BILANS MOCY W UKŁADZIE POMPOWYM STUDNI UJĘCIOWEJ

<https://doi.org/10.18778/8220-655-5.09>

Streszczenie: Opisana w artykule metoda wykonania bilansu 4. ciśnień i tym samym bilansu mocy w układzie pompowym pompy głębinowej, opiera się na wykorzystaniu zintegrowanej sondy. Sonda montowana jest za króćcem tłocznym pompy, pod wodą – patent EP3271546B1. Metoda daje możliwość dokładnego wyznaczenia mocy w układzie pompowym przeznaczonej na uruchomienie działania geohydrauliki studni. Wyznaczono wskaźnik jakości energetycznej geohydrauliki e_{GH} , który określa jednostkową wartość energii na podanie m^3 wody. W artykule zademonstrowano także wyniki działania modelu matematycznego wizualizującego bilans mocy podczas eksploatacji układu pompowego.

Słowa kluczowe: sonda pomiarowa, ciśnienie wody, straty mocy, geohydraulika, komputerowy system zarządzania.

Wprowadzenie

Zastosowanie metody dokładnej diagnostyki parametrycznej pracy głębinowego agregatu pompowego w układzie pompowym studni, a więc pomiaru ciśnień wewnątrz i na zewnątrz rurociągu tłocznego specjalną sondą umieszczoną za króćcem tłocznym pompy pod wodą – ryc. 1, 2, otworzy zupełnie nowe możliwości w bilansie mocy podczas eksploatacji ujęcia studziennego.

Ryc. 1. Widok na sondę rejestrującą ciśnienia, umieszczoną za króćcem ssawnym pompy głębinowej

(19) (11) **EP 3 271 546 B1**

(12) **EUROPEAN PATENT SPECIFICATION**

(45) Date of publication and mention of the grant of the patent: **05.06.2019 Bulletin 2019/23**

(21) Application number: **15719509.0**

(22) Date of filing: **16.03.2015**

(51) Int Cl.: **E21B 43/12 (2006.01)**

(86) International application number: **PCT/IB2015/051920**

(87) International publication number: **WO 2016/147029 (22.09.2016 Gazette 2016/38)**

(54) **METHOD FOR CONDUCTING ON-GOING ANALYSIS OF THE CURRENT TECHNICAL CONDITION OF A SUBMERSIBLE PUMP SYSTEM AND A PROBE USED FOR EMPLOYING THIS METHOD**

VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG EINER LAUFENDEN ANALYSE DES AKTUELLEN TECHNischen ZUSTANDS EINES TAUCHPUMPENSYSTEMS UND EINE ZUM EINSATZ DES VERFAHREN VERWENDETE SONDE

PROCÉDÉ POUR EFFECTUER UNE ANALYSE CONTINUE DE L'ÉTAT TECHNIQUE ACTUEL D'UN SYSTÈME DE POMPE SUBMERSIBLE ET SONDE UTILISÉE POUR EMPLOYER CE PROCÉDÉ

Ryc. 2. Opis przewodni patentu EP3271546B1 (2019)

Źródło: Patent 2019

¹ MAST, Zawady 20P, 97-400 Bełchatów, mast@mast.com.pl

Posiadając komplet 4. ciśnień z układu (Patent 2019, Strączyński i in. 2019): p_P , H_H , p_1 , p_2 i wydajność pompy Q oraz znając aktualny pobór mocy czynnej P_e wraz z danymi instalacyjnymi jego budowy L_P , D_R , możemy wyznaczyć dokładną wartość mocy w tych 6. obszarach układu, które powszechnie znane są w technice pompowej – dla wody o temperaturze ca 18°C , $\gamma_c=1\ 000\ \text{kG/m}^3$. Na ryc. 3 pokazano i ponumerowano te miejsca – obszary. Tak więc (Strączyński i in. 2021):

Numer 1 – tu przypada strata mocy w agregacie pompowy (silnik + pompa) oraz w zasilaniu (kabel + np. falownik): P_{AZ} . Ta strata mocy zależy od „punktu pracy” pompy na jej charakterystyce $H=f(Q)$, przekroju i długości kabla zasilającego, typu silnika (asynchroniczny – synchroniczny). Użytkownik może wartość traconej mocy P_{AZ} optymalizować zarówno po stronie parametrów pompy (właściwy dobór i regulacja) jak i stosując właściwy przekrój kabla lub też np. silniki synchroniczne.

Numer 2 – dotyczy wielkości strat liniowych w rurociągu tłocznym pompy: P_{SL} . Straty te zależą od średnicy i długości rurociągu oraz od jakości wody (tlenki żelaza, mangan, itp.). Użytkownik może zmniejszyć wartość tych strat – P_{SL} gdy przestrzega ograniczenia prędkości przepływu w rurociągu – maks. $2,25\ \text{m/s}$, stosuje przewody „elastyczne” (Strączyński i in. 2020) dla wód np. z tlenkami żelaza, podczas wymiany pompy czyści rury tłoczne.

Numer 3 – straty w armaturze – P_{SA} . Podstawowa zasada – nigdy nie dławić pompy zasuwać. Kiedy jest konieczność zmiany punktu pracy – regulować wydajność przy pomocy falownika, a więc zmieniając charakterystykę pompy, a nie układu pompowego (Strączyński i in. 2020). Okresowo należy sprawdzać stan techniczny tzw. klap zwrotnych, czy też zaworów i wodomierzy.

Numer 4 – moc zużywana na uruchomienie działania geohydrauliki studni P_{GH} zależy głównie od jej stanu technicznego, jak i jakości zafiltrowania wraz z warstwą przystudzienną. Nazwaną tu – jakością energetyczną geohydrauliki określa wskaźnik e_{GH} , którego wartość najlepiej gdy nie przekracza $100\ \text{Wh/m}^3$. Użytkownik ma pośredni wpływ na moc zużywaną na uruchomienie działania geohydrauliki studni, jednak po jej wyraźnej zmianie może przedsięwziąć np. działania związane z regeneracją studni. Może też ograniczyć dopuszczalną wydajność studni – tak, by niewiele przekraczać $e_{GH}=100\ \text{Wh/m}^3$.

Numer 5 – moc P_{st} dotyczy tzw. podnoszenia stałego związanego z położeniem zwierciadła statycznego wody w studni. Podnoszenie to uzależnione jest od głębokości położenia warstwy wodonośnej. Użytkownik w tym zakresie nie ma możliwości optymalizacji tej części mocy i można przyjąć, że im warstwa występuje płycej tym energetycznie lepiej.

Numer 6 – moc P_{p2} konieczna by pokonać opory na odpływie z układu pompowego i zależy od typu instalacji za układem. Klasycznie można rozróżnić 3 typy odpływu (Patent 2019), a więc: na sieć, zbiornik lub tzw. „wolny” wypływ. Wartość ta zależy też od odległości np. zbiornika od studni oraz przekroju rurociągu łączącego obiekty. Jeżeli układ pompowy studni pracuje na wspólny rurociąg z innymi studniami ujęcia, wartość tej części mocy zależeć będzie od oporów „wtłaczania” się układu dla różnych ilości pracujących studni.

Przedstawione powyżej metody identyfikacji bilansu mocy w układach pompowych studni są współcześnie nowymi sposobami wykorzystującymi najnowsze, patentowane (Strączyński 2017, Patent 2019) rozwiązanie z zakresu techniki pomiarowej w układach pompowych pomp głębinowych – zintegrowaną sondę pomiarów ciśnień.

Dotychczasowe metody pozbawione możliwości dokonywania dokładnego bilansu energii podczas pracy układu pompowego i studni wprowadzały zawsze przybliżenia, które często ukierunkowywały do niewłaściwych wniosków.

Geohydraulika studni

Gdy wyznaczymy (Strączyński i in. 2021) dokładną wartość części mocy P_{GH} (kW) (**numer 4**) poświęconej na wytworzenie depresji s i podzielimy ją przez wydajność pompy Q (m³/h) otrzymamy wartość tzw. wskaźnika jakości energetycznej geohydrauliki e_{GH} (kWh/m³, Strączyński i in. 2021). Po przemnożeniu przez 1 000, finalnie otrzymamy wskaźnik e_{GH} w Wh/m³.

Trzeba pamiętać, że byty energetyczne układu pompowego i studni są różne choć powiązane wspólnym położeniem zwierciadła wody w studni – H_D i wydajnością pompy – Q . Część mocy w układzie pompowym poświęcona jest na wytworzenie depresji w studni i uruchamianie działania geohydrauliki – inaczej ujmując, efekt funkcjonowania układu generuje geohydraulikę do działania według jej jakości energetycznej. Przekłada się to dalej na znane w hydrogeologii wskaźniki ocen, lecz finalnie wartość depresji – s w studni zależy wprost od jakości bytu – studnia. Pompa ze swoim układem pompowym spełnia tu rolę wykonawczą. Po zastosowaniu patentu EP3271546B1 (Strączyński 2017) otworzyła się możliwość dokładnego rozliczania energetycznego oddziaływania między bytami: układ pompowy – studnia.

Na rycinie 4 pokazano zakres możliwych zmian współczynnika e_{GH} (Wh/m³) i orientacyjnie nakreślono przedziały korzystne energetycznie.

Ryc. 4. Przedziały wartości wskaźnika jakości energetycznej geohydrauliki e_{GH} [Wh/m³]

Objaśnienia:

0–50 geo – hydraulika korzystna energetycznie,

51–100 geo – hydraulika graniczna energetycznie,

101–250 geo – hydraulika z problemami energetycznymi,

251–500 geo – hydraulika z wysokimi problemami energetycznymi

Źródło: Strączyński 2021

Praktycznie można przyjąć, że gdy wskaźnik e_{GH} jest większy od 50–100 Wh/m³ mamy już do czynienia ze studnią z problemami energetycznymi, a gdy przekroczy 200–250 Wh/m³ trzeba się zastanowić czy taką studnię energetycznie warto eksploatować.

Wskaźnik nie określa przyczyn niskiej jakości energetycznej geohydrauliki studni lecz sugeruje użytkownikowi by przeanalizował, czy warto dobierać pompę do studni o wysokim zapotrzebowaniu mocy z układu dla danej wydajności studni – Q . Można dobrze dobrać pompę i ocenić pozytywnie jej pracę do wysokoenergochłonnej już studni – czasami uszkodzonej

(kolmatacja itd.). Właśnie e_{GH} dokładnie pomaga taką sytuację zdiagnozować wykorzystując bieżące pomiary lub z pompowań próbnych studni. Na rycinie 5 pokazano jak zmienia się wartość wskaźnika dla studni nr 1 z bardzo dobrą energetycznie geohydrauliką, a więc potrzebującą niewielką moc z układu na jej uruchomienie. Pompa pracuje z wydajnością $Q=25 \text{ m}^3/\text{h}$ i dla tej wartości $e_{GH}=20 \text{ Wh/m}^3$. Po prostym przeliczeniu $P_{GH}=e_{GH} \times Q=500 \text{ W}$ lub $0,5 \text{ kW}$. Taką wartość mocy zużywamy na działanie geohydrauliki – porównywaną do mocy niezbędnej do pokonania strat liniowych w rurociągu.

Rycina 6 pokazuje inną studnię – nr 3, która już po uruchomieniu osiąga wskaźnik e_{GH} powyżej 100 Wh/m^3 , a w punkcie pracy pompy $Q=25 \text{ m}^3/\text{h}$ i $e_{GH}=160 \text{ Wh/m}^3$, co po przeliczeniu odpowiada mocy $4,0 \text{ kW}$.

Ryc. 5. Zmienność wskaźnika dla przykładowej studni nr 1 z bardzo dobrą charakterystyką energetyczną geohydrauliki

Źródło: Strączyński 2021

Ryc. 6. Zmienność wskaźnika dla przykładowej studni nr 3, która już po uruchomieniu osiąga $e_{GH} > 100 \text{ Wh/m}^3$

Źródło: Strączyński 2021

Zestawiając powyższą charakterystykę z charakterystyką studni nr 1 (dla tej samej wartości $Q=25 \text{ m}^3/\text{h}$) okaże się, że studnia nr 3 zużywa 8 razy więcej mocy na pracę geohydrauliki! Niewątpliwie użytkownik powinien się zastanowić czy nie odstawić jej do regeneracji.

Współczesne, nowe metody rozdziału mocy w pracy układów pompowych (Strączyński 2017) realizowane są w **SPMSYSTEM**, gdzie operator systemu znając własne ceny energii może dokładnie zbilansować koszty np. uruchomienia obsługi stanu technicznego studni.

Na rycinie 7 pokazano fragment ekranu uwidaczniający dokładne rozliczenie mocy w układzie pompowym. Zestawiono też graficznie oceny: energochłonności układu pompowego oraz stanu jakości energetycznej geohydrauliki studziennej.

Wizualizowany na ryc. 7 stan pracy układu pompowego i studni jest w modelach matematycznych systemu oceniony jako pozytywny, tak więc operator nie ingeruje w eksploatację tego ujęcia. Na uwagę zasługuje fakt, że gdy policzymy sprawność energetyczną tego układu, to otrzymamy wartość $\eta_{UP}=0,52$, a więc pozytywną przy $e_{GH}=49 \text{ Wh/m}^3$. Warto zauważyć, że wzajemne śledzenie zmian wartości mocy w układzie pompowym otwiera zupełnie nowy wgląd w eksploatację ujęcia.

Ryc. 7. Fragment ekranu pokazujący dokładne rozliczenie mocy w układzie pompowym

Źródło: Strączyński 2021

Podsumowanie

Trzeba stwierdzić, że w 21 roku XXI wieku, systemowe wspomaganie, w optymalizacji eksploatacji układów pompowych pomp głębinowych jest już faktem i powinno być dalej intensywnie rozwijane. Modele matematyczne optymalizujące działania w eksploatacji ujęć i to zarówno po stronie techniki pompowej czy też hydrogeologii, potrzebują danych rzeczywistych z pompowań próbnych jak też, z aktualnej pracy studni. Wyniki modelowych ocen eksploatacji wraz z analizą kosztów umożliwiają podejmowanie optymalnych decyzji w zarządzaniu pracą ujęć. Współczesne działania nie przynoszą już oszczędności na poziomie kilkudziesięciu procent, a jest to kilka lub kilkanaście cennych procent. Współcześnie liczy się trafność i szybkość reakcji, która skutecznie podnosi efektywność i jakość eksploatacji.

Bibliografia

- Patent EP3271546B1, 2019, European Patent Office, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/053016620/publication/EP3271546B1?q=EP3271546B1> (dostęp: 15.8.2021).
- Strączyński M. (red.), 2017, *Energooszczędna, systemowa eksploatacja ujęć i pomp głębinowych*, [w:] Materiały konferencyjne, Seminarium Szkoleniowo-Promocyjne – Orle Gniazdo Hucisko, 16–17 listopada 2017 r.
- Strączyński M., Urbański P., Solecki J., 2019, *Pompy głębinowe*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Wydanie I, Warszawa.
- Strączyński M., 2020, *Technika cyfrowa w energooszczędnej eksploatacji pomp i ujęć głębinowych – cz. 1. Modele matematyczne wspomagające podejmowanie decyzji eksploatacyjnych*, Pompy Pompownie, 1/2020, Racibórz.
- Strączyński M., 2021, *Bilans mocy w układzie pompowym pompy głębinowej*, Forum Eksploatatora, 2: 62–64.
- Strączyński M., Urbański P., Latoń D., 2021, *Energooszczędna eksploatacja pomp głębinowych*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Wydanie I, Warszawa.