

Zwiększenie bezpieczeństwa zasilania elektroenergetycznego pompowni wodociągowej

Zbigniew Szulc

1. Wstęp

Sieć wodociągowa składa się z kilku ważnych elementów oraz z wielu urządzeń, które dzięki współpracy umożliwiają transport wody od producenta (ujęcie wody, stacja uzdatniania wody) do konsumenta (użytkownika indywidualnego lub przemysłowego).

Jednym z ważniejszych elementów tej sieci jest pompownia. Nowoczesna pompownia wymaga źródła energii elektrycznej dla wszystkich swoich odbiorników tego rodzaju energii. Praktycznie wszystkie napędy pomp (silniki napędowe), układy sterowania i monitorowania są odbiornikami energii elektrycznej. Zanik napięcia zasilającego pompownię lub nawet obniżenie jego wartości poniżej dopuszczalnej powoduje najczęściej wyłączenie większości odbiorników elektrycznych. Konsekwencją tego zjawiska jest wstrzymanie dostawy wody do odbiorców. W zależności od typu odbiorcy możliwe są różne dopuszczalne czasy przerw w pracy pompowni.

W artykule został przedstawiony problem bezpieczeństwa energetycznego pompowni, która dostarcza uzdatnionej wody do osiedla mieszkaniowego i obiektu przemysłowego. Technologia realizowana w obiekcie przemysłowym dopuszcza przerwę w dostarczaniu uzdatnionej wody, nie dłuższą niż 30 s. W założeniach projektowych istniało oddzielne źródło wody uzdatnionej. Jednak realizacja oddzielnej pompowni okazała się niemożliwa. Przez najbliższe lata (ok. 10 lat) nie będzie innej możliwości dostarczenia wody uzdatnionej do tego obiektu przemysłowego.

Zasilanie energią elektryczną istniejącej pompowni jest zawodne. Występują zaniki i zapady napięcia, które uniemożliwiają spełnienie warunków dopuszczalnej przerwy czasowej pracy pompowni.

W artykule przedstawiono koncepcję poprawy bezpieczeństwa zasilania energetycznego tej pompowni w oparciu o lo-

kalne źródło energii elektrycznej w postaci agregatu prądotwórczego i urządzenia typu UPS.

2. Identyfikacja obecnego źródła zasilania energią elektryczną i jego właściwości

Pompownia zasilana jest linią energetyczną napowietrzną o napięciu 15 kV. Napięcie to zasilą transformator o przekładni 15 kV/0,4 kV i mocy znamionowej 400 kVA. Wszystkie odbiorniki elektryczne pompowni są zasilane napięciem przewodowym 400 V lub fazowym 230 V. Największe pod względem mocy są silniki elektryczne indukcyjne klatkowe o mocy znamionowej 160 kW i prędkości znamionowej 992 obr./min., bezpośrednio załączane do sieci energetycznej. Silniki te napędzają pompy główne, przy czym dwie wystarczają do pracy zapewniającej warunki eksploatacyjne pompowni. Trzecia pompa stanowi rezerwę.

W celu oceny jakości tego źródła zasilania przeprowadzono pomiary i rejestracje napięć w rozdzielni na poziomie 400 V/230 V. Rejestrowano fazowe napięcia w ciągu jednego miesiąca pierwszego półrocza.

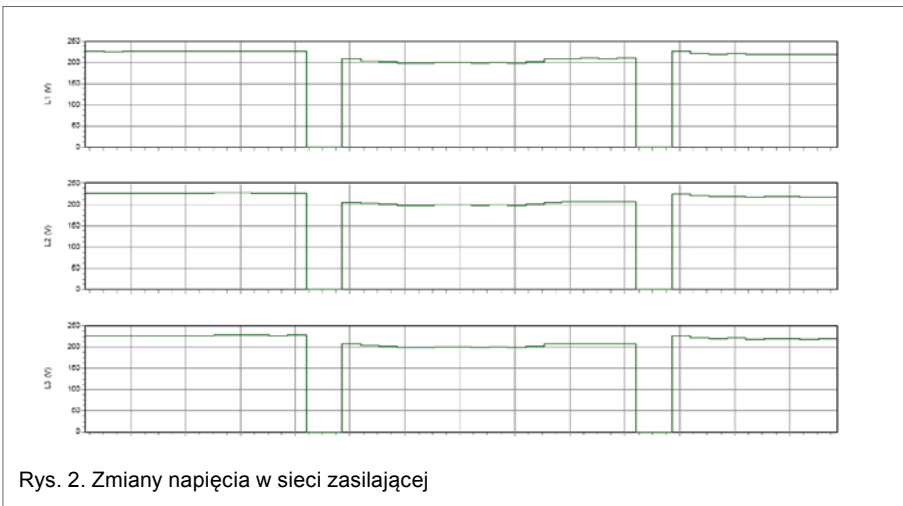
SAFETY ENHANCEMENT OF THE ELECTRICAL SUPPLY IN THE PUMPING STATION

Abstract: Pumping stations need to be fed by the electric energy. Quality of this energy is an important factor of its correct work. In this article were presented factors that not allow its working correctly, because of this quality. The article also presents examples of changes in this quality (voltage decay). Contemporary electro-technics makes changing this quality possible. Application of a generator and UPS device makes pumping stations working correctly, although a disruption of electricity supply may still exist.

Na rys. 1 zostały przedstawione zarejestrowane przebiegi wartości skutecznej w trzech fazach. Wystąpił zapad napięcia i przerwa w zasilaniu. Norma PN-EN 50160 definiuje zapad napięcia jako zmianę wartości skutecznej do poziomu od 90% do 1% wartości deklarowanej i czasie trwania od 10 ms do 1 min. Przerwa w zasilaniu jest definiowana jako zmniejszenie się deklarowanego na-



Rys. 1. Zapad napięcia i przerwa w zasilaniu



okazało się koniecznością. W innej sytuacji już na etapie projektowania należało ten problem rozwiązać.

3. Modernizacja źródła zasilania elektroenergetycznego pompowni

Najlepszym rozwiązaniem problemu bezpieczeństwa energetycznego pompowni byłaby modernizacja linii zasilającej 15 kV. Z różnych względów poprawa pracy tej linii nie może być w taki sposób realizowana. Ponieważ obiekt przemysłowy, który korzysta z wody uzdatnionej produkowanej przez pompownię, będzie pracował 8–10 lat, należy postąpić inaczej.

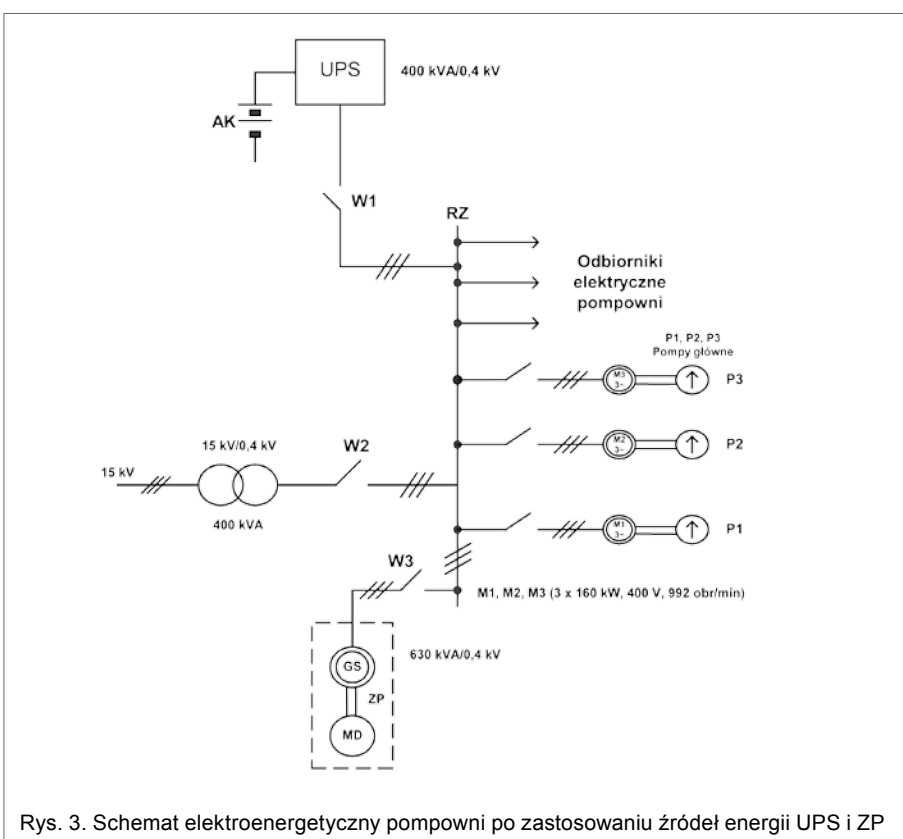
Technicznie jest możliwe zastosowanie lokalnego źródła energii elektrycznej w postaci agregatu prądotwórczego. Moc agregatu zależy od mocy odbiorników elektrycznych pompowni i rodzaju ich pracy (głównie zjawiska rozruchu silników pomp głównych). W pompowni istnieją trzy silniki napędowe pomp głównych (trzy zespoły silnik – pompa). Dwa zespoły pracują, a trzeci jest rezerwowy. Wszystkie pozostałe odbiorniki pobierają z rozdzielni zasilającej (RZ) ok 50 kW elektrycznej mocy czynnej. Uwzględniając moce bierne, transformator zasilający pompownię posiada moc pozorną $S_T = 400$ kVA (wartość znamionowa).

W celu poprawy warunków zasilania elektroenergetycznego pompowni i zwiększenia bezpieczeństwa jej pracy, zaproponowano zastosowanie dodatkowego źródła energii elektrycznej w postaci zespołu prądotwórczego (ZP) i urządzenia typu UPS. Na rys. 3 został przedstawiony schemat ideowo-blokowy układu elektroenergetycznego pompowni po wprowadzeniu tych urządzeń.

Zadania tych urządzeń są następujące:

- **UPS** – powinien w najkrótszym czasie przejąć zasilanie pompowni, aby nie przestały pracować pompy główne (maksimum dwa zespoły, trzeci jest rezerwowy).
- **ZP** – w ciągu 15 s powinien wystartować i stać się głównym źródłem zasilania dla pompowni.

Baterie akumulatorów (AK), urządzenia typu UPS zostały tak dobrane, aby zapewnić pracę pompowni do czasu wejścia do pracy agregatu prądotwórczego ZP (15 s do 20 s). Zespół prądotwórczy składa się z prądnicy synchronicznej (GS) oraz silnika, który ją napędza (diesel) – (MD), a także zbiornika na paliwo.



pięcia poniżej 1%. Wyróżniane są dwie przerwy. Długa przerwa, gdy przerwa trwa powyżej 3 minut. Na rys. 1 wystąpił wyraźny zapad napięcia trwający ok. 7 min i wynoszący 21% napięcia znamionowego oraz przerwa w zasilaniu (napięcie spadło do zera) też trwająca ok. 7 min. Między tymi zmianami napięcia wystąpiło zmniejszenie napięcia o ok. 7% i była to dopuszczalna zmiana.

Na rys. 2 zostały zarejestrowane zmiany napięcia, przy czym należy rozpatrywać je następująco. Pierwsza przerwa w zasilaniu nastąpiła o godz. 15.03 i trwała do 15.13. Druga przerwa – od 16.33 do 16.42. Pomiędzy pierwszą a dru-

gą przerwą (obie były przerwami długimi) występuje zmniejszone napięcie do ok. 200 V. Trwa to obniżenie przez ponad 30 min (poniżej 90% napięcia deklarowanego 230 V), a więc ma właściwości zapadu.

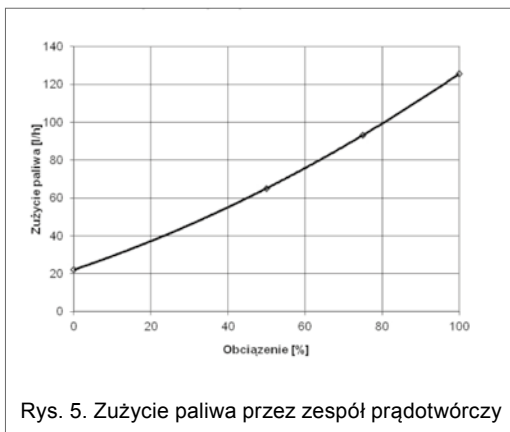
Ogólnie stwierdzono, że w czasie pierwszego półrocza liczba zapadów wynosiła 11, a przerw krótkich 8. Liczba przerw długich osiągnęła wartość 9.

Wspomniana norma dopuszcza w ciągu roku większą liczbę tych zdarzeń w takiej sieci elektroenergetycznej.

Zasilanie zakładu przemysłowego uzdatnioną wodą z takiej pompowni o takiej pewności zasilania energetycznego



Rys. 4. Widok zespołu prądotwórczego ZP



Rys. 5. Zużycie paliwa przez zespół prądotwórczy

wo o takiej objętości, aby mógł zapewnić pracę pompowni przy najdłuższej przewidywanej przerwie w zasilaniu linią 15 kV. Na rys. 4 został przedstawiony widok zastosowanego zespołu prądotwórczego.

Na rys. 5 została przedstawiona charakterystyka zużycia paliwa przez ZP, która umożliwia zaprojektowanie zbiornika. Moc zespołu prądotwórczego (630 kVA) uwzględnia sytuację, kiedy wymagany jest rozruch jednego z silników.

Podczas rozruchu wymagany jest prąd silnika dużo większy od znamionowego przy małej wartości współczynnika cosφ.

Tak zaprojektowany układ zasilania powinien spełniać wymagania zwiększonego bezpieczeństwa energetycznego.

Wydaje się jednak, że lepszym rozwiązaniem mogłoby być zaprojektowanie i modernizacja całej pompowni. Zamiast trzech silników należałoby zastosować dwa większe z większymi pompami. Można tak dobrać pompy, aby jedna pompa z regulacją prędkości obrotowej wystarczyła do zasilania obiektu przemysłowego i osiedla mieszkaniowego. Druga pompa – identyczna, z takim samym silnikiem – będzie zespołem rezerwowym. Zamiast jednego transformatora trzeba zastosować dwa. Jeden o mocy 400 kVA i napięciach 15 kV/6 kV, a drugi 6k V/0,4 kV i mocy rzędu 50 kVA. Silni-

ki ze wstępnych obliczeń miałyby moc 320 kW i napięcie 6 kV. Zastosowanie przemiennika częstotliwości umożliwia regulację prędkości obrotowej w szerokim zakresie ($0,4 n_N$ do n_N). Dzięki temu regulacja ciśnienia i natężenia przepływu pompowni wystarczy dla zapotrzebowania odbiorców. Transformator 6 kV/0,4 kV zasilalby małe odbiorniki pompowni. Również pompy główne mogłyby być zasilane z przemiennika częstotliwości lub z sieci zasilającej 6 kV. Takie rozwiązanie wymaga większych nakładów, ale może być bardzo konkurencyjne do pierwszego ze względu na możliwe duże oszczędności energii. Drugie rozwiązanie umożliwia także włączenie UPS (ale na moc 50 kVA) na napięcie 0,4 kV. Zespół prądotwórczy można włączyć do sieci 6 kV (prądnice synchroniczne stosuje się też dla napięć 6 kV).

4. Podsumowanie i wnioski

Proponowane rozwiązanie według pierwszego projektu spełnia wymagania zwiększonego bezpieczeństwa energetycznego.

Projekt drugi, oprócz założonego efektu bezpieczeństwa, charakteryzuje się większą pewnością działania. Zawsze pracuje tylko jeden zespół pompowy. Praca zespołu przy mniejszych prędkościach zmniejsza zużycie energii elektrycznej i zwiększa czas życia technicznego urządzeń. Nie występują problemy rozruchu silników, gdyż można stosować przemiennik częstotliwości do rozruchu każdego silnika. Moc zespołu prądotwórczego może być mniejsza, chociaż napięcie będzie większe. W celu określenia efektów ekonomicznych jednego i drugiego projektu, co mogłoby ułatwić wybór tych projektów, należy zmierzyć parametry punktów pracy pompowni i przeprowadzić obliczenia techniczno-ekonomiczne. ■

dr inż. Zbigniew Szulc – Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej – Zakład Napędu Elektrycznego, POLITECHNIKA WARSZAWSKA

artykuł recenzowany