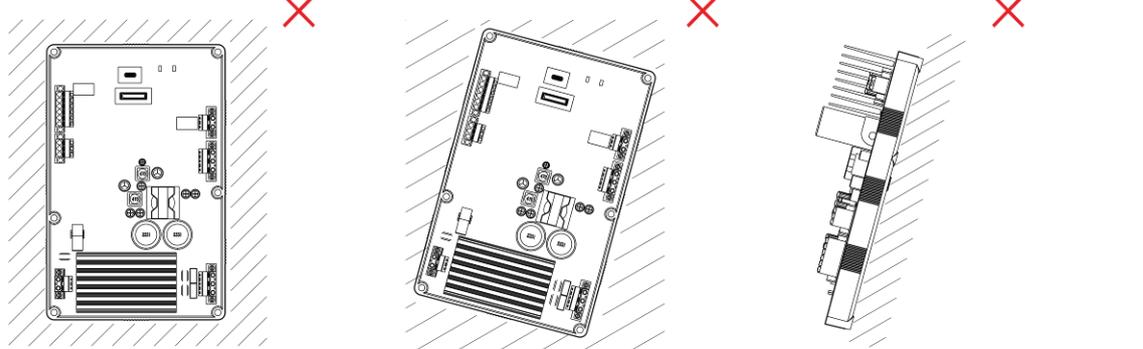
推荐安装方式



垂直安装(散热片在上方)

水平安装

禁止安装方式



垂直安装(散热片在下方)

左右倾斜安装

上下倾斜安装

图27 安装方式示意图

数字电压调节器的电源输入连接到P1 P2 P3，通过内部整流滤波经过开关电源稳压后为电压调节器供电，并为功率输入提供电源，可以是单相或三相。

输出及扩展继电器：电压调节器输出为继电器触点输出，若需要扩展继电器时，请将扩展继电器的线圈两端增加续流二极管（当扩展继电器线圈通直流电时）或增加阻容回路（当扩展继电器线圈通交流电时），以防止干扰控制器或其它设备。

交流电流输入：控制器电流输入必须外接电流互感器，电流互感器二次侧电流可选择 5A 或 1A，同时电流互感器的相位和输入电压的相位必须正确，否则采样到的电流及有功功率可能会不正确。



注：当有负载电流时，互感器二次侧严禁开路。

13 故障排除

表13 故障排除

故障现象	可能采取的措施
电压调节器不工作 发电机端电压无输出	检测电源输入接线是否正常； 检测电源输入保险是否正常； 检测电源输入电压是否高于必须的最小剩磁电压。
发电机端电压低	检查设置的额定发电电压是否正确； 检测设置的 U/F 伏频坡度是否正确； 检测发电机是否额定转速运转。
发电机端电压高	检查设置的额定发电电压是否正确； 检测设置的 U/F 伏频坡度是否正确； 检测发电机是否额定转速运转。
发电机端电压不稳定	检测发电端电压接线是否正常； 检查 PID 参数设置是否合适，调整 PID 参数；
报警指示灯闪烁	查看上位机确认当前报警类型，查看对应报警阈值配置是否正确。

14 附录 1 符号术语定义

表14 符号术语定义

符号	术语	备注
AVR	自动电压调节模式	
FCR	励磁电流调节模式	
VAR	无功功率调节模式	
PF	功率因数调节模式	
LCF	加载补偿功能	
F_{start}	启动频率	
F_{knee}	转折频率	
F_{lcf}	加载补偿频率	
F_{rated}	额定频率	
SLOPE	U/F 坡度	U/F 伏频特性。
U_{lcf}	加载补偿电压值	加载补偿功能。
T_{lcf}	加载补偿持续时间	
T_{rise}	加载补偿上升坡度	
EV	电压微调偏差	
ER	电阻微调偏差	
ET	总偏差	
I_{FEL}	励磁电流强励限制值	详见过励限制描述
I_{OEL}	过励限制值	
I_E	实际励磁电流	
T_q	强励允许时间	
t	反时限时间计算值	
B	热量累计	
B_0	最大允许累计热量	
I_{eq}	等效定子电流	详见定子电流限制描述
T_{eq}	等效定子电流值下的允许延时	
I_{gL}	最大的长时间允许定子电流	
I_L	实际定子电流值	
t_g	反时限时间计算值	