



电力实用技术丛书

线损管理 与降损技术问答

▶ 主 编 王玉学

▶ 副主编 崔 峻 吴国松



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



电力实用技术丛书

- ▶ 电力通信实用技术问答
- ▶ 继电保护常见故障分析与处理
- ▶ 电力变压器及其保护知识问答
- ▶ 中低压电网无功补偿实用技术
- ▶ **线损管理与降损技术问答**
- ▶ 电力自动化实用技术问答
- ▶ 电力调度实用技术问答
- ▶ 农电综合实用管理知识问答



责任编辑：张 剑

封面设计：徐海燕

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。



ISBN 978-7-121-12418-1



9 787121 124181 >

定价：18.00元



线损管理 与降损技术问答

[illegible]

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

电力网电能损失率简称线损率,是电网企业的一项重要经济指标,也是表征电力系统规划设计水平、生产水平和经营管理水平的一项综合性技术经济指标。线损管理工作直接影响到电力的使用效率和企业的经济效益。运用电力网电能损耗管理技术,降低供电成本,提高经济效益,是电网企业线损管理不断追求的目标。本书以问答的方式对线损管理与降损技术进行了详细介绍,通俗易懂,针对性强,易于阅读。

本书适合国家电网各级供电公司的技术管理人员阅读,也可作为相关专业培训机构的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

线损管理与降损技术问答 / 王玉学主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.1

(电力实用技术丛书)

ISBN 978-7-121-12418-1

I. ①线… II. ①王… III. ①电力系统一线损计算—问答 ②电力系统—电能消耗—问答 IV. ①TM744.44 ②TM714.3-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 233013 号

责任编辑: 张 剑 (zhang@phei.com.cn)

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 880×1 230 1/32 印张: 3.125 字数: 78 千字

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 18.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

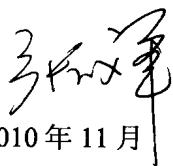
服务热线: (010) 88258888。

丛 书 序

电力工业是关系国计民生的基础产业，是技术与资金密集型的高科技行业。改革开放以来，随着科学技术的发展和电力生产建设规模的不断扩大，电力系统正在朝着高电压、大容量、远距离输送、全国联网的高科技智能电网方向发展。

为了适应电力建设和智能电网迅速发展的需要，提高电力系统职工队伍的技术业务素质，并对从事变电所、供/配电电气运行的技术人员进行正规化、系统化的培训，特组织编写了电力实用技术丛书（共分为 8 册），主要阐述了电力系统通信、继电保护、电力变压器、电网无功补偿、线损管理与降损技术、电力系统自动化、调度运行及农电综合管理等方面的内容，总结和分析了电力系统变电所、供/配电及用电等各个环节的电气运行情况、电气设备及安全管理知识。本丛书不仅是变电所、供/配电及用电单位的设计、施工、运行、维护和技术管理人员的必备用书，也可作为工矿企业供/配电工岗位培训、职业教育相关专业的教学用书。

相信“电力实用技术丛书”的出版，会对电力建设和智能电网的发展，提高电力系统职工队伍技术业务素质，起到积极的促进作用。



2010 年 11 月

前 言

电力网电能损失率简称线损率，是电网企业的一项重要经济指标，也是表征电力系统规划设计水平、生产水平和经营管理水平的一项综合性技术经济指标。随着国家创建节能社会目标的不断实施和电力体制改革的日益深化，电网企业降低线损率越发显现出重要性。线损管理工作直接影响到电力的使用效率和企业的经济效益。运用电力网电能损耗管理技术，降低供电成本，提高经济效益，是电网企业线损管理不断追求的目标。

本书共 3 章，以问答的方式对线损管理与降损技术进行了详细介绍，通俗易懂，针对性强，易于阅读。

- 第 1 章，介绍电力网线损基本概念
- 第 2 章，介绍电力网线损管理措施
- 第 3 章，介绍电力网降损技术措施

本书由王玉学任主编，崔峻、吴国松任副主编，参与本书编写的还有赵颖煜、韩丽明、陈军明、刘丙申、刘亚辉和付峰任。

因编写时间、编写水平所限，书中难免有纰漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电力网线损基本概念	1
1. 供电量由哪几部分组成?	1
2. 售电量的定义范围是什么?	1
3. 线损电量的定义是什么?	1
4. 线损电量由哪些部分组成?	2
5. 线损电量通常分为哪两类?	2
6. 什么是线损率?	2
7. 什么是统计线损率?	3
8. 什么是理论线损率?	3
9. 开展线损理论计算的目的和作用是什么?	3
10. 线损理论计算的次数和计算范围有何要求?	4
11. 线损理论计算选定代表日的原则是什么?	4
12. 架空线路的电能损耗如何计算?	5
13. 电缆线路的电能损耗如何计算?	5
14. 双绕组变压器的电能损耗如何计算?	6
15. 三绕组变压器的电能损耗如何计算?	6
16. 并联电容器的电能损耗如何计算?	7
17. 电抗器的电能损耗如何计算?	7
第 2 章 电力网线损管理措施	9
1. 线损管理主要由哪些部分组成?	9
2. 如何建立线损管理体制?	9
3. 基层供电企业线损管理主要职责有哪些?	9
4. 供电企业是如何开展线损指标管理的?	10
5. 如何编制线损计划指标?	10
6. 线损小指标考核具体包括哪些内容?	11
7. 关口计量点的设置原则是什么?	12

8. 如何实施对关口计量装置的管理?	13
9. 如何进行线损统计分析和工作?	13
10. 如何将统计线损率与理论线损率进行对比分析?	14
11. 低压线损分线、分台区管理的目的是什么?	15
12. 低压线损分线、分台区管理的内容有哪些?	15
13. 低压线损分线、分台区管理的具体做法有哪些?	15
14. 从营销管理出发, 如何开展降损工作?	16
15. 窃电的主要特点及方式有哪些?	17
16. 应在哪些方面入手采取反窃电措施?	18
17. 电能计量装置如何分类?	20
18. 怎样判定电能计量装置的接线方式?	20
19. 对电能计量装置的准确度等级有何具体要求?	21
20. 电能计量装置的配置原则包括哪些?	22
21. 对电能表检验轮换周期是如何要求的?	23
22. 对互感器检验轮换周期是如何要求的?	23
23. 运行电能计量装置“五率”的计算方法和要求有哪些?	24
24. 电能计量装置综合误差由哪几部分组成?	24
25. 如何计算电能计量装置的综合误差?	25
26. 减少电能计量装置综合误差的方法有哪些?	25
27. 电流互感器的误差包括哪些内容?	26
28. 对电流互感器的误差限值有哪些具体要求?	26
29. 电流互感器的误差特性有哪些?	27
30. 电流互感器的二次负载包括哪几部分?	27
31. 选定电流互感器电流比时应注意的事项有哪些?	28
32. 调节电流互感器误差的方法通常有哪些?	28
33. 电压互感器的误差包括哪些内容?	29
34. 对电压互感器的允许误差有哪些具体要求?	29
35. 为什么必须重视电压互感器二次回路的电压降?	30
36. 现场检查电能表时, 应检查哪些计量差错?	30
37. 现场检查电能表时, 应关注哪些不合理的计量方式?	31

38. 新装、更改的电能量装置投运前, 在现场应进行哪些项目的 检查和试验?	31
---	----

第3章 电力网降损技术措施33

1. 电力网降损技术措施通常包括哪些方面?	33
2. 改善电网结构要从哪些方面做起?	33
3. 加强电网结构通常有哪几种形式?	34
4. 城市中低压配电网建设、改造的原则要求是什么?	35
5. 农村中低压配电网建设、改造的要求是什么?	36
6. 换大导线截面或减少线路迂回供电带来的降损效果如何计算?	36
7. 增加并列线路运行后的降损效果如何计算?	38
8. 线路按经济电流运行的降损效果如何计算?	38
9. 电网升压改造后的降损效果如何计算?	40
10. 淘汰高耗能变压器, 使用节能变压器的降损效果如何计算?	41
11. 从降损角度出发, 怎样确定环网的运行方式?	42
12. 在确定环网的运行方式时应避免哪些问题?	43
13. 如何避免近电远送或迂回供电?	45
14. 从降损角度出发, 怎样调整电网运行电压?	47
15. 通常情况下, 调整电网运行电压的方法有哪些?	50
16. 配电变压器三相负荷不平衡的危害与管理要求是什么?	51
17. 如何降低配电变压器损耗?	52
18. 单台双绕组变压器如何实现经济运行?	54
19. 多台同型号(容量)双绕组变压器如何实现经济运行?	54
20. 两台不同型号(容量)双绕组变压器如何实现经济运行?	55
21. 两台同型号(容量)三绕组变压器如何实现经济运行?	58
22. 谐波功率对电网损耗有怎样的影响?	60
23. 如何计算谐波对线路损耗的影响?	61
24. 如何计算谐波对变压器损耗的影响?	61
25. 如何计算谐波对电容器损耗的影响?	61
26. 如何理解无功功率的基本概念?	62
27. 电力系统中无功电源包括哪些?	62

28. 电力系统中无功负荷主要有哪些?	64
29. 对无功平衡通常有哪些要求?	65
30. 无功电源不足会对电力系统产生哪些影响?	65
31. 电力系统如何实现无功平衡?	66
32. 无功补偿的原理及作用是什么?	67
33. 无功补偿的方式有几种?	68
34. 无功补偿配置的基本原则是什么?	69
35. 无功补偿配置的主要要求有哪些?	71
36. 电力系统对功率因数要求有哪些?	73
37. 提高功率因数与降低有功损耗的关系如何?	74
38. 如何计算负荷的自然功率因数?	75
39. 无功对线损的影响程度如何评定?	76
40. 从降损角度出发对电网无功应如何调节?	77
41. 如何计算并联电容器装置技术参数?	78
42. 怎样选择无功补偿的容量?	79
43. 怎样选取电容器的额定端电压?	81
44. 怎样选取串联电抗器?	82
45. 如何更好发挥低压配网无功补偿装置的作用?	85

第 1 章 电力网线损基本概念

1. 供电量由哪几部分组成？

供电量是指供电企业供电生产活动的全部投入电量，它由以下 3 部分电量组成。

(1) 发电厂上网电量：该电量的计量点设置在发电厂出线侧（一般为发电厂与电网的产权分界处）。

(2) 外购电量：该电量指各供电公司向地方电厂、用户自备电厂等购入的电量。

(3) 邻网输入、输出电量：该电量指地区之间的互供电量，按双方确定的计量点计算电量。

供电量计算公式为

供电量=发电厂上网电量+外购电量+邻网输入电量-邻网输出电量

2. 售电量的定义范围是什么？

售电量是指电力企业卖给客户的电量和电力企业供给本企业非电力生产用的电量，包括所有终端客户的抄见电量。凡不属于站用电的其他用电，均应由当地供电部门装表收费，计入售电量。

3. 线损电量的定义是什么？

发电机发出来的电能输送到用户，需要经过输电、变电、配电设

备，由于这些设备存在着阻抗，当电能通过时，就会产生电能损耗，并以热能的形式散失在周围介质中，这个电能损耗称为线损电量，简称线损。线损电量不能直接计量，它是用供电量减去售电量得到的，其计算公式为

$$\text{线损电量} = \text{供电量} - \text{售电量}$$

4. 线损电量由哪些部分组成？

线损电量主要由输电线路损耗、降压主变压器损耗、配电线路损耗、配电变压器损耗、低压配电网中的损耗、无功补偿设备及电抗器中的损耗等组成，以上各项损耗可以通过理论计算确定其值。变电所直流充电、控制及保护、通风冷却等设备消耗的电量，电流、电压互感器及其二次回路的损耗，用户接户线及电能表的损耗，其他损失等，可以通过电量统计确定。

5. 线损电量通常分为哪两类？

电力网的线损电量通常分为负载损耗（可变损耗）和空载损耗（固定损耗）。负载损耗是指输电、变电、配电设备中的铜损，它与通过的电流平方成正比。空载损耗是指电力设备中的铁损、电晕损耗、绝缘中的介质损耗，以及仪表和保护装置中的损耗，这部分损耗与运行电压有关。

6. 什么是线损率？

电力网线损率是指线损电量占供电量的百分率，简称线损率，其计算公式为

$$\text{线损率} = \frac{\text{线损电量}}{\text{供电量}} \times 100\% = \frac{\text{供电量} - \text{售电量}}{\text{供电量}} \times 100\%$$

7. 什么是统计线损率？

统计线损率是指供电部门对所辖（或调度）范围内的电网各个供、售电量计量表统计得出的线损率，即

$$\text{统计线损率} = \frac{\text{统计线损电量}}{\text{统计供电量}} \times 100\%$$

8. 什么是理论线损率？

理论线损率是指供电企业对其所辖输电、变电、配电设备根据设备参数、负荷潮流、特性计算得出的线损率，即

$$\text{理论线损率} = \frac{\text{理论线损电量}}{\text{供电量}} \times 100\%$$

9. 开展线损理论计算的目的和作用是什么？

通过理论线损计算，可以判断主网、配电网结构及其运行方式的经济性，查明电网中损失过大的元件及其原因；可以考核实际线损是否真实、合理，得出实际线损率与理论（技术）线损率的差值，确定不明损失的程度，减少不明损失；可以通过分析理论（技术）线损的构成，发现主网、配电网的薄弱环节，确定技术降损的主攻方向，采取相应措施，降低线损。

主网、配电网的线损理论计算是规划设计，以及制订线损计划指标和降损措施的理论依据。开展线损理论计算是搞好降损节电的一项基础工作，它有利于供电企业提高线损管理水平，有利于加快电网建设和技术改造，有利于加强电网经济运行，有利于制定和落实降损节

电经济责任制，增强节能降损意识。

10. 线损理论计算的次数和计算范围有何要求？

各电网经营企业应定期组织负荷实测，进行线损理论计算工作。35kV 及以上电网每年至少一次；10kV 电网每两年至少一次。在电网结构发生重大变化时也应及时进行计算，以便迅速衡量电网经济运行能力，为电网建设和技术改造提供依据。

线损理论计算的范围包括以下 10 条。

- (1) 各级变电所的降压变压器（用户专用变压器除外）。
- (2) 配电变压器（用户专用配电变压器除外）。
- (3) 调相机。
- (4) 电力电容器。
- (5) 电抗器。
- (6) 各级电压的输电线路和电缆（用户专用线路除外）。
- (7) 高压配电线路和电缆。
- (8) 低压配电线路。
- (9) 接户线。
- (10) 用户电能表。

电晕损耗和绝缘子的泄漏损耗与地理环境、气候重要数据有关，尚无成熟的计算方法，因此暂不列入计算范围。

谐波对线损的影响比较复杂，尚无准确的计算方法，因此暂不列入计算范围。

11. 线损理论计算选定代表日的原则是什么？

- (1) 电力网的运行方式，潮流分布正常，没有大的停电检修工

作，能代表计算期的正常情况。

(2) 代表日的供电量接近计算期的平均日供电量。

(3) 绝大部分用户的用电情况比较正常。

(4) 气温接近计算期的平均温度，气候情况正常。

(5) 在计算全年线损率水平时，应以月代表日为基础，其中 35kV 及以上电网代表日至少取 4 天，使其能代表全年个季节负荷情况。

12. 架空线路的电能损耗如何计算？

架空线路的电能损耗 ΔA 计算公式为

$$\Delta A = 3I_{\text{rms}}^2 R_L t \times 10^{-3}$$

式中， R_L ——线路的电阻 (Ω)；

t ——运行时间 (h)；

I_{rms} ——方均根电流 (A)。

13. 电缆线路的电能损耗如何计算？

电缆线路的电能损耗 ΔA 计算公式为

$$\Delta A = 3I_{\text{rms}}^2 R_L t \times 10^{-3} + \Delta A_i$$

其中， $\Delta A_i = U^2 \omega C L \text{tg} \delta \times t \times 10^{-3}$

$$\omega = 2\pi f$$

式中， U ——电缆运行线电压 (kV)；

ω ——角速度，也称角频率 (rad/s)；

C ——电缆每相的工作电容 ($\mu\text{F}/\text{km}$)，可从产品目录或手册中查到；

L ——电缆长度 (km)；

$\text{tg} \delta$ ——电缆介质损失角的正切值，它的大小与电缆的额定电压

和结构有关，可从产品目录或手册中查到，也可按实测值计算。

14. 双绕组变压器的电能损耗如何计算？

双绕组变压器的电能损耗 ΔA 计算公式为

$$\Delta A = \Delta A_T + \Delta A_R$$

$$\text{其中, } \Delta A_R = \Delta P_k \left(\frac{I_{rms}}{I_N} \right)^2 t = \Delta P_k \left(\frac{S_{rms}}{S_N} \right)^2 t$$

$$\Delta A_T = \Delta P_0 \left(\frac{U_{av}}{U_f} \right)^2 t$$

式中， ΔA_R ——变压器负载损耗电量（kW·h）；

ΔA_T ——变压器空载损耗电量（kW·h）；

ΔP_k ——变压器短路损耗功率（kW）；

ΔP_0 ——变压器空载损耗功率（kW）；

I_{rms} ——方均根电流（A）；

I_N ——变压器的额定电流，应选取与负荷电流同一电压侧的数值（A）；

S_{rms} ——变压器代表日负荷的方均根值（以视在功率表示）（kV·A）；

S_N ——变压器的额定容量（kV·A）；

U_{av} ——平均电压（kV）。

15. 三绕组变压器的电能损耗如何计算？

三绕组变压器的电能损耗 ΔA 计算公式为

$$\Delta A = \Delta A_T + \Delta A_R$$

其中, $\Delta A_T = \Delta P_0 \left(\frac{U_{av}}{U_f} \right)^2 t$

$$\Delta A_R = \left[\Delta P_{k1} \left(\frac{I_{rms1}}{I_{N1}} \right)^2 + \Delta P_{k2} \left(\frac{I_{rms2}}{I_{N2}} \right)^2 + \Delta P_{k3} \left(\frac{I_{rms3}}{I_{N3}} \right)^2 \right] t$$

式中, ΔA_R ——变压器负载损耗电量 (kW·h);

ΔA_T ——变压器空载损耗电量 (kW·h);

ΔP_{k1} 、 ΔP_{k2} 、 ΔP_{k3} ——分别为变压器高压、中压、低压绕组短路损耗功率 (kW);

I_{rms1} 、 I_{rms2} 、 I_{rms3} ——分别为变压器高低、中低、低压绕组代表日负荷电流的方均根值 (A);

I_{N1} 、 I_{N2} 、 I_{N3} ——分别为变压器高低、中低、低压绕组的额定电流 (A)。

16. 并联电容器的电能损耗如何计算?

并联电容器的电能损耗 ΔA 计算公式为

$$\Delta A = Q_C \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot t$$

式中, Q_C ——投入运行的电容器容量 (kvar);

$\operatorname{tg} \delta$ ——电容器介质损失角的正切值, 可取厂家实测值;

t ——电容器运行时间 (h)。

17. 电抗器的电能损耗如何计算?

(1) 串联电抗器的电能损耗 ΔA 计算公式为

$$\Delta A = 3 \Delta P_k \left(\frac{I_{rms}}{I_N} \right)^2 t$$