



International
Lightning Protection Association
Symposium

ILPS 2018 - SHENZHEN

Umelo spúšť'ané blesky v Guangdong, Čína

Yijun Zhang

**Univerzita Fudan
Čínska akadémia meteorologických vied**



復旦大學 大气与海洋科学系
DEPARTMENT OF ATMOSPHERIC AND OCEANIC SCIENCES
FUDAN UNIVERSITY





OBSAH

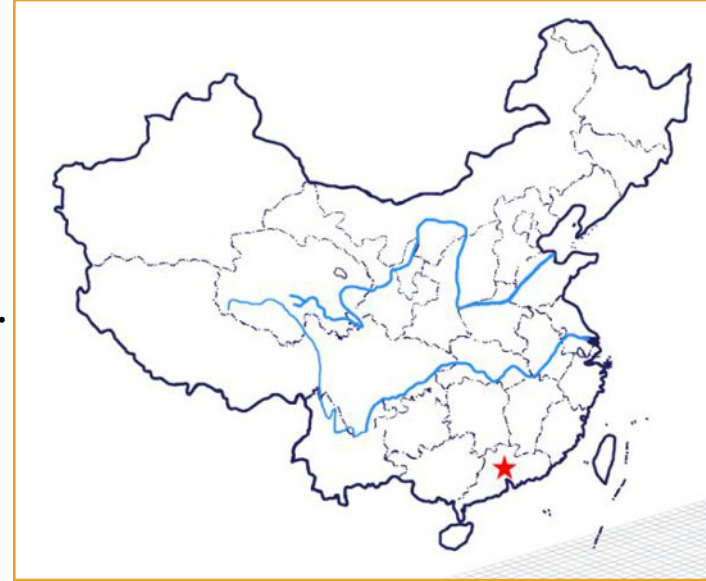
- 1 Úvod
- 2 Experiment spúšťania bleskov
- 3 Analýza a výsledky
- 4 Zhrnutie



Úvod

GCOELD - prehľad

- ◆ **GCOELD:** Guangdongský komplexný pozorovací experiment pri výboji blesku.
- ◆ **Trvanie:** Každé leto od roku 2006 až do súčasnosti.
- ◆ **Organizátori:**
 - Čínska Akadémia Meteorologických vied
 - Guangdongský Meteorologický Úrad
- ◆ **Obsah:**
 - Proces vybíjania pri spustenom blesku a pri prirodzenom blesku.
 - Účinky bleskových výbojov na iné objekty.
 - Testovanie zariadení na detekciu blesku.
 - Úder blesku do vysokých štruktúr.
 - Vyšetrovanie v technológii lokalizovania blesku.

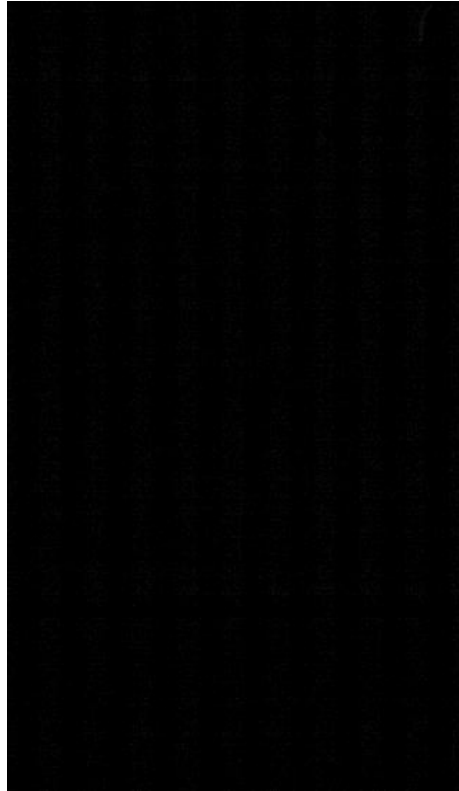




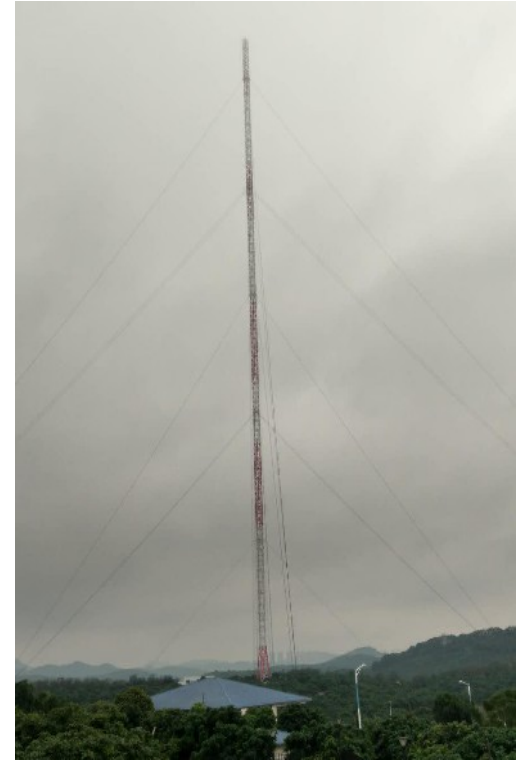
Úvod



Spustenie blesku v
Conghua, Guangzhou



Blesk na vysokej budove
Guangzhou TV Tower: 600 m
stúpajúci líder: 394 m



Blesk na stožiaru
v Shenzhen (360m) :
systém bleskového prúdu
na vrchole stožiaru

70km

120km

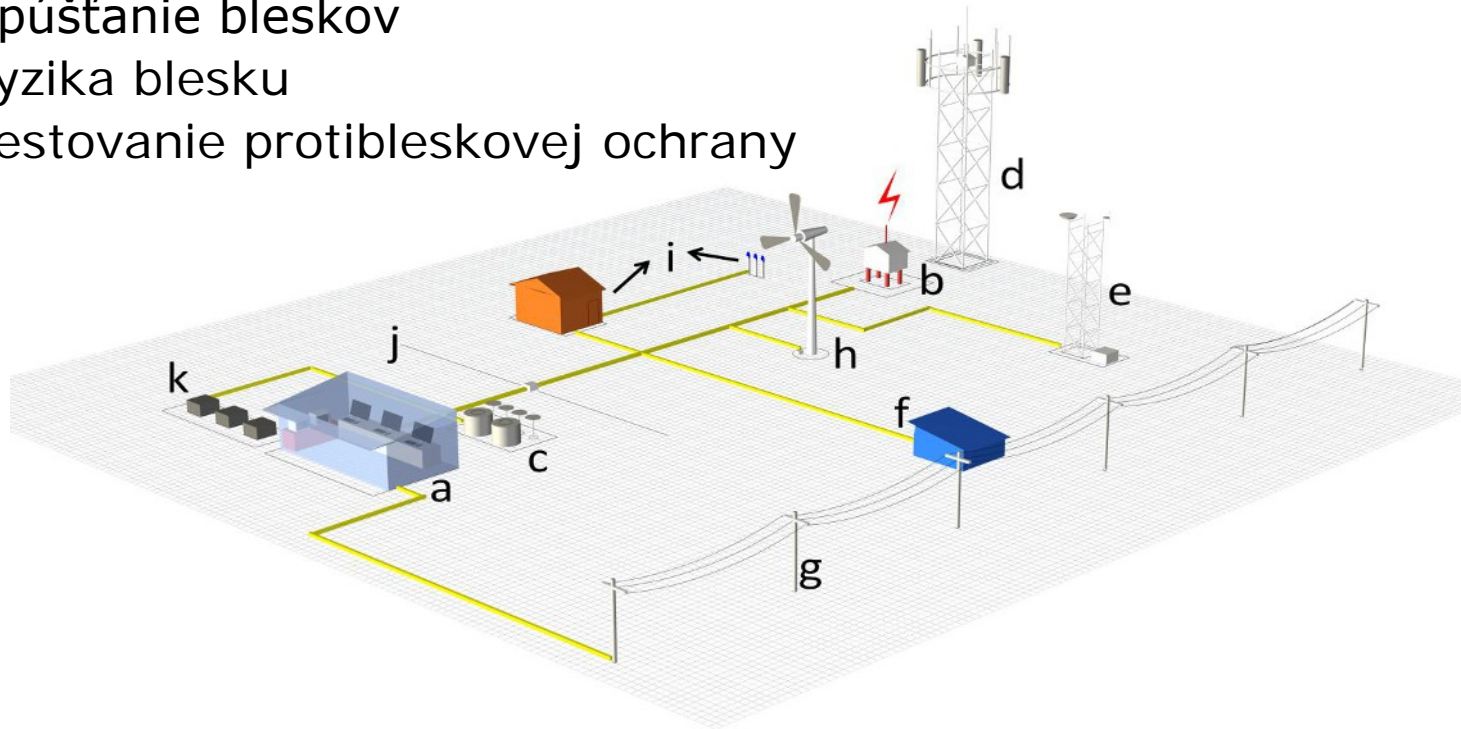




Experiment spúšťania bleskov

Miesto experimentu

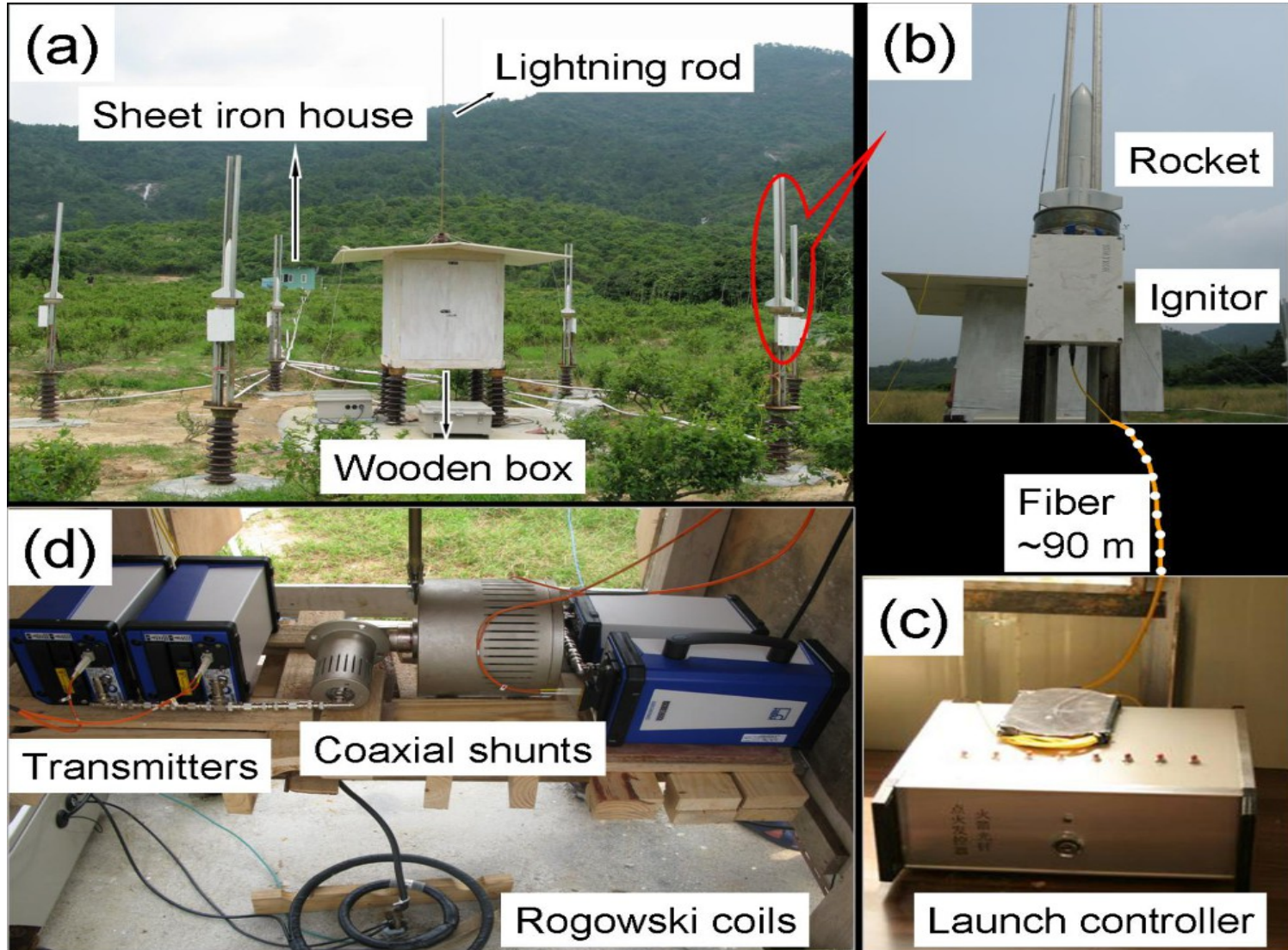
- Spúšťanie bleskov
- Fyzika blesku
- Testovanie protibleskovej ochrany



Usporiadanie skúšobného zariadenia v terénom pracovisku TLF. **a)**: Velín (vypúšťanie rakiet a získavanie údajov sa vykonáva odtiaľto). **b)**: Drevený dom (bleskozvod je umiestnený na ňom a zariadenie na meranie prúdu je ním zakryté). **c)**: Priestor na meranie elektrických parametrov. **d)**: Kovová veža (model komunikačnej veže). **e)**: Automatická meteorologická stanica. **f)**: Priestor pre testovanie zariadení na ochranu proti prepätiu. **g)**: Nadzemné vedenie 10 kV. **h)**: Veterná turbína. **i)**: Petrochemický prístroj (senzor a systém riadenia distribúcie energie). **j)**: Káble uložené v zemi. **k)**: Štíty vyrobené z tehly, betónu a ocele.



Experiment spúšťania bleskov





Experiment spúšťania bleskov



Klasické spúšťanie bleskov



Spúšťanie bleskov na stožiar

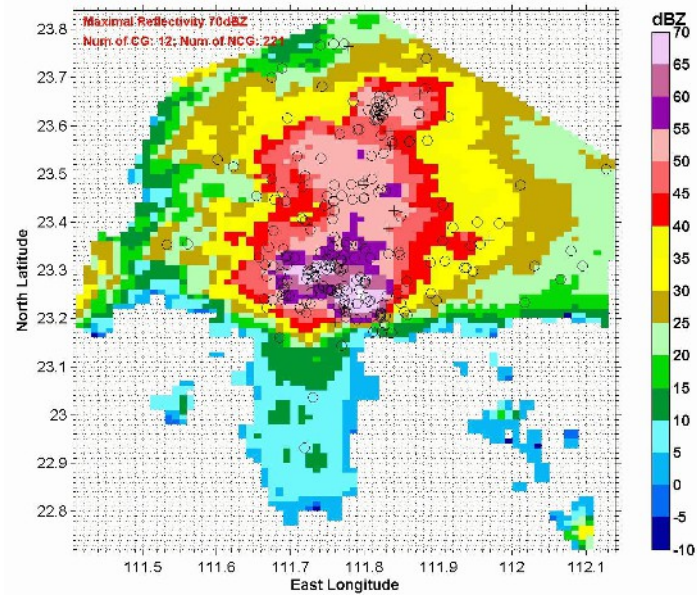


Experiment spúšťania bleskov



✓ Typ: CS110 (Campbell Scientific, INC.)

✓ Vzorkovacia frekvencia: 1 Sa s^{-1}



Radarová ozvena (30dBz)
electrické pole (\gg 8kV/m)



Experiment spúšťania bleskov



- * Rýchle antény s časovou konštantou 2ms a šírkou pásma 1 kHz- 2 MHz,
- * Pomalé antény s časovou konštantou 6s a šírkou pásma od 10Hz do 3MHz,
- * Sľučkové magnetické antény s šírkou pásma 100 Hz - 5 MHz.
- * Zozbierané: DL750
- * Vzorkovacia dĺžka: 2s
- * Vzorkovacia frekvencia: 10 MSa s⁻¹

Pozorovanie elektrického a magnetického poľa



Experiment spúšťania bleskov



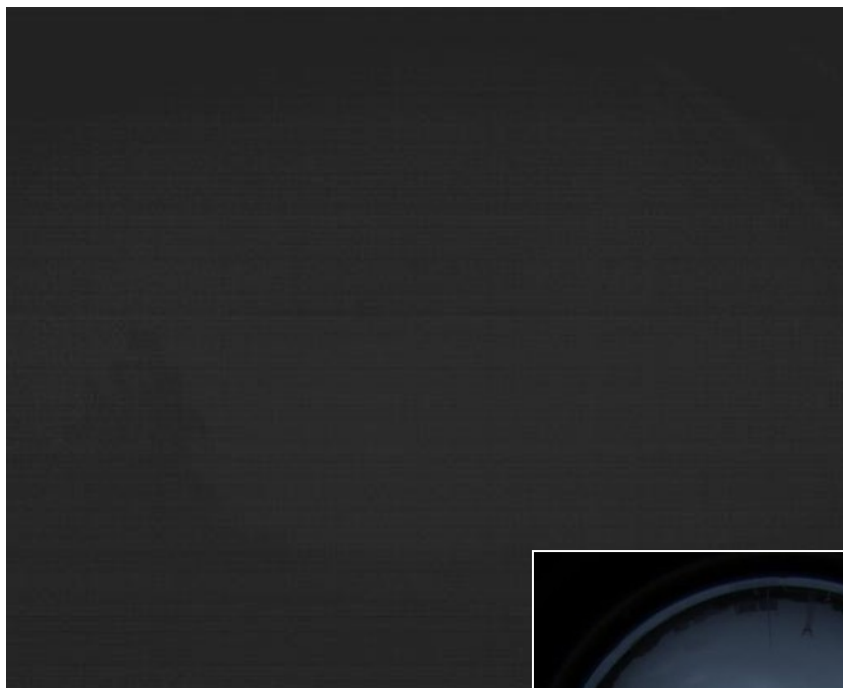
Typ: MotionPro Hs-4

Fotografický panel: 512 x 512 pixelov

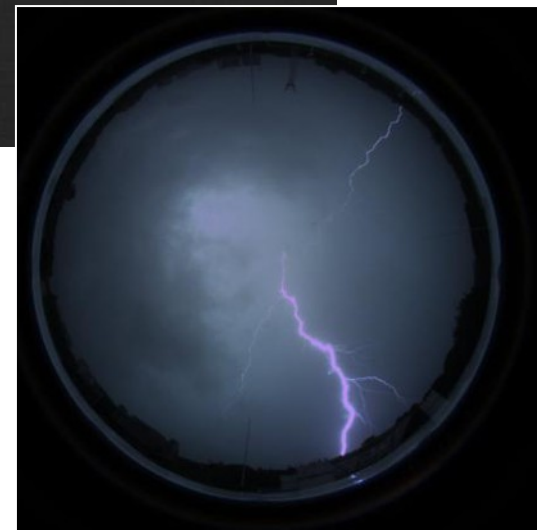
Veľkosť pixelu: 16 x16 μm

Rýchlosť snímania: 5000 snímok/sek.

Expozičný čas: 197 μs



Vysokorýchlostná kamera



Zobrazovač kanálov blesku na oblohe

Rýchlosť snímania: 50 snímok/sek. 10

Optické pozorovania



Experiment spúšťania bleskov



- Meranie prúdu: cievka Pearson, šírka pásma 150Hz~150MHz
- Odporovo-kapacitný delič napätia na meranie indukčného napätia, deliace napät'ové pomery 204.9:1 a 203:1



- GPR meranie: napät'ový delič, deliaci napät'ový pomer 1:2500



Experiment spúšťania bleskov

Rok	Počet spustených bleskov	Počet vypustených rakiet	Výškové/klasické spúšťania	Úspešnosť
2006	6	18	0/6	33%
2007	12	21	2/10	57%
2008	5	22	1/4	23%
2009	7	28	2/5	25%
2010	6	28	3/3	21%
2011	13	23	2/11	56%
2012	2	14	1/1	15%
2013	8	28	0/8	28%
2014	15	24	0/15	63%
2015	20	24	1/19	83%
2016	13	19	1/12	68%
2017	16	20	1/15	80%
2018	27	43	1/26	63%
total	<u>150</u>	312	15/135	<u>48%</u>

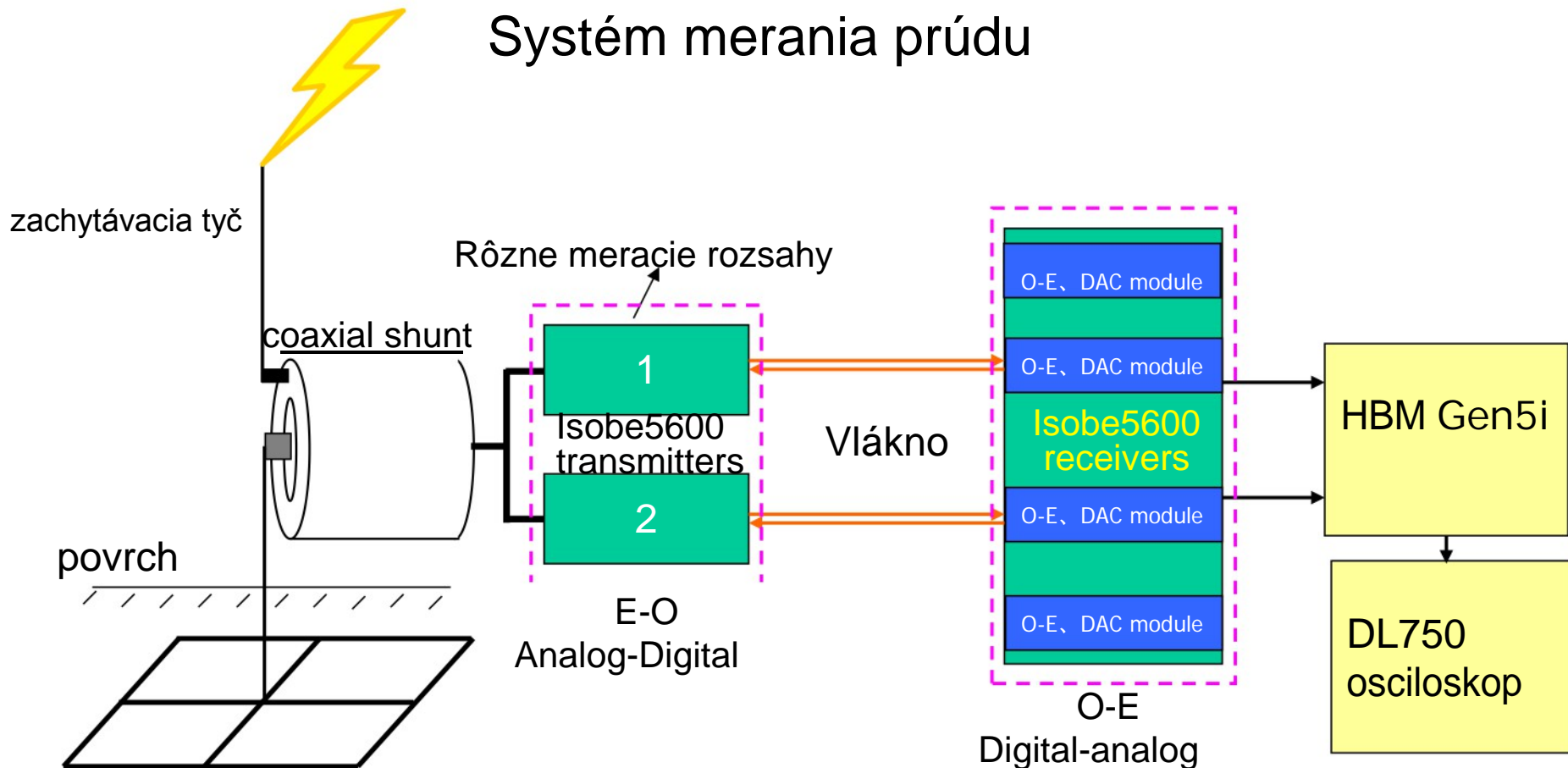
2006-2018

- 150 spustených bleskových výbojov
- 148 zápornej polarita (135 klasicky spúšťaných; 15 výškovo spúšťaných)
- 2 kladnej polarita bez spätných rázov



Experiment spúšťania bleskov

System merania prúdu



Uzemňovacia mreža

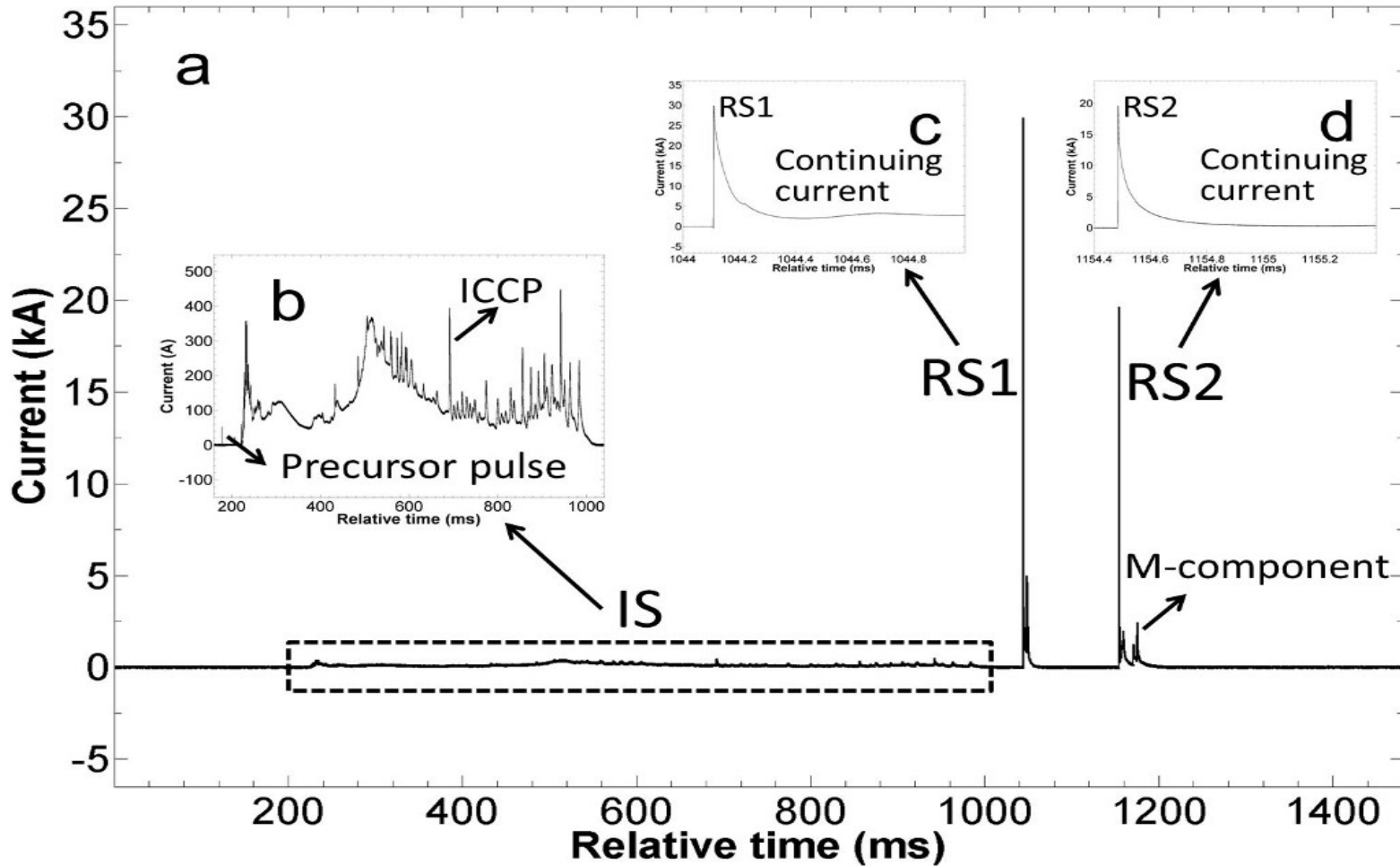
10 m v bočnej dĺžke
5 m v dĺžke strany každej mriežky
odpor uzemnenia 6.7 Ω

Výhody:

- *Excelentná odolnosť proti rušeniu
- *Vysoká presnosť (chybovosť: 0.3%)
- *Pokrytie rôznych veľkostí prúdu



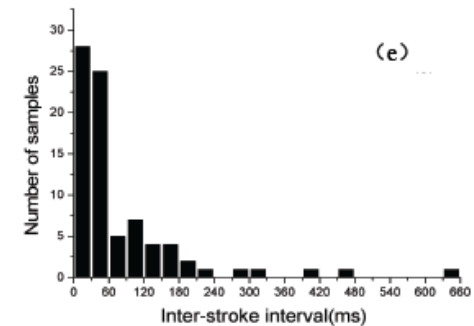
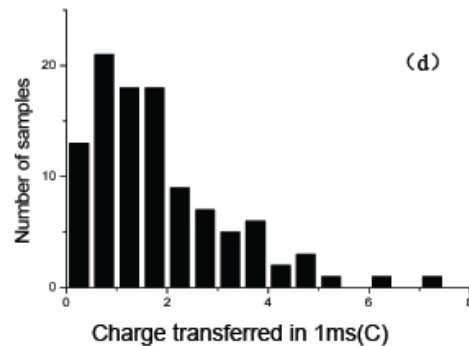
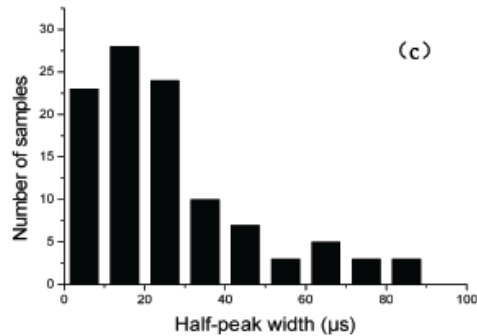
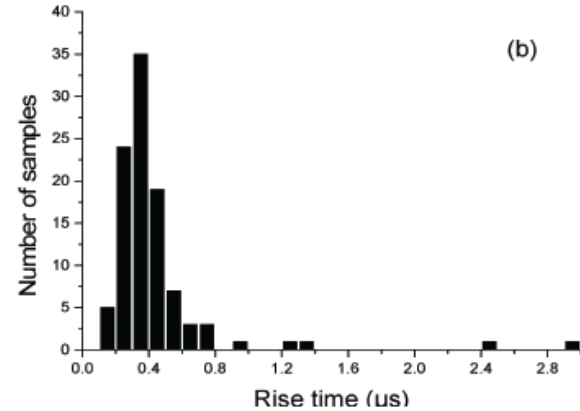
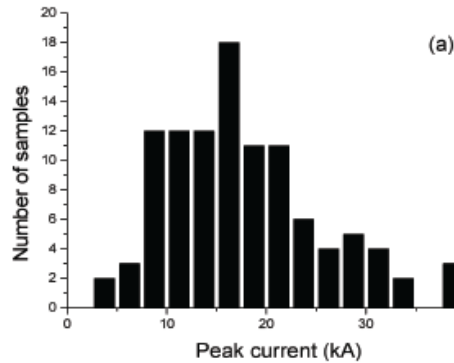
Výsledky prúdov spúšťaných bleskov



Príklad súčasného tvaru vlny klasického TLF (T150612161626). (a): Celý súčasný priebeh. (b): Aktuálny IS prúd. (c) and (d): Čiastočne zväčšené detaily prvého a druhého priebehu prúdu RS, respektíve nasledujúce pokračujúce prúdy. Priebehy prúdu zobrazené v (a, c, a d) boli zaznamenané pomocou kanála s meracím rozsahom ± 50 kA, zatiaľ čo zobrazené v (b) boli zaznamenané pomocou kanála s rozsahom a ± 2 kA. ICCP: Počiatočný trvalý impulz prúdu.



Výsledky prúdov spúšťaných bleskov



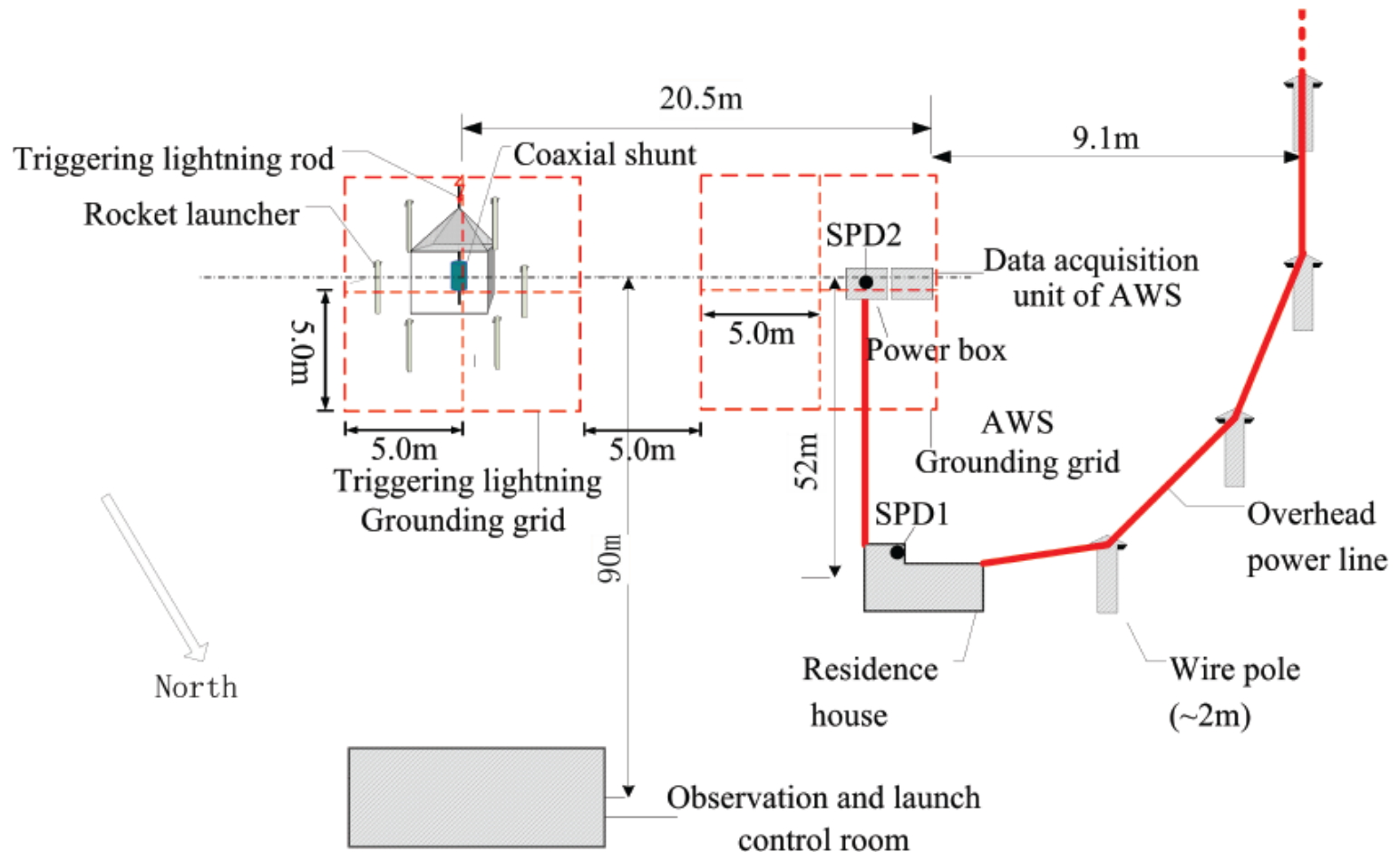
Rozdelenie hlavných parametrov spätných rázov (n=106)

Špičkový prúd **väčšiny spätných rázov** je medzi 7,5 a 22,5 kA, čas nábegu je medzi 0,2 and 0,6 μ s. Šírka polovice špičky je medzi 10 a 30 μ s, množstvo náboja preneseného za 1ms je medzi 0,5 a 2 C.



Výsledky testovania SPD

Usporiadanie pozorovania

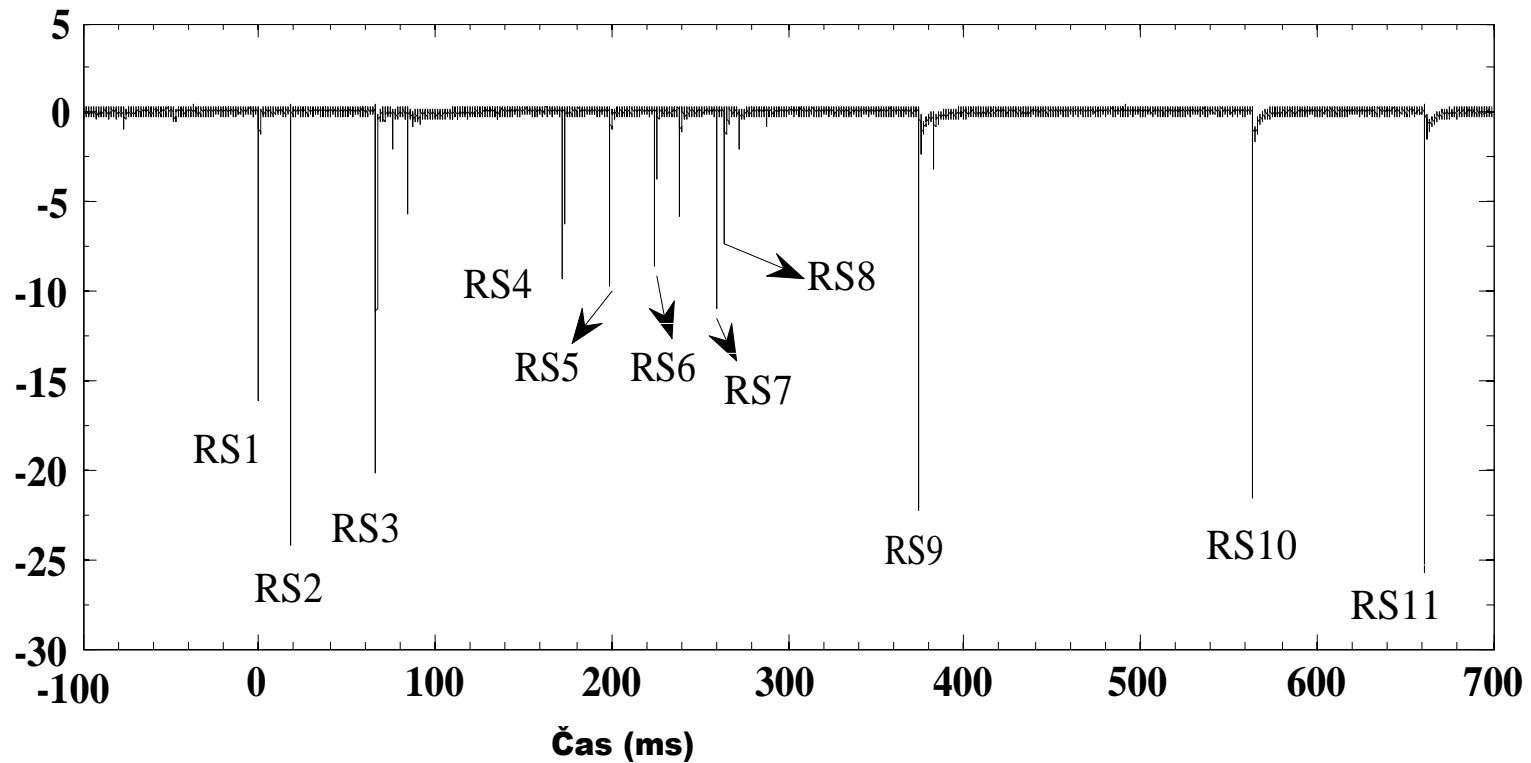




Výsledky testovania SPD

Prípád 1 (2014-06-20 15:05:06), 40m ďaleko od SPD1

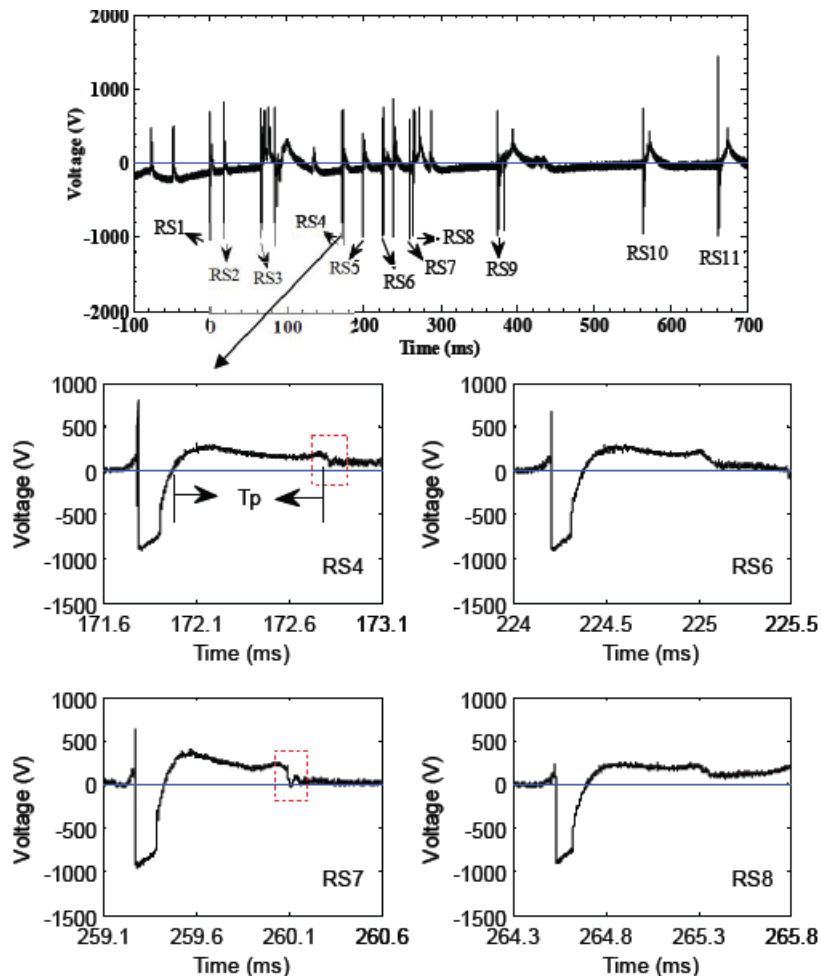
Prúd (kA)



Prúdový priebeh kanálovej bázy T201404
(okrem spätných rázov; ostatné boli
M-komponenty)



Výsledky testovania SPD



Napätová krivka medzi dvomi svorkami SPD1 počas T201404.

* celý priebeh napätia ukazuje najprv **bipolárny impulz**, kvôli kolísaniu elektrického poľa spôsobeného predchádzajúcimi lúdrami a spätnými rázmi

* Keď sa záporné zvyškové napätie vráti na nulu, **objaví sa kladné napätie**.

* T_p štyroch spätných rázov sa pohybuje od 623,4 μs do 829,4 μs , **pričom priemer je 683,8 μs** .

* Kľúčovú úlohu môže zohrávať nárast potenciálu zeme (GPR).

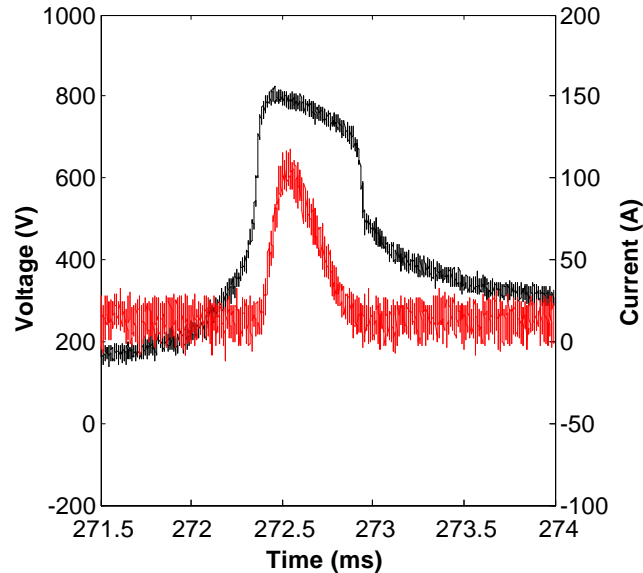
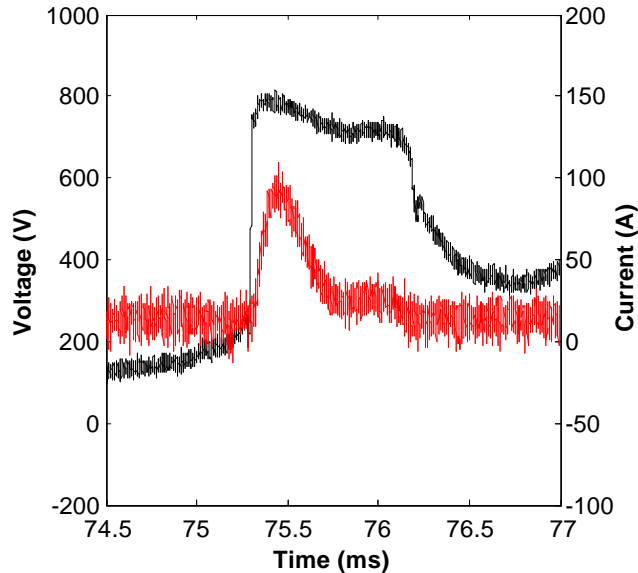
Rozšírené napätové krivky medzi dvomi svorkami SPD v obytnom dome pre RS4, RS6, RS7 a RS8 počas T201404

T_p : časový interval medzi prvým dosiahnutím zvyškového napätia na nule a prvým momentom, keď napätie utrpí funkciu spätného rázu.



Výsledky testovania SPD

M-komponenty s malým prúdom



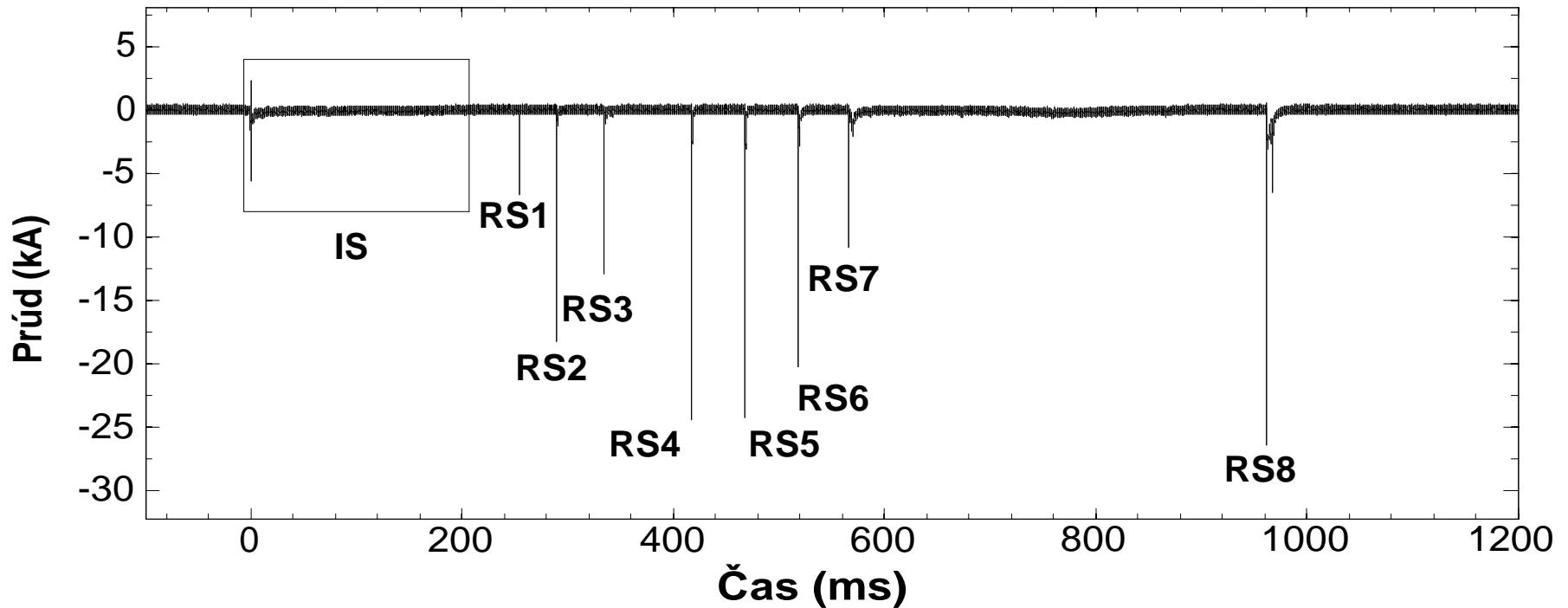
Tvar zvyškového napätia (čierne čiary) SPD1 a zodpovedajúci tvar krivky prúdu (červené čiary) tečúci cez SPD1 počas dvoch menších M-komponentov (3,5kA) v T201404.

- na rozdiel od spätných rázov majú zvyškové napätia SPD1 v dôsledku menších M-komponentov kladnú polaritu.
- **amplitúda GPR môže byť väčšia ako amplitúda indukovaného napätia na vonkajšom vedení.**
- v T201404 pôsobil SPD1 pre 11 spätných rázov a 13 M-komponentov a bleskový prúd cez SPD sa pohyboval od 0,2 do 0,9 kA (AM = 0,5 kA)
- SPD nebol poškodený. Priemerná doba trvania zvyškového napätia bola 157,3 μ s.



Výsledky testovania SPD

Prípád 2, (2008-08-12 17:09:21), 5m ďaleko od SPD2

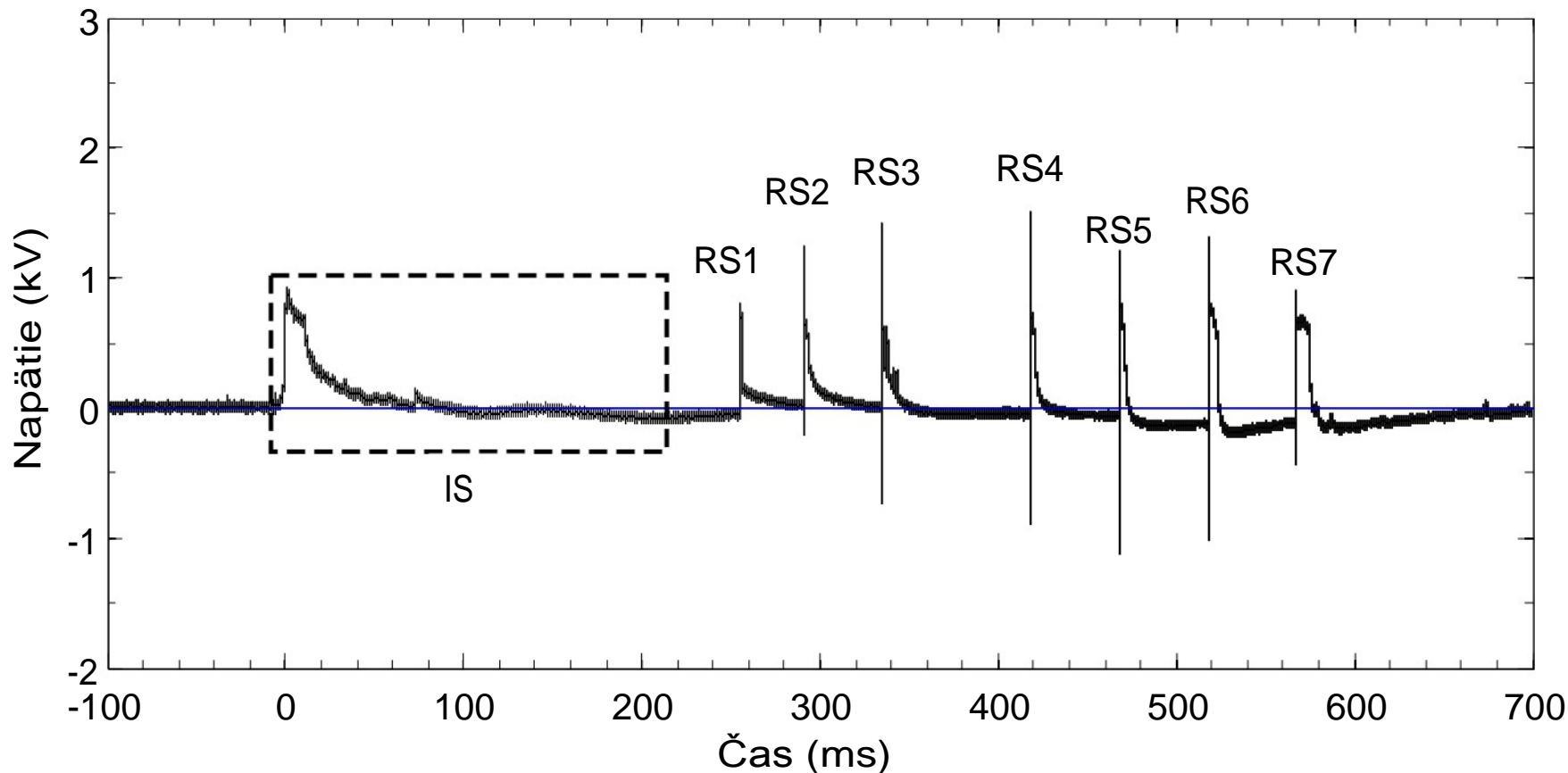


Kanálový prúdový priebeh T200804

Tento blesk obsahoval počiatočnú fázu (IS) a osem spätných rázov



Výsledky testovania SPD

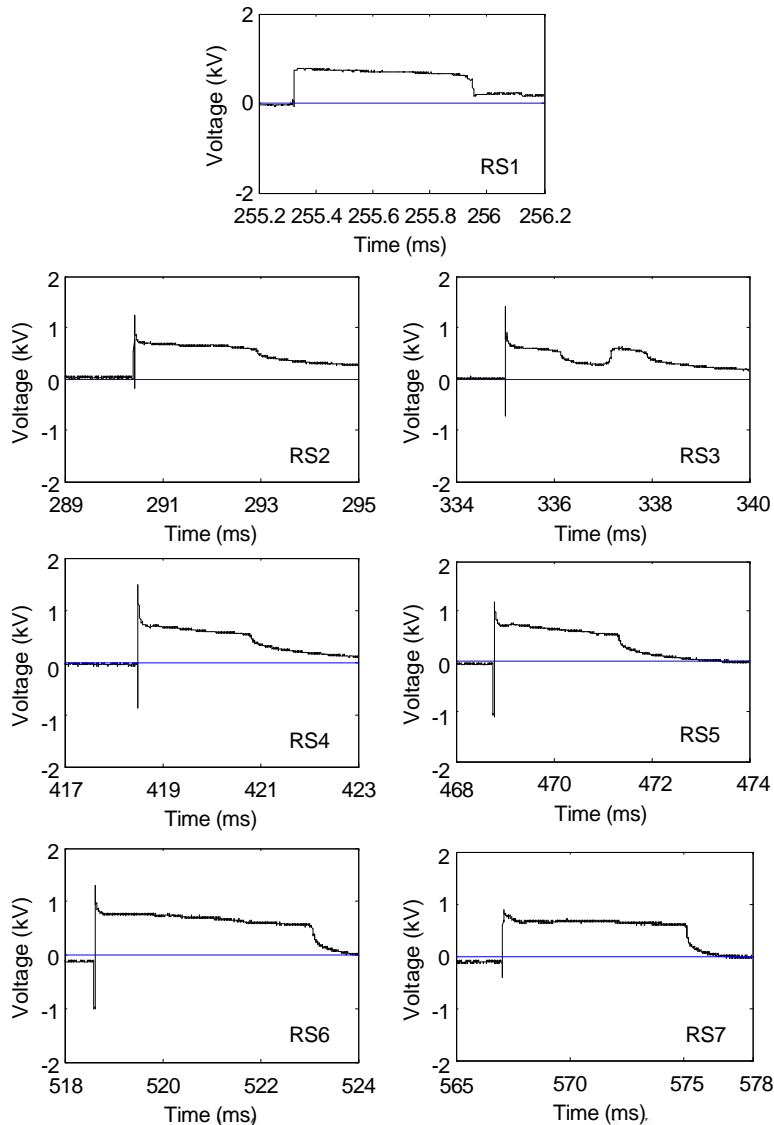


Napätová krivka na SPD pre T200804

Kvôli obmedzeniu záznamovej dĺžky boli zaznamenané iba krivky napätia indukované IS a prvých sedem úderov.



Výsledky testovania SPD



* SPD2 bol nainštalovaný 5 m od uzemňovacieho systému raketometu.

* polarita zvyškového napätia je kladná

* pred zvyškovým napätím sú záporné špičky.

* napätie má tendenciu klesať na nulu, keď končí kladné zvyškové napätie SPD.

* Zvyškové napätie SPD2 počas T200804 bolo produkované pomocou GPR.



Výsledky testovania SPD



- V T200804 bol poškodený SPD2 ($I_{max} = 20 \text{ kA}$).
- SPD2 pôsobil pri 7 spätných rázoch a bleskovom prúde cez SPD2 v rozsahu od 0,22 do 1,64 kA ($A_M = 0,77 \text{ kA}$).
- Priemerné trvanie zvyškového napätia bolo 2,1 ms.

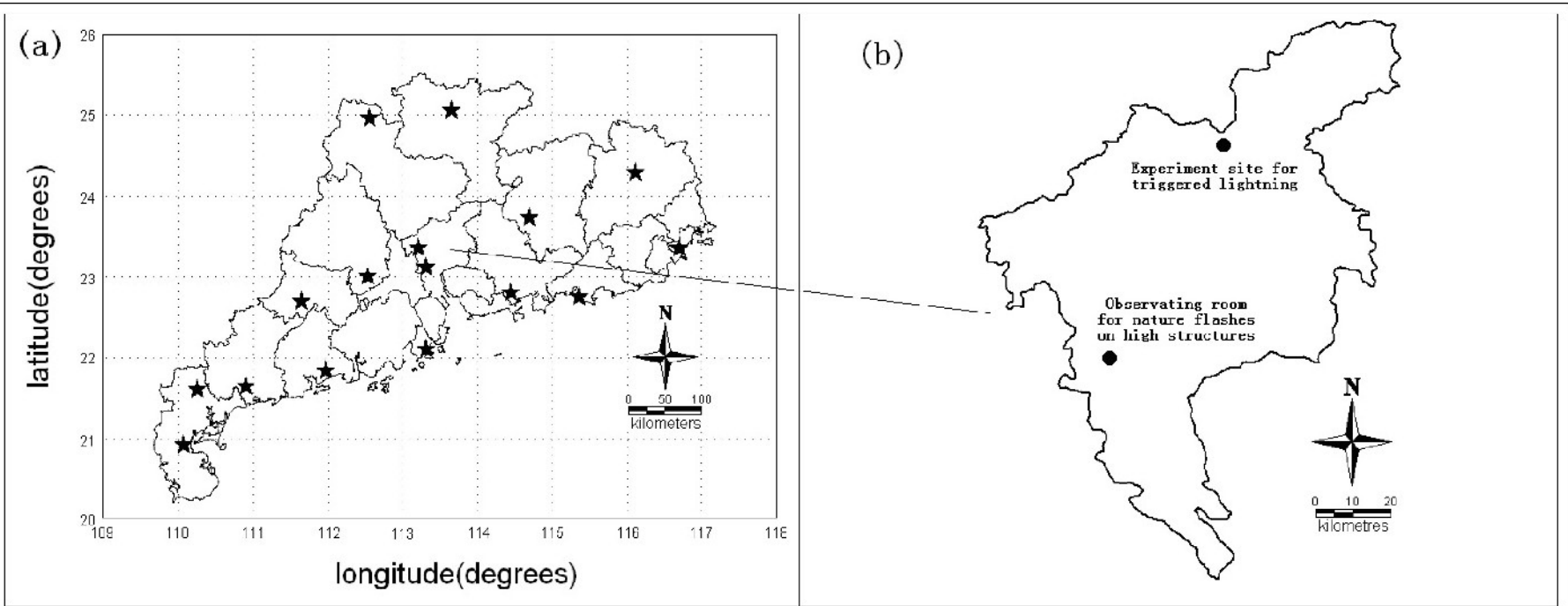


Výsledky testovania SPD

- 1) Keď bola vzdialenosť medzi bleskovým výbojom a SPD asi 40 m, zvyškové napätie SPD je určené napätím indukovaným na vonkajšom vedení **pre procesy s veľkým prúdom**.
- 2) Keď bola vzdialenosť medzi bleskovým výbojom a SPD asi 5 m, zvyškové napätie SPD bolo **vyprodukované pomocou GPR**.
- 3) Zvyškové napätie SPD môže byť **ovplyvnené GPR, keď sa v blízkosti SPD vyskytne bleskový výboj**.
- 4) **Dlhšie trvanie zvyškového napätia môže poškodiť SPD**, ak blesk zahŕňa viac spätných rázov.



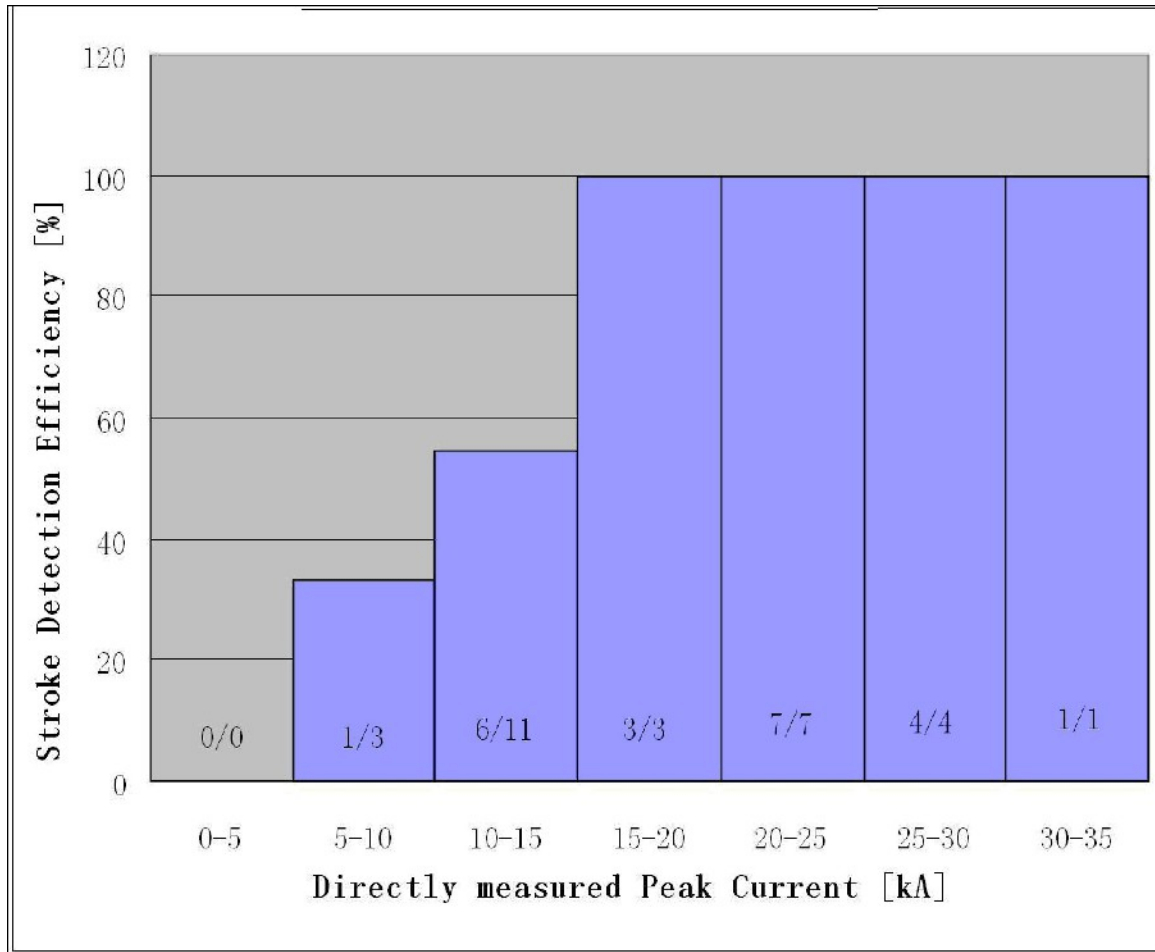
Výkon bleskových lokalizačných systémov



- 16 senzorov LLS v provincii Guangdong
- Prevádzka po dobu 15 rokov
- Je potrebné vyhodnotiť účinnosť detekcie a lokalizačnú presnosť LLS
- Bolo vytvorené experimentálne miesto spusteného blesku a miesto pozorovania prírodného blesku na vysokej štruktúre



Výkon bleskových lokalizačných systémov



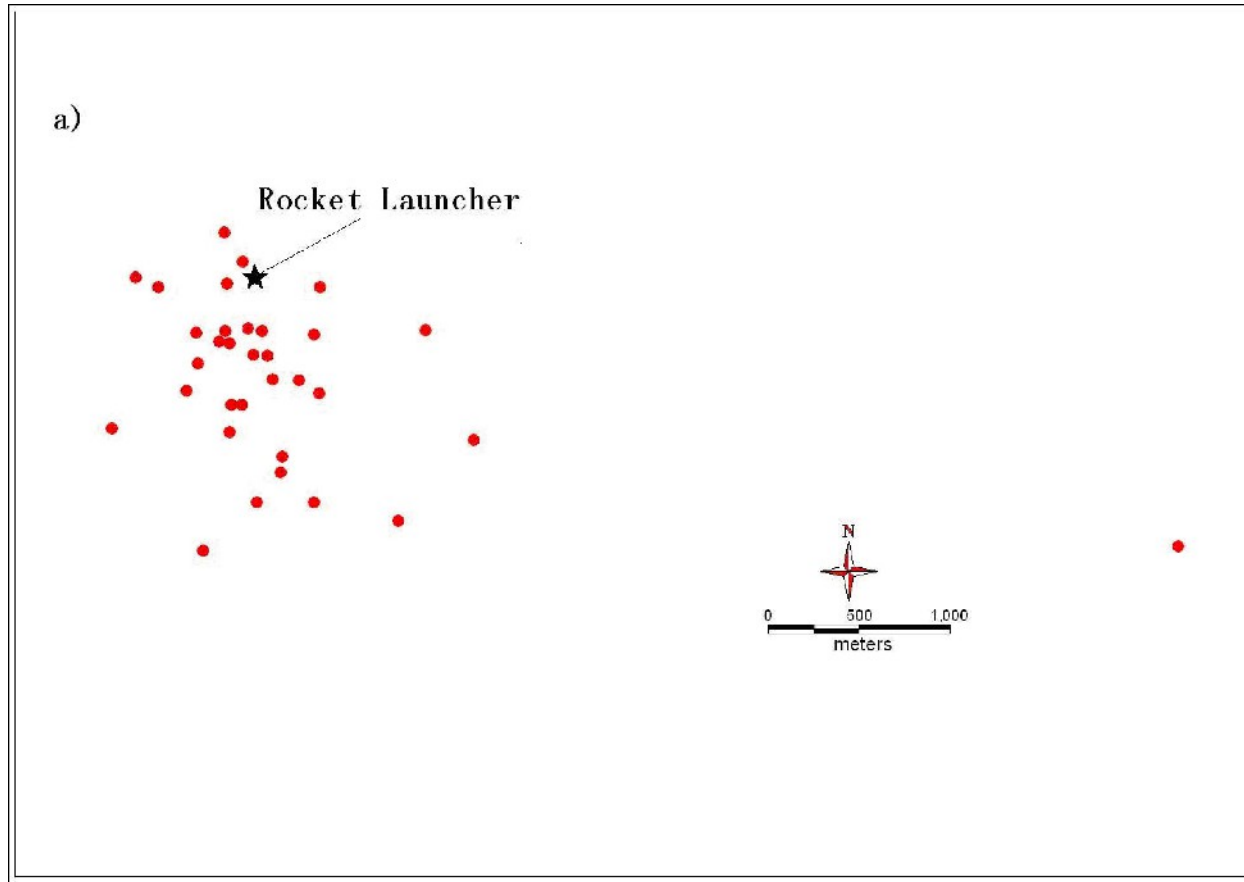
Aritmetické priemerné hodnoty účinnosti detekcie blesku a účinnosti detekcie úderov boli okolo 94%, respektíve 60%.

Účinnosť detekcie úderov ako funkcia špičkového prúdu meraného priamo pri experimente so spúšťaním blesku



Výkon bleskových lokalizačných systémov

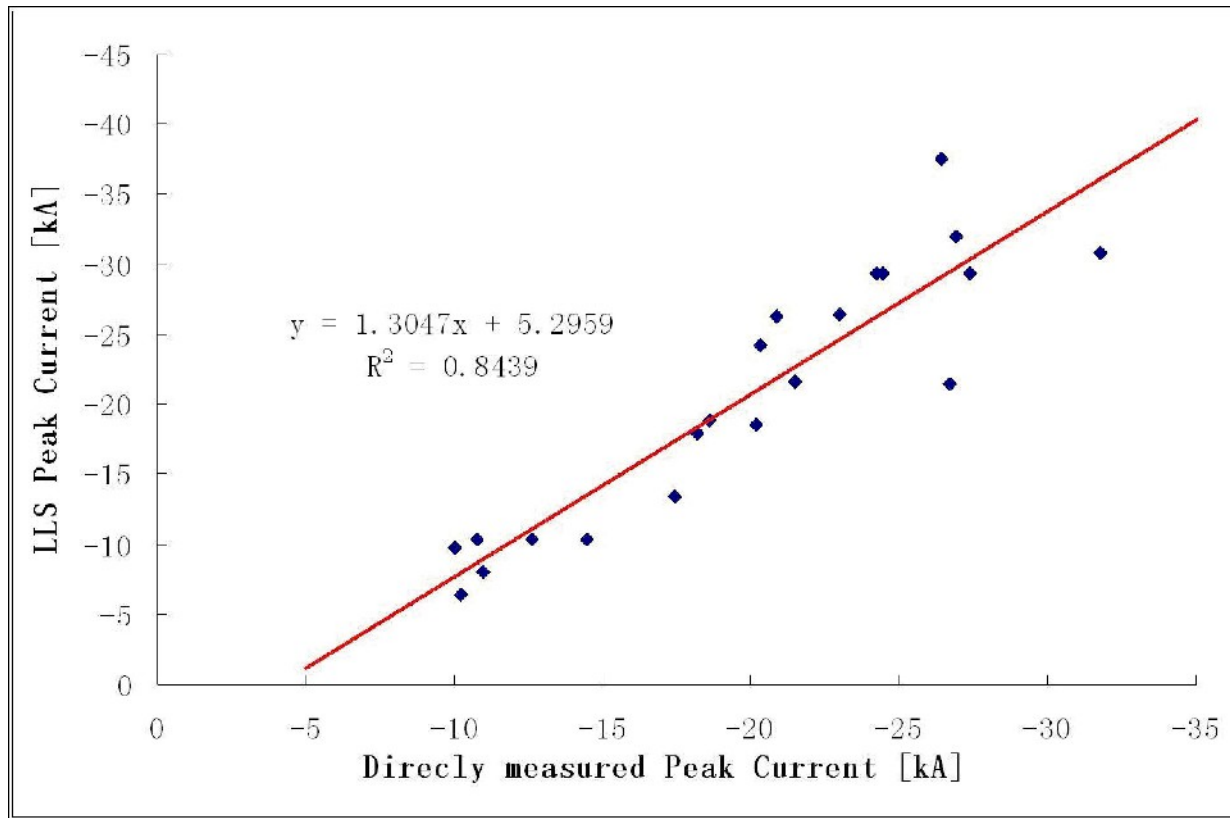
Presnosť lokalizácie pre klasické spúšťané blesky



Zistilo sa 33 úderov pri klasicky spúšťanom blesku s viac ako 2 hlásiacimi senzormi. Presnosť lokalizácie sa pohybovala od 111 do 5 250 m, so strednou hodnotou 710 m.



Výkon bleskových lokalizačných systémov



Od roku 2008 do roku 2011 sa pri 22 procesoch spätného rázu umelo vyvolaného blesku získalo priame meranie špičkových prúdov a zodpovedajúce záznamy LLS. Absolútne percentuálne chyby pri odhade špičkového prúdu sa pohybovali od 0,4% do 42%, so strednou hodnotou približne 16,3%.



Zhrnutie

- Technológia umelo vyvolaného blesku s raketovým drôtom sa zlepšila a úspešne spustila 150 bleskov s priemernou úspešnosťou 48%.
- Cez priame meranie priebehu bleskového prúdu sa dosiahol priemerný špičkový prúd RS 16 kA.
- Bol potvrdený mechanizmus spôsobujúci poškodenie zariadení na ochranu pred bleskom (t.j. nárast potenciálu zeme v rámci menovitého prúdu).
- Boli vykonané kvalitatívne hodnotenia výkonnosti systémov monitorovania blesku v provincii Guangdong



Thank You for your attention

Ďakujem za pozornosť