

153

VYHLÁŠKA

Ministerstva průmyslu a obchodu

ze dne 12. dubna 2001,

kteřou se stanoví podrobnosti určení účinnosti užití energie při přenosu, distribuci a vnitřním rozvodu elektrické energie

Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví podle § 14 odst. 5 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, (dále jen „zákon“) k provedení § 6 odst. 2 zákona:

§ 1

Předmět úpravy

(1) Vyhláška stanovuje podrobnosti posuzování účinnosti užití energie při přenosu a distribuci (dále jen „rozvod“) a vnitřním rozvodu elektrické energie.

(2) Účinnost užití energie při rozvodu a vnitřním rozvodu elektrické energie podle této vyhlášky je určena technickými ztrátami vznikajícími při provozu zařízení fyzikálními jevy.

(3) Pro účely této vyhlášky se rozumí vnitřním rozvodem rozvod, kterým je elektřina dodávána držitelem licence podle zvláštního právního předpisu¹⁾ jeho vlastním zařízením konečným zákazníkům a které je současně předmětem vykazování údajů podle zvláštního právního předpisu.¹⁾

(4) Určování technických ztrát se vztahuje na nově zřizované rozvody a vnitřní rozvody elektrické energie a na rozvody a vnitřní rozvody elektrické energie, u nichž se provádí změna dokončených staveb podle zvláštního právního předpisu,²⁾ a na již provozované rozvody a vnitřní rozvody elektrické energie.

(5) Hodnocení účinnosti užití elektrické energie podle této vyhlášky se vztahuje na přenosovou soustavu a ve speciálních případech na vybraná vedení o velmi vysokém napětí 110 kV, dále pak pro distribuční soustavu o velmi vysokém napětí 110 kV, pro distribuční soustavu o vysokém napětí 6 až 35 kV a pro distribuční soustavu o nízkém napětí do 1 kV a pro vnitřní rozvod elektrické energie.

(6) Tato vyhláška se nevztahuje na případy, kdy je

přenosová soustava nebo distribuční soustava provozována

- a) v rámci povinnosti nad rámec licence podle zvláštního právního předpisu,¹⁾
- b) při řešení stavů nouze a jejich předcházení a odstraňování jeho následků podle zvláštního právního předpisu.¹⁾

§ 2

Rozdělení technických ztrát elektrické energie v rozvodu a vnitřním rozvodu elektrické energie

(1) Technické ztráty elektrické energie v rozvodu a vnitřním rozvodu elektrické energie se člení na

- a) ztráty stálé, které jsou dány provedením a parametry provozovaných zařízení,
- b) ztráty proměnné, které jsou ovlivněny velikostí přenašeného výkonu provozovaným zařízením.

(2) Způsob určení technických ztrát elektrické energie (dále jen „způsob určení“) je uveden v příloze.

§ 3

Vyhodnocování ztrát elektrické energie

(1) Pro účely vyhodnocování jsou roční technické ztráty elektrické energie při rozvodu a vnitřním rozvodu elektrické energie dány součtem ztrát stálých a proměnných.

(2) Vyhodnocování ztrát elektrické energie se provádí každoročně nejpozději do 30. března následujícího roku v rozsahu podle způsobu určení uvedeném v příloze.

(3) Soubory naměřených technických veličin, dalších údajů souvisejících s posuzováním účinnosti užití elektrické energie a hodnot stanovených podle způsobu určení se uchovávají minimálně po dobu 5 let.

(4) Součet technických ztrát stanovených podle

¹⁾ Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

²⁾ § 139b odst. 1 a 3 zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.

způsobu určení se porovná s celkovými ztrátami vykázanými držiteli licence na přenos a licence na distribuci elektřiny ve výkazech zpracovaných podle zvláštního právního předpisu.¹⁾ Údaje se rovněž vyjádří v procentech z celkové přenesené elektrické energie.

(5) Vyhodnocování ztrát se provádí na zařízeních

rozvodu a vnitřního rozvodu elektrické energie provozovaných v příslušném roce.

§ 4

Účinnost

Tato vyhláška nabývá účinnosti dnem vyhlášení.

Ministr:

doc. Ing. Grégr v. r.

Způsob určení technických ztrát elektrické energie

A. Ztráty technické stálé

/1/ Koróna

Uplatňuje se v rozvodech vvn.

Výpočet počáteční hodnoty fázového napětí (**kritického napětí**), kdy nastává výboj se provádí podle empirického Peekova vzorce:

$$U_k = 49,2 * m_1 * m_2 * \rho * r * \log(d/r) \quad [\text{kV}]$$

kde m_1 je součinitel drsnosti vodiče (pro lana 0,87 až 0,83)

m_2 je součinitel počasí (1,00 pro sucho, 0,80 pro déšť, mlhu nebo sníh)

r je poloměr vodiče v cm

ρ je relativní hustota vzduchu (0,97 až 0,82 podle nadmořské výšky)

d je střední vzdálenost vodičů $d = \sqrt[3]{(d_1 * d_2 * d_3)}$ (cm).

Výše činných ztrát na 1 km jedné fáze vedení způsobených korónou, je dána výrazem:

$$P_{Zt1} = 2,44 * (f + 25) / \rho * \sqrt{\frac{r}{d}} * (U_f - U_k)^2 * 10^{-3} \quad [\text{kW/km}]$$

kde f je kmitočet (50 Hz) a U_f je fázové napětí v kV.

Pro ztráty el. energie třífázového vedení délky L_v v km způsobené korónou za rok provozovaného po dobu T hodin za rok (obvykle 8760), platí

$$W_{Zt1} = 3 * P_{Zt1} * L_v * T * 10^{-3} \quad [\text{MWh}]$$

Pozn.: U vedení 110 kV s průřezem nad 95 mm² jsou tyto ztráty zanedbatelné.

/2/ Svod

Uplatňuje se v rozvodech všech úrovní napětí.

Každým izolantem protéká určitý proud, neboť nemá nekonečně velký odpor. Velikost proudu je dána výrazem:

$$I = U_0 / R_k \quad [\text{A/km}]$$

kde U_0 je napětí vůči zemi v kV a R_k je odpor izolace v k Ω /km.

Ztráty činného výkonu jedné fáze vedení způsobené svodem pak budou :

$$P_{Zt2} = U_0^2 / R_k \quad [\text{kW/km}]$$

U venkovních vedení je svod způsoben zejména povrchovým svodovým proudem, který je největší při vlhkém počasí, zvláště je-li povrch izolátoru pokryt vrstvou vodivých nečistot. Minimálně vyžadovaný izolační odpor za vlhka je proto u venkovních vedení nn 24kΩ/V, u vedení nad 20kV pak alespoň 1,6 MΩ/km.

Pro ztráty el. energie třífázového vedení délky L_v v km provozovaného po dobu T hodin za rok (obvykle 8760), platí :

$$W_{Zt2} = 3 * P_{Zt2} * L_v * T * 10^{-3} \quad [\text{MWh}]$$

Jelikož ve srovnání s celkovými ztrátami jsou ztráty svodem poměrně malé, postačí pro jejich bilancování průměrné hodnoty ve výši :

venkovní vedení vvn	9 500 kWh/km * rok
venkovní vedení vn	800 kWh/km * rok
venkovní vedení nn	30 kWh/km * rok

Nutnými vstupními údaji pro výpočet celkových ztrát el. energie jsou **jednoduché délky třífázových venkovních vedení L_v v jednotlivých napěťových úrovních.**

/3/ Ztráty v dielektriku

Uvažuje se v rozvodu všech úrovní napětí.

Dielektrické ztráty u kabelů představují prakticky jejich ztráty svodem. Je-li nabíjecí proud jednoho km jednofázového kabelového vedení

$$I_0 = U_f / X_c = U_f * \omega * C = U_f * 2\pi * f * C * 10^3 \quad [\text{A/km}]$$

kde U_f je fázové napětí v kV,

X_c je kapacitní reaktance kabelu Ω/km

C je kapacita kabelu F/km

pak jsou jeho činné ztráty v dielektriku:

$$P_{Zt3} = U_f^2 * 2\pi * f * C * \text{tg}\delta * 10^3 \quad [\text{kW/km}]$$

kde δ je ztrátový úhel.

Ztrátový úhel je jednou z charakteristických veličin pro jakost izolace a neměl by u řádně udržovaných kabelů přesáhnout hodnotu 4°.

Pro ztráty el. energie třífázového vedení délky L_k v km provozovaného po dobu T hodin za rok (obvykle 8760), platí :

$$W_{Zt3} = 3 * P_{Zt3} * L_k * T * 10^{-3} \quad [\text{MWh}]$$

Při průměrné hodnotě ztrátového úhlu $\delta = 2^\circ$, jsou průměrné dielektrické ztráty kabelů s dostatečnou přesností určeny v těchto napěťových úrovních následovně:

3f kabely 110kV	175 000 kWh/km * rok
3f kabely 35kV	26 000 kWh/km * rok
3f kabely 22kV	14 000 kWh/km * rok
3f kabely 10kV	4 500 kWh/km * rok
3f kabely 6kV	1 600 kWh/km * rok

3f kabely 0,4kV**4 kWh/km * rok****/4/ Ztráty transformátorů naprázdno**

Uvažuje se v rozvodu všech úrovní napětí.

Tyto ztráty se významně uplatňují u starších transformátorů, které nejsou vybaveny orientovanými nebo amorfními plechy. Ztráty transformátorů naprázdno jsou součástí dokumentace těchto zařízení.

Činné ztráty el. energie skupiny transformátorů naprázdno jsou:

$$W_{Zt4} = \sum_{i=1}^n \Delta P_{0i} * T_i * 10^{-6} \quad [\text{MWh}]$$

kde T_i je doba provozování i -tého trafo (hod), ΔP_{0i} jeho ztráty naprázdno (W).

Vstupními údaji pro výpočet celkových ztrát všech transformátorů naprázdno jsou jejich počty n ve výkonových řadách a skupinách kvality plechů, spolu s dále uvedenými orientačními hodnotami ztrát (viz ztráty transformátorů nakrátko).

/5/ Trvalá spotřeba měřicích prvků

Uvažuje se v rozvodu všech úrovní napětí.

Průměrné příkony napěťových a přepínacích cívek elektroměrů jsou:

1,44W P_{Zt11} jednofázového jednosazbového elektroměru

1,44W + 1,20W = 2,64W P_{Zt12} jednofázového dvousazbového elektroměru

3 x 1,44W = 4,32W P_{Zt31} třífázového jednosazbového elektroměru

3 x 1,44W + 1,20 = 5,52W P_{Zt32} třífázového dvousazbového elektroměru

Roční ztráty elektrické energie v provozní oblasti se vypočtou podle vztahu :

$$W_{Zt5} = (N_{E31} * P_{Zt31} + N_{E32} * P_{Zt32}) * 8,76 * 10^{-3} \quad [\text{MWh}]$$

kde N_{E31} a N_{E32} jsou počty dvou a jednosazbových třífázových elektroměrů v provozní oblasti.

Roční ztráty elektrické energie v obchodní oblasti se vypočtou podle vztahu :

$$W_{Zt5} = (N_{E11} * P_{Zt11} + N_{E12} * P_{Zt12} + N_{E31} * P_{Zt31} + N_{E32} * P_{Zt32}) * 8,76 * 10^{-3} \quad [\text{MWh}]$$

kde N_{E11} až N_{E32} jsou počty jednotlivých typů odběratelských elektroměrů v oblasti.

Paušálně je lze vyjádřit hodnotou 25 MWh/1000 ks měření za rok.

/6/ Trvalá spotřeba řídicích prvků

Uplatňuje se v rozvodech vn a nn.

Průměrné trvalé příkony přepínacích hodin jsou $P_{ZPH} = 1,5W$, přijímačů HDO $P_{ZHDO} = 2W$.

Roční ztráta el. energie v oblasti obchodní :

$$W_{Z06} = (N_{PH} * P_{ZPH} + N_{HDO} * P_{ZHDO}) * 8,76 * 10^{-3} \quad [MWh]$$

kde N_{PH} a N_{HDO} jsou počty přepínacích hodin a přijímačů HDO.

Jejich paušální hodnota je 10 MWh/ 1000 ks ročně.

B. Ztráty technické proměnné

/7/ Jouelovy ztráty vedení

Uplatňuje se v rozvodech všech úrovní napětí. Jde o nejdůležitější ztráty v oblasti provozní.

a) sítě vvn :

Způsob určení předpokládá **existenci dálkových měření elektroenergetických veličin** uvažované sítě **v reálném čase** v dostatečné kvantitě i kvalitě, a jejich archivaci po hodinových intervalech v celém uvažovaném období, které se uplatní jako vstupní hodnoty programu na výpočet ustáleného chodu sítě nebo programu obdobného, který pro výpočet ztrát používá následující postup.

Ztráta činného výkonu přenášeného uvažovaného rozvodu, způsobená přeměnou elektrické energie na teplo **ve vedeních a transformátorech** spolu se ztrátou činného výkonu spotřebovávaného v nasazených kompenzačních prostředcích se určí v čase t takto:

$$P_{Z17} = \sum_i |P_i^1 - P_i^2| + \sum_j k_j P_j^3 \quad [MW]$$

P_i^1 – měřený činný výkon tekoucí počátečním vývodem i -té větve

P_i^2 – měřený činný výkon tekoucí koncovým vývodem i -té větve

P_j^3 – příkon j -tého kompenzačního prostředku

k_j – příznak nasazení kompenzačního prostředku ($k_j = 0$ - nenasazen, $k_j = 1$ - nasazen)

kde index i resp. j probíhá množinu větví, resp. disponibilních kompenzačních prostředků uvažované sítě.

Ztráta elektrické energie v uvažovaném období T se určí následovně:

$$W_{Z17} = \int_0^T P_{Z17}(t) dt \quad [MWh]$$

b) síť vn :

• **Varianta výpočtu č.1 :**

Způsob určení **předpokládá existenci dálkových měření proudů na vývodech rozvoden** uvažovaného rozvodu **v reálném čase** a jejich archivaci po hodinových intervalech v celém období a dále **existenci modelu uvažovaného rozvodu**.

Ztráta činného výkonu přenášeného uvažovaným rozvodem v čase **t**, způsobená přeměnou elektrické energie na teplo **ve vedeních a transformátorech** se určuje na základě znalosti úplného modelu uvažované sítě vhodným výpočtním algoritmem :

$$P_{z17}(t) = f(I_1(t), \dots, I_n(t)) \quad [MW]$$

kde **I_i** je odhadnutý proudový odběr **i-té** distribuční stanice a **n** je počet distribučních stanic uvažovaného rozvodu.

Odhady proudových odběrů v distribučních stanicích se provádějí v reálném čase vhodnou metodou na základě statistického souboru sezónních měření a měřeného napájecího proudu **I** příslušného paprsku:

$$I_j = I(I_j^s / I^s) \quad I^s = \sum_j I_j^s \quad [A]$$

kde **I_j^s** je **statistický odhad proudového odběru** **j-té** distribuční stanice a index **j** charakterizuje množinu distribučních stanic na příslušném paprsku.

Statistický odhad proudového odběru lze při neexistenci statistického souboru sezónních měření nahradit **jmenovitým zdánlivým výkonem** příslušného odběrového transformátoru.

Nejsou-li měřeny proudy na vývodech přípojníc rozvoden lze jako počátek uvedených paprsků uvažovat přímo vývod příslušného napájecího transformátoru.

Ztráta elektrické energie v uvažovaném období T se určuje následovně:

$$W_{z17} = \int_0^T P_{z17}(t) dt \quad [MWh]$$

Celkové ztráty energie v rozvodech vn pak budou součtem ztrát jednotlivých oblastí napájecích transformátorů.

• **Varianta výpočtu č. 2 - venkovní rozvod vn**

Vstupní hodnoty pro výpočet :

W_{VC} ... celkově opatřená energie [MWh]

T_{mc} ... doba využití maxima [hod/rok]

N_{VC} ... celkový počet vývodů z napájecích uzlů vvn/vn

L_{VC} ... jejich rovinutá délka [km]

s_{VC} ... průměrný průřez [mm²]

N_{OC} ... celkový počet odboček vn

L_{OC} ... jejich rozvinutá délka [km]

s_{OC} ... průměrný průřez [mm²]

N_{PC} ... celkový počet přípojek (přibližně počet trafostanic vn/nn)

L_{PC} ... jejich rozvinutá délka [km]

s_{PC} ... průměrný průřez [mm²]

Na základě těchto údajů se vypočte :

- průměrná délka vedení vn $l_{VC} = L_{VC} / N_{VC}$ [km]
- průměrný počet jeho odboček $n_{OC} = N_{OC} / N_{VC}$
- průměrná délka odbočky $l_{OC} = L_{OC} / N_{OC}$ [km]
- průměrný počet jejich přípojek $n_{PC} = N_{PC} / N_{OC}$
- Průměrné špičkové zatížení jednoho vedení vn :

$$P_{sVC1} = W_{VC} / (T_{mc} * N_{VC} * k_{sC1}),$$

kde k_{sC1} je koeficient soudobosti zatížení vedení

- Průměrné špičkové zatížení jedné odbočky vn :

$$P_{sVC2} = N_{VC} * P_{sVC1} / (N_{OC} * k_{sC2}),$$

kde k_{sC2} je koeficient soudobosti zatížení odboček

- Průměrné špičkové zatížení přípojky vn :

$$P_{sVC3} = N_{OC} * P_{sVC2} / (N_{PC} * k_{sC3}),$$

kde k_{sC3} je koeficient soudobosti zatížení přípojek

- Ztracený výkon jednoho hlavního vedení vn měrného odporu r_{VC} [Ω /km] :

$$P_{zVC1} = [l_{VC} * r_{VC} * (P_{sVC1})^2 / (3 * U_f * \cos \varphi)^2] * k_{RVn} \quad [MW]$$

$$\text{kde } k_{RVn} = (2n_{OC}^2 + 3n_{OC} + 1) / 2n_{OC}^2 \quad [-]$$

U_f ... fázové napětí [kV]

- Obdobně ztráty průměrné odbočky a přípojky vn měrného odporu r_{VO} [Ω/km] resp. r_{VP} [Ω/km] :

$$P_{zVC2} = [I_{VO} * r_{VO} * (P_{sVC2})^2 / (3 * U_f * \cos \varphi)^2] * k_{ROn} \quad [\text{MW}]$$

$$\text{kde } k_{ROn} = (2n_{PC}^2 + 3n_{PC} + 1) / 2n_{PC}^2 \quad [-]$$

$$P_{zVC3} = 3 * I_{VP} * r_{VP} * (P_{sVC3})^2 / (3 * U_f * \cos \varphi)^2 \quad [\text{MW}]$$

- Ztracený výkon celé venkovní soustavy vn :

$$P_{Zt7v} = P_{zVC1} * N_{VC} + P_{zVC2} * N_{OC} + P_{zVC3} * N_{PC} \quad [\text{MW}]$$

- **Roční ztráty el. energie :**

$$W_{Zt7v} = P_{zVC1} * N_{VC} * T_{zC1} + P_{zVC2} * N_{OC} * T_{zC2} + P_{zVC3} * N_{PC} * T_{zC3} \quad [\text{MWh}]$$

kde T_{zC1} resp. T_{zC2} resp. T_{zC3} určíme pomocí vztahu $T_{mC1} = T_{mC} * k_{sC1}$ resp. $T_{mC2} = T_{mC} * k_{sC2}$ resp. $T_{mC3} = T_{mC} * k_{sC3}$ a následující tabulky.

	T_{mC} [hod/rok]	T_{zC} [hod/rok]	k_{sC} [-]
vedení vn, (TR vn/vn)	4250 - 4750	2500 - 3011	0,81 – 0,83
odbočky vn	4000 - 4500	2261 - 2749	0,81 – 0,83
přípojky vn	3500 - 4000	1819 - 2261	0,88 – 0,89

- **Varianta výpočtu č. 2 - kabelový rozvod vn:**

Postup při výpočtu ztrát v kabelovém rozvodu vn je obdobný, zjednodušený nepřítomností odboček a přípojek. Je ovšem nutné provést korekci celkové délky kabelového rozvodu vn (její snížení) o kabelová zaústění venkovních vedení. Dále je nutné uvažovat, že počet odběrů (smyček) v oblasti bude poněkud vyšší než počet instalovaných transformátorů.

Výsledné ztráty el. energie kabelové sítě:

$$W_{Zt7k} = P_{zKC1} * N_{KC} * T_{zC1} \quad [\text{MWh}]$$

Celkové roční ztráty el. energie v sítích vn :

$$W_{Zt7} = W_{Zt7v} + W_{Zt7k}$$

c) síť nn:

• **Varianta výpočtu č. 1:**

Způsob určení předpokládá **znalost odhadů odběrů v distribučních stanicích vn v reálném čase** a existenci **modelu uvažovaného rozvodu**.

Odhad ztraceného činného výkonu přeměnou elektrické energie na teplo **ve vinutí transformátoru** v čase t se určí na základě odhadu odběru zdánlivého výkonu příslušné distribuční stanice :

$$P_{ZT}(t) = f(S(t)) \quad [\text{MW, MVA}]$$

Na základě znalosti odhadů odběru distribuční stanice v uvažovaném období T se určí doba využití výkonového maxima P_{\max} (MW) :

$$T_{\max} = (1 / P_{\max}) \int_0^T P(t) dt \quad [\text{hod}]$$

Ztráta činného výkonu způsobená přeměnou elektrické energie na teplo **ve vedení** měrné rezistance r_v (Ω/km) o průměrné délce l_v (km) zatíženém průměrným výkonovým maximem se určí následovně :

$$P_{ZV} = r_v l_v (P_{\max} / 3 N_v U_f \cos \varphi)^2 \quad [\text{MW}]$$

kde N_v je počet vývodů distribučního transformátoru napájené oblasti,

U_f je fázové napětí (kV).

Ztrátu činného výkonu způsobená přeměnou elektrické energie na teplo **v přípojkách** měrné rezistance r_p (Ω/km) o průměrné délce l_p (km) zatížených průměrným výkonovým maximem se určí následovně :

$$P_{ZP} = 3 r_p l_p (P_{\max} / 3 N_p U_f \cos \varphi)^2 \quad [\text{MW}]$$

kde N_p je počet přípojek napájené oblasti.

Ztrátu elektrické energie oblasti napájené příslušným distribučním transformátorem v uvažovaném období T pak určíme následovně :

$$W_{ZT} = (P_{ZV} N_v + P_{ZP} N_p) T_{\max} + \int_0^T P_{ZT}(t) dt \quad [\text{MWh}]$$

Celkové ztráty energie v rozvodech mn jsou součtem ztrát jednotlivých oblastí distribučních transformátorů.

• **Varianta výpočtu č. 2 - venkovní rozvod nn**

Vstupní hodnoty pro výpočet :

W_{VE} ... celkově opatřená energie [MWh]

T_{mE} ... doba využití maxima [hod/rok]

L_{VE} ... celková délka vedení [km]

L_{PE} ... celková délka přípojek [km]

S_{VE} ... průměrný průřez vedení [mm²]

S_{PE} ... průměrný průřez přípojek [mm²]

N_{PE} ... celkový počet přípojek

N_{VD} ... celkový počet trafostanic vn/nn

n_{VD} ... průměrný počet vývodů z trafostanice

N_{VE} ... celkový počet hlavních venkovních vedení nn

Je-li počet odběrů z venkovního vedení nn roven přibližně polovině počtu jeho přípojek, lze počet odběrů průměrného vedení průměrné délky určit jako:

$$n_V = 0,5 * N_{PE} / N_{VE}$$

Na základě těchto údajů se vypočte :

- průměrná délka vedení (vývodu z trafostanice) :

$$l_{VE} = (L_V - L_{PE}) / (N_{VD} * n_{VD}) \quad [\text{km}]$$

- Průměrné špičkové zatížení jednoho vedení (vývodu z trafostanice vn/nn) :

$$P_{sVE1} = W_{VE} / (T_{mE} * N_{VE} * k_{sE1}),$$

kde k_{sE1} je koeficient soudobosti zatížení vedení

- Průměrné špičkové zatížení jednoho odběru (cca dvou přípojek soudobě) :

$$P_{sVE2} = N_{VE} * P_{sVE1} / (N_{OE} * k_{sE2}),$$

kde k_{sE2} je koeficient soudobosti zatížení odběru

- Průměrné špičkové zatížení přípojky nn :

$$P_{sVE3} = N_{OE} * P_{sVE2} / (N_{PE} * k_{sE3}),$$

kde k_{sE3} je koeficient soudobosti zatížení přípojek

- Ztracený výkon průměrného vývodu měrného odporu r_{VE} [Ω/km] :

$$P_{zVE1} = [l_{VE} * r_{VE} * (P_{sVE1})^2 / (3 * U_f * \cos \varphi)^2] * k_{RVn} \quad [\text{MW}]$$

$$\text{kde } k_{RVn} = (2n_V^2 + 3n_V + 1) / 2n_V^2$$

U_f ... fázové napětí [kV]

- Obdobně ztráty průměrné přípojky nn měrného odporu r_{PE} [Ω/km] :

$$P_{zVC3} = 3 * l_{PE} * r_{PE} * (P_{sVE3})^2 / (3 * U_f * \cos \varphi)^2 \quad [\text{MW}]$$

- Ztracený výkon celého venkovního vedení nn :

$$P_{Zt7v} = P_{zVE1} * N_{VE} + P_{zVE3} * N_{PE} \quad [MW]$$

- **Roční ztráty el. energie:**

$$W_{Zt7} = P_{zVE1} * N_{VE} * T_{zE1} + P_{zVE3} * N_{PE} * T_{zE3} \quad [MW]$$

kde T_{zE1} resp. T_{zE3} se určí pomocí vztahu $T_{mE1} = T_{mE} * k_{sE1}$ resp.

$T_{mE3} = T_{mE} * k_{sE3}$ a následující tabulky.

	T_{mE} [hod/rok]	T_{zE} [hod/rok]	k_{sE} [-]
Vedení nn	2500 - 3000	1071 - 1422	0,71 – 0,75
Odběry nn	800 - 1500	218 - 505	0,32 – 0,5
Přípojky nn	500 - 1000	123 - 291	0,63 – 0,67

Poznámka : Vliv jednofázových přípojek vzhledem k jejich počtu a celkovému podílu přípojek na ztrátách venkovních vedení nn můžeme zanedbat.

- **Varianta výpočtu č. 2 - kabelový rozvod nn**

Postup při výpočtu ztrát kabelového rozvodu nn je obdobný, zjednodušený nepřítomností přípojek. Průměrný počet odběrů n_K jednoho kabelového vývodu nn lze odhadnout z počtu fakturací připadajících na kabelový rozvod děleného hodnotou 4 až 10 (počet odběratelů na jedné smyčce z vedení).

Roční ztráty el. energie :

$$W_{Zt7k} = P_{zKE1} * N_{K_E} * T_{zE1} \quad [MWh]$$

Celkové roční ztráty el. energie v rozvodech nn :

[MWh]

$$W_{Zt7} = W_{Zt7v} + W_{Zt7k}$$

Poznámka:

U rozvodu nízkého napětí je pro dodržení nízkého procenta ztrát rozhodující dodržení přípustného úbytku napětí na koncích vedení v toleranci dané zvláštním právním předpisem.

Dovolené úbytky napětí v rozvodu

Jmenovitá napětí	Dovolená odchylka za normálních podmínek	Dovolená odchylka krajní
Do 1 kV	+/- 5 %	+/- 10 %
6 kV	+ 10 %	-10 %
10 kV	- 5 %	
22 kV		
35 kV	+/- 5 %	-10 %
110 kV	+/- 10 %	-15 %
220 kV	+/- 10 %	-15 %
400 kV	+/- 5 %	-10 %

/8/ Ztráty transformátorů nakrátko

Uvažují se u transformátorů všech úrovní napětí.

Vznikají ve vinutí transformátoru průchodem proudu. Činné ztráty se vypočtou podle vztahu:

$$P_{Zt8} = \Delta P_k * (S_s/S_n)^2 * 10^{-3} \quad [\text{kW}]$$

ΔP_k jmenovité ztráty nakrátko [W]

S_s zdánlivý špičkový výkon transformátoru [kVA]

S_n jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru [kVA]

Činné ztráty el. energie za určité sledované období T:

$$W_{Zt8} = \Delta P_k * (S_s/S_n)^2 * T = \Delta P_k * \beta^2 * T_\Delta$$

T_Δ doba plných ztrát [hod]; je obvykle odvozena z dodané energie, špičkového zatížení a doby provozu zařízení

β zatěžovatel

Ztráty v transformátorech primárního napětí vvn se počítají podle údajů jejich pasportů nebo hodnot uvedených v protokolech o výstupních zkouškách.

Orientační hodnoty jmenovitých ztrát nakrátko a naprázdno ostatních transformátorů :

Transformátory vvn/vn :

S_n (MVA)	ΔP_0 (kW)	ΔP_k (kW)
2	6,7	23,5
4	10,8	39,0
5	12,5	45,5
6,3	14,5	53,0
10	20,0	76,0

Transformátory vn/nn – s normálními plechy :

S_n (kVA)	ΔP_0 (W)	ΔP_k (W)
50	420	1200
100	670	2130
160	950	3130
250	1360	4450
400	1800	7300
630	2450	10000
1000	3500	14200

Transformátory vn/nn – s orientovanými plechy :

S_n (kVA)	ΔP_0 (W)	ΔP_k (W)
50	160	1100
100	240	1750
160	320	2350
250	445	3250
400	650	4600
630	910	6500
1000	1120	10500

Parametry ostatních transformátorů je třeba odečíst z dokumentace k danému transformátoru.

/9/ **Ztráty spojů – přechodových odporů**

Uvažují se v rozvodech všech úrovní napětí.

Jsou závislé na stáří a stavu zařízení a nejsou stanovitelné žádným výpočtem. Pro účely výpočtu celkových ztrát se uvažují pro ztráty spojů tyto hodnoty z celkových proměnných ztrát:

1% ze ztrát v sítích vvn

3% ze ztrát v sítích vn

5% ze ztrát v sítích nn

/10/ **Jouelovy ztráty jisticích prvků**

Uvažují se v rozvodu nn.

a) ztráty jističů a pojistek v síti

Výkonová ztráta jednoho pólu jističe nebo pojistky je rovna:

$$P_{Zt10} = P_{Z1j} * i_p^2 \quad [W]$$

P_{Z1j} výkonová ztráta 1 pólu jističe, pojistky při jmenovitém zatížení [W]

i_p index maximálního zatížení [I_{max}/I_n]

Činné ztráty el. energie:

$$W_{Zt10} = P_{Zt10} * T_Z * 10^{-3} \quad [kWh/rok]$$

T_Z ... doba plných ztrát příslušného zařízení za rok [h]

Jedná-li se o třífázový jistič, bude ztráta el. energie za rok :

$$W_{Zt10} = 3 * P_{Zt10} * T_Z * 10^{-3}$$

Poznámka :

Přesněji lze ztráty spočítat podle výše uvedených vzorců, postačí však uvažovat paušální hodnotu měrných ztrát **$W_{Zt10} = 55 \text{ MWh na } 1000 \text{ km}$** venkovního i kabelového rozvodu nn za rok.

b) ztráty jističů před elektroměrem

Vstupními hodnotami pro výpočet jsou :

- počty instalovaných elektroměrů :

N_{E1} ... jednofázové

N_{E3} ... třífázové

N_{E3P} ... třífázové převodové

N_{E1} ... jednofázové

- počty odběratelů v kategoriích :

N_{MOO} ... maloodběr pro obyvatelstvo

N_{MOP} ... maloodběr pro podnikatele

N_{VO} ... velkoodběr

Roční ztráty el. energie lze vypočítat podle následujících vztahů :

Ztráty energie 1 fázových elektroměrů pro kategorii obyvatelstvo :

$$W_{Zo10-I} = 0,153 * (0,0749 * 20 + 1,5348) * (0,6)^2 * N_{E1}$$

Ztráty energie 3 fázových elektroměrů pro kategorii obyvatelstvo:

$$W_{Zo10-II} = 0,372 * (0,0749 * 32 + 1,5348) * (0,7)^2 * (N_{E3} - N_{MOP} + N_{E3P} - N_{VO})$$

Ztráty energie 3fázových elektroměrů pro kategorii podnikatel:

$$W_{Z_{010-III}} = 1,422 * (0,0749 * 40 + 1,5348) * (0,8)^2 * (N_{MOP} - N_{E3P} + N_{VO})$$

Celkové roční ztráty elektrické energie:

$$W_{Z_{010}} = (W_{Z_{010-I}} + W_{Z_{010-II}} + W_{Z_{010-III}}) * 10^{-3} \quad [MWh]$$

Jeich paušální hodnota je 300 MWh na 1000 km sítí nn ročně.