

# Elspec – řešení v oblasti kvality elektrické energie

Ing. Jaroslav Smetana,  
Blue Panther s. r. o.

Tento článek upozorňuje na možnosti finančních úspor i snížení reálné spotřeby elektrické energie. Mnoho pracovníků energetických oddělení, popř. ekonomického vedení firem, dnes skloňuje úspory ve všech pádech, ale málokdo začne tím základním. Aby bylo možné snižovat spotřebu elektrické energie, je nutné spotřebu nejprve znát. Nyní však nestačí znát jen měsíční spotřebu podle elektroměru nebo ji sledovat sice průběžně, ale pomalými wattmetry či analyzátory v hlavní rozvodně závodu. Úspory spočívají jinde než v pouhém hlídání čtvrt hodinového maxima a případném odpojování velkých spotřebičů pro zabránění jeho překročení.

V současné době je nutné mít přehled nejen o základních parametrech, jako je měsíční spotřeba, čtvrt hodinové maximum, popř. účinník. Je nezbytné sledovat mnoho dalších parametrů a tyto parametry zaznamenávat, popř. vytvářet zprávy o stavu energetické sítě a jejích částí v závodě. Měřené veličiny již dávno nejsou sinusové. Parametry definované v normě ČSN EN 50160, které je třeba dodržovat, jsou již postupně kontrolovány distribuční společností a nedodržení uvedených limitů může být pokutováno. Dnes je třeba sledovat veličiny, jako je napěťová nesymetrie, poklesy a překmity napětí, flicker (flicker, blikání, kolísání úrovně světla) a úroveň harmonických složek, a to nejen z důvodu případné neshody s dodavatelem elektrické energie a zhoršováním parametrů sítě, ale především z důvodu úspor.

Napěťová nesymetrie uvnitř závodu vede k větším ztrátám na motorech. Již při poměrně malých hodnotách nesymetrie značně rostou ztráty na motoru. Při 3% nesymetrii mají motory ztráty větší až o 12%. Problém neřeší ani použití měničů. Ty sice odstraní nesymetrické napájení motoru, ale samy jsou napájeny nesymetricky, posune se jejich pracovní bod a produkuje zvýšenou úroveň harmonických složek. Vyšší harmonické složky zvětšují ztráty ve vedení, ve vinutí motorů i distribučního transformátoru. Poklesy a překmity napětí proti jmenovité úrovni, vytvářené připojováním těžších spotřebičů, ovlivňují technologická zařízení, jako jsou automaty PLC, roboty i počítačové sítě, jejichž poruchy zvyšují náklady na údržbu.

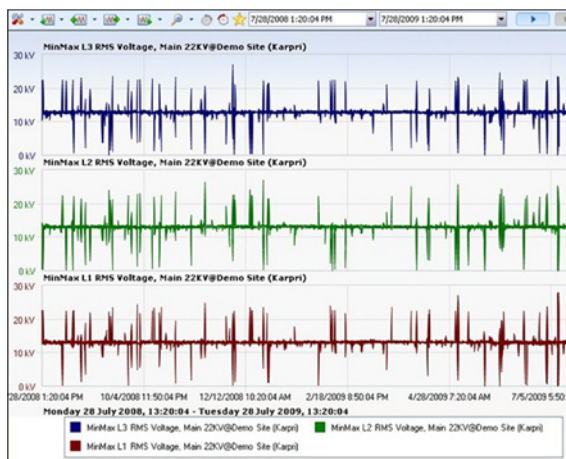
Tedy aby bylo možné začít šetřit, je nutné měřit, monitorovat a archivovat údaje v dostatečné míře. Lze tak předejít nejen sporům s dodavatelem elektrické energie a pokutám, ale rovněž je možné získat průběžný přehled o stavu technologie z hlediska parametrů ovlivňujících přímo nebo nepřímo spotřebu elektrické energie, popř. také o možných poruchách této technologie.

Pro měření parametrů sítě je na trhu množství analyzátorů, které měří a zaznamenávají různým způsobem. Z hlediska použití je možné rozdělit je do dvou základ-

ních skupin: na analyzátory ruční, vhodné především pro údržbu výrobních zařízení a zjišťování zdrojů rušení, a analyzátory (monitory) pevně instalované. Tyto analyzátory bývají instalovány v důležitých distribučních uzlech, např. v transformovných a rozvodnách, kde je třeba trvale sledovat



Obr. 1. Analyzátor Elspec řady G44xx



Obr. 2. Záznam trendu napětí

stav rozvodné sítě. Z hlediska způsobu měření a případného záznamu dat lze ruční a pevně zabudované přístroje nejčastěji charakterizovat jako přístroje, které měří v reálném čase a analyzují naměřené hodnoty, většinou podle požadavků normy ČSN EN 50160, a takto získané údaje ukládají do paměti. Nevýhodou tohoto řešení je, že v případě potřeby není možné z naměřených údajů získat parametr, který nebyl před měřením nastaven. Jiný způsob, který umožní ze zaznamenaných údajů o prouděch a napětích dodatečně určit kterýkoliv potřebný parametr, je metoda digitálního záznamu průběhu signálů jednotlivých fází, napětí a proudů. Problémem je, že při vzorkování

dostatečném pro dobrou přesnost měření a bez ztráty detailů, tedy alespoň 1 024 vzorků na jeden cyklus 50 Hz a pro osm vstupů, je třeba obrovský paměťový prostor v řádu terabytů na hodinu záznamu.

## Unikátní způsob záznamu naměřených údajů analyzátor Elspec

Na rozdíl od již popsaného způsobu vytváří analyzátor Elspec nepřetržitý záznam všech napětí a proudů se vzorkovací rychlostí až 1 024 vzorků na jednu periodu měřeného signálu (při 50 Hz tedy 20 ms). Díky tomu je schopen zachytit i krátké přechodné děje. Ukládání obrovského množství dat získaných při takovém záznamu je řešeno jejich kompresí. Není však použit běžný způsob komprese dat známý z techniky PC. Je použita speciální patentovaná procedura PQZIP společnosti Elspec, kdy je ukládána změna Fourierova obrazu daného průběhu. V případě, že jsou vstupní veličiny „klidné“, je potřeba datového prostoru minimální. Objeví-li se v síti např. krátký přechodový děj, množství dat vzroste, nicméně stále je vzorkováno plným počtem vzorků. Před provedením analýzy z takto uložených dat, např. podle ČSN EN 50160, jsou nejprve rekonstruovány příslušné průběhy bez ztráty detailů a poté provede-

na analýza. Tímto způsobem je možné bezdrátově zaznamenat do paměti 16 GB jeden celý rok záznamu s minimálně osmi kanály a kdykoliv zobrazit analyzovaná data až na úrovni jednotlivých vzorků.

Naměřené údaje jsou ukládány do paměti přístroje. S využitím tohoto přístupu Elspec v současné době dodává pevné analyzátor řady Elspec G44xx (obr. 1) (<http://www.blue-panther.cz/elspec-g4400-blackbox>). Jednotlivé modely řady se liší velikostí paměti pro ukládání dat (G4410 – paměť na pět až sedm dnů, G4420 na měsíc a G4430 na rok záznamu).

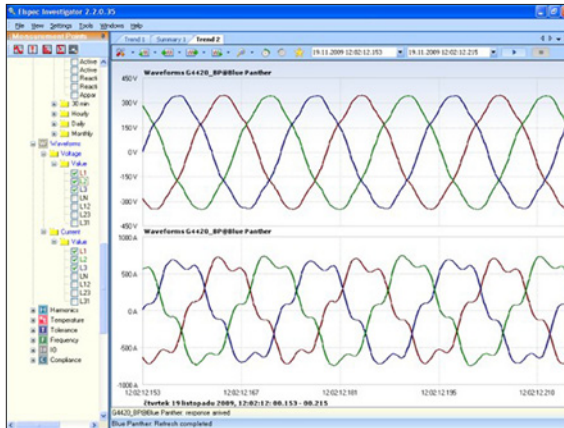
Pro použití k monitorování kvality elektrické energie v praxi jsou přístroje koncepčně řešeny jak pro „on-line“ měření a zobrazení naměřených údajů energetických (U, I, P, Q, S, cos φ) i kvalitativních, jako jsou poklesy, harmonické atd. Výpočty pro zobrazení v reálném čase vykonává samostatný procesor. Zobrazení naměřených údajů a komunikace s přístrojem je vykonávána přes rozhraní Ethernet. Pro snadné připojení a nastavení je přístroj vybaven webovým serverem. Druhý samostatný procesor vykonává on-line kompresi naměřených údajů a ukládá je do vnitřní paměti přístroje. Takto zkomprimovaná data jsou uložena v paměti přístroje a přenášena do PC k archivaci.

Po připojení do sítě LAN se přístroj chová jako zařízení s vlastní IP adresou. Je na něj možné přistupovat prostřednictvím prohlížeče z jakéhokoliv místa v síti, ovládat jej, stahovat a prohlížet naměřené údaje.

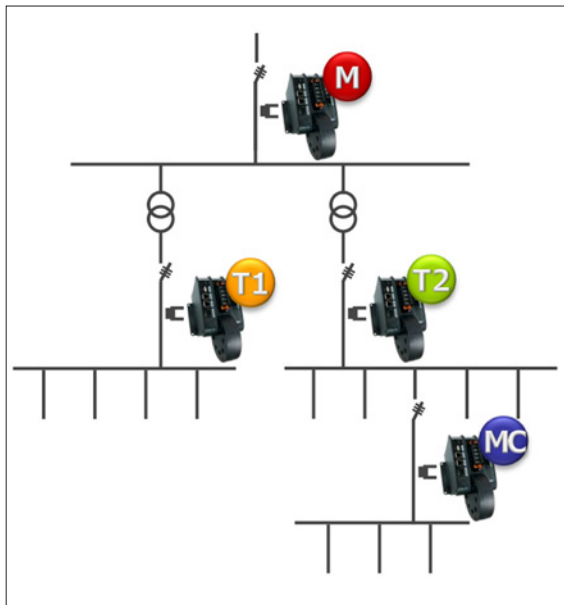
Na obr. 2 je zachycen záznam trendu napětí. Odshora nejprve půlroční interval, níže pětidenní interval a dole pětisekundový interval. Na obr. 3 je ukázán záznam několika period síťového napětí s poklesem o délce asi tří period. Zaznamenaná data lze pomocí softwaru dále analyzovat z hlediska kvality elektrické energie a porovnávat stav napětí s požadavky normy ČSN EN 50160. Jde např. o vyhodnocení harmonických složek, výkyvů napětí, přechodných dějů, nevyvážení sítě a flickeru.

### Monitorování sítě – systémové řešení Elspec Blackbox G4000

Univerzální a snadno modifikovatelné řešení Elspec přináší významný pokrok a výhody do oblasti monitoringu energie a kvality sítě

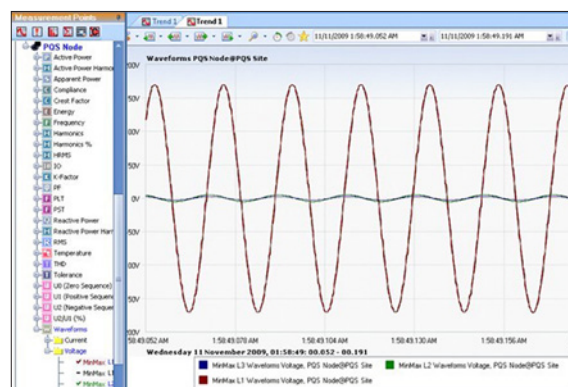


Obr. 3. Záznam několika period



Obr. 4. Schéma několika G44xx na síti

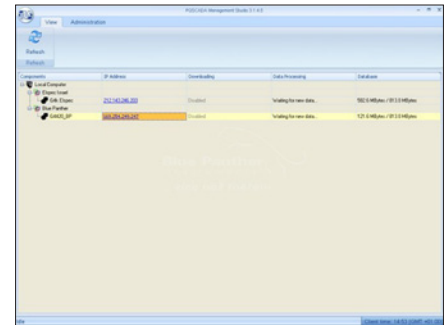
celého závodu (obr. 4). Lze dohlížet a monitorovat i vybrané distribuční uzly závodu, kterými mohou být např. hlavní přívod do závodu na straně vn, hlavní transformátor a podružné transformátory, rozváděče pro vybrané části provozů apod. Všechny analyzátor mohou být trvale připojeny do místní počítačové sítě LAN kabelem nebo bezdrátově za použití modulu pro bezdrátový přenos Wi-Fi.



Obr. 6. Program PQInvestigator

Na analyzátor lze přitom přistupovat jako na webový server. V tomto režimu je možné sledovat okamžité hodnoty měřených veličin nebo nastavovat veškeré parametry analyzátoru. Každý analyzátor nepřetržitě měří sledované veličiny, vykonává kompresi a data ukládá do vlastní paměti s kapacitou až jeden rok plného záznamu.

Přenos komprimovaných dat z paměti analyzátorů do počítače (serveru) zajiš-



Obr. 5. Vzhled obrazovky programu PQSCADA

tuje databázový program PQSCADA (obr. 5), pracující nad SQL serverem Microsoft SQL. Ten v pravidelných intervalech nebo ve chvíli připojení analyzátoru do sítě automaticky přesune naměřené údaje na server. Pro prohlížení a analýzy naměřených údajů se používá software PQInvestigator (obr. 6).

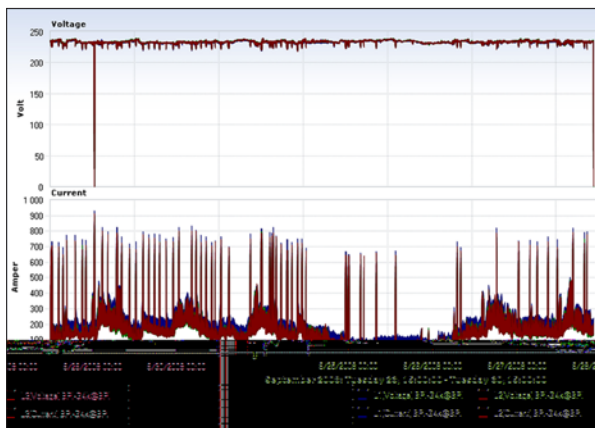
V PQInvestigatoru lze načítat, zobrazovat a vyhodnocovat naměřené údaje ve zvoleném časovém intervalu z kteréhokoliv analyzátoru připojeného k serveru a volit jakoukoliv kombinaci veličin, která uživatele zajímá. Není tak odkázán na nastavení před vlastním měřením. To je zásadní odlišnost a výhoda řešení Elspec – úplný záznam napětí a proudů a výpočet dalších veličin podle potřeby ze záznamu. Není tomu tak jako u ostatních řešení, kdy jsou během měření zaznamenány jen předem nastavené veličiny. Hodnoty naměřené na všech připojených místech lze pozorovat v jednom okně. Časová synchronizace mezi jednotlivými analyzátoru je možná prostřednictvím sítě LAN nebo modulu GPS.

Způsob vyhodnocení naměřených údajů bude vysvětlen na následujícím příkladu.

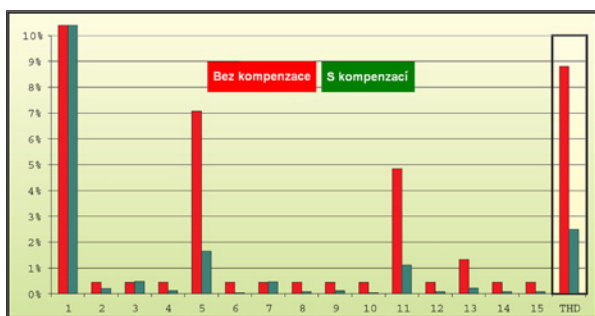
### Příklad použití analyzátoru Elspec G4000

Na následujícím příkladu bude popsána jedna z mnoha možností využití analyzátoru Elspec G4000 v průmyslu ke sledování kvality elektrické energie a dohledu nad ní.

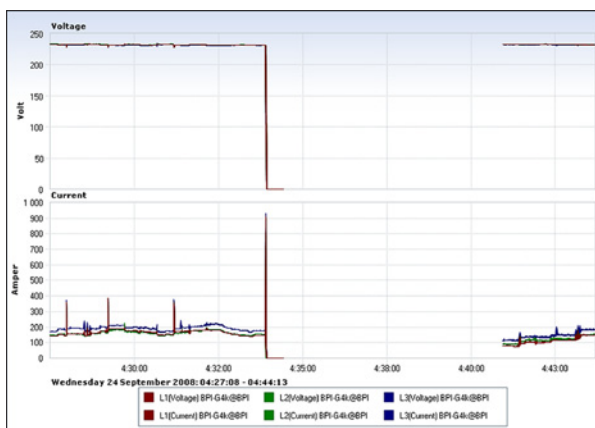
Společnost Blue Panther byla oslovena potravinářskou



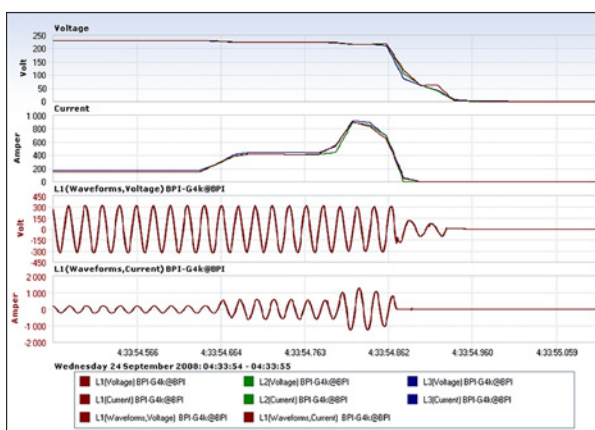
Obr. 7a. Týdenní záznam (trend napětí a proudu)



Obr. 7b. Denní záznam (trend napětí a proudu), 24. září 2008 po čtvrté hodině ráno nastává výpadek



Obr. 7c. Detail výpadku 04:34 až 04:41 - největší špička proudu z celého týdne, přesahuje 900 A, doba trvání asi 200 ms



Obr. 7d. Napětí a proud na začátku výpadku (v horní části trend, v dolní skutečné časové průběhy)

firmou s tím, že ve výrobním závodě jsou problémy s kolísáním napětí a výpadky sítě. Vzhledem k tomu, že se závod nachází na odlehlejší konci distribuční sítě, vzniklo podezření, že výpadky a poklesy napětí přicházejí zvenčí. Po dohodě byl do hlavního rozváděče nainstalován analyzátor G4000 po dobu nutnou pro týdenní monitorování. Byla sledována všechna fázová napětí i proudy. Na několika obrázcích jsou znázorněny výsledky tohoto měření. Na obr. 7a je zachycen týdenní záznam napětí a proudu. Velikost proudového odběru se nejčastěji pohybuje v rozmezí 100 až 300 A. Na první pohled je patrné, že v odběru proudu se objevuje několik špiček, s tím jsou spojeny i poklesy napětí. Proudové špičky dosahují hodnoty přesahující 800 A a trvají po dobu asi 200 ms. Na obr. 7b je jednodenní záznam trendu napětí a proudu. Z obrázku je zřejmé, že 24. září 2008 v půl páté ráno došlo k výpadku napětí. Výpadek nastal zřejmě vlivem špičkového odběru proudu, když velikost proudu přesáhla hodnotu 900 A. Na obr. 7c je zachycen časový výřez zmínovaného výpadku. Tento výpadek trval asi sedm minut. Poslední obr. 7d zachycuje kromě trendu i detailní záznam časových průběhů napětí a proudu v okamžiku předcházejícím výpadku. Všimněme si, že nárůst proudu se ve skutečnosti skládá ze dvou částí. V první fázi proud vzroste z hodnoty 200 A na hodnotu 400 A. Vzápětí se nepe další zátěž. Rozběhový proud dosáhne v součtu hodnoty vyšší než 900 A. V tomto okamžiku zasahuje ochrana a odpíná celý uzel od distribuční sítě. V důsledku toho klesá i proud k nule. Jak bylo zjištěno, příčinou tohoto odběru byly chladicí kompresory. V tomto případě byl použit analyzátor Elspec Blackbox G4000 s rychlostí vzorkování 512 vzorků na periodu a paměti 2 GB. Instalace je

velmi jednoduchá, stačí protáhnout výstup měřicích transformátorů skrz transformátory analyzátoru, připojit vstupní napětí a nastavit správné převodní poměry v nastavení analyzátoru.

Při použití více analyzátorů na důležitých místech v závodě lze velmi dobře identifikovat i problémové části odběru a mít trvalou představu o stavu elektrické sítě.



Obr. 8. Analyzátor G4500 s adaptéry

Elspec dodává i přenosné přístroje stejné koncepce, ty jsou určeny např. pro dohledání zdroje rušení v síti závodu. Vzhledem ke stejnému řešení jako u pevných analyzátorů lze snadno porovnávat výsledky z měření pevným a přenosným analyzátozem pouhým připojením přenosného přístroje na server PQSCADA.

### Přenosný analyzátor Elspec G4500

Tento přístroj nese označení Blackbox G4500. Na rozdíl od pevných analyzátorů, které proud měří interními proudovými transformátory, je G4500 (<http://www.blue-panther.cz/elspec-g4500>) vybaven vstupy pro připojení měřicích kleští, sond ampflex nebo běžných kleští (obr. 8). Standardně je vybaven pamětí 8 GB a integrovanou kartou Wi-Fi pro snadné připojení k řídicímu počítači. Signál vzorkuje opět s maximální rychlostí 1 024 vzorků na periodu.

Při srovnání možností analyzátorů Elspec s běžnými přístroji i přístroji ostatních značek, společnost Elspec poskytuje naprosto nové možnosti ohledně trvalého záznamu a uchování dat. Při přenášení dat na server lze totiž mít uložen nepřetržitý průběh všech veličin po neomezenou dobu a kdykoliv je analyzovat a zobrazit jakoukoliv kombinaci parametrů. Vezme-li se navíc v úvahu i cenová úroveň systému Elspec, který představuje rozšiřitelnou stavebnici, kdy pouhou instalací dalších analyzátorů na síť a jejich propojením se softwarem PQSCADA (který je zdarma) se získá výkonný dohledový systém nad spotřebou a kvalitou energie v závodě, je cena velmi příznivá.

Další podrobnosti o přístrojích Elspec lze získat u zástupce této firmy pro ČR a SR, společnosti Blue Panther s. r. o. <http://www.blue-panther.cz>