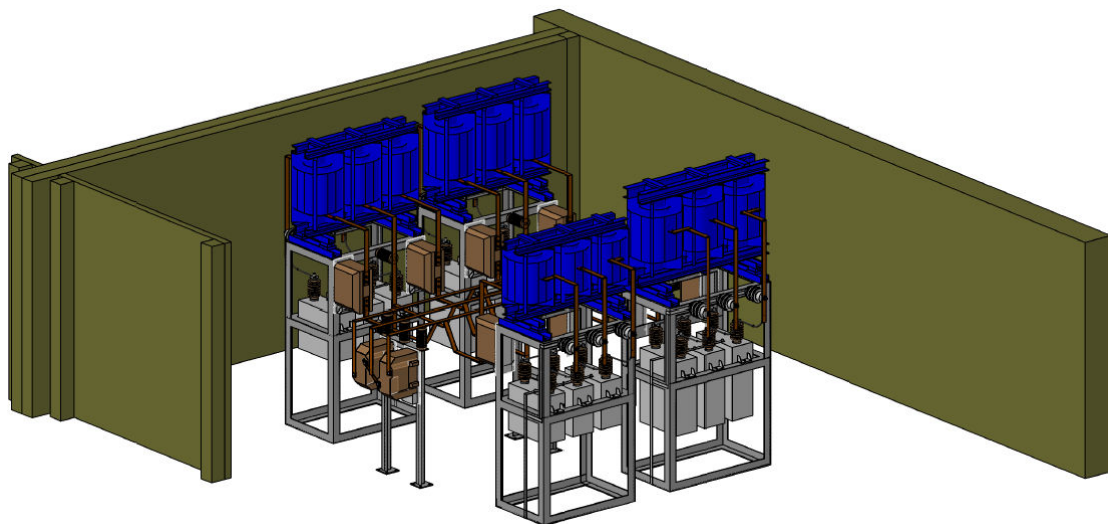


Kompensacja mocy biernej maszyny wyciągowej

Maszyny wyciągowe stanowią bardzo problematyczny odbiór pod względem kompensacji mocy biernej ze względu na swój charakter:

- stosunkowo krótki czas pracy i postojów,
- dużą zmienność poboru mocy czynnej i biernej,
- generowanie wyższych harmonicznych, w szczególności 5-tej, 7-mej, 11-tej, 13-tej, 23-tej i 25-tej.

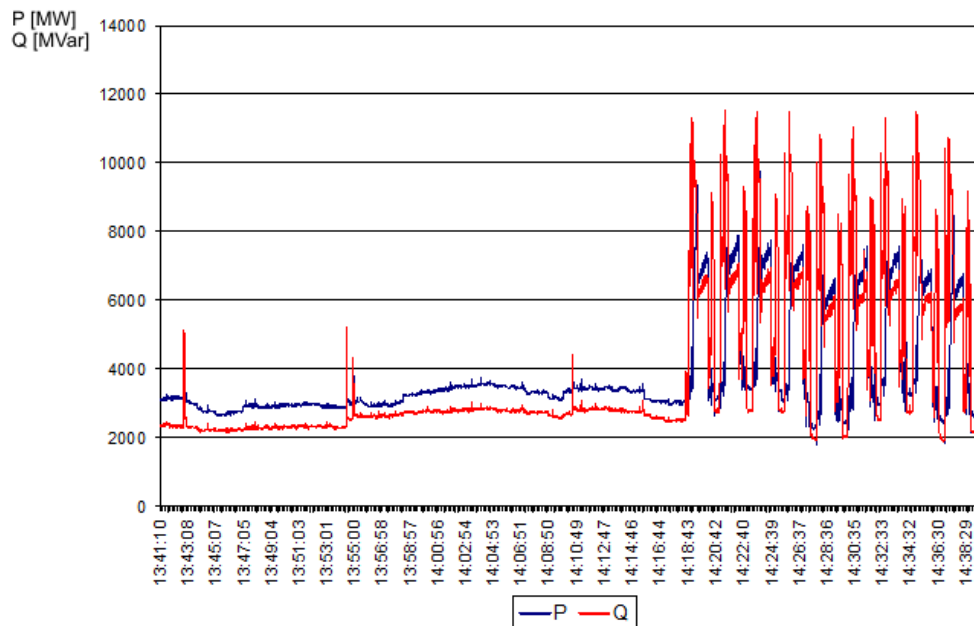
Najczęstszym stosowanym, gdyż najtańszym sposobem kompensacji mocy biernej maszyn wyciągowych jest nieregulowany układ filtrów wyższych harmonicznych (w najbardziej okrojonym wariancie: tylko 5-tej harmonicznej, najczęściej w układzie filtrów 5-tej, 7-mej, 11-tej oraz czasem 13-tej harmonicznej), załączany na stałe i ewentualnie odłączany wyłącznikiem w polu zasilającym na podstawie polecenia Dyspozycji Mocy w okresach przestoju maszyny wyciągowej. Takie rozwiązanie pozwala na ograniczenie wartości wyższych harmonicznych występujących w sieci, jednakże z punktu widzenia kompensacji mocy biernej jest nieskuteczne.



Rys.1. Przykładowy układ filtrów 5-tej, 7-mej, 11-tej, 13-tej harmonicznej

Z jednej strony, moc układu filtrów zazwyczaj nie zapewnia pokrycia pełnego zapotrzebowania na moc bierną pojemnościową, z drugiej – w okresach przestoju na szynach rozdzielni zasilającej maszynę wyciągową występuje przekompensowanie. O ile w przypadku sieci rozległych, gdzie na całkowity pobór mocy czynnej i biernej w punkcie rozliczeniowym wpływają inne odbiorniki i lokalne przekompensowanie nie ma wpływu na opłaty za energię elektryczną, tak w przypadku zasilania maszyn

wyciągowych z dedykowanych rozdzielni koszty oddawania mocy biernej pojemnościowej do sieci mogą być znaczące.



Rys.2. Pobór mocy czynnej i biernej w punkcie rozliczeniowym w przypadku sieci rozległej zasilającej maszynę wyciągową

Jednym ze sposobów rozwiązania problemu przekompensowania jest zastosowanie układów automatycznie załączanych poprzez pole stycznikowe, z przekładnikami napięciowymi szybkiego rozładowania. Jednakże nawet w tych przypadkach nadal są to układy jednostopniowe - układy wielostopniowe wymagają zastosowania osobnego pola stycznikowego SN dla każdego filtra, zaś logika pracy musi zakładać załączanie i wyłączenie filtrów w odpowiedniej kolejności (załączanie zaczynając od filtra harmonicznego najniższej, wyłączenie zaczynając od filtra harmonicznego najwyższej). Układy takie nie pozwalają na osiągnięcie zadowalającej wartości współczynnika mocy biernej, szczególnie w przypadku maszyn wysokiej mocy, zaś koszty eksploatacyjne, w szczególności związane z wymianą styczników próżniowych, wysokie.

Alternatywą dla wyżej wspomnianych rozwiązań są układy nadążne.

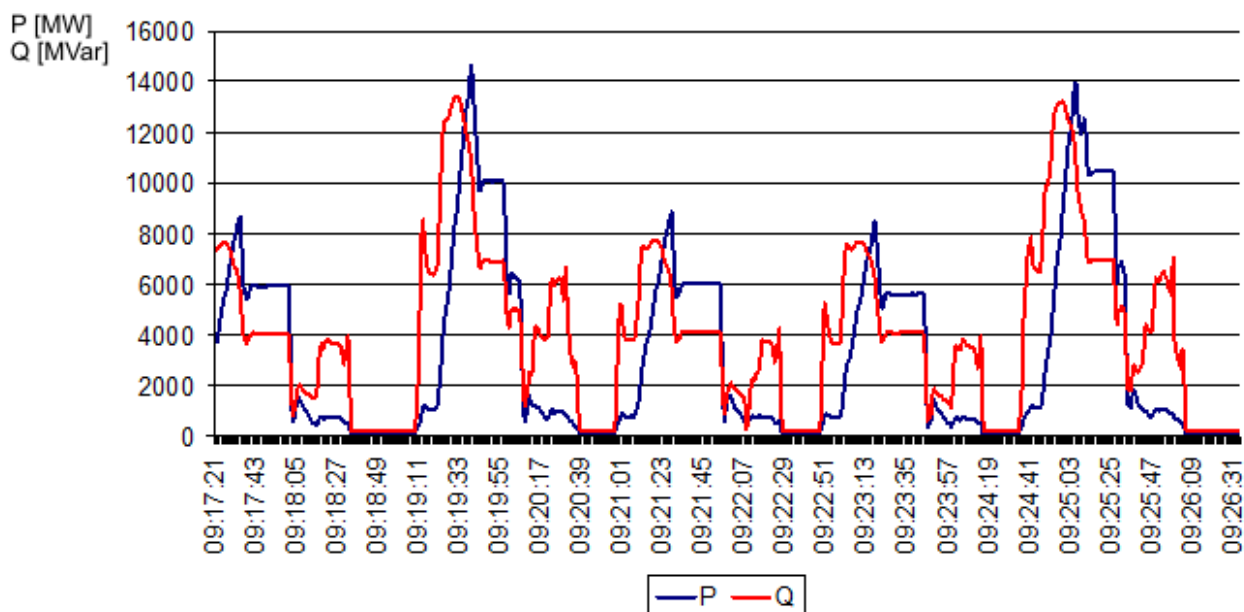
Na wiosnę 2011r. firma „ELMA energia” uruchomiła układ kompensacji nadążnej TSC o mocy 5,55MVar/6,3kV, przeznaczony do kompensacji mocy biernej dwóch maszyn wyciągowych pracujących na wspólne szyny.

Układ ten, współpracujący z filtrem aktywnym, zastąpił dotychczasowy układ kompensacji mocy biernej, składający się z:

- pasywnego filtra wyższych harmonicznnych o mocy rzeczywistej 1,3MVar/6,3kV
- sześciostopniowego układu nadążnego o łącznej mocy 5,4MVar/6,3kV.

Układ dotychczasowy należało zdemontować ze względu na zastosowanie w nim kondensatorów zawierających syciwo PCB.

Dobór rozwiązania technicznego oraz parametrów podzespołów wymagał przeprowadzenia szeregu analiz i rozważań.



Rys.3. Pobór mocy czynnej i biernej przez kompensowane maszyny wyciągowe.

Założenia podstawowe były następujące:

- układ kompensacyjny składać się powinien z sześciu członów, z których każdy zasilany będzie poprzez istniejący transformator obniżający 6300/525V, 1000kVA,
- moc członu musi uwzględniać moc transformatora obniżającego,
- filtracja wyższych harmonicznych będzie dokonywana poprzez filtr aktywny, jednakże układ kompensacyjny ma mieć możliwość pracy przy wyłączonym filtrze aktywnym,
- ze względu na niższą całkowitą moc układu kompensacyjnego w porównaniu z układem dotychczasowym (o około 1200kVar), przewidziano dostarczanie mocy biernej z filtra aktywnego.

W trakcie realizacji, jako problem do rozwiązania doszły temperatury panujące w przewidzianych dla urządzeń kompensacyjnych pomieszczeniach (dochodzące do 40 stopni w miesiącach letnich, przy pracującym jeszcze dotychczasowym układzie) – ze względu na zastosowane rozwiązania, przewidywano dużo wyższe wydzielanie się ciepła w przypadku nowego układu (jednym z powodów było umieszczenie go w jednym pomieszczeniu, układ dotychczasowy rozlokowany był w dwóch, oddalonych od siebie; przewidziano też dodatkowe elementy reaktancyjne, o czym dalej). Okazało się również, że przewidziane pomieszczenie nie może być izolowane termicznie, gdyż bierze udział w konwekcyjnym systemie chłodzenia urządzeń w wieży maszyny wyciągowej.

Ze względu na powyższe założenia i uwarunkowania, dobrano następujący układ kompensacyjny:

- moc rzeczywistą pojedynczego członu określono na 925kVar,
- każdy człon baterii wyposażono w dodatkowy dławik, obniżający częstotliwość rezonansową układu poniżej 3-ciej harmonicznej (bez tych elementów, reaktancja transformatora wraz z przewidywaną reaktancją kondensatorów tworzyła układ o częstotliwości rezonansowej zbliżonej do 5-tej harmonicznej, co przy jej poważnym udziale w spektrum uniemożliwiłoby pracę przy wyłączonym filtrze aktywnym),
- ze względu na obciążalność dostępnych łączników tyrystorowych (350A), jeden człon załączany jest równocześnie trzema łącznikami,
- układ kompensacyjny (poza dławikami obniżającymi) zabudowano w pomieszczeniu z płyt warstwowych, z układem klimatyzacji,
- ze względu na brak możliwości pracy urządzeń klimatyzacyjnych przy ujemnych temperaturach na zewnątrz, układ wyposażono dodatkowo w układ wentylacji wymuszonej, z nagrzewnicą.

Układ wyposażony jest w szereg zabezpieczeń, gwarantujących poprawną pracę:

- ograniczniki przepięć,
- zabezpieczenia przeciążeniowe na każdym członie,
- bezpieczniki szybkie tyrystorów,
- bezpieczniki zwłoczne grup kondensatorowych.



Rys.4. Człony kondensatorowe



Rys.5. Układ wentylacji wymuszonej oraz dławiki obniżające

Układ nadążny pracuje z czasem regulacji 20ms. Co więcej, zastosowana logika sterownika pozwala w razie potrzeby, załączyć lub odłączyć kilka lub wszystkie człony w tym samym momencie. Praktycznie natychmiastowe odłączanie członów w przypadku spadku zapotrzebowania gwarantuje brak stanów przekompensowania w punkcie rozliczeniowym.

Kilkanaście do kilkudziesięciu operacji łączeniowych wykonywanych przez system podczas jednego cyklu pracy maszyny wyciągowej, trwającego około półtorej minuty wskazuje, że tego typu urządzenia sprawdzają się przy kompensacji mocy biernej maszyn wyciągowych.