

Radovan Doleček<sup>1</sup>

## **Metodika zkratových zkoušek na AC soustavě pro měření nebezpečných napětí**

**Klíčová slova:** *napájecí soustava AC, dotyková napětí, kroková napětí, zkraty na trakčním vedení*

### **Úvod**

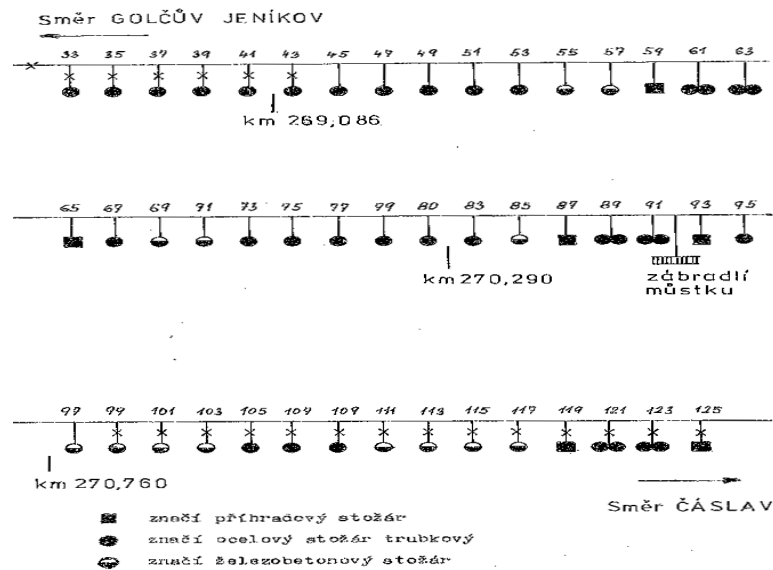
V rámci úprav trakční napájecí soustavy AC 25 kV je možné použít uzemňovací nebo ukolejňovací vedení. Pro širší zavedení těchto opatření je zapotřebí ověřit jejich vliv na možný vznik nebezpečných dotykových či krokových napětí v blízkosti trakčních podpěr. První pokusy v tomto ohledu se konaly v roce 1985 formou zkratových zkoušek na trakčním vedení [1].

### **Popis metodiky**

Pro zkratové zkoušky konané ve dnech 28. a 29.5.1985 byl vybrán úsek trati Čáslav – Golčův Jeníkov vzhledem k tomu, že v daném úseku docházelo tehdy k nesprávné funkci traťového zabezpečovacího zařízení vlivem ukolejňování. Jako uzemňovací, případně ukolejňovací lano bylo využito upravené zesilovací vedení. Toto vedení bylo u stožáru č.33 a č.125 podélně rozpojeno a v úseku od stožáru č.43 až ke stožáru č.97 připojeno proudovými propojkami na jednotlivé stožáry. Rozmístění a charaktery stožárů je patrné z **obrázku 1**.

---

<sup>1</sup> Radovan Doleček, doc. Ing., Ph.D., 1971, Univerzita Pardubice, DFJP, obor Dopravní prostředky a infrastruktura - elektrotechnika, V současné době působí na Katedře elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě, DFJP, Univerzity Pardubice, Studentská 95, 532 10 Pardubice, tel.: 466 036 427, e-mail: [radovan.dolecek@upce.cz](mailto:radovan.dolecek@upce.cz). Odborné zaměření: napájení elektrických drah, energetika a EMC.



Obr. 1 - Zkušební úsek pro zkratové zkoušky

Oscilograficky byly snímány následující veličiny:

- U1 ..... dotykové napětí mezi kolejnicí a sondou
- U2 ..... krokové napětí mezi sondami
- U3 ..... dotykové napětí mezi stožárem a první sondou
- U4 ..... napětí mezi stožárem a vzdálenou zem
- U5 ..... napětí mezi kolejnicí a stožárem
- I ..... zkratový proud

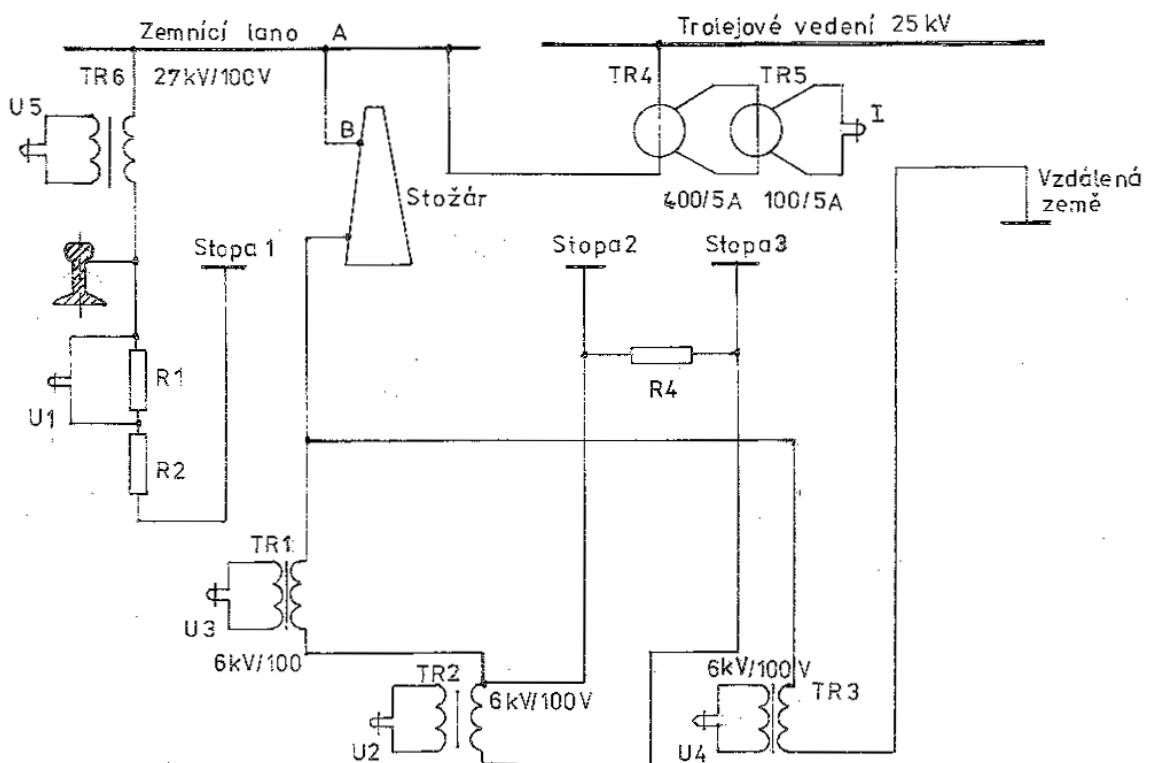
Tyto veličiny byly měřeny podle tehdy platné ČSN 34 1010 tak, že:

- Obě **sondy** náležející ke stožáru byly umístěny podél trati na pěšině.
- **Sonda** náležející ke kolejnici byla umístěna mezi stožárem a kolejnicí.
- **Vzdálená země** byla umístěna ve vzdálenosti asi 40 m od kolejnice.
- **Měřicí sondy** byly zatíženy závažím 50 kg.
- **Zatěžovací rezistor** pro měření dotykového a krokového napětí měl odpor 1 kΩ.

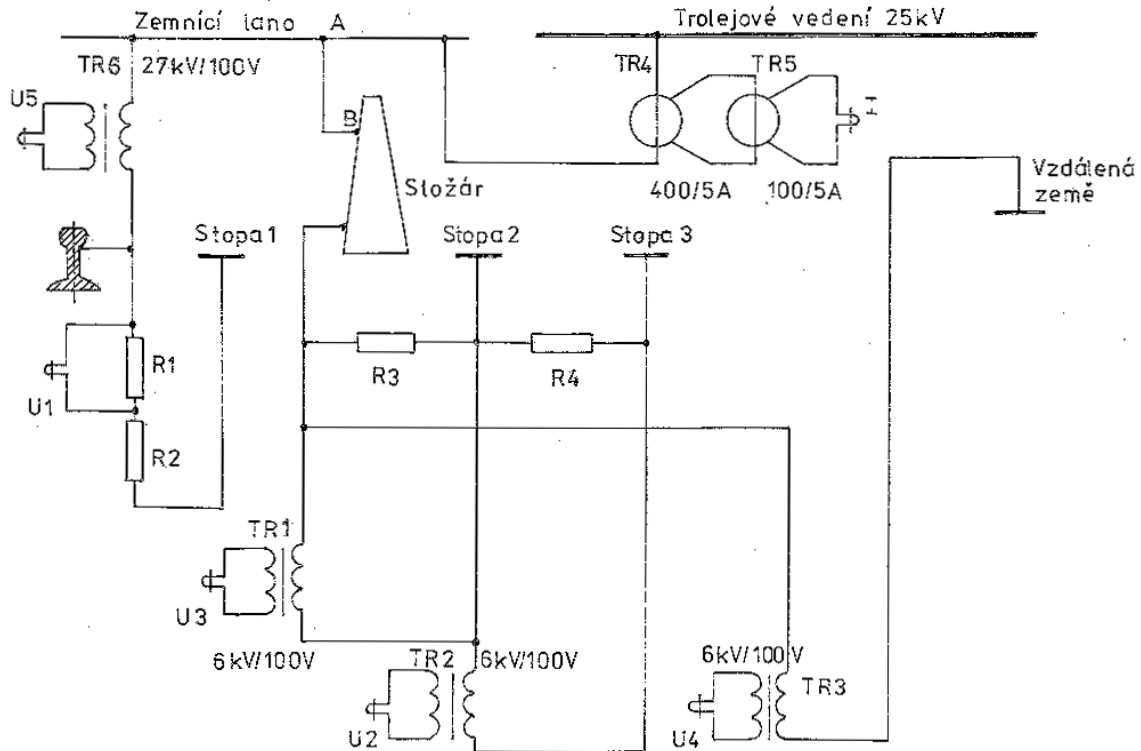
Celkové schéma měřicího obvodu je vedeno na dvou obrázcích:

Dne 28.5.1985 bylo měřeno podle schématu na **obrázku 2** dotykové a krokové napětí, následující den podle schématu na **obrázku 3** krokové napětí s dotykem.

**Obě schémata se liší pouze ve způsobu měření krokového napětí.**



**Obr. 2** - Schéma zapojení dne 28.5.1985



Obr. 3 - Schéma zapojení dne 29.5.1985

Vzhledem k tomu, že nebylo možné vztáhnout všechna napětí k jednomu bodu, byly pro galvanické oddělení použity přístrojové transformátory napětí značené TR1 až TR3.

### Použité přístroje:

- dva smyčkové oscilografy NDR typu **12-LS** spouštěné současně
- odporový dělič **3:1**, složený z rezistorů **R1 + R2 = 1 kΩ**
- rezistory **R3 = R4 = 1 k**
- přístrojové transformátory napětí typu **TJP4** se jmenovitým napěťovým převodem **6000/100 V**, značené **TR1 až TR3**,
- přístrojový transformátor proudu typu **PVB 355** se jmenovitým převodem **400/5 A**, značený **TR4**
- laboratorní měřicí transformátor proudu Metra typu **SLLP** s převodem **100/5 A**, značený **TR5**
- přístrojový transformátor napětí typu **JOV 353** se jmenovitým převodem **27/0,1 kV**, značený **TR6**.

**Tab. 1** - Podmínky při zkratových zkouškách

Číslo měření	Den	Místo zkratu č. st.	Místo měření č. st.	Místo ukolejnění č. st.	Poznámka
1-1	28.5.1985				nastavení měřítok
2-1	28.5.1985				nastavení měřítok
3-1	28.5.1985	97	97	neukolejněn	
4-1	28.5.1985	97	97	neukolejněn	
5-1	28.5.1985	87	97	neukolejněn	
6-1	28.5.1985	87	97	neukolejněn	
7-1	28.5.1985	125	125	neukolejněn	stožár odpojen od z. lana
8-1	28.5.1985	125	125	neukolejněn	přepálení drátovodů
9-1	28.5.1985	125	125	neukolejněn	přepálení drátovodů
10-1	28.5.1985	67	67	neukolejněn	
11-1	28.5.1985	67	67	neukolejněn	
1-2	29.5.1985	125	125	125	
2-2	29.5.1985	125	125	125	
3-2	29.5.1985	125	125	neukolejněn	
4-2	29.5.1985	125	125	97	
5-2	29.5.1985	125	125	97	st. 125 odpojen od ukolej. lana
6-2	29.5.1985	97	97	97	
7-2	29.5.1985	97	97	83	
8-2	29.5.1985	97	97	47	
9-2	29.5.1985	97	97	neukolejněn	
10-2	29.5.1985	115	115	115	bet. stožár odpojený od z.lana

Napájení trakčním napětím daného úseku bylo zajištěno z napájecí stanice ČSD Golčův Jeníkov napáječem N 11. Vlastní zkrat byl připraven zkratovacími tyčemi a zapínán napáječem N 11.

Další podrobnosti, jako je místo zkratu, místo měření a místo ukolejnění (bylo-li použito), jsou uvedeny v **tabulce 1**.

Naměřené hodnoty jsou po přepočtu uvedeny v **tabulkách 2 a 3**.

**Tab. 2 - Výsledky zkratových zkoušek 28.5.1985**

Měření číslo	Zkrat.proud I [A]	Napětí U <sub>1</sub> [V] stopa-kolejnice	Napětí U <sub>2</sub> [V] stopa-stopa	Napětí U <sub>3</sub> [V] stožár-stopa	Napětí U <sub>4</sub> [V] vzdál země-stožár	Napětí U <sub>5</sub> [V] stožár-kolejnice
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	2647	125	37,4	1575	4288	4500
4	2688	129	37,4	1633	4422	4355
5	-	125	37,4	1575	4154	4365
6	-	89,4	46,6	1575	4154	4365
7	2814	89,4	-	-	-	5238
8	2688	80,5	28	846	2412	2910
9	2730	76	112,6	846	3216	2910
10	2856	40,2	46,6	1575	4221	4355
11	2814	38	46,6	1575	4020	4500

**Tab. 3 - Výsledky zkratových zkoušek 29.5.1985**

Měření číslo	Zkrat.proud I [A]	Napětí U <sub>1</sub> [V] stopa-kolejnice	Napětí U <sub>2</sub> [V] stopa-stopa	Napětí U <sub>3</sub> [V] stožár-stopa	Napětí U <sub>4</sub> [V] vzdál země-stožár	Napětí U <sub>5</sub> [V] stožár-kolejnice
1	2472	75,9	93,2	295	536	-
2	2514	71,4	93,2	295	536	-
3	2472	205,4	587,2	1622	3216	3433
4	2430	35,7	223,7	737	1340	1018
5	2430	71,4	-	-	-	1164
6	2514	169,6	22,4	147,5	670	-
7	2472	132,1	41,0	295	1072	728
8	2430	53,6	89,4	590	2010	1746
9	2430	241,1	223,7	1475	4073	4220
10	2514	102,7	118,8	295	697	-

**Poznámka:**

Podrobnosti k metodice měření dotkových a krokových napětí podle norem platných v současnosti obsahuje ČSN EN 50122-1 ed.2, konkrétně v její Příloze E (normativní) „Měřicí metody dovoleného dotkového napětí“.

**Změny** uvedené v této ČSN mění např. hodnotu rezistoru a plochu sondy. Další podrobnosti, jako místo zkratu, místo měření a místo ukolejnění (bylo-li použito), jsou uvedeny v tabulce 1 Sborníku [2].

Naměřené hodnoty jsou po přepočtu uvedeny v tabulkách 2 a 3 v tomtéž Sborníku.

### Literatura:

- [1] HLAVA, K. a kol.: *Zkratové zkoušky Golčův Jeníkov*. Praha: VÚŽ, 1985
- [2] HLAVA, K.- DOLEČEK, R.: Zkratové zkoušky na soustavě AC 25 kV 50 Hz  
In *Sborník z konference ODBORNÁ KONFERENCE: NOVÁ ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY 2011 – 2012, OPAVA 18. – 19. 10. 2012*. Opava: VTK, 2012. s. 3 – 16.
- [3] ČSN EN 50 122-1 ed. 2. *Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod – část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem*. ÚNMZ, listopad 2011. Třídící znak 34 1520.

Praha, září 2012

Lektoroval: doc. Ing. Karel Hlava, CSc.