

Pametna energija in pametna omrežja

Radoslav Vargic, Juraj Londák

Annotation

Ta modul obravnava področje pametne energije. Zagotavlja osnovni opis električnega omrežja, električne energije, trga električne energije in povezanih procesov, kot je regulacija omrežja. Predstavlja področje merjenja, zajema osnovne mehanske števec in najsodobnejše pametne števec. Obvešča o načrtih Evropske unije in stanju izvajanja na področju uvajanja pametnega merjenja. Opisuje tudi spremljajoče systemske rešitve, kot sta avtomatizirano odčitavanje števec in napredna merilna infrastruktura. Predstavi koncept pametnega omrežja ter se podrobneje osredotoči na mikroomrežja in koncept energetskega vozlišča.

Besedila so prevedena iz angleščine, zato se v njih lahko pojavijo pravopisne in slovnične napake ter neveljavljani strokovni izrazi.

Objectives

S študijem modula bodo študenti pridobili pregled nad področjem pametnega merjenja in pametnih omrežij. Poleg tehničnih vidikov so zajeti tudi osnovni vidiki trga električne energije in procesov. Študent naj bi razumel glavne smeri in trende, kako električno omrežje postaja pametno in v katero smer gre razvoj.

Keywords

električno omrežje, distribucija električne energije, trg električne energije, pametni števec, napredna merilna infrastruktura, pametno omrežje, mikro omrežje, energetskega vozlišča

Date of Creation

26.04.2022

Duration

120 hours

Language

English

License

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

ISBN

Literature

- [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.

CHAPTER 1

Električno omrežje

DEFINITION

Električno omrežje je medsebojno povezano omrežje daljnovodov in pripadajoče opreme, ki se uporablja za dobavo električne energije od proizvajalcev do porabnikov.

Največ električne energije se običajno proizvede v elektrarnah (npr. premogovnih, jedrskih, vodnih), ki pa so pogosto daleč od porabnikov. Velika oddaljenost je posledica več dejavnikov, kot so ekonomski, zdravstveni, varnostni in okoljski. Dobava običajno poteka na dveh ravneh: **prenos** in **distribucija**. **Prenos** prenaša energijo na dolge razdalje (npr. več sto kilometrov) in za učinkovitejši prenos uporablja višje napetosti. Distribucija je osredotočena na dobavo posameznim odjemalcem in uporablja nižje napetosti za varnejšo in lažjo distribucijo.

[Interaktivní prvek](#)

NOTE

Na splošno je **energetska veriga** naslednja: proizvodnja -> prenos -> distribucija -> poraba.

Poleg tega tradicionalnega koncepta obstaja tudi koncept **razpršenih virov energije (DER)**.

NOTE

Pri konceptu DER se električna energija proizvaja blizu mesta porabe, npr. v isti stavbi.

[Interaktivní prvek](#)

DER so običajno majhni in okolju prijazni. Običajno uporabljajo sončno energijo, zemeljski plin ali veter. Razporeditev obeh konceptov je prikazana na sliki 1.

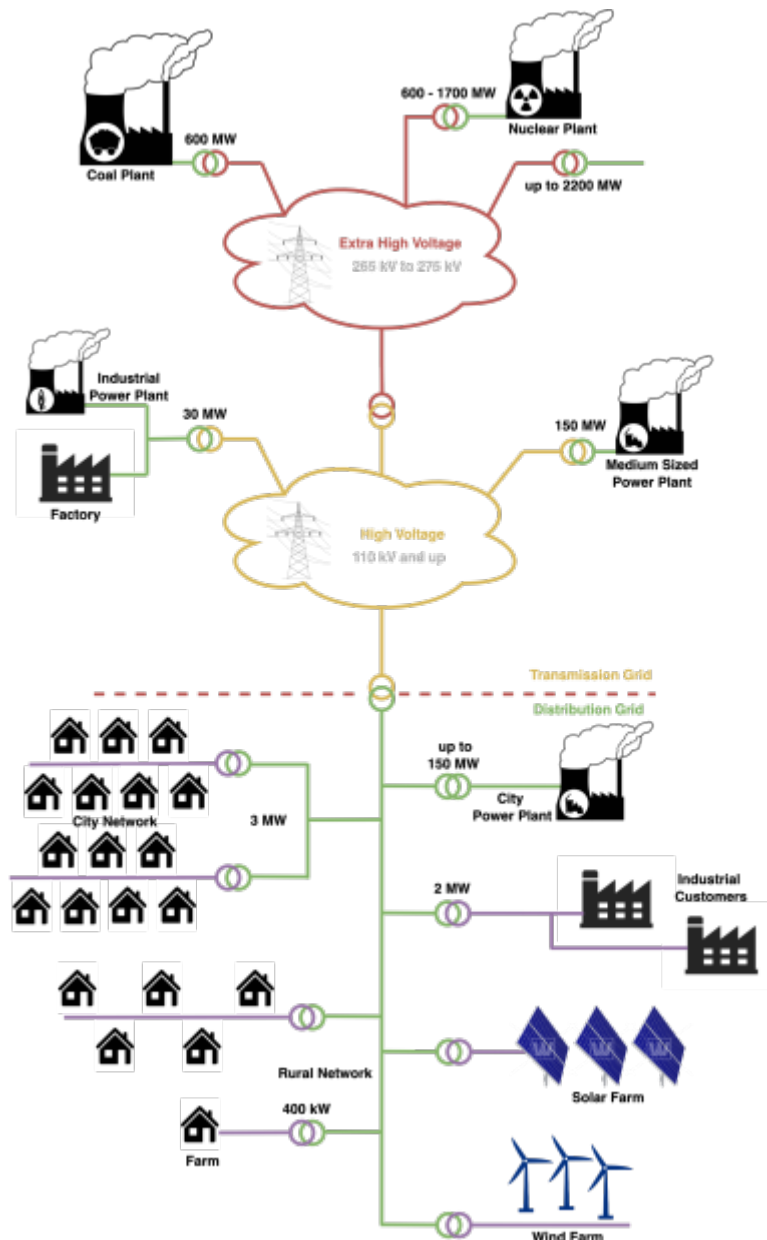


Fig. 1. Osnovna shema električnega omrežja s proizvodnjo, prenosom, distribucijo in porabo energije

Vidna je tudi jasna ločitev ravni prenosa in distribucije. Ta ločitev je prisotna tudi pri delovanju elektroenergetskega omrežja. Prenosni del upravljajo **upravljalci prenosnega omrežja (TSO)**, distribucijo pa **upravljalci distribucijskega omrežja (DSO)**. Distribucijski operaterji so lahko regionalni ali lokalni.

[Interaktivni prvek](#)

INTERESTING

V Evropi je več kot 3500 podjetij DSO. V nekaterih državah (npr. na Češkem, Slovaškem in Madžarskem) trije največji upravljalci distribucijskih omrežij dobavljajo več kot 60 % električne energije.

INTERESTING

Zemljevidi in sheme prenosnih delov, ki jih objavijo upravljavci prenosnih omrežij, so javno dostopni, npr. v [1] je na voljo shema za celotno Srednjo Evropo. Na sliki 2 prikazujemo delni prikaz.



Fig. 2. Energetski sistemi srednje in vzhodne Evrope [1], povečano na slovaško-ukrajinsko mejo, zagotovljeno z dovoljenjem SEPS a.s.

CHAPTER 2

Razlaga aktivne, jalove in navidezne moči, načelo izgube moči, kakovost električne energije

V naslednjem besedilu želimo podrobneje pojasniti, katere vrste energije so prisotne v električnem omrežju in kako so povezane z izgubami energije v električnem omrežju.

EXAMPLE

S preprostim primerom na sliki 3 pokažimo, kaj je **jalova moč**. Če konj vleče voz v smeri tirnic, bo voz peljal z lahkoto in z minimalnim trenjem. Ves napor konja, ki ga predstavlja sila P (tako imenovana **aktivna moč**), se uporabi za premikanje vagona.

Če pa konj vleče pravokotno na tirnice, mora voz med premikanjem premagovati trenje (naša **reaktivna moč Q**), konj pa mora uporabiti več sile, tako imenovano **navidezno moč S** , da voz pripelje na isto mesto kot v prvem primeru. Kosinus kota med silama, v našem primeru močema, je **faktor moči ϕ** .

[Interaktivni prvek](#)

Če je faktor moči enak 1, se pri distribuciji električne energije prenaša samo aktivna komponenta, navidezna moč je enaka aktivni, delovanje naprave pa je najbolj ekonomično (minimalni padci napetosti in izgube moči).

DISADVANTAGE

V resničnem življenju je poraba jalove energije vedno vsaj minimalna (idealni faktor moči 1 ni nikoli dosežen).

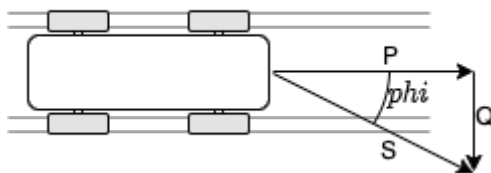


Fig. 3. Shematična razlaga aktivne in jalove energije

Glavna težava je pretok jalove moči, ki bremenu ne prenaša realne moči. Vendar so ustrezni jalovi tokovi realni in povzročajo dodatne **toplotne izgube** v prenosnem tokokrogu.

EXAMPLE

Poglejmo preprost primer Slika 4. Tu dodatna reaktanca povzroča dodaten, fazno zamaknjen tok, ki ga gospodinjstvo ne porabi, vendar pri prehodu po električnih vodih (zaradi enostavnosti prikazanih kot pravi upor) povzroča dodatne izgube moči. Ker obe gospodinjstvi porabita enako aktivno moč, plačata enako ceno za kWh.

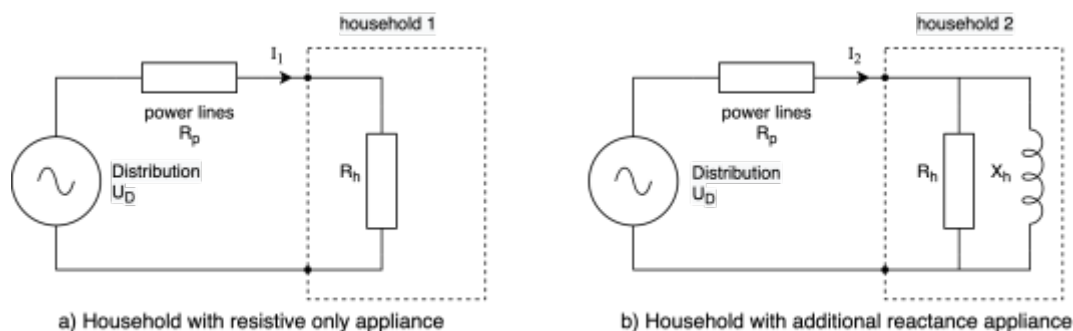


Fig. 4. Shematična primerjava pretokov moči za gospodinjstva brez dodatne reaktance in z njo, pri čemer velja $|I_{h2}| > |I_{h1}|$

Distribucijsko podjetje običajno prilagodi svoje cene (tarife) tudi za pokrivanje izgub električne energije v svojem omrežju. Tako se plačila za izgube porazdelijo med vsa gospodinjstva, ne le med tista, ki jih primarno povzročajo. Drugače pa je pri malih podjetjih, kjer se izvaja natančno merjenje, vključno s faktorjem moči. Tu je slab faktor moči običajno že finančno kaznovan.

DEFINITION

Opomba: v EU je izmenična napetost za gospodinjstva, določena v standardu, EN 60038:2011, 230/400 V $\pm 10\%$.

Prva je **efektivna** kvadratna napetost (**RMS**) med fazo in nevtralnimi priključkom, druga je efektivna kvadratna napetost med dvema fazama (gospodinjški priključek na električno omrežje ima običajno 3 faze). Faze so označene kot L1, L2, L3 in so medsebojno fazno zamaknjene za 120° .

[Interaktivni prvek](#)

INTERESTING

Pri izmeničnem električnem toku je vrednost RMS enaka vrednosti konstantnega enosmernega toka, ki bi povzročil enako razpršitev moči v uporovni obremenitvi.

Pri meritvah s sodobnimi merilniki je skupna razdelitev na štiri kvadrante (I, II, III, IV), ki določajo, katera vrsta reaktance (kapacitivna, induktivna) prevladuje in v katero smer teče moč (uvoz = poraba = pozitivna aktivna moč = A+, izvoz = proizvodnja = negativna aktivna moč = A-).

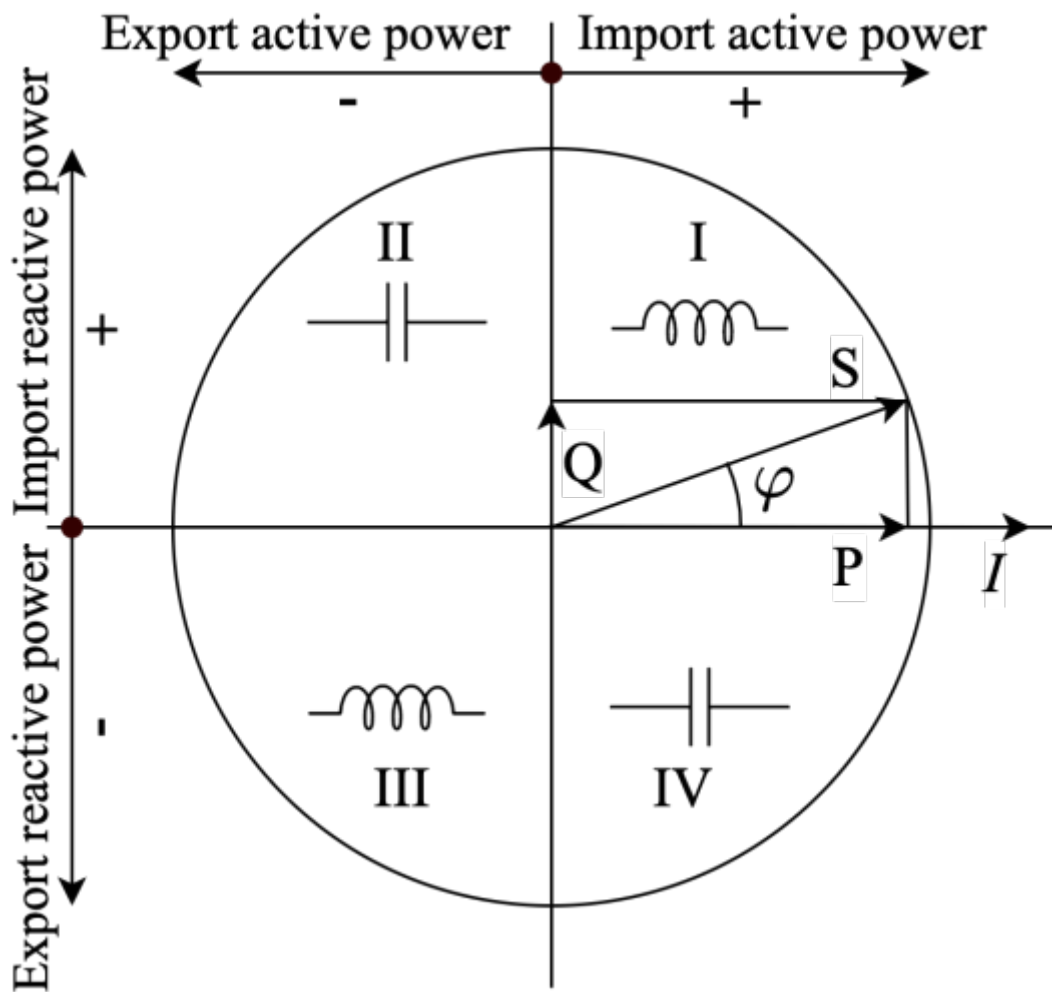


Fig. 5. Opredelitev kvadranta za aktivno in jalovo moč v skladu z IEC 62053-23

CHAPTER 3

Trg električne energije

Vsa električna energija, ki teče po električnem omrežju, je bila kupljena na trgu električne energije. Osnovni udeleženci trga in njihove vloge so prikazani na sliki 6.

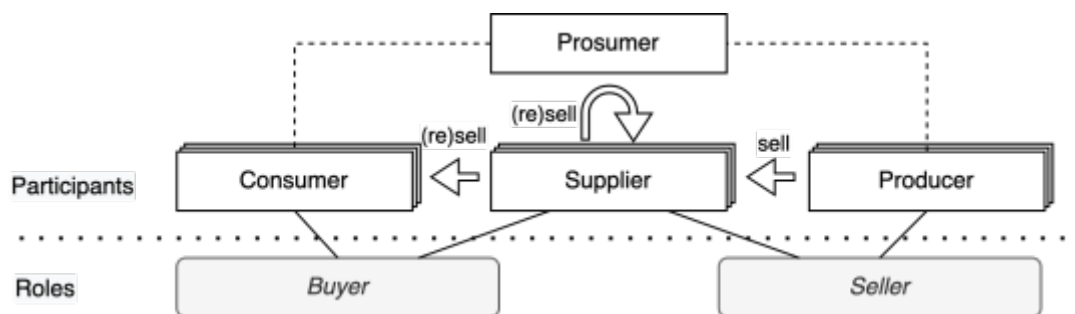


Fig. 6. Udeleženci trgovanja na trgu z električno energijo in njihove vloge

Opis vlog je naslednji:

DEFINITION

- **Proizvajalec** - Proizvajalec električne energije. Najpogosteje je **prodajalec**. Energijo lahko prodaja več dobaviteljem.
- **Odjemalec** - porabnik električne energije. Običajno ima enega dobavitelja, ki je odgovoren tudi za neravnovesje odjemalcev. Najpogosteje je to **kupec**.
- **Potrošnik** - nova vloga v zakonodaji EU. Prosuporabnik združuje vlogi proizvajalca in potrošnika, saj lahko potrošnik postane tudi proizvajalec, če ima neke vrste vir energije, ki ga je mogoče monetizirati.
- **Dobavitelj** - Vloga dobavitelja je, da koncentrira razpršeno povpraševanje manjših potrošnikov. Ker ima vsak od njih drugačen časovni potek porabe, lahko dobavitelj združi diagrame porabe, ki so pogosto zelo neenakomerni, in tako dobi veliko bolj enakomeren skupni diagram, za katerega je ugodnejše kupiti električno energijo na trgu. Dobavitelj poleg dobave prevzame odgovornost za neravnovesje v imenu odjemalca in se sam registrira kot subjekt obračuna (za podrobnosti glej naslednje poglavje). Dobavitelj je hkrati kupec in prodajalec.

Obstaja veliko različnih vrst in organiziranosti energetskih trgov. Vsi različni trgi imajo svoje posebnosti. Osnovna delitev je naslednja [2]:

DEFINITION

- **Veleprodaja (trgovanje)** je dejavnost, ki se izvaja v večjem obsegu in za zagotavljanje drugih poslovnih transakcij med posameznimi poslovnimi subjekti na trgu (Business to Business, B2B), tj. ni primarno namenjena končnemu potrošniku. Lahko gre za trgovanje med proizvajalci in drugimi trgovci ali za trgovanje med trgovci samimi.
- **Trgovina na drobno ("prodaja")** je trgovina, ki se izvaja za zagotovitev potrošnje končnega potrošnika. Lahko gre za trgovino med proizvajalci in končnimi potrošniki, trgovci in končnimi potrošniki ali dvema trgovcema, od katerih se eden osredotoča na dobavo končnim potrošnikom.

Veleprodajni trg lahko na splošno razdelimo na tri osnovne energetske trge glede na dolžino in naravo dobave:

DEFINITION

- **Dolgoročni proizvodni trgi** so trgi, na katerih se izvajajo transakcije z dobavo električne energije za obdobje enega meseca ali več. Imenujejo se lahko tudi **terminski trg**.
- **Kratkoročni trgi** so trgi, na katerih se transakcije z dobavo električne energije izvajajo v razponu od nekaj ur do nekaj dni, vendar največ za obdobje enega tedna. Imenujejo se lahko tudi **promptni trg**.
- **Trg z regulativno energijo** je trg, na katerem se izvajajo posli za odpravo neravnovesij med pogodbeno in dejansko dobavo in porabo električne energije v elektroenergetskem sistemu.

[Interaktivní prvek](#)

NOTE

Druga delitev trgovanja se lahko uvede glede na uporabljeno metodo:

- **Dvostransko trgovanje**, neposredno ali z uporabo platforme posrednika. Pri neposredni uporabi je evropski standard pogodba EFET. Običajno je predmet trgovanja dobava električne energije v skladu z dogovorjenim urnikom porabe (diagrami).
- **Trgovanje z uporabo izmenjave**. Trgovanje je lahko dolgoročno ali kratkoročno (promptno). Na primer, slovaški in češki kratkoročni trgi se izvajajo z uporabo takojšnjih borz (OKTE, OTE). Dolgoročno trgovanje organizira npr. borza POWER EXCHANGE CENTRAL EUROPE (www.pxe.cz).

CHAPTER 4

Usklajevanje finančnega in fizičnega pretoka električne energije, izravnava, regulacija

DEFINITION

Kot je navedeno v prejšnjih delih, je bila električna energija, ki jo proizvajalci prek električnega omrežja dobavljajo odjemalcem, kupljena na **trgu električne energije**. Na področju energije imamo torej dve ravni tokov, eno **finančno** in drugo **fizično**.

Ker je omrežje na splošno skupni vir, ki ga je treba vzdrževati v dobrem stanju, je treba skrbno uskladiti obe ravni tokov. Tako se dogovorjeni in načrtovani pretoki električne energije na finančni ravni preverijo glede na fizične pretoke, ali so fizično proizvedeni in porabljeni v skladu z načrtom. To preverjanje se običajno izvaja na 15 minut ali eno uro (**obdobje poravnave**). Če se dejanska poraba nekega subjekta razlikuje od razporeda, subjekt izkazuje **neravnovesje** in ga je treba zaradi tega kaznovati.

DEFINITION

Neravnovesje, sešteto za vse subjekte, priključene na električno omrežje, predstavlja **systemsko neravnovesje**.

NOTE

Veliko neravnovesje sistema lahko povzroči tehnične težave, celo **izpad električne energije**.

DEFINITION

Da bi omrežje postalo stabilno, je treba neravnovesje sistema nevtralizirati. Glavno orodje za to je **regulacijska energija**.

Sistemiški operater spremlja omrežje in v primeru neravnovesja sistema v omrežje doda pozitivno ali negativno regulacijsko energijo, da nevtralizira neravnovesje sistema.

[Interaktivni prvek](#)

DEFINITION

Negativna regulacijska energija pomeni, da energijo porabi ponudnik negativne regulacijske energije.

Pomanjkanje energije v omrežju povzroči znižanje frekvence (pod 50 Hz), presežek energije pa zvišanje frekvence (nad 50 Hz).

NOTE

Pomanjkanje energije je hujše in ima strožje upravljanje. Pomanjkanje energije nastane, če proizvajalci proizvedejo manj energije, kot je načrtovano, in/ali če potrošniki porabijo več, kot je načrtovano. Presežek energije nastane, če proizvajalci proizvedejo več energije, kot je načrtovano, in/ali potrošniki porabijo manj, kot je načrtovano.

Po obdobju poravnave se stanje oceni. Ker vse urnike centralno zbira upravljavec omrežja (finančna raven), vsi proizvajalci in potrošniki pa imajo števec električne energije (fizična raven), je enostavno primerjati ti dve ravni in ugotoviti, kdo so grešniki. Shematsko je stanje prikazano na sliki 7. Grešnik plača za regulacijsko energijo, ki je bila potrebna za ohranjanje stabilnosti omrežja v ustreznem ocenjevalnem obdobju.

DEFINITION

Vendar pa se vrednotenje opravi glede na subjekt, imenovan **odgovorna oseba za izravnavo (BRP)**. Ta subjekt ima v lasti izravnalno skupino, ki je skupina odjemalcev/proizvajalcev, za katere **napoveduje in pošilja urnike za upravljavca omrežja ter prevzema odgovornost za njihovo neuravnoteženost in njihov obračun.**

NOTE

Večja kot je izravnalna skupina, boljše statistične možnosti ima BPR, da bo načrtovana proizvodnja/poraba usklajena z dejansko proizvodnjo/porabo.

Pri končnih uporabnikih, tj. potrošnikih, kot so gospodinjstva, so za nakup energije in odgovornost za neravnovesje običajno odgovorna energetska podjetja na podlagi pogodbe s potrošnikom. Odjemalec preprosto plačuje mesečni račun na podlagi parametrov, dogovorjenih v pogodbi, kot so največja poraba, tarife, dnevni urnik itd., in porabe, zabeležene na števcu električne energije, nameščenem na priključnem mestu.

DEFINITION

Priključna točka je mesto, kjer je objekt priključen na električno omrežje.

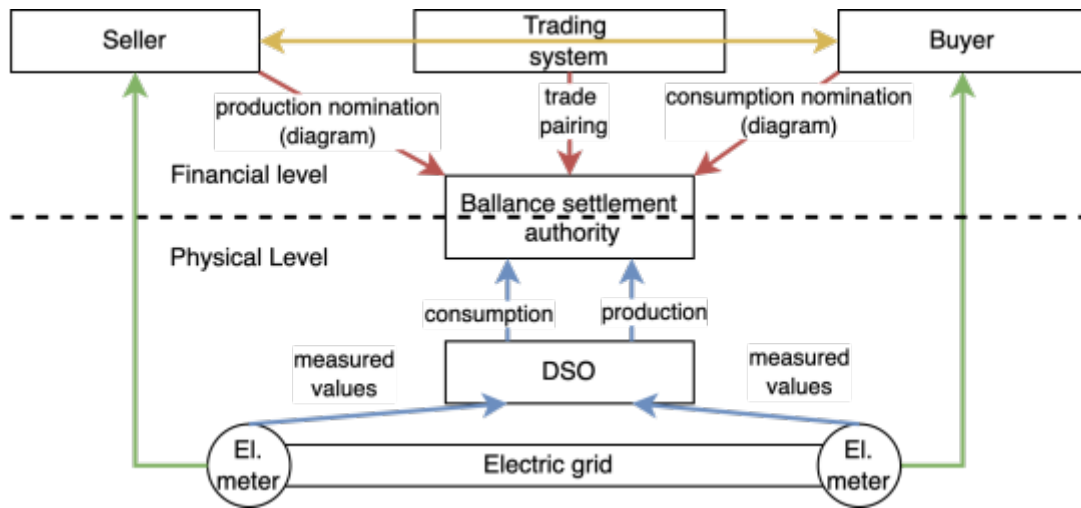


Fig. 7. Načelo združevanja finančne in fizične ravni ter izračun neravnovesja

CHAPTER 5

Pametno merjenje

Meritve moči v električnem omrežju so zelo pomembne. Ni pomembna le za obračunavanje odjemalcem, temveč tudi za nadzor in optimizacijo celotnega omrežja. Pogostejše kot so meritve, boljši pregled imamo lahko.

INTERESTING

Osnovna naprava za takšne meritve je števec električne energije, ki meri porabo električne energije in druge parametre na določenem mestu v električnem omrežju. Običajno je takšna točka priključno mesto odjemalca. Števec zagotavlja podatke, potrebne za obračunavanje, predvsem porabo električne energije v kWh.

DEFINITION

Koncept **pametnega merjenja** opredeljuje minimalni nabor zmogljivosti števcov električne energije, ki se štejejo za "pametne", kot so določena stopnja avtonomije, komunikacijske zmogljivosti, možnost nadgradnje itd.

NOTE

Koncept pametnega merjenja zahteva določeno arhitekturo celotnega merilnega sistema za učinkovito delovanje. V naslednjem besedilu so opisane tudi tehnične rešitve pred pametnim merjenjem.

[Interaktivni prvek](#)

CHAPTER 6

Elektromehanski merilniki moči

Klasična vrsta števca električne energije je elektromehanski indukcijski kilovatni števec na izmenični tok (AC).

DEFINITION

Ta merilnik deluje na podlagi elektromagnetne indukcije s štejetjem obratov nemagnetnega, vendar električno prevodnega kovinskega (običajno aluminijastega) diska.

INTERESTING

Disk se vrti s hitrostjo, ki je sorazmerna z močjo, ki prehaja skozi merilnik. Princip je prikazan na sliki 8. Aluminijasti disk se vrti v zračni vrzeli, ki jo poganjajo vrtilni tokovi. Merjeni tok teče prek tokovne tuljave pod diskom na dvoročnem jedru. Zaradi zaprtega železnega jedra ima tlačna tuljava veliko induktivnost v primerjavi s tokovno tuljavo, zato je med aktivnim bremenom med magnetnima tokovoma obeh tuljav fazni premik skoraj 90° . Ti magnetni tokovi ustvarjajo vrteče se magnetno polje, ki vrti disk. Vrteči se disk preko gredi poganja mehanski števec.

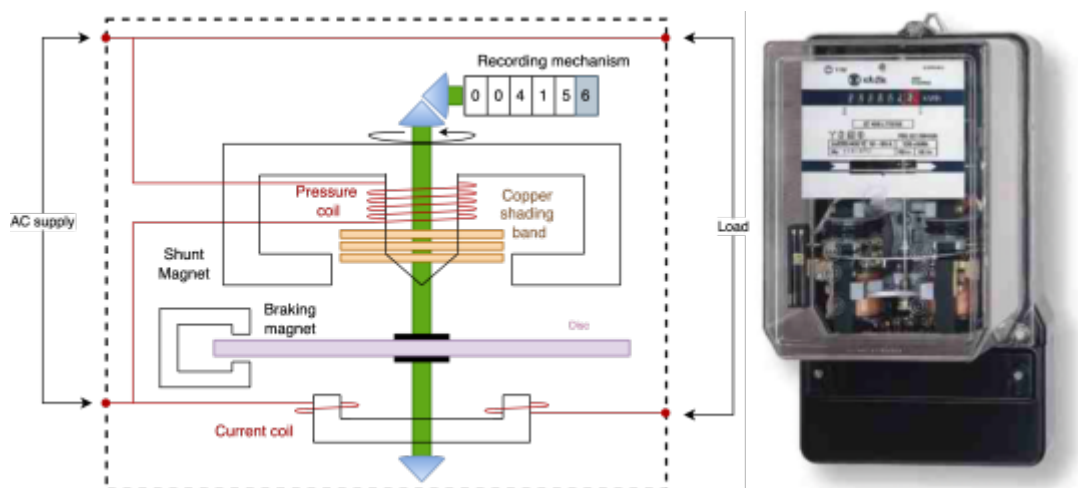


Fig. 8. Princip elektromehanskega merilnika (levo), primer izvedbe (desno)

CHAPTER 7

Polprevodniški merilniki moči

Sodobnejši pristop ne uporablja gibljivih delov. Takšni števeci se imenujejo **polprevodniški števeci električne energije**.

INTERESTING

Prav tako zajemajo tok in napetost, vendar namesto vrtljivega diska, tuljav in zobnikov uporabljajo elektronske komponente in vezja, kot so analogno-digitalna vezja (ADC), mikroprocesorji, zaslone LCD itd. Z njimi je mogoče meriti več vrednosti, kot so napetost, aktivna moč, jalova moč, faktor moči itd.

Tipična konstrukcija je prikazana na sliki 9.

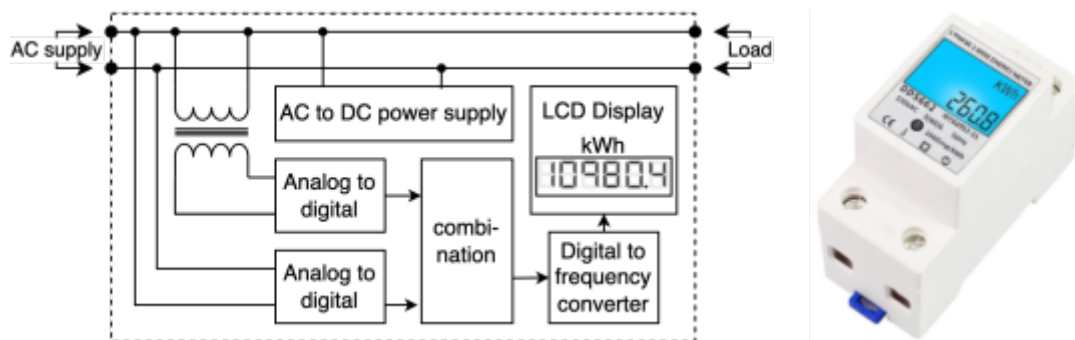


Fig. 9. Princip polprevodniškega števca električne energije (levo), primer izvedbe (desno)

Seveda se pojavi vprašanje, kako prenesti podatke z merilnika v informacijski sistem, ki jih obdeluje. Zgodnje arhitekture, kot je **samodejno odčitavanje števecov (AMR)**, so si zastavile cilj avtomatizirati postopek odčitavanja števecov.

NOTE

Pred uvedbo sistema AMR je moralo komunalno podjetje vse opraviti ročno, in sicer tako, da je osebe neposredno odčitavalo številke z naprav. S tem postopkom so servisna območja izgubila ogromno časa.

DEFINITION

Po podatkih Koalicije za odziv na povpraševanje in napredno merjenje je AMR opredeljen kot "sistem, kjer se agregirana poraba kWh/vode/plina in v nekaterih primerih tudi povpraševanje pridobiva na samodejen način, kot je **sistem za vožnjo z vozilom** ali **ročni sistem za hojo**." [3].

Postopek branja običajno temelji na radijski frekvenci (**RF**), pri čemer se lahko uporabljajo različne RF tehnologije, kot so ZigBee, Bluetooth, WiFi itd. Uporablja se lahko tudi **fiksna omrežna** povezava.

INTERESTING

Ne glede na način odčitavanja števca **je komunikacija enosmerna**. Števec se pogovarja z napravo za odčitavanje števcev, vendar naprava ne more poslati ukaza nazaj števcu. Sistem AMR pošilja podatke v **podatkovne zbirke podjetja**. Podatki v sistemih AMR se običajno zbirajo le **enkrat mesečno ali največ enkrat dnevno**.

[Interaktivni prvek](#)

CHAPTER 8

Od sistemov AMR do sistemov AMI

Če sistemom AMR dodamo še več avtomatizacije in dvosmerne komunikacije, dobimo sisteme **AMI** (**Advanced Meter Integration** ali **Advanced Meter Infrastructure**).

NOTE

Takšni sistemi so se začeli pojavljati okoli leta 2005. AMI omogoča integracijo z merilnimi točkami v realnem času in **na zahtevo**. Merilni sistem **beleži porabo vsako uro ali pogosteje** (npr. vsakih 15 minut) in zagotavlja **dnevni ali pogostejši prenos** meritev prek komunikacijskega omrežja v osrednjo zbirno točko.

INTERESTING

Končni cilj sistema AMI je [4], da bi komunalna podjetja, potrošniki in proizvajalci imeli na voljo podatke o energiji v realnem času, ki bi jim pomagali pri sprejemanju odločitev, pri čemer bi upoštevali tudi ceno energije.

DEFINITION

Sistemi AMI so del **pametnih merilnih sistemov**.

[Interaktivní prvek](#)

AMI se razume kot infrastruktura, ki vključuje pametne števec, komunikacijska omrežja in sisteme za upravljanje podatkov števec (MDMS) za analizo in shranjevanje podatkov.

DEFINITION

Pametni merilni sistemi so v EU določeni s Priporočilom Komisije 2012/148/EU, ki opredeljuje 10 skupnih minimalnih funkcionalnosti za pametne merilne sisteme:

Za stranko:

1. Odčitavanje podatkov neposredno potrošniku in/ali tretji osebi.
2. dovolj pogosto posodabljanje odčitavanja podatkov za uporabo shem varčevanja z energijo.

Za izvajalca meritev:

3. Omogočanje daljinskega branja podatkov s strani upravljavca.
4. Zagotavljanje dvosmerne komunikacije za vzdrževanje in nadzor
5. Omogočajo dovolj pogosto odčitavanje podatkov za načrtovanje omrežja.
za komercialne vidike oskrbe z energijo:
6. Podpora naprednim tarifnim sistemom
7. Daljinski nadzor vklopa/izklopa napajanja IN/ALI omejevanja pretoka ali moči
Za varnost in zaščito podatkov:
8. Zagotavljanje varnih podatkovnih komunikacij
9. Preprečevanje in odkrivanje goljufij
Za porazdeljeno proizvodnjo:
10. Zagotavljanje uvoza/izvoza in reaktivnega merjenja

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 9

Kaj je pametni števec pametni

NOTE

Priporočila EU prenašajo posamezne vlade in določajo podrobnejše zahteve za pametne merilne sisteme in njihove končne naprave - **pametne števce**.

Osnovna shema in primer pametnega števca sta prikazana na sliki 10. Vizualno ni veliko vidnega, razen zaslona. V primerjavi s klasičnim polprevodniškim števcem / števcem AMR so bistvene spremembe v notranjosti.

INTERESTING

Razen zahtevnejših lastnosti varne dvosmerne komunikacije je pomemben premik k avtonomnemu delovanju pod različnimi pogoji, kot so upravljanje dogodkov (števec beleži in pošilja, ko so izpolnjeni vnaprej določeni pogoji), natančno upravljanje časa (časovna sinhronizacija, časovno žigosanje izmerjenih podatkov), možnosti upravljanja na daljavo (konfiguracija na daljavo, celo posodobitev programske opreme), upravljanje na daljavo, kot so posodobitev tarifnega koledarja, odklop/omejitev.

Dober primer pametnih funkcij so dogodki. Obstajajo štiri osnovne kategorije dogodkov:

- **Dogodki o stanju števca**, kot so "zadnja sapa" (informacija o izpadu napajanja), "prvi vdih" (informacija o ponovni vzpostavitvi napajanja). Ta obvestila je treba pošiljati naključno, da se prepreči preobremenitev komunikacije v primeru množičnih dogodkov (ali pa je v števcu inteligenca za razlikovanje med množičnim izpadom napajanja in individualnim izpadom napajanja).
- **Dogodki kakovosti električne energije**, kot so padec/zaostanek napetosti (krajše trajanje višje/nizje napetosti) in alarmi visoke/nizke napetosti (daljše trajanje višje/nizke napetosti). Pri tem krajši pomeni < 500 ms, nižji/višji pa pomeni zunaj intervala $\pm 10\%$ okoli nazivne vrednosti.
- **oznake za nedovoljeno poseganje v merilnik**, kot je obrnjen pretok energije.
- **Informacije o strojni opremi merilnika**, kot so alarmi baterije.

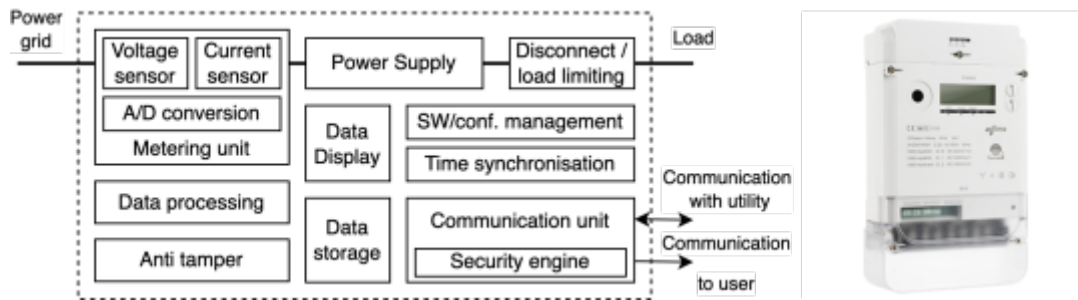


Fig. 10. Blokovna shema pametnega števca (levo), primer izvedbe (desno)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 10

DLMS/COSEM/OBIS/IDIS

Dogodki se običajno beležijo v dnevnik dogodkov kot predmeti.

DEFINITION

Standard, kako so vsi podatki (ne le dogodki) organizirani v pametnih števcih, zagotavlja sklop standardov **DLMS/COSEM**. **DLMS** pomeni **Device Language Message Specification**, **COSEM** pa **COmpanion Specification for Energy Metering**.

INTERESTING

Združenje uporabnikov DLMS vzdržuje niz štirih glavnih specifikacijskih dokumentov:

- Modra knjiga - opisuje objektni model merilnika COSEM in **sistem OBIS (Object Identification System)**, ki dodeljuje logična imena objektom COSEM. OBIS je določen v IEC 62056-61
- Zelena knjiga - opisuje arhitekturo in protokole
- Rumena knjiga - opisuje preskušanje skladnosti
- Bela knjiga - vsebuje glosar izrazov.

INTERESTING

Kode OBIS označujejo podatke s hierarhično strukturo s točkovnim zapisom in šestimi vrednostnimi skupinami v obrazcu: A-B:C. D.E*F. Na voljo so štiri različna ločila ("-", ":", ".", "*"), ki podpirajo identifikacijo skupine v primeru, da je prednastavljen samo podidentifikator.

NOTE

Pogosto je to podidentifikator treh skupin, kot je "1.8.0", ki se nanaša na C.D.E). Podrobnejši opisi skupin so:

- A - določa medij (vrsto energije), npr. 0=abstraktno, 1=električna energija, 5=hlajenje, 6=toplota, 7=plin, 8=hladna voda, 9=topla voda, ...
- B - označuje merilni kanal s številko
- C- identificira abstraktne ali fizične podatke, kot so tok, napetost, moč, ... za dani kanal, npr. 1= pozitivna aktivna moč, 2= negativna aktivna moč, 11=tok, 12=napetost, 99=Profili

abstraktnih podatkov (če A=0) ali profil električnih podatkov (če A=1)

- D - označuje vrsto rezultata obdelave podatkov, npr. 3=minimum, 6=maximum, 8=časovni integral
- E - označuje nadaljnjo obdelavo, če je A=1, potem je npr. 0=skupaj, 1=stopnja (tarifa) 1, 2=stopnja (tarifa) 2, če pa je C=11 ali 12, se pomen E spremeni: 0=skupaj, 1=prva harmonika, 120=120. harmonika, 124=skupno **harmonsko popačenje (THD)**.
- F - identificira pretekle podatke

EXAMPLE

Table 1. Primeri razlag izbranih kod OBIS so predstavljeni v tabeli 1.

Koda OBIS	Razlaga:
1.8.0	Pozitivna aktivna energija (A+) skupaj [kWh]
1.8.1	Pozitivna aktivna energija (A+) v tarifi T1 [kWh]
2.8.0	Negativna aktivna energija (A+) skupaj [kWh]
2.8.1	Negativna aktivna energija (A+) v tarifi T1 [kWh]
99.98.x	Dnevnik dogodkov
99.1.x	Profil obremenitve z obdobjem zapisovanja 1
99.2.x	Profil obremenitve z obdobjem zapisovanja 2

Opomba: "x" pomeni katero koli vrednost v veljavnem območju od 0 do 255.

V preglednici je prikazanih več primerov profilov, tj. predmetov, ki se uporabljajo za shranjevanje serij meritev (predmetov) ene ali podobnih količin in/ali za združevanje različnih podatkov. **Za osnovne meritve je obdobje zapisovanja običajno nastavljeno na 15 min, podjetje DSO pa jih pobere enkrat na dan.**

NOTE

Poleg omenjenih standardov, ki opisujejo DLMS/COSEM in OBIS, je v veliko pomoč združenje **IDIS (Interoperable Device Interface Specification)**, katerega cilj je doseči vseevropsko interoperabilnost. Podpira različne primere uporabe, kot so samodejna registracija števca, programiranje tarif na daljavo, odklop in ponovni priklop oskrbe z električno energijo, sinhronizacija ure v celotnem sistemu, upravljanje povpraševanja/obremenitve, posodobitev strojne programske opreme na daljavo.

EXAMPLE

Na primer, IDIS podrobneje določa razvrstitev kod dogodkov, kot so :

- koda dogodka 7: Zamenjaj baterijo - Baterija je dosegla pričakovani konec življenjske dobe in jo je treba zamenjati.

- koda dogodka 40: 40: Odstranjen pokrov merilnika - označuje, da je bil odstranjen pokrov merilnika.

[Interaktivni prvek](#)

CHAPTER 11

Vmesniki pametnega števca

Kot je prikazano na sliki 10, obstajata dve vrsti komunikacije - z DSO in z uporabnikom.

DEFINITION

Direktiva o električni energiji (EU) 2019/944, ki opredeljuje funkcionalnosti pametnih merilnih sistemov, določa, da morajo biti podatki o porabi v skoraj realnem času končnim odjemalcem (uporabnikom) na voljo prek **standardiziranega vmesnika za avtomatizirane programe energetske učinkovitosti**, odziv na povpraševanje in druge storitve.

INTERESTING

Ta pomembna lastnost je prisotna tudi v referenčni arhitekturi za komunikacije pametnega merjenja [5], ki jo je razvila **skupina Smart Metering Coordination Group** in katere poenostavljena različica je prikazana na sliki 11. Tu vmesnik H1 povezuje sistem pametnega števca z zunanjim zaslonom. Vmesnika H2 in H3 povezujeta sistem pametnega števca z domačim sistemom za upravljanje energije/avtomatizacijo doma in zagotavljata dvosmerno komunikacijo. Povezava se vzpostavi z lokalno ali sosednjo dostopno točko. Podatki iz pametnega merilnika se prek vmesnika G1 neposredno delijo navzven prek centrale AMI s sistemom za upravljanje podatkov merilnika (MDMS). Ali posredno prek vmesnikov C in G2.

NOTE

V [5] je pregled prednostnih komunikacijskih tehnologij za različne vmesnike H1-H3, G1-G2 in C po državah. Za G1, G2 prevladuje tehnologija, ki temelji na GSM (včasih bližje opredeljena kot GPRS, 3G, 4G, LTE, NB-IoT). Pri vmesniku C prevladuje **komunikacija prek napajalnih vodov (PLC)** (naprava NNAP v tem primeru deluje kot koncentrator podatkov). Najbolj različne so preference za vmesnike H.

INTERESTING

Standardizacija, ki jo zahteva Direktiva 2019/944, je še vedno daleč od enotnosti na ravni EU. Obveznost iz Direktive 2009/72/ES je 80-odstotna uvedba pametnega merjenja do leta 2020. Podrobnosti o uradni strategiji uvajanja po državah so na sliki 12.

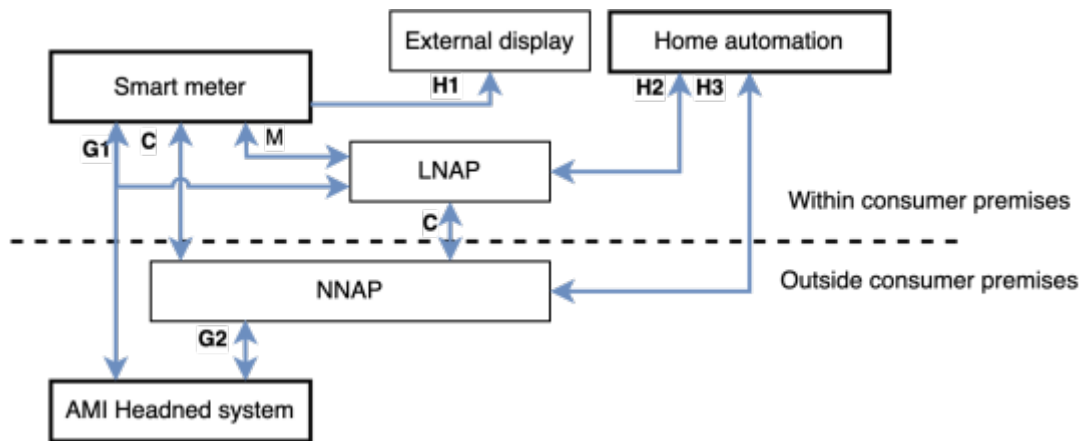


Fig. 11. Poenostavljena in delna referenčna arhitektura za komunikacijo pametnih merilnih sistemov

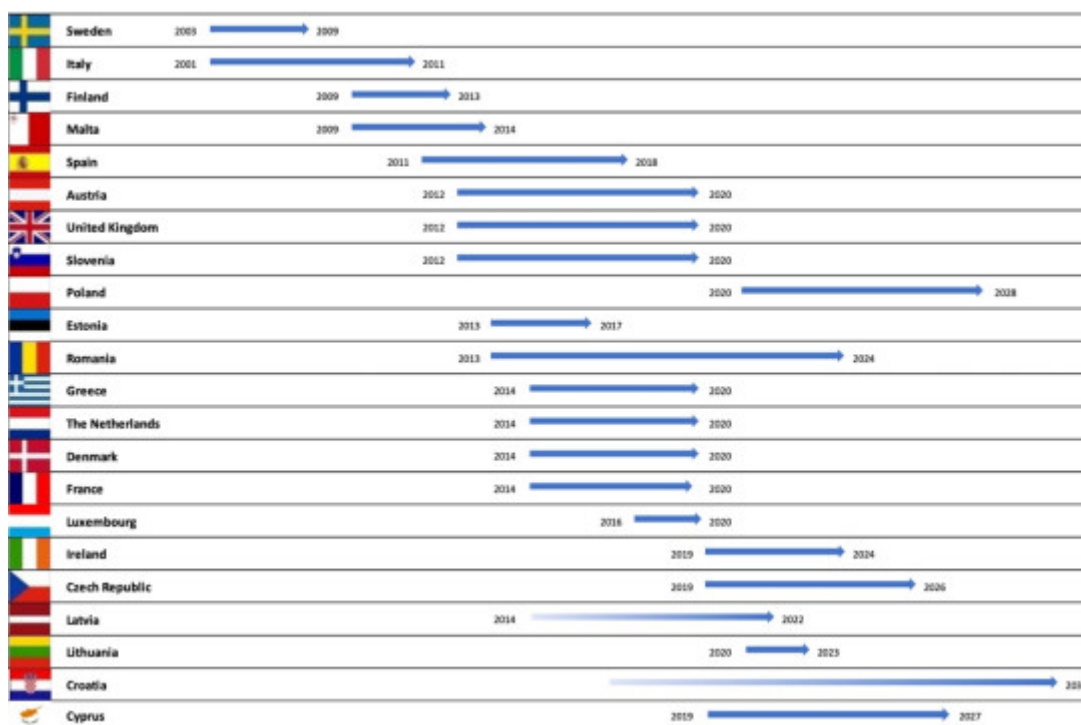


Fig. 12. Uradni načrt uvajanja pametnih števecv po državah glede obsežnega uvajanja (80-odstotna ali večja pokritost) pametnih števecv električne energije [6]

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 12

zaledni sistemi pametnega merjenja (HES, MDMS), vmesnik in vloge

INTERESTING

Kot je navedeno na sliki 11, se AMI konča na strani upravljavca distribucijskega omrežja s **sistemom AMI Head End System (HES)**. Vloga HES v arhitekturi sistema pametnega merjenja je samodejno pridobivanje podatkov o števcih, upravljanje povezljivosti in pridobivanja podatkov, omogočanje varnega dostopa do števcov, konfiguracije, posodobitev programske opreme in ad-hoc zahtevkov. To področje se lahko obravnava kot **zbiranje podatkov o števcih (MDC)**. Po zbiranju so podatki shranjeni v sistemih za **upravljanje podatkov o števcih (MDM)**.

NOTE

Področje uporabe sistemov MDC / MDM je:

- **zbiranje podatkov o merilnikih** - iz sistemov HES, starejših sistemov, ročno vnašanje podatkov, ...
- **potrjevanje, ocenjevanje in urejanje podatkov (VEE)** - vključuje različna preverjanja podatkov, zagotavlja oceno manjkajočih podatkov, omogoča ročno urejanje podatkov, dodeljuje oceno kakovosti podatkov, ...
- **združevanje podatkov** - zagotovite zeleno združevanje podatkov, ustvarite statistične podatke in o njih poročajte, ...

NOTE

Po želji lahko MDM služi kot sistem za kartiranje infrastrukture in upravljanje sredstev, zlasti za manjše upravljavce distribucijskih sistemov. Pristojnosti obeh sistemov, MDM in HES/MDC, se delno prekrivajo, vendar je MDM bolj usmerjen v **življenjski cikel merilnih podatkov**, HES pa se bolj osredotoča na **infrastrukturo, naprave in komunikacijo**. Vendar pa so zadeve, kot sta upravljanje dogodkov in konfiguracija funkcionalnosti pametnih števcov, povezane z obema sistemoma in jih je treba usklajevati z obema. Poleg tega so posebni dogodki, kot je "zadnja sapa", pomemben vhodni podatek za **sisteme operativne tehnologije (OT)** upravljavca distribucijskega omrežja, kot so sistem nadzornega vodenja in pridobivanja podatkov (**SCADA**), sistem upravljanja izpadov (**OMS**) ali sistem upravljanja distribucije (**DMS**), ki nadzorujejo elektroenergetsko omrežje.

INTERESTING

Za vmesnik HES-MDMS velja kot standard IEC 61698. IEC 61698-9 določa informacijsko vsebino niza vrst sporočil, ki se lahko uporabljajo za podporo odčitavanja in nadzora števec, dogodkov, sinhronizacije podatkov odjemalcev in preklapljanja odjemalcev. IEC 61698-11 določa **skupni informacijski model (CIM)**, ki podpira sporočila in razširja osnovni CIM (IEC 61970) na potrebe distribucijskih omrežij.

Celotna arhitektura pametnega merilnega sistema, vključno z AMI in zalednimi pisarniškimi sistemi, povezanimi z meritvami DSO, je prikazana na sliki 13.

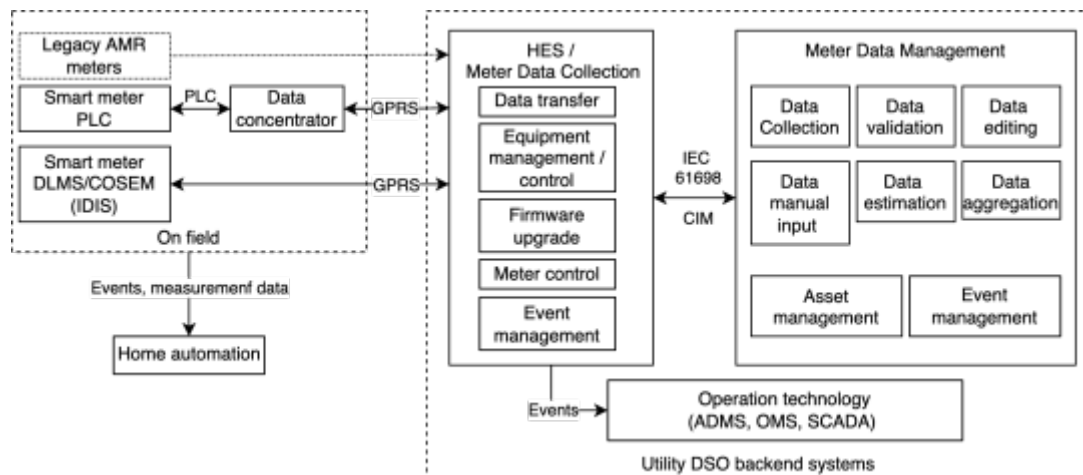


Fig. 13. Pametni merilni sistem - pregledna slika z AMI (leva stran) in zalednimi sistemi, povezanimi z merjenjem (desna stran)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 13

Pametna omrežja

Pametno omrežje je bistveno širši pojem od pametnega merjenja. Pametno merjenje je le osnovna funkcionalnost znotraj pametnega omrežja, katere namen je vsem udeležencem zagotoviti informacije o dejanskem stanju in stanju omrežja ter osnovne podatke za njihove odločitve.

DEFINITION

Pravo pametno omrežje je elektroenergetsko omrežje, ki lahko samodejno ponovno uporabi zbrane informacije in zagotavlja storitve, ki povečujejo **zanesljivost, sposobnost preživetja in odzivnost elektroenergetskega omrežja**.

NOTE

Zlasti lahko npr. ravna z lokalno proizvedeno energijo, predvideva izpade električne energije, še preden do njih pride, in hitro obnovi storitev. Takšno omrežje lahko imenujemo "samozdravljenje" in "sprejemanje odločitev".

[Interaktivni prvek](#)

INTERESTING

Cilj je popolna avtomatizacija elektrodistribucijskega omrežja, vključno z lokalno proizvodnjo in porabo.

EXAMPLE

Nekateri primeri avtomatizacije so

možnost samodejnega preusmerjanja električne energije ob izpadu daljnovoda

Zmanjšajte druge tokove, ko strešni sončni kolektorji nekoga nenadoma pošljejo v omrežje veliko energije.

INTERESTING

Tehnično so gradniki za pametno omrežje že na voljo. Uvajanje pametnih omrežij je eno od prednostnih tematskih področij v okviru politike **vseevropskih energetskega omrežij (TEN-E)** (politika, ki se osredotoča na povezovanje energetske infrastrukture držav EU), ki naj bi pripomogla k vključevanju obnovljivih virov energije, dokončanju evropskega energetskega trga

in omogočila potrošnikom, da bolje uravnavajo svojo porabo energije [7].

NOTE

Da bi dosegli funkcionalnost pametnega omrežja, je treba najprej uvesti pametno merjenje. Ta korak se izvaja v številnih evropskih državah skupaj s preходом s tradicionalnega merjenja električne energije na merjenje več energij.

NOTE

Pametno merjenje kot sistem lahko obravnavamo kot enega od sistemov v pametnem omrežju. De facto seznam sistemov, ki so prisotni v pametnem omrežju, navaja [8] in je predstavljen v tabeli 2.

Table 2. Pametno omrežje - seznam bistvenih sistemov, na seznamu upoštevajte pametne merilne sisteme

Domena ali funkcija	Sistemi
Generacija	Sistem za upravljanje generacij
Sistem za upravljanje prenosa	Sistem za avtomatizacijo podpostaje
	Sistem za preprečevanje izpadov - sistem za zaščito in nadzor meritev na širšem območju (WAMPAC)
	Sistem SCADA EMS
	Prilagodljivi prenosni sistemi za izmenični tok
Sistemi za upravljanje distribucije	FACTS Sistem za avtomatizacijo podpostaje
	Sistem za avtomatizacijo podajalnika
	Napredni sistem za upravljanje distribucije (ADMS)
	Sistem FACTS
Sistemi delovanja DER	Sistem delovanja DER
<i>Pametni merilni sistemi</i>	<i>Sistem AMI</i>
	<i>zaledni pisarniški sistem, povezan z merjenjem</i>
Sistemi prožnosti povpraševanja in proizvodnje (proizvodnje)	Sistem za upravljanje združenih prosumerjev
Mikroomrežje	Sistemi mikromrežja
Sistem tržnice	Sistem tržnice
	Sistem trgovanja
E-mobilnost (povezava z omrežjem)	Sistemi e-mobilnosti
Upravni sistemi	
Upravni sistemi	Sistem za upravljanje sredstev in vzdrževanja
	Sistem za upravljanje komunikacijskega omrežja
	Referenčni sistem ure
	Avtentikacija, avtorizacija, računovodski sistem

Sistem za oddaljeno upravljanje
naprave

Sistem za napovedovanje in
opazovanje vremena

CHAPTER 14

Model arhitekture pametnega omrežja (SGAM)

DEFINITION

Pomembna referenca v zvezi s sistemi pametnih omrežij in arhitekturo pametnega omrežja kot celote je **model arhitekture pametnega omrežja (Smart Grid Architecture Model - SGAM)**.

NOTE

Prvotno področje uporabe SGAM je bilo določeno v mandatu M/490 **Evropske komisije (EK)** evropskim organom za standardizacijo **CEN (Comité Européen de Normalisation)**, **CENELEC (Evropski odbor za standardizacijo v elektrotehnik)** in **ETSI (Evropski inštitut za telekomunikacijske standarde)**.

DEFINITION

Sistem SGAM deluje kot referenčni označevalni sistem, ki zagotavlja tri glavne osi za dimenzije: **domen, območij in slojev interoperabilnosti**, kot je prikazano na sliki 14.

[Interaktivní prvek](#)

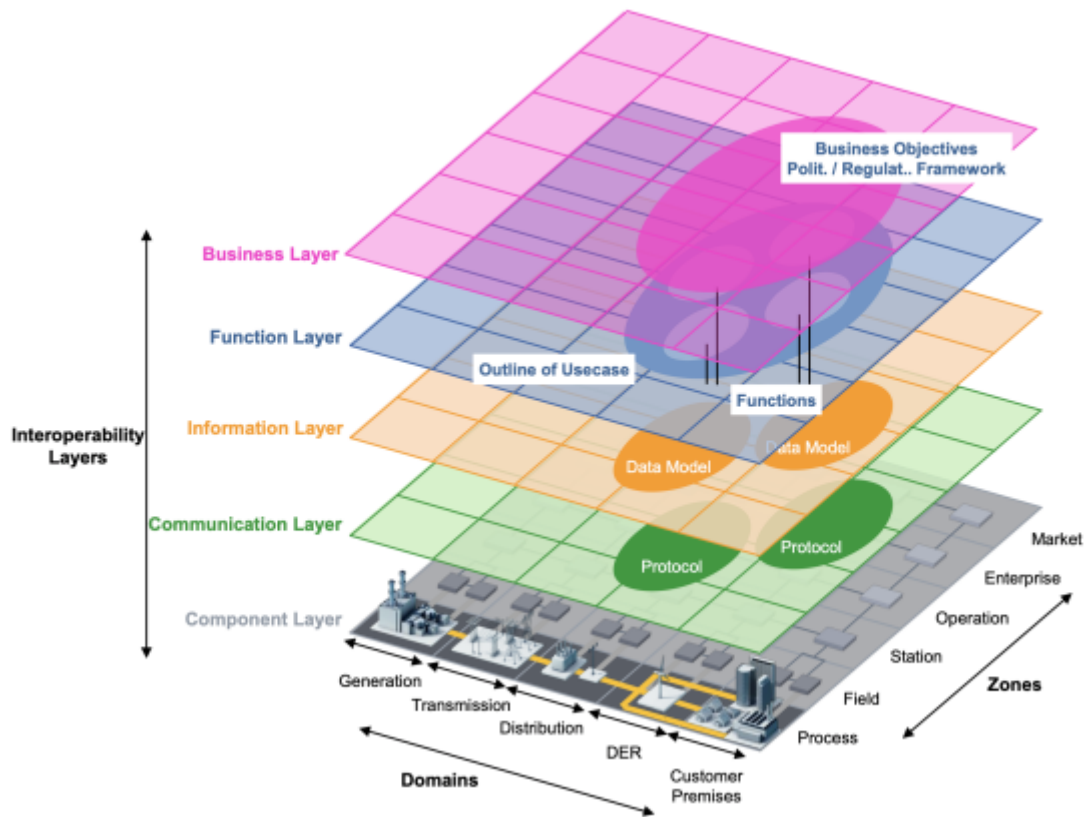


Fig. 14. Okvir modela arhitekture pametnega omrežja [8]

Ključni dejavnik pametnega omrežja je interoperabilnost. Sistemi se štejejo za interoperabilne, če lahko skupaj izvajajo določeno funkcijo z uporabo izmenjanih informacij.

DEFINITION

V sistemu SGAM je opredeljenih 5 ravni interoperabilnosti:

- **Poslovni sloj** - Predstavlja poslovni pogled na izmenjavo informacij, povezanih s pametnimi omrežji. Uporablja se lahko za kartiranje regulativnih in gospodarskih (tržnih) struktur in politik, poslovnih modelov, procesov, izdelkov in storitev.
- **Funkcijski sloj** - opisuje funkcije in storitve, vključno z njihovimi odnosi z arhitekturnega vidika. Funkcije so predstavljene neodvisno od udeležencev in fizičnih izvedb v aplikacijah, sistemih in komponentah.
- **Informacijska plast** - opisuje informacije, ki se uporabljajo in izmenjujejo med funkcijami, storitvami in komponentami. Vsebuje informacijske objekte in osnovne podatkovne modele.
- **Komunikacijska plast** - opisuje protokole in mehanizme za interoperabilno izmenjavo informacij med komponentami.
- **Plast komponent** - opisuje fizično porazdelitev vseh sodelujočih komponent v okviru pametnega omrežja.

DEFINITION

Področja v osnovi predstavljajo verigo pretvorbe energije podobno kot osnovna shema električnega omrežja, kot je prikazana na sliki 1, in jih je mogoče opisati na naslednji način:

- **Množična proizvodnja** - predstavlja proizvodnjo električne energije v velikih količinah, kot so fosilne, jedrske in hidroelektrarne, vetrne elektrarne na morju, velike sončne elektrarne, ki so običajno priključene na prenosni sistem.
- **Prenos** - predstavlja infrastrukturo in organizacijo, ki prenaša električno energijo na dolge razdalje.
- **Distribucija** - predstavlja infrastrukturo in organizacijo, ki distribuira električno energijo odjemalcem.
- **DER** - predstavljajo porazdeljene električne vire, ki so neposredno priključeni na javno distribucijsko omrežje in uporabljajo tehnologije za proizvodnjo električne energije majhnega obsega (običajno od 3 kW do 10.000 kW). Te razpršene električne vire lahko neposredno nadzoruje upravljavec distribucijskega omrežja.
- **Prostori odjemalcev** - Predstavlja končne uporabnike električne energije in tudi proizvajalce električne energije. Prostori vključujejo industrijske, poslovne in domače objekte (npr. kemične tovarne, letališča, pristanišča, nakupovalna središča, hiše). Predstavlja tudi proizvodnjo v obliki npr. fotovoltaične proizvodnje, skladiščenja električnih vozil, baterij, mikroturbin ...

DEFINITION

Območja so pravokotna na področja in v osnovi predstavljajo upravljanje elektroenergetskega sistema, ki temelji na informacijski in komunikacijski tehnologiji (IKT) ter nadzoruje verigo pretvorbe energije. Obstajata dva glavna koncepta združevanja:

- **Združevanje podatkov** - Podatki s terenskega območja so običajno združeni ali zgoščeni na območju postaje, da se zmanjša količina podatkov, ki jih je treba sporočiti in obdelati na območju delovanja.
- **Prostorsko združevanje** - združevanje z različnih lokacij na širše območje (npr. oprema elektroenergetskega sistema je običajno razporejena v poljih, več polj tvori podpostajo; več DER tvori elektrarno, števeci DER v prostorih strank so združeni s koncentradorji za sosesko).

DEFINITION

Na podlagi tega koncepta združevanja in dodatnega koncepta funkcionalne ločitve so posamezna območja opisana na naslednji način [8]:

- **Proces** - vključuje fizikalne, kemične ali prostorske pretvorbe energije (elektrika, sončna energija, toplota, voda, veter ...) in neposredno vključeno fizično opremo. (npr. generatorji, transformatorji, odklopniki, kabli).
- **Polje** - Vključuje opremo za zaščito, nadzor in spremljanje procesov v elektroenergetskem sistemu, npr. zaščitne releje, krmilnike na odcepu, vse vrste inteligentnih elektronskih naprav, ki pridobivajo in uporabljajo procesne podatke iz elektroenergetskega sistema.
- **Postaja** - Predstavlja območno raven združevanja za raven polja, npr. za koncentracijo podatkov, funkcionalno združevanje, avtomatizacijo postaj, lokalne sisteme SCADA, nadzor elektrarne...
- **Delovanje** - gostiteljsko delovanje nadzora elektroenergetskega sistema na ustreznem področju, npr. sistemi za upravljanje distribucije (**DMS**), sistemi za upravljanje energije (**EMS**) v proizvodnih in prenosnih sistemih, sistemi za upravljanje mikrosistema, sistemi za upravljanje virtualne elektrarne (združujejo več DER), sistemi za upravljanje polnjenja vozneha parka električnih vozil (**EV**).
- **Podjetje** - vključuje komercialne in organizacijske procese, storitve in infrastrukturo za podjetja (javne službe, ponudnike storitev, trgovce z energijo ...), npr. upravljanje sredstev, logistika, upravljanje delovne sile, upravljanje odnosov s strankami, obračunavanje.
- **Trg** - Odraža tržne operacije, ki so možne v verigi pretvorbe energije, npr. trgovanje z energijo, množični trg, maloprodajni trg.

INTERESTING

Na kocko okvira SGAM je mogoče preslikati vse sisteme, ki se uporabljajo v pametnih omrežjih (npr. bistvene sisteme iz preglednice 2).

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 15

Mikroomrežje kot sistem v pametnem omrežju, glavne vloge pametnega omrežja

NOTE

Med sistemi pametnih omrežij (glej tabelo 2) so posebnost **sistemi mikroomrežij**.

DEFINITION

Z vidika razsežnosti "domene" so mikroomrežja "pametna omrežja v malem" in pokrivajo tri glavna področja: Kot je prikazano na konceptualni shemi na sliki 15, distribucija, DER in prostori odjemalcev.

Mikroomrežja v bistvu vsebujejo enake sisteme s teh področij kot pametna omrežja. Ostala pametna omrežja se včasih imenujejo **makroomrežja**.

[Interaktivni prvek](#)

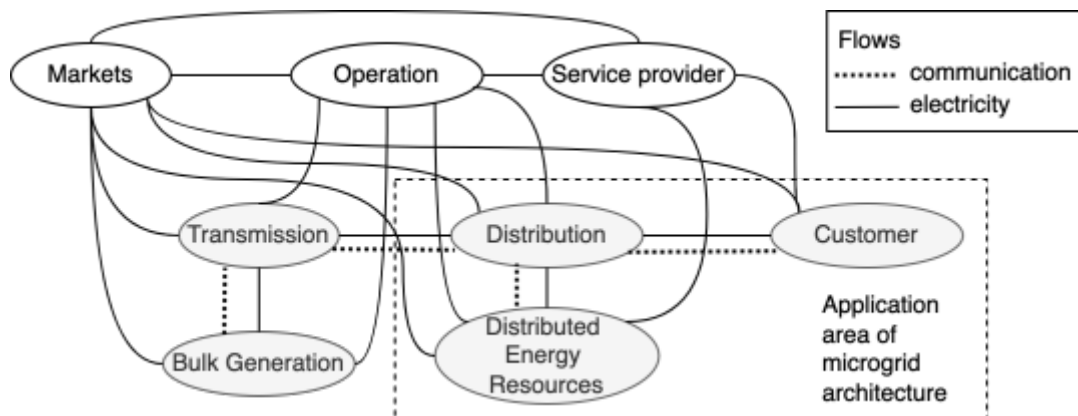


Fig. 15. Konceptualni model domen pametnih omrežij in ustreznih tokov [8]. Upoštevajte, da so trgi, operacije območja, ponudnik storitev predstavlja skupino akterjev, ki ima univerzalno vlogo (vloga je opredeljena s posameznim primerom uporabe) v okviru pametnega omrežja

INTERESTING

Shematski prikaz mikroomrežij, njihovih sestavnih delov in razmerij je prikazan na sliki 16. Sistem mikroomrežja zagotavlja naslednje glavne funkcije:

- **Spremljanje in nadzor** mikroomrežja v realnem času (SCADA).

- **distribucija** električne energije vsem uporabnikom mikroomrežja.
- **Zaščita in vzdrževanje** pripadajočih sredstev mikro omrežja.
- **Zagotavljanje ravnovesja med** ponudbo in povpraševanjem
- **Obvladovanje otočnega** povezovanja, priključevanja in izključevanja

Na podlagi distribucijskih področij in področij DER ter procesnega območja, ki vključuje primarne naprave mikroomrežja, mora sistem mikroomrežja ohranjati svojo stabilnost, napetost, frekvenco in zanesljivost.

NOTE

Mikroomrežje lahko deluje v dveh osnovnih načinih:

- **Način priključitve na omrežje** - mikroomrežje je povezano z makroomrežjem in ponuja različne podporne funkcije, kot so upravljanje konic, odzivne rezerve, podpora napetosti v omrežju (**VARs**), rezervno napajanje v sili, izklop na zahtevo ali v sili.
- **Otočni način** - mikroomrežje deluje kot nepovezano/izolirano od makroomrežja; sistem mikroomrežja je lahko potreben za izvajanje naslednjih funkcij: sinhronizacijo in (ponovno) priključitev na omrežje, izravnavo ponudbe in povpraševanja, kompenzacijo aktivne/reaktivne moči/krmiljenje napetosti, ekonomsko dispečerstvo, krmiljenje obremenitve.

NOTE

Arhitekture za mikroomrežja, ki morajo upravljati tokove energije iz različnih vrst virov, lahko razdelimo na tri topologije:

- **AC mikromrežje** - uporablja AC vodilo. Viri energije z izmeničnim izhodom uporabljajo pretvornik AC/AC za pretvorbo napetosti (in nazadnje tudi frekvence), viri enosmerne energije pa uporabljajo pretvornike DC/AC za povezavo z vodilom.
- **Mikromrežja z enosmernim tokom** - uporabljajo enosmerno vodilo. Viri energije se na vodilo priključijo s pretvorniki DC/DC ali AC/DC.
- **Hibridni mikromrežniki** - imajo obe vodili, ki sta med seboj povezani prek dvosmernega pretvornika.

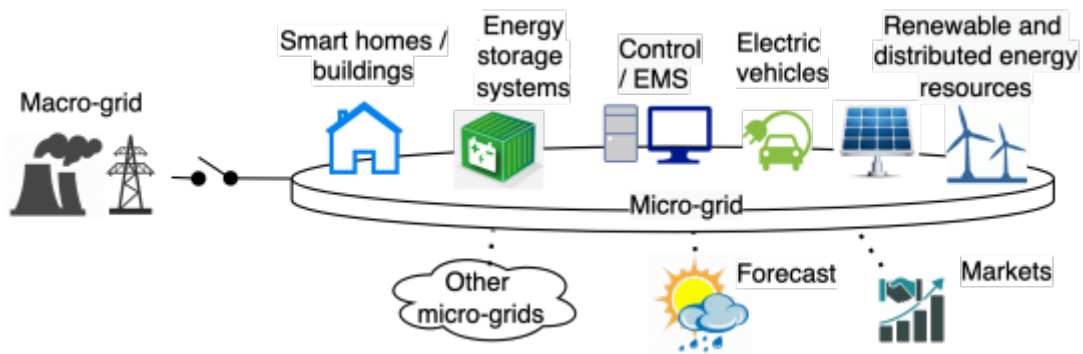


Fig. 16. Shematski prikaz mikrosistema, njegovih sestavnih delov in povezav

Doslej smo izrecno govorili o električni energiji, vendar pametna omrežja niso omejena na električno energijo in omogočajo optimizacije, ki povezujejo vse oblike energije, njeno preoblikovanje in sinergije.

INTERESTING

Glede na to so osnovne kategorije komponent v mikroomrežju naslednje:

- **Viri energije** - mikroomrežje predstavlja različne vrste proizvodnih virov, ki uporabnika oskrbujejo z električno energijo, ogrevanjem in hlajenjem. Ti viri so razdeljeni v dve glavni skupini - viri toplotne energije (npr. generatorji na zemeljski plin ali bioplin) in obnovljivi viri proizvodnje (npr. vetrne turbine in sončna energija). Obstajajo lahko tudi kombinacije, npr. soproizvodnja toplote in električne energije, ki se proizvaja s kogeneracijskimi enotami.
- **Poraba energije** - preprosto se nanaša na elemente, ki porabljajo električno energijo, toploto in hlajenje. To so lahko posamezne naprave, sistemi razsvetljave in ogrevanja v stavbah, poslovnih centrih itd.
- **Shranjevanje energije** - vključuje vse vrste tehnologij shranjevanja, kot so kemično, električno, tlačno, gravitacijsko, vztrajnikovo in toplotno shranjevanje. Shranjevanje energije opravlja več funkcij, npr:
 - Zagotavlja kakovost električne energije, vključno z regulacijo frekvence in napetosti.
 - Izravnava izhodno moč obnovljivih virov energije.
 - Zagotavlja rezervno napajanje sistema.
 - Ima ključno vlogo pri optimizaciji stroškov.

CHAPTER 16

Sistemi mikrokodov in EMS

Mikroomrežje je prostor, kjer je mogoče veliko pridobiti in izgubiti. Veliko truda je bilo in še bo vloženega v optimizacijo strukture in nadzora mikroomrežja.

INTERESTING

Viri energije in bremena so lahko nadzorovani, tako da lahko poraba/proizvodnja odraža zahteve omrežja. Poleg tega skladišča ponujajo dodatne stopnje svobode za nadzorne strategije.

EXAMPLE

Kadar je v mikrosvetu na voljo več hranilnikov energije z različnimi zmogljivostmi, tehnologijami in lastnostmi, je za doseganje prvotnih parametrov sistema koristno uskladiti njihovo polnjenje in praznjenje.

INTERESTING

Sistemi, namenjeni takšnim optimizacijam, se imenujejo sistemi za upravljanje energije (**EMS**) ali sistemi za upravljanje energije doma (**HEMS**), sistemi za upravljanje energije v stavbah (**BEMS**) glede na uporabljeno namembnost. Takšni sistemi imajo pogosto hierarhični nadzor. Na splošno obstajata dve glavni strategiji nadzora - **centralizirana** in **decentralizirana**.

Oba imata prednosti in slabosti, glejte tabelo 3 za podrobnosti o vzorcih.

Table 3. Glavne prednosti in slabosti centraliziranega in decentraliziranega nadzora mikrosistema

Sistem	Centraliziran nadzor	Decentralizirani nadzor
Prednost	Ustrezno usklajevanje in vodenje, globalne informacije	Lokalno merjenje in urejanje, enostavno izvajanje
Pomanjkljivost	Ena točka odpovedi (SPOF)	Pomanjkanje globalnih informacij

Pri mikroomrežju se pogosto uporablja **hierarhično** krmiljenje, saj uvaja določeno stopnjo neodvisnosti med različnimi ravni krmiljenja. Je zanesljivejše, saj nadaljuje z delovanjem tudi v primeru odpovedi centraliziranega nadzora.

NOTE

Hierarhični nadzor uvaja tri ravni nadzora [9]:

- **Primarni nadzor omogoča** takojšen nadzor delitve moči in regulacijo toka/napetosti.

- **Sekundarni nadzor** ima počasnejši odzivni čas (sekunde do minute), ukvarja se z izravnavo in uravnoveženjem napetosti ter zahtevami glede kakovosti električne energije.
- **Terciarni nadzor** ima najpočasnejši odzivni čas (minute do ure), izvaja upravljanje moči/energije, optimizacijo sistema in upošteva dejavnike oblikovanja cen. Pogosto vključuje napovedovanje vremena, tarif, obremenitev in si prizadeva za doseganje ekonomskih prihrankov. Pri tem se upoštevajo tehnike, kot so globoke nevronske mreže.

Z naraščanjem reakcijskega časa na ravneh nadzora se zmanjšuje potrebna komunikacijska pasovna širina. To omogoča ustrezne hierarhične rešitve in storitve, ki lahko uporabljajo sodobne koncepte IKT, kot so virtualizacija, storitve v oblaku in komunikacijske platforme.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

CHAPTER 17

Energetska vozlišča

INTERESTING

Zanimiv pristop za prihodnje energetske sisteme so **energetska vozlišča** [10]. To odraža gibanje v smeri **večenergijskih sistemov (MES)**, kjer različni nosilci energije in sistemi medsebojno sinergijsko delujejo.

Ta koncept zahteva ustrezno orodje za integrirano upravljanje komponent sistema.

DEFINITION

Ključni element tvori **energetska vozlišča (EH)**, ki ga lahko opredelimo kot kraj, kjer potekajo proizvodnja, pretvorba, shranjevanje in poraba različnih nosilcev energije.

Energetska vozlišča porabljajo energijo (npr. električno energijo, zemeljski plin) in zagotavljajo določene potrebne energetske storitve, kot so elektrika, ogrevanje, hlajenje itd. Slika 17 prikazuje primer energetskega vozlišča.

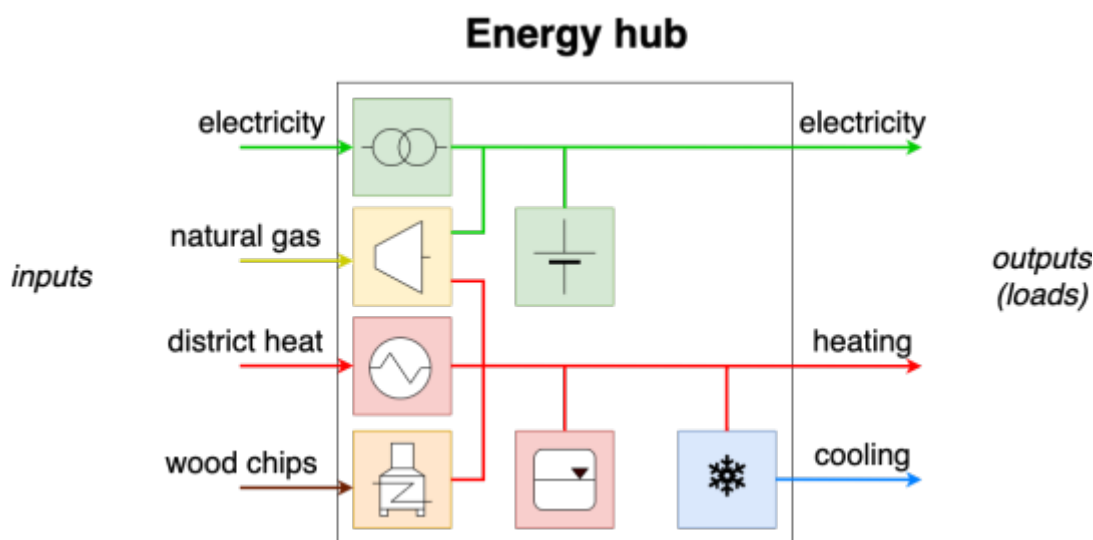


Fig. 17. Primer energetskega vozlišča in njegovih sestavnih delov, ki vsebuje transformator, mikroturbino, toplotni izmenjevalnik, peč, absorpcijski hladilnik, baterijo in hranilnik tople vode.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

Interaktivní prvek

CHAPTER 18

Test

Kakšen je glavni namen prenosa v električnem omrežju

- Končnemu odjemalcu dobavlja energijo.
- zagotavlja prenos podatkov o energiji ponudnikom javnih storitev.
- Prenša energijo na dolge razdalje z uporabo višjih napetosti.
- Pretvarja napetost energije od proizvajalcev.

Katere so prednosti centraliziranega nadzora mikro omrežja?

- Ustrezno usklajevanje in vodenje
- globalne informacije
- Lokalne meritve in predpisi
- enostavna izvedba

Kaj povzroča pomanjkanje energije v omrežju?

Katere so prednosti decentraliziranega nadzora mikro omrežja?

- Ustrezno usklajevanje in vodenje
- globalne informacije
- Lokalne meritve in predpisi
- enostavna izvedba

Kaj je sistemsko neravnovesje?

- Je seštevek razlike med načrtovano in porabljeno energijo vseh udeležencev označenega sistema.
- To je ocenjena razlika med načrtovano in porabljeno energijo vseh udeležencev označenega sistema.
- To je razlika v porabi energije v celotni državi v primerjavi z njenimi sosednjimi območji.
- Gre za tehnično posebnost slovaškega nacionalnega omrežja.

Zakaj je jalova energija v omrežju nezaželena?

- Na breme ne prenaša nobene dejanske moči.
- Vrne se nazaj v elektrarno in jo poškoduje.
- Povzroča pretok energije v napačno smer.
- Povzroča dodatne toplotne izgube.

Udeleženec na trgu, ki proizvaja in porablja energijo, se imenuje.

- Dobavitelj
- Producent
- Potrošniki
- Prosumer

Katere osi so del referenčne arhitekture SGAM?

- Domene
- Stratumi
- Območja
- Ravni

Kako delujejo elektromehanski merilniki moči?

- Deluje na podlagi elektromagnetne indukcije s štetjem vrtljajev aluminijastega diska.
- Uporablja elektronske komponente in vezja, kot so analogno-digitalni pretvorniki, za merjenje več vrednosti.
- šteje elektrone z zelo pametnimi kamerami.
- Deluje s pretvorniki napetosti.

Katera od teh trditev o vmesnikih pametnih števecv je pravilna?

- Vmesnika H2, H3 povezujeta pametni števec s sistemom za upravljanje energije na domu.
- Vmesnik H1 povezuje sistem pametnega števca s pametnim telefonom uporabnika.
- Vmesnika H2 in H3 omogočata dvosmerno komunikacijo
- Pri telefonih G1, G2 prevladuje tehnologija GSM.

Kakšno je področje uporabe sistemov MDC/MDM?

- Zbiranje podatkov o števcih
- Upravljanje komunikacijskega procesa
- Nadzor dobave merilnika
- Postopek dostave podatkov

Kateri standardi se uporabljajo v pametnih merilnih sistemih?

- CIM
- DLMS/COSEM
- AMR
- OBIS

Katere so glavne značilnosti pametnega omrežja?

- Je bolj robustna kot tradicionalna mreža.

- samodejno lahko ponovno uporabi zbrane informacije.
- Zahteva podatkovno povezljivost 5G.
- Deluje lahko popolnoma samodejno.

Kaj je koda OBIS

- Serijska številka pametnega števca
- Kode, ki označujejo podatke s hierarhično strukturo.
- Identifikacija točke dostave.
- Edinstven komunikacijski naslov pametnega števca

Kaj je koncept energetskega vozlišča?

- Koncept osrednjega baterijskega centra za električno energijo.
- Koncept, pri katerem se električna energija uporablja za proizvodnjo več drugih energentov.
- Koncept, v katerem poteka proizvodnja, pretvorba, shranjevanje in poraba različnih nosilcev energije.
- Kraj, kjer se energija vrača nazaj v naravo.

Kako delujejo polprevodniški merilniki moči?

- Deluje na podlagi elektromagnetne indukcije s štetjem vrtljajev aluminijastega diska.
- Uporablja elektronske komponente in vezja, kot so analogno-digitalni pretvorniki, za merjenje več vrednosti.
- šteje elektrone z zelo pametnimi kamerami.
- Deluje s pretvorniki napetosti.

Katere so glavne značilnosti pametnih števecv?

- Potrebujemo zelo stabilen vir energije
- Ne morejo delovati brez hitre internetne povezave

- Prebere ga lahko samo uporabnik.
- Sposobnost upravljanja dogodkov

Kaj opredeljuje model SGAM?

- Opredeljuje komunikacijo med več sistemi pametnih omrežij.
- Deluje kot ekonomski model za izvajanje pametnih omrežij.
- Deluje kot referenčni sistem označevanja sistema pametnih omrežij
- Opredeljuje proces prehoda s tradicionalnih omrežij na pametna omrežja.

Kako so pametni merilni sistemi opredeljeni v priporočilu EU?

- Opredeljeni so s točno določeno arhitekturo števca.
- Opredeljeni so z modelom SGAM.
- Opredeljeni so s standardom DLMS/COSEM.
- Opredeljuje jih 10 skupnih minimalnih funkcionalnosti.

V kaj mora biti vključen vsak odjemalec, ki porablja ali proizvaja energijo?

- Mora biti del vsakega trga Spot.
- Naenkrat mora biti del ene stranke za uravnoteženo odgovornost.
- Mora biti del večstranske stranke za uravnoteženo odgovornost.
- Sodelovati mora na dolgoročnem energetske trgu.