

PMA-800型厂用电快速切换装置

技术说明书

中国电力科学研究院
南京励磁系统工程有限公司

二〇〇九年九月

目 录

前言.....	1
产品具有特点.....	1
装置切换功能简表.....	2
1. 用途.....	3
2. 主要功能.....	3
3. 主要技术参数.....	3
4. 硬件说明.....	6
5. 切换原理.....	7
6. 切换功能.....	10
7. 闭锁及报警功能.....	11
8. 事件记录、事故记录、录波、打印、通信.....	13
9. 组屏与安装.....	14
10. 附图.....	15

前言

厂用电的安全可靠关系到发电机组、电厂乃至整个电力系统的安全运行。厂用电切换过程是一个复杂的机电动态过程，特别在事故切换过程中电流、电压、频率、相角、转矩等将发生快速变化，如果切换不当，将造成切换失败或设备损坏。以往厂用电切换采用工作开关辅助接点直接（或经低压继电器、延时继电器）起动备用电源投入。因切换时系统结构、运行方式、故障性质等因素，不能可靠保证躲过反相点合闸，甚至接近 180° ，将对电动机造成很大的合闸冲击。如残压启动切换，则由于断电时间过长，母线电压和电动机的转速都下降很大，不仅部分辅机势必退出运行，而且备用电源合上后，由于电动机成组自起动电流很大，母线电压将可能难以恢复，从而导致自起动困难，甚至被迫停机停炉。

PMA-800 型微机型厂用电快速切换装置是专门为解决厂用电的安全运行而研制的。采用该装置后，可避免母线电压（残压）与备用电源电压差压过大合闸而对电机造成冲击；尽量缩短断电时间，可采用快速切换，如失去快速切换的机会，则装置自动转换为同期判别或残压判别的慢速切换，同时在电压衰减的过程中，可分段切除部分非重要负荷，以利于重要辅机的自起动。不仅提高了厂用电切换的成功率，而且确保发电厂设备安全。

近年来由于新建机组容量越来越大，国内对厂用电电源的安全可靠运行越来越重视，随着真空及 SF6 快速开关的广泛使用，厂用电快速切换越来越被广泛应用。

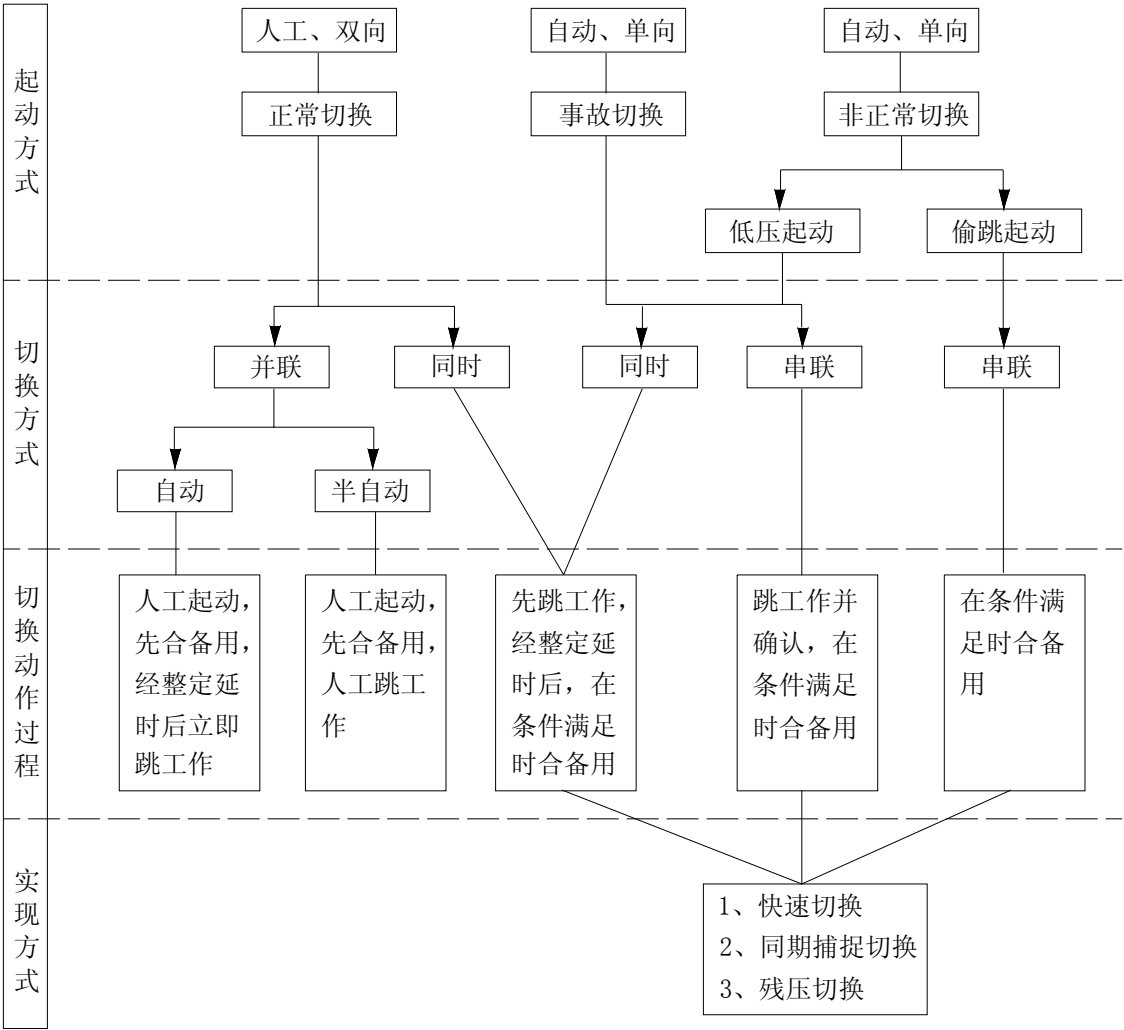
本产品具有以下特点：

- 采用双 CPU 架构，主要完成模拟量及开关量测量、计算判断、出口动作等主要功能，以及完成液晶显示、键盘操作、通信、打印等功能，主从 CPU 进行数据交换。
- 采用 320×240 点阵大液晶显示屏，中文菜单，能实时显示主接线、开关状态、母线电压、分支电流、频率差、相位差等各种运行参数和状态。
- 装置提供正常手动切换、事故及非正常情况的切换功能；有快速切换、同期捕捉和残压切换功能；有并联、串联和同时切换功能。
- 装置配置两段式定时限低压减载功能
- 装置具有硬件 GPS 对时功能
- 装置提供一对起动后加速的接点
- 抗干扰能力强，采用先进的总线隔离技术，外部模入、开入、开出均与内部电路隔离，分板间采用背板式连接，省工、少错、抗干扰。
- 灵活的通讯方式，配有 RS485、RS-232 通讯接口，可方便接入 DCS 系统或电气监控系统

统，实现远方操作和信息上送，同时也将数据下载到计算机中进行显示或打印电流电压录波曲线，并作分析。

- 安全可靠，装置主要部件的自检，操作整定由密码锁管理，软硬件冗余，有很强的容错纠错能力。
- 采用标准西门子机箱，大面板结构，整洁美观，背插式模块，调试维护方便。

装置切换功能简表：



装置切换功能简表

1. 用途

PMA-800型微机厂用电快速切换装置，适用于发电厂或其它工业部门，如化工、煤炭和冶金等有较多高压电动机负荷的场合的电源快速切换。采用该装置能够提高厂用电切换的成功率，避免在电源切换时不能造成运行中断或设备冲击损坏，简化切换操作并减少误操作，提高机组的安全运行和自动控制水平。

2. 主要功能

- 正常情况下实现工作、备用电源之间的人工双向切换
- 故障情况下实现工作至备用电源的快速、同期判别、残压单向切换。
- 串联、并联、同时三种切换方式可供选择
- 低电压、残压、开关偷跳、保护起动等其它开关量引起的事故切换
- 两段式定时限低压减载
- 事故切换时起动备用分支后加速保护功能
- PT 断线报警
- 多种闭锁功能
- 事故记录、打印及完善的录波功能
- 支持多种通讯方式和硬件 GPS 对时功能

3. 主要技术参数

3.1. 装置直流电源

- 额定电压：DC220V \pm 20%或DC110V \pm 20%（定货时需说明）
- 纹波系数：不大于5%

3.2. 额定交流输入

- 交流电流：5A
- 交流电压：100 V 或 57.7 V
- 频率：50Hz

3.3. 功率消耗

- 交流电流回路：当 $I=5A$ 时，每相不大于 $0.3VA$
- 交流电压回路：当 $U=100V$ 时，每相不大于 $0.3VA$
- 直流电源回路：当正常工作时，不大于 $20W$ ，切换时，不大于 $30W$ 。

3.4. 过载能力

- 交流电流回路：
 - 2倍额定电流下装置可连续工作
 - 10倍额定电流下装置可连续运行 $10s$
 - 40倍额定电流下装置可连续运行 $1s$ 。
- 交流电压回路：1.5倍额定电压下装置可连续工作

3.5. 测量精度

- 电压电流： $\leq 2\%$
- 频率： $\leq 0.1Hz$
- 相角： $\leq 0.5^\circ$
- 延时： $\leq 2ms$

3.6. 输出接点容量

- 跳合闸出口：DC220V、5A
- 信号：DC220V 5A

3.7. 时钟精度

装置不仅自身时钟，还可通过通信进行对时，而且有GPS天文时钟硬件同步接口，与GPS进行精确对时，误差 $\leq 1ms$ 。

3.8. 快速切换时间

- 事故同时切换： $< 11ms + \text{用户设定延时} + \text{备用开关合闸时间}$
- 事故串联切换： $< 11ms + \text{工作开关跳开时间} + \text{备用开关合闸时间}$
-

3.9. 绝缘性能

■ 绝缘电阻

装置带电部分和非带电部分及外壳之间以及电气上无关联的各电路之间开路电压500V的兆欧表测量其绝缘电阻值，正常试验大气条件下，各等级的回路电阻不小于100M Ω 。

■ 介质强度

在正常试验大气条件下，装置能承受频率50HZ，电压2000V历时1分钟的工频耐压试验而无击穿闪络及元件损坏现象。试验过程中，任一被试回路施加电压时，其余回路等电位互联接地。

■ 冲击电压

各输入输出端子对地，交流回路与直流回路间，交流电流与交流电压间能承受标准雷电冲击波试验。

3.10.抗干扰性能

- 能承受GB/T14598.14-1998(idt IEC255-22-2)标准规定的严酷等级III的静电放电试验。
- 能承受GB/T14598.9-1995(idt IEC255-22-3)标准规定的严酷等级III的辐射电磁场干扰试验。
- 能承受GB/T14598.13-1998(idt IEC255-22-1)标准规定的严酷等级III的1MHz脉冲群干扰试验。
- 能承受GB/T14598.10-1996(idt IEC255-22-4)标准规定的严酷等级III的快速瞬变干扰试验。

3.11.工作环境条件

- 环境温度：-30~+70℃
- 相对湿度：5%~95%
- 大气压力：80~110Kpa

3.12.其他指标满足DL478-92《静态继电保护及安全自动装置通用技术条件》。

3.13.外形尺寸

标准西门子插箱：482.6（W）×177.8（H）×300（D）mm

3.14.重量

约15KG

4. 硬件说明

PMA-800型厂用电快速切换装置采用双CPU，分别完成测量、逻辑和切换等主要功能，以及完成显示、通信、打印等辅助功能，主从CPU间进行数据交换。主从CPU分工协调，既保证了切换可靠性和切换速度，又保证了配置的灵活性。同时采用了大容量的存储芯片以及可编程逻辑芯片，同时装置采用了整棉板、整背板新型结构设计，交、直流分开，开关量输入和输出部分均采用光电隔离技术，提高了装置的整体可靠性和安全性。

装置主要由CPU模件、电源模件、开关量模件、交流量模件、出口模件、信号模件、管理模件等组成。见示意图1。

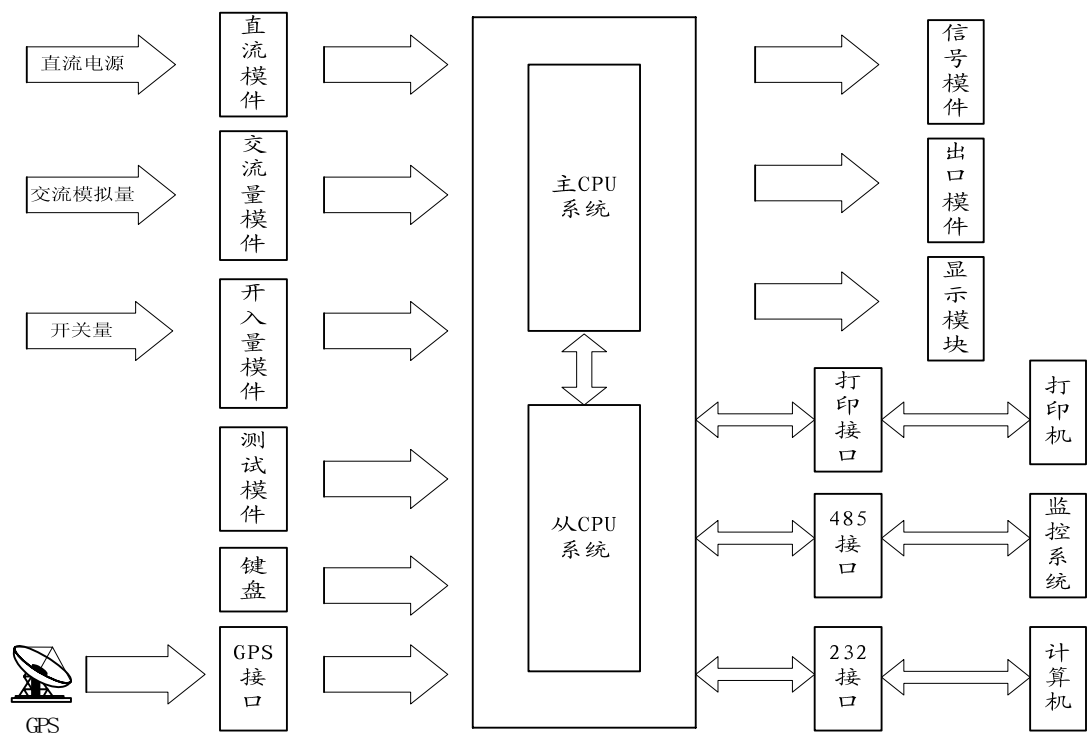


图1 硬件系统构成示意图

4.1. CPU模件

主要完成模拟量及开关量测量、计算判断，处理结果经光耦隔离输出。

4.2. 电源模件

输出+5V，±15V和+24V电源，供装置内部使用。电源为交/直流两用。

4.3. 开关量模件

各种开关量信号（空接点）经继电器和光电两级隔离转换为小信号供CPU使用。

4.4. 交流量模件

将从现场PT、CT来的电压、电流信号经过高精度电流输出型电压、电流互感器隔离、滤波转换为小信号供CPU使用。

4.5. 信号模件

各种信号以继电器空接点方式输出，可接光字牌、DCS系统或其它设备。

4.6. 出口模件

由CPU发出的出口跳合闸指令由逻辑组合并经光电隔离和中间继电器隔离放大后由干簧管继电器空接点输出。

4.7. 管理模件

包括显示模块、打印模块、通讯模块等，以实现各种模拟量、开关状态及操作信息、事件记录、事故记录的显示、打印、通讯。

5. 切换原理

由图2所示的厂用电系统，正常运行时，厂用工作电源由发电机端经厂用高压工作变压器提供，备用电源由电厂高压母线或由系统经起动/备用变提供。当工作电源侧发生故障时，工作电源开关1DL被跳开，此时，厂用母线失电，由于惯性及存储的磁场能量，电动机在短时间内将继续旋转，并将磁场能转变为电能。由于各电动机的容量、参数不一致，电动机之间将有电磁能与动能的交换，此时部分异步电动机实际上已转入异步发电机运行工况，因此厂用母线的电压即是多台异步发电机发出的反馈电压的合成，称为母线残压。由于不存在原动力和励磁，因此残压的幅值和频率将随时间逐渐衰减，残压与备用电源电压间的相位差将逐渐增大。如图3所示，以极坐标形式给出了母线残压相量变化特性。

图中VD--母线残压，VS--备用电源电压， X_M --母线上电动机组和低压负荷折算到高压厂用电压后的等值电抗， X_S --电源的等值电抗， ΔU --备用电源电压与母线残压间的差拍电压。

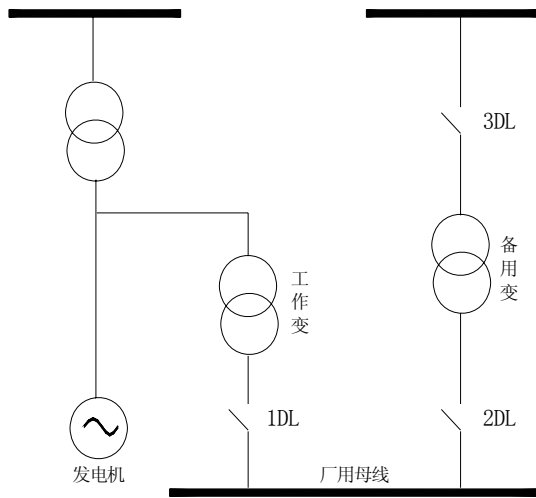


图2 厂用电一次系统（一段）简图

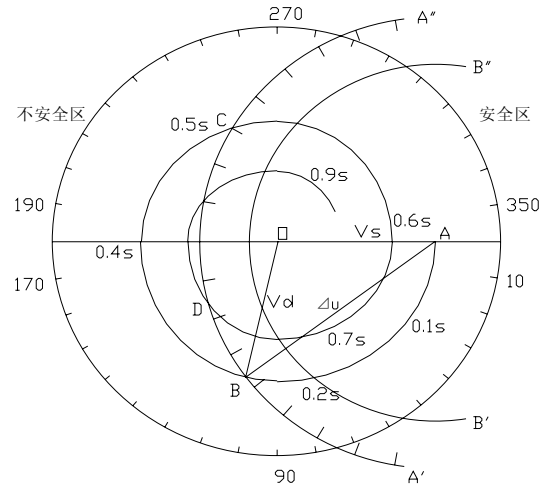


图3 母线残压特性示意图

合上备用电源后，电动机承受的电压 U_M 为：

$$U_M = X_M / (X_S + X_M) \Delta U \quad (5-1)$$

令 U_M 应小于电动机的允许起动电压，设为1.1 倍额定电压 U_{De} ，确保电动机安全自起动。则：

$$U_M = X_M / (X_S + X_M) \Delta U < 1.1 U_{De} \quad (5-2)$$

$$\text{令：} K = X_M / (X_S + X_M)$$

$$\Delta U (\%) < 1.1 / K \quad (5-3)$$

设 $K=0.67$ ，则 $\Delta U (\%) < 1.64$ 。图3中，以A为圆心，以1.64为半径绘出弧线A'-A''，则A'-A''的右侧为备用电源允许合闸的安全区域，左侧则为不安全区域。根据资料显示， $K=0.67$ 为允许极限值，一般K值取较大值。如在A-B段内合上备用电源，则既能保证电动机安全，时间短，即“快速切换”；如在C-D段内合上备用电源，进行同期判别切换，则既能保证电动机安全，又使电动机转速下降不太多，即“同期切换”；当残压衰减到20%—40%额定电压后实现的切换，通常称为“残压切换”。

5.1. 快速切换

由于一般K值取较大值，切换的安全区A'-A''曲线右侧移动，如图中的B'-B''曲线，如图3中显示，快速切换时间应小于0.2S，因而普遍采用快速开关切换。同时试验表明，母线电压和频率衰减的时间、速度，主要取决于该段母线的负载。负载越多，电压、频率、下降得越慢。而相同负载容量下，负荷电流越大，则电压、频率下降得越快。因而，实际应用时，B点通常由相角来界定，如55°，如果开关的固有合闸时间为100ms，则合闸命令发出时的角度约需提前35°，即可以实

现备用电源电压与母线残压向量夹角 20° 以内快速切换，同时对于电机是安全的。

如果开关的固有合闸时间比较长为 150ms ，则合闸命令发出时的角度需提前接近 55° ，即难以实现备用电源电压与母线残压向量夹角以内快速切换，同时对于电机也是不安全的。目前国产真空开关通常都能满足。系统结线方式和运行方式决定了正常运行时厂用母线电压与备用电源电压间的初始相角，若该初始相角较大，如大于 20° （例如：工作电源和备用电源来自两个独立的系统），则不仅事故切换时难以保证快速切换成功，连正常并联切换也将因环流太大而失败或造成设备损坏事故。故障性质则决定了从故障发生到工作开关跳开这一期间厂用母线电压和备用电源电压的频率、相角和幅值变化。快速切换能否实现，不仅取决于开关条件，还取决于系统结线、运行方式和故障性质。

由于厂用电切换是一个复杂的动态过程，如：事故时，发电机或主变出口先于厂用开关跳开引起的母线电压频率升高、相位超前；开关跳开时，开关灭弧造成的母线电压波形畸变；开关量变位时的发生抖动等。对于这些装置都需一定的固有动作时间在软、硬件方面进行特别计算处理，从而保证装置动作的准确性和可靠性。过分追求快速对快切装置是危险的。

5.2. 同期捕捉切换

如图3中显示，在C-D段厂母电压衰减到 $65\% - 70\%$ 左右，电动机转速下降不是很大，如能较精确地实现过零点合闸，备用电源合上时冲击最小，且对电动机的自启动很有利。但是由于厂用母线残压随着频率的下降，电压幅值和相角的变化越来越快，线性模型和简单的加速度模型已经难以准确地表达电压幅值和相角的变化。MPA-800型微机厂用电快速切换装置采用了频率自动跟踪技术和根据频率的大小分段建立数学模型的方法，准确地表达了频率、相角、幅值变化的规律。即完全根据实时的频率、相角、幅值的变化规律，计算出在反馈残压与备用电源电压向量第一次相位重合时的时间，当该时间接近合闸回路总时间时，发出合闸命令。实现精确地过零点同期捕捉，且不受负荷变化影响，对电动机的自启动很有利。

同期捕捉切换如下情况作为快速切换的后备功能：

- 系统接线或运行方式造成初始角大，快速切换无法实现时；
- 开关合闸时间长，快速切换无法实现时；
- 某些故障情况下，工作电源断开时，相位已不满足快速切换条件时；
- 工作电源和备用电源来自两个独立的系统，两系统间不仅存在相位差，而且存在频差时。

5.3. 残压切换

指当残压衰减到 $20\% - 40\%$ 额定电压后实现的切换。残压切换作为快速切换及同期切换的后

备功能。残压切换虽能保证电动机安全，但由于停电时间过长，电动机自启动成功与否、自启动时间等都将受到较大限制。

6. 切换功能

6.1. 正常切换

正常切换指电厂正常工作时，人工切换工作电源与备用电源。正常切换是双向的，可以由工作电源切向备用电源，也可以由备用电源切向工作电源。该功能由人工起动，在控制台、DCS系统或装置面板上均可进行。正常切换可分为并联切换和同时切换。

6.1.1. 正常并联切换（切换逻辑示意图见附图2）

■ 并联自动

由人工起动，若并联切换条件满足，装置将先合备用（工作）开关，再自动跳开工作（备用）开关。若起动后并联切换条件不满足、备用（工作）开关未合上、工作（备用）开关未跳开，装置将闭锁同时发切换失败和装置闭锁信号。

■ 并联半自动

由人工起动，若并联切换条件满足，合上备用（工作）开关，而跳开工作（备用）开关的操作由人工完成，若在整定的时间内，人工仍未跳开工作（备用），装置将闭锁同时发切换失败和装置闭锁信号。若起动后并联切换条件不满足、备用（工作）开关未合上，装置将闭锁同时发切换失败和装置闭锁信号。

6.1.2. 正常同时切换（切换逻辑示意图见附图3）

正常同时切换指人工起动切换，先跳工作（备用）开关，在满足切换判别条件后，合上备用（工作）开关。正常同时有切换，快速、同期捕捉、残压三种切换判别条件，快切不成功时自动转入同期捕捉或残压切换。若起动后备用（工作）开关未合上，装置将闭锁同时发切换失败和装置闭锁信号。

6.2. 事故切换

事故切换指工作电源保护接点起动，只能由工作电源单向切换至备用电源。事故切换分为事故串联和事故同时切换。

■ 事故同时切换（切换逻辑示意图见附图4）

由保护起动，先跳工作电源开关，在满足切换判别条件时，合上备用电源开关。串联切换有：快速、同期捕捉、残压三种切换判别条件，快切不成功时自动转入同期捕捉或残压切换。若起动后备用开关未合上，装置将闭锁同时发切换失败和装置闭锁信号。若起动工作开关未跳开，装置

将去耦同时发切换失败和装置闭锁信号。

■ 事故串联切换（切换逻辑示意图见附图5）

由保护起动，先跳开工作电源开关，在满足切换判别条件时，合上备用电源开关。串联切换有：快速、同期捕捉、残压三种切换判别条件，快切不成功时自动转入同期捕捉或残压切换。若起动后工作开关未跳开、备用开关未合上，装置将闭锁同时发切换失败和装置闭锁信号。

6.3. 非正常工况切换

非正常工况切换由装置检测到非正常情况后自行起动，只能由工作电源单向切换至备用电源。非正常情况指厂用母线失电和工作电源开关误跳两种工况。

■ 厂用母线失电（切换逻辑示意图分别见附图4、附图5）

当厂用母线三相线电压均低于整定值且时间大于整定值，则装置分为同时切换或串联切换。其切换条件和切换逻辑与保护起动的事故切换相同。

■ 工作电源开关误跳（切换逻辑示意图见附图6）

因各种原因（包括人为误操作）造成工作电源开关误跳开，装置在满足切换判别条件后，合上备用电源开关。该串联切换有：快速、同期捕捉、残压三种切换判别条件，快切不成功时自动转入同期捕捉或残压切换。若起动后备用开关未合上，装置将闭锁同时发切换失败和装置闭锁信号。

6.4. 低压减载功能

该功能主要为了在进行切换过程中厂用母线电压降低时，先切除部分不重要辅机，将有利于重要辅机的自起动。

本装置提供两段定时限低压减载出口功能，两段可分别设定延时。

6.5. 起动后加速保护功能

装置切换至备用电源开关时，同时输出一对空接点，用于投入备用电源分支保护装置的后加速保护功能，接点闭合持续时间为5秒。

7. 闭锁及报警功能

7.1. 保护闭锁

为防止备用电源误投入故障母线，装置提供了保护闭锁开入量接口回路，当某些保护动作时（如分支过流、厂用母差等），装置将闭锁出口回路，同时给出“保护 闭锁”信号并等待复归。

7.2. 出口闭锁

当装置因软压板退出或控制台（或DCS）闭锁装置投入时，装置将闭锁出口并给出出口闭锁信号，如装置软压板投入或控制台（或DCS）解除闭锁时，装置将自动解除闭锁，恢复运行。装置软压板包括出口投退退出或装置快切、越前相角、越前时间、残压切换全部退出。

7.3. 开关位置异常及去耦合

装置在正常运行时，不停地对工作和备用开关的状态进行检查，装置在正常运行时，工作、备用开关应一个在合位，另一个在分位，同时PT隔离开关必须在合位。如检测到开关位置异常，装置将闭锁出口，同时发开关位置异常。（工作开关误跳除外）

切换过程中如发现一定时间内该跳的开关未跳开，装置将根据不同的切换方式分别处理并给出位置异常闭锁信号。如：同时切换或并联切换中，若该跳开的开关未能跳开，将造成两电源并列，此时装置将执行去耦合功能，跳开刚合上的开关。

7.4. 装置异常

装置投入后即始终对某些重要部件如CPU、RAM、NVRAM、EEPROM、AD等进行动态自检，一旦有故障将闭锁装置，同时发“装置异常”中控信号。

7.5. PT断线

厂用母线PT断线时，装置将闭锁出口，同时给出PT断弦报警。

7.6. 后备电源失电监测

若工作电源或备用电源失电低于整定值时，装置将自动闭锁出口，同时给出报警信号。考虑备用段PT检修的情况，可选择“后备失电闭锁”功能退出后实现残压切换。

7.7. 装置闭锁

在以下几种情况下，需对装置进行复归操作，以备进行下一次操作：

- 进行了一次切换操作后；
- 发出开关位置异常、保护闭锁、PT断线等闭锁信号后，且为不可自动恢复；
- 发生装置故障后。

此时，将不响应任何外部操作及起动信号，只能手动复归解除，如闭锁或故障仍存在，需待故障或闭锁条件消除后复归才有效。

7.8. 装置失电

装置开关电源输出的+5V，±15V，+24V任一路失电都将引起工作异常，特设电压监视回路，一旦失电立即报警，该功能采用继电器实现，不依赖CPU工作。

8. 事件记录、事故记录、录波、打印、通信

8.1. 事件记录

装置运行后，所有事件信息都将进行记录保存，而且并不因掉电或复归而丢失。同时记录事件信息和发生时间。

8.2. 事故记录

装置只要起动切换（包括手动切换），装置将记录动作时间、本次切换的所有定值、投退标志、起动原因、切换方式、以及各个动作时刻的分支电压、分支电流、频差、相差等相关信息。

打印录波。同时也将数据下载到计算机中进行显示或打印电流电压录波曲线，并作分析。

8.3. 通信

装置通过通讯管理模块，可同时提供两路通信：一路RS485现场总线，可以实现与电气监控管理系统联网通信，或者用于接入DCS系统，默认规约为MODBUS；一路为RS232接口，可将数据下载到计算机中进行显示或打印电流、电压录波曲线，并作分析。

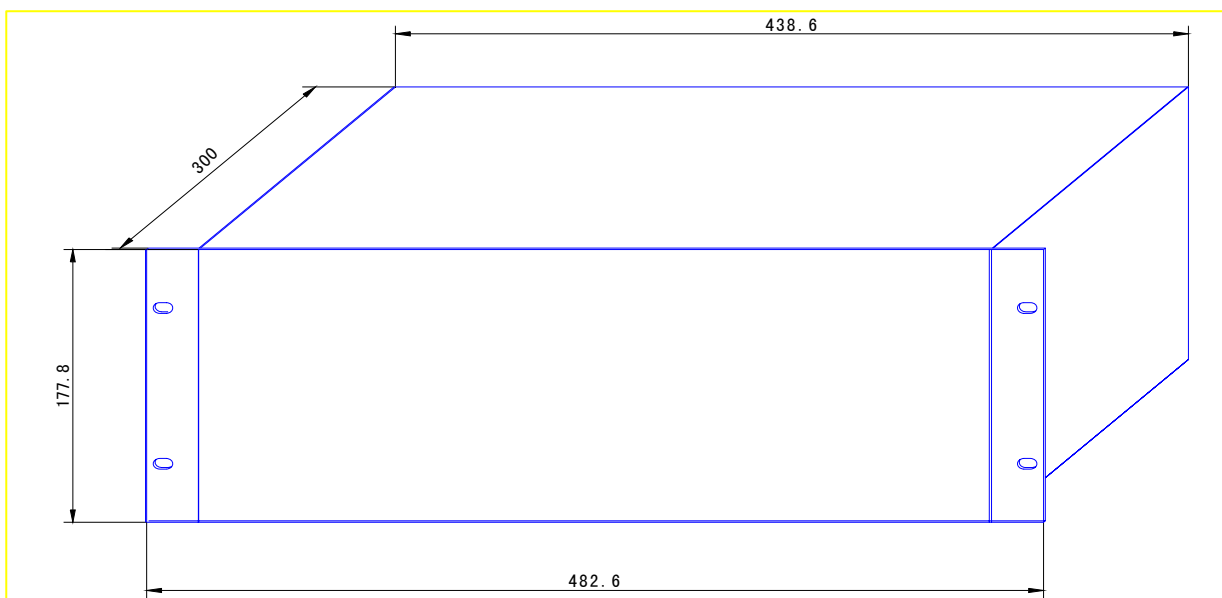
8.4. GPS对时

装置不仅可通过通信进行对时，而且有GPS天文时钟硬件同步接口，与GPS进行精确对时，误差 $\leq 1\text{ms}$ 。

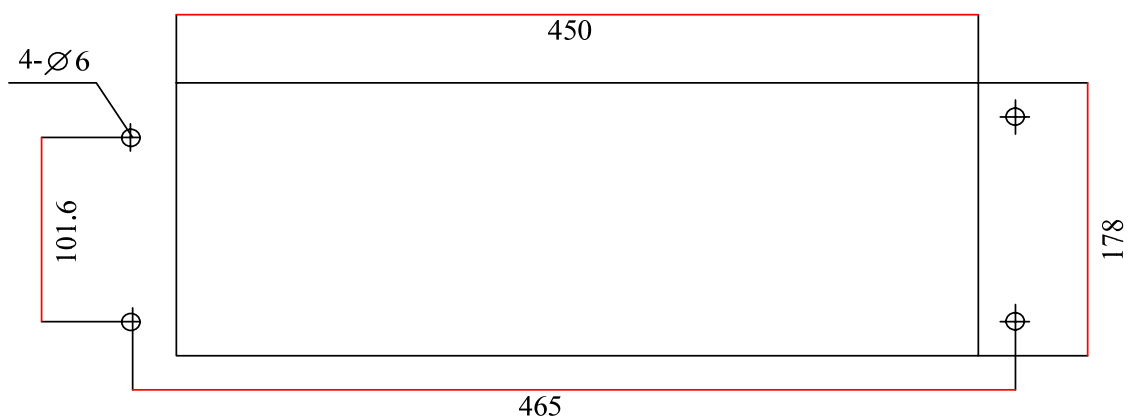
组屏与安装

每套装置可以对一段厂用母线的工作电源与备用电源进行控制。

每个标准屏(柜)可安装2套或3套装置快切装置、1台打印机、1个打印机共享器。

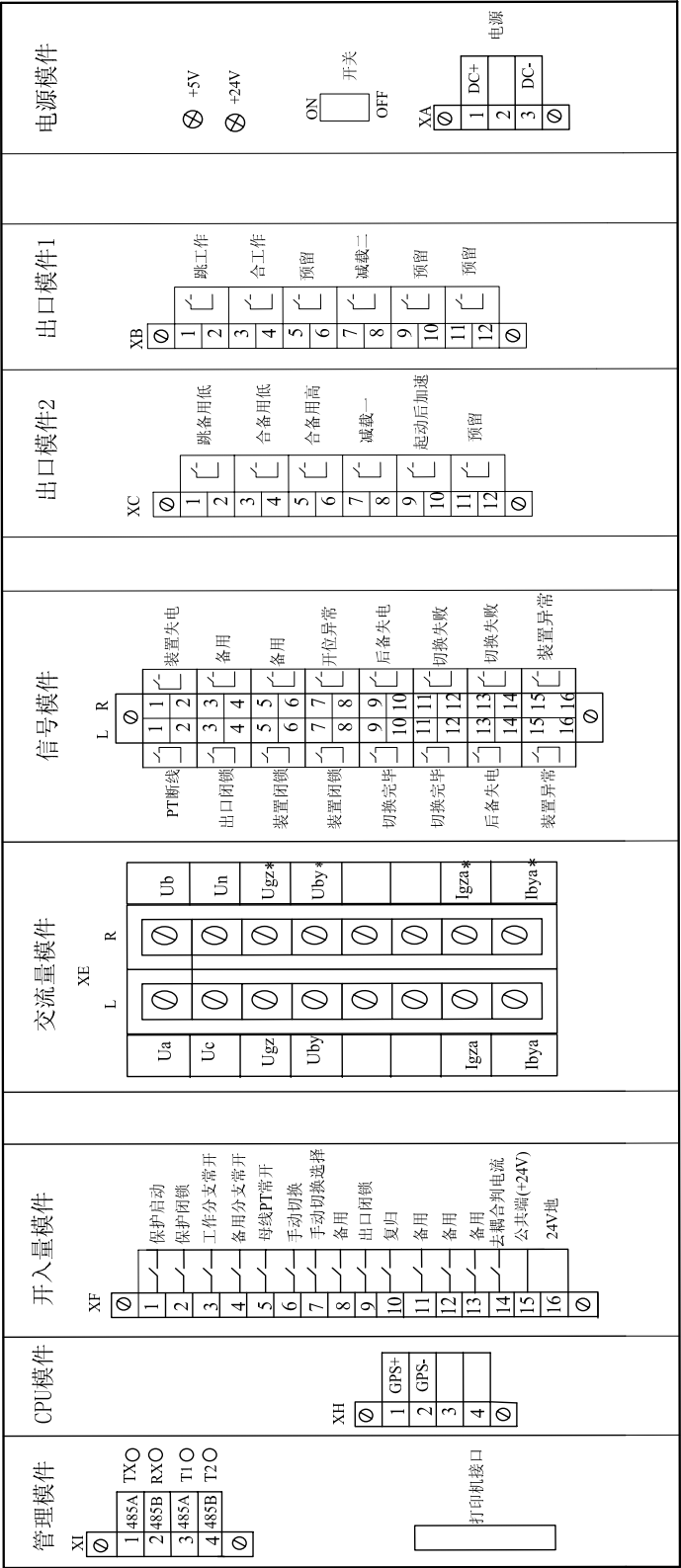


PMA-800型快切装置外形尺寸图

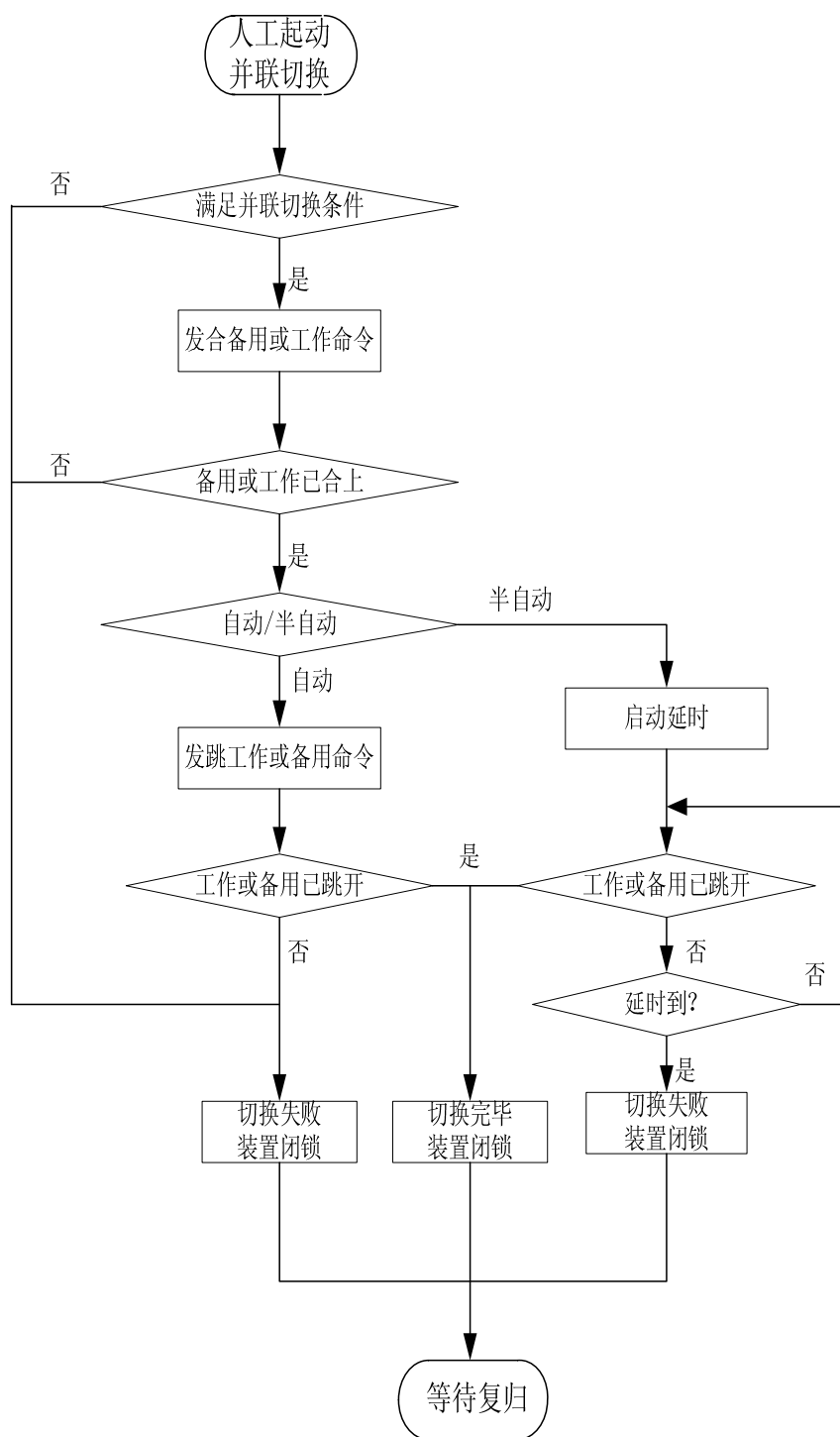


PMA-800型快切装置屏面开孔尺寸图

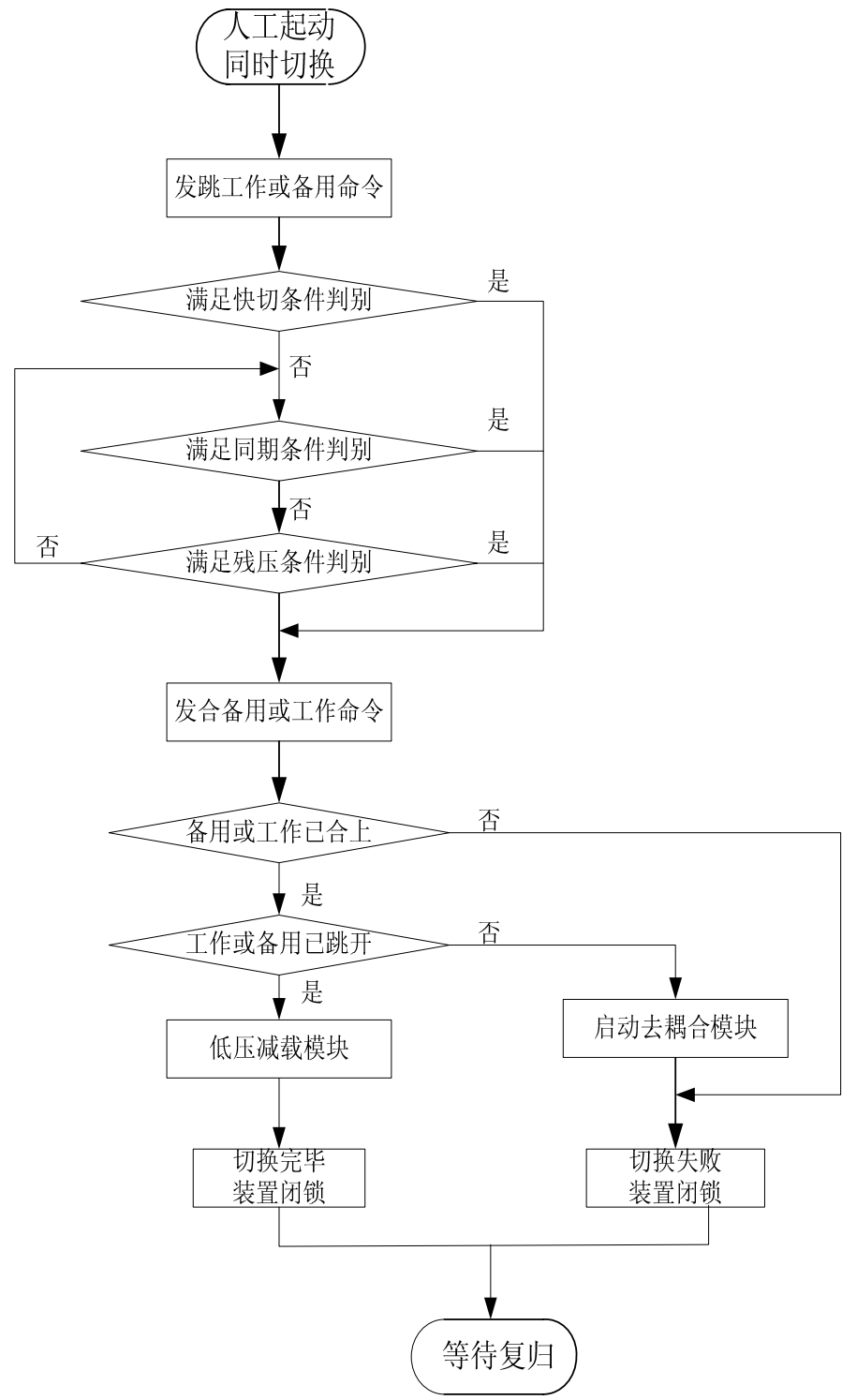
附图1：装置背板端子示意图



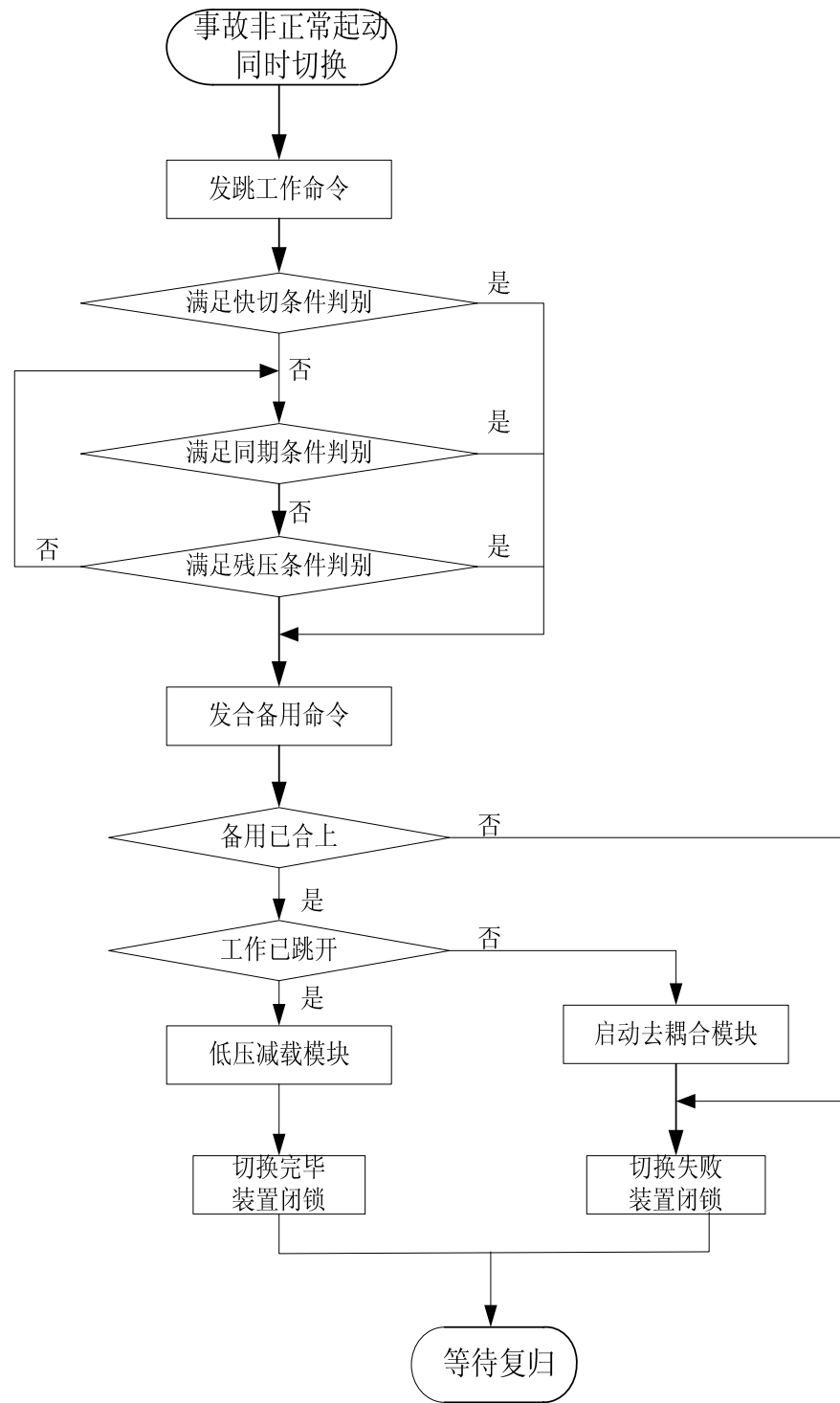
附图2：正常并联切换逻辑示意图



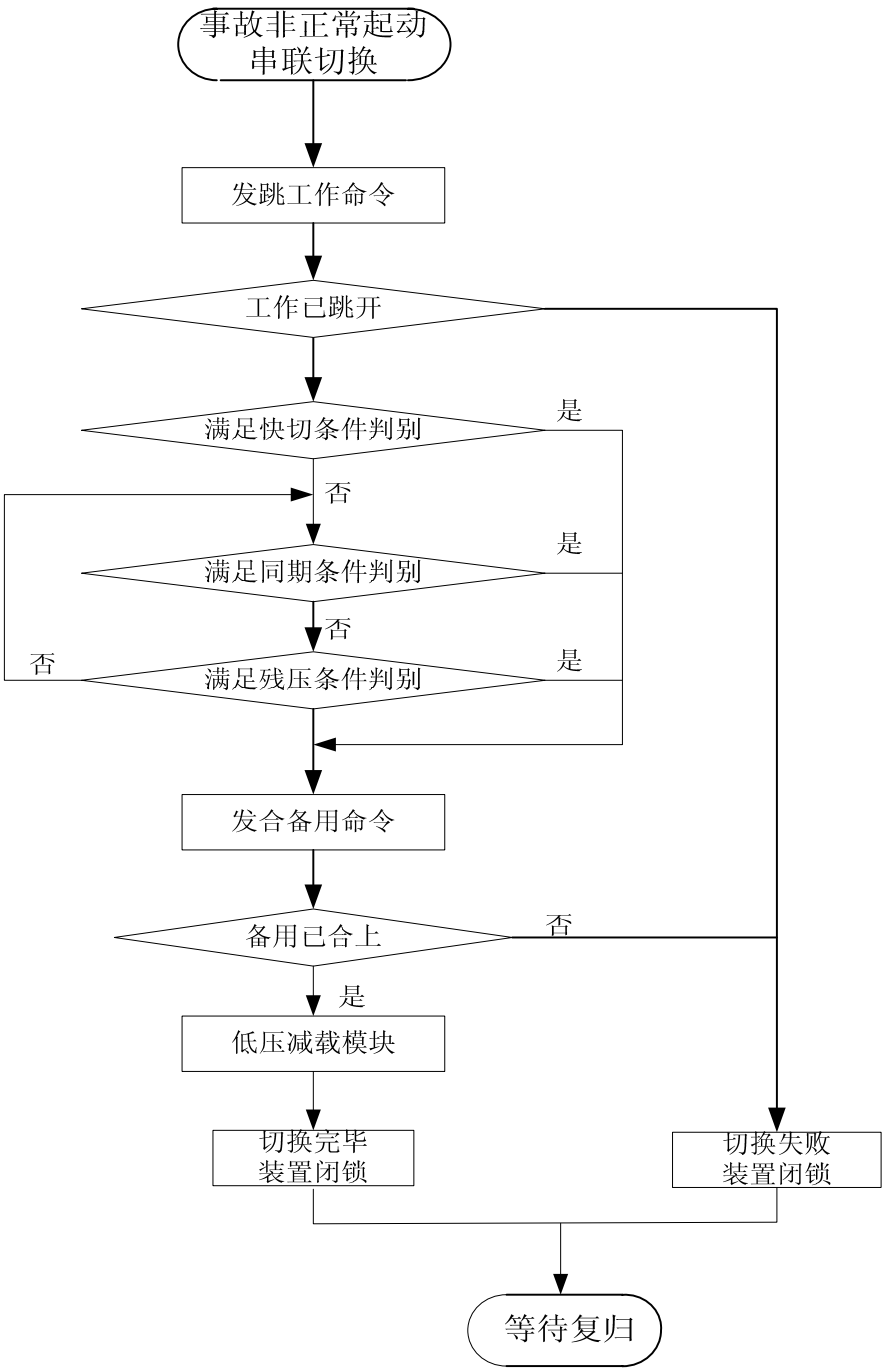
附图3：正常同时切换逻辑示意图



附图4：事故非正常起动同时切换逻辑示意图



附图5：事故非正常起动串联切换逻辑示意图



附图6：开关偷跳切换逻辑示意图

