

SPÍCÍ MONITOROVACÍ MĚŘICÍ SYSTÉMY

STANDBY MONITORING SYSTEMS

Milan Brož¹, Jaroslav Štrunc²

Abstrakt

V oblasti polních geofyzikálních měření jsou často požadovány instalace automatických měřicích aparatur, které by pracovaly s minimálními nároky na napájecí zdroje, a naměřené hodnoty se automaticky odesílaly do interpretačního centra. V tomto příspěvku se budeme zabývat možnostmi realizace těchto systémů se současným technickým vybavením a ukázkou takové sestavy pro dálkové měření konvergence geologických vrstev v monitorovacím vrtu pro posouzení stability útvarů. Dále ukážeme zkušenosti s polním seismickým monitoringem při profilových měřeních s polními seismickými aparaturami BRS-32 (Brož a kol. 2014).

Abstract

Geophysical measurements are being very often conducted as very precise in resolution, quite rare in time-series scale and additionally in areas with strictly limited sources of power supply. These requests need specific equipment with high level of modularity and low power consumption. This paper deals with possibilities of using such particular device, for measuring of geological layers convergence in a monitoring borehole for structures-stability assessment. Furthermore profile measuring using heavy-duty instrument, BRS-32, is being discussed.

Klíčová slova

Konvergence, GSM relé, indukovaná seismická, odpaly v lomech, podzemí, akustická emise

Keywords

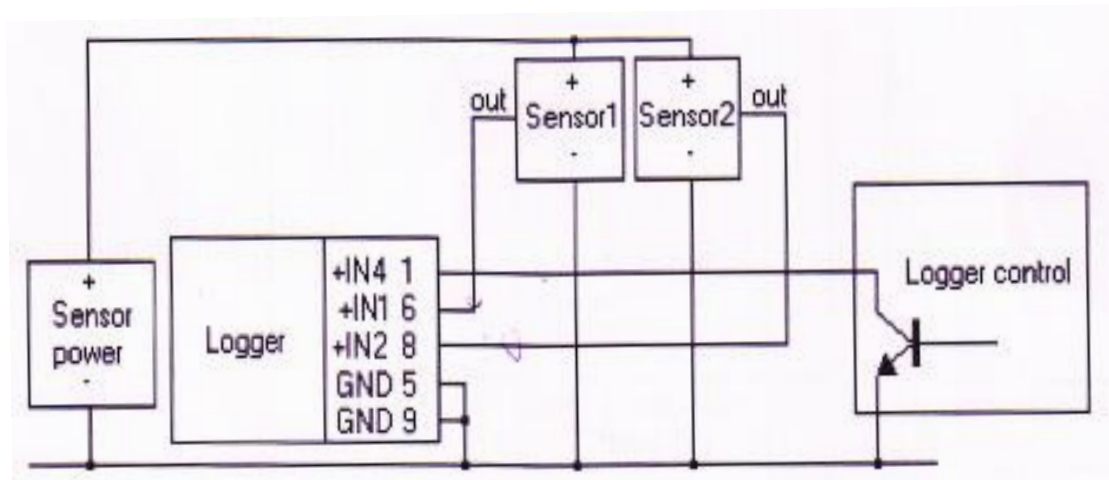
Convergence, GSM Relay, Data-logger, Induced Seismicity, Basting, Underground, Acoustic Emission

1 Úvod

V současné době stále narůstají požadavky na dlouhodobý automatický monitoring s dálkovým přenosem dat v souvislosti detailním studiem horninového prostředí a parametrů přírodního prostředí ovlivňovaného inženýrskými stavbami i průmyslovými exhalacemi. Následně s tím i s nárůstem přírodních katastrof způsobených pravděpodobně změnami klimatických podmínek. Tyto jevy se odehrávají převážně v lokalitách, kde není dostupné síťové el. Napájení. Jsou to např. sesuvy svahů, indikace nárůstu průtoku vody, indikace radonu a emise seismoakustických a mikroseismických jevů v oblasti inženýrských staveb i dalších geofyzikálních parametrů měřeními speciálními přístroji jako jsou např. konvergenční a náklonoměrné snímače nebo indikátory teploty, výskytu zemních plynů a nebezpečných chemikálií na skládkách. I když se v tento více méně technický problém zdá v dnešní době technických vymožeností dost triviální, zkušenosti ukazují, že jeho realizace zejména pro dlouhodobé měření není zdaleka tak jednoduchá. V úvahu se jednak musí brát požadavky na napájení jak několika snímačů měřených veličin, tak na napájení převodníků do číselného formátu tak zejména napájení GSM vysílačů těchto dat. Pokud shrneme tyto požadavky pro dlouhodobý bezobslužný provoz řádově několika měsíců až roků, dostáváme se na požadavky na napájecí zdroje řádově v jednotkách kWh, což je pro napájecí akumulátorové zdroje bez možnosti jejich dobíjení již nerealizovatelný požadavek. Např. velký automobilový akumulátor 12V /100Ah realisticky představuje zajištění energie pro měření max. 1 kWh a to ještě v závislosti na teplotě prostředí prováděného monitoringu. V současné době je podle místních podmínek zabezpečení systému proti poškození nebo odcizení, možné doplnit napájecí obvody o fotovoltaické panely, které jsou přímo vybaveny obvody pro dobíjení akumulátorů – jedná se o tak zvanou lodní sluneční elektrárnu.

2 Realizace standartního inklinometrického měření v monitorovacím vrtu

Na základě zadání dlouhodobého monitoringu stability geologických vrstev v poddolovaném území bývalých uranových dolů byla realizována sestava konvergenčního měření zajišťující dlouhodobý bezobslužný provoz. Do realizovaného 30 m hlubokého vrtu nad poddolovaným územím byly do jednotlivých geologických vrstev ukotveny tři odporové snímače, inklinometry, jejichž výstupy byl připojen na dvoukanálové standardní programovatelné datalogery S5021 dodávané firmou Comet Systém, Rožnov pod Radhoštěm. Použité inklinometrické snímače jsou typu Megatron Wegaufnehmer EDCT20-S-2410 s rozsahem 0-30mm, linearitou



Obr. 1 Zapojení autonomního dvoukanálového dataloggeru Comet systém s možností galvanického ovládní měření

+/-0,05%, odporem 5 k Ω a rozlišením 0,01mm.

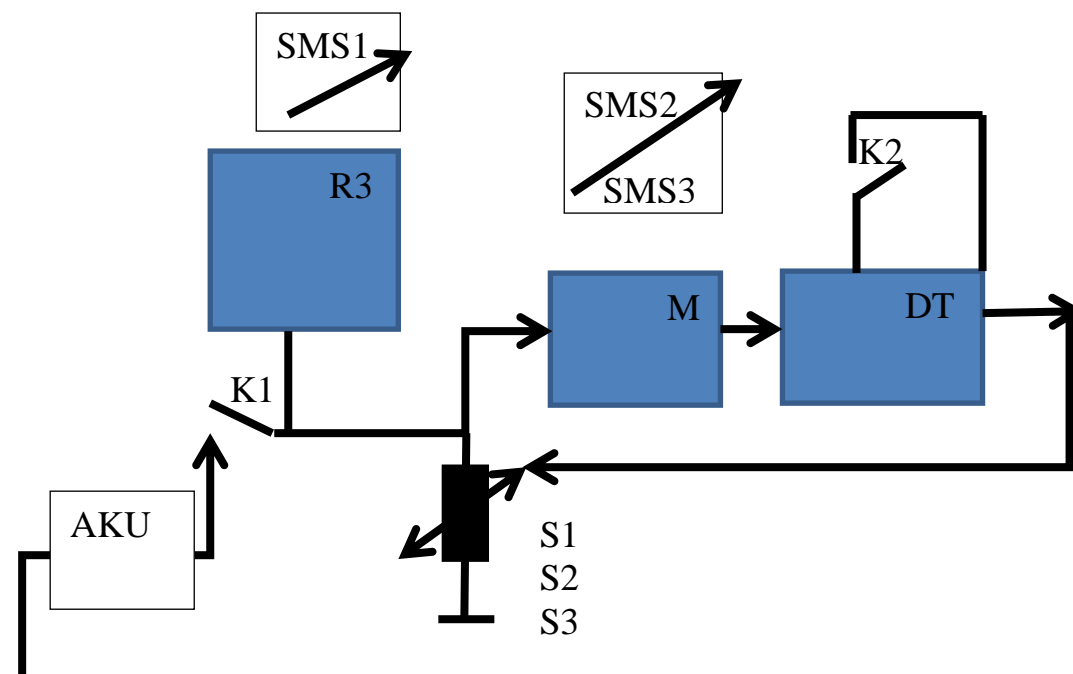
Tyto měřicí systémy jsou určeny pro autonomní programovatelný provoz za předpokladu, že je zajištěno na dostatečně dlouhou dobu provoz z vnitřního akumulátoru a je zajištěno vnější napájení měřicího zařízení z vlastního zdroje. Tento předpoklad již značně omezuje délku monitoringu, zejména pokud jde o větší počet obsluhovaných snímačů. Zapojení loggeru Comet je uvedeno na obr. 1.

Další problém s napájením přistupuje v okamžiku, kdy je požadován dálkový přenos měřených dat. V tomto případě je sice možné k datalogerům připojit GPRS modemy např. Comet LP040, ale tyto požadují trvalé připojení k napájecímu napětí 9-32 V= se špičkovým příkonem až 10 W, takže jejich dlouhodobý provoz z akumulátorového zdroje je prakticky ne realizovatelný.

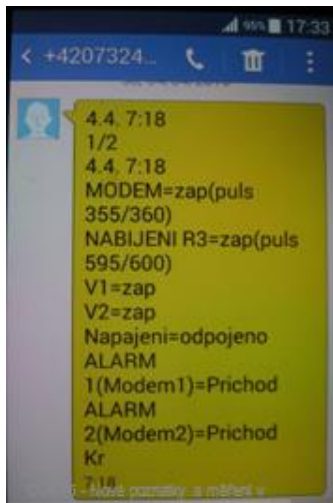
Standartní režim takového dálkového monitoringu pokud má zajištěné trvalé napájení pak pracuje systémem vyžádání naměřených dat na základě odeslání SMS dotazu na daný GSM modem, který odešle data na GSM zařízení (mobil) které dotaz realizovalo.

3 Realizace spícího systému dálkového tříkanálového inklinometrického měření v monitorovacím vrtu

Požadavek realizace dlouhodobého dálkového měření s automatickým přenosem měřených dat pomocí SMS zpráv je sestaven z výše uvedených měřicích zařízení firmy Comet System a přídatného modulu GSM Solar Relé R3 od firmy SEA Praha. Pro zajištění této realizace bylo předně nutné zajistit formou úpravy FW/SW na základě vlastního zadání změnu logiky dotazu a odeslání SMS zpráv zasílaných na GSM modem. Požadavek, který byl realizován, musí splňovat podmínku, že modem bude odesílat SMS s naměřenými daty na zvolené telefonní číslo a ne na číslo ze kterého byla dotazovací SMS odeslána. Tento pro systémy SEA atypický požadavek musel být řešen speciálním zákaznickým FW/SW zpracovaným podle našeho zadání.



Obr. 2 Funkční blokové schéma realizace inklinometrického systému s měřicími moduly a modemy řízené reléově

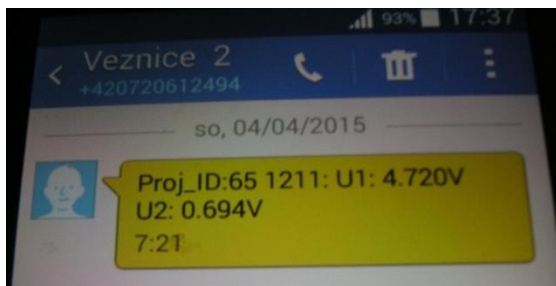


Obr. 4 SMS „kondice R3“ - obsahuje informaci o stavu řídicího relé, které kontakty V1 a V2 ovládá činnost monitoringu a informacemi ALARM popisuje ovládání měřících modemů vysílajících SMS datové zprávy

byl zajištěn tak, že proces dobíjení je zajištěn současně s procesem intervalového měření samostatným kontaktem pomocného relé z hlavního napájecího akumulátoru 12V/12Ah.

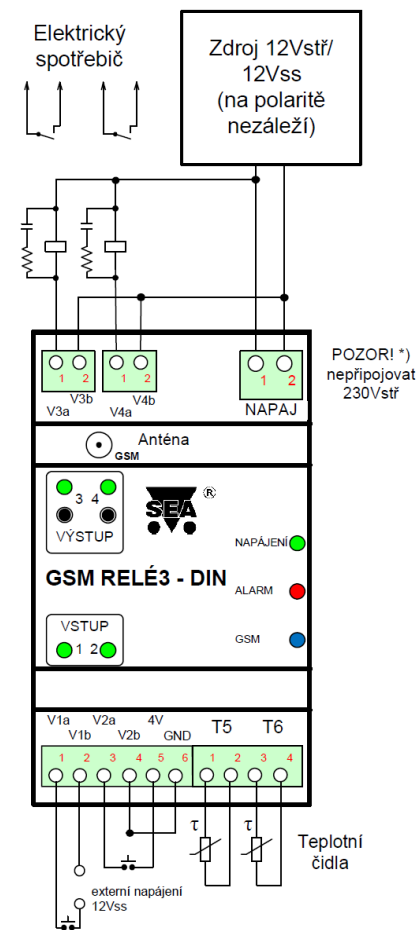
Třetím požadavkem je pak zajištění podmínek nízkopříkonového napájení snímačů a GSM vysílacích datových modemů. Tato podmínka je realizována pomocí pomocných programovatelných pomocných kontaktů, které spínají napájení dvou pomocných relé ovládajících jak napájení snímačů, napájení GSM modemů a dobíjení vlastního lithiového akumulátoru solárního relé R3.

Na obr. 2 je schematicky znázorněno zapojení systému ovládaného časovacím relé R3. Ve zvoleném interpretačním intervalu ohlášeném SMS (obr. 4) zprávou S1, kontakt relé K1 sepne přes pomocné relé jednak napájení snímačů S1 až S3 připojených k dataloggeru DT1-DT2 Comet, dále napájení GSM modemů M1 a M2, které jsou rovněž připojeny k těmto DT a současně i dobíjení interního lithiového aku relé R3. V následném intervalu, který je časově zpožděn od sepnutí kontaktu K1 o 180 s sepne kontakt K2 od relé R3 provedení odečtu dat DT 1-2 Comet. Odeslání SMS zpráv S2 (obr. 5) a S3 (obr. 6) s těmito hodnotami je zajištěno SMS povely z relé R3 s časovým odstupem 0,5s.

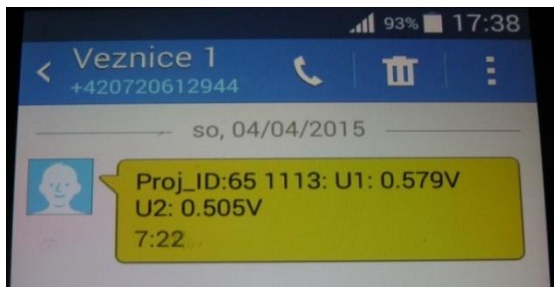


**Obr. 5 Datová SMS M1 – uvádí: Projekt měření ID:65 – čísla snímačů 1211 (1112)
U1: kontrolní odečet napájecího napětí inklonometrických snímačů 1211
U2: naměřená hodnota napětí odpovídající posunu jezdce inklonometru 1212**

Druhou podmínkou realizace je zajistit lokální nízkopříkonový programovatelný časovač s GSM modemovým výstupem pro automatické odesílání dotazovacích SMS na modemy měřících datalogerů. Současně je požadováno, aby samotný programovací systém odesílal kontrolní SMS o své kondici. Toto zadání bylo řešeno použitím interního časovacího obvodu Relé R3, který je možné naprogramovat na daný interpretační interval za podmínky, že bude zajištěno jeho napájení pomocí interního dobíjecího lithiového akumulátoru. Tento požadavek



Obr. 3 Základní zapojení programového relé GSM R3SOLB - Solar - výrobce SEA Praha



Obr. 7 Datová SMS M2:

Projekt měření ID:65 – snímače 1213 (1114)

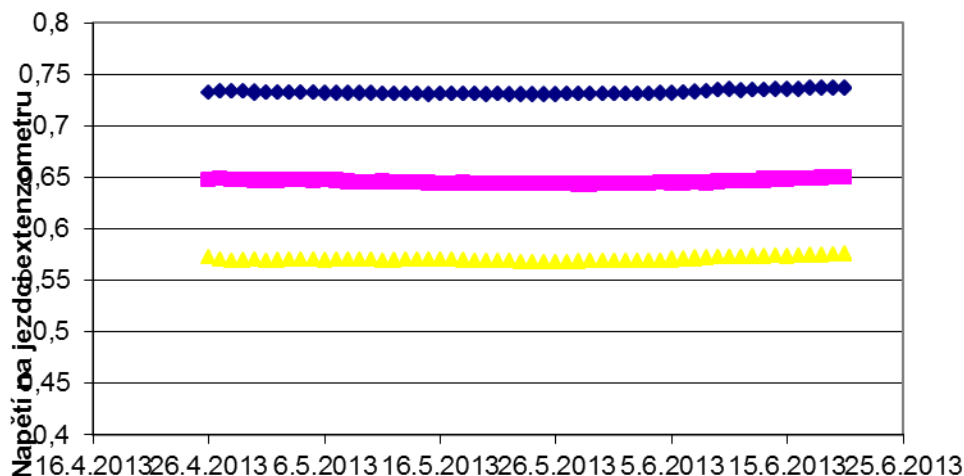
U1: naměřená hodnota napětí odpovídající posunu jezdce inklonometru 1213

U2: naměřená hodnota napětí odpovídající posunu jezdce inklonometru 1214

Časovací režim relé R3 obsahuje tyto výstupní intervaly:

1. Čas T0 - autonomní sepnutí časovače
2. Čas T0 - sepnutí kontaktu K1 + 12V na dobu 180s pro napájení GSM datových modemů (V3b)
3. Čas T0 - sepnutí kontaktu K2/1 + 12v pro napájení stabilizátoru + 5V pro napájení inklinometrických snímačů (V4b)
4. Čas T0 - sepnutí kontaktu K2/2 + 12v pro nabíjení interního zdroje relé R3 (V4b)
5. Čas T1 - zpoždění od T0 120s odeslání dotazovací SMS zprávy na GSM datový modem M1
6. Čas T2 - zpoždění od T0 150s odeslání dotazovací SMS zprávy na GSM datový modem M2

H. Slavkov do 20.6.2013



Obr. 8 Příklad zpracování průběhu inklinometrického měření ($0,1V = 0,1mm$)



Obr. 6 Skutečné provedení polního inklinometrického systému

7. Čas T3 - nezávisle na programovacích časech jsou podle schopností GSM operátora odeslány 3 SMS zprávy: Kondice R3 solar (obr. 4), Data M1 (obr. 5) Data M2 (obr. 6)

Na obr. 3 je zobrazeno základní zapojení RELER3 SOLB, na dalších obr. 4 až obr. 6 jsou zobrazeny výstupy SMS zpráv spícího monitoringu odesílané po 48 hodinách.

	S1	S2	S3	Aku
	(V)	(V)	(V)	(V)
• 2014	0.554	0.625	0.727	4. 683
• 23.10	0.551	0.625	0.723	4. 679
• 25.10	0.551	0.625	0.723	4. 680
• 27.10	0.552	0.625	0.723	4. 683
• 29.10	0.550	0.625	0.723	4. 680
• 31.10	0.549	0.625	0.723	4. 679
• 2.11	0.548	0.624	0.722	4. 679
• 4.11	0.547	0.624	0.721	4. 675
• 6.11	0.546	0.623	0.721	4. 671
• 8.11	0.546	0.624	0.721	4. 681
• 10.11	0.548	0.623	0.721	4. 679
• 12.11	0.548	0.623	0.722	4. 678
• 14.11	0.546	0.624	0.722	4. 676
• 15.11	0.548	0.623	0.721	4. 676
• 17.11	0.532	0.608	0.709	4. 674

Tab. Výpis naměřených hodnot

systém byl použit programový časovač č. 552443 od firmy Conrad Electronic SE.

Pracovní rozsah časových intervalů měření je možné nastavit od 6 hod až do 7 dní. Při čemž délka aktivního impulsu může být od 2 až do 30 min. Pro aplikaci ovládání měření a odeslání měřených dat modemem je řízení měření ovládáno vnějším BIN vstupem loggeru S 5021, který je on line připojen k GSM modemu LM 401. Určitou nevýhodou tohoto systému je při polním použití závislost časových intervalů na teplotě okolního prostředí. Na obr. 9 je zobrazen časovač Conrad Electronic, který dokáže z interní 9V baterie pracovat až jeden rok, výstupní impulsy jsou na úrovni TTL logiky. Tato nevýhoda může být odstraněna použitím bud DCF radiového časovače nebo GPS satelitního časovače, avšak s podstatněji vyššími finančními náklady a s nevýhodou větší interní spotřeby těchto zařízení.

5 Programovatelný seismický monitorovací systém pro polní měření

V oblasti seismického měření a monitorování se vyskytují speciální úlohy vyžadující použití aparatur v polních podmínkách a to i ve speciálním provozním režimu. Jedná se především o měření v oblasti indukované seismicity a to jednak při měření se-

V tabulce je uveden výpis naměřených hodnot a na obr. 8 je grafické znázornění měřicího intervalu.

4 Nízkopříkonové CMOS programátory pro ovládání spících monitoringů

Základním stavebním prvkem nízkopříkonových spících monitorovacích systémů je CMOS intervalový programátor který svými impulsy zajistí jak iniciaci měřicích systémů a dostatečně dlouhý časový interval pro oživení modemových přenosů dat. Pro autonomní provoz monitorovacího systému se záznamníky a modemy firmy Comet



Obr. 9 Programovatelný časovač 9V

ismických účinků odpalů nebo průmyslového a dopravního neklidu, další využití je při měření dlouhých seismických profilů nebo při seismickém mikrorajonování kdy je požadováno spuštění až několika desítek těchto aparatur ve stejném čase.



Obr. 10 Instalace seismického záznamníku BRS 32 při seismickém profilování

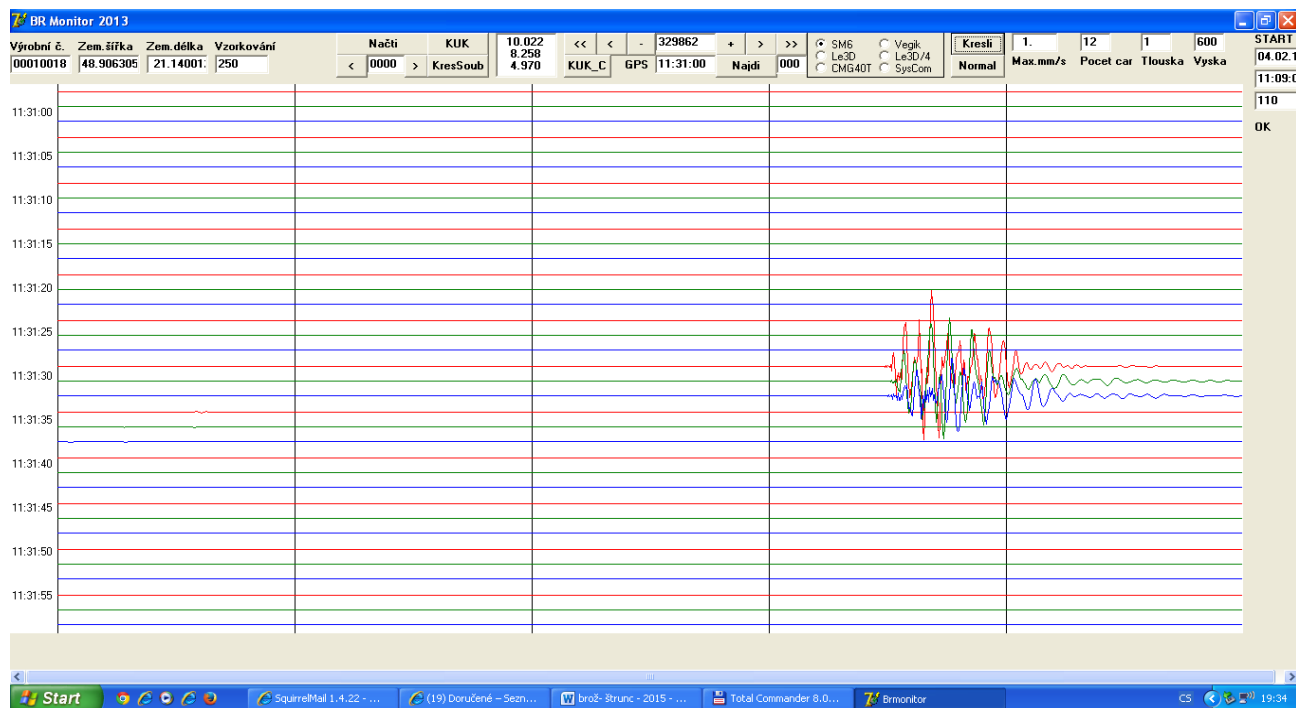
Těmto požadavkům vyhovuje konstrukce seismických aparatur BRS32 které je možné programovou modifikací nastavit do spícího spouštěného režimu. Programové vybavení nastavitelné připojením na PC přes USB vstup obsahuje režim odloženého startu aparatury.

Po dálkovém startu aparatury pomocí relé R3 nebo časovačem Conrad Electronic se nastartuje pohotovostní režim aparatury, který může být včetně registračního intervalu spuštěný z interního akumulátoru na dobu cca 40 hod. Po startu se automaticky připojí časovací kanál z GPS satelitního přijímače a následně v naprogramovaném čase spustí vlastní seismická registrace, dobu registrace je možné rovněž nastavit v iniciačním souboru programu záznamníku. Tyto registrační úlohy mohou být podle zadání libovolně opakovány, jediným omezením je



Obr. 11 Realizace seismického profilu podloží aparaturami BRS32 na trase dálnice D8.

celkový čas registrace, tedy přibližně 40 hod. Podrobný popis seismických měření a činnosti přístroje BRS32 je uveden v Brož (2007), Štrunc (2007) Brož a kol. (1-4) 2014, Brož a kol. (1- 4) 2015. Uvedená sestava seismického záznamníku je chráněna jako Užiténý vzor Brož a kol (2015). Na obr. 10 a obr. 11 je uveden příklad využití seismických aparatur v spícím programovatelném režimu při opakovaných měření seismického profilu podloží dálnice D8.



Obr. 12 Třísložkový záznam seismických účinků clonového odpalu při odloženém automatickém startu aparatury v 10h 30min.

v oblastech kamenolomů při měření seismických účinků těžebních odpalů. V mnohých těchto zadáních je vyžadováno provedení měření na více stanovištích, které jsou rozmístěny ve značných vzdálenostech od kamenolomu. Vzhledem k lokálním podmínkám a minimalizaci nákladů na měření jsou aparatury umístěny do bezpečných úkrytů tak aby nebylo třeba ke každé aparatuře zajišťovat obsluhu operátora. Tímto způsobem je tedy možné provést seismické parametrické měření osmi záznamníky v lokalitě kamenolomu Krásno v oblasti několika kilometrů s obsluhou jediným operátorem.

Na obr. 10 a obr. 11 je uveden příklad využití seismických aparatur v spícím programovatelném režimu při opakovaných měření seismického profilu podloží dálnice D8.



Obr. 13 Realizace uložení záznamníku BRS 32 při terénním měření v lokalitě kamenolomu Krásno

Další možností využití spícího režimu seismických registrací BRS 32 je instalace aparatur

6 Závěr

Nové možnosti realizace dálkového měření a monitoringu s pomocí moderních komponentů umožňují provedení polních automatických měření s minimálními nároky na jejich obsluhu a s přijatelnými možnostmi na energetickou náročnost.

Praktické zkušenosti zapojení popsané v příspěvku a v následných citacích literatury jsou návodem na další možné aplikace těchto systémů v geofyzikálních měřeních.

Literatura

- M.BROŽ, J.ŠTRUNC (2007): Anomální seismické účinky při některých těžebních odpalech v kamenolomech a povrchových dolech, Zpravodaj Trhací technika a pyrotechnika -3/2007, s.2-9., ČVTS, Společnost pro trhací techniku a pyrotechniku, Praha
- J.ŠTRUNC, M.BROŽ (2007): Seismické přístroje pro lokální měření a monitorovací sítě, Trhací technika a pyrotechnika - zpravodaj 3/2007, s.9-11., ČVTS, Společnost pro trhací techniku a pyrotechniku Praha
- MILAN BROŽ, JAROSLAV ŠTRUNC, JIŘÍ MÁLEK A MARTIN LINDA (2014): New Generation Seismological Datalogger Brs32-Usb And Its Application In Induced Seismicity Monitoring, *International Journal Egerse XXI.1* (Str. 35-46) ISSN 1803-1447
- MILAN BROŽ, JAROSLAV ŠTRUNC, JIŘÍ MÁLEK, ANTONÍN TYM (2014), Seismological Monitoring Network Around Geothermal Boreholes In Litoměřice, *International Journal EGERSE XXI.1* (str. 46 -58) ISSN 1803-1447
- MILAN BROŽ, JAROSLAV ŠTRUNC, JIŘÍ MÁLEK A MARTIN LINDA (2014) Measuring of Induced and Technical seismicity using Portable Apparatus BRS32, *Coferece proceedings- Blasting Techniques 2014* – ISBN 978-80-970265-6-1 (Str.120-132)
- MILAN BROŽ, JAROSLAV ŠTRUNC (2015) Anomalous seismological effects of quarry blasts recorded during long-time monitoring periods, *Coferece proceedings- Blasting Techniques 2015* – ISBN 978-80-970265-7-8 (Str.117-130)
- MILAN BROŽ, JAROSLAV ŠTRUNC (2015) Srovnání seismických účinků trhacích prací s účinky velkých přírodních zemětřesení v západních Čechách. *Zpravodaj Trhací technika a pyrotechnika -1/2015*, str. 3-12., ČVTS, Společnost pro trhací techniku a pyrotechniku, Praha
- MILAN BROŽ, JAROSLAV ŠTRUNC (2015), Měření indukované a technické seismicity polní aparaturou BRS 32, *Zpravodaj Trhací technika a pyrotechnika -1/2015*, str. 19-30., ČVTS, Společnost pro trhací techniku a pyrotechniku, Praha
- BROŽ M., ŠTRUNC J., LINDA M., (2015) Seismický záznamník - Užité vzor č.28 283 (9.6.2015)

¹ Milan Brož, Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha 4, milan@ig.cas.cz

² Jaroslav Štrunc, ARENAL, s.r.o., Praha 5, strunc@irms.cas.cz