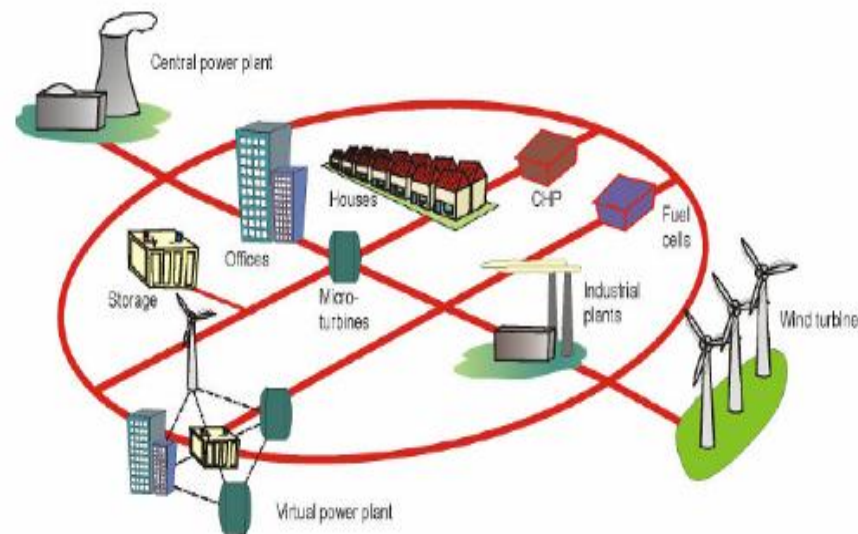


Smart Metering – reálne slovenské ciele a možnosti



**Smart Grid nie je cieľ,
ale prostriedok**

Efocus 22. 11. 2012

KCMTE

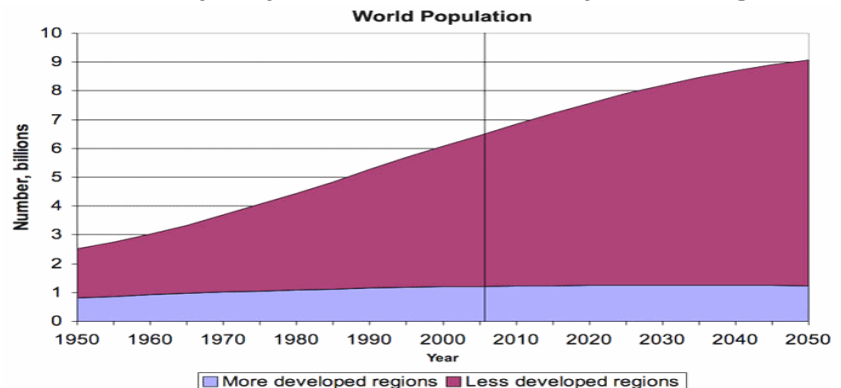
Ing. Igor Chrapčiak

Svet sa mení ...



Nové podmienky, zmeny a súvislosti:

- Nárast populácie. Presun obyvateľstva do miest, zvyšovanie životnej úrovne, nároky na komfort, nárast energetickej náročnosti
- Vysoká závislosť od zdrojov fosílnych palív, resp. ich vlastníkov
- Veľké centrálné zdroje, diaľkové vedenia, riziko znefunkčnenia veľkých území a počtu ľudí pri výpadkoch, hrozba „Blackoutov“
- Znečisťovanie životného prostredia, vysoká produkcia CO₂, smog a výfukové plyny, nežiadúce zdravotné dôsledky, globálne otepľovanie
- Obnoviteľné zdroje, lokálne a časové prebytky a nedostatky energie
- Plánovaná elektromobilita
- Nežiadúce nové javy v sieťach
- Investičné a ekonomické záujmy
- ...



Vývoj v energetike



- Snaha krajín EU o prijatie rozumných opatrení na zefektívnenie energetických procesov s ohľadom na životné prostredie, bezpečnosť a stabilitu prenosu, schopnosť regulácie, minimalizáciu nákladov na prevádzku, spokojnosť zákazníkov... Pravidlá 20/20/20
- *Aj vláda SR sa vo svojom programovom vyhlásení zaviazala vykonať v sektore energetiky opatrenia v prospech stability, rozvoja národného hospodárstva, ako aj v prospech spotrebiteľa a jeho ochrany:*

„Podporujeme takú tvorbu energetickej architektúry, ktorá vytvorí podmienky pre energetickú sebestačnosť, proexportnú schopnosť vo výrobe elektriny, transparentnosť, optimálny a vyvážený energetický mix, s dôrazom na nízkouhlíkové technológie a zvýšenie energetickej efektívnosti.“
- Podpora konceptu **rozvoja inteligentnej energetiky - Smart Energy**

Vývoj v energetike – Smart Grid



inteligentná sieť **Smart Grid**

- **Smart Production** (inteligentná výroba), doplnenie klasických veľkých zdrojov menšími distribuovanými zdrojmi (hl. OZE, KVET), decentralizácia a mix zdrojov
- **Smart Distribution** (inteligentná distribúcia), poznanie a riadenie pomerov v sieti na všetkých napäťových úrovniach a TS, obojsmerné toky energií, aktívna samoregulačná schopnosť, optimalizácia prenosu, zníženie strát, zvýšenie efektívnosti
- **Smart Consumption** (inteligentná spotreba), optimalizácia spotreby vrátane začlenenia domácností, inteligentné spotrebiče, regulácia, elektromobilita, **Smart Home, Smart Cities**

zdrojom dát je **Smart Metering** – inteligentné meranie

Zákon 251 o energetike z 31.7.2012



§ 42 Inteligentné meracie systémy

- Ministerstvo v spolupráci s úradom, prevádzkovateľmi regionálnych distribučných sústav a ostatnými účastníkmi trhu s elektrinou vypracuje **analýzu ekonomických prínosov** vyplývajúcich zo zavedenia rôznych foriem inteligentných meracích systémov (IMS) a nákladov na ich obstaranie, inštaláciu a prevádzku pre jednotlivé kategórie koncových odberateľov
- Na základe analýzy **určí kategórie koncových odberateľov elektriny a uloží povinnosť zaviesť IMS** minimálne v rozsahu 80 % odberných miest spadajúcich do takto určených kategórií
- Účastníci trhu s elektrinou sú povinný poskytnúť PDS súčinnosť pri inštalácii a prevádzke IMS spôsobom a za podmienok stanovených podľa § 95.



Je rozhodnuté

- MHSR v spolupráci s ÚRSO na základe analýz v septembri rozhodlo, že v súčasných podmienkach bude ekonomicky efektívna **realizácia inštalácie inteligentných meracích systémov pre všetky odberné miesta s ročnou spotrebou elektrickej energie viac ako 4 000 kWh.**
- Spoločný ročný odber týchto odberných miest je približne 53 % spotrebovanej elektriny na napäťovej úrovni nn a ich počet predstavuje cca 23 % z celkového počtu nn odberných miest.
- Na základe výsledkov pilotných projektov a z nich získaných údajov o skutočných nákladoch a prínosoch, pri zohľadnení vývoja technológií, môže byť súčasný scenár po dvoch rokoch aktualizovaný.
- Ďalší postup a funkcionality systému upresní MHSR v spolupráci s odbornou skupinou v súlade s § 95 Zák. 251/2012 (do 30. 6. 2013)

Ako to urobiť?

Zákon 251 o energetike z 31.7.2012



§ 95 Splnomocňovacie ustanovenia

h) Ministerstvo vydá všeobecne záväzný právny predpis, v ktorom ustanoví v oblasti zavádzania a prevádzky IMS podľa § 42

- 1. kritériá a podmienky pre zavedenie inteligentných meracích systémov pre jednotlivé kategórie koncových odberateľov elektriny,
- 2. lehoty pre zavedenie inteligentných meracích systémov pre jednotlivé kategórie koncových odberateľov elektriny, u ktorých je zavedenie inteligentných meracích systémov účelné do 10 rokov,
- 3. požiadavky na súčinnosť jednotlivých účastníkov trhu s elektrinou pri inštalácii a prevádzke inteligentných meracích systémov,
- 4. požadované technické parametre inteligentných meracích systémov,
- 5. požiadavky na dátové prenosy a spoluprácu jednotlivých systémov,
- 6. spôsob prístupu k meraným údajom zo strany jednotlivých účastníkov trhu s elektrinou,

Ďalšie súvislosti – Zák. 251/2012 možnosť regulácie odberu



■ § 31 Práva a povinnosti prevádzkovateľa distribučnej sústavy.

p) Prevádzkovateľ distribučnej sústavy **je povinný inštalovať inteligentné meracie systémy podľa § 42**

q) Prevádzkovateľ distribučnej sústavy je povinný zabezpečiť inštaláciu zariadenia na priebehové meranie elektriny s možnosťou diaľkového odpočtu pre odberné miesto **pri výmene určeného meradla a pre nové odberné miesto** v prípade splnenia podmienok podľa pravidiel trhu*.

f) Prevádzkovateľ má právo vybaviť odberné miesto technickým zariadením **regulujúcim veľkosť odberu**

Ďalšie súvislosti – Zák. 251/2012 meranie kvalitatívnych parametrov



■ § 31 Práva a povinnosti prevádzkovateľa distribučnej sústavy

Odst.1, písm.e, bod 8., bod 9.:

Prevádzkovateľ distribučnej sústavy má právo:

obmedziť alebo prerušiť bez nároku na náhradu škody okrem prípadov, ak škoda vznikla zavinením prevádzkovateľa distribučnej sústavy v nevyhnutnom rozsahu a na nevyhnutnú dobu distribúciu elektriny *pri*

8. odbere elektriny zariadeniami, ktoré ovplyvňujú kvalitu a spoľahlivosť dodávky elektriny a ak odberateľ elektriny nezabezpečil obmedzenie týchto vplyvov dostupnými technickými prostriedkami

9. dodávke elektriny zariadeniami, ktoré ovplyvňujú kvalitu a spoľahlivosť dodávky elektriny a ak výrobca elektriny nezabezpečil obmedzenie týchto vplyvov dostupnými technickými prostriedkami,

Ďalšie súvislosti – Zák. 251/2012 sprístupnenie dát



- § 31 Práva a povinnosti prevádzkovateľa distribučnej sústavy
Odst.3, písm.m **Prevádzkovateľ distribučnej sústavy je ďalej povinný**
m) bezodplatne a nediskriminačným spôsobom **poskytnúť** odberateľovi elektriny, ..., alebo dodávateľovi elektriny žiadajúcemu v mene odberateľa elektriny, **merané údaje** o spotrebe na jeho odbernom mieste podľa § 95
- § 35 Práva a povinnosti odberateľa elektriny
Odst.1, písm.i **Odberateľ elektriny má právo**
i) bezodplatne **získať merané údaje** o spotrebe na svojom odbernom mieste v súlade so všeobecne záväzným právnym predpisom vydaným podľa § 95
- Odst.2, písm.g **Odberateľ elektriny je povinný**
g) **prijat'** technické **opatrenia, ktoré zabránia** možnosti **ovplyvniť** kvalitu **dodávky** elektriny

(Očakávaná) sekundárna legislatíva k zákonu 251, vykonávacie predpisy



■ **Vykonávacia vyhláška pre inteligentné meracie systémy (2013)**

definovanie pilotného projektu definovanie cieľov, požiadaviek a parametrov pre zavedenie, požiadavky na bezpečnosť, požiadavky na národné komunikačné štandardy, zabezpečenie interoperability

■ **Vyhláška ÚRSO (2012), ktorou sa ustanovuje spôsob, rozsah a štruktúra poskytovania meraných údajov o spotrebe na odbernom mieste odberateľa elektriny a ich uchovávanie**

■ **Pravidlá trhu (2012)**

zber, správa a fakturácia nameraných údajov vykonávané organizátorom krátkodobého trhu s elektrinou

■ **Vyhláška 275/2012 ÚRSO z 5. 9. 2012, ktorou sa ustanovujú štandardy kvality elektriny**

■ **Metrológia, bezpečnosť, ochrana osobných údajov...**

IMS - rôzne potreby účastníkov trhu



- Štátne authority MHSR, ÚRSO**
 - implementácia požiadaviek legislatívy EU, prevzatie jednotných pravidiel
 - nové príležitosti v oblasti úspor energií a ochrany životného prostredia
 - zvýšenie bezpečnosti a stability dodávok EE, zvýšenie podielu a možností OZE
- Zákazníci združenia, asociácie**
 - detailný prehľad, možná úspora spotreby na základe energetického „auditu“,
 - viac informácií o priebehu spotreby v čase, tarify, individuálna regulácia,
 - obava z navýšenia cien, pochybnosti o skvalitnení služieb a výhodách, nezáujem
- Obchodníci energ. spol., ZDE, alter. dod.**
 - viac informácií, lepšia transparentnosť, možnosť nových taríf, nové príležitosti
 - podklady o priebehu spotreby - presnejšie predikcie, zníženie odchýlky
 - mesačná fakturácia – zvýšenie nákladov, obava z možných legisl. zmien trhu
- Distribútori PDS alter. prev.**
 - spokojnosť so súčasným systémom distribúcie - je funkčný a stabilný
 - vysoké potrebné investície do nových systémov, potrebné sú legislatívne zmeny
 - aktuálne potreby investícií do DS sú v súčasnosti videné pravdepodobne inde
 - analýza pomerov v nn sieti, odľahčenie vedení v špičke, možné zníženie strát, optimalizácia zapojenia, nová náplň práce, nové príležitosti
- Výrobcovia EE centrálny zdroje OZE**
 - predpokladané zmeny rozsahu potrieb podporných služieb, regulácie,
 - zmeny v oblasti systémových služieb
 - možný pokles výroby, pokles spotreby a potreby nových centrálnych zdrojov
- Dodávatelia technol., IT, oper.**
 - obchodné záujmy a príležitosti, skvalitnenie služieb, podpora pre Smart Grid

O čo vlastne pôjde?



Definícia „**inteligentná sieť**“ smart grid znamená „zdokonalenú energetickú sieť, ku ktorej bola pridaná obojsmerná digitálna komunikácia medzi dodávateľom a spotrebiteľom, inteligentné meranie, monitoring a riadiace systémy“. Jej základným predpokladom sú správne a komplexné dáta z meraní - zo systému smart metering.

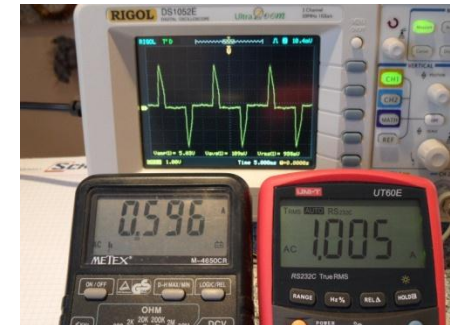


Definícia „**inteligentný merací systém**“ smart metering znamená „elektronický systém, ktorý je schopný merať spotrebu energie a pridávať k tomu viac informácií než konvenčné meradlo (napr. meranie ďalších výkonových a kvalitatívnych parametrov elektriny), a ktorý je schopný vysielat' a prijímať dáta s využitím niektorej formy elektronickej komunikácie“

Ako byť Smart?



- 1. Grid nemôže byť Smart, presnejšie nemôže existovať vôbec, ak nemáme Smart Meranie.**
- 2. Je neefektívne a takmer zbytočné, aby meranie bolo Smart, ak nad ním nebudeme budovať Smart Grid.**

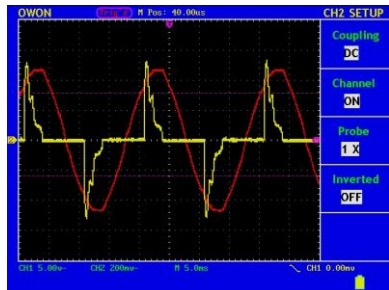


- 3. Všetko to bude zbytočné, ak meranie nebude správne a komplexné**

Meriame správne? Zdanlivý a iné výkony



Platí: $S = U \cdot I$



„nad - nežiadúce“

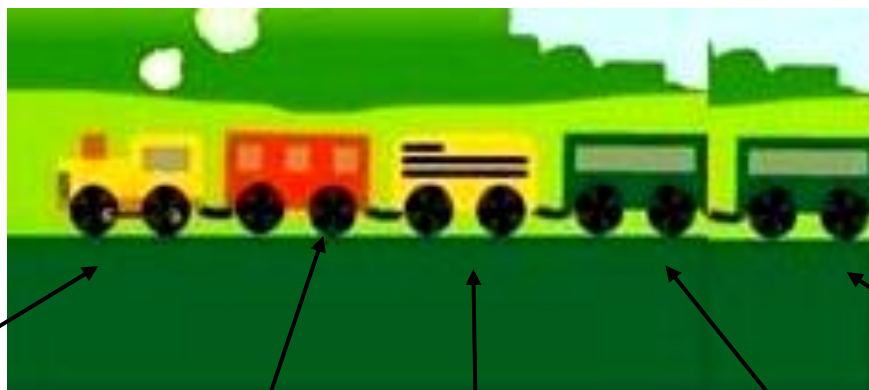
$$S^2 = U_1^2 I_1^2 \cos^2 \varphi_1 + U_1^2 I_1^2 \sin^2 \varphi_1 + U_1^2 \sum_{j=2}^{\infty} I_j^2$$

1. člen – **činný výkon P** . Jednotkou P je watt. Zákazník za tento výkon platí.
2. člen – **jalový výkon Q** . Jednotkou Q je var. Zákazník za tento výkon niekedy platí formou prirážky, alebo penalizácie.
3. člen – **deformačný výkon D** . Jednotkou D je VA. Nikto zaň neplatí, ani nie je penalizovaný.

Nezabúdajme na budúcnosť !



účinník P/S (PF), straty



Elektrina = celý výkon S

Jalový výkon Q

Nesymetria N

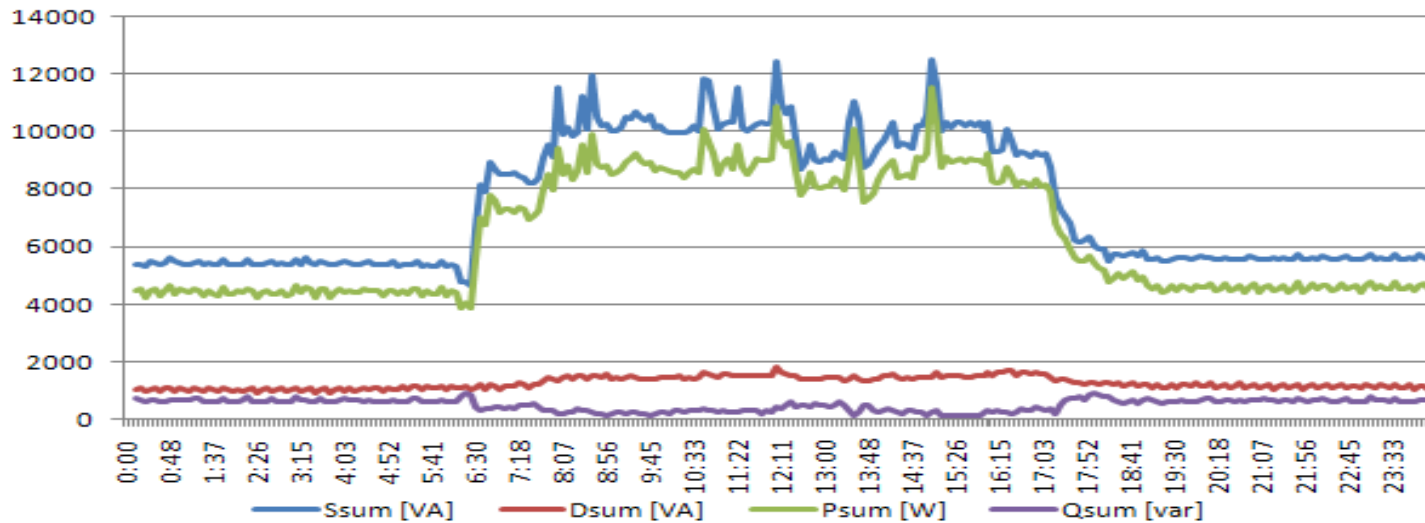
Činný výkon P

Deformačný výkon D

$$k_z = \frac{R I^2}{R I_{\min}^2} = \frac{S^2}{P^2} = \frac{1}{PF^2}$$

$$k_z = 1 + \frac{Q_1^2}{P^2} + \frac{D^2}{P^2} + \frac{N^2}{P^2}$$

Ako je to naozaj? Administratívna budova



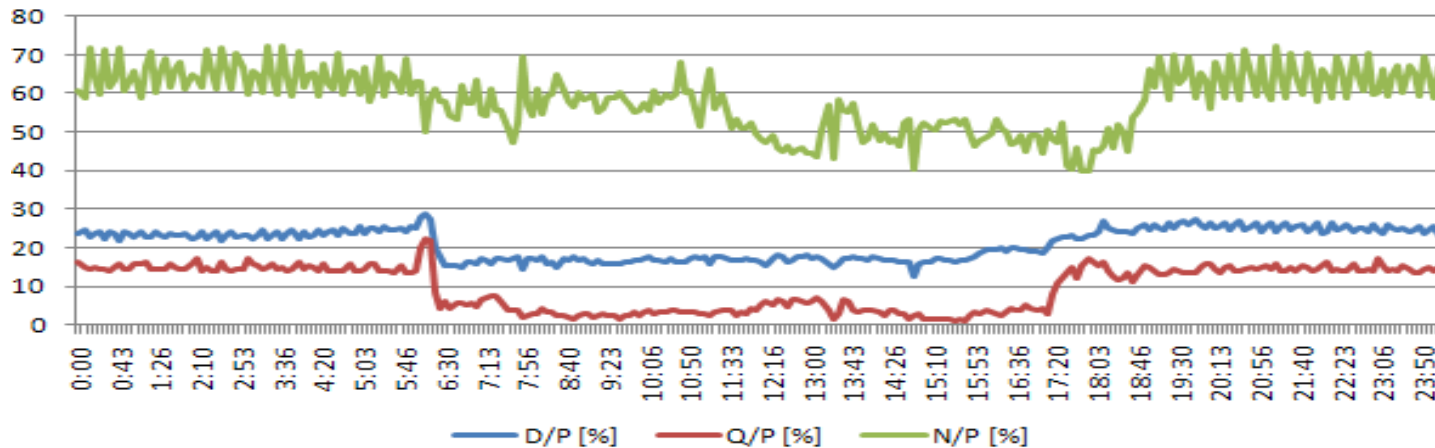
$P = 8,63\text{kW}$

$Q = 0,34\text{kVar}$

$D = 1,13\text{kVA}$

$S = 9,47\text{kVA}$

Porovnanie Q/P, D/P a N/P %



$Q/P = 0,0565$

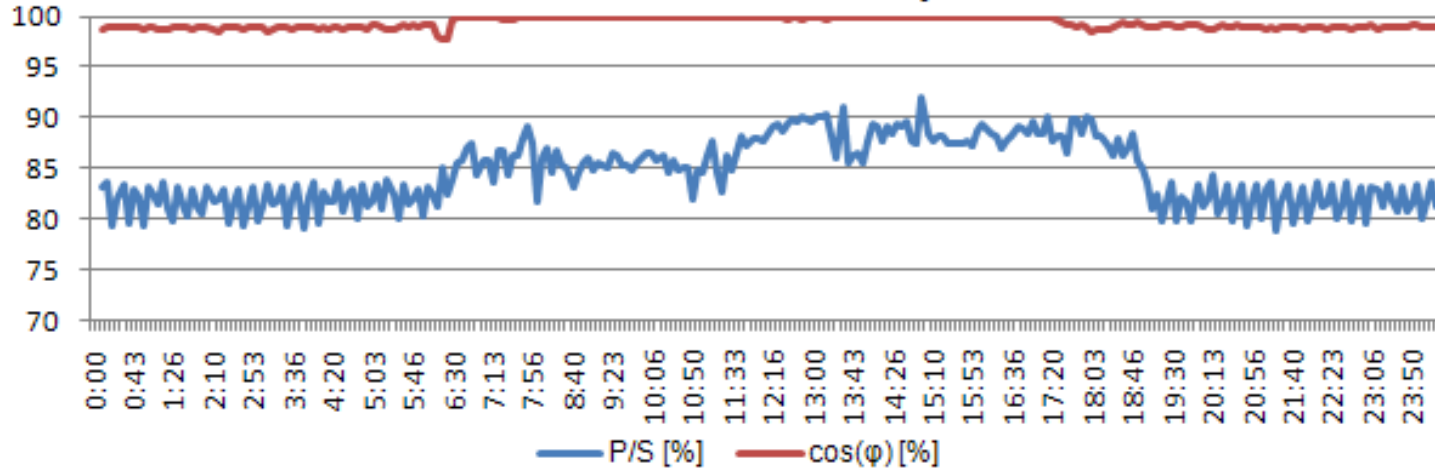
$D/P = 0,1841$

$N/P = 0,5192$

Ako je to naozaj? Administratívna budova



Porovnanie P/S a cos(φ)



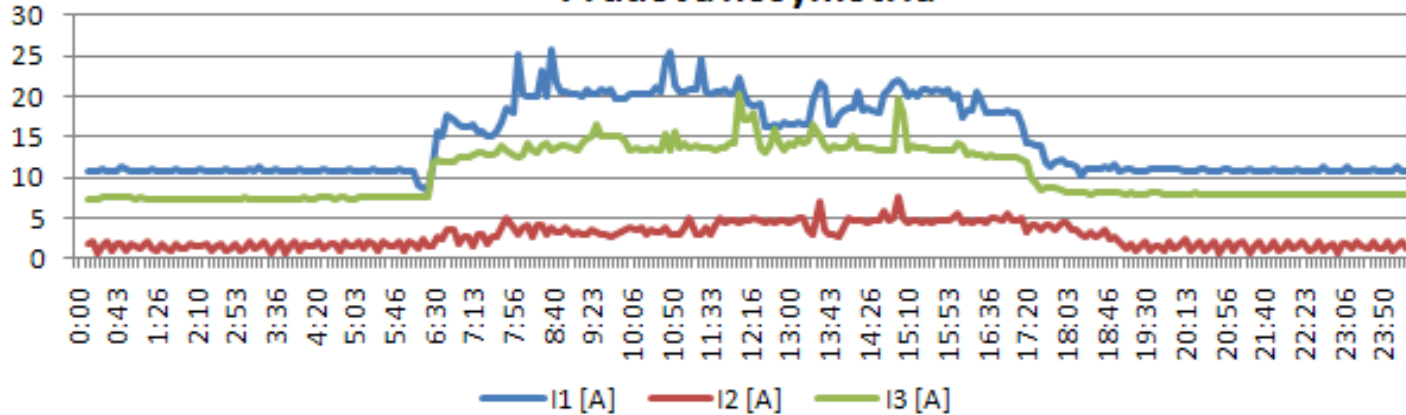
$$\cos(\varphi) = 0,987$$

$$P/S = 0,845$$

$$k_z = 1,29$$

$$k_z = \frac{R I^2}{R I_{\min}^2} = \frac{S^2}{P^2} = \frac{1}{PF^2}$$

Prúdová nesymetria



$$k_z = 1 + \frac{Q_1^2}{P^2} + \frac{D^2}{P^2} + \frac{N^2}{P^2}$$

Čo treba zohľadniť? Požiadavky na zavádzanie IMS na úrovni nn



- Prijaté rozhodnutie o budovaní IMS v SR
- Odporúčania komisie EU z 9. marca 2012
- Strategické ciele energetickej politiky SR a EU (podpora a ochrana spotrebiteľa, podpora SG, OZE, energetický mix, elektromobilita, bezpečnosť, efektívnosť a spoľahlivosť dodávky, kvalita elektriny...)
- Podmienky a potreby v SR (stav siete, legislatíva, geografické a lokálne špecifiká odberných miest, kategórie odberateľov, stav a technológie rozvodov a rozvádzačov, finančná náročnosť...)
- Skúsenosti z inštalácií v SR a podobnej ČR
- Skúsenosti v inom zahraničí
- SWOT analýzu, definované ciele a požiadavky z nej vyplývajúce
- Rozpracované projekty a výsledky vedy a výskumu
- Postup vývoja a štandardizácie technológií
- Ekonomické priority a možnosti...

Základné úlohy pracovnej skupiny a jej tímov – návrh implementácie IMS pre nn



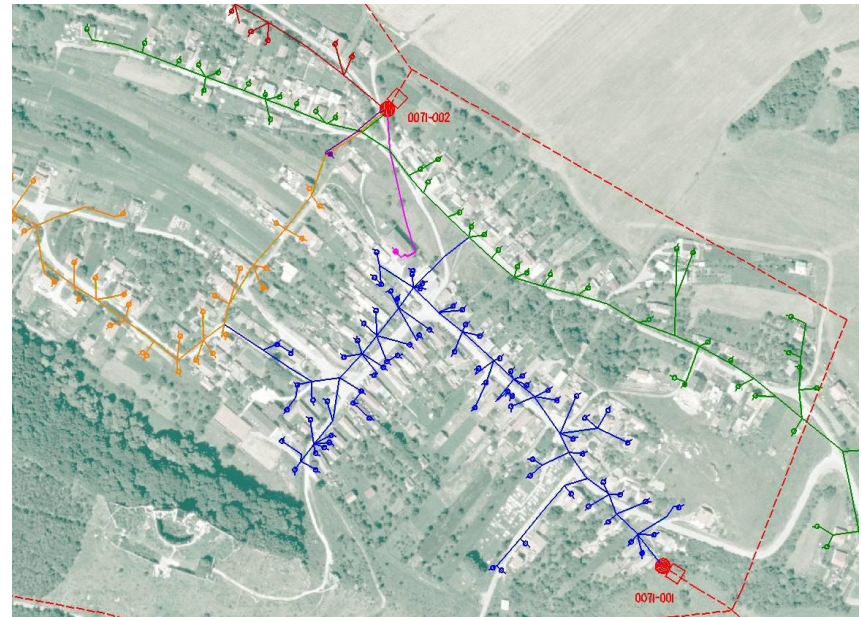
- **Definovanie konkrétnych cieľov a k nim priradených požadovaných funkcionalít a vlastností systému pre rôzne kategórie OM**
(napr. množina dát a ich poskytovanie pre odberateľa, diaľkové vyp. a zap., ohraničenie odoberaného výkonu, analýza stavu siete, riešenie strát, dáta pre potreby smart grid, predplatné služby, budúcnosť...)
- **Požiadavky na merače** (pre určené kategórie napr. vyp. relé, relé pre ovládanie bojlera, meranie neaktívnej zložky, profily, kvalitatívne parametre)
- **Požiadavky na prenosy** (4 MWh - GPRS, ETHN)
- **Požiadavky na koncentrátorovú technológiu?** (PLC, BPL, RF...) - test
- **Príprava pilotných projektov, návrh technológií a procesov**
- **Spracovanie a vyhodnocovanie dát, centrály, dátový sklad**
- **Systemová integrácia, výmeny dát na energetickom trhu**
- **Požiadavky na bezpečnosť dát, ochrana osobných údajov**
- **Organizačné štruktúry, logistika, obstarávanie, technická podpora**
- **Úprava legislatívy, finančné otázky, motivačné faktory, marketing...**

Smart Metering – pilotné projekty 4 MWh - komunikácia



- Definovaná hranica spotreby odberných miest nad 4MWh predurčuje technológiu prenosu dát z meracieho miesta priamym spojením merací bod – centrála prostredníctvom GPRS, alebo Ethernet.
- Plošný odpočet technológiou cez koncentrátory v lokalite (PLC, BPL, DLC, RF...) môže byť z dôvodu malej hustoty vyhovujúcich odberov v lokalitách a tým nespojitej prenosovej cesty efektívne využitý len veľmi málo

Vývoj technológií rýchlo napreduje, pozornosť im treba venovať naďalej v rámci skúšobných a výskumných projektov. Iniciatívy PLC PRIME (OFDM), BPL, PLC S-FSK (IDIS, Linky), PLC G3, DLC, Open meter, PLC – More (Meter and more), RENESAS, rádiové technológie, MUC...



Možné nasadzovanie z hľadiska komunikačnej technológie



1. Inštalácia - štandardizované technológie bod-bod

Kategórie odberných miest IMS1 – 4 MWh + nové

Komunikácia GPRS a/alebo optika, (možnosť náhrady za PLC, BPL, RF, alebo inú komunikačnú technológiu v budúcnosti) pre:

- Všetky polopriame merania (nad 80 A), všetky OZE, KVET, TS vn/nn, vybrané uzlové a koncové body siete
- Odberné miesta zo segmentu MOP s fakturačnou hodnotou ističa nad 63A vrátane
- Odberné miesta kúrenárskeho segmentu MOO (t.j. sadzba X3 a sadzby pre priamo výhrevné vykurovanie a akumuláčny spotrebič – minimálne sadzby D4 a D5, odporúčané aj pre sadzby D1, D2, D3)
- Všetky nabíjacie stanice pre elektromobily

Pilotné projekty z hľadiska komunikačnej technológie



2. Pilotný projekt koncentrátor

Kategória odberných miest IMS2 – mix cez koncentrátory

Test komunikácie viacerých technológií (rôzne PLC, BPL, prípadne RF)

- Vybrané lokality s najvyššou (prijateľnou) hustotou odberov podľa IMS1
- Vytvorenie spojitej prenosovej cesty doplnením všetkých odberných miest v lokalite (alebo doplnením repeatrov)

Predpilotné testovanie

- Inštalácia skúšobnej vzorky niekoľko desiatok meračov rôznych značiek
- Výber perspektívnych optimálnych technológií
- Štandardizácia pre pilotný projekt
- Zadanie pilotného projektu



3. Pilotný projekt SG

Kategória odberných miest IMS3 – OZE, smart grid

Test miešanej komunikácie viacerých technológií (GPRS, ETHN, vybrané PLC, BPL, prípadne RF) a prepojenie dát s riadiacimi systémami SG

- Vybrané lokality s najvyššou hustotou odberov OZE a podľa IMS1, prípadne doplnené IMS2
- Inštalácia a testovanie skúšobnej vzorky komponentov a technológií pre riadenie spotreby a distribuovaných zdrojov v lokalite
- Využitie malých OZE, dáta pre smart home, smart grid región. Zvyšovanie efektívnosti využívania elektriny, optimalizácia spotreby a strát
- Otestovanie dátových štruktúr a väzieb pre nn SCADA systémy
- Spolupráca na ďalších výskumných projektoch v oblasti SG

Smart Metering – hľadáme spoločné benefity a príležitosti



- **Obojsmerná komunikácia s meracím miestom**
- **Informácie o aktuálnej spotrebe elektrickej energie a priebehu odoberaného výkonu v čase, a to aj pre odberateľa - formou web, home displej, SMS, TV**
- **Možnosť automatického diaľkového odpočtu k definovanému dátumu a času, v pravidelných intervaloch (napr. raz mesačne) alebo na okamžité požiadanie (stop-odpočet, zmluvné zmeny...)**
- **Možnosť diaľkového vypnutia a opätovného zapnutia odberateľa**
- **Ohraničenie dohodnutého odoberaného výkonu (prepnutie tarify, obmedzenie výkonu, predplatné služby...)**
- **Kontrola neoprávnenej manipulácie**
- **Možnosť sledovania a analýzy prevádzkových parametrov siete**
- **Možnosť vstupov pre dáta z meraní ďalších médií v budúcnosti (plyn, voda, teplo ... Využitie prenosových ciest a komunikácie)**



Smart Metering – hľadajme spoločné benefity a príležitosti



- Presné a častejšie meranie spotreby – presnejšie a podrobnejšie informácie o energetickom správaní sa zákazníkov a pre plánovanie
- Presnejšie určenie rezervovanej kapacity, zníženie odchýlky
- Presnejšia predikcia – možné lepšie ceny za elektrickú energiu (?)
- Podklady pre tvorbu nových obchodných produktov, vytváranie motivačných a efektívnych taríf, sociálnych taríf
- Informácie o výpadkoch, o problémoch v sieti, alarmy, manipulácie
- Spresnenie (náhrada) TDO, možné doplnenie / náhrada HDO
- Potrebné dáta pre budúce smart grid a rozvoj elektromobility
- Rozšírenie možností nasadzovania OZE, podklady pre efektívne riadenie využitia zdrojov a decentralizované zásobovanie lokalít
- Eliminácia negatívnych dopadov a vplyvov nasadzovania OZE
- Podpora riešení možného stavu núdze
- a mnohé ďalšie ...



Smart Metering – skúsme riešiť nevýhody, riziká, hrozby



- Neistota skutočných prínosov a investičnej návratnosti
- Vysoké jednorázové náklady, nevyjasnené financovanie
- Náročné komunikačné a IT riešenia
- Absencia štandardov, otázna spoľahlivosť systému
- Neznámy (vysoký) stupeň zraniteľnosti a lability systému
- Potreba zložitej koordinácie, logistiky, organizačných štruktúr
- Otázny vzťah zákazníkov k projektu, stav inštalácií, rozvádzačov
- Právne aspekty bezpečnosti dát a ochrany osobných údajov
- Nejasne definované požiadavky budúcich Smart Grids
- Zložitá interoperabilita meracích systémov a zariadení
- Otázny prínos technológie regulácie vo vzťahu k HDO
- Nedostatočná pripravenosť legislatívy
- ...



Záver



- **Inteligentné systémy merania sú pre budúcnosť nevyhnutné. Nie či, ale ako.**
- **V SR je odlišná štartovacia úroveň a potreby v porovnaní s inými krajinami.**
- **Nestačí merať len to, čo meriame dnes. Je potrebné merať a vyhodnocovať aj iné výkonové a kvalitatívne parametre siete a vyhodnocovať energetickú efektívnosť a straty.**
- **Systém Smart Metering musí byť dostatočne bezpečný, stabilný, robustný, rýchly a komfortný, budovaný zodpovedne pre podmienky budúcnosti.**



Implementácia len čiastočných funkcionalít a nepreviazaných izolovaných riešení bez komplexného využitia by bola neúčelným vynaložením finančných prostriedkov a priniesla by (asi) len zdraženie služieb bez ďalších prínosov.

System má byť prospešný nám (aj vám), všetkým občanom SR



Zavádzanie IMS je veľký energetický projekt v prospech celej spoločnosti.

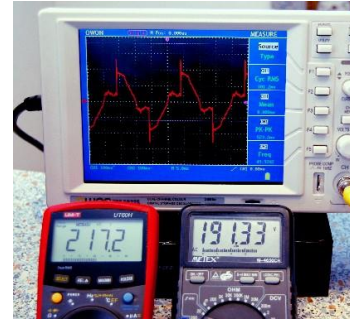
Verme, že odborná skupina kompetentných zástupcov účastníkov trhu nájde spoločnú reč a nadefinuje systém, ktorý umožní poskytovať komplexné a správne informácie pre spotrebiteľov, dodávateľov aj prevádzkovateľov.

Dáta o priebehu spotreby resp. výroby v čase, informácie o výkonových a kvalitatívnych parametroch elektriny, vyhodnocovanie účinníka, informácie o stratách, možných problémových miestach a rezervách v sieti budú zdrojom podkladov pre plánovanie, riadenie, reguláciu a manipulácie. Na ich základe bude možné pre budúcnosť dosiahnuť operatívne zvýšenie efektívnosti, spoľahlivosti a bezpečnosti elektrickej siete na všetkých napäťových úrovniach, lepšie predikcie a minimalizáciu odchýlok, optimálne plánovať investície do sústavy, umožniť minimalizáciu a rýchle riešenie poruchových stavov a problémov, poskytovať kvalitné služby spotrebiteľom – zákazníkom.

Ďakujem za pozornosť.



Chceme byť pripravení aj na budúcnosť?



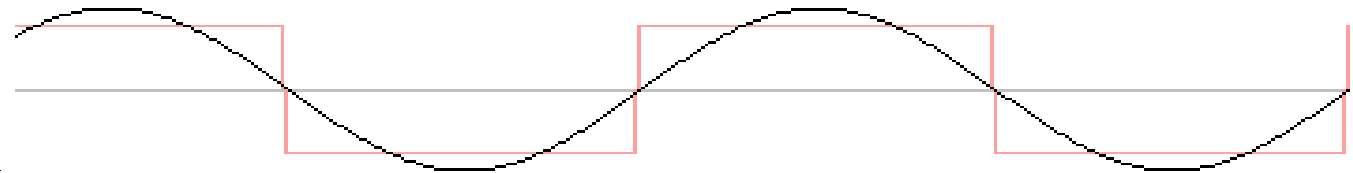
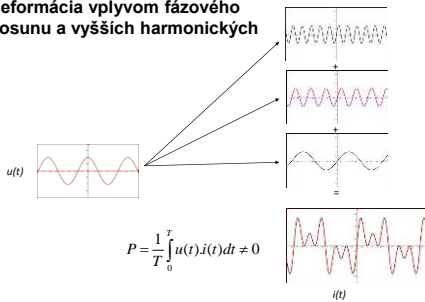
faktor výkonu P/S

$$S_{v_energetike}^2 = P^2 + Q_{1h}^2 \leq U^2 I^2$$



harmonics: 1

Deformácia vplyvom fázového posunu a vyšších harmonických



i.chrapciak@schrack.sk