

大型炼油项目低压采用660 V作为主配电系统的必要性探讨

大型炼油项目一般将几套装置布置在一个区域组成联合装置，由一个变电所供电，因此带来供电距离的加大。当采用380 V供电时，为满足用电设备端的压降损失要求，势必增大电缆截面积。而采用660 V供电时，相同容量用电设备其电流可减少 $1/\sqrt{3}$ 倍，从而可减少电缆截面积节约铜材，减少电缆投资，也可减少线路损耗，增大配电距离。通过对660 V供电系统的技术及投资分析，说明了采用该供电方案的必要性。

孙俊铭/中国石油工程建设公司华东设计分公司



孙俊铭/高级工程师

目前660 V电压等级在石化行业鲜有应用，但在煤炭行业已有较普遍应用。由笔者负责设计的某大型炼油项目，低压系统采用660 V作为主要配电系统，现就采用660 V配电系统的必要性、技术和投资分析以及存在的问题进行分述。

应用实例回顾

据资料显示，我国第一座采用660 V供电的阳泉矿务局四矿选煤厂于1986年11月投入运行，1988年通过了原能源部、机电部主持的技术鉴定。1990年原能源部发出了在煤炭行业新建地面系统及选煤厂应采用660 V供电的通知。GB 50070—2009《矿山电力设计规范》规定了包括矿山井下和地面生产系统宜采用660 V配电的条文。目前煤炭行业已经普遍采用了660 V供电系统。

在石化行业，已建成的某炼化一体化项目，对采用变频调速且容量为250~800 kW的电动机用了660 V供电系统，其目的是为了避免采用中压变频器而带来的投资增加；正在建设的某大型

化工项目采用了660 V供电系统，其他在建或已建成的大型炼油项目均采用380 V供电系统。

标准依据

1) GB 156—2007《标准电压》中，规定了220~1 000 V之间三相四线或三相三线交流系统及相关设备的标称电压为220/380 V、380/660 V和1 000/1 140 V。

2) GB 50052—2009《供配电系统设计规范》第5.0.2条规定，低压配电电压宜采用220/380 V，工矿企业亦可采用660 V。

大型炼油项目采用660 V供电的必要性

目前炼油项目日益大型化，千万吨及以上的炼油厂在不断建设，由此带来工艺装置的大型化。在平面布置上，根据工艺流程一般将几套装置布置在一个区域组成联合装置，而一套联合装置一般由一个变电所供电，由此带来供电距离的加大，其低压电缆最长供电距离可达350 m以上。当采用380 V供电时，为满足用电设备端的压降损失要求，势必增大电缆截面积，因此经常出现电缆穿不进用电设备进线口的情况。当采用660 V供电时，相同容量用电设备其电流可减少 $1/\sqrt{3}$ 倍，从而可减少电缆截面积节约铜材，减少电缆投资，也可减少线路损耗，增大配电距离。对于炼油厂储运系统，因各罐区泵棚相距较远，采用660 V供电可增大配电距离，减少变电所设置数量。

关键词/Keywords

大型炼油项目·
660 V供电系统·
技术及投资分析·

总之,大型炼油项目低压系统采用660 V供电,有增大配电距离、减少电缆截面积、减少线路损耗和减少电缆投资等优点,同时也有煤炭行业的多年应用运行实践,目前电气设备与电器元件也基本具备了采用660 V供电系统的条件,但也存在着有些电器元件还需要调研落实的问题,在充分调研的基础上采用660 V供电是有必要的。

某大型炼油项目低压供电系统方案

该项目为新建1 500万t/年炼油工程,共由20多套工艺装置、配套储运系统及其他公用工程组成,这些工艺装置根据工艺流程在总平面上布置成五套联合装置。总用电负荷约160 MW,其中低压用电负荷约52 MW。根据联合装置占地面积大、配电距离长及储运系统用电负荷分散的实际情况,在项目可行性研究中,低压供电系统采用了以下方案。

1) 联合装置及储运系统动力负荷采用380/660 V供电系统。

2) 供电距离短的循环水场、空压站等其他公用工程动力负荷采用220/380 V供电系统。

3) UPS、EPS、直流电源、空调器及小型轴流风机等采用220/380 V供电系统。

4) 厂区照明负荷采用220/380 V供电系统。

根据以上原则,整个厂区低压供电系统形成以380/660 V为主和220/380 V为辅两个电压等级,联合装置和储运系统变电所设置10/0.69 kV油浸变压器、10/0.4 kV小容量干式变压器和其他公用工程变电所设置10/0.4 kV油浸变压器(或干式变压器)的供电方案。

采用660 V供电的技术及投资分析

1) 配电电缆。采用660 V供电有增大配电距离、减少电缆截面积节约铜材、减少线路损耗和减少电缆投资等优势。采用0.6/1 kV标准产品可满足要求。

2) 低压电动机。经咨询电动机厂家,对不小于4 kW电动机,380 V电动机与660 V电动机只是定子绕组接法不同(△联结改为Y联结),不

存在技术上的问题;对不大于3 kW电动机(Y联结),电动机厂可以提供额定电压为660 V的电动机,且价格没有增加;对小型撬装设备上的小型电动机,仍可采用220/380 V给电控箱供电。

3) 配电变压器。二次侧空载电压400 V和690 V属两种不同的产品设计,GB/T 6451—2008

《三相油浸式电力变压器技术参数和要求》中无10/0.69 kV变压器技术参数和要求,但该标准备注说明“可根据用户需要,提供低压为0.69 kV的变压器”,也就是说,目前二次侧为690 V的变压器可能属非标产品,但随着660 V配电系统的推广和普及,10/0.69 kV变压器必将成为标准产品。从总能耗上分析,在变压器总容量相同情况下,若二次侧采用690 V,可以选用较大容量变压器,从而可减少变压器台数,降低变压器总能耗。从基建投资上分析,变压器台数的减少,可以减少设备购置费和安装费,也可减少变电所建筑面积。

4) 低压变频器。合资品牌厂家有660 V变频器标准产品或非标产品,技术上不存在问题,且已在工程项目中应用。但就价格而言,经初步咨询,对于小容量变频器,380 V和660 V的变频器价格相近,对较大容量变频器(200 kW及以上时),660 V要比380 V的变频器便宜20%~30%。

5) 低压电容器。厂家已有660 V标准产品,技术上应该不存在问题。但就价格而言,380 V和660 V的电容器价格相近,经初步咨询,660 V要比380 V的电容器贵10%左右。

6) 电加热类设备。目前市场提供的产品均采用AC 220/380 V供电,其电热丝(电热棒)为Y型或△型联结,电热元件承受的是AC 220 V相电压或AC 380 V线电压;若采用AC 380/660 V供电,对电热丝(电热棒)的阻抗需供货商按AC 380 V相电压或AC 660 V线电压配置供货,不存在技术难度,但其温度控制部分可能要采取措施来适应AC 380/660 V的电压等级要求,这样可能属于非标产品,价格略贵。

7) 低压开关柜及电器元件。市场能够提供690 V的开关柜标准产品。对于低压开关柜的二次控制电源可以采取加控制变压器的方法实现,因

此对柜内二次电器元件不存在问题。对柜内框架断路器、熔断器、接触器、电流互感器及需要接入电压的智能电表等一次电器元件，市场能够提供690 V的标准产品。经咨询，690 V的开关柜与400 V的开关柜价格相近，甚至整体价格有可能低于400 V的开关柜。另外，从某开关柜厂660 V系统组柜情况看，小室高度没有增加，因此采用660 V系统时不会增加开关柜总台数。

8) 塑壳式断路器的分断能力。查阅某知名合资品牌选型手册，当用于690 V时，无论是运行短路分断能力还是极限短路分断能力，均比用于400 V时的分断能力严重降低。从选型手册看，西门子和施耐德塑壳式断路器，其分断能力均不能满足要求。目前只有ABB的T4、T5断路器，其分断能力为40~70 kA，可以满足工程需要。因T2、T3断路器用于690 V分断能力不够，必须使用T4、T5断路器。经咨询，对小容量电动机回路（如37 kW），采用690 V的T4断路器与采用400 V的T2断路器价格上要高出5%左右；对较大容量电动机回路（如110 kW），因都需使用T4断路器，反而400 V断路器价格要高出690 V断路器约2 000元。所以690 V系统与400 V系统相比，断路器整体价格应差别不多。

9) UPS、EPS、直流电源、空调器及小型轴流风机。目前市场上的标准产品均采用220/380 V供电。若采用380/660 V供电，则可能为非标产品，由此可能存在技术上的不成熟及价格上的增加。因为这些设备均设在变电所内且配电距离很短，所以采用220/380 V供电合适。

10) 装置区现场检修电源箱。目前市场上的标准产品均采用220/380 V供电，为用于装置检修的电焊机等提供电源，而电焊机一般分为单相交流380 V弧焊机和输入电压为三相交流380 V的整流弧焊机标准产品。若检修电源箱采用380/660 V供电，市场能否提供用于380/660 V系统的电焊机标准产品，这些问题均需调研落实。调研后若不可行，现场检修电源箱可由220/380 V系统供电，毕竟这些设备仅在检修时才用。

11) 660 V供电系统的安全性问题。根据GB 16895.21—2004/IEC 60364—4—41：2001《建筑物电气装置》第4-41部分：安全防护 电击防护，电击防护分为直接接触防护和间接接触防护。对直接接触防护，电气设备制造商应根据660 V电压等级及相关标准制造供货，应该不存在安全性问题；对手持式和移动式电气设备的间接接触防护，现在适用于380 V系统的各种防护措施同样适用于660 V系统，但应根据GB 16895.21—2004和GB 50054—2011《低压配电设计规范》，对其中的自动切断对地短路的最长切断时间及某些计算公式中的 U_0 等，按用于660 V系统做出正确选择和校验。对固定设备的间接接触防护，因660 V系统单相接地故障电压比380 V系统高出 $\sqrt{3}$ 倍，故在采取保护接地的同时，尚应采取加密等电位联结接地网格的方法来达到间接接触防护目的。

采用660 V供电存在的问题

综上所述，大型炼油项目采用660 V供电系统，从供电方案到电气设备供货选择，条件已基本成熟，电气总投资方面应该节省不少，并且可降低线路及变压器损耗，但因目前的配电设计手册没有660 V电压等级，会给设计带来一些技术上需解决的问题。

结束语

综合以上分析，对大型炼油项目的联合装置及储运系统，低压系统采用660 V供电，有增大配电距离、减少电缆截面积、减少线路损耗和减少电缆投资等优点，虽然在石化行业应用较少，但目前已在建设中的山东某大型化工项目上应用。另外，采用660 V供电系统也有相关规范作为依据。目前电气设备与电器元件也基本具备了采用660 V供电系统的条件，虽然还存在着有些电器元件还需要调研落实的问题，但在充分调研的基础上采用660 V供电应该是可行的，也是很有必要的，符合国家的节能减排政策。

（收稿日期：2015—02—18）EA