

## Idee iterative Optimierung der BB-Vorverzerrung

Der derzeitigen nichtlinearen Vorverzerrung liegt eine Hammersteinmodellierung des Systems zugrunde. Die beiden Blöcke werden dabei getrennt voneinander bestimmt. Der lineare Block wird durch eine Kleinsignalmessung mittels pseudobinären Testsignalen bestimmt, während der nichtlineare Block durch linear vorverzerrte Pulse bestimmt wird. Dabei wird das Ausgangssignal  $U_{out}(t)$  zuerst in den Frequenzbereich transformiert ( $\underline{U}_{out}(\omega)$ ), dann über den linearen Block (Übertragungsfunktion / Frequenzgang) zurück gerechnet ( $\underline{U}_l(\omega)$ ), und dann wieder in den Zeitbereich zurück transformiert ( $U_l(t)$ ). Durch einen Vergleich zwischen diesem Signal und dem ursprünglichen Eingangssignal kann dann auf die Nichtlinearität geschlossen werden. Zur Zeit geschieht dies über eine Matrixmultiplikation, welche einem die Faktoren für einen Potenzreihenansatz liefert.

Die gemessenen Parameter liefern ein Modell, mit welchem sich die Qualität des Ausgangssignals deutlich verbessern lässt. Da beide Blöcke allerdings getrennt voneinander bestimmt wurden, ist nicht sichergestellt, dass die Kombination der beiden Blöcke auch wirklich ein optimiertes Hammersteinmodell liefert. Ziel des Projektseminars ist es daher, ein Tool zu entwickeln, was die Möglichkeiten bietet, eine Optimierung der beiden Blöcke vorzunehmen. Die Optimierung kann dabei wie folgt aussehen:

### Linearer Block

Der lineare Block enthält die Übertragungsfunktion des Systems. Da das Spektrum des idealen Ausgangssignals bekannt ist, kann das Spektrum des gemessenen Ausgangssignals mit dem idealen Spektrum verglichen werden. Sollte es bei einigen Frequenzen Abweichungen geben, kann versucht werden, die Übertragungsfunktion (in Betrag und Phase) an diesen Frequenzen zu ändern, so dass letztendlich diese Frequenzen im neu vorverzerrten Signal korrigiert sind. Ist zum Beispiel eine Frequenz doppelt so stark im Signal enthalten, wie vorgesehen, kann  $\underline{H}(\omega)$  an dieser Frequenz verdoppelt werden, so dass nach der nächsten Vorverzerrung diese Frequenz nur noch halb so groß im Eingangssignal vorhanden ist. Zusätzlich sollte die Phase korrigiert werden. Mathematisch bedeutet dies

$$\underline{H}_{neu}(\omega) = \underline{H}_{alt}(\omega) \cdot \frac{\underline{U}_{out}(\omega)}{\underline{U}_{in}(\omega)} \cdot \sigma_H$$

Damit wird an jeder Frequenz  $\omega$  der Frequenzgang um die Abweichung korrigiert.  $\sigma_H$  ist dabei eine Schrittweite, die für die spätere Optimierung verwendet werden soll (z.B. 0.5 für Intervallhalbierung) und als Argument der Methode übergeben werden soll. Es kann überlegt werden, ob Amplitude und Phase getrennt korrigiert werden und mit zwei verschiedenen Schrittweiten beaufschlagt werden können.

### Nichtlinearer Block

Der nichtlineare Block wird aufgrund eines linear vorverzerrten Testsignals bestimmt. Es ist aber denkbar, dass sich die Kennlinie für ein nichtlinear vorverzerrtes Signal (oder aufgrund eines Testsignals basierend auf einem veränderten Frequenzgang) verändert. Dementsprechend muss

auch die Kennlinie angepasst werden. Die derzeitige Methode parametrisiert die Kennlinie durch eine Potenzreihe der Ordnung N:

$$U_{\gamma} = \sum_{n=1}^N a_n U_{in}^n$$

wobei  $a_n$  die zu bestimmenden Parameter sind. Wird nun ein verändertes Testsignal angelegt, so kann das gemessene Ausgangssignal über den linearen Block zurückgerechnet werden (anschließend inverse Fouriertransformation um wieder in den Zeitbereich zurückzukehren):

$$\underline{U}_{\gamma, mess}(\omega) = \underline{H}^{-1}(\omega) \cdot \underline{U}_{out}(\omega)$$

Zusätzlich kann über das Eingangssignal über die bisher verwendete Kennlinie  $U_{\gamma, calc}(t)$  berechnet werden

$$U_{\gamma, calc} = \sum_{n=1}^N a_n U_{in}^n$$

Die berechneten Signale  $U_{\gamma, calc}(t)$  und  $U_{\gamma, mess}(t)$  können anschließend verglichen werden und eine korrigierte Kennlinie kann bestimmt werden. Dies kann einfach über die bekannte Matrixmultiplikation geschehen, so dass eine komplett neue Kennlinie aus  $U_{\gamma, mess}(t)$  berechnet wird:

$$U_{\gamma, mess}(t) = \sum_{n=1}^N \bar{a}_n U_{in}^n$$

Dabei sind  $\bar{a}_n$  die Koeffizienten der neu berechneten Potenzreihe. Für eine spätere Optimierung ist es allerdings wichtig, dass eine Schrittweite definiert werden kann. Dazu kann erst die Differenz aus beiden Zeitsignalen gebildet:

$$\Delta U_{\gamma} = U_{\gamma, mess}(t) - U_{\gamma, calc}(t) = \sum_{n=1}^N (\bar{a}_n - a_n) \cdot U_{in}^n = \sum_{n=1}^N \tilde{a}_n U_{in}^n$$

Die Koeffizienten  $\tilde{a}_n$  können auch direkt aus der Matrixmultiplikation berechnet werden, so dass nicht erst die Koeffizienten  $\bar{a}_n$  bestimmt werden müssen:

$$[U_{in}] \cdot (\tilde{a}_n) = (\Delta U_{\gamma})$$

Anschließend können die neuen Koeffizienten für die optimierte Kennlinie einfach über

$$a_n^{neu} = a_n + \sigma_{\gamma} \cdot \tilde{a}_n$$

berechnet werden, wobei  $\sigma_{\gamma}$  die Schrittweite für die Optimierung ist, die wieder frei einstellbar sein sollte.