

Uzemňování v elektrickém rozvodu

Požadavek bezpečnosti osob a věcí → dobré uzemnění částí rozvodu.

Uzemnění – vodivé spojení určitého místa v rozvodu se zemí → potenciál země

Uzemňovaná místa: uzly generátorů a transformátorů, vodivé části a konstrukční prvky el. strojů a spotřebičů

Zemní elektrody (zemniče) – části uzemnění uložené v zemi, zajišťují vodivé spojení se zemí

Zemní svod – vodivé spojení mezi zemničem a uzemňovaným místem

Zemní odpor – poměr napětí zemniče (vůči daleké zemi) a odváděného proudu (*zemní proud*)

Zemnicí soustava – soubor zemničů a svodů

Zemní elektrody (zemniče)

Náhodné zemniče

- větší kovové předměty v zemi nebo na povrchu, velká vodivost
- kolejnice, potrubní sítě (vodovody - AC), ocelové konstrukce, pláště zemních kabelů

Strojené zemniče

- jen k účelu uzemnění
- zemní odpor ~ rozměry zemniče, správné uložení, vodivost zeminy
- desky, pásky, tyče, kombinace
- spojení ocelovým drátem ($d = 8 \div 10 \text{ mm}$)
- všechny části ochrana proti korozi (pozinkování pod plamenem)

Zemnicí desky

- tloušťka min 3 mm, plocha min $2 \times 0,5 \text{ m}^2$
- svisle v zemi, horní hrana 0,5 až 1 m pod povrchem
- při více deskách rozestupy cca 3 m, aby se nesnižoval účinek
- málo používané (vyšší odpor)

Zemnicí pásky

- nejčastější
- tloušťka min 3 mm, průřez min 80 mm^2 , např. 30x3, 30x4, 40x4 mm
- délka podle zeminy a odporu
- vodorovně v hloubce 0,5 až 1 m
- tvar: paprsky, prstenec, mříž (velké objekty)

Zemnicí tyče

- vhodné pro místa s nižší rezistivitou půdy hlouběji (vlhkost) → svisle
- ocelové tyče nebo trubky 2 až 3 m dlouhé
- horní konec min 0,5 m pod povrchem
- obvykle více tyčí propojeno, vzdáleny min 2l
- i profily L, U, T, I

Zemina a její vlastnosti

Měrný odpor půdy (rezistivita) – široké meze podle struktury zeminy a vlhkosti

Druh zeminy	Rezistivita (Ωm)
rašelina	30
ornice, jíl	100
vlhký písek	200 ÷ 300
vlhký štěrk	300 ÷ 500
suchý písek, štěrk	1000 ÷ 3000
suchá kamenitá půda	3000 ÷ 10000

Zemní svody

- vodič schopný odvést do země největší možný poruchový proud.
→ vyhovující průřez, pevný, trvanlivý, kontrolovatelný, rozpojitelné místo (pro měření odporu zemniče)
- nejčastěji holé pozinkované nebo pocínované vodiče z oceli, Cu, Al
- proudové zatížení dáno max. dovolenou teplotou (100 až krátkodobě 600°C)

Zemní odpor

Max. dovolená hodnota vychází z dovoleného dotykového napětí.

Obecně do 1000V

$$R \leq \frac{U_d}{I_v} \quad (\Omega; V, A)$$

R – dovolený odpor

U_d – dovolené dotykové napětí

I_v – vypínací proud jisticího prvku

Soustava nn:

$R \leq 5 \Omega$ pro uzemnění uzlu zdroje

$R \leq 2 \Omega$ pro celkový zemní odpor všech ochranných vodičů a uzlu zdroje (1 objekt)

Praktický návrh – přibližné vyjádření pro určení počtu zemničů a rozměrů, ověření měřením

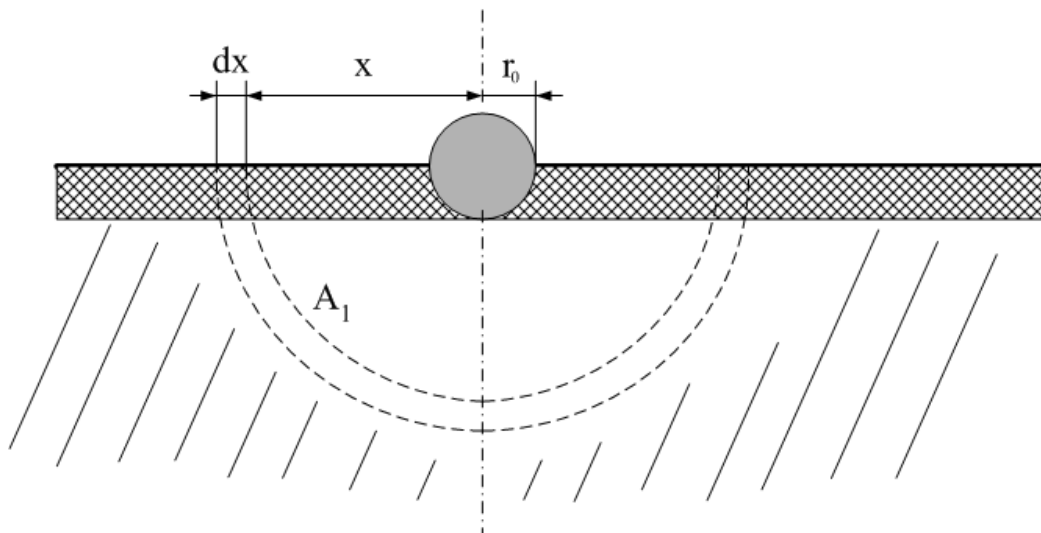
$$R = k \frac{\rho}{l} \quad (\Omega; -, \Omega\text{m}, \text{m})$$

l – největší rozměr zemniče

k – činitel tvaru a uložení zemniče

Exaktní výpočet – složitý, proudové pole, rozložení napětí (QuickField, FEMlab Opera3D,...)

Složitý tvar \rightarrow zjednodušení na bodový zdroj (zemnič jako kulička na povrchu země)



Odpor země jako vodiče

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$A_1 = 2\pi x^2 \quad (\text{ekvipotenciální plocha})$$

$$l = x$$

$$dR = \rho \frac{dx}{A_1} = \rho \frac{dx}{2\pi x^2}$$

Pro $l = x$

$$R_x = \int_{r_0}^x \frac{\rho}{2\pi} \frac{dx}{x^2}$$

$$R_x = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{x} \right)$$

Ve velké vzdálenosti $x \rightarrow \infty$

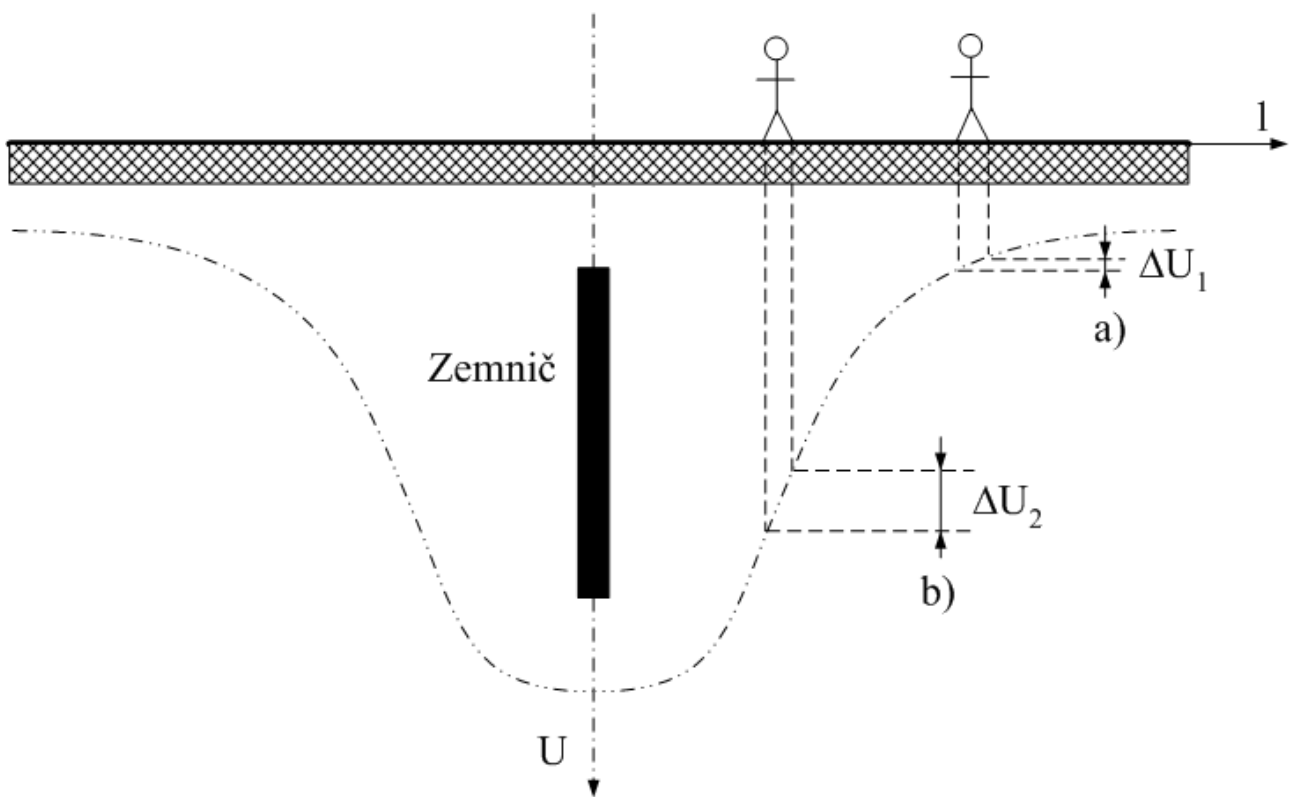
$$R_\infty = \frac{\rho}{2\pi r_0}$$

Kulová elektroda hluboko pod povrchem (proud do plného prostorového úhlu 4π)

$$R'_\infty = \frac{\rho}{4\pi r_0}$$

Krokové napětí

Potenciálové pole v okolí zemniče (i na povrchu).
Potenciál – největší na povrchu zemniče, klesá s kvadrátem vzdálenosti, úměrný zemnímu odporu a odváděnému proudu (až kA – blesky)
Krokové napětí – rozdíl potenciálů na povrchu země ve vzdálenosti lidského kroku (cca 0,75m)

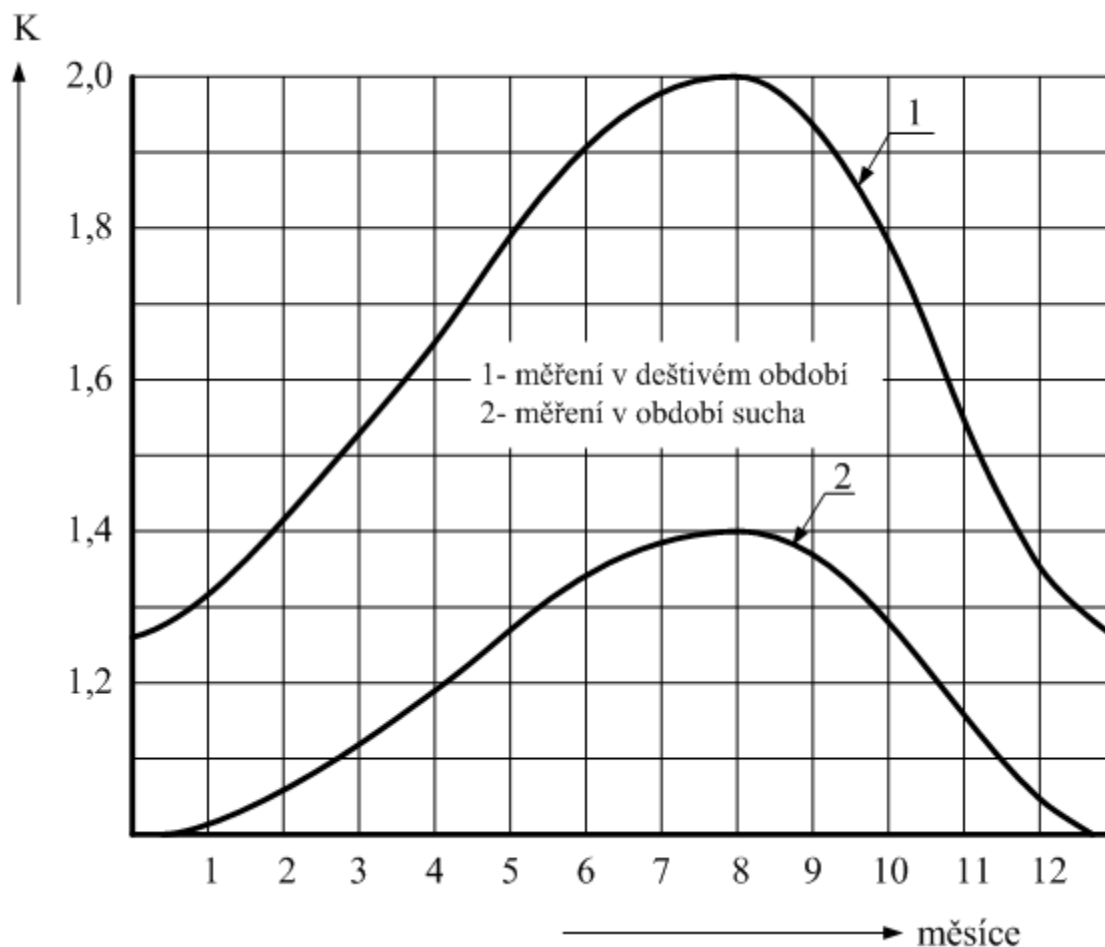


Zmenšení krokového napětí: větší hloubka zemniče, úprava okrajů, úprava vodivosti povrchu zeminy, oplocení stanice

Geoelektrická měření

Měření rezistivity půdy – pro správný návrh uzemnění

ρ ~ složení půdy, vlhkost, teplota, klimatické podmínky (roční perioda)



Měření ρ zkušebními tyčovým zemničem

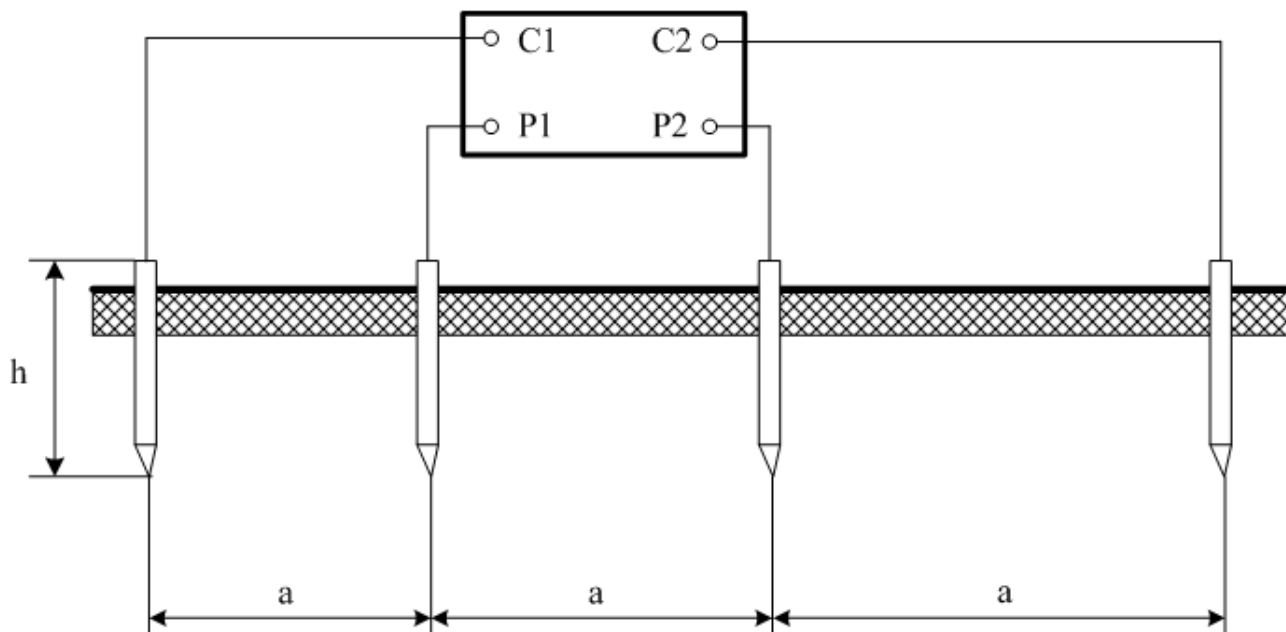
Známe l , d , změříme R (viz dále).

Svislý tyčový zemnič

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d} = k_r \cdot \rho$$

Měření ρ Wennerovou metodou

Proudový zdroj C1, C2, měření napětí P1, P2 \rightarrow
 $R = U/I \rightarrow \rho = K \cdot R$



Měření přechodového odporu (mezi strojenými zemniči a zemí) – ověření správnosti návrhu a dosažení požadovaných hodnot R

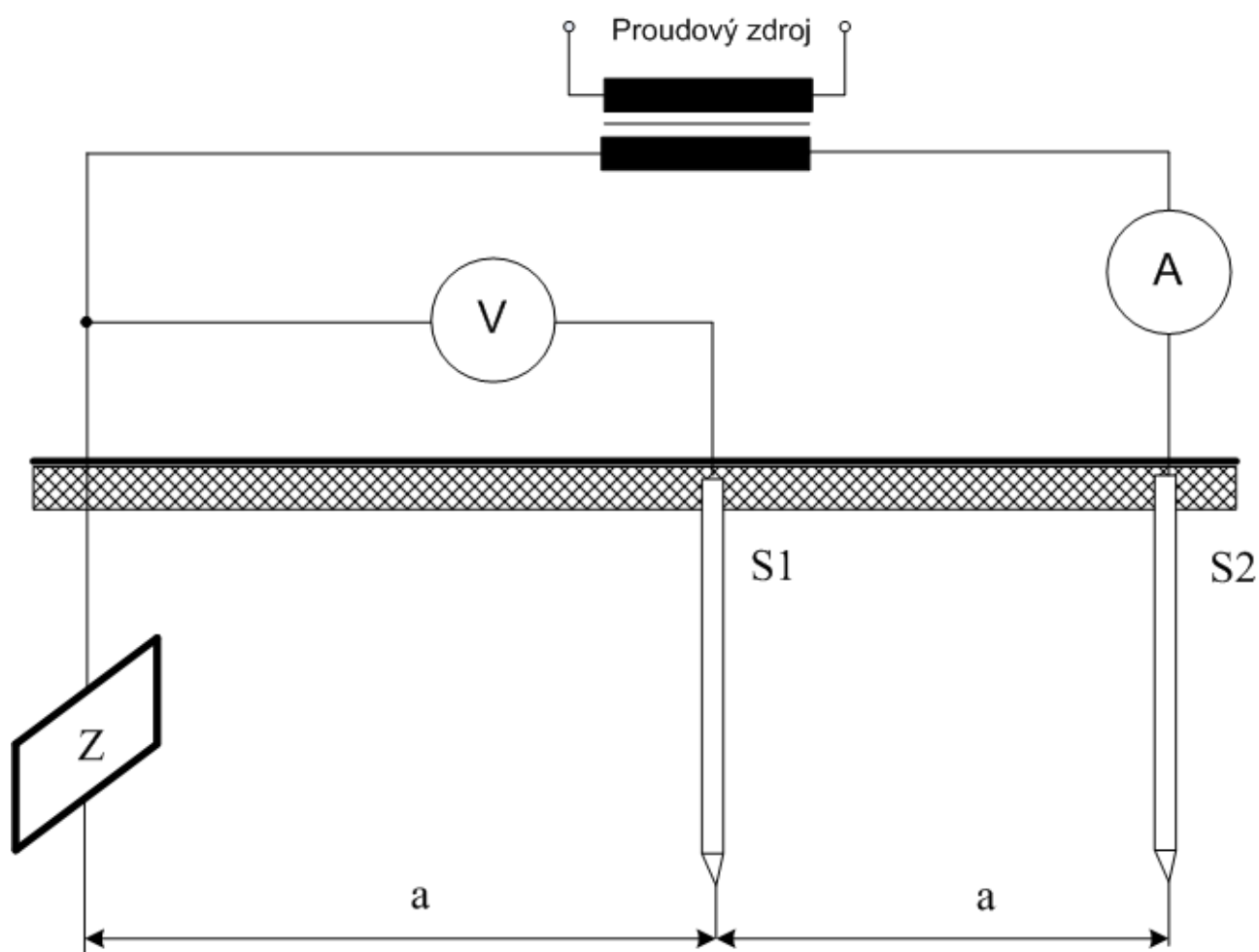
Zásady měření

- proudový zdroj $f \sim 40 \text{ Hz}$ (70 Hz) – neovlivnit náhodnými proudy
- přístroj co nejbližší zemniči – neovlivnit přesnost přívodními vodiči
- dodržet minimální vzdálenosti pomocných elektrod (napět'ová – aby na nulovém potenciálu)
- opakovaná měření

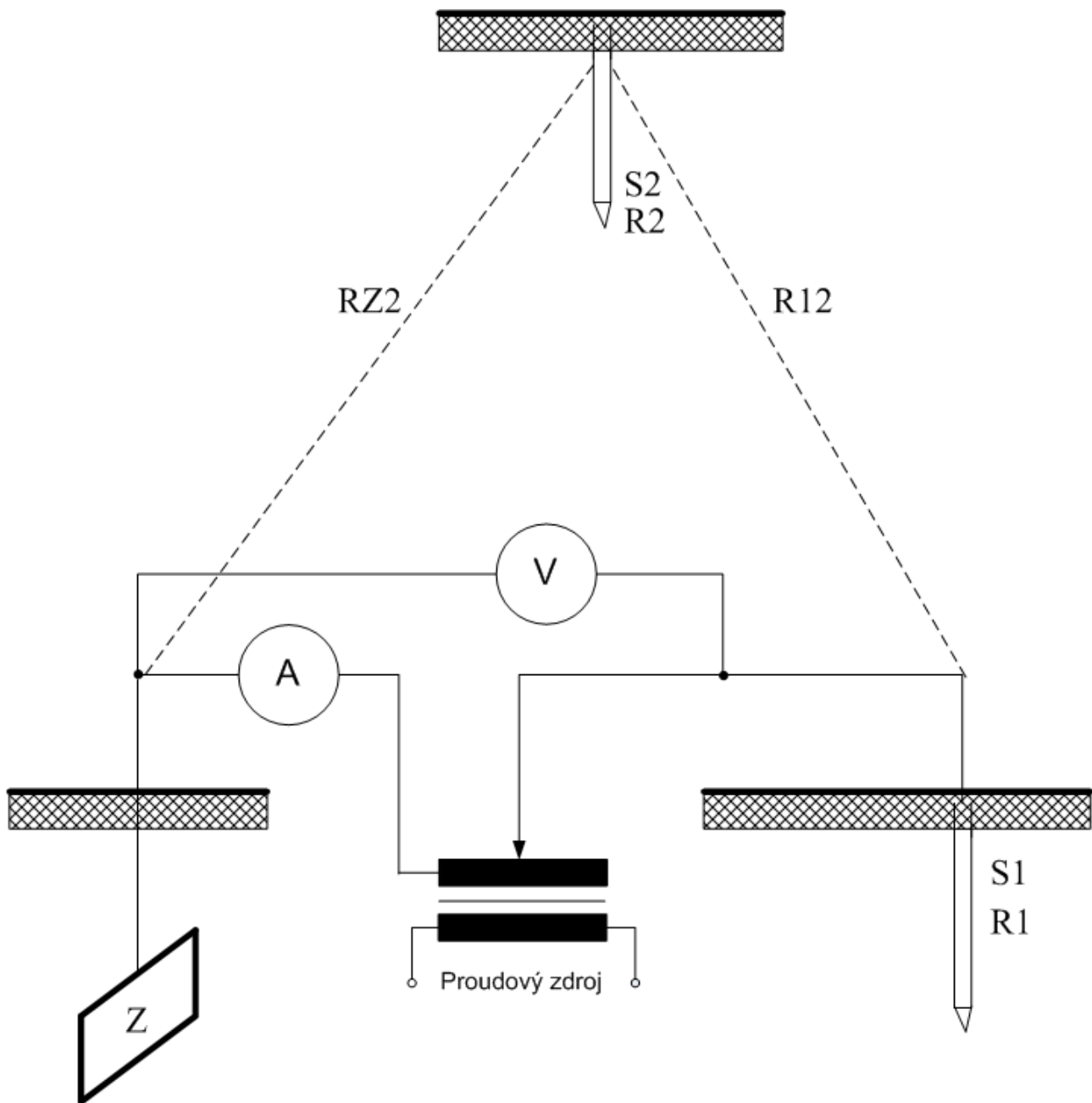
Elektrody – hladké ocelové tyče, $d = 20 \div 25$ mm,
 $l = 600 \div 700$ mm, zarazit kolmo na největší
rozměr zemniče

Voltampérová metoda – $a \sim 20 \div 40$ m

$$R = \frac{U}{I}$$



*Voltampérová trojúhelníková metoda –
rovnostranný trojúhelník Z, S1, S2*

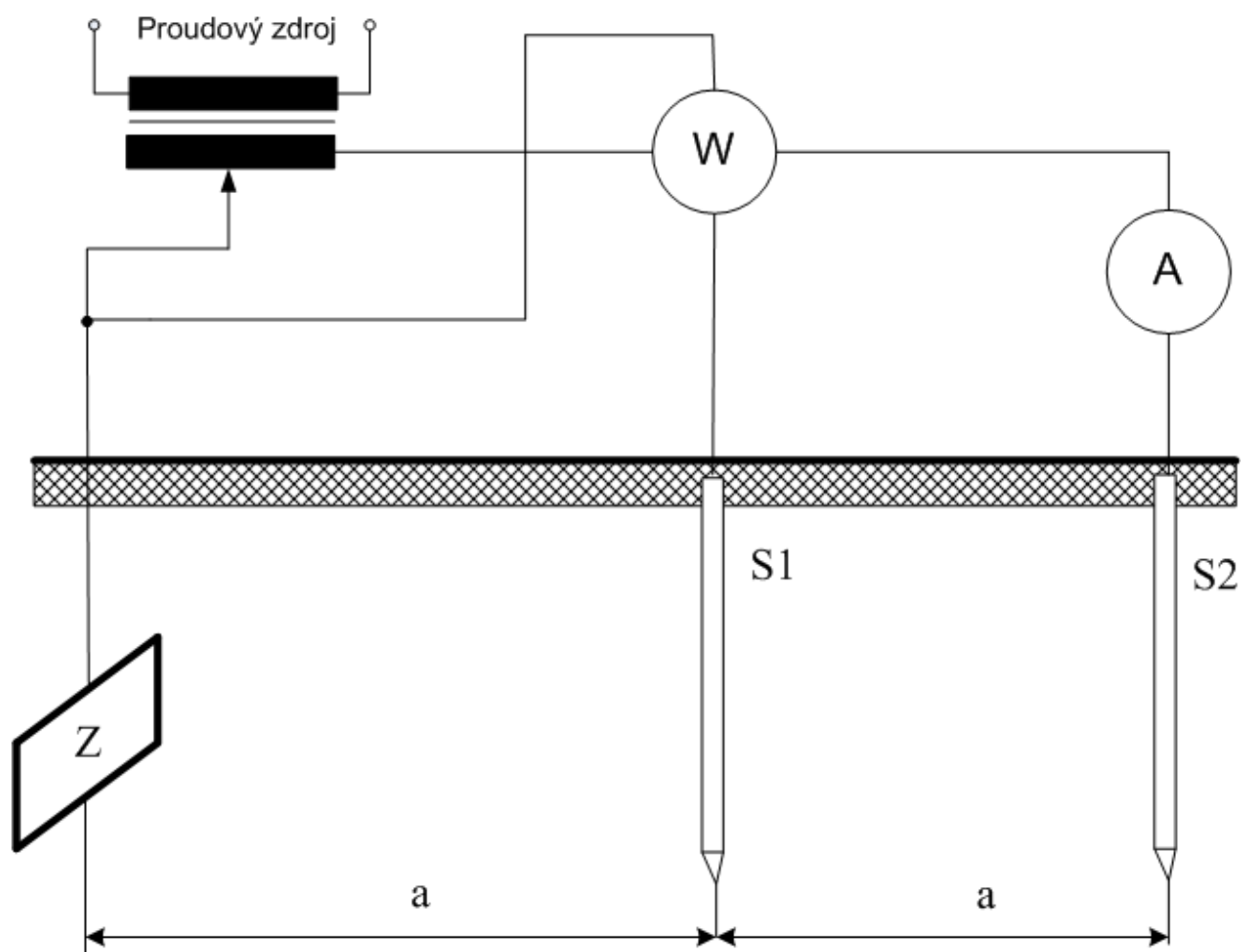


3 měření na všech stranách trojúhelníku:

$$R_{Z1} = R_Z + R_1, \quad R_{Z2} = R_Z + R_2, \quad R_{12} = R_1 + R_2$$

$$R_Z = \frac{R_{Z1} + R_{Z2} - R_{12}}{2}$$

Měření wattmetrem a ampérmetrem



$$R = \frac{P}{I^2}$$

Měření terrometem – speciální přístroj s vlastním induktorovým zdrojem

