配电变压器节能管理相关问题探讨

访国网河南省电力公司鹤壁供电公司高级工程师牛迎水

■ 杨 帆/本刊记者

牛迎水 高级工程师
国网河南省电力公司鹤壁供电公司

配电变压器的运行能效与其技术参数、额定容量、负载系数、运行电压和功率因数有关。

配电变压器是国民经济各行各业和社会团体中广泛使用的电气设备，是电力装备中重要的耗电元件，使用量大、运行时间长。在当前的中压配电网中，普遍存在着配电变压器由于高压或低压侧没有计量，使得配电变压器的损耗率无法统计，不清楚变压器运行期间的损耗率或能效状态，也不清楚变压器的损耗率标准，使得变压器降损节能管理缺失。配电变压器的运行能效是指电能在变压转换过程中的效率，它与损耗率指标是反向的，即变压器的效率越高、损耗率就越低。如何判别配电变压器的运行状态？如何管控变压器的损耗率？如何识别节能型变压器？如何选出经济额定容量实现配电变压器高效经济运行？提高配电变压器的运行能效的措施有哪些？带着这些大家广泛关注的问题，本刊记者特别采访了国网河南省电力公司鹤壁供电公司高级工程师牛迎水，请他就相关问题予以解答。

配电变压器损耗率的管控

***电气应用：**您好！首先非常感谢您接受本刊的专访。请问评定配电变压器的经济运行标准都有哪些？配电变压器的运行区界如何界定？实际工作中如何判别变压器的运行状态？*

***牛迎水：**目前，变压器经济运行标准为GB／T 13462—2008《电力变压器经济运行》。依据该国标，配电变压器的综合损耗率与负载系数（平均输出视在功率与额定功率之比，如果用百分数表示，也称为负载率）构成一个函数关系，其图形像一个弯度稍大的对勾形状曲线。在该曲线上，把变压器运行区界定为三个区域：①经济运行区。是指综合功率损耗率等于或低于变压器额定负载时的综合功率损耗率的负载区间，即满载状态（负载系数为1）条件下变压器所对应的综合损耗率值及以下的负载区间。②最佳经济运行区。是指综合功率损耗率接近变压器经济负载系数时的综合功率损耗

中国知网 https://www.cnki.net

率的负载区间，并规定经济负载系数上限为0.75，因此负载系数0.75所对应的综合损耗率值及以下的负载区间均属于最佳经济运行区。③非经济运行区。是指综合功率损耗率高于变压器额定负载时的综合功率损耗率对应的低负载运行区间。在实际工作中，通常把负载系数超过0.8的运行状态称为重载状态；负载系数等于1的状态称为满载状态；负载系数大于1的状态称为过载状态；负载系数小于0.2的状态称为轻载状态，该状态下，变压器最可能运行到非经济运行区。因此，实际工作中只要掌握变压器运行时的负载系数所处的区间，即可判别出变压器的运行状态。

电气应用：配电变压器的综合功率损耗包括哪些内容？其额定损耗率的标准是什么？

牛迎水：配电变压器的综合功率损耗包括变压器运行时的固定损耗（也称空载损耗）、可变损耗（也称负载损耗）以及由于变压器自身无功功率消耗使其受电网增加的有功功率损耗三部分。关于变压器额定损耗率标准，国标至今没有给出明确定义。为了方便日常变压器运行损耗的管理，本人认为变压器的额定损耗率应该确定为在额定负载、额定电压、功率因数为0.9及负载波动损耗系数为1的状态下节能型变压器的综合损耗率。

电气应用：配电变压器的能效标准等级都有哪些？哪些型号属于节能型配电变压器？

牛迎水：根据GB 20052—2013《三相配电变压器能效限定值及能效等级》规定，配电变压器的能效等级分为3级：1级损耗最低、能效最高；2级为节能评价值；3级为能效限定值。其中，2级能效等同于市场上应用的S13（SC13）或非晶合金SH15（SHC15）型，属于节能型配电变压器；3级能效等同于S11或SC10，属于普通型；S10及以下序列配电变压器均属于高能耗配电变压器。

电气应用：如何管控变压器运行时的损耗率？

牛迎水：上面谈到变压器的损耗率标准是以S13节能型变压器为基准来推算的，比如小容量30 kV·A、50 kV·A、63 kV·A、80 kV·A及100 kV·A配电变压器的损耗率标准值分别为2.96%、2.56%、2.43%、2.30%和2.22%，当负载系数为0.75时，上述损耗率可乘以0.81估算；当负载系数为0.5时，上述损耗率可乘以0.64估算。中容量125 kV·A、160 kV·A、200 kV·A、250 kV·A、315 kV·A及400 kV·A配电变压器的损耗率标准值分别为2.13%、2.03%、1.93%、1.83%、1.74%和1.63%，当负载系数为0.75时，上述损耗率可乘以0.80估算；当负载系数为0.5时，上述损耗率可乘以0.63估算。可见，变压器的损耗率随着变压器容量的增大而变小，随着负载系数的变小而减小。根据这些特性，在实际工作中，要均衡变压器负载，在保证变压器不轻载的条件下，尽可能选择或投运大容量变压器，减小了负载系数，线损率自然下降。事实上，变压器运行时，不同的运行负载存在着最优额定容量问题，找到了经济额定容量，就可以实现变压器运行损耗率最低。

配电变压器经济额定容量选择

电气应用：影响变压器综合损耗率的关键因素有哪些？怎样才能实现变压器运行损耗率最低？

牛迎水：影响变压器综合损耗率的因素有两大方面。一方面是变压器的静态额定参数，包括空载损耗、负载损耗、空载电流、短路阻抗和额定容量；另一方面是变压器的动态运行参数，包括负载系数、功率因数、负载波动损耗系数和无功经济当量。其中功率因数、负载波动损耗系数和无功经济当量是相对稳定的，因此，负载系数决定了变压器损耗率的大小，负载系数是指变压器平均输出的视在功率与变压器额定容量之比，是影响变压器综合损耗率大小的关键。前面谈到变压器的综合损耗率随负载系数呈现对勾型的曲线变化关系，该曲线有一个最低点即变压器损耗率最小点，此时所对应的负载系数称为经济负载系数。要实现变压器运行损耗率最低、最经济高效，只要保持变压器运行负载系数最接近经济负载系数，就可以实现。变压器经济负载系数等于其空载损耗与负载损耗（若考虑负荷波动影响，负载损耗要乘以负荷波动损耗系数）之比的平方根，就S13节能型配电变压器来讲，其经济负载系数范围为0.25~0.33，S11普通型配电变压器的经济负载系数范围为0.25~0.35，可见，在选用配电变压器时，只要弄清楚变压器平均输出视在功率，即可根据经济负载系数推算出其所对应经济容量，在变压器额定容量序列中选择最接近该推算经济容量的配电变压器即可，可称该额定容量为经济额定容量。举例说明，一个平均23 kV·A的负载，要选择高效运行变压器，按照经济负载系数0.25，可初略推算出其所对应的变压器经济容量为92 kV·A，则与之接近的配电变压器额定容量为100 kV·A，称其为经济额定容量，对应配电变压器规格型号为S13-100 kV·A。

电气应用：一个平均23 kV·A的负载，按照传统的选择变压器容量方式，选用30 kV·A、50 kV·A变压器就足够了，

中国知网 https://www.cnki.net

若选择100 kV·A配电变压器，那不是多投资了吗？

牛迎水：按照传统配电变压器容量选择方式，平均23 kV·A的负载选择30 kV·A配电变压器，其负载系数约为0.76，接近变压器最佳经济运行上限，完全没有问题。那么这样选择是不是最高效、最经济呢？下面以S13型30 kV·A、50 kV·A、63 kV·A、80 kV·A和100 kV·A配电变压器为例，取功率因数0.95、负载波动损耗系数1.1，做一个测算。根据以上条件，可以做出如下图所示的变压器损耗率的负载特性对勾曲线图型。图中，圈内负载数据为23 kV·A。

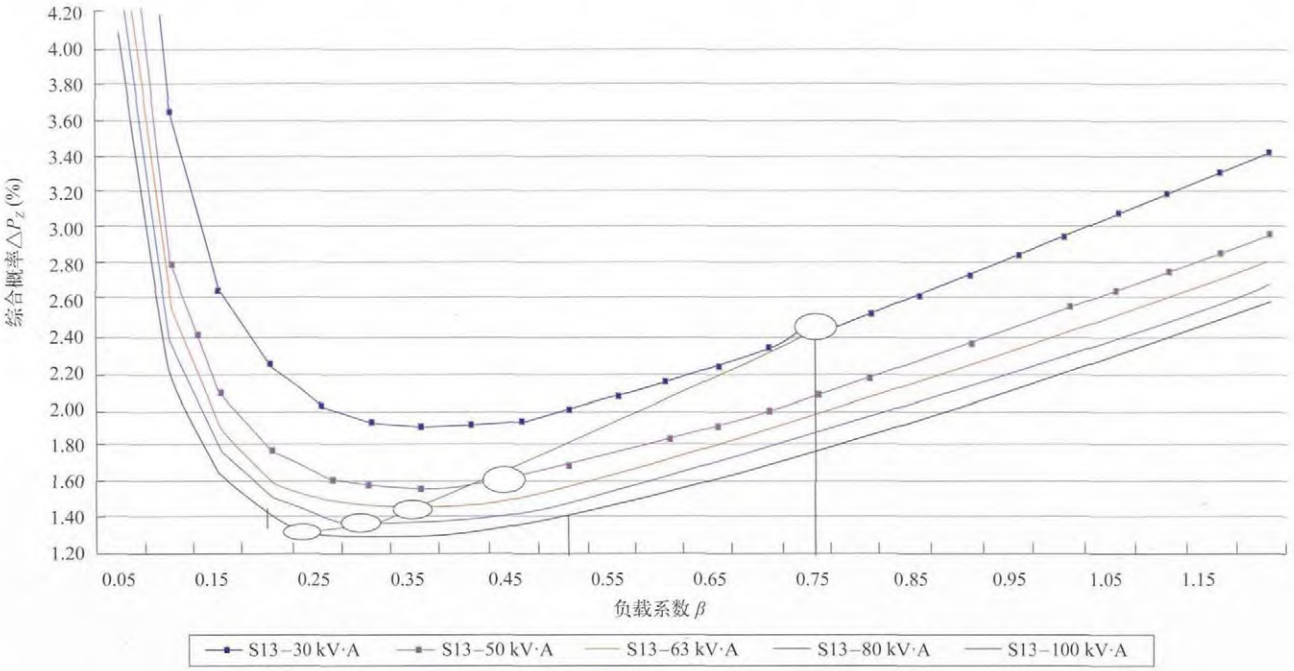

图 S13-30~100 kV·A变压器损耗率的负载特性图

同样23 kV·A的平均负载，选择30 kV·A的配电变压器时，其负载系数为0.76，对应的损耗率为2.42%；选用50 kV·A的配电变压器时，其负载系数为0.45，对应的损耗率为1.61%；选用63 kV·A的配电变压器时，其负载系数为0.357，对应的损耗率为1.45%；选用80 kV·A的配电变压器时，其负载系数为0.28，对应的损耗率为1.37%；选用100 kV·A的配电变压器时，其负载系数为0.23，最接近经济负载系数，对应的损耗率为1.35%，损耗率最低。按照年供电量20.1万kW·h计算，与选择30 kV·A配电变压器对比，选择50 kV·A的配电变压器时，节电1 628 kW·h/年；选择63 kV·A的配电变压器时，节电1 950 kW·h/年；选择80 kV·A的配电变压器时，节电2 111 kW·h/年；选择100 kV·A的配电变压器时，节电2 151 kW·h/年。S13型30 kV·A、50 kV·A、63 kV·A、80 kV·A和100 kV·A配电变压器的市场参考价格分别为：1.13万元、1.33万元、1.48万元、1.67万元和1.86万元。若均价按照0.6元/ kW·h计算，年节电收益冲抵购买较大容量变压器价差的静态回收期分别为2年、3年、4.3年和5.7年，而变压器全寿命周期通常为20年，可见选择经济额定容量100 kV·A配电变压器，与30 kV·A的配电变压器相比，虽然多投资了0.73万元，但运行5.7年以后，其节能效益即可冲抵这些投资，即高效又经济。S13-100 kV·A配电变压器的高效负载系数范围为0.2~0.5。

上述案例的启示：①小容量变压器运行高损低效，国家相关部门应该研究油浸式小容量（30 kV·A、50 kV·A、63 kV·A和80 kV·A）配电变压器存在的必要性，建议减少或缩减不必要的容量系列；②变压器经济运行区的重新划定，国标规定负载系数小于或等于1即是变压器的经济运行范围，事实上在当今节能型配电变压器技术条件下，负载系数小于0.5（但需要大于0.15）才是高效经济合理的运行状态。这不仅仅是经济高效问题，而且规避了负载系数大于0.75后所发生的变压器重载、满载甚至过载引起的变压器发热烧损故障，可减少配电变压器的维修成本。

配电变压器的降损增效措施

电气应用：如何提高配电变压器的运行能效？

牛迎水：配电变压器的运行能效与其技术参数、额

中国知网 https://www.cnki.net

定容量、负载系数、运行电压和功率因数有关。要降低变压器运行损耗、增加效益，必须从以下几个方面开展工作。

1）选用节能型配电变压器是提高配电变压器运行能效的基础。配电变压器节能性越高，其空载损耗与负载损耗值越小，并且励磁电流也越小，越有利于配电变压器运行能效的提高。因此要坚决淘汰高耗能变压器，逐步替换普通型配电变压器，优先选用节能型变压器。

2）负载系数是决定变压器损耗率高低的关键，根据平均运行负载选择经济额定容量，即可实现变压器高效经济运行。在日常的变压器运行管理中，可合理调配电变压器负载，保持变压器负载系数在0.2~0.5之间。这里面需要引起注意的是，受国家电费政策影响，对于315 kV·A及以上变压器，每月都收取容量电费，并且按照供电设计要求必须配置高压开关柜来控制，因此当经济额定容量超过315 kV·A时，要综合考虑节能与投资的平衡点，在条件许可的情况下，建议将负荷分区，采用“小经济额定容量、多布点”方式，将高压电源分散引入到不同的负荷中心、减少低压供电半径，必将产生非常大的降损效果。

3）保持合格的变压器运行电压是确保变压器高效运行的前提。当系统电压偏低时，依靠调节变压器分解开关调压虽然输出电压得到改善，但增加了变压器的自身损耗。

4）实施配电变压器动态无功精细化自动补偿，提高配电变压器功率因数。变压器的损耗率与功率因数成反比，功率因数越高，配电变压器损耗率越低，能效越高。变压器无功平衡不仅可以提高变压器功率因数，降低变压器运行损耗率，同时还可以减少无功在电网中的流动，降低电源侧电网线损率。因此，要加强配电变压器无功管理，应用配电变压器静态无功发生器（SVG）等先进的动态无功补偿装置实施无功精细化自动补偿，尽可能保持配电变压器功率因数在高峰负荷期间不低于0.95，低谷负荷期间在0.9~0.95之间。EA

全新改版

色彩丰富 凸显主题

2015《电气应用》以鲜明色彩和新颖版式呈现精彩内容，力求赏心悦目。

栏目设置 独具风格

坚持继承与开拓并举，以丰富内涵充实经典栏目，持续深化面对面、专家访谈、EA经理人等栏目，密切关注电气技术的发展和应用。

专家点评 精辟深刻

每期都将围绕一个热点话题，隆重推出一场专题讨论的盛宴，共邀知名专家、产品用户和生产厂家汇聚一堂，针对焦点问题作出评析。

行业案例 生动丰富

关注电力、建筑、石化和冶金等电气行业应用，以典型深刻的案例分析、方案设计构建技术互动的空间，促进应用经验交流。

国内邮发代号：82-341 国外发行代号：M1409

每期定价：15.00元 全年定价：360.00元

电气应用 盛情呈现

2015

中国知网 https://www.cnki.net