

Úvod -proč vzniklo fázové řízení, když už bylo spínání v nule:

Při standardní regulaci pomocí SSR „spínaných v nule“, kterou řadu let používá jak GreenBonO, tak i Wattrouter, je energetická rovnováha udržována uvnitř časového intervalu, trvajícího **několik půlperiod sinusovky**, kdy se mezi sítí a odběrným místem navzájem střídá **odběr činného výkonu s jeho dodávkou**. Tento způsob pomalé pulsní regulace výkonu je respektován čtyřkvadrantovými elektroměry s dostatečně malou četností impulsů /kWh (nejčastěji 500imp/kWh), které uvnitř intervalu (časového okna) mezi dvěma impulsy integrují tok energie s ohledem na znaménko (odběr a dodávka se vzájemně odečítají). V odběrných místech s licenci na FVE je tento 4Q elektroměr vždy, a proto tam regulace „spínáním v nule“ dosahuje očekávaných výsledků.

Dnes již však existují i elektroměry, které umí výsledný efekt regulace spínáním v nule výrazně eliminovat, nebo úplně zrušit. A po zkušenostech z minulých let (vzpomeňme na průběh nasazování elektroměrů měřících každou fázi zvlášť) je dobré tuto skutečnost nepodcenit a připravit se i na možnost, že by mohly být běžně nasazovány do odběrných míst s lokální výrobnou elektřiny. Blíže viz [přednáška doc. Drápely na konferenci ČEZu r.2015.](#), zejména závěry na str. 25.

Elektroměry měřící absolutní hodnotu: účtují odběr i dodávku tak, jako by se vždy jednalo o odběr. Tyto elektroměry odměří hodnotu činné energie **v každé půlperiodě** síťové sinusovky, udělají z ní absolutní hodnotu a přičtou jí k dosud nastrádané hodnotě. Pulsní regulaci popsané v předchozím odstavci tak nedávají šanci.

4Q elektroměry s vysokou četností imp/kWh dosahují podobného efektu tím, že citelně redukují časové okno použitelné pro vzájemný odečet dodávky a odběru.

Ani elektroměry však toto časové okno nemohou redukovat do nekonečna.

Nejkratší možný vyhodnocovací interval je pro každý elektroměr jedna půlperioda základní harmonické (50Hz); **v kratším intervalu již nelze** z naměřených hodnot **stanovit činnou a jalovou složku**. Proto minimálně v celé půlperiodě musí provádět numerickou integraci s respektováním znaménka. Pokud se bude odběr a dodávka stejné velikosti střídát uvnitř jediné půlperiody sinusovky, každý elektroměr naměří hodnotu činného výkonu blízkou nule (*). A právě to je důvod, proč byla funkce GreenBona již v r. 2013 rozšířena o schopnost fázového řízení SSR.

Popis:

Samotný regulátor GreenBonO zůstává beze změny, nový je jen firmware. Jedná se o alternativu k standardnímu provedení, zde je původní řízení SSR (spínáním v nule) nahrazeno fázovým řízením. To vyžaduje jiný typ **SSR (s okamžitým spínáním)** a doplnění sestavy o další „měď a železo“ (**odrušovací filtr, tlumivka k omezení di/dt**).

Příznivé vlastnosti:

1. **Dosažitelnost téměř (*) nulového činného výkonu**- i při fázovém řízení výkonu spotřebiče přebytků dochází k pravidelnému střídání přetoku s odběrem, zde ovšem uvnitř každé půlperiody sinusovky (10ms), takže výsledný průběh má charakter indukční jaloviny (s masivním obsahem vyšších harmonických). A kde **není činný výkon**, tam je také **žádný elektroměr** nenaměří.
2. **Absence flikru** - tato regulace ovlivňuje každou půlperiodu síťové sinusovky shodnou měrou (flikr, definovaný jako rozdíl velikosti amplitud dvou sousedních půlperiod síťového napětí zde nevzniká)

Nepříznivé vlastnosti:

1. **Zdroj vyšších harmonických** - fázové řízení generuje úplné spektrum vyšších harmonických;

je proto nezbytně nutné doplnit regulaci dobrým [odrušovacím filtrem](#). Tyto filtry ovšem účinně omezují až kmitočty řádu jednotek až desítek MHz. Na nižší spektrum filtry prakticky neexistují a lze je účinně omezit pouze omezením řízeného výkonu (**).

2. Nutnost použití tlumivky - sepnutí tyristoru nebo triacu při velkém napětí zákonitě vyvolá strmý nárůst proudu touto polovodičovou součástkou. Protože však proud uvnitř polovodiče v okamžiku zapnutí neteče okamžitě celou plochou polovodičového přechodu, ale začíná u řídicí elektrody a postupně se šíří do celé plochy, je třeba omezit strmost nárůstu proudu tlumivkou ($\geq 10 \mu\text{H}$), aby v okolí řídicí elektrody nedošlo k lokálnímu přehřátí polovodiče a jeho následnému zničení.

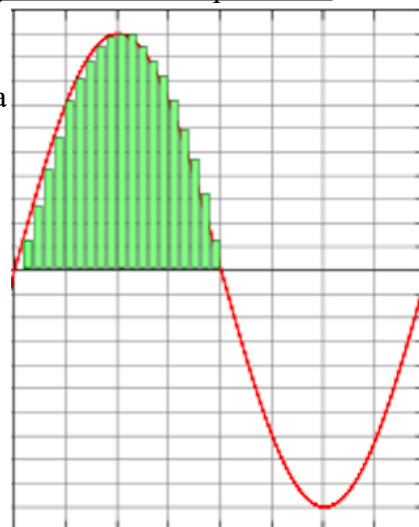
3. (*) Chyba měření i regulace se blíží 10% jmenovitého výkonu řízeného spotřebiče

GreenBonO vzorkuje analogové hodnoty s opakovací frekvencí 2,4 kHz.

V každé půlperiodě síťové sinusovky nabere 24 vzorků a výslednou hodnotu stanoví numerickou integrací obdélníkovou metodou (*jako sumu 24 obdélníkových segmentů viz. obr.*) Krok je tedy $7,5^\circ$ síťové sinusovky. Sepnutí SSR uvnitř tohoto intervalu není zachyceno okamžitě, ale až s nejbližším vzorkem -to je příčinou chyby měření.

Největší výkon je v okolí amplitudy (tam připadá na jediný segment skoro 10% výkonu celé půlperiody, segmenty směrem k oběma krajům sinusovky pak obsáhnou menší výkon a tím menší chybu.

(Pozn.: také elektroměry vzorkují a integrují, navíc obvykle měří pomocí převodníků sigma-delta, které sice měří velmi přesně, ale pouze pomalé průběhy, takže sinusovku 50Hz změří bezvadně, zato skokovou změnu proudu typickou pro fázové řízení řádně změřit ani nemohou. A chybu měření zde musíme chápat jako odchylku mezi hodnotou naměřenou v GreenBonu a hodnotou naměřenou ve fakturačním elektroměru...)



() Pozn.: Způsob omezení nepříznivých vlivů na síť**

Regulační odchylku způsobenou touto chybou měření lze (ale pouze s jednofázovým firmwarem) zredukovat na třetinu rozložením fázově regulovaného výkonu do tří malých spotřebičů řízených **kaskádou tří SSR**: v každém okamžiku reguluje jen jedno SSR, zatímco rozsah plynulé regulace je roven součtu všech tří regulovaných spotřebičů. Stejnou měrou se zredukuje velikosti vyšších harmonických i samotná jalovina, takže se nakonec ani nemusí příliš lišit od jaloviny způsobené oběhovým čerpadlem ústředního topení.

Firmware s fázovým řízením:

greenBono2xxx_phctrl_upg.hex - v jednofázovém provedení.

greenBono2xxx_3PI_phctrl_upg.hex - 3fázové provedení .