

油田低压电网变频谐波的分析及治理

变频设备作为节能手段在油田生产中得到了大量应用,同时也给电网带来了谐波污染问题。调查分析表明,变频设备是油田低压电网的主要谐波源,实际应用中变频器输入端大都未采取有效谐波抑制措施,低压电网也未采取有效的谐波治理措施,造成了低压电网中谐波超标、供电质量差和供电可靠性低的问题。在对油田低压电网进行谐波测试分析及调查的基础上,分析了变频设备实际应用中存在的问题,同时开展谐波治理对策研究及现场应用。

陈学梅/大港油田采油工艺研究院

0 引言

近年来,作为一种节能手段,变频设备在油田得到了大量应用,在其带来显著节电效果的同时,也带来了一个负面问题——谐波污染。一方面大量谐波电流可以通过变压器进入上级电网,给上级电网可靠运行带来隐患;另一方面,谐波电流造成的电压畸变对系统上的其他设备运行构成威胁,造成设备无法正常启动或运行,设备使用寿命降低等问题。认识和掌握油田低压电网中谐波的构成情况,采取有效措施抑制变频器产生的谐波,在此基础上,采取合理的方式治理电网中的谐波,降低电网中的谐波,提高电网的供电质量及供电可靠性,是急需解决的问题。

1 油田低压电网谐波构成情况

变频器被广泛地应用于油田泵类负载中,站场是变频器大量集中应用的地方,功率一般从45~315 kW不等。为掌握油田低压电网谐波构成情况,对大港油田29个应用变频设备的站场低压系统进行了调查,同时开展了谐波测试分

析。调查结果表明,六脉冲整流的通用变频器是低压电网中的主要谐波源,测试分析表明如下。

1) 谐波分量主要为5、7次谐波。

2) 系统谐波电压。根据GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》测试的29个系统中,谐波电压总畸变率平均为3.68%,其中超过国家标准5%的有7个,谐波电压畸变率最高达到11.4%;5次谐波电压含有率平均为2.68%,其中超过国家标准4%的有8个,5次谐波含有率最高达9%。

3) 系统谐波电流。根据GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》测试的29个系统中,谐波电流超标的有4个;谐波电流畸变率平均为44.4%,5次谐波平均含有率为35.3%,7次谐波平均含有率为18.9%。

2 变频设备在应用中存在的问题

谐波给低压电网带来的危害是显而易见的,但合理的应用,谐波含量能控制在一定范围内。对站场低压电网进行调查后发现,变频器在实际应用中需要注意以下两个方面的问题。

1) 作为谐波源的变频设备本身采取的抑制谐波措施少。在电源和变频器输入侧之间串联交流电抗器,可以增加电源阻抗而有效抑制谐波,提高输入侧电源的功率因数,进线电流的波形畸变大约能降低30%~50%。实际调查结果表明,29个站场中除2个站外,其余27个站的变频器输入侧均未见安装输入电抗器。

2) 无功补偿设备的应用没有考虑谐



陈学梅/高级工程师

关键词/Keywords

变频设备·
谐波·
谐波抑制·
谐波治理·

波环境，谐波造成电容寿命降低，而补偿电容进一步放大了谐波。在谐波产生时，电容器阻抗降低，成为一陷流点，容易发生过电流、过电压等情况，加速电容器的损坏，降低其使用寿命。另一方面，电容器与电抗器的谐波阻抗发生变化，会导致系统发生串、并联谐振，对系统及电容器的安全运行造成威胁。因此，在谐波存在的情况下，无功补偿装置应串联一定比率的电抗。

无功补偿设备是站场低压电网的必备设备，29个站场低压系统的无功补偿设备运行状况进行调查后发现：①仅有8个系统无功补偿设备能正常投入运行，存在4处电容器严重烧毁、失效或衰减的情况；②无功补偿设备投入运行后，不同程度地放大了谐波。

补偿电容投入前后的谐波电压的对比情况，如表1所示。

表1 无功补偿设备投入前后谐波电压对比情况

(单位：%)

序号	测试项目	$V_1 h_5$	$V_2 h_5$	$V_3 h_5$	$V_1 h_7$	$V_2 h_7$	$V_3 h_7$	V_1 THD	V_2 THD	V_3 THD
1	唐家河1413侧（不带补偿）	2.3	2.3	2.3	0.9	0.9	1	2.9	2.9	3
	唐家河1413侧（带电容）	2.6	2.6	2.6	1.7	1.7	1.8	4.5	4.4	4.6
2	板五注（不带补偿）	4	4	3.6	2	1.1	1.6	4.8	4.8	4.3
	板五注（带电容补偿）	5	5.2	4.2	3.2	2.2	3.4	6.3	6.2	5.9
3	板三注配电室东侧（不带补偿）	2.5	2.8	2.7	3	3.4	2.2	4.1	4.6	3.6
	板三注配电室东侧（带补偿）	2.9	3.3	3.2	3	3.3	2.1	4.6	5.1	4.3
4	白一站2#注水箱式变（不带补偿）	4.4	4.2	4.1	2.3	2.3	2.1	5.4	5.3	5.1
	白一站2#注水箱式变（带补偿）	9	8.8	8.5	6.6	6.6	6.2	11.4	11.3	10.8

从表1可以看出，电容补偿投入后，5、7次谐波电压含有率及谐波电压总畸变率均有不同程度提高。

3 谐波治理技术的适用性

谐波治理技术大体上可以分为调谐、无源和有源滤波三种。调谐滤波与无源滤波都是针对系统中的某次谐波设计的被动滤波方法，由一定比率的电抗器和电容器串联组成。调谐滤波主要用于无功补偿，它也可以滤除少部分谐波；而无源滤波阻抗低，谐振频率靠近谐波频率，可滤除大部分谐波，但如果系统谐波分量复杂，必须针对不同谐波分量设计不同次数的滤波柜。

有源滤波是由电力电子器件组成的谐波发射装置，是一种主动滤波方法，它通过实时检测负载侧的谐波电流，主动跟踪产生等幅反相的谐波电流注入电网，从而净化电网电源，它可以实现任意阶次谐波的滤除。

三种滤波技术的对比如表2所示。

通过以上对比分析，可以得出，站场低压电网的谐波治理技术宜采用有源滤波的方式。主要原因：站场电力系统大都为双变压器，单母线分段接线方式，系统运行方式是可以发生变化的；站场生产系统基本采用闭环自动控制，根据来液量或压力等调节变频器输出频率，谐波分量动态

表2 三种滤波技术对比

对比项目	调谐滤波技术	无源滤波技术	有源滤波技术
成本	低	较高	高
滤波效果	差，少量特定次数谐波，受系统结构及负荷变化影响	较好，较多量特定次数谐波，受系统结构及负荷变化影响	好，任意阶次谐波
串并联谐振	可避免调谐频率以上的谐振	可避免调谐频率以上的谐振	不会产生谐振
装置可靠性	较高	谐振频率点发生转移时可能烧毁	较高
技术难度	简单	较复杂，对电容及电抗的制造技术及匹配要求严格	复杂
适用场合	以无功补偿为主，含少量谐波场合	谐波含量高，谐波分量、幅值相对稳定，系统、负荷相对稳定的场合	谐波分量多，谐波幅值动态变化，系统及负荷变化的场合

变化;此外,站场变频设备大都有两台以上,谐波含量较高,谐波分量多。

4 有源滤波技术的现场应用

马西油站低压配电室为单母线分段带联络的接线方式,两台315 kV·A的配电变压器分别为两段低压母线提供电源。该配电室所带变频器负荷为一台55 kW的输油泵、一台45 kW降压泵以及一台75 kW的掺水泵,其余为工频负荷。受生产方式影响,三台变频器运行会不断发生变化。

前期谐波测试发现,该站5次谐波电压含有率达到4.3%,总畸变率达到4.9%,超过国家标准。根据谐波电流测试情况,有源滤波器容量确定为100 A。

有源滤波器安装后,由于生产方式的变化,负荷变化范围很大,变频器运行频率从15~50 Hz,谐波含量变化也较大,有源滤波设备输出补偿电流能达到90 A以上,接近满负荷工作状态。

考虑到有一台变频器输入端未安装电抗,在该变频器输入端串入了阻值为4%的电抗器,串入电抗器后,有源滤波器输出补偿电流降低到50 A。

如表3所示,可以看出应用有源滤波技术后:谐波总电流从62.1 A下降到10.8 A,下降81%;谐波电压畸变率从4.3%下降到1.7%,下降60%;系统总功率因数从0.9提高到0.98,提高0.08。

表3 滤波前后系统谐波测试对比

对比项目	电流 总谐波 电流/A	电压 总畸变 率(%)	5次谐波 电压含量 (%)	5次谐波 电流含量 (%)	基波 功率 因数	总功率 因数
滤波前	62.1	4.3	3.9	26.6	0.95	0.9
滤波后	10.8	1.7	1.41	3	0.98	0.98
对比	-51.3	-2.6	-2.49	-23.6	+0.03	+0.08

如图1和图2所示,滤波前后的波形可以看出,系统大部分谐波被有源滤波器滤除。

5 结束语

油田在生产过程中大量应用了变频设备作为节能降耗的措施,不可避免地产生了谐波,谐波对站场低压配电系统产生的危害不容忽视,在谐波治理过程中,需要重点考虑以下对策:①变

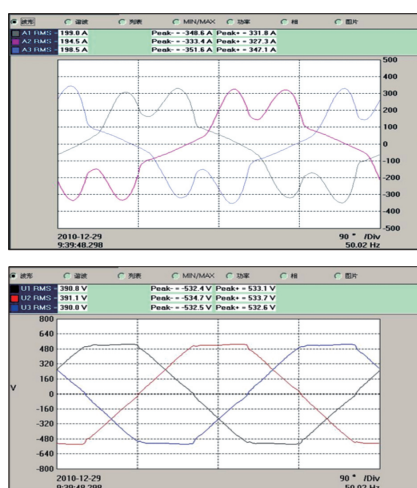


图1 滤波前系统电流、电压波形图

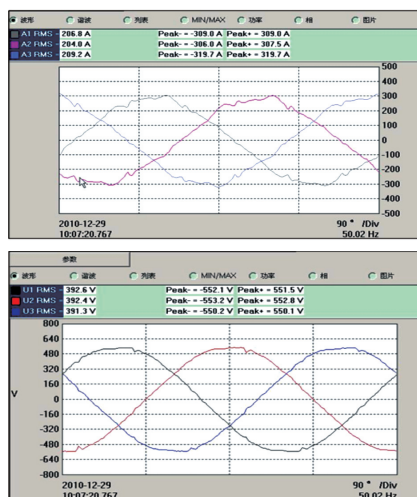


图2 滤波后系统电流、电压波形图

频设备的应用要规范,根据需要安装进线电抗器来降低变频设备向系统的谐波发射值。②对于含有变频设备的大站低压配电系统,如果应用无功补偿设备,要采取调谐滤波的方式,在电容器前端串联一定比率电抗器。③对于大站低压系统的谐波治理,应采取有源滤波的方式进行谐波治理,可以最大程度地降低系统中的谐波。

参考文献

- [1] George J W. 电力系统谐波——基本原理、分析方法和滤波器设计 [M]. 徐政,译. 北京:机械工业出版社,2003.
- [2] 周志敏,周纪海,纪爱华. 变频调速系统设计与维护 [M]. 北京:中国电力出版社,2007.

(收稿日期:2015-03-27) EA