

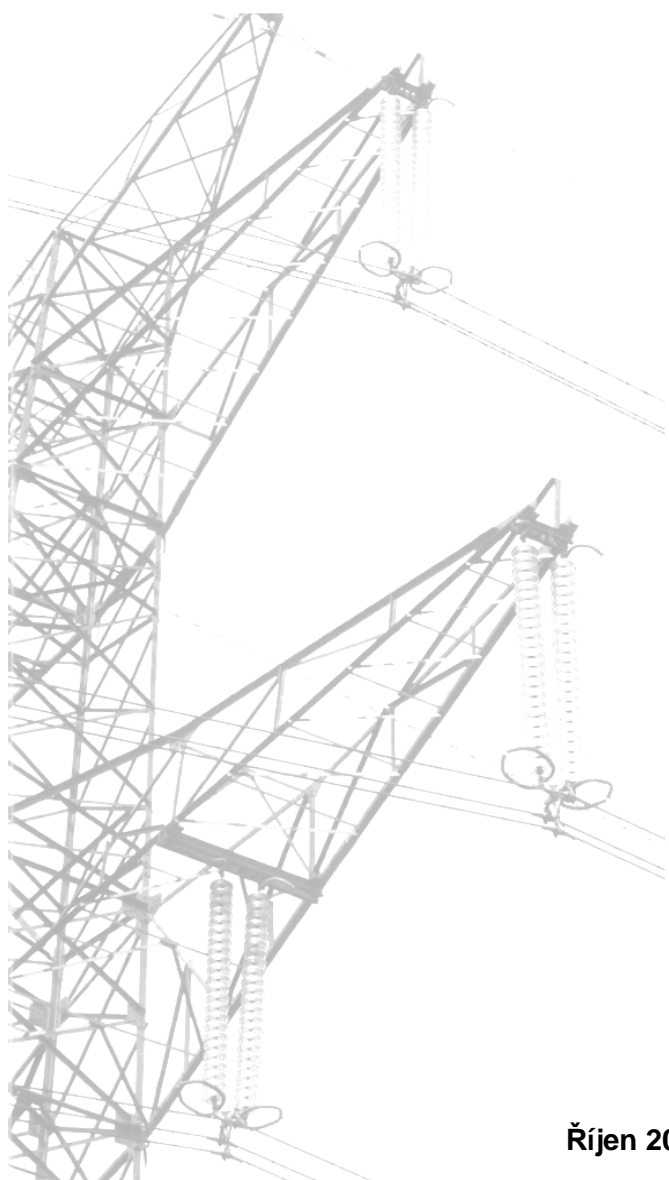


H. PŘÍLOHA č.5

Posouzení vedení typu DONAU hlediska požadavků

Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.

E G U – HV Laboratory a.s.; ČEPS Invest a.s.



Říjen 2013



E G U – HV Laboratory a.s.

**Podnikatelská 267
190 11 Praha 9 – Běchovice**

Posouzení dvojitého vedení 400 kV Donau z hlediska působení elektromagnetického pole

Objednatel:	EGEM s.r.o. Starochodovská 41/68 149 00 Praha 4 - Chodov
Číslo objednávky:	OB 12372 12 001
Zhotovitel:	EGU-HV Laboratory a.s. Podnikatelská 267 190 11 Praha 9 - Běchovice
Posouzení vypracoval:	Ing. Petr Kopejtko, Ph.D. <i>Kopejtko</i>
Ředitel EGU – HV Laboratory a.s.:	Ing. Václav Sklenička, CSc. <i>v. z. Sklenička</i>
Číslo zakázky zhotovitele:	70006/B/12
Počet výtisků:	1+1
Počet stran:	5

srpen 2012

EGU-HV Laboratory a.s.
Podnikatelská 267
190 11 Praha 9-Běchovice

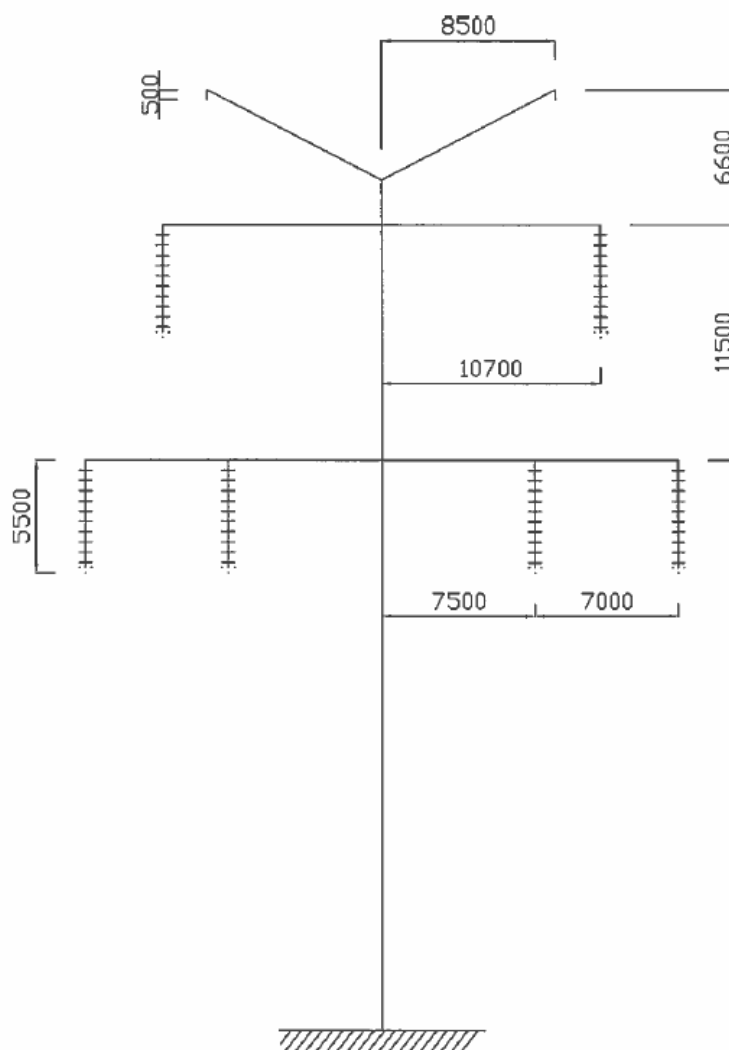
1 Úvod

Vedení 2x400 kV typ Donau bylo posouzeno s ohledem na hygienické požadavky stanovené v Nařízení vlády č.1/2008 Sb. (včetně změn platných od 1.5.2010) [1].

Na základě výpočtů byly stanoveny minimální výšky spodních fázových vodičů nad zemí.

2 Vstupní údaje

<i>Jmenovité napětí:</i>	400 kV
<i>Maximální proud:</i>	2 500 A
<i>Fázového vodiče:</i>	3 x 490-AL1/64-ST1A
<i>Zemní lana:</i>	2xAlFe185/31
<i>Typ stožáru:</i>	Donau (viz obrázek 1)



Obrázek 1 – náčrt stožáru Donau

3 Požadavky Nařízení vlády

3.1 Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. – modifikovaná indukovaná proudová hustota

V Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. (Příloha 1, tabulka č. 1) jsou stanoveny nejvyšší přípustné hodnoty modifikované indukované proudové hustoty J_{mod} v centrálním nervovém systému, tabulka 1 tyto hodnoty uvádí.

Tabulka 1 – Nejvyšší přípustné hodnoty podle Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.

Modifikovaná indukovaná proudová hustota J_{mod} - nejvyšší přípustné hodnoty			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence [Hz]	J_{mod} [A.m ⁻²]	frekvence [Hz]	J_{mod} [A.m ⁻²]
0 - 10 ⁷	$\sqrt{2} \cdot 0,01^a$	0 - 10 ⁷	pětikrát nižší než nejvyšší přípustná hodnota pro zaměstnance

^{a)}Maximum absolutní hodnoty modifikované proudové hustoty v centrálním nervovém systému nesmí v žádném časovém okamžiku překročit nejvyšší přípustnou hodnotu; v ostatních částech trupu nesmí modifikovaná proudová hustota překročit pětinasobek nejvyšší přípustné hodnoty uvedené v tabulce 1 pokud je frekvence vyšší než 1 Hz.

Modifikovaná indukovaná proudová hustota J_{mod} je definována jako proudová hustota tj. proud tekoucí kolmo k rovinné ploše s obsahem 100 mm² dělený obsahem této plochy, která je modifikována filtrem s frekvenční charakteristikou $\frac{\beta + j2\pi f}{4\beta + j2\pi f} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + j2\pi f}$,

kde $\alpha = 2000\pi \text{ s}^{-1}$, $\beta = 7 \text{ s}^{-1}$, a j je imaginární jednotka, tedy $j = \sqrt{-1}$.

Z tabulky 1 plynou pro frekvenci 50 Hz následující limity modifikované indukované proudové hustoty J_{mod} :

pro zaměstnance: $J_{mod} = \sqrt{2} \cdot 0,01 = 0,01414 \text{ A.m}^{-2} = 14,14 \text{ mA.m}^{-2}$

pro ostatní osoby: $J_{mod} = 0,01414/5 = 0,002828 \text{ A.m}^{-2} = 2,828 \text{ mA.m}^{-2}$

Dále se v Nařízení vlády uvádí (Příloha 1, tabulky č. 4 a 5) pro nepřetržitou expozici referenční úrovně intenzity elektrického pole a magnetické indukce ostatních osob:

intenzita elektrického pole 50 Hz E : 5 kV/m

magnetická indukce 50 Hz B : 100 μT .

Podle Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. je nutné posuzovat expozici v centrálním nervovém systému. Expozice nohou a rukou nízkofrekvenčnímu poli se nehodnotí. Do oblasti hlavy a hrudi je nutné zahrnout i oblast krku vzhledem k přítomnosti míchy (expozice je způsobena interakcí proudové hustoty s nervovou tkání).

Předpokládá se, že osoba je exponována homogennímu magnetickému poli, jehož vektor směřuje kolmo k hrudi exponované osoby a elektrickému poli, které směřuje od hlavy k nohám exponované osoby.

Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodičově spojena se zemí (bosé nohy na vlhké zemi).

Ve všech hodnocených částech těla může nastat případ, kdy proudová hustota indukovaná elektrickým polem bude mít shodný směr s proudovou hustotou indukovanou magnetickým polem. Při současné expozici je tedy výsledná indukovaná proudová hustota, s ohledem na zahrnutí hygienicky nejhoršího případu, dána skalárním součtem obou indukovaných proudových hustot.

Porovnáním proudové hustoty v hlavě, krku a hrudi bylo stanoveno, že nejvyšší hodnota se dosahuje v oblasti přechodu krku do hrudi.

4 Výsledky výpočtů

Programem OVERHEAD byly provedeny výpočty intenzity elektrického pole E , magnetické indukce B a modifikované indukované proudové hustoty J_{mod} v lidském těle (vypočítané podle doporučení zpracovaného Státním zdravotním ústavem [2]).

Výpočty byly provedeny ve výšce 1,8 m nad zemí, tj. ve výšce přechodu z krku do hrudi u vyšší postavy, kde indukovaná proudová hustota dosahuje nejvyšší hodnoty.

Pro veškeré výpočty byla uvažována nejhorší možná varianta sledu fázových vodičů a maximální zatížení vedení.

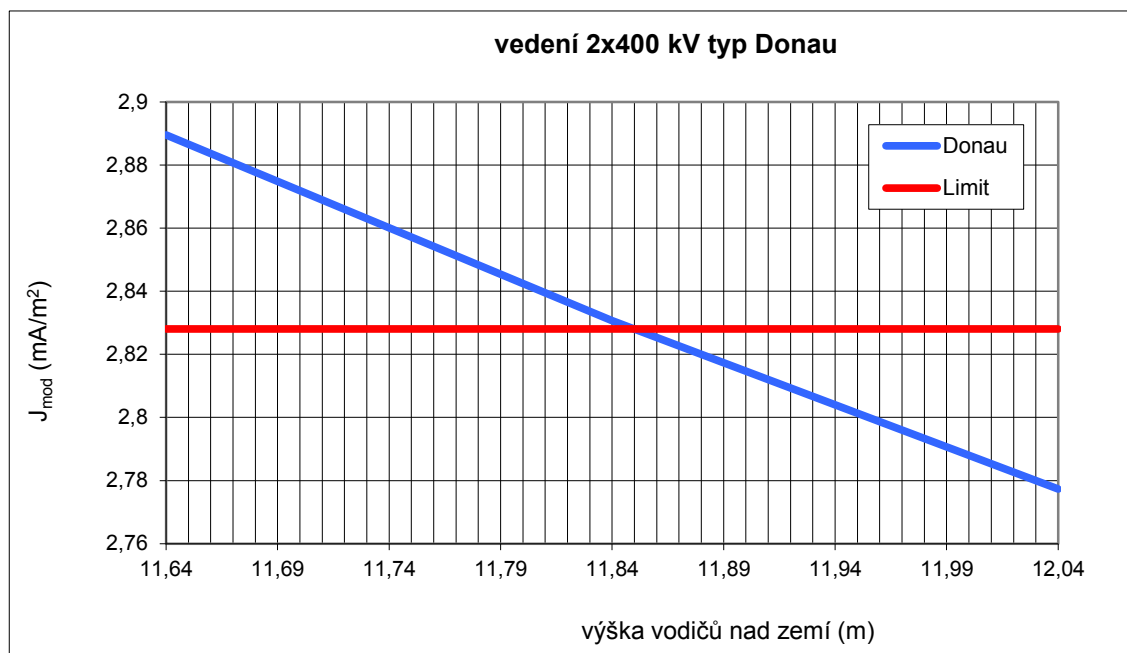
Uvažovaný sled fází:

L3 L3
L2 L1 L1 L2

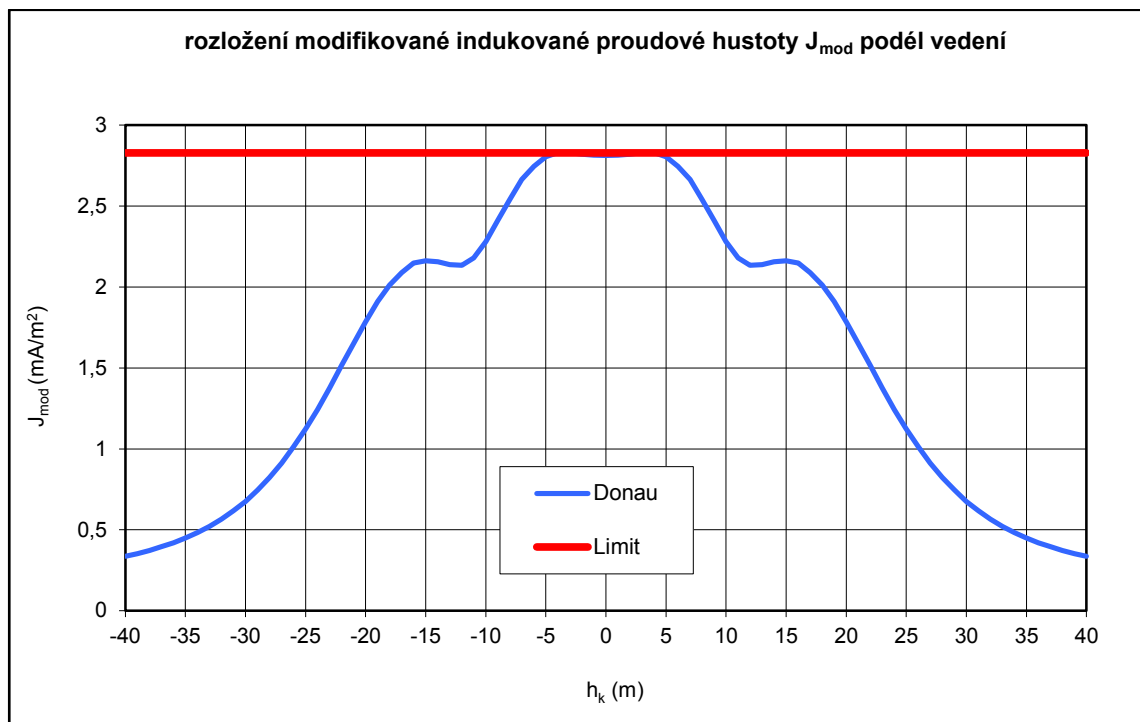
Na základě výpočtů byly stanoveny minimální výšky spodních fázových vodičů na zemi, tak aby v žádném místě podél vedení 2x400 kV typ Donau nebyla překročena přípustná hodnota modifikované proudové hustoty J_{mod} v lidském těle.

Na obrázku 2 je uveden průběh modifikované indukované proudové hustoty v závislosti na výšce spodních fázových vodičů nad zemí pro stožár typ Donau.

Minimální výška spodních fázových vodičů nad zemí pro vedení 2x400 kV typ Donau je: 11,85 m.



Obrázek 2 – závislost maximální hodnoty modifikované indukované proudové hustoty na výšce spodních vodičů nad zemí



Obrázek 3 – modifikované indukované proudové hustoty J_{mod} na vzdálenosti od středu vedení pro minimální výšku spodních fázových vodičů

Na obrázku 3 jsou uvedeny průběhy modifikované indukované proudové hustoty J_{mod} v závislosti na vzdálenosti h_k od osy vedení 2x400 kV typ Donau pro stanovenou minimální výšku spodních fázových vodičů nad zemí a pro nejhorší sled fází.

Jsou-li dodrženy minimální výšky vodičů nad zemí, tak v žádném místě podél vedení 2x400 kV typ Donau není překročena přípustná hodnota modifikované indukované proudové hustoty.

5 Závěr

Bylo provedeno posouzení vedení 2x400 kV typ Donau s ohledem na hygienické požadavky Nařízení vlády č.1/2008 Sb. (včetně změn platných od 1.5.2010).

Minimální výška spodních fázových vodičů nad zemí pro vedení 2x400 kV typ Donau je: 11,85 m.

Při dodržení minimální výšky spodních fázových vodičů nad zemí podél celého vedení není v žádném místě podél vedení 2x400 kV typ Donau překročena přípustná hodnota modifikované indukované proudové hustoty v lidském těle stanovené v Nařízení vlády č.1/2008 Sb.

Pro veškeré výpočty byl uvažován nejhorší možný případ tj. maximální zatížení vedení a z hlediska rozložení elektrického a magnetického pole nejhorší možný sled fází.

Literatura

- [1] Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. (včetně změn platných od 1.5.2010)
- [2] Protokol Státního zdravotního ústavu: Výpočet vztahu mezi indukovanou proudovou hustotou a elektrickým a magnetickým polem č.j. 526/07, EX 070285, ze dne 6.4.2007

Posouzení vlivu neionizujícího záření

**Vedení 2x400 kV typu Donau s podvěšeným vedením
2x110 kV**

V415 Čechy Střed – Chodov - zdvojení stávajícího vedení 400kV

Dokument stanovuje minimální výšku spodních fázových vodičů nad zemí tak, aby byly splněny příslušné hygienické předpisy.

Vypracoval:
Ing. Jan Babák



Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal



30.10.2013

Obsah:

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I. Požadavky předpisů.....	- 3 -
I.1. Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.	- 3 -
I.2. Metodický návod ministerstva zdravotnictví z r. 2009.....	- 4 -
I.3. ČSN 33 2040 z ledna 1993	- 5 -
II. Výpočty a výsledky	- 5 -
II.1. Vstupní parametry vedení	- 5 -
II.2. Stanovení minimální přípustné výšky fázových vodičů.....	- 6 -
II.3. Ověření limitních hodnot E a B dle ČSN 33 2040.....	- 8 -
II.4. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040.....	- 8 -
III. Závěr	- 8 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabití částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se na jeho povrchu přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

Je-li intenzita proudu vyvolaného vnějším elektrickým nebo magnetickým polem dostatečně velká, může dojít k nervovému nebo svalovému podráždění, popř. k ovlivnění i dalších biologických procesů.

Pro posouzení vlivu na zdraví je zavedena veličina **modifikovaná proudová hustota J_{mod}** , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované proudové hustoty podle příslušných předpisů zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdravotním škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

I. Požadavky předpisů

I.1. Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.

Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. (tabulka č. 1 v příloze 1) stanovuje nejvyšší přípustné hodnoty pro modifikovanou proudovou hustotu indukovanou v centrálním nervovém systému elektrickým a/nebo magnetickým polem s frekvencí f v intervalu od 0 Hz do 10 MHz.

Pro frekvenci 50Hz vyplývají tyto hodnoty:

- pro zaměstnance $J_{\text{mod}} = \sqrt{2} \cdot 0,01 \text{ (A.m}^{-2}\text{)} = 14,14 \text{ mA.m}^{-2}$
- pro ostatní osoby $J_{\text{mod}} = \sqrt{2} \cdot 0,01 / 5 \text{ (A.m}^{-2}\text{)} = 2,828 \text{ mA.m}^{-2}$

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované proudové hustoty indukované v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. (v příl. 1, tab. č. 4 a 5) také stanovuje referenční úroveň intenzity elektrického pole E a magnetické indukce B při nepřetržité expozici. Dodržení referenčních hodnot zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. Referenční úroveň mohou být překročeny, jestliže se prokázalo, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty modifikované proudové hustoty.

Pro frekvenci 50 Hz jsou stanoveny tyto hodnoty:

	E (V.m ⁻¹)	B (T)
pro zaměstnance	10000	500.10 ⁻⁶
pro ostatní osoby	5000	100.10 ⁻⁶

Tab. 1 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

I.2. Metodický návod ministerstva zdravotnictví z r. 2009

Metodický návod [1] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované proudové hustoty.

Modifikovaná proudová hustota je určena indukovanou proudovou hustotou J, která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$H(\omega) = \frac{\beta + j\omega}{4\beta + j\omega} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + j\omega},$$

kde je $\omega = 2\pi f$, $\alpha = 2000\pi \text{ s}^{-1}$, $\beta = 7 \text{ s}^{-1}$.

Proudová hustota se stanovuje výpočtem z obou složek elektromagnetického pole.

Příspěvek od elektrického pole je vyjádřen vzorcem

$$J_E = \varepsilon_0 K_E \frac{dE}{dt},$$

kde $\varepsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ je permitivita vakua, dE/dt je časová změna intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde indukovanou proudovou hustotu hledáme.

Analogicky příspěvek od magnetického pole je vyjádřen vzorcem

$$J_B = \sigma K_B \frac{dB}{dt},$$

kde $\sigma \approx 0,2 \text{ S.m}^{-1}$ je průměrná elektrická vodivost tkáně, dB/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde indukovanou proudovou hustotu hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (m)	K_B (m)
v hlavě	66	0,050
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 2 Hodnoty koeficientů pro výpočet modifikované proudové hustoty

Oba příspěvky se sčítají skalárně v absolutních hodnotách, čímž je opět vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

I.3. ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m.

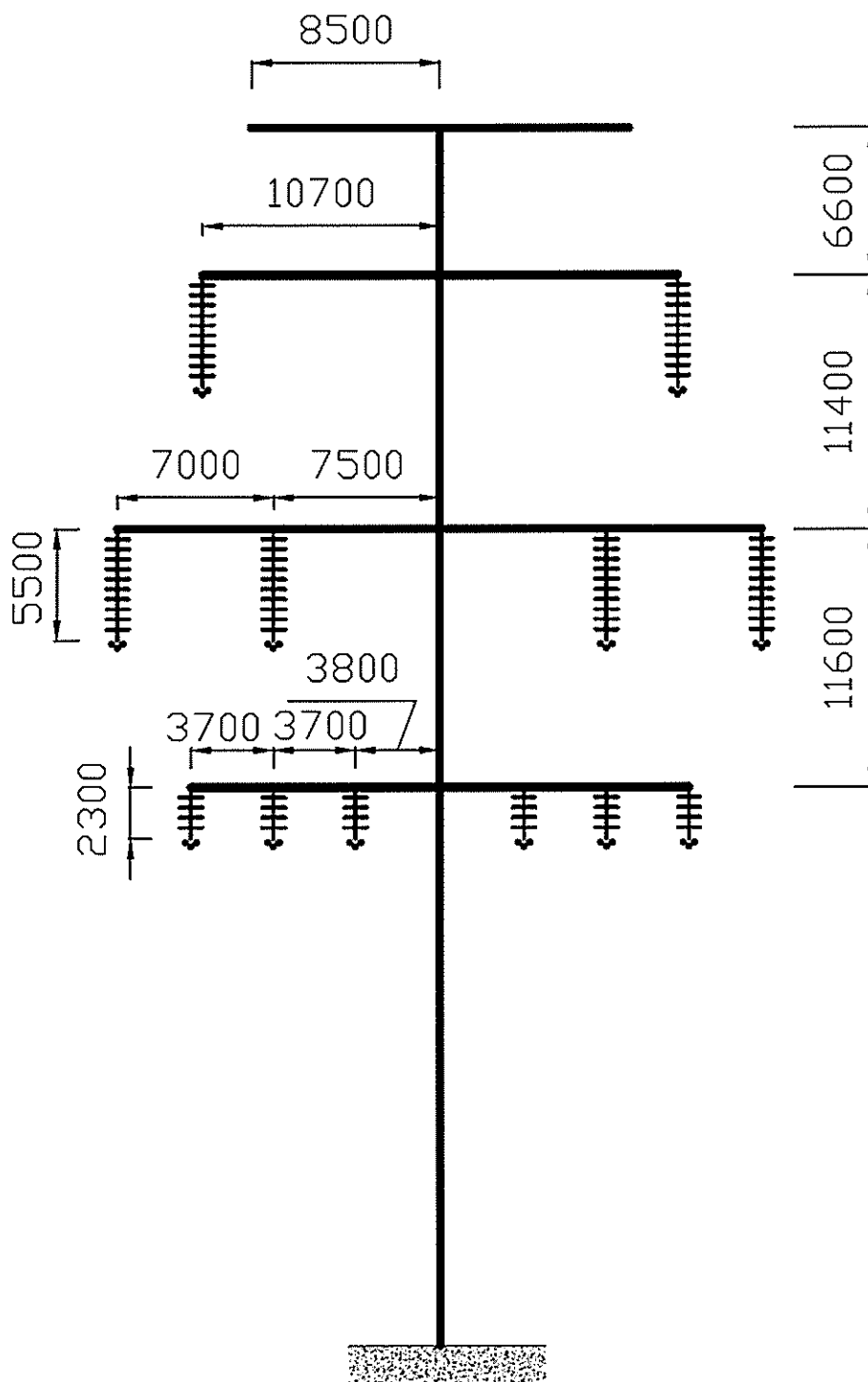
Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT

V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

II. Výpočty a výsledky

II.1. Vstupní parametry vedení

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV, 110 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2 500 A, 1 000 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů o průměru 29,3 mm, krok svazku $a = 400$ mm pro 400 kV, lanový vodič o průměru 36 mm pro 110 kV
Konstrukce zemnicího lana:	2x zemnicí lano o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV typu „Donau“ s podvěšeným dvojitým vedením 110 kV (viz obrázek č. 1)



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru typ Donau s podvěšeným dvojitým vedením 110 kV

Šířka ochranného pásma: 20 m od průmětu krajní fáze (podle zákona č. 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění), tj. 34,7 m od středu vedení

II.2. Stanovení minimální přípustné výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic.

Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované proudové hustoty byly vypočítány ve výšce nad zemí odpovídající vysoké postavě, tj. ve výšce 2 m pro hlavu, 1,8 m pro krk a 1,6 m pro hrud'. Z výpočtů vyplynulo, že nejvyšší proudová hustota se indukuje v krku, proto ve výsledcích výpočtů je uveden tento případ.

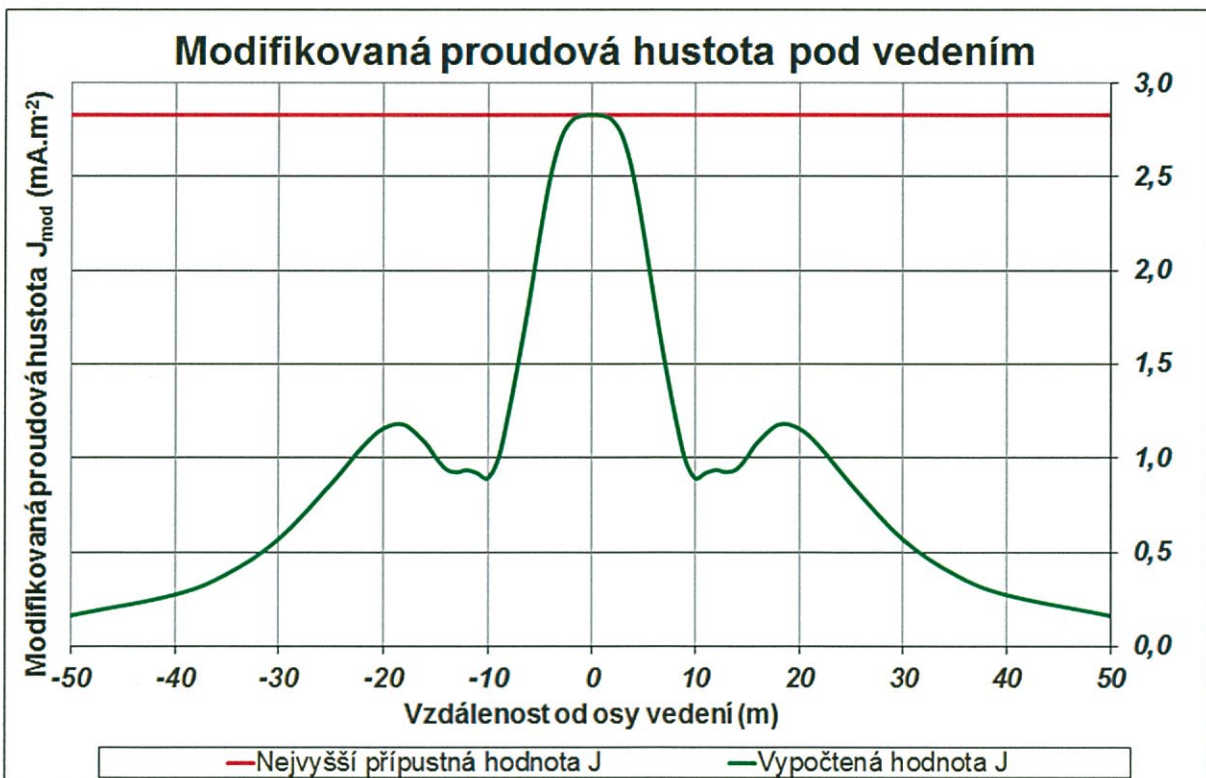
Dále bylo zkoumáno, jaký vliv má vzájemné uspořádání fázových vodičů. Nejvyšší hodnoty modifikované proudové hustoty byly prokázány u následujícího uspořádání:

	L2		L3	
L3	L1		L1	L2
L2	L3	L1	L1	L2

Uvažování jiného uspořádání fázových vodičů by zakládalo provozovateli vedení po celou dobu provozu vedení dodržovat stanovené pořadí fází, což by mohlo přinést potíže např. při dalším rozvoji sítě. Proto je dále uvažováno pouze s uvedeným uspořádáním.

Minimální přípustná výška fázových vodičů nad zemí z pohledu vlivu neionizujícího záření je stanovena na **6,8 m**.

Průběh modifikované proudové hustoty pod vedením v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn v obr. 3.



Obr. 2 Modifikovaná proudová hustota v závislosti na vzdálenosti od osy vedení

II.3. Ověření limitních hodnot E a B dle ČSN 33 2040

Pro stanovenou výšku vodičů bylo provedeno ověření výpočtem, zda nejsou překročeny maximální hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce stanovené normou. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 3.

	Vypočtená hodnota	Limitní hodnota	Vyhodnocení
Intenzita el. pole E (kV/m)	5,5	10	Vyhovuje
Magnetická indukce B (μT)	64	500	Vyhovuje

Tab. 3 Ověření limitních hodnot dle ČSN 33 2040

II.4. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040

Pro stanovenou výšku vodičů byla určena šíře pásma vlivu elektrického a magnetického pole.

Pásmo vlivu elektrického pole sahá do vzdálenosti 32 m na obě strany od osy vedení.

Vliv magnetického pole je podstatně menší a jak je vidět z tabulky 3 nedosahuje v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí ani limitu 100 μT, kterým je pásmo vlivu magnetického pole vymezeno.

III. Závěr

Dodržením minimální výšky spodních fázových vodičů 6,8 m nad zemí bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v blízkosti energetického vedení, jsou chráněny proti všem známým zdravotním škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s Nařízením vlády č.1/2008 Sb.

Literatura:

- [1] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 30. 6. 2009, č. j.: 29015/2009 (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 6, dne 12. srpna 2009)
- [2] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [3] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.

Posouzení vlivu neionizujícího záření

Vedení 2x400 kV typu Donau s podvěšeným vedením 2x110 kV v souběhu s vedením 3x400kV + 220kV typu Soudek

V415 Čechy Střed – Chodov - zdvojení stávajícího vedení 400kV

Dokument stanovuje minimální výšku spodních fázových vodičů nad zemí tak, aby byly splněny příslušné hygienické předpisy.

Vypracoval:
Ing. Jan Babák

Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal

30.10.2013

Obsah:

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole.....	- 3 -
II. Požadavky předpisů.....	- 3 -
II.1. Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.	- 3 -
II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví	- 4 -
II.3. ČSN 33 2040 z ledna 1993	- 5 -
III. Výpočty a výsledky	- 5 -
III.1. Vstupní parametry vedení.....	- 5 -
III.2. Stanovení minimální přípustné výšky fázových vodičů	- 6 -
III.3. Ověření limitních hodnot E a B dle ČSN 33 2040	- 7 -
III.4. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040	- 8 -
IV. Závěr	- 8 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabitě částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se na jeho povrchu přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

Je-li intenzita proudu vyvolaného vnějším elektrickým nebo magnetickým polem dostatečně velká, může dojít k nervovému nebo svalovému podráždění, popř. k ovlivnění i dalších biologických procesů.

Pro posouzení vlivu na zdraví je zavedena veličina **modifikovaná proudová hustota J_{mod}** , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované proudové hustoty podle příslušných předpisů zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdravotním škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

II. Požadavky předpisů

II.1. Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.

Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. (tabulka č. 1 v příloze 1) stanovuje nejvyšší přípustné hodnoty pro modifikovanou proudovou hustotu indukovanou v centrálním nervovém systému elektrickým a/nebo magnetickým polem s frekvencí f v intervalu od 0 Hz do 10 MHz.

Pro frekvenci 50Hz vyplývají tyto hodnoty:

- pro zaměstnance $J_{mod} = \sqrt{2} \cdot 0,01 \text{ (A.m}^{-2}\text{)} = 14,14 \text{ mA.m}^{-2}$
- pro ostatní osoby $J_{mod} = \sqrt{2} \cdot 0,01 / 5 \text{ (A.m}^{-2}\text{)} = 2,828 \text{ mA.m}^{-2}$

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované proudové hustoty indukované v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. (tabulka č. 4 a 5 v příloze 1) také stanovuje referenční úrovně intenzity elektrického pole E a magnetické indukce B při nepřetržité expozici. Dodržení

referenčních hodnot zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. Referenční úrovně mohou být překročeny, jestliže se prokázalo, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty modifikované proudové hustoty.

Pro frekvenci 50 Hz jsou stanoveny tyto hodnoty:

	E (V.m ⁻¹)	B (T)
pro zaměstnance	10000	500.10 ⁻⁶
pro ostatní osoby	5000	100.10 ⁻⁶

Tab. 1 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví

Metodický návod [1] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované proudové hustoty. Návod byl Ministerstvem zdravotnictví v roce 2009.

Modifikovaná proudová hustota je určena indukovanou proudovou hustotou J, která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$H(\omega) = \frac{\beta + j\omega}{4\beta + j\omega} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + j\omega},$$

kde je $\omega = 2\pi f$, $\alpha = 2000\pi \text{ s}^{-1}$, $\beta = 7 \text{ s}^{-1}$.

Proudová hustota se stanovuje výpočtem z obou složek elektromagnetického pole.

Příspěvek od elektrického pole je vyjádřen vzorcem

$$J_E = \varepsilon_0 K_E \frac{dE}{dt},$$

kde $\varepsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ je permitivita vakua, dE/dt je časová změna intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde indukovanou proudovou hustotu hledáme.

Analogicky příspěvek od magnetického pole je vyjádřen vzorcem

$$J_B = \sigma K_B \frac{dB}{dt},$$

kde $\sigma \approx 0,2 \text{ S.m}^{-1}$ je průměrná elektrická vodivost tkáně, dB/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde indukovanou proudovou hustotu hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (m)	K_B (m)
v hlavě	66	0,050
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 2 Hodnoty koeficientů pro výpočet modifikované proudové hustoty

Oba příspěvky se sčítají skalárně v absolutních hodnotách, čímž je opět vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

II.3. ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m.

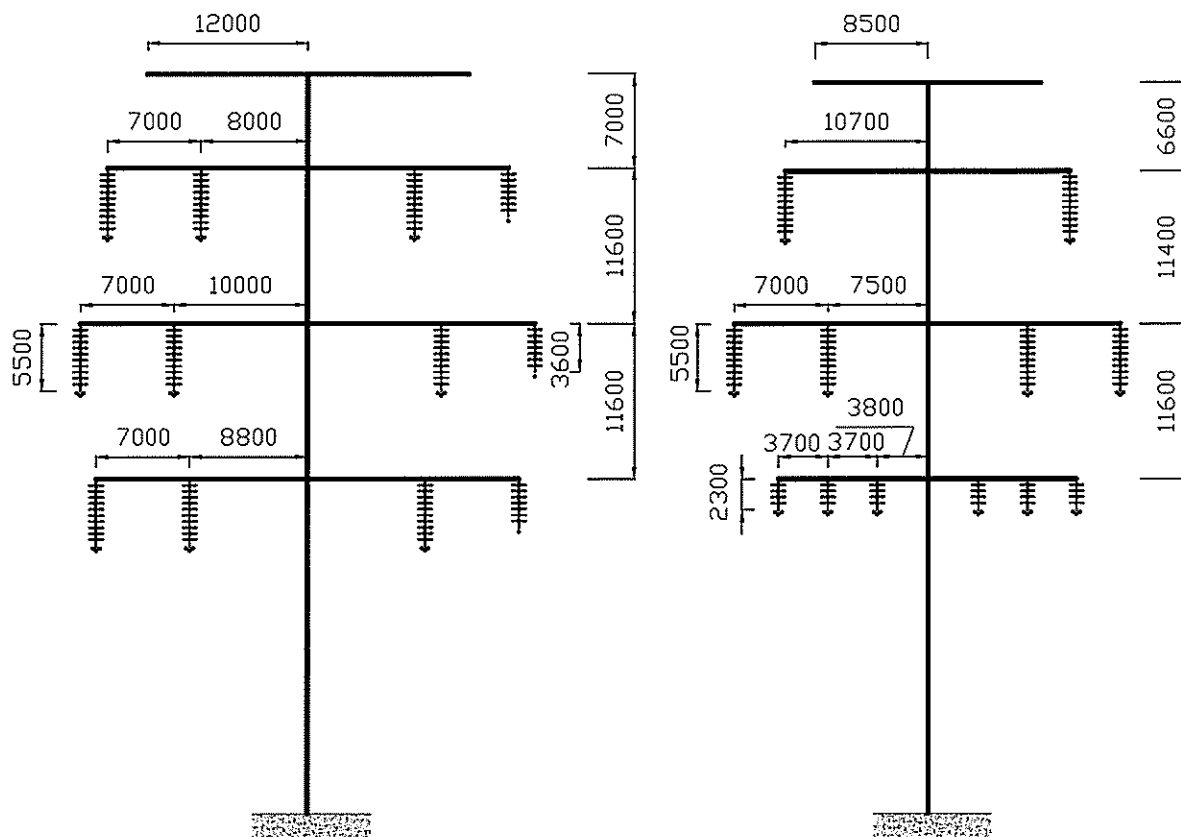
Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT.

V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

III. Výpočty a výsledky

III.1. Vstupní parametry vedení

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV, 220 kV, 110 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2 500 A, 650 A, 1 000 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů o průměru 29,3 mm, krok svazku $a = 400$ mm pro 400 kV, lanový vodič o průměru 26,7 mm pro 220 kV lanový vodič o průměru 36 mm pro 110 kV
Konstrukce zemnicího lana:	4x zemnicí lano o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro čtyřnásobné vedení 400 a 220 kV typu „Soudek“ pro dvojnásobné vedení 400 kV typu „Donau“ s podvěšeným dvojitým vedením 110 kV (viz obrázek č. 1)
Osová vzdálenost vedení:	53 m



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru typ Soudek a Donau s podvěšenou konzolou

Šířka ochranného pásma: 20 m od průmětu krajní fáze 400 kV a 15 m od průmětu krajní fáze 220 kV (podle zákona č. 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).

Při osové vzdálenosti obou vedení 48 m to znamená, že ochranná pásma mezi vedeními se prolínají. Vlevo od čtyřnásobného vedení Soudek sahá ochranné pásmo do vzdálenosti **37,2 m** od osy. Vpravo od vedení Donau s podvěšenou konzolou sahá ochranné pásmo do vzdálenosti **34,7 m**.

III.2. Stanovení minimální přípustné výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu MS EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic. Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované proudové hustoty byly vypočítány ve výšce nad zemí odpovídající vysoké postavě, tj. ve výšce 2 m pro hlavu, 1,8 m pro krk a 1,6 m pro hrud'. Z výpočtů vyplynulo, že nejvyšší proudová hustota se indukuje v krku, proto ve výsledcích výpočtů je uveden tento případ.

Dále bylo zkoumáno, jaký vliv má vzájemné uspořádání fázových vodičů. Pořadí fázových vodičů a jejich výška nad terénem (11,5 m) u stávajících vedení V414, V476, V415 a V208 byly zjištěny z provozní dokumentace. Nejvyšší hodnoty modifikované proudové hustoty byly prokázány u následujícího uspořádání:

Soudek (stávající)

L2	L2	L2	L1
L1	L3	L1	L3
L3	L1	L3	L2

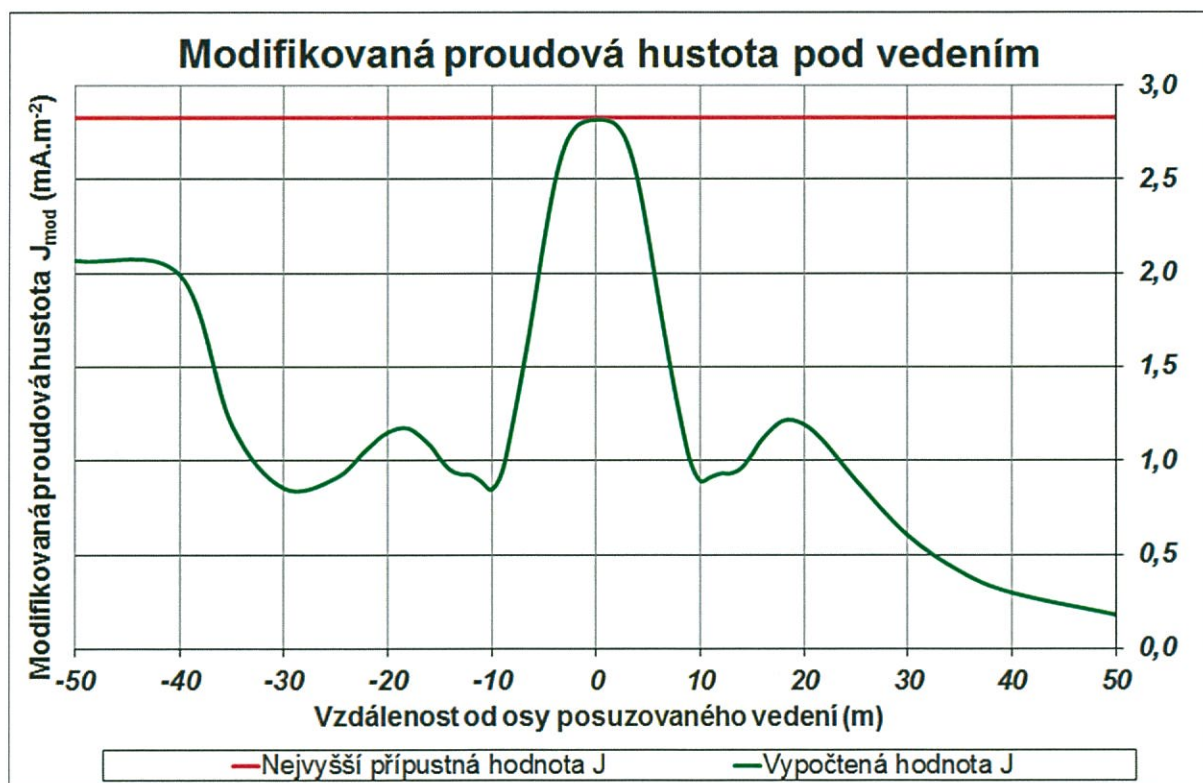
Donau (posuzovaný)

L2		L3	
L3	L1	L1	L2
L2	L3	L1	L1

Uvažování jiného uspořádání fázových vodičů by zakládalo provozovateli vedení po celou dobu provozu vedení dodržovat stanovené pořadí fází, což by mohlo přinést potíže např. při dalším rozvoji sítě. Proto je dále uvažováno pouze s uvedeným uspořádáním.

Minimální přípustná výška fázových vodičů nad zemí zdvojeného vedení Donau s podvěšenou konzolou pro 110 kV dvojité vedení z pohledu vlivu neionizujícího záření je stanovena na **6,9 m**. Ze srovnání s výpočtem samostatného vedení Donau s podvěšenou konzolou vyplývá, že vliv souběžného čtyřnásobného vedení Soudek 400/220 kV v osové vzdálenosti 53 m má velmi malý vliv na minimální přípustnou výšku fázových vodičů posuzovaného vedení.

Průběh modifikované proudové hustoty pod vedeními v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení je znázorněn v obr. 3. Vliv stávajícího vedení je vidět v levé části obrázku.



Obr. 2 Modifikovaná proudová hustota v závislosti na vzdálenosti od osy vedení

III.3. Ověření limitních hodnot E a B dle ČSN 33 2040

Pro stanovenou výšku vodičů bylo provedeno ověření výpočtem, zda nejsou překročeny maximální hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce stanovené normou.

Výsledky jsou shrnuty v tabulce 3. Také zde se jedná o hodnoty platné pro nové vedení, které je předmětem tohoto posouzení.

	Vypočtená hodnota	Limitní hodnota	Vyhodnocení
Intenzita el. pole E (kV/m)	5,5	10	Vyhovuje
Magnetická indukce B (μT)	65,8	500	Vyhovuje

Tab. 3 Ověření limitních hodnot dle ČSN 33 2040

III.4. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040

Pro stanovenou výšku vodičů byla určena širší pásma vlivu elektrického a magnetického pole.

Pásmo vlivu elektrického pole sahá do vzdálenosti 33 m napravo od osy posuzovaného vedení. Mezi oběma vedeními se pásma vlivu prolínají.

Vliv magnetického pole je podstatně menší a jak je vidět z tabulky 3 nedosahuje v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí ani limitu 100 μT, kterým je pásmo vlivu magnetického pole vymezeno.

IV. Závěr

Dodržením minimální výšky spodních fázových vodičů 6,9 m nad zemí bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v blízkosti posuzovaného energetického vedení, jsou chráněny proti všem známým zdravotně škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s Nařízením vlády č.1/2008 Sb.

Literatura:

- [1] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 30. 6. 2009, č. j.: 29015/2009 (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 6, dne 12. srpna 2009)
- [2] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [3] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.