

乡镇供电所（电管站）培训教材

丁毓山

金开宇

主编

用电与营管业理

李洪涛 李超 等编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

乡镇供电所(电管站)培训教材

丁毓山 金开宇 主编

用电与营业管理

李洪涛 李 超 等编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是乡镇供电所(电管站)培训教材之一,是为了加强农村乡镇供电所(电管站)的计划用电、节约用电管理和满足营业管理技术培训的需要而编写的。内容包括节约用电和计划用电、营业管理、计量管理、农村低压网的无功补偿、低压网线损和电压质量管理等用电与营业管理方面的必备知识。主要侧重在实用技术方面,强调国家和行业的有关政策和法规。

本书主要用作乡镇供电所(电管站)的培训教材,还可供农电管理部门及乡镇供电所(电管站)的技术人员、管理人员和乡村电工阅读,也可供电力技术学校师生和其他有关人员参考

图书在版编目(CIP)数据

用电与营业管理/丁毓山,金开宇主编. —北京:中国水利水电出版社,1998.12

乡镇供电所(电管站)培训教材

ISBN 7-80124-858-9

1. 用… I. ①丁… ②金… II. 电站-用电管理 技术培训教材 IV. TM92

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第26405号

书 名	乡镇供电所(电管站)培训教材 用电与营业管理
作 者	丁毓山 金开宇主编 李洪涛 李超等编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E mail: sale@waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	850×1168毫米 32开本 5.375印张 138千字
版 次	1998年12月第一版 1998年12月北京第一次印刷
印 数	0001 5100册
定 价	9.50元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

根据乡镇供电所（电管站）的业务要求，本书主要叙述用电与营业管理方面的必备知识。全书按初中知识水平编写，主要侧重在实用技术方面，强调国家和行业的有关政策和法规。为了便于培训中复习和考核，每章后面附有必要的复习思考题。

全书共分五章，第一章为节约用电和计划用电，由李超同志编写；第二章为营业管理，由李洪涛同志编写；第三章为计量管理，由包晓欣同志编写；第四章为农村低压网无功补偿，由尹安同志编写；第五章为低压网的线损和电压质量管理，由鞠英俊同志编写。全书由金开宇同志统稿。

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中定然难免有错误和疏漏之处，恳请使用本书的广大教师和读者，以及有关方面的领导和专家不吝指正。意见请函寄中国水利水电出版社电力编辑室。

编 者

于海城市

1998年4月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 节约用电和计划用电	4
第一节 农网节电的十项措施	4
第二节 降低配电变压器的电能损耗	5
第三节 降低配电网的电能损耗	13
第四节 电动机的节约用电	21
第五节 照明的节约用电	28
第六节 电焊机的节约用电	31
第七节 水泵的节约用电	34
第八节 计划用电的意义和电力分配的原则	38
第九节 农村计划用电	40
复习思考题	44
第二章 营业管理	46
第一节 新装和增容	47
第二节 用电变更	53
第三节 电价与电费	58
第四节 抄表、核算与收费工作	68
第五节 营业统计分析	75
第六节 营业的计算机管理	80
复习思考题	82
第三章 计量管理	84
第一节 健全计量管理体系,推动农村电力网的发展	84
第二节 电能表的构造和工作原理	87
第三节 农村民用电能表的合理选择和电能表 的使用要求	91
第四节 电能表的接线	95

第五节 电能表的安装	102
第六节 更正电量的计算	105
第七节 反窃电和电能表的现场校验	108
第八节 计量管理工作的有关要求	114
复习思考题	118
第四章 农村低压网的无功补偿	119
第一节 改善功率因数的意义	119
第二节 低压网无功补偿的一般方法	120
第三节 无功补偿的受益分析	129
第四节 补偿方式的选择	133
第五节 电容器的安装与运行管理	138
复习思考题	142
第五章 低压网线损和电压质量管理	144
第一节 线损计算参数的定义和线损管理的一般概念	144
第二节 低压配电网线损计算法	148
第三节 农网调压对线损影响的分析	152
第四节 线损统计和分析中的一般问题	155
复习思考题	161
参考文献	163

绪 论

电能是优质的二次能源，电能作为动力，可不断提高工农业生产机械化、自动化程度，大幅度提高劳动生产率，促进技术进步，改善工作环境和条件。这就是说，电能在现代社会的经济发展中具有其他能源无可比拟的优点。现代经济发展的形势表明，电能消耗在整个能源消耗中所占比例日益增加，形成了电力发展速度必须超前于国民经济发展速度的客观规律。世界各国都把电能消耗占总能源消耗的比重和电力工业的发展速度，作为国家现代化水平的标志。

改革开放以来，我国电力工业始终保持着持续、快速、健康发展的势头。1979年，全国装机容量为5712万kW，年发电量为2566亿kW·h，改革开放后，仅用了10年时间即将发电装机容量和年发电量翻了一番。现在，我国电力和电量的年递增率为8%~9%，1998~2000年的年增容量为2000万kW左右，在世界各国的同期发展速度中居于领先地位。我国发电装机容量和年发电量在1949年分别居于世界的第21位和25位，1982年装机容量和发电量均上升到第6位，1990年为第4位，与居于世界第3位的日本差距正在缩小。

尽管我国电力工业在高速增长，但全国持续缺电20多年的局面并没有从根本上得到扭转，能源和电力紧张已成为制约我国经济发展的重要因素。总体说来，我国不是一个能源很富有的国家，人均能源占有量少，消耗水平低，节约能源、减少浪费的任务十分迫切。目前，我国能源生产量居世界第三位，仅为原苏联的1/7，美国的1/4，而能源的利用率仅为工业发达国家的3/4，电能利用率也远低于这些国家，这种状况必须引起我国的高度重视。

为了保持我国国民经济持续、稳定、高速、健康的发展，为

了子孙后代着想，我们必须在思想上牢固树立“总量丰富、人均不足、厉行节约”的观念，有效地利用有限的资源。为此，我国在《电力法》中明确规定：“国家对电力的供应和使用，实行安全用电、节约用电、计划用电的管理原则”。这不但从法律上确定了节约用电、计划用电是我国能源建设中的长期战略目标和战略重点，而且也保证了节约用电、计划用电政策的实施，为科学的、合理的使用电能，充分发挥每度电能的功效，为保持国民经济持续稳定的增长，为提高人民的生活水平，起到了巨大的作用。

为了加强节约用电和计划用电的管理，坚定不移地贯彻执行开发与节约并重、当前以节约为主的能源方针，国务院，国家经、计委，各主管部曾颁发了一系列文件，诸如，1981年《国务院关于节约用电的指令》，即节能指令第二号；1986年《节约能源管理暂行条例》；1987年《关于进一步加强节约用电的若干规定》；1984年《国务院关于电力统一分配确保重点企业用电的暂行规定》；1983年原水利电力部《关于全面正确运用行政、经济、技术手段进一步加强计划用电的通知》等。这些文件对加强用电管理，降耗节能起到了极大的推动作用。据统计，从1984~1993年10年间，全国共节约电量达1000亿kW·h，其中1984~1990年平均年节电量为85亿kW·h，1991~1993年平均年节电量为150亿kW·h，从而部分的弥补了电力生产的不足。

除此之外，在推广节电工程项目和产品，淘汰高能耗机电设备；制定变压器、电动机的经济运行标准；有关节电政策的制定和实施；加强技术服务和拓宽节电资金渠道；开展节电宣传和加强节电监督管理等方面，也做了大量的工作。

1995年，国家计委、国家经贸委、原电力部在联合推出10项重点节电技术措施的同时，还一并推出了《农村电网节电的十大措施》。这些节电措施涉及到照明、动力，技术改造，负荷调整，新技术应用等各个方面。这些节电措施的实施，将会使我们在已有成果的基础上，完成年均节电量为170~200亿kW·h的宏伟任务，到2000年，使我国缺电的局面基本上得到缓解。

有关计划用电的问题，早在1970年，国务院就曾提出“各行各业都要实行计划用电”。计划用电工作的进展在我国实际上是分为三个阶段：第一阶段以克服浪费，实行节约用电为主要目标；1982年进入第二阶段，实行以省为主、包干使用，其对促进地区经济的发展，效果是明显的；1984年进入第三阶段，在此期间，国家掌握部分电力分配权，实行统筹兼顾、保证重点、择优供电的政策，推行行政、经济、技术手段，促进电力的合理使用。

计划用电的目的是解决供电与用电之间的矛盾，是一项在不平衡中寻求平衡的工作。

计划用电是我国国情的要求，是电力生产的要求，也是节约用电的要求。为了保证发电、供电与用电的平衡，保证电网安全稳定和电能质量，必须有计划地供应电力。特别在电力不足的情况下，实行“正常时间保工业，关键季节保农业，晚峰期间保照明”的供电原则，只有在计划用电的条件下方能实现。只有有计划的供应电力，才能躲峰填谷，平衡负荷，使电能得到有效的、合理的使用，达到降损节能的目的。

1996年，全国农村电气化工作会议在无锡召开，会议提出了我国“九五”和2010年农村电气化发展的主要目标，其中包括：到本世纪末建成1000个农村电气化县，“九五”期间建成100个节电先进县。这就为节约用电、计划用电提出了新任务。作为供电所（电管站）的工作人员，应该肩负起建设农村电气化县、节电先进县的历史任务，在实现农村电气化宏伟战略目标的鼓舞下，团结奋斗、继往开来，为我国电力工业的发展作出更大的贡献。

第一章 节约用电和计划用电

第一节 农网节电的十项措施

国家计委、国家经贸委、原电力部推出的《农村电网节电的十大措施》如下。

(1) 提高认识，更新观念，增强广大农民的节电意识。要通过各种宣传渠道、各种宣传工具，利用报刊、电视、广播等深入持久地宣传我国能源、电力的形势，供需矛盾及能源、电力使用不合理的浪费现象，以增强全民节电的紧迫感。

(2) 加强领导、建立健全节电领导机构，从上到下健全强有力的节电管理体系，具体组织落实节电措施。建立县电力局局长是当地节电第一责任人制度，并充实节电队伍；争取地方政府支持和重视，动员社会各方面力量积极参与，以利于节电工作更好地开展。

(3) 理顺农村供电体制、规范农村供电区域。合理调整乡、村供电结构，解决线路网络迂回、交叉、远距等不合理供电状况，减少线路损耗。

(4) 搞好农网整改规划，加快农网技术改造步伐，淘汰、更新高能耗设备，对没有改造价值的高能耗设备坚决停用。

(5) 依靠技术进步，加强节电技术改造，积极采用节电新技术，推广使用节电新产品，全面落实三部委十项重点节电技术措施，做到不是节能产品、节能技术不设计、不安装、不准运行。还要重点抓好照明节电和风机、水泵的改造。对那些电耗高、产品质量低的企业一律不发给生产许可证。采取各经济技术手段，激励企业开展节电工作。

(6) 做好农网调峰节电工作，合理调整用电负荷、加快调度自动化步伐，要将节约用电和技术限电与推行峰谷电价密切结合

起来,对超用电户通过技术限电装置做到“谁超限谁,限电到户”。

(7) 挖掘电网潜力,加强电压质量管理,加强无功补偿、就地补偿、随机随器补偿,力求就地平衡。

(8) 严格控制小火电建设项目,大力推进多能互补。积极开发小水电、沼气、潮汐、地热、风力等多种能源,以弥补电网电力的不足。

(9) 加强电力设备维护,改善电气设备的工作环境,清除可能造成漏电、接地、短路隐患。加强计量管理,推广防窃电装置,严惩窃电者;完善按线路、按配电台区小指标考核办法,建立节电奖励制度。

(10) 千方百计广筹资金,建立农村电网节电工程基金,拓展节电资金渠道。眼睛向内,立足自筹,用足国家节电、节能政策,推动节电工作的开展。

第二节 降低配电变压器的电能损耗

配电变压器是配电网中的重要设备。通常电能的传送,从发电厂到用户要经过3~5次变压,可见,在电力网中所用变压器的数量是相当大的。统计指出:网络中变压器的装机容量为发电容量的4~7倍,是运行在网络中电动机容量的5~8倍。由于数量多、容量大,这便决定了变压器必须是高效率的设备。网络损耗通常占发电功率的5%~6%,而变压器的损耗将为总损耗的25%~30%,这是一个非常可观的数字。因此,降低变压器损耗对降损节能具有重要的意义。特别是配电变压器,在电网中的数量达数百万台,合理地确定配电变压器容量,强调其经济运行,具有很大的节电潜力,我们应予以特别的重视。在这一节中主要介绍在运行中降低配电变压器损耗的方法。

一、选用低损耗变压器

60年代,我国生产的配电变压器皆按照国家标准GB500—64

和GB1300—73制造,为高能耗变压器,其主要产品有: SJ、SJ_{1~5}、SJL、SJL₁等。1983年,原水利电力部第16号文下达“关于停止装用高能耗变压器的通知”;1985年第24号文再次下达“关于高能耗变压器更换问题的通知”,文中规定,凡按64、73标准制造的变压器必须限期逐步更换为节能型变压器。

我国生产节能变压器的类型有SL₇、SZL₇系列。该系列变压器在各制造厂占据着很大的优势,其比按73标准生产的变压器的能耗平均可降1/3,其技术性能符合国家标准GB1094—85,与现行标准GB6541—86的技术数据相吻合。

此外,尚有S₇系列变压器,该系列变压器并非统一设计,除性能、参数、结构形式与SL₇相同外,绕组、铁芯、外形尺寸与SL₇型皆不同,其为SL₇型的变形设计。S₇的性能和损耗与西门子公司1974年的同类产品水平相当。

SL₇和S₇系列变压器在网络降损方面发挥了巨大的作用。

S₉系列变压器比SL₇和S₇系列的性能还要优越,其空载损耗比上两种变压器降低7%,负载损耗平均可降21%,总损耗降20%,其技术性能与80年代意大利的产品水平相当。例如容量为50kVA的变压器,S₉的空载损耗 $P_0=170\text{W}$,负载损耗 $P_K=870\text{W}$,意大利80年代的产品 $P_0=175\text{W}$, $P_K=870\text{W}$ 。S₉采用铜芯导线,铁芯采用晶粒取向的冷轧硅钢片(0.3mm)。但该种产品的用铜量和成本皆有所增加。

此外尚有S₁₀、SL₁₀系列的低损耗变压器,SZL₇系列铝线低损耗有载调压变压器,SL₁₄系列铝线全密封低损耗变压器等。

二、合理的确定配变容量

根据用电负荷的要求,考虑5年内的发展,应合理的确定配变容量。切不可将容量选择的过小,因为当负荷发展时,配电变压器将要超负荷运行,易导致损耗的增加或烧毁变压器。也不应将容量选择得过大,因为容量过大,则形成所谓“大马拉小车”的状态,将导致变压器损耗的急剧增加。《农村低压电力技术规程》推荐采用下式来确定配变容量,即

$$S_c = R_s P_e \quad (\text{kVA}) \quad (1-1)$$

$$R_s = \frac{K_1 K_2}{K_3 \cos \varphi} \quad (1-2)$$

式中 P_e ——当年负荷容量, kW;

R_s ——容载比, 一般不大于 3;

S_c ——计划年限 (5 年) 内所需容量, kVA;

K_1 ——负荷分散系数, 取 1.1;

K_2 ——负荷发展系数, 取 1.3~1.5;

K_3 ——经济负荷率, 取 0.6~0.7;

$\cos \varphi$ ——功率因数, 取 0.8。

例如, 负荷容量 $S = 90 \text{ kVA}$, $P_e = S \cos \varphi = 90 \times 0.8 = 72$ (kW), 取 $K_1 = 1.1$, $K_2 = 1.4$, $K_3 = 0.65$, 则有

$$R_s = \frac{1.1 \times 1.4}{0.8 \times 0.65} = 2.96$$

$$S_c = R_s P_e = 2.96 \times 72 = 213 (\text{kVA})$$

选 SL₇ 型, 容量为 250kVA 的变压器。

三、配电变压器经济运行

1. 与经济运行有关的几个参数

(1) 空载有功功率 P_0 。 P_0 为配电变压器的空载有功损耗, 其值近似等于变压器的铁损, 该损失与负荷无关, 故常称其为固定损失, 其值已标定在铭牌中。

(2) 负载有功损失 P_K 。 P_K 系变压器在额定负载下绕组的铜损, 其值也标定在变压器的铭牌之中。而绕组实际的铜损, 则与负荷率 β 的平方成正比, 即 $\beta^2 P_K$ 。

(3) 空载无功功率 Q_0 。空载无功功率 Q_0 是配电变压器在空载状态下的无功消耗。其在变压器铭牌中没有标出, 但可以用铭牌中标定的空载电流百分值 $I_0\%$ 计算出来, 即

$$I_0\% = \frac{I_0}{I_e} \times 100\% \quad (1-3)$$

将式 (1-3) 两边乘以 I_e 和 U_e 后, 则有

$$Q_0 = U_e I_0 = I_0 \% I_e U_e \times 10^{-2} = I_0 \% S_e \times 10^{-2} \quad (1-4)$$

这就是说,空载电流的百分值 $I_0\%$ 乘以额定容量 S_e ,再乘以 10^{-2} ,则得空载无功功率 Q_0 ,单位为 kvar。

(4) 短路无功功率 Q_K 。短路无功功率 Q_K 是变压器在额定负载状态下的无功消耗,铭牌中没有标定,但可以从铭牌中标定的短路电压百分值 $U_K\%$ 计算出来,即

$$U_K \% = \frac{U_K}{U_e} \times 100 \% \quad (1-5)$$

将式 (1-5) 两边乘以额定电压 U_e 和额定电流 I_e , 则有

$$Q_K = U_K I_e = U_K \% U_e I_e \times 10^{-2} = U_K \% S_e \times 10^{-2} \quad (1-6)$$

这就是说, $U_K\%$ 乘以 $S_e \times 10^{-2}$, 则得额定负载下的无功功率,单位为 kvar。

2. 配电变压器的损失和损失率

在考虑无功功率损失的情况下,配电变压器损失由下式确定有

$$\Delta P = P_0 + \beta^2 P_K + \lambda(Q_0 + \beta^2 Q_K) \quad (1-7)$$

$$\text{损失率} \quad \Delta P \% = \frac{\Delta P}{P_1} \times 100 \% \quad (1-8)$$

式中 λ — 无功当量,取 $0.09 \sim 0.1$;

β — 负荷率;

P_1 — 输入功率。

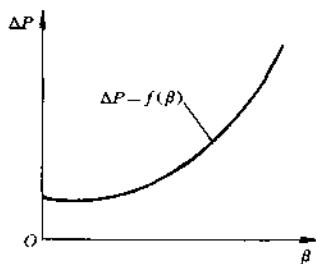


图 1-1 ΔP 随 β 变化曲线

图 1-1 和图 1-2 显示出了功率损失和损失率随负荷率 β 的变化曲线。

3. 最佳负荷率 β_{opt}

从图 1-2 中可以看出,当配电变压器的负荷率 β 为最佳负荷率 β_{opt} 时,损失率 $\Delta P\%$ 是最低的。分析指出,当考虑无功损失时,最佳负荷率为

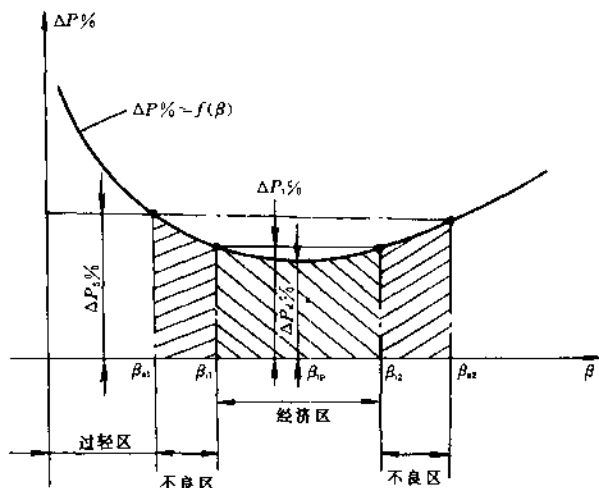


图 1-2 $\Delta P\%$ 随 β 变化曲线

$$\beta_p = \sqrt{\frac{P_0 + \lambda Q_0}{P_K + \lambda Q_K}} \quad (1-9)$$

而当不考虑无功损失时，最佳负荷率为

$$\beta_p = \sqrt{\frac{P_0}{P_K}} \quad (1-10)$$

分析 SL₇ 系列变压器指出：当不考虑无功损失时， β_p 为 0.42；当考虑无功损失时， β_p 为 0.43。

4. 配电变压器的经济运行区

图 1-2 显示出了配电变压器三个运行区，即经济区、不良区、过轻区或高耗区。下面来说明这三个运行区配电变压器的工作特点。

(1) 经济区。当然，我们所希望的是配电变压器总在最佳负荷率 β_p 状态下工作，以求其损失率最小，但是，这是比较难于实现的。在生产实践中较易实现的是使变压器在近于最佳负荷率状态下工作，以求其损失率不过份地增大。

经济区负荷率的范围由负荷率 β_{i1} 和 β_{i2} 来限定, 通常这个范围 $\omega = \beta_{i2} - \beta_{i1}$ 约占整个运行区 $\beta = 0 \sim 1$ 的 30%, 即

$$\omega = \beta_{i2} - \beta_{i1} = 0.3$$

若设在经济区的损失率为 $\Delta P_i\%$, 则比值为

$$K_i = \frac{\Delta P_i\%}{\Delta P_d\%} \quad (1-11)$$

限定经济区的两个负荷率 β_{i1} 、 β_{i2} , 可由下式来确定

$$\beta_{i1} = (K_i - \sqrt{K_i^2 - 1}) \beta_{ip} \quad (1-12)$$

$$\beta_{i2} = (K_i + \sqrt{K_i^2 - 1}) \beta_{ip} \quad (1-13)$$

因此
$$\omega = \beta_{i2} - \beta_{i1} = 2\beta_{ip} \sqrt{K_i^2 - 1} \quad (1-14)$$

故
$$K_i = \sqrt{\frac{\omega^2}{4\beta_{ip}^2} + 1}$$

若 $\omega = 0.3$, 最佳负荷率 β_{ip} 取 0.43, 则有

$$K_i = \sqrt{\frac{0.3^2}{4 \times 0.43^2} + 1} = 1.059$$

这就是说, 当损失率 $\Delta P\%$ 增加到最佳损失率 $\Delta P_d\%$ 的 1.059 倍时, 配变将由经济区转入不良区工作。当 $K_i = 1.059$ 时, 则

$$\begin{aligned} \beta_{i1} &= (K_i - \sqrt{K_i^2 - 1}) \beta_{ip} \\ &= (1.059 - \sqrt{1.059^2 - 1}) \times 0.43 \\ &= 0.305 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{i2} &= (1.059 + \sqrt{1.059^2 - 1}) \times 0.43 \\ &= 0.605 \end{aligned}$$

或
$$\beta_{i2} = \beta_{i1} + \omega = 0.305 + 0.3 = 0.605$$

β_{i1} 和 β_{i2} 为经济区和不良区的分界点。

(2) 不良区与高耗区的分界。当配电变压器负荷率 β 处在上述范围时, 将进入不良区工作, 即

$$\beta_{s1} \leq \beta < \beta_{i1}$$

$$\beta_{s2} < \beta \leq \beta_{s2}$$

β_{s1} 和 β_{s2} 为不良区与高耗区的分界点，其值由下述公式确定

$$\beta_{s1} = \frac{P_0}{P_K} = \beta_P^2 \quad (1-15)$$

$$\beta_{s2} = 1 \quad (1-16)$$

$\beta_{s2}=1$ 的原因是当 $\beta_{s2}>1$ 时，配变已超负荷运行，在一般情况下不提倡进入这种工作状态。

若取 $\beta_P=0.43$ ，则 $\beta_{s1}=0.185$ 。这就是说，当 $\beta<\beta_{s1}=0.185$ 时，配变将进入高耗区工作，即是通常所说的“大马拉小车”状态。

当 $\beta=\beta_{s1}$ 时，损失率为 $\Delta P_s\%$ ，其与最佳负荷率情况下的损失率 $\Delta P_d\%$ 的比值为

$$K_s = \frac{\Delta P_s\%}{\Delta P_d\%} \quad (1-17)$$

β_{s1} 与 β_P 之间也满足下述关系为

$$\beta_{s1} = (K_s - \sqrt{K_s^2 - 1})\beta_P \quad (1-18)$$

当取 $\beta_P=0.43$ ， $\beta_{s1}=0.185$ 时， K_s 近似为 1.4。这就是说，当配变的损失率增至最佳损失率的 1.4 倍时，则进入“大马拉小车”状态下工作。同时也说明，在额定负荷时，配变的损失率为最佳损失率 $\Delta P_d\%$ 的 1.4 倍。

四、高能耗变压器的改造

投入电网的高能耗变压器，在农网中有 120 万台，其中 64 系列的配变有 50 万台，T3 系列的配变有 70 万台。与低损耗变压器相比，其铁损平均高 40%~60%。

JB500-64 系列是我国“八五”期间配电变压器的改造重点，在此期间对 JB1300-73 系列也进行了逐步的改造，新增配变一律采用节能型 SL₇、S₇、S₉ 系列变压器。

对高能耗配电变压器的改造，归纳其方法有三种：降容改造、调容改造、等容改造。