

mgr inż. Łukasz Matyjasek

Kompensacja mocy biernej w stacjach rozdzielczych WN/SN

Dla dystrybutorów energii elektrycznej, stacje rozdzielcze WN/SN stanowią podstawowy punkt systemu rozdziału energii, której wartość stanowi wypadkową poborów mocy zarówno czynnej, jak i biernej przez wszystkie zasilane odbiory. W związku z tym, nawet w przypadku zastosowania u poszczególnych odbiorców układów kompensacyjnych, moc bierna w stacji może osiągać wysokie wartości, przy jednoczesnej dużej zmienności (niski pobór w godzinach pozaszczytowych, wysoki w szczytach).

Przepływ mocy biernej, a co za tym idzie zwiększony przepływ prądu przez elementy systemu, związany jest z szeregiem negatywnych następstw:

- zwiększone straty mocy i energii czynnej,
- zwiększone spadki napięć w liniach zasilających i transformatorach,
- konieczność instalowania urządzeń i aparatów o większych mocach i prądach znamionowych (transformatory, łączniki i in.),
- opłaty za energię bierną.

Problemy te znane są od lat i w celu poprawy współczynnika mocy, a co za tym idzie ograniczenia tych zjawisk, zazwyczaj dla każdej sekcji stacji rozdzielczej instalowane są nieregulowane baterie kondensatorów średnich napięć, włączone na stałe bądź załączanie i wyłączanie ręcznie poprzez wyłącznik w polu zasilającym.

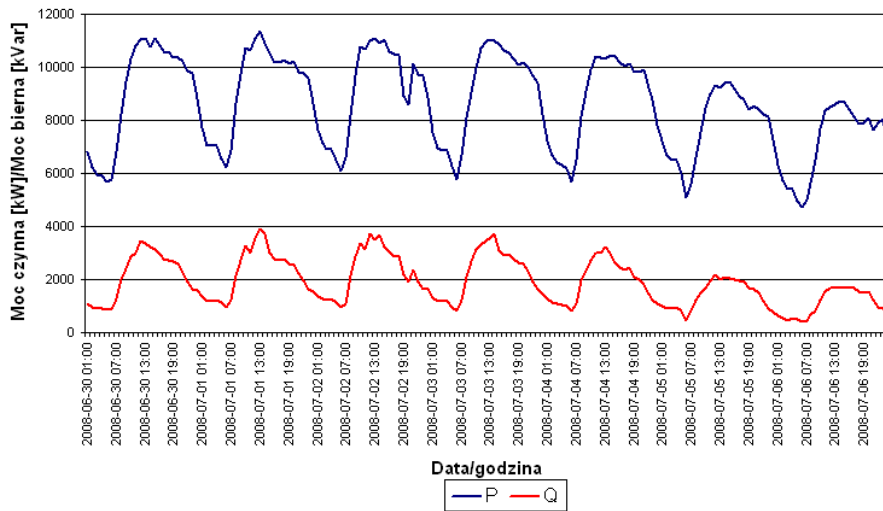
Takie rozwiązanie nie zapewnia jednakże skutecznej kompensacji z wielu powodów:

- brak dostosowywania mocy biernej urządzenia kompensacyjnego do zapotrzebowania sieci,
- w przypadku braku regulacji ręcznej, mogą występować okresy przekompensowania (oddawania do sieci mocy biernej pojemnościowej),
- w przypadku ręcznego odłączania baterii w okresach obniżonego zapotrzebowania – skrócenie żywotności wyłącznika,
- w przypadku występowania w sieci wyższych harmonicznym prądów i napięć (szczególnie w rejonach uprzemysłowionych i miejskich) – możliwość wystąpienia zjawisk rezonansowych bądź wyższe niż znamionowe wartości prądu wypadkowego.

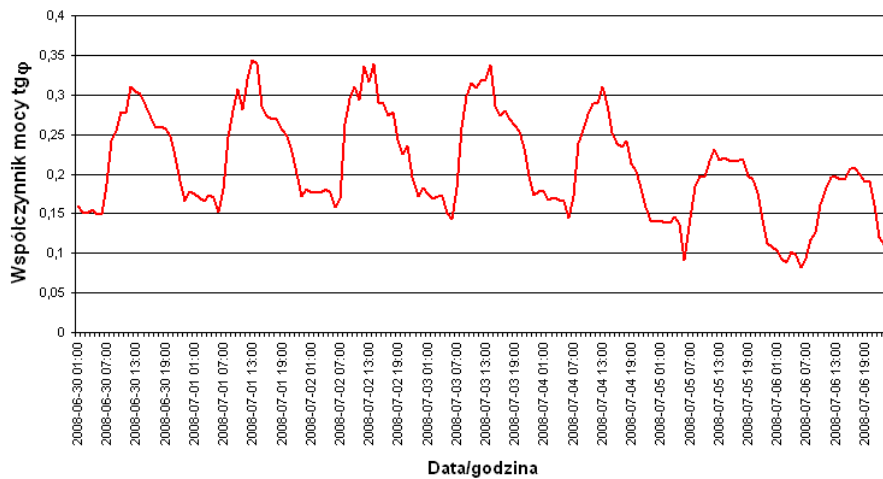
W ostatnich latach, szczególny nacisk kładzie się na poszanowanie energii oraz ograniczenie jej zużycia. W związku z tym, poszukiwane są bardziej efektywne

sposoby kompensacji mocy biernej, zaś dobór mocy urządzeń kompensacyjnych poprzedza wnikliwa analiza.

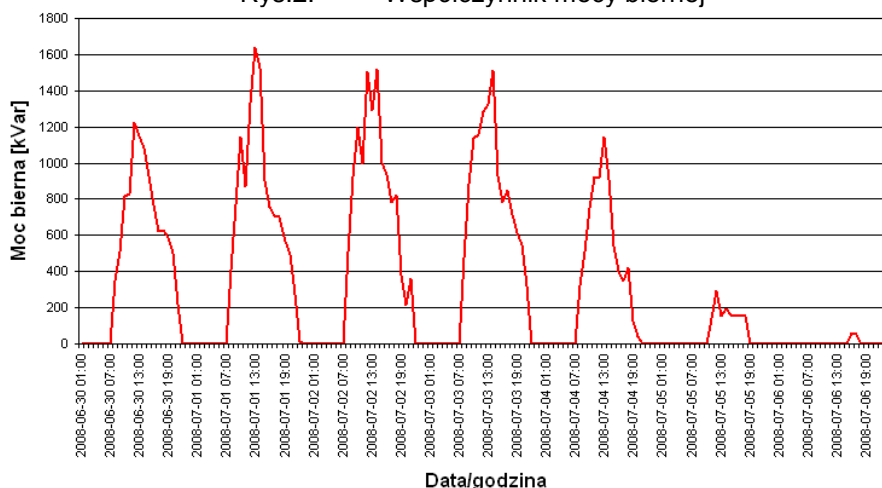
Analizy zazwyczaj przeprowadza się na podstawie wyników systemu monitoringu co najmniej z okresu roku. Poniżej przedstawiono analizę dla jednej ze stacji 110/20kV w oparciu o dane z jednego tygodnia.



Rys.1. Przebieg poboru mocy czynnej i biernej w przeciągu tygodnia w przykładowej stacji 110/20kV



Rys.2. Współczynnik mocy biernej



Rys.3. Zapotrzebowanie mocy biernej do współczynnika mocy biernej $\text{tg}\varphi=0,2$

Tabela 1. Zestawienie efektów zastosowania różnego rodzaju urządzeń kompensacyjnych

Rodzaj urządzenia kompensacyjnego	Energia czynna pobrana MWh	Energia bierna pobrana MVarh	Energia bierna oddana MVarh	Przypadki wsp. mocy tgφ powyżej 0,2 – ilościowo	Przypadki wsp. mocy tgφ powyżej 0,2 – procentowo	Przypadki przekompensowania	Ograniczenie energii biernej pobranej
Bez baterii	1.444,3	320,9	0,00	80	47,6%	0	0%
stała 300kVar		270,5	0,00	64	38,1%	0	15,7%
stała 450kVar		245,3	0,06	55	32,7%	1	23,5%
stała 600kVar		220,9	0,84	45	26,8%	7	31,1%
stała 900kVar		173,8	4,11	27	16,1%	20	45,8%
stała 1200kVar		133,4	14,14	10	6,0%	46	58,4%
aut. reg. 450/225kVar		245,5	0,00	55	32,7%	0	23,5%
aut. reg. 675/225kVar		209,7	0,00	42	25,0%	0	34,6%
aut. reg. 450/450kVar		245,7	0,00	55	32,7%	0	23,4%
aut. reg. 900/450kVar		179,1	0,00	27	16,1%	0	44,2%
aut. reg. 1350/450kVar		131,4	0,00	5	3,0%	0	59,0%
aut. reg. 900/900kVar		187,7	0,00	27	16,1%	0	41,5%
aut. reg. 1800/900kVar		113,9	0,00	0	0,0%	0	64,5%

Jak widać z przedstawionej tabeli, baterie nieregulowane nie są rozwiązaniem efektywnym, zaś optymalnym sposobem kompensacji w punkcie o tak zmiennym poborze mocy biernej jest zastosowanie urządzeń automatycznie regulowanych.

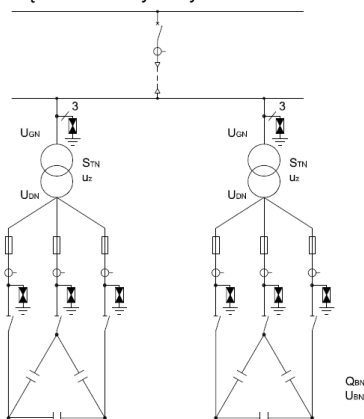
Jednakże, dla napięć znamionowych stacji rozdzielczych (15kV, 20kV) brak jest na rynku odpowiedniej do tego zastosowania aparatury łączeniowej - jest ona kosztowna a jej żywotność ograniczona.

Rozwiązaniem, które łączy w sobie elastyczne dostosowanie mocy biernej kompensatora do chwilowego zapotrzebowania sieci oraz zalety aparatury niskonapięciowej są transformatorowe filtry pasywne.

W rozwiązaniu tym, człon kondensatorowy składa się z transformatora obniżającego oraz baterii kondensatorów. Parametry reaktancyjne obu elementów dobrane są tak, aby tworzyć układ filtra 5-tej harmonicznej.

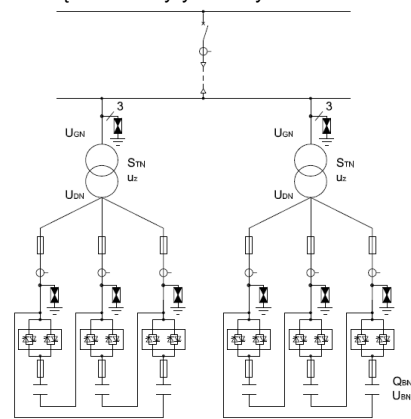
Schemat filtra transformatorowego

Kompensator z łącznikami stykowymi



S_{TN} – moc znamionowa transformatora
 U_{GN} - napięcie górne transformatora
 U_{DN} –napięcie dolne transformatora

Kompensator z łącznikami tyrystorowymi



U_z – napięcie zwarcia transformatora
 Q_{BN} – znamionowa moc zainstalowanych kondensatorów nn
 U_{BN} – napięcie znamionowe baterii nn

Zastosowanie kondensatorów oraz aparatury łączeniowej niskiego napięcia zapewnia wszystkie związane z tym aspekty:

- wydłużoną żywotność aparatury łączeniowej (do 100.000 operacji w przypadku łączników stykowych, praktycznie nieograniczona liczba operacji w przypadku łączników tyrystorowych),
- szybki czas rozładowania (50V w przeciągu 1 minuty), bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń rozładowczych,
- niższe koszty instalacji i eksploatacji.

Dodatkowo, filtry transformatorowe w wykonaniu z łącznikami tyrystorowymi charakteryzują się:

- nadążnym dostosowaniem mocy systemu do chwilowego zapotrzebowania na moc bierną pojemnościową (w przeciągu 14-20ms),
- brakiem stanów nieustalonych przy załączaniu członów kondensatorowych,
- redukcją do minimum zjawiska przekompensowania,
- ograniczaniem spadków napięć oraz flikeringu.

Bezpieczeństwo pracy filtrów zapewnione jest przez szereg zabezpieczeń (nadnapięciowe, przeciążeniowe, zwarciovowe).

Podstawowe parametry techniczne

Moc znamionowa:	do 16MVar
Napięcie znamionowe:	6,3; 10,5; 15,75; 21; 24; 36kV (inne na zamówienie)
Stopień regulacji:	225...900kVar
Częstotliwość:	50Hz (na zamówienie 60Hz)
Klasa temperaturowa:	-25/B -25°C...+45°C lub -25/D -25°C...+55°C
Dopuszczalne napięcia robocze:	1,10U _N 12h/dobę 1,15U _N 0,5h/dobę 1,20U _N 5 minut 1,30U _N 1 minuta
Straty mocy czynnej kondensatorów:	≤0,15W/kVar
Urządzenia rozładowcze:	rozładowanie do 50V w czasie 1 minuty



Filtr transformatorowy 20kV z łącznikami stykowymi