

变压器经济运行下的基本电费结算方式选择

柏小丽, 李京航, 阳红英, 谭富铭
(国网泸州供电公司, 四川 泸州 646000)

摘要: 变压器在整个电网运行中占有举足轻重的位置, 开展变压器经济运行是实现电力系统安全运行的重要环节。算例分析了在考虑变压器经济运行时, 大工业客户如何对基本电费结算方式做出选择, 使供用电双方的经济效益达到共赢。

关键词: 变压器; 经济运行; 两部制电价; 基本电费

Abstract: Transformer is an important part in the operation of power grid, and the implementation of its economic operation is an important link of the safe operation of power system. The example analyzes how to choose the way of basic charge settlement for large industrial electricity customer when considering economic operation of transformer so as to make power supplier and electricity customers achieve a win-win situation.

Key words: transformer; economic operation; two-part tariff; basic charge

中图分类号: TM401+.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2016)04-0037-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.04.006

0 引言

电价是电力这个特殊商品在电力企业参加市场经济活动, 进行贸易结算的货币表现形式, 是电力商品价格的总称。电价作为电力市场的支点, 对促进市场竞争提高电力系统运行效率和实现资源优化配置起着十分重要的作用。现行电力销售电价是根据电力生产的特点和用户用电类别的特性, 并考虑国家不同时期的产业政策, 按照公平负担的原则科学合理制定的。现行的销售电价分为单一制电价和两部制电价。单一制电价又称直线电价, 以用户安装的电能表读数, 作为每月实际用电量, 作为计算电费的依据。两部制电价是把电价分成两部分: 一部分是以客户接入系统的用电容量(或需量)计算的基本电价; 另一部分就是以客户计费电能表所计算电费的电度电价, 与用户的设备容量无关, 只与耗用的电量有关。两部制电价是当今世界各国普遍采用的一种先进的电价制度, 它可以充分发挥经济杠杆作用, 有利于促进供用电企业提高效率和优化电源结构。同时使客户合理负担费用, 保证电力企业财政收入。按照两部制电价收取电费时, 基本电费收取的方式有以下两种:

1) 容量收取基本电费: 基本电费(元) = 变压器

容量(kVA) × 基本电价(元/kVA);

2) 需量收取基本电费: 基本电费(元) = 需量值(kW) × 倍率 × 基本电价(元/kW)。

1 变压器经济运行

开展变压器经济运行是实现电力系统安全运行的重要环节。变压器经济运行是指在传输电量相同的条件下, 通过择优选取最佳运行方式和调整负载, 使变压器电能损失达到最低。变压器在变压和传递电功率时, 其自身要产生有功功率损耗和无功功率消耗。变压器的有功功率损耗 p 由空载损耗 p_0 和负载损耗 $\beta^2 p_k$ 两部分组成。

$$p = p_0 + \beta^2 p_k \quad (1)$$

式中: β 为负载率, 为变压器实际负载容量与变压器容量比值; p_0 为变压器空载损耗; p_k 为额定电流下的负载损耗。

在传输相同功率的前提下, 有效降低变压器损耗是经济运行的关键。因此, 变压器经济运行的本质是要降低损耗, 提高输出效率。变压器效率 η 可按式(2)计算。

$$\eta = \frac{\beta S_N \cos \varphi_2}{\beta S_N \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k} \times 100\% \quad (2)$$

式中: S_N 为变压器额定容量; $\cos \varphi_2$ 为变压器负载侧

功率因数^[1-2]。

表1 变压器经济运行负载率

型号	容量 /kVA	高压 /kV	低压 /kV	有功空载 /kW	有功负载 /kW	负载率
S9	30	10	0.4	0.13	0.60	0.465 5
S9	50	10	0.4	0.17	0.87	0.442 0
S9	63	10	0.4	0.2	1.04	0.438 5
S9	80	10	0.4	0.25	1.25	0.447 2
S9	100	10	0.4	0.29	1.50	0.439 7
S9	125	10	0.4	0.34	1.80	0.434 6
S9	160	10	0.4	0.4	2.20	0.426
S9	200	10	0.4	0.48	2.60	0.429 7
S9	250	10	0.4	0.56	3.05	0.428 5
S9	315	10	0.4	0.67	3.65	0.428 4
S9	400	10	0.4	0.8	4.30	0.431 3
S9	500	10	0.4	0.96	5.15	0.431 7
S9	630	10	0.4	1.2	6.20	0.439 9
S9	800	10	0.4	1.4	7.50	0.432 0
S9	1 000	10	0.4	1.7	10.30	0.406 3
S9	1 250	10	0.4	1.95	12.00	0.403 1
S9	1 600	10	0.4	2.4	14.5	0.406 8
S11	30	10	0.4	0.098	0.68	0.379 6
S11	50	10	0.4	0.133	0.977 5	0.368 9
S11	63	10	0.4	0.154	1.19	0.359 7
S11	80	10	0.4	0.175	1.402 5	0.353 2
S11	100	10	0.4	0.203	1.70	0.345 6
S11	125	10	0.4	0.238	2.082 5	0.338 1
S11	160	10	0.4	0.273	2.422 5	0.335 7
S11	200	10	0.4	0.329	2.975	0.332 5
S11	250	10	0.4	0.399	3.40	0.342 6
S11	315	10	0.4	0.476	4.08	0.341 6
S11	400	10	0.4	0.567	4.93	0.339 1
S11	500	10	0.4	0.679	5.865	0.340 3
S11	630	10	0.4	0.805	6.885	0.341 9
S11	800	10	0.4	0.98	8.415	0.341 3
S11	1 000	10	0.4	1.155	9.86	0.342 3
S11	1 250	10	0.4	1.365	11.73	0.341 1
S11	1 600	10	0.4	1.645	14.025	0.342 5

令 $\frac{d\eta}{d\beta} = 0$ 可得

$$S_N \cos\varphi_2 (\beta S_N \cos\varphi_2 + p_0 + \beta^2 p_k) - S_N \cos\varphi_2 (S_N \cos\varphi_2 + 2\beta p_k) = 0 \quad (3)$$

由此算得效率最大时的负载率为

$$\beta = \sqrt{p_0/p_k} \quad (4)$$

或
$$S = \sqrt{p_0/p_k} S_N \quad (5)$$

对于实际使用的变压器,变压器的空载损耗已固定不变,而负载率变化较大。为了实现电网的节能降耗,应该调整变压器负载率,力求负载率在靠近最大效率负载点附近运行,这是变压器经济运行的原则^[3-4]。

2 各类变压器的经济运行负载率

由公式(4)可知,变压器经济运行负载点是由变压器固有结构特性和负载损耗决定的。各类变压器经济运行负载率见表1。

从表1可以看出,各种型号的变压器经济运行时的负载率都不相同,但变压器只有在最大负载效率负载点附近运行,才能使变压器损耗更低,实现电网的节能降耗。

对于大工业的电力用户而言,总的支出电费包含了电度电费、基本电费、基金电费、功率因数力调电费,其中基本电费的支出占总电费的很大比例。基本电费分为容量方式结算和需量方式结算,而一旦客户对基本电费结算方式做出了选择,容量方式计费的基本电费就已经确定,而需量方式计费的基本电费随着用电负荷的变化而变化^[5-6]。如何在考虑变压器经济运行方式和客户用电负荷时,对基本电费结算方式做出选择,下面结合实际算例进行分析。

3 算例分析

3.1 不考虑变压器经济运行的基本电费结算方式

某水务集团公司用电性质为大工业用电,其装机容量为1台S9-160kVA和1台S9-250kVA电力变压器,三班制生产,无功补偿装置为自动投切(即力调电费有奖有罚)。电流互感器变比为30/5A,电压互感器参数为10/0.1kV。如按需量收取基本电费,电力公司与电力客户合同协商核定的需量值为170kW(核定需量值应不小于变压器容量的

40%)，基本电费的收取单价为39元/kW；如按容量收取基本电费，基本电费的收取单价为26元/kVA。2014年1月~6月每月25日高压需量表计的抄见需量及结算电量电费见表2。

对表2数据进行分析：

如果按照需量缴纳基本电费，1月份的结算需量为180.68kW，而核定的需量值为170.00kW，未超过核定需量的105%时，按照核定需量收取基本电费；超过核定需量值的105%时（即178.50kW），超过部分按照双倍收取基本电费。1月份的基本电费为 $170.00 \times 39 + (181.68 - 178.5) \times 2 \times 39 = 6\,878.04$ （元）。若按照容量缴纳基本电费，其基本电费为 $(160 + 250) \times 26 = 10\,660.00$ （元）。在1月份，用户选择按照需量缴纳基本电费比较节约成本。

同理可以分析出该年度2月~6月用户都选择按照需量缴纳基本电费比较的经济。

当夏季来临或者企业生产量增加，电力用户的用电量就要增长。如7月份，其用电量的突涨，导致其需量值远远超过合同的核定需量，按照需量缴纳的基本电费比容量缴纳的基本电费多。在7月，用户按照容量缴纳基本电费比较节约成本。这里可以分析出一个需量收取的临界点，即当需量值为0.383611kW·h，需量方式收取的基本电费与容量方式收取的基本电费相同。当需量值大于这个临界点时，用户应该选择容量方式收取基本电费。

以上的分析都是以考虑用户的经济利益为前提制定的基本电费结算方式。现分析在考虑变压器经济

运行方式和用户利益时，其基本电费的结算方式。

3.2 考虑变压器经济运行的基本电费结算

由所给的算例可知该电力用户运行1台S9-160kVA和1台S9-250kVA电力变压器，由公式(4)和表1中的数据可知，当S9-160kVA变压器经济运行时，其负载的容量为 $160 \times \beta = 160 \times 0.4264 = 68.22$ （kVA）；S9-250kVA变压器经济运行时，其负载的容量为 $250 \times \beta = 250 \times 0.4285 = 107.12$ （kVA），两台变压器同时经济运行时，负载容量为175.34kVA。即该电力用户负载容量为175.34kVA时，变压器的损耗最低，其运行最经济，输出的效率最高。

以1月份为例，当无功补偿设备为自动投切，功率因数为0.95时，考虑变压器经济运行的核定需量值为 $175.34 \times 0.95 = 166.57$ kW，核定需量的105%为 $166.57 \times 105\% = 174.9$ kW，1月需量方式收取基本电费为7025.06元。同理可以计算出2月至7月需量值和电量电费，见表3所示。

表3的数据与表2的数据相比较，可以看出：在高压表计抄见需量值相同的条件下，考虑变压器经济运行、最大出力 and 功率因数时的结算基本电费要比单纯的计算结算基本电费多。

比较2月份至7月份的数据，每个月份的需量收取基本电费值比表2中的基本电费多，其原因为电力公司与用户的核定需量值不仅与变压器的选择有关，还受无功补偿的影响。

从表3数据中可以看出该水务集团的用电量已经超出了两台变压器经济运行的范围。如果该客户

表2 需量和电量电费

月份	每月抄见需量/kW	倍率	结算需量值/kW	核定的需量值/kW	未超核定的需量范围值/kW	需量收取基本电费/元	容量收取基本电费/元	功率因数
1月	0.30280	600	181.68	170.00	178.50	6878.04	10660.00	0.95
2月	0.32160	600	192.96	170.00	178.50	7757.88	10660.00	0.92
3月	0.30110	600	180.66	170.00	178.50	6798.48	10660.00	0.91
4月	0.29670	600	178.02	170.00	178.50	6630.00	10660.00	0.89
5月	0.36900	600	221.40	170.00	178.50	9976.20	10660.00	0.94
6月	0.33320	600	199.92	170.00	178.50	8300.76	10660.00	0.90
7月	0.40155	600	240.93	170.00	178.50	11499.54	10660.00	0.93

注：1) 结算需量值 = 抄见需量 × 倍率；2) 核定需量值：电力公司与用户的协商值，但不应低于变压器装见容量的40%；3) 未超核定的需量范围值 = 核定需量 × 105%；4) 当结算需量值 > 核定需量值的105%时，需量收取基本电费 = 核定需量 × 39 + (抄见需量 - 核定需量的105%) × 2 × 39；当结算需量值 ≤ 核定需量值的105%时，需量收取基本电费 = 核定需量 × 39；5) 按容量收取基本电费 = 变压器容量 × 26

表3 考虑变压器经济运行的需量和电量电费

月份	每月抄见需 量/kW	倍率	结算需量率 /kW	变压器经济 运行的核定 需量值/kW	未超核定的 需量范围值 /kW	需量收取 基本电费/元	容量收取 基本电费 /元	功率 因数
1月	0.302 80	600	181.68	166.57	174.90	7 025.06	10 660.00	0.95
2月	0.321 60	600	192.96	161.31	169.38	8 130.56	10 660.00	0.92
3月	0.301 10	600	180.66	159.56	167.54	7 246.38	10 660.00	0.91
4月	0.296 70	600	178.02	156.05	163.86	7 190.90	10 660.00	0.89
5月	0.369 00	600	221.40	164.82	173.06	10 198.44	10 660.00	0.94
6月	0.333 20	600	199.92	157.81	165.70	8 823.88	10 660.00	0.90
7月	0.401 55	600	240.93	163.07	171.22	11 797.00	10 660.00	0.93

注: 变压器经济运行的核定需量值 = 变压器容量 × 负载率 × 功率因数

的用电量持续增长, 变压器只会长时间的超负荷运行, 按照容量方式收取基本电费已然体现不出长期超负荷运行产生的损失。

40% 提高电力客户调节电力负荷的积极性。

4 由经济运行方式确定基本电费的结算

1) 如按容量结算基本电费, 那么基本电费就是一个固定的值, 用户可以随意地增减负荷, 给电网带来很大的波动。在算例中的临界点以下, 选择需量结算比容量结算基本电费经济。为了保证用电经济, 用户会努力去调节用电量, 以降低最大需量减少基本电费。这样改善了整个电网的负载曲线的同时, 也保障了电网的安全运行。所以在考虑变压器的经济运行下, 用户和电力公司都应该选择以需量结算基本电费的方案更佳。

2) 由变压器经济运行负载率表可知, 要让变压器在最佳方式下运行, 那么负载应该为变压器容量的40%左右。由《供电营业规则》可知用户与电力公司的核定容量不能低于变压器容量的40%。若这个核定的容量值过大, 对于用电负荷小的客户, 就多缴纳了需量基本电费。若这个核定的容量值过小, 对于用电负荷大的客户, 变压器超负荷运行所产生的基本电费不应只仅仅体现在超核定需量值105%之外部分与两倍需量单价的乘积。因为负荷点越高, 对变压器的经济运行越是不利。

3) 在以往的很多算例和文章中, 由经济运行方式确定需量基本电费常常忽视功率因数。供电公司为用户确定的核定需量值应考虑无功补偿, 一方面可以提高功率因数, 改善用电质量, 减少力调电费; 另一方面可以给核定需量一个可变的值, 并不仅限于容量的

5 结 语

变压器在整个电网运行中占有举足轻重的位置, 只有根据变压器的特性、参数和负载情况, 通过详细的分析和计算, 才能确定经济运行方式, 由经济运行方式来选择基本电费的结算方式。在基本电费结算过程中, 以变压器最佳运行判定理论作为基础, 科学地考虑供电、用电双方的经济效益、投资、降低损耗和运行效率, 合理地分配负荷, 实现供用电的双方共赢。

参考文献

- [1] 何仰赞, 温增银. 电力系统分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003.
- [2] 辜承林, 陈乔夫, 熊永前. 电机学[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001.
- [3] 刘海峰, 刘黎明. 浅析现行两部制电价与变压器经济运行的不协调[J]. 供用电, 2009, 26(5): 77-79.
- [4] 陈凤苏. 电力变压器的经济运行[J]. 邵阳学院学报, 2002(6): 54-56.
- [5] 李虹. 变压器的经济运行与容量选择[J]. 冶金动力, 2003(2): 8-9.
- [6] 周安国. 按最大需量计算基本电费有利于推广变压器的经济运行[J]. 电工技术, 2001(1): 43-44.

作者简介:

柏小丽(1985), 工程师, 研究方向为电力营销和电费电价;
李京航(1988), 助理工程师, 研究方向为电力营销和电费电价。

(收稿日期: 2016-03-23)