Identifikácia poruchových stavov v distribučnej sústave na základe nameraných dát z IMS elektromerov (2)

V prvej časti seriálu sme bližšie opísali detekciu poruchových stavov odberného miesta na základe štatistických profilových spotrieb vrátane situačného príkladu. V tejto časti seriálu sa na detekciu poruchových stavov pozrieme cez hodnoty ističa/MRK a nameraných prevádzkových dát a ukážeme, ako možno tieto údaje využiť aj na odhaľovanie ďalších parametrov.

Detekcia poruchových stavov odberného miesta na základe štatistického využitia hodnoty ističa/MRK

Podobným algoritmom, ako odhaľovať poruchové stavy v odpočtoch, je detekcia prekročenia nadlimitnej spotreby v kontexte jej časového vývoja. Podobne ako v predchádzajúcej kapitole sa využíva štatistické porovnanie dennej spotreby všetkých OM rozdelených do identických kategórií, ale z pohľadu vyťaženia ističa/MRK.

Hodnoty spotrieb priemerných 15-minútových hodnôt by mali byť maximálne do hodnoty ističa/MRK, ale realita môže byť úplne odlišná. Tab. 1 znázorňuje príklady kategórií OM s priemernou hodnotou vyťaženia ističa/MRK.

istič	počet fáz	tarifa	priemer využitia hodnoty ističa
25	3	XD2	4,50 %
25	1	X3	5,40 %
25	3	X3	3,60 %
50	3	X3	6,60 %
200	3	X3	7,90 %
...	...	...	...

Tab. 1 Priemerná hodnota využitia ističa

Ako je vidieť, v niektorých kategóriách môže byť priemer využitia ističa nepravdepodobný už nad hodnotu 10 % z MRK. Priemerné hodnoty využitia technického maxima ističa sú vo všeobecnosti na úrovni cca 5 %. Neznamená to, že dané OM majú predimenzovanú hodnotu MRK, nakoľko ide o priemernú hodnotu (maximá výkonov sú na omnoho vyššej úrovni). Pri použití štatistickej metódy porovnania nameraných hodnôt všetkých OM v konkrétnej kategórii (v tomto prípade pre D2) využívalo kapacitu ističa 99,5 % všetkých odpočtov spotreby OM do 50 %.

percentil všetkých odpočtov v D2	priemer využitia hodnoty ističa
95 %	15 %
99 %	25 %
99,90 %	50 %

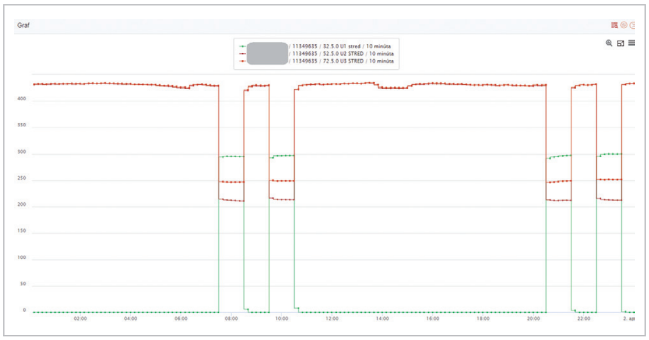
Kľúčovým výsledkom a hlavne benefitom takýchto metód sú znalosti, ktoré sú dôležitou súčasťou pri návrhu validačných algoritmov na kontrolu kvality nameraných dát.

Detekcia poruchových stavov odberného miesta na základe prevádzkových nameraných dát

Na základe iných prevádzkových nameraných dát možno odhaliť aj rôzne poruchové stavy na OM, pričom vďaka ich rýchlej detekcii a následnej oprave sa znižujú škody na strane PDS, ako aj zákazníka.

Priemerné 10-minútové hodnoty napätia na fáze L1, L2, L3

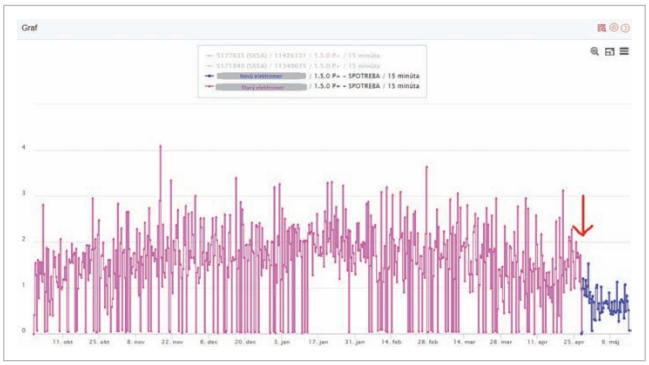
Sledovaním priemerných hodnôt napätia na jednotlivých fázach dokážeme odhaliť asymetriu napäťových úrovní, resp. napäťové úrovne jednotlivých fáz, ktoré prekročili povolenú odchýlku. Na základe dátovej analýzy sa odhalilo množstvo poruchových OM, ako napríklad OM (obr. 3), ktoré má počas nízkej tarify na L2 a L3 napätie nad 400 V a na L1 má napätie 0 V, pri vysokej tarife sa elektromer javí v poriadku.



Obr. 3

Po výmene elektromera klesla štandardizovaná spotreba zákazníka takmer o polovicu (obr. 4). Zvýšená spotreba bola spôsobená vysokým napätím na L2 a L3, keď elektromer rátal spotrebu z takmer dvojnásobného napätia. Po preskúšaní meradla v metrologickom ústave sa zistilo, že elektromer meria v poriadku. Po spätnom testovaní a skúmaní sa zistilo, že danú situáciu spôsobil odpojený nulový vodič medzi elektromerom a prepojovacím mostíkom. Elektromer však dokáže správne merať trojfázovo aj bez nulového vodiča. Situáciu zapríčinila kombinácia dvoch faktorov. Nulové napätie na L1 počas vysokej tarify zapríčinilo zopnutie stýkača, ktorý bol napojený na L1, čo malo za následok vynulovanie napätia na tejto fáze a zdvihnutie napätia na zvyšných dvoch fázach, nakoľko elektromer nemal pripojený nulový vodič.

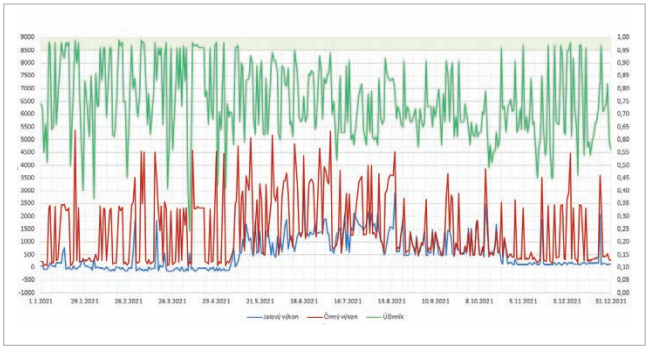
Zachytením danej situácie sa v rámci kontroly dát uplatňujú aj kontroly vysokého napätia a zapojenia nulových vodičov.



Obr. 4

Jalový výkon, účinník

Ďalším dôležitým parametrom je hodnota účinníka, by mala byť v intervale 0,95 – 1,00. Realita je však veľakrát úplne iná a z toho dôvodu musí DS pristupovať k rôznym opatreniam kompenzujúcim hodnoty jalových výkonov, aby sa v DS, ako aj v prenosovej sústave nezvyšovala/neznižovala hodnota napätia, prípadne aby sa nezvyšovalo zaťaženie vedení. Na obr. 5 je znázornené OM, ktoré nemá povinnosť udržiavať hodnotu účinníka, ktorý je mimo dovolených hodnôt.



Obr. 5 Jalový výkon – činný výkon – účinník

Detekcia anomálií prevádzkových parametrov registrov a udalostí

Problematiku detekcie anomálií z parametrov, ktoré nám poskytuje samotný elektromer vo forme uložených záznamov, môžeme rozdeliť do dvoch kategórií:

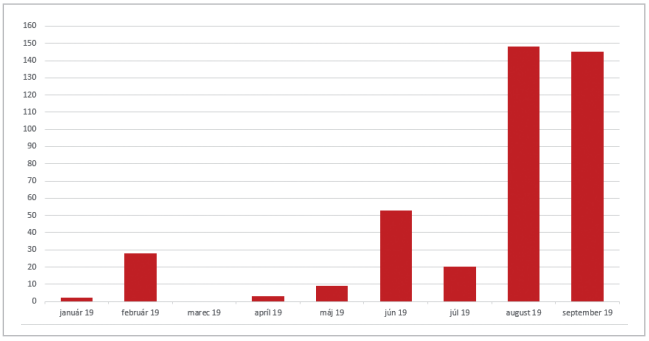
a) detekcia chybových stavov zachytených v registri,

b) detekcia udalostí elektromera.

Pomocou oboch možno zachytiť chyby pri inštalácii elektromera alebo chyby, ktoré nastali počas prevádzky, a v neposlednom rade odhaliť neoprávnenú manipuláciu s elektromerom. Sledujú sa napríklad tieto parametre:

- prepätie/podpätie,
- výpadok napätia,
- nadprúd,
- negatívny smer energie (opačný smer prúdu),
- obrátené točivé pole fázového napätia,
- nesymetria prúdu,
- nesymetria napätia (zámena fázových a nulového vodiča),
- pokus o manipuláciu s krytom elektromera,
- detekcia magnetického poľa,
- neoprávnená dátová komunikácia s elektromerom atď.

Na základe časozbernej analýzy týchto údajov vieme identifikovať elektromery a obdobie, v ktorom došlo k anomálii niektorého z parametrov. Keďže elektromer poskytuje celú škálu informácií o prevádzkových parametroch, pozrieme sa na niektoré z nich z hľadiska detekcie ich anomálií. Príkladom je analýza výpadkov všetkých troch



Obr. 6 Počet výpadkov všetkých fáz

fáz za sledované obdobie na obrázku nižšie. Na obr. 6 sú z určenej vzorky elektromerov vidieť zvýšené počty výpadkov všetkých fáz zapríčinených nepriaznivým počasím v daných mesiacoch.

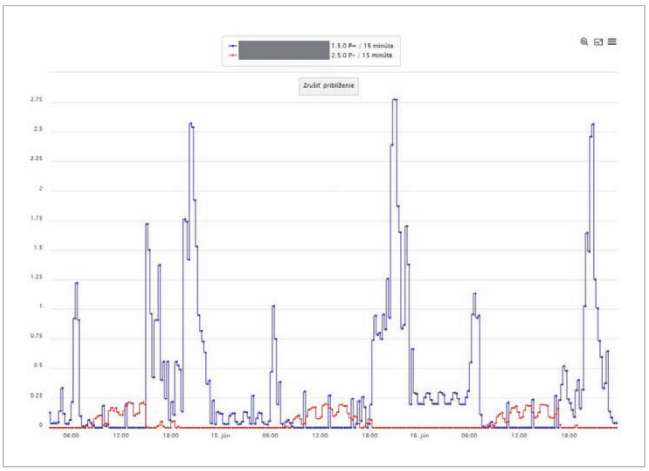
Kontrola profilových a registrových hodnôt s ohľadom na nepovolenú výrobu elektrickej energie a nesprávne zapojenie elektromera

Ak sa na odbernom mieste nachádza zdroj elektrickej energie, napr. fotovoltické panely na rodinnom dome, vzniká odberateľovi povinnosť nahlásiť výrobu prevádzkovateľovi distribučnej sústavy. Mnohokrát o tejto povinnosti zákazníci nevedia a prevádzkovateľ hľadá spôsoby, akými detegovať nenahlásenú výrobu a vyzvať zákazníka. Keďže z pohľadu toku elektrickej energie je jej výroba rovnaká ako v prípade, keď má IMS elektromer opačne zapojený vstup a výstup niektorých fáz, možno týmto procesom navyše aj odhaliť neoprávnené zlé zapojenie elektromerov.

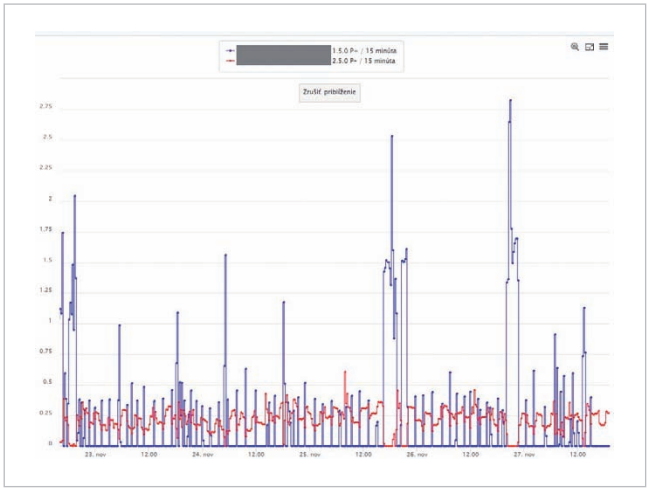
Ak sa na OM nachádza zdroj výroby elektrickej energie alebo je niektorá fáza opačne zapojená, elektromer môže započítavať elektrickú energiu do registra výroby 2.8.0. Aké množstvo energie sa napočíta do registra 1.8.0 a aké do 2.8.0, určuje aktuálne zaťaženie a zapojenie jednotlivých fáz. Ak je v jednom okamihu celková spotrebovaná energia rovnaká ako vyrobená, elektromer nezapočíta spotrebu ani do jedného registra, saldo je nulové.

Zo samotných registrov však nie sme schopní určiť, či ide o zlé zapojenie elektromera alebo je na OM výroba. Možno to odhadnúť na základe denných profilov zaťaženia 1.5.0 a profilov výroby 2.5.0. Pre oba spomínané prípady existuje vlastný charakteristický priebeh. Pomocou 15-minútových denných profilov vieme v odpočtovej centrále spoľahlivo detegovať tieto dva prípady:

1. Výroba elektrickej energie na OM (obr. 7):
   - vyskytuje sa prevažne v letných a slnečných mesiacoch (FVE),
   - denný priebeh má charakteristický kopcovitý tvar, narastá s východom slnka a klesá večer,
   - typické sú náhle „výpadky“ výroby, keď slnko zatienia oblaky,
   - s narastajúcou výrobou súčasne klesá spotreba (ak 2.5.0 rastie, 1.5.0 klesá).



Obr. 7 Príklad OM (rodinný dom s FVE)



Obr. 8 Príklad OM (neoprávnené zlé zapojenie)

2. Zlé zapojenie elektromera (obr. 8):
   – väčšinou dosahuje vyššie hodnoty ako výroba na OM,
   – denný priebeh nemá pravidelný tvar, je náhodný,
   – s narastajúcou výrobou väčšinou narastá aj spotreba (ak 2.5.0 rastie, rastie aj 1.5.0),
   – v prípade zlého zapojenia všetkých troch fáz sa celá spotreba načítava len do 2.8.0 (2.5.0).

Využitie nameraných dát na odhaľovanie iných parametrov – odhalenie výpadku u dodávateľa na základe zberu meraných dát

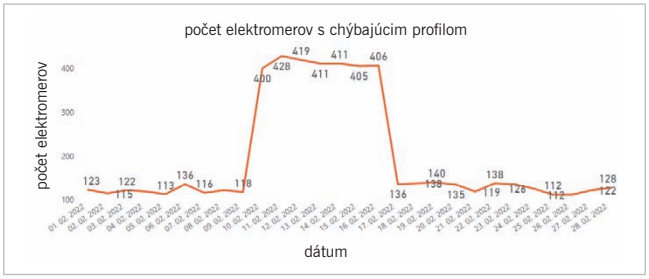
Na základe pravidelne zbieraných dát z elektromerov ako odčítavanie profilov za každý deň a následným vyhodnocovaním možno odhaliť rôzne problémy s elektromermi. Jeden z konkrétnejších problémov je obmedzená komunikácia zapríčinená čiastočným výpadkom základňovej stanice (BTS) dodávateľa.

Základňová stanica zabezpečuje komunikáciu nielen pre elektromery, ale predovšetkým cez ňu komunikujú aj mobilné zariadenia. Elektromery a mobilné zariadenia prevažne nekomunikujú na rovnakom frekvenčnom pásme. Preto sa stane, že výpadok, ktorý spôsobí problémy pri odčítavaní údajov na elektromeroch, neovplyvní kvalitu pripojenia mobilných zariadení. Preto môže odhalenie problému v komunikácii elektromerov trvať operátorovi rádovo aj týždne.

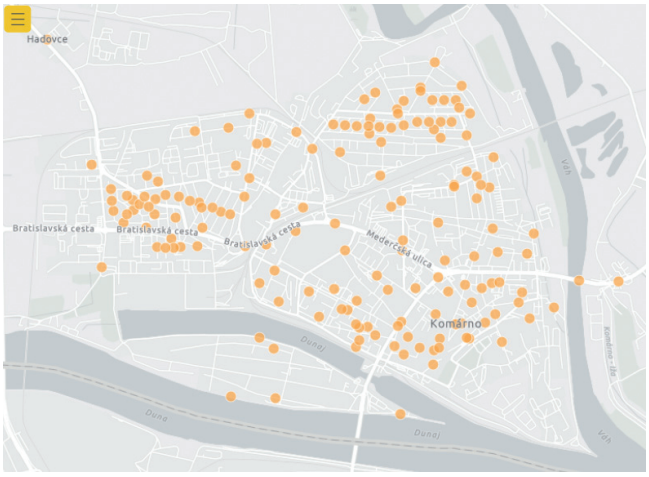
Servisné zákazky vytvorené na kontrolu jednotlivých nekomunikujúcich elektromerov na mieste inštalácie nevedia odhaliť rozsah takéhoto výpadku. Dokážu odhaliť len aktuálnu situáciu na danom OM, napr. či má slabý alebo žiadny signál. V malom počte tieto spätné väzby nesvedčia o výpadku a môže sa zdať, že ide len o izolované problémy jednotlivých elektromerov. Preto sa pri každodennom odčítavaní údajov z elektromerov kontroluje aj štatistický výber všetkých komunikujúcich elektromerov a vyhodnocuje sa umiestnenie elektromerov v presných lokalitách/mestách. Takto možno získať prehľad o tom, či jednotlivé nekomunikujúce elektromery nie sú v rovnakej oblasti, t. j. či nemajú rovnaký zdroj problému.

Ako príklad je uvedená štatistika z mesta Komárno, kde bol výpadok siete 2G/GPRS na základňovej stanici, ktorá obmedzuje komunikáciu elektromerov, ale neobmedzuje bežné mobilné zariadenia. Podobný výpadok možno identifikovať takto:

- skokový nárast počtu nekomunikujúcich elektromerov zo dňa na deň (obr. 9, 10),
- v porovnaní s ostatnými mestami a obcami je pomer nekomunikujúcich a inštalovaných elektromerov za celý mesiac vyšší,
- v rámci sledovaného obdobia nebolo možné odčítať profily z elektromerov,
- rozdiel celkového počtu elektromerov a počtu nekomunikujúcich za deň je výrazne menší,
- malé územie výpadku (mesto, mestská časť, niekoľko ulíc, obec),
- opakované vyslanie technika na jednotlivé odberné miesta nevyriešilo problém s komunikáciou,



Obr. 9 Skokový nárast počtu nekomunikujúcich elektromerov v závislosti od dátumu



Obr. 10 Mapa s približnou polohou jednotlivých nekomunikujúcich elektromerov za sledované obdobie

- spätná väzba zo servisných zákaziek bola, že elektromer má slabý alebo nemá 2G/GPRS signál,
- sila GSM signálu na elektromeroch, kde bola predtým postačujúca, je teraz slabá alebo nie je vôbec, nepomohol reset elektromeru/modemu, výmena elektromera/modemu ani premiestnenie antény.

Záver

Na niekoľkých príkladoch sme ukázali, že namerané údaje z elektromera poskytujú celú škálu odpovedí na rôzne prevádzkové situácie. Či už ide o pomoc pri návrhu validačných algoritmov, vývoj prediktívnych algoritmov v oblasti kvality siete, odhaľovanie poruchových stavov DS či neoprávnených odberov alebo predchádzanie výpadkov u tretích stranách, možnosti ich využitia sú široké. Preto aj ZSD venuje mnoho úsilia hľadaniu nových spôsobov, ako najlepšie využiť namerané dáta z elektromerov.

Ing. Michal Koníček, PhD,
vedúci tímu riadenia stratégie dát a merania.

V roku 2013 ukončil štúdium na Fakulte elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, kde následne pokračoval v doktorandskom štúdiu. Témou jeho dizertačnej práce bolo Stanovenie optimálneho objemu distribuovanej výroby v uzlových oblastiach distribučnej sústavy SR. Po ukončení doktorandského štúdia pôsobil ako konzultant pre oblasť Smart Energy. Od roku 2017 pôsobí v spoločnosti Západoslovenská distribučná, kde najskôr komplexne manažoval projekty v oblasti Smart Metering, aktuálne pôsobí ako vedúci tímu riadenia stratégie dát a merania.

Michal Koníček

Západoslovenská distribučná, a.s.
michal.konicek@zsdis.sk