

kompensator dynamiczny LKD

innowacyjne rozwiązanie w kategorii kompensacji mocy biernej

Andrzej Anuszkiewicz, Bartosz Ostrowski – Grupa LOPI

Z roku na rok powiększa się liczba obiektów wyposażonych w dodatkowe źródła energii (kogeneracja) i jednocześnie posiadających bardzo wrażliwe urządzenia oraz linie technologiczne [1]. Tradycyjne systemy redukujące opłaty za ponadnormatywny pobór mocy biernej indukcyjnej i pojemnościowej coraz częściej nie są w stanie sprostać tym wyzwaniom, przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiego poziomu jakości zasilania [2]. Niższa żywotność urządzeń, obciążona sieć elektroenergetyczna, to dodatkowe koszty dla wielu inwestorów. Wyzwania rynkowe skłaniają do poszukiwania coraz to bardziej efektywnych rozwiązań, które wykazują się pracą na wysokim poziomie.

Kompensatory dynamiczne LKD (patent **P.433831**) to innowacyjne urządzenia przeznaczone do kompensacji mocy biernej indukcyjnej i pojemnościowej. Wyróżnia je dodatkowo funkcja kompensacji mocy dystorsji. Prezentowane rozwiązanie daje możliwość nisko stratnej kompensacji mocy biernej oraz kompensacji wybranych składowych harmonicznym (rys. 1 i rys. 2).

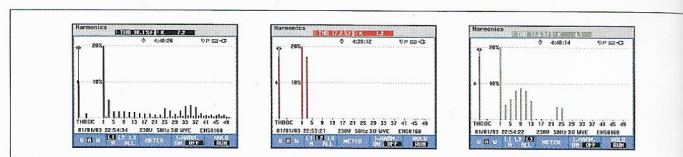
przewaga nad tradycyjnym układem kompensacji mocy biernej

Tradycyjny układ kompensacji mocy biernej pojemnościowej projektowany z użyciem jedno lub trójfazo-

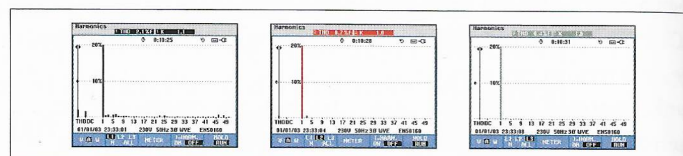
wych dławików kompensacyjnych jest sterowany przez regulator mocy biernej [3]. Rozwiązanie tego typu traci na popularności ze względu na liczne ograniczenia. Bierzymy tu pod uwagę wysokie straty własne układów kompensacji utrzymujące się w granicach od 50 do 80 W na 1 kvar [4], długie czasy reakcji (odbioru szybkozmiennych), zmiany impedancji sieci czy też konieczność utrzymywania $\cos \varphi$ po stronie indukcyjnej, co wiąże się z kolejnymi dodatkowymi stratami.

Kompensatory dynamiczne mogą w pełni zastępować tradycyjne baterie kondensatorów i dławików, podnosząc jednocześnie standard działania poprzez filtrację wyższych harmonicznym. Przy zastosowaniu kompensatorów LKD użytkownik zyskuje dużą redukcję strat własnych układu kompensacyjnego. Jednocześnie poprzez filtrację wyższych harmonicznym obniżona zostaje wielkość mocy pozornej, co przekłada się bezpośrednio na jeszcze większą redukcję opłat za energię elektryczną.

Kompensatory LKD o mocy 5 lub 10 kvar mogą być podłączone do instalacji szeregowo z zasilanymi odbiornikami. To unikalne rozwiązanie sprawia, że nie ma konieczności montażu dodatkowych przekładników pomiarowych. Kompensator zawiera wbudowany wewnętrzny układ do pomiaru U/I. W wyposażeniu standardowym urządzenie posiada kanał



Rys. 1. Harmoniczne prądu, przykładowe obciążenie 3-fazowe



Rys. 2. Harmoniczne prądu, obciążenie 3-fazowe z włączonym kompensatorem

komunikacyjny RS-485, a w zależności od wykonania, dodatkowy wyświetlacz i moduł rozszerzeń do sterowania członami pasywnymi takimi jak dławik kompensacyjny, czy kondensator. Kompensator charakteryzuje się prostym montażem i intuicyjną konfiguracją.

Kompensator dynamiczny posiada bezstopniową kompensację mocy biernej i mocy dystorsji. Straty własne urządzenia zostały zminimalizowane do wartości 17 W na 1 kvar. Możliwa jest skuteczna redukcja zniekształceń sieci do 49. harmonicznym oraz aktywna kompensacja mocy biernej wraz z równoważeniem obciążenia sieci. Dzięki zastosowaniu innowacyjnych technologii kompensator dynamiczny LKD mieści się w kompaktowej obudowie umożliwiając tym samym montaż w miejscach gdzie instalacja tradycyjnej baterii dławików byłaby problematyczna.

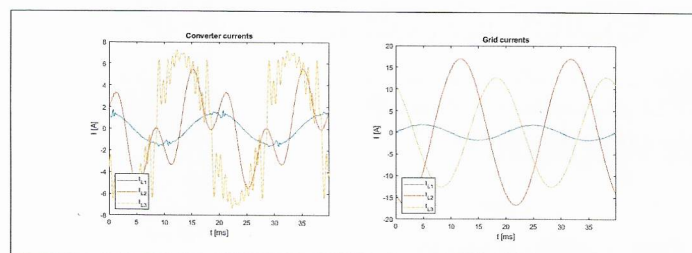
Zastosowanie kompensatora dynamicznego w układzie to przede wszystkim poprawa jakości zasilania, aktywna kompensacja mocy biernej, zrównoważenie obciążenia oraz wydłużenie czasu eksploatacji urządzeń podłączonych do sieci z kompensatorem (rys. 3.). Kompensator dynamiczny jest urządzeniem bardzo wydajnym, prostym w instalacji

i eksploatacji. Dzięki zastosowaniu skomplikowanych algorytmów urządzenie może pracować w otwartej i zamkniętej pętli oraz podłączone szeregowo do sieci. Kompensatory dynamiczne 25 kvar można łączyć ze sobą równolegle do osiągnięcia łącznej mocy 100 kvar.

przykładowe zastosowanie

Przy zastosowaniu generacji rozproszonej (np. układy fotowoltaiczne) w podsięci zasilającej, stosowane są falowniki (przekształtniki DC/AC) jako integralna część całego układu fotowoltaicznego z bardzo zaawansowanymi algorytmami sterowania, które mają wbudowaną identyfikację impedancji sieci zasilającej.

W takiej sytuacji stosowanie biernego kompensatora z szeregowo wstawionymi dławikami skutkuje negatywnym wpływem na pracę układu sterowania falownika fotowoltaicznego, podejmującego ciągłe próby poprawnej identyfikacji impedancji sieci elektroenergetycznej, mogącej ulegać nieustannej zmianie poprzez dołączanie/odłączanie kolejnych dławików. Prowadzi to do zaburzeń napięcia wyższymi harmonicznymi spowodowanymi pracą łączeniową tranzystorów falownika fotowoltaicznego oraz po-



Rys. 3. Przebiegi prądu fazy L1, L2, L3 oraz przebiegi prądu fazy L1, L2, L3 z włączonym kompensatorem dynamicznym

wodze obniżoną sprawnością energetyczną, gdyż pojawiają się większe straty energetyczne na dławiku.

W celu zwiększenia możliwości zastosowania kompensatora, każdy model został wyposażony w dodatkowy układ sterowania z przekładnikami zewnętrznych. Kolejną wprowadzoną funkcjonalnością jest moduł sterowania członami pasywnymi LC poprzez dodatkowy moduł rozszerzeń. Dla dużych mocy biernych wiąże się to z możliwością połączenia istniejącego systemu kompensacji z układem dynamicznym. Kooperacja kompensatora dynamicznego z tradycyjnym układem kompensacyjnym powoduje mniejszą częstotliwość załączeń członów pasywnych oraz wysoką skuteczność nawet dla odbiorników z szybkimi charakterem pracy.

Możliwe zastosowanie kompensatora dynamicznego LKD:

- przekształtnikowe układy napędowe,
- biurowce oraz magazyny,
- szpitale,

- przemysł lekki i ciężki,
- serwerownie,
- systemy magazynowania energii UPS,
- małe i średnie przedsiębiorstwa,
- oświetlenie LED,
- oświetlenie uliczne,
- siłownie telekomunikacyjne.

funkcjonalności kompensatora dynamicznego LKD

1. Kompensacja mocy biernej indukcyjnej i/lub pojemnościowej w każdej z faz z osobna do wartości maksymalnego prądu kompensacji fazy lub przewodu neutralnego (RMS); jeżeli w przewodzie neutralnym nastąpi przekroczenie wartości maksymalnego prądu kompensacji (RMS) kompensowana moc jest proporcjonalnie ograniczona we wszystkich fazach do limitu prądu kompensacji (RMS) w przewodzie neutralnym.

2. Kompensacja wyższych harmonicznych prądu obciążenia do 49. lub

39. harmonicznej dla częstotliwości napięcia sieci zasilającej odpowiednio 50 Hz lub 60 Hz (*), przy czym w przypadku przekroczenia wartości maksymalnego prądu kompensacji fazy lub przewodu neutralnego (RMS lub PEAK) priorytetem jest kompensacja mocy biernej, a zdolność kompensacji każdej z wyższych harmonicznych jest ograniczona proporcjonalnie do limitu prądu kompensacji (RMS lub PEAK).

3. Możliwość selektywnej kompensacji wyższych harmonicznych każdej z faz z osobna (programowo) lub zakresów harmonicznych do 19., 29., 39. lub 49. harmonicznej (dipswitch).

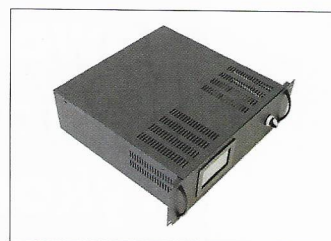
4. Symetryzacja obciążenia.

5. Wizualizacja pracy kompensatora.

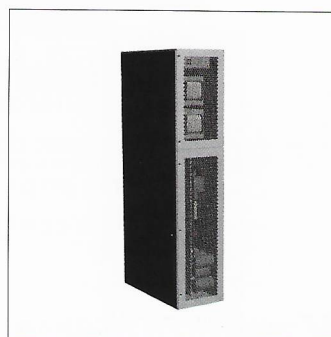
6. Wizualizacja parametrów sieci elektroenergetycznej.

7. Możliwe wykonanie: wolnostojące/obudowa typu rack/moduł oświetlenia ulicznego.

Kompensator dynamiczny LKD zaprojektowany przez inżynierów z Grupy Lopi we współpracy z Poli-



Rys. 4. Kompensator dynamiczny w wykonaniu w obudowie typu RACK (Grupa Lopi)



Rys. 5. Kompensator dynamiczny oświetlenia ulicznego (Grupa Lopi)

techniką Warszawską został uhonorowany złotym medalem w kategorii Energia podczas Wirtualnych Targów Innowacji E-NNOVATE 2020 oraz otrzymał specjalne wyróżnienie od jurorów pochodzących z Uniwersytetu Ukraińskiego.

literatura

1. <https://mojprad.gov.pl/>
2. R. Żelazny, Harmoniczne prądu w liniach i urządzeniach elektrycznych zasilających odbiorców kolejowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 297, „Elektrotechnika” 37.
3. <http://www.lopi.pl>
4. Badania własne Grupy Lopi.

Model	LKD 5	LKD 10	LKD 25
Moc kompensacji	± 5 kVar	± 10 kVar	± 25 kVar
Maksymalny prąd kompensacji (RMS)	8 A	16 A	40 A
Maksymalny prąd kompensacji (Peak)	14,4 A	28,8 A	72 A
Napięcie pracy	3x400 VAC +/- 10%	3x400 VAC +/- 10%	3x400 VAC +/- 10%
Częstotliwość napięcia	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
CT	5/5 - 600/5	5/5 - 2000/5	5/5 - 3000/5
Skuteczność kompensacji	≥ 99,5%	≥ 99,5%	≥ 99,5%
PF	-1 do 1	-1 do 1	-1 do 1
Częstotliwość pracy	32 kHz	32 kHz	32 kHz
Kompensacja harmonicznych	Do 49.	Do 49.	Do 49.
Technologia	SiC	SiC	SiC
Sterowanie członami Q/L	Opcja	Opcja	Opcja
Czas regulacji	100 ms	100 ms	100 ms
Czas reakcji	20 ms	20 ms	20 ms
Instalacja sieci	Czteroprzewodowa	Czteroprzewodowa	Czteroprzewodowa
Straty mocy	< 80 W	< 160 W	(< 300 W)
Poziom hałasu	< 65 dB	< 65 dB	< 65 dB
Masa	14 kg	17 kg	30 kg
Stopień ochrony	IP 20	IP 20	IP 20
Temperatura pracy	-20°C + 50°C	-20°C + 50°C	-20°C + 50°C
Chłodzenie	Pasywne	Wymuszone	Wymuszone
Wysokość prac mnpm	< 1500	< 1500	< 1500
Możliwość rozbudowy	-	-	Do 100 kVar
komunikacja	RS 485	RS 485	RS 485, LAN
Protokół łączności	Modbus (RTU)	Modbus (RTU)	Modbus (RTU)
Wyświetlacz HMI	Opcja	Opcja	Tak

Tab. 1. Parametry techniczne kompensatora dynamicznego LKD

reklama



**LOPI ANUSZKIEWICZ
I TRZECIŃSCY SPÓŁKA JAWNA**
05-119 Legionowo, ul. Długa 3
tel. 22 732 07 87, tel. 22 772 95 08
tel. +48 697 481 635
faks 22 772 95 09
biuro@lopi.pl
www.lopi.pl