

## 备自投装置动作引起过负荷的解决方案

杨启洪<sup>1</sup>, 赵伟杰<sup>1</sup>, 陈善文<sup>1</sup>, 杜松献<sup>2</sup>, 孟乐<sup>3</sup>

(1. 广东电网公司佛山高明供电局, 广东 佛山 528500; 2. 许继德理施尔电气有限公司, 河南 许昌 461000; 3. 许继电气公司技术中心, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 分析了备用电源自动投入装置动作后出现过负荷的原因和现有解决方案。从提高电力系统供电可靠性角度比较分析了各种过负荷解决方案的优缺点、适合使用的工况及其使用注意事项, 并对其实施方案加以改进, 提出了一种适用于智能变电站的备自投动作时智能联切负荷的过负荷解决方案。该方案具有备自投动作可靠性高、避免对系统造成过负荷冲击和负荷量切除精确度高三个方面优点。同时提出了一种用于智能切负荷联切出口矩阵的在线生成方法。

**关键词:** 备自投; 过负荷; 和电流闭锁; 负荷均分; 智能联切; 供电可靠性

### Solution to overload caused by automatic bus transfer device action

YANG Qihong<sup>1</sup>, ZHAO Weijie<sup>1</sup>, CHEN Shanwen<sup>1</sup>, DU Songxian<sup>2</sup>, MENG Le<sup>3</sup>

(1. Guangdong Power Grid Corporation Foshan Gaoming Power Bureau, Foshan 528500, China; 2. XJ Driescher Wegberg Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China; 3. Technology Center, XJ Electric Company, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Causes and solutions of overload after automatic bus transfer action are analyzed. From the perspective of power system reliability, the advantages and disadvantages of these overload solutions are compared, their working conditions and announcement are obtained, and the implementation schemes are improved. Finally, smart overload cutting when automatic bus transfer action is presented as a new solution, which applies to automatic bus transfer devices in smart substation. This new solution can improve reliability of automatic bus transfer, avoid overload and cut load exactly. At the same time, a method is proposed for smart overload cutting solution to get export matrix online.

**Key words:** automatic bus transfer; overload; sum current overload blocking; load sharing; smart overload cutting; power supply reliability

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)12-0145-05

## 0 引言

为提高电网的供电可靠性, 往往采用两个或多个电源供电, 同时装设备用电源自动投入(下文简称备自投)装置, 当工作电源由于某种原因失去后迅速地将备用电源自动投入使负荷重新获得电源<sup>[1]</sup>。然而当备自投动作后电网运行方式变化、负荷发生转移, 易引起系统过负荷运行, 严重时将引起保护跳闸、扩大停电范围, 给电力系统的供电可靠性带来不利影响<sup>[2-3]</sup>。

本文在从提高电力系统供电可靠性出发, 分析了现有备自投装置动作引起过负荷的解决方案、它们的优缺点、其适合使用的主接线型式及其应用中

的注意事项。最后提出了一种在智能变电站中具有推广前景的采用备自投动作时智能联切负荷线的解决方案, 并提出了一种智能在线生成过负荷联切出口矩阵的方法, 可改善传统分轮次对联切出口矩阵进行离线整定的局限性。

## 1 不同备自投方式下过负荷原因分析

备自投装置常用于双电源或多电源供电的情况下, 系统采用多电源供电时其主接线相对复杂但其可看作为双电源供电模式对应的典型主接线单元的组合和扩展。双电源供电的典型主接线型式如图 1 所示。按备投方式可分为进线备自投(进线一或进线二备用)和分段备自投(分段开关备用)。从负荷和电

源的角度分析,进线备自投为全部负荷由一个电源转移到另一个电源,分段备自投为部分负荷由一个电源转移到另一个电源。可见备自投动作的本质为电源间的负荷转移,负荷转移就有可能引起电源的过负荷。备自投过负荷可分以下两种情况:

1) 电源容量不足。由于电网的分期建设及区域发供电的不平衡,往往造成接入变电站的两电源不对等,当大电源故障时,负荷转移到小电源,引起小电源过负荷,此时系统会出现低频低压的工况,需减载运行否则可能引起频率崩溃或电压崩溃。

2) 设备容量不足。由于电网用电负荷的飞速增长,变电站最初建设时预留的主变备用容量往往不能满足需求,当备自投动作后负荷发生转移将会引起本站主变或上级变电站主变过负荷,严重时将导致主变跳闸,扩大停电范围。当电网采用 T 接线供电方式时,进线故障将造成一系列的备投动作行为,最易引起进线或上级主变过载<sup>[4]</sup>。

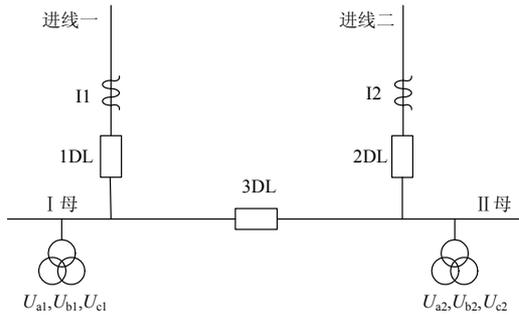


图 1 备自投应用的典型主接线

Fig. 1 Typical schematic diagram of automatic bus transfer

## 2 备自投和过负荷在电网供电可靠性上的辩证统一

备自投装置的直接目的是保供电,过负荷联切装置的直接目的是保重要负荷。两者往往是相斥的,比如备自投为保供电动作后引起严重过负荷反而会导致电网崩溃或设备跳闸,进而引起重要负荷失电;同时设备过负荷运行时又可能闭锁备自投,导致备自投拒动。然而,不论是保供电还是保负荷,其最终目的都是提高电力系统的供电可靠性。若从提高电网供电可靠性出发备自投和过负荷是统一的,在易出现过负荷的变电站,备自投装置应综合考虑过负荷措施才能从根本上提高电网供电可靠性。

## 3 备自投过负荷解决方案

### 3.1 电网优先保供电时备自投的过负荷措施

多数情况下若备自投装置拒动,会导致一段母

线或整个变电站失压,这时应该优先让备自投动作保证电网供电。优先保供电时备自投的过负荷有事前解决和事后解决两种解决措施。

#### 3.1.1 事前过负荷解决方案

所谓事前过负荷解决方案是指在备自投合闸动作之前联切部分次要负荷,以保证备用电源投入后不会出现过负荷现象。该方案切负荷具有一定盲目性,负荷切除容量依赖于事先的整定计算,没有根据当前负荷电流和设备容量实时判别,易出现过切或欠切,但该方案也具有简单可靠的优点。事前过负荷解决方案多用在负荷性质和容量相对固定的变电站。工程中一般采用备自投跳闸联切的方式实现过负荷联切,通过整定跳闸出口矩阵定值实现联切容量的可调节。

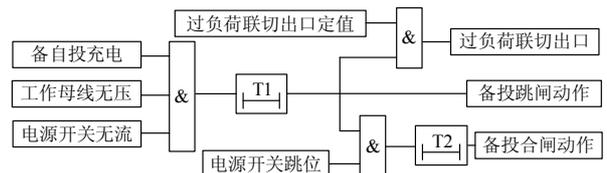


图 2 事前过负荷逻辑框图

Fig. 2 Overload cutting before reserved switch on

#### 3.1.2 事后过负荷解决方案

所谓事后过负荷解决方案是指在备自投合闸动作之后投入过负荷联切功能<sup>[3]</sup>。联切部分次要负荷,以保证备用电源投入后电网可正常运行。该方案可根据当前负荷电流和设备容量实时判别过负荷,并可根据过负荷严重程度按轮次切负荷,负荷联切精度较高。事后过负荷联切会给电源带来短时过负荷的冲击,同时其功能仅在备自投动作后短时投入,其不适合日变化幅度大的负荷,可适用于季节性变化负荷。由于电网失电时部分负荷被自动甩掉,当备用电源投入瞬间负荷容量往往不是最大时刻,经验表明变电站过负荷多发生在备自投动作后 5~10 min。故工程使用中过负荷投入时间应不小 10 min, 否则事后过负荷解决方案效果并不理想。

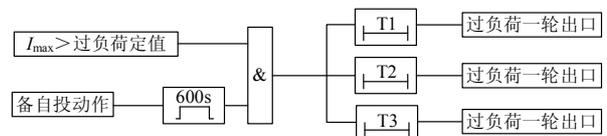


图 3 事后过负荷逻辑框图

Fig. 3 Overload cutting after reserved switch on

## 3.2 电网优先保负荷时备自投的过负荷措施

若备用电源容量有限,备自投装置动作后,会导致备用电源严重过负荷,将备用电源立即拖垮,此时应优先保负荷,这是一般采用和电流闭锁备自

投的解决方案<sup>[5]</sup>。

和电流闭锁备投就是取备用电源当前负荷电流与备投动作使其多带负荷电流之和, 预判备投动作后备用电源的负荷电流, 若超过某一定值则闭锁备自投。图 1 中, 若  $I_1+I_2>$  进线一过负荷闭锁定值, 则闭锁进线一备自投和 II 母失压分段备自投; 若  $I_1+I_2>$  进线二过负荷闭锁定值, 则闭锁进线二备自投和 I 母失压分段备自投。

三圈变和电流闭锁有一定特殊性<sup>[6]</sup>, 讨论如下: 分别判主变三侧和电流过负荷, 当低压侧过负荷时闭锁低压侧备自投; 当中压侧过负荷时闭锁中压侧备自投; 当高压侧过负荷时若中低压侧只存在一侧过负荷则闭锁过负荷一侧的备自投, 若中低压侧均不过负荷则闭锁负荷容量较小一侧的备自投。

工程中和电流闭锁备自投多采用给备自投放电的处理方式, 该实现方式在和过负荷时固然可以可靠闭锁备自投, 但容易造成备自投拒动。原因是当负荷重时和电流过负荷时给备自投放电, 负荷变轻时备自投装置必须经过充电延时才能完成再次充电, 若在备自投充电期间电网失压, 备自投将拒动。虽然备自投充电时间一般只有 15 s 左右, 此间电网失压为小概率事件, 但在江苏某一变电站确有发生。所有推荐将和电流过负荷闭锁备自投逻辑放在备自投的启动逻辑中判别, 仅备自投启动时根据启动前(取 10 s 前记忆电流)系统和电流过负荷判别结果来闭锁备自投, 这样在备投不启动时不会出现和电流过负荷给备自投放电, 避免了由于备自投的频繁充放电引起的拒动。改进后的和电流过负荷闭锁备自投逻辑如图 4 所示。

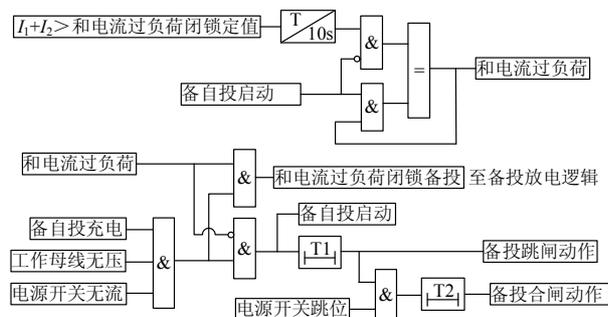


图 4 和电流过负荷闭锁备投逻辑框图

Fig. 4 Sum current overload block automatic bus transfer

### 3.3 备自投的负荷均分

变电站有三个供电电源时可采用负荷均分来解决过负荷问题, 负荷均分常应用在图 5 所示的主接线型式的变电站中。负荷均分逻辑分析如下。

图 5(a)对应接线型式的变电站一般在两分段

开关处各配置一台分段备自投装置, 若 1#变故障, 3DL 处备自投动作后 2#变将带三段母线负荷运行, 此时 3#变仅带一段母线负荷。故当 3DL 处备自投动作成功后可向 3DL' 处备自投发一启动负荷均分命令, 3DL' 处备自投接收到负荷均分命令后启动负荷均分功能: 跳开 2#变的分支开关 2DL', 合上分段开关 3DL'。此负荷均分的动作过程和备自投动作过程完全一样, 工程中往往将负荷均分看作备自投的一种特殊启动方式(经启动负荷均分开关启动), 通过备自投动作逻辑实现负荷均分功能。

图 5(b)对应接线型式的变电站一般装设一个备自投装置。当 2DL 和 5DL 在分位, 其他开关在合位时, 若 III 母失压, 备自投将 3DL 跳开合上 5DL, 会出现进线一带三段母线运行的情况, 此时也需要负荷均分: 将 4DL 跳开合上进线二开关 2DL, 由进线一和进线二共同带三段母线运行。上述动作过程备自投和负荷均分为两个独立的过程, 此时会有 III 母两次失压的弊端, 故工程中一般采用备自投和负荷均分一步到位的动作过程: 若 III 母失压, 备自投跳开 3DL 和 4DL, 合上 2DL 和 5DL。

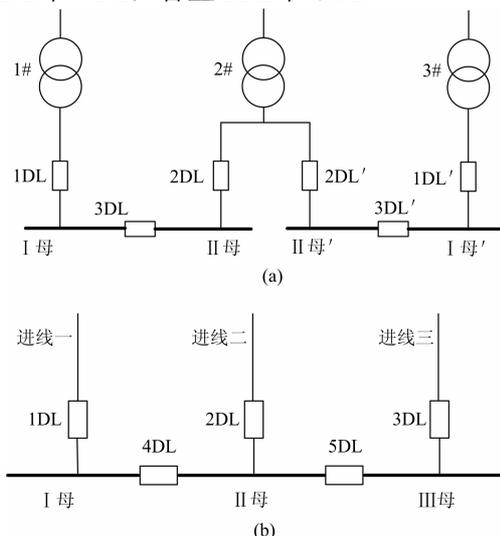


图 5 负荷均分应用的典型主接线

Fig. 5 Typical schematic diagram of load sharing

### 3.4 与备自投装置独立的过负荷解决方案

当变电站负荷为日变化负荷时, 当备自投动作时不一定过负荷但几小时后又有可能出现严重过负荷, 或备自投动作时有过负荷但几个小时后又出现轻负荷。当备用电源为区域电源时备用电源投入后受到本站内负荷和区域其他负荷的影响, 会出现低频低压现象。以上两种情况应安装不依赖于备自投的过负荷联切装置, 如装设专门的过负荷联切装置和低频低压减载装置<sup>[7]</sup>。

### 3.5 备自投智能联切负荷

以上备自投动作后导致过负荷的解决方案各有优缺点,但均不能兼顾备自投动作可靠性、避免对系统造成过负荷冲击和负荷量切除精确度三个方面。假设备自投装置能够获取到电源和各负荷线路的实时电流或功率,则可以预算出备自投动作后电源的功率缺额。进而在备用电源投入前,备自投跳闸时按照功率缺额可精确的联切负荷后再将备用电源投入。这样即保证了备自投装置的动作可靠性,又避免了备自投动作后过负荷给系统带来的冲击,同时也可做到负荷不过切不欠切。

以上假设在智能变电站中是可以实现的,智能变电站中 10 kV 电压等级的馈线间隔可通过多合一保护装置(具备保护、测量、控制、计量、合并单元和智能终端等功能)完成本间隔模拟量信息和开关量信息的采集并转成 SV 和 GOOSE 发送至过程层网络。备自投功能可配置在站域保护控制装置中,站域保护控制装置从过程层网络中获取到电源和各负荷线路的实时负荷电流。在备自投动作时,可根据备自投动作前预算的功率缺额和各负荷线路的负荷大小和负荷重要性,运用智能算法以先切除负荷重要性低的馈线为切除顺序,在线生成切除容量与系统功率缺额相当的联切出口矩阵,联切跳令以 GOOSE 形式通过过程层网络下发给多合一装置,实现对各负荷线路的智能联切。由站域保护控制装置和就地多合一装置共同完成的备自投智能联切负荷方案的工程应用如图 6 所示。

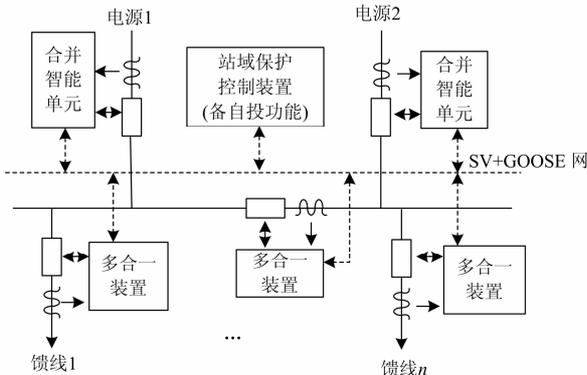


图 6 备自投智能联切负荷的应用

Fig. 6 Application of smart overload cutting in automatic bus transfer

文献[8]提出了一种基于功率负荷自适应的备自投实现方法,在备用电源投入前按功率分布自适应联切负荷。但其仍按照事先整定的出口矩阵分轮次进行联切,由于联切智能程度不高,每一轮联切出口均为用户离线事先整定,而非在线判别,其根

据每轮联切动作后的负荷情况去校验是否还存在过负荷,这样会存在过量切负荷的缺点;同时,各轮次逐级切负荷的动作时间级差也影响了备用电源投入的速度,延长了系统恢复供电的时间。

### 4 过负荷联切出口矩阵的在线生成方法

采用备自投智能联切负荷的过负荷解决方案需要备自投装置运用智能算法在线生成联切出口矩阵。联切出口矩阵的生成需遵循以下原则:

- 1) 先切重要性低的负荷线;
- 2) 在满足联切负荷容量的同时应尽可能减少联切负荷线的数量和容量。

为准确的衡量负荷线路的重要性,如线路  $i$  和线路  $j$  哪一条负荷更重要,重要多少,按 1、2、……、9 比例标度其重要程度。表 1 列出了 1~9 标度的含义。

表 1 负荷重要性标度含义

Table 1 Meaning of load importance scaling

重要性标度	含义
1	重要性最低
:	数字越大代表该负荷越重要
9	重要性最高

下面以含有 16 条负荷线路的电网模型简述备自投装置的智能联切出口矩阵的在线生成过程。

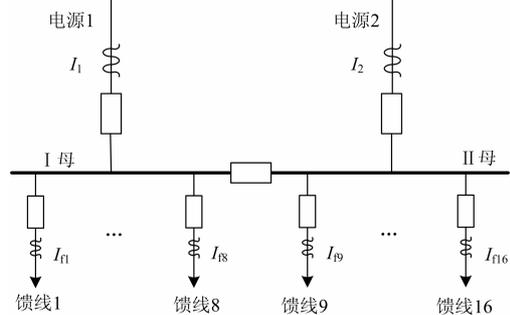


图 7 备自投应用的典型主接线

Fig. 7 Typical schematic diagram of power grid with 16 load line

第一步: 整定备自投装置的电源 1 和电源 2 的过负荷定值  $I_{dz1}$  和  $I_{dz2}$  和馈线 1~16 的重要性标度定值。

第二步: 备自投正常运行时实时测量两电源及馈线 1~16 的负荷电流。

第三步: 备自投启动时锁定启动前的两电源及馈线 1~16 的负荷电流的测量值;

第四步: 根据启动前两电源的负荷电流计算备自投动作后的负荷缺额,若备自投动作后由电源 1

带两段母线负荷, 则负荷缺额为  $I_q = I_1 + I_2 - I_{dz1}$ 。

第五步: 按负荷容量大小依次验证负荷重要性标度为 1 的馈线是否满足  $I_q$  的联切要求, 生成重要性标度为 1 的馈线的联切出口矩阵。为便于描述, 假设馈线 1~3 的负荷重要性标度均为 1, 则其联切出口矩阵的生成方法如下:

1) 对馈线 1~3 的负荷容量由大到小进行排序, 假设顺序为馈线 1、馈线 2、馈线 3。

2) 验证仅联切一条馈线是否满足联切需求: 若  $I_{f1} > I_q$ , 则验证  $I_{f2} > I_q$ , 直到满足  $I_{fi} > I_q$  且  $I_{fi+1} < I_q$  则出口矩阵生成完成, 线路  $i$  为需联切的馈线; 若  $I_{f1} < I_q$ , 则进入下一步。

3) 验证联切两条馈线是否满足联切需求: 若  $I_{f1} + I_{f2} > I_q$ , 则验证  $I_{f1} + I_{f3} > I_q$ , 直到满足  $I_{fi} + I_{fi+1} > I_q$  且  $I_{fi} + I_{fi+2} < I_q$  则出口矩阵生成完成, 线路 1~ $i$  为需联切的馈线; 若  $I_{f1} + I_{f2} < I_q$ , 则进入下一步。

4) 验证联切三条馈线是否满足联切需求: 若  $I_{f1} + I_{f2} + I_{f3} > I_q$  则出口矩阵生成完成, 线路 1~3 为出口矩阵联切的馈线负荷; 若  $I_{f1} + I_{f2} + I_{f3} < I_q$ , 则重要性标度为 1 的负荷线应全部切除, 切除后的负荷容量缺额为  $I_{q1} = I_q - I_{f1} + I_{f2} + I_{f3}$ , 需进入下一步。

第六步: 按负荷容量大小依次验证负荷重要性标度为 2 的馈线是否满足剩余联切负荷容量  $I_{q1}$  的联切要求, 生成重要性标度为 2 的馈线的联切出口矩阵。方法同第五步。

依次验证负荷重要性标度为 3~9 的馈线是否满足联切要求, 直到最终出口矩阵生成完成。

## 5 结束语

过负荷是备自投装置必须考虑的问题<sup>[9]</sup>, 近年来由于电力系统负荷日益增加, 备自投装置动作后引起过负荷的问题日益突出, 越来越受电力用户重视, 本文列举和提出的备自投装置的过负荷解决方案和出口矩阵的在线生成方法对备自投与过负荷等继电保护装置的产品开发、工程设计和应用具有参考指导作用。

## 参考文献

- [1] 许云龙, 孟乐, 李国斌, 等. 链式接线变电站备自投方案的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 39(19): 232-234.  
XU Yunlong, MENG Le, LI Guobin, et al. Discussion of reserved auto-switch-on scheme for substations equipped

with chain connection[J]. Power System Protection and Control, 2010, 39(19): 232-234.

- [2] 金恩淑, 宋晓刚, 董辉, 等. 潮流转移过负荷识别新方案[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(11): 8-12.  
JIN Enshu, SONG Xiaogang, DONG Hui, et al. A new program of flow transferring overload identification[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(11): 8-12.
- [3] 范寿忠. 备自投过负荷联切功能的实现[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(5): 139-140.  
FAN Shouzhong. Application of overload cutting of automatic standby power switch devices[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(5): 139-140.
- [4] 许琦, 曹建权. 防止因备自投动作引起主变过载跳闸的分析及对策[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(4): 30-33.  
XU Qi, CAO Jianquan. Analysis and countermeasures of preventing transformer's over-load trip caused by action of BATS[J]. Jiangsu Electric Engineering, 2012, 31(4): 30-33.
- [5] 冯玲. 防止备自投装置动作过负荷方案的实践[J]. 华北电力技术, 2006(8): 19-20.  
FENG Ling. Practice on preventing overload after automatic closing emergency sources acting[J]. North China Electric Power, 2006(8): 19-20.
- [6] 催金兰. 一种防止母联备自投动作造成过负荷的闭锁逻辑[J]. 现代电力, 2012, 29(2): 41-43.  
CUI Jinlan. The application of latching logic to prevent overload caused by bus-tie automatic switching action[J]. Modern Electric Power, 2012, 29(2): 41-43.
- [7] 张执超, 王增平, 方攀宇. 基于频率和电压稳定的紧急控制策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(3): 149-155.  
ZHANG Zhichao, WANG Zengping, FANG Panyu. A new UFLS strategy considering system voltage influence[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(3): 149-155.
- [8] 赵家庆, 霍雪松, 钱科军, 等. 基于功率负荷自适应的备自投实现方法[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(3): 50-53.  
ZHAO Jiaqing, HUO Xuesong, QIAN Kejun, et al. A method of automatic switchover device based on self-adaptive electrical load[J]. Jiangsu Electric Engineering, 2013, 32(3): 50-53.
- [9] GB/T 14285-2006 继电保护和自动装置技术规程[S]. GB/T 14285-2006 technical code for relaying protection and security automatic equipment[S].

收稿日期: 2014-09-22; 修回日期: 2014-10-29

作者简介:

杨启洪(1973-), 男, 高级工程师, 长期从事配电运行和管理工作; Email: yangqihong@gdfs.csg.cn

赵伟杰(1983-), 男, 工程师, 配电网线路技师, 工程硕士, 长期从事配电运行和管理工作;

陈善文(1987-), 男, 助理工程师, 从事配电设备状态检测工作。

(编辑 张爱琴)