

基于ETAP的电动机起动方式研究

在影响电能质量的众多因素中,以电动机起动对电网的冲击最为重要。为了减少电动机起动对电网的影响,可以选择合适工况的电动机起动方式。介绍了电动机直接起动、星三角起动和软起动三种常用的电动机起动方式,分别介绍了各种起动方式的优缺点及其适用范围,并以某热泵站项目为例,使用ETAP软件进行电动机起动方案研究。根据电动机起动计算结果选择合适的电动机起动方式,可以有效地提高电网的电能质量,保证电动机的正常起动。

安晓龙/海洋石油工程股份有限公司

梁新兰 于 苹 张希夷/中国石油天然气管道局天津设计院

0 引言

在现代工业中,电能需求越来越大,用电负荷越来越多,其中对电能质量较为敏感的新型电力负荷也随之增多^[1]。如何在保证电网和用电设备正常运行的前提下提高电能质量,已成为了国内外广泛关注的问题。经分析,影响电能质量的因素主要有自然现象、电气设备运行、自动保护及非线性负荷等因素,而在众多影响因素中,电动机起动是影响电能质量的最主要因素之一^[2]。

1 电动机起动的影响

电动机起动时,需要电网提供较大的起动电流,从而使电网电压下降,如果电网的额定容量相对于电动机的额定功率不是很大时,电压下降幅度会比较大,如果超过了规定值,就会影响其他负荷的正常运行,如数控设备失常,重载的异步电动机停转,照明设备变暗等,同时可能使电动机起动失败。为了保证电能质量及节能要求,应该根据工程实际情况,通过电动机起动仿真计

算,综合考虑各种因素,最终确定合理的电动机起动方案。

2 电动机起动的方式

电动机起动是指电动机从静止状态开始转动至某一转速稳定运行的过程。工程中常用的电动机起动方式有直接起动、星三角起动和软起动等。不同的起动方式各有利弊,对电能质量的影响也各不相同^[3]。

2.1 直接起动

直接起动的优点是不需要专门的起动设备,起动方式简单,成本低。一般的电动机起动电流是额定电流的4~7倍,起动电流较大,同时还有起动转矩小、起动功率因数低的缺点^[4]。

2.2 星三角起动

星三角起动是一种降压起动,适用于定子绕组为△连接的电动机,起动时定子接成Y,待转速接近额定值时定子接线改为△运行。起动电压和起动转矩均降为直接起动时的 $1/\sqrt{3}$,起动电流降为直接起动时的 $1/3$ ^[5]。

星三角降压起动的优点是起动电流小,只需增加一组转换,不需要新增起动设备,成本较低,缺点是起动转矩小,大型异步电动机不能重载起动,只能用于△连接的电动机。

2.3 软起动

软起动器是一种集电动机软起动、软停车、轻载节能和多种保护功能于一体的新颖电动机控制装置^[6]。

软起动器的优点是降低电压起动,



安晓龙/工程师

关键词/Keywords

电能质量 ·

电动机直接起动 ·

星三角起动 ·

软起动 ·

ETAP软件 ·

起动电流小，适合所有的空载、轻载异步电动机使用；缺点是起动转矩小，不适用于重载起动的大型电动机。

3 ETAP软件的仿真功能

ETAP软件是电力电气分析、电能管理综合分析软件系统的简称，可以为发输配电的规划、设计及计算提供全面的分析。ETAP电动机起动模块可以模拟各种电动机起动方式，包括直接起动、星三角起动及软起动在内的多种起动方式，同时可以根据需要选择模拟电动机动态起动或静态起动。静态起动方法中，在加速期间用堵转的方法起动电动机，可以模拟电动机起动前、起动中及起动后三个不同阶段的系统情况；动态起动以动态模型模拟发动机，用程序模拟电动机的整个加速过程，这种起动方式确定电动机是否可以以这种形式起动，电动机达到额定转速的时间以及电动机整个起动过程中电压降，更能真实地反映电动机起动对系统的影响，为电动机起动方案的确定提供可靠的依据。

4 工程案例分析

4.1 项目概况

某工程热泵站10 kV系统为单母线分段接线，有两台10 kV 1 800 kW输油泵，一用一备，存在一台油泵起动另一台油泵备用的工况，其他负荷约800 kV·A。供电系统为双电源互投，两路独立电源分别引自某35 kV变电站10 kV侧及某110 kV变电站10 kV侧。35 kV变电站1[#]电源等效电源短路容量为55 MV·Asc，电缆为YJLV22-8.7/10kV 3×300，长度1.25 km。110 kV变电站2[#]电源等效电源短路容量为192 MV·Asc，电缆为YJLV22-8.7/10kV 3×300，长度1 km。35 kV变电站和110 kV变电站原有负荷分别为4 000 kV·A和32 000 kV·A。10 kV电动机参数如下表所示，根据以上系统参数，建立ETAP模型，如图1所示。

4.2 参数输入

为了能够准确地模拟电动机起动过程、选择

表 10 kV电动机参数

参数描述	参数值
额定电压/kV	10
额定电流/A	123
额定容量/kW	1 800
满负载转速/(r/min)	2 975
堵转电流倍数	6.8
额定转矩/N·m	5 777
堵转转矩倍数	0.6
最大转矩倍数	2.6
电动机转动惯量/kg·m ²	16.9

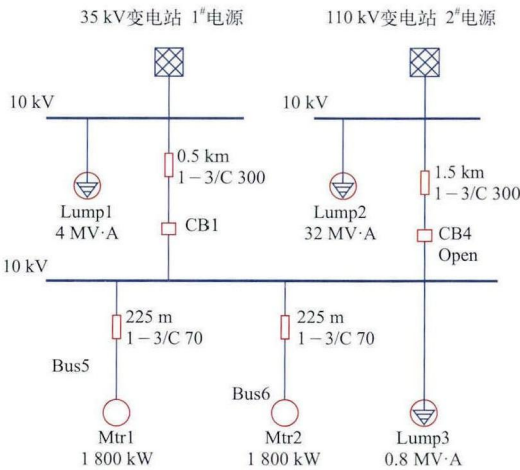


图1 热泵站ETAP模型

合适的起动方式，本工程对10 kV电动机进行了动态起动方式模拟。电动机动态起动需要的输入参数比较多，如铭牌参数、阻抗参数、电动机模型、惯性参数及负载模型等。部分电动机参数输入如图2~图4所示。

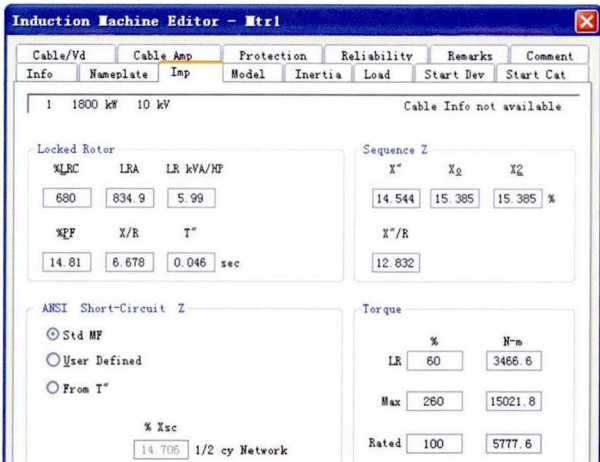


图2 电动机阻抗参数页

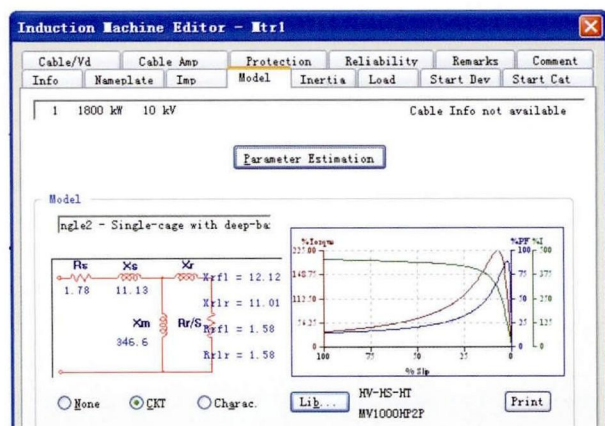


图3 电动机模型参数页

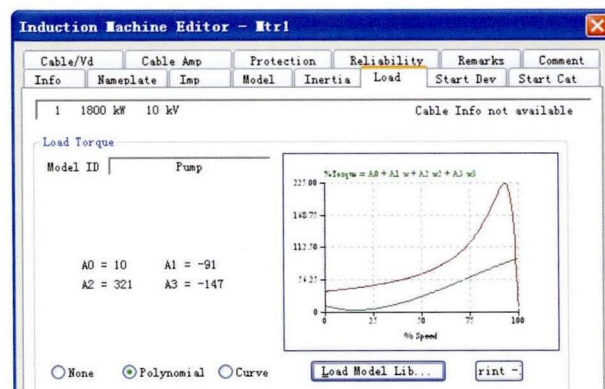


图4 电动机负载参数页

4.3 直接起动

由于110 kV变电站2[#]电源的系统容量大于35 kV变电站1[#]电源,且进线电源电缆较短,所以电动机起动只需校验1[#]电源供电时是否满足要求。

在全部负荷运行的情况下,电动机0.5 s时直接起动,仿真时间为30 s,电动机起动时的母线电压,电动机电流的实时曲线如图5~图6所示,图5中,纵坐标 V 为相对母线标称电压的百分比;图6中,纵坐标 I 为相对满载电流的百分比。

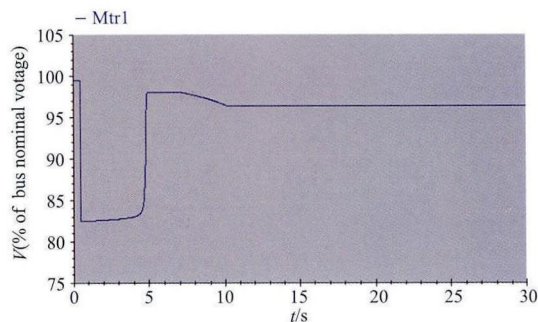


图5 电动机直接起动时母线电压

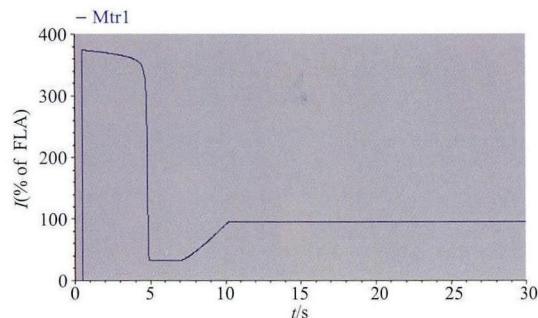


图6 电动机直接起动时线电流

通过仿真结果可知,1[#]电源供电时,1 800 kW电动机直接起动时的母线最低电压为82.4%,不满足规范要求,且起动电流较大。通过仿真可知,电动机需要使用起动设备。

4.4 星三角起动

模拟星三角起动方式,设定转速达到额定转速90%时进行星三角切换,电动机起动时的母线电压,电动机电流的实时曲线如图7~图8所示。

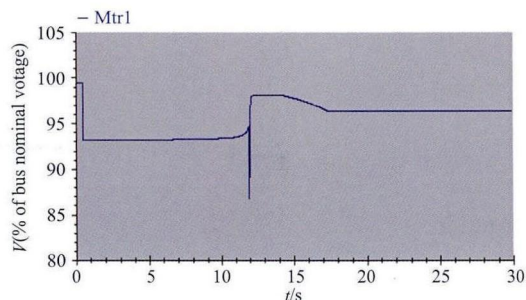


图7 电动机星三角起动时母线电压

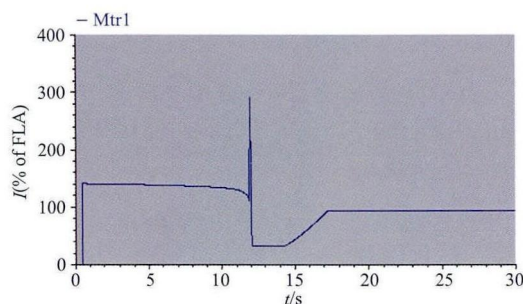


图8 电动机星三角起动时线电流

通过仿真结果可知,1 800 kW电动机星三角起动时的母线最低电压为85.4%,满足规范要求。母线电压和电动机电流在切换瞬间有冲击,但均在可接受范围。若母线上没有对电压变化率敏感

的负荷,可采用此方法起动电动机。

4.5 软起动

模拟软起动,选择电压控制方式,限制最大起动电流300%。电动机起动时的母线电压,电动机电流的实时曲线如图9~图10所示。

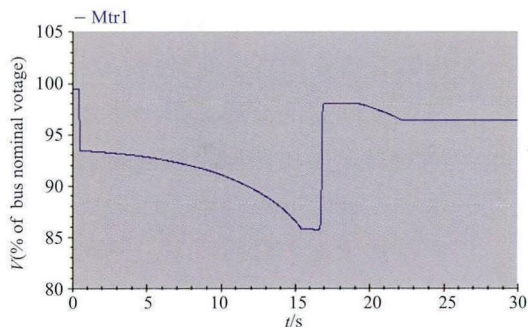


图9 电动机软起动时母线电压

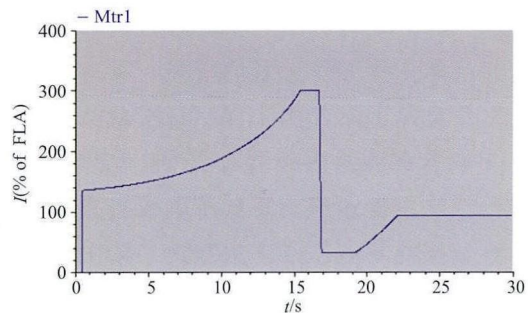


图10 电动机软起动时线电流

通过仿真结果可知,1 800 kW电动机软起动时的母线最低电压为85.15%,满足规范要求。母线电压和电动机电流变化相对平缓,没有母线电压突降和电流突增的情况,有较好的起动性能。

4.6 起动方式选择

本文根据工程实例,模拟了电动机起动动态过程,在电动机直接起动压降不满足压降要求的情况下,模拟了星三角起动和软起动,通过仿真可知星三角起动和软起动均满足规范要求,但是软起动有更稳定的起动性能,对其他负荷影响较

小,故本工程最终选择了软起动方式。

本工程于2015年12月正式投产运行,通过实测可知,1 800 kW电动机起动时的母线最低电压为85.83%,与ETAP计算值基本吻合,满足规范及设计要求。

5 结束语

选择适当的电动机起动方式可以提高母线电压,减小电动机起动对电网带来的冲击,达到提高电能质量的目的。ETAP软件提供了简单实用的模拟平台,为项目前期电动机起动方案的确定提供了可靠的依据。值得注意的是,虽然可以通过ETAP软件模拟选择合适的电动机起动方式,但是最终方案的确定还要同时考虑工艺要求、节能及投资等其他因素,根据各工程实际情况而定。

参考文献

- [1] 蒋平,赵剑锋,唐国庆.电能质量问题及其治理方法[J].江苏电机工程,2003,22(1):16-18.
- [2] 王宏生,张建国,张建军.电动机起动对电网电能质量的影响[J].电气技术,2007(9):45-47.
- [3] 李祥阳,陈万强,曹海泉,等.三相异步电动机起动方式的现状及发展趋势[J].当代化工,2013,42(3):349-350.
- [4] 王颖.中压电动机传统起动方式的危害性[J].大电机技术,2003(4):42-45.
- [5] 张海峰,董志,李正熙.异步起动永磁同步电动机优化设计与性能分析[J].电气工程学报,2016,11(11):47-51.
- [6] 甘世红,褚建新,顾伟.高压大功率异步电动机软启动性能的研究[J].电气传动,2008,38(1):11-14.

(收稿日期:2016-04-06) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告