

## DYMOLA – Informationstag TU Wien, 17.11.2005

**Dipl.-Ing. Anton Haumer**

[www.Haumer.at](http://www.Haumer.at)

Technisches Büro für Elektrotechnik  
Elektrische Antriebstechnik

### **Ein Beispiel aus der Leistungselektronik mit DYMOLA: Simulation der Stromoverschwingungen 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](http://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

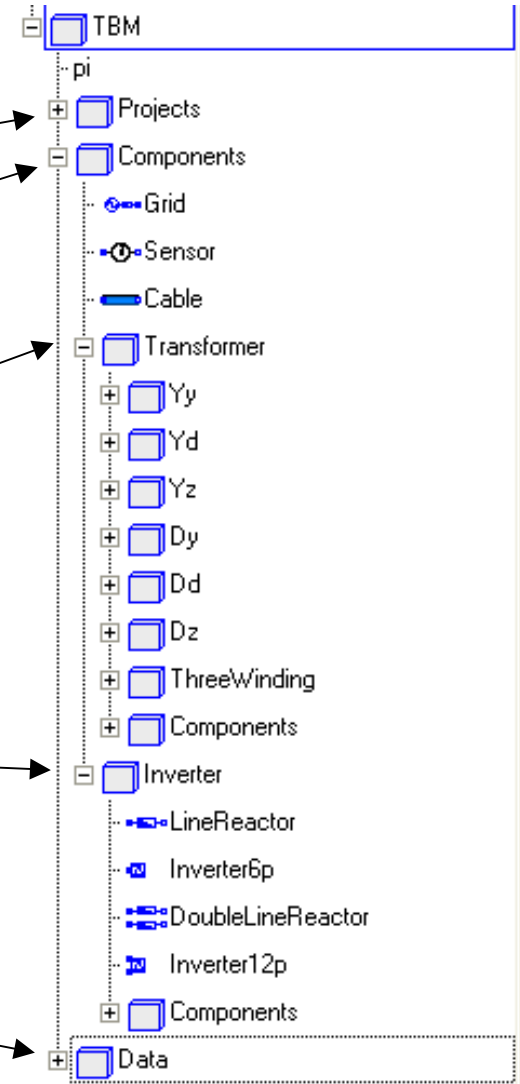
Projekte  
(Modelle)

Komponenten

Transformatoren

Frequenz-  
umrichter

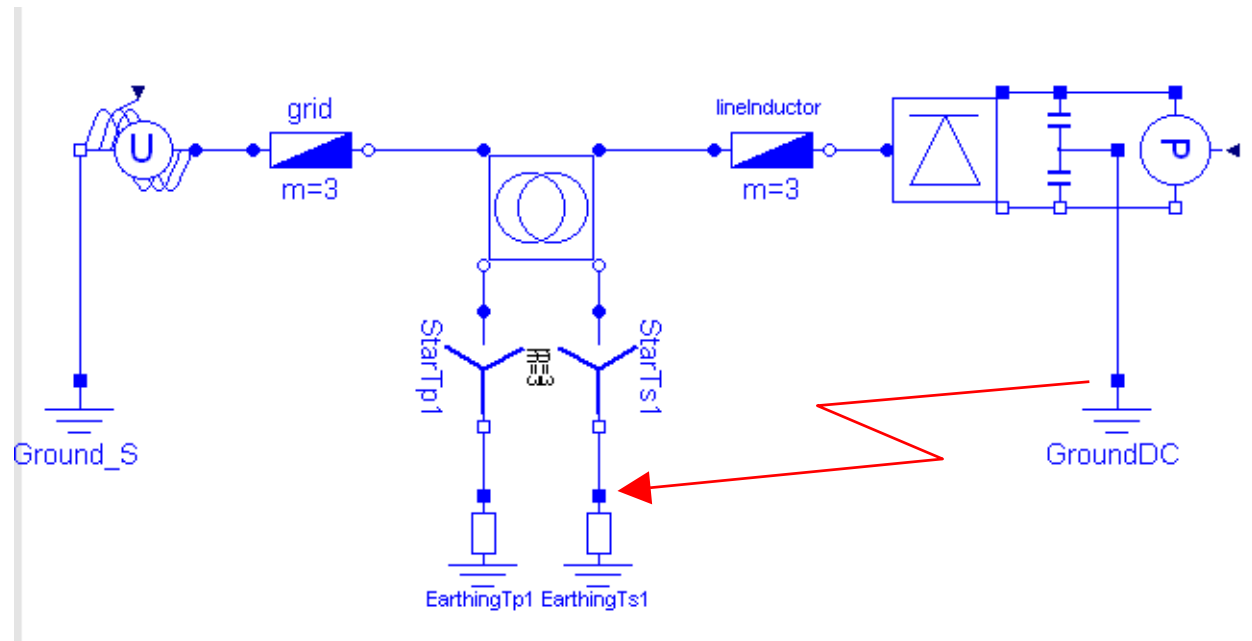
Datenstrukturen  
Parameter



## 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.



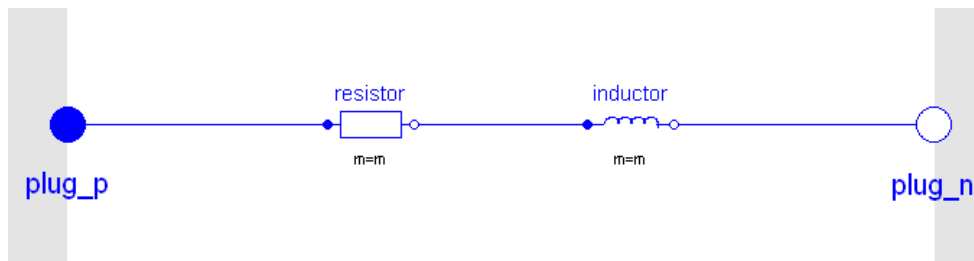
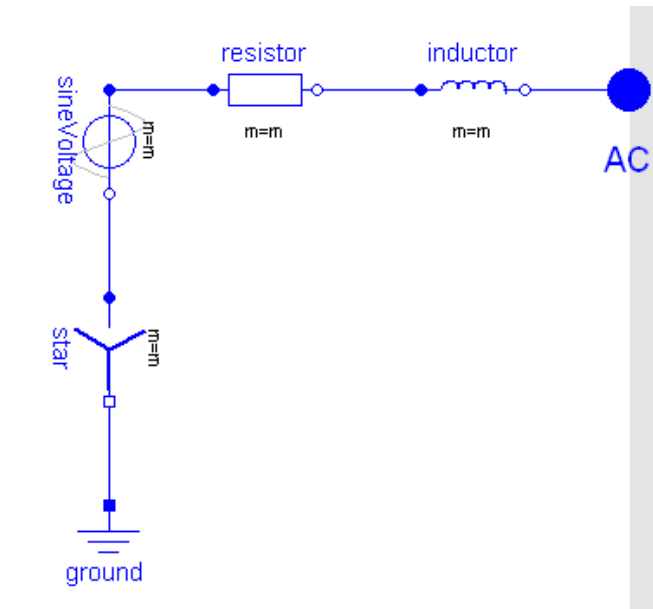
## Entwicklung der Library (3): Netz, Kabel

- Netz:

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

- Kabel:

- Genauere Modelle mit Kapazitäten sind in Entwicklung



## Entwicklung der Library (4): Transformator

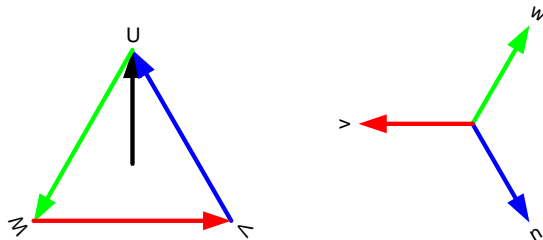
- **Schaltgruppe / Stundenziffer:**

- 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

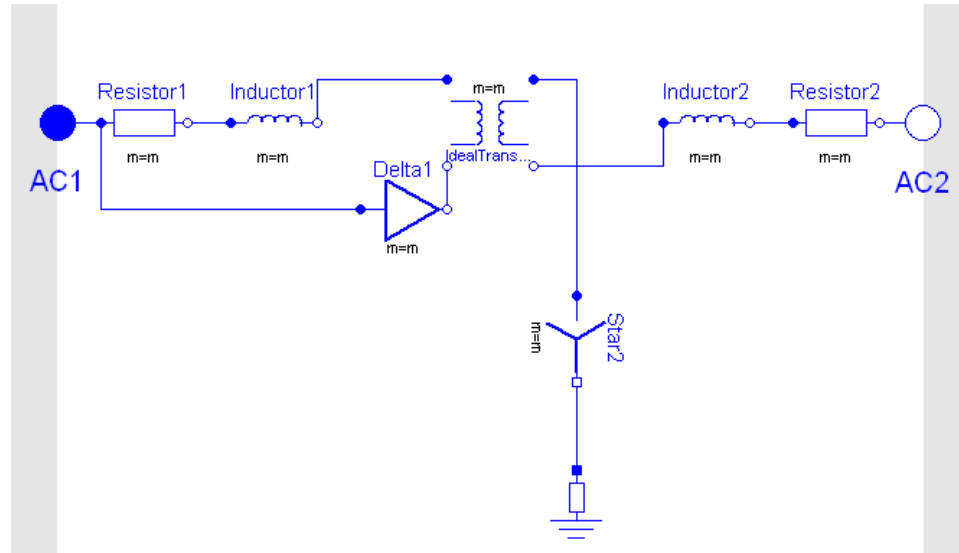


- **Kurzschlussspannung:**

ist primärseitig anzulegen, damit bei kurzgeschlossener Sekundärseite Nennstrom fließt;

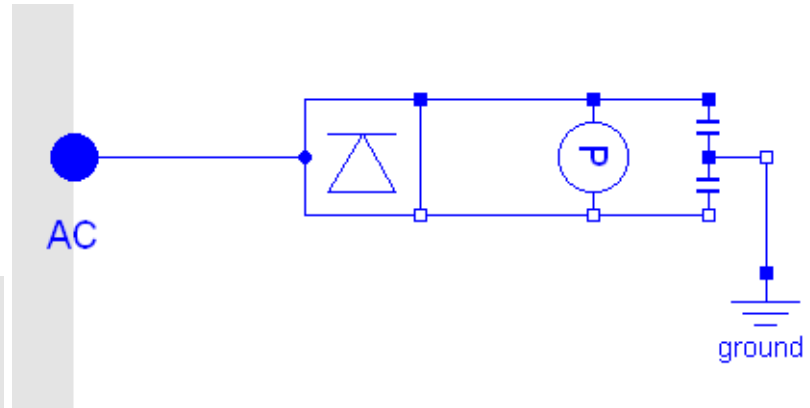
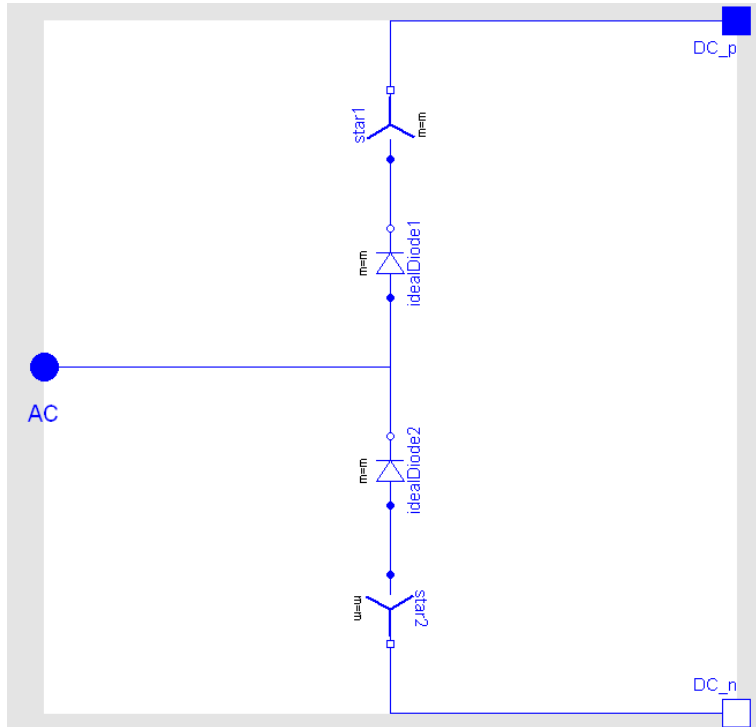
- $\Rightarrow$  Streuinduktivität  $\Rightarrow$  Spannungsabfall unter Last

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



## Entwicklung der Library (5): Umrichter

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



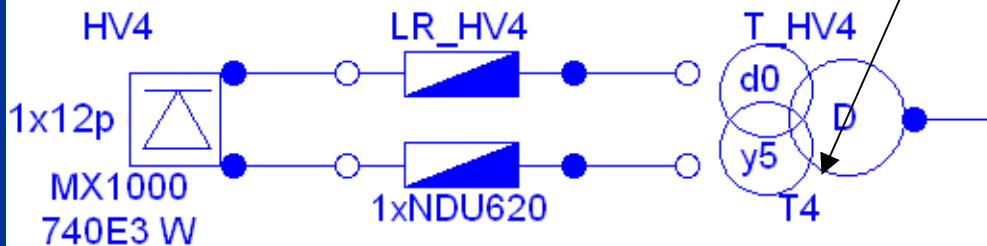
Zwischenkreiskondensator wird beim Start der Simulation vorgeladen (Anfangsbedingung).

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



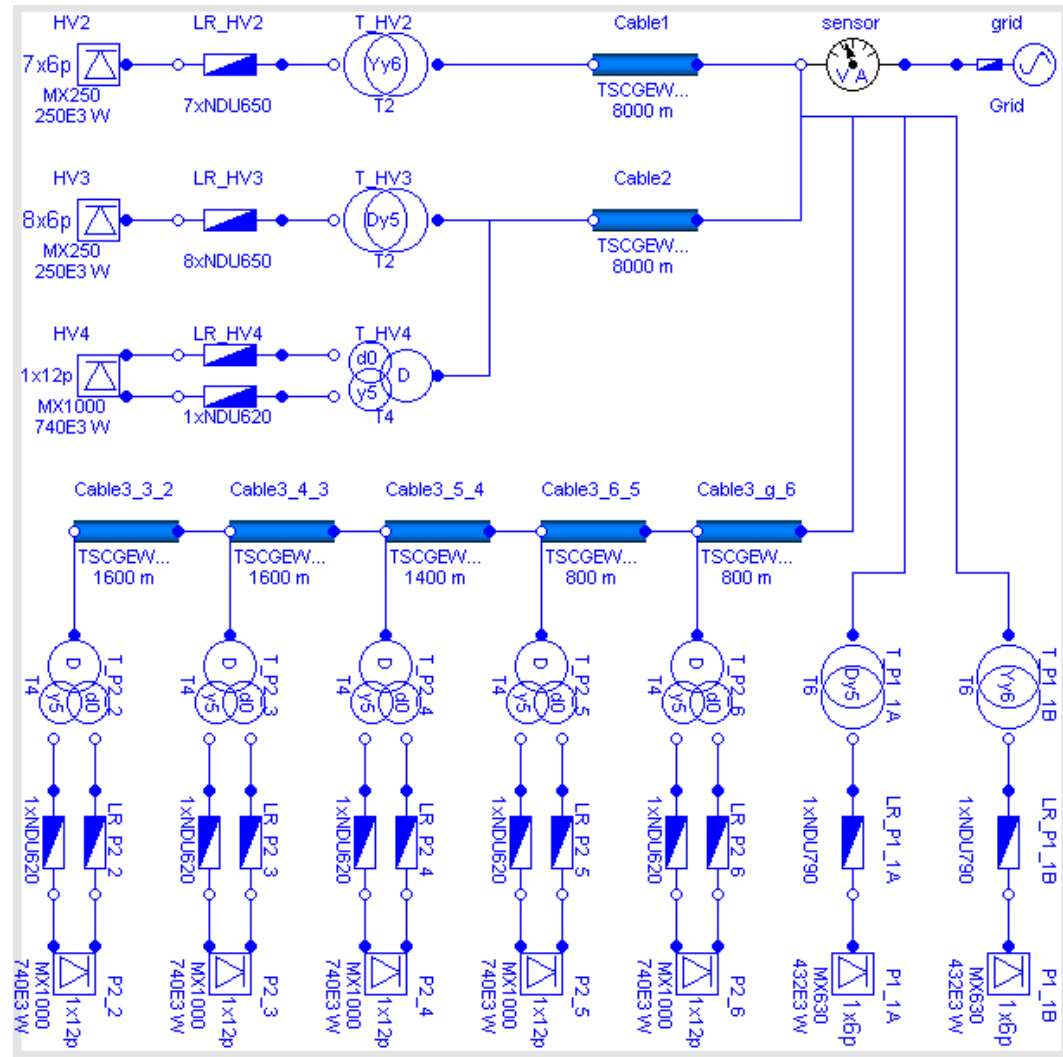
The screenshot shows the parameter dialog for component 'T4'. The 'General' tab is selected, and the 'Add modifiers' button is visible. The 'Component' section shows the name 'T4' and an icon labeled 'Transform...'. The 'Model' section shows the path 'TBM.Data.TransformerData'. The 'Parameters' section 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 at the bottom include 'OK', 'Info', and 'Cancel'.

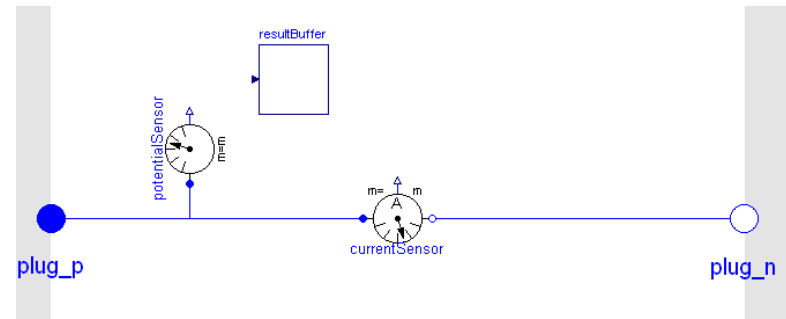
## Gesamtmodell

- 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

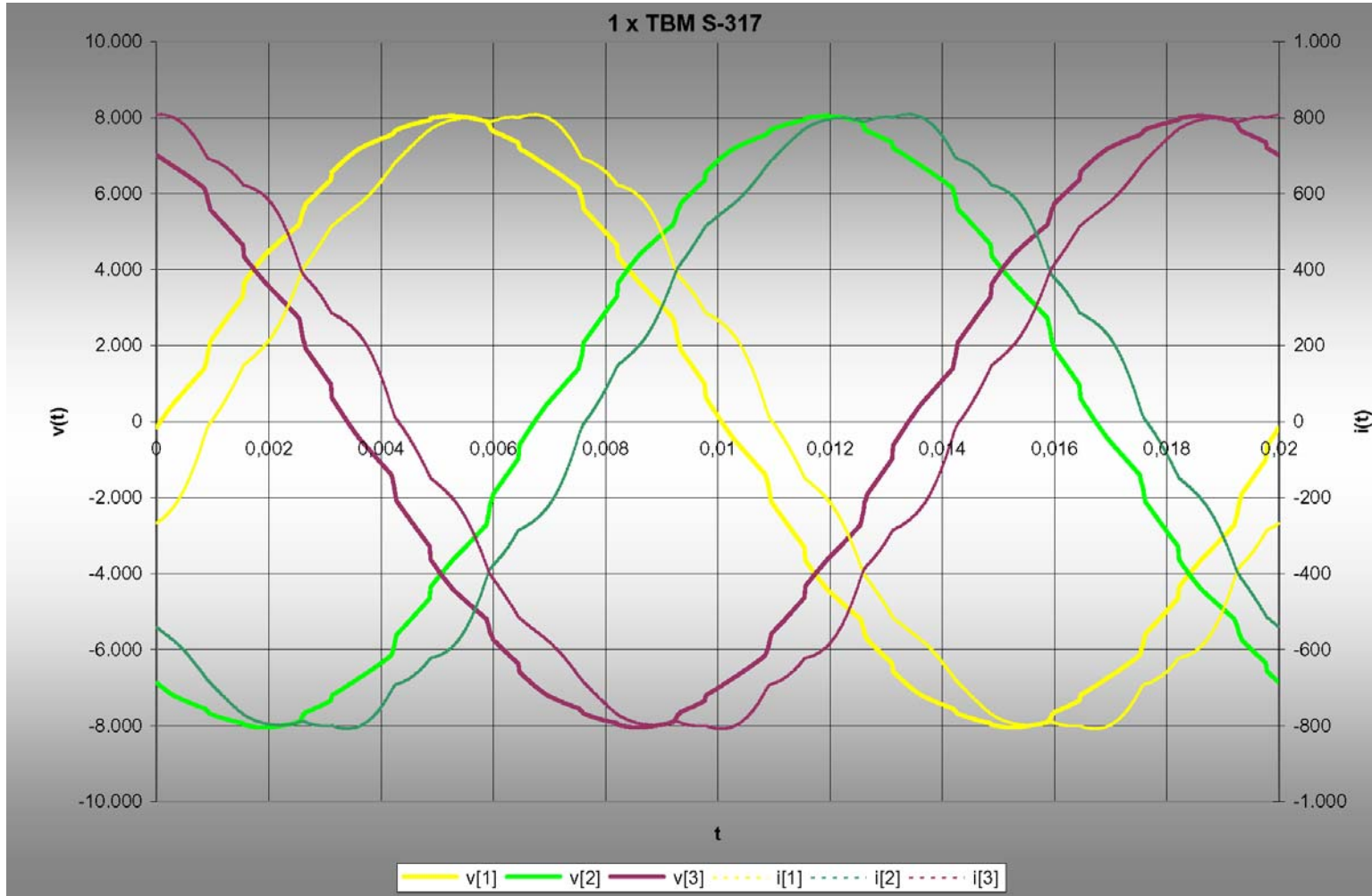


## Ergebnisse(1): Postprocessing

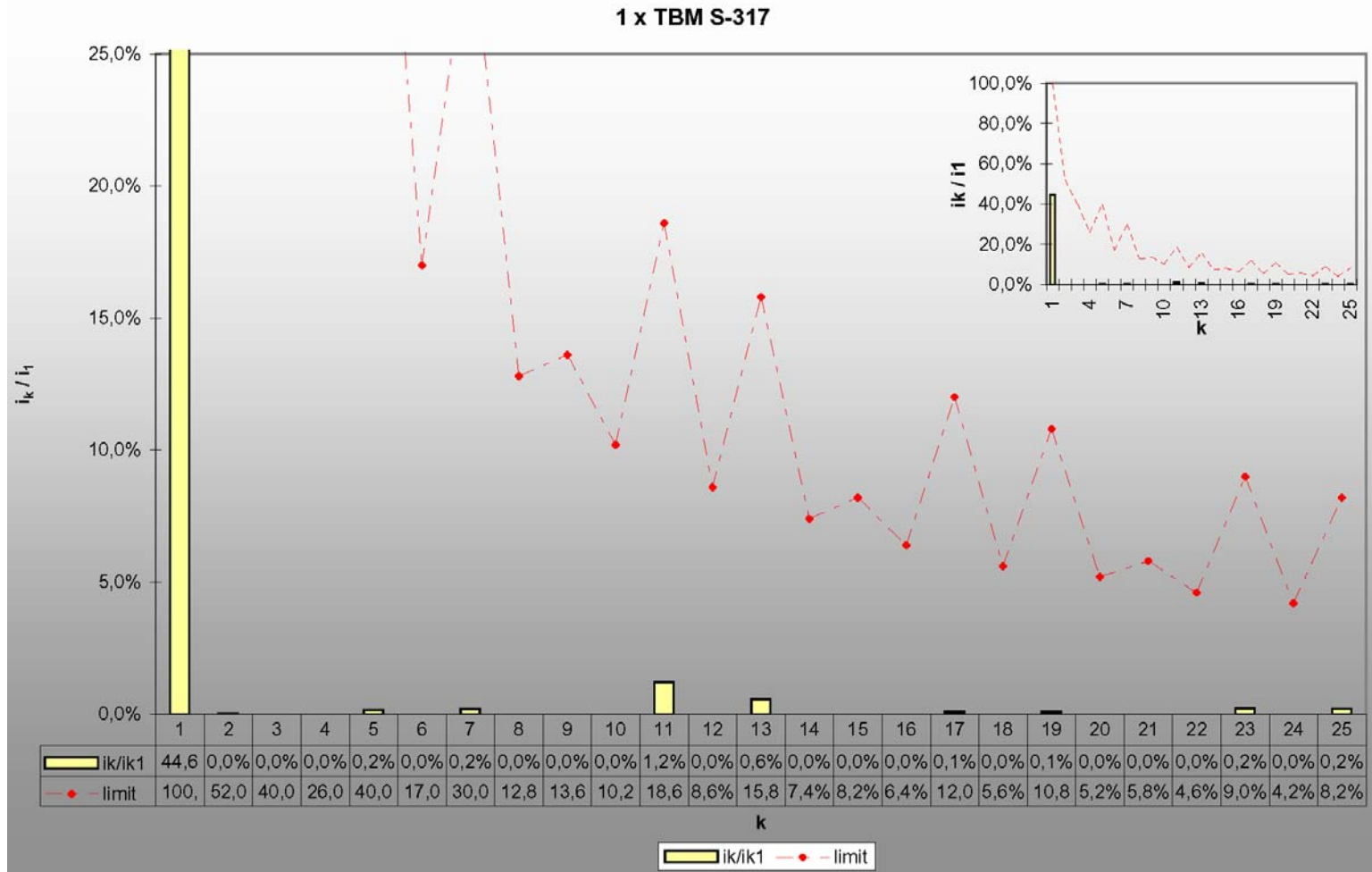
- Der Sensor speichert am Ende der Simulation – wenn alle Einschwingvorgänge abgeschlossen sind – Spannungen und Ströme über eine Periode äquidistant in einer csv-Datei ab.
- Die csv-Datei wird in MS-Excel eingelesen und weiterverarbeitet
  - Kurvenverlauf von Spannung und Strom als Diagramm
  - FFT-Transformation 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](http://www.Haumer.at)

[A.Haumer@Haumer.at](mailto:A.Haumer@Haumer.at)