

DL/T 738—2000

前 言

本规程是根据原电力部综科教[1998]28号文“关于下达1997年制定、修订电力行业标准项目的通知”安排制定的。

为了贯彻国家“开发与节约并重,近期把节约放在优先地位”的能源方针,进一步落实原能源部颁发的《全国农村节电实施细则》,进一步促进完善农村电网的降损节电措施,搞好农电线损管理,提高供电企业的经济效益和社会效益,根据《中华人民共和国节约能源法》特制定本规程。

电网线损率是供电企业一项重要技术经济指标,供电企业应当重视和加强农电线损管理工作,实行农电线损目标管理和分电压等级、分供电区、分线路的线损管理;编制好电网建设、改造计划和降损计划,开展农村电网降损节电技术的研究和推广,有计划、有步骤地降低农村电网的线损率。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D都是提示的附录。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会提出并归口。

本标准由中国电力科学院农村电气化研究所、沈阳农业大学电气工程系、河南省电力局地电处等单位起草。

本标准主要起草人:朴在林、廖学琦、徐腊元、黄文辉、孟秀兰。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会负责解释。

中华人民共和国电力行业标准

农村电网节电技术规程

DL/T 738—2000

Technical code for energy saving of rural power network

1 范围

本标准规定了农村电网的线损率指标,提出了农村电网的节电技术措施。

本标准适用于农村电网降损节电工作的实施、监督、检查和管理。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

《全国农村节电实施细则》(试行)原能源部 能源农电[1989]1039号 1990年1月19日。

3 名词术语

3.1 农村电网综合线损率(rural electric synthesize line loss power network)

农村电网供、售电量之差对供电量百分比率。

3.2 供电半径(supply radius)

线路首端至末端(或最远)变电所(或配电台区)的供电距离。

3.3 主干线(main line)

在10(6) kV和0.38 kV线路中,线路首端到某分界点之间的一段线路。该分界点处线路潮流电流为线路首端电流的25%。

3.4 逆调压法(back regulating voltage)

在系统高峰负荷时升高电压5%,低谷负荷时降到电网的额定电压。

4 节电降损指标

4.1 线损率指标

4.1.1 10(6) kV~110(220) kV综合线损率降到8%及以下。

4.1.2 低压线损率降到12%及以下。

4.2 功率因数指标

4.2.1 高压供电的工业用户和高压供电装有带负荷调整电压装置的电力用户,功率因数为0.9及以上。

4.2.2 设备容量为100 kVA及以上电力用户和大、中型电力排灌站,功率因数为0.85及以上。

4.2.3 趸售和农业用户综合功率因数0.8及以上。

4.2.4 35 kV~110 kV变电所二次侧功率因数为0.90及以上。

4.3 电压允许偏差值指标

4.3.1 35 kV及以上用户的电压变动幅度,应不大于系统额定电压的10%,其电压允许偏差值应在系统额定电压的90%~110%范围内。

中华人民共和国国家经济贸易委员会 2000-11-03 批准

2001-01-01 实施

- 4.3.2 10(6) kV 用户的电压允许偏差值,为系统额定电压的±7%。
- 4.3.3 0.38 kV 动力用户的电压允许偏差值,为系统额定电压的±7%。
- 4.3.4 0.22 kV 用户的电压允许偏差值,为系统额定电压的+7%~−10%。
- 4.4 供电半径指标
- 4.4.1 35 kV 及以上线路供电半径一般应不超过下列要求:35 kV 线路为 40 km;66 kV 线路为 80 km;110 kV 线路为 150 km(参见《全国农村节电实施细则》)。
- 4.4.2 10 kV 线路供电半径推荐值见表 1。

表 1 10 kV 线路供电半径推荐值

负荷密度,kW/km ²	<5	5~10	10~20	20~30	30~40	<40
供电半径,km	20	20~16	16~12	12~10	10~8	<8

4.4.3 0.38 kV 及 0.22 kV 线路供电半径宜按电压允许偏差值确定,但最大允许供电半径不宜超过 0.5 km。

5 变电所节电

- 5.1 变压器的台数为两台及以上时,其运行方式应始终遵循电能损耗最小为目标,按电能损耗最小曲线改变其运行方式。
- 5.2 新建变电所或更新变压器必须选用低损耗节能型变压器,有条件的宜选用低损耗节能型有载调压变压器。
- 5.3 有载调压变压器电压调整宜采用逆调压法进行。
- 5.4 变电所的所用配电变压器必须选用低损耗节能型。

表 2 导线经济电流密度

导线材料	年最大负荷利用小时数,h		
	<3 000	3 000~5 000	>5 000
铝线,A/mm ²	1.65	1.15	0.9
铜线,A/mm ²	3.0	2.25	1.75

6 高低压线路节电

- 6.1 高低压线路导线截面积宜按经济电流密度选择,并以电压允许偏差值进行校验。经济电流密度推荐值如表 2 所示。
- 6.2 应重视线路的改造,改造的重点是:10(6) kV 及以上“瓶颈”线路、迂回线路、瓷件不符合要求的线路及接地电阻不满足要求的两线一地线路。
- 6.3 0.38 kV 三相四线制线路,三相负荷均匀分配使零线电流不宜超过首端相线电流的 15%。
- 6.4 0.38 kV 主干线、分支线、下户线、进户线,有条件的宜采用防老化绝缘导线或防老化绝缘集束线。

7 配电台区节电

- 7.1 按照 60、70 年代原机械部老标准生产的配电变压器必须淘汰,更换或新投入的配电变压器应选用低损耗节能型,有条件的宜选用非晶铁芯低损耗节能型配电变压器。
- 7.1 配电变压器三相负荷不平衡电流不应超过变压器额定电流的 25%。
- 7.3 配电变压器应布置在负荷中心。当负荷密度高供电范围大时,通过经济技术比较可采用两点或多点布置。
- 7.4 对于山区根据负荷分散情况宜选用单相配电变压器。
- 7.5 排灌站专用配电变压器应按季节投切。
- 7.6 对于用电季节性变化大的综合配电台区宜采用调容配电变压器。

8 无功补偿节电

8.1 农网的无功补偿应遵循“全面规划、合理布局、分级补偿、就地平衡”的原则,采用“集中补偿与分散补偿相结合,以分散补偿为主;高压补偿与低压补偿相结合,以低压补偿为主;调压与降损相结合,以降损为主”的补偿方式。

8.2 对 110 kV 及以下变电所,宜按主变压器容量的 10%~15%进行无功补偿。

8.3 10(6) kV 配电变压器按容量的 5%~10%进行随器补偿;对容量在 100 kVA 及以上的配电变压器宜采用自动投切方式。

8.4 当 10(6) kV 线路上采用无功补偿时,补偿点可设在线路的有功负荷中心处。

8.5 电动机容量在 7.5 kW 及以上时,年运行小时超过 450 h 的,宜采用随电机补偿方式,补偿容量按下式确定:

$$Q = (0.9 \sim 0.95) 3U_N I_0 \quad (\text{kvar})$$

式中: U_N ——变压器额定电压, kV;

I_0 ——电动机空载电流, A。

9 电动机及弧焊机节电

9.1 高能耗电动机是指 JO(J) 系列,凡是 7.5 kW 及以上的高能耗电动机应更新或采用“磁性槽泥技术”进行改造。

9.2 新装电动机应采用 Y 系列高效节能型电动机。

9.3 电动机负载率应达到 40%以上。通风机、鼓风机效率达不到 70%应进行更换或改造。

9.4 容量较大且频繁起动的电动机宜采用调速(变频调速或变压调速)电机。

9.5 作为控制电动机的交流接触器宜选用无压运行方式。

9.6 交流弧焊机应选用节能型,非节能型弧焊机应加装空载控制装置。

10 仪表节电

110 kV 及以下变电所仪表及配电台区电能表应选用低损耗节能型。

11 线损理论计算与管理

11.1 农村电网线损理论计算的推荐方法(见附录 A、附录 B、附录 C、附录 D)为电量法(即电能表取数法),也可采用线路均方根电流法(即代表日负荷电流法)或结点功率法等。

11.2 农村电网在进行线损理论计算时,应将理论线损率计算出来,以便与实际线损率对比分析;还应将固定损耗电量(或可变损耗电量)在总损耗电量中所占的比例计算出来,以便为采取降损措施提供可靠的依据。

附录 A

(提示的附录)

10(6) kV 线路线损理论计算的推荐方法

A1 根据有关技术规定,10(6) kV 线路首端应装设有功电能表、无功电能表、电压表等表计,此时,线损理论计算用“电量法”(即电能表取数法)较为方便、精确、快捷。

A1.1 理论线损电量的计算:

线路导线线损:

$$\Delta A_1 = (A_{p.g}^2 + A_{Q.g}^2) \frac{K^2 R_{d.d}}{U_{av}^2 t_1} \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

线路上变压器的负载损耗:

$$\Delta A_b = (A_{p.g}^2 + A_{Q.g}^2) \frac{K^2 R_{d.b}}{U_{av}^2 t_b} \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

线路的可变损耗:

$$\Delta A_{kb} = \Delta A_1 + \Delta A_b$$

或

$$\Delta A_{kb} = (A_{p.g}^2 + A_{Q.g}^2) \frac{K^2 R_{d.\Sigma}}{U_{av}^2 t_{\Sigma}} \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

线路的固定损耗:

$$\Delta A_{gd} = \left(\sum_{i=1}^m \Delta P_{0.i} \right) \times t_b \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

线路的总损耗:

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{kb} + \Delta A_{gd} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

式中: $A_{p.g}$ 、 $A_{Q.g}$ ——线路有功供电量, kW·h、无功供电量, kvar·h;

K ——线路负荷曲线形状系数;

$R_{d.d}$ 、 $R_{d.b}$ ——线路导线等值电阻、变压器绕组等值电阻, Ω ;

$R_{d.\Sigma}$ ——线路总等值电阻, $R_{d.\Sigma} = R_{d.d} + R_{d.b}$, Ω ;

U_{av} ——线路平均运行电压, kV;

t_1 、 t_b ——线路运行时间、变压器平均运行时间, h;

t_{Σ} ——线路和变压器的综合运行时间, h;

$\Delta P_{0.i}$ ——线路上投运的第 i 台变压器的空载损耗, kW;

m ——线路上投运的配电变压器台数。

A1.2 式中有关参数的计算确定:

1) 线路导线等值电阻计算。在计算之前,首先按照导线型号、长度、输送负荷均相同者为一线段的原则,从线路末端到首端,从分支线到主干线(即按负荷递增方式)的次序,将计算线段(或支路)划分出来,编上序号,然后按线段逐一进行计算:

$$R_{d.d} = \frac{\sum_{j=1}^n A_{jz}^2 R_j}{\left(\sum_{i=1}^m A_{bi} \right)^2} \quad (\Omega)$$

$$R_j = r_{0j} \cdot L_j \quad (\Omega)$$

式中: A_{bi} ——线路上第 i 台变压器二次侧总表的实抄电量, kW·h;

A_{jz} ——由第 j 段线路供电的所有变压器实抄见电量之和, kW·h;

L_j ——任意线段的长度, km;

r_{0j} ——任意线段导线单位长度电阻值, Ω/km ;

m ——线路上变压器的台数;

n ——线路分段的总数(线路上电流相同的部分为一段)。

2) 线路上变压器绕组等值电阻的计算。在计算之前, 将线路上投运的变压器按台(或台区)编上序号, 然后按序号逐一进行计算:

$$R_{d.b} = \frac{\sum_{i=1}^m A_{bi}^2 R_i}{\left(\sum_{i=1}^m A_{bi}\right)^2} \quad (\Omega)$$

$$R_i = \Delta P_{k,i} \left(\frac{U_{1N}}{S_{N,i}} \right)^2 \quad (\Omega)$$

式中: R_i ——变压器归算到一次侧的电阻, Ω ;

U_{1N} ——变压器一次侧额定电压, kV;

$S_{N,i}$ 、 $\Delta P_{k,i}$ ——每台变压器的额定容量, kVA、短路损耗, W。

3) t_1 、 t_b 、 t_Σ 的计算确定:

$$t_1 = 24 \times \text{天数} - \text{停电时间} \quad (\text{h})$$

$$t_b = \frac{\sum_{i=1}^m t_i S_{N,i}}{\sum_{i=1}^m S_{N,i}} \quad (\text{h}) \quad \text{或} \quad t_b = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{m} \quad (\text{h})$$

$$t_\Sigma = \frac{t_1 R_{d,d} + t_b R_{d,b}}{R_{d,d} + R_{d,b}} \quad (\text{h})$$

式中: t_i ——每台变压器装设的计时钟的记录时间。

4) 线路负荷曲线形状系数 K 值的计算确定。一般 $K \geq 1$, 首先计算出对应于线路供用电高峰月份, 有较大有功供电量的较小的负荷形状系数 K_x 值, 以及对应于线路供用电低谷月份, 较小有功供电量的较大的负荷曲线形状系数 K_d 值, K_x 值和 K_d 值均可按下式计算确定:

$$K = \frac{I_{jf}}{I_{av}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} I_i^2}}{\frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} I_i} \quad \text{或} \quad K = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i^2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i}$$

式中: I_i ——第 i 小时或电流相同的时段内的电流, A;

I_{jf} 、 I_{av} ——均方根电流、平均负荷电流, A;

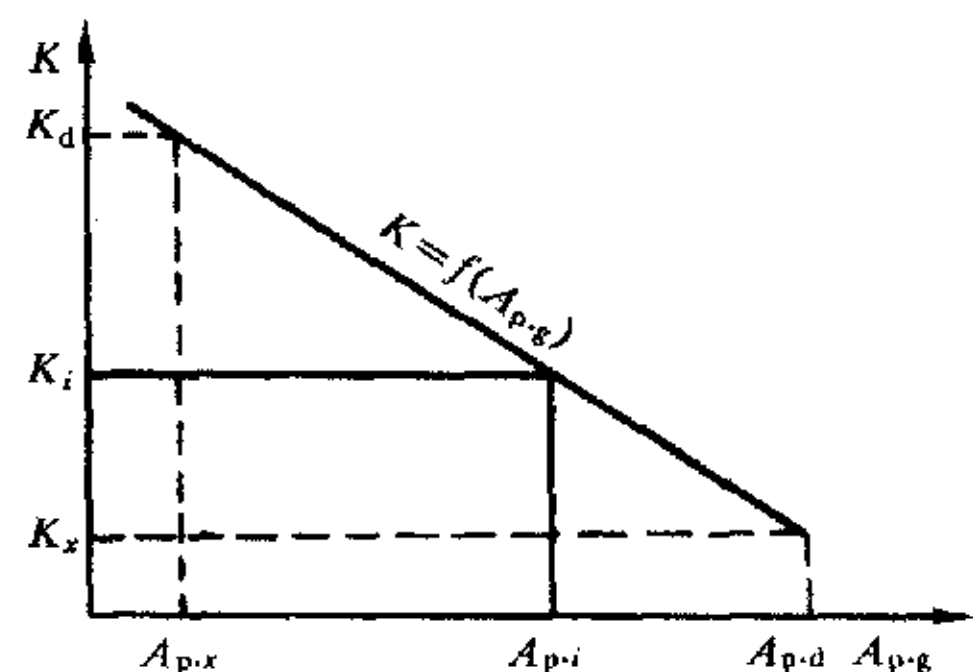
24——一天的小时数;

n ——一天内电流相同时段的数目。

然后绘制出线路的 $K=f(A_{p.g})$ 曲线坐标图, 其他月份的 K 值可根据其有功供电量从图中直接查取, 不必每月都计算一次, (参见图 1)。

5) 线路平均运行电压的确定。由于线路平均运行电压的确定较为麻烦, 为简单方便起见, 并考虑运行电压对可变损耗和固定损耗影响的互补性, 一般可取: $U_{av} \approx U_N$ (kV)。

6) 线路负荷功率因数的计算:



$A_{p,i}$ ——某月有功供电量; K_i ——某月查取的 K 值

图 1 某线路的 $K=f(A_{p.g})$ 坐标图

$$\cos\varphi = \frac{A_{p.g}}{\sqrt{A_{p.g}^2 + A_{Q.g}^2}}$$

A1.3 对比分析所需的参数计算(即终结计算):

线路理论线损率:

$$\Delta A_L\% = \frac{\Delta A_\Sigma}{\Delta A_{p.g}} \times 100\% = \frac{\Delta A_{kb} + \Delta A_{gd}}{A_{p.g}} \times 100\%$$

式中: ΔA_Σ ——线路的总损耗, kW·h;

$\Delta A_{p.g}$ ——线路有功供电量, kW·h;

ΔA_{kb} ——线路的可变损耗, kW·h;

ΔA_{gd} ——线路的固定损耗, kW·h。

线路中固定损耗所占比重:

$$\Delta A_{gd}\% = \frac{\Delta A_{gd}}{\Delta A_\Sigma} \times 100\%$$

线路最佳理论线损率(或称经济运行线损率):

$$\Delta A_{z,j}\% = \frac{2K \times 10^{-3}}{U_N \cos\varphi} \cdot \sqrt{R_{d,\Sigma} \sum_{i=1}^m \Delta P_{0,i}} \times 100\%$$

式中: $\Delta P_{0,i}$ ——线路上投运的第 i 台变压器的空载损耗, kW;

K ——线路负荷曲线形状系数;

$R_{d,\Sigma}$ ——线路总等值电阻, Ω ;

m ——线路上投运的配电变压器台数;

U_N ——线路额定电压, kV。

线路经济负荷电流:

$$I_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \Delta P_{0,i}}{3K^2 R_{d,\Sigma}}} \quad (\text{A})$$

附录 B

(提示的附录)

0.38 kV 线路线损理论计算的推荐方法

B1 理论线损电量的计算:

$$\Delta A = NI_{av}^2 K^2 R_{dz} t \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

式中: N ——配电变压器低压出口电网结构常数, 三相三线制取 $N=3$; 三相四线制取 $N=3.5$; 单相两线制取 $N=2$;

I_{av} ——线路首端平均负荷电流, A;

K ——线路负荷曲线形状系数(取值方法同 10 kV 线路);

R_{dz} ——低压线路等值电阻, Ω ;

t ——配电变压器向低压线路供电的时间, 即低压线路的运行时间, h。

B2 线路首端平均负荷电流的计算。对于 100 kVA 及以上的配电变压器, 其二次侧应装设有功电能表和无功电能表, 此时则有:

$$I_{av} = \frac{1}{U_{av}t} \sqrt{\frac{1}{3}(A_{p.g}^2 + A_{Q.g}^2)} \quad (A)$$

式中：\$A_{p.g}\$——线路有功供电量，kW·h；

\$A_{Q.g}\$——线路无功供电量，kvar；

\$U_{av}\$——低压线路平均运行电压，可取 \$U_{av} \approx U_N \approx 0.38\$ kV；

\$t\$——计算时段的时间，h。

对于 100 kVA 及以下的配电变压器，其二次侧可装设有功电能表和功率因数表，此时则有：

$$I_{av} = \frac{A_{p.g}}{\sqrt{3} U_{av} t \cos \varphi} \quad (A)$$

B3 低压线路等值电阻的计算。同 10 kV 线路线损计算一样，计算前将低压线路的计算线段划分出来，此时则有：

$$R_{dz} = \frac{\sum_{i=1}^m N_i A_{jz}^2 R_j}{N (\sum_{i=1}^m A_i)^2} \quad (\Omega)$$

式中：\$A_i\$——第 \$i\$ 个计 380/220 V 用户电能表的实抄电量，kW·h；

\$A_{jz}\$——第 \$i\$ 个计算线段供电的所有低压用户电能表抄见电量之和，kW·h；

\$N_j\$——第 \$i\$ 个计算线段线路结构常数，取值方法与 \$N\$ 相同(见 B1)；

\$R_j\$——第 \$i\$ 个计算线段导线电阻 \$R_j = r_{0j} L_j\$，\$\Omega\$；

\$n\$——计算线路段数；

\$r_{0j}\$——计算线段导线的单位长度电阻，\$\Omega/\text{km}\$；

\$L_j\$——计算线段长度，km。

B4 低压线路的理论线损率：

$$\Delta A_L \% = \frac{\Delta A}{A_{p.g}} \times 100\%$$

式中：\$\Delta A\$——低压线路理论线损电量，kW·h；

\$A_{p.g}\$——低压线路供电量，kW·h。

附录 C

(提示的附录)

35 kV 线路线损理论计算的推荐方法

C1 35 kV 线路的线损的计算宜分：线路导线中的电阻损耗、变压器的空载损耗、变压器的负载损耗等三部分分别进行。

C1.1 线路导线中的电阻损耗：

$$\Delta A_L = (A_{p.g}^2 + A_{Q.g}^2) \frac{K^2 R_{d.d}}{U_{av} t_1} \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

式中符号含义和取值方法与 10 kV 线路相同，此处省略。

C1.2 变压器的空载损耗：

$$\Delta A_0 = \Delta P_0 \cdot t_b \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

或

$$\Delta A_c = \Delta P_0 (t_0 + t_t) \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

$$t_0 + t_f = t_b \leq t_1$$

式中: t_0 、 t_f 、 t_b ——变压器空载运行时间、带负荷运行时间、总运行时间, h;

t_1 ——线路运行时间, h。

C1.3 变压器的负载损耗:

$$\Delta A_f = \beta^2 \Delta P_k t_f \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

或

$$\Delta A_f = \left(\frac{I_{jf}}{I_N} \right)^2 \Delta P_k t_f \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

或

$$\Delta A_f = K^2 \left(\frac{I_{av}}{I_N} \right)^2 \Delta P_k t_f \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

式中: β ——变压器负载率;

I_{jf} 、 I_{av} ——通过变压器绕组的均方根电流、平均负荷电流, A;

I_N ——变压器一次侧额定电流, $I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_N}$, A;

C1.4 35 kV 线路的总损耗 ΔA_Σ 及理论线损 ΔA_L 、可变损耗 ΔA_{kb} 所占比例:

$$\Delta A_\Sigma = \Delta A_L + \Delta A_f + \Delta A_0 \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

$$\Delta A_L \% = \frac{\Delta A_L}{A_{p.g}} \times 100 \%$$

$$\Delta A_{kb} \% = \frac{\Delta A_{kb}}{A_\Sigma} \times 100 \% = \frac{\Delta A_L + \Delta A_f}{\Delta A_\Sigma} \times 100 \%$$

附录 D

(提示的附录)

110 kV 线路理论计算的推荐方法

D1 在 110 kV 线路中,除了存在与 35 kV 线路相同的三部分损耗外,还存在着电晕损耗和绝缘子的泄漏损耗。而且 110 kV 变压器大都为三绕组变压器,空载损耗计算同 35 kV 变压器,但负载损耗计算要复杂些。

D1.1 线路导线中的电阻损耗(同 35 kV 线路,略)。

D1.2 线路的电晕损耗按 110 kV 线路电阻损耗的 0.3%~4.7% 估算,好天愈少(如有冰雪、雨、雾),其比值的取值愈靠上,反之取下限值。

D1.3 线路的绝缘子泄漏损耗按 110 kV 线路电阻损耗的 1% 估算。

D1.4 变压器的空载损耗(同 35 kV 变压器,略)。

D1.5 变压器的负载损耗:

$$\Delta A_{f1} = \Delta P_{k1} \cdot \left(\frac{I_{f1.1}}{I_{N.1}} \right)^2 \times t_f \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

$$\Delta A_{f2} = \Delta P_{k2} \cdot \left(\frac{I_{f1.2}}{I_{N.2}} \right)^2 \times t_f \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

$$\Delta A_{f3} = \Delta P_{k3} \cdot \left(\frac{I_{f1.3}}{I_{N.3}} \right)^2 \times t_f \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

$$\Delta P_{k1} = \frac{1}{2} (\Delta P_{k1-2} + \Delta P_{k1-3} + \Delta P_{k2-3}) \quad (\text{kW})$$

$$\Delta P_{k2} = \frac{1}{2} (\Delta P_{k1-2} + \Delta P_{k2-3} + \Delta P_{k1-3}) \quad (\text{kW})$$

$$\Delta P_{k3} = \frac{1}{2} (\Delta P_{k1-3} + \Delta P_{k2-3} + \Delta P_{k1-2}) \quad (\text{kW})$$

式中: ΔP_{k1} 、 ΔP_{k2} 、 ΔP_{k3} ——分别代表三个绕组的额定负载损失, kW;

$\Delta P_{k1-2}, \Delta P_{k1-3}, \Delta P_{k2-3}$ ——变压器每两相绕组的额定负载损失, kW;

$\Delta A_{f1}, \Delta A_{f2}, \Delta A_{f3}$ ——三个绕组变压器的电能损耗, kW·h;

I_{f1}, I_{f2}, I_{f3} ——变压器三个绕组的负载电流, A;

I_{N1}, I_{N2}, I_{N3} ——变压器三个绕组的额定电流, A。

D1.6 110 kV 线路的总损耗 ΔA_{Σ} 、理论线损率 $\Delta A_L\%$ 与可变损 $\Delta A_{kb}\%$ 所占比例:

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_L + \Delta A_{dy} + \Delta A_{x1} + \Delta A_{f1} + \Delta A_{f2} + \Delta A_{f3} + \Delta A_0 \quad (\text{kW} \cdot \text{h})$$

$$\Delta A_L\% = \frac{\Delta A_{\Sigma}}{A_{p-g}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \Delta A_{kb}\% &= \frac{\Delta A_{kb}}{\Delta A_{\Sigma}} \times 100\% = \frac{\Delta A_L + \Delta A_{dy} + \Delta A_{x1} + \Delta A_{f1} + \Delta A_{f2} + \Delta A_{f3}}{\Delta A_{\Sigma}} \times 100\% \\ &= \frac{\Delta A_{\Sigma} - \Delta A_0}{\Delta A_{\Sigma}} \times 100\% \end{aligned}$$

式中: ΔA_L ——110 kV 线路电阻中电能损耗, kW·h;

ΔA_{dy} ——110 kV 线路电晕损耗, kW·h;

ΔA_{x1} ——110 kV 线路绝缘子泄漏损耗, kW·h;

ΔA_0 ——变压器的空载损耗, kW·h。