

Inteligentná energia a inteligentné siete

Radoslav Vargic, Juraj Londák

Anotácia

Tento modul sa zaoberá oblasťou inteligentnej energie. Poskytuje základný opis elektrickej siete, elektriny, trhu s elektrinou a súvisiacich procesov ako reguláciu siete. Obsahuje úvod do problematiky merania. Pokrýva základné mechanické merače, ako aj najmodernejšie inteligentné merače. Informuje o plánoch Európskej únie a stave implementácie zavádzania inteligentného merania. Študijný materiál tiež opisuje sprievodné systémové riešenia ako automatizované čítanie meračov (AMR) a pokročilú infraštruktúru merania (AMI). Predstavuje koncept inteligentnej siete a podrobnejšie sa zameriava na mikro siete a koncept energetických uzlov.

Ciele

Štúdiom modulu získajú študenti prehľad v oblasti inteligentného merania a inteligentnej siete. Okrem technických aspektov existujú aj základné aspekty trhu s elektrickou energiou a procesné aspekty. Študent by mal pochopiť hlavný smer a trendy ako sa elektrická sieť stáva inteligentnou a akým smerom sa evolúcia uberá.

Kľúčové slová

elektrická sieť, distribúcia elektrickej energie, trh s elektrinou, inteligentný merač, pokročilá infraštruktúra merania, inteligentná sieť, mikro sieť, energetický uzol

Dátum vytvorenia

26.04.2022

Časová dotácia

120 hodín

Jazyková verzia

slovensky

Licencia

Licence [Creative Commons BY-SA 4.0](#)

Literatúra

- [1] SEPS, a.s., “Schémy siete”. 31. december 2021. [Online]. Available at: <https://www.sepsas.sk/sk/technicke-udaje/schemy-siete/>
- [2] “ÚVOD DO LIBERALIZOVANÉ ENERGETIKY”. Asociace energetických manažerů, 2016. [Online]. Available at: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/kniha-trh-s-elektroinou.pdf>
- [3] Blue Jay company, “Difference of AMR and AMI system”. [Online]. Available at: <http://www.cqbluejay.com/index/Information/105.html>
- [4] I. Kaur, “Chapter 29 - Metering architecture of smart grid”, v Design, Analysis, and Applications of Renewable Energy Systems, A. T. Azar a N. A. Kamal, Ed. Academic Press, 2021, s. 687–704. doi: 10.1016/B978-0-12-824555-2.00030-7.
- [5] “Functional reference architecture for communications in smart metering systems”. 2011. [Online]. Available at: https://www.cenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN-CENELEC_Topics/Smart%20Grids%20and%20Meters/Smart%20Meters/cen-clc-etsi-tr50572_2011.pdf
- [6] European Commission, Directorate-General for Energy, C. Alaton, a F. Tounquet, Benchmarking smart metering deployment in the EU-28 : final report. Publications Office, 2020. doi: 10.2833/492070.
- [7] Directorate-General for Energy, “Smart grids and meters”. [Online]. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters_en
- [8] Smart Grid Coordination Group, “Smart Grid Reference Architecture”. november 2012. [Online]. Available at: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjD6g>
- [9] F. Gao, R. Kang, J. Cao, a T. Yang, “Primary and secondary control in DC microgrids: a review”, J. Mod. Power Syst. Clean Energy, roč. 7, č. 2, s. 227–242, mar. 2019, doi: 10.1007/s40565-018-0466-5.
- [10] M. Mohammadi, Y. Noorollahi, B. Mohammadi-ivatloo, a H. Yousefi, “Energy hub: From a model to a concept – A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, roč. 80, s. 1512–1527, dec. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.07.030.

KAPITOLA 1

Elektrická sieť

DEFINÍCIA

Elektrická sieť je prepojená sieť elektrických vedení a súvisiacich zariadení používaných na dodávku elektrickej energie od výrobcov k spotrebiteľom.

Najviac výroby elektrickej energie sa zvyčajne vykonáva v elektrárnach (napr. uhoľné, jadrové alebo vodné elektrárne), ale často sú ďaleko od spotrebiteľov. Diaľka je spôsobená niekoľkými faktormi ako je ekonomika, zdravie, bezpečnosť a životné prostredie. Dodávka sa zvyčajne uskutočňuje na dvoch úrovniach: **prenos** a **distribúcia**. Prenosová časť prenáša energiu na dlhé vzdialenosti (napr. stovky kilometrov) a využíva vyššie napätie pre efektívnejší prenos. Distribúcia je zameraná na dodávku pre jednotlivých spotrebiteľov a využíva nižšie napätie pre bezpečnejšiu a jednoduchšiu distribúciu.

[Interaktívny prvek](#)

POZNÁMKA

Všeobecne platí, že **energetický reťazec** je výroba -> prenos -> distribúcia -> spotreba.

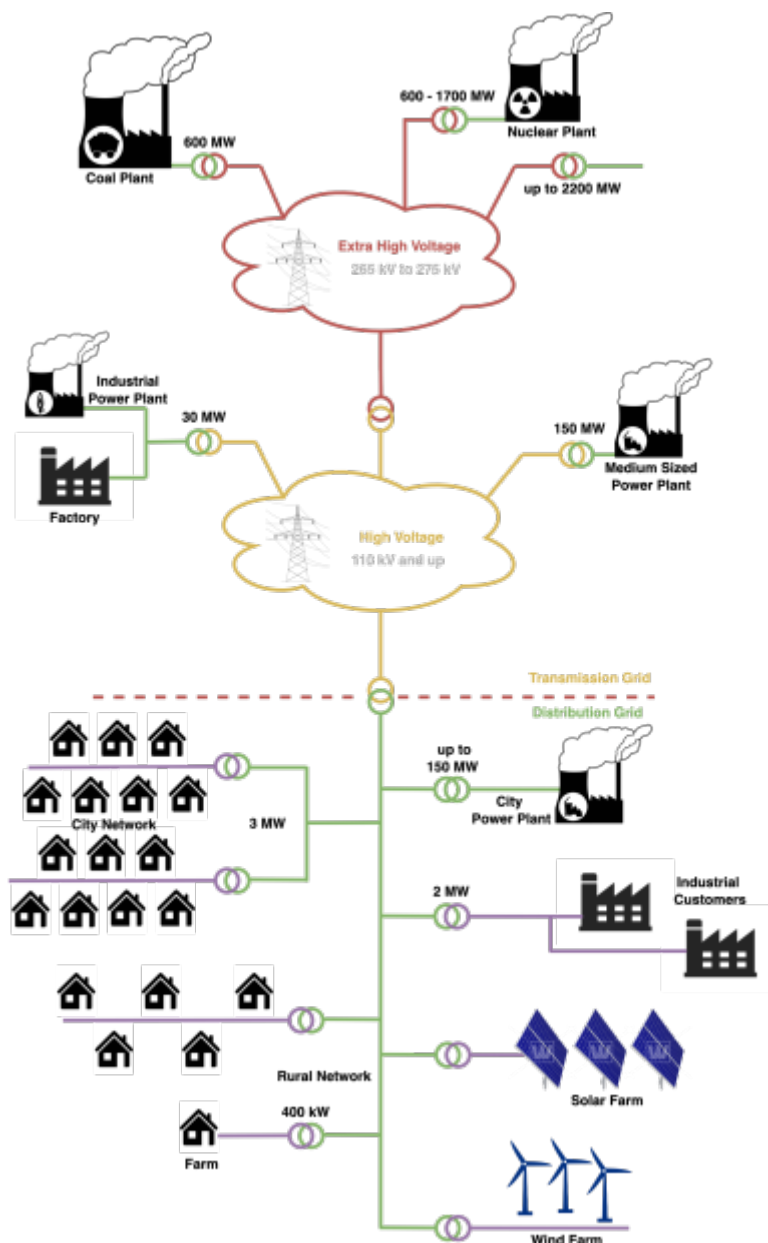
Okrem tohto tradičného konceptu existuje koncept *distribovaných energetických zdrojov (DEZ)*.

POZNÁMKA

V koncepcii DEZ sa energia generuje v blízkosti miesta spotreby, napr. v tej istej budove.

[Interaktívny prvek](#)

DEZ sú zvyčajne malé a šetrné k životnému prostrediu. Zvyčajne využívajú slnečnú energiu, zemný plyn alebo vietor. Umiestnenie všetkých spomínaných konceptov je znázornené na Obr. 1.



Obr. 1 Základná schéma elektrickej siete s výrobou energie, prenosom, distribúciou, spotrebou

Viditeľné je aj jasné oddelenie úrovni prenosu a distribúcie. Toto oddelenie je prítomné aj pri prevádzke elektrickej siete. Prenosovú časť prevádzkujú *prevádzkovatelia prenosových sústav (PPS)* a distribúciu prevádzkovatelia *distribučných sústav (PDS)*. Prevádzkovatelia distribúcie môžu byť regionálni alebo miestni.

[Interaktívny prvek](#)

ZAÚJÍMAVOŠŤ

V Európe existuje viac ako 3500 PDS spoločností. V niektorých krajinách (napr. ako Česko, Slovensko, Maďarsko) dodávajú tri najväčšie PDS viac ako 60% energie.

ZAUJÍMAVOSŤ

Mapy a schémy prenosových častí uverejnených PPS sú verejne dostupné, napr. v [1] je dostupná schéma pre celú strednú Európu. Prinášame tu čiastočný pohľad na Obr. 2.



Obr. 2 Energetické systémy strednej východnej Európy [1], približené k slovensko-ukrajinskej hranici, poskytnuté s povolením SEPS a.s.

KAPITOLA 2

Vysvetlenie činného, jalového a zdanlivého výkonu, princípu straty výkonu, kvality elektriny

V nasledujúcom texte by sme chceli podrobnejšie vysvetliť, aký druh energie je prítomný v elektrickej sieti a ako súvisí so stratou výkonu v elektrickej sieti.

PRÍKLAD

Použime jednoduchý príklad na Obr. 3, aby sme ukázali, čo je **jalový výkon**. Ak kôň ťahá vozeň v smere koľajníc, vozeň pôjde ľahko a s minimálnym trením. Celé úsilie koňa reprezentované silou P (tzv. **činný výkon**) sa používa na pohyb vozňa.

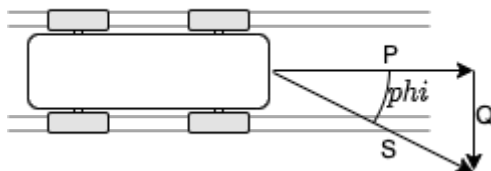
Ak však kôň ťahá súbežne s koľajnicami, vozeň musí pri pohybe prekonať trenie (naš **jalový výkon Q**) a kôň musí použiť väčšiu silu, tzv. **zdanlivý výkon S** , aby dostal vozeň na rovnaké miesto ako v prvom prípade. Kosínus uhla medzi silami, v našom prípade výkonmi, je **účinník ϕ** .

[Interaktívny prvek](#)

Pri distribúcii elektrickej energie, ak sa účinník rovná 1, prenáša sa iba činná zložka, zdanlivý výkon sa rovná činnému a prevádzka zariadenia je najúspornejšia (minimálne poklesy napätia a straty energie).

NEVÝHODY

V reálnom živote je vždy prítomný minimálny jalový výkon (ideálny účinník 1 nie je nikdy dosiahnutý).

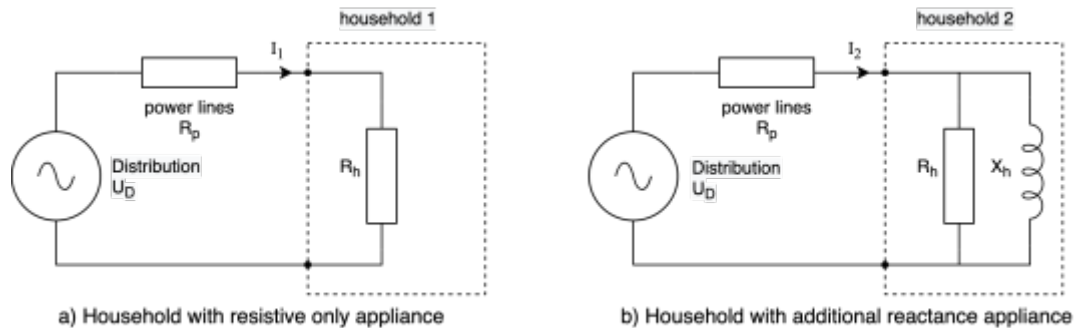


Obr. 3 Schematické vysvetlenie činného a jalového výkonu

Hlavným problémom je jalový výkon, ktorý neprenáša žiadnu skutočnú energiu na záťaž. Ale zodpovedajúce reaktívne prúdy sú skutočné a spôsobujú ďalšie **tepelné straty** pri prenose a distribúcii.

PRÍKLAD

Zoberme si jednoduchý príklad Obr.4. Tu dodatočná reaktancia spôsobuje ďalší, fázovo posunutý prúd, ktorý domácnosť nespotrebováva, ale pri prechádzaní elektrickým vedením (kvôli jednoduchosti zobrazenej ako skutočný odpor) spôsobuje dodatočnú stratu energie. Keďže obe domácnosti spotrebujú rovnaký činný výkon, platia rovnakú cenu za kWh.



Obr. 4 Schematické porovnanie tokov energie pre domácnosti bez a s dodatočnou reaktanciou, platí že $|I_{h2}| > |I_{h1}|$

Distribučná spoločnosť zvyčajne upravuje svoje ceny (tarify) aj tak, aby pokryla straty elektriny vo svojej sieti. Takže platby za straty sa rozdeľujú medzi všetky domácnosti, nielen tie ktoré ich primárne spôsobujú. Iná situácia je však v prípade malých spoločností, kde sa vykonáva presné meranie vrátane účinníka. Tu je zlý účinník zvyčajne už finančne penalizovaný.

DEFINÍCIA

Zapamätajte si, že v EÚ je striedavé napätie pre domácnosti špecifikované normou **EN 60038:2011** ako **230/400V ±10%**.

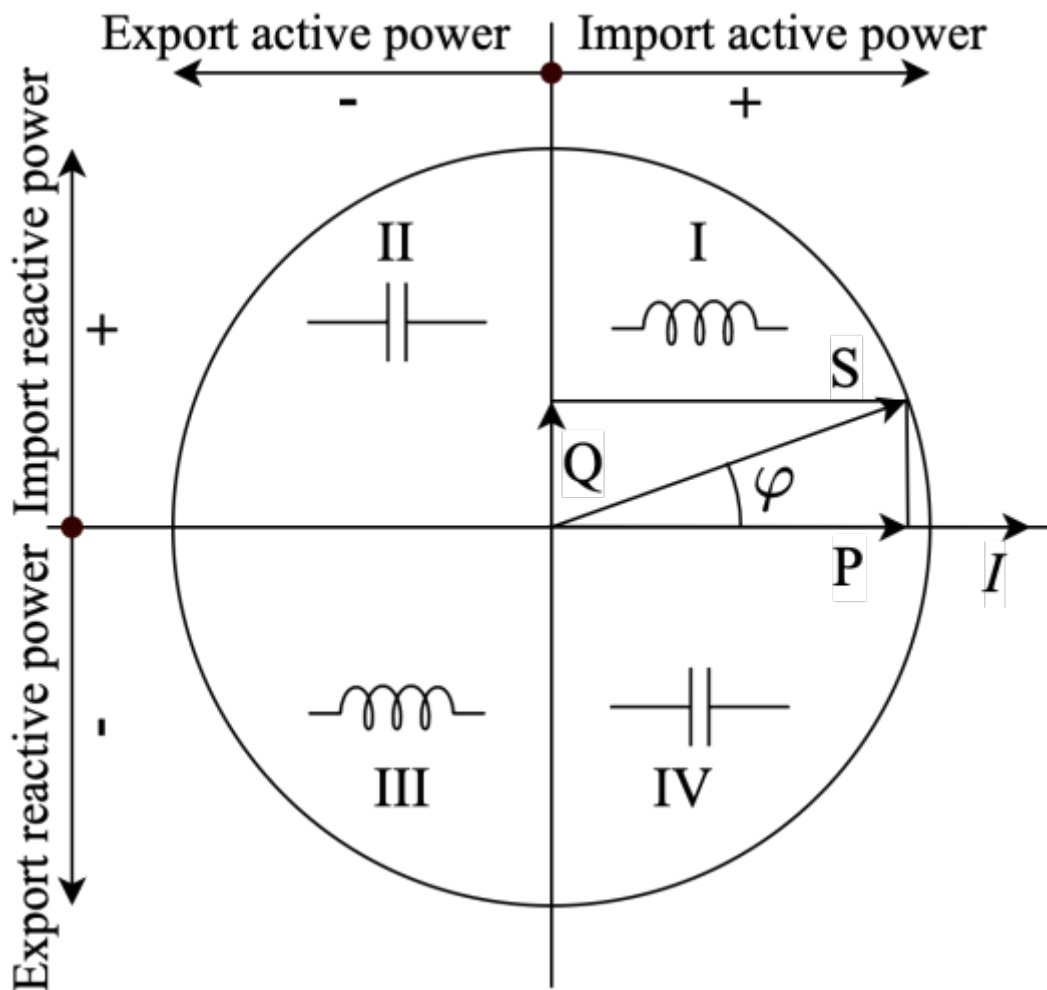
V zápise 230/400V je 230V stredný kvadratický priemer (anglicky Root Mean Square - RMS) medzi fázou a neutrálnym vodičom, 400V je RMS napätie medzi dvoma fázami (pripojenie domácnosti k elektrickej sieti má zvyčajne 3 fázy). Fázy sú označené L1, L2, L3 a sú vzájomne fázovo posunuté o 120°.

[Interaktívny prvek](#)

ZAÚJÍMAVOSŤ

Pre striedavý elektrický prúd sa hodnota RMS rovná hodnote konštantného jednosmerného prúdu, ktorý by produkoval rovnaké tepelné straty pri odporovej záťaži.

Keď sa merania vykonávajú modernými meračmi, existuje spoločné rozdelenie medzi štyri kvadranty (I, II, III, IV), ktoré klasifikujú aký typ reaktancie (kapacitný, indukčný) prevláda a ktorým smerom prúdi energia (import = spotreba = pozitívny činný výkon = A+, export = výroba = záporný činný výkon = A-).

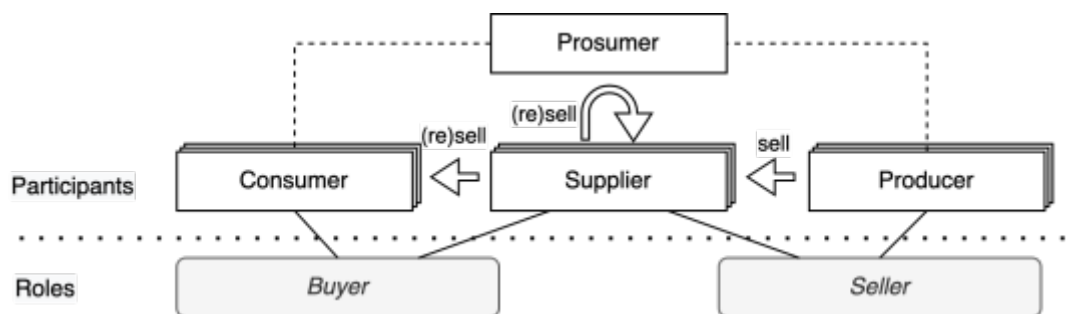


Obr. 5 Definícia kvadrantov pre činný a jalový výkon podľa IEC 62053-23

KAPITOLA 3

Trh s elektrickou energiou

Všetka elektrina, ktorá preteká elektrickou sieťou, bola nakúpená na trhu s elektrinou. Základní účastníci trhu a ich úlohy sú znázornené v diagrame na Obr. 6.



Obr. 6 Obchodujúci účastníci na trhu s elektrinou a ich úlohy

Popis rolí je nasledovný:

DEFINÍCIA

- **Výrobca** – výrobca elektrickej energie. Najčastejšie ide o **predajcu**. Môže predávať energiu viacerým dodávateľom.
- **Spotrebiteľ** – spotrebiteľ elektrickej energie. Zvyčajne má jedného dodávateľa, ktorý je tiež zodpovedný za odchylku spotrebiteľov. Najčastejšie je to **kupujúci**.
- **Prosumer** - Nová úloha v právnych predpisoch EÚ. Prosumer kombinuje úlohy výrobcu aj spotrebiteľa, pretože spotrebiteľ sa môže stať aj výrobcou, ak má nejaký zdroj energie, ktorý je možné speňažiť.
- **Dodávateľ** - Úlohou dodávateľa je vyvažovať nerovnomernú spotrebu menších spotrebiteľov. Pretože každý z nich má inú časovú os spotreby, dodávateľ môže kombinovať diagramy spotreby, ktoré sú často veľmi nerovnomerné. Tým získal oveľa rovnomernejší celkový diagram, pre ktorý je výhodnejšie nakupovať elektrickú energiu na trhu. Dodávateľ okrem dodávky preberá zodpovednosť za odchýlku v mene spotrebiteľa a sám je registrovaný ako subjekt zúčtovania (podrobnosti nájdete v ďalšej kapitole). Dodávateľ môže byť zároveň kupujúci aj predávajúci.

Existuje mnoho rôznych typov a organizácií trhov s energiou. Všetky trhy majú svoje špecifiká. Základné delenie možno vykonať nasledovne [2]:

DEFINÍCIA

- **Veľkoobchod (obchodovanie)** je podnikanie vykonávané vo väčšom rozsahu a na zabezpečenie iných obchodných transakcií medzi jednotlivými podnikateľskými subjektmi na trhu (Business to Business, B2B), t. j. nie je primárne určené pre konečného spotrebiteľa. Môže to byť obchod medzi výrobcami a inými obchodníkmi alebo obchod medzi samotnými obchodníkmi.
- **Maloobchod (predaj)** je obchod vykonávaný na zabezpečenie spotreby konečného spotrebiteľa. Môže to byť obchod medzi výrobcami a koncovými spotrebiteľmi, obchodníkmi a koncovými spotrebiteľmi alebo dvoma obchodníkmi, z ktorých jeden sa zameriava na dodávky koncovým spotrebiteľom.

Veľkoobchodný trh možno vo všeobecnosti rozdeliť podľa dĺžky a charakteru dodávky do troch základných trhov s energiou:

DEFINÍCIA

- **Dlhodobé trhy s produktami** sú trhy, na ktorých sa vykonávajú transakcie s dodávkou elektrickej energie počas obdobia jedného mesiaca alebo dlhšie. Nazýva sa aj **forwardovým trhom**.
- **Krátkodobé trhy** sú trhy, kde sa transakcie s dodávkou elektrickej energie vykonávajú v rozsahu niekoľkých hodín až niekoľkých dní, ale maximálne na obdobie jedného týždňa. Nazýva sa aj **spotovým trhom**.
- **Trh s regulačnou energiou** je trh, na ktorom sa uskutočňujú obchody s cieľom vyriešiť odchýlku medzi zmluvnou a realizovanou dodávkou a spotrebou elektrickej energie v elektrizačnej sústave.

[Interaktívny prvek](#)

POZNÁMKA

Ďalšia delenie obchodovania môže byť napr. podľa použitého spôsobu:

- **Bilaterálne obchodovanie**, priame alebo používanie maklérskej platformy. Pri priamom použití je európskou normou zmluva EFET. Zvyčajne je predmetom obchodovania dodávka elektrickej energie podľa dohodnutého harmonogramu spotreby (diagramy).
- **Obchodovanie prostredníctvom burzy**, obchodovanie môže byť dlhodobé alebo krátkodobé (spotové). Napr. Slovenské a české krátkodobé trhy sa uskutočňujú pomocou spotových búrz (OKTE, OTE). Dlhodobé obchodovanie organizuje napr. POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE (www.pxe.cz)

KAPITOLA 4

Zosúladenie finančného a fyzického toku energie, vyvážovanie, regulácia

DEFINÍCIA

Ako sa uvádza v predchádzajúcich častiach, elektrina, ktorá sa dodáva od výrobcov spotrebiteľom prostredníctvom elektrickej siete, bola nakúpená na **trhu s elektrickou energiou**. Takže v energetickej oblasti máme dve úrovne tokov, jedna je **finančná** a druhá **fyzická**.

Keďže sieť je vo všeobecnosti zdieľaným zdrojom, ktorý je potrebné udržiavať v dobrom stave, je definovaný proces pre zosúladenie oboch úrovní tokov. Dohodnuté a plánované toky elektriny vo finančnej úrovni sa teda kontrolujú na základe fyzických tokov, či sa fyzicky vyrábajú a spotrebúvajú podľa harmonogramu. Táto kontrola sa zvyčajne predformuluje na 15 minút alebo 1 hodinu (**zúčtovacia perióda**). Ak sa skutočná spotreba nejakého účastníka líši od harmonogramu, subjekt vykazuje **odchýlku** a mal by byť za to potrestaný.

DEFINÍCIA

Odchýlka sčítaná pre všetky predmety pripojené k elektrickej sieti predstavuje **systemovú odchýlku**.

POZNÁMKA

Výrazná systemová odchýlka môže viesť k technickým problémom, dokonca aj **k výpadku celej siete (blackout)**.

DEFINÍCIA

Aby bola sieť stabilná, je nutné systemovú odchýlku neutralizovať. Hlavným nástrojom je **regulačná energia**.

Prevádzkovateľ siete monitoruje sieť a v prípade odchýlky systému pridáva do siete pozitívnu alebo negatívnu regulačnú energiu, aby neutralizoval nerovnováhu systému.

[Interaktívny prvek](#)

DEFINÍCIA

Negatívna regulačná energia znamená, že energiu spotrebuje poskytovateľ negatívnej regulačnej energie.

Nedostatok energie v sieti spôsobuje zníženie frekvencie (pod 50 Hz) a prebytok energie spôsobuje zvýšenie frekvencie (nad 50 Hz).

POZNÁMKA

Nedostatok energie je horší a má prísnejšie riadenie. Nedostatok energie nastáva, ak výrobcovia vyrábajú menej energie ako podľa plánu a/alebo spotrebitelia spotrebujú viac ako podľa plánu. K prebytku energie dochádza, ak výrobcovia vyrábajú viac energie ako podľa plánu a/alebo spotrebitelia spotrebujú menej ako podľa plánu.

Po ubehnutí zúčtovacej periódy sa situácia vyhodnotí. Keďže všetky harmonogramy centrálné zhromažďuje prevádzkovateľ siete (finančná úroveň) a všetci výrobcovia a spotrebitelia majú elektromer (fyzická úroveň), je ľahké porovnať tieto dve úrovne, zistiť, kto sú hriešnici. Schematicky je situácia znázornená na Obr. 7. Hriešnik zaplatí regulačnú energiu, ktorá bola potrebná na udržanie stabilnej siete v príslušnom hodnotenom období.

DEFINÍCIA

Hodnotenie sa však vykonáva proti subjektu nazývanému **subjekt zúčtovania (SZ)**. Tento subjekt vlastní bilančnú skupinu, ktorá je skupinou spotrebiteľov/výrobcov, pre ktorých **prognózuje a odosiela harmonogramy** pre prevádzkovateľa siete a **preberá zodpovednosť za ich odchýlku a vyrovnanie**.

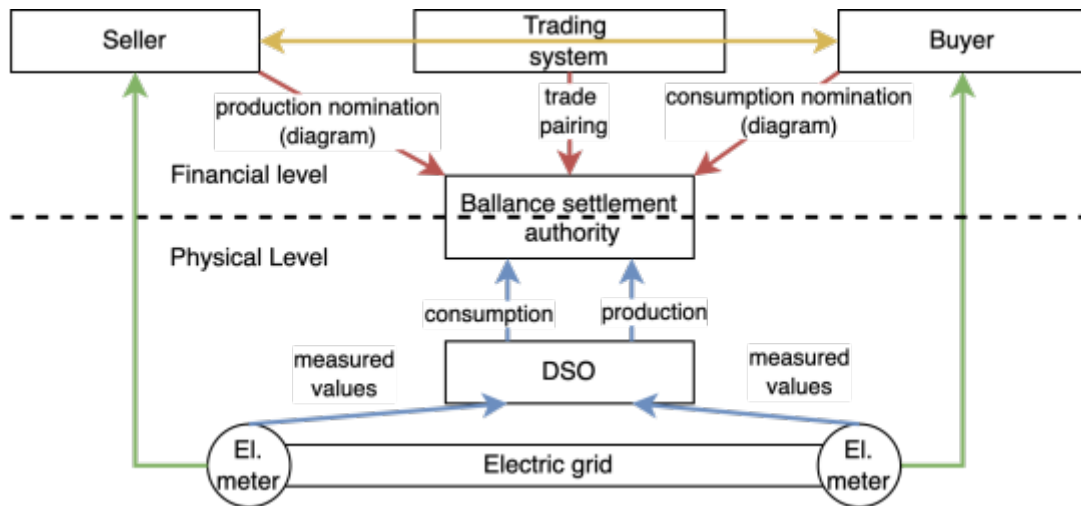
POZNÁMKA

Čím väčšia je bilančná skupina, tým väčšiu štatistickú šancu má SZ, že plánovaná výroba/spotreba bude zosúladená s reálnou výrobou/spotrebou.

Pre koncových používateľov, t. j. spotrebiteľov, ako sú domácnosti, sa celý nákup energie a zodpovednosť za odchýlku zvyčajne vzťahujú na energetické spoločnosti na základe zmluvy so spotrebiteľom. Spotrebiteľ len jednoducho platí svoj mesačný účet na základe parametrov dohodnutých v zmluve ako je max. spotreba, tarify, denný rozvrh atď. a za spotrebu evidovanú na elektromere nainštalovanom v mieste pripojenia.

DEFINÍCIA

Bod pripojenia je miesto, kde je objekt pripojený k elektrickej sieti.



Obr. 7 Princíp párovania finančnej a fyzickej úrovne a výpočtu odchýlky

KAPITOLA 5

Inteligentné meranie

Úloha merania výkonu v elektrickej sieti je veľmi dôležitá. Je to veľmi dôležité nielen pre fakturáciu zákazníkom, ale aj pre kontrolu a optimalizáciu celej siete. Čím častejšie sú merania, tým lepší prehľad môžeme mať.

ZAUJÍMAVOSŤ

Základným zariadením pre takéto merania je elektromer, čo je merací prístroj, ktorý meria spotrebu elektrickej energie a ďalšie parametre v určenom bode v elektrickej sieti. Takýto bod je zvyčajne bodom pripojenia spotrebiteľa. Tu elektromer poskytuje údaje potrebné na fakturáciu, v podstate spotrebu elektrickej energie v kWh.

DEFINÍCIA

Koncept **inteligentného merania** definuje minimálny súbor schopností elektromerov, ktoré sa majú považovať za "inteligentné". Patrí sem určitá úroveň autonómie, komunikačné schopnosti, upgradovateľnosť atď.

POZNÁMKA

Koncept inteligentného merania vyžaduje určitú architektúru celého meracieho systému na efektívnu prevádzku. V nasledujúcom texte je popísané aj technické riešenie, ktoré predchádza inteligentnému meraniu.

[Interaktívny prvek](#)

KAPITOLA 6

Elektromechanické elektromery

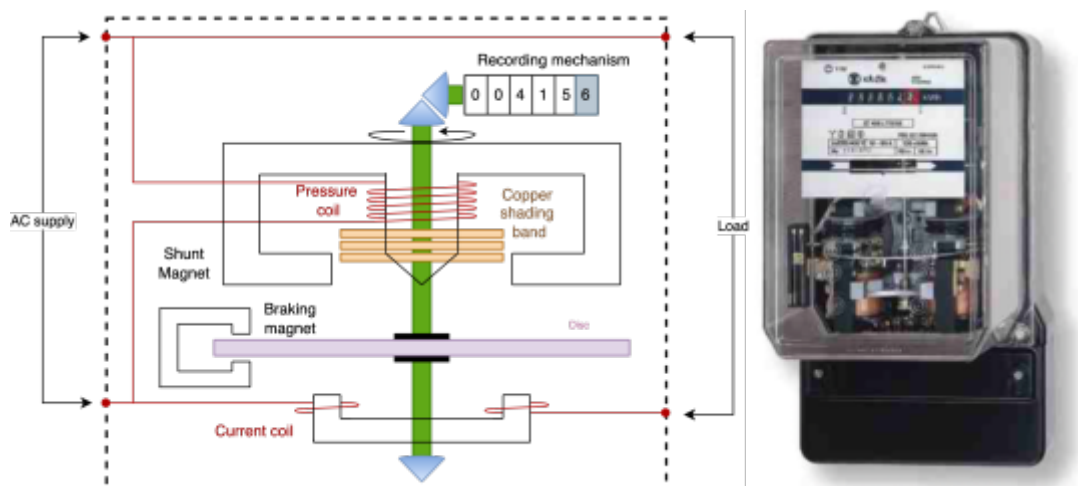
Klasickým typom elektromera je elektromechanický indukčný kilowatthodinový merač striedavého prúdu (AC).

DEFINÍCIA

Tento merač pracuje prostredníctvom elektromagnetickej indukcie počítaním otáčok nemagnetického, ale elektricky vodivého kovového (zvyčajne hliníkového) disku.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Kotúč sa otáča rýchlosťou úmernou výkonu prechádzajúceho meračom. Princíp je znázornený na Obr. 8. Hliníkový disk sa otáča vo vzduchovej medzere poháňaný vírivými prúdmi. Meraný prúd tečie prúdovou cievkou pod diskom. Taktiež tečie cez tzv. tlakovú cievku, ktorá má vďaka uzavretému železnému jadru veľkú indukčnosť v porovnaní so prúdovou cievkou, preto dochádza k fázovému posunu takmer o 90° medzi magnetickými tokmi oboch cievok pri zaťažení. Tieto toky vytvárajú rotujúce magnetické pole, ktoré otáča disk. Rotujúci disk poháňa mechanické počítadlo.



Obr. 8 Princíp elektromechanického elektromera (vľavo), príklad realizácie (vpravo)

[Interaktivní prvek](#)

KAPITOLA 7

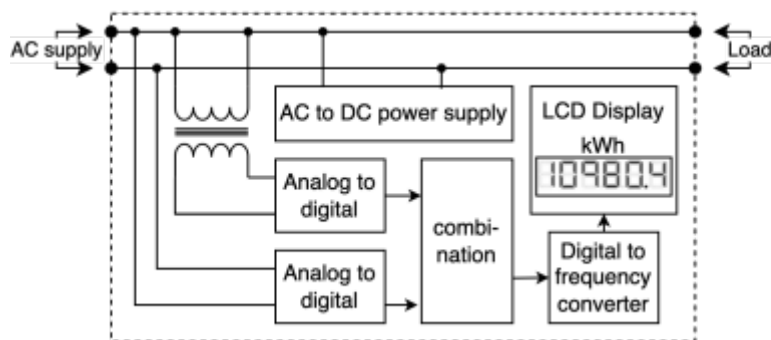
Polovodičové elektromery

Modernejší prístup nepoužíva žiadne pohyblivé časti. Takéto merače sa nazývajú **polovodičové elektromery**.

ZAUJÍMAVOSŤ

Merajú tiež prúd a napätie, ale namiesto rotujúceho disku, cievok, ozubených kolies používajú elektronické komponenty a obvody, ako sú analógové digitálne konverzné obvody (ADC), mikroprocesory, LCD displeje atď. Sú schopné merať viaceré hodnoty: napätie, činný výkon, jalový výkon, účinník atď.

Typická konštrukcia je znázornená na Obr. 9.



Obr. 9 Princíp polovodičového elektromera (vľavo), príklad realizácie (vpravo)

Prírodzene vzniká otázka, ako prenášať údaje z meradla do informačného systému, ktorý spracováva údaje. Rané architektúry, ako je *Automatické odpočítanie merača* (AMR), si stanovili za cieľ automatizovať proces odčítania meračov.

POZNÁMKA

Pred zavedením AMR musela PDS robiť všetko ručne personálom, ktorý priamo odčítal číslice zo zariadení. V servisných oblastiach bolo týmto procesom premárnené obrovské množstvo času.

DEFINÍCIA

Podľa koalície „Demand Response and Advanced Metering Coalition” je AMR definované ako "systém, v ktorom sa agregovaná spotreba kWh/vody/plynu, (v niektorých prípadoch dopyt) získavaná automatickými prostriedkami, ako je **vozidlo** alebo **prenosný počítač**." [3].

Proces odčítania je zvyčajne založený na **rádio frekvenčných (RF)** technológiách, kde je možné použiť rôzne RF technológie, ako sú ZigBee, Bluetooth, WiFi atď. Je možné použiť aj **pevné sieťové** pripojenie.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Pri AMR, bez ohľadu na to, ako sa elektromer odčítava, je **komunikácia jednosmerná**. Elektromer komunikuje so zariadením na odpočítavanie, ale zariadenie nemôže poslať príkaz späť do elektromera. Systém AMR dodáva údaje do **databáz spoločnosti**. Údaje v AMR systémoch sa zvyčajne zhromažďujú iba **mesačne alebo nanajvýš denne**.

[Interaktívny prvek](#)

KAPITOLA 8

Od AMR systémov k systémom AMI

Pridaním väčšej automatizácie a obojsmernej komunikácie do systémov AMR získame tzv Pokročilú infraštruktúru merania, t.j. systémy AMI (*Advanced Meter Infrastructure*).

POZNÁMKA

Takéto systémy sa začínajú objavovať okolo roku 2005. AMI umožňuje integráciu **na požiadanie** v reálnom čase s koncovými bodmi merania. Merací systém **zaznamenáva spotrebu každú hodinu alebo častejšie** (napr. každých 15 minút) a zabezpečuje **denný alebo častejší prenos** meraní cez komunikačnú sieť do centrálného zberného miesta.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Konečným cieľom AMI je [4] mať údaje o energii v reálnom čase pre PDS, spotrebiteľov a výrobcov, aby podporili ich rozhodnutie a zároveň vyhodnotili cenu energie.

DEFINÍCIA

Systémy AMI sú súčasťou **inteligentných meracích systémov**.

[Interaktívny prvek](#)

AMI je vnímaná ako infraštruktúra, ktorá zahŕňa inteligentné merače, komunikačné siete a **Systémy správy údajov meračov** (MDMS) na analýzu a ukladanie údajov.

DEFINÍCIA

Inteligentné meracie systémy sú v EÚ špecifikované odporúčaním Komisie 2012/148/EÚ, v ktorom sa vymedzuje 10 spoločných minimálnych funkcií pre inteligentné meracie systémy:

Pre zákazníka:

1. Poskytovanie údajov priamo spotrebiteľovi a/alebo akejkoľvek tretej strane
2. Obnovovanie údajov dostatočne často na to, aby sa využili schémy úspory energie

Pre obsluhu merania:

3. Povolit' vzdialené čítanie údajov operátorom
4. Zabezpečenie obojsmernej komunikácie pre údržbu a kontrolu

5. Umožnenie dostatočne častých odpočtov údajov na plánovanie siete

Pre komerčné aspekty dodávok energie:

6. Podpora pokročilých tarifných systémov

7. Diaľkové ovládanie zapnutia/vypnutia a/alebo obmedzenia napájania

Pre bezpečnosť a ochranu údajov:

8. Poskytovanie bezpečnej dátovej komunikácie

9. Prevencia a odhaľovanie podvodov

Pre distribuovanú výrobu:

10. Poskytovanie importu/exportu a merania jalového výkonu

[Interaktívny prvek](#)

KAPITOLA 9

Čo robí inteligentný merač inteligentným

POZNÁMKA

Odporúčania EÚ transponujú jednotlivé vlády a definujú konkrétnejšie požiadavky na inteligentné meracie systémy a ich koncové zariadenia – **inteligentné merače**.

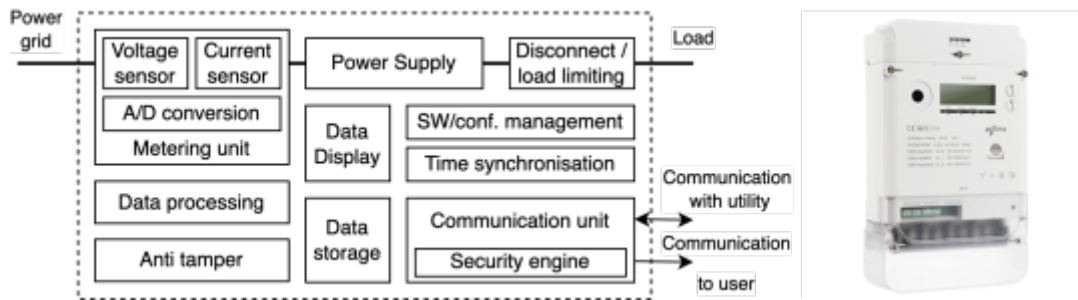
Základná schéma a príklad inteligentného merača je na Obr. 10. Vizualne nie je veľa čo vidieť, okrem displeja. V porovnaní s klasickým polovodičovým/AMR meračom sú hlavné zmeny vo vnútri.

ZAUJÍMAVOSŤ

Okrem náročnejších bezpečných, obojsmerných komunikačných vlastností dochádza k výraznému prechodu na autonómnu prevádzku v rôznych podmienkach, ako je: správa udalostí (záznamy a odosielania dát pri splnení vopred definovaných podmienok), presný časový manažment (synchronizácia času, časové pečiatkovanie nameraných údajov), možnosti vzdialenej správy (vzdialená konfigurácia, dokonca aktualizácia softvéru), vzdialená prevádzka, aktualizácia tarifného kalendára, odpojovanie/obmedzovanie spotreby.

Dobрым príkladom inteligentných funkcií sú udalosti. Existujú štyri základné kategórie udalostí:

- **Udalosti stavu merača**, ako napríklad „posledný výdych“ (informácie o výpadku prúdu), „prvý nádych“ (informácie o obnovení napájania). Tieto oznámenia by sa mali zasielať s náhodným intervalom, aby sa zabránilo preťaženiu komunikácie v prípade hromadných udalostí (alebo v merači je inteligencia na rozlíšenie medzi hromadným výpadkom prúdu a individuálnou stratou napájania).
- **Udalosti kvality napájania**, ako je pokles/nárast napätia (kratšie trvanie vyššieho/nížšieho napätia) a alarmy vysokého/nízkeho napätia (dlhšie trvanie vyššieho/nížšieho napätia). Kratšie napätie znamená $< 500\text{ms}$, nižšie /vyššie mimo tolerancie $\pm 10\%$ interval okolo nominálnej hodnoty.
- **Príznaky manipulácie s meračmi**, ako je reverzný tok energie.
- **Informácie o hardvéri merača**, ako sú alarmy batérie.



Obr. 10 Bloková schéma inteligentného merača (vľavo), príklad realizácie (vpravo)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

KAPITOLA 10

DLMS/COSEM/OBIS/IDIS

Udalosti sa zaznamenávajú do denníka udalostí zvyčajne ako objekty.

DEFINÍCIA

Štandard, ako sú všetky údaje (nielen udalosti) usporiadané v inteligentných meračoch, poskytuje súbor štandardov **DLMS / COSEM**. **DLMS** je skratka pre *Device Language Message Specification* a **COSEM** pre *Companion Specification for Energy Metering*.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Združenie používateľov DLMS udržiava súbor štyroch hlavných dokumentov špecifikácie:

- Modrá kniha – opisuje model objektu merača COSEM a **OBIS (*Object Identification System*)** – ktorý priraduje logické názvy objektom COSEM. OBIS je špecifikovaný v IEC 62056-61
- Zelená kniha – popisuje architektúru a protokoly
- Žltá kniha – popisuje testovanie konformity
- Biela kniha – obsahuje slovník pojmov.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Kódy OBIS identifikujú údaje pomocou hierarchickej štruktúry s bodkovým zápisom a šiestimi skupinami hodnôt vo formulári: A-B:C.D.E*F. K dispozícii sú 4 rôzne separátory („-“, „,“, „:“, „.“, „*“) na podporu identifikácie skupiny v prípade, že je použitá iba časť identifikátoru.

POZNÁMKA

Často ide o trojskupinový čiastkový identifikátor, ako napríklad „1.8.0“, mapuje sa na C.D.E). Podrobnejšie popisy skupín sú:

- A – definuje médiá (typ energie), napr. 0=abstraktné, 1=elektrina, 5=chladenie, 6=teplo, 7=plyn, 8=studená voda, 9=teplá voda, ...
- B – identifikuje merací kanál podľa čísla
- C- identifikuje abstraktné alebo fyzikálne údaje ako je prúd, napätie, napájanie, ... pre daný kanál napr. 1 = kladný činný výkon, 2 = záporný činný výkon, 11=prúd, 12=napätie,

99=Abstraktné dátové profily (ak A=0) alebo Elektrický dátový profil (ak A=1)

- D – identifikuje typ výsledku spracovania údajov, napr. 3=minimum, 6=maximum, 8=časový integrál
- E – identifikuje ďalšie spracovanie, ak A=1 potom napr. 0=celkovo, 1=sadzba (tarifa) 1, 2=sadzba 2, ale napr. Ak C= 11 alebo 12 význam E mení na 0=celkovo, 1= 1.harmonická, 120=120. Harmonická, 124=**Celkové harmonické skreslenie (CHS)**
- F – identifikuje historické údaje

PRÍKLAD

Príklady vysvetlení vybraných kódov OBIS sú uvedené v tabuľke Tab.

OBIS kód	Vysvetlenie
1.8.0	Celková pozitívna činná energia (A+) [kWh]
1.8.1	Pozitívna činná energia (A+) v tarife T1 [kWh]
2.8.0	Záporná činná energia (A+) celková [kWh]
2.8.1	Záporná činná energia (A+) v tarife T1 [kWh]
99.98.x	Denník udalostí
99.1.x	Profil záťaže s obdobím nahrávania 1
99.2.x	Profil záťaže s obdobím nahrávania 2

Poznámka: „x“ znamená ľubovoľnú hodnotu v platnom rozsahu 0-255

V tabuľke vidíme viac príkladov profilov, čo sú objekty, ktoré sa používajú na zaznamenanie série meraní (objektov) jednej alebo podobných veličín a / alebo na zoskupenie rôznych údajov. **Pri základných meraniach je perióda zaznamenávania zvyčajne nastavená na 15 minút a spoločnosť PDS ju načíta raz denne.**

POZNÁMKA

Okrem uvedených noriem popisujúcich DLMS/COSEM a OBIS je tu veľká pomoc **IDIS** (*Interoperable Device Interface Specification*) združenia, ktorého cieľom je dosiahnuť celoeurópsku interoperabilitu. Podporuje rôzne prípady použitia: automatickú registráciu meračov, diaľkové programovanie taríf, odpojenie a opätovné pripojenie dodávky elektrickej energie, synchronizácia hodín v rámci celého systému, riadenie dopytu / záťaženia, vzdialenú aktualizáciu firmvéru.

PRÍKLAD

IDIS napríklad podrobnejšie špecifikuje klasifikáciu kódu udalostí, napríklad:

- kód udalosti 7: Vymeňte batériu - Batéria dosiahla očakávaný koniec životnosti a musí byť vymenená

- kód udalosti 40: Odstránený kryt merača – Označuje, že kryt meradla bol odstránený.

[Interaktívny prvok](#)

KAPITOLA 11

Rozhrania inteligentného merača

Ako sa uvádza na Obr. 10, existujú dva typy komunikácie – s PDS a s používateľom.

DEFINÍCIA

V smernici o elektrickej energii (EÚ) 2019/944, ktorou sa formulujú funkcie inteligentných meracích systémov, sa uvádza, že údaje o spotrebe, ponuke a dopyte v takmer reálnom čase musia byť koncovým odberateľom (používateľom) k dispozícii prostredníctvom **štandardizovaného rozhrania s automatizovanými programami energetickej efektívnosti** a inými službami.

ZAUJÍMAVOSŤ

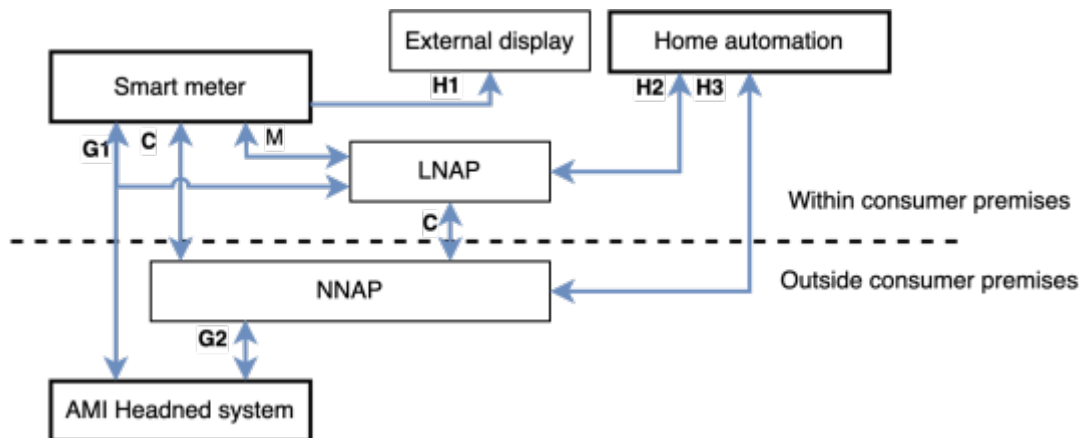
Táto dôležitá vlastnosť je prítomná aj v referenčnej architektúre pre inteligentnú meračskú komunikáciu [5], ktorú vyvinula **Smart Metering Coordination Group**, ktorej zjednodušená verzia je znázornená na Obr. 11. Rozhranie H1 pripája inteligentný merací systém k externému displeju. Rozhrania H2, H3 prepájajú inteligentný merací systém s domácim energetickým manažmentom / domácou automatizáciou a poskytujú obojsmernú komunikáciu. Pripojenie používa lokálny alebo susedný prístupový bod. Údaje z inteligentného merača sa priamo zdieľajú externe prostredníctvom koncovej stanice AMI so systémom správy údajov merača (MDMS) prostredníctvom rozhrania G1 alebo nepriamo cez rozhranie C a G2.

POZNÁMKA

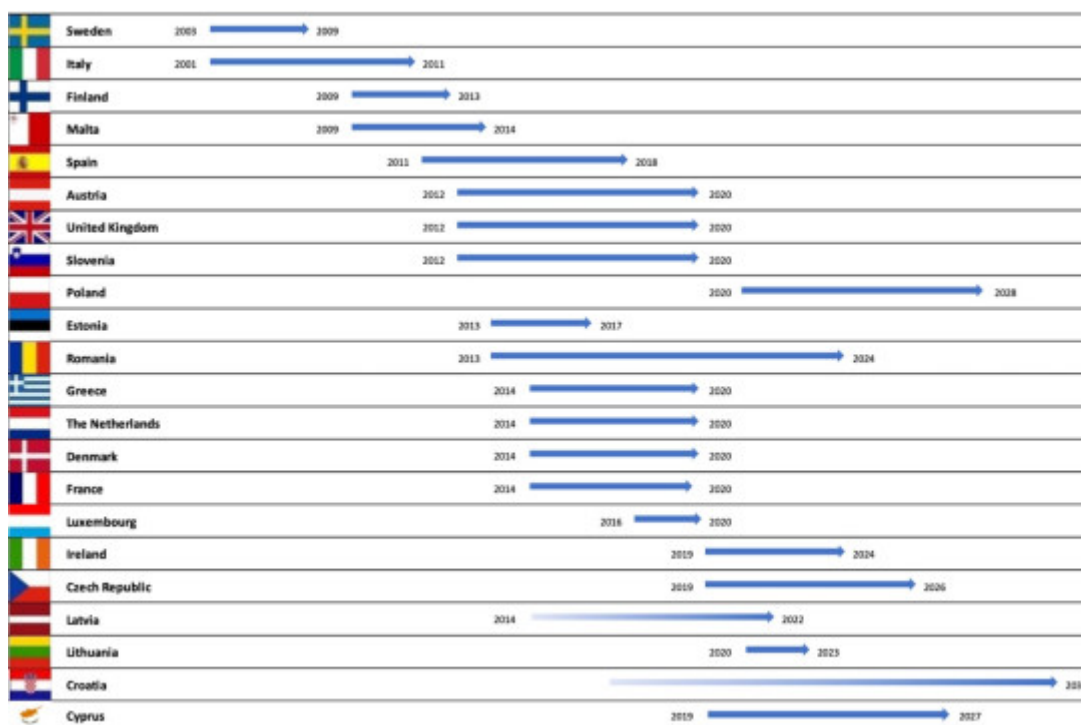
V [5] je prehľad preferovaných komunikačných technológií pre rôzne rozhrania H1-H3, G1-G2 a C pre každú krajinu. Pri G1 a G2 prevláda technológia založená na GSM (niekedy bližšie špecifikovaná ako GPRS, 3G, 4G, LTE, NB-IoT). Pri rozhraní C prevláda **komunikácia po elektrických vedeniach (PLC – Power Line Communication)**. Zariadenie NNAP slúži vtedy ako koncentrátor údajov. Najrozmanitejšie sú preferencie krajín ohľadom rozhrania H.

ZAUJÍMAVOSŤ

Štandardizácia, ako sa požaduje v smernici 2019/944, je stále ďaleko od jednoty celej EÚ. Povinnosť uložená v smernici 2009/72/ES predstavuje zavedenie inteligentného merania na 80 % do roku 2020. Podrobnosti o oficiálnej stratégii nasadenia pre každú krajinu sú na Obr. 12.



Obr. 11 Zjednodušená referenčná architektúra pre komunikáciu s inteligentnými elektromermi



Obr. 12 Oficiálny plán zavádzania inteligentných meracích prístrojov pre jednotlivé krajiny o rozsiahlom zavádzaní inteligentných elektromerov (80 % alebo vyššie pokrytie) [6]

[Interaktívny prvek](#)

Backendové systémy pre Inteligentné meranie (HES, MDMS), rozhranie a roly

ZAÚJÍMAVOSŤ

Ako je uvedené na Obr. 11, AMI končí na strane PDS systémom **AMI Head End System (HES)**. Úlohou HES v architektúre systému inteligentného merania je automaticky získavať údaje z meračov, spravovať konektivitu a získavať dát. Umožniť bezpečný prístup k meračom, konfigurácii, aktualizáciám softvéru a ad hoc požiadavkám. Túto oblasť možno vnímať ako **Meter Data Collection (MDC)**. Po zbere sa údaje uložia do **Meter Data Management (MDM)** systémov - Systémov správy údajov meračov (MDMS).

POZNÁMKA

Rozsah činností systémov MDC / MDM je:

- **zber dát merača** – z HES systémov, starších systémov, manuálneho zadávania dát, ...
- **overovanie, odhad a úprava údajov (VEE – Validation, Estimation, Editing)** – zahŕňa rôzne kontroly údajov, poskytuje odhad chýbajúcich údajov, umožňuje manuálnu úpravu údajov, priraduje hodnotenie kvality údajov, ...
- **agregácia údajov** – poskytovať požadovanú agregáciu údajov, vytvárať a vykazovať štatistiky, ...

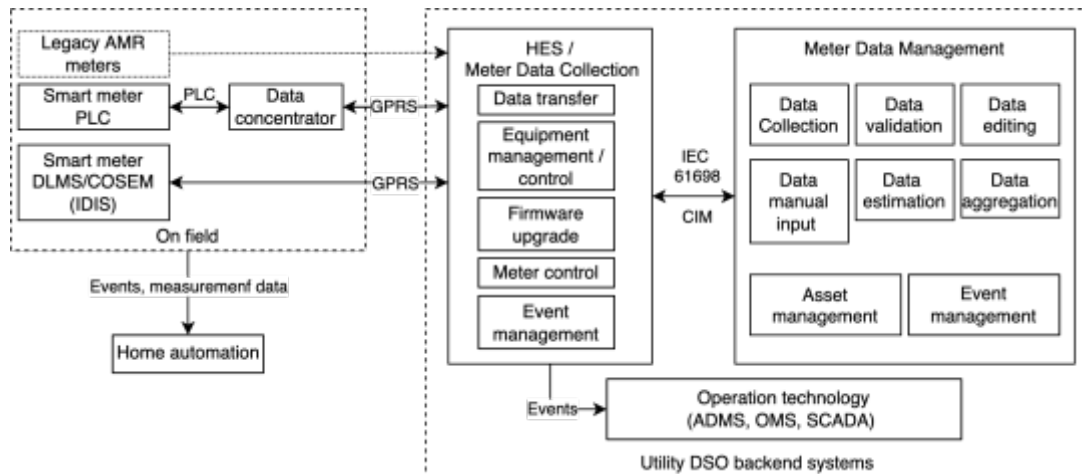
POZNÁMKA

MDM môže voliteľne slúžiť ako systém mapovania infraštruktúry a správy aktív, najmä pre menšie PDS. Kompetencie systémov MDM a HES/MDC sa čiastočne prekrývajú, MDS je však viac orientované na **životný cyklus merania dát** a HES sa zameriava viac na **infraštruktúru, zariadenia a komunikáciu**. Prípady ako správa udalostí a konfigurácia funkčnosti inteligentných meračov sú však viazané oboma systémami a musia byť koordinované oboma. Okrem toho špecifické udalosti, ako napríklad "posledný nádych", sú dôležitým vstupom pre **systémy prevádzkovej technológie (OT – Operation Technologies)** spoločností PDS, ako je systém kontroly dohľadu a získavania údajov (**SCADA**), systém riadenia výpadkov (**OMS**) alebo systém riadenia distribúcie (**DMS**), ktoré riadia energetickú sieť.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Na rozhraní HES-MDMS sa za štandard považuje IEC 61698. IEC 61698-9 špecifikuje informačný obsah množiny typov správ, ktoré možno použiť na podporu odpočtov a ovládania meračov, udalostí, synchronizácie údajov o zákazníkoch a prepínania zákazníkov. IEC 61698-11 špecifikuje *spoločný informačný model (CIM)*, ktorý podporuje správy a rozširuje základnú CIM (IEC 61970) na potreby distribučných sietí.

Celková architektúra inteligentného meracieho systému vrátane systémov back office súvisiacich s meraním AMI a PDS je znázornená na Obr. 13.



Obr. 13 Inteligentný merací systém - prehľadový obraz s AMI (ľavá strana) a systémami back office súvisiacich s meraním PDS (pravá strana)

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

KAPITOLA 13

Inteligentné siete

Inteligentná sieť je výrazne širší pojem ako inteligentné meranie. Inteligentné meranie je len základnou funkciou v rámci inteligentnej siete, ktorej cieľom je poskytnúť všetkým účastníkom informácie o skutočných podmienkach a „zdravotnom stave“ siete a poskytnúť základné údaje pre ich rozhodnutia.

DEFINÍCIA

Ako skutočnú inteligentnú sieť je možné chápať elektrickú sieť, ktorá môže automaticky opätovne použiť zhromaždené informácie a poskytuje služby, ktoré zvyšujú **spol'ahlivosť**, **odolnosť** a **odozvu** elektrickej siete.

POZNÁMKA

Konkrétne sa môže napríklad vysporiadať s lokálne vyrobenou energiou, predpovedať výpadky elektriny skôr, ako k nim dôjde, rýchlo obnoviť službu. Takúto sieť možno nazvať "samoliečiacou sa" a „vykonávajúcou rozhodnutia“.

[Interaktívny prvek](#)

ZAUJÍMAVOSŤ

Cieľom je úplná automatizácia distribučnej siete elektrickej energie – vrátane lokálnej výroby a spotreby.

PRÍKLAD

Niektoré príklady automatizácie sú

Schopnosť automaticky presmerovať elektrickú energiu, keď je prerušené prenosové vedenie

Zníženie iných tokov, keď niektoré solárne panely náhle vyšlú dávku energie do siete.

ZAUJÍMAVOSŤ

Technicky sú už stavebné kamene pre inteligentnú sieť k dispozícii. Zavádzanie inteligentných sietí je jednou z prioritných tematických oblastí v rámci politiky *Trans-European Networks for Energy* (TEN-E) (politika zameraná na prepojenie energetickej infraštruktúry krajín EÚ), ktorej cieľom je pomôcť integrovať energiu z obnoviteľných zdrojov, dokončiť európsky trh s energiou

a umožniť spotrebiteľom lepšie regulovať ich spotrebu energie [7].

POZNÁMKA

Na dosiahnutie funkčnosti inteligentnej siete je potrebné najprv zaviesť inteligentné meranie. Tento krok sa uskutočňuje v mnohých európskych krajinách spolu s prechodom od tradičného merania elektrickej energie k multienergetickému meraniu.

POZNÁMKA

Inteligentné meranie ako systém možno považovať za jeden zo systémov v inteligentnej sieti. Zoznam základných systémov, ktoré sú prítomné v inteligentnej sieti, poskytuje [8] a je uvedený v Tab. 2.

Tab. 2 Inteligentná sieť – zoznam základných systémov, všimnite si inteligentné meracie systémy v zozname

Doména alebo funkcia	Systémy
Výroba	Systém riadenia výroby
Systém riadenia prenosu	Automatizačný systém rozvodní
Systémy riadenia distribúcie	Systém prevencie zatemnenia - systém ochrany a kontroly merania v širokom okolí (WAMPAC)
	Systém EMS SCADA
	Flexibilné prenosové systémy striedavého prúdu
	FACTS systém automatizácie rozvodní
	Automatizačný systém podávača
	Pokročilý systém riadenia distribúcie (ADMS)
	Systém FACTS
Operačné systémy DEZ	Operačný systém DEZ
<i>Inteligentné meracie systémy</i>	<i>Systém AMI</i>
	<i>Back office systém pre meranie</i>
Systémy flexibility dopytu a výroby (výroba)	Agregovaný systém riadenia prosumerov
Mikro sieť	Systémy mikro siete
Systém trhoviska	Systém trhoviska
	Obchodný systém
Systém administratívy E-mobilita (pripojenie k sieti)	Systémy e-mobility
Administratívne systémy	Systém správy aktív a údržby
	Systém riadenia komunikačných sietí
	Referenčný systém hodín

System autentifikácie, autorizácie
a účtovania

System vzdialenej správy zariadení

System predpovede počasia
a pozorovania

KAPITOLA 14

Model Architektúry Inteligentnej Siete (SGAM)

DEFINÍCIA

Dôležitý referenčný model týkajúci sa inteligentných sieťových systémov a architektúry inteligentnej siete ako celku poskytuje *Model Architektúry Inteligentných Sietí* (SGAM).

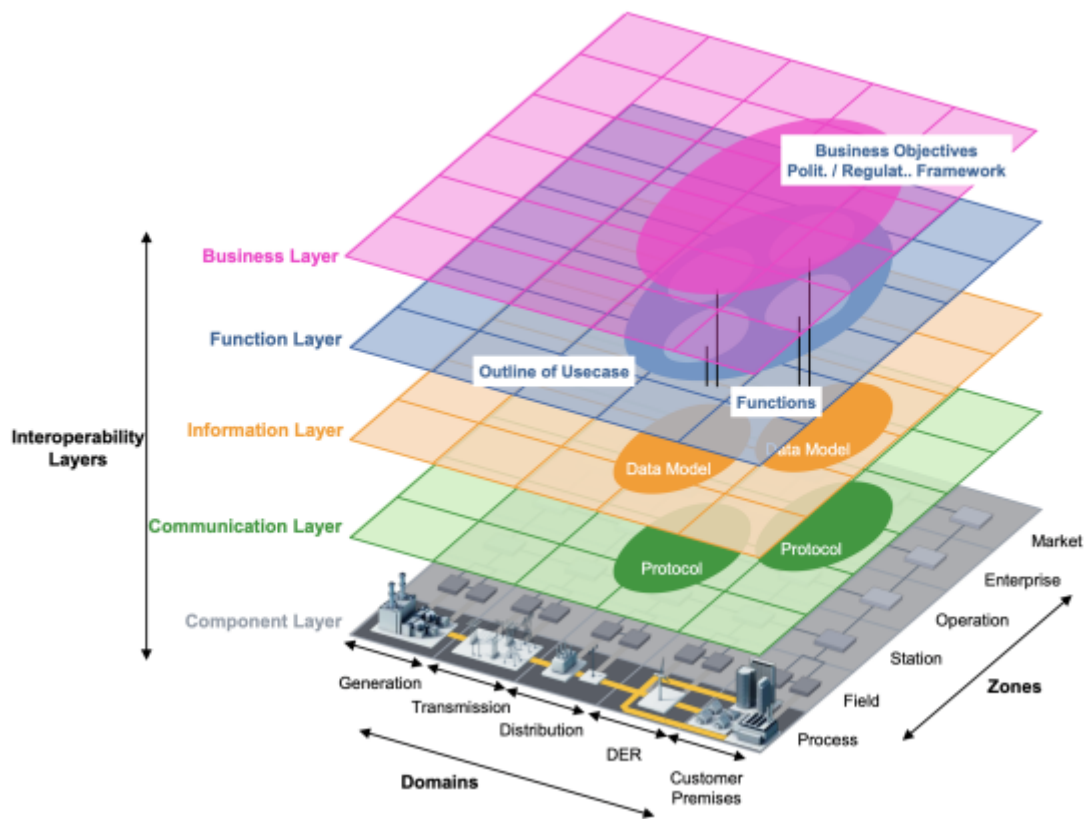
POZNÁMKA

Pôvodný rozsah SGAM bol vytvorený v rámci mandátu M/490 *Európskej komisie* (EK) európskym normalizačným orgánom CEN (*Comité Européen de Normalisation*), CENELEC (*Európsky výbor pre elektrotechnickú normalizáciu*) a ETSI (*Európsky inštitút pre telekomunikačné normy*).

DEFINÍCIA

SGAM funguje ako referenčný systém návrhu, ktorý poskytuje tri hlavné osi pre rozmery: **domény, zóny a vrstvy interoperability**, ako je znázornené na Obr. 14.

[Interaktívny prvek](#)



Obr. 14 Rámec modelu architektúry inteligentných sietí [8]

Ako kľúčový aspekt inteligentnej siete je vnímaná interoperabilita. Systémy sa považujú za interoperabilné, ak sú schopné vykonávať kooperatívne špecifickú funkciu pomocou vymieňaných informácií.

DEFINÍCIA

V SGAM je definovaných 5 vrstiev interoperability:

- **Obchodná vrstva** - predstavuje obchodný pohľad na výmenu informácií týkajúcich sa inteligentných sietí. Môže sa použiť na mapovanie regulačných a ekonomických (trhových) štruktúr a politík, obchodných modelov, procesov, produktov a služieb.
- **Funkčná vrstva** - popisuje funkcie a služby vrátane ich vzťahov z architektonického hľadiska. Funkcie sú zastúpené nezávisle od aktérov a fyzických implementácií v aplikáciách, systémoch a komponentoch.
- **Informačná vrstva** - popisuje informácie, ktoré sa používajú a vymieňajú medzi funkciami, službami a komponentmi. Obsahuje informačné objekty a základné dátové modely.
- **Komunikačná vrstva** - popisuje protokoly a mechanizmy výmeny informácií medzi komponentmi.

- **Vrstva komponentov** – popisuje fyzické rozloženie všetkých zúčastnených komponentov v kontexte inteligentnej mriežky.

DEFINÍCIA

Domény v podstate predstavujú reťazec premeny energie podobne ako základná schéma elektrickej siete, ako je uvedené na Obr. 1, možno ich opísať takto:

- **Hromadná výroba** - predstavuje výrobu elektrickej energie vo veľkých množstvách, ako sú fosilne, jadrové a vodné elektrárne, pobrežné veterné elektrárne, rozsiahle solárne elektrárne, zvyčajne pripojené k prenosovej sústave.
- **Prenos** - predstavuje infraštruktúru a organizáciu, ktorá prepravuje elektrickú energiu na dlhé vzdialenosti.
- **Distribúcia** - predstavuje infraštruktúru a organizáciu, ktorá distribuuje elektrinu zákazníkom.
- **DEZ** - predstavuje distribuované elektrické zdroje priamo napojené na verejnú distribučnú sieť s použitím technológií výroby elektrickej energie malého rozsahu (zvyčajne v rozsahu od 3 kW do 10 000 kW). Tieto distribuované elektrické zdroje môžu byť priamo riadené PDS.
- **Zákaznícke priestory** – predstavuje oboch – koncových odberateľov elektriny, aj výrobcov elektriny. Priestory zahŕňajú priemyselné, obchodné a domáce zariadenia (napr. chemické závody, letiská, prístavy, nákupné centrá, domy). Predstavuje tiež výrobu vo forme napr. fotovoltickej výroby, batérií, mikro turbín ...

DEFINÍCIA

Zóny sú kolmé na domény a v podstate predstavujú riadenie energetického systému založeného na informačných a komunikačných technológiách (IKT), ktoré riadi reťazec premeny energie. Existujú dva hlavné pojmy agregácie:

- **Agregácia údajov** – údaje zo zóny poľa sa zvyčajne agregujú alebo koncentrujú v zóne stanice, aby sa znížilo množstvo údajov, ktoré sa majú komunikovať a spracovávať v prevádzkovej zóne.
- **Priestorová agregácia** – agregácia z rôznych miest do širšej oblasti (napr. zariadenia energetického systému sú zvyčajne usporiadané v šachtách, niekoľko šacht tvorí rozvodňu; viaceré DEZ tvoria stanicu, DEZ merače v priestoroch zákazníka sú agregované koncentrátormi).

DEFINÍCIA

Na základe tejto agregáčnej koncepcie sú jednotlivé zóny opísané takto [8]:

- **Proces** - zahŕňa fyzikálne, chemické alebo priestorové transformácie energie (elektrina, slnko, teplo, voda, vietor ...) a priamo zapojené fyzické zariadenia (napr. generátory, transformátory, ističe, káble).
- **Pole** – zariadenia vrátane zariadení na ochranu, riadenie a monitorovanie procesu energetického systému, napr. ochranných relé, regulátora zálivu, akéhokoľvek druhu inteligentných elektronických zariadení, ktoré získavajú a používajú procesné údaje z energetického systému.
- **Stanica** - predstavuje úroveň agregácie pre úroveň poľa. Napr. pre koncentráciu dát, funkčnú agregáciu, automatizáciu rozvodní, lokálne systémy SCADA, dohľad nad zariadeniami ...
- **Prevádzka** - zahŕňa prevádzku riadenia energetického systému v príslušnej oblasti. Napr. *distribučné riadiace systémy (DMS)*, *systémy energetického manažmentu (EMS)* vo výrobných a prenosových sústavách, systémy riadenia mikro siete, systémy riadenia virtuálnych elektrární (agregujúce niekoľko DEZ), systémy riadenia vozového parku *elektrických vozidiel (EV)*.
- **Podnik** - zahŕňa obchodné a organizačné procesy, služby a infraštruktúry pre podniky (verejnoprospešné služby, poskytovatelia služieb, obchodníci s energiami ...). Napr. správu aktív, logistiku, riadenie pracovných síl, riadenie vzťahov so zákazníkmi, fakturáciu.
- **Trh** - zohľadnenie trhových operácií možných v celom reťazci premeny energie, napr. obchodovanie s energiou, veľkoobchodný trh, maloobchodný trh.

ZAUJÍMAVOSŤ

Na SGAM je možné mapovať všetky systémy, ktoré sa používajú v inteligentnej sieti (napr. základné systémy uvedené v Tab. 2).

[Interaktívny prvek](#)

KAPITOLA 15

Mikro sieť ako systém v inteligentnej sieti, hlavné úlohy inteligentnej siete

POZNÁMKA

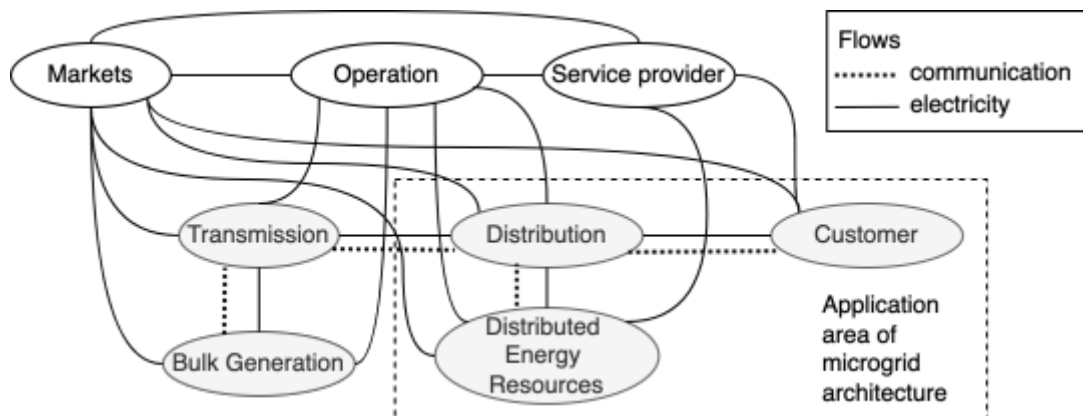
Medzi systémami inteligentných sietí (pozri Tab. 2) sú špecialitou **systémy mikro sietí**.

DEFINÍCIA

Z pohľadu dimenzie "domény" sú mikro siete "Inteligentné siete v malom" a pokrývajú 3 hlavné domény: distribučné, DEZ a zákaznicke priestory, ako je to znázornené na koncepčnom diagrame Obr. 15.

Mikro siete v podstate obsahujú rovnaké systémy z týchto domén ako inteligentné siete. Zvyšok inteligentnej siete sa niekedy nazýva **makro sieť**.

[Interaktívny prvek](#)



Obr. 15. Koncepčný model domén inteligentných sietí a zodpovedajúcich tokov [8]. Všimnite si, že trhy, operácie sú zóny. Poskytovateľ služieb predstavuje skupinu aktérov, ktorá má univerzálnu úlohu (úloha je definovaná konkrétnym prípadom použitia) v kontexte inteligentnej siete.

ZAÚJÍMAVOŠŤ

Schematický pohľad na mikro siete, jej zložky a vzťahy je uvedený na Obr. 16. Mikro sieť poskytuje nasledujúce hlavné funkcie:

- **Monitorovanie a kontrola** mikro siete v reálnom čase (SCADA)

- **Distribúcia** elektrickej energie všetkým používateľom mikro siete
- **Ochrana a údržba** súvisiacich aktív mikro siete
- **Zabezpečenie rovnováhy** medzi dopytom a ponukou
- **Riadenie** pripojenia a odpojenia od makro siete

Na základe distribučnej a DEZ domén a procesnej zóny, ktorá zahŕňa primárne zariadenia mikro siete, musí systém udržiavať svoju stabilitu, napätie, frekvenciu a spoľahlivosť.

POZNÁMKA

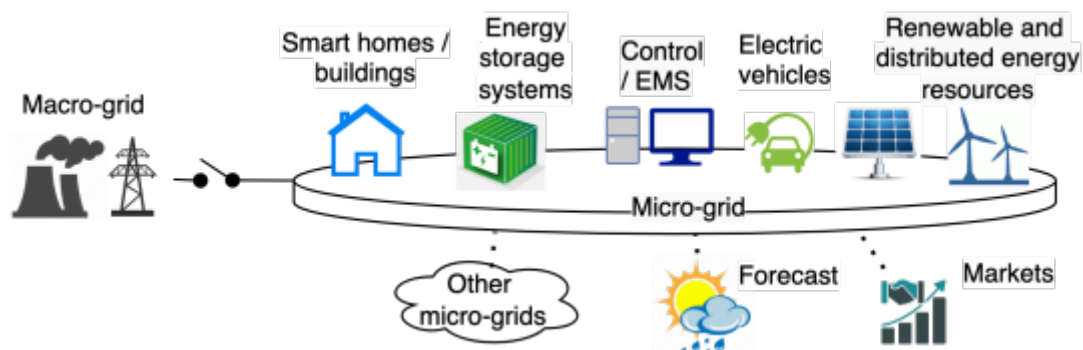
Mikro sieť môže byť prevádzkovaná v dvoch základných režimoch:

- **Režim pripojenia do siete** – Mikro sieť je prepojená do makro siete, ponúka rôzne podporné funkcie, ako je manažment špičiek, responzívne rezervy, podpora sieťového napätia (VARS), záložná núdzová energia, odpojenie na požiadanie/núdzový stav.
- **Ostrovný režim** – Mikro sieť funguje ako odpojená/izolovaná od makro siete, systém mikro siete môže byť vyzvaný, aby vykonával nasledujúce funkcie: Synchronizácia siete a (opätovné) pripojenie, vyrovňovanie ponuky a dopytu, kompenzácia účinníka, regulácia napätia ekonomický dispečing, kontrola zaťaženia.

POZNÁMKA

Architektúry pre mikro siete ako potrebu riadiť toky energie z rôznych typov zdrojov možno zaradiť do troch topológií:

- **AC mikro siete** - Využíva AC zbernicu. Zdroje energie s výstupom striedavého prúdu používajú konvertor AC/AC na transformáciu napätia (a nakoniec frekvencie) a zdroje jednosmerného prúdu používajú na pripojenie k zbernici DC/AC.
- **DC mikro siete** – Využíva DC zbernicu. Zdroje napájania sa pripájajú k zbernici pomocou DC/DC alebo AC/DC prevodníkov.
- **Hybridné mikro siete** – Má obe zbernice, ktoré sú navzájom prepojené prostredníctvom obojsmerného prevodníka.



Doteraz sme výslovne hovorili o elektrickej energii, ale inteligentná sieť sa neobmedzuje len na elektrickú energiu a umožňuje optimalizácie, ktoré prepájajú všetky energetické formy, jej transformáciu a synergie.

ZAUJÍMAVOSŤ

Vzhľadom na to sú základnými kategóriami komponentov v mikro sieti:

- **Zdroje energie** – Mikro sieť predstavuje rôzne typy výrobných zdrojov, ktoré dodávajú používateľovi elektrickú energiu, vykurovanie a chladenie. Tieto zdroje sú rozdelené do dvoch hlavných skupín – zdroje tepelnej energie (napr. zemný plyn alebo bioplynové generátory) a obnoviteľné zdroje výroby (napr. veterné turbíny a solárne panely). Môže existovať aj kombinácia napr. kombinovaného tepla a energie vyrobenej pomocou kogeneračných jednotiek.
- **Spotreba energie** – Vztahuje sa na prvky, ktoré spotrebúvajú elektrickú energiu, teplo a chladenie. Môžu to byť jednotlivé zariadenia, osvetľovacie a vykurovacie systémy budov, obchodných centier atď.
- **Skladovanie energie** - Zahŕňa všetky typy skladovacích technológií ako sú chemické, elektrické, tlakové, gravitačné, zotrvačnickové, tepelné. Skladovanie energie plní viacero funkcií, napr.:
 - Zabezpečuje kvalitu, vrátane regulácie frekvencie a napätia.
 - Vyhladzuje produkciu obnoviteľných zdrojov energie.
 - Poskytuje záložnú energiu pre systém.
 - Zohráva kľúčovú úlohu pri optimalizácii nákladov.

KAPITOLA 16

Mikro siete a EMS

Mikro sieť je miesto, kde sa dá veľa získať a stratiť. Veľa úsilia bolo a bude vynaložené na optimalizáciu štruktúry a riadenia mikro siete.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Zdroje energie a spotrebiče môžu byť ovládateľné, takže spotreba / výroba môže odrážať požiadavky siete. Okrem toho úložiská energie ponúkajú ďalšie stupne voľnosti pre riadiace stratégie.

PRÍKLAD

Ak sú v mikro sieti k dispozícii viaceré úložiská energie s rôznymi kapacitami, technológiami a výslednými vlastnosťami, je výhodné koordinovať ich nabíjanie a vybíjanie, aby sa dosiahli optimálne parametre systému.

ZAÚJÍMAVOSŤ

Systémy určené na takúto optimalizáciu sa nazývajú systémy energetického manažmentu (**EMS**) alebo systémy energetického manažmentu domácností (**HEMS**), systémy energetického manažmentu budov (**BEMS**) podľa použitého nasadenia. Takéto systémy majú často hierarchickú kontrolu. Vo všeobecnosti existujú dve hlavné kontrolné stratégie – **centralizovaná** a **decentralizovaná**.

Obe majú výhody aj nevýhody, pozri Tab. 3.

Tab. 3 Hlavné výhody a nevýhody centralizovanej a decentralizovanej mikro siete

Systém	Centralizovaná kontrola	Decentralizovaná kontrola
Výhoda	Správna koordinácia a riadenie, globálne informácie	Miestne meranie a regulácia, jednoduchá implementácia
Nevýhoda	Jediný bod zlyhania (SPOF)	Nedostatok globálnych informácií

V prípade mikro siete sa často používa **hierarchické** riadenie, pretože zavádza určitý stupeň nezávislosti medzi rôznymi úrovňami kontroly. Je spoľahlivejšie, pretože je naďalej funkčné aj v prípade zlyhania centralizovaného riadenia.

POZNÁMKA

Hierarchické riadenie zavádza 3 úrovne riadenia [9]:

- **Primárne riadenie** sa vyrovnáva s okamžitým riadením zdieľania energie a reguláciou prúdu / napätia.
- **Sekundárne riadenie** má pomalší reakčný čas (sekundy až minúty), zaoberá sa kompenzáciou napätia a vyvažovaním, požiadavkami na kvalitu výkonu.
- **Terciárne riadenie** má najpomalší reakčný čas (minúty až hodiny), vykonáva riadenie výkonu / energie, optimalizáciu systému, zvažuje cenové faktory. Často zahŕňa predpovedanie počasia, taríf, záťaže a jej cieľom je dosiahnuť hospodárske úspory. Tu sa berú do úvahy techniky ako sú hlboké neurónové siete.

S rastúcim reakčným časom v úrovniach ovládania sa znižuje potrebná komunikačná šírka pásma. To umožňuje vhodné hierarchické riešenia a služby, ktoré môžu využívať moderné koncepty IKT ako virtualizáciu, cloudové služby a komunikačné platformy.

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

KAPITOLA 17

Energetické uzly

ZAUJÍMAVOST

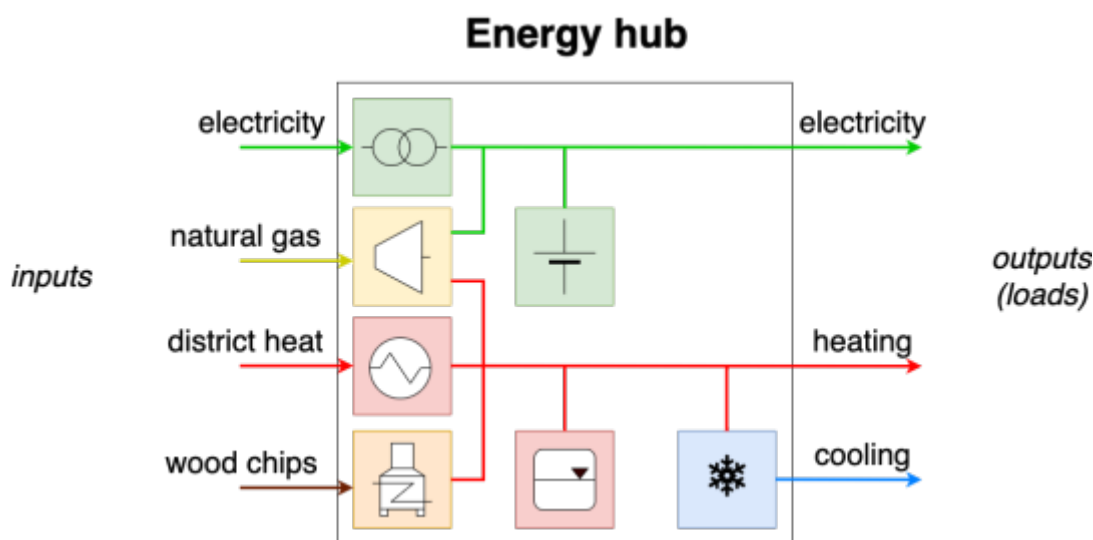
Zaujímavým prístupom pre budúce energetické systémy sú **energetické uzly** [10]. Odráža pohyb smerom k **multienergetickým systémom** (MES), kde rôzne nosiče energie a systémy spolupracujú synergickým spôsobom.

Tento koncept vyžaduje vhodný nástroj pre integrovanú správu systémových komponentov.

DEFINÍCIA

Kľúčový prvok tu tvorí **Energetický uzol (EH – Energy HUB)**, ktorý možno definovať ako miesto, kde sa uskutočňuje výroba, konverzia, skladovanie a spotreba rôznych druhov energie.

Ako vstupy energetické uzly spotrebúvajú energiu (napr. elektrinu, zemný plyn) a poskytujú určité požadované energetické služby ako je elektrina, vykurovanie, chladenie atď. Obr. 17 ukazuje príklad energetického uzla.



Obr. 17 Príklad energetického uzla a jeho komponentov obsahujúcich transformátor, mikro turbínu, výmenník tepla, pec, absorpčný chladič, batériu a skladovanie teplej vody.

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

Interaktivní prvek