

Figura 3. 36 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases em p.u. da figura 3.34, onde a $THD_i=6,9\%$.

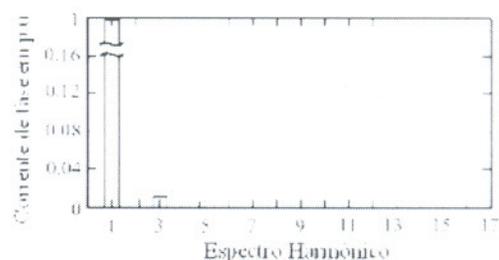


Figura 3. 37 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases em p.u. da figura 3.35, onde a $THD_i=1,65\%$.

3.6.4 Caso d – Tensões de Linha da Rede com Desequilíbrio e Distorções Harmônicas

Para este caso foi considerada uma taxa de desequilíbrio de 25 % e uma THD_v de 10 % nas tensões de linha da rede, tais distorções utilizam-se das mesmas considerações do *Caso b*, sendo os harmônicos de 5ª, 7ª e 11ª ordem e com mesma amplitude. Os sinais de sincronização obtidos pelo método *MSRF* e *NPSF* são apresentados na Figura 3.38 e Figura 3.39 respectivamente, onde se pode observar que o primeiro método apresenta distorções nos sinais de sincronização, enquanto que, o segundo método não apresenta distorções significativas.

A Figura 3.40 apresenta as correntes de entrada do retificador PWM utilizando o método *MSRF*. Pela utilização deste método novamente verificou-se que, o desequilíbrio e os harmônicos presentes nas tensões da rede provocam distorções nas correntes de entrada do retificador, da mesma forma devido à normalização das tensões realizada por este método. Observou-se um acentuado aumento da distorção harmônica em relação aos dois casos anteriormente descritos, conforme pode ser observado na Figura 3.42 os harmônicos de ordem ímpar se fazem presentes, sendo mais significativos os de 3ª, 5ª, 7ª, 11ª ordem.

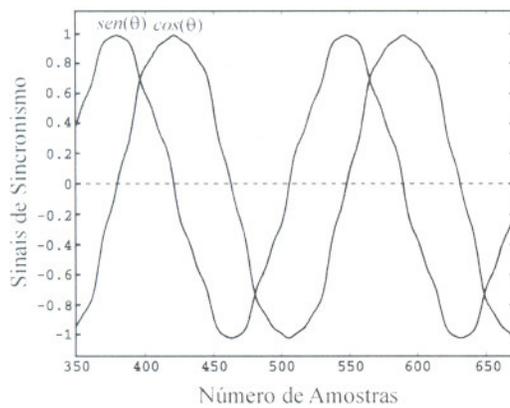


Figura 3. 38 – Sinais de sincronização seno e cosseno obtidos utilizando o método de sincronização *MSRF* com 25 % de desequilíbrio e 10 % de distorções harmônicas nas tensões da rede.

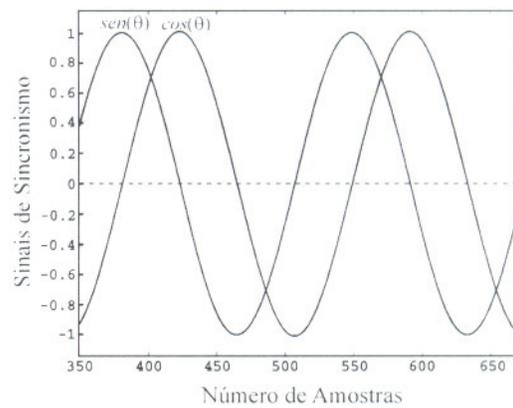


Figura 3. 39 – Sinais de sincronização seno e cosseno obtidos utilizando o método de sincronização *NPSF* com 25 % de desequilíbrio e 10 % de distorções harmônicas nas tensões da rede.

Com a utilização do método *NPSF*, porém observa-se pela Figura 3.41, que as correntes do retificador PWM não apresentam distorções consideráveis conforme espectro harmônico da Figura 3.43. Além disso, o método *MSRF* apresenta maior TD_i se comparado ao *NPSF*.

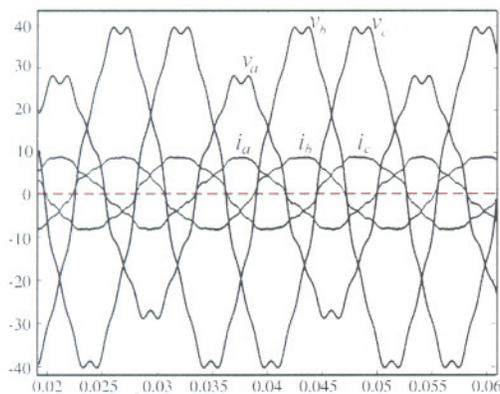


Figura 3. 40 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase sob condições de 25% de desequilíbrio e $THD_v=10\%$ nas tensões da rede utilizando o método *MSRF*. Correntes com $TD_i=6,9\%$ e $FP=0,98$.

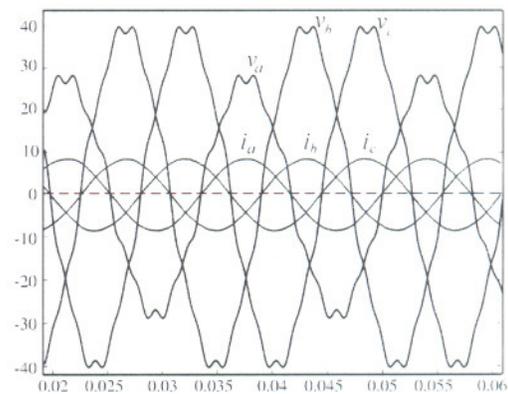


Figura 3. 41 – Correntes de entrada do retificador PWM e tensões de fase sob condições de 25% de desequilíbrio e $THD_v=10\%$ nas tensões da rede utilizando o método *NPSF*. Correntes com $TD_i=1,3\%$ e $FP=0,999$.

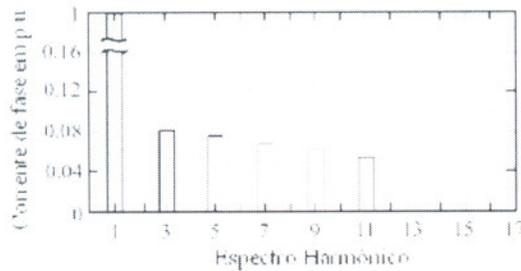


Figura 3. 42 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases em p.u. da figura 3.40, onde a $THD_i=11,9\%$.

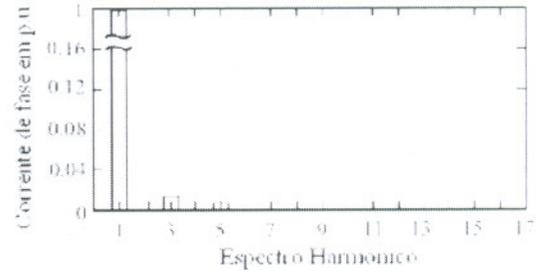


Figura 3. 43 – Espectro harmônico da corrente em uma das fases em p.u. da figura 3.41, onde a $THD_i=1,8\%$.

A tabela 3.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos em termos dos critérios relevantes para as correntes de entrada do retificador PWM trifásico usando os métodos de sincronização *NPSF* e *MSRF*.

Tabela 3. 4- RESULTADOS OBTIDOS PARA AS CORRENTES DE ENTRADA DO RETIFICADOR PWM TRIFÁSICO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE SINCRONIZAÇÃO *NPSF* E *MSRF*.

Distúrbios nas tensões da rede elétrica	Métodos de Sincronização	
	<i>MSRF</i>	<i>NPSF</i>
$THD_v=0\%$ $TD_v^*=0\%$	$FP=0,99$, $TD_i=0\%$ $THD_i(\%)=1\%$	$FP=0,99$, $TD_i=0\%$ $THD_i=1\%$
$THD_v=10\%$ $TD_v^*=0\%$	$FP=0,98$, $TD_i=0\%$, $THD_i(\%)=6,7\%$	$FP=0,99$, $TD_i=0\%$, $THD_i=1,67\%$
$THD_v=0\%$ $TD_v^*=25\%$	$FP=0,99$, $TD_i=6,8\%$ $THD_i(\%)=6,9\%$	$FP=0,99$, $TD_i=1,2\%$ $THD_i=1,65\%$
$THD_v=10\%$ $TD_v^*=25\%$	$FP=0,98$, $TD_i=6,9\%$, $THD_i(\%)=11,9\%$	$FP=0,99$, $TD_i=1,3\%$ $THD_i=1,8\%$

* TD_v – é a taxa de desequilíbrio de tensão, calculado semelhantemente ao TD_i .

A Figura 3. 44 apresenta as curvas relativas à variação do desequilíbrio nas tensões da rede em função do desequilíbrio provocado nas correntes de entrada do retificador PWM para os dois métodos de sincronização analisados *MSRF* e *NPSF*. Observa-se por esta

figura que o método *NPSF* apresenta um reduzido desequilíbrio nas correntes se comparado ao *MSRF*, principalmente quando o desequilíbrio de tensão é maior que 2%.

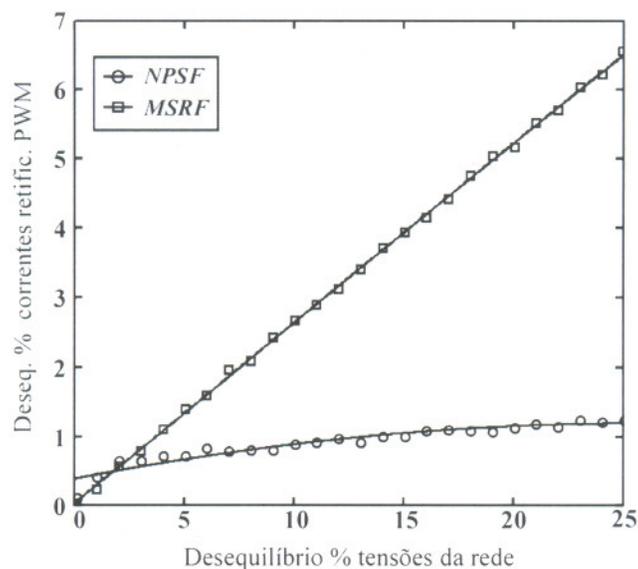


Figura 3. 44 – Gráfico que apresenta as curvas relativas a variação do desequilíbrio das correntes de entrada do retificador PWM em função da variação do desequilíbrio nas tensões da rede com a utilização dos métodos *MSRF* e *NPSF* e controlador de corrente CC_{PI} .

A Figura 3.45 apresenta as curvas relativas à variação da *THD* nas correntes de entrada do retificador PWM em função da variação do desequilíbrio nas tensões da rede para os dois métodos de sincronização analisados *MSRF* e *NPSF*. É possível observar por esta figura que a *THD* nas correntes praticamente não varia à medida que o desequilíbrio nas tensões da rede aumenta.

Observa-se que, para ambos os casos analisados e apresentados na Figura 3. 44 e na Figura 3. 45, que o método *NPSF* proposto apresenta um melhor desempenho em termos de TD_i e THD_i com relação as correntes de entrada do retificador PWM trifásico. Como os dois métodos utilizam o mesmo controlador PI as diferenças se devem ao fato da utilização dos métodos de sincronização *NPSF* e *MSRF*.