

「配电」

电力系统节能方式浅析

文/大庆油田有限责任公司第二采油厂 衣辉 姚杰

介绍了电力系统能耗现状及系统构成,分析目前电网及用电设备能耗较高的原因,根据多年应用节能技术经验,从配电网优化方式、降低电动机自身损耗、提高变压器运行效率三方面提出整改措施,对配电系统的节能方式提出了合理化建议。

随着油田开发的不断深入,用电设备逐年增加,电量消耗也成递增趋势。配电系统耗电占油田系统耗电比例虽然不高,但数值庞大,以某厂为例,配电系统耗电占自用电的5.71%,消耗电量 $9\,581 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h}$,如果我们能够将其降低到国家规定的网损5%以内,可年节电 $1\,191 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h}$,因此配电系统节电潜力较大。

电力系统存在的主要问题

1. 用电设备负载率低

中国石油天然气集团公司油田节能检测中心对某厂部分在用油田设施进行了检测,转油站站用电机的平均负载率为74.17%,变压器负载率39.82%,整体满足油田能耗指标,但部分设备负载率较低。设备负载率低的原因主要有二方面:一是为满足油田生产需求以及减少资金的重复投入,油田地面建设选用设备的能力通常按一段时间内出现的最大负荷考虑,也就是说设备在一定时期是高负荷运行,其他时间由于生产运行工况的变化,负荷下降,负载率较低。二是设计选用拖动设备时,考虑拖动能力、保险系数等因素,拖动设备、配套电动机也均大于理论值。

设备负载率低对能耗的影响主要表现在以下方面。

(1) 电动机、变压器自身损耗所占比重加大

三相异步电动机的损耗主要有恒定损耗(包括铁心损耗及机械损耗)、负载损耗(铜耗)和杂散损耗。负载损耗大小取决于负载电流大小及

绕组中的电阻值,随负载变化而变化;而恒定损耗、杂散损耗与负载大小无关,因此电动机轻载就会加大自身损耗所占的比重。电动机额定功率越大,恒定损耗所占比重就越大。

变压器有功损耗是由铁损和铜损组成。铜损大小与变压器负载率的平方成正比,而铁损大小只与外加电压和频率有关,与负载大小无关,因此变压器轻载时自身消耗的有功功率比例就大。

(2) 系统功率因数下降较大

三相异步电动机为感性负载,在运行时所消耗的功率包括有功功率和无功功率两个分量。负载的变化直接影响有功功率的大小,而对无功功率影响却很微小。在实际运行中,电源供给电动机的总电流是有功电流和无功电流的矢量和,当电动机处于满负荷运行时,有功电流大,功率因数高,当负载下降时,有功电流小,无功电流基本不变,功率因数降低。

2. 配电线路布局不合理

(1) 供电方式为闭环供电,开环运行

某厂电力线路基本为闭环系统,开环运行,所有电力主干线均由2个以上变电所交互供电。即正常情况下,甲变电所供电,乙变电所备用,非正常情况则为乙变电所供电。此类供电方式能够确保我厂电力网的平稳运行,但是也造成了部分线路供电半径较大,线路损耗较高。如果我们改变运行方式,在线路中间安装1套真空断路器分段线路,然后采用变电所所有线路开关供电的方式,可以降低50%以上的网损。

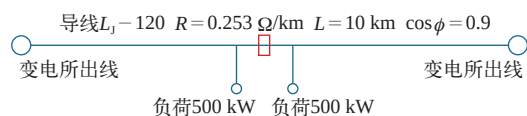


图1 负荷为1 000 kW时电能消耗图

以上图为例，由线损公式 $\Delta P_a = 3I^2 R \times 10^{-3} = (P^2 R / U^2 \cos^2 \varphi) \times 10^{-3}$ 计算得出，采用单段运行时，负荷为1 000 kW的导线消耗的功率为86.76 kW，分段运行时消耗的功率为43.38 kW，节能50%，节约功率消耗43.38 kW，按年运行330天计算，节能 34.4×10^4 kW·h。由于我厂线路负荷分散，如采用分段运行，节能效果将高于实际值。负载越大，线路越长，对应的线路损耗也越大，且负荷对线路损耗影响成平方关系。

(2) 部分供电线路走向不合理，并排线路距离变电所较远

通常变电所出线如图2所示，可甲、乙变电所分别供电，但部分变电所也存在图3所示出线，甲变电所线路经过较长的路径到达乙变电所，存在着很大的能耗损失。

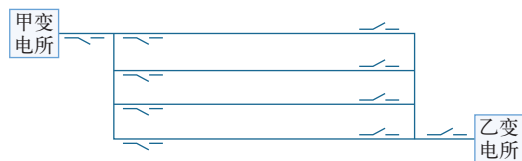


图2 电力线路示意图



图3 电力线路示意图

另外电力系统滚动开发，建设初期变电所少，线路的路径较长。随着变电所的逐年增加，线路数量也逐年增加，原来较长路径的线路越发显现出不合理性。

3. 电网质量影响用电设施损耗

(1) 电压波动对电动机各种损耗的影响

电压波动将对电动机的各种损耗产生影响，电动机满载或高负载率运行时，运行电压下降，电动机转矩下降，转差率变大，定子、转子的铜耗将增加，电动机的总损耗增加；电动机负载率较低时，由于电动机的铁耗与电压的平方成正比，电压升高将会增加铁损，同样损耗增加。

(2) 高次谐波电流对异步电动机和配电线路

损耗影响

电网中有许多用电设备是非线性负载，这些负载将产生高次谐波电流并注入供电网络，从而在系统的阻抗上产生出相应频率的高次谐波电压，使系统电压波形畸变。高次谐波对用电设施影响非常大，对于电动机而言，将产生频率较高的旋转磁场，使杂散损耗剧增，局部产生过热，甚至烧坏电动机；对变压器而言，造成变压器铁心中磁通量的减少和变压器绕组中导线的趋肤效应加大，也就是最通常的铁损、铜损增加，工作温度上升，降低效率；对于导线和电缆而言，电阻会随着频率的升高而增加，又由于导线中趋肤效应的作用，谐波会使得用户自身供电系统中导线的附加损耗增加。尤其值得注意的是这类谐波还会使三相供电系统中的中性线的电流增大，导致中性线过载。

解决方案

1. 提高用电设备负载率

(1) 降低用电设备自身损耗

电动机方面：一是合理选型，更换容量较小的电动机，提高负载率；二是更换为节能型电动机，如YX系列电动机、高滑差电动机，淘汰高能耗的老式电动机；三是采取调速技术降低电动机转速节能。

变压器方面：一是调整变压器负载率。第一降低变压器容量；第二整合负载，提高变压器负载率。二是采用节能型用变压器。目前在大庆油田普遍应用的变压器有S11、SH11系列，另外还有新型变压器S13系列。

(2) 提高系统功率因数

调整设备负载率到最佳值可提高设备自身功率因数，另外还可通过安装无功补偿装置来提高系统功率因数，降低配电线路损耗，节约电能。针对油田实际情况，安装的方式主要有以下四种。一是抽油机低压侧就地安装补偿装置；二是低压屏或变压器低压侧安装补偿装置；三是6 kV线路末端或分支线路末端安装6 kV补偿装置；四是变电所安装6 kV补偿装置。

2. 改变配电线路布局方式

一是双回路并网运行操作简单。

二是改变供电路径，减少供电半径。

三是用电负荷尽量靠近线路始端。

四是在每条6 kV线路中端附近加装真空断路器

器,正常情况下分段运行,检修时还可采用原运行方式。

3. 加强电网质量治理

一是谐波治理。常规手段有采用D, yn11接线组别的配电变压器,可有效减少3、9次谐波;安装滤波器滤除5、7、11次谐波,分有源滤波器和无源滤波器两大类。

二是电压治理。对线路末端电压较低而负载率较高的用电设备提高电压,使之达到需求值,对线路始端电压较高而负载率较低的用电设备降低电压,使之运行经济电压范围内。

现阶段各类方案的可行性分析

1. 提高设备负载率

(1) 降低用电设备自身损耗

1) 电动机方面。某注水站安装液体黏性调速离合器试验可以看出,日注水量在3 800 m³时,DF255泵安装液黏后注水单耗为8.21 kW·h/m³,而DF155泵没有采取任何节电措施时的单耗为8.0 kW·h/m³,因此电动机、泵与工艺流程的合理匹配最为重要。

2) 变压器方面。一是节能变压器的选用。我们对S9、S11、S13、SH11变压器的能耗情况进行了理论计算,50 kV·A和630 kV·A变压器负载率按照40%和75%考虑,结果显示:以目前的电价和变压器价格,更换S7变压器的投资回收期很长,不符合国家对更换节能变压器5~7年回收期的要求;新选用变压器时,S13变压器投资回收期最短,SH11变压器最长,但节电效果最好,如果价格降到合理范围内,应为首选。二是变压器调整,使负载率在合理范围内。大容量低负载的变压器可更换为容量小些的变压器,距离较近的抽油机井可共用一台容量较大的变压器,原则上井间变压器对调,电缆长度变化不大。

(2) 提高系统功率因数

目前安装的各种电容器无功补偿装置使用寿命均很短,主要有以下原因:一是抽油机在运行中存在发电现象,对电容器的损坏起决定作用。调整抽油机的平衡率可降低电容器损坏,还可采取在发电和拖动状态下实现电容器自动切换的装置,确保稳定运行;二是低压屏和6 kV线路存在谐波,无功补偿装置没有谐波保护部分,易形成谐振损坏。将谐波治理和提高线路功率因数综合考虑,可将电容器分3组或4组,其中3组串接电抗

器,以消除电网中5、7、11次谐波,电抗器容量分别为 $X_{c1}/25$ 、 $X_{c2}/49$ 、 $X_{c3}/121$ 。

另外补偿点应尽量靠近负荷或负荷集中区,如果负荷分散,则宜选择线路末端和其它最佳补偿点。

2. 改变配电线路布局方式

双回路并网运行操作简单,无需对电网再改造,易执行,但发生故障时两侧均跳闸,不易找出故障点,6 kV线路中端附近加装真空断路器增加了投资,生产操作不便,但对安全生产无影响,可为各有利弊。

改变供电路径,用电负荷尽量靠近线路始端,减少供电长度,缩短供电半径。

3. 加强电网质量治理

(1) 谐波治理

建议采用D, yn11接线组别的配电变压器;6 kV线路和有变频器的多高低压线路采用多组L、C并联的无源滤波方式,也可采用有源滤波器,但投资较高,推广难度大。

(2) 电压治理,缩小压降

对压降较大的线路主要有以下三种可实施方法:一是缩短供电半径,线路分段运行;二是提高线路功率因数,线路末端安装无功补偿装置;三是末端电压升高后,降低变电所出线电压。

几点认识

1) 油田耗电的主体为各类泵,电动机、变压器、配电线路只是确保其正常运行的配套设施,如果能够通过系统优化、改进工艺流程来减少泵类运行,如通过低温集输减少掺水量,停运掺水泵,对配电系统也会节能,可以说工艺方面的节电,产生的节电效果是连锁的。

2) 机泵与工艺流程的合理匹配在地面系统节能方面至关重要。最佳负载率时为经济运行,设备耗电,负载变化范围较大或无法最佳匹配时,可采取变频调速等技术措施节约电能,使之工作在合理的能耗区域内。

3) 油田配电线路携带负荷较多,耗电点分散,以致供电半径较长,功率因数较低。实施网络优化、配电网调整可节约大量电能,但由于配电网所带负荷相互交叉,供电方式经常调整,局部网络优化易实现,但不是最佳,整体网络优化难度大,不易实现,需慎重。EA

(收稿日期:2018.04.13)

(编辑:白文亭)