

princípy rekuperácie elektrickej energie a rekuperačný menič QUATROFREM

Pod rekuperáciou elektrickej energie rozumieme návrat elektrickej energie späť do napájacej sústavy. V tomto článku popíšeme princípy rekuperácie a zároveň predstavíme nový produkt vývoja spoločnosti VONSCH, rekuperačný menič QUATROFREM, jeho výhody a možnosti využitia.

PRINCÍPY REKUPERÁCIE

Jedným z príkladov rekuperácie je proces premeny časti kinetickej energie pohonu dopravného prostriedku naspäť na využiteľnú energiu pri brzdení. Pri elektrodynamickom brzdení sa táto energia buď ukladá do akumulátorov priamo v dopravnom prostriedku alebo sa vracia do napájacej sústavy - na rozdiel od elektrodynamického brzdenia bez rekuperácie, kedy sa získaná energia marí v odporníkoch. Výhodou rekuperácie je úspora energie a zníženie strát, pretože energia spotrebovaná na uvedenie elektrického vozidla do pohybu sa čiastočne získava späť. Úspora sa prejavuje v mestskej a prímestskej doprave, alebo pri posune na železnici, kedy dochádza často k zastaveniu a rozbehu vozidla a okrem toho je jednoduché získanú energiu okamžite využiť. Rekuperácia sa používa hlavne pri koľajových vozidlách s elektrickou trakciou, ako napríklad električky, metro, elektrické jednotky a elektrické lokomotívy, ale je možné sa s ňou stretnúť aj pri cestných vozidlách alebo v elektromobiloch a automobiloch s hybridným pohonom.

Ďalším príkladom rekuperácie je proces premeny časti kinetickej energie zdvihového pohonu žeriava naspäť na využiteľnú energiu pri spúšťaní bremena žiadanou rýchlosťou, alebo pri spomaľovaní elektrických pohonov s veľkou zotrvačnosťou. V týchto prípadoch sa kinetická energia mení el. motorom a rekuperačným meničom frekvencie na elektrickú energiu a dodáva sa do rozvodnej siete. Táto energia by bola inak stratená vo forme tepla - pri štandardných meničoch

frekvencie je nutné k meniču pripojiť „brzdny“ odporník.

Z uvedeného vyplýva, že problémom je potreba získanú energiu uložiť alebo okamžite spracovať ďalej.

Pri rekuperácii podľa prvého prípadu je z prevádzkového hľadiska najjednoduchšie energiu uložiť do akumulátorov a potom ju použiť napríklad pri opätovnom rozbehu. Toto riešenie je možné pri akumulátorových elektrických vozidlách, akumulátorové batérie však výrazne zvyšujú hmotnosť vozidla a majú obmedzenú kapacitu. Pri vozidlách napájaných z trakčnej siete je energia rekuperovaná naspäť do trakčnej siete. To vyžaduje, aby bol v danom napájacom obvode prítomný iný dopravný prostriedok, ktorý túto energiu spotrebuje.

Pri striedavých motoroch je ako akčný člen použitý striedač, ktorý energiu vznikajúcu pri decelerácii pomerne jednoducho rekuperuje do akumulátorov alebo do jednosmernej sústavy trolejového napájania. Pri jednosmerných motoroch umožňuje rekuperáciu energie do jednosmernej sústavy buď riadený tyristorový „invertorový“ usmerňovač alebo tranzistorový usmerňovač v „H“ zapojení.

Pri elektrických pohonoch podľa druhého prípadu napájaných z 3 fázovej elektrickej rozvodnej siete je možné energiu vracat do rozvodnej siete prostredníctvom **rekuperačných meničov frekvencie**.

REKUPERAČNÝ MENIČ

VONSCH má vyvinutý a v roku 2008 ponúka svojim zákazníkom typový rad rekuperačných meničov frekvencie s obchodným názvom QUATROFREM, ktorý vystihuje prácu v 4 kvadrantnom režime.

Štandardný menič frekvencie má na vstupe diódový neriadený usmerňovač, rekuperačný menič frekvencie má na vstupe riadený usmerňovač s aktívnym filtrom vyšších harmonických prúdov. Riadený usmerňovač obsahuje IGBT tranzistory, ktoré sú riadené na základe špeciálnych algoritmov a umožňujú chod energie obidvomi smermi.

QUATROFREM okrem umožnenia práce v 4 kvadrantnom režime zároveň odstraňuje najväčší „nedostatok“ všetkých štandardných meničov frekvencie - odber vyšších harmonických prúdov z napájacej sústavy. QUATROFREM tak s prevahou spĺňa súčasnú najprísnejšiu normu STN EN 61000-3-12, ktorú žiadny „klasický“ menič frekvencie spĺňať nedokáže.

QUATROFREM zabezpečuje pri generátorickom chode motora rekuperáciu vznikutej energie do napájacej elektrickej siete. K najvýhodnejšiemu využitiu patria prevádzky, kde v priebehu činnosti pohonu dochádza k pomerne častému a energeticky výraznému generátorickému chodu pohonu. Oproti štandardnému meniču, ktorý energiu vzniknutú pri generátorickom chode mení na teplo v pripojenom odporníku, QUATROFREM sa teda správa neporovnateľne ekonomickejšie. Ideálnou oblasťou pre aplikáciu



QUATROFREM 400 V - 18 kW

rekuperačného meniča je použitie na zdvihových pohonoch žeriavov a výťahov. Výhody použitia QUATROFREMU budú značné aj pri aplikáciách, kde by štandardné marenie brzdné energie do brzdného odporníka spôsobovalo nežiadúce prehrievanie okolia.

V prípadoch, kde je dominantná požiadavka na minimálny odber vyšších harmonických prúdov z napájacej sústavy je vhodné použiť QUATROFREM aj v prípadoch, kde nedochádza k rekuperácii energie.

QUATROFREM reguluje aj $\cos \phi$ a oproti niektorým iným štvorkvadrantným meničom má prednosť v tom, že umožňuje užívateľovi v malom rozsahu nastavovať želanú hodnotu $\cos \phi$ a tým kompenzovať $\cos \phi$ ostatných odberov zo siete.

QUATROFREM udrží svoje výstupné napätie na nominálnej hodnote aj pri poklese napájacieho napätia od 15%. To umožňuje udržanie nominálneho výkonu pohonu aj pri uvedenom poklese napätia a udržuje hladký priebeh momentu motora aj pri kolísaní napätia. Pri nominálnej hodnote napájacieho napätia dokáže QUATROFREM zvýšiť výstupné napätie o 10%, čo umožní prácu motora pri frekvencii až 55 Hz pri zachovaní nominálnej hodnoty momentu motora, čo v konečnom dôsledku zvýši výkon motora tiež o 10%.

Pri štandardných meničoch frekvencie s neriadeným usmerňovačom v dôsledku odberu vyšších harmonických prúdov z napájacej sústavy vznikajú energetické straty na napájacom vedení, vo vinutiach a v železe transformátorov.

Pri použití meniča frekvencie s aktívnym filtrom vyšších harmonických sú tieto straty zanedbateľné.

K meniču QUATROFREM je možné voľne stiahnuť zo stránky www.von-sch.sk program Vqfrem Monitor, ktorý umožňuje cez sériovú linku konfigurovať a monitorovať všetky výrobky Von-sch. Po pripojení QUATROFREM-u má program navyše možnosť zobrazovať

v prehľadnom grafickom výstupe THD a kompletnú harmonickú analýzu siete.

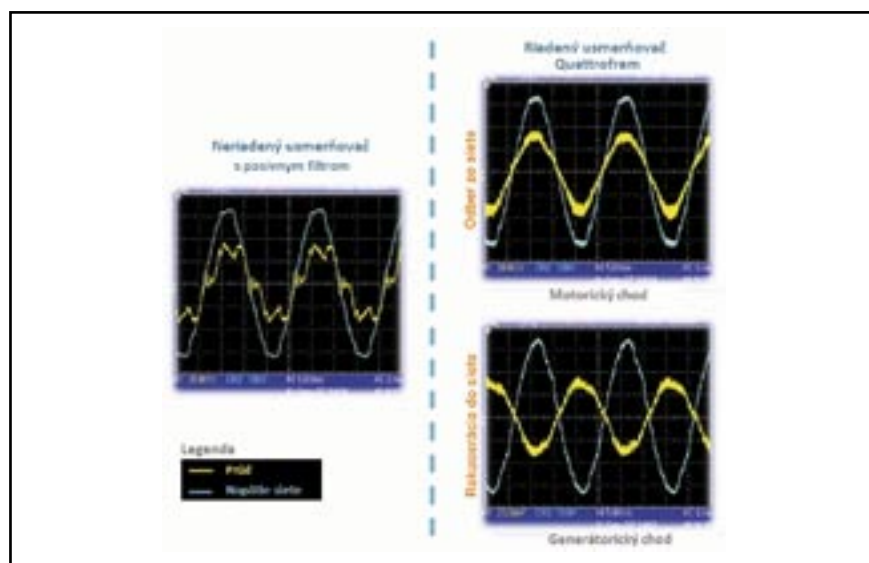
Menič QUATROFREM má oproti štandardnému portfóliu komunikačných protokolov (SETX, Profibus DP, Ethernet) k dispozícii aj CAN Open.

ALTERNATÍVNE ZDROJE ENERGIE A QUATROFREM

Rekupačný menič je výhodné použiť aj pri výrobe - dodávkach elektrickej energie vyrobenej v kogeneračných jednotkách, vo veterných elektrárnach a v malých vodných elektrárnach do rozvodnej siete, hoci sa v tomto prípade nedá hovoriť o rekuperácii energie - výroba elektrickej energie a jej dodávanie do siete je základná funkcia meniča a celého systému.

Veterné elektrárne

Pri „štartovaní“ veternej elektrárne vyšších výkonov musí byť zabezpečené roztočenie rotora na otáčky minima pracovného rozsahu. Až po tomto roztočení je rotor roztáčaný silou vetra. Tieto podmienky je možné zabezpečiť použitím rekuperačného meniča frekvencie QUATROFREM na riadenie generátora: keďže generátor je pevne spriahnutý s rotorom, roztočením



Obr. 1. Priebehy vstupných prúdov (merané s motorom o výkone 18,5 kW pri plnom zaťažení)

generátora pomocou meniča frekvencie sú dosiahnuté minimálne pracovné otáčky rotora, od ktorých už dochádza ku generovaniu energie. Pri rozbiehaní rotora je energia pre menič frekvencie prijímaná z rozvodnej siete, do ktorej je potom v pracovnom režime veternej elektrárne dodávaná. Takéto riešenie je používané pri výkonoch generátora do cca 1MW.

Generátor je zapojený na výstupný striedač meniča a elektrická rozvodná sieť je pripojená na vstupnú časť meniča - na riadený usmerňovač s aktívnym filtrom vyšších harmonických prúdov. Po rozbehu generátora na pracovné otáčky generátor vyrába energiu a menič frekvencie ju dodáva do elektrickej rozvodnej siete úmerne výkonu generátora. Pri použití rekuperačného meniča frekvencie fakticky nezáleží na uhlovej rýchlosti generátora, synchronizáciu výstupného prúdu so sieťou vykonáva automaticky rekuperačný usmerňovač meniča frekvencie. Keďže sa jedná o menič frekvencie so sériovým aktívnym filtrom vyšších harmonických prúdov, je prúd dodávaný do siete sínusového priebehu, s prakticky „nulovým“ podielom vyšších harmonických prúdov. V štandardnom režime je $\cos \phi$ prúdu = 1, resp. je $\cos \phi$ prúdu možné nastaviť na inú požadovanú hodnotu. Hlavná výhoda použitia rekuperačného meniča frekvencie je v tom, že pri rôznej rýchlosti vetra a teda pri rôznom výkone generátora dokáže dodávať prúd do siete so želaným $\cos \phi$ pri maximálnom využití okamžitého výkonu veternej elektrárne. Je samozrejmé, že rekuperačný menič dokáže aj riadiť - znižovať výkon dodávaný do siete na základe požiadaviek dispečingu.

Malé vodné elektrárne

Vodné elektrárne v drvivej väčšine používajú ako generátor asynchrónny motor s kotvou nakrátko, ktorý je priamo poháňaný vodnou turbínou. V klasickom prevedení je problémom pripnutie motora na sieť, teda zosynchronizovanie otáčok generátora so sieťou v okamihu pripojenia, kedy vznikajú prúdové rázy. Nedostatočná

je aj regulácia $\cos \phi$ prúdu dodávaného do siete, ktorý závisí nielen od $\cos \phi$ motora, ale aj od okamžitého výkonu a otáčok generátora.

Všetky uvedené problémy rieši použitie rekuperačného meniča frekvencie QUATROFREM, ktorý je zapojený medzi generátor a elektrickú sieť obdobne ako pri veterných elektrárnach a jeho činnosť vzhľadom na generátor aj sieť je rovnaká ako pri veterných elektrárnach, turbína je však aj pri zapnutí rozbiehaná energiou vody, preto nie je nutné ju rozbiehať pomocou meniča frekvencie. Pri nábehu systému sa využíva funkcia nafázovania výstupného striedača na rozbehnutý generátor.

Podobne ako pri veterných elektrárnach je hlavná výhoda použitia rekuperačného meniča frekvencie tá, že pri rôznom výkone generátora dokáže dodávať prúd do siete so želaným $\cos \phi$ pri maximálnom využití okamžitého výkonu elektrárne ako aj riadenie - znižovanie výkonu dodávaného do siete na základe požiadaviek dispečingu.

Kogeneračné jednotky

Pri štandardných kogeneračných jednotkách je nutné zabezpečiť rozbeh generátora (napríklad asynchrónneho motora) spaľovacím motorom na synchronne otáčky, pri synchronných otáčkach je nutné generátor pripnúť na elektrickú sieť a v ďalšom kroku zvýšiť otáčky generátora na nadsynchronne, až pri ktorých dochádza k vlastnému generátorickému chodu generátora.

Pri najmodernejšie riešených kogeneračných jednotkách všetky tieto nevýhody odstraňuje použité rekuperačného meniča QUATROFREM, ktorý je zapojený medzi elektrickou sieťou, do ktorej dodáva energiu a generátorom. Generátor je zapojený na výstupný striedač meniča a sieť je pripojená na vstupný riadený usmerňovač s aktívnym filtrom vyšších harmonických prúdov. Pri rozbehu generátora (je napevno spojený so spaľovacím motorom) je menič frekvencie už

vopred pripojený na sieť - ale jeho regulácia smerom do siete nie je aktivovaná. Po rozbehu generátora na minimálne prevádzkové otáčky je menič frekvencie aktivovaný - prebieha jeho riadenie. Tento prechod - „naštartovanie“ generovania energie - je úplne plynulý bez mechanických ako aj bez prúdových rázov, pretože ho takto zabezpečuje riadiaca jednotka meniča frekvencie. Obdobne ako pri použití v elektrárnach nezáleží na uhlovej rýchlosti generátora, synchronizáciu výstupného prúdu so sieťou vykonáva automaticky rekuperačný usmerňovač meniča frekvencie. Obdobne je prevádzaná aj regulácia výkonu a $\cos \phi$.

Synchronný motor-generátor a QUATROFREM

Vo všetkých uvedených prípadoch je výhodné použiť synchronný motor-generátor namiesto asynchrónneho motora, čím sa dosiahne účinnejšia premena veternej alebo vodnej energie na elektrickú, z dôvodu vyššej účinnosti synchronného stroja. Pri veterných elektrárnach je ako generátor výhodné použiť mnohopólový synchronný stroj s permanentnými magnetmi, nakoľko odpadá potreba použitia prevodovky (otáčky stroja sú rovné otáčkam vrtule).

Ďalšou výhodou použitia synchronného stroja je možnosť realizácie autonómnej elektrárne, keď už pri malých otáčkach synchronný stroj s permanentnými magnetmi vyrobí energiu pre jednosmerný medziobvod meniča a tým ho pripraví na činnosť aj bez cudzej energie.

Veríme, že QUATROFREM svojimi vlastnosťami naplní sny energetikov o „dokonalom“ meniči frekvencie.

VONSCH s.r.o.

vonsch@vonsch.sk, www.vonsch.sk

Výhradné zastúpenie VONSCH

pre Českú republiku:

TESPO Engineerig, s.r.o.

info@tespo-eng.cz

www.tespo-eng.cz