



Účinné riadenie motora pre zariadenia HVAC

Zariadenia, ako ohrievače, ventilátory či klimatizácia, znamenajú pre ich výrobcov príležitosť odlíšiť svoje produkty prostredníctvom vyššieho výkonu, lepšej energetickej účinnosti a nižšej cene.

Mnohé systémy HVAC potrebujú viaceré motory zabezpečujúce stláčanie a ventiláciu vzduchu a navyše vývojári môžu zrealizovať riadenie takýchto motorov na jednom mikroregulátore, čím sa celý návrh zjednoduší a následne zníži cenu celého systému.

Riadenie motorov bez snímačov prostredníctvom frekvenčných meničov si pri snahe dosiahnuť najvyššiu účinnosť vyžaduje výpočtovo silné algoritmy, ako napr. FOC (field orientated control). Ide o zdokonalenú formu vektorového riadenia. Táto metóda riadenia je postavená na troch základných bodoch: priestorové vektory prúdu a napätia riadeného objektu, transformáciu rýchlosti a času trojfázového riadeného systému do dvojrozmerného, časovo invariantného systému a efektívne generovanie šírko-impulznej modulácie. FOC je teda postavená na riadení statorových prúdov reprezentovaných vektorom.

Komplikácie do návrhu riadenia HVAC systému navyše vnáša rastúci počet noriem, lokálnych nariadení a zákonov, ktoré musia výrobcovia dodržiavať, ako napr. sériu noriem IEC 60730 (normy pre bezpečnosť automatického riadenia na použitie v domácnosti). Nakoľko motor musí byť prevádzkovaný v reálnom čase, nemožno za takúto spoľahlivosť čakať nízku cenu. V článku sú prezentované prístupy k riadeniu motorov v reálnom čase a načrtáva sa, ako môžu výrobcovia HVAC znížiť ich cenu prostredníctvom integrácie dvojmotorového systému a aktívnym riadením účinníka, a to jedným mikroregulátorom.

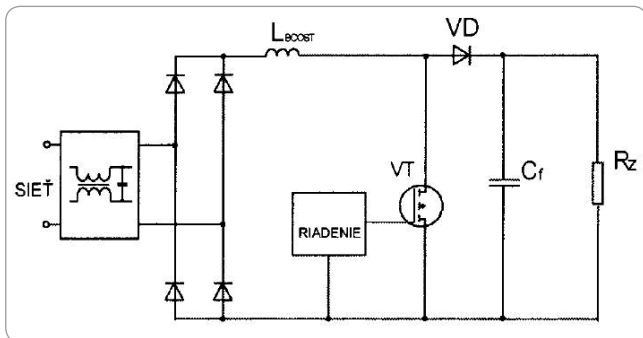
Vyššia účinnosť vďaka softvéru

Nárast účinnosti systému ide ruka v ruku s rastom zložitosti softvéru. Napríklad jednoduchá technika riadenia motora prináša účinnú prevádzku len v určitom ohraničenom rozsahu rýchlostí. Zapracovanie komplexnejšieho riadiaceho algoritmu, napr. FOC, umožňuje využitie účinnejších frekvenčných meničov a výrobcom umožňuje navrhnuť výkonové obvody tak, že optimálne spĺňajú požiadavky danej aplikácie v celom rozsahu rýchlostí. FOC navyše znižuje také parametre, ako je kolísanie krútiaceho momentu či vibrácie motora, čím sa dosahuje hladší chod a dlhšia prevádzková životnosť. Výrobcovia môžu ďalej znížiť cenu systému prenesením funkcionality z hardvéru na softvér. Bežnou metódou sledovania polohy rotora je nasadenie inkrementálneho snímača otáčok. Pre mnohé HVAC aplikácie s otáčkami do 50 rpm predstavuje toto meranie dostatočnú presnosť. Tieto systémy dokážu pracovať aj bez snímačov, čím sa znižujú náklady na prvky aj montáž.

Prevádzkové zaťaženie systému sa vďaka potrebe splniť rôzne nariadenia a zákony tiež zvyšuje. Norma IEC 61000-3-2 definuje, ktoré harmonické zložky elektronickej záťaže sa môžu vrátiť späť do siete, čo vyžaduje od systémov minimalizovať nízke harmonické. Z tohto dôvodu je súčasťou mnohých usmerňovačov aj aktívne riadenie vstupného účinníka (PFC).

PFC je dôležitá technológia, ktorá systémom umožňuje zredukovať vstupné prúdové harmonické, ktoré neprispievajú k činnému

výkonu. PFC je v podstate výkonový elektronický člen situovaný v jednosmernom medziobvode meniča, ktorý reprezentuje DC/DC menič. Základná schéma PFC zapojenia je uvedená na obr. 1.



Obr. 1.: Schéma zapojenia usmerňovača s PFC

Jeho vhodným riadením sa dosahuje to, že prúd zo siete sa odoberá počas celej polperiódy sieťového napätia. Následkom toho dôjde k zníženiu činiteľa tvaru sieťového prúdu na hodnotu blízku 1,11 (sínusový priebeh) a podstatnej redukcii jeho harmonických zložiek v časti spektra blízkej sieťovej frekvencii. PFC možno nasaďiť v pasívnom tvare, avšak tento spôsob je slabo prispôsobiteľný. Ohraničuje prevádzku systému len do jedného režimu s obmedzenou schopnosťou reagovať na zmeny veľkosti záťaže. Pasívne implementácie navyše znamenajú objemný návrh. PFC sa ideálne uplatňuje v aktívnom režime, pri ktorom dokáže výrazne zredukovať fázový posun medzi napätím a prúdom pre meniace sa prevádzkové podmienky. To navyše výrazne znižuje veľkosť celého systému.

Digitálna forma PFC dokáže inteligentne kompenzovať veľké dynamické záťaže, ako napr. vtedy, keď klimatizácia začína spúšťať kompresor. Navyše digitálne riadený PFC systém dokáže jednoducho nastavovať svoje napätie na výstupe podľa veľkosti záťaže, čím sa zlepšuje celkový výkon systému. Vykonačovaním takých úloh, ako je odhad rýchlosti rotora a nasadením PFC v číslicovom tvare, možno znížiť celkový počet prvkov systému, čím sa znižuje celková cena, pravdepodobnosť výskytu chyby a zvyšuje sa spoľahlivosť celého systému.

Prevádzka v číslicovej oblasti umožňuje využiť účinnejšie algoritmy riadenia, ktoré dokážu optimálne splniť kapacitné požiadavky aplikácií vo veľkom rozsahu rýchlostí a prevádzkových podmienok. Pri aplikáciách s dvomi motormi, ktoré sú riadené jedným mikroregulátorom, dochádza vďaka koordinácii PFC aj priebehu, ako rýchlo každý motor nabieha v porovnaní s rýchlosťou toho druhého, k zvyšovaniu výkonu a účinnosti.

Riadenie motora a PFC

Väčšina aplikácií HVAC vyžaduje regulačný obvod motora s prevádzkovou frekvenciou nie vyššou ako 20 kHz. Avšak bežná prevádzková frekvencia PFC je rádo 100 kHz. Predstavme si systém s dvomi riadiacimi slučkami so spätnou väzbou, ktorý je riadený mikroregulátorom využívajúcim spätnoväzbové signály a so široko modulovanými výstupmi (PWM). Regulátor prúdu pracuje na frekvencii 50 kHz (čo je polovica spínacej frekvencie PFC), zatiaľ čo regulátor napätia pracuje na frekvencii 10 kHz. Takáto realizácia sa tiež vyrovnáva s rozdielmi medzi nameranými a skutočnými hodnotami prúdu pri nespojitej prevádzke. Ak je to potrebné, môžu výrobcovia ešte pridať riadenie fázy, čím sa zabezpečí vyššia účinnosť a spoľahlivosť systému pri nízkej záťaži a vyvážením prúdu medzi viacerými fázami.

Aby sa zabezpečil dobrý dynamický výkon a vstupný účinník, beží riadiaca slučka prúdu pre PFC s rovnakou periódou, ako je prepínacia perióda PWM alebo na jej malom celočíselnom násobku. Zabezpečenie dobrého dynamického výkonu spĺňajúceho charakteristiku systému nemusí byť jednoduché, obzvlášť keď PFC a riadiaci obvod motora bežia na rôznych frekvenciách. Z tohto hľadiska musí byť mikroregulátor schopný rýchlo a účinne obslúžiť dve vysokofrekvenčné riadiace slučky. Mikroregulátor musí navyše pracovať s minimálnym oneskorením, aby zabránil riadiacej slučke motora pracujúceho s nižšou frekvenciou prerušiť riadiacu slučku PFC

pracujúcu s vyššou frekvenciou. Bežným prístupom je v takomto prípade priradenie prerušenia pre každú riadiacu slučku. Avšak aj takýto prístup má svoje nevýhody, pretože v jednom momente sa môže objaviť viac prerušení. Aj keď mikroregulátor môže prerušenia prioritizovať, môže sa stať, že za určitých okolností si pomalšia riadiaca slučka motora vyžiada zložitejšie výpočty, ktoré môžu oddialiť vykonanie rýchlejšej riadiacej slučky PFC na jeden alebo viac cyklov. Dôsledky takýchto oneskorení budú závisieť od konkrétnej aplikácie. Alternatívnym prístupom môže byť v tomto prípade riadenie obidvoch riadiacich slučiek cez to isté prerušenie, ktoré je nastavené podľa najrýchlejšej riadiacej slučky PFC.

V príklade, ktorý bol uvedený vyššie, je prerušenie nastavené na frekvenciu 50 kHz. Časové vzorkovanie zvyšuje spoľahlivosť systému odstránením oneskorenia, ktoré vplyva na riadiacu slučku motora. Zavedenie jedného prerušenia tiež odstraňuje konflikty prioritizácie. Ďalšou dôležitou podmienkou je udržať integritu signálu z analógovo-číslcového prevodníka, pretože slabá integrita signálu môže negatívne ovplyvňovať výkon a účinnosť. Dokonca pri filtrovaní signálov s cieľom odstrániť šum by mali byť vstupy vzorkované okolo strednej hodnoty PWM signálu, t. j. tak ďaleko od spínacej frekvencie MOSFET-ov, ako sa len dá, aby sa minimalizovalo rušenie od tohto spínania.

Vývojári dokážu vďaka v súčasnosti vysoko integrovaným mikroregulátorom a vývojárskym nástrojom nasaďiť riadenie motora s PFC na jednom mikroregulátore. Výsledkom je nižšia cena s menším počtom kritických prvkov a menšími pasívnymi zariadeniami, čo zabezpečuje dlhodobú spoľahlivosť potrebnú pre HVAC zariadenia. Navyše vývojári dokážu zvýšiť účinnosť využitím zložitejších algoritmov riadenia a zároveň presnejšie riadiť výkon prostredníctvom PFC a plniť tak požiadavky rôznych nariadení. Výrobcovia v neposlednom rade dokážu vďaka rozsiahlym vývojárskym nástrojom a knižniciam skrátiť čas vývoja a skôr priniesť na trh nové zariadenia ako konkurencia.

Udržiavanie výkonu v reálnom čase

Mnohé aplikácie HVAC používajú pre každý motor oddelený mikroregulátor a zároveň tretí mikroregulátor na riadenie PFC. Dnešné pokročilé mikroregulátory majú schopnosť realizovať riadenie dvoch motorov spolu s aktívnym riadením účinníka, ako aj zložité algoritmy riadenia, napr. FOC na jednom mikroregulátore. Takéto systémy sú nielen cenovo efektívne, ale aj účinné. Na urýchlenie vývoja a minimalizácie počtu cyklov potrebných na vykonanie PFC a riadenia motora sa využívajú rozsiahle knižnice obsahujúce funkcie, ako PID, Parkovu transformáciu, Clarkovu transformáciu, generovanie stavového vektora, pozorovateľ kľzavého režimu atď. Integrovaný vývojársky prekladač Code Composer Studio navyše automaticky optimalizuje tieto funkcie pre dané prevádzkové podmienky, čo skraca dĺžku programu, ktorý potom potrebuje kratší čas na vykonanie činnosti. Takáto optimalizácia je veľmi dôležitá, pretože mikroregulátor musí mať dostatočnú kapacitu spoľahlivo riadiť dva motory s FOC a vysokofrekvenčnú slučku riadenia PFC a tiež vykonávať systémové úlohy, ako monitorovanie, ochranu a úpravu signálov.

Literatúra

- [1] Nene, H. – Akin, B.: Efficient Motor Control for HVAC Appliances, Appliance design, BNP Media, január, 2011.
- [2] Field Orientated Control of 3-Phase AC Motors, Lit. number BPRA073, Texas Instruments Europe, February, 1998.
- [3] Špánik, P. – Feňo, I. – Kácsor, G.: Ekologicky optimálne riešenie výkonových polovodičových meničov. In: Advances in Electrical and Electronic Engineering 2003.

Zdroje obrázkov: Affiliated HVAC Services, LLC, BPM Cowrick Pty Ltd

-tog-