

TRÓJFAZOWY RÓWNOLEGŁY ENERGETYCZNY FILTR AKTYWNY ZE ZMODYFIKOWANYM ALGORYTMEM STEROWANIA OPARTYM NA TEORII MOCY CHWILOWEJ

Krzysztof Piotr Sozański

Instytut Inżynierii Elektrycznej,
Wydział Elektrotechniki, Elektroniki i Informatyki,
Uniwersytet Zielonogórski

Listopad, 2010

- Problem: parametry dynamiczne energetycznych filtrów aktywnych (EFA)

- Problem: parametry dynamiczne energetycznych filtrów aktywnych (EFA)
- Możliwe rozwiązania problemu

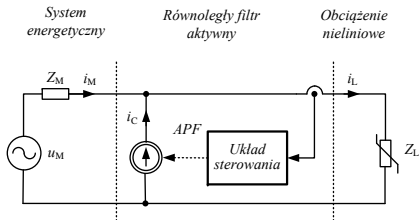
- Problem: parametry dynamiczne energetycznych filtrów aktywnych (EFA)
- Możliwe rozwiązania problemu
- Realizacja wybranego algorytmu

- Problem: parametry dynamiczne energetycznych filtrów aktywnych (EFA)
- Możliwe rozwiązania problemu
- Realizacja wybranego algorytmu
- Wyniki eksperymentalne

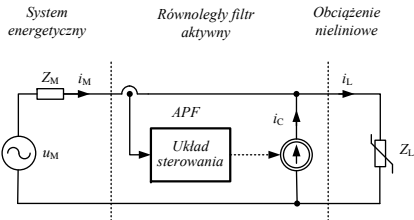
- Problem: parametry dynamiczne energetycznych filtrów aktywnych (EFA)
- Możliwe rozwiązania problemu
- Realizacja wybranego algorytmu
- Wyniki eksperymentalne
- Wnioski

Równoległe energetyczne filtry aktywne (EFA)

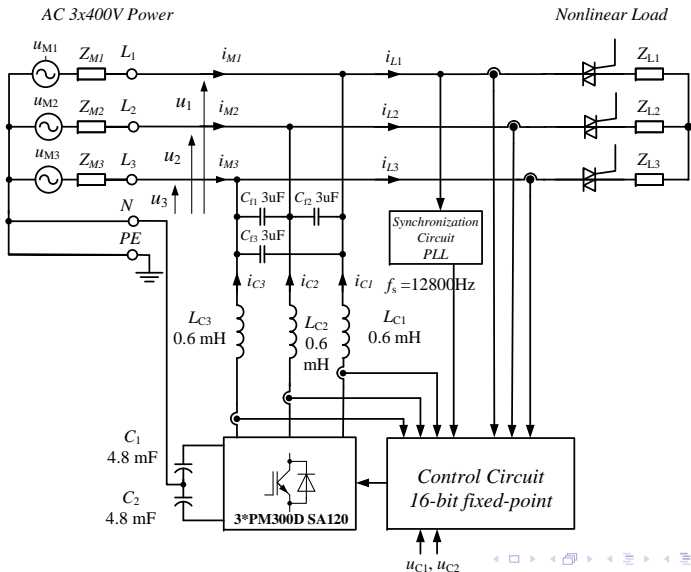
Układ otwarty



Układ ze sprzężeniem zwrotnym



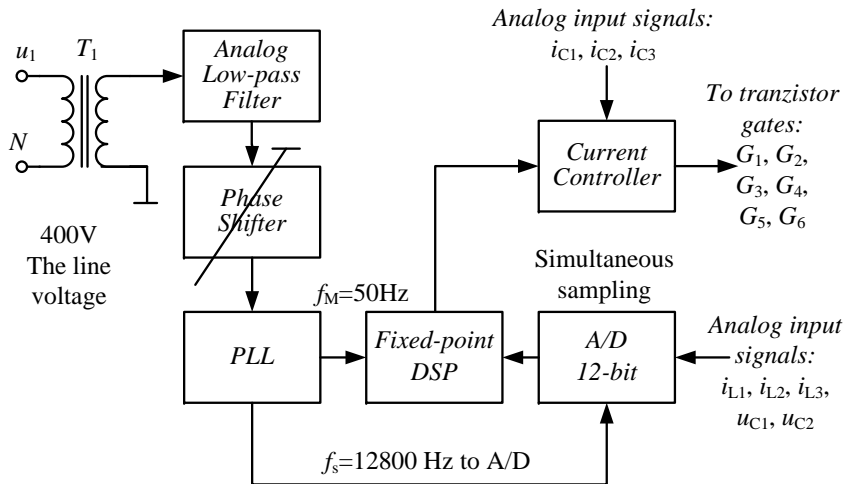
Uproszczony schemat kompensacji z 75 kVA równoległym energetycznym filtrem aktywnym EFA1



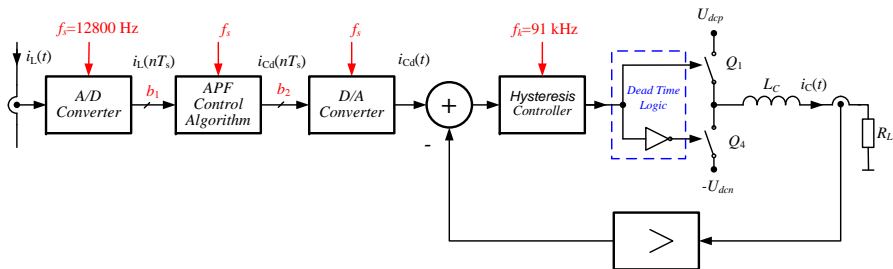
Widok 75 kVA równoległego energetycznego filtra aktywnego EFA1



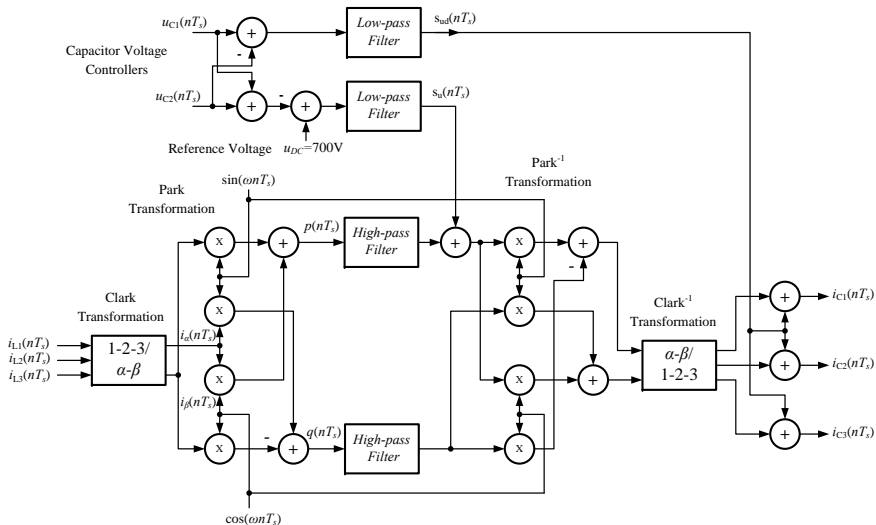
Uproszczony schemat blokowy układu sterowania EFA1



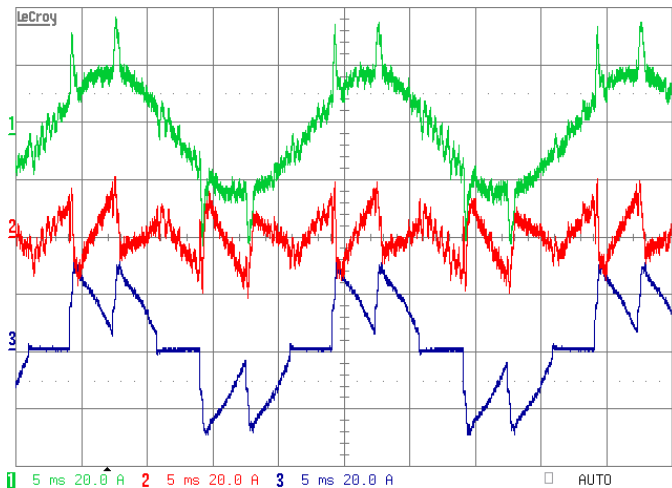
Schemat blokowy układu sterowania EFA1 dla jednej fazy



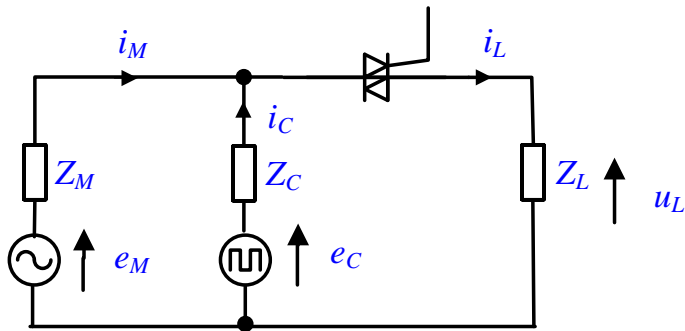
Schemat blokowy cyfrowego algorytmu sterowania EFA1



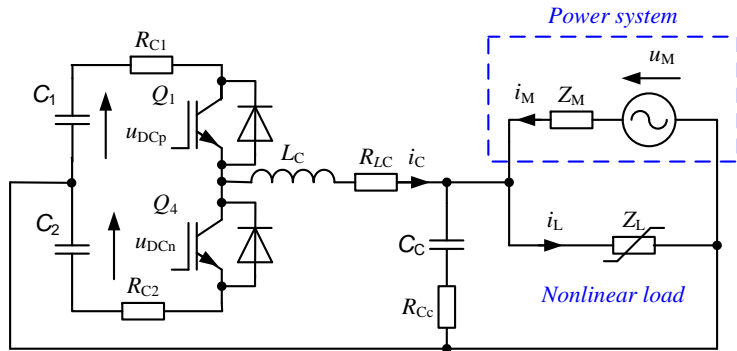
Eksperymentalne przebiegi czasowe prądów dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla stanu ustalonego z włączonym EFA1: i_M , i_C , i_L



Uproszczony schemat połączenia jednej fazy EFA1 z siecią energetyczną



Uproszczony schemat układu kompensacji dla jednej fazy



Właściwy dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych.

Obciążenia o przewidywalnej zmienności prądu

- zastosowanie algorytmu nieprzyczynowego,

Właściwy dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych.

Obciążenia o przewidywalnej zmienności prądu

- zastosowanie algorytmu nieprzyczynowego,
- zastosowanie regulatora prądu z predykcją.

Właściwy dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych.

Obciążenia o przewidywalnej zmienności prądu

- zastosowanie algorytmu nieprzyczynowego,
- zastosowanie regulatora prądu z predykcją.

Obciążenia o stochastycznej zmienności prądu

- filtr z dużą szybkością przełączania,

Właściwy dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych.

Obciążenia o przewidywalnej zmienności prądu

- zastosowanie algorytmu nieprzyczynowego,
- zastosowanie regulatora prądu z predykcją.

Obciążenia o stochastycznej zmienności prądu

- filtr z dużą szybkością przełączania,
- zastosowanie dwóch filtrów jeden o dużej mocy i małej szybkości drugi o dużej szybkości i mniejszej mocy,

Właściwy dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych.

Obciążenia o przewidywalnej zmienności prądu

- zastosowanie algorytmu nieprzyczynowego,
- zastosowanie regulatora prądu z predykcją.

Obciążenia o stochastycznej zmienności prądu

- filtr z dużą szybkością przełączania,
- zastosowanie dwóch filtrów jeden o dużej mocy i małej szybkości drugi o dużej szybkości i mniejszej mocy,
- zastosowanie filtra wieloszybkościowego.

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,
- możliwa mniejsza częstotliwość przełączania tranzystorów.

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,
- możliwa mniejsza częstotliwość przełączania tranzystorów.

Przeciw:

- gorsze własności dynamiczne,

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,
- możliwa mniejsza częstotliwość przełączania tranzystorów.

Przeciw:

- gorsze własności dynamiczne,
- większy koszt i masa.

Dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,
- możliwa mniejsza częstotliwość przełączania tranzystorów.

Przeciw:

- gorsze własności dynamiczne,
- większy koszt i masa.

Mniejsza wartość indukcyjności

Za:

- szybsza reakcja,

Dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,
- możliwa mniejsza częstotliwość przełączania tranzystorów.

Przeciw:

- gorsze własności dynamiczne,
- większy koszt i masa.

Mniejsza wartość indukcyjności

Za:

- szybsza reakcja,
- niższy koszt i masa.

Dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,
- możliwa mniejsza częstotliwość przełączania tranzystorów.

Przeciw:

- gorsze własności dynamiczne,
- większy koszt i masa.

Mniejsza wartość indukcyjności

Za:

- szybsza reakcja,
- niższy koszt i masa.

Przeciw:

- większa wartość tętnień prądu kompensującego,

Dobór wartości indukcyjności dławików wyjściowych

Większa wartość indukcyjności

Za:

- mniejsza wartość tętnień prądu kompensującego,
- możliwa mniejsza częstotliwość przełączania tranzystorów.

Przeciw:

- gorsze własności dynamiczne,
- większy koszt i masa.

Mniejsza wartość indukcyjności

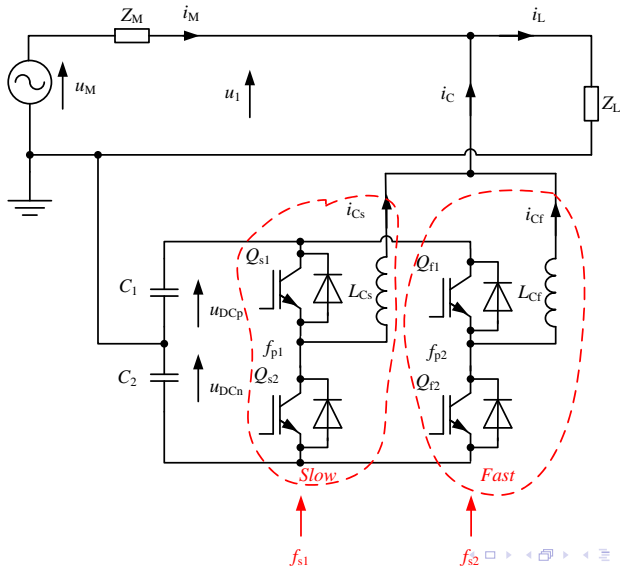
Za:

- szybsza reakcja,
- niższy koszt i masa.

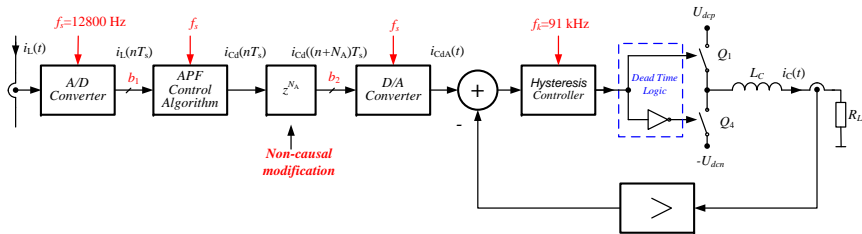
Przeciw:

- większa wartość tętnień prądu kompensującego,
- większa częstotliwość przełączania tranzystorów: straty, zwiększony wpływ stanów przejściowych.

Schemat wieloszybkowości energetycznego filtra aktywnego

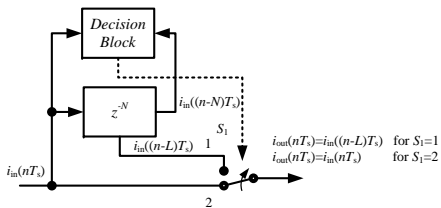


Schemat blokowy układu sterowania EFA1 z układem predykcyjnym

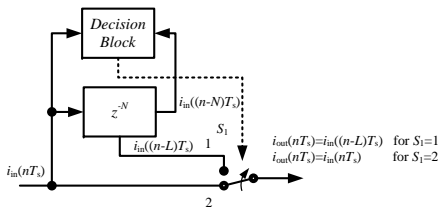


Układ dla jednej fazy.

Schemat blokowy układu nieprzyczynowego



Schemat blokowy układu nieprzyczynowego



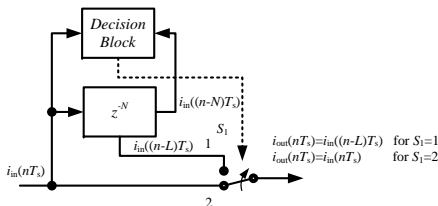
T_A

W rozpatrywanym filtrze dyskretna wartość czasu wyprzedzenia T_A jest wyznaczana z równania

$$T_A = N_A T_s, \quad (1)$$

gdzie: N_A - liczba próbek wysyłanych z wyprzedzeniem.

Schemat blokowy układu nieprzyczynowego



T_A

W rozpatrywanym filtrze dyskretna wartość czasu wyprzedzenia T_A jest wyznaczana z równania

$$T_A = N_A T_s, \quad (1)$$

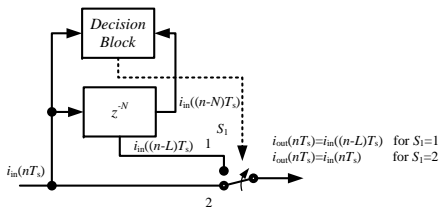
gdzie: N_A - liczba próbek wysyłanych z wyprzedzeniem.

Długość bufora próbek może być wyznaczona z równania

$$L = N - N_A. \quad (2)$$

where: N - liczba próbek na okres sieci zasilającej.

Schemat blokowy układu nieprzyczynowego



T_A

W rozpatrywanym filtrze dyskretna wartość czasu wyprzedzenia T_A jest wyznaczana z równania

$$T_A = N_A T_s, \quad (1)$$

gdzie: N_A - liczba próbek wysyłanych z wyprzedzeniem.

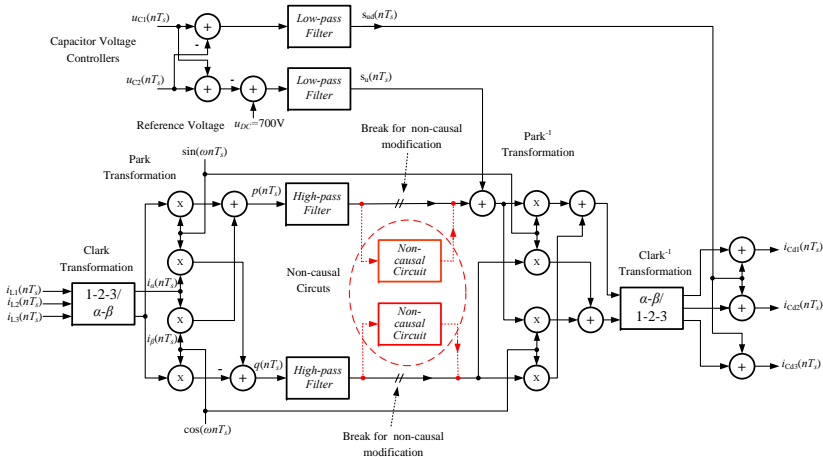
Długość bufora próbek może być wyznaczona z równania

$$L = N - N_A. \quad (2)$$

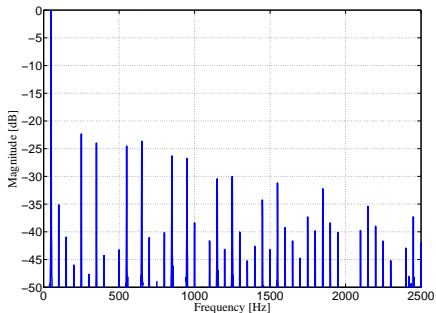
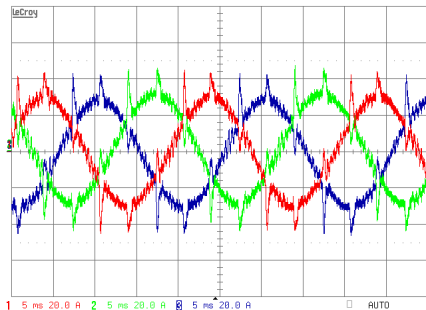
where: N - liczba próbek na okres sieci zasilającej.

W układzie: $N = 256$, $T_s = 78,125\mu s$, $T_A \approx 300\mu s$ to $N_A = 3$.

Schemat blokowy algorytmu sterowania EFA1 z układem predykcyjnym



Eksperymentalne przebiegi prądów linii dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla stanu ustalonego z włączonym algorytmem nieprzyczynowym dla $N_{ah} = 0$

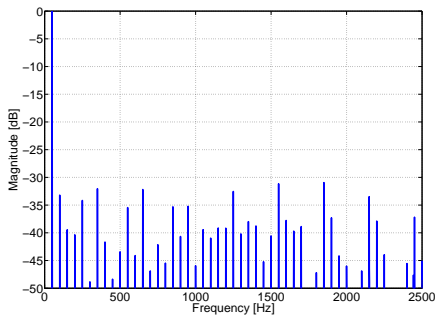
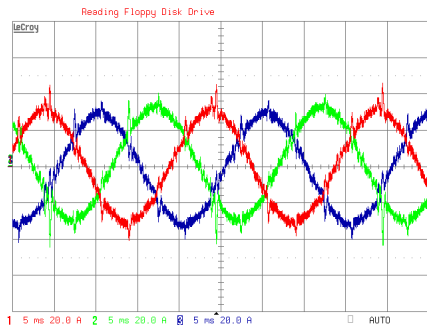


Przebiegi czasowe: i_{M1} , i_{M2} , i_{M3}

Widmo i_{M1}



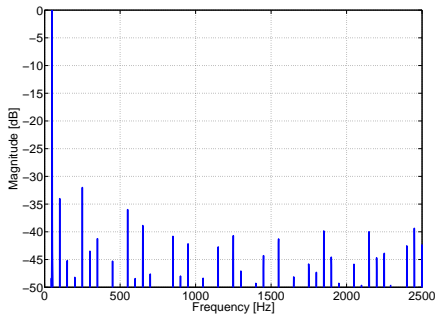
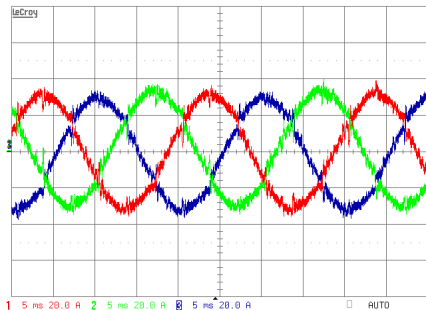
Eksperymentalne przebiegi prądów linii dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla stanu ustalonego z włączonym algorytmem nieprzyczynowym dla $N_{ah} = 2$



Przebiegi czasowe: i_{M1} , i_{M2} , i_{M3}

Widmo i_{M1}

Eksperymentalne przebiegi prądów linii dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla stanu ustalonego z włączonym algorytmem nieprzyczynowym dla $N_{ah} = 3$

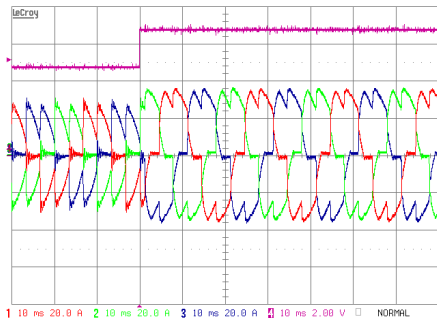


Przebiegi czasowe: i_{M1} , i_{M2} , i_{M3}

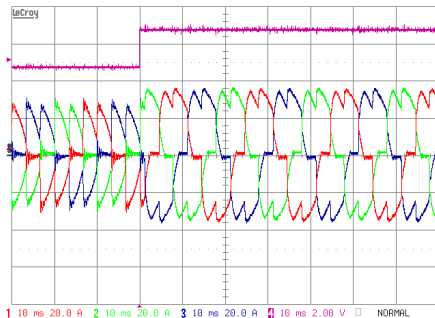
Widmo i_{M1}



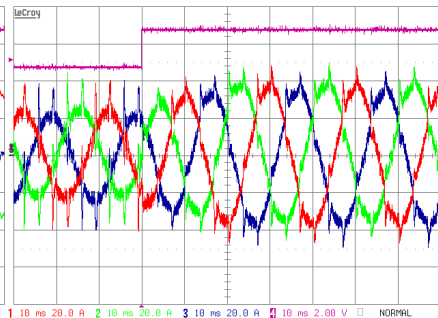
Eksperymentalne przebiegi czasowe prądów linii dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla skokowej zmiany kąta wysterowania



Eksperymentalne przebiegi czasowe prądów linii dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla skokowej zmiany kąta wysterowania

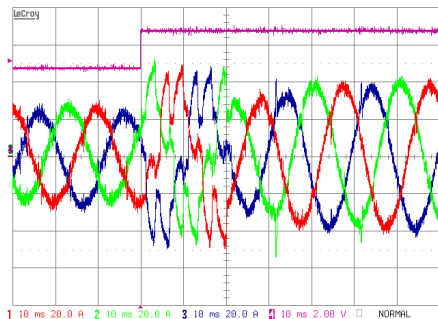


Z wyłączonym EFA1

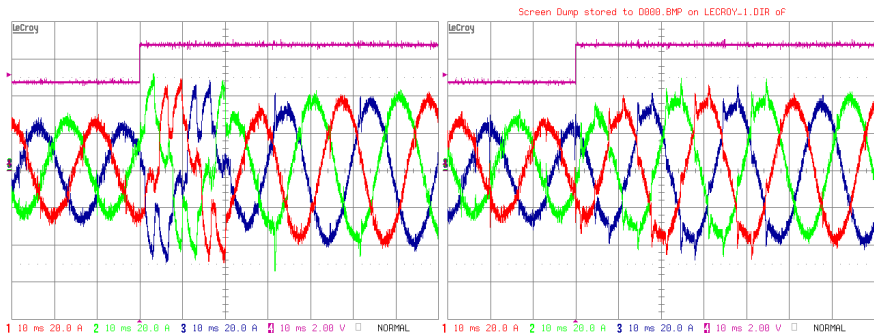


Z włączonym EFA1 z klasycznym algorytmem sterowania

Eksperymentalne przebiegi czasowe prądów linii dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla skokowej zmiany kąta wysterowania



Eksperymentalne przebiegi czasowe prądów linii dla sterownika mocy sterowanego fazowo z obciążeniem rezystancyjnym, dla skokowej zmiany kąta wysterowania



Z ciągle włączonym algorytmem
nieprzyczynowym

Z włącznikiem automatycznym

- Modyfikacja algorytmu sterowania opartego na teorii mocy chwilowej pozwala na polepszenie własności dynamicznych energetycznego filtra aktywnego dla obciążeń o przewidywalnej zmienności prądu obciążenia.

- Modyfikacja algorytmu sterowania opartego na teorii mocy chwilowej pozwala na polepszenie własności dynamicznych energetycznego filtra aktywnego dla obciążeń o przewidywalnej zmienności prądu obciążenia.
- Modyfikacja układu sterowania jest bardzo prosta i nie wymaga modyfikacji układu a dodatkowe nakłady obliczeniowe są bardzo małe, dlatego może być łatwo zrealizowana w istniejących energetycznych równoległych filtrach aktywnych.

- Modyfikacja algorytmu sterowania opartego na teorii mocy chwilowej pozwala na polepszenie własności dynamicznych energetycznego filtra aktywnego dla obciążeń o przewidywalnej zmienności prądu obciążenia.
- Modyfikacja układu sterowania jest bardzo prosta i nie wymaga modyfikacji układu a dodatkowe nakłady obliczeniowe są bardzo małe, dlatego może być łatwo zrealizowana w istniejących energetycznych równoległych filtrach aktywnych.
- Dla obciążeń o przewidywalnej zmienności prądu obciążenia, z powolnymi zmianami jego zmianami, algorytm nieprzyczynowy może być na stałe włączony.