

Regulovatelné elektromotory základem z hospodárnění provozu

663.465

Ing. JAROSLAV LOOS

Klíčová slova: regulovatelné elektromotory, hospodárnost, lahvárenská technika, měnič frekvence

ÚVOD

Technický rozvoj pivovarů sleduje též snižování celkových spotřeb základních energií, tj. tepla a elektrické energie.

Zatímco spotřeba tepelné energie doznala u pivovarů v posledních patnácti letech výrazného snížení ukazatele MJ.h⁻¹ až téměř o 50 %, nelze toto konstatovat jednoznačně u spotřeby elektrické energie. Ukazatel se již dlouhou dobu pohybuje v rozmezí 7—11 kWh.h⁻¹. Systematické snižování tohoto ukazatele je dosti problematické, poněvadž řada technických racionalizačních opatření v provozu je spojena v mnoha případech s větší spotřebou této energie. Hledají se proto rezervy v samotných poháněcích elektromotorech, v jejich dimenzování a v optimalizaci chodu, a to jak v jednotlivých případech, tak v koncepci celých provozních souborů a závodů.

Nejprogresivnějším způsobem na tomto poli je v posledních letech aplikace elektronicky regulovatelných poháněcích elektromotorů a optimalizace jejich chodu programově řízenými počítači.

POHÁNĚCÍ MOTORY TECHNOLOGICKÝCH STROJŮ

Pro pohon strojně-technologických zařízení a strojů se v pivovarech a ostatních potravinářských provozech používají, až na malé výjimky, pouze indukční asynchronní elektromotory na střídavý třífázový proud.

Tyto motory mají řadu výhod, které hovoří pro jejich používání. Mají odolnou kompaktní konstrukci, poměrně nízkou cenu a dlouhou trvanlivost bez zvláštní údržby. Jedná se o sériově vyráběné jednorychlostní motory s typizovanou řadou výkonů a otáček. Volba vhodného motoru, který by optimálně odpovídal všem požadavkům poháněného stroje, je pro konstruktéry někdy nesnadná a výsledkem často bývá z elektrotechnického hlediska více nebo méně neekonomický provoz těchto poháněcích strojů.

ZHOSPODÁRNĚNÍ PROVOZU ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ

Cestu ke z hospodárnění provozu jednotlivých technologických strojů i celých provozních souborů je nutno hledat ve správné volbě jejich pohonů. Poháněcí elektromotory nesmí být bezdůvodně předimenzovány a musí co nejvíce odpovídat provoznímu charakteru poháněného zařízení, zvláště z hlediska požadavků na změnu výkonu výrobního zařízení, kde přichází v úvahu regulace otáček poháněného stroje.

Při regulaci otáček poháněného stroje je důležitá jeho závislost mezi potřebným momentem (M) a

otáčkami (n). V praxi se vyskytují podle charakteru poháněného zařízení tyto způsoby:

- konstantní moment $M \left(\frac{N}{n} = \text{konst} \right)$
 , při výkonu N [W],
- konstantní výkon (N),
- moment úměrný kvadrátu otáček ($M \sim n^2$).

Indukční asynchronní třífázový motor je jednorychlostním poháněcím zařízením. Změnu otáček lze u něj docílit (neuvažujeme-li mechanické převody)

- změnou počtu pólů,
- změnou skluzové frekvence nebo skluzu a
- změnou kmitočtu přiváděného napětí (f).

První i druhý způsob neposkytují plynulou regulaci otáček, nýbrž regulují pouze po stupních. Druhý způsob pomocí regulačních spouštěčů je naprosto nehospodárný, neboť maří elektrickou energii. K radikálnímu z hospodárnění elektrických pohonů dochází až při použití třetího způsobu, tj. při dokonalém a plynulém ovládnutí otáček a momentu asynchronního elektromotoru změnou frekvence poháněcího proudu.

V posledním desetiletí vyvinula firma Danfoss [Dánsko] zařízení „statický měnič frekvence“ jako jednotku, která elektronicky plynule převádí napětí a frekvenci daného střídavého proudu na nekonečně variabilní hodnoty pro použití pohonu asynchronního třífázového elektromotoru (obdobné zařízení vyvinula i firma Siemens).

ZÁKLADNÍ PRINCIP STATICKÉHO MĚNIČE FREKVENCE (KMITOČTU)

Měnič frekvence je složen z třífázového diodového můstku, který usměrňuje síťové napětí na dané stejnosměrné napětí. Ručně ovládaný potenciometr nebo dálkový ukazatel napětí a proudu řídí impulsní regulátor měnící dané napětí na proměnné stejnosměrné napětí. Toto napětí je dále transformováno opět na třífázové střídavé napětí [1].

Tyto měniče frekvence jsou výkonová elektronická zařízení, která mohou být předřazena asynchronním elektromotorům na střídavý proud. Tím, že dochází k úměrnému přestavování motorového napětí a motorové frekvence, lze při konstantním točivém momentu kontinuálně přestavovat otáčky poháněcího motoru. Otáčky je možno pouze řídit, nebo také při zpětném impulsu regulovat, tj. držet na požadované hodnotě, a to bez jakýchkoliv elektrických (energetických) ztrát.

Měniče tohoto typu mají velkou účinnost (93 až 97 %) a ztráty výkonu jsou tvořeny pouze ztrátami

proudu v diodách, tyristorech, cívkách a proudem pro řídicí a regulační okruh.

V zásadě měniče frekvence řídí otáčky a velikost potřebného krouticího momentu poháněcího asynchronního elektromotoru. Při tom je možno dále vzít v úvahu, zda se požaduje brzdicí výkon elektromotoru, zda je nutný paralelní chod několika motorů z jednoho „měniče“, nebo zda je nutný stejnoměrný chod při malých otáčkách. Rovněž tak může přijít v úvahu řešení otázky potřebného zrychlování otáček podle času. Použitím měniče frekvence lze také dosáhnout nadsynchronních otáček elektromotoru. To vyžadují frekvence motoru, které jsou vyšší než jmenovitá frekvence. Měníče mohou zvyšovat frekvence až do 200 % jmenovité hodnoty. Přitom však napětí zůstává stále na původní velikosti, což znamená redukování otáčivého momentu. Motory však musí být na tento trvalý běh při vyšším počtu otáček přizpůsobeny (oteplení, spotřeba energie pro chlazení atd.).

Jsou-li otáčky motoru řízeny směrem dolů, pak pracuje motor jako generátor a je brzděn. Přichází-li v úvahu rychlejší brzdění, montuje se dodatečné zařízení s odporovým vybavením mimo měnič, které maří mimořádně vzniklou energii.

Změnu směru otáčení poháněcího motoru je možno tímto zařízením uskutečnit bez vnější výměny motorových fází. Reverzace se provádí elektronickým přepojením v měniči frekvence.

Paralelní chod několika motorů lze uskutečnit pomocí jen jednoho měniče frekvence, pokud celková spotřeba energie nepřesahuje maximální výchozí výkon měniče. Toto provedení je obvyklé zvláště u transportních zařízení (pásů).

Měnič frekvence může být napojen ve zmíněném „řídícím okruhu“ na řadu nejrůznějších signálních zařízení. Může se jednat např. o

- přímou ruční obslužnou jednotku — potenciometr s tlačítkem (vypnuto—zapnuto),
- tlakový a teplotní regulátor,
- regulátor na řazení čerpadel (2 až 5 kusů) a řízení jejich paralelního chodu,

synchronizační regulátor pro řízení otáček dvou motorů,

- zařízení pro řízení a regulaci zvyšování nebo snižování otáček v závislosti na čase apod.

PŘÍKLADY APLIKACE MĚNIČŮ FREKVENCE (KMITOČTU) V PIVOVARECH A LAHVÁRENSKÉ TECHNICE

Scezovací kádě jsou konstruovány již pro značně velké průměry, s technicky náročným kypřicím zařízením a výhozem mláta. Pohon těchto velikých hmot si nelze dnes představit bez citlivého pomalého najíždění a volby měnitelné optimální rychlosti jak pro „kypření“, tak i pro výhoz mláta.

Použitím zmíněného měniče frekvence u poháněcího elektromotoru „kypřicího zařízení“ se dosahuje šetrného zatěžování převodu a zmenšení jeho poruchovosti.

Při dokonalé filtraci piva je podmínkou šetrné zacházení s pivem. Tlakové nárazy v potrubí, které

se negativně projevují ve filtračním procesu, je třeba vyloučit a zachovat konstantní průtokovou rychlost filtrem, neboť jinak klesá kvalita výrobku. Použitím průtokového čerpadla s řízením počtu otáček pomocí měniče frekvence se dosáhne rovnoměrného kontinuálního zvyšování otáček čerpadla, v závislosti na vzrůstajícím odporu filtru s filtrační dobou. Na počátku filtrace pracuje čerpadlo s menším počtem otáček. Se vzrůstajícím odporem filtru se automaticky počet otáček zvyšuje tak, aby zůstal konstantní průtok. Není třeba podotýkat, že jakékoliv ventilové ztráty škrcením odpadají a uspoří se tak energie.

Stejným způsobem se reguluje čerpadlo pro dopravu piva ze stáček tanků do plniče sudů. Tlak piva na plicích orgánech je konstantní, i když se odběrové množství stále mění. Regulační impuls se přivádí z pívního potrubí těsně před plničem sudů.

Totéž je aplikováno u čerpadla hotového piva pro plniče lahví. Zde ovšem přistupuje ještě další provozně důležitý moment, tj. řízení otáček (a tím výkonu) samotného plniče ručním potenciometrem nebo z dálkového signálu.

Při poruše nebo výpadku stroje v lince za plničem lahví např. etiketovací stroj, může obsluha sama měnit výkon plniče, a tak preventivně zabránit vypínání a zapínání plniče, což bývá spojeno s nepříjemnými rázy, hlukem atd.

Rovněž chod etiketovacího stroje je možno tímto způsobem řídit a při instalování dalšího elektronického článku lze nastavovat i rychlosti najíždění a zastavování stroje podle potřeby.

Nejdůležitějším zařízením v lahvářenské plnicí lince jsou však dopravníky lahví. Ty jsou většinou, při jejich neřízeném provozu, značně přetíženy a pracují velmi neekonomicky. Nejjednodušším příkladem jejich racionálního provozu je řízení jejich rychlosti pomocí plynulého několikastupňového redukování rychlosti, pomocí čidel registrujících hustotu lahví na pásu. Řízení otáček měničem frekvence i několika motorů paralelně zde umožňuje kromě úspory energie, nadměrného opotřebení dopravníků i snížení hluku a rozbitností lahví.

Takto jsou např. řízeny také tři paralelně uspořádané etiketovací stroje, a to podle množství lahví v předzásobovacím místě lahví před strojem. Řídící elektronika pomocí uvedených bezdotykových čidel „počítá“ přiváděné a odváděné láhve. Rozdíl slouží jako regulační signál pro řízení otáček příslušných elektromotorů s měničem frekvence. Při poruše (vypadnutí) jednoho etiketovacího stroje následuje automatické zvýšení rychlosti (výkonu) obou ostatních strojů tak, že celkový výkon linky zůstává konstantní.

Řízené dopravníky lahví udržují kontinuální tok lahví i v těch místech linky, kde dochází k přechodu na taktově pracující stroj, jako je např. myčka lahví.

Statické měniče frekvence pro změnu otáček asynchronních poháněcích motorů se staly základem a nutným prvkem pro plně automatizovaný a řízený chod celých lahvoven pomocí počítače. Je dnes už nesporné, jaké výhody plná automatizace tohoto úseku výroby piva poskytuje na poli ekonomie, řízení a vyhodnocování provozu [3].

Zavedením řídicího počítače lze i u dobrého konvenčního zařízení podle údajů fy Holstein a Kappert dosáhnout zvýšení výkonu stáčecí linky o 3 až 5 %. Docílení limitu hlučnosti 85 dB není rovněž problémem. Elektronicky řízené poháněcí elektromotory zlepšují dříve špatný poměr „jalového“ k wattovému proudu při odběru ze sítě a zmenšují náklady na kompenzaci. Takto řízený provoz se přibližuje i ideálnímu materiálovému toku linky, kdy rychlost dopravníků se téměř rovná rychlosti lahví (prázdných i plných) po celou dobu provozu. Je možné hovořit o plně harmonizovaném toku materiálu na tomto výrobním úseku.

Statické měniče frekvence, které elektronicky převádějí dané napětí a frekvenci elektrického proudu na variabilní hodnoty, umožňují kontinuálně regulovatelný provoz třífázových poháněcích elektromotorů. Jsou důležitým prvkem pro zhospodárnění provozu strojně-technologického zařízení v průmyslových závodech. Jsou dodávány až do výkonu 900 kW (firma Siemens).

Plynulá změna počtu otáček a krouticího momentu elektromotorů v rozsahu 10 % až 200 % jmenovitých otáček poskytuje možnost široké aplikace tohoto zařízení nejen u jednotlivých strojů samostatně, ale hlavně v celých automatizovaných provozních souborech různých průmyslových výrobních procesů.

Literatura:

- [1] Wissenswertes über Frequenzumformer, — publikace fy Danfoss, Nordborg, Dánsko 1981
- [2] Stufenlose Steuerung in der Brauerei — prospektový materiál fy Danfoss, Nordborg, Dánsko, 1981
- [3] -Uh-: Brauwelt, **124**, 1984, s. 1484

Lektoroval Ing. L. Chládek, CSc.

Loos, J.: Regulovatelné elektromotory základem zhospodárnění provozu. Kvas. prům., **35**, 1989, č. 8—9 s. 233—236.

Autor zdůrazňuje velký význam elektronicky regulovatelných poháněcích asynchronních elektromotorů pro zhospodárnění provozu technologických zařízení. Popisuje princip základního článku, jímž je měnič frekvence elektrického proudu a uvádí několik příkladů aplikace v pivovarském průmyslu, hlavně u automatizovaných lahvářenských linek.

Лоос, Я.: Регулируемые электродвигатели — основа экономии производства. Квас. прум., **35**, 1989, № 8—9, стр. 233—236.

Автор подчеркивает большое значение электронно-регулируемых приводных асинхронных электродвигателей для экономии хода технологических установок. Описывает принцип основного звена, которым является преобразователь частоты электрического тока, и приводит несколько примеров применения в пивоваренном производстве, особенно для автоматизированных разливных линий.

Loos, J.: Controlled Electric Motors Save Energy. Kvas. prům., **35**, 1989, No. 8—9, pp. 233—236.

A significant quantity of an energy consumption of technological equipments can be saved if the electronic is used for the control of asynchronous electric converter of electric current. Some examples of these applications in brewing industry, especially those with automated bottling lines are described.

Loos, J.: Regulierbare Elektromotoren — Voraussetzung für einen wirtschaftlicheren Betrieb. Kvas. prům., 35, 1989, Nr. 8—9, S. 233—236.

Der Autor erörtert die große Bedeutung der elektronisch regulierbaren Antriebs-Asynchronelektromotoren

für die Ökonomisierung des Betriebs technologischer Anlagen. Es wird das Grundelement — der Stromfrequenzumformer — beschrieben und einige Applikationsbeispiele aus dem Brauereibereich angeführt, und zwar hauptsächlich bei den automatisierten Flaschenabfüllanlagen.