



inż. Marcin Kwiatkowski

## **Nowa rodzina kompensatorów mocy biernej SMART SYSTEM produkcji ELMA energia**

*Obecnie stosowane układy rozliczeniowe dostawców energii stawiają klientów przed poważnym wyzwaniem spełnienia wszystkich wymagań dotyczących wymaganego współczynnika mocy na każdej fazie niezależnie i utrzymania symetrii obciążenia. Gwałtowny rozwój elektroniki wymusza także ograniczanie przepięć łączeniowych, które mogłyby negatywnie wpływać na pracę wrażliwych obwodów automatyki i sterowania (szczególnie uciążliwe przy załączaniu pojemności do sieci). Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom rynku, firma ELMA energia po 3 latach intensywnych badań wprowadziła na rynek nową rodzinę kompensatorów opartych na autorskim systemie SMART SYSTEM.*

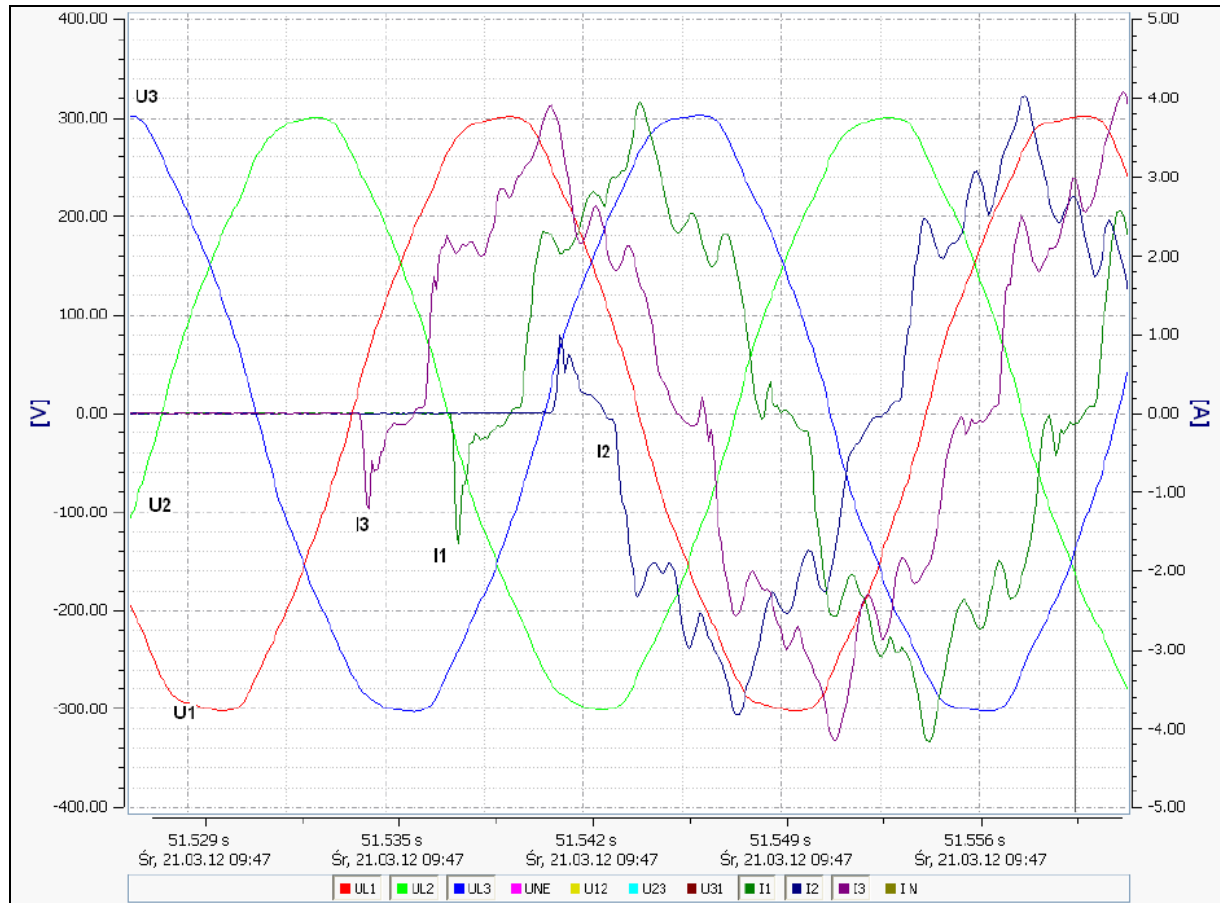
### **Zalety łączników tyrystorowych**

Łączniki tyrystorowe nie posiadają ruchomych części mechanicznych, podlegających zużyciu w czasie eksploatacji, co oznacza, że charakteryzują się bardzo długą żywotnością i bezawaryjnością w stosunku do tradycyjnych styczników, wyposażonych w styki ruchome. Dla porównania, w stycznikach elektromechanicznych załączaniu kondensatorów towarzyszą duże przeciążenia prądowe (w/g norm należy ograniczać je do 100-krotnej wartości prądu płynącego w trakcie normalnej pracy kondensatora), a przy wyłączeniu mogą pojawić się znaczne przepięcia. Powyższe zjawiska radykalnie skracają żywotność kondensatorów oraz aparatów stanowiących wyposażenie baterii.

Dzięki inteligentnym, mikroprocesorowym układom sterowania, łączniki tyrystorowe gwarantują brak występowania nawet najmniejszych wzrostów prądu lub napięcia w trakcie załączania i wyłączania kondensatorów baterii (przykładowy proces łączeniowy tyrystorów przedstawiono na rysunku 1.). Tradycyjne baterie reagują na zmiany obciążenia z opóźnieniem wynoszącym, zgodnie z normą, 60 sekund (czas niezbędny do rozładowania kondensatorów). Zastosowanie łączników tyrystorowych sprawia, że reakcja na zmianę obciążenia jest natychmiastowa (inaczej zwana nadążną), ponieważ czas opóźnienia wynosi jedynie 0,02sek. Tak krótkie czasy reakcji maksymalnie niwelują krótkotrwałe zakłócenia w instalacji, takie, jak na przykład duże prądy rozruchu przy załączaniu silników elektrycznych. W wielu obiektach o mocach przyłączeniowych poniżej 100kW, w trójfazowej sieci zasilającej znaczną część urządzeń stanowią jednofazowe odbiorniki energii elektrycznej. Powoduje to występowanie asymetrii obciążenia poszczególnych faz instalacji. Baterie kondensatorów wyposażone w styczniki posiadają regulator automatyczny, którego działanie opiera się głównie na pomiarze zapotrzebowania mocy kondensatorów w jednej fazie. Asymetria obciążenia (inne niż zmierzone przez regulator poziomy obciążenia w pozostałych fazach) i załączanie kondensatorów trójfazowych może powodować wyniki kompensacji nieodpowiadające oczekiwaniom. W kompensatorach z łącznikami tyrystorowymi sterownik dokonuje pomiaru w trzech fazach, a dobór mocy kondensatorów jest dokonywany w każdej fazie indywidualnie. Gwarantuje to w 100% uzyskiwanie właściwego efektu kompensacji.

Ponadto, dystrybutorzy i dostawcy energii elektrycznej w niektórych rejonach kraju wprowadzają rozliczenie energii biernej w każdej fazie indywidualnie. W tych przypadkach tylko kompensator tyrystorowy może sprostać wymaganiom likwidacji opłat za energię

bierną. Kompensatory tyrystorowe stanowią przy tym urządzenia bezpieczne, o długiej żywotności, praktycznie bezobsługowe, gwarantujące praktycznie stuprocentową likwidację opłat za energię bierną. Gwarantują poprawę jakości energii, co ma wpływ na jakość eksploatacji i żywotność innych odbiorów użytkowanych w kompensowanym obiekcie.



Rys. 1. Przykładowy proces łączeniowy realizowany za pomocą łączników tyrystorowych

### ***Układy kompensacyjne SMART SYSTEM niskiego napięcia***

Jednym z przykładowych urządzeń wykorzystujących zalety systemu SMART SYSTEM jest automatycznie regulowany nadążny kompensator energii biernej pojemnościowej typu TN-D przedstawiony na rysunku 2. Kompensator składa się z nieregulowanego dławika kompensacyjnego oraz członów kondensatorowych załączanych tyrystorami. Każdy z członów kondensatorowych, ze względu na skojarzenie poszczególnych zwijek kondensatorowych w gwiazdę umożliwia załączanie dowolnej fazy odrębnie. Urządzenie to umożliwia kompensację mocy biernej pojemnościowej - przy zachowaniu automatycznej regulacji niezależnie na każdej fazie i czasie reakcji wynoszącym jedynie 20ms, co praktycznie całkowicie eliminuje przypadki przekroczenia zadanego współczynnika mocy, zarówno od strony indukcyjnej, jak i pojemnościowej. Zadbano tutaj o oddzielenie podzespołów o dużych stratach mocy czynnej od kondensatorów. Dławik kompensacyjny, zabezpieczony ażurową osłoną znajduje się na dachu obudowy. Natomiast radiatory łączników tyrystorowych wyprowadzono na drzwi kompensatora. Elementy wrażliwe na podwyższoną temperaturę (kondensatory, aparaturę sterującą) umieszczono wewnątrz obudowy. Opisywany kompensator TN-D znalazł zastosowanie w kompensacji mocy biernej pojemnościowej w stacjach nadawczych RTV.



Rys. 2. Kompensator mocy biernej pojemnościowej typu TN-D

### ***Układ kompensacyjno-filtracyjny SMART SYSTEM pieca łukowego***

Wykorzystując korzyści systemu SMART SYSTEM otrzymujemy możliwość budowy układów kompensacyjno-filtracyjnych również w sieciach średniego napięcia. Przykładem takiego wykonania jest zbudowana przez firmę ELMA energia instalacja nadążna kompensacyjna pieca łukowego.

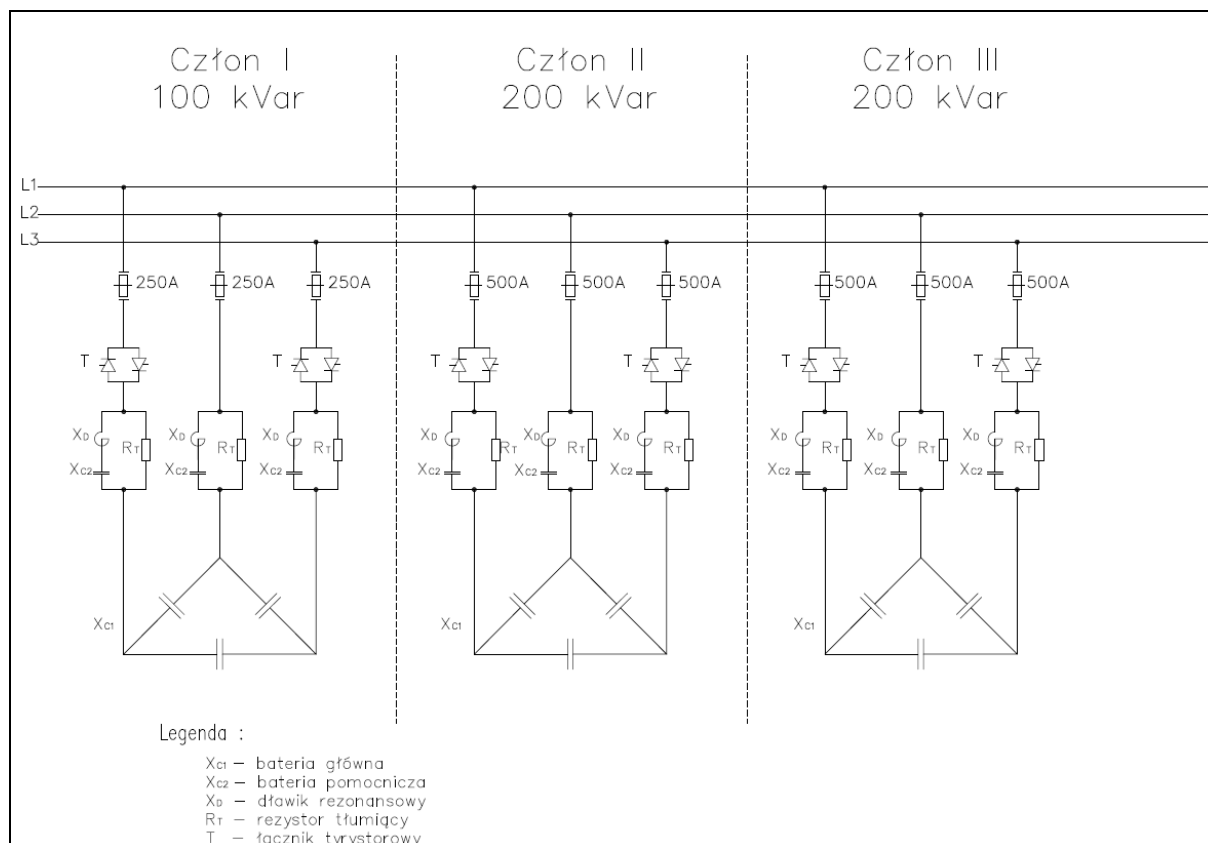
Ponieważ w tego typu odbiorach procentowa zawartość 2-giej harmonicznej wynosi średnio od 10-15% a jej wartości chwilowe osiągają nawet 30% składowej podstawowej (50Hz) układ kompensacyjny musi stanowić odstrojony filtr 2-giej harmonicznej. Zastosowanie zwykłego dwójnika pasywnego stanowiącego szeregowe połączenie baterii kondensatorów i dławika w przypadku filtra 2-giej harmonicznej nie znajduje zastosowania, gdyż minimalne zmiany w pojemności baterii powodują duże zmiany częstotliwości rezonansowej własnej filtru. Zjawisko to uniemożliwiłoby właściwą pracę układu kompensacji. W związku z powyższym zastosowano jako poszczególne człony filtry typu C trzeciego rzędu składające się:

- z pomocniczej baterii kondensatorów z szeregowo włączonym dławikiem oraz równoległym rezystorem tłumiącym
- z głównej baterii kondensatorów.

Parametry zostały dobrane tak, aby dla poszczególnych członów baterii zagwarantować:

- odpowiednią moc rzeczywistą członu
- rząd częstotliwości rezonansowej własnej  $n_r=1,6$  co odpowiada częstotliwości własnej  $f_r=80\text{Hz}$
- dla częstotliwości poniżej 80Hz filtr posiada charakter pojemnościowy i pełni funkcję kompensatora a dla harmonicznych o częstotliwościach powyżej 80Hz ma charakter indukcyjny, co uniemożliwia wystąpienie zjawisk rezonansowych
- odpowiednią obciążalność prądami wyższych harmonicznych i związanych z nimi wyższych harmonicznych napięć.

Schemat pogładowy instalacji przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat układu kompensacji i filtracji nadążnej pieca łukowego

Ze względu na fakt, że piec łukowy jest niespokojnym odbiornikiem energii elektrycznej (gwałtowne zmiany poboru mocy czynnej i biernej w czasie) oraz w rozpatrywanym przypadku dominującą drugą harmoniczną w spektrum generowanych wyższych harmonicznym prądu i napięcia, do kompensacji mocy biernej zaproponowano poniższe rozwiązanie. Układ kompensacyjny o łącznej mocy 500kVar i napięciu znamionowym 400V składa się z 3 członów o mocach: 100kVar, 200kVar, 200kVar co daje 5 możliwych stopni regulacji w szeregu 1:2:2. W filtrze typu C w członie o mocy rzeczywistej 100kVar/400V zainstalowano kondensatory o łącznej mocy 278kVar, natomiast w członie o mocy 200kVar umieszczono kondensatory o mocy 561kVar.

Do załączania członów wykorzystano trójfazowe łączniki tyrystorowe, które wraz z mikroprocesorowym sterownikiem gwarantują czas reakcji układu kompensacyjnego nie większy niż 20ms. Gwarantuje to spodziewany efekt kompensacji przy obciążeniach szybkozmiennych. Ze względu na czas rozładowania kondensatorów wynoszący zazwyczaj  $I_{min}$  przy zastosowaniu tradycyjnych łączników praktycznie nie istnieje możliwość uzyskania odpowiedniej wartości  $tg\phi$ , a w przypadku uzyskania takiej wartości musi pojawić się w znacznych ilościach energia bierna oddawana do sieci, co pociąga za sobą wysokie opłaty za energię elektryczną. Przy zastosowaniu łączników tyrystorowych ze względu na wybór przez sterownik oraz łącznik właściwego momentu załączenia ponowne włączenie baterii kondensatorów nie wymaga ich rozładowania. Oznacza to, że czas pomiędzy odłączeniem danego członu baterii a ponownym jej załączeniem (w przypadku potrzeby) nie będzie przekraczał czasu reakcji układu kompensacji, czyli 20ms. Sterownik wyposażony jest w wyświetlacz, na którym można wyświetlać aktualne parametry sieci, w tym zawartości wyższych harmonicznym. Wszystkie zastosowane sterowniki oraz łączniki są oryginalnymi rozwiązaniami firmy ELMA energia.