

Икономическа оценка ефективността от използване на честотно регулиране дебита на помпени системи

Генчо Попов, И. Желева, Радослав Танев

Economic evaluation of the effectiveness of flow rate's regulation when a frequency method is used: *In this work rtazglezhda methodology for assessing the economic impact of the application of frequency control flow. For calculation of the saved money and time for payback using passport data flow unit and supplied by him and cataloging data, which simplifies the calculation.*

Key words: *Pumps frequency, by pass and throttle control, economist output value of energy savings, payback.*

ВЪВЕДЕНИЕ

За промяна дебита на дадена помпена система се използва някой от познатите методи за регулиране – дроселно, честотно, чрез отвеждане на част от дебита (т.н. регулиране чрез by-pass) или смесено. Както добре е известно, дроселното регулиране е най-лесно осъществимо и много често се използва за осигуряване както на необходим дебит в системата, така и при необходимост от намаляване на натоварването на задвижващите двигатели при агрегати с центробежни помпи. От енергийна гледна точка, обаче, този метод е неефективен поради изразходване на енергия за преодоляване на допълнителното хидравлично съпротивление в тръбната система. От енерго ефективна гледна точка най-ефективен е методът на честотното регулиране. Въпреки необходимостта от допълнителни инвестиции за израждане на система за регулиране и управление на електрозадвижването с честотен регулатор, този метод все повече се налага в практиката [5]. В същия литературен източник се посочва, че внедряването на енергоспестяващи технологии позволява да се намали необходимостта от енергоресурси с около 30-40%. Освен това предвид значителната икономия на енергия внедряването на честотно регулирано задвижване позволява направената инвестиция да се изплати за около година, година и половина [2], [8]. За обосноваване на необходимостта от въвеждане на честотно електрозадвижване в дадена помпена система трябва да се направи и икономическа оценка на капиталовложението. За целта е необходимо количествено да се определи енергията, която се икономисва при внедряването му и нейното изразяване във финансови средства, както и времето за което инвестицията ще се изплати и ще започне да носи печалба.

Целта на настоящата работа е разработване на методика за количествена оценка на енергийната и икономическа ефективност от въвеждането на честотно регулируемо електрозадвижване на помпени агрегати с центробежни помпи. като се използват минимален брой изходни данни, които могат да се снемат от каталога на помпата и от дебитно - мощностната и характеристика

ИЗЛОЖЕНИЕ

При намаляване дебита на системи с центробежни помпи необходимата мощност за задвижване намалява както при използване на дроселно регулиране и регулиране чрез отвеждане на част от дебита (т.н. регулиране чрез by-pass), така и при регулиране чрез намаляване честотата на въртене на вала на помпите. Ясно е, че за целите на анализа за ефективността от използване на честотно регулиране е нужно количествено да се определи спестената енергия при използване на честотното регулиране при транспортиране на зададения дебит.

1. Определяне мощността на помпата при регулиране на дебита

Изменението на основните показатели на помпата при промяна на честотата на

въртене n на работното колело на центробежна помпа с достатъчна точност се определят от уравнения на подобие [3]:

$$(1) \quad \frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}, \quad \frac{P}{P_1} = \frac{n^3}{n_1^3},$$

където Q и P са дебитът и мощността при изходния работен режим на помпения агрегат; Q_1 и P_1 - съответно показателите при новия работен режим с намален дебит.

От горните две уравнения за мощността на помпата P_{ob} при новия дебит Q_1 , получен чрез честотно регулиране, може да се запише:

$$(2) \quad P_{ob} = P \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^3.$$

Мощността на помпата P_{dr} при постигане на зададен дебит чрез дроселиране се определя с помощта на мощностната характеристика $P = f(Q)$. Ако на първо приближение се приеме, че тази характеристика е линейна, то тя може да се опише с уравнението:

$$(3) \quad P = P_0 + \frac{(P_H - P_0)}{Q_H} Q,$$

където P_0 е мощността при нулев дебит ($Q = 0$), P_H - мощността при номинален дебит Q_H .

Като се използва ур. (3) за мощността на помпата при дебит Q_1 , получен чрез дроселиране, се получава:

$$(4) \quad P_{dr} = P_0 + \frac{(P_H - P_0)}{Q_H} Q_1,$$

С разликата ΔP_{bp} между мощностите, определени с формули (4) и (2), се пресмята икономисаната енергия при регулиране с промяна честотата на въртене в сравнение с дроселното регулиране:

$$(5) \quad \Delta P_{dr} = P_{ob} - P_{dr} = P_0 \left[1 - \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^3 \right] + \frac{P_H - P_0}{Q_H} Q_1 \left[1 - \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^2 \right].$$

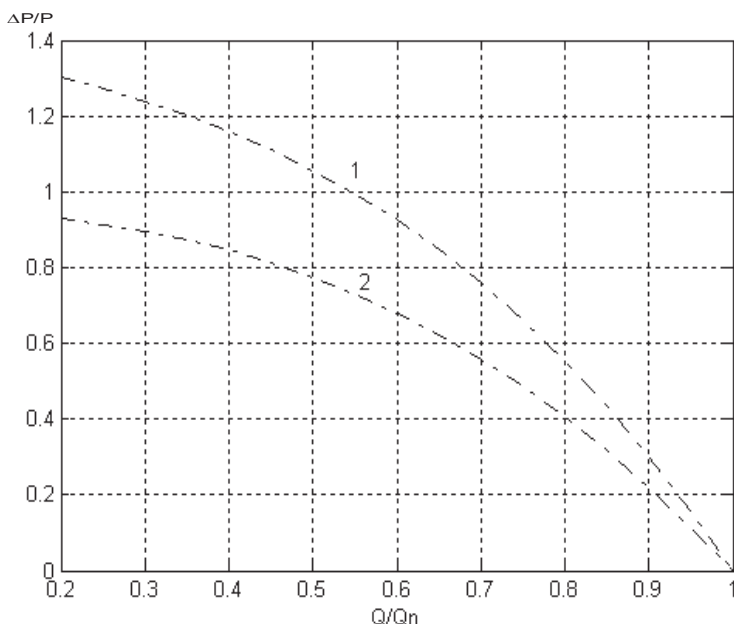
При регулиране чрез отвеждане на част от дебита (регулиране чрез *by pass*) помпата работи с по-голям дебит от подавания към потребителя. При по-големия дебит мощността на центробежните помпи нараства, което в определени случаи довежда до претоварване на задвижващия двигател. Енергията, която се изразходва за отведения дебит, определя загубите в системата. Работният режим при този метод на регулиране зависи както от характеристиките на тръбопроводите (основния и отвеждащия), така и от статичния напор на тръбната система []. Ако на първо приближение при определяне мощността на помпата P_{bp} се приеме, че нейното нарастване е равно на разликата между мощността на изходния режим и тази, отговаряща на новия дебит към потребителя Q_1 , се получава:

$$(6) \quad P_{bp} = P_0 + \frac{(P_H - P_0)}{Q_H} Q \left(2 - \frac{Q_1}{Q} \right).$$

За получаване на дебита Q_1 чрез честотно регулиране, вместо регулиране чрез *by pass*, икономисаната мощност ΔP_{bp} ще бъде:

$$(7) \quad \Delta P_{bp} = P_0 \left[1 - \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^3 \right] + \frac{P_H - P_0}{Q_H} Q \left[2 - \left(\frac{Q_1}{Q} \right) - \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^3 \right].$$

На фиг. 1 е показано едно примерно изменение на спестената енергия при използване на честотно регулиране вместо намаляване на дебита към потребителя чрез дроселиране (крива 2) или чрез регулиране чрез отвеждане (крива 1).



Фиг. 1 Икономисана енергия при използване на честотно регулиране

1 – при замяна на регулиране чрез by pass с честотно;

2- при замяна на дроселно регулиране с честотно

От фигурата се вижда, че както трябва и да се очаква, ефектът от използване на честотно регулиране е по голям при замяната на регулирането чрез отвеждане. И при двете криви ефектът от регулирането бързо спада при висок относителен дебит, но икономията е значителна при отношение на дебитите 0,5-0,8, което прави замяната препоръчителна.

2. Определяне времето за изплащане на инвестицията и остойносттаване на икономисаната енергия

За определяне времето T , за което ще се изплати инвестицията при въвеждане на честотно регулируемо електрозадвижване, се използва зависимостта [4]:

$$(8) \quad T = \frac{C_{рд}}{C},$$

където $C_{рд}$ е цената на честотния регулатор, а C е стойността на икономисаната енергия. Ако със C_d и C_n се означаи съответно цената на ел енергията по дневна и нощна тарифа, а с $E_{ед}$ и $E_{ен}$ – спестената електрическа енергия през дневния и нощния период, то стойността на общо икономисаната енергия ще бъде:

$$(9) \quad C = E_d C_{ед} + E_n C_{ен}.$$

Ако помпата работи с един и същ дебит през цялото време, енергията, която консумира, се определя от зависимостта

$$(10) \quad E = P_d T_d.$$

Но в различните интервали от време Δt_i помпата работи с различни дебити Q_i , а нейната мощност P_i зависи от дебита и начина на поучаване на този дебит.

Следователно намалението на мощността при използване на честотното регулиране, а от там и икономисаната енергия се изчислява по зависимостта:

$$(11) \quad E = \sum \Delta P \Delta t.$$

където Δt е интервалът от време, през който помпата работи с дебит Q .

3. Определяне икономията на енергия и изчисляване на времето за изплащане на инвестицията

От казаното по-горе следва, че за да се пресметне паричното изражение на икономията от внедряването на честотно регулирано задвижване е необходимо да се направи следното:

1. От характеристиката на помпата се отчитат стойностите на мощността при нулев дебит P_0 и при номинален дебит Q_n , съответно P_n .

2. От денонощния график на водоподаване се сумират часовете с еднакъв дебит и по формули (5) и (7) се определя икономисаната мощност ΔP_i за всеки интервал от време Δt_i , като се има предвид вида регулиране и часовата зона за дневна и нощна енергия. Сумирайки отделните стойности се изчислява икономисаната мощност в дневната и нощната часова зона.

3. Използвайки формула (11) се изчислява икономисаната енергия през деня и през нощта.

4. Използвайки уравнение (9) се изчислява стойността на икономисаната енергия, а с формула (8) се определя и времето за изплащане на инвестицията

Пример: Изходни данни за помпа 50E50 (Vipom – гр. Видин),

Номинален дебит $Q_n=50$ l/s; Дебит при изходен работен режим - $Q=52$ l/s

Мощност при нулев дебит $P_0=15$ kW и при номинален дебит – $P_n = 30$ kW

Цени на електроенергията за промишлени нужди: дневна тарифа – 0,20545 лв./kWh; нощна тарифа – 0,14015 лв./kWh.

Данните за водоподаването и мощността, която би се спестила при замяна на дроселното регулиране с честотно са показани в таблица 1, а резултатите от пресмятанятия са представени в таблица 2

Таблица 1

Часови интервал	22-6	6-9	9-12	12-14	14-17	17-22
Време на работа [h]	8	3	3	2	3	5
Дебит [l/s]	37	51	43	50	45	52
Мощност на помпата [kW]	25.3583	30.8996	27.5172	30.4453	28.3088	31.3628

Таблица 2

	Дневна енергия [kWh]	Стойност [лв]	Нощна енергия [kWh]	Стойност [лв]	Обща сума на дневната икономия, [лв]
Замяна на дроселно регулиране	27.0626	5.5600	46.7224	6.5481	12.1081
Замяна на регулиране by pass	52.1269	10.7095	85.3064	11.9557	22.6652

При цена на регулаторите около 157 лв/kWh с включен ДДС един 50 kW

регулатор при замяна на дроселното регулиране би се изплатил за 1.7762 години, а при замяна на регулиране by pass за 0.9489 години. При срок на експлоатация на честотните регулатори 10-15 години такава инвестиция е напълно оправдана. Това напълно кореспондира с получените и от авторите на подобни методики (например [8]) резултати.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената методика позволява бързо и с минимални изходни данни да се направи оценка на стойността на икономисаната енергия и да се оцени ефектът от замяната на дроселното и регулирането чрез by pass с честотно регулиране. Тя дава възможност да се прави експресна оценка за възвращаемостта на капиталовложението, свързано с внедряване на честотно регулируемо електрозадвижване, и евентуалната печалба от внедряването му.

Резултатите получавани по тази методика кореспондират с получените от други автори и позволява.

БЛАГОДАРНОСТИ: *Тази работа е част от предвидените дейности по проект № MIS ETC 211: 2 (3i) -3.1-13: „Действия за подкрепа на нови научно-технически партньорства в транс граничната област с цел да обедини бизнеса и научните изследвания, за достъп до Европейски фондове САНДИ”, който е финансиран по Програмата за трансгранично сътрудничество Румъния България 2007– 2013.*

ACKNOWLEDGEMENTS: *This work is a part of the planned activities of the project № MIS ETC 211: 2 (3i) - 3.1-13: “Support Actions to create New RDI partnerships in trans-border area in order to bring together Business and Research for accessing European Funds” which is funded by the Program for cross-border cooperation between Romania and Bulgaria, 2007-2013*

Литература

- [1] Гужулов, Г. Хидравлика и хидравлични машини Техника София 1979
- [2] Лезнов, Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках. — М.: Энергоатомиздат, 2006..
- [3] Попов, Г. и др. Отчет на проект 2010-АИФ-03
- [4] Попов Г., Кл. Климентов. Ръководство за упражнения по турбо помпи и вентилатори Русе 2009.
- [5] Минскер, Ф. Экономические и технологические аспекты энергоресурсосбережения за счет широкомасштабного внедрения регулируемого электропривода, отечественного производства
- [6] Шакарян Ю.Г., Н.Ф. Ильинский. Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода, АО ВНИИЭ, МЭИ, М. 1997 г.
- [7] www.filkab.com - каталог на Schneider Electric
- [8] .www.centraline.com Ристимеки Томи Энергийна ефикасност посредством честотни преобразуватели

За контакти:

Доц. д-р Генчо Попов e-mail gspopov@uni-ruse.bg Катедра Топлотехника, хидравлика и екология

доц. д-р И. Желева e-mail vzh@abv.bg катедра Топлотехника, хидравлика и екология

докторант Радослав Танев, катедра Топлотехника, хидравлика и екология , e-mail rtanev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.