

## ***SPRÁVA O MERANÍ ODPORU UZEMNENIA A KROKOVÝCH A DOTYKOVÝCH NAPÄTÍ V ELEKTRICKEJ STANICI T81 USS KOŠICE***

Riešitelia:

Doc. Ing. Ladislav Varga, PhD.  
Ing. Stanislav Kovalčín, PhD.  
Ing. Stanislav Ilenin, PhD.

Košice, september 2006

**EneCon s.r.o.**

IČO: 36 195 952  
DRČ: SK2020052507

Bankové spojenie:  
ČSOB Košice  
Č.ú.: 0113050303 / 7500

Sídlo firmy:  
Jasuschova 14, 040 23 Košice

**PREVÁDZKA  
A KOREŠPONDENČNÁ ADRESA :**  
Letná 42, 040 01 Košice  
Slovenská republika

Tel. +421 - 55 - 623 11 49, 622 96 36  
Fax +421 - 55 - 729 65 47  
E-mail: [enecon@enecon.sk](mailto:enecon@enecon.sk)  
[Http://www.enecon.sk](http://www.enecon.sk)

## 1 Popis merania

Dňa 27.09.2006 bolo vykonané meranie odporu uzemnenia, krokových a dotykových napätí v elektrickej stanici T81 USS Košice. Meranie sa vykonalo v zmysle STN 33 3201 čl. N.2 metódou vnúteného veľkého prúdu, použitím napätia približne sieťovej frekvencie. Pre meranie sa použil zdroj napätia s frekvenciou 65 Hz a prúdom 35 A.

Zdroj - nepriamy tranzistorový menič frekvencie bol jedným pólom pripojený na 110 kV vedenie č. 6874 na fázy L2 a L3, ktoré boli v 110 kV ES Haniska skratované a uzemnené. Uzemňovacia sústava 110 kV ES Haniska tým predstavovala prúdovú elektródu CE. Druhý pól zdroja bol pripájaný na meranú uzemňovacu sústavu v T81. Týmto sa napodobil obvod jedнопólovej poruchy.

Pre meranie odporu uzemnenia bolo potrebné použiť napäťovú elektródu PE, ktorá by bola dostatočne vzdialená od zóny vplyvu meranej uzemňovacej sústavy. Na tento účel bola vyčlenená fáza L1 110 kV vedenia č.6874, ktorá bola uzemnená v 110 kV ES Moldava. Uzemňovacia sústava ES Moldava predstavovala napäťovú elektródu PE.

Vzhľadom k tomu, že prístrojové transformátory napätia 110 kV vedenia č.6874 sú zapojené za vývodovým odpojovačom v smere vedenia, preto počas merania boli odpojené.

Pre meranie dotykových a krokových napätí v T81 boli použité elektródy o ploche 400 cm<sup>2</sup>, resp. 200 cm<sup>2</sup> zaťažených tiažou človeka. Vzdialenosť elektródy o ploche 400 cm<sup>2</sup> od vodivých konštrukcií pri meraní dotykových napätí bola 1 m, tak isto ako vzájomná vzdialenosť elektród o ploche 200 cm<sup>2</sup> pri meraní krokových napätí.

Merací prúd bol nastavený na hodnotu 35,0 A o frekvencii 65 Hz. Na meranie napätia na uzemňovacej sústave a dotykových a krokových napätí bol použitý selektívny voltmeter. Rušivé napätia spôsobené inou frekvenciou, hlavne 50 Hz boli týmto spôsobom vylúčené. Rušivé napätia pri nulovom meracom prúde v T81 boli na úrovni 0 až 0,3 mV.

Počas merania bolo slnečné počasie, s teplotou cca 26 °C.

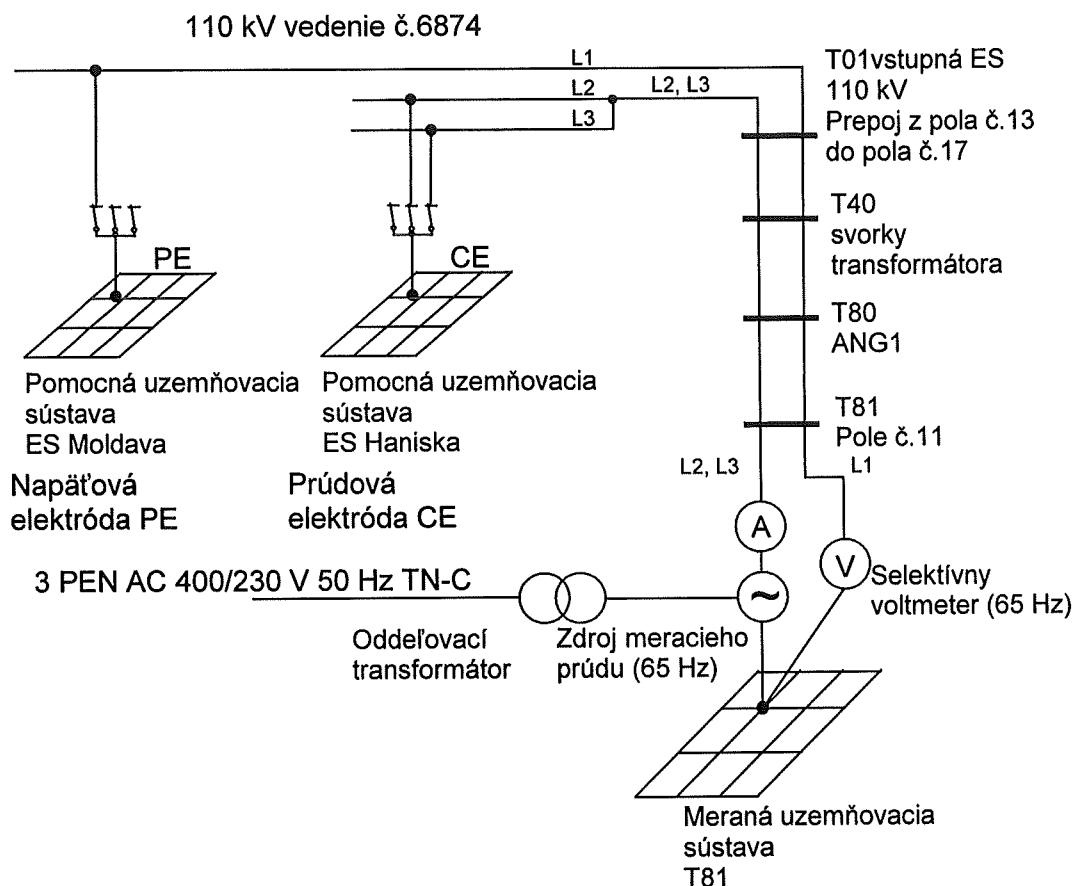
Dotykové a krokové napätia zistené meraním boli prepočítané v pomere – max. prúd tečúci uzemňovačom do zeme / merací prúd, podľa STN 33 3201 čl. N3.

Jednofázový zemný prúd kapacitného charakteru v 6 kV rozvode pri zemnom spojení podľa údajov zo závodu Energetika je 121 A.

## 2 Schéma zapojenia a zoznam použitých prístrojov

1. Zdroj - nepriamy tranzistorový menič frekvencie,  $I_{\max} = 35 \text{ A}$ ,  $f = 65 \text{ Hz}$ .
2. Selektívne voltmetre, ampérmetre.
3. Meracie elektródy  $1 \times 400 \text{ cm}^2$ ,  $2 \times 200 \text{ cm}^2$ , pripojovacie vodiče.

### Schéma zapojenia:



## 3 Meranie impedancie uzemnenia elektrickej stanice

Merací obvod bol vytvorený podľa uvedenej schémy zapojenia. Kvôli zachovaniu presnosti merania a výpovede schopnosti nameraných výsledkov má byť prúdová elektróda CE, podľa technickej literatúry, vzdialená min. 5 km od meranej sústavy a napät'ová elektróda PE má byť umiestnená v minimálnej vzdialenosti rovnej päťnásobku najväčšieho rozmeru meranej uzemňovacej sústavy. Na základe týchto podmienok, ako prúdová elektróda CE bola využitá uzemňovacia sústava ES Haniska a ako napät'ová elektróda PE uzemnenie ES Moldava.

## 4 Namerané a vypočítané hodnoty

### 4.1 Výpočet impedancie uzemnenia

Veľkosť impedancie uzemnenia je daná (podľa STN 33 3201 čl.N.2.2) vzťahom:

$$Z_E = \frac{U_{EM}}{r_1 \cdot I_M}$$

kde:

- $U_{EM}$  - napätie medzi uzemňovacou sústavou a elektródou v priestore referenčnej zeme (vzdialená zem) [V]
- $I_M$  - skúšobný prúd [A]
- $r_1$  - redukčný koeficient vedenia k vzdialenej pomocnej prúdovej elektróde CE (pre použité dvojité vvn vedenie s jedným zemniacim lanom – 0,6)

### 4.2 Určenie zvýšenia napätia uzemňovacej sústavy

Zvýšenie napätia uzemňovacej sústavy v prípade poruchy je dané (podľa STN 33 3201 čl.N.3)

$$U_E = I_E \cdot Z_E = U_{EM} \cdot \frac{I_E}{r_1 \cdot I_M}$$

kde:

- $I_E$  - prúd tečúci do zeme(nie je možné ho merať priamo) [A]

Namerané hodnoty krokových a dotykových napätí  $U_{TM}$  resp.  $U_{SM}$  boli podobne ako  $U_E$  prepočítané na skutočné  $U_T$  resp.  $U_S$  v zmysle STN 33 3201 čl. N3.

$$U_T = U_{TM} \cdot \frac{I_E}{r_1 \cdot I_M}$$

$$U_S = U_{SM} \cdot \frac{I_E}{r_1 \cdot I_M}$$

kde:

- $U_{TM}$  - nameraná hodnota dotykového napätia
- $U_T$  - skutočná (prepočítaná) hodnota dotykového napätia
- $U_{SM}$  - nameraná hodnota krokového napätia
- $U_S$  - skutočná (prepočítaná) hodnota krokového napätia

Podľa STN 33 3201 (tabuľka 5) v T 81 – 6 kV prúd tečúci uzemňovacou sústavou je možné vypočítať:

$$I_E = r_2 \cdot \sqrt{I_L^2 + I_{Res}^2}$$

kde:

- $I_L = 110 \text{ A}$  - súčet menovitých prúdov zhášacích tlmiviek v kompenzovanej sieti
- $I_{Res} = 24,2 \text{ A}$  - zvyškový zemný poruchový prúd, v našom prípade je to 20% kapacitného prúdu siete  $I_C = 121 \text{ A}$
- $I_M = 35 \text{ A}$  - skúšobný prúd
- $r_1 = 0,6$  - redukčný činiteľ (pre použité dvojité vvn vedenie s jedným zemniacim lanom)
- $r_2 = 0,98$  - najnepriaznivejšia hodnota redukčného činiteľa podľa prevažujúcich typov káblov v 6 kV rozvode

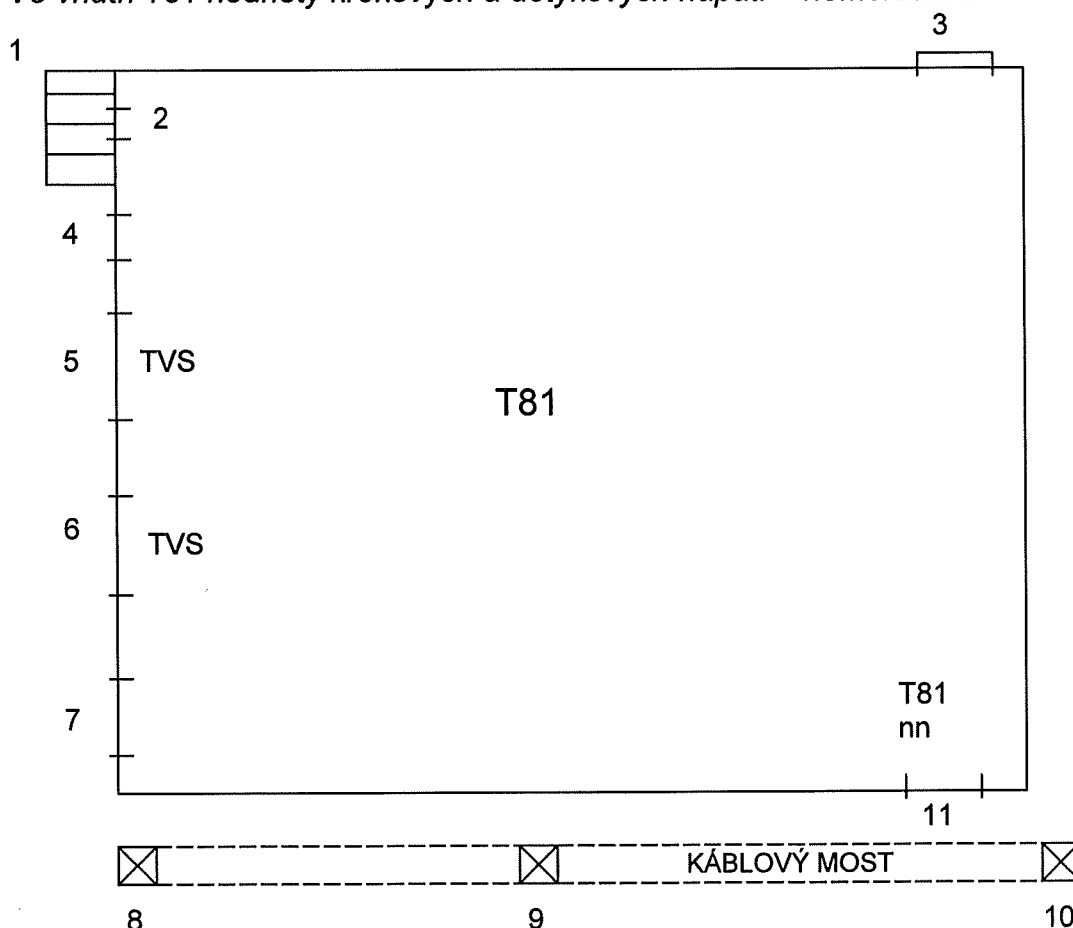
#### 4.3 Meranie impedancie uzemnenia stanice

Por.číslo	$I_M \text{ [A]}$	$U_{EM} \text{ [mV]}$	$Z_E \text{ [}\Omega\text{]}$	$Z_{Ep} \text{ [}\Omega\text{]}$
1	10,00	560	0,093	0,093
2	20,00	1100	0,092	
3	35,00	2000	0,095	

#### 4.4 Meranie dotykových a krokových napätí

Namerané hodnoty dotykových a krokových napätí, pokiaľ nie je uvedené inak (pozri tab. nameraných hodnôt), sú merané na zemi.

Vo vnútri T81 hodnoty krokových a dotykových napätí – nemerateľné.



Por.číslo	Meracie miesto	$U_{TM}$ [mV]	$U_{SM}$ [mV]	$U_T$ [V]	$U_s$ [V]
1	Zábradlie	42,0	10,5	0,2	0,1
2	Dvere T81	21,0	10,5	0,1	0,1
3	Rebrík	409,5	21,0	2,2	0,1
4	Dvere, kondenzátory	31,5	10,5	0,2	0,1
5	Transformátor VS	42,0	10,5	0,2	0,1
6	Transformátor VS	42,0	21,0	0,2	0,1
7	Dvere	63,0	10,5	0,3	0,1
8	Káblový most (štrk)	115,5	10,5	0,6	0,1
9	Káblový most (štrk)	325,5	21,0	1,7	0,1
10	Káblový most (štrk)	294,0	31,5	1,5	0,2
11	Dvere TR1, nn	126,0	10,5	0,7	0,1
12					
13					
14					
15					


## 5 Záver

Nameraná hodnota odporu uzemnenia stanice T81 je  $0,093 \Omega$ . Aj napriek tomu, že nie je možné s určitou predpokladať celistvosť celej uzemňovacej sústavy, je možné usúdiť, že táto hodnota je ovplyvnená aj uzemneniami blízkych elektrických zariadení.

Elektrická stanica T81 je prevádzkovaná s neúčinne uzemneným uzlom transformátora. Je to kompenzovaná sieť, kde jednofázové poruchy trvajú dlhšie ako 10 sekúnd. Podľa STN 33 3201 čl.9.8.2 dovolené dotykové napätie je 75 V.

Pri udanej ustálenej hodnote jednofázového poruchového zemného prúdu spĺňajú hodnoty krokových a dotykových napätí nameraných na prístupných vodivých častiach v tesnom okolí elektrickej stanice T81 kritérium stanovené STN 33 3201.

Na základe tohoto merania možno objekty v okolí meranej uzemňovacej sústavy elektrickej stanice T81 v súčasnej dobe z hľadiska veľkosti dotykových a krokových napätí prehlásiť za bezpečné.

  
**Ladislav Varga**  
 elektrotechnik špecialista  
 č. osvedčenia. 046 IKO 1997 EZ E A E1