

RIADIACE SYSTÉMY KOGENERAČNÝCH JEDNOTIEK

Jozef ŠURIANSKY - Jozef ŠURIANSKY ml - Jozef PUSKAJLER

Katedra Informatiky a automatizačnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita Zvolen, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: surian@vsld.tuzvo.sk

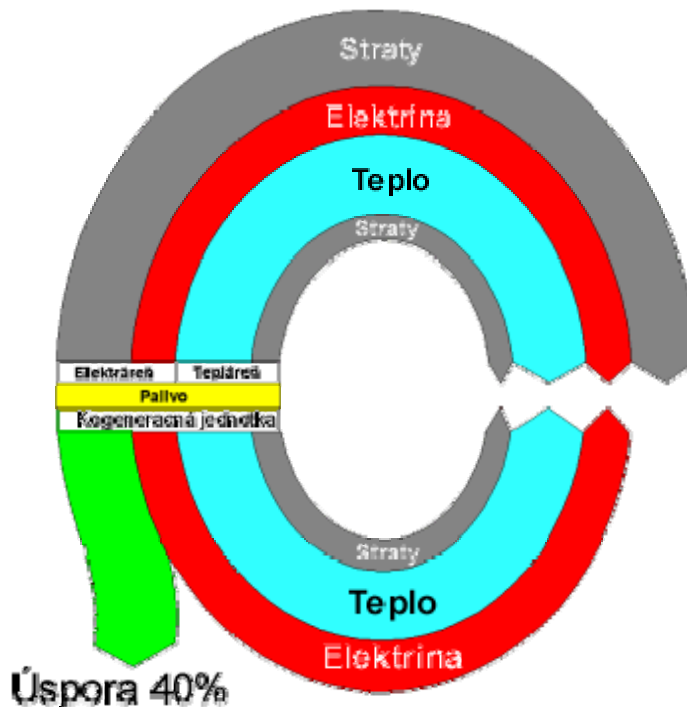
ABSTRACT:

In this article the main parts of cogeneration unit control system are described. Article is aimed on electric power measurement with electricity protection as with temperature system regulation. In conclusion of the article, the control algorithm with perspective of trigeneration solve is indicated.

Key words: Cogeneration units, regulation system, trigeneration

ÚVOD

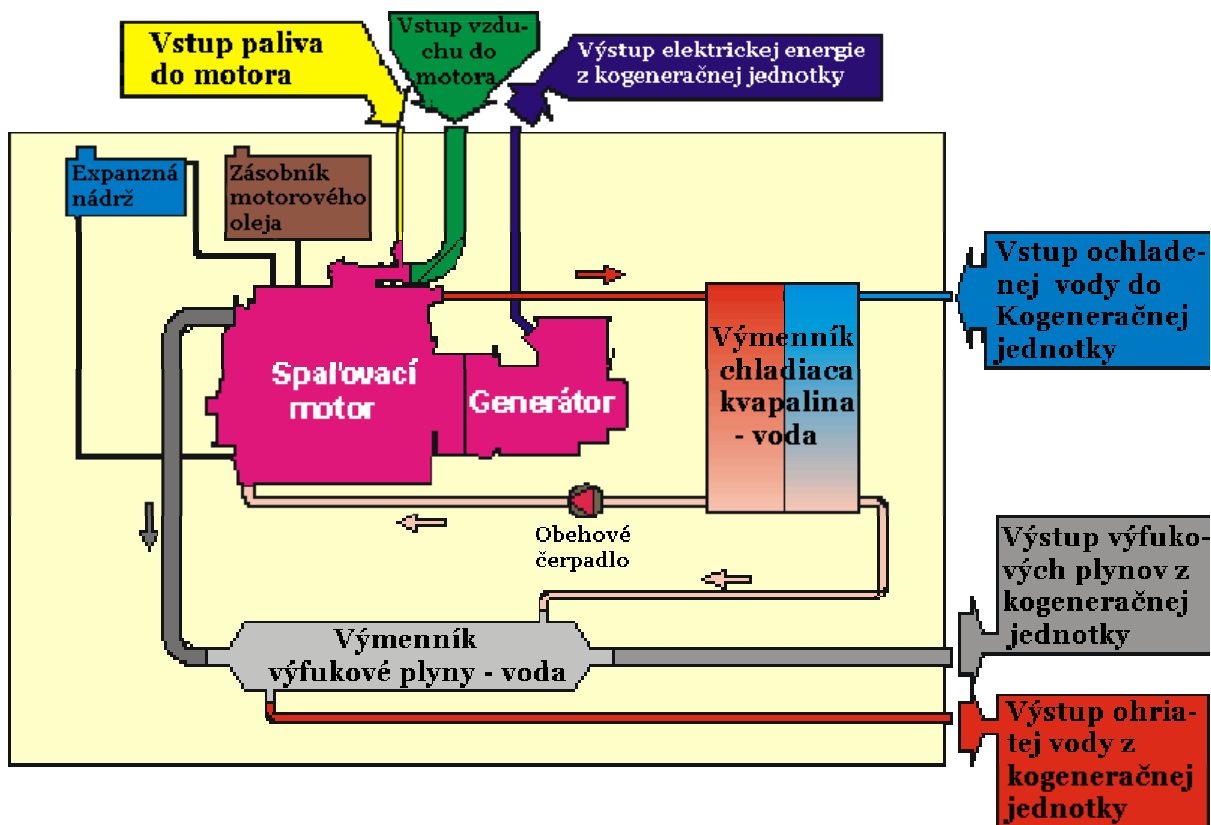
V súčasnosti už je princíp kogenerácie, jeho výhody a ekonomická opodstatnenosť v odbornej verejnosti dostatočne známa. Veľké množstvo firiem prijalo kogeneráciu ako súčasť svojho uvažovania už vo fáze prípravy projektov energetických zdrojov. Rozšírenie kogenerácie na úroveň vyspelých krajín Európskej únie bránia hlavne ekonomické prekážky a nedostatok investičného kapitálu. Základná výhoda kogenerácie spočíva v technologickom postupe, ktorý umožňuje súčasnú výrobu tepla a elektrickej energie v jednom zariadení. To umožňuje dosiahnuť až 40 % úsporu vstupného paliva a teda získať aj elektrickú energiu aj teplo podstatne lacnejšie. Podrobnejšie to znázorňuje obr. 1. Horná polovica obrázka zobrazuje využiteľnosť paliva pri oddelenej výrobe, dolná pri združenej. [1]



Obr. 1 Využitelnosť paliva pri samostatnej a združenej výrobe energie

Pri výrobe elektriny a tepla v malom rozsahu je možno takmer celé zariadenie umiestniť do kompaktného kontajnera, ktorý je dopravovaný a osadzovaný ako celok. K súčasnej výrobe tepla a elektriny menšieho rozsahu v kogeneračných jednotkách sa najčastejšie používajú plynové motory alebo spaľovacie turbíny prevažne na zemný plyn. Okrem zemného plynu využívajú jednotky tiež odpadný plyn z čistiacich staníc odpadových vôd, skládok odpadov a v biostaniciach. Častý prípad využitia je aplikácia kogeneračných jednotiek ktoré spaľujú bioplyn ako výstupný produkt biologického rozkladu živočíšnych odpadov.

Základné časti a toky energie v kogeneračnej jednotke sú zobrazené na obr. 2



Obr. 2 Základné časti a toky energie v kogeneračnej jednotke

Technické riešenie riadiacej jednotky vychádza z požiadaviek aplikácie špecializovaného riadiaceho systému.

Vo všeobecnosti môžeme definovať nasledovné požiadavky na riadiacu jednotku:

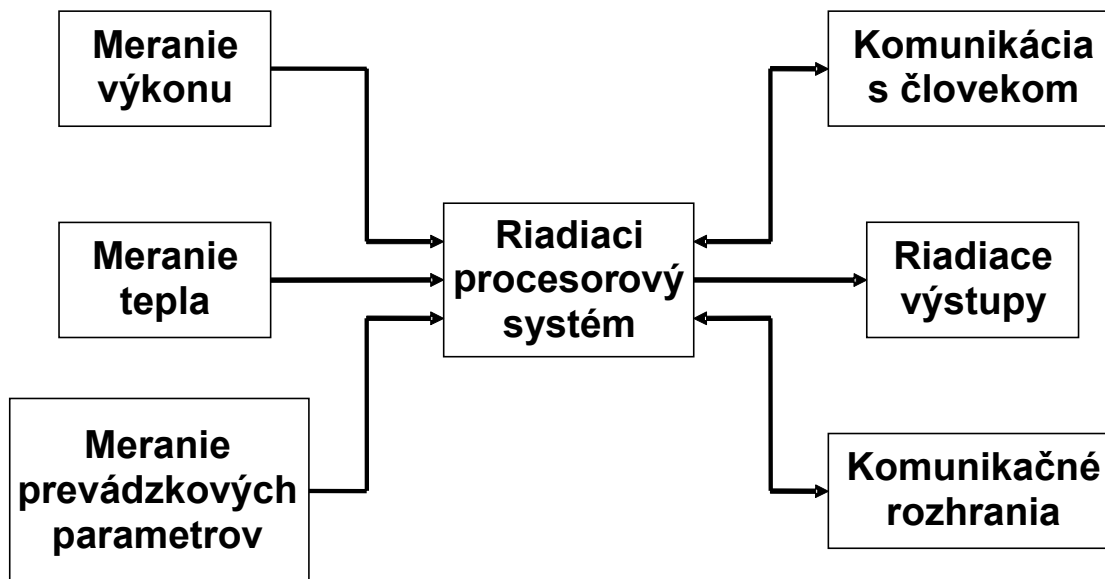
Riadiaca jednotka musí svojim pôsobením na riadený objekt v prvom rade zabezpečiť efektívny bezpečný a spoľahlivý chod celého zariadenia.

Riadiaca jednotka musí predikovať vznik nebezpečných stavov a predchádzať im ešte pred ich vznikom.

Riadiaca jednotka musí byť schopná v prípade havárie alebo nepredvídateľnej situácie uviesť celé zariadenie do bezpečného stavu tak, aby dopad na zariadenie, obsluhu a okolité prostredie bol minimálny.

Štruktúra riadiacej jednotky

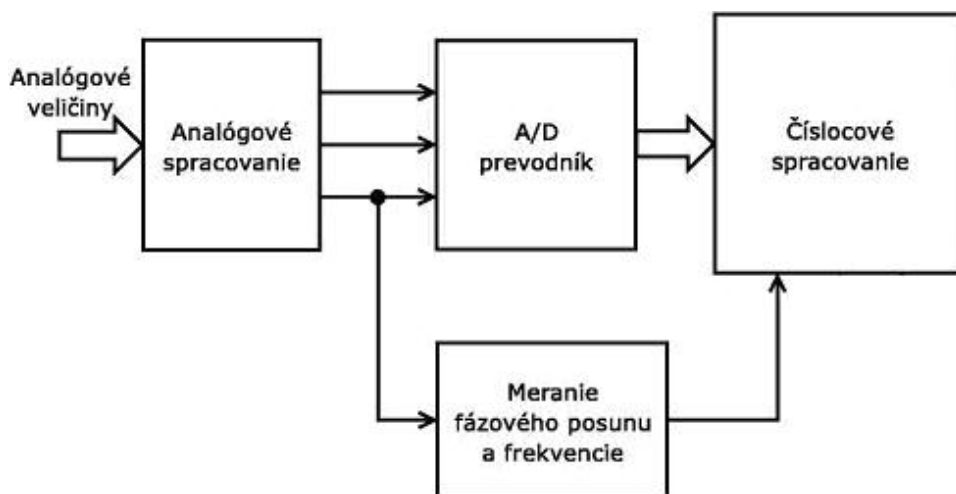
Štruktúra špecializovaného procesorového systému býva navrhnutá s dôrazom na efektívnosť prevádzky, na vysokú spoľahlivosť a ekonomickú výhodnosť. Blokovaná štruktúra riadiacej jednotky je na obr. 3.



Obr. 3 Blokovaná štruktúra riadiacej jednotky

Meranie elektrického výkonu

Efektívne riadenie kogeneračnej jednotky je možné realizovať na základe merania činného elektrického výkonu dodávaného generátorom. Princíp elektronického merania výkonu je na obr. 4.



Obr. 4 Blokovaná schéma merania výkonu

Realizácia danej štruktúry merania elektrického výkonu predpokladá vysokú výpočtovú náročnosť, najmä čo sa týka prepočtov v pohyblivej rádovej čiarkke. Tieto výpočty by potom zaberali veľa strojového času riadiaceho procesora, a tým znemožňovali v reálnom čase riadiť celý systém kogeneračnej jednotky. Riešením tohto problému sú dve možnosti, a to buď konštrukcia analógovej

násobičky alebo použitie funkčného bloku pre meranie elektrickej energie. Príkladom je prevodník činného výkonu P3S od firmy RAWET.

Prevodník prevádza činný výkon meraného striedavého signálu na unifikovaný jednosmerný napätový signál. Na vstupe prevodníka sú najčastejšie meracie prúdové transformátory a napätové deliče. Prispôbujú úroveň vstupných signálov pre spracovanie v analógovej násobičke. Výstupný signál úmerný okamžitému výkonu na vstupe je po filtrácii a galvanickom oddelení privedený na výstupný zosilňovač. Výstupný zosilňovač generuje jednosmerný napätový signál vhodný na ďalšie spracovanie v riadiacom systéme.

Vstupný i výstupný obvod je chránený proti preťaženiu. Prevodník spracúva široký rozsah frekvencií a je možné ho použiť aj v prípade skreslených priebehov vstupného signálu.

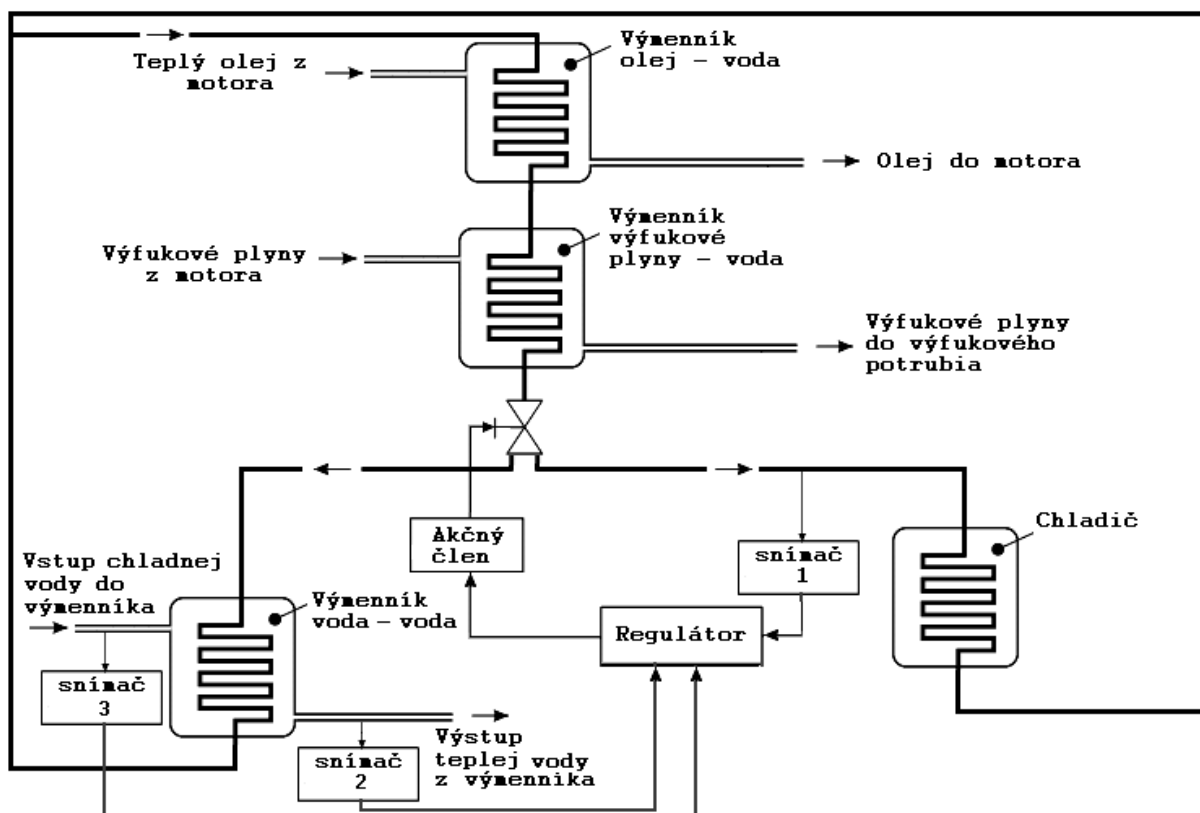
Meranie tepla

Druhou energiou, ktorú produkuje kogeneračná jednotka je energia tepelná, ktorá vzniká predovšetkým v spaľovacom motore. Hodnotu vyprodukovaného tepla je možné určiť na základe vzorca 1:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

1

Kde c je merná tepelná kapacita, Δt je rozdiel teplôt pred a za výmenníkom a m je hmotnosť vody pretekajúcej tepelným obehom. Teplota sa meria odporovými teplomermi. Hmotnosť vody sa dá vypočítať z objemového prietoku pretekajúcej kvapaliny za čas a z jej hustoty. Schéma tepelnej sústavy je na obr. 5.



Obr. 5 Schéma tepelnej sústavy kogeneračnej jednotky

Celá tepelná sústava je podriadená efektívnosti práce kogeneračnej jednotky. Regulátor musí zohľadňovať v prvom rade správnu teplotu spaľovacieho motora. Tá musí po štarte najprv vystúpiť na optimálnu prevádzkovú hodnotu, až potom je možné spustiť vonkajší okruh. Chladiace médium

z tohto okruhu je možné využiť napr. na ohrev teplej úžitkovej vody, prípadne na vykurovanie. Po zohriatí motora na optimálnu prevádzkovú teplotu má regulátor za úlohu dodávať do vonkajšieho okruhu tepelné médium s definovanou teplotou. Celkové dodané teplo vypočítava riadiaci systém podľa vzťahu 1. Rozdiel teplôt sa meria na snímačoch č.2 a č.3. V prípade nevyužívania celého množstva generovaného tepla je súčasťou kogeneračnej jednotky aktívny bezpečnostný chladič. Na tomto sú pripojené dva elektrické ventilátory na odvedenie prebytočného tepla do ovzdušia.

Ochranné obvody generátora

Ako možno vidieť z blokovej schémy na obr. 6. celý systém pozostáva z troch hlavných častí:

Meranie napätí (analogové vstupy).

Riadiaci procesorový systém.

Komunikačné výstupy.



Obr. 6 Bloková štruktúra obvodov sieťovej ochrany

Vektorová ochrana

Základným princípom ochrany generátora je vektorová ochrana, ktorá chráni generátory ako zdroje energie v paralelnom režime veľmi rýchlym odpojením v prípade poruchy siete. Automatické opätovné zapnutie (OZ) je veľmi nebezpečné ako pre synchronne, tak i pre asynchronne generátory. Asynchronný generátor sa správa po výpadku siete prvých niekoľko 100 ms podobne ako synchronný. Sieťové napätie, vracajúce sa po 300 ms (minimálny čas trvania OZ) môže zastihnúť generátor mimo synchronného stavu. Rovnako veľmi rýchle odpojenie je nutné v prípade krátkodobých porúch siete.[5]

Existujú dva typy aplikácií vektorových ochrán.

Iba paralelný beh bez ostrovného režimu,

- v tejto aplikácii vektorová ochrana chráni generátor odopnutím ističa generátora v prípade poruchy siete.

Paralelný ostrovný beh,

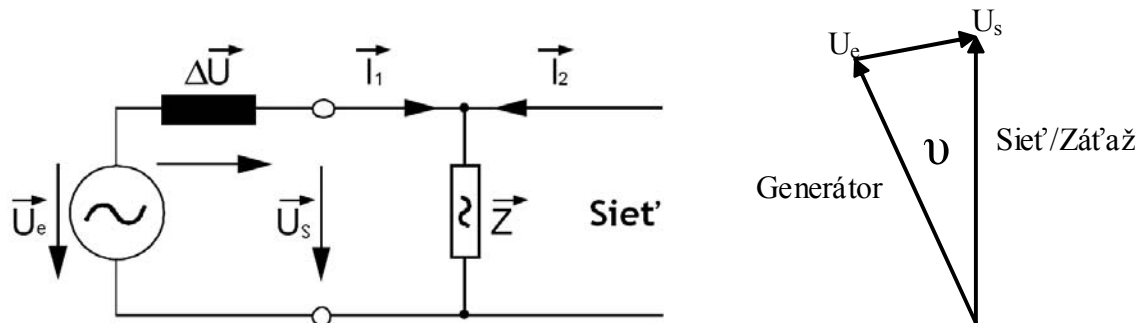
- pre túto aplikáciu vektorová ochrana odopína istič siete. Týmto je zaistené, že generátor nie je blokovaný pre požiadavku na ostrovnú prevádzku ako záložný zdroj.

Veľmi rýchle odpojenie generátora v prípade porúch siete pri použití synchronných generátorov je skutočne obtiažne. Napäťová ochrana nemôže byť použitá, pretože napätie generátora klesne pod nastavenú hodnotu až za niekoľko stoviek ms, a preto nie je možné spoľahlivo zabrániť samovoľnému opätovnému zapnutiu siete iba s použitím napäťovej ochrany. Taktiež frekvenčná ochrana nemusí vždy zaistiť spoľahlivé odopnutie generátora od siete, pretože dokonca plné preťaženie generátora znižuje rýchlosť po zhruba 100 ms.[5]

Blok sieťovej ochrany zaznamená chyby siete v priebehu 30 ms. Celkový čas odpojenia nedosahuje ani 100 ms. Požiadavka na odpojenie generátora od siete nastane v prípade zmeny výkonu o viac než 10-15 %. Pomalé zmeny frekvencie, ako napr. zásahy regulátora, nespôsobujú aktivovanie ochrany. Skraty v sieti môžu taktiež spôsobiť aktivovanie ochrany, pretože môže byť zameraný väčší skok vektoru napätia než je nastavená hranica. Veľkosť vektorového skoku je závislá od vzdialenosti od generátora. Táto funkcia ponúka výhodu, že odpojením generátora sa znižuje energia napájajúca skrat v sieti.[5]

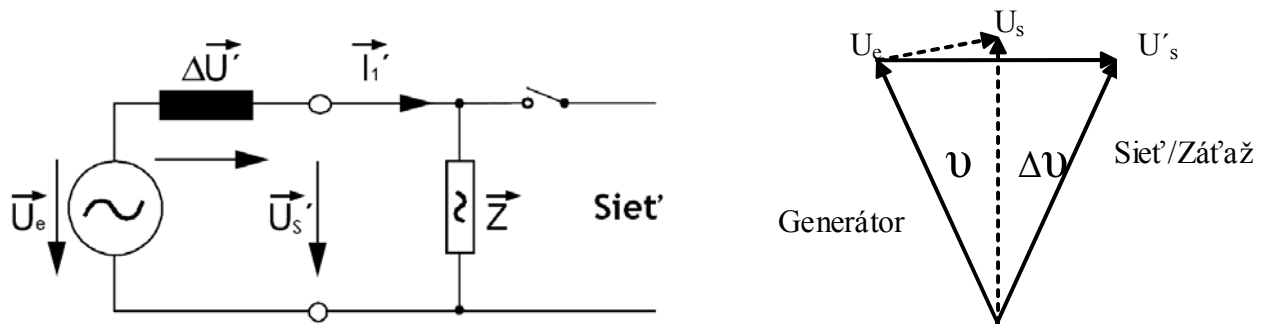
Princíp merania vektorového skoku

Pri zaťažení generátora je sklzový uhol ν medzi svorkovým napätím (napätie siete) U_s a synchronnou elektromotorickou silou U_e . Tento rozdiel si označíme ΔU . Sklzový uhol ν medzi statorom a rotorom je závislý na mechanickom krútiacom momente hriadeľa generátora. Mechanický výkon na hriadeľi je v rovnováhe s elektrickým výkonom dodávaným do siete.[5]

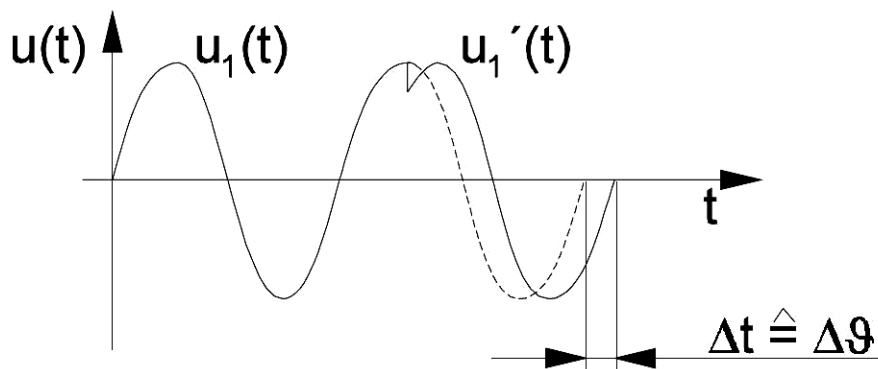


Obr. 7 Stav napätí v paralelnom režime

V prípade vzdialeného výpadku siete generátor náhle napája veľkú záťaž. Sklzový uhol rotora sa skokovo zmení a vektor napätí U_s zmení svoj smer na U'_s . Ako ukazuje časový diagram napätí zmení svoju hodnotu – zmení sa jeho fáza. Tento jav sa nazýva fázový alebo vektorový skok. Blok sieťovej ochrany neustále meria periódu napätia v každej fáze. Perióda je porovnávaná s tabuľkou referenčných časov. V prípade vektorového skoku (viď. obr.7) prechod nulou je oneskorený a blok sieťovej ochrany okamžite aktivuje výstup.[5]



Obr. 7 Stav napätí pri poruche v sieti



Obr. 8 Princíp merania vektorového skoku

Programové vybavenie

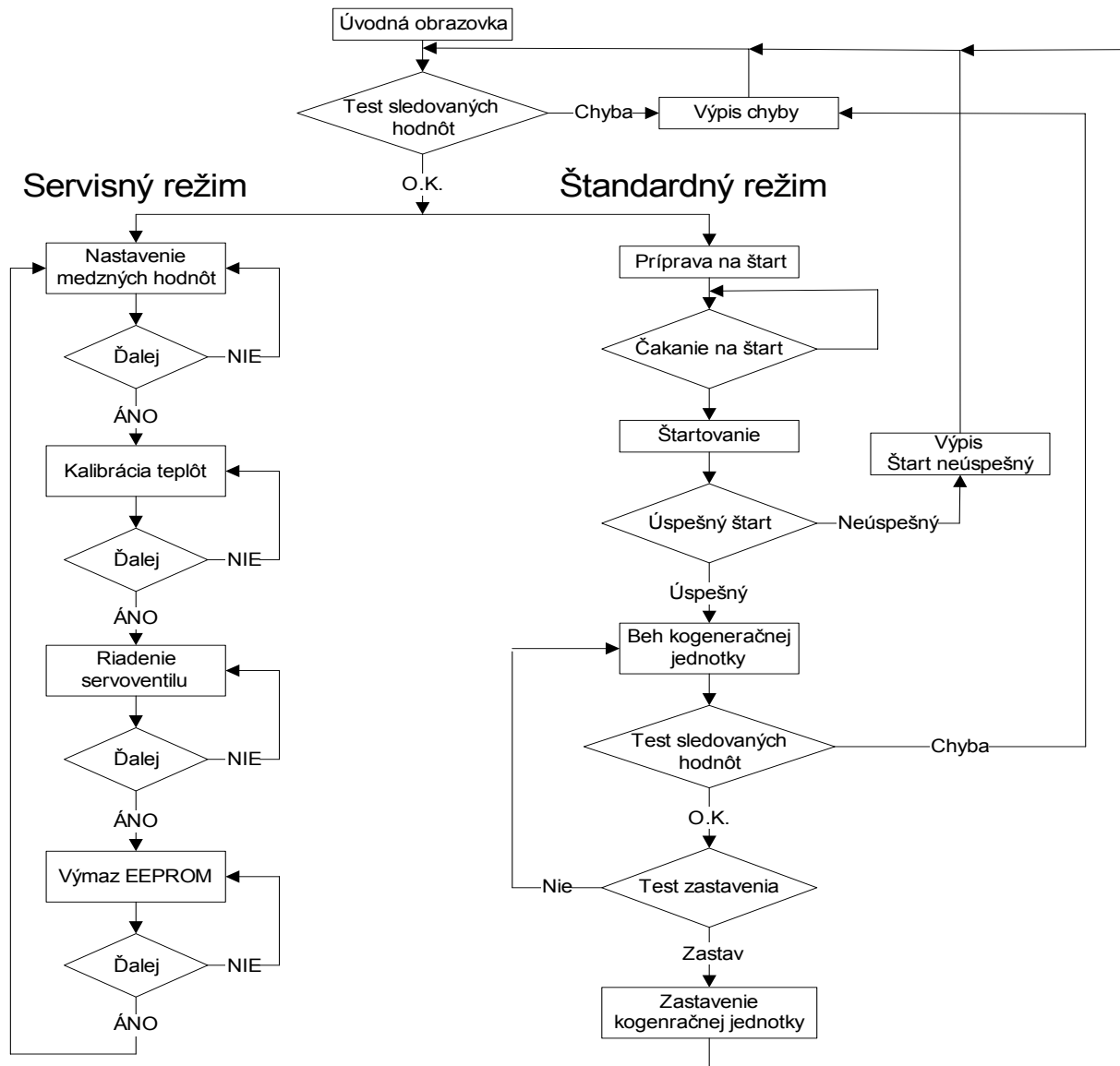
Programové vybavenie riadiaceho systému kogeneračnej jednotky je rozdelené do programových blokov. Programové bloky predstavujú podprogramy pre obsluhu jednotlivých subsystémov riadenia ako napr. klávesnice, displeja, komunikačného kanálu atď. Hlavným programovým blokom je blok riadenia. Tento programový blok obsahuje hlavnú rozhodovaciu logiku, ktorá riadi celý beh programu. Stav, v ktorom sa môže program nachádzať je definovaná množina vstupov, ktoré môžu daný stav zmeniť. Napr. v stave čakania na štart kogeneračnej jednotky je povolený prechod do režimu štartovania po stlačení tlačidla štart, je povolený prechod do režimu servisného módu po vložení a otočení servisným kľúčom, prípadne je možné vyhodnotenie chyby sledovaných veličín a prechod do stavu chybového hlásenia. Ďalej má každý stav definovaný výstup a to na úrovni digitálnych a analógových výstupov, ako aj príslušný výpis na displeji. Napr. stav štartovania kogeneračnej jednotky obsahuje zopnutie zapalovania spaľovacieho motora, zopnutie hlavného stýkača pre elektrický generátor, zopnutie stýkača ovládajúceho zapojenie elektrického generátora do hviezdy a zopnutie kapacitného kompenzačného členu.

Na beh programu je možné pozerat' z dvoch pohľadov a to:

- 1. programátorského,**
- 2. užívateľského.**

Prepnutie zo štandardného (prevádzkového) režimu do režimu servisného, je možné takmer v ktoromkoľvek bode. Servisný mód je vlastne len obsluhou viacvrstvého menu. Prvou vrstvou sú názvy jednotlivých možností, a to nastavenie medzných hodnôt, kalibrácia teplôt, riadenie servoventilu, výmaz EEPROM.

Vývojový diagram programu z pohľadu užívateľa je na obr. 9



Obr. 9 Vývojový diagram riadiaceho programu z pohľadu užívateľa

Záver

V súčasnom období sa vo svete objavujú snahy zabezpečiť prostredníctvom kogeneračných jednotiek aj chladienie. Takýto systém má potom funkciu trigenerácie. Nejedná sa o žiadny prevratný fyzikálny princíp, ale o spojenie kogeneračnej jednotky a absorpčnej chladiacej jednotky za účelom maximálneho využitia vlastností kogeneračných jednotiek a zúžitkovania časti tepla na výrobu chladu. Slovo trigenerácia je možné preložiť ako kombinovaná výroba elektrickej energie, tepla a chladu. V rámci vedecko technického projektu bola vyvinutá kogeneračná jednotka, ktorej celková zostava a riadiaci systém je na priloženej fotodokumentácii. V súčasnosti je navrhovaný energetický systém, ktorý bude okrem výroby elektrickej energie s parametrami priemyselnej siete umožňovať efektívne využitie tepelnej energie s rôznymi teplotnými potenciálmi čo bude mať význam pre zabezpečenie vysokej účinnosti ako aj jej širšieho využitia. Absorbčné chladiace zariadenie bude zabezpečovať prostredníctvom vhodnej pracovnej látky chlad pre technologické a klimatizačné účely. Predpokladá sa, že pre chod takého zariadenia je potrebná tepelná energia o určitých vopred definovaných stavoch. Niektoré z uvedených teplotných stavov poskytuje chladiaci systém plynového motora. Ide o využitie poexpanznej energie akumulovanej v chladiacom médiu motora. Dosiahne sa to tým, že pracovná látka z absorbčného chladiaceho zariadenia bude priamo prúdiť do bloku motora a tak sa využije teplotný gradient chladiaceho systému pri definovanom prietoku.

V projekte je uvažované s prevádzkou kogeneračnej jednotky paralelne so sieťou, zariadenie bude preto využívať asynchrónny generátor.

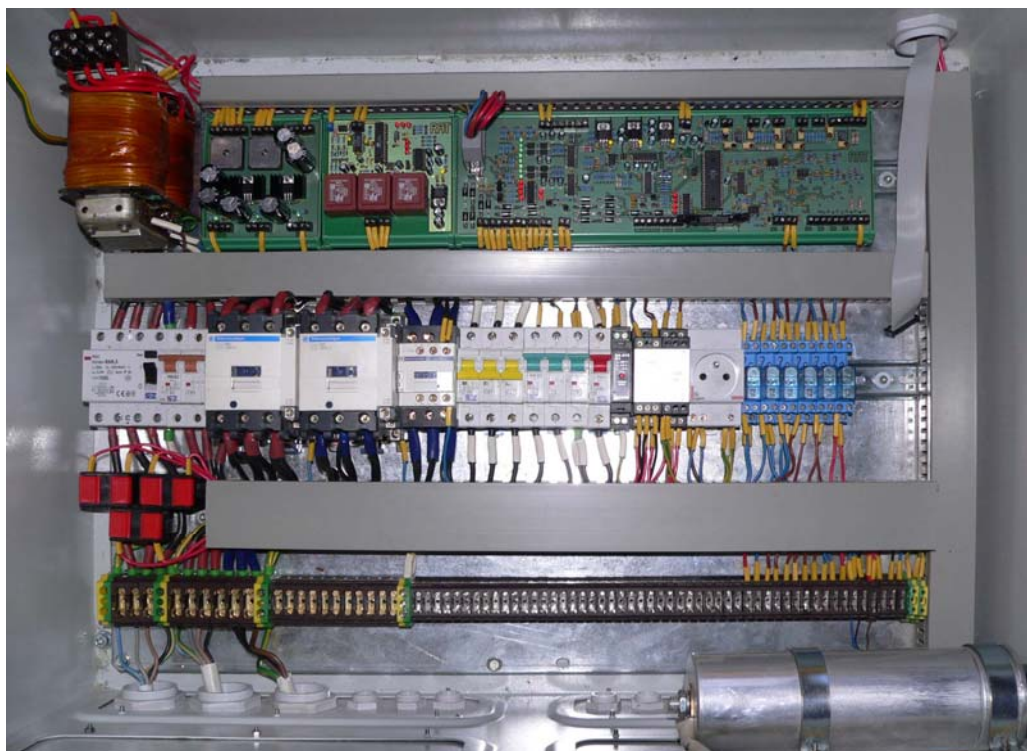
LITERATÚRA

- [1] [HTTP://WWW.KOGENERACIA.SK/](http://www.kogeneracia.sk/)
- [2] [HTTP://WWW.TEXING.SK/KOGENERACIA.HTML](http://www.texing.sk/kogeneracia.html)
- [3] [HTTP://WWW.INTECHENERGO.SK/](http://www.intechenergo.sk/)
- [4] Šuriansky, J. a kol.: Výskum a vývoj kogeneračných jednotiek na pyrolýzny plyn s možnosťou trigenerácie. Výskumný projekt TU Zvolen 2006.
- [5] Šindelář Libor, Vandírek Milan: Návod k NPU 1.7, 2002.
- [6] Žalman Milan, Prof. Ing. PhD.: Akčné členy, 2003, ISBN 80-227-1835-1.
- [7] Hrozičnik Stanislav: Asynchrónny generátor ako nezávislý zdroj elektrickej energie, 1999.
- [8] Dvorský Emil, Hejtmánková Pavla: Kombinovaná výroba elektrickej a tepelnej energie, 2006, ISBN 80-7300-118-7.
- [9] Bejček Ludvík, Ďaďo Stanislav, Platil Antonín: Měření průtoku a výšky hladiny, 2006, ISBN 80-7300-156-X.
- [10] Kreidl Marcel: Měření teploty - senzory a měřicí obvody, 2005, ISBN 80-7300-145-4.

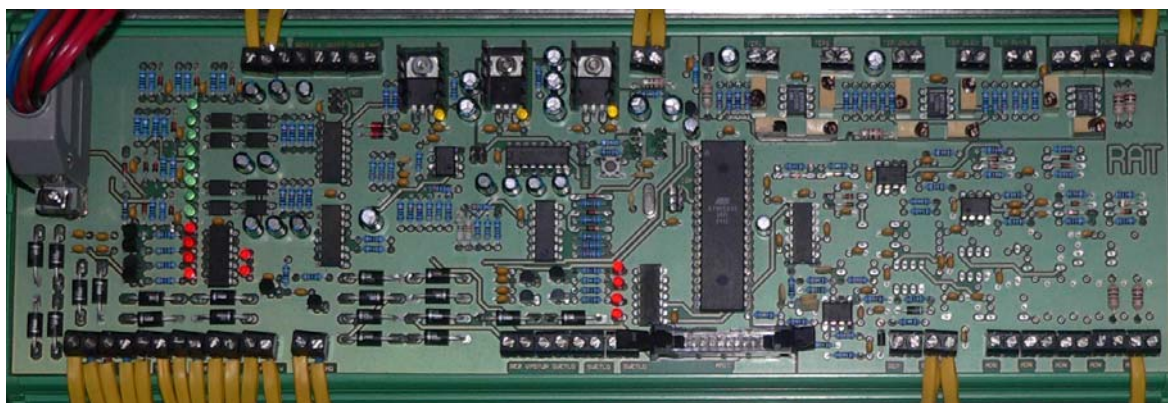
FOTODOKUMENTÁCIA RIADIACEHO SYSTÉMU KOGENERAČNEJ JEDNOTKY



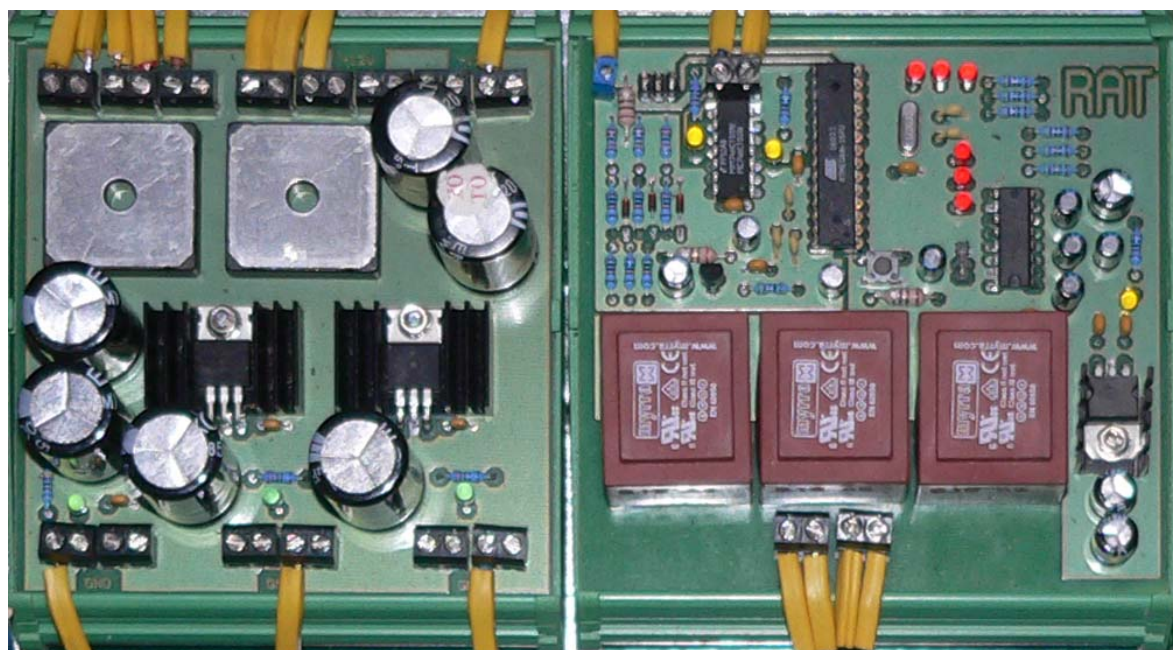
KOGENERAČNÁ JEDNOTKA



RIADIACA JEDNOTKA KOGENRAČNEJ JEDNOTKY



HLAVNÁ DOSKA RIADIACEJ JEDNOTKY



NAPÁJACÍ ZDROJ A BLOK SIEŤOVEJ OCHRANY