

Dynamiczna kompensacja składowej biernej prądu dla Namibii

Stabilne napięcie, pewne zasilanie

Udo Kleyenstüber
Paul Sieber
Michael Schubert

Zaopatrzenie w energię elektryczną dla Namibii opiera się jedynie na dwóch elektrowniach, i dostawach prądu z Afryki Południowej. Obszar zasilania jest bardzo rozciągnięty, więc stanowiska zasilające i użytkownik połączone są ze sobą przez specjalną długą linię wysokiego napięcia. Z tego powodu powstają w efekcie problemy związane z utrzymaniem określonej wartości napięcia jak również bezpieczeństwa dostawy. AEG zbudowało w centralnym punkcie sieci urządzenie kompensujące składową bierną prądu, dzięki któremu proporcje sieciowe zostaną znacznie polepszone.

Stabilne napięcie, pewne zasilanie

Dostawca energii elektrycznej w Namibii, SWAWEK opiera się na dwóch elektrowniach z mocą 360 MW, 7900 km sieci elektroenergetycznej, 64 większych stacjach transformatorowych, ok. 1600 MVA zainstalowanej mocy transformatorów i 200 MW połączeniu do ESKOM, dostawcy energii elektrycznej Południowej Afryki.

Z powodu dużego odkształcenia powierzchniowego i gęstego zasiedlenia powstają w efekcie pomiędzy elektrowniami, punktami ciężkości użytkownika i zasilaniem ESKOM długie linie sieci elektroenergetycznej; powstają przez to problemy z utrzymaniem wartości napięcia. Niekorzystne wpływy na sieć elektroenergetyczną Namibii mają relatywnie częste burze, zabrudzenia izolatorów w regionie wybrzeża, zwarcia między siecią a ziemia, przede wszystkim w 220 kV sieci, i zwierzęta (np. małpy albo sowy); przyczyną dalszych zakłóceń są przebiecia wywołane przez pożary lasów i zerwania przewodów przez korozję w regionach wybrzeża. Z tym związane jest zrzucanie obciążeń prowadzące do wahań mocy i do krótkotrwałego zaniku napięcia w sieci.



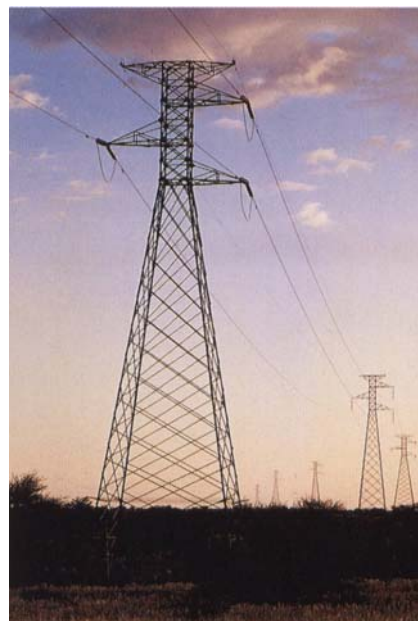
Struktura zaopatrzenia energetycznego Namibii

Przeglądając się geograficznie sieci elektroenergetycznej Namibii jest ona długą linią rozciągającą się od północnego-zachodu na południe. Na północy znajduje się elektrownia wodna Ruacana, która leży nad rzeką Cunene, budującą granicę z Angolą. Elektrownia z mocą 3 x 80 MW jest połączona z ponad 520 km długą 330 kV pojedynczą linią napowietrzną i bezzałogową stacją transformatorową Omburu. Stamtąd odbywa się dalsze rozdzielanie energii 220 kV w przeróżnych kierunkach. Sieć SWAWEK, na południu połączona jest z większą siecią ESKOM, a mianowicie z 160 km długą 220 kV pojedynczą linią napowietrzną do elektrowni węglowej Van Eck, która może zasilać sieć 120 MW, i z 830km długą 220 kV podwójną linią napowietrzną Van Eck – Aggeneis, punkt połączenia do sieci prądowej ESKOM.

Sytuacje problematyczne w sieci

W tej sieci są dwa problematyczne stany pracy. Krytyczny stan występuje, gdy elektrownia w Ruacana jest wyłączona, w elektrowni Van Eck generator dostarcza tylko 10 MW i pozostała moc jest dostarczana z sieci ESKOM. W tym wypadku napięcie, szczególnie w węźle Omburu, nie jest dłużej zatrzymane w dopuszczalnej granicy. Musi zostać również przenoszona chwytajna moc między 130 MW i 200 MW na odległość niemal 1000 km z prądem zmiennym 220 kV.

Drugi problematyczny przypadek występuje, kiedy połączenie Omburu - Van Eck zostanie przerwane przez zakłócenie. Dla elektrowni w Ruacana, która dostarcza pełną moc, oznacza to odciążenie prowadzące do odłączenia elektrowni, również tylko jakieś 80 MW zostanie rozesłane w pozostałych kierunkach. Moment bezwładności hydrogeneratorów, składających się z turbin Francisza jak również generatorów synchronicznych, jest znacznie większy jak napędzanych parą turbogeneratorów, regulatory turbin wodnych muszą również pracować relatywnie wolno, aby uniknąć dużego ciśnienia w rurach tłocznych, równa się to znacznemu zwiększeniu liczby obrotów, zanim liczba obrotów łopatki, zostanie uregulowana. Wzrastająca liczba obrotów połączona jest ze wzrostem częstotliwości, reaktancja pojemnościowa stanie się mniejsza a indukcyjność większa. Prowadzi to do wzrostu napięcia o prawie 30%, chociaż podczas przepięcia po 1,55 sekundy w Omburu zostaje załączona 60MVar zbiorcza szyna cewek dławikowych. Napięcie zostaje przywrócone po ok. czterech sekundach do częstotliwości 61 Hz po przejściowym rozłączeniu. Od tego punktu czasowego spada napięcie i częstotliwość.



Prosta budowa sieci elektroenergetycznej w Namibii.

Jest to długa, rozciągająca się od północnego-zachodu na południe linia składająca się w większości z pojedynczej linii napowietrznej, która osadzona jest na stalowych masztach.

Modelowe obliczenia, wykonane przez ESKOM dla SWAWEK, pokazały, że problem utrzymania napięcia w pierwszym z dwóch krytycznych przypadków pracy mógłby zostać zredukowany dzięki kompensatorowi mocy biernej, który może być uregulowany w przedziale od 15 MVar (indukcyjnie) do 40 MVar (pojemnościowo). Dla tego rodzaju zadań kompensacyjnych, AEG rozwinęło tyrystorowe kompensatory mocy biernej, które zostały określone jako Static Var Compensators SVC. Taki kompensator przejmuje regulację napięcia przez dynamiczne dopasowanie jego mocy biernej dla warunków sieci. Składa się z dwóch istotnych komponentów: kondensatorów ze stałą pojemnością przewodności biernej i cewek dławikowych TCR, indukcyjna przewodność bierna może zostać przestawiona przez tyrystory bardzo szybko i w sposób ciągły między 0 i wartością znamionową (TCR thyristor controlled reactor). Również suma przewodności biernej kondensatorów i cewek dławikowych jest regulowana. Kondensatory zostaną dołączone do obwodu kompensującego przez wstępne cewki dławikowe i przejmą również prądy wyższych harmonicznych z sieci i cewek dławikowych. Zmniejszają tym samym zniekształcenia napięcia w sieci. Podłączenie kompensatorów do sieci następuje po dopasowaniu transformatora do napięcia.

Kompensator składa się z cewek dławikowych, kondensatorów i zaworów półprzewodnikowych.

AEG w latach 1983 do 1985 dostarczyło ESKOM sześć kompensatorów tego rodzaju, z zakresu regulacji od 45 MVar dla 132 kV sieci i pięć kompensatorów z zakresu regulacji od 300 MVar dla 400 kV sieci. W sprzeczności do tych wcześniej dostarczonych kompensatorów, które obok regulacji napięcia, spełniały również zadanie symetryzowania napięcia przy nierównych jednofazowych obciążeniach, opisany kompensator powinien otrzymać tylko jedną symetryczną, dla wszystkich trzech faz, taką samą regulację. Kondensator został dostosowany jako obwód kompensacyjny częstotliwości między piątą i siódmą harmoniczną. Te drgania harmoniczne, które wytwarzają cewki dławikowe, są największe.

W przypadku wystąpienia drugiego wymienionego problematycznego stanu pracy, przerwy w dostawie energii z Omburu do Van Eck, polepszenie przez pełne wyregulowanie kompensatora było nie do osiągnięcia. Opisany przypadek zakłóceń występującego podwyższenia częstotliwości zmieniłby nawet na niekorzystny stosunek pojemności do indukcyjności oporności na szynie zbiorczej kompensatora tak, że wynikająca reaktancja kompensatora byłaby pojemnościową. Musiano się zatroszczyć, żeby obwody kompensacyjne z ich dużymi kondensatorami, podczas opisanych zakłóceń, zostały wyłączone. Przy tym rodzaju zakłóceń pełna indukcyjna moc bierna jest potrzebna, cewki dławikowe zostaną niemal bez opóźnienia wysterowane. Zostaną wtedy wytworzone wyższe drgania harmoniczne, które pochodzą od kontroli fazy tyrystorów. Podwyższają zawartość wyższych harmonicznych w sieci. Kompensator wytwarza wyższe harmoniczne również przy odłączeniu obwodu kompensacyjnego. Wyłączenie obwodu kompensacyjnego daje w rezultacie do dyspozycji pełną moc bierną cewek dławikowych, co przyczynia się do opanowania zakłóceń. Postawiono przy tym dodatkowe zadania rozszerzenia systemu regulującego kompensator: ze względu na sygnały, które zostaną oddane przez kompensator, odłączone albo włączone zostaną cewki dławikowe i wysterowany zostanie przełącznik stopniowy 330/220 kV transformatorów kompensatora.



Stacja transformatorowa Omburu z urządzeniami AEG do kompensacji mocy biernej.

Urządzenie mniejszych wpływów od zakłóceń wewnątrz sieci zasilającej w energię elektryczną i dające pewność, że odchylenia napięciowe, przy zaopatrywaniu w energię elektryczną nie wywierają niepożądanych skutków

ESKOM miał dobre doświadczenia z wyłącznikiem SF6 AEG, który został użyty w przestrzeni pięciu wymienionych 300 MVar kompensatorów. Służy do przełączania obwodu filtrującego, poprzez przestrzeń indukcyjną kompensatora. W specjalnych przypadkach pracy może zostać powiększony. Dlatego ESKOM postanowił wyposażyć w ten przełącznik dwa obwody filtrujące posiadające cztery 300 Mvar kompensatory. Jest to również interesujące dla kompensatora SWAWEK, który mógłby mieć wstawiony taki sam typ przełącznika. Kompensator może dostarczać moc bierną od 60 MVar (indukcyjną) do 45 MVar (pojemnościową).

Realizacja

Zanim zaczęto instalację kompensatora, odbyły się w Berlinie, w obecności reprezentanta SWAWEK i ESCOM, badania nad Parity Simulator AEG. Oryginalny system regulujący i model kompensatora został przetestowany dzięki symulacji namibijskiej sieci. Kontrakt został zawarty w Maju 1988, instalacja kompensatora zaczęła się w Marcu 1989. W Czerwcu 1989 instalacja została oddana do produkcji. Przekazanie zamknięte.

Doświadczenia funkcjonowania

Kompensator spełnia oczekiwania bez zastrzeżeń. Napięcie zostanie przy włączonym kompensatorze z pomocą ciągłej zmiany kompensator-moc bierna stale zatrzymane. Przeciwnie bez kompensatora występuje wyraźne zachwianie napięcia. Regulacja napięcia powodzi się w normalnym przypadku wyłącznie przez zmianę kąta sterowania siatkowego tyrystorowej kontroli fazy.

Wcześniej występowały znaczne skoki napięcia podczas drugiego wymienionego krytycznego stanu pracy, tj. gdy połączenie Omburu - Van Eck zostanie przerwane, po którym następowały krótkotrwałe zaniki napięcia w pozostałych częściach sieci, po zamknięciu, zgodnie z procedurą turbin w elektrowni wodnej. Po włączeniu do eksploatacji kompensatora takiego krótkotrwałego zaniku napięcia można było uniknąć, ponieważ od regulatora kompensatora ze względu wznoszących się częstotliwości mógł zostać natychmiast odłączony obwód kompensujący. Wtedy w sieci wystarczyło ograniczyć dostępne odbiorniki mocy biernej, o ten 10% wzrost napięcia. Po 30 sekundach było napięcie ciągle przy wartości znamionowej, bez jego obniżenia.



Do sterowania i regulacji prądu elektrycznego są wymagane, podobne jak przy systemach rurociągów dla płynących mediów, między innymi zawory. To tutaj zostanie oddane jako trójfazowy zawór tyrystorowy (TCR- Ventil) dla mocy do 60MVar postawione i należy do rozwiniętych przez AEG systemów prostownikowych

Podsumowanie

W bardzo rozciągniętej sieci elektroenergetycznej Namibii są bardzo duże odległości pomiędzy odbiorcą i lifierantem. Powstają w rezultacie problemy z utrzymaniem napięcia i z utrzymaniem jakości zaopatrywania w energię elektryczną przez odciążenia ze względu na przerwy w połączeniach przewodów po przepięciach na skutek burz, dotknięcia zwierząt albo innych przyczyn. Negatywne wpływy tych zdarzeń są teraz redukowane dzięki niedawno zamontowanym kompensatorom AEG w Omburu. Znajdują się one w dużej i centralnie położonej stacji transformatorowej. Kompensatory mocy biernej pozwalają utrzymać chwiejne napięcia w założonych granicach.

Państwa partner

AEG
Industrial Engineering GmbH

International Berlin Office
Hohenzollerndamm 152
14199 Berlin, Germany

Tel.: +49(30)82099490
Fax: +49(30)82099499
E-Mail: aeg@aeg-ibo.com
Web: www.aeg-ibo.com

AEG Industries na Hohenzollerndamm jest centrum komunikacyjnym dla byłych i obecnych fabryk AEG na całym świecie, oraz zajmuje się projektowaniem instalacji



We take care of your Power Quality