

Porovnání čerpadel v paralelním provozu s použitím regulace otáček

Ing. Edvín Kavala, Mgr. Petr Šášek, Ing. Petr Brychta
EQT Olomouc

Použité pojmy:

Provozní charakteristika je daná připojenou sítí na sání a výtlaku a vyjadřuje závislost celkové požadované dopravní výšky na průtoku

Provozní náklady jsou průběžné náklady na spotřebu energie a opravy čerpadel způsobené opotřebením

Paralelní provoz souběh dvou a více čerpadel do jednoho výtlačného potrubí

1. Úvod

Potřeba dodávky vody je daná rozmanitostmi odběru konkrétní oblasti. Pokud se nejedná o novou oblast je zpravidla jednoznačně stanovená síť s tlakovými pásmy a akumulacemi. Tyto informace doplněné zadáním určujícím potřebu vody z hlediska průtoku s bilancemi jsou určující pro parametry čerpací stanice a regulaci z hlediska průměrných, dynamických a mimořádných potřeb. Z hlediska vývoje čerpání je nutné stanovit přiměřenou rezervu a to minimálně při stanovení pohonů čerpadel.

Řešení variabilní potřeby dodávané vody z hlediska průtoku a tlaku je možné provádět klasickým způsobem a to čerpací stanicí osazenou jedním či více čerpadly o různých velikostech s různou mírou záskoku s vazbou na možné tlakové akumulace. U čerpacích stanic se zpravidla jedná o paralelní souběh více čerpadel.

Se snahou přiblížit možnosti čerpací stanice odběrům a odstranit skokové zatížení čerpacích soustrojí lze s úspěchem využívat změnu otáček čerpadel prováděnou mechanickou hydraulickou a elektrickou cestou. Změna otáček u hydrodynamických čerpadel je řešením operativní dodávky vody. Při této variantě změny čerpaného množství však musíme sledovat provozní souvislosti s ohledem na ekonomiku provozu a ekonomikou investic vyváženou na druhé straně přesností parametrů dodávky vody vyžadované spotřebitelem.

Z tohoto hlediska je nutné věnovat mimořádnou pozornost požadavkům spotřebitele na straně jedné a možnostem provozu z hlediska osazení čerpací stanice na straně druhé, protože investice je zpravidla jednorázová, ale rostoucí **provozní náklady trvají po dobu životnosti technologického vybavení** a to především čerpadel a následně souvisejících strojů a zařízení (elektromotorů, měničů, řídicích prvků atd.).

Předmětem našeho příspěvku je dílčí část rozboru vhodnosti instalace čerpadel v paralelním provozu **z hlediska provozních nákladů** a to především spotřeby elektrické energie dané provozními oblastmi jednotlivých čerpadel, při zanedbání investičních nákladů a vlivů mechanického zatěžování čerpadel v nestandardních režimech.

Pro posouzení všech možných variant uvádíme stávající varianty čerpadel instalovaných v čerpacích stanicích.

2. Paralelní provoz beze změny otáček

Uvedený provoz je běžný na mnoha čerpacích stanicích a je dán souběhem dvou a více čerpadel regulovaných na základě tlaku nebo průtoku. Provoz čerpadel je v závislosti na provozní charakteristice výtlačného a v případě, že sání čerpadel je význačné z hlediska

tlaku nebo hydraulických ztrát i sacího potrubí. Na obrázku 1 je uveden klasický souběh dvou čerpadel při provozní charakteristice s konstantním tlakem a klasické ztrátové charakteristice parabolického průběhu (s vyšším podílem vlivu ztrát). Skutečné provozní stavy jsou dány parametry v prostoru ohraničeném charakteristikami (označenými silně), které mimo body A,B, znamenají jakoukoliv regulaci a tudíž i větší ztrátu.

K provozování lze konstatovat, že při ideálním konstantním odběru a konstantní tlakové provozní charakteristice jsou výsledné účinnosti čerpadel v těchto bodech stejné. Při ztrátové charakteristice s parabolickým průběhem a souběhu více čerpadel dochází k posunu účinnosti čerpadel (v závislosti na strmosti provozní charakteristiky potrubního řádu) doleva tj. do menších množství.

Z uvedeného obrázku č. 1 je patrné, že čerpadlo je vhodně navrženo pro paralelní provoz při klasické provozní charakteristice (body A2,B2). Pro konstantní provozní charakteristiku je čerpadlo nevhodné, protože je provozováno za optimem a tím i s účinností o 15 % nižší, což znamená při příkonu 50 kW ztrátu 7 kW a při ročním provozu a ceně kWh za 1 Kč ztrátu okolo 61 000 Kč (body A1,B1).

Z tohoto hlediska musí být navržena čerpadla s váhou na nejčtetnější provoz dle bilancí a předpokládaného vývoje.

3. Paralelní provoz se změnou otáček jednoho čerpadla

Uvedená verze instalace čerpadel předpokládá provoz pouze jednoho regulovaného čerpadla. Provoz s využitím regulace otáček pouze u jednoho čerpadla přináší určité výhody především v naprosto jednoznačném návrhu neregulovaného čerpadla, které můžeme navrhnout pro optimální parametry s respektováním nárůstu tlaků (v případě parabolické provozní charakteristiky). Provoz při rozběhu prvního a potom následně druhého zjednodušeně obecně regulačního čerpadla, které pracuje s účinností vždy horší než čerpadlo na plné parametry je z hlediska provozních nákladů otázkou délky provozu.

Na obrázku 2 jsou parametry čerpadla s optimálním průběhem otáček z hlediska účinnosti (body A1-A4 a jim odpovídající účinnosti η_1 - η_4). V tomto případě je čerpadlo vhodné pro regulaci otáček v rozmezí 1450-1750 ot/min ale je zde rovněž patrná informace o účinnosti provozu čerpadla pod 40 l/s a nad 100 l/s (při předpokladu poklesu tlaku) a to jak v samostatném tak v paralelním provozu.

Na obrázku 3 je potom uveden souběh regulovaného (může být i regulované při plných otáčkách) a neregulovaného čerpadla. Z uvedených charakteristik vyplývá, že provoz v bodě A4 tj. souběhu obou čerpadel na plné otáčky pracují čerpadla v optimální účinnosti η_{A4} . S poklesem otáček regulovaného čerpadla na provozní bod A3 je neregulované čerpadlo provozováno v podstatě pořád při optimální účinnosti η_{NA3} a regulované čerpadlo při účinnosti η_{RA3} , která je již nižší. Daleko výraznější pokles účinnosti η_{RA2} regulovaného čerpadla je v bodě A2.

Při přechodu čerpadla na plné parametry charakteristické při rozběhu a doběhu neregulovaného čerpadla je nutno provést regulaci natolik rychle, aby nedocházelo k výrazným tlakovým změnám.

Tento způsob provozu je výhodný nad hranici třech a více čerpadel a to především z investičních důvodů.

4. Paralelní provoz se změnou otáček jednoho a více čerpadel

Tento provoz je v podstatě dražším technickým zjednodušením předchozího provozu a jakousi unifikací vybavení z důvodu neomezeného střídání čerpadel. Provoz všech

čerpadel může s ohledem na stejné provedení simulovat předchozí provozování pevných čerpadel, anebo mohou být čerpadla provozovaná při stejných otáčkách je nutné srovnat výhody předchozího uspořádání regulace se souběžnou regulací dvou a více čerpadel na stejné otáčky. Při rozběhu regulovaného čerpadla, které pracuje v bodech A1 - A4 uvedených na obrázku 2 jsou patrné snížené účinnosti η_A a tím i tedy vyšší náklady na čerpání v těchto režimech, při kterých je čerpadlo provozováno. Po přechodu na plné parametry prvního čerpadla a za předpokladu, že dochází k nárůstu množství viz obr. 3 je spouštěno druhé čerpadlo se všemi negativními efekty nízké účinnosti η_{RA} s tím, že první čerpadlo běží v optimálních parametrech. Pro posouzení efektivnosti nákladů na čerpání při provozu obou strojů je podstatný součet příkonů obou strojů daný jejich účinností a skutečným hydraulickým výkonem. Výpočet je nutný provést při provozu prvního stroje na plné parametry a maximální účinnosti a u druhého stroje s účinností odpovídající otáčkám viz obrázek 3.

Pro srovnání s variantou provozování obou a více strojů se stejnými měnicími se otáčkami je nutný rozbor efektivnosti obou variant, aby bylo jednoznačné jak regulaci provádět z hlediska nákladů na provoz.

Pro posouzení je nutné vycházet z bilancí skutečného provozování čerpadel se zohledněním návrhu čerpadel pro dané parametry.

Z uvedených skutečností je však patrné že z hlediska provozu je souběžná regulace otáček výhodná pouze při provozu čerpadel navržených s parametry za optimem účinnosti a to pouze v menším regulačním pásmu. Hlavním kritériem zůstává míra rozdílnosti provozní charakteristiky a charakteristiky optimální účinnosti čerpadla.

Určitou výhodou je rovnoměrné zatěžování čerpadel a provoz při nižších parametrech, což má nesporný dopad na životnost čerpadel.

5. Praktické zkušenosti a provozní poznatky

Regulace otáček čerpadel je bezesporu energeticky výhodnější regulace než regulace škrcením, případně přepouštěním. Má své výhody rovněž z hlediska kavitačních vlastností čerpadel v případech, kde jsou významné. Není ovšem všelékem zejména ve režimově vyhraněných provozech, kde se jeví místy i ztrátová. Rovněž z hlediska investičních nákladů je i při poklesu cen frekvenčních měničů jejich položka poměrně významnou částí dodávky.

Z těchto hledisek doporučujeme věnovat přípravě zadání pro projekt dostatek prostoru, aby byl volen vhodný způsob osazení a regulace. V předešlém textu nebyly posuzovány vhodnější varianty a to kombinace provozu čerpadel s polovičním výkonem kde je nutné zejména pro variantu jednoho regulovaného čerpadla použít pouze čerpadla s 50% množstvím a tomu úměrnými investičními náklady.

Z pohledu regulace paralelně provozovaných čerpadel doporučujeme zvážení základní veličiny pro regulaci. Důvodem je velmi plochá součtová charakteristika a tím i značná necitlivost tlakové regulace na poměrně velké změny průtoku.

S ohledem na skutečnost, že základním kritériem po spolehlivosti by měla být účinnost čerpací stanice při nejčtenějších průtocích lze konstatovat, že změna otáček čerpadel je vhodným prvkem, ale vyžaduje pečlivou rozvahu.

Rozvaha k osazení čerpací stanice a regulaci je poměrně jednoznačná zejména při optimalizacích stávajících systémů u kterých jsou k dispozici jednoznačné a dlouhodobé bilanční informace a je poměrně přesně znám hydraulický systém

Na závěr konstatujeme, že jakákoliv podobnost s parametry některých čerpacích stanic je čistě náhodná.