

# **Energetická účinnosť elektrických inštalácií NN a elektrické inštalácie s kombinovanou výrobou / spotrebou elektrickej energie**

doc. Ing. Ivan BOJNA, PhD., STU FEI v Bratislave

---

## **Úvod**

Energetická účinnosť a kombinovaná výroba a spotreba elektrickej energie je v súčasnosti dôležitá a preferovaná problematika elektrických inštalácií. Príspevok sa zaoberá dvoma špecifickými normami časti 8 súboru STN 33 2000, ktoré sa venujú tejto problematike. Príslušné normy STN 33 2000-8-1 a STN 33 2000-8-2 sú určené ako návod na zaistenie optimálnej energetickej účinnosti elektrických inštalácií, resp. na zaistenie kompatibility elektrických inštalácií s existujúcimi a budúcimi spôsobmi dodávky elektrickej energie do zariadení alebo do verejnej siete prostredníctvom miestnych zdrojov.

## **STN 33 2000-8-1: 2020-09 Elektrické inštalácie nízkeho napätia**

### **Časť 8-1: Funkčné hľadiská. Energetická účinnosť**

Norma STN 33 2000-8-1 prvýkrát uvádza opatrenia slúžiace na zabezpečenie energetickejšie efektívnej inštalácie založenej na úsporách elektrickej energie, čo prináša zníženie nákladov na elektrickú energiu. Cieľom opatrení je zabezpečiť návrh a následne efektívnu prevádzku elektrickej inštalácie podľa potrieb používateľa pri akceptovateľných investičných nákladoch. Norma zahŕňa nielen nové inštalácie, ale aj existujúce elektrické inštalácie, pri renovácii ktorých sa dá dosiahnuť výrazné zlepšenie energetickej efektívnosti. Rozsiahla norma (72 strán) obsahuje návrh postupov na zabezpečenie energetickejšie efektívnych inštalácií a poskytuje návod na úspory elektrickej energie.

Optimalizovanie využívania elektrickej energie sa dosiahne vhodným návrhom inštalácie a súčasným zvážením všetkých súvisiacich aspektov. Optimalizácia je založená na manažmente energetickej efektívnosti, ktorý vychádza z ceny za elektrinu, zo spotreby elektrickej energie a z prispôsobovania prevádzky v konkrétnom čase. Efektívnosť sa zaisťuje priebežným sledovaním a meraniami počas životnosti elektrickej inštalácie.

## Terminológia

V súvislosti s energetickou účinnosťou elektrických inštalácií norma zaviedla viaceré nové termíny, spomenúť treba aspoň niektoré základné pojmy:

- **elektroenergetická efektívnosť, EEE** (angl. **electrical energy efficiency**) – systémový prístup slúžiaci na optimalizáciu efektívneho využívania elektrickej energie
- **systém manažmentu elektrickej energie, EEMS** – (angl. **electrical energy management system**): systém monitorujúci, ovládajúci, riadiaci a manažujúci zdroje energie a záťaže
- **sektor** – norma definuje štyri sektory, ktoré slúžia na uľahčenie porovnávania medzi podobnými inštaláciami, keďže každý sektor vyžaduje špecifické spôsoby zaistenia energetickej efektívnosti:
  - inštalácie obytných budov;
  - inštalácie komerčných budov;
  - inštalácie priemyselných budov;
  - inštalácie infraštruktúrnych projektov
- **zóna** (angl. **zone**) – zóna reprezentuje priestor s rovnakými alebo podobnými podmienkami (napríklad: kuchyňa s plochou 30 m<sup>2</sup>; sklad s plochou 500 m<sup>2</sup>; jedno podlažie v objekte a pod.)
- **mriežkovo štruktúrovaný systém** (angl. **mesh**; ČSN používa termín *slučka*) – jeden alebo viac obvodov napájajúcich skupinu zariadení v jednej alebo viacerých zónach, s cieľom zabezpečiť energetickú efektívnosť
- **aktívne opatrenia** (angl. **active electrical energy efficiency measures**) – prevádzkové opatrenia (riadené manuálne alebo automaticky), slúžiace na optimalizáciu energetickej efektívnosti (napríklad ovládanie termostatom, ovládanie osvetlenia systémom zisťovania prítomnosti osôb, riadiace systémy slúžiace na optimalizáciu prevádzky budovy)
- **pasívne opatrenie** (angl. **passive electrical energy efficiency measure**) – opatrenie slúžiace na optimalizáciu energetickej efektívnosti elektrickej inštalácie prostredníctvom výberu a montáže elektrických zariadení iných, ako sú riadiace/ovládacie zariadenia (napr. výber a umiestnenie transformátora, prierez káblov, trasovanie elektrických rozvodov, delenie obvodov)
- **ovplyvňujúce parametre** (angl. **driving parameter**): vonkajšie faktory, ktoré ovplyvňujú energetickú efektívnosť (legislatíva, environmentálne podmienky, prítomnosť osôb, ceny energie, požiadavky na manažment, režim prevádzky, prevádzkový cyklus, zaťažovacie krivky, prevádzkové parametre, vnútorná teplota, úrovně osvetlenia a pod.)

- **barycentrická metóda** (angl. barycentre method): postup slúžiaci na optimalizáciu polohy zdroja/zdrojov energie a záťaží pri zvažovaní energetickej efektívnosti
- **záťažový profil** (angl. load energy profile): spotreba energie mriežkovo štruktúrovaného systému (slučky) za určitú časovú jednotku (napríklad hodinová spotreba energie v rámci jedného týždňa)
- **trieda energetickej efektívnosti elektrickej inštalácie** (angl. electrical installation efficiency class) – definovaná úroveň energetickej efektívnosti elektrickej inštalácie.

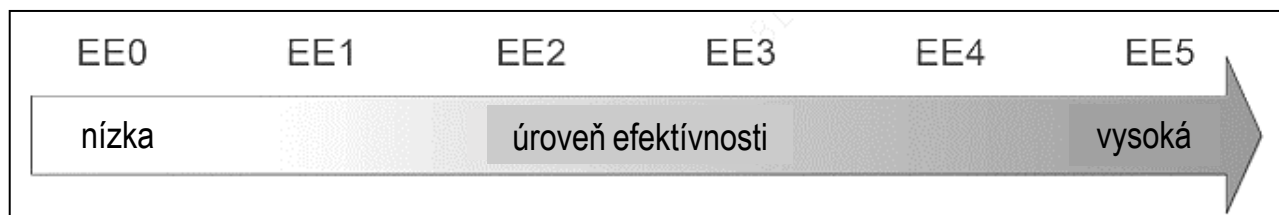
### Princípy navrhovania elektrickej inštalácie

Pri projektovaní norma uvažuje tieto hľadiská:

- záťažový profil (spotreba činnej a jalovej energie za určitý časový interval);
- dostupnosť miestnej výroby elektrickej energie (fotovoltický systém, veterná turbína, generátor atď.) a možnosti jej akumulácie;
- minimalizovanie strát energie v elektrickej inštalácii prostredníctvom
  - optimálneho umiestnenia transformátorov a rozvádzača (*barycentrický bod*),
  - umiestnenia elektrickej stanice vn/nn,
  - zníženia strát v elektrickom rozvode,
  - miestnej výroby a akumulácie elektrickej energie;
- usporiadanie a zoskupenie obvodov vzhľadom na energetickú efektívnosť (mriežkovo štruktúrované systémy – slučky);
- ne/používanie energie v čase špičky v distribučnej sieti;
- štruktúra taríf, ktorú ponúka dodávateľ elektrickej energie.

### Posudzovanie energetickej efektívnosti

Energetická efektívnosť elektrickej inštalácie sa zaraďuje do príslušnej triedy efektívnosti – od najnižšej účinnosti (EE0) po najvyššiu účinnosť (EE5):



Trieda efektívnosti sa určí pomocou tabuliek zodpovedajúcich jednotlivým parametrom, ako sú:

- spotreba energie,
- umiestnenie a spotreba hlavného rozvádzača,
- úbytok napätia,
- účinnosť transformátora,
- účinnosť pevne inštalovaných zariadení atď.

Trieda efektívnosti elektrickej inštalácie sa určí sčítaním všetkých bodov získaných z tabuliek zodpovedajúcich každému parametru.

### **Požiadavky a odporúčania pre návrh**

Pri projektovaní elektrickej inštalácie sa musia brať do úvahy:

- záťažový profil (t. j. spotreba činnej a jalovej energie za určitý čas);
- miestna výroba a akumulácia elektrickej energie;
- minimalizovanie strát energie v elektrickej inštalácii, zahŕňajúce
  - optimálne umiestnenie transformátorov, miestnej výroby a rozvádzača (barycentrický bod),
  - umiestnenie elektrickej stanice vn/nn,
  - zníženie strát v elektrickom rozvode.

### **Barycentrická metóda na určenie umiestnenia transformátorov a rozvádzačov**

Barycentrická metóda poskytuje spôsob na určenie najvýhodnejšieho energeticky efektívneho umiestnenia transformátorov a rozvádzačov v inštalácii s cieľom znížiť elektrické straty. Podstatou metódy je, že vzdialenosť k záťaži s vyššou spotrebou je menšia ako vzdialenosť k záťaži s nižšou spotrebou energie. Tzv. *barycenter* charakterizuje umiestnenie zariadenia tak, aby sa čo možno najviac minimalizovali dĺžky a prierezy vodičov. Táto metóda má za cieľ určiť teoreticky optimálne umiestnenie zdroja, pričom sa však majú zvažovať aj ďalšie aspekty (napr. konštrukčné požiadavky, estetické požiadavky, environmentálne podmienky).

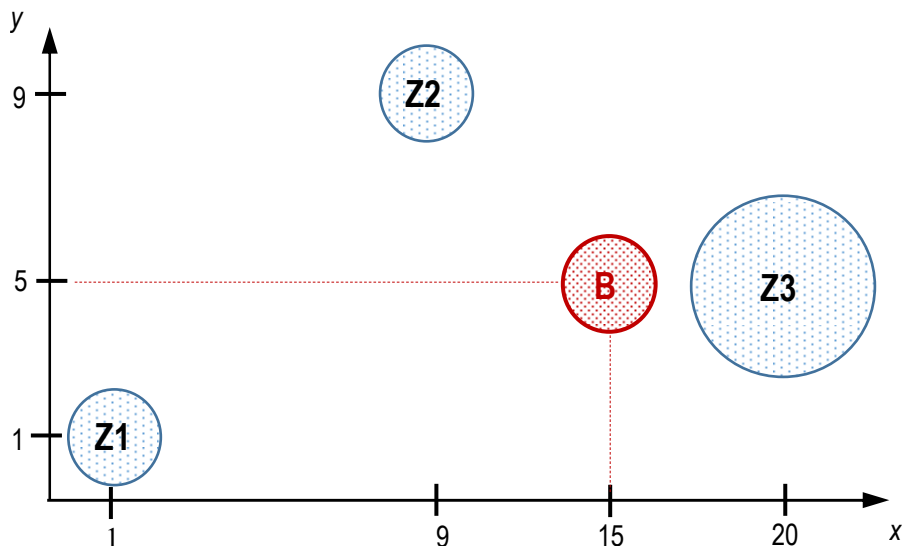
Každá záťaž sa charakterizuje dvoma údajmi:

- súradnicami jej umiestnenia,
- odhadovanou ročnou spotrebou v kWh.

**Príklad**

Výpočet barycentrického bodu troch rozličných záťaží s rozdielnymi parametrami:

- záťaž Z1: súradnice (1, 1), spotreba 80 kWh,
- záťaž Z2: súradnice (9, 9), spotreba 80 kWh,
- záťaž Z3: súradnice (20, 5), spotreba 320 kWh.



Súradnice barycentrického bodu ( $x_B, y_B$ ) sa určia výpočtom:

$$x_B, y_B = \frac{(1,1) \times 80 + (9,9) \times 80 + (20,5) \times 320}{80 + 80 + 320} = (15,5)$$

**Určenie zón, mriežkovo štruktúrovaných systémov a spôsobov využívania**

*Určenie zón:* Zóna reprezentuje priestor s rovnakými alebo podobnými podmienkami. Zónou môže byť napríklad priemyselná dielňa, poschodie v budove, priestor v miestnosti v blízkosti okien alebo priestor v miestnosti vzdialený od okien, miestnosť v obydli, plavecký bazén, hotelová kuchyňa a pod. Na definovaní zón sa musia podieľať projektant elektrickej inštalácie, elektroinštalačná firma zhotovujúca stavbu a majiteľ budovy.

*Spôsoby využívania zón:* Medzi rozdielne spôsoby využívania zón sa radia napríklad ohrev vody, klimatizácia, spotrebiče, osvetlenie, prevádzka motorov a pod.

*Mriežkovo štruktúrované systémy (slučky):* Optimálny stav systému sa málokedy rovná súčtu optimálnych stavov každej časti systému. Napríklad nemá význam samostatné zvažovanie iba jedného alebo niekoľkých zariadení, pretože určitá zostava vytvorená

v rámci mriežkovo štruktúrovaného systému môže vykazovať optimálnu spotrebu, hoci spotreba niektorých individuálnych častí systému nemusí byť pritom optimálna.

*Kritériá používané pri zvažovaní mriežkovo štruktúrovaných systémov:* Ako doplnok ku kritériu daného cenou energie, zvažujú sa aj ďalšie kritériá, ako sú: prevádzkový čas, intenzita osvetlenia, teplota, zotrvačnosť energie (napr. osvetlenie má nulovú zotrvačnosť, ohrev vody má veľkú zotrvačnosť), prítomnosť osôb, environmentálne podmienky (ročné obdobie, slnečné žiarenie a pod.) a ďalšie.

*Meranie parametrov:* Na určenie a posúdenie efektívnosti budovy je kľúčové, aby sa priebežne vykonávalo meranie. Meranie elektrických veličín má byť doplnené meraním ovplyvňujúcich relevantných parametrov, ako sú napríklad: prítomnosť ľudí, teplota, denné svetlo, prevádzkový čas, náklady na energiu atď.

*Účinky riadenia záťaží:* Riadenie záťaží môže mať výrazný vplyv na životnosť a udržiavateľnosť zariadení. Napríklad žiarovky s volfrámovým vláknom sa často používali so snímačmi prítomnosti osôb, aby sa zlepšila energetická efektívnosť osvetlenia. Náhrada za svetelné zdroje využívajúce iné technológie, ktoré sú výrazne citlivejšie na počet zopnutí, môže výrazne znížiť ich životnosť. Správnou voľbou spínania/nespínania možno dosiahnuť optimálnu prevádzku pri nižšej spotrebe energie a dosiahnutia očakávanej životnosti svetelných zdrojov.

## **Systém energetickej efektívnosti a manažmentu záťaží**

Tento systém riadi spôsoby využívania spotrebovávanej energie, pričom sa berie do úvahy množstvo parametrov, ako sú: záťaže (požiadavky používateľov, výber spotrebičov, stanovenie prioritných záťaží, ovládanie záťaží atď.), miestna výroba a akumulovanie energie, monitorovanie a meranie parametrov, dostupnosť a cena energie, manažment záťaží prostredníctvom mriežkovo štruktúrovaných systémov – slučiek, manažment zdrojov (sieť dodávateľa, miestna výroba a akumulácia elektriny), elektrické rozvody (optimalizácia prierezov vodičov, korekcie účinníka a harmonických zložiek), údržba a mnohé ďalšie.

## **Činnosti spojené s efektívnosťou využitia energie**

Efektívne využitie energie sa dosiahne pomocou

- priamych krokov (bezprostredné vylepšenia energetickej efektívnosti, napríklad zatváranie/otváranie okien alebo regulácia teploty budovy);
- naprogramovaných krokov (vyhodnotenie meraní v rámci určitého časového intervalu, napríklad za rok a v porovnaní výsledkov s definovanými cieľmi; následne musia nasledovať kroky spojené s udržiavaním existujúcich riešení, resp. zavedením nových riešení).

## Zhrnutie

Optimalizácia využívania elektriny je založená na systeme manažmentu elektrickej energie (EEMS), ktorý vychádza z ceny za elektrinu, zo spotreby energie a prispôsobovania prevádzky elektrickej inštalácie v konkrétnych časoch. Efektívnosť opatrení sa preveruje priebežným sledovaním a meraním počas životnosti elektrickej inštalácie, čo podmieňuje realizáciu prípadných vylepšení a úprav. Výsledným cieľom je zabezpečiť návrh elektrickej inštalácie a jej efektívnu prevádzku tak, aby vyhovovala potrebám používateľa pri akceptovateľných investičných a prevádzkových nákladoch.

## **STN 33 2000-8-2: 2019-12 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 8-2: Elektrické inštalácie s kombinovanou výrobou/spotrebou elektrickej energie**

Táto norma rieši problematiku tých elektrických inštalácií, ktoré slúžia aj na lokálnu výrobu a/alebo skladovanie energie – s cieľom zabezpečiť kompatibilitu s existujúcimi a budúcimi spôsobmi dodávky elektrickej energie do zariadení alebo do verejnej siete prostredníctvom miestnych zdrojov. Takéto elektrické inštalácie sa označujú termínom *elektrické inštalácie s kombinovanou výrobou/spotrebou elektrickej energie*. Norma obsahuje opatrenia a odporúčania súvisiace s návrhom, montážou a overovaním takýchto elektrických inštalácií. Norma je určená nielen pre nové inštalácie, ale aj pre úpravy existujúcich zariadení.

*Poznámka: V decembri 2019 bola vydaná aj zmena A1 tejto normy, ktorá sa však týka len národných podmienok pre Rakúsko a Nórsko.*

### **Vysvetlenie základných pojmov používaných v norme**

**prosumer** (angl. *prosumer*): objekt/subjekt, prípadne zmluvná strana, ktorá môže byť súčasne spotrebiteľom aj výrobcom elektrickej energie.

*Poznámka: Anglický výraz prosumer je slovný novotvar, ktorý vznikol spojením slov producer (výrobca) a consumer (spotrebiteľ, odberateľ). V ekvivalentnej českej norme sa používa domáci český termín "samospotřebitel"*

**elektrická inštalácia s kombinovanou výrobou/spotrebou elektrickej energie; elektrická inštalácia prosumera, PEI** (angl. *prosumer's electrical installation*): elektrická inštalácia, ktorá je alebo nie je pripojená na verejnú distribučnú sieť a ktorá je schopná prevádzky:

- s lokálnymi zdrojmi energie *a/alebo*
- s lokálnymi akumulátorovými jednotkami

pričom monitoruje a riadi energiu z pripojených zdrojov pri jej dodávke do

- spotrebičov *a/alebo*
- lokálnych akumulátorových jednotiek *a/alebo*
- verejnej distribučnej siete

**inteligentná sieť** (angl. smart grid): elektrická silová sieť, ktorá využíva výmenu informácií, riadiace technológie, výpočty a pridružené snímače a ovládače, napríklad na

- koordináciu postupov vlastníkov sietí a ich partnerských subjektov,
- efektívnu dodávku udržateľnej, ekonomicky prijateľnej a bezpečnej elektrickej energie

**system manažmentu elektrickej energie, EEMS** (angl. electrical energy management system): systém zahŕňajúci rôzne zariadenia a prístroje v inštalácii s cieľom zabezpečiť manažment energie (*analogicky aj STN 33 2000-8-1*)

**prevádzkovateľ distribučnej siete, DSO** (angl. distribution system operator): zmluvná strana prevádzkujúca distribučnú sieť

**Ciele elektrickej inštalácie s kombinovanou výrobou/spotrebou elektrickej energie (PEI)**

Cieľom PEI je riešiť tieto oblasti prevádzky:

1. Pozícia koncových používateľov: Konceptia PEI rešpektuje ústrednú úlohu koncových používateľov, pričom zohľadňuje ich požiadavky na napájanie. Ak PEI je schopné akumulovať energiu, používateľ si môže uplatniť výhodnejšiu sadzbu pri odbere určenej na akumulovanie energie v čase, kedy je nižšia cena energie.
2. Aktívny systém manažmentu elektrickej energie (EEMS): Vďaka nemu koncový používateľ má možnosť neustále monitorovať a riadiť svoju vlastnú spotrebu a výrobu elektriny. Systém EEMS umožňuje optimalizovať lokálnu spotrebu, lokálnu výrobu resp. odber alebo dodávku do dodávateľskej distribučnej siete. Systém aktívneho manažmentu energie má umožniť komunikáciu a výmenu informácií s prevádzkovateľom distribučnej siete (DSO) na účely riadenia (napríklad prijímanie signálov od DSO, ak sa vyžaduje naliehavé zníženie spotreby elektriny).



3. **Obnoviteľné zdroje:** Využívanie obnoviteľnej energie má zásadnú dôležitosť pri znižovaní emisií CO<sub>2</sub>. Navyše, lokálne obnoviteľné zdroje energie (napríklad fotovoltické systémy či veterné turbíny) môžu plniť dôležitú úlohu tým, že môžu napájať lokálne spotrebiče v čase, kedy je to výhodné (napríklad počas denných špičiek spotreby elektriny).
4. **Akumulovanie energie:** Ak sa lokálne vyrobená elektrická energia akumuluje v lokálnych jednotkách (napríklad v batériových zostavách), môže sa využívať v čase, kedy je to žiaduce. Môže sa využiť napríklad na napájanie, vyhrievanie, chladenie či osvetlenie počas zníženej funkčnosti lokálnych zdrojov (napríklad solárny systém v noci, veterná turbína v stave bez vetra). Tým sa dá dosiahnuť aj zníženie závislosti od tradičnej dodávky energie od DSO.

### **Typy elektrickej inštalácie prosumera (PEI)**

Používajú sa tri typy PEI:

- **individuálna** – jedna elektrická inštalácia, ktorá má schopnosť spotrebovať aj vyrábať elektrickú energiu pomocou systému manažmentu elektrickej energie (EEMS),
- **kolektívna** – skupina prosumerov spolupracuje a navzájom koordinuje svoje ciele (napríklad skupina samostatných súkromných domov, bytov v budove či obchodov v obchodnom centre vytvorí spoločný napájací zdroj energie a spoločnú akumulačnú jednotku, pričom všetky elektrické inštalácie sú spotrebiteľmi),
- **spoločná** – individuálne prevádzky (napríklad rezidenčné nehnuteľnosti alebo komerčné centrá) môžu spojiť svoje záujmy na spoločné využívanie svojich zdrojov z vlastnej lokálnej výroby so svojimi susedmi. Každý vlastník budovy môže mať nainštalované vlastné zdroje obnoviteľnej energie a vlastné akumulačné jednotky, ktoré môžu napájať buď vlastnú elektrickú inštaláciu alebo skupinu súkromných elektrických inštalácií.

### **Režimy prevádzky elektrickej inštalácie prosumera (PEI)**

Sú to tieto prevádzkové režimy:

- režim priamej dodávky (prevádzkový režim, pri ktorom verejná sieť napája PEI),
- režim spätnej dodávky (prevádzkový režim, pri ktorom PEI napája verejnú sieť),
- režim ostrovnej prevádzky (prevádzkový režim, pri ktorom je PEI odpojená od verejnej distribučnej siete, spotreba sa hradí buď z lokálnych zdrojov alebo z lokálnej akumulačnej jednotky).

Tieto režimy prevádzky sa môžu realizovať v každom type PEI (individuálna, kolektívna alebo spoločná).

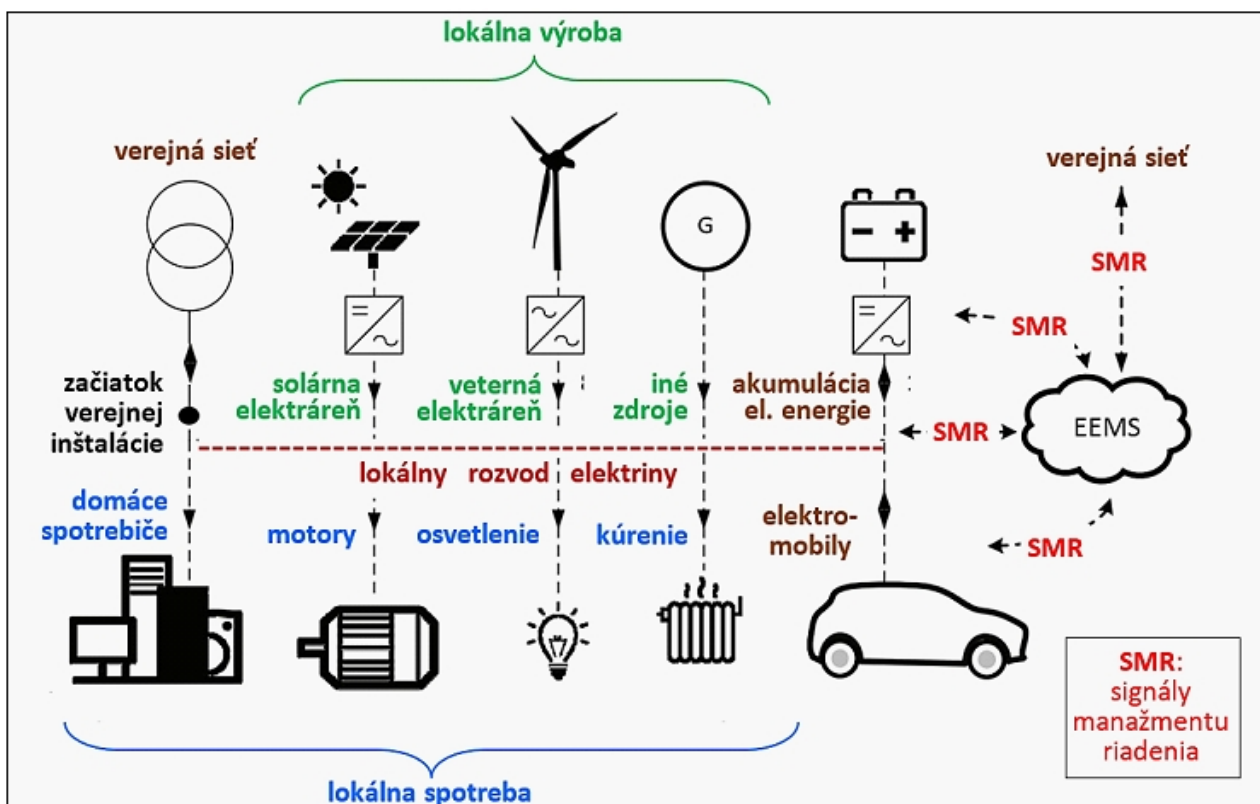
## System manažmentu elektrickej energie (EEMS)

EEMS monitoruje a riadi prevádzku všetkých zdrojov energie, akumulátorových jednotiek a prevádzku záťaží. Hlavné ciele EEMS sú:

- riadenie pripojenia PEI do inteligentnej siete,
- manažment lokálnej výroby elektrickej energie,
- manažment lokálnej spotreby elektrickej energie,
- manažment obstarávania energie od DSO.

## Príklady funkcií, realizované prostredníctvom EEMS

- manažment zdrojov energie a záťaží,
- manažment pripojenia viacerých zdrojov,
- regulácia záťaží (napríklad riadenie záťaží, využívanie záťaží mimo denných špičiek),
- obojsmerná výmena informácií s DSO,
- manažment záložných systémov,
- riadenie toku energie z alebo do akumulátorových jednotiek,
- monitorovanie kvality napätia.



Príklad elektrickej inštalácie s kombinovanou výrobou/spotrebou elektrickej energie

## **Technické náležitosti EEMS**

Pre každý prevádzkový režim sú stanovené konkrétne požiadavky na:

- ochranu pred zásahom elektrickým prúdom (vrátane požiadaviek na uzemňovaciu sústavu a neutrálny vodič, výber ochranných prístrojov, bezpečné odpojenie, prepínanie do ostrovnej prevádzky atď.),
- ochranu pred nadprúdom (vrátane selektivity ochranných prístrojov),
- výpadok verejnej distribučnej siete,
- ochranu pred prechodnými prepätiami,
- vzájomné pôsobenie s verejnou distribučnou sieťou,
- akumulovanie elektrickej energie,
- flexibilné využívanie záťaží a zdrojov,
- nabíjanie elektromobilov.

## **Vzájomné pôsobenie s verejnou distribučnou sieťou**

Menovitý výkon jednej PEI je obvykle dostatočne malý v porovnaní s menovitým výkonom nízkonapäťovej verejnej distribučnej siete nn, preto nemá citeľný vplyv na stabilitu verejných sietí.

Avšak veľký počet PEI pripojených do určitej verejnej siete by mohol spôsobiť nestabilitu tejto siete, čo by malo za následok odpojenie niektorých distribučných, prípadne prenosových vedení. PEI sa preto majú navrhnúť tak, aby ich dynamický vplyv na stabilitu verejných sietí bol obmedzený, alebo dokonca taký, aby vylepšovali dynamickú stabilitu verejných sietí.

## **Zhrnutie**

Cieľom normy STN 33 2000-8-2 je navrhnúť postupy, aby nízkonapäťová elektrická inštalácia bola optimálna a kompatibilná so súčasnými aj budúcimi spôsobmi bezpečnej a funkčnej dodávky elektrickej energie do spotrebičov buď z verejnej siete alebo z lokálnych zdrojov.