

Ing. Petr KOPECKÝ
EDDY System
Brno

Nízkoteplotní energetický úsporný systém vytápění budov

Motto: „Ekonomické úspory - energie budoucnosti“

Low-Heat Energy Saving System of Building Heating

Motto: “Economical savings – energy of tomorrow”

Recenzent
Dr. Ing. Petr Fischer

Autor se zabývá popisem nového nízkoteplotního systému EDDY a na příkladu ukazuje energetickou bilanci kombinovaného zdroje tepla s využitím kogenerační jednotky poháněné plynovým motorem a tepelného čerpadla.

Klíčová slova: vytápění, energetické úspory a soustavy, kogenerační jednotka

The author is engaged in the description of a new low-heat energy system EDDY and demonstrates energy balance of combined heat source utilizing the co-generation unit powered with a gas engine and a heat pump at an example.

Key words: heating, energy savings and systems, co-generation unit

Mluvíme-li o ekonomických úsporách energie, tak se současně dotýkáme problému její ceny. Je-li cena vstupní energie do systému relativně nízká, pak jakékoliv technické úspory energie jsou problematické, byť sebevíce ekologické, protože se ekonomicky – úsporou energie – nezaplatí.

Předmětem řešení je návrh a popis energeticky úsporného vytápění při současně technicky proveditelných ekonomických úsporách energie v nízkoteplotním systému vytápění budov.

POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Předpokládáme, že zdrojem tepla v systémech centrálního zásobování tepla (CZT) je nejčastěji plynová kotelná vyrábějící ekvitermě regulovanou otopnou vodu o teplotě 90/70 °C se systémem předávacích stanic s měřením tepla a s akumulační přípravou TV. Do jednotlivých bytů je TV rozváděna samostatným řadem s cirkulací pro zabezpečení pohotovosti odběru. Rozvod je spojen se značnými tepelnými ztrátami a pro více objektů vyžaduje pro rozúčtování tepla instalaci kalorimetru na patě každého objektu. Způsob přípravy TV je charakteristický tím, že se jedná o přípravu TV pro skupinu odběrů, která musí být vybavena cirkulací pro zajištění připravenosti odběru a akumulací pro pokrytí špičkového odběru. TV musí splňovat parametry pitné vody až na teplotu. Cirkulací TV dochází v cirkulačním rozvodu k vylučování kotelního kamene a k zanášení potrubí. Dávkování chemikálií do rozvodů TV je z hygienického hlediska nepřijatelné.

Při centrální výrobě TV dochází až k takovým paradoxům, že pro zabezpečení cirkulačního průtoku je spotřebováno i několikanásobné množství tepla, nutného pro vlastní výrobu TV. Měření spotřeby TV je zatíženo touto ztrátou. Velkým problémem takto připravované TV s akumulací je možnost kontaminace vody bakterií *Legionella pneumophila*. Nízkoteplotní energeticky úsporný systém vytápění budov odstraní nevýhody a ušetří až polovinu vynakládaného tepla a zajistí výrobu hygienicky nezávadné vody.

CELKOVÝ POPIS NÍZKOTEPLNÍHO SYSTÉMU EDDY

Nízkoteplotní energeticky úsporný systém vytápění budov (dále jen EDDY System) je založen na myšlence, že regulace jednou vyrobeného tepla je obtížná, spojená s poměrně velkými tepelnými ztrátami. Budeme-li ale vyrábět pouze nezbytné, ekvitermně regulované teplo pro temperování místností jednotlivých objektů a doplňkové teplo pro zajištění individuální tepelné pohody s optimálními regulačními vlastnostmi, celkovou spotřebu tepla snížíme na minimum.

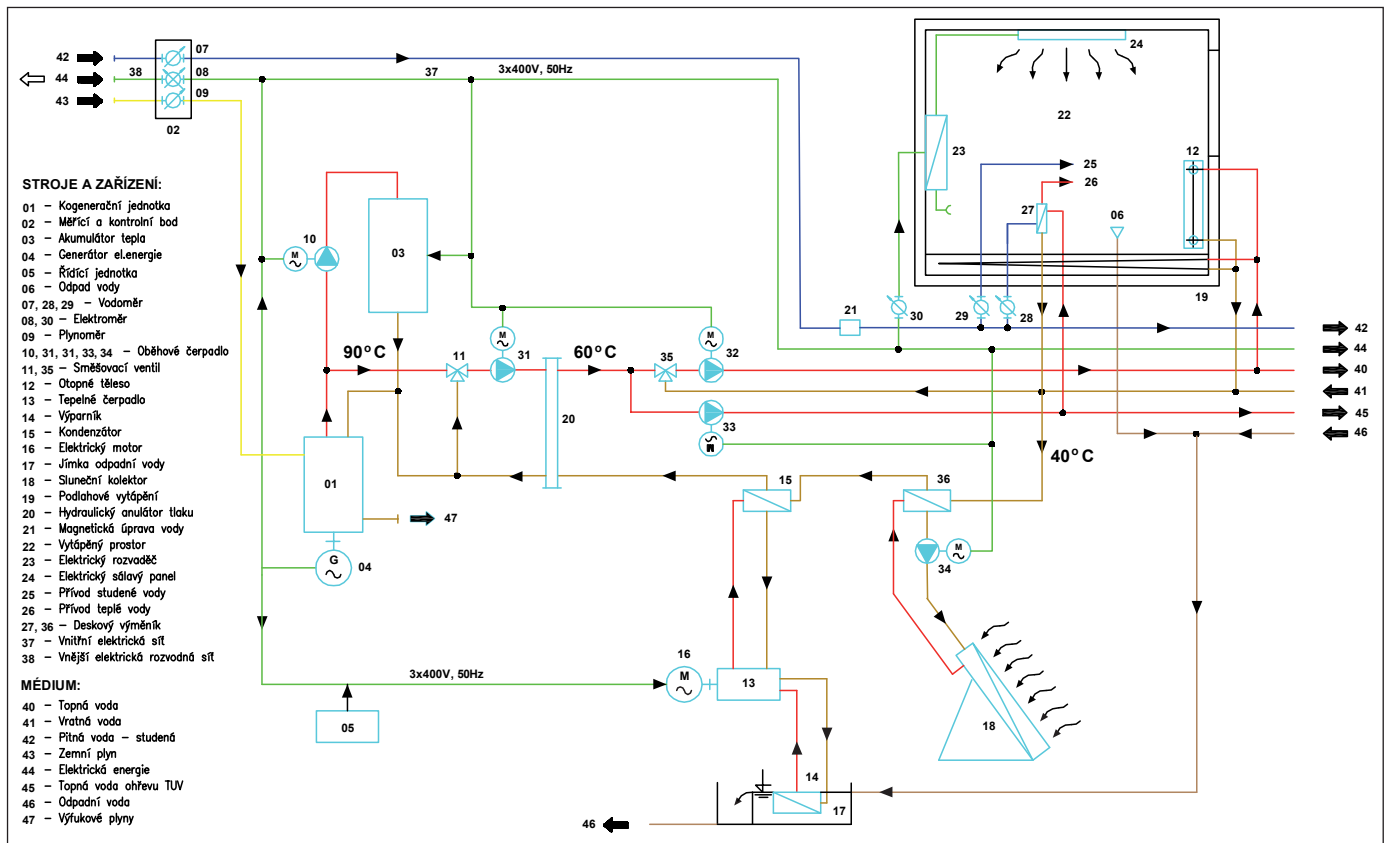
Této myšlence nejlépe vyhovuje dělená otopná soustava využívající současně dva druhy energie teplo a elektřinu a zdrojem obou energií je kogenerační jednotka, tj. energetické zařízení (motor-generátor) do kterého je na vstup přiváděn zemní plyn, který je spalován a na výstupu je odebíráno teplo a elektřina.

Dělená otopná soustava je charakteristická tím, že celková tepelná ztráta vytápěného prostoru je kryta dvěma na sobě nezávislými otopnými soustavami:

- **základní** - nízkoteplotní s výstupní teplotou otopné vody do 60 °C regulovaná ekvitermě směšovací ventilom dle venkovní teploty ve zdroji, která zajišťuje základní tepelnou potřebu pro temperování místností jednotlivých objektů (bytů) na cca 15 až 18 °C pokrývající podstatnou část tepelné ztráty 60 až 70 %. Vytápěno je buď stávajícím otopným tělesem, nebo u nově budovaných objektů podlahovou otopnou plochou. Rozúčtování spotřeby nízkoteplotního tepla se děje rovnoměrně podle plochy vytápěných místností. Základní energie je současně využíváno i pro ohřev TV přes bytový deskový výměník.
- **doplňková** - elektrické teplo zajišťované z vnitřní el. sítě a pokrývající zbytek tepelné ztráty a pružně reagující na okamžitý požadavek tepla. Je vybaveno veškerým komfortem regulace každé místnosti dle okamžité potřeby tepla. Zajišťuje požadovanou tepelnou pohodu individuálně elektrickým sálavým nebo konvekčním otopným tělesem. Na vnitřní elektrickou síť jsou připojeny všechna elektrozařízení jak zdroje elektrické energie - kogenerační jednotka, tak elektrické spotřebiče - přímotopné elektrické spotřebiče doplňkové soustavy, motory tepelných čerpadel a teplovodních oběhových čerpadel. Celková spotřeba elektrické energie jednotlivých bytů se měří bytovým elektroměrem. Vnitřní elektrická síť s vnější rozvodnou elektrickou sítí je propojena přes měřicí a kontrolní (fakturační) bod.

Individuální příprava TV v místě spotřeby

Individuální způsob přípravy TV v místě spotřeby (bytového odběru) deskovým výměníkem napájeným z rozvodu otopné vody. Sekundární strana výměníku s výstupem TV je provedena měděným potrubím s minimálními délkami bez akumulace. Uvedeným způsobem přípravy TV v místě spotřeby dochází k odstranění obou nedostatků klasického způsobu přípravy TV. Oddělením primárního okruhu od sekundárního je možno zamezit narůstání kotelního kamene v potrubním systému a tím zabezpečit pohotovost i u nejvdálenějších odběrů TV. Bude-li požadován vyšší tepelný příkon než je možno okamžitě získat z primárního okruhu deskovým výměníkem, je možno do série zapojit průtokový elektrický ohřev, který bude měřen bytovým elektroměrem. Minimalizací sekundárních rozvodů TV snížíme riziko kontaminace vody bakterií *Legionella pneumophila* na minimum.



Obr. 1 EDDY System - Technologické schéma

Měření spotřeby TV je odvozeno od spotřeby studené vody na sekundární straně vynásobené koeficientem spotřeby tepla, který je stanoven kalorimetrickým měřením.

Využití tepla odpadních vod

Nejvýznamnějším znakem energetického EDDY systému je snížení nutného celkového provozního výkonu až na 1/2 původního tepelného výkonu klasické plynové kotelny při plném zatížení. Využití tepla odpadních vod tepelným čerpadlem v systému nízkoteplotního vytápění s kogeneračním zdrojem tepla a elektřiny dochází k funkčnímu propojení kogenerační jednotky a tepelného čerpadla tím, že elektrická popřípadě tepelná energie vyrobená v kogenerační jednotce je využita k pohonu tepelného čerpadla, odčerpávající tepla odpadních vod. Tím dochází k součtu tepelných zisků obou zařízení a podstatnému zvýšení celkové tepelné účinnosti. Tato úvaha platí při maximálním využití odpadního tepla tepelným čerpadlem v uvažovaném uzavřeném energetickém systému, při minimalizaci jmenovitého elektrického příkonu kombinovaného zdroje. Toto je podstatou návrhu EDDY Systému – **minimalizace elektrického příkonu při max. využití odpadního tepla**. Snížení provozního výkonu ilustruje příklad v kapitole: „Kombinovaný zdroj tepla a stanovení jeho výkonu.“

Napojení doplňkových zdrojů do EDDY systému

Do vratné větve otopné vody o teplotě cca 40 °C je možno s maximální účinností napojit sluneční kolektor. Jeho instalace podléhá požadavku ekonomického využití.

***Poznámka:** Bude-li instalován tzv. hybridní sluneční kolektor, vyrábějící současně elektřinu a teplo (kogenerační sluneční kolektor s poměrovým koeficientem k_e), potom můžeme mluvit v pravém slova smyslu o kogenerační jednotce (KJ) a veškeré závěry vztahující se v tomto textu ke KJ jsou platné i pro tento kogenerační sluneční kolektor.*

Měření, regulace a provoz energetického systému EDDY

Srdcem celého energetického systému EDDY je automatická řídicí jednotka pro sběr dat, komunikaci s energetickými moduly a průběžné vyhodnocování naměřených údajů tak, aby byla zajištěna nejvyšší

ekonomie provozu. Rozhodujícím údajem o spotřebě energií jsou **fakturační měřidla vody, elektřiny a plynu v kontrolním a měřicím bodě**, kde je realizováno připojení na vnější energetické sítě. Údaje bytových měřidel studené a teplé vody a elektřiny, slouží jako doplňková poměrová měření. Rozúčtování spotřeby nízkoteplotního tepla se děje rovnoměrně podle plochy vytápěných místností.

KOMBINOVANÝ ZDROJ TEPLA A STANOVENÍ JEHO VÝKONU

Kombinovaným zdrojem tepla v dále uváděném významu je nutno rozumět funkčnímu propojení kogenerační jednotky (dále jen KJ) a tepelného čerpadla (dále jen TČ) za účelem minimalizace spotřeby primární energie, nižších provozních nákladů oproti klasickým zdrojům tepla jako je plynový kotol. Snížení primárního výkonu je docíleno funkčním propojením KJ a TČ, umožňující návrat odpadního tepla a zejména TV zpět do energetického systému (popřípadě využití tepelných zisků TČ z okolního prostředí).

Pro zajištění požadovaného tepelného výkonu kombinací KJ a TČ využívající tepelných zisků obou strojů vycházíme z rovnice:

$$P_c = P_{KJ} + P_{TČ} [kW]$$

kde P_{KJ} je celkový výkon KJ a dále přibližně platí

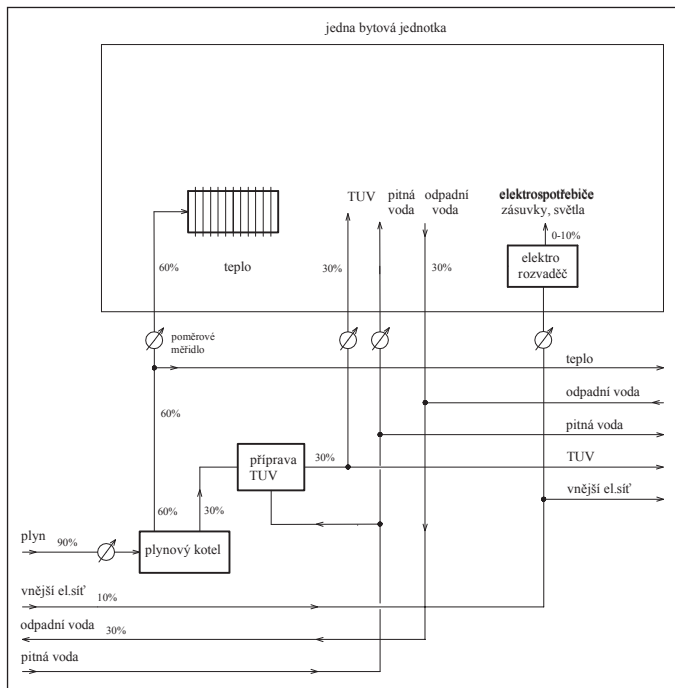
$$P_{KJ} = P_{eKJ} + P_{tKJ} = P_{eKJ} + k_e \cdot P_{eKJ} = (k_e + 1) P_{eKJ}$$

Poměrový koeficient

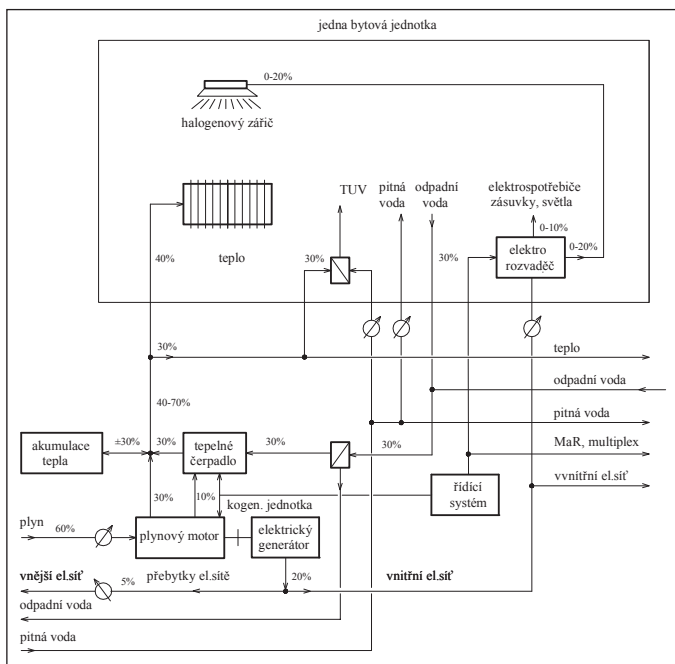
$$k_e = P_{tKJ} / P_{eKJ}$$

kde P_{eKJ} je elektrický výkon KJ a P_{tKJ} je tepelný výkon KJ.

$$P_{tKJ} = k_e \cdot P_{eKJ}$$



Obr. 2 Procentuální rozdělení výkonů - stávající stav



Obr. 3 Procentuální rozdělení výkonu - EDDY System

Pro klasickou KJ má poměrový koeficient k_e přibližně hodnotu $k_e = 2$. Celkový tepelný výkon TČ je

$$P_{TČ} = k_t \cdot P_{eTČ}$$

kde $P_{eTČ}$ je elektrický příkon TČ, k_t je topný faktor, který vyjadřuje tepelný zisk TC jako k_t násobek jeho příkonu. Běžná hodnota topného faktoru při teplotním rozdílu vstupní a výstupní teploty vody $\Delta t = 45^\circ\text{C}$ má hodnotu $k_t = 2,5$ až $3,0$ při teplotě odpadní vody cca 20 až 25°C (odpadní vody z koupelen a kuchyně) a výstupní teplotě kondenzátoru 45°C bude rozdíl teplot $\Delta t = 20^\circ\text{C}$. Při tak malém rozdílu teplot je možno uvažovat až s dvojnásobným topným faktorem oproti běžnému způsobu provozu TČ, tedy s max. topným faktorem $k_t = 6,0$. S dostatečnou rezervou dále uvažujeme s hodnotou topného faktoru $k_t = 4,0$, takže platí:

$$P_{TČ} = k_t \cdot P_{eTČ} = 4 P_{eTČ}$$

V případě, že celý příkon TČ - $P_{eTČ}$ bude pokryt el. výkonem KJ - P_{eKJ} , tj. $P_{eTČ} = P_{eKJ}$, potom pro optimální velikost KJ danou $P_{KJ} = 2P_{eKJ}$ vzhledem k celkovému požadovanému výkonu kotelny P_c :

$$P_c = P_{tKJ} + P_{TČ} = (k_e + k_t) P_{eKJ} = 6 P_{eKJ} \text{ [kW]}$$

Snížení provozního výkonu ilustruje následující příklad.

Uvažujme tepelný výkon plynové kotelny 100 kW. Elektrický výkon KJ a TC získáme z předchozí rovnice:

$$P_{eKJ} = P_c / 6 = 100 / 6 = 16,7 \text{ kW}$$

Je-li zdrojem tepla kombinace KJ a TČ, pak bude možno provozovat pouze jednotky o elektrickém výkonu $P_e = 16,7$ kW. Celkový požadovaný výkon kotelny 100 kW využívající kombinovaného zdroje je dán pouze výkonem KJ, tj.:

$$P_{KJ} = P_{tKJ} + P_{eKJ} = 3 P_{eKJ} = 3 \cdot 16,7 = 50 \text{ kW}$$

Jinými slovy: při společném provozování kogenerační jednotky (KJ) a tepelného čerpadla (TČ) (kombinovaný zdroj) tak, že elektrický výkon KJ je využit na pohon TČ, potom pro zajištění požadovaného tepelného výkonu plynové kotelny 100 kW, bude tento výkon zajištěn pouze celkovým výkonem kombinovaného zdroje, tj. výkonem KJ tedy $P_{KJ} = 50$ kW. Při využití TČ na absorpčním principu s topným faktorem $k_t = 1,7$, které využívá ke svému pohonu tepla z KJ, získáme kombinovaný zdroj s elektrickým výkonem kogenerační jednotky $P_{eKJ} = 16,7$ kW a s celkovým tepelným výkonem:

$$P_{TC} = P_{tKJ} + P_{TČ} = (k_e + k_t) P_{eKJ} = 3,7 \cdot 16,7 = 61,8 \text{ kW}$$

při stejném výkonu KJ $P_{KJ} = 50$ kW získáme celkový energetický výkon zdroje:

$$P_c = P_{TC} + P_{eKJ} = 61,8 + 16,7 = 78,5 \text{ kW}$$

Z uvedeného je zřejmé, že tato úvaha platí při maximálním využití odpadního tepla TČ v uvažovaném uzavřeném energetickém systému při minimalizaci jmenovitého elektrického výkonu kombinovaného zdroje. Využívání kombinovaného zdroje je předmětem čs. patentu č. 288097, který popisuje energetický nízkoteplotní systém vytápění budov - **EDDY Systém**. Podstatnou vlastností tohoto systému je - **minimalizace instalovaného elektrického výkonu při maximálním využití odpadního tepla** s přímým důsledkem **ekonomické úspory energií** (tzn., že investiční náklady na energetické úspory jsou v ekonomicky reálném čase zaplacený těmito provozními úsporami energií).

ZÁVĚR

EDDY Systém obsahuje (mimo jiné) řídicí jednotku zajišťující optimálního využití TČ s ohledem na útlum energetických špiček v uvažovaném energetickém nízkoteplotním systému vytápění budov. K tomu slouží na straně zdroje tepla - vysokoteplotní akumulátor a na straně odpadní TV - tepelně izolované kanalizační sběrné jímky jako akumulátor nízkopotencionálního tepla. Za cenu **vyšších, avšak ekonomicky návratných počátečních investičních nákladů** (ve srovnání s dnešním stavem), získáváme moderní vytápěcí systém, zajišťující individuální tepelnou pohodu v jednotlivých místnostech i v panelovém domě, hygienicky nezávadnou TV a ekonomické úspory energie promítající se do relativně stálých provozních nákladů po celou dobu životnosti zařízení. Předpokládána doba návratnosti do 10 let, dle zvolené strategie provozu KJ.

Kontakt na autora: eddy@atlas.cz