

Figura 3. 20 – Sinais de sincronização seno e coseno obtidos utilizando o método de sincronização *MSRF* a partir das tensões da rede equilibradas.

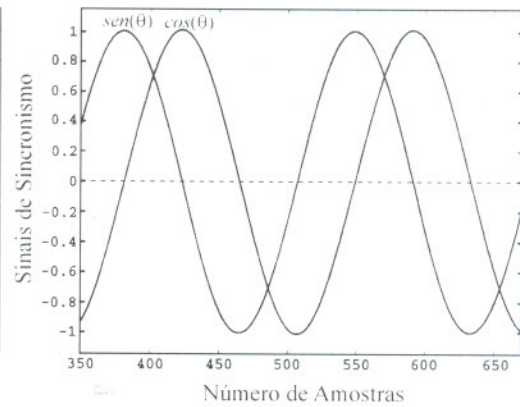


Figura 3. 21 – Sinais de sincronização seno e coseno obtidos utilizando o método de sincronização *NPSF* a partir das tensões da rede equilibradas.

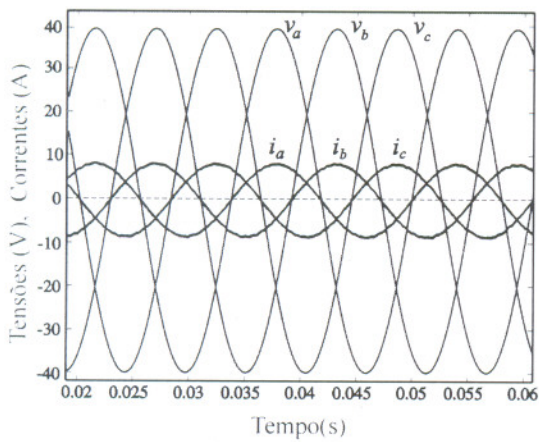


Figura 3. 22 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase (1/4,5 do valor nominal) sob condições de equilíbrio das tensões da rede utilizando o método *MSRF*.

Correntes com $TD_i = 0\%$ e $FD = 0,99$.

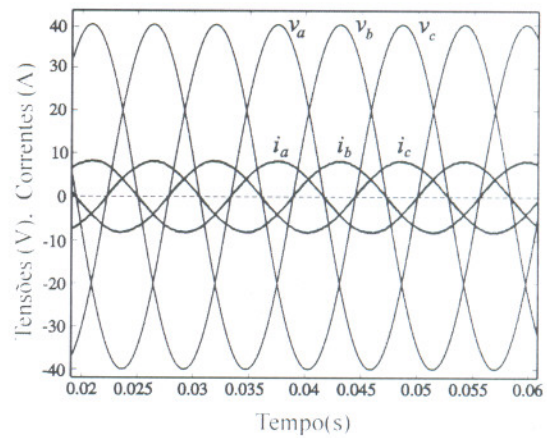


Figura 3. 23 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase (1/4,5 do valor nominal) sob condições de equilíbrio das tensões da rede utilizando o método *NPSF*.

Correntes com $TD_i = 0\%$ e $FD = 0,99$.

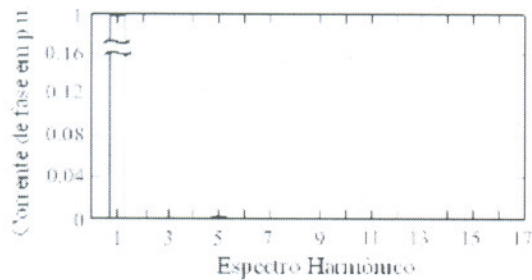


Figura 3. 24 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases da figura 3.22, onde a $THD_i=1,0\%$.

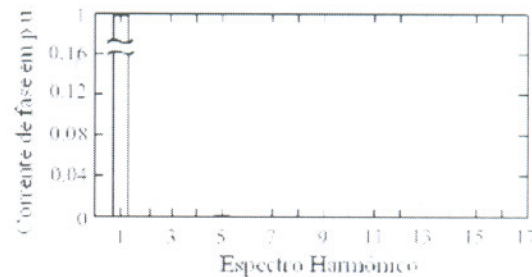


Figura 3. 25 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases da figura 3.23, onde a $THD_i=1,0\%$.

3.6.2 Caso b – Tensões de Linha da Rede com Distorções Harmônicas

Para este caso foi considerada uma THD_v de 10 % nas tensões de linha da rede, tais distorções, são formadas pela 5^a, 7^a e 11^a harmônicas todas com mesma amplitude. Os sinais de sincronização obtidos pelo método *MSRF* e *NPSF* são apresentados na Figura 3. 26 e Figura 3. 27 respectivamente, onde o primeiro método apresenta distorções nos sinais de sincronização, enquanto que o segundo método não apresenta distorções significativas.

A Figura 3. 28 apresentam as correntes de entrada do retificador PWM utilizando o método *MSRF*. Pela utilização deste método observa-se que os harmônicos presentes nas tensões da rede provocam distorções nas correntes de entrada do retificador também devido a normalização das tensões realizada por este método segundo a equação (1.5). Sendo esta uma equação não linear a presença de harmônicos provoca o aparecimento de componentes alternadas na norma da tensão que é utilizada e, conseqüentemente, harmônicos de ordem ímpar de mesma freqüência que os harmônicos provenientes da rede, conforme Figura 3. 30, que apresenta o espectro harmônico na corrente da fase α da Figura 3. 28. Nestas figuras as tensões de fase da rede também estão em escala reduzida (1/4,5 do valor nominal).

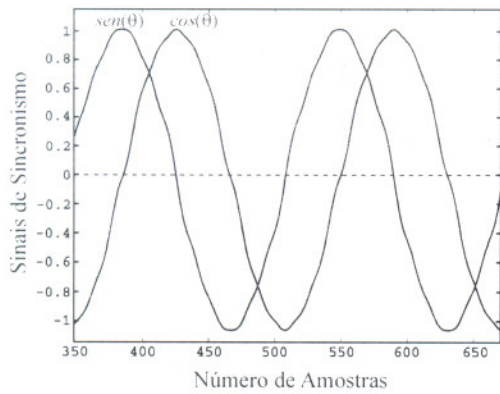


Figura 3. 26 – Sinais de sincronização seno e co-seno obtidos utilizando o método de sincronização *MSRF* com 10 % de distorções harmônicas nas tensões da rede.

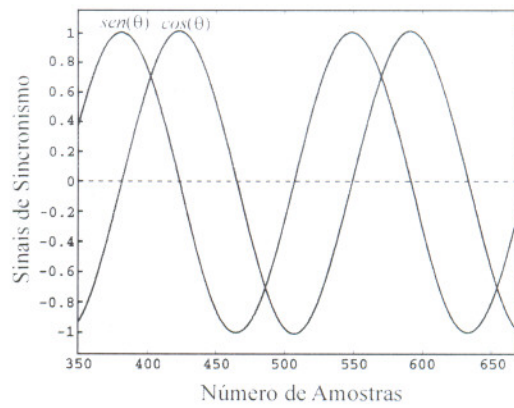


Figura 3. 27 – Sinais de sincronização seno e co-seno obtidos utilizando o método de sincronização *NPSF* com 10 % de distorções harmônicas nas tensões da rede.

Com a utilização do método *NPSF*, porém observa-se pela Figura 3. 29 que, as correntes do retificador PWM não apresentam distorções consideráveis relativas ao espectro harmônico da Figura 3. 31. Em termos de TD_i os dois métodos apresentam resultados semelhantes.

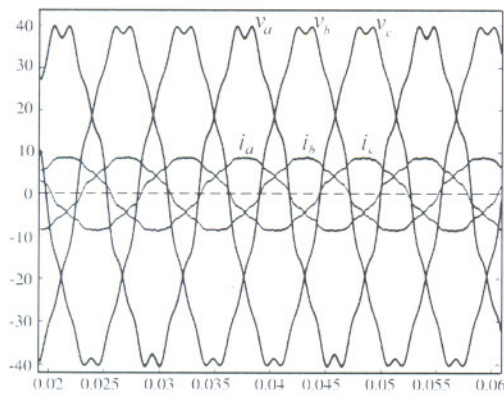


Figura 3. 28 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase (1/4,5 do valor nominal) sob condições de $THD_v=10\%$ nas tensões da rede utilizando o método *MSRF*.

Correntes com $TD_i=0\%$ e $FD=0,98$.

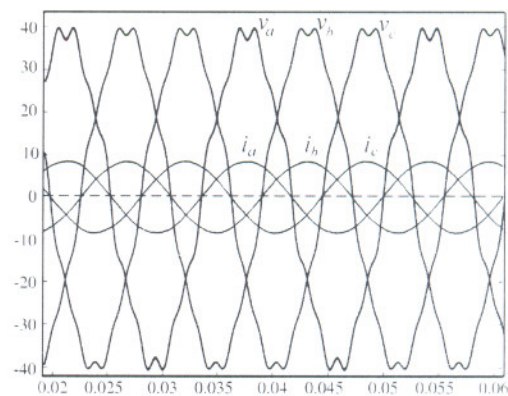


Figura 3. 29 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase (1/4,5 do valor nominal) sob condições de $THD_v=10\%$ nas tensões da rede utilizando o método *NPSF*.

Correntes com $TD_i=0\%$ e $FD=0,99$.

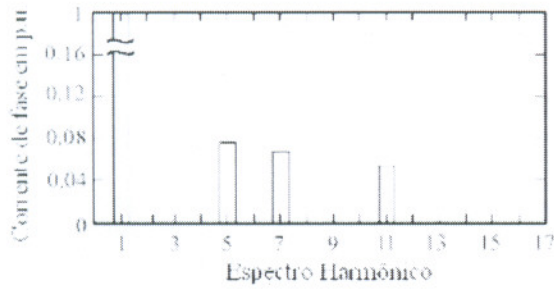


Figura 3.30 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases em p.u. da figura 3.28, onde a $THD_i=6,7\%$.

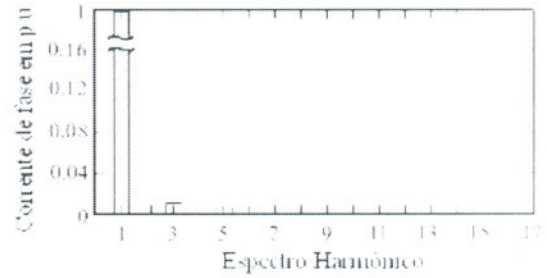


Figura 3.31 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases em p.u. da figura 3.29, onde a $THD_i=1,67\%$.

3.6.3 Caso c – Tensões de Linha da Rede Desequilibradas

Para este caso considerando um desequilíbrio de 25 % nas tensões de linha da rede, a fim de enfatizar a diferença entre os sinais de sincronização obtidos pelo método *MSRF* e *NPSF*, conforme pode ser verificado na Figura 3.32 e na Figura 3.33 respectivamente. O método *MSRF* apresenta distorções nos sinais de sincronização, enquanto que, o método *NPSF* não apresenta distorções significativas.

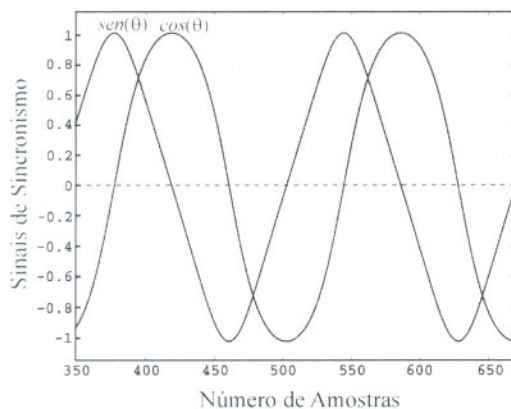


Figura 3.32 – Sinais de sincronização seno e cosseno obtidos utilizando o método de sincronização *MSRF* a partir de 25 % de desequilíbrio nas tensões da rede.

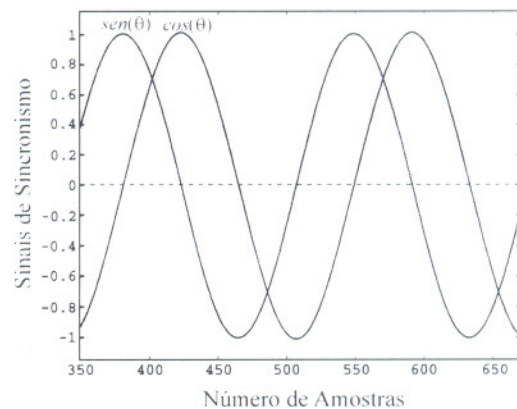


Figura 3.33 – Sinais de sincronização seno e cosseno obtidos utilizando o método de sincronização *NPSF* a partir de 25 % de desequilíbrio nas tensões da rede.

A Figura 3.34 apresentam as correntes de entrada do retificador utilizando o método *MSRF*. Pela utilização deste método observa-se que o desequilíbrio das tensões da rede provoca distorções nas correntes de entrada do retificador PWM devido à normalização das tensões realizada por este método segundo a equação (1.5). Sendo esta uma equação não linear a presença de seqüência negativa provoca o aparecimento de componentes alternadas na normalização e, conseqüentemente, harmônicos de ordem ímpar conforme a Figura 3.36, a qual apresenta o espectro harmônico das correntes na fase *a* relativa a Figura 3.34.

Com a utilização do método *NPSF*, porém observa-se pela Figura 3.35 que, as correntes do retificador PWM não apresentam distorções significativas, conforme pode ser visto pelo espectro harmônico apresentado na Figura 3.37, obtido a partir de medidas realizadas com relação a uma das correntes de entrada do retificador PWM. Além disso, a TD_i é maior utilizando o método *MSRF* comparado-o com o *NPSF*.

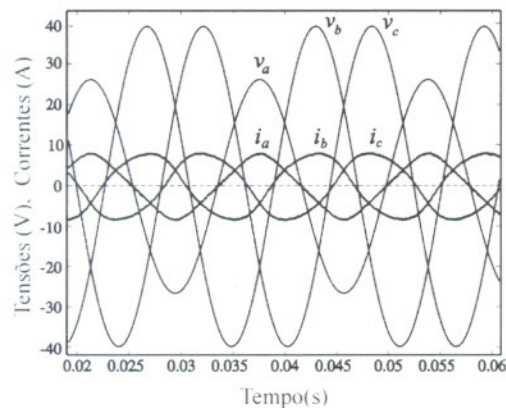


Figura 3. 34 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase (1/4,5 do valor nominal) sob condições de 25 % de desequilíbrio nas tensões da rede utilizando o método *MSRF*.
Correntes com $TD_i = 6,8\%$ e $FP = 0,98$

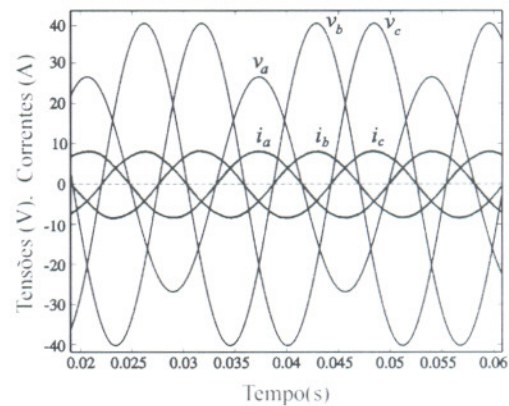


Figura 3. 35 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase (1/4,5 do valor nominal) sob condições de 25 % de desequilíbrio nas tensões da rede utilizando o método *NPSF*.
Correntes com $TD_i = 1,2\%$ e $FP = 0,99$.