

「控制系统」

C2回收装置大容量电动机供电方案选择

文/中国石油化工股份有限公司天津分公司 郭庆奎

在35 kV变电站主变压器容量受限的条件下，如何科学、正确地选择C2装置4 500 kW大容量电动机的供电方式，既能保障电动机正常起动，又能确保35 kV供电系统电压不受起动影响。结合35 kV变电站供电系统的实际情况及大电动机的起动要求，在对比分析了大电动机四种配电方案后，确定了C2回收装置大容量电动机供电方案，并通过计算分析，论证了采用变压器—电动机组供电方式是最佳方案。

C2回收装置是以催化、焦化、加氢裂化装置的混合干气为原料，采用两段变压吸附工艺，除去大部分氢气、甲烷、氮气、一氧化碳等弱吸附组分，获得富含乙烯、乙烷等C₂及C₂ + 组分的半产品气，再经净化精制处理脱除硫化氢、二氧化碳等有害组分，最终获得符合乙烯装置要求的富乙烯产品气。该装置中，主要用电负荷是6 kV高压电动机和380 V低压电动机。6 kV高压电动机中，半产品气压缩机K-2201的驱动电动机功率为4 500 kW，属于大容量电动机。为此，C2回收装置必须设置一座6 kV变电所。为C2变电所提供电源的上级变电站是一座35 kV总降压站，受35 kV变电站变压器容量的限制，如何科学、正确地选择C2装置大电动机的供电方式，在保障电动机正常起动条件下，又确保35 kV供电系统电压不受起动影响，成为了一个必须优先解决的问题。

35 kV总变电站供电系统介绍

35 kV总变电站的一次系统主接线简图如图1所示。35 kV变电站主接线系统由35 kV和6 kV两个电压等级构成。该站35 kV、6 kV系统均采用单母线分段接线，两回进线3001、3002取自上级热电厂。正常该站分列运行，母联开关备自投功能投入。

该站1#和2#主变压器额定容量为25 000 kV·A，额定电压为35/6.3 kV，接线组别为Yd11，调压方式为无载调压。35 kV开关柜为ABB ZX2柜型（GIS气体绝缘），6 kV开关柜为西门子8BK20柜型。35 kV总变电站向1#焦化、1#柴油加氢、2#循环水、制氢等多套主要生产装置供电，实际运行负荷正常为9 800 kW左右，夏季最大达到11 000 kW左右。

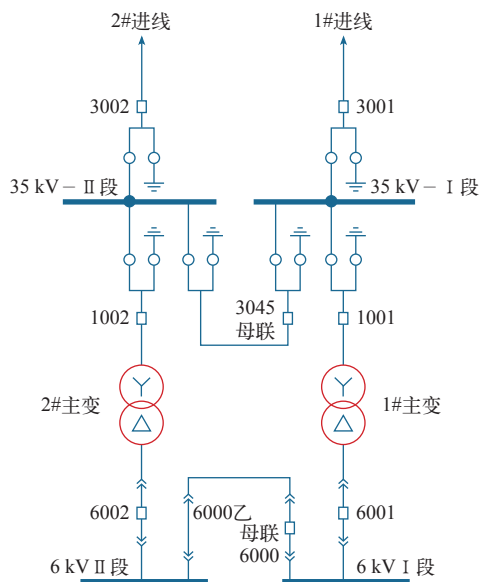


图1 35 kV总变电站的一次系统主接线简图

C2装置大电动机供电方式的选择

1. 大电动机供电方案选择

考虑到C2装置中产品气压缩机K-2201的电动机功率为4 500 kW，如果采用6 kV系统供电并

采用直接起动方式，因其起动电流过大，势必会对35 kV总变电站系统电压波动造成较大影响。因此其供电方案需要单独考虑配置。结合35 kV总站供电系统的实际情况，针对这台大电动机的起动要求，有四种配电方案可供选择，见表1。

表1 C2装置大电动机四种配电方案比较

序号	供电系统及主接线形式	起动方式	主要设备及材料	投资估算 /万元
方案一	由35 kV总站6 kV母线直配，6 kV系统为单母线分段接线方式	采用高压软起动器降压起动	高压软起动装置1台、6 kV开关柜1面、6 kV高压电动机1台、动力电缆等材料	605
方案二	由35 kV总站6 kV母线直配，6 kV系统为单母线分段接线方式	采用高压变频器降压起动方式	高压变频器装置1套、6 kV开关柜1面、6 kV高压电动机1台、动力电缆等材料	925
方案三	由35 kV总站6 kV母线直配，6 kV系统为单母线分段接线方式	采用串联电抗器降压起动方式	高压电抗器装置1套、6 kV开关柜2个、6 kV高压电动机1台、动力电缆等材料	530
方案四	由35 kV总站35 kV母线直配，采用变压器—电动机组接线方式	采用单独一台变压器供电电动机直接起动方式	35 kV开关柜1面、6 kV开关柜3面、35 kV变压器1台（容量10 000 kV·A）、6 kV高压电动机1台、动力电缆等材料	640

2. C2装置大电机供电方案的最终确定

C2装置大电机上述四种降压起动配电方案中，理论上均可满足大电机降压起动要求，但都需要进行计算，来判断供电系统是否满足起动对电网产生的压降和电动机机端电压的要求。考虑35 kV变电站的实际运行负荷已到9 800 kW，夏季高峰可以达到10 000 kW，而新建C2生产装置和200万t柴油加氢装置的电源均取自该35 kV总站。C2装置和200万t柴油加氢装置的总计算负荷为12 000 kW，这样35 kV站的总负荷将达到22 000 kW，而该站内的主变额定容量为25 000 kV·A。按系统功率因数0.9计算，主变压器额定有功容量为22 500 kW，可以说达到满负荷了。C2装置大电动机功率为4 500 kW，200万t柴油加氢项目的同步电动机功率为2 000 kW，在35 kV变电站单变压器运行期间，这样的大电动机的起动可能会影响其他负荷（具体还需要实际计算），从这方面考虑，决定采用变压器—电动机组起动方式，由35 kV变电站的35 kV母线直接向大电动机供电。

C2装置大电动机采用变压器—电动机组起动方式，一方面解决了35 kV变电站主变容量不足问题，由于不占用35 kV总站主变压器的容量，同时还使35 kV站主变的总负荷由22 000 kW减少至

18 000 kW左右；另一方面，由于没有变频器或软起动这种电子元器件设备，还消除了设备运行后期故障率高和维护成本大的弊端，这种起动方式更有利于系统长周期运行。

3. 大电机供电系统简图及主要设备

大电机供电系统简图如下图所示。在35 kV

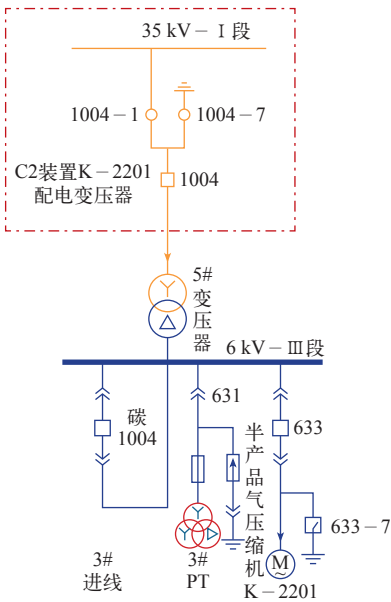


图2 变压器—电动机组系统简图

变电站站新增一面35 kV开关柜，配置差动、过流作为线变组主要保护。在新建C2变电所内新增一台35 kV变6 kV的变压器，额定容量10 MV·A，额定电压 $(35 \pm 3 \times 2.5\%) / 6.3$ kV， $U_i = 8.25\%$ ，YNd11，有载调压。在新建C2变电所内新增3面6 kV开关柜为电动机供电。6 kV大容量电动机1台，型号为YAKS/YZYKS800-4WF2，增安型和正压通风型防爆结构。电动机额定功率4 500 kW，额定电压6 000 V，额定电流516.3 A，额定功率因数0.87，额定转速1 495 r/min，起动电流倍数 $I_A/I_n = 5$ ，防护等级IP55，冷却方式为IC81W。配套变压器及电动机动力电缆。

变压器—电动机组供电方式起动压降计算

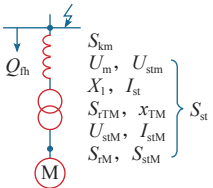
1. 计算依据

变压器—电动机组（全压起动）计算主要根据《工业与民用配电设计手册》第六章之第四节“电动机起动时电压下降”的相关电路及公式作为基本计算依据。计算电路及公式见表2。

2. 变压器—电动机组相关参数及其压降计算

（1）变压器—电动机组供电系统阻抗图如下图所示（ $S_j = 1\ 000$ MV·A）

表2 无限大容量电源系统供电的电动机起动时电压下降计算

起动方式	变压器—电动机组（全压起动）
计算电路	
起动回路的额定输入容量	$S_{st} = \frac{1}{\frac{1}{S_{stM}} + \frac{x_{TM}}{S_{TM}^2} + \frac{X_1}{U_m^2}}$
电压相对值	$u_{stm} = \frac{S_{km} + Q_{th}}{S_{km} + Q_{th} + S_{st}}$
电动机端子	$u_{stM} = u_{stm} \frac{S_{st}}{S_{stM}}$

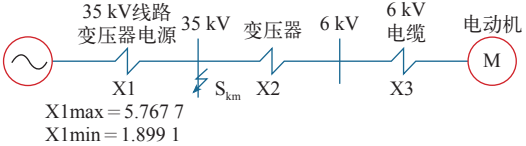


图3 变压器—电动机组供电系统阻抗图

（2）变压器—电动机组相关参数

表3 变压器电抗值

代号	设备名称	额定容量 $S_{TM}/MV \cdot A$	短路阻抗 u_{TM} (%)	电抗标么值 X_{TM}	备注
X2	35/6 kV变压器	10	8.25	0.082 5	基准容量 $S_j = 1\ 000$ MV·A $X_{TM} = u_{TM}$

表4 电动机相关参数

设备名称	额定功率 P_e/kW	额定功率因数 $\cos\phi$	起动电流倍数 k_{st}	额定容量 $S_{TM}/MV \cdot A$	额定起动容量 $S_{stM}/MV \cdot A$
电动机	4 500	0.87	5	5.172	25.86

表5 其他相关参数（ $S_j = 1\ 000$ MV·A）

参数名称	最小运行方式下变压器电源侧短路阻抗 $X_{smin} = X_{1min}$	最小运行方式下短路容量 $S_{km} = S_j / X_{smin} / MV \cdot A$	线路标称电压 U_m/kV	35 kV母线无功负荷容量 Q_{th}
数值	5.7677	173.38	6	35 kV变电站分列运行，母线带一半负荷 $P_{th} = 13\ 250$ kW取 $\cos\phi = 0.9$ ，则 $Q_{th} = P_{th} \tan\phi = 6.417$ (Mvar)

（3）电动机起动压降计算

表6 电动机起动压降计算（系统正常分列运行）

主要参数	变压器低分接位 $U_m = 5.7$ kV	变压器正常分接位 $U_m = 6$ kV	变压器高分接位 $U_m = 6.3$ kV
起动回路的额定输入容量 $S_{st}/MV \cdot A$	25.008	25.038	25.064
35kV母线电压相对值 u_{stm}	0.8779	0.8778	0.8777
电动机机端电压相对值 u_{stM}	0.8490	0.8499	0.8507
电动机机端电压实际值 U/kV	4.839	5.099	5.359

3. 变压器—电动机组起动压降分析

(1) 35 kV母线压降要求

设计规范要求,一般情况下,对于频繁起动的电动机,母线电压不应低于90% U_e ,不频繁起动时不宜低于85% U_e ;采用变压器—电动机组起动方式,35 kV母线无论分列运行还是单母线带全部负荷运行,35 kV母线电压相对值均大于0.85,C2装置大容量电动机属于不频繁起动设备,故满足母线压降要求。

(2) 大电动机起动机端电压要求

依据大电动机技术协议要求和厂家提供的试验数据,只要电动机端电压不低于75% U_e ,就能满足起动转矩和起动时间要求。采用变压器—电动机组起动方式,电动机机端电压相对值 $U_{sm}=0.8499$,远远大于0.75,因此满足电动机的起动要求。

通过起动压降计算数据可知,变压器的二次电压调整高低对35 kV母线的电压降低影响不大,但对电动机的机端电压有较大影响,电压过低会造成电动机起动转矩下降,起动时间延长,因此,适当调高变压器的二次电压,有利用电动机起动。电动机起动时变压器二次电压理论保证值要求不低于5 300 V。综合分析,C2装置大容量电动机采用变压器—电动机组全压起动方式,完全满足35 kV变电站供电系统的电压降低范围和生产装置机组起动要求。

实际应用情况

1. 大电机实际起动数据

从35 kV变电站故障录波记录波形分析,当变压器—电动机组的变压器二次电压调整在6 300 V时,大电动机起动会造成35 kV I段母线电压降低7%左右,电动机的起动时间约为16 s左右,35 kV

侧起动电流最大达到560 A左右;当变压器—电动机组的变压器二次电压调整在6 000 V时,大电动机起动会造成35 kV I段母线电压降低6%左右,电动机的起动时间约为19 s左右。

2. 保证大电动机正常启动采取的主要措施

根据起动大电动机时电压水平计算结果及供电系统的具体情况,为起动大电动机采取了以下措施:

1) 变压器—电动机组的变压器选用有载调压,通过调节变压器分接开关,将变压器低压侧电压控制在6 300 V左右,有利于电动机起动。

2) 线路变压器组配置光纤纵差保护;电动机本身配置磁平衡差动保护、低电压保护、接地、过负荷保护等,以提高设备故障时保护的可靠性与灵敏性。

3) 对35 kV变电站进线、母联及上级变电站的电流保护进行核算,确保上下级之间保护配合,保证保护的可靠性与选择性。

4) 35 kV变电站在系统单电源或单母线运行方式时,尽量避免起动大电动机,以减少对供电系统、配电设备造成过大冲击电流致使保护误动,增加变电站全停风险。

结束语

在35 kV变电站主变压器容量受限的条件下,结合供电系统的实际情况及C2装置大电动机的起动要求,在对比分析了大电动机四种配电方案后,确定了C2回收装置大容量电动机供电方案,并通过计算分析,论证了变压器—电动机组起动方案的可行性。实际运行情况也证明采用变压器—电动机组供电方式是最佳方案。**EA**

(收稿日期:2017.05.30)

(编辑:白文亭)

(上接第59页)

以上四种措施中,延长滤波时间是用躲过门槛电压作用持续时间;调低直流屏输出电压和增加一个电阻措施,这些是用躲过门槛电压值;而双出口接点法仅是隔离干扰。

事故结论

直流屏电源出线复杂、庞大,正对地或负对地短路可能经常发生,直流屏在设计时已经考虑,即在其输出的正或负端接地时,仍能保证输

出额定电压110 V,这就是容错设计。同理,用户也希望综保BI能够对此容错,并有一定安全余量。

在继电保护交接试验中,增加对直流母线单点接地试验,以此确认上述事故分析及其应对措施,保障泵站继电保护正常运行。

综保BI容错试验以往不被重视,但此试验对泵站安全运行意义重大,应在今后的泵站建设中予以足够重视。**EA**

(收稿日期:2017.05.30)

(编辑:白文亭)