

# Inteligentní energie a inteligentní sítě

Radoslav Vargic, Juraj Londák

## Anotace

Tento modul se zabývá oblastí inteligentní energie. Poskytuje základní popis elektrické sítě, elektřiny, trhu s elektřinou a souvisejících procesů, jako je regulace sítě. Zahrnuje úvod do měření, který se týká základních mechanických měřidel i nejmodernějších inteligentních měřidel. Informuje o plánech Evropské unie a stavu zavádění inteligentního měření. Studijní materiál rovněž popisuje doprovodná systémová řešení, jako je automatizovaný odečet měřidel (AMR) a pokročilá měřicí infrastruktura (AMI). Představuje koncept inteligentních sítí a podrobněji se zaměřuje na mikrosítě a koncept energetických uzlů.

## Cíle

Studiem tohoto modulu získají studenti přehled o inteligentním měření a inteligentních sítích. Kromě technických aspektů existují také zásadní aspekty trhu s elektřinou a procesů. Student by měl pochopit hlavní směry a trendy, jak se elektrická síť stává inteligentní a jakým směrem se vývoj ubírá.

## Klíčová slova

elektrická síť, distribuce elektřiny, trh s elektřinou, inteligentní měřič, pokročilá měřicí infrastruktura, inteligentní síť, mikrosítě, energetický uzel

## Datum vytvoření

21.07.2022

## Časová dotace

120 hodin

## Jazyková verze

česky

## Licence

## ISBN

## Literatura

- [1] SEPS, a.s., “Schémy siete”. 31. december 2021. [Online]. Dostupné z: <https://www.sepsas.sk/sk/technicke-udaje/schemy-siete/>
- [2] “ÚVOD DO LIBERALIZOVANÉ ENERGETIKY”. Asociace energetických manažerů, 2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/kniha-trh-s-elektroinou.pdf>
- [3] Blue Jay company, “Difference of AMR and AMI system”. [Online]. Dostupné z: <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]. Dostupné z: [https://www.cenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN-CENELEC\\_Topics/Smart%20Grids%20and%20Meters/Smart%20Meters/cen-clc-etsi-tr50572\\_2011.pdf](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]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters\\_en](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]. Dostupné z: <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 síť

### DEFINICE

**Elektrická síť** je propojená síť elektrických vedení a souvisejících zařízení, která slouží k dodávce elektřiny od výrobců ke spotřebitelům.

Většina elektřiny se obvykle vyrábí v elektrárnách (např. uhelných, jaderných nebo vodních), které jsou však často daleko od spotřebitelů. Vzdálenost je způsobena několika faktory, jako jsou ekonomika, zdraví, bezpečnost a životní prostředí. Dodávka obvykle probíhá na dvou úrovních: **přenos** a **distribuce**. Přenosová část přenáší energii na velké vzdálenosti (např. stovky kilometrů) a využívá vyšší napětí pro efektivnější přenos. Distribuce je zaměřena na dodávku jednotlivým spotřebitelům a využívá nižší napětí pro bezpečnější a jednodušší distribuci.

[Interaktivní prvek](#)

### POZNÁMKA

Všeobecně platí, že **energetický řetězec** je výroba -> přenos -> distribuce -> spotřeba.

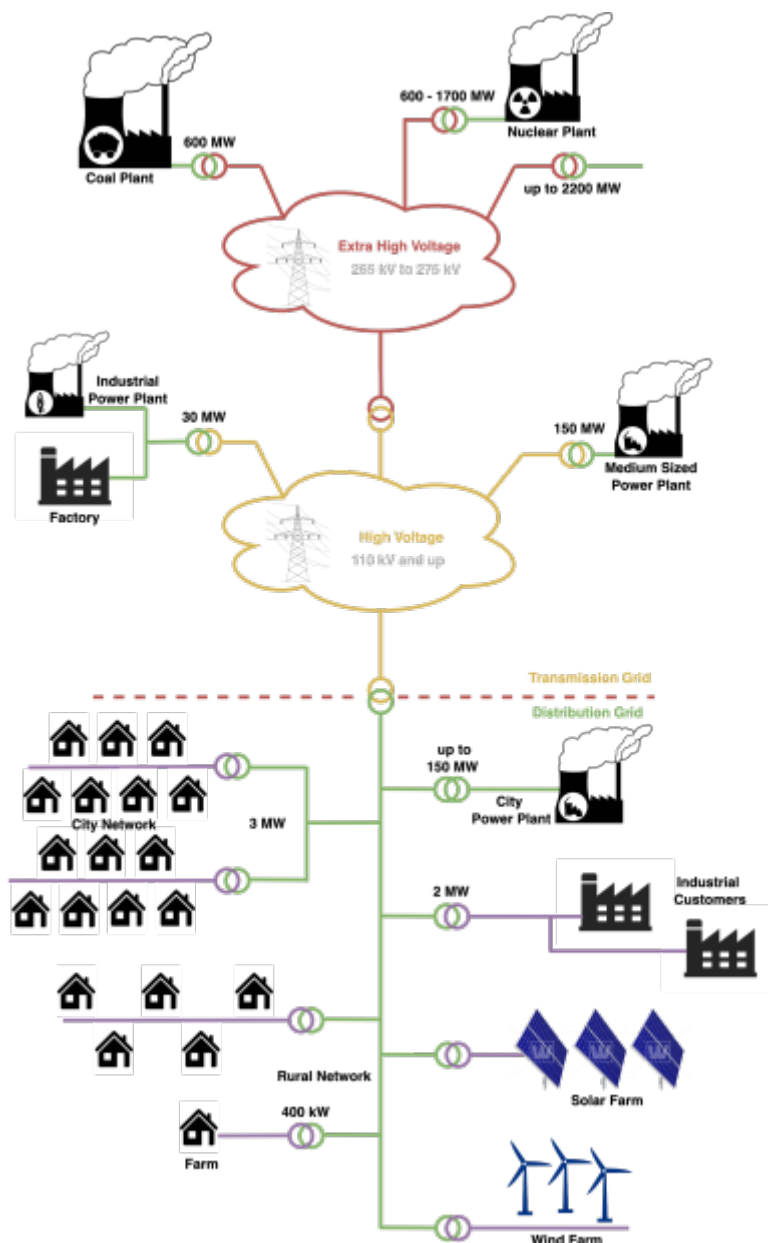
Kromě tohoto tradičního konceptu existuje koncept **distribuovaných energetických zdrojů (DEZ)**.

### POZNÁMKA

V konceptu DEZ se energie vyrábí v blízkosti místa spotřeby, např. ve stejné budově.

[Interaktivní prvek](#)

DEZ jsou obvykle malé a šetrné k životnímu prostředí. Obvykle využívají solární energii, zemní plyn nebo vítr. Umístění všech výše uvedených konceptů je znázorněno na obr. 1.



Obr. 1. Základní schéma elektrické sítě s výrobou, přenosem, distribucí a spotřebou energie

Je také patrné jasné oddělení přenosové a distribuční úrovně. Toto rozdělení se projevuje i v provozu elektrické sítě. Přenosovou část provozují *provozovatelé přenosových soustav (PPS)* a distribuční část *provozovatelé distribučních soustav (PDS)*. Provozovatelé distribuce mohou být regionální nebo místní.

[Interaktivní prvek](#)

## ZAJÍMAVOST

V Evropě existuje více než 3500 společností PDS. V některých zemích (např. Česká republika, Slovensko, Maďarsko) dodávají tři největší PDS více než 60 % energie.

## ZAJÍMAVOST

Mapy a schémata přenosových úseků zveřejněné provozovateli přenosových soustav jsou veřejně dostupné, např. v [1] je k dispozici schéma pro celou střední Evropu. Zde uvádíme částečný pohled na obr. 2.



Obr. 2. Energetické systémy středovýchodní Evropy [1], v blízkosti slovensko-ukrajinských hranic, poskytnuto se souhlasem SEPS a. s.

## KAPITOLA 2

# Vysvětlení činného, jalového a zdánlivého výkonu, princip ztrátového výkonu, kvalita elektrické energie

V následujícím textu bychom chtěli podrobněji vysvětlit, jaký druh energie se v elektrické síti vyskytuje a jak souvisí se ztrátami výkonu v elektrické síti.

### PŘÍKLAD

Na jednoduchém příkladu na obr. 3 si ukážeme, co je to **jalový výkon**. Pokud kůň táhne vůz ve směru kolejnic, vůz jede snadno a s minimálním třením. Celé úsilí koně představované silou  $P$  (tzv. **činná síla**) je využito k pohybu vozu.

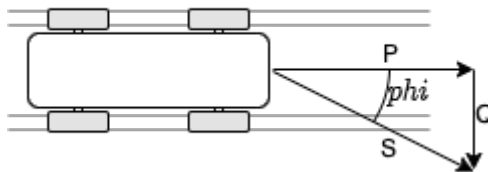
Pokud však kůň táhne rovnoběžně s kolejiemi, musí vůz při pohybu překonávat tření (naše **reaktivní síla  $Q$** ) a kůň musí vynaložit větší sílu, kterou nazýváme **zdánlivá síla  $S$** , aby se vůz dostal na stejné místo jako v prvním případě. Kosinus úhlu mezi silami, v našem případě mocninami, je **účinník  $\cos \phi$** .

### [Interaktivní prvek](#)

Pokud je účinník v rozvodu energie roven 1, přenáší se pouze činná složka, zdánlivý výkon se rovná činnému výkonu a provoz zařízení je nejehospodárnější (minimální úbytky napětí a ztráty výkonu).

### NEVÝHODY

V reálném životě je vždy přítomen minimální jalový výkon (ideálního účinníku 1 není nikdy dosaženo).

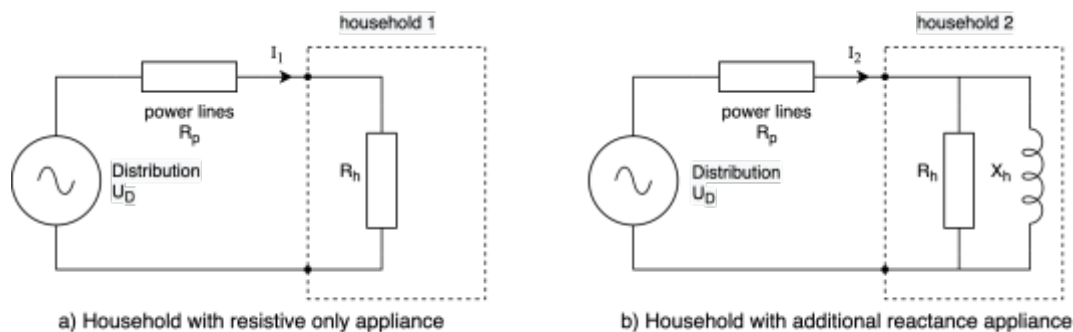


Obr. 3. Schematické vysvětlení činného a jalového výkonu

Hlavním problémem je jalový výkon, který nepřenáší žádnou reálnou energii do zátěže. Odpovídající jalové proudy jsou však skutečné a způsobují další **tepelné ztráty** při přenosu a distribuci.

## PŘÍKLAD

Uvažujme jednoduchý příklad na obr. 4. Zde dodatečná reaktance způsobuje dodatečný, fázově posunutý proud, který není spotřebováván domácností, ale způsobuje dodatečné energetické ztráty při průchodu elektrickým vedením (pro zjednodušení znázorněno jako skutečný odpor). Protože obě domácnosti spotřebovávají stejný činný výkon, platí stejnou cenu za kWh.



Obr. 4. Schematické srovnání toků energie pro domácnosti bez dodatečné reaktance a s dodatečnou reaktancí, platí že  $|I_{h2}| > |I_{h1}|$

Distribuční společnost obvykle také upravuje své ceny (tarify) tak, aby pokryla ztráty elektřiny ve své síti. Platby za ztráty se tak rozdělí mezi všechny domácnosti, nejen mezi ty, které je primárně způsobily. Jiná situace je však u malých společností, kde se provádí přesné měření, včetně účinníku. Zde je špatný účinník obvykle již finančně postihován.

## DEFINICE

Nezapomeňte, že v EU je střídavé napětí pro domácnosti určeno normou **EN 60038:2011** jako **230/400 V  $\pm 10\%$** .

V zápisu 230/400 V je 230 V efektivní hodnota (anglicky *Root Mean Square* - **RMS**) mezi fází a nulovým vodičem, 400 V je efektivní napětí mezi dvěma fázemi (připojení domácnosti k síti má obvykle 3 fáze). Fáze jsou označeny L1, L2, L3 a jsou vzájemně fázově posunuty o  $120^\circ$ .

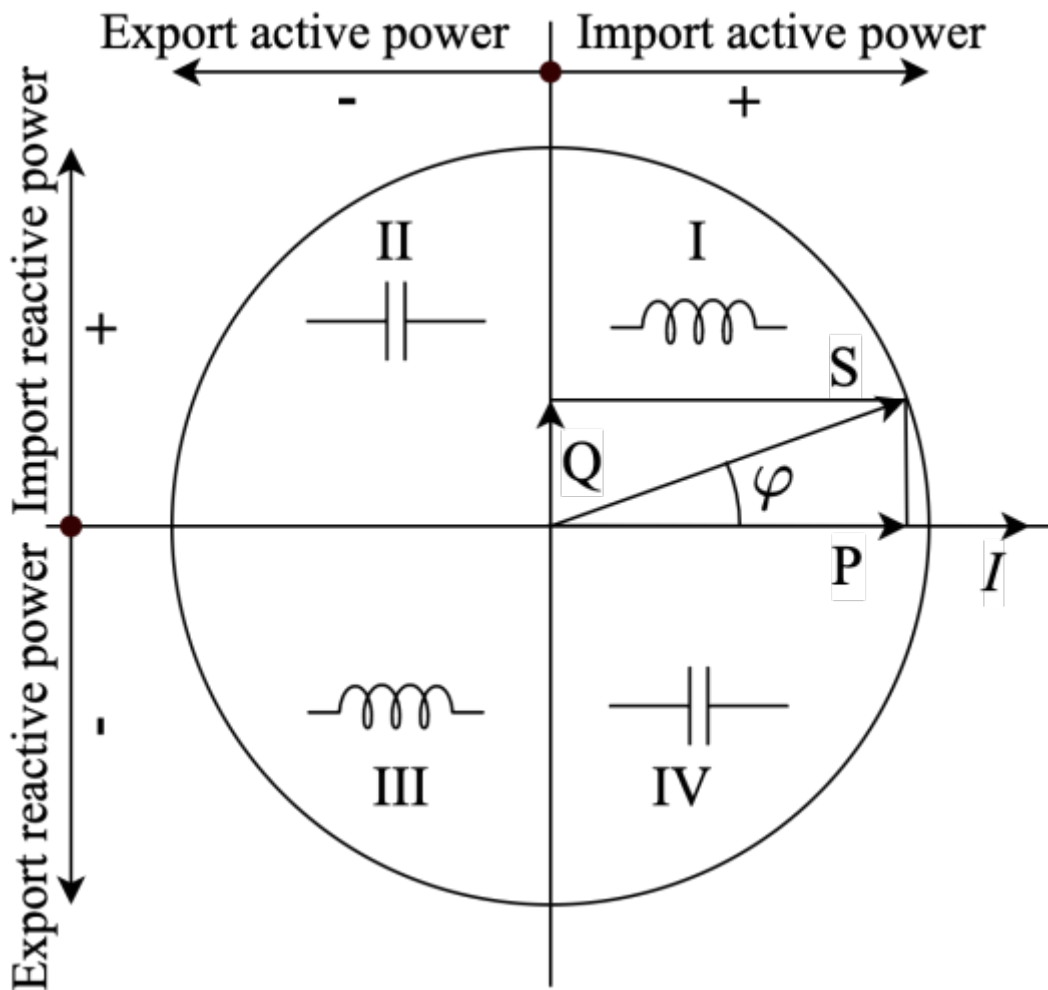
[Interaktivní prvek](#)

## ZAJÍMAVOST

U střídavého elektrického proudu se efektivní hodnota rovná hodnotě konstantního stejnosměrného proudu, který by při odporové zátěži způsobil stejné tepelné ztráty.

Při měření moderními elektroměry se běžně rozlišují čtyři kvadranty (I, II, III, IV), které určují, jaký typ reaktance (kapacitní, induktivní) převažuje a kterým směrem energie proudí (import = spotřeba = kladný

činný výkon =  $A+$ , export = výroba = záporný činný výkon =  $A-$ ).



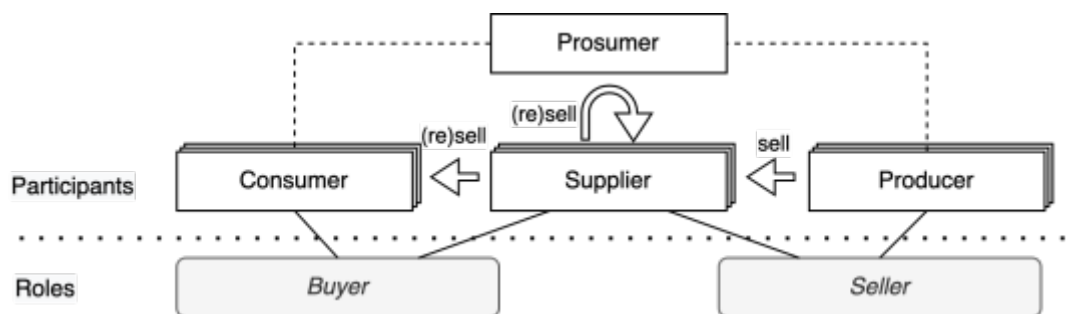
Obr. 5. Definice kvadrantů pro činný a jalový výkon podle IEC 62053-23



## KAPITOLA 3

# Trh s elektrickou energií

Veškerá elektřina, která proudí sítí, byla nakoupena na trhu s elektřinou. Hlavní účastníci trhu a jejich role jsou znázorněny na obrázku 6.



Obr. 6. Účastníci obchodování na trhu s elektřinou a jejich role

Popis rolí je následující:

### DEFINICE

- **Výrobce** – výrobce elektřiny. Nejčastěji se jedná o **prodejce**. Může prodávat energii více dodavatelům.
- **Spotřebitel** – odběratel elektřiny. Obvykle má jednoho dodavatele, který je také zodpovědný za odchylky spotřebitelů. Nejčastěji je to **kupující**.
- **Prosumer** – nová role v legislativě EU. Prosumer kombinuje roli výrobce i spotřebitele, protože spotřebitel se může stát také výrobcem, pokud má zdroj energie, který lze zpeněžit.
- **Dodavatel** – úkolem dodavatele je vyrovnávat nerovnoměrnou spotřebu menších spotřebitelů. Protože každý z nich má jiný časový průběh spotřeby, může dodavatel kombinovat diagramy spotřeby, které jsou často velmi nerovnoměrné, a získat tak mnohem rovnoměrnější celkový diagram, pro který je výhodnější nakupovat elektřinu na trhu. Kromě dodávky přebírá dodavatel odpovědnost za odchylku jménem spotřebitele a sám je registrován jako subjekt zúčtování (podrobnosti viz následující kapitola). Dodavatel může být kupujícím i prodávajícím.

Existuje mnoho různých typů a organizací energetických trhů. Všechny trhy mají svá specifika. Základní rozdělení lze provést takto [2]:

### DEFINICE

- **Velkoobchod (obchodování)** je obchod prováděný ve větším měřítku a k zajištění dalších transakcí mezi jednotlivými podniky na trhu, tj. není primárně určen pro konečného spotřebitele. Může jít o obchod mezi výrobcí a jinými obchodníky nebo o obchod mezi obchodníky navzájem.
- **Maloobchod (prodej)** je obchod prováděný za účelem uspokojení spotřeby konečného spotřebitele. Může jít o obchod mezi výrobcí a konečnými spotřebiteli, obchodníky a konečnými spotřebiteli nebo dvěma obchodníky, z nichž jeden se zaměřuje na zásobování konečných spotřebitelů.

Velkoobchodní trh lze obecně rozdělit na tři základní trhy s energií podle délky a charakteru dodávek:

#### DEFINICE

- **Dlouhodobé trhy s produkty** jsou trhy, na nichž se transakce s dodávkami elektřiny uskutečňují po dobu jednoho měsíce nebo déle. Nazývá se také **forwardový trh**.
- **Krátkodobé trhy** jsou trhy, na nichž se transakce s dodávkami elektřiny uskutečňují v rozmezí hodin až několika dnů, maximálně však po dobu jednoho týdne. Označuje se také jako **spotový trh**.
- **Trh s regulační energií** je trh, na kterém se uzavírají obchody za účelem řešení odchylek mezi nasmlouvanou a realizovanou dodávkou a spotřebou elektřiny v elektrizační soustavě.

[Interaktivní prvek](#)

#### POZNÁMKA

Další rozdělení obchodování může být např. podle použité metody:

- **Dvoustranné (bilaterální) obchodování** – přímé nebo prostřednictvím makléřské platformy. Pro přímé použití je evropskou normou smlouva EFET. Obvykle je předmětem obchodování dodávka elektřiny podle dohodnutého plánu spotřeby (diagramů).
- **Obchodování prostřednictvím burzy** – obchodování může být dlouhodobé nebo krátkodobé (spot). Např. slovenský a český krátkodobý trh je realizován prostřednictvím spotových burz (OKTE, OTE). Dlouhodobé obchodování organizuje např. POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE ([www.pxe.cz](http://www.pxe.cz)).

## KAPITOLA 4

# Sladění finančních a fyzických toků energie, vyrovnávání, regulace

### DEFINICE

Jak bylo uvedeno v předchozích částech, elektřina, která je dodávána od výrobců spotřebitelům prostřednictvím elektrické sítě, byla nakoupena na **trhu s elektřinou**. V energetice tedy máme dvě úrovně toků, jednu **finanční** a druhou **fyzickou**.

Vzhledem k tomu, že síť je obecně sdíleným zdrojem, který je třeba udržovat v dobrém stavu, je definován proces pro sladění obou úrovní toků. Dohodnuté a plánované toky elektřiny na finanční úrovni se tak porovnávají s fyzickými toky, aby se zjistilo, zda jsou fyzicky vyráběny a spotřebovávány podle plánu. Tato kontrola je obvykle předformulována na 15 minut nebo 1 hodinu (**zúčtovací období**). Pokud se skutečná spotřeba některého z účastníků liší od plánu, vykazuje subjekt **odchylku** a měl by být za ni penalizován.

### DEFINICE

Odchylka sečtená pro všechny položky připojené k elektrické síti představuje **systemovou odchylku**.

### POZNÁMKA

Výrazná odchylka systému může vést k technickým problémům, dokonce i k **výpadku celé sítě** (blackout).

### DEFINICE

Aby byla síť stabilní, je třeba neutralizovat odchylku systému. Hlavním nástrojem je **regulační energie**.

Provozovatel sítě monitoruje síť a v případě odchylky systému dodává do sítě kladnou nebo zápornou regulační energii, aby neutralizoval nerovnováhu systému.

[Interaktivní prvek](#)

### DEFINICE

**Záporná regulační energie** znamená, že energii spotřebovává poskytovatel záporné regulační energie.

Nedostatek energie v síti způsobuje snížení frekvence (pod 50 Hz) a přebytek energie způsobuje zvýšení frekvence (nad 50 Hz).

#### POZNÁMKA

Nedostatek energie je horší a má přísnější řízení. Nedostatek energie nastává, když výrobci vyrobí méně energie, než se plánovalo, a/nebo spotřebitelé spotřebují více energie, než se plánovalo. Energetický přebytek vzniká, když výrobci vyrobí více energie, než bylo plánováno, a/nebo když spotřebitelé spotřebují méně energie, než bylo plánováno.

Po uplynutí zúčtovacího období se situace vyhodnotí. Vzhledem k tomu, že všechny harmonogramy jsou centrálně shromažďovány provozovatelem sítě (finanční úroveň) a všichni výrobci a spotřebitelé mají měřiče (fyzická úroveň), je snadné obě úrovně porovnat a zjistit, kdo je viníkem. Schematicky je situace znázorněna na obr. 7. Viník platí za regulační energii, která byla potřebná k udržení stability sítě v příslušném hodnotícím období.

#### DEFINICE

Hodnocení se však provádí vůči subjektu, který se nazývá **subjekt zúčtování (SZ)**. Tento subjekt vlastní bilanční skupinu, což je skupina spotřebitelů/výrobců, pro které **předpovídá a zasílá harmonogramy** provozovateli sítě a **přebírá odpovědnost za jejich odchylky a jejich vyrovnání**.

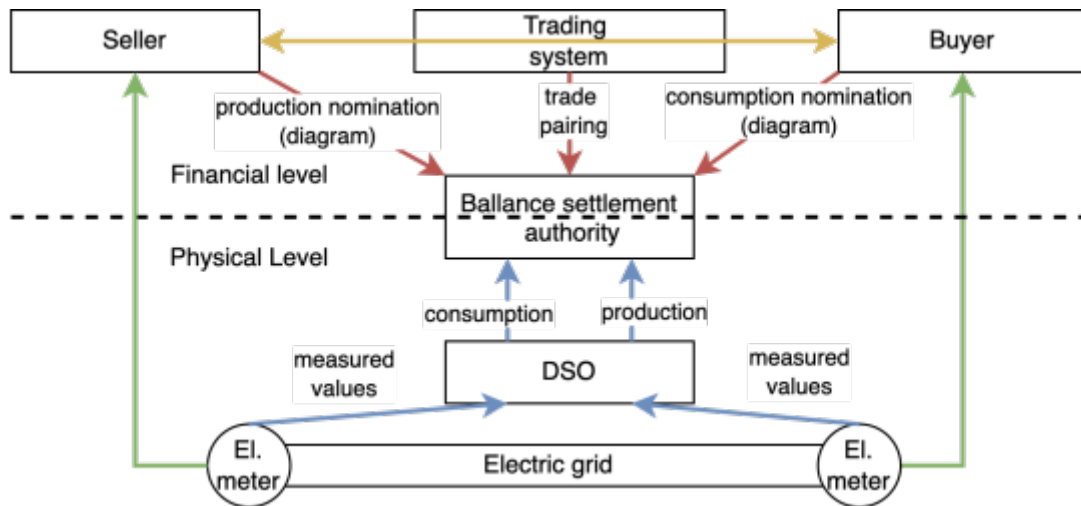
#### POZNÁMKA

Čím větší je bilanční skupina, tím větší je statistická šance SZ, že plánovaná výroba/spotřeba bude odpovídat skutečné výrobě/spotřebě.

U koncových uživatelů, tj. spotřebitelů, jako jsou domácnosti, hradí veškeré nákupy energie a odpovědnost za odchylku obvykle energetické společnosti na základě smlouvy se spotřebitelem. Spotřebitel jednoduše platí měsíční účet na základě parametrů dohodnutých ve smlouvě, jako je maximální spotřeba, tarify, denní rozvrh atd., a na základě spotřeby zaznamenané na elektroměru instalovaném v místě připojení.

#### DEFINICE

**Bod připojení** je místo, kde je objekt připojen k elektrické síti.



Obr. 7. Princip párování finančních a fyzických úrovní a výpočet odchylky

## KAPITOLA 5

# Inteligentní měření

Měření výkonu v energetické síti je velmi důležité nejen pro účtování zákazníkům, ale také pro řízení a optimalizaci celé sítě. Čím častější jsou měření, tím lepší přehled můžeme získat.

### ZAJÍMAVOST

Základním zařízením pro taková měření je elektroměr, což je měřicí zařízení, které měří spotřebu elektřiny a další parametry v určitém místě elektrické sítě. Takovým bodem je obvykle místo připojení spotřebitele. Zde elektroměr poskytuje údaje potřebné pro fakturaci, v podstatě spotřebu elektřiny v kWh.

### DEFINICE

Koncepce **inteligentního měření** definuje minimální soubor schopností měřiče, který má být považován za "inteligentní", jako je určitá úroveň autonomie, komunikační schopnosti, možnost aktualizace atd.

### POZNÁMKA

Koncept inteligentního měření vyžaduje pro efektivní provoz určitou architekturu celého měřicího systému. Dále je popsáno technické řešení, které předchází inteligentnímu měření.

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 6

# Elektromechanické elektroměry

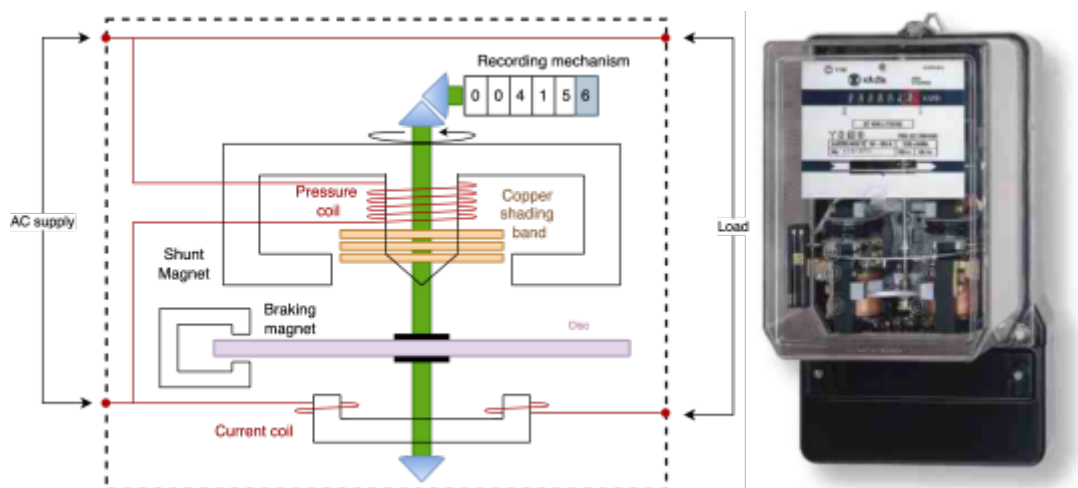
Klasickým typem elektroměru je elektromechanický indukční kilowatthodinový měřič střídavého proudu (AC).

### DEFINICE

Tento měřič pracuje na základě elektromagnetické indukce, kdy počítá otáčky nemagnetického, ale elektricky vodivého kovového (obvykle hliníkového) kotouče.

### ZAJÍMAVOST

Kotouč se otáčí rychlostí úměrnou výkonu, který prochází měřidlem. Princip je znázorněn na obr. 8. Hliníkový disk se otáčí ve vzduchové mezeře poháněný vířivými proudy. Měřený proud protéká proudovou cívkou pod diskem. Prochází také tzv. tlakovou cívkou, která má díky uzavřenému železnému jádru velkou indukčnost ve srovnání s proudovou cívkou, a proto dochází k fázovému posunu magnetických toků obou cívek při zatížení téměř o 90°. Tyto toky vytvářejí rotující magnetické pole, které otáčí diskem. Rotující disk pohání mechanické počítadlo.



Obr. 8. Princip elektromechanického elektroměru (vlevo), příklad provedení (vpravo)

## KAPITOLA 7

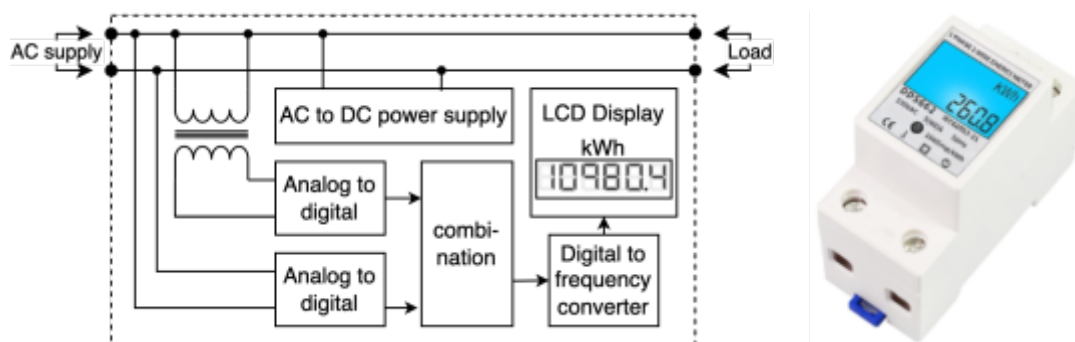
# Polovodičové elektroměry

Modernější přístup nepoužívá žádné pohyblivé části. Takové měřiče se nazývají **polovodičové měřiče**.

### ZAJÍMAVOST

Také měří proud a napětí, ale místo rotujícího disku, cívek a převodů používají elektronické součástky a obvody, jako jsou *analogově-digitální převodníky (ADC)*, mikroprocesory, LCD displeje atd. Jsou schopny měřit více hodnot, například napětí, činný výkon, jalový výkon, účinník atd.

Typická konstrukce je znázorněna na obr. 9.



Obr. 9. Princip polovodičového elektroměru (vlevo), příklad provedení (vpravo)

Přirozeně vyvstává otázka, jak přenést data z měřiče do informačního systému, který je zpracovává. První architektury, jako je *automatický odečet měřidel (AMR)*, si kladly za cíl automatizovat proces odečtu měřidel.

### POZNÁMKA

Před zavedením AMR museli PDS vše provádět ručně pomocí zaměstnanců, kteří přímo odečítali hodnoty z přístrojů. Tímto procesem se v servisních oblastech promarnilo obrovské množství času.

### DEFINICE

Podle skupiny „Demand Response and Advanced Metering Coalition“ je AMR definován jako „systém, ve kterém je souhrnná spotřeba kWh/vody/plynu nebo v některých případech poptávka získávána automatizovaně, například pomocí vozidla nebo přenosného počítače“. [3].



Proces čtení je obvykle založen na **radiofrekvenčních (RF)** technologiích, přičemž lze použít různé RF technologie, jako je ZigBee, Bluetooth, WiFi atd. Lze použít i **pevné připojení k síti**.

#### ZAJÍMAVOST

U AMR je **komunikace jednosměrná** bez ohledu na způsob odečtu měřidla. Měřič komunikuje s odečítacím zařízením, ale zařízení nemůže poslat příkaz zpět měřiči. Systém AMR přenáší data do **databází společnosti**. Údaje v systémech AMR se obvykle shromažďují pouze **měsíčně nebo maximálně denně**.

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 8

# Od AMR systémů k systémům AMI

Přidáním větší automatizace a obousměrné komunikace k systémům AMR získáme systémy AMI (*Advanced Meter Infrastructure*).

### POZNÁMKA

Tyto systémy se začínají objevovat kolem roku 2005. AMI umožňuje integraci na **vyžádání** v reálném čase s koncovými body měření. Měřicí systém **zaznamenává spotřebu každou hodinu nebo častěji** (např. každých 15 minut) a zajišťuje **denní nebo častější přenos** měření prostřednictvím komunikační sítě do centrálního sběrného místa.

### ZAJÍMAVOST

Konečným cílem AMI je [4] mít k dispozici údaje o energii v reálném čase pro PDS, spotřebitele a výrobce na podporu jejich rozhodování při vyhodnocování ceny energie.

### DEFINICE

Systémy AMI jsou součástí **inteligentních měřicích systémů**.

### [Interaktivní prvek](#)

AMI je chápána jako infrastruktura, která zahrnuje inteligentní měřiče, komunikační sítě a **systémy správy dat měřičů** (MDMS) pro analýzu a ukládání dat.

### DEFINICE

Inteligentní měřicí systémy jsou v EU specifikovány doporučením Komise 2012/148/EU, které definuje 10 společných minimálních funkcí pro inteligentní měřicí systémy:

Pro zákazníka:

1. poskytování údajů přímo spotřebiteli a/nebo jakékoli třetí straně,
2. dostatečně časté obnovování dat, aby bylo možné využívat programy úspory energie.

Pro provozovatele měření:

3. umožňuje dálkové čtení dat operátorem,
4. zajistit obousměrnou komunikaci pro údržbu a kontrolu,

5. umožňují dostatečně časté odečty dat pro plánování sítě.

Pro obchodní aspekty dodávek energie:

6. podpora pokročilých tarifních systémů,

7. dálkové ovládání zapnutí/vypnutí a/nebo omezení výkonu,

Z důvodu bezpečnosti a ochrany dat:

8. zajištění bezpečné datové komunikace,

9. prevence a odhalování podvodů,

Pro distribuovanou výrobu:

10. zajištění importu/exportu a měření jalového výkonu.

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 9

# Co dělá chytrý měřič chytrým?

### POZNÁMKA

Doporučení EU jsou transponována jednotlivými vládami a definují konkrétnější požadavky na inteligentní měřicí systémy a jejich koncová zařízení – **inteligentní měřiče**.

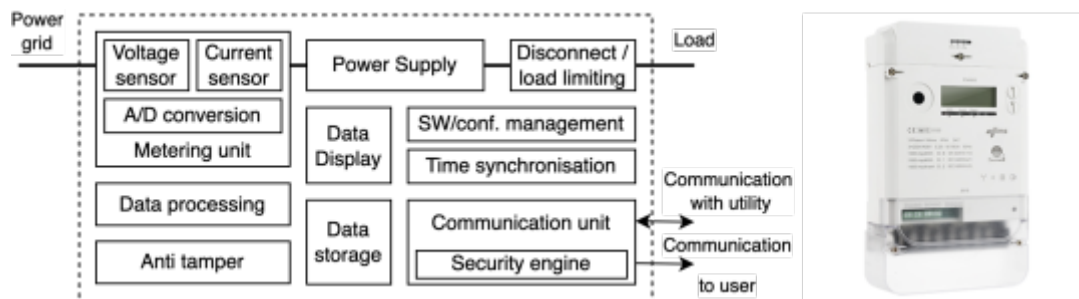
Základní schéma a příklad inteligentního měřiče je na obr. 10. Vizualně toho kromě displeje moc k vidění není. V porovnání s běžným polovodičovým měřičem/AMR jsou hlavní změny uvnitř.

### ZAJÍMAVOST

Kromě náročnějších funkcí bezpečné obousměrné komunikace dochází k výraznému přechodu na autonomní provoz za různých podmínek, jako je správa událostí (záznam a odesílání dat při splnění předem definovaných podmínek), přesná správa času (synchronizace času, časové razítkování naměřených dat), možnosti vzdálené správy (vzdálená konfigurace, dokonce i aktualizace softwaru), vzdálená obsluha, jako je aktualizace tarifního kalendáře, odpojení/omezení spotřeby energie.

Dobrym příkladem inteligentních funkcí jsou události. Existují čtyři základní kategorie událostí:

- **Události stavu měřiče**, jako je „poslední výdech“ (informace o výpadku napájení), „první nádech“ (informace o obnovení napájení). Tato oznámení by měla být zasílána v náhodných intervalech, aby nedocházelo k přetížení komunikace v případě hromadných událostí (nebo je v měřiči inteligence, která rozlišuje mezi hromadným výpadkem napájení a individuální ztrátou napájení).
- **Události kvality napájení**, jako je pokles/nárůst napětí (kratší trvání vyššího/nížšího napětí) a alarmy vysokého/nízkého napětí (delší trvání vyššího/nížšího napětí). Kratší trvání znamená < 500 ms, nižší/vyšší mimo toleranční interval  $\pm 10\%$  kolem jmenovité hodnoty.
- **Příznaky neoprávněné manipulace s měřidlem**, například obrácený tok energie.
- **Informace o hardwaru měřiče**, například alarmy baterie.



Obr. 10. Blokové schéma inteligentního měřiče (vlevo), příklad realizace (vpravo)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 10

# DLMS/COSEM/OBIS/IDIS

Události se obvykle zaznamenávají jako objekty v deníku událostí.

### DEFINICE

Standard pro organizaci všech dat (nejen událostí) v inteligentních měřičích poskytuje soubor norem DLMS/COSEM. DLMS je zkratka pro *Device Language Message Specification* a COSEM pro *Companion Specification for Energy Metering*.

### ZAJÍMAVOST

Sdružení uživatelů DLMS spravuje soubor čtyř hlavních specifikačních dokumentů:

- Modrá kniha – popisuje model objektů měřidel COSEM a **OBIS** (*Object Identification System*), který přiřazuje logické názvy objektům COSEM. OBIS je specifikován v IEC 62056-61.
- Zelená kniha – popisuje architekturu a protokoly.
- Žlutá kniha – popisuje testování shody.
- Bílá kniha – obsahuje slovníček pojmů.

### ZAJÍMAVOST

Kódy OBIS identifikují data pomocí hierarchické struktury s „tečkovým“ zápisem a šesti skupinami hodnot ve formuláři: A-B:C.D.E\*F. Existují 4 různé oddělovače („-“, „:“, „.“, „\*“ a „.“), které podporují identifikaci skupiny v případě, že je použita pouze část identifikátoru.

### POZNÁMKA

Často se jedná o třískupinový dílčí identifikátor, například „1.8.0“, který se mapuje na C.D.E. Podrobnější popisy skupin jsou následující:

- A – určuje médium (typ energie), např. 0 = abstraktní, 1 = elektřina, 5 = chlazení, 6 = teplo, 7 = plyn, 8 = studená voda, 9 = teplá voda, ...
- B – identifikuje měřicí kanál podle čísla
- C – identifikuje abstraktní nebo fyzikální údaje, jako je proud, napětí, výkon, ... pro daný kanál, např. 1 = kladný činný výkon, 2 = záporný činný výkon, 11 = proud, 12 = napětí, 99

= profil abstraktních dat (pokud A = 0) nebo profil elektrických dat (pokud A = 1).

- D – identifikuje typ výsledku zpracování dat, např. 3 = minimum, 6 = maximum, 8 = časový integrál.
- E – identifikuje další zpracování, pokud A = 1, pak např. 0 = celkem, 1 = sazba (tarif) 1, 2 = sazba 2, ale např. pokud C = 11 nebo 12, význam E se změní na 0 = celkem, 1 = 1. harmonická, 120 = 120. harmonická, 124 = *celkové harmonické zkreslení (CHS)*
- F – identifikuje historická data

## PŘÍKLAD

Příklady vysvětlení vybraných kódů OBIS jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Vysvětlení vybraných kódů OBIS

OBIS kód	Vysvětlení
1.8.0	Celková kladná činná energie (A+) [kWh]
1.8.1	Kladná činná energie (A+) v tarifu T1 [kWh]
2.8.0	Celková záporná činná energie (A+) [kWh]
2.8.1	Záporná činná energie (A+) v tarifu T1 [kWh]
99.98.x	Deník událostí
99.1.x	Profil zatížení s obdobím záznamu 1

Poznámka: „x“ znamená jakoukoli hodnotu v platném rozsahu 0–255.

V tabulce vidíme další příklady profilů, což jsou objekty, které se používají k záznamu řady měření (objektů) jedné nebo podobných veličin a/nebo ke sdružování různých údajů. **Pro základní měření je obvykle nastavena doba záznamu na 15 minut a PDS ji načítá jednou denně.**

## POZNÁMKA

Kromě výše uvedených standardů popisujících DLMS/COSEM a OBIS může v mnohém pomoci sdružení **IDIS (Interoperable Device Interface Specification)**, jehož cílem je dosáhnout celoevropské interoperability. Podporuje různé případy použití, jako je automatická registrace elektroměru, dálkové programování tarifů, odpojení a opětovné připojení dodávky elektřiny, synchronizace hodin v rámci celého systému, řízení poptávky a zatížení, dálková aktualizace firmwaru.

## PŘÍKLAD

IDIS například podrobněji specifikuje klasifikaci kódů událostí, jako např.:

- kód události 7: vyměňte baterii – baterie dosáhla očekávaného konce životnosti a musí být vyměněna,

- kód události 40: odstraněný kryt měřiče – označuje, že byl odstraněn kryt měřiče.

[Interaktivní prvek](#)



## KAPITOLA 11

# Rozhraní inteligentního měřidla

Jak ukazuje obr. 10, existují dva typy komunikace – s PDS a s uživatelem.

### DEFINICE

Směrnice o elektrické energii (EU) 2019/944, která formuluje funkce inteligentních měřicích systémů, uvádí, že údaje o spotřebě v téměř reálném čase musí být koncovým uživatelům (uživatelům) k dispozici prostřednictvím standardizovaného **rozhraní s automatizovanými programy energetické efektivity**, odezvou na nabídku a poptávku a dalšími službami.

### ZAJÍMAVOST

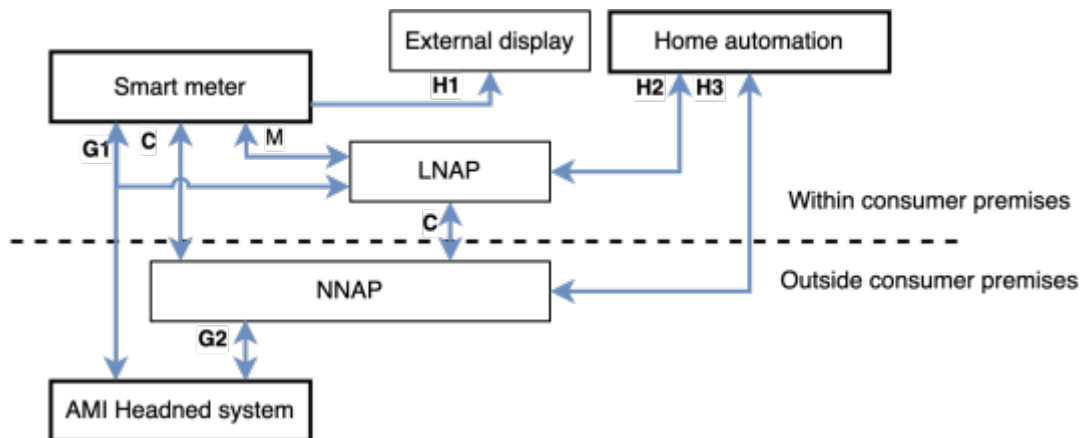
Tato důležitá vlastnost je obsažena také v referenční architektuře pro komunikaci inteligentních měřicích systémů [5], kterou vyvinula skupina **Smart Metering Coordination Group**, a jejíž zjednodušená verze je znázorněna na obr. 11. Zde rozhraní H1 propojuje inteligentní měřicí systém s externím displejem. Rozhraní H2, H3 propojují inteligentní měřicí systém se systémem pro správu energie v domácnosti / domácí automatizací a zajišťují obousměrnou komunikaci. Připojení využívá místní nebo sousední přístupový bod. Data inteligentních měřičů jsou přímo sdílěna externě prostřednictvím koncové stanice AMI se systémem správy dat měřičů (MDMS) přes rozhraní G1. Nebo nepřímě přes rozhraní C a G2.

### POZNÁMKA

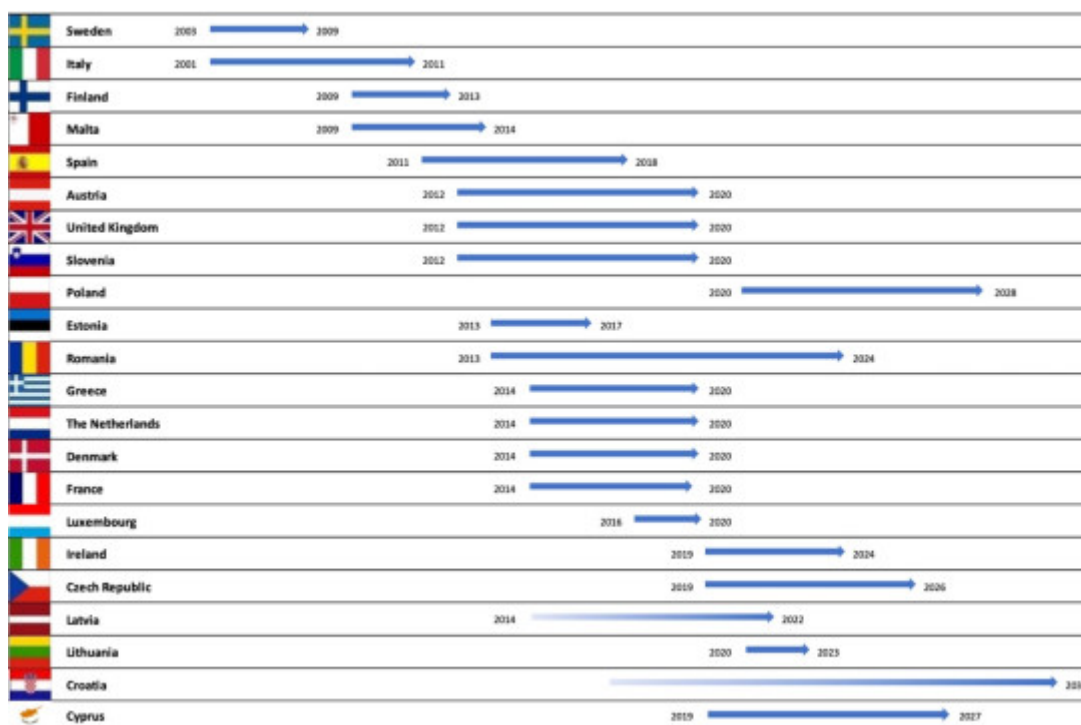
V [5] je uveden přehled preferovaných komunikačních technologií pro různá rozhraní H1–H3, G1–G2 a C pro jednotlivé země. U G1 a G2 převažuje technologie založená na GSM (někdy dále specifikovaná jako GPRS, 3G, 4G, LTE, NB-IoT). U rozhraní C převažuje **komunikace po elektrické síti (PLC)**, přičemž zařízení NNAP funguje jako koncentrátor dat. Preference zemí pro rozhraní H se různí.

### ZAJÍMAVOST

Standardizace, jak ji požaduje směrnice 2019/944, má stále daleko k jednotnosti v celé EU. Povinnost uložená směrnicí 2009/72/ES spočívá v tom, že do roku 2020 má být zavedeno 80 % inteligentních měřicích systémů. Podrobnosti o oficiální strategii nasazení v jednotlivých zemích jsou uvedeny na obr. 12.



Obr. 11. Zjednodušená referenční architektura pro komunikaci s inteligentními elektroměry



Obr. 12. Oficiální plán zavádění inteligentních měřičů pro každou zemi týkající se rozsáhlého zavádění inteligentních elektroměrů (pokrytí 80 % nebo více) [6]

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 12

# Backendové systémy pro inteligentní měření (HES, MDMS), rozhraní a role

### ZAJÍMAVOST

Jak je znázorněno na obr. 11, AMI končí na straně PDS systémem *AMI Head End System* (HES). Úkolem HES v architektuře inteligentního měřicího systému je automaticky získávat data měřičů, spravovat připojení a získávání dat a umožňovat bezpečný přístup k měřičům, konfiguraci, aktualizace softwaru a ad hoc požadavky. Tuto oblast si lze představit jako sběr dat z měřidel – *Meter Data Collection* (MDC). Po shromáždění jsou data uložena v systémech pro správu dat měřidel – *Meter Data Management* (MDM) – *Meter Data Management Systems* (MDMS).

### POZNÁMKA

Rozsah činností systémů MDC/MDM je:

- **sběr dat z měřičů** – ze systémů HES, starších systémů, ruční zadávání dat, ...
- **validace, odhad a editace (VEE)** – zahrnuje různé kontroly dat, umožňuje odhad chybějících údajů, umožňuje ruční editaci dat, přiřazuje hodnocení kvality dat, ...
- **agregace dat** – zajištění požadované agregace dat, vytváření a vykazování statistik, ...

### POZNÁMKA

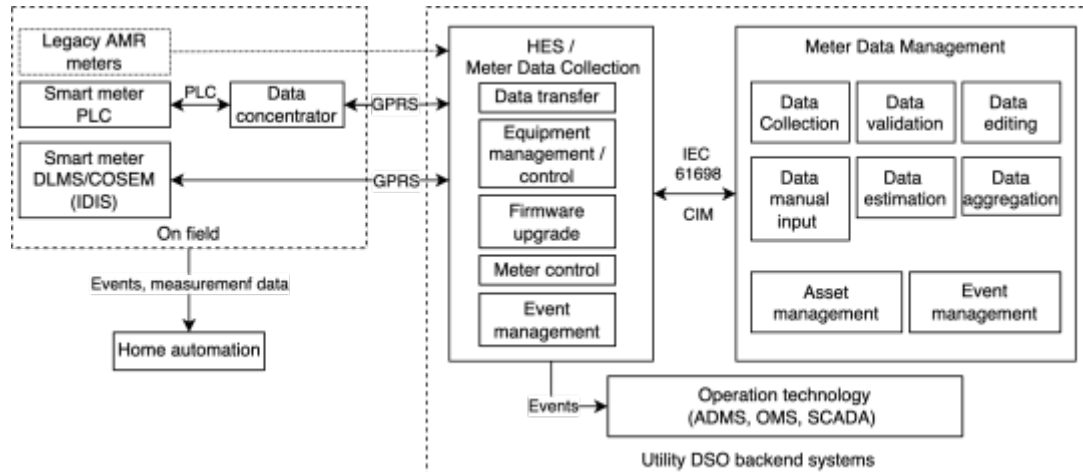
MDM může volitelně sloužit jako systém mapování infrastruktury a správy prostředků, zejména pro menší PDS. Kompetence systémů MDM a HES/MDC se částečně překrývají, ale MDM se více orientuje na **životní cyklus měření dat** a HES se více zaměřuje na **infrastrukturu, vybavení a komunikaci**. Případy, jako je správa událostí a konfigurace funkcí inteligentních měřičů, jsou však vázány na oba systémy a musí být koordinovány oběma systémy. Kromě toho jsou specifické události, jako je " poslední výdech", důležitými vstupy pro **systémy provozních technologií (OT)** společností PDS, jako je systém **SCADA** (*Supervisory Control and Data Acquisition*), **systém řízení výpadků (OMS)** nebo **systém řízení distribuce (DMS)**, které řídí energetickou síť.

### ZAJÍMAVOST

Pro rozhraní HES-MDMS se za standard považuje norma IEC 61698. Norma IEC 61698-9 specifikuje informační obsah souboru typů zpráv, které lze použít pro podporu odečtů a kontroly měřidel, událostí, synchronizace zákaznických dat a přepínání zákazníků. IEC 61968-11

specifikuje *společný informační model (CIM)*, který podporuje zprávy a rozšiřuje základní CIM (IEC 61970) pro potřeby distribučních sítí.

Celková architektura inteligentního měřicího systému, včetně back office systémů souvisejících s měřením AMI a PDS, je znázorněna na obr. 13.



Obr. 13. Inteligentní měřicí systém – přehledový obrázek s AMI (levá strana) a back office systémy souvisejícími s měřením PDS (pravá strana)

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 13

# Inteligentní síť

Inteligentní síť je podstatně širší pojem než inteligentní měření. Inteligentní měření je pouze základní funkcí v rámci inteligentní sítě, jejímž cílem je poskytovat všem účastníkům informace o aktuálním stavu a „zdraví“ sítě a poskytovat podklady pro jejich rozhodování.

### DEFINICE

Skutečnou inteligentní síť si lze představit jako elektrickou síť, která dokáže automaticky znovu využívat shromážděné informace a poskytovat služby, které zvyšují **spolehlivost, odolnost a schopnost reakce** elektrické sítě.

### POZNÁMKA

Konkrétně se dokáže například vypořádat s lokálně vyráběnou energií, předvídat výpadky proudu dříve, než k nim dojde, a rychle obnovit provoz. Takovou síť lze nazvat „samoopravnou“ a „provádějící rozhodnutí“.

[Interaktivní prvek](#)

### ZAJÍMAVOST

Cílem je plně automatizovat distribuční síť elektřiny – včetně místní výroby a spotřeby.

### PŘÍKLAD

Některé příklady automatizace jsou

schopnost automaticky přeměrovat energii při přerušení přenosového vedení.

Snížení dalších toků, když některé solární panely náhle vyšlou do sítě příval energie.

### ZAJÍMAVOST

Z technického hlediska jsou již základní stavební kameny pro inteligentní síť k dispozici. Zavádění inteligentních sítí je jednou z prioritních tematických oblastí politiky transevropských energetických sítí (*Trans-European Networks for Energy – TEN-E*), což je politika zaměřená na propojení energetické infrastruktury zemí EU, jejímž cílem je pomoci integrovat obnovitelné zdroje energie, dokončit evropský trh s energií a umožnit spotřebitelům lépe regulovat svou spotřebu energie [7].

## POZNÁMKA

Aby byla inteligentní síť funkční, musí být nejprve zavedeno inteligentní měření. Tento krok se provádí v mnoha evropských zemích spolu s přechodem od tradičního měření elektřiny k měření více energií.

## POZNÁMKA

Inteligentní měření jako systém lze považovat za jeden ze systémů inteligentní sítě. Seznam základních systémů přítomných v inteligentní síti uvádí [8] a je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2. Inteligentní síť – seznam základních systémů; v seznamu si všimněte inteligentních měřicích systémů.

Doména nebo funkce	Systémy
Výroba	Systém řízení výroby
Systém řízení přenosu	Automatizační systém rozvoden
	Prevence blackoutu – ochrana a řízení v rozsáhlé oblasti (WAMPAC)
	Systém EMS SCADA
	Flexibilní přenosové systémy střídavého proudu
Systémy řízení distribuce	FACTS – systém automatizace rozvoden
	Automatizační systém podavače
	Pokročilý systém řízení distribuce (ADMS)
	Systém FACTS
Operační systémy DEZ	Operační systém DEZ
<i>Inteligentní měřicí systémy</i>	<i>Systém AMI</i>
	<i>Back office systém pro měření</i>
Systémy flexibility poptávky a výroby (výroba)	Agregovaný systém řízení samospotřebitelů
Mikrosítě	Systémy mikro sítě
Systém trhu	Systém trhu
	Obchodní systém
Systém administrativy e-mobilita (připojení k síti)	Systémy e-mobility
Administrativní systémy	Systém správy a údržby majetku
	Systém řízení komunikační sítě
	Referenční systém hodin
	Autentizační, autorizační a účetní systém
	Systém pro vzdálenou správu zařízení



# Model architektury inteligentní sítě (SGAM)

### DEFINICE

Důležitý referenční model týkající se systémů inteligentních sítí a architektury inteligentních sítí jako celku představuje *model architektury inteligentních sítí* (SGAM).

### POZNÁMKA

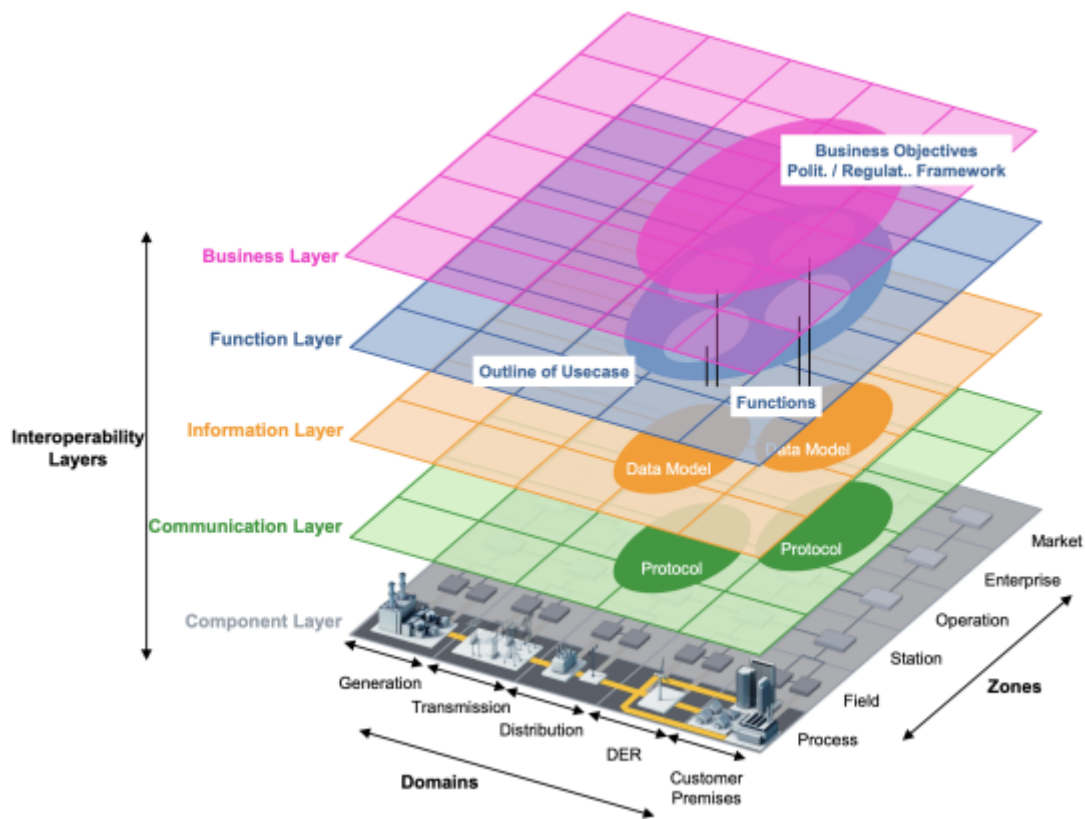
Původní rozsah působnosti SGAM byl vytvořen na základě mandátu M/490 *Evropské komise* (EK) evropskými normalizačními orgány CEN (*Comité Européen de Normalisation*), CENELEC (*Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice*) a ETSI (*Evropský institut pro telekomunikační normy*).

### DEFINICE

SGAM funguje jako referenční návrhový systém, který poskytuje tři hlavní osy pro rozměry: **domény, zóny a vrstvy interoperability**, jak je znázorněno na obr. 14.

[Interaktivní prvek](#)





Obr. 14. Rámec modelu architektury inteligentních sítí [8]

Interoperabilita je považována za klíčový aspekt inteligentní sítě. Systémy jsou považovány za interoperabilní, pokud jsou schopny vykonávat určitou funkci společně s využitím vzájemně vyměňovaných informací.

## DEFINICE

V SGAM je definovaných 5 vrstev interoperability:

- **Obchodní vrstva** – představuje obchodní pohled na výměnu informací souvisejících s inteligentními sítěmi. Lze ji použít k mapování regulačních a ekonomických (tržních) struktur a politik, obchodních modelů, procesů, produktů a služeb.
- **Funkční vrstva** – popisuje funkce a služby včetně jejich vztahů z architektonického hlediska. Funkce jsou reprezentovány nezávisle na aktérech a fyzických implementacích v aplikacích, systémech a komponentách.
- **Informační vrstva** – popisuje informace, které se používají a vyměňují mezi funkcemi, službami a komponentami. Obsahuje informační objekty a základní datové modely.
- **Komunikační vrstva** – popisuje protokoly a mechanismy pro výměnu informací mezi komponentami.
- **Vrstva komponent** – popisuje fyzické uspořádání všech zúčastněných komponent v kontextu inteligentní sítě.

## DEFINICE

Domény v podstatě představují řetězec přeměny energie podobný základnímu schématu elektrické sítě, jak je znázorněno na obr. 1, a lze je popsat následovně:

- **Hromadná výroba** – představuje výrobu elektřiny ve velkém množství, například ve fosilních, jaderných a vodních elektrárnách, větrných elektrárnách na pevnině, velkých solárních elektrárnách, obvykle připojených k přenosové soustavě.
- **Přenos** – představuje infrastrukturu a organizaci, která zajišťuje přenos elektřiny na velké vzdálenosti.
- **Distribuce** – představuje infrastrukturu a organizaci, která distribuuje elektřinu zákazníkům.
- **DEZ** – představuje distribuované elektrické zdroje přímo připojené k veřejné distribuční síti pomocí technologií výroby elektřiny malého rozsahu (obvykle v rozmezí 3 kW až 10 000 kW). Tyto distribuované elektrické zdroje mohou být přímo řízeny PDS.
- **Odběrná místa** – představují jak koncové odběratele elektřiny, tak výrobce elektřiny. Prostory zahrnují průmyslové, obchodní a domácí objekty (např. chemické závody, letiště, přístavy, nákupní centra, domy). Představuje také výrobu energie např. formou fotovoltaických elektráren, baterií, mikroturbín ...

## DEFINICE

Zóny jsou kolmé na domény a v podstatě představují řízení energetického systému založené na **informačních a komunikačních technologiích (ICT)**, které řídí řetězec přeměny energie. Existují dvě hlavní koncepce agregace:

- **Agregace dat** – data ze zóny pole jsou obvykle agregována nebo soustředěna v zóně stanice, aby se snížilo množství dat, která je třeba sdělit a zpracovat v provozní zóně.
- **Prostorová agregace** – agregace z různých míst do širší oblasti (např. zařízení energetické soustavy je obvykle rozmístěno v šachtách; několik šachet tvoří rozvodnu; více DEZ tvoří stanici; měřiče DEZ u zákazníků jsou agregovány pomocí koncentrátorů).

## DEFINICE

Na základě této agregační koncepce jsou jednotlivé zóny popsány následovně [8]:

- **Proces** – zahrnuje fyzikální, chemickou nebo prostorovou přeměnu energie (elektřina, slunce, teplo, voda, vítr...) a přímo zapojená fyzikální zařízení (např. generátory, transformátory, jističe, kabely).
- **Oblast** – zahrnuje zařízení pro ochranu, řízení a monitorování procesu v energetické soustavě, např. ochranná relé, řídicí jednotky, jakýkoli druh inteligentních elektronických zařízení, která získávají a využívají procesní data z energetické soustavy.

- **Stanice** – představuje úroveň agregace pro úroveň pole, např. pro koncentraci dat, funkční agregaci, automatizaci rozvodny, místní systémy SCADA, dohled nad zařízením ...
- **Provoz** – zahrnuje provozování řízení energetického systému v příslušné oblasti, např. systémy řízení distribuce (DMS), systémy řízení energie (EMS) ve výrobních a přenosových systémech, systémy řízení mikrosítí, systémy řízení virtuálních elektráren (sdružující několik DEZ), systémy řízení vozového parku *elektrických vozidel (EV)*.
- **Podnik** – zahrnuje obchodní a organizační procesy, služby a infrastruktury pro podniky (veřejné služby, poskytovatele služeb, obchodníky s energií...), např. správu majetku, logistiku, řízení pracovních sil, řízení vztahů se zákazníky, fakturaci.
- **Trh** – zohlednění tržních operací možných v celém řetězci přeměny energie, např. obchodování s energií, velkoobchodní trh, maloobchodní trh.

## ZAJÍMAVOST

Všechny systémy, které se používají v inteligentních sítích (např. základní systémy uvedené v tabulce 2), lze mapovat do SGAM.

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 15

# Mikrosítě jako systém v inteligentní síti, hlavní úkoly inteligentní sítě

### POZNÁMKA

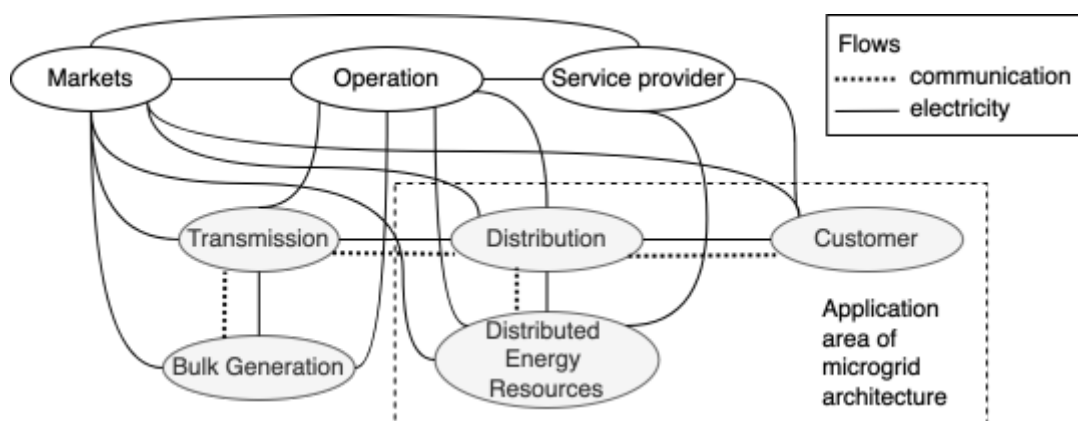
Mezi systémy inteligentních sítí (viz tabulku 2) jsou specialitou **systémy mikrosítí**.

### DEFINICE

Z hlediska dimenze „domény“ jsou mikrosítě „inteligentními sítěmi v malém“ a pokrývají 3 hlavní domény: distribuci, DEZ a prostory zákazníků, jak ukazuje koncepční schéma na obr. 15.

Mikrosítě v podstatě obsahují stejné systémy z těchto oblastí jako inteligentní síť. Zbytek inteligentní sítě se někdy nazývá **makrosítě**.

### [Interaktivní prvek](#)



Obr. 15. Koncepční model domén inteligentních sítí a odpovídajících toků [8]. Všimněte si, že trhy, operace jsou zóny, poskytovatel služeb představuje skupinu aktérů, která má univerzální roli (role je definována konkrétním případem užití) v kontextu inteligentní sítě

### ZAJÍMAVOST

Schematické zobrazení mikrosítě, jejích součástí a vztahů je znázorněno na obr. 16. Mikrosítě zajišťuje tyto hlavní funkce:

- **Monitorování a řízení** mikrosítě v reálném čase (SCADA)

- **Distribuce** elektřiny všem uživatelům mikrosítě
- **Ochrana a údržba** souvisejících aktiv mikrosítě
- **Zajištění rovnováhy** mezi nabídkou a poptávkou
- **Řízení připojení a odpojení** od makrosítě

Na základě distribuční a DEZ domény a procesní zóny, která zahrnuje primární zařízení mikrosítě, musí systém udržovat svou stabilitu, napětí, frekvenci a spolehlivost.

#### POZNÁMKA

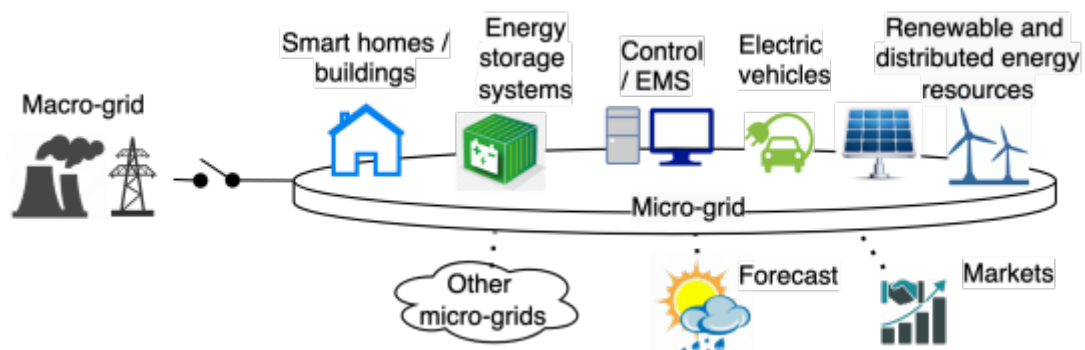
Mikrosítě lze provozovat ve dvou základních režimech:

- **Režim připojení k síti** – mikrosítě je připojena k makrosíti, nabízí různé podpůrné funkce, jako je řízení špiček, pohotovostní rezerva, *podpora napětí v síti (VARS)*, záložní nouzový zdroj, odpojení na vyžádání / v nouzi.
- **Ostrovní režim** – mikrosítě funguje jako odpojená/izolovaná od makrosítě, systém mikrosítě může být povolán k provádění následujících funkcí: synchronizace a (opětovné) připojení sítě, vyrovnávání nabídky a poptávky, kompenzace účinníku, regulace napětí, ekonomický dispečink, řízení zátěže.

#### POZNÁMKA

Architektury mikrosítí, které vyžadují řízení toků energie z různých typů zdrojů, lze rozdělit do tří topologií:

- **Mikrosítě AC** – používá sběrnici AC. Zdroje *napájení se střídavým výstupem* používají k transformaci napětí (a případně i frekvence) měnič AC/AC a zdroje *napájení se stejnosměrným proudem* používají k připojení ke sběrnici DC/AC.
- **Mikrosítě DC** – využívá stejnosměrnou sběrnici. Zdroje napájení se ke sběrnici připojují pomocí měničů DC/DC nebo AC/DC.
- **Hybridní mikrosítě** – obě sběrnice jsou vzájemně propojeny pomocí obousměrného převodníku.



Dosud jsme výslovně hovořili o elektřině, ale inteligentní síť se neomezuje pouze na elektřinu a umožňuje optimalizace, které propojují všechny formy energie, jejich transformaci a synergie.

## ZAJÍMAVOST

Vzhledem k tomu jsou základní kategorie komponent v mikrosíti:

- **Zdroje energie** – mikrosíť představuje různé typy výrobních zdrojů, které dodávají uživateli elektřinu, teplo a chlad. Tyto zdroje se dělí na dvě hlavní skupiny: tepelné zdroje (např. generátory zemního plynu nebo bioplynu) a obnovitelné zdroje (např. větrné a solární turbíny). Může se také jednat o kombinaci např. kombinované výroby tepla a elektřiny v kogeneračních jednotkách.
- **Spotřeba energie** – jednoduše se jedná o prvky, které spotřebovávají elektřinu, teplo a chlad. Může se jednat o jednotlivá zařízení, osvětlovací a topné systémy v budovách, obchodních centrech atd.
- **Skladování energie** – zahrnuje všechny typy technologií skladování, jako jsou chemické, elektrické, tlakové, gravitační, setrvačnickové a tepelné. Skladování energie plní více funkcí, např.:
  - zajišťuje kvalitu, včetně regulace frekvence a napětí,
  - vyrovnává výrobu obnovitelné energie,
  - zajišťuje záložní napájení systému,
  - hraje klíčovou roli při optimalizaci nákladů.

## KAPITOLA 16

# Mikrosítě a EMS

Mikrosítě je místem, kde lze mnoho získat i ztratit. Optimalizaci struktury a řízení mikrosítě bylo a bude vždy věnováno velké úsilí.

### ZAJÍMAVOST

Zdroje energie a spotřebiče mohou být řízené tak, aby spotřeba/výroba odpovídala požadavkům sítě. Zásobníky energie navíc nabízejí další stupně volnosti pro řídicí strategie.

### PŘÍKLAD

Pokud je v mikrosíti k dispozici více zařízení pro ukládání energie s rozdílnými kapacitami, technologiemi a výslednými vlastnostmi, je výhodné koordinovat jejich nabíjení a vybíjení, aby bylo dosaženo optimálních parametrů systému.

### ZAJÍMAVOST

Systémy určené pro takovou optimalizaci se nazývají *systémy energetického managementu (EMS)* nebo *systémy energetického managementu domácností (HEMS)*, *systémy energetického managementu budov (BEMS)* v závislosti na použitém nasazení. Tyto systémy mají často hierarchické řízení. Obecně existují dvě hlavní strategie řízení – **centralizované** a **decentralizované**.

Obě metody mají své výhody a nevýhody, viz tabulku 3.

Tabulka 3. Hlavní výhody a nevýhody centralizovaných a decentralizovaných mikrosítí

Systém	Centralizovaná kontrola	Decentralizovaná kontrola
Výhoda	Správná koordinace a řízení, globální informace	Místní měření a řízení, snadná implementace
Nevýhoda	Jediný bod selhání (SPOF)	Nedostatek globálních informací

**Hierarchické řízení** se často používá v případě mikrosítě, protože zavádí určitý stupeň nezávislosti mezi jednotlivými úrovněmi řízení. Je spolehlivější, protože zůstává v provozu i v případě výpadku centralizovaného řízení.

### POZNÁMKA

Hierarchické řízení zavádí 3 úrovně řízení [9]:

- **Primární řízení** se vyrovnává s okamžitým řízením sdílení výkonu a regulací proudu/napětí.
- **Sekundární řízení** má pomalejší reakční dobu (sekundy až minuty), zabývá se kompenzací a vyrovnáváním napětí, požadavky na kvalitu energie.
- **Terciární řízení** má nejpomalejší reakční dobu (minuty až hodiny), provádí řízení výkonu/energie, optimalizaci systému, zohledňuje nákladové faktory. Často zahrnuje předpověď počasí, tarifů a zatížení a jejím cílem je dosáhnout ekonomických úspor. Zde se uvažuje o technikách, jako jsou hluboké neuronové sítě.

S rostoucí dobou odezvy v řídicích úrovních se snižuje požadovaná šířka komunikačního pásma. To umožňuje vhodná hierarchická řešení a služby, které mohou využívat moderní koncepty ICT, jako je virtualizace, cloudové služby a komunikační platformy.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)



## KAPITOLA 17

# Energetické uzly

### ZAJÍMAVOST

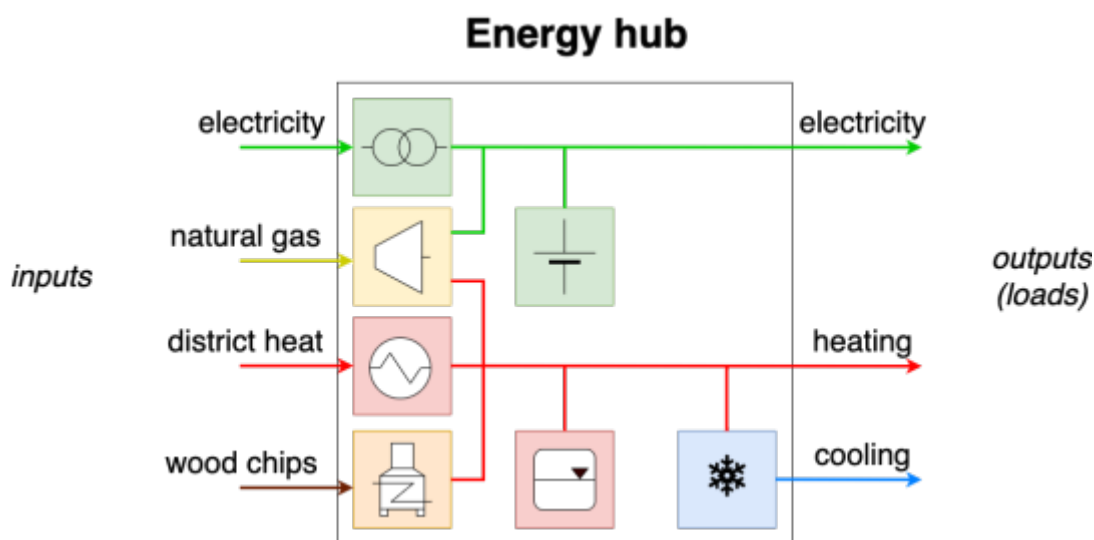
Zajímavým přístupem pro budoucí energetické systémy jsou **energetické uzly** [10]. Odráží se v něm směřování k **multienergetickým systémům** (MES), kde různé nosiče energie a systémy spolupracují synergickým způsobem.

Tato koncepce vyžaduje vhodný nástroj pro integrovanou správu systémových komponent.

### DEFINICE

Klíčovým prvkem je zde energetický uzel (**Energy HUB – EH**), který lze definovat jako místo, kde probíhá výroba, přeměna, skladování a spotřeba různých druhů energie.

Energetické uzly jako vstupy spotřebovávají energii (např. elektřinu, zemní plyn) a poskytují určité požadované energetické služby, jako je elektřina, vytápění, chlazení atd. Obr. 17 ukazuje příklad energetického uzlu.



Obr. 17. Příklad energetického uzlu a jeho součástí včetně transformátoru, mikroturbíny, výměníku tepla, pece, absorpčního chladiče, baterie a zásobníku teplé vody.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)



Energetický uzel

## KAPITOLA 18

### Test

#### Jaký je hlavní účel přenosu v energetické síti?

---

- Dodává energii koncovým zákazníkům.
- Zajišťuje přenos energetických dat poskytovatelům veřejných služeb.
- Přenáší energii na velké vzdálenosti pomocí vyššího napětí.
- Transformuje napěťovou energii od výrobců.

#### Jaké jsou výhody centralizovaného řízení mikrosítě?

---

- Správná koordinace a vedení
- Globální informace
- Místní měření a řízení
- Snadná implementace

#### Co způsobuje nedostatek energie v síti?

---

- Může způsobit poškození elektráren
- Způsobuje snížení frekvence pod 50 Hz
- Způsobuje zvýšení frekvence nad 50 Hz
- Způsobuje nedostupnost internetu

#### Jaké jsou výhody decentralizovaného řízení mikrosítě?

---

- Správná koordinace a vedení
- Globální informace

- Místní měření a regulace
- Snadná implementace

### Co je systémová odchylka?

---

- Jedná se o souhrnný rozdíl mezi plánovanou a spotřebovanou energií všech účastníků trhu.
- Jedná se o odhadovaný rozdíl mezi plánovanou a spotřebovanou energií všech účastníků trhu.
- Jedná se o rozdíl ve spotřebě energie v celé zemi ve srovnání s jejími sousedy.
- Jedná se o technické specifikum české národní sítě.

### Proč je jalový výkon v síti nežádoucí?

---

- Nepřenáší žádnou reálnou energii do zátěže
- Vrací se zpět do elektrárny a poškozuje ji.
- Způsobuje tok energie nesprávným směrem.
- Způsobuje další ztráty v důsledku přehřátí

### Účastník trhu, který vyrábí a spotřebovává energii, se nazývá:

---

- Dodavatel
- Výrobce
- Spotřebitel
- Prosumer

### Která osa je součástí referenční architektury SGAM?

---

- Domény
- Sféry
- Zóny

- Úrovně

### Jak fungují elektromechanické elektroměry?

---

- Funguje na principu elektromagnetické indukce, kdy se počítají otáčky hliníkového kotouče.
- Používá elektronické součástky a obvody, jako jsou analogově-digitální převodníky, ke shromáždění vícenásobných údajů.
- Počítá elektrony pomocí velmi citlivých kamer
- Pracuje s měniči napětí.

### Která z následujících tvrzení o rozhraních inteligentních měřičů jsou správná?

---

- Rozhraní H2, H3 propojují inteligentní měřič s řízením spotřeby energie v domácnosti.
- Rozhraní H1 propojuje inteligentní měřicí systém s chytrým telefonem zákazníka.
- Rozhraní H2, H3 zajišťují obousměrnou komunikaci.
- Pro G1 a G2 převažuje technologie založená na GSM.

### Jaký je rozsah systémů MDC/MDM?

---

- Sběr dat z elektroměrů
- Řízení komunikačního procesu
- Kontroluje dodávky měřidel
- Proces poskytování dat

### Jaké standardy se používají v inteligentních měřicích systémech?

---

- CIM
- DLMS/COSEM
- AMR
- OBIS

### Jaké jsou hlavní charakteristiky inteligentní sítě?

---

- Je robustnější než tradiční síť
- Může automaticky znovu použít shromážděné informace
- Vyžaduje datové připojení 5G.
- Může pracovat zcela automaticky.

### Co je to kód OBIS?

---

- Sériové číslo inteligentního měřiče
- Kódy, které identifikují data pomocí hierarchické struktury.
- Identifikace místa spotřeby.
- Jedinečná komunikační adresa inteligentního měřiče

### Co je to koncepce energetického uzlu?

---

- Koncepce centrálního bateriového úložiště.
- Koncepce, při níž se elektřina využívá k výrobě více jiných nosičů energie.
- Koncept, v němž probíhá výroba, přeměna, skladování a spotřeba různých nosičů energie.
- Místo, kde se energie vrací zpět do přírody.

### Jak fungují polovodičové elektroměry?

---

- Funguje na principu elektromagnetické indukce, kdy se počítá rychlost otáčení hliníkového kotouče.
- Používá elektronické součástky a obvody, jako jsou analogově-digitální převodníky, ke shromáždění vícenásobných hodnot.
- Počítá elektrony pomocí velmi citlivých kamer
- Funguje pomocí měničů napětí.

### Jaké jsou hlavní funkce inteligentních elektroměrů?

---

- Vyžadují velmi stabilní zdroj energie
- Nemůže fungovat bez rychlého připojení k internetu
- Může je číst pouze provozovatel sítě.
- Má možnost správy událostí

### Co definuje model SGAM?

---

- Definuje komunikaci mezi více systémy inteligentních sítí.
- Funguje jako ekonomický model pro implementaci inteligentních sítí.
- Slouží jako referenční model pro návrh inteligentních sítí.
- Definuje proces přechodu od tradičních sítí k inteligentním sítím.

### Jak jsou inteligentní měřicí systémy specifikovány v doporučení EU?

---

- Jsou definovány přesnou architekturou elektroměrů.
- Jsou definovány modelem SGAM.
- Jsou definovány standardem DLMS/COSEM.
- Jsou definovány 10 společnými minimálními funkcemi.

### Co musí mít každý zákazník, který spotřebovává nebo vyrábí energii?

---

- Musí být součástí jakéhokoli spotového trhu.
- Musí být součástí vždy jedné bilanční skupiny.
- Musí být součástí více bilančních skupin.
- Musí být účastníkem dlouhodobého trhu s energií.