KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ W MAŁYCH ELEKTROWNIACH WODNYCH (MEW)

Rys historyczny

Na terenie Polski, bezpośrednio po II wojnie światowej, istniało wiele stopni wodnych oraz sprawnych elektrowni wodnych. Obiekty te ulegały stopniowej dewastacji aż do końca lat 70 - tych kiedy to, w dobie kryzysu energetycznego, stworzono korzystne warunki dla odbudowy energetyki wodnej. Jedna z pierwszych po wojnie, prywatna MEW powstała w 1983r. w Dębowie koło Lidzbarka Warmińskiego.

Dzień dzisiejszy

Obecnie w Polsce działa ponad 300 MEW. O ile pierwsze elektrownie powstawały zwykle na bazie istniejących urządzeń wodnych pozostałych po starych elektrowniach, młynach czy tartakach, to obecnie znaczna ich część budowana jest od podstaw, a do Zakładu Energetycznego wciąż wpływają nowe wnioski o określenie warunków przyłączenia dla kolejnych obiektów.

Trudno jest dokonać jednoznacznej klasyfikacji MEW. Różnią się one zarówno rozwiązaniami budowli wodnych jak i typami turbin, układami elektrycznymi oraz sterowaniem. Można wśród nich znaleźć zabytkowe turbiny Francis'a z początku dwudziestego wieku jak i nowoczesne turbiny lewarowe, układy będące własnoręcznym dziełem entuzjastów energetyki wodnej oraz takie, które zostały zaprojektowane i wykonane w sposób profesjonalny.

Na terenie objętym działaniem Zakładu Energetycznego S.A. w Olsztynie (ZEO S.A.) funkcjonują 44 MEW należące do prywatnych właścicieli. Cztery MEW są eksploatowane przez ZEO S.A. Ponadto, w 1997 roku zawiązana została spółka akcyjna „Zespół Elektrowni Wodnych Łyna" której głównym celem jest budowa MEW na największej rzece naszego regionu.

Moce znamionowe MEW działających na terenie ZEO S.A. wahają się od kilku do 700 kW. Wspólnym elementem niemal wszystkich MEW jest generator asynchroniczny, najczęściej klatkowy silnik indukcyjny.

Kompensacja mocy biernej

Stosowany w MEW ze względu na prostotę instalacji i eksploatacji generator asynchroniczny, w przeciwieństwie do synchronicznego, nie ma możliwości regulacji poboru energii biernej. Źródłem energii biernej niezbędnej do pracy generatora jest w tym przypadku sieć elektroenergetyczna względnie kondensatory połączone z uzwojeniami prądnicy.

Analiza przeprowadzona w ZEO S.A. wskazała na znaczne straty wynikające z poboru energii biernej przez małe elektrownie wodne przyłączone do sieci elektroenergetycznej. W skrajnych przypadkach energia ta przekraczała nawet kilkunastokrotnie energię czynną oddaną do sieci. Tak nieracjonalna gospodarka nie mogła być tolerowana, toteż ZEO S.A. podjął decyzję o wprowadzeniu z dniem 1.01.1997r. rozliczania energii biernej także w stosunku do MEW.

Wprowadzenie rozliczania energii biernej natrafiło na opór części środowiska właścicieli MEW niechętnego ponoszeniu wiążących się z tym nakładów inwestycyjnych. System rozliczeń został tak skonstruowany, że brak układu kompensacji w elektrowni przekładał się na znaczne obciążenia finansowe, które w skrajnych przypadkach mogły przekroczyć przychody z tytułu sprzedaży energii elektrycznej dla ZEO S.A.

Decyzja ta wymogła na właścicielach MEW instalowanie układów kompensacyjnych. W chwili obecnej tylko jedna MEW nie jest wyposażona w taki układ.

Do rozliczeń przyjęto współczynnik mocy zdefiniowany w następujący sposób:

gdzie: A_{qp} – całkowita energia bierna pobrana przez urządzenia MEW wskazana przez licznik energii biernej pobranej; A_{Pp} - A_{Po} energia czynna odpowiednio pobrana i oddana przez MEW będąca sumą wskazań liczników energii czynnej pobranej i oddanej. Energia bierna pobrana z sieci ponad wartość optymalną wynikającą z proporcji tg $\varphi = 0.4$, podlega opłacie. Taki sposób rozliczania energii biernej uznano za najbardziej uzasadniony, gdyż jest ona w tym wypadku traktowana jako pewnego typu „surowiec” niezbędny do funkcjonowania urządzeń elektrowni i wytwarzania energii czynnej.

Awarie

Presja ekonomiczna, którą wywołał nowy sposób rozliczeń spowodowała, że właściciele MEW zaczęli instalować układy kompensacji mocy biernej w swoich obiektach. Niestety, brak doświadczenia w tym zakresie oraz nieznajomość specyfiki działania hydrogeneratorów asynchronicznych doprowadziła do wystąpienia niebezpiecznych zjawisk zagrażających bezpieczeństwu urządzeń nie tylko samej MEW lecz także odbiorców przyłączonych do wspólnej sieci elektroenergetycznej.

Nieprzemyślany sposób wykonania układów kompensacji mocy biernej stał się powodem samowzbudzenia generatorów, a w konsekwencji wprowadzenia niebezpiecznych przepięć do sieci energetyki. Wszystkie te przypadki miały miejsce w momencie gwałtownego odciążenia generatora podczas zaniku zasilania ze strony sieci.

Najpoważniejsza tego typu awaria wydarzyła się w MEW Pręgowo. W ramach prowadzonych prac eksploatacyjnych wydzielono wtedy odcinek linii SN 15 kV, o długości ok. 7 km. Po wyłączeniu linii , zawyżone napięcie, którego źródłem była MEW, uległo transformacji na stronę SN i rozprzestrzeniło się w tak powstałej sieci wydzielonej. Zawyżone napięcie uszkodziło ok. 70 odbiorników RTV i AGD u odbiorców komunalnych.

Zasady współpracy

Konieczność przeciwdziałania powstawaniu takich awarii spowodowała zmianę polityki wobec MEW. Zakład Energetyczny wraz z Instytutem Elektroenergetyki w Gdańsku włączył się w opracowanie koncepcji współpracy MEW z siecią elektroenergetyczną. W praktyce, do tej pory funkcjonowała zasada nieingerencji w eksploatację MEW, a odbiór techniczny nowych elektrowni ograniczał się do sprawdzenia przyłącza z wraz z układem pomiarowym oraz mocy generatora.

Dzięki zdobytym doświadczeniom udało się uściślić wymagania jakie musi spełniać MEW aby poprawnie współpracować z siecią elektroenergetyczną.

Poniżej przedstawiono najważniejsze tezy dotyczące tego zagadnienia:

- Wyposażenie elektrowni w zabezpieczenia nadnapięciowe i od rozbiegu generatora.

- Zainstalowanie na zewnątrz elektrowni w miejscu o dogodnym dostępie skrzynki z układem pomiarowym, zabezpieczeniami przedlicznikowymi (rozłączniko-bezpiecznik przystosowany do plombowania) i dodatkowym autonomicznym wyłącznikiem z zabezpieczeniem nadnapięciowym dostępnym wyłącznie dla pracowników ZEO S.A. (dotyczy nowych MEW).

- Odbiór techniczny (kontrola) MEW, obejmujący oględziny oraz próby funkcjonalne.

- Sprawdzenie podczas oględzin czy urządzenia są wykonane zgodnie z dokumentacją techniczną i spełniają wymagania obowiązujących przepisów oraz nie wykazują widocznych uszkodzeń, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo ich użytkowania, trwałość i niezawodność oraz są zabezpieczone przed szkodliwymi wpływami otoczenia,

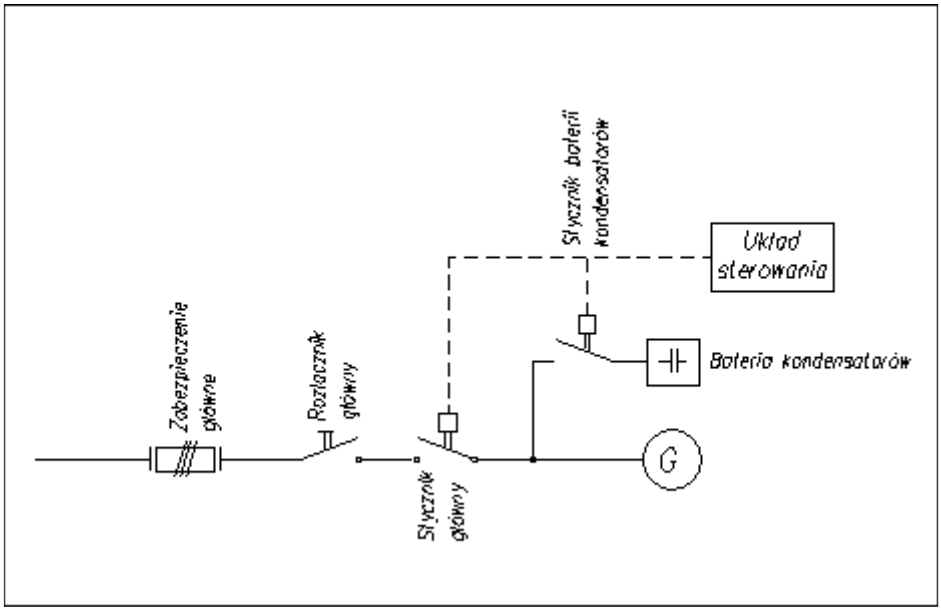
- Próby funkcjonalne elektrowni obejmujące:

    - uruchomienie hydrozespołu,

    - pracę ustaloną hydrozespołu,

    - wyłączenie hydrozespołu,

    - zanik napięcia w sieci podczas pracy ustalonej hydrozespołu,



Poniżej przedstawiono typowy układ obwodów pierwotnych MEW:

Przeglądy MEW

Powyższe zasady stanowiły podstawę do przeprowadzenia przeglądów wszystkich MEW, działających na terenie Zakładu Energetycznego S.A. w Olsztynie.

Poniżej omówiono pokrótce ich wyniki.

- Wymogi formalne

Podczas kontroli stwierdzono nagminny brak aktualnej dokumentacji MEW, pomiarów ochrony przeciwporażeniowej oraz, sporadycznie, brak odpowiednich zaświadczeń kwalifikacyjnych u osób prowadzących obsługę MEW. W żadnej z MEW nie było instrukcji eksploatacji.

- Układy do kompensacji mocy biernej

Niemal wszystkie czynne MEW posiadają układy kompensacji mocy biernej i w zasadzie utrzymują wartość tg φ zbliżoną do wartości optymalnych określonych w umowach o dostarczaniu energii tj. tg $\varphi \leq 0.4$.

Baterie jednostopniowe spełniają swoje zadanie w elektrowniach o stabilnym przepływie lub pracujących w automatycznym cyklu piętrzenia wody.

Baterie sterowane regulatorem umożliwiają dostosowanie pojemności baterii kondensatorów do aktualnego poboru mocy biernej i są szczególnie wskazane dla elektrowni „przepływowych” bez możliwości retencji.

W praktyce okazało się, że nawet instalacja baterii kondensatorów o niewielkiej mocy może doprowadzić do samowzbudzenia generatora.

Nie stwierdzono znaczącego wpływu baterii kondensatorów na podniesienie napięcia na generatorach w stanie pracy ustalonej. Najwyższy zmierzony wzrost napięcia nie przekroczył 4 %.

- Napięcia i prądy podczas załączania MEW.

Podczas załączania MEW z reguły powstają znaczne prądy i towarzyszące im spadki napięć. Takie stany nieustalone trwają zazwyczaj bardzo krótko (czas rzędu 50 ,100 ms) i ich całkowite usunięcie jest niemożliwe. Wszystkie, zmierzone wartości skuteczne prądu przekraczały 60 A. W przypadku MEW przyłączonych bezpośrednio do stacji transformatorowych gdzie nie ma innych odbiorców po stronie niskiego napięcia zjawisko to nie ma praktycznego znaczenia. Dla pozostałych MEW przyjęto zasadę dopuszczenia do ruchu pod warunkiem braku zakłóceń u innych odbiorców zasilanych z tej samej stacji transformatorowej.

- Wyłączanie MEW

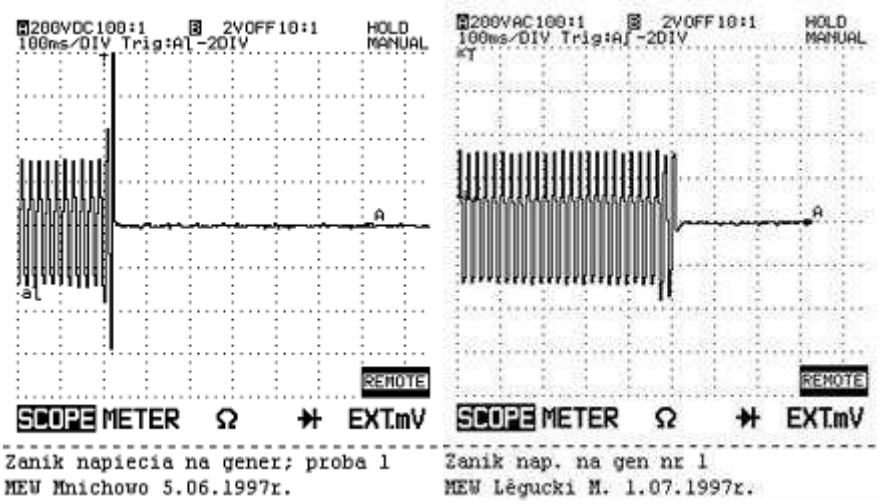
Wyłączenie MEW w trybie normalnym, poprzez otwarcie łącznika w układzie sterowania MEW nie powodowało żadnych widocznych zakłóceń.

Podstawowym elementem poprawnej współpracy MEW z siecią energetyki jest automatyczne odłączenie MEW, niezwłocznie po zaniku zasilania ze strony sieci. Podczas prób, zanik napięcia uzyskiwano zazwyczaj przez otwarcie rozłącznika w rozdzielni głównej bądź w szafce przyłączowej MEW, zakładając że są to warunki ekstremalne przy których odciążony generator może wytworzyć niebezpieczne napięcie o znacznej wartości.

W elektrowniach, których wynik wyżej wymienionych prób był negatywny (tzn. wystąpił niekontrolowany wzrost napięcia aż do ręcznego wyłączenia względnie uszkodzenia się układu) zabroniono pracy z załączonymi bateriami kondensatorów do czasu przebudowy układów kompensacji i pomyślnego przeprowadzenia prób funkcjonalnych.

Niebezpieczne przepięcia występowały zwykle tam gdzie brak było odpowiedniej automatyki działającej na otwarcie stycznika głównego lub stycznika baterii kondensatorów, niezwłocznie po zaniku napięcia.

Wobec braku odniesienia w przepisach za zadowalające przyjęto przeregulowanie napięcia do wartości nieprzekraczającej 850 V (amplituda) poprzez kilka okresów. Poniżej przedstawiono typowe przebiegi ilustrujące stany nieustalone podczas zaniku napięcia. Pomiary zostały wykonane za stycznikiem głównym, od strony zasilania.



Zanik napiecia na gener; proba 1
MEW Mnichowo 5.06.1997r.

Zanik nap. na gen nr 1
MEW Lęgucki M. 1.07.1997r.

- Układy automatyki i sterowania

Głównym elementem, który decyduje o bezpiecznej współpracy MEW z siecią jest prawidłowo zaprojektowany i niezawodny układ automatyki. Podstawowym elementem układów automatyki są przekaźniki nadnapięciowe oraz zabezpieczenia od rozbiegu generatorów działające na wyłączenie stycznika głównego lub stycznika baterii. Przekaźniki kontroli faz nie zdają egzaminu w tych zastosowaniach.

Podsumowanie

Kilkuletnie doświadczenia w stosowaniu kompensacji mocy biernej dowiodły, że prawidłowo zaprojektowane, wykonane i eksploatowane układy kompensacji mocy biernej mogą być z powodzeniem stosowane w MEW i skutecznie zracjonalizować gospodarkę energią bierną w tych obiektach.

Opracował

Witold Rozłucki