

[软起动器]

高压液态软起动装置在矿井通风机上的应用

文/安徽省皖北煤电集团有限责任公司朱集西分公司 张乐乐

矿井主通风机电动机功率增容后，采用直接起动电流很大，对矿井供电系统及通风机机械部分造成较大安全隐患，影响到矿井通风系统安全。通过研究和实践应用总结了GZYQ高压液态软起动应用效果，有效地解决了矿井主通风机电动机起动对矿井电网冲击大的实际问题。

淮南朱集西煤矿根据矿井生产实际，需要将原先通风机电动机（功率1 800 kW）更换为更大功率容量电动机（功率1 800 kW），以此提高通风机额定出风量，满足现场安全生产需要。然而在电动机额定功率由1 800 kW提高至3 600 kW时，如果仍然采用原先直接起动方式，将产生5~8倍于电动机额定电流的起动电流，对当前矿井供电系统安全运行及通风机机械设备造成较大的损害。朱集西矿对通风机电动机增容后起动方式进行技术改造，引进了高压液态软起动装置，将通风机主电动机原先直接起动改造为降压起动，避免了直起过程中大电流对矿井电网及通风机机械本体的冲击，较好地解决了朱集西矿通风机大功率电动机起动造成的电流冲击问题。

朱集西矿建矿之初，选用ANN型轴流式矿井通风机作为矿井主通风机（一用一备）。ANN型轴流式矿井通风机是Howden公司的产品，该风机技术先进，工况效率高，运行费用低，高效区域宽。由于采用了B型轮毂和球墨铸铁叶片，较以往N型轮毂、铸铝叶片强度高、安全可靠。采用动叶可调节方式，起动转矩小，可适时不停机调节叶片角度以适应风量负压要求。该风机采用反转反风，反风时间短。结构设计合理，主电动机安装在进风侧，

传动轴较短，便于安装、维护。产品配带集气箱、电动百叶风门、润滑油站、风压测定装置和消声器等，成套性强，噪声小。在矿井运行前期配套选用Y800-6型10 kV、1 800 kW和740 r/min异步电动机，投用至今各个时期的运行效率均较高，未配置软起装置，采用直接起动。

存在问题

淮南朱集西煤矿自投产以来，随着矿井开采能力提升，井下各巷道不断开拓延伸增长，相应井下通风量的需求与日俱增，矿井主通风风叶角度已调整至上限，相应出风量达到高限。由于矿井驱动通风机的交流电动机功率仅为1 800 kW，已无法负荷更大出风量的功率需求。通过设计院出具相应设计，需将原有通风机驱动电动机（额定功率1 800 kW），替换为额定功率为3 600 kW的交流电动机，以此满足矿井通风量提升要求。然而在电动机更换完成，额定功率较之原先增大1倍后，如果还是按照原先通风机电动机直接起动方式，电动机在直接起动的过程中，产生5~8倍于电动机额定电流的起动电流，伴随着大电流冲击对电动机绕组破坏大，对电网电压设备及同网同母线侧其他负载端电压压降也很严重，可能造成正在运行的设备停机，

存在较高的安全隐患。同时，在机械方面对电动机轴、联轴机构和轴承座造成机械冲击也极大，严重影响整体设备使用寿命和运行稳定性。

技改方案

基于以上存在问题，着手对通风机起动方式进行技术改造，解决朱集西矿通风机电动机功率增容后，设备起动造成的大电流冲击等一系列问题。为此，朱集西矿组织人员开展技术攻关，通过实地调研以及技术论证，采用追日电气出品的GZYQ3A-5000/10-YS高压液态软起动装置作为控制矿井通风机电动机起动的技改方案，实现通风机电动机的降压起动，避免大电流直起对通风机、电动机和电网造成的冲击损害。

1. 高压液态软起动装置过程防真

(1) 原始数据

1) 电动机参数见表1。

表1 电动机参数

名称	代号	数据
额定功率/kW	P_e	3 600
额定转速/(r/min)	N_e	990
额定电压/V	U_e	10 000
额定电流/A	I_e	242
起动电流倍数	K_{iq}	5.4
起动转矩倍数	K_{mq}	0.67
最大转矩倍数	λ	2.0
转动惯量/kg·m ²	J_0	284
额定转矩/N·m	T	34 632

2) 电网参数见表2。

表2 电网参数

名称	代号	数据
10kV最小短路容量/MV·A	S_{bs}	147
变压器额定容量/MV·A	S_{be}	25
阻抗电压比(%)		10.5
固定负荷/MV·A	S_{fh}	8.7
功率因数	$\cos\phi_{fh}$	0.89

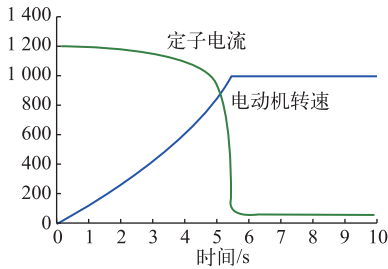
3) 负载参数见表3。

表3 负载参数

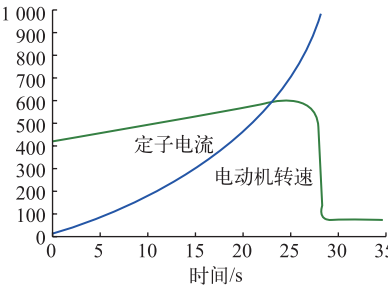
名称	代号	数据
转动惯量/kg·m ²	J_1	1 086
额定负载转矩/N·m	M_e	34 727
静阻转矩之比	M_j/M_e	0.03

(2) 10 kV/3 600 kW电动机全压起动仿真与液态软起动仿真

定子电流与电动机转速仿真曲线如图1所示。



(a) 电动机全压起动仿真曲线图

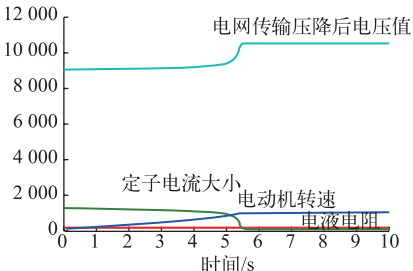


(b) 电动机液态软起动仿真曲线图

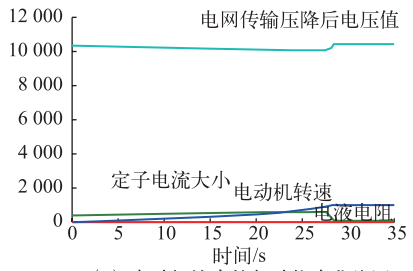
图1 定子电流与电动机转速仿真曲线

10 kV、3 600 kW电动机液态软起动最大起动电流约为600 A，起动时间约为28 s，电动机平滑起动。全压起动最大起动电流为1 200 A，起动时间约为5.6 s，时间非常短，电流冲击大。

起动电流与电压仿真曲线如图2所示。



(a) 电动机全压起动仿真曲线图



(b) 电动机液态软起动仿真曲线图

图2 起动电流与电压仿真曲线

高压液态软起动装置原理

软起动基本电气原理如图3所示。

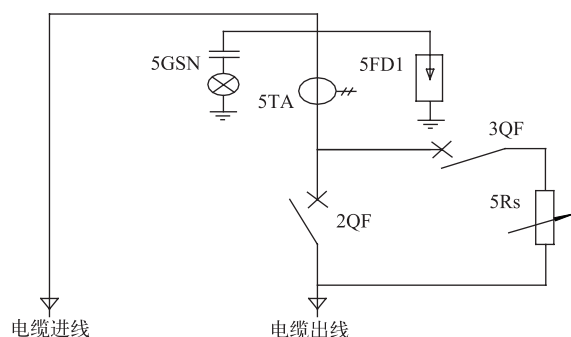


图3 软起动基本电气原理图

考虑到矿井通风机在通风系统的特殊性 & 安全性，结合电动机液态软起动仿真数据，选用GZ YQ3A-5000/10-YS高压液态软起动装置。其工作原理是：在电动机定子回路中串一特制的可控液态电阻器，随着电动机的起动，液态电阻器的动、定极板之间的距离按预定设置自动改变，其阻值呈无级平滑减小，由此使得电动机端电压均匀升高，从而实现电动机及拖动负载的柔性平滑软起动。GZ YQ高压液态软起动可以很方便地调节和改变液态电阻阻值，并通过PLC系统控制液阻的大小，达到调节电动机起动转矩和起动时间的目的。整个起动过程控制在较小起动电流下均匀升速，从而实现电动机的软起动。液态软起动的最大长处就是其阻值可塑性好，靠改变水中的适宜导电介质的浓度来改变本身的电阻率，理论上可调整范围非常大。

将动、定极板置于初始位置，在定极板和动极板之间施加6.3 V交流电压测量所配液阻回路电流，由 $R=U/I$ 计算出实际配制的液体电阻值 R_0 ，所需 R_0 值为

$$R_0 = \frac{U_e}{\sqrt{3} m I_e} \sqrt{\left(\frac{m I_e}{n I_e}\right)^2 - 1}$$

式中， m 为未串 R_0 前起动电流与额定电流之比，一般取4~7；为 I_e 为电动机额定电流； n 为串入 R_0 后起动电流与额定电流之比； U 为电动机额定工作电压。

测量电路如图4所示。

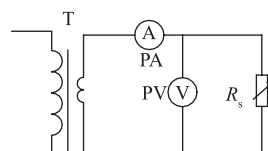


图4 测量电路

高压液态软起动装置实际使用效果

在朱集西矿使用现场，电动机起动过程中，主电动机运行断路器合闸，高压液态软起动装置动极板按预定设置自动移动，从而使主电动机端电压均匀升高，主电动机转速平滑上升，当起动瞬时最大电流600 A时，主电动机电流平稳下降；当转速达到额定转速990 r/min时，自动切除液阻柜，实现平稳运行，整个起动过程用时28 s。矿井通风机在液态软起动装置控制下成功投运，达到预期目的。通过现场的系统监控输油泵电动机起动效果如图5所示。

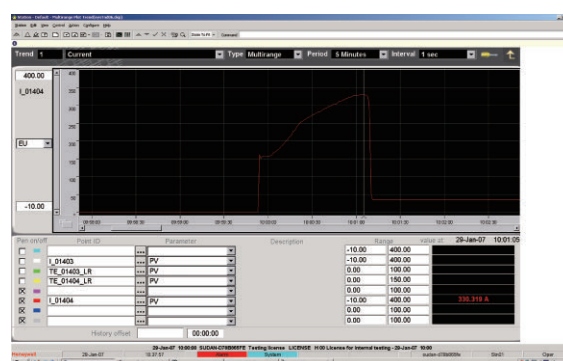


图5 起动效果

结束语

通过对通风机电动机起动方式的技术改造，从以上数据不难看出，整个软起动过程从液阻投入到切除共用了28 s，最大电网压降为416 V，起动过程中最大母线压降4.16%的额定电压，主电动机起动瞬时最大电流600 A，实际起动电流为额定电流（242 A）的2.47倍，远低于全压直接起动电流5.4倍，各项实测数据表明完全符合要求，有效地保证了矿井的安全通风及安全生产，效果显著。EA

（收稿日期：2021.08.31）