

CONTROLS OPERATIONS OF THE VAKUUM PUMP OF THE MILKING MACHINE BY FREQUENCY CONVERTER

ŘÍZENÍ ČINNOSTI VÝVĚVY DOJÍCÍHO STROJE FREKVENČNÍM MĚNIČEM

Kudělka J., Fryč J., Kukla R., Konrád Z., Ševčík J.

Department of Agriculture, Food and Environmental Engineering, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: jan.kudelka@mendelu.cz.

ABSTRACT

To achieve the necessary vacuum in the milking systems are currently used mainly rotary pumps which are driven by an asynchronous motor with a constant power. Constant vacuum ensures control valve which directs excess vacuum by intaking of atmospheric air and environment. In its own milking process is therefore spent a lot of energy, because asynchronous motor with pump working continuously. The aim of the project is to design and describe by the existing milking equipment, control system to regulate the activity of the asynchronous motor, so that the performance of the pump was the same as the amount of air sucked by milking machine.

Technical energy saving solutions represent the drives that regulate the speed of induction motor. The task is to find and properly adjust drive parameters so that the underpressure in the system could be at the optimum during minimum electric power. For the examination of the problem is used experimental laboratory for milking process modeling, which is located on the premises of Mendel University and subsequently at farm in Telc, where the drive is connected.

Key words: Vacuum, vacuum pump, vacuum control, milking equipment, frequency converter, asynchronous motor, vacuum sensor

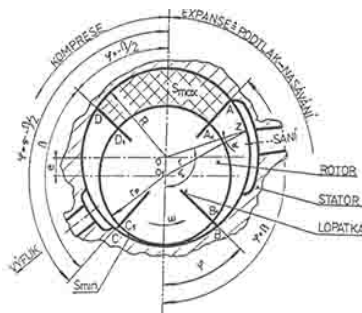
Acknowledgments: This project was made with support of Internal Grant Agency of The Faculty of Agronomy Mendel University, TP7/2012.

ÚVOD

Vývěva, jako základní strojní prvek dojícího zařízení zajišťuje podtlak pro dojení, pro dopravu mléka a pro činnost dalších zařízení. Pohon vývěvy je zprostředkován asynchronním elektromotorem s kotvou na krátko. V současnosti se nečastěji k tvorbě podtlaku používá rotační lopatková vývěva Obrázek 1. [1]

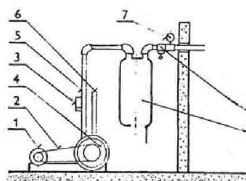
Obr. 1 Schéma činnosti rotační lopatkové vývěvy

Vývěva je tvořena válcovým rotorem s hlubokými zářezy, ve kterém jsou posuvně uloženy lopatky. [2] Rotor je výstředně uložen vzhledem k válci, v němž se otáčí. Rotací vyvolané normálové zrychlení vysouvá lopatky k vnitřní ploše statoru. Srpovitý prostor mezi válcem, rotorem a dvěma sousedními lopatkami se v průběhu otáčení mění. Při otáčení rotoru se objem komůrky zvětšuje a nasává plyn ze vzduchového potrubí. Ve vzduchovém potrubí dojícího zařízení vzniká podtlak. Přjetím lopatek přes hranu výřezu se přeruší spojení se sáním, objem komůrky se začne zmenšovat a tlak plynu stoupá. Komprese končí, když přední lopatka přejede přes hranu výtlačného otvoru a komůrka se spojí s výtlačným prostorem. [4]



Vývěva musí být schopna pokrýt provozní požadavky (dojení, čištění) dojícího zařízení, které jsou v činnosti stále nebo přerušovaně. Hodnoty potřebného podtlaku (40 - 50 kPa) v dojícím zařízení a potřebnou výkonnost vývěv udává norma ČSN ISO 5707. Regulaci podtlaku na konstantní hodnoty zajišťuje regulační ventil. Ten pracuje tak, že do podtlakového potrubí přisává atmosférický vzduch z okolního prostředí. Asynchronní motor, který pohání rotační lopatkovou vývěvu, ale pracuje s plným příkonem. Ve vlastním procesu dojení se proto vynaloží velké množství energie. Schéma dojícího zařízení s rotační vývěvou je znázorněno na obrázku 2.

Obr. 2 Schéma soustrojí vývěvy

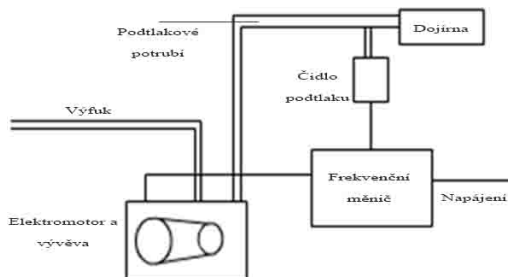


1. Elektromotor
2. Klínový řemen
3. Mazací přístroj
4. Vývěva
5. Nasávací potrubí
6. Výtlačkové potrubí
7. Vakuumetr
8. Regulační ventil
9. Vzdušník

Z technického hlediska je nutné v soustavě zajistit stálý podtlak, při optimálních provozních parametrech asynchronního motoru (otáčky motoru, točivý moment, spotřeba elektrické energie). K tomuto účelu je možno využít principu frekvenčního měniče. Frekvenční měnič umožní regulaci otáček na potřebné hodnoty. Tím klesne celková spotřeba elektrické energie. Úkolem práce je zjistit a správně nastavit parametry frekvenčního měniče, tak

aby byla udržena stabilita podtlaku v soustavě při minimálním příkonu elektromotoru vývěvy. Schématické zapojení frekvenčního měniče v dojícím zařízení je znázorněno na obrázku 3.

Obr. 3 Schéma dojícího zařízení doplněného o frekvenční měnič



MATERIÁL A METODIKA

K projektu bylo využito experimentální laboratoře dojící techniky, a dojícího zařízení v ZD Telč. Měření parametrů dojícího zařízení při zapojení s frekvenčním měničem bylo nejprve vyzkoušeno v experimentální laboratoři dojící techniky na Mendelově univerzitě v Brně, kde byla prověřena funkčnost podtlakového čidla OMEGA PX541. Potvrzení správné činnosti podtlakového čidla umožnilo instalaci frekvenčního měniče (Siemens Sinamics G120P BT s výkonnou jednotkou SINAMICS PM230) do dojícího zařízení v zemědělském družstvu v Telči

Obr 4 Frekvenční měnič v ZD Telč



V podniku ZD TELČ je situovaná dvacetimístná (2x10 míst) rybinová dojírna. Soustrojí vývěv se skládá ze dvou rotačních lopatkových vývěv (označených DVL 211 AMB) o teoretické výkonosti $1450 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, které jsou poháněny dvěma asynchronními motory s kotvou na krátko o výkonu $2 \times 4 \text{ kW}$. Objem vzduchového potrubí dojícího zařízení se vzdušníky, ve kterém se musí vytvořit průměrný podtlak 42 kPa činí $0,3613 \text{ m}^3$. Objem mléčného potrubí spolu s mléčným vzdušníkem tvoří $0,1819 \text{ m}^3$. Celkový objem mléčného a vzdušného potrubí je tedy roven $0,54156 \text{ m}^3$.



Nejprve proběhlo dlouhodobé měření spotřeby elektrické energie v průběhu měsíce pomocí měřiče energie SENTRON PAC 4200 před zapojením frekvenčního měniče. Následně byla měřena stabilita podtlaku v systému pomocí Pulzatorstesteru PT- IV (obrázek 5)

Obrázek 5 Pulsatorstester PT IV

při plném přikou motoru, kdy podtlak v podtrubí byl regulován pouze regulačním ventilem. Po naměření potřebných hodnot byl do dojíčho zařízení zapojen zmiňovaný vektorový frekvenční měnič (obrázek 4). Proběhlo totožné měření dlouhodobé spotřeby elektrické energie a podtlaku. Záznam proběhl při procesu dojení, proplachu a při připojení zařízení (cyklovače), které přísávalo v intervalech 5 sekund 285 l min⁻¹ vzduchu do podtlakového podtrubí.

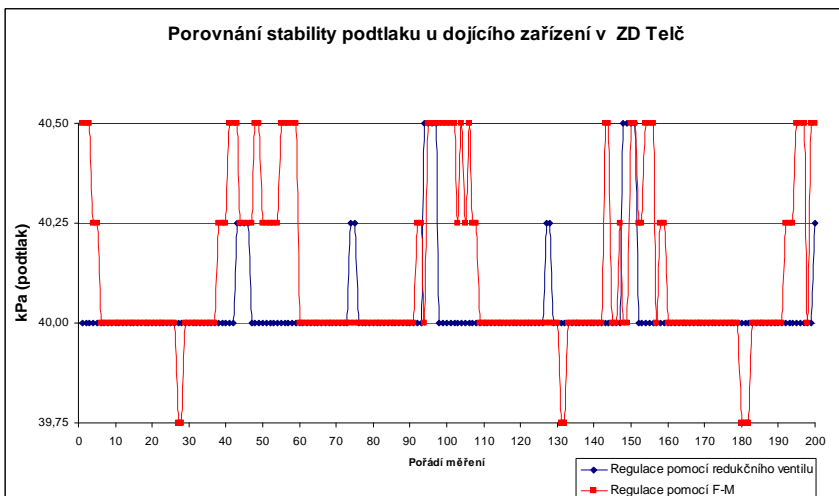
VÝSLEDKY A DISKUZE

Před samotným měřením stability podtlaku byla zjištěna skutečná výkonnost vývěv, která činí u levé 1380 l min⁻¹ a u pravé vývěvy 1300 l min⁻¹ (při vytvořeném podtlaku 50 kPa). Vyhodnocení stability podtlaku proběhlo při přesně definovaném tlaku vzduchu a průtoku vzduchu nasávaného ventilem, jehož hodnota činila (285 l min⁻¹) v pětivteřinovém cyklování.

Pulsatortester PT IV zaznamenával každých 0,15 sekund hodnotu podtlaku po dobu 30 sekund. Celkově bylo tedy klasifikováno 200 číselných hodnot při měření bez frekvenčního měniče a 200 údajů při zapojení s frekvenčním měničem. Data charakterizující podtlak (včetně statistického vyhodnocení) jsou zobrazena v tabulce 1. Graf 1 znázorňuje průběh podtlaku během měření bez a s frekvenčním měničem.

Tab. 1 Měření podtlaku v dojíčím zařízení

PODTLAK VE VZDUCHOVÉM PODTRUBÍ VYTVOŘENÝ ROTAČNÍ LOPATKOVOU VÝVĚVOU			
ŘÍZENÍ PODTLAKU POMOCÍ FREKVENČNÍHO MĚNIČE		ŘÍZENÍ PODTLAKU KLASICKOU REGULACÍ	
	kPa		kPa
1.	40,50	1.	40,00
2	40,50	2	40,00
3	40,50	3	40,00
4	40,25	4	40,00
5	40,25	5	40,00
6	40,00	6	40,00
7	40,00	7	40,00
8	40,00	8	40,00
9	40,00	9	40,00
10	10	...
\bar{x}	40,11	\bar{x}	40,03
s_x	0,20 kPa	s_x	0,11 kPa
v_x	0,51 %	v_x	0,27 %
$\Delta \bar{x}$	0,0825 kPa		



Dále jsme sledovali, jak se snížila spotřeba elektrické energie a jaká byla návratnost investice při zapojení frekvenčního měniče do soustavy, jehož pořizovací náklady celkově tvořili 32059 Kč. (Tabulka 2)

Tab. 2 Pořizovací cená komponentů

<i>Použitý komponent</i>	<i>Cena Kč</i>
Frekvenční měnič SINAMICS	26059
Čidlo podtlaku OMEGA	5000
Instalační materiál	1000
Celkem:	32 059

Proběhlo měření elektrické energie za pomoci měřiče energie SENTRON PACD 4200 v průběhu průměrného měsíce (30,5 dnů), před samotnou instalací frekvenčního měniče.

Průměrný odebraný výkon činil 8,3 kW. Při denním vytížení zařízení (11,5 hodin), elektromotor bez regulace spotřeboval 95,55 kWh a průměrné denní náklady na provoz soustavy, při ceně 3 Kč/kWh činili 286,62 Kč. Měsíční provoz soustavy vývěv stál 8742 Kč.

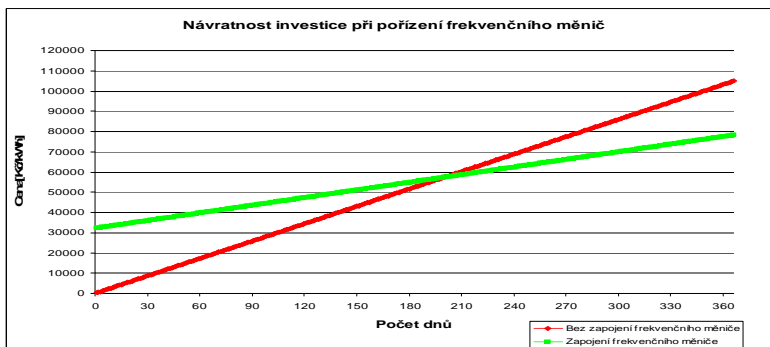
Po zapojení frekvenčního měniče se průměrný odebraný výkon snížil na 3,65 kW. Denní spotřeba elektrické energie klesla na 42 kWh. Náklady na spotřebu se snížili měsíčně na 3843 Kč. Měsíční

úspora elektrické energie byla rovna 4898,4 Kč. Návratnost investice byla přibližně 200 dnů. Zobrazuje ji tabulka číslo 3 a graf číslo 2.

Tab. 3 Spotřeba el. energie a návratnost investice při pořízení frekvenčního měniče

Čas	Spotřeba bez F-M	Cena	Spotřeba s F-M	Cena	Rozdíl	Návratnost investice
Den	kWh	Kč	kWh	Kč	Kč	Kč
1.	95,55	286,65	42	126	160,65	-31898,35
2.	191,1	573,3	84	252	321,3	-31737,7
3.	286,65	859,95	126	378	481,95	-31577,05
4.	382,2	1146,6	168	504	642,6	-31416,4
198.	18918,9	56756,7	8316	24948	31808,7	-250,3
199.	19014,45	57043,35	8358	25074	31969,35	-89,65
200.	19110	57330	8400	25200	32130	71
201.	19205,55	57616,65	8442	25326	32290,65	231,65
202.	19301,1	57903,3	8484	25452	32451,3	392,3
203.	19396,65	58189,95	8526	25578	32611,95	552,95

Graf 2 Návratnost investice při pořízení frekvenčního měniče v ZD Telč



ZÁVĚR

Statistickým vyhodnocením naměřených hodnot u stability podtlaku v dojčícím zařízení bylo zjištěno, že při řízení frekvenčním měničem je směrodatná odchylka rovna 0,2kPa, variační koeficient je roven 0,51%. Rozdíl aritmetických průměru mezi oběma regulacemi činí 0,0825kPa. Lze tedy konstatovat, že regulace podtlaku frekvenčním měničem u dojčícího zařízení v ZD Telč negativně neovlivňuje proces strojného dojení.

Z ekonomického hlediska náklady na pořízení, instalaci frekvenčního měniče a komponentů k němu určených tvořili 32059Kč. Bylo vypočítáno, že při průměrné ceně elektrické energie 3 Kč/kWh a průměrné spotřebě 42kWh za den se investorovi vrátí pořizovací náklady do 200 dnů, kdy frekvenční měnič používá.

LITERATURA

- [1] DOLEŽAL, Oldřich. Mléko, dojení, dojírny. Praha : Agrospoj, 2000. 241 s.
- [2] PŘÍKRYL, Miroslav a kol. Technologie zařízení staveb živočišné výroby. 1. vydání. Praha: TEMPO PRESS II, 1997, s. 87-90. ISBN 80-901052-0-3.
- [3] ČSN ISO 5707. Dojící zařízení: Konstrukce a provedení. 2. dopl. vydání. Praha: Technické normy ČSN, 1998.
- [4] FRYČ, Jiří. Regulace podtlaku a energetická náročnost soustrojí vývěv dojčících strojů. Brno, 2000. Habilitační práce. Mendelova univerzita v Brně.