

Inteligentné meracie zariadenia a ich obmedzenia

¹Martin FEDOR, ²Dušan MEDVEĎ

^{1,2} Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Slovenská republika

¹martin.fedor.5@student.tuke.sk, ²dusan.medved@tuke.sk

Abstrakt — Článok sa zaoberá inteligentnými meracími prístrojmi a ich obmedzeniami pri použití v praxi pri meraní v rodinných domoch. Inteligentné meracie prístroje sú súčasťou inteligentných meracích systémov, ktoré napomáhajú pri šetrení jednotlivých druhov energií. Z tohto šetrenia majú ťažiť elektrárne, ktoré si sľubujú pomalšie zvyšovanie výroby elektrickej energie vďaka jej efektívnejšiemu využívaniu. Okrem elektrární, zo zavedenia inteligentných meracích systémov majú ťažiť aj koncoví užívatelia, ktorí si sľubujú zníženie spotreby a tým aj úsporu financií. Zavedením inteligentných meracích systémov sa tiež nezaťažuje životné prostredie.

Kľúčové slová — inteligentný merací prístroj, inteligentný merací systém, energia

I. MERANIE A MERACIE PRÍSTROJE

Meranie zaraďujeme medzi vedecké disciplíny. Vedeckú disciplínu zaoberajúcu sa meraním nazývame metrológia. Metrológia je nielen vedou, ale aj súhrnom poznatkov o meraní. Metrológia nám hovorí o tom že určenie správneho spôsobu merania je rovnako dôležité ako spracovanie vyhodnotenia merania, chyby vzniknuté pri meraní a správny výber meracích prostriedkov. Meraním získavame kvantitatívne parametre meranej veličiny alebo vzťah medzi viacerými veličinami. Na meraní sa podieľa merací reťazec, meraný objekt a operátor. Za merací reťazec považujeme súbor technických prostriedkov určených nielen na meranie ale aj na vyhodnotenie merania. Merací reťazec je zložený zo štyroch častí a to [1]:

1. *snímač*, ktorý sa musí vhodne vybrať na základe meranej veličiny a jej vlastností;
2. *prevádzací člen* – hlavnou úlohou prevádzacieho člena je prevedenie hodnoty z meracieho člena na vlastný výstupný signál;
3. *vyhodnocovacie zariadenie*;
4. *pomocné a doplnkové zariadenia* – vyberajú sa na základe potrieb meracieho reťazca, patria tu najmä zdroje, prepínače a iné.

Merací prístroj, ktorým môže byť aj snímač, je v podstate zariadenie, ktoré na základe vonkajších podnetov pomocou signálov reaguje na zmenu týchto podnetov. Základnou časťou a funkčným prvkom meracích prístrojov je senzor. Senzor je citlivá časť meracieho prístroja, ktorá je v priamom styku s meraným prostredím, čo z neho tvorí vstupný blok meracieho reťazca. [2]

II. ČASTI MERACIEHO PRÍSTROJA

A. Merací systém

Tvorí ho pevná a pohyblivá časť. Merací systém pre svoju činnosť využíva silové pôsobenie elektrických veličín. Veličina, ktorú meriame, vytvára moment. Tento moment otáča pohyblivou časťou meracieho prístroja, o ktorú je upevnený ukazovateľ. Pre každý systém sa moment počíta inak a závisí od meranej veličiny. Direktívne pružiny vytvárajú riadiaci moment. Tento moment pôsobí proti momentu systému. Direktívne pružiny zabezpečujú nulovú polohu ukazovateľa v prípade, ak sa hodnota meranej veličiny rovná nule. Direktívne pružiny môžu slúžiť aj na privedenie prúdu do otočnej časti meracieho systému. Ak sú veľkosti momentu systému a riadiaceho momentu rovnako veľké, ručička ukazovateľa sa vychýli úmerne veľkosti meranej veličiny. Meracie systémy v závislosti od princípu funkčnosti delíme na: vibračné, tepelné, feromagnetické, ferodynamické a magnetoelektrické.

B. Zobrazovacie zariadenie

Je určené na umožnenie odčítavania nameraných hodnôt a tým určiť ich veľkosť. Skladá sa z ukazovateľa a číselníka. Ukazovateľ má za úlohu vykresliť polohu ručičky. Číselník je usporiadaný súbor čísel a značiek. Je na ňom vykreslená stupnica a značka, udávajúca druh meracieho prístroja, merací systém a vnútorný odpor tohto prístroja. [3]

III. INTELIGENTNÉ MERACIE PRÍSTROJE

A. Inteligentný merací systém

Inteligentný merací systém je súbor zariadení určených na meranie, spracovanie, prenos, diaľkový zber nameraných dát o výrobe alebo spotrebe tej-ktorej energie. Tieto údaje sú poskytované ďalším účastníkom trhu. V podstate sa jedná o elektronický systém schopný pridať viac informácií k nameranej spotrebe energie ako obyčajné konvenčné meradlo. Tieto informácie väčšinou pochádzajú z merania výkonových kvalitatívnych parametrov energie. Inteligentné meracie prístroje sú schopné elektronickej komunikácie za účelom odosielania alebo prijímania nameraných dát. [4]

B. Technické parametre inteligentných meracích systémov

Základná funkcionálna – inteligentný merací systém musí byť schopný obojsmerne komunikovať s odberným miestom koncového odberateľa elektriny a centrálou inteligentného meracieho systému. Prenášané údaje musia byť zabezpečené (šifrované). Komunikácia prebieha cez zabezpečené sériové rozhranie, WIFI, bluetooth, impulzné pripojenie alebo cez iný otvorený protokol. V základnom intervale 15 minút prebieha priebehové meranie odberu a dodávky elektrickej energie. Pre diaľkový odpočet a spotrebovanej energie a pre spracovanie nameraných údajov platí základný interval minimálne raz mesačne. Inteligentný merací systém automaticky a pravidelne synchronizuje dátum a čas. Merací prístroj musí registrovať udalosti počas neštandardných alebo poruchových stavov, tie následne zasiela do centrály inteligentného meracieho systému. Systém umožňuje diaľkovú aktualizáciu a parametrizáciu programu meracieho prístroja a ďalších technických prostriedkov bez ovplyvnenia meracieho systému.

Pokročilá funkcionálna – principiálne sa jedná o základnú funkcionálnu obohatenú o nasledujúce parametre. Vykonáva sa priebehové štvorkvadrantové meranie dodávky a odberu činnnej a jalovej zložky elektrickej energie a zároveň sa vyhodnocuje účinník v časovom intervale 15 minút. Pri diaľkovom odpočte a spracovaní dát je základný časový interval 24 hodín. Povelom z centrály je možné diaľkovo pripojiť alebo odpojiť odberné miesto v prípade, ak to umožňuje zapojenie do distribučnej sústavy. Je možné určiť prúdové a výkonové obmedzenie v danom meracom prístroji. Meracie prístroje merajú jednotlivo v každej fáze efektívne hodnoty napätia a prúdu. Komunikačný prístroj je možné vymeniť bez zásahu do meracej časti obvodu prístroja. Merací prístroj registruje alarmy o napadnutí prístroja.

Špeciálna funkcionálna – je to pokročilá funkcionálna obohatená o nasledujúce funkcie. Meracie prístroje merajú aritmetický zdanlivý výkon S a správny zdanlivý výkon S_r . Správny zdanlivý výkon pozostáva z činnnej zložky P , jalovej zložky Q , deformačného výkonu D , výkonu nesymetrie A a nesymetrického deformačného výkonu B .

$$S_r^2 = P^2 + Q^2 + D^2 + A^2 + B^2$$

Výkon nesymetrie A vyjadruje rozdiely pomerov výkonov vo fázach. Dané rozdiely porovnáva zvlášť po jednotlivých harmonických. Nesymetrický deformačný výkon B vyjadruje rozdiely v harmonických prúdu a napätia v rôznych fázach. [5]

C. Obmedzenia inteligentných meracích systémov

Napájanie – poznáme prístroje, ktoré pre svoju činnosť potrebujú napájanie z vonku a prístroje, ktoré pre svoju činnosť napájanie nepotrebujú. Takýto druh meracích prístrojov pracuje na princípe vzniku mechanického momentu. Prístroj z meraného objektu získa potrebnú energiu na vytvorenie výchylky. Výhodou tohto princípu fungovania meracích prístrojov je, že nepotrebujú prídavný zdroj. Nevýhodou pri týchto meracích prístrojoch je nižšia presnosť, ktorá vzniká hlavne v dolnej hranici stupnice ukazovateľa a väčšie zaťažovanie meracieho prístroja. Meracie prístroje pracujúce na tomto princípe sú konštrukčne jednoduché so spoľahlivou prevádzkou. Napájanie meracích prístrojov, ktoré pre svoju činnosť potrebujú externý zdroj, riešime napájaním zo siete alebo napájaním akumulátorovou batériou.

Zber dát – prehľad o súčasnej a o celkovej bilancii spotreby energií nám napomáha k zefektívňovaniu využívania energie a tým nepriamym spôsobom aj k šetreniu energie. To radí zber dát k neodmysliteľnej súčasť inteligentných meracích systémov. K zberu dát používame

softvéry alebo jednotlivé prístroje na to určené, tzv. zberače dát. Zberače nám umožňujú jednoduchý prístup k nameraným a spracovaným dátam. Spracovanie nameraných dát môže byť uskutočnené a vizualizované do grafickej alebo tabuľkovej formy. Pri zbieraní dát je dôležité, aby bol zberač schopný komunikovať s každým meracím prístrojom v inteligentnej meracej sieti, keďže tie môžu komunikovať rôznymi spôsobmi. Ak zberač dát nedokáže komunikovať s meracím prístrojom používame tzv. prevodníky. Prevodník je zariadenie, ktoré slúži na prevod signálu z typu A na typ B, pričom nezmení prenášanú informáciu. Obmedzením pri prenose dát je veľkosť úložiska daného zberača dát, frekvencia vzorkovania a veľkosť prenášaných údajov.

Prenos dát – nevyhnutná súčasť inteligentného meracieho systému pre jeho správne fungovanie. Centrálna riadiaca jednotka má permanentný prísun aktuálnych dát o meranom prostredí. Na základe týchto dát vyhodnocuje ďalšie kroky. Rozhodnutie centrály musí byť včas dopravené do správneho miesta riadiaceho deja meracieho systému. Riadiaci systém vstupnými obvodmi prijíma informácie o meranom objekte a výsledok riadenia riadenému deju odovzdáva výstupnými obvodmi. Prenos informácií zabezpečuje súbor technických prostriedkov, ktoré nazývame rozhranie. Prenos informácií medzi zdrojom a príjemcom prebieha pomocou súboru definovaných pravidiel pre komunikáciu – *komunikačný protokol*. Rovnaké pravidlá o prenose a o formáte prenášaných údajov platia ako pre zdroj, tak aj pre príjemcu. K prenosu využívame *prenosový kanál* – súbor programových a technických prostriedkov zložený z dátovej a riadiacej časti. Pre prenos informácií v praxi používame dvojlinku, krútenú dvojlinku, koaxiálny kábel, optické vlákna, infračervené zariadenia, rádiový prenos, družicový prenos alebo klasický bezdrôtový prenos. [6]

IV. NÁVRH INTELIGENTNÉHO MERACIEHO SYSTÉMU

Pre návrh inteligentného rodinného systému sme vytvorili situáciu inteligentného rodinného domu, v ktorom sa budú merať základné inžinierske siete. V dome sa bude merať spotreba plynu, vody a elektrickej energie. Okrem merania energií sa v dome nachádza aj meranie teploty v štyroch miestnostiach s ovládaním kúrenia, meranie intenzity osvetlenia, taktiež v štyroch miestnostiach a snímanie pohybu v okolí domu.

Pre uľahčenie výberu vhodných meracích prístrojov sme si vytvorili databázu meracích prístrojov a program pre výber meracích prístrojov z tejto databázy. Program vyberie vhodný merací prístroj na základe vstupných parametrov zadanych užívateľom. Pred vytvorením programu sme vzali do úvahy jeho dostupnosť pre užívateľov, ako aj jednoduchosť obsluhy. Preto sme ho vytvorili v programe Microsoft Excel 2010.

V. RIEŠENIE INTELIGENTNÉHO MERACIEHO SYSTÉMU

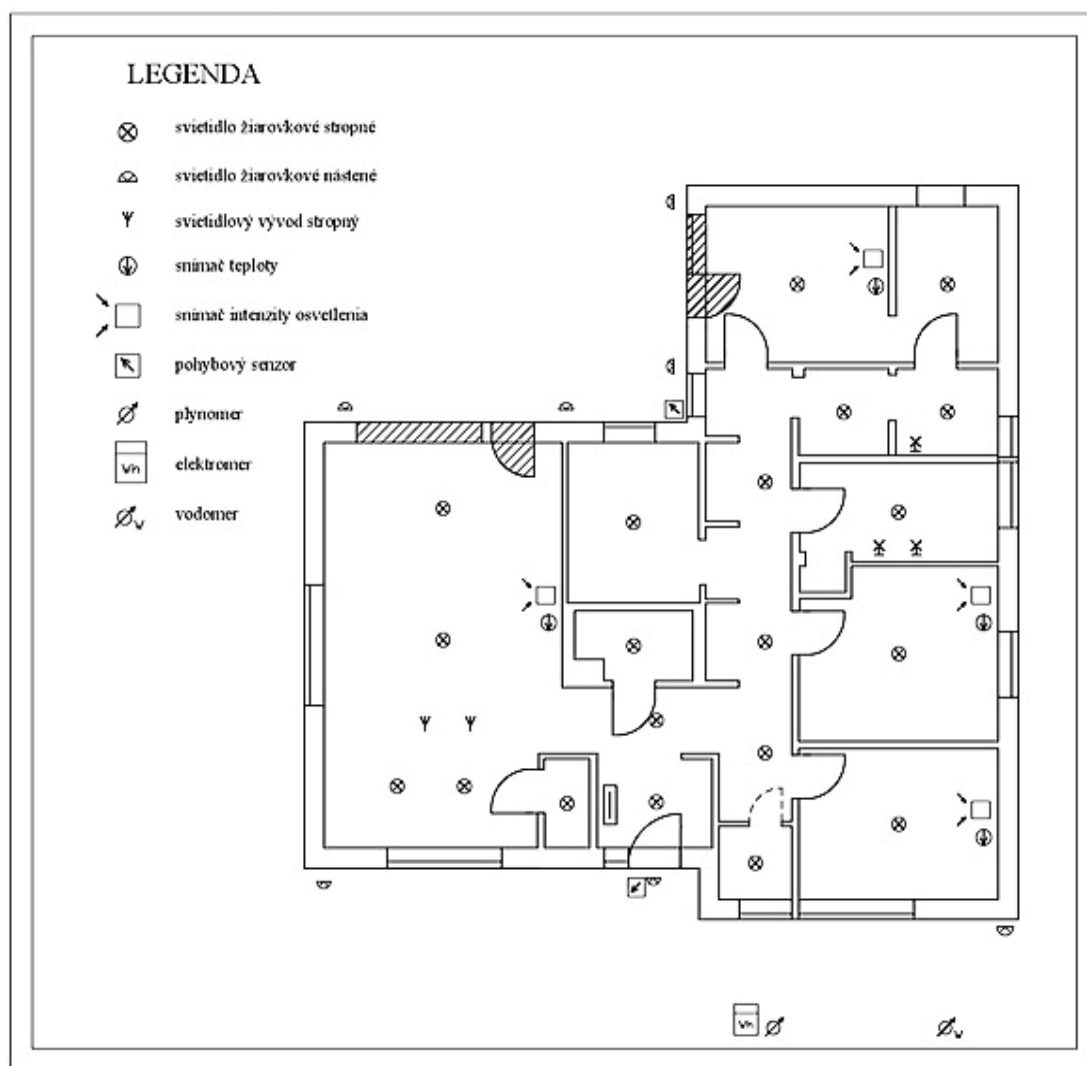
Najprv sme si zakreslili schému elektroinštalácie s požadovaným umiestnením meracích prístrojov. Potom sme postúpili k výberu samotných meracích prístrojov na základe veličín merania a potrebného napájania. Po zadaní vstupných parametrov, program vyhodnotil a stanovil vhodné meracie prístroje pre nami požadovanú situáciu.

VYBRANÉ PRÍSTROJE					
Odoberat prístroj					
☐	BK G 2.5	Odčítanie dát z číselníku prístroja	53	1	53
☐	LE-01d	Fakturačný elektromer. Ukladanie dát - nutnosť použiť zberač dát do vzdialenosti	23	1	23
☐	LIC-1	Regulátor inštalovaný na DIN lištu + externý senzor. Sčítavacia záťaž do 300W.	66	4	264
☐	DR-04W	Napájanie: 230V. Časovač: 10s-15min. Intenzita: 3-2000Lux. Sčítanie do 1200W.	13	2	26
☐	TFA 30	Napájanie: základná jednotka 4x1,5V AAA + 3x snímače 2x1,5V AAA.	57	1	57
☐	IARF/OARF	Fakturačný vdomer bez možnosti diaľkového odčítania dát.	76	1	76

CELKOVÁ CENA

499€

Obr. 1 Pohľad na jedno z okien programu „Výber meracích prístrojov“



Obr.2 Schéma elektroinštalácie

A. Meranie plynu

Program pre meranie plynu zvolil prístroj BK G 2,5 s maximálnym prietokom 4 m³/hod. s pracovným pretlakom 50 kPa. Jedná sa o membránový plynomer určený na meranie pretečeného objemu plynu a prietoku plynu. Je vhodný na meranie pre domy a byty. Dáta sa z prístroja odčítavajú na číselníku prístroja, pričom prístroj nedisponuje možnosťou ukladania dát.

B. Meranie vody

Pre toto meranie program vyhodnotil ako najlepší možný merací prístroj IARF/OARF. Je to vodomér pre vodorovnú montáž. Základnými vlastnosťami vodomera sú dlhá životnosť, vysoká spoľahlivosť a stabilita metrologických parametrov. Dáta sa aj v tomto prípade odčítavajú z číselníku prístroja. Rovnako ako v predchádzajúcom prípade, tento merací prístroj nie je schopný namerané dáta ukladať.

C. Meranie elektrickej energie

V tomto prípade program zvolil za vhodný jednofázový fakturačný, kalibrovaný elektromer LE-01d. Tento elektromer je inštalovaný priamo v systéme. Nameraná hodnota na energetickom vstupe sa prevedie na LCD displej. Prístroj pracuje pri referenčnom napätí 230 V a frekvencii 50 Hz. Menovitý prúd prístroja je 45 A. Pri tomto meraní je možné ukladanie dát, pričom je potrebné zabezpečiť zberač dát, ktorý sa pripojí na svorky S0. Pri použití zberača je potrebné dodržanie maximálnej vzdialenosti týchto prístrojov, čo je 20 m, z dôvodu skreslenia prenosu informácií.

D. Ovládanie vykurovania

Ako bolo uvedené v návrhu inteligentného meracieho systému, teplota má byť ovládaná v štyroch izbách. Tu program zvolil merací prístroj TFA 30 pozostávajúci z bezdrôtového teplomera a vlhkomera a troch transmitterov. Tieto snímače medzi sebou dokážu komunikovať až do vzdialenosti 100 m, čo je postačujúce pre náš prípad. Napájanie je riešené batériami 1,5 V

AAA. Základná jednotka potrebuje pre napájanie 4 kusy takýchto batérií, zatiaľ čo jednotlivé transmittory potrebujú len 2 kusy.

E. Ovládanie svetiel pohybovými senzormi

Zo schémy elektroinštalácie je zrejmé, že chceme ovládať svietidlá pri vstupe do domu a svietidlá nachádzajúce sa na terase. Pre tento prípad boli zvolené dva pohybové senzory DR-04W. Jedná sa o PIR senzory so spínacím výkonom 1200 W pre žiarivky, 300 W pre výbojky, 600 W pre halogénové lampy, 150 W pre LED svietidlá a žiarivky. Spínanie prístroja je možné nastaviť na intenzitu v rozsahu 3 – 2000 Luxov s časovačom od 10 sekúnd do 15 minút.

F. Ovládanie intenzity osvetlenia

Tak ako ovládanie kúrenia, tak aj ovládanie intenzity osvetlenia, prebieha v štyroch izbách. Program zvolil prístroj LIC-1 určený na ovládanie intenzity ako v interiéri, tak aj v exteriéri. Prístroj pozostáva z dvoch častí. Regulátor je určený pre montáž na DIN lištu, zatiaľ čo externý senzor sa montuje priamo do priestoru, v ktorom chceme merať intenzitu osvetlenia. Pre každú izbu je potrebné použiť jeden externý senzor a jeden regulátor. Prístroj pracuje v piatich režimoch: vypnutý, automatická regulácia, maximálna úroveň osvetlenia, nastavenie minimálneho jas osvetlenia a nastavenie požadovanej hodnoty osvetlenia. Regulátor pracuje s napájacím napätím 230 V.

VI. ZÁVER

Výroba elektrickej energie je ekologicky náročná. Vzhľadom na stúpajúcu energetickú náročnosť vydala Európska únia, s cieľom modernizácie energetických systémov, v roku 2009 smernicu EPaR č. 2009/72/EÚ o spoločných pravidlách pre vnútorný trh s elektrickou energiou. Táto smernica zaväzuje členské štáty k zefektívneniu využívania elektrickej energie použitím inteligentných meracích systémov.

Zavádzanie inteligentných meracích systémov v domácnostiach môže byť finančne náročné. V našom uvedenom návrhu sa cena len za meracie prístroje vyšplhala na hodnotu 499 €, no návratnosť použitých finančných prostriedkov, pri správnom využití inteligentného systému, môže byť pomerne rýchla. Inteligentné meracie systémy nám v konečnom dôsledku nešetria len financie, ale dokážu nám výrazne prijsť vhodne v domácnosti.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a SAV podporenej grantom VEGA 1/0372/18 a tiež v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: *Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií*, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] Fedor, M., „*Inteligentné meracie zariadenia a ich obmedzenia*“, Bakalárska práca. Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2019.
- [2] Katedra leteckej technickej prípravy, „*Snímače a snímanie*“, Technická univerzita Košice, 2009. [online]. [cit. 2018-10-22]. Dostupné na internete: <<http://www.senzorika.leteckafakulta.sk/?q=node/8>>.
- [3] Elektrotechnická fakulta, „*Fyzika a Elektrotechnika v laboratórnych podmienkach*“, Žilinská univerzita v Žiline, [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné na internete: <https://fyzika.uniza.sk/praktika/Ucebница/HTML/3_Data/7_MMS.pdf>.
- [4] Ministerstvo hospodárstva SR, „*Návrh riešenia zavádzania inteligentných meracích systémov v elektroenergetike SR*“, 2013. [online]. [cit. 2018-11-15]. Dostupné na internete: <https://www.atpjournal.sk/rubriky/prehľadove-clanky/navrh-riesenia-zavadzania-inteligentnych-meracich-systemov-v-elektroenergetike-sr.html?page_id=1801>.
- [5] Zbierka zákonov č.358/2013, *Postup a podmienky zavádzania a prevádzky inteligentných meracích systémov v elektroenergetike*.
- [6] Priemyselná informatika, „*Prenos dát*“, SPŠ Levice, [online]. [cit. 2018-12-13]. Dostupné na internete: <http://www.spslevice.sk/ucebnice/SOC/SOC%20-%20PRI/116-Prenos_dat.htm>.