

Brezžično merjenje električnih veličin

Janez TANCEK, Jani DOLINAR, Igor STEINER

■ 1 Uvod

Merjenje električnih veličin je v večini primerov distribuiran sistem, ki je razpršen na določenem geografskem območju. Integracija opreme zahteva popolno skladnost vseh naprav v sistemu, da se zagotovijo potrebna celovitost, fleksibilnost in zanesljivost delovanja takšnega sistema. Za področje merjenja električnih veličin so značilni inteligentni merilniki, ki se preko komunikacijskega omrežja povezujejo v sistem nadzora in upravljanja električne energije. Še posebej v starejših zgradbah so zaželeni merilniki, ki omogočajo brezžični prenos merilnih vrednosti, da se poenostavi instalacije na objektu.

■ 2 Inteligentni merilniki in komunikacijska omrežja

Inteligentni merilniki so naprave, ki poleg osnovnega merilnega elementa vsebujejo še procesno in komunikacijsko enoto. Zaradi vgrajene »intelligence« je uporabniku na voljo množica raznovrstnih podatkov iz merilnega procesa, ki omogočajo večjo funkcionalnost merilnega sistema. Primer inteligentnih merilnikov električne energije prikazuje *Slika 1*, ki preko komunikacijskega vodila Modbus ponuja velik nabor merjenih električnih veličin.

Ker je uporaba inteligentnih merilnikov močno odvisna od komunikacije med napravami, je potrebno nameniti posebno pozornost komunika-



Slika 1. Primer inteligentnega merilnika

cijskemu omrežju. V primeru uporabe na ožjem geografskem področju se uporabljajo predvsem področna komunikacijska omrežja (LAN). To so žična ali optična omrežja različnih fizičnih izvedb in protokolnih skladov (npr.: Modbus, Ethernet/IP, Profibus itd.). Vedno pogosteje pa se uporabljajo tudi brezžična lokalna omrežja, kjer v industrijskem okolju prednjačijo WirelessHART in ISA100a, medtem ko se v avtomatizaciji zgradb uporabljajo standardi, kot so WiFi, ZigBee, Z-Wave in drugi. V brezžičnih omrežjih sta še posebej razširjena dva komunikacijska standarda. Prvi je 802.11 (WiFi) zaradi splošne razširjenosti komunikacijske opreme in visokih hitrosti prenosa v omrežju. Drugi standard je 802.15.4 (WirelessHART, ISA100a, ZigBee, Millennial.Net), ki je krajšega dometa in je namenjen za manjše hitrosti kot 802.11. Standard 802.15.4 ima bistveno prednost v majhni porabi električne energije, kar je lahko pomemben dejavnik pri brezžičnih

inteligentnih merilnikih, ki so omejeni s kapaciteto lastnega napajalnega vira (baterija ali lovilec energije).

V širšem geografskem področju se za komunikacijo uporabljajo prostrana ali globalna omrežja (WAN), ki skoraj izključno temeljijo na internetnem protokolnem skladu IP. Uporabljajo se javna omrežja (žični in mobilni internet) z varnostnimi mehanizmi, kot sta IPsec in TLS.

Za potrebe proizvodnje in distribucije električne energije so bili razviti namenski komunikacijski protokoli, kot so DNP3, IEC60870 in IEC61850.

■ 3 Centralni nadzorni sistem

Centralni nadzorni sistem predstavlja točko, kjer se zbirajo vse informacije in se izvaja osrednje vodenje sistema.

Pogosto se pri prenosu podatkov v centralni nadzorni sistem uporablja tehnologija OPC, ki je standardiziran način prenosa podatkov med opremo in aplikacijami različnih proizvajalcev, predvsem v industrijskih aplikacijah in tudi energetiki.

Danes se uveljavljajo spletni storitveni centri, kjer uporabnik dostopa do podatkov preko spletnega vmesnika in javnega omrežja. To so t. i. »storitve v oblaku«, kjer uporabniki

Janez Tancek, dipl. inž., Jani Dolinar, dipl. inž., mag. Igor Steiner, univ. dipl. inž., INEA, d. o. o., Ljubljana

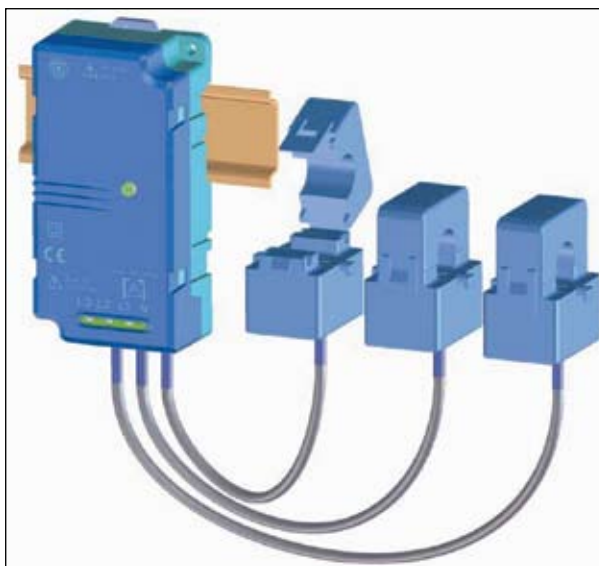
daljinsko uporabljajo arhitekturo in storitve računalniških centrov. V takšnih aplikacijah so še posebej pomembne varnost in zanesljivost sistemov, ki pa jih današnje tehnologije že uspešno rešujejo.

Primer namenskega spletnega sistema je sistem pametnega omrežja KIBERnet, ki je bil razvit v podjetju INEA. KIBERnet je družina produktov s področja vodenja elektroenergetskega omrežja, t. i. pametnih energetskih omrežij. KIBERnet je rešitev za prilagajanje odjema električne energije, ki spremlja porabo električne energije in avtomatsko prerezporeja uporabo bremen, s čimer zmanjša njihovo obratovanje v času električnih konic. S tem pomaga pri optimizaciji uravnavanja porabe in dobave ter ustvarja opaznejše finančne prihranke za vse uporabnike.

Druga rešitev je uporaba javnih podatkovnih strežnikov, ki so funkcionalno bolj splošni. Takšni javni podatkovni strežniki nudijo zajem podatkov iz procesov preko javnega internetnega omrežja in prav tako omogočajo dostop do podatkov. Prenos podatkov od oddaljene naprave do javnega strežnika se izvaja v enem od odprtih podatkovnih formatov, kot je HTTP z uporabo XML- ali JSON-zapisov merilnih vrednosti. Takšen javni podatkovni strežnik omogoča hitro in stroškovno ugodno gradnjo sistema in enostaven dostop do podatkov. Primer takšne storitve je Cosm (prej Pac-hube).

■ 4 LEM-merilniki

V podjetju INEA smo za potrebe projekta ECP – Energy Control Pack, ki je namenjen spremljanju in upravljanju z električno energijo porabnikov v industrijskem okolju, uporabili inteligentne merilnike podjetja LEM. Podjetje izdeluje različne inteligentne merilnike za merjenje električnih veličin, ki se uporabljajo v brezžičnem omrežju. V merilnikih LEM je uporabljen standard 802.15.4 in deluje na protokolu Millennial.Net na frekvenčnem območju 2.4 GHz.



Slika 2. Inteligentni brezžični merilnik EMN

■ 5 Elementi brezžičnega omrežja in topologija

Osnovi elementi v LEM-ovem brezžičnem paketu Wi-LEM so:

Energy Meter Node (EMN), ki ga sestavlja en ali več (običajno 3) tokovnih transformatorjev (slika 2) ali merilnih tuljavic Rogowski ter brezžični oddajnik, ki pošilja izmerjene podatke glavni postaji (Mesh gate).

Mesh Gate (MG) – Glavna postaja, ki zbira podatke od različnih merilnih modulov in jih posreduje preko omrežja Modbus posameznim odjemalcem (krmilniki PLK, podatkovni zapisovalniki, nadzorni sistemi).

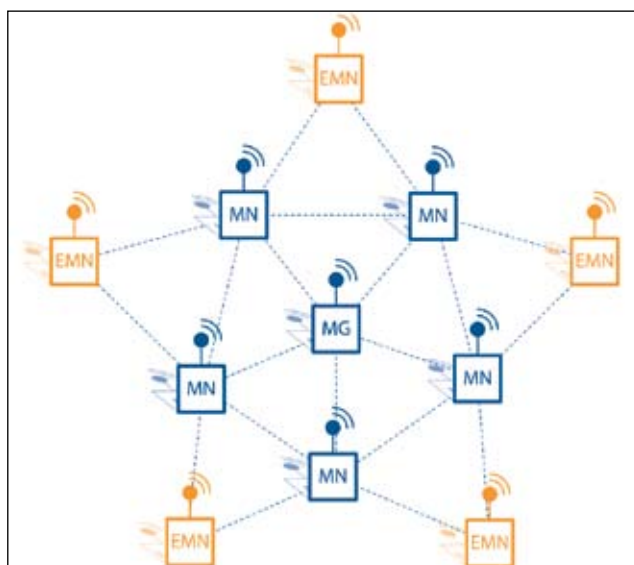
Mesh Node (MN) – je povezovalnik, ki razširi območje dosega med MG in EMN.

Območje delovanja med MG in EMN je 30 m, ob uporabi MN pa se lahko razširi do 250 m. EMN-e se lahko na različne načine poveže v mrežo z glavno postajo MG (možne konfiguracije

so Linear, Simple Star ali Star Mesh). Najbolj uporaben in učinkovit način glede na podprtost s signalom (odporno na motnjo ob izgubi signala z enim od MN) je topologija razpršenega zvezdastega omrežja (Star Mesh), ki jo prikazuje Slika 3. S slike je razvidno, da signal potuje od posameznega merilnega mesta do glavne postaje preko več povezovalnikov (repeaterjev), kar omogoča boljšo

povezavo kljub napakam ali izgubi povezave z enim od vmesnih povezovalnih členov.

V vsakem omrežju nastopa le en MG in en ali več (do 200) EMN-jev. MN se dodajajo po potrebi glede na razdaljo in kvaliteto signala, ki je potreben za dovolj kvaliteten prenos podatkov. Podatki med EMN ali MN in MG se prenašajo periodično (privzeto na 30 s). Na določenem področju imamo lahko več omrežij, ki se med seboj prekrivajo, zato ima vsaka naprava določeno skupino, v kateri deluje (Group ID – GID), ter svoj ID (Device ID – DID). Uporabnik lahko v konfiguratorju vsakemu MG nastavi poljuben GID in DID, zamenja sistemsko programsko opremo,



Slika 3. Topologija razpršenega zvezdastega omrežja

nastavi parametre hitrosti prenosa ter preveri status priključenega MG.

■ 6 Merjeni podatki

Vsak EMN periodično pošilja MG tri vrste podatkov:

Trenutna energija – Merjenje trenutne energije (delovna, jalova in navidezna) za vsako fazo posebej in vsote na vseh treh fazah skupaj s časovno značko meritve (time stamp).

Beleženje periodičnih meritev – Merjenje energije (delovna, jalova in navidezna) za vsako fazo posebej in vsote na vseh treh fazah skupaj v določenem časovnem intervalu, ki je podan s parametrom (do 30 min), merjenje najnižje/najvišje napetosti in toka na posamezni fazi v časovnem intervalu ter frekvence na eni od faz.

■ 7 Primer uporabe z industrijskim krmilnikom Mitsubishi FX3U

Za potrebe komunikacije med inteligentnimi merilniki LEM in krmilno opremo je pripravljena knjižnica funkcijskih blokov po standardu IEC 61131-3. Poleg krmilnika serije FX3U je uporabljen komunikacijski modul Modbus RTU za povezavo med MG in krmilnikom PLK. **Error! Reference source not found.** prikazuje konfiguracijo sistema. Program in funkcijski bloki so napisani v okolju orodja GX IEC Developer, v programskem jeziku lestvičnega diagrama. Najpomembnejša sta dva funkcijska bloka: **FX3UMeshGateWiLEMCtrlCh1** za komunikacijo z MG, ki skrbi za komunikacijo z modulom MG, in blok **FX3UEnergyMeterWiLEMCtrlCh1**, ki pridobiva podatke iz modula MG od posameznega EMN-a ter jih shrani v posamezno podatkovno strukturo. Vsi

Programiranje je zelo poenostavljeno z uporabo pripravljenih funkcijskih blokov, saj le določi vhodne parametre funkcijskim blokom, kar predstavlja vpis naslova DID, ter skaliranje podatkov glede na izbrani EMN.

■ 8 Zaključek

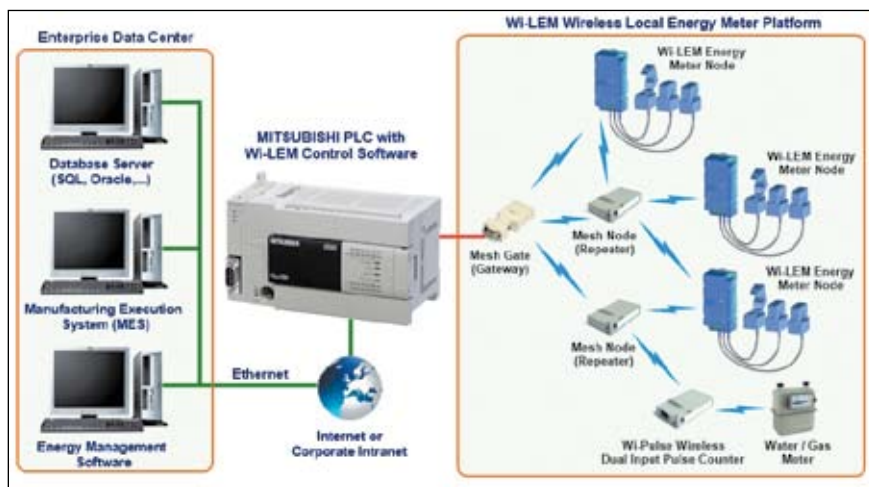
Uporaba brezžičnih inteligentnih merilnikov električnih veličin v industriji se povečuje predvsem zaradi naslednjih lastnosti:

- Ne potrebujemo standardnega ožičenja, kar je predvsem koristno pri distribuiranih merilnih mestih tako v posameznih zgradbah kot na geografsko bolj oddaljenih merilnih mestih.
- V nadzorni sistem pridobimo več merilnih veličin električne energije z enim merilnikom.
- S pravilno izbiro topologije omrežja dosežemo dobro pokritost s signalom in s tem zanesljivost prenosa podatkov.
- Običajno že proizvajalec merilnikov poskrbi za enostavno konfiguracijo omrežja.

Zaradi zgoraj naštetih razlogov se uporaba inteligentnih brezžičnih merilnikov močno povečuje tako v sistemih avtomatizacije zgradb kot v industriji.

Literatura

- [1] J. P. Vasseur, A. Dunkels, Interconnecting Smart Objects with IP: The Next Internet, Elsevier 2010.
- [2] G. Clarke, D. Reynders, Practical Modern SCADA protocols, Elsevier 2004.
- [3] J. Dolinar, I. Steiner, B. Rifelj, Integracija spletnih tehnologij v sodobnih sistemih vodenja, Konferenca AIG, Maribor 2011.
- [4] Wi-LEM Wireless Local Energy Meter, User Guide, 2009.



Slika 4. Konfiguracija opreme

Identifikacijski in konfiguracijski podatki – Vsak EMN pošilja MG-ju svoje identifikacijske podatke ter sprejema konfiguracijske podatke.

pridobljeni podatki so neskalirani, saj je protokol za branje iz različnih tipov EMN-ov enak, zato je potrebno pred obdelavo podatke ustrezno skalirati glede na uporabljeni EMN.



Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja delno financirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport ter Evropska unija (EU), in sicer iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.