

[开关设备]

自动转换开关在变电站站用电系统中的应用

文/自动转换开关在变电站站用电系统中的应用 孔丽芳 栗晓政

对自动转换开关的组成、类型、主要特点及功能等作了介绍和分析。针对变电站站用电系统使用自动转换开关提高供电可靠性进行了研究和分析，提出了需要注意的问题以及自动转换开关的选用原则，以便正确选择和合理应用。

随着我国电力事业的快速发展，特高压变电站、智能变电站以及无人值守变电站日益增加，电力生产各个环节的智能化不断提升，站用电系统对保证整个变电站二次系统可靠运行的重要性更加突出。

自动转换开关电器 (Automatic transfer switching equipment, ATS) 主要用于紧急供电系统，将负载电路从一个电源自动换接至另一个 (备用) 电源的开关电器，以确保重要负荷连续、可靠运行。ATS 主要适用于交流不超过 1 000 V 的紧急供电系统，在换接电源期间中断向负载供电。根据 IEC 国际标准定义：由一个或多个转换开关电器和其他必需的电器组成，用于检测电源电路，并将一个或多个负载电路从一个电源转换至另一个电源的自动电器。当存在常用电源和备用电源两个电源的情况时，ATS 应指定一个常用电源位置，其操作程序由两个自动转换过程组成。如果常用电源被检测到出现偏差时，则自动将负载从常用电源转换至备用电源；如果常用电源恢复正常时，则自动将负载返回换接到常用电源。换接时间可有预定的延时或无延时，并可处于一个断开位置。

ATS 的主要特点与功能

1. ATS 的组成

ATS 通常由开关本体和控制器两部分组成。开

关本体接在主电路上，作为 ATS 的执行机构。不同类型的 ATS 本体差别较大，有的由接触器、断路器等元件加机械联锁组成；有的为一体化结构，也由专用的负荷开关组成。

开关本体是 ATS 的核心，需具有可靠联锁，以防止主、备电源同时接通。本体转换驱动机构有电动机驱动和电磁驱动之分。电动机驱动方式是通过电动机行程带动开关动作，速度较慢。电磁驱动方式反应迅速，适合快速转换的场合，应用较普遍。开关本体的性能与主触头的结构，材料，动、静触头连接方式，同步性，动触头开启速度、灭弧方式等多方面有关，ATS 的电气性能基本取决于此。

2. ATS 的分类

(1) 根据有无短路电流分断能力分类

IEC 60947.6.1 标准对自动转换开关分类的描述为：按自动转换开关有无短路电流分断能力，将其分为 PC 级和 CB 级，两者的差别主要在于开关本体。

PC 级 ATS 采用接触器或负荷开关作为主开关，能够接通、承载线路负载，不能分断短路电流。CB 级 ATS 采用带电动操作机构的塑壳式断路器 (或万能式断路器) 作为主开关，既能接通、承载线路负载，又能够接通、分断短路电流。

PC 级 ATS 具有结构简单、自身联锁、转换速

度快(可达50 ms)和可频繁操作等优点,并且可承受 $20I_n$ 及以上短路电流,触头压力大,不易被斥开、被熔焊。CB级ATS动作较慢,出现非电源故障(如过载、短路)时会自动切断电源,供电可靠性不高。因此,PC级ATS具有更广泛的发展空间,但CB级接线简单,相对于PC级,不需加装限流设备,适合对电源转换时间要求不高的场合。

(2) 根据触头工位分类

ATS按工位可分为两位式和三位式,结构如图1所示。两位式ATS开关主触头仅有两个工位(也称二段式),即“常用电源位”与“备用电源位”。三位式ATS开关主触头有3个工位(也称三段式),多一个“零位”,主触头可处于空挡,即主触头由“常用电源位”转到“零位”,再由“零位”转到“备用电源位”。两位式与三位式ATS应用中各有侧重。两位式ATS转换动作快,一般两位式PC级ATS总动作时间在50~250 ms、三位式PC级ATS总动作时间在350~600 ms。三位式ATS可以较长时间切断对电源的供电,电源切换时,当电源质量不高时,ATS应有适当的延时,否则会造成开关误动作。当发生火灾需要切除非消防类负荷时,可以使用三位式ATS。

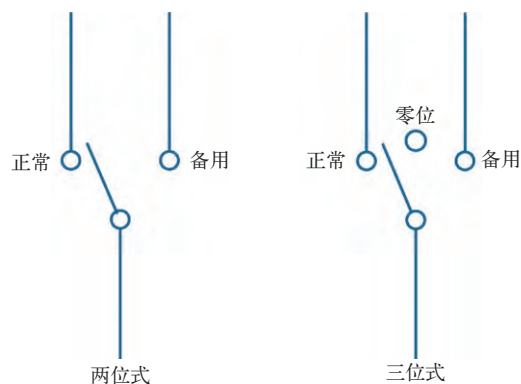


图1 ATS的两位式和三位式结构图

ATS在变电站用电系统中的应用

1. 变电站站用电系统的特点

220 kV变电站宜从主变压器低压侧分别引接两台容量相同,可互为备用,分列运行的所用工作变压器。每台工作变压器按全所计算负荷选择。只有一台主变压器时,其中一台所用变压器宜从所外电源引接。

330~500 kV变电站的主变压器为两台(组)及以上时,由主变压器低压侧引接的所用工作变压器台数不宜少于两台,并应装设一台从所外可靠电源引接的专用备用变压器。每台工作变压器

的容量宜至少考虑两台(组)主变压器的冷却用电负荷。专用备用变压器的容量应与最大的工作变压器容量相同。初期只有一台(组)主变压器时,除由所内引接一台工作变压器外,应再设置一台由所外可靠电源引接的工作变压器。

所用电低压系统应采用三相四线制,系统的中性点直接接地。系统额定电压380/220 V。所用母线采用按工作变压器划分的单母线。相邻两段工作母线间可配置分段或联络断路器,但宜同时供电分列运行。当任一台工作变压器退出时,专用备用变压器应能自动切换至失电的工作母线段继续供电。

一个典型的变电站主要所用电负荷特性如下表所示。

表 变电站主要所用电负荷特性

序号	名称	负荷类别	运行方式
1	充电装置	Ⅱ	不经常、连续
2	浮充电装置	Ⅱ	经常、连续
3	变压器强油风(水)冷却装置	I	经常、连续
4	变压器有载调压装置	Ⅱ	经常、断续
5	有载调压装置的带电滤油装置	Ⅱ	经常、连续
6	断路器、隔离开关操作电源	Ⅱ	经常、断续
7	断路器、隔离开关、端子箱加热	Ⅱ	经常、连续
8	通风机	Ⅲ	经常、连续
9	事故通风机	Ⅱ	不经常、连续
10	空调机、电热锅炉	Ⅲ	经常、连续
11	载波、微波通信电源	I	经常、连续
12	远动装置	I	经常、连续
13	微机监控系统	I	经常、连续
14	微机保护、检测装置电源	I	经常、连续
15	空压机	Ⅱ	经常、短时
16	深井水泵或给水泵	Ⅱ	经常、短时
17	生活水泵	Ⅱ	经常、短时
18	雨水泵	Ⅱ	不经常、短时
19	消防水泵、变压器水喷雾装置	I	不经常、短时
20	配电装置检修电源	Ⅲ	不经常、短时
21	电气检修间 (桥式起重机、电动门等)	Ⅲ	不经常、短时
22	所区生活用电	Ⅲ	经常、连续

所用电负荷宜由所用配电屏直配供电,对重要负荷应采用分别接在两段母线上的双回路供电方式。强油风(水)冷主变压器的冷却装置、有载调压装置及带电滤油装置,宜按下列方式共同设置可互为备用的双回路电源进线。并只在冷却装置控制箱内自动相互切换。330~500 kV变电站的控制楼、通信楼,可根据负荷需要,分别设置专用配电屏向楼内负荷供电。专用屏宜采用单母线接线。断路器、隔离开关的操作及加热负荷,可采用按配电装置区域划分的,分别接在两段所用电母线的下列双回路供电方式:各区域分别设置环形供电网络,并在环网中间设置刀开关以开

环运行；各区域分别设置专用配电箱，向各间隔负荷辐射供电，配电箱电源进线一路运行，一路备用。检修电源网络宜采用按配电装置区域划分的单回路分支供电方式。

2. ATS提高站用电供电可靠性

传统站用低压380 V电源系统由人为操作。1号电源（1#站用变）通过381主进开关手动合位向负载供电，而2号电源（2#站用变）在主进开关382分位时，只能作为负载的后备电源。当各种原因使1号电源消失或381主进开关跳开后，380 V母线失压后，所带负载全部失电，经声、光信号报至监控台运维人员。在核对381主进开关分闸位置后，合上382主进开关，恢复380 V电源。中间经历时间长的缺点，逐步被380母联开关设备自投装置所取代。

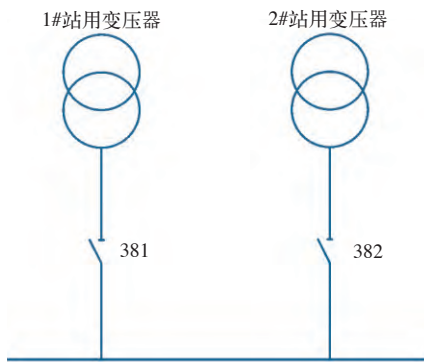


图2 手动操作接线方式

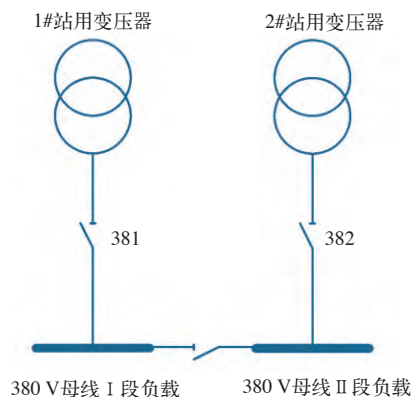


图3 380母联开关设备自投装置操作接线方式

正常运行中380母联开关分闸位置，而1号电源由381主进开关带I段母线负载，2号电源由382主进开关带II段负载，分列运行。当1号或者2号电源故障消失时，380 V母联设备自投装置根据故障电源所带380 V母线电压为0 V、主进开关为跳闸位置等判据负荷合闸条件后，合上380开关，串带另一段母线上的负载，形成一个电源带素有负载的

运行情况。

站用电专用备用电源自动投入装置应满足下列要求。

- 1) 保证工作电源的断路器断开后，工作母线无电压，且备用电源电压正常的情况下，才投入备用电源。
- 2) 自动投入装置应延时动作，并只动作一次。
- 3) 当工作母线故障时，自动投入装置不应启动。
- 4) 手动断开工作电源时，不起动自动投入装置。
- 5) 工作电源恢复供电后，切换回路应由人工复归。
- 6) 自动投入装置动作后，应发预告信号。

380母线开关自动投入装置优点如下。

1) 将全站交流负载全部停电的概率下降50%，因为1号电源和2号电源各带一半负载，任何一支电源故障仅仅影响本身所带负载的供电，而另一段380 V母线运行不受制约。

2) 380母联开关在判据达到要求时自动合闸，减少人工操作时间，从而大大缩减负载停电时间，并且开关位置之间的逻辑闭锁，使380开关在另一故障电源主进开关合位情况下无法实现合闸，避免了在380 V母线向故障电源高压侧返送电事故发生。

但备用电源自动投入装置也有其缺点如下。

1) 一旦380母联开关合闸成功，380 V母线成为并列运行。1号或2号电源串带所有负荷，当故障电源恢复正常时，380母联开关不会自动断开，380 V母线也不会自动转入分列运行，还需要通过人工操作转为最初的运行方式。1号和2号电源互为备用电源，而根据变电站实际运维经验，操作员往往会长时间忽略将380母联开关断开的操作，而使1号电源和2号电源作为备用电源而失去实际意义。

2) 使380母联开关自动合闸的判据较多，只因其中1项不满足，就足以导致380开关合不上，更谈不上恢复另一段母线电压。例如实际上2号电源高压侧失电，380 V II段母线失压，382主进开关未跳闸，在此情况下380母联开关实现闭锁无法合闸，380 V II段母线不能及时送电。

为了克服上述人为操作和母联备自投的不足，提高站用电系统供电可靠性，人们在变电站

低压交流电源中逐步引入了ATS自动切换装置。ATS双电源自动切换装置可设置自动和手动运行方式。运行位置状态有：1号、停止、2号。假设380 V电源中采用一台ATS装置，在自动状态下，1号电源优先采用，即主电源。当1号电源故障失去电源时，ATS自动切换至电源正常的2号电源上。整个切换过程在0~10 s内完成，大大提高了供电的可靠性，1号电源优先的属性决定了在其电源恢复正常时，ATS动作切回1号电源运行状态，保证了电源各项电参数的稳定性。人为手动设置情况下，ATS固定在1号电源或者2号电源上，方便其检修或停运要求。

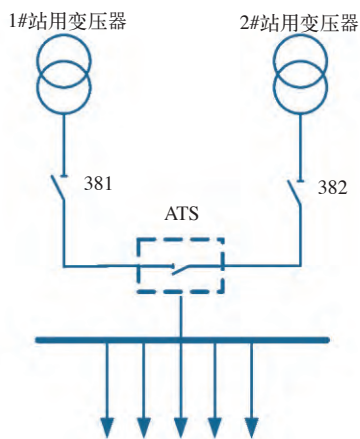


图4 单台ATS接线方式

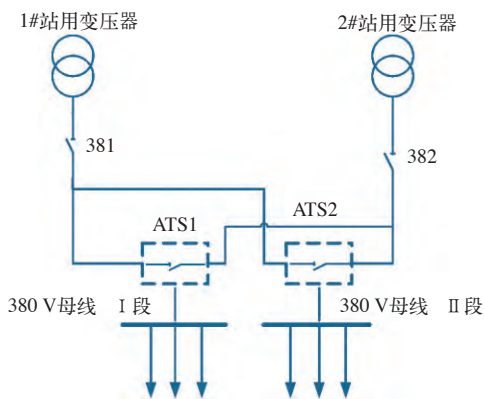


图5 两台ATS接线方式

单台ATS装置运行中，切换行程非“1”即“2”，所以1号电源和2号电源不存在并列运行、短路和返送电的运行可能。在单台ATS运行情况下又积极思考了更加灵活的运行方式：两台ATS自动切换装置运行，可使得380 V I 段和II段母线同时由1号电源或2号电源带全部负荷，此时ATS1与

ATS2起到的作用等同于双母联开关，运行方式更加灵活。

3. 站用电选用ATS的注意事项

ATS除了完成负载在两路电源间的选择和转换功能外，还需考虑供电电路中的各种复杂情况，如短路电流的冲击、过负荷和设备频繁操作等。对ATS的选择应从技术角度出发，充分考虑供电系统的配电方式、转换时间及负载使用性质等实际要求。

(1) ATS结构形式选择

PC型和CB型的ATS在不同的应用场合各有特点。PC型的ATS只完成转换，不具有保护功能；而CB型的ATS具有转换和短路保护两种功能，故一般选用原则如下。

1) 双电源放射式供电，消防负荷容量大且比较集中时，需要在低压配电室的母线上直接放射作双电源转换，或因电源进线后需要直接作双电源转换的场合，如消防水泵房等，该类转换方案宜选用PC级的ATS而不宜选用CB级，以避免因其本体故障而影响电源的转换，造成重大损失。若需加装保护电器时，可另外选择。

2) 市电与发电机组电源转换时，应采用三位式的ATS。因为当正常电源发生一相断相时，ATS应切断电源，将ATS置于零位，待发电机稳定送电一定时间后再置于发电机位置。转换一般都在低压配电室的母线上集中装设，便于使用和维护。由于发电机组输出柜已装保护电器，该类转换方案宜选用PC级ATS。

3) 当需要自动切断电源或带高感抗、大电动机负载转换时，也应该适用三位式PC型ATS（需外加过电流保护电器）或OYQ1系列专业CB型ATS。ATS一般不允许带大电动机或高感抗负载转换，因为当两路电源相位差较大时，在运行中切换此类负载，电动机会得到巨大机械动力，由此产生的反电势引起的过电流会造成短路器脱扣，而靠传统未加特殊处理的CB组合而成的所谓双电源，是不可靠的，要选用类似OYQ1系列专业CB型ATS。

(2) ATS转换时间选择

ATS转换时间对于电力系统的影响很大，每次转换都是一个断电—送电过程，会对系统产生冲击。对于有“中断”的转换设备，为防止电力设备断电即启动可能造成机械损伤或对设备产生冲击，可选用带延时型ATS。这种ATS适用于电动

机、变频器、整流器及特殊的医疗设备负载。对于无“中断”的转换设备，为减少在电源转换过程中的瞬间断电带来的不便和损失，可选用瞬间闭路式转换开关。

ATS的转换动作时间应满足负荷允许的最大时间要求；ATS的切换时间应与供配电系统机电保护时间相配合，并应避免连续切换；ATS为大容量电动机负荷供电时，应适当调整转换时间，在先断后合的转换过程中保证安全、可靠切换。

(3) ATS极数选择

通常，ATS有两极、三极和四极之分，根据配电系统的不同，可以选择不同的开关极数。一般，单相电路采用两极ATS；三相电路中，两套系统中性线有共同的接地点，选择三极的ATS。对于两个输入电源来自于不同的接地系统，则应采用四极ATS。带剩余电流保护的双

电源转换开关，也应采用四极型开关。采用四极ATS，可以实现三相电路带中性线的转换，目的是保证两个系统运行中做到完全隔离。

结束语

随着科学技术的不断发展，ATS必将向机电一体化、智能型方向发展，自动化程度更高、转换更快且安全性更强。ATS在站用电系统中的应用尚属初级阶段，对电源转换过程中的暂态特性还不明确，关于电源转换时对设备的影响研究较少，尚有一些技术问题需进一步探讨和解决，产品质量也需要进一步完善与提高，由于具有明显的优势，相信它会逐步取代传统的转换开关，从而被广大工程设计人员认可，并得到越来越广泛的应用。EA

(收稿日期：2016.07.22)

(编辑：刘群立)

(上接第87页)

次测温，温度正常。

(3) 防范措施

对有生产缺陷、半径微小和早期胶木材质等类型滚轮更换为合格的新的不锈钢滚轮。

常见故障及处理方法

GW16型隔离刀闸在运行过程中发生的故障和其他类型的刀开关基本类似，一般有拉合困难、分合开关不到位、刀闸刀口部位过热、锈蚀和绝缘子断裂等。

该型号刀闸拉合困难的原因一般为隔离开关长时间处在分闸位置或合闸位置，上导电管内由于进去雨水导致锈蚀或在冬季雨水结冰导致夹紧弹簧及复位弹簧等工件不能正常工作引起，常见故障现象如下。

1) 上导电管内锈蚀。处理方法为拆除上导电臂后，对锈蚀部件例如复位弹簧等进行更换等处理，并加涂二硫化钼保证润滑且防止再度腐蚀，最后做好防水措施，例如改造防雨罩、打排水孔等。

2) 上导电管装配内部积水结冰引起拉合困难。处理方法为用开水除去结冰，将上导电管装配解体，去除结冰后将各工件装复。

对于隔刀过热，其原因一般为动触片与静触

杆接触不良或动静触头之间接触压力不够、无夹紧力。常见故障现象如下。

1) 动触片与静触杆接触不良。处理方法为松开上导电管与动触头装配之间的紧固螺栓及定位螺栓，视具体情况稍微转动一下动触头装配座，然后拧紧各螺栓；若有动触片变形则更换动触片。

2) 动静触头之间的接触压力不够或无夹紧力。处理方法为若中间滚子直径较小，则更换为直径较大的新滚子；而对于静触头导电杆直径较小的处理方法是直接更换静触头导电杆。

而绝缘子断裂等缺陷，一般是缘于绝缘子老化所致，可更换绝缘子。EA

(收稿日期：2016.04.23)

(编辑：刘群立)

更正

本刊2016年第8期第8页目次中，产品与技术栏目“48 风力发电并网对电力系统电压稳定性的影响分析”作者“武俊”更正为“张鹏”。

《电气时代》编辑部