

DYMOLA – Informationstag TU Wien, 17.11.2005

Dipl.-Ing. Anton Haumer

www.Haumer.at

Technisches Büro für Elektrotechnik
Elektrische Antriebstechnik

Ein Beispiel aus der Leistungselektronik mit DYMOLA: Simulation der Stromüberschwingungen einer Frequenzumrichteranlage am Netzübergabepunkt

- Warum Dymola / Modelica?
- Motivation und Zielsetzung
- Entwicklung der Library
- Gesamtmodell und Parametrierung
- Ergebnisse
- Ausblick, Diskussion

Warum DYMOLA / Modelica?

- physikalisch orientiert:
 - Connector (Schnittstelle) enthält Potentiale und Flussgrößen
 - Gleichungen statt Zuweisungen (z.B. Energiebilanzen)
 - connect: Knotenregeln (Fluss) und Maschenregeln (Potential)
- objektorientiert und modular
- stabile Simulation auch bei idealisierenden Annahmen
- integrierte Source:
 - Gleichungen + graphische Repräsentation + Dokumentation (HTML)
- multidisziplinär:
 - Regelungstechnik (Blocks)
 - Elektrotechnik
 - Mechanik (rotational, translational, 3D)
 - Thermodynamik
 - stetige Erweiterung: Modelica.Association www.modelica.org

Motivation / Zielsetzung

- **>pDRIVE<** VA TECH ELIN EBG ELEKTRONIK rüstet u.A. Anlagen und Maschinen mit Frequenzumrichtern und Motoren aus
- Beispiel: Baumaschinen
- Problem: Netzurückwirkungen (netzseitige Diodengleichrichter)
- Häufig müssen schon im Planungsstadium die Stromüberschwingungen am Netzübergabepunkt berechnet werden.
- Lösung: Simultane Simulation aller Frequenzumrichter gemeinsam mit allen elektrischen Betriebsmitteln in der Zuleitung:
 - Speisendes Netz (Kurzschlussleistung)
 - Netztransformator
 - Zuleitungskabel
 - Stromrichtertransformator
 - Frequenzumrichter mit Netzdrossel, Diodenbrücke, Zwischenkreiskondensatoren, Leistungssenke
- Das Modell soll einen Überblick über die Struktur und die aktuellen Daten geben.

Entwicklung der Library (1)

- Basis: Modelica.Electrical.MultiPhase

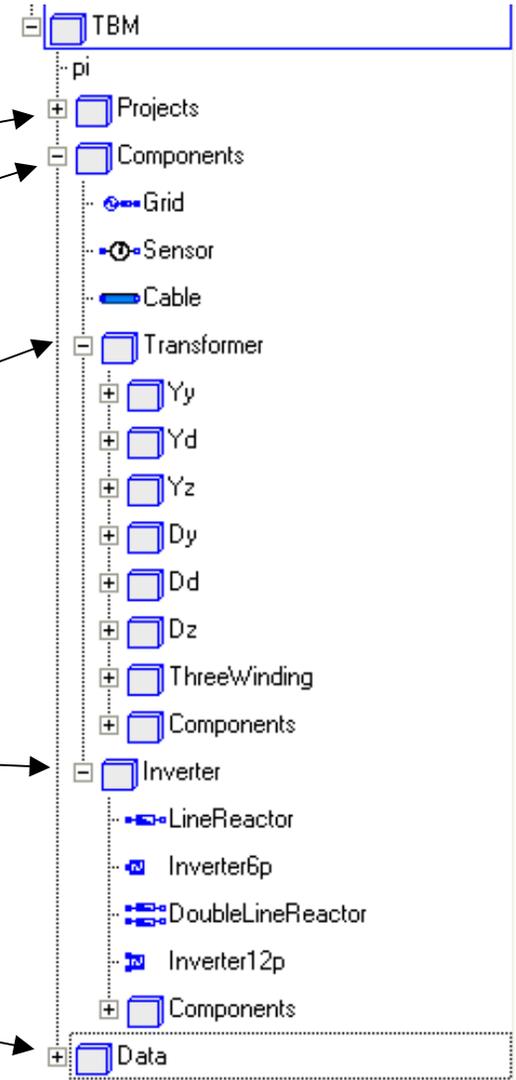
Projekte
(Modelle)

Komponenten

Transformatoren

Frequenz-
umrichter

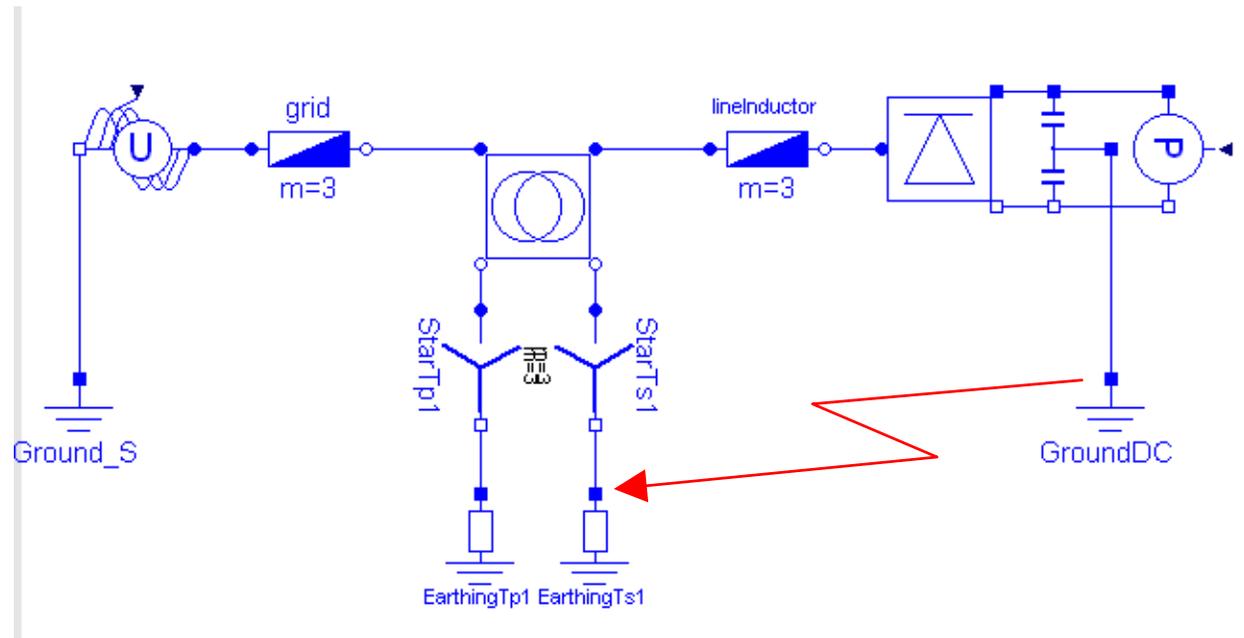
Datenstrukturen
Parameter



Entwicklung der Library (2): Erdung

- Alle Teile der Schaltung müssen definiertes Potential haben
- Vermeidung von Ausgleichsströmen
- Drehstrom- und Gleichstromseite durch Dioden in wechselnder Topologie verbunden
- Transformator wirkt potentialtrennend

- eventueller Sternpunkt des Transformators wird hochohmig geerdet.



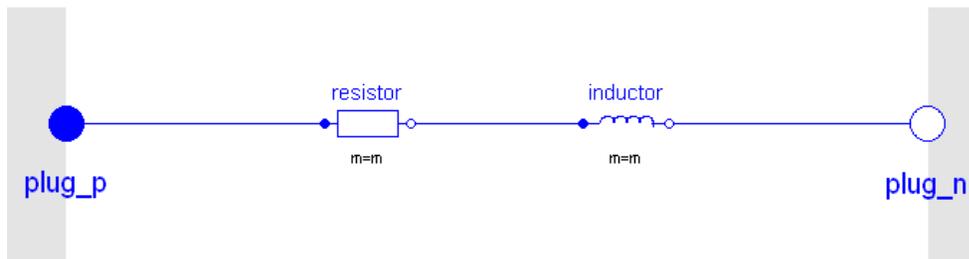
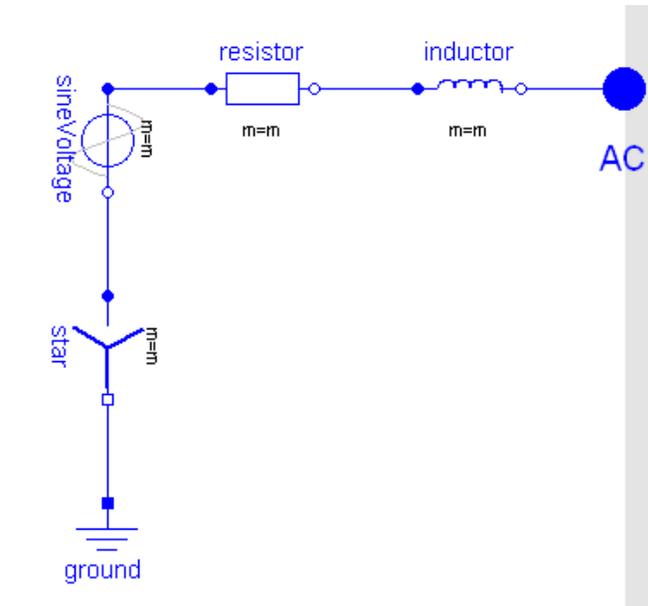
Entwicklung der Library (3): Netz, Kabel

- Netz:

- (steife) Spannungsquelle
- Induktivität und Widerstand entsprechend der Kurzschlußleistung

- Kabel:

- Genauere Modelle mit Kapazitäten sind in Entwicklung



Entwicklung der Library (4): Transformator

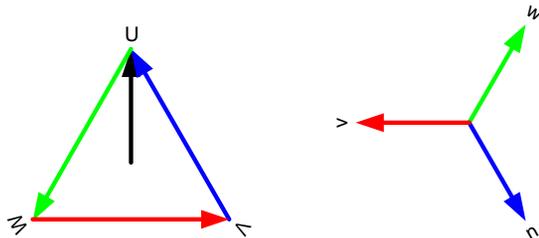
- **Schaltgruppe / Stundenziffer:**

- Primär- und Sekundärspannung auf einem Schenkel sind gleichphasig.

- Verschiedene Schaltungen (Y / D) und Zuordnungen

- z.B. D y 5

d.h. $5 \times 30^\circ$ Phasenverschiebung

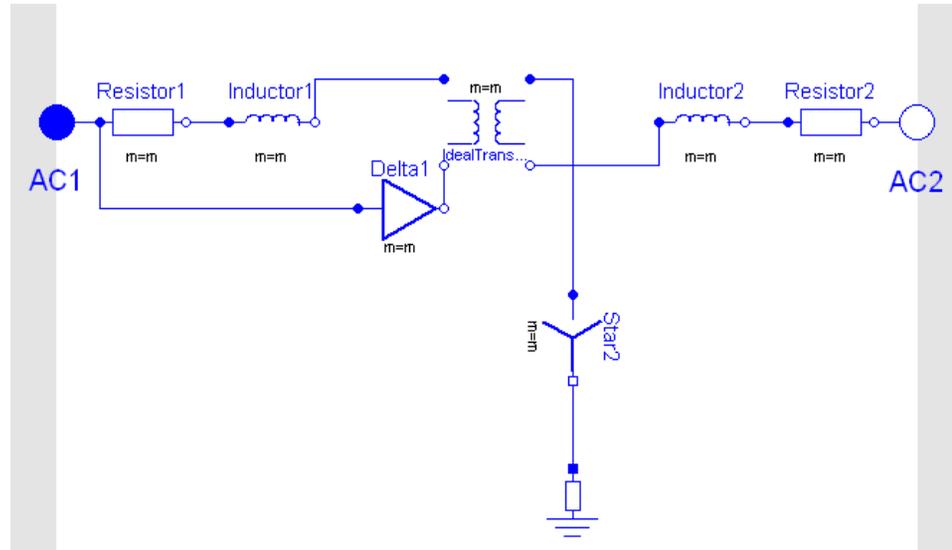


- **Kurzschlussspannung:**

ist primärseitig anzulegen, damit bei kurzgeschlossener Sekundärseite Nennstrom fließt;

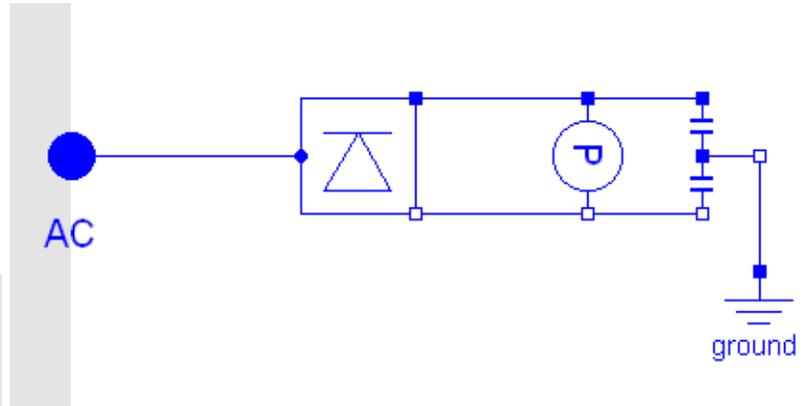
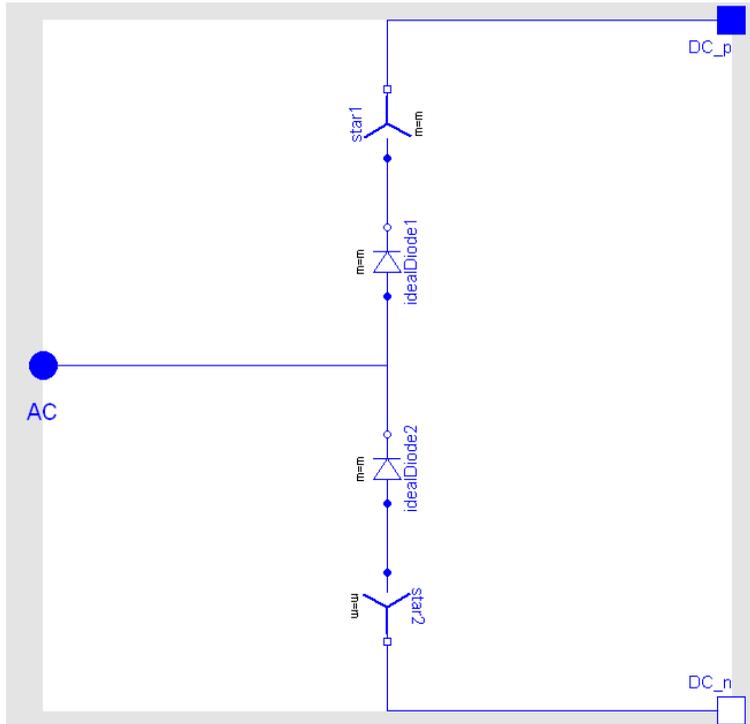
- \Rightarrow Streuinduktivität \Rightarrow Spannungsabfall unter Last

- Streuinduktivität und ohm'scher Widerstand auf Primär- und Sekundärseite aufgeteilt



Entwicklung der Library (5): Umrichter

- Netzdrossel
- B6 – Diodenbrücke
- Zwischenkreiskondensator
- Leistungssenke (Konstantleistung)

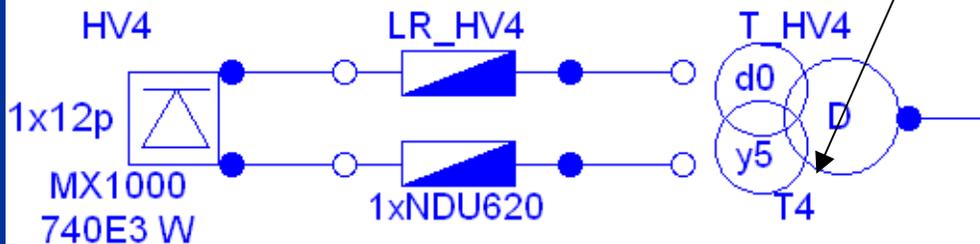


Zwischenkreiskondensator wird beim Start der Simulation vorgeladen (Anfangsbedingung).

Auch 12-pulsige Brücken sind fertig vorhanden.

Parametrierung

- Je verwendeter Type ein record: (visuell oder textuell)
 - Netz
 - Transformator
 - Kabel
 - Netzdrossel
 - Umrichter
- Der Daten-record wird an die Komponenten propagiert, der Name wird bei der Komponente angezeigt



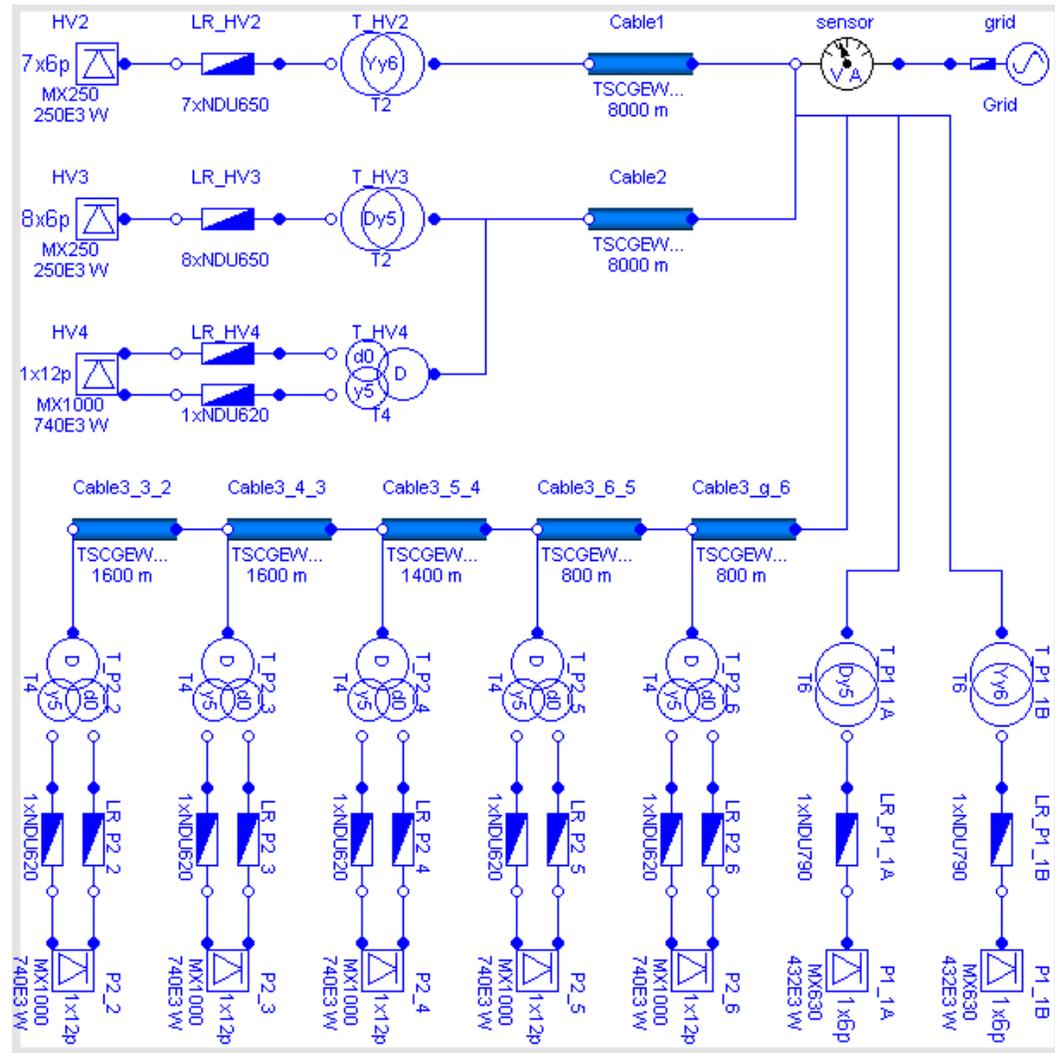
The screenshot shows the parameter dialog for component 'T4'. The 'General' tab is selected, and the 'Add modifiers' button is visible. The 'Component' section shows the name 'T4' and an icon labeled 'Transform...'. The 'Model' section shows the path 'TBM.Data.TransformerData'. The 'Parameters' section lists the following values and units:

Parameter	Value	Unit	Description
f	50	Hz	Nominal frequency
V1	10E3	V	primary RMS voltage line-line
V2	690	V	secondary RMS voltage line-line
SNom	1600E3	VA	nominal apparent power
v_sc	0.06		impedance voltage drop pu
P_sc	15E3	W	short-circuit (copper) losses

Buttons for 'OK', 'Info', and 'Cancel' are located at the bottom of the dialog.

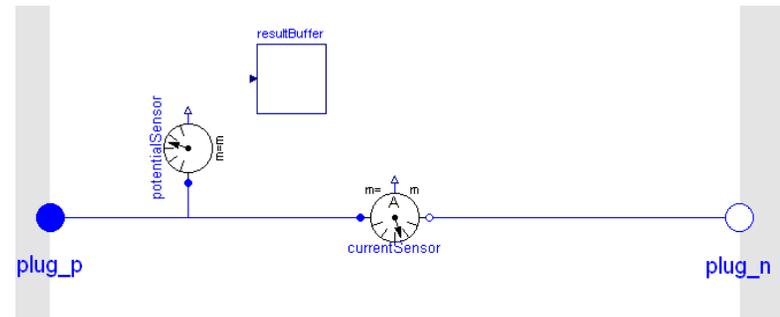
Gesamtmodell

- Dymola liefert Dokumentation für den Bericht!
- Simulation mit Geduld:
 - 4 Dreiphasen-Trafos
 - 6 Dreiwickler
 - 7 Kabel
 - 16 Netzdrosseln
 - 4 B6-Diodenbrücken
 - 6 12-pulsige Brücken
- Statistik:
 - 1200 components
 - 13135 variables
 - 5150 equations
 - 70 states
 - 220 events / Periode

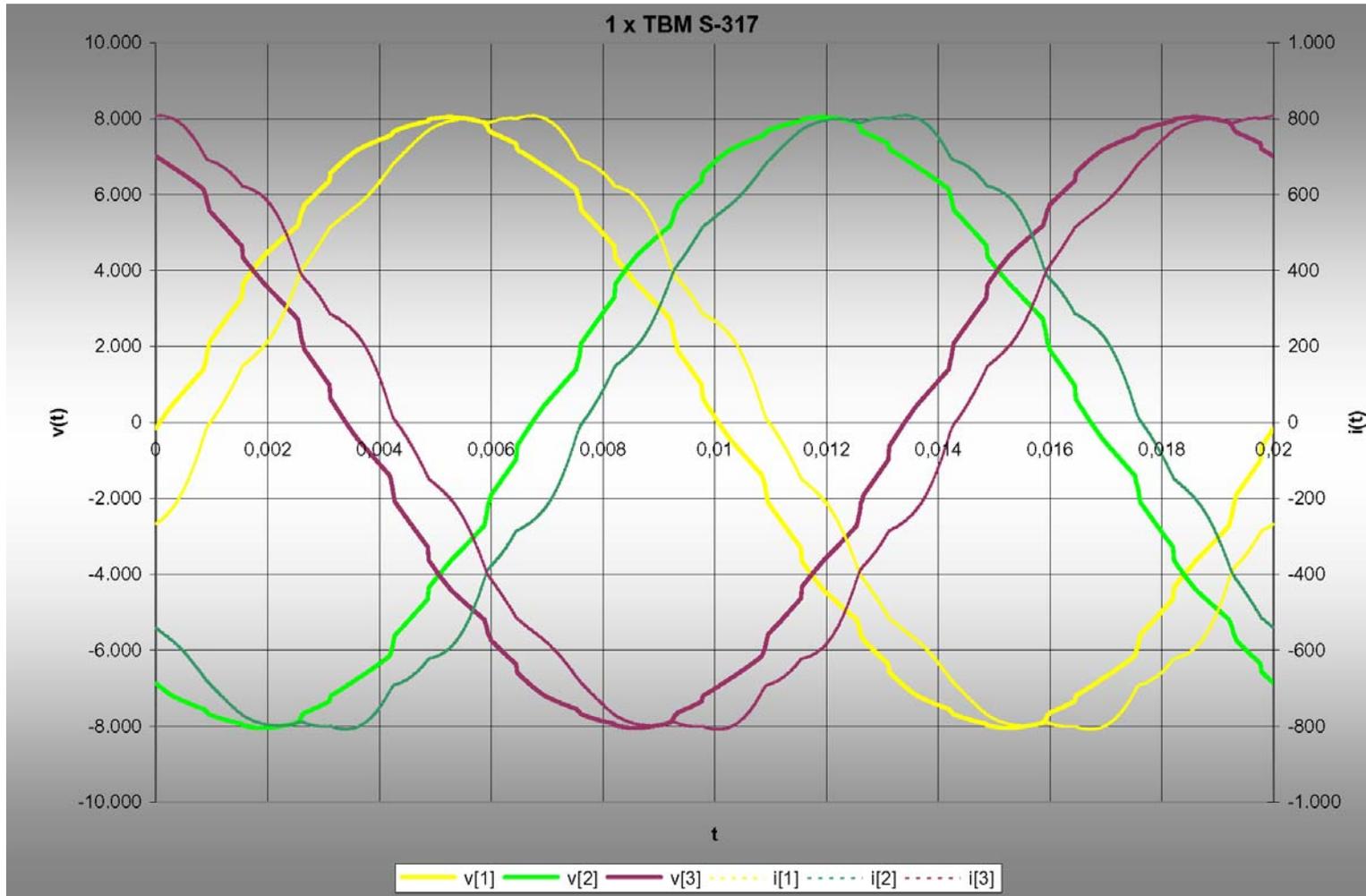


Ergebnisse(1): Postprocessing

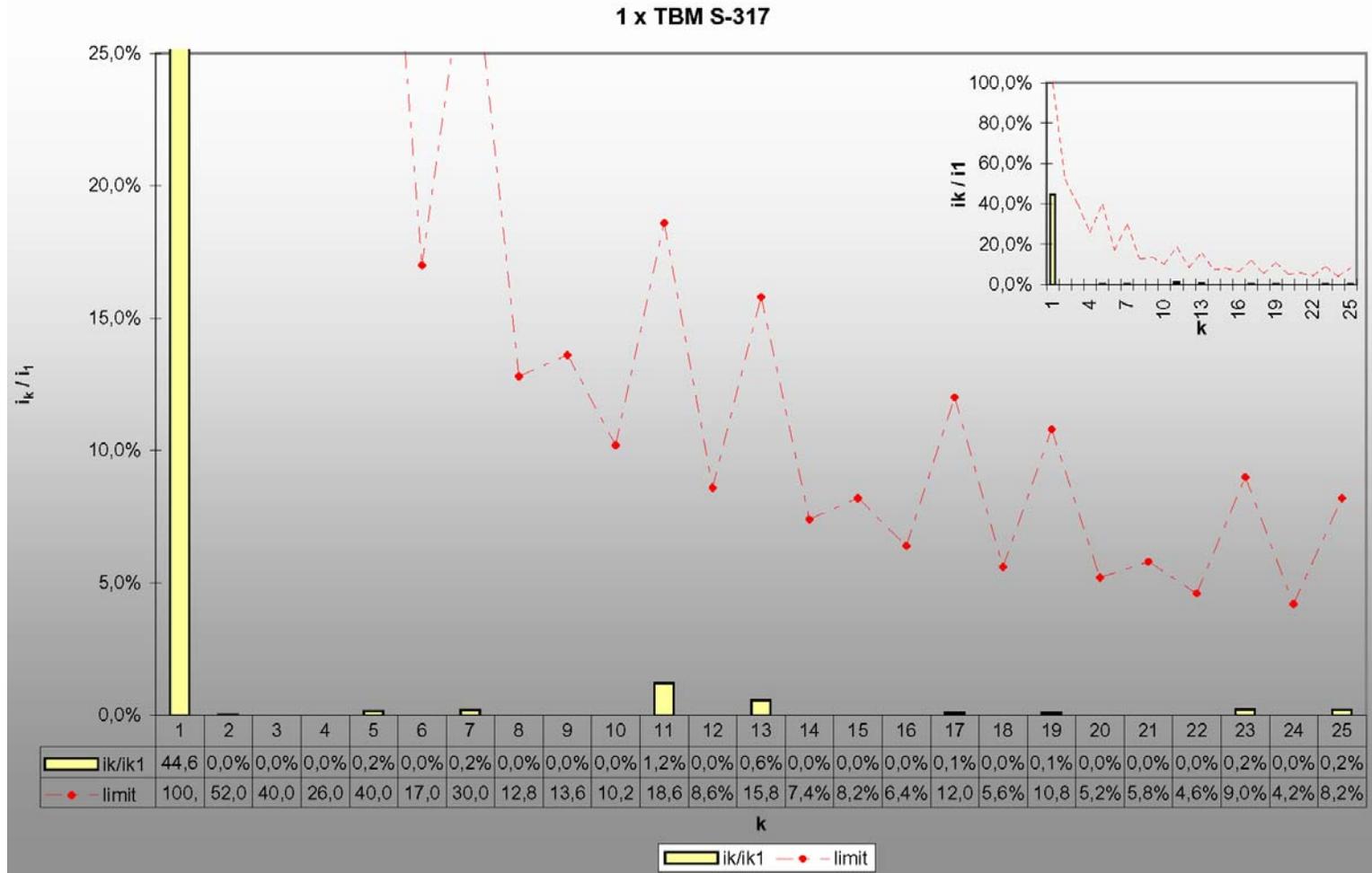
- Der Sensor speichert am Ende der Simulation – wenn alle Einschwingvorgänge abgeschlossen sind – Spannungen und Ströme über eine Periode äquidistant in einer csv-Datei ab.
- Die csv-Datei wird in MS-Excel eingelesen und weiterverarbeitet
 - Kurvenverlauf von Spannung und Strom als Diagramm
 - FFT-Transformation der Ströme
 - Oberschwingungsgehalt des Stromes



Ergebnisse(2): Spannung und Strom (t) am Netzübergabepunkt



Ergebnisse(3): Stromüberschwingungen am Netzübergabepunkt



Ausblick, Diskussion

- Fazit: Für den **>pDRIVE<** Projektanten „out of the box“ leicht anwendbar.
- Ausblick / Weiterentwicklung
 - Weitere Stromrichter-Transformator-Schaltungen bei Bedarf
 - Netzfilter
 - Zwischenkreisdrossel
 - Kabelmodelle mit Kapazitäten
- Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**
- Für Fragen stehe ich gerne zur Verfügung:

www.Haumer.at

A.Haumer@Haumer.at