



VERTIV™
维谛技术

白皮书

石化行业关键设备和控制系统供电安全

工业UPS供电方案和设计思路

目录

前言	3
1 概述	4
1.1 石化行业特点: 高可靠性要求	4
1.2 石化行业规范: 关键负载供电分级	5
1.3 石化行业场景: 关键设备和控制系统分散布置	6
1.4 关键设备和控制系统负载分类: 负荷输入特征	7
2 典型UPS应用方案	8
2.1 双路输入控制系统负荷: UPS双重电源方案	8
2.2 单路输入控制系统和关键设备: UPS并机电源方案	9
2.3 单路输入控制系统和关键设备: UPS单机电源方案	10
3 场景应用案例解析	10
3.1 UPS双重电源方案: 某管道压气站场景应用案例解析	11
3.2 UPS并机电源方案: 某钢船不接地系统场景应用案例解析	11
3.3 UPS单机电源方案: 某油气开采场景应用案例解析	12
3.4 UPS单机电源方案: 某终端节点场景应用案例解析	13
4 方案设计热点问题	14
4.1 选择单相输出还是三相输出的UPS	14
4.2 电网资源输入路数与UPS冗余方案	16
4.3 UPS系统采用何种接地方式	17
4.4 隔离变压器配置	20
4.5 输入开关选断路器还是负荷开关	22
4.6 STS静态开关的掉电风险	23
5 总结	25

前言

作为国民经济的支柱产业,石化行业在经济的发展中起着举足轻重的作用。石化行业安全生产涉及人员、设备、物料、生产过程、生态环境等各个方面。维谛技术(VERTIV)工业UPS系统在保护工业设备和控制系统供电安全上一直处于领先地位,产品广泛应用于石油和天然气、化工、核能、发电和电力传输、采矿、冶金、船舶、隧道等各类工业现场,为安全生产提供可靠的电源保障。

本文主要提供关键设备和控制系统等需要“毫秒级”供电安全的工业UPS方案和设计思路。从关键设备和控制系统负载出发,首先是根据负载输入电源特征,确定供电方案,比如双重电源方案、并机电源方案、单机电源方案,或者是其他混合方案。具体方案设计同时受限于场景细节,例如单相负荷还是三相负荷,单电源负荷还是双电源负荷,电网资源是3路、2路,还是只能提供1路输入,主路、旁路隔离变压器,系统接地要求,断路器、负荷开关、STS等等。供电安全的设计原则是满足运营和业务的需求,以满足需求为限,不超额的设计,不带来安全隐患。

关键词: 工业UPS, 负荷分级, 供电安全, 并机电源, 单相负荷, 三相负荷, 隔离变压器, 统接地要求, 断路器, 负荷开关, STS, 维谛技术(VERTIV)

1 概述

作为国民经济的支柱产业，石化行业在经济的发展中起着举足轻重的作用。石化行业安全生产涉及人员、设备、物料、生产过程、生态环境等各个方面，本文主要提供关键设备和控制系统等需要“毫秒级”工业UPS供电安全的方案和思路，与大家共同分享。

1.1 石化行业特点：高可靠性要求

石化行业是把安全始终放在第一位的一个行业。究其原因，石化行业是一个高风险的行业，原材料、辅助材料半成品和成品，如原油、天然气、汽油、液态烃、乙烯、丙烯等等，绝大多数属易燃、可燃物质，一旦泄漏，易形成爆炸性混合物发生火灾、爆炸事故；石化行业的生产工艺技术复杂，运行条件苛刻，如原油高温裂解的温度高达1000℃，而一些深冷分离过程的温度低至-100℃以下；一些化工品的聚合压力达几百MPa，另一些化工品的生产压力仅1~2mmHg，接近真空；这些极限苛刻条件，对石化生产设备的制造、维护以及人员素质都提出了严格要求，任何一个小的失误就有可能导致灾难性后果。石化行业生产装置规模大，工艺连续性强，装置之间相互关联，物料互供关系密切，一个装置的产品往往是另一装置的原材料，某一环节发生故障或操作失误，就会影响全局，造成连续作业中断的风险，其恢复过程也需要上下联动；石化行业技术密集，资金密集，发生事故经济损失大，甚至造成人员和环境的巨大损失。因此，高可靠是石化行业基本要求。电源可靠性对石化企业的安全生产至关重要。治理“电源隐患”，解决电源可靠性问题一直是石化企业安全生产的重要问题。



图1 某炼化企业远景图

1.2 石化行业规范：关键负载供电分级

GB50052《供配电系统设计规范》，负荷分级是根据对供电可靠性的要求及中断供电在对安全、经济损失上所造成的影响程度进行分级，分为一级负荷、一级负荷中特别重要的负荷、二级负荷，不属于一级和二级负荷者应为三级负荷。由于各个行业的负荷特性不一样，经济价值不同，影响程度不同，国标规范只对负荷的分级作原则性规定，标准SH/T3038《石油化工装置电力设计规范》规定了石化行业用电设备的负荷分级和供电要求。

用电负荷分级的意义，在于正确地反映它对供电可靠性要求的界限，以便恰当地选择符合实际水平的供电方式，保护安全和经济价值。大型石化企业用电都属于一级负荷，应由双重电源供电，当其中一电源发生故障时，另一电源不应同时受到损坏。双重电源概念从安全供电的角度界定了两个电源的独立性和可靠性。石化企业电力系统是否符合双重电源要求，可以从接入系统的电压等级，变电所，不同母线，独立发电机系统等来界定。双重电源意味着二者不会同时损坏，才可能维持其中一个电源继续供电。双重电源可一用一备，亦可同时工作，各供一部分负荷。二级负荷包括的范围也比一级负荷广，其停电影响比较大，应由两回线路供电。两回线路与双重电源不同，二者都要求线路有两个独立部分，而后者还强调电源的相对独立。

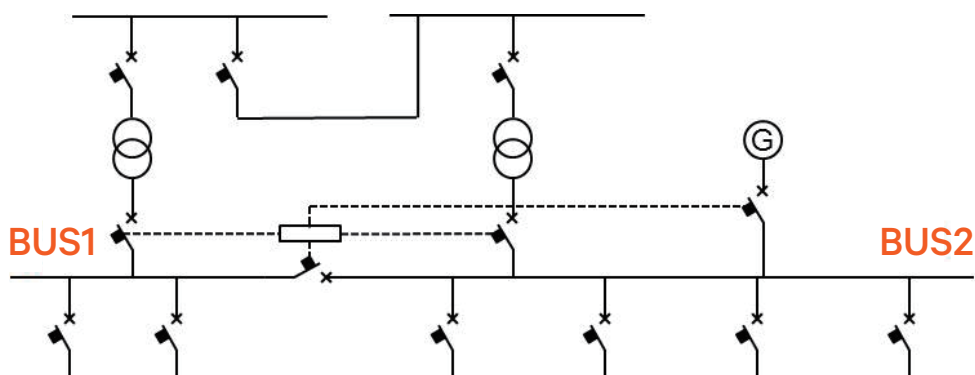


图2 双重电源示意图

一级负荷中特别重要的负荷的供电除由双重电源供电外，还要增加满足设备允许中断供电切换时间应急电源，应急电源的后备供电时间，应按生产技术上要求的允许停车过程时间确定。关键设备和控制系统就是典型的石化行业一级负荷中特别重要的负荷。实际运行经验表明，电气故障是无法限制的，必须按照标准要求设置应急电源。具体类型的选择，需要根据一级负荷中特别重要负荷的容量、允许中断供电的时间，以及要求的电源为交流或直流等条件来进行。其中，允许中断供电时间为毫秒级供电的特别重要负荷，应急电源应选用直流蓄电池装置、UPS不间断电源装置。

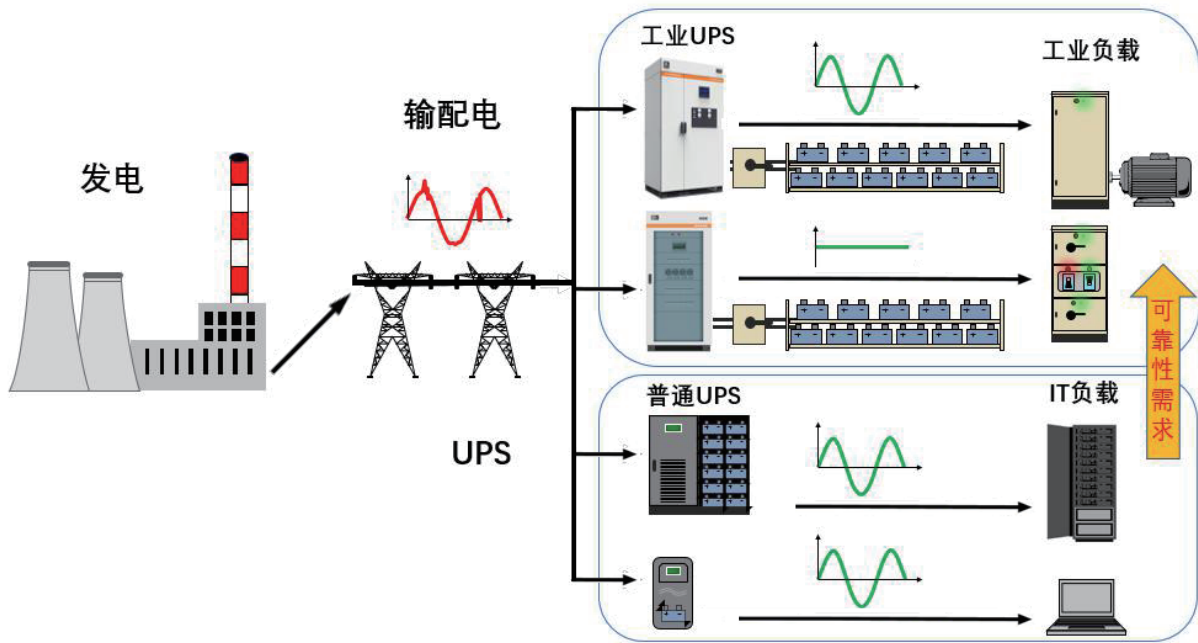


图3 石化企业UPS电源应用示意图

1.3 石化行业场景: 关键设备和控制系统分散布置

石化行业涉及开采、储运、炼化、销售, 应用场景交叉遍布各个区域, 关键设备和控制系统作为石化行业一级负荷中特别重要的负荷, 这些关键用电设备允许毫秒级切换时间, 需要直流电源装置、UPS不间断电源装置满足供电安全要求。区别于数据中心IT类负载, 石化行业的关键负载是按照工艺要求分散布置。石化行业关键负荷包括SCADA、DCS、SIS、ESD等生产控制系统的控制站, 网络交换机、操作站等现场仪表, 电机、油泵、阀门、执行机构、开关线圈等关键设备, 以及PLC、工控系统、继电保护等自动装置, 火灾报警、应急照明、现场通讯等现场设备。但这些设备并不是集中布置在一起, 而是根据生产工艺分散布置在厂区内不同的工艺作业区域。很显然, 保障这些关键负载供电安全的方案需要分散布置的UPS系统, 这也决定了石化行业关键设备和控制系统供电安全与负载应用场景密切相关。生产车间不具备为现场设备和UPS设备同时创造一个类似于数据中心的恒温恒湿条件, 因此UPS系统必须要适应现场的自然环境、生产工况、电网条件等等, 这也是为什么石化行业要普遍使用工业UPS的根本原因。工业UPS能够根据设备应用场景海拔、温湿度、粉尘、震动、腐蚀气体、盐雾、霉菌、动物、滴水、防爆、阻燃、电网系统的特征, 进行防腐涂层、结构、物料、电气等定制化设计, 从而适应各类不同场景要求。

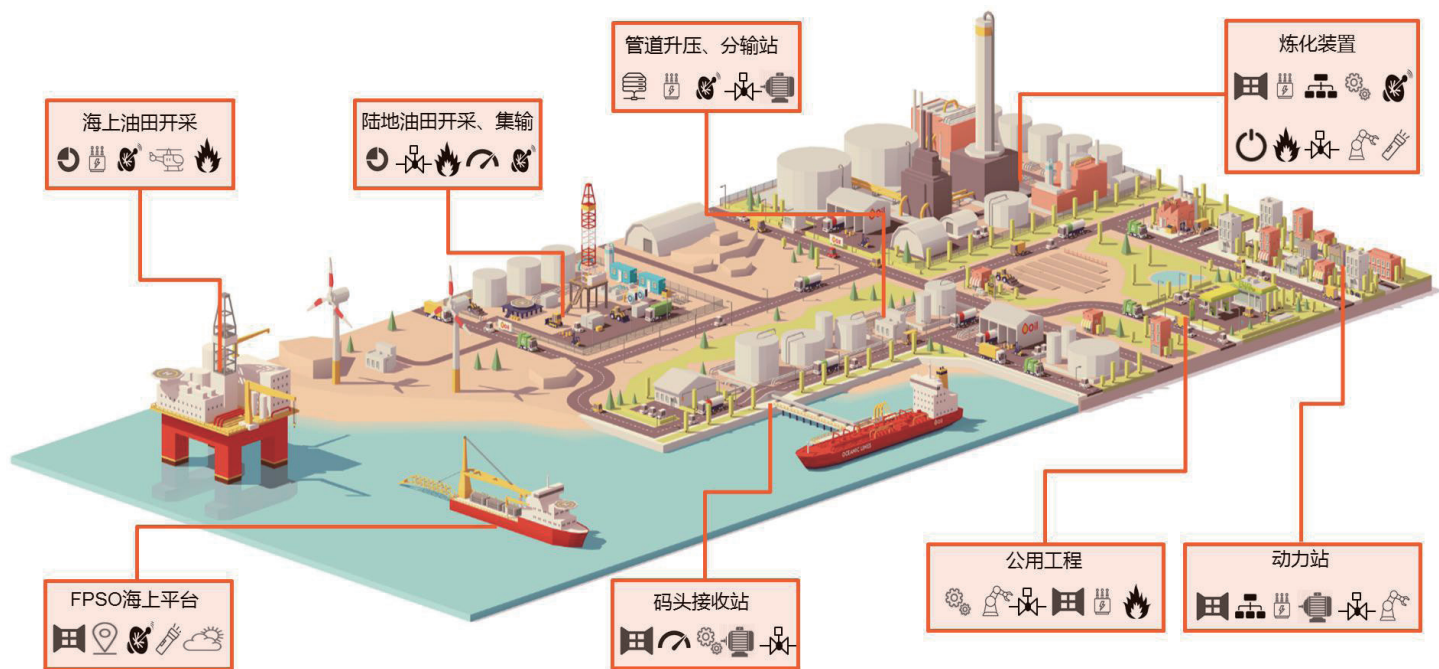


图4 石化行业场景示意图

1.4 关键设备和控制系统负载分类: 负荷输入特征

通过负荷特性确定负载分类的目的是为了确定其供电方案。从负载输入特征的角度将关键负载分类, SCADA、DCS、SIS等生产控制系统的控制站、网络交换机具有两路电源接口, 性质上属于双路输入整流型控制系统负载; 操作站、现场仪表PLC、工控系统、继电器保护、火灾报警、应急照明、现场通讯等控制系统属于单路输入整流型控制系统负载, 电机、油泵、阀门、执行机构、开关线圈等感性负载设备属于单电源输入阻抗型关键设备负载; 负载分类有利于电源系统方案规划, 提供最匹配的供电方案。



图5 负荷输入特征分类图

2 典型UPS应用方案

从负荷输入特征的角度将关键负载分类, 所需的供电方案清晰明确。根据负荷特征, 双电源负载用双重供电方案, 单电源负载用并机或者单机供电方案, 使两种类型负载供电安全得到最佳保障。

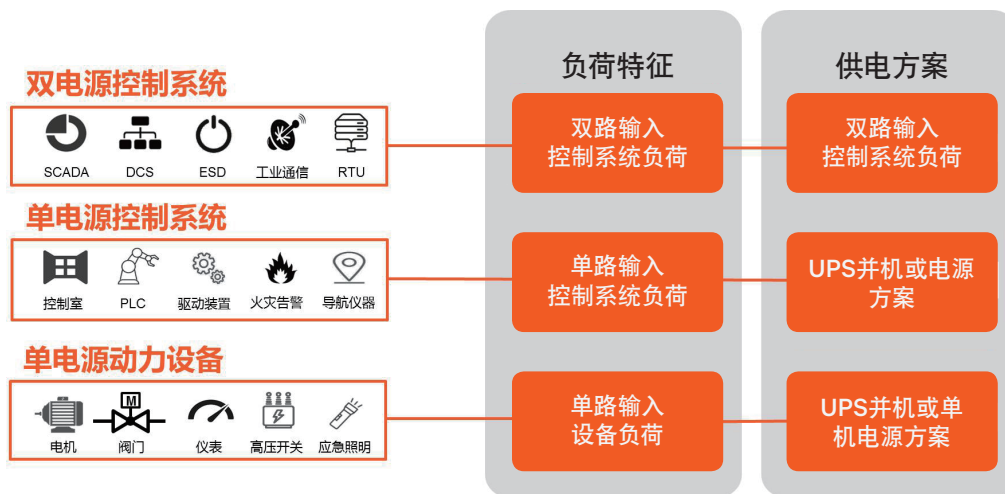


图6 负荷输入特征与UPS供电方案关系图

2.1 双路输入控制系统负荷: UPS双重电源方案

双路输入控制系统负荷, 应当采用UPS双重电源方案。对于控制系统而言, 其检修周期是不确定的, 特别是整个系统的核心枢纽, 即使装置大修, 控制系统也是需要继续供电使用的。因此必须使用双UPS系统为控制系统提供双重供电。比如现场仪表控制站、区域网络交换机、控制服务器是控制系统的核心, 一旦失电, 控制系统将失效。这些负载本身提供2个独立的电源接口, 一路电源进线引自#1 UPS, 另一路电源进线引自#2 UPS。如下图所示, 石化行业典型的UPS双重电源方案, 输入为三路独立电源, 输出为2路独立母线, 专门针对双路输入控制系统负荷供电, 毫秒级的切换实际上是靠蓄电池作为应急电源实现的。这里我们关注到电源侧电网提供的三路电源实际上是独立的(UPS的主电源和旁路电源宜由不同母线供电, 以保证可靠供电), 不同的变压器, 不同接地网, 不用考虑电源侧会同时故障, 从而保证电源侧供电网的可靠。

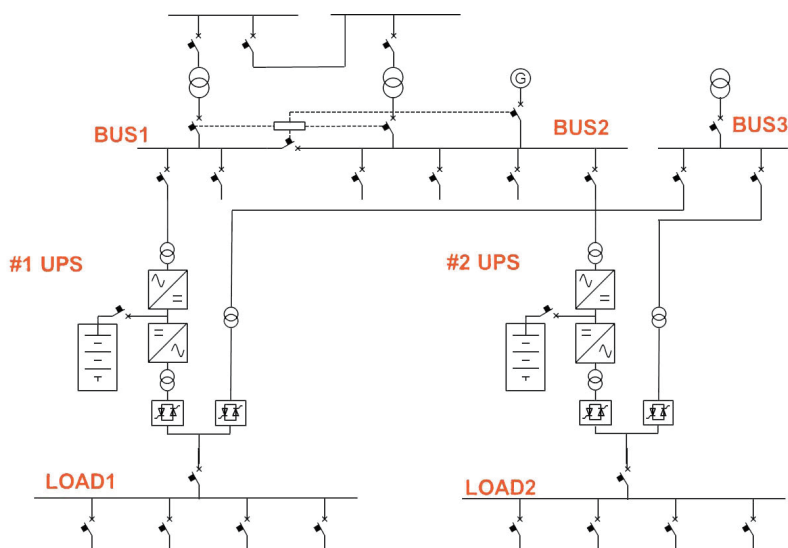


图7 典型UPS双重电源方案示意图

2.2 单路输入控制系统和关键设备：UPS并机电源方案

单路输入控制系统和关键设备，应当优选UPS并机电源方案。石化行业中油气勘探、油气田开采、油气集输、储运、油品销售等环节，其主要负载是单电源控制系统和关键设备，考虑控制系统需要始终供电，兼顾保证UPS系统的冗余和负载单路电源输入特点，应该优先采用UPS冗余并机电源方案。石化行业典型的UPS并机电源方案，输入为三路独立电源，输出为1路独立母线。当我们看到输入侧3路独立电源时，一定要意识到这是为一类负荷中特别重要负荷提供的电源，要求采用UPS冗余的系统供电方案。注意，这里旁路公用隔离变压器中性点是输出总接地点，图上看到2个UPS输出侧变压器、1个旁路变压器，这3个变压器，把输入侧电网和负载的接地系统完全隔离，输出侧的接地方式不受上游电网检修、停电影响，是完全独立的。

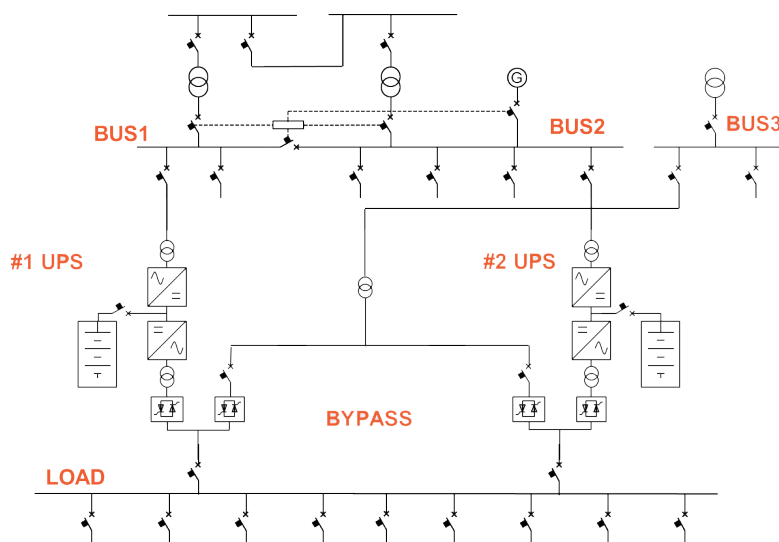


图8 典型UPS并机电源方案示意图

2.3 单路输入控制系统和关键设备: UPS单机电源方案

在区域供电负荷重要性降低, UPS全部负载可以有计划完全停电检修, 业主和设计方认可并确认时, 对于单路输入控制系统和关键设备负荷, 可采用单UPS电源方案。石化行业典型的UPS单机电源方案, 输入为两路独立电源, 输出为1路独立母线。UPS输入侧隔离变压器、旁路隔离变压器, 把输入侧电网和负载的接地系统完全隔离, 输出侧的接地方式不受上游电网检修、停电影响, 整个系统的应急电源依靠蓄电池组。

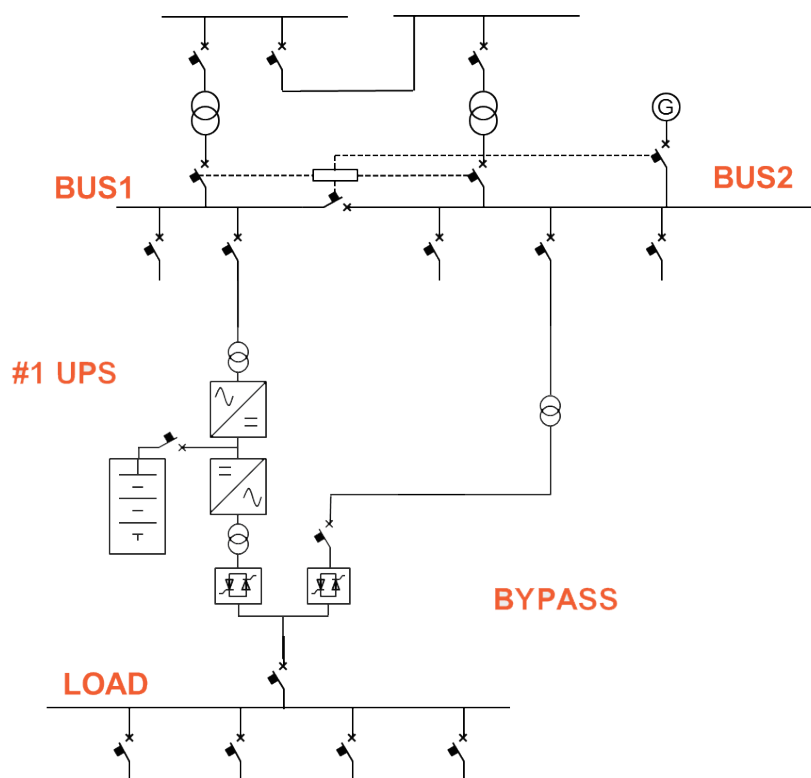


图9 典型UPS单机电源方案示意图

3 场景应用案例解析

尽管负载特征对应的典型应用方案非常明确, 但实践中不会只有单纯的一种负载, 不仅负载类型混杂, 而且分散布置, 给现场应用带来很多挑战, 从而导致供电安全不能得到最佳保障。下面分析几个实际的UPS供电应用方案, 供参考。

3.1 UPS双重电源方案: 某管道压气站场景应用案例解析

某管道压气站UPS双重电源方案解析。实践场景中, 负载包含三相负载、单相负载, 因此UPS选择三相输出UPS; 负载既有双电源负荷, 也有单电源负荷, 其中双电源负荷数量占多, 整体方案选择双重电源输出方案。整个UPS系统输入为三路独立电源, 输出为2路输出380V母线, 这两路输出为多数双电源负荷供电, 再通过将STS输出单路380V母线, 为少量单电源负荷供电。值得注意的场景细节还有, 电网侧三路输入电源独立且无N线输入, UPS配置输入隔离变压器, 且仅在旁路变压器副边输出侧设置系统接地点, 该接地点状态与输出电网无关, 整个系统输出N线由D/Y旁路变副边接地点决定。而两个独立的UPS采用共用旁路变压器设计, 使两台UPS的输出均跟踪同一旁路电源, 有利于使两台UPS输出的LOAD1母线和LOAD2母线的相位偏移在可控的跟踪范围内, 从而保证了STS切换的供电连续性。

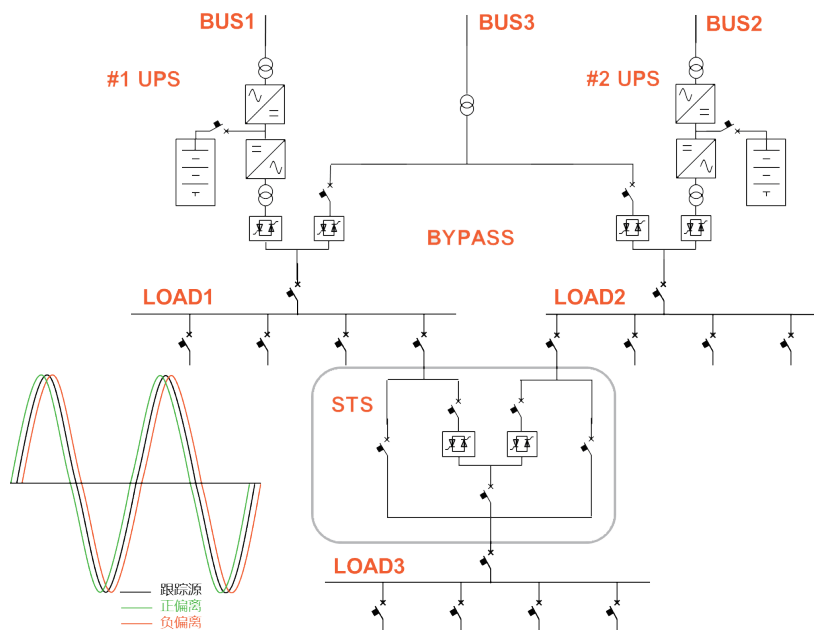


图10 某管道压气站UPS双重电源方案示意图

3.2 UPS并机电源方案: 某钢船不接地系统场景应用案例解析

某钢船不接地系统UPS并机电源案例解析。实践场景中, 负载全部为单相220V, 因此UPS优先选择单相输出UPS (除非受到电网、电缆载流量等限制); 负载既有双电源负荷, 也有单电源负荷, 其中单电源负荷数量占多, 整体方案宜选择并机输出方案。整个系统输入为三路独立电源, 输出为1路输出220V母线, 为多数单电源负荷供电, 并机输出和另一路独立电源为少量双电源负荷供电。在此场景中, 输入侧三路独立无N线380V输入, UPS并机系统必须共用旁路变压器设计, 整个系统输出N线不接地, 输出配电开关应全部设置为2P开关, 同时必须在输出母线加装接地报警装置, 以便在发生异常接地的第一时间进行排查处理。特别要注意的是, 双电源负载两路电源不能都从UPS并机母线LOAD1上取, 这样不符合双重供电的要求, 在母线故障时起不到保护作用。其第二路电源应取自LOAD2母线, 以达到当一电源发生故障时, 另一电源不应同时受到损坏的效果。

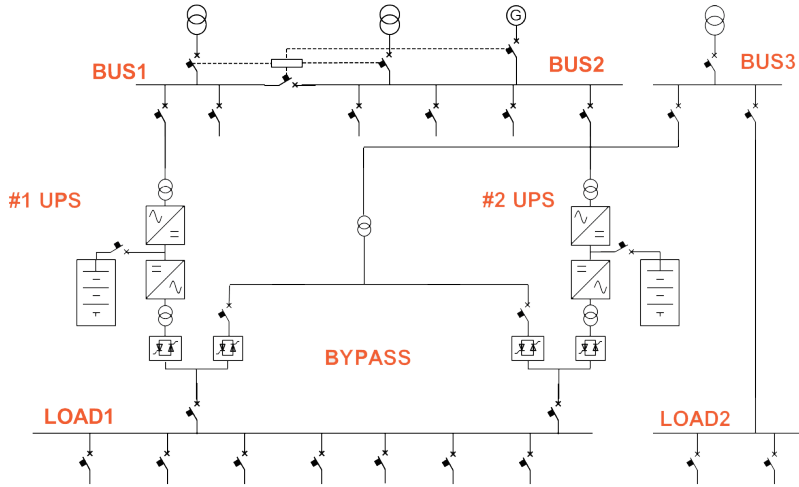


图11 某钢船不接地系统UPS并机电源方案示意图

3.3 UPS单机电源方案: 某油气开采场景应用案例解析

某油气开采UPS单机电源方案解析。实践场景中, 有很多场所因为环境原因, 只能采用单机供电。其负载包含三相负载、单相负载, 负载既有双电源负荷, 也有单电源负荷。因此UPS选择三相输出UPS, 同时大方案选择双重电源输出方案。整个系统输入为两路独立电源, UPS输出1路输出380/220V母线LOAD1为单电源负荷供电, UPS输出母线LOAD1和另一路电网直通独立电源母线LOAD2组成双重电源为双电源负荷供电。方案场景应注意的细节还有系统接地点, UPS输入端2路为独立无N线380V输入, 输出侧接地点状态与输入无关, 整个系统输出N线由D/Y旁路变副边接地点决定。UPS输出需要注意单相负载的三相平衡问题, 主要是UPS任何输出的单相电流都不过载, 比如30KVA, 每相输出不能超过10KVA容量, 否则会导致整机输出过载。

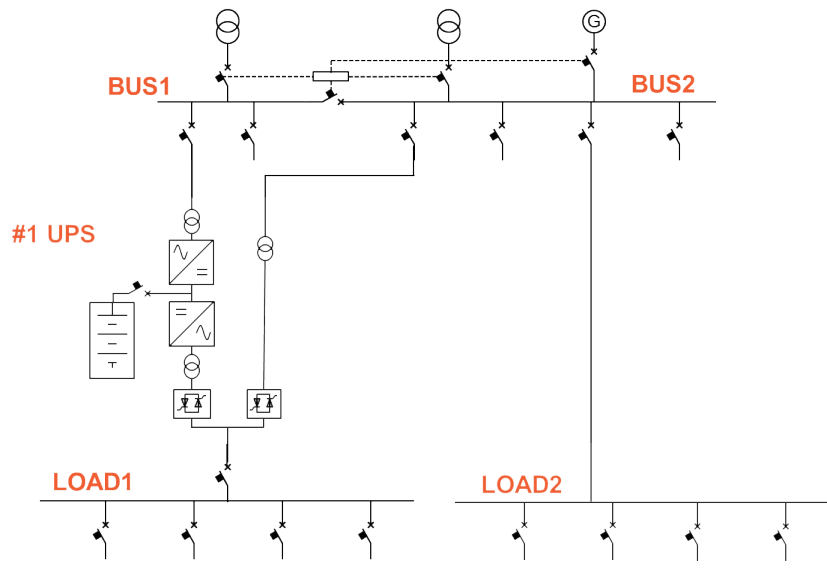


图12 某油气开采场景UPS单机电源方案示意图

由于某些控制系统和关键设备负载的双路供电要求两路电源互相隔离，这需要通过在上游母线出口加装总的隔离变压器实现，也可以在负载前端对其中一路采用交流隔离器的方式实现。

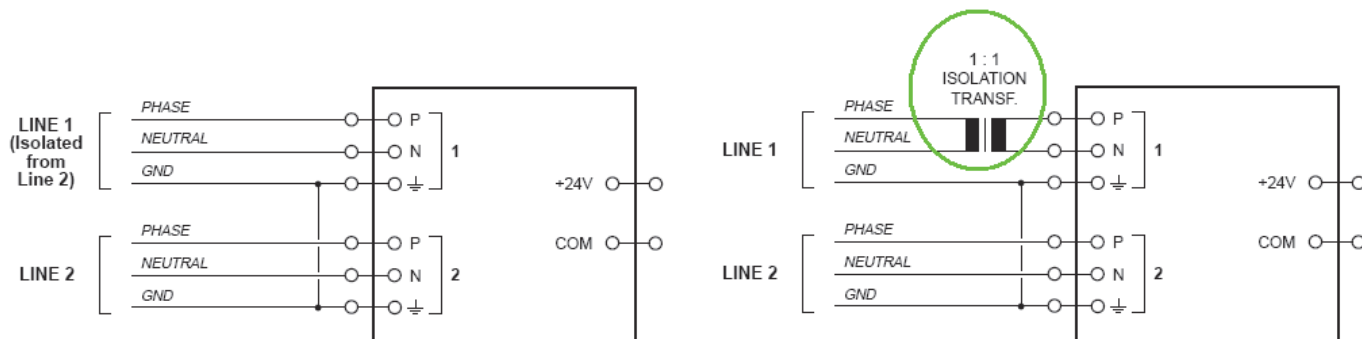


图13 某双电源负载供电要求示意图

3.4 UPS单机电源方案: 某终端节点场景应用案例解析

某终端节点UPS单机电源方案应用案例解析。终端节点负载全部为单相单电源220V负荷，电网侧仅能提供单路电源，因此UPS选择单机单相输出方案。整个系统输入为单路电源，输出为1路输出220V母线，为所有单电源负荷供电。这个方案还有场景细节需要注意，整个系统输入侧仅有单路电源，UPS主路为三相380V无N线输入，旁路输入L/N线且无隔离变压器设计，这时整个系统输出N线由旁路输入N线决定，输出母线不能重新接地。同时，若上游母线仅能提供一路输入开关，电流值应按照B开关选择，且此方案中旁路输入配电开关禁止断开N线，避免整个系统输出侧N线缺失。另外，由于输出N线与旁路输出N线直通，需要考虑N线承担的最大工作电流，以躲过上游零序保护定值，防止旁路正常工作时，零序保护误动作。

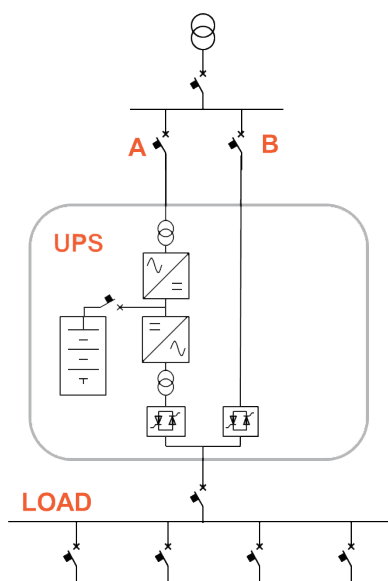


图14 某终端节点场景UPS单机电源方案示意图

4 方案设计热点问题

整理一下石化行业关键设备和控制系统供电安全设计思路, 首先是根据负载输入电源特征, 确定供电方案。具体方案设计同时受限于场景细节, 单相负荷还是三相负荷, 电网资源是几路输入, 隔离变压器, 系统接地点、接地方式, 断路器还是负荷开关、STS等等都是方案设计的热点问题。

4.1 选择单相输出还是三相输出的UPS

UPS分为直流UPS和交流UPS, 选择单相输出还是三相输出UPS的问题仅适用于交流UPS。根据维谛技术(VERTIV)的经验, 石化行业选型UPS不间断电源时, 单相输出设备占比在60%以上, 单相输出设备的两个优点是:

- 不存在三相输出时的单相过负荷问题, 易于管理
- 短路电流的容量很高, 能够清除下游故障

UPS系统应采用单相还是三相输出, 取决于带负载的容量和输入电源要求 (就是负载需要单相供电还是三相供电)。只要负载中有一个三相负载, 就必须采用三相输出的UPS系统; 如果所有的负载都是单相负载, 选用单相输出还是三相输出UPS系统, 则取决于所有的负载的容量总和以及上游变压器的容量。一般来说: 100KVA或者更大容量的系统, 采用三相输出, 除此之外, 普遍采用单相输出。

采用三相输出的原因是上游变压器容量和允许的不平衡电流大小决定的。举例说明,

- 单相输出30kVA的UPS设备, 输出 $I_{max} = S / U = 30000 / 230 = 130 \text{ A}$, 其电流流过L, N两线, N线上最大电流130A需要躲过上游变压器零序保护整定值。

- 三相输出30kVA的UPS设备, 输出 $I_{max} = S / 3 / U = 30000 / 3 / 230 = 43.4 \text{ A}$, 其电流流过L1, L2, L3三线, 三相平衡时N线上电流为0, 即使100%不平衡时, N线上需要躲过上游变压器零序保护整定值的最大电流是43.4 A, 这个数值明显小于同容量单相输出UPS设备。

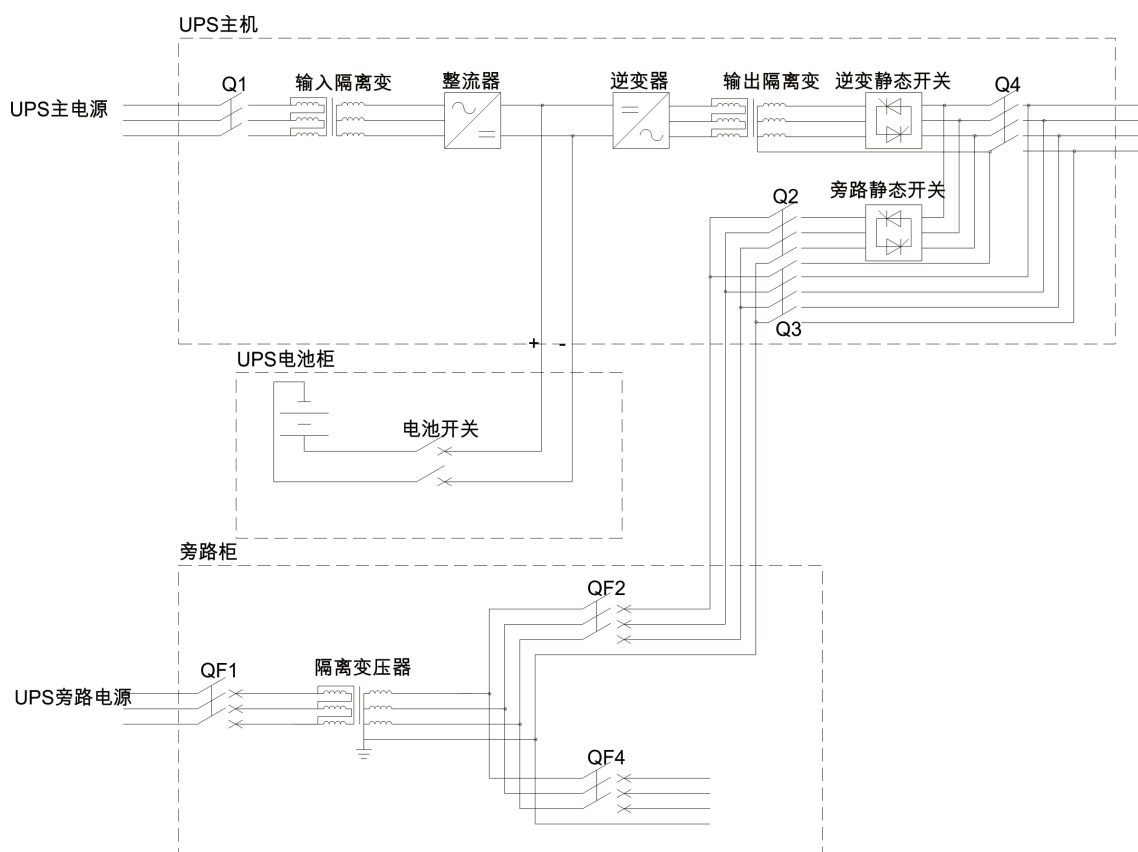


图15 典型三相输出UPS电源单机系统示意图

4.2 电网资源输入路数与UPS冗余方案

供电区域总电网资源是由整体负荷的分级决定，电网资源输入路数，基本反映了的负荷重要性。实践应用中，不同的行业针对多路供电的习惯不同，有的行业习惯各带一部分负载，在多路电之间做联动；也有不少行业采用主备工作方式，直接切换成一路电给终端负载使用，另一路电源仅作备用。本处讨论仅从交流UPS供电方案上关注3路、2路、还是1路输入。

UPS前端提供3路电源，UPS系统应设计为双机系统，即针对双路输入负载应设计为双重电源方案，针对单路输入负载应设计为并机系统，这样才能充分利用资源为负载提供最高级别冗余保护。

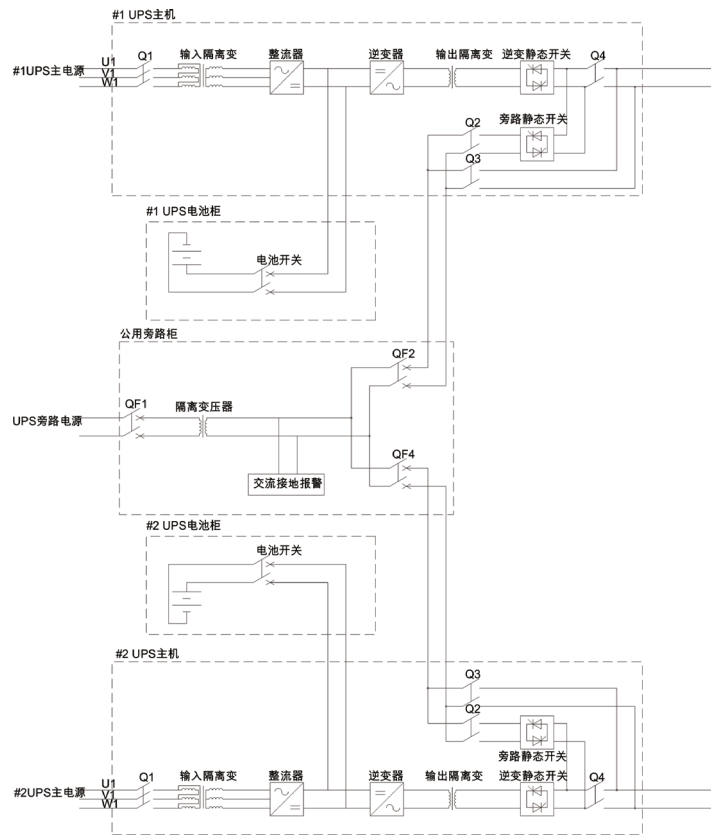


图16 典型3路输入双路单相输出不接地系统示意图

UPS前端提供2路电源时，UPS系统应优先设计为双机系统，即针对双路输入负载应设计为UPS双重电源方案，针对单路输入负载应设计为UPS并机系统；只有受外部条件限制，或者全部负载可以完全停电检修，才推荐采用UPS单机方案。

UPS前端只有1路电源时，说明此处负荷级别相对较低，UPS系统应设计为单机方案。

4.3 UPS系统采用何种接地方式

供当发生某种异常情况时，如果没有接地线，就会因为漏电流及过电压损坏设备或危害人身安全。为防止此类问题发生，保证安全，就需要系统采用某种接地方式。

国际电工委员会 (IEC) 对系统接地作了统一规定，称为TT 系统、TN 系统、IT 系统。其中TN 系统又分为 TN-C 、TN-S 、TN-C-S 系统。

第一个字母表示电源端与地的关系：

T (法文Terre) — 电源端有一点直接接地；

I (法文Isoland) — 电源端所有带电部分不接地或有一点通过阻抗接地。

第二个字母表示电气装置的外露可导电部分与地的关系：

T (法文Terre) — 电气装置的外露可导电部分直接接地，此接地点在电气上独立于电源端的接地点；

N (法文 Neutre) — 电气装置的外露可导电部分与电源端接地点有直接电气连接。

短横线后的字母用来表示中性导体与保护导体的组合情况:

S (法文Separateur) —中性导体和保护导体是分开的;

C (法文Combinaison) —中性导体和保护导体是合一的

TN -S系统就是我们常说的三相五线 (单相三线) 制, 最大的特点是N/PE线分开。

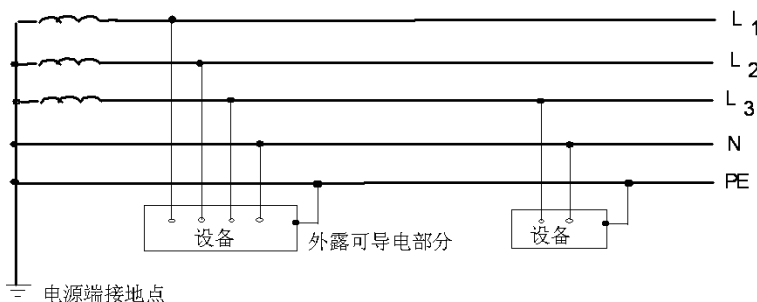


图17 TN -S系统示意图

TN -C系统就是我们常说的三相四线制, 最大的特点是PEN是一根线。

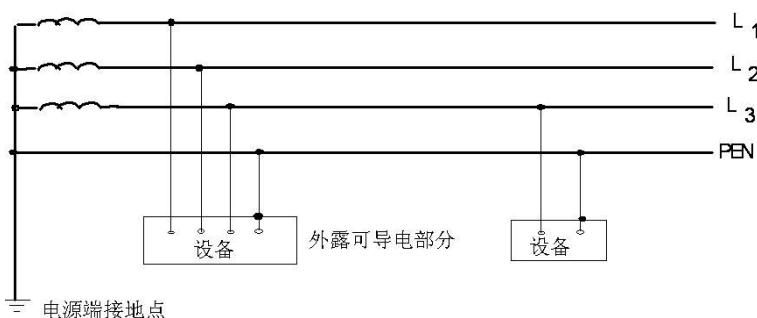


图18 TN -C系统示意图

TN -C-S系统是TN-C与TN-S的混合系统, 主要特点是一个系统TN-C系统后面可以带多个TN-S系统, 广泛用于终端配电中。

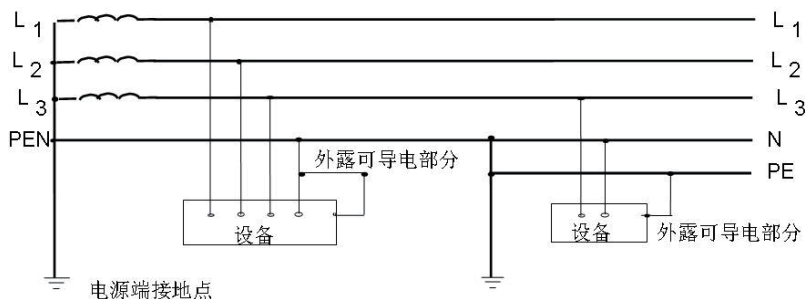


图19 TN -C-S系统示意图

IT系统是指系统不接地或经电阻接地的运行方式。

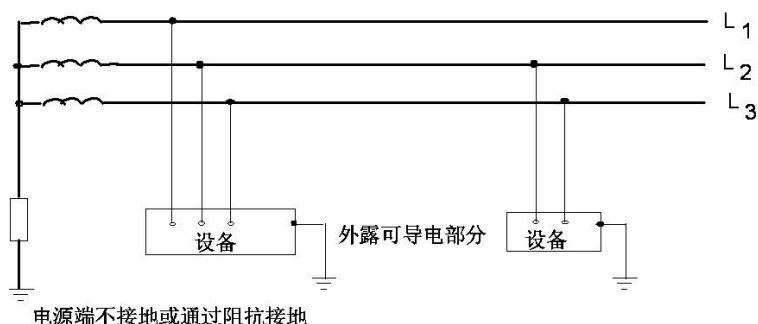


图20 IT系统示意图

UPS系统采用何种接地运行方式输出，取决于负载配电对系统的要求，目前石化行业大部分用户的UPS输出主要采用TN-S方式接地。少量客户采用IT系统不接地或经电阻接地的运行方式。

由于IT系统允许单相接地故障时继续运行，因此适合无人或少人环境，而设备运行特别重要的场景。当IT系统发生单相接地的情况下，“交流接地报警”装置将发出报警信号，需要通过人工来复位接地故障；由于此时相间电压的绝对值不变，设备仍能正常工作，而不受故障相接地故障的影响。需要注意的是，如果未装设绝缘监视装置，IT系统在单相接地的情况下没有任何处理措施，将存在巨大的危险。一是三相系统的非故障相的对地电压等于线电压而造成单相长期过电压，二是故障相的存在可能导致系统发展为两点接地对系统安全造成威胁。

从实践运行来看，对于UPS系统输出选择IT不接地系统，必须装设绝缘监视装置。除非确有必要，不建议三相输出系统采用IT不接地系统；对于单相输出系统而言，UPS额定功率的选择，以不同功能场所的IT系统的负荷大小为原则，并尽量缩短隔离变压器与系统负载之间的距离，IT系统负载供电线路的敷设应尽量避免使用金属穿线管，以降低IT系统的固有容性泄漏电流。



图21 交流接地报警继电器

4.4 隔离变压器配置

对于上游电源来说, UPS是一个用电设备, 而对于UPS负载来说, UPS系统是一个电源。在石化行业炼化企业中, UPS系统的输入电源大部分是来自于不同变压器的两个独立的电源(不共N的电源系统), 而UPS的输出是一个独立的TN-S接地系统。此时, UPS系统输出隔离变压器和旁路变压器的作用, 就是典型的电气隔离, 将不同接地系统电源与负荷侧隔离, 并为负荷侧创建新的独立系统, 这也是工业场景重要特征之一。

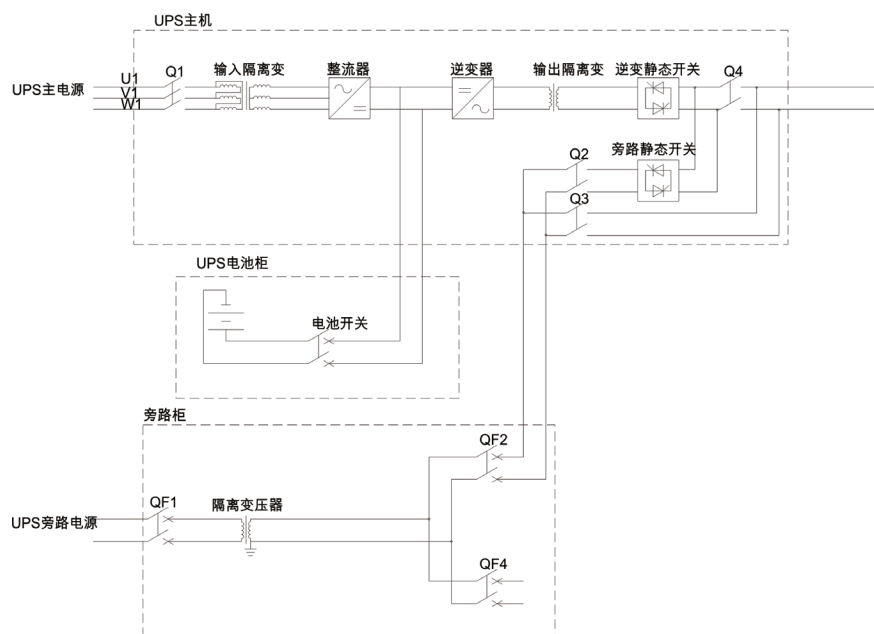


图22 不同输入电源经UPS变压器隔离示意图

就工业UPS主机本身而言, 主路电源输入侧支持不同的接地系统, 无论是上游是何种供电系统, UPS主输入只要三相动力电即可; 而UPS电源系统的输出配电的接地方式, 完全由旁路电源决定。也就是说, 当旁路是TN-S接地系统时, 整个UPS输出就是TN-S接地系统; 当旁路采用IT接地系统时, 整个UPS输出就是IT接地系统。在大型石化企业的UPS电源系统中, UPS系统的输入一般为独立多路电源, 因此旁路隔离变压器基本为必选项目。旁路隔离变压器仅在少数单路输入电源的UPS系统中可以省略。

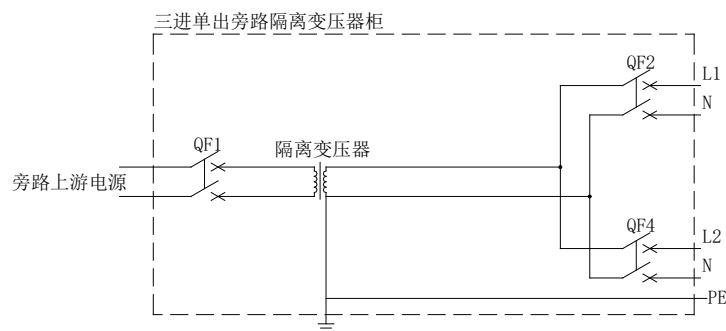


图23 UPS旁路变压器副边创建新的TN-S系统示意图

UPS系统的输出隔离变压器（逆变器与逆变侧静态开关之间位置）是指UPS内置的输出隔离变压器。隔离变压器是UPS系统的重要元件之一，隔离变压器的主要作用如下：

- 电气隔离，变压的同时使原边、副边的两个电气系统完全独立。
- 通交流阻直流，UPS输出隔离变压器消除逆变器输出电压中的直流分量，防止IGBT击穿后直流电压损坏负载。
- 增加回路阻抗，降低短路电流。

- 三相输出变压器采用D/Z绕法，使三相负载重新分配，极大提高带三相不平衡负载的能力，及抗过载和抗冲击的能力；消除逆变器输出电压中三次倍频谐波含量，有效减小输出电压畸变。

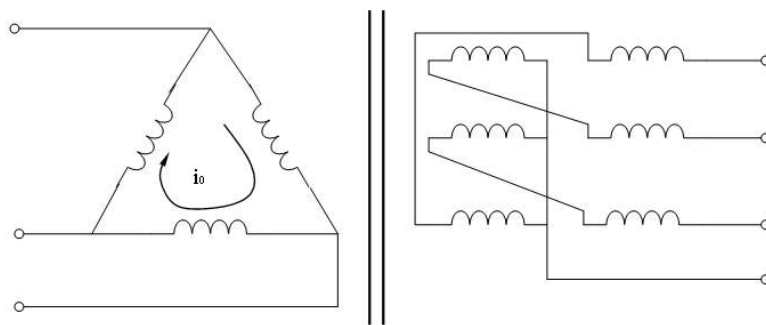


图24 D/Z绕法三相输出变压器示意图

在大型石化企业的UPS电源系统中，由于UPS系统和关键负载的重要性，出于保护和隔离的目的，内置输出隔离变压器的技术要求是一个广泛的标准要求。

工业UPS系统中的输入隔离变压器主要作用有两个，一是隔离上游电网和UPS整流器，降低整个回路短路电流，降低UPS输入侧空开分断电流；二是隔离附加在直流母线上的接地检测系统，以防止该系统检测到上游电力变压器的接地点，而误发出报警。当然，在有的项目里，UPS输入隔离变压器的主要是改变电压，以形成一个满足系统要求的电压，使UPS更满足于客户的某些定制需求。在石化行业，工业UPS设计一般不采用类似于发电厂专业的UPS和直流屏共用电池组方案（不存在直流接地检测），上游隔离变压器的短路电流相对不大，UPS系统输入侧也没有特殊的电压（例如690V，480V，208V）要求，因此绝大部分项目不需要设计输入隔离变压器。输入隔离变压器在项目需求里是一个设计选配项目。

在商业应用的另一些领域，比如在一些数据中心应用场所，广泛采用了无隔离变压器设计的UPS系统（输入、输出、旁路均无隔离变压器设计）来构建供电系统。这是由于其负载不存在类似于石化行业的高风险问题，同时其负载集中便于布置在恒温恒湿洁净的环境中进行管理。城市电网电能质量优于工矿企业，电源侧供电一般由2-3路输入切换成一路再接入UPS输入端（即主旁同源，不存在不同接地系统隔离问题），数据中心应用场所UPS往往追求高效率 and 利用率，不考虑UPS系统适应工业现场的自然环境、生产工况、电网条件等等因素。因此这种产品目前不适合应用于石化行业关键生产现场。

4.5 输入开关选断路器还是负荷开关

UPS输入端应该用负荷开关还是断路器, 这里推荐选用负荷开关。从定义上看, 断路器具有切断短路电流的能力, 负荷开关仅能切断工作电流, 断路器功能多了自动切断回路, 似乎更好一些。实际上, 工业现场应用的UPS设备输入端的负荷开关, 主要是为UPS系统输入端提供明显断开点, 即使是上游电网异常或者过电流时也不会断开。当上游电网恢复后, UPS机器自检正常后可自动恢复整流器供电。UPS整流器电力电子器件的保护靠的是内部的快速熔断器, 整个UPS的短路保护靠的是上游母线的对侧断路器, 该断路器保护的范围不仅是下游设备, 还包含了电缆故障, 是系统上下游分级匹配的整体设计。当用断路器代替负荷开关后, 同样的情况下, 假如输入侧断路器在异常情况下自动跳开, 在上游电网恢复后, 必需要人工复检两侧断路器并人工闭合开关, 才能重新启动整流器供电。而UPS整流器电力电子器件的保护靠的依然是内部的快速熔断器, 该断路器并不能起到快速熔断器对电力电子器件的保护作用, 也不能保护其和上游对侧开关之间的电缆故障, 这种配置仅仅是从UPS本体角度考虑的设计方案。当然, 大部分工业UPS制造厂商都将此开关作为选件供客户提供给客户, 来满足客户不同的设计和操作习惯要求。

负荷开关 (Load switch) 是介于断路器和隔离开关之间的一种开关电器, 具有简单的灭弧装置, 能切断额定负荷电流和一定的过载电流, 但不能切断短路电流。



图25 负荷开关示意图

断路器 (circuit breaker) 是指能够关合、承载和开断正常回路条件下的电流并能关合、在规定的时间内承载和开断异常回路条件下的电流的开关装置, 能切断设计能力对应的短路电流。



图26 断路器示意图

4.6 STS静态开关的掉电风险

静态切换开关STS设备可以实现两路电源的毫秒级成功切换，是通过静态切换方式，在一路优选源和一路备选源之间实现两个电源之间负载的瞬态转换，消除出现在UPS 系统的输出端与用户端之间的“单点瓶颈”故障隐患，使供电系统能向用户的关键负载提供100% 高可利用率的电源供应，从而确保“核心负载”长期安全可靠运行。



图27 机架式STS静态开关示意图

但是很多客户使用STS时，发现还是会发生“掉电”风险，原因在于静态切换开关STS本质上是开关，不能对两路上游电源电压、相位做修正，当上游两路母线的相位偏移不可控，即使STS切换成功，但两路母线之间的压差过大也会导致电能质量异常，超出负载可接受范围而产生“掉电”风险。

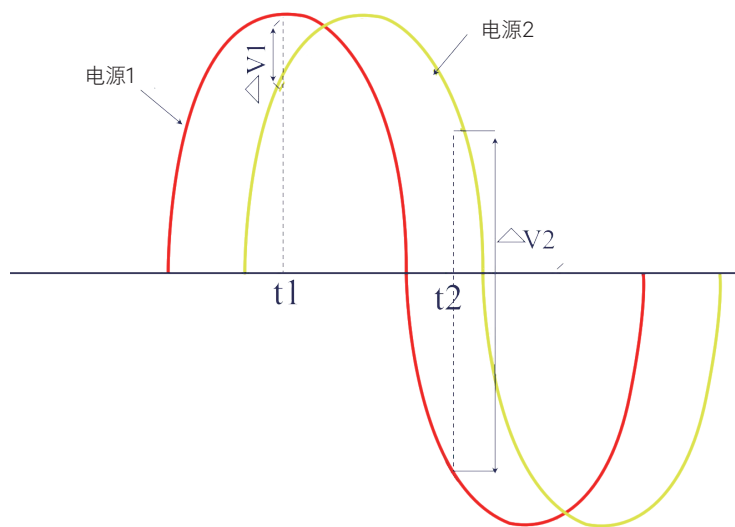


图28 双路电源相位角差与电压差示意图

因此，在有静态切换开关STS供电方案中，应尽量提供保证STS输入侧两路同步的设计。例如，两个UPS构成的双输出系统，采用共用旁路变压器设计，控制两台UPS输出母线的相位偏移；或者采用“同步控制器LBS”等组件。

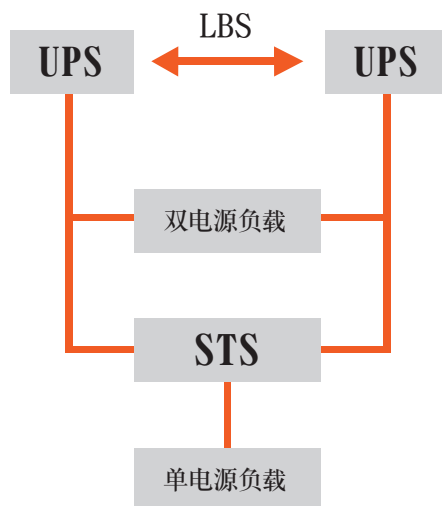


图29 双重电源UPS方案同步控制器“LBS”示意图

总结

所有供电方案的设计和选择，核心是满足关键设备和控制系统供电安全，满足负载的要求和电源设备的管理维护要求。本文通过部分案例解析为UPS供电系统提供了设计思路。除了上述的各种案例和热点问题，实践中还会存在各种不同运行案例和新的问题，每种方案都有正常工作模式和应急工作措施，以及具体的细节问题（比如电池问题，负载分配设计问题），应用当中需要根据具体情况进行分析。原则是满足运营和业务的需求，包括安装、维护、升级。

从负荷输入特征的角度将关键负载分类，双电源负载用双重供电方案，单电源输入用并机或者单机供电方案，所需的UPS供电方案清晰明确。

UPS系统应采用单相还是三相输出，取决于带负载的容量和输入电源要求。只要负载中有一个三相负载，就必须采用三相输出的UPS系统；如果所有的负载都是单相负载，UPS系统应采用单相还是三相输出，取决于所有的负载的容量总合以及上游变压器的容量。

UPS系统采用何种接地运行方式输出，取决于负载配电对系统的要求，采用IT系统不接地或经电阻接地的运行方式，必须装设绝缘监视装置。

隔离变压器是UPS设备内的重要元件之一，变压的同时使原边、副边的两个电气系统完全独立，将不同接地系统电源与负荷侧隔离，并为负荷侧创建新的独立系统，这是工业场景重要特征之一。

静态切换开关STS本质上是开关，不能对两路上游电源的质量做修正，为保证成功STS切换，应尽量提供保证STS输入侧两路同步的设计。



维谛技术有限公司

电话：86-755-86010808
邮编：518055

售前售后电话：

400-887-6526
400-887-6510



扫码关注