

SIEMENS
Ingenuity for life

Die PQU im PCW

Wenn iba auf die Züge schaut

© Siemens Mobility GmbH 2021

[siemens.de/rail-electrification](https://www.siemens.de/rail-electrification)

Die PQU im PCW - Inhalt

Das PCW

Die Umrichter

Die PQU

Power Quality output

<https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/services/qualification-services/certified-test-and-validation.html>



Unsere Meilensteine

- Eröffnung im Januar 1997
- Vom Land Nordrhein-Westfalen konzessionierte Anschlussbahn seit 1997
- Öffentliches Eisenbahnverkehrsunternehmen für den Güterverkehr seit 1999
- Anlagenerweiterung ZBH2, ZBH3 auf Anlagenfläche: 44 ha, davon 48.335 qm bebaut
- Einzigartiges State-of-the-Art-Testcenter für schienengebundene Systeme in der Trägerschaft eines Herstellers
- Angebot an Transport- und Test-Services außerhalb des Prüf- und Validationcenter

Prüf und Validationscenter Wegberg-Wildenrath



Testring T1

Länge 6082 m
 V_{\max} 160 km/h

Testring T2

Länge 2485 m
 V_{\max} 100 km/h

Testgleis T3

Länge 1400 m
 V_{\max} 80 km/h

Testgleis T4

Länge 553 m
Radius 50 m

Testgleis T5

Länge 410 m
Max. Steigung 40/70 ‰

Anschlussgleis zum Schienennetz der DB AG

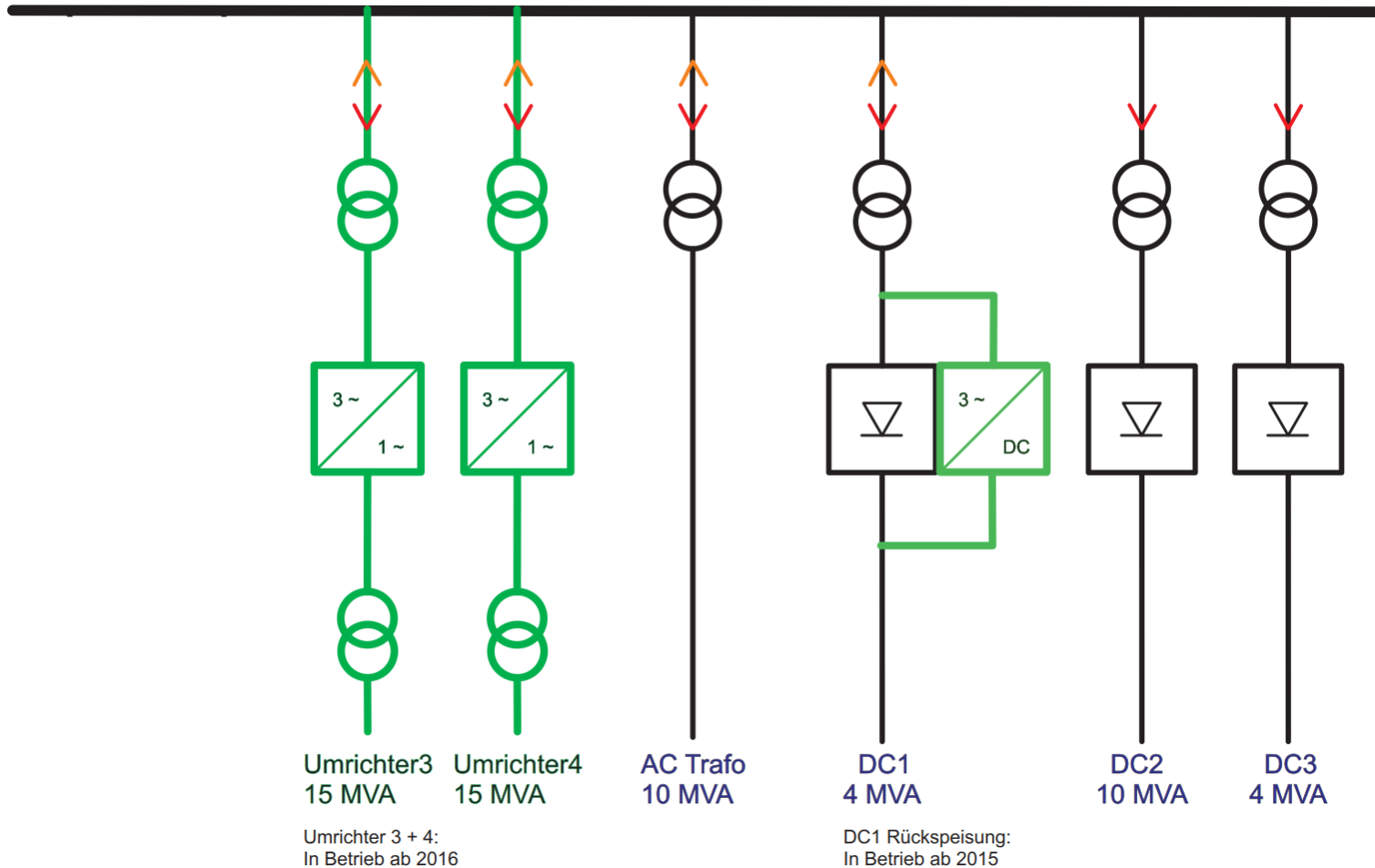
Überblick: Umrichter im PCW

SIEMENS
Ingenuity for life



Energieversorgung PCW Traktion

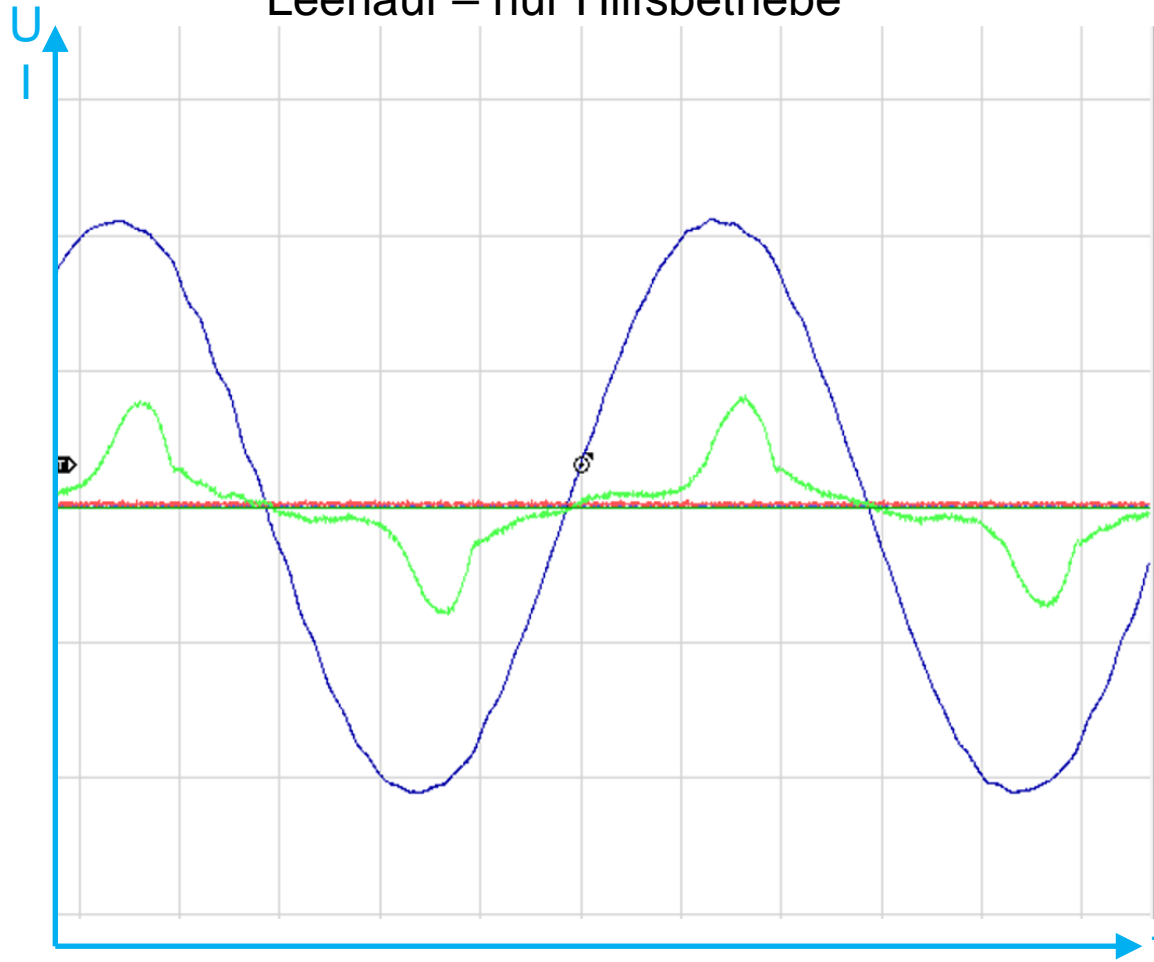
20kV Netzanschluss



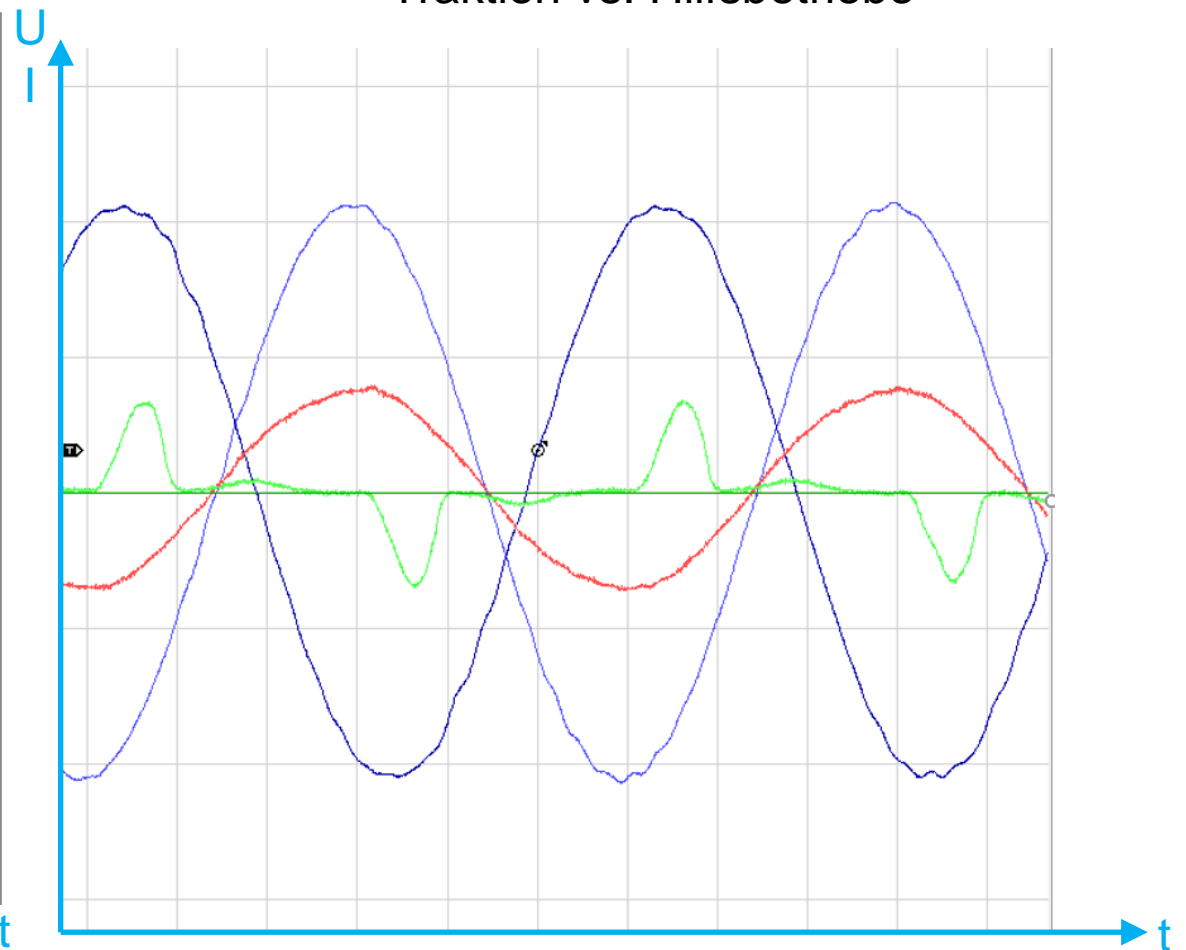
- Netzanschluss über Kabelstrecke
Länge ca. 8 km
- PCC im PCW
- ca.15 MW Leistungsgrenze
- 20 kV Filter
Netzurückwirkungen
Umrichter 1 und 2
DC1 bis DC3
- Rückspeisefähigkeit
Umrichter 3 und 4
AC Trafo
Inverter DC1
- Power Quality Monitoring

Verlauf von Strom und Spannung - „Bahnseite 15 kV“ Screenshots

Leerlauf – nur Hilfsbetriebe

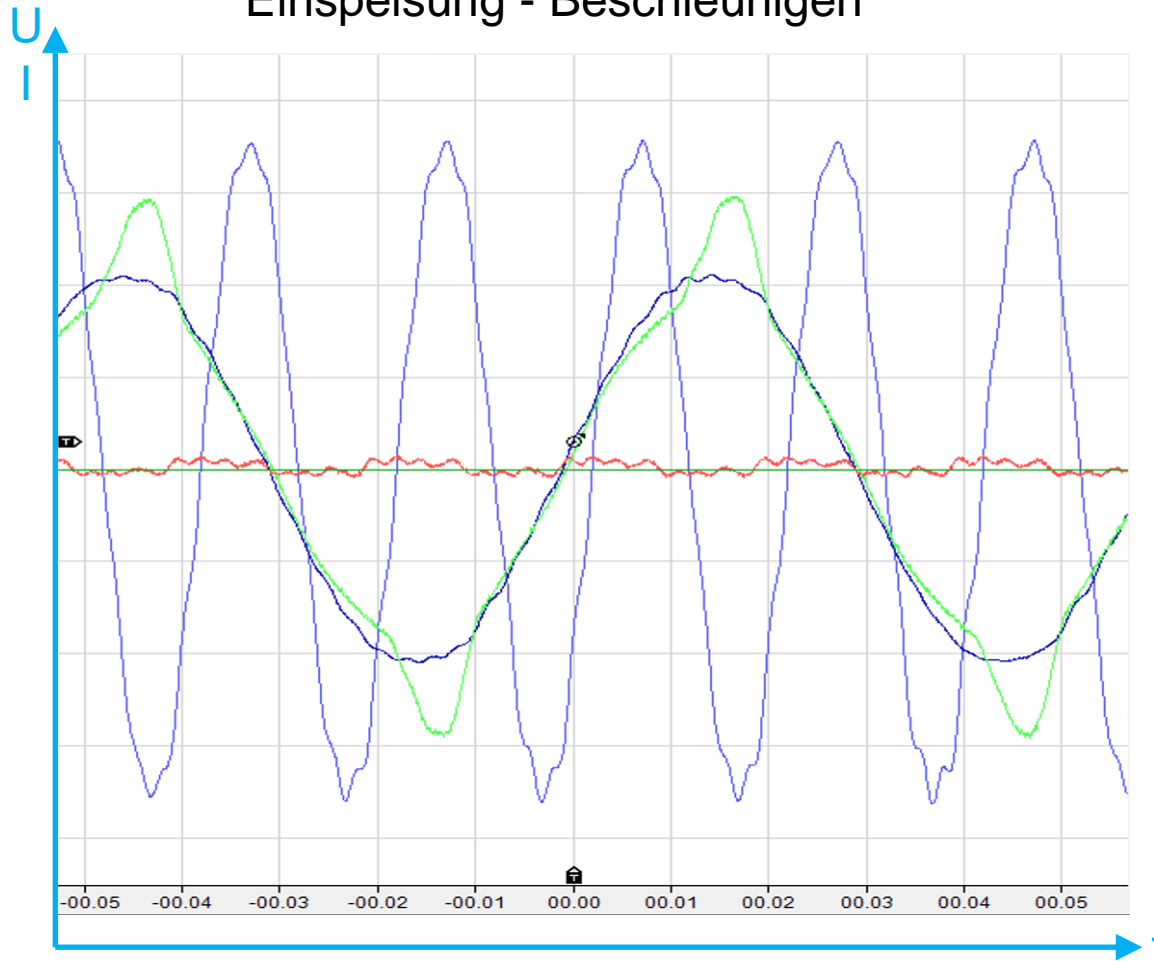


Traktion vs. Hilfsbetriebe

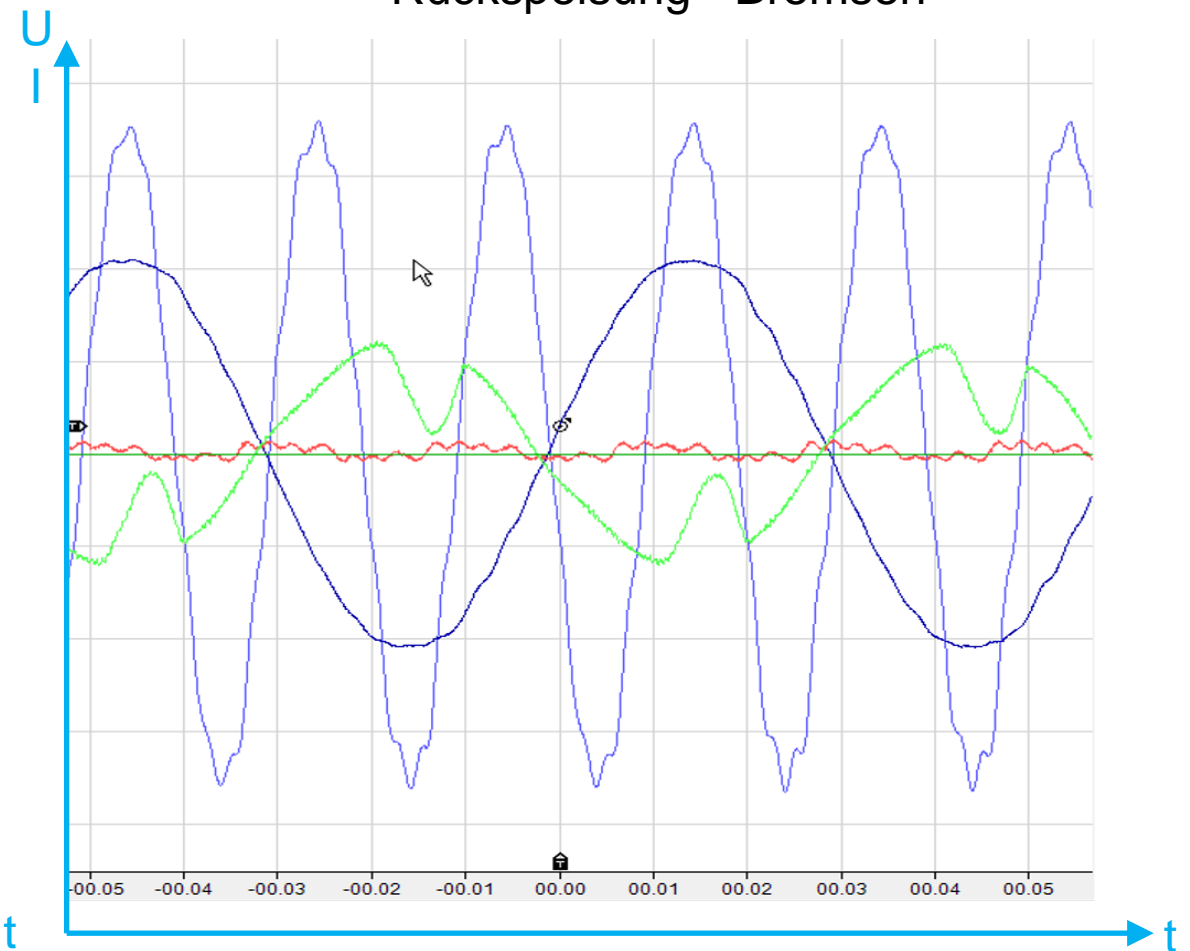


Verlauf von Strom und Spannung - „Bahnseite 25 kV“ Screenshots

Einspeisung - Beschleunigen



Rückspeisung - Bremsen



Die PQU im PCW - Inhalt

Das PCW

Die Umrichter

Die PQU

Power Quality output

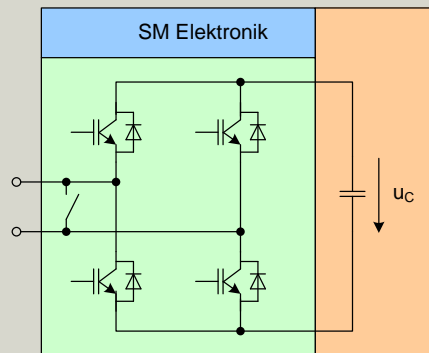
Modularer Multilevel-Direktumrichter Sitras® SFC plus Grundidee

Modularer

Submodul

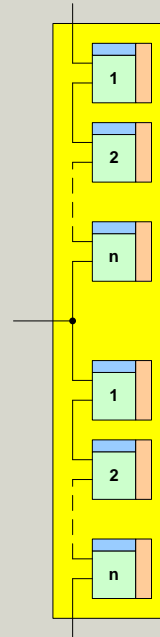
= Grundeinheit des Stromrichters

= Spannungsquelle für $+u_c$, $-u_c$, 0 V



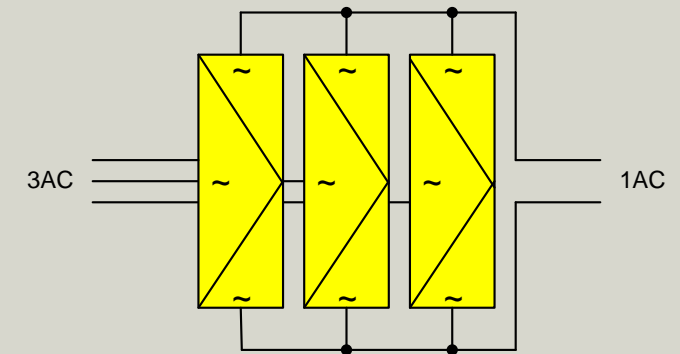
Multilevel

- Vielstufige Spannungsbildung pro Zweig / Phase



Direktumrichter

- Selbstgeführt mit verteilten Energiespeichern
- Spannungsbildung gleichzeitig für beide Netze nach Superpositionsprinzip



Sitras® SFC plus Modular Multilevel Direct Converter (MMDC)

SIEMENS
Ingenuity for life

IGBT – Module



Sub-Module

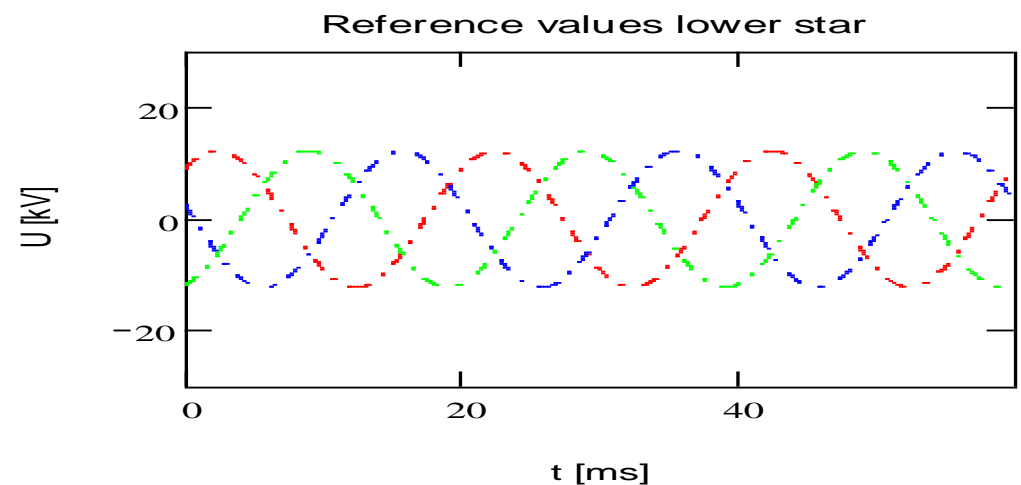
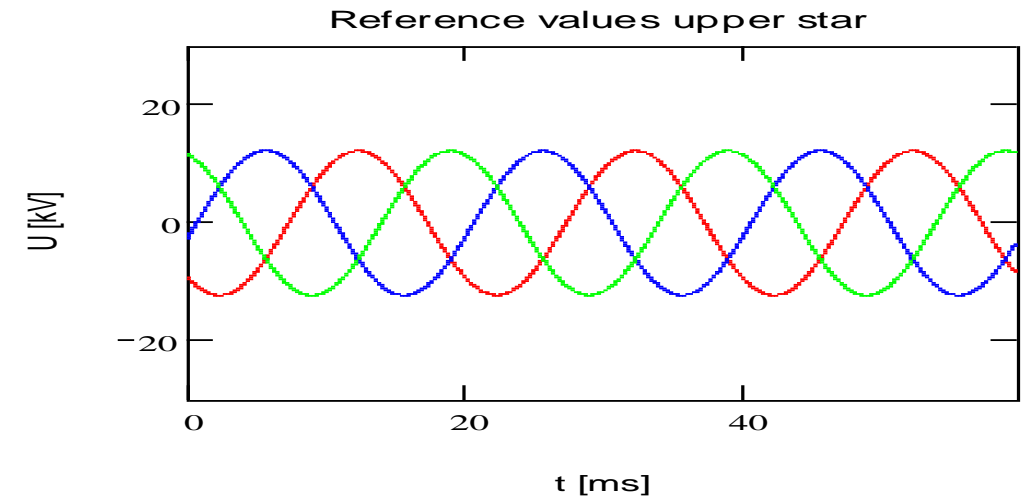
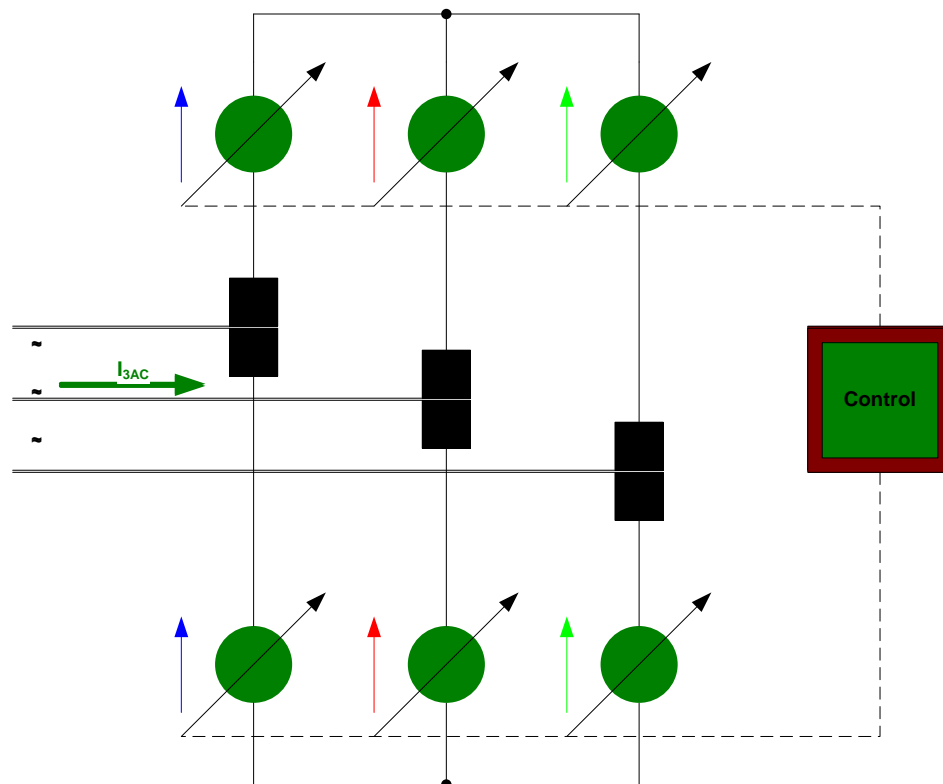


Converter



Funktionsprinzip MMDC Sitras[®] SFC plus – Spannungsbildung

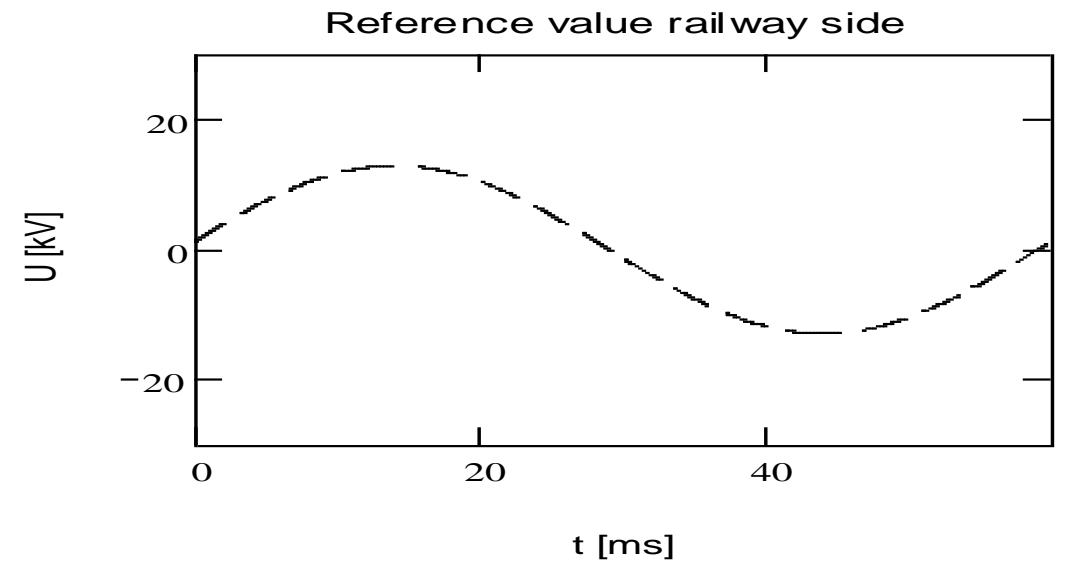
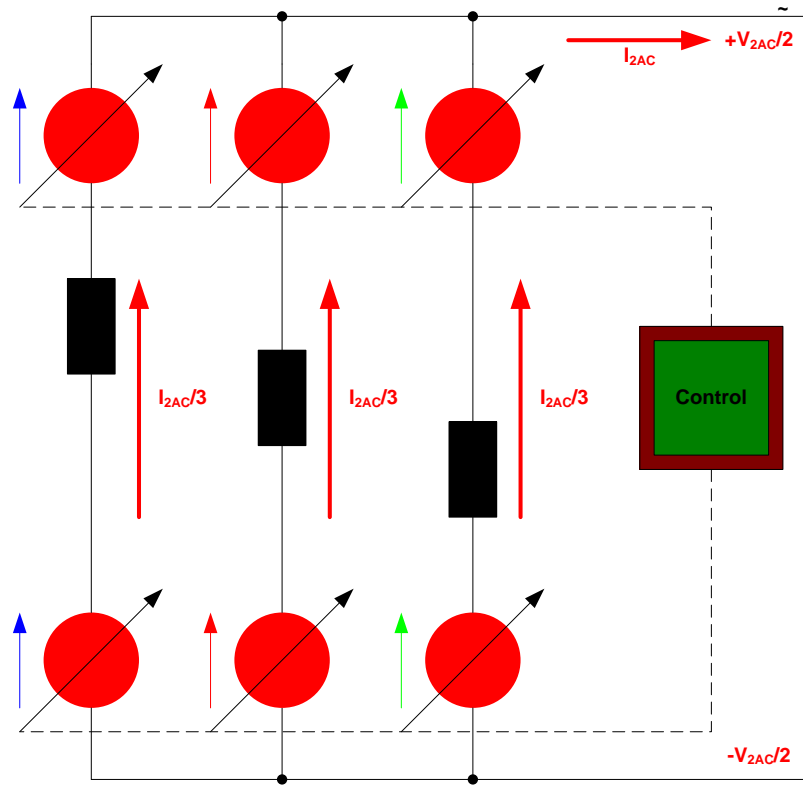
Energieaustausch mit der 3~ Seite
Parallelschaltung von oberem und
unterem Stern



Funktionsprinzip MMDC Sitras[®] SFC plus – Spannungsbildung

Energieaustausch mit der Bahnseite

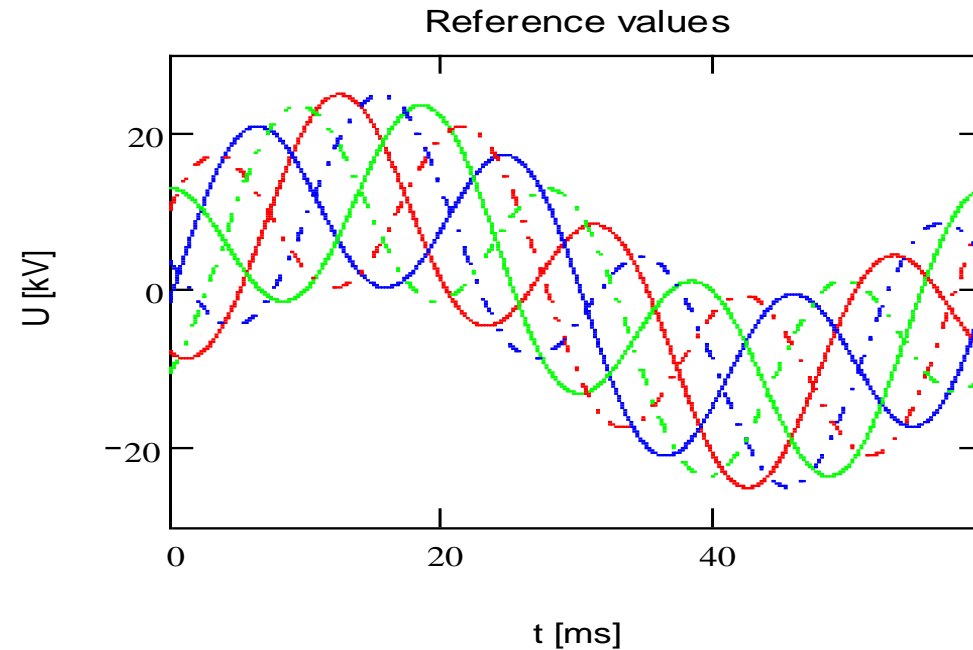
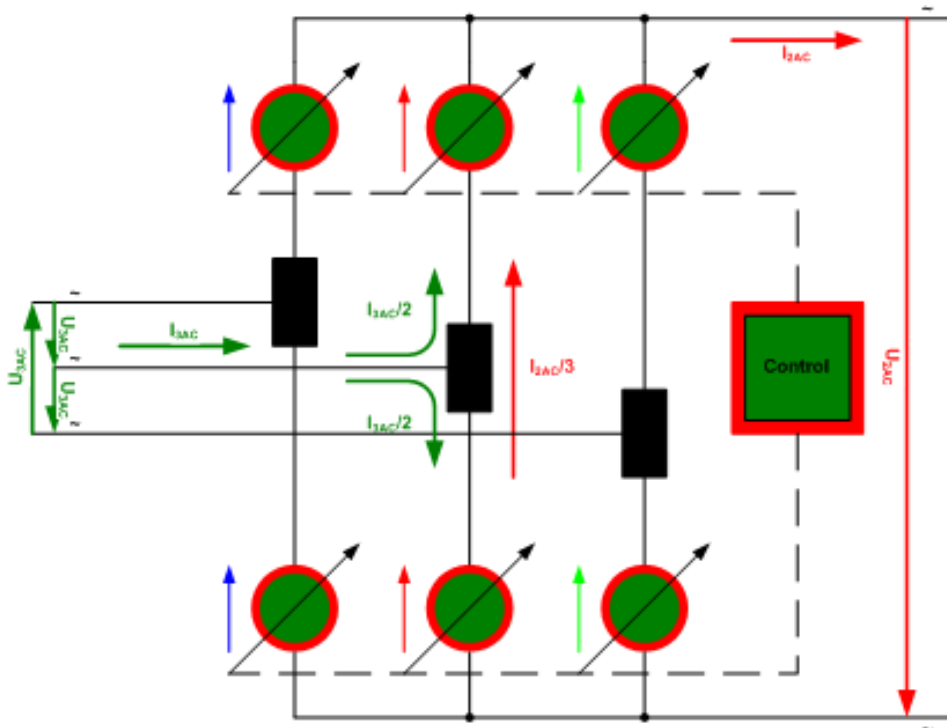
Parallelschaltung von allen drei Phasen



Funktionsprinzip MMDC Sitras[®] SFC plus – Spannungsbildung

Superposition des Energieaustausches

Drehstrom- und Bahnseite



Sitras® SFC plus vorher

SIEMENS
Ingenuity for life



Sitras® SFC plus nachher

SIEMENS
Ingenuity for life



Technische Daten:

- 2 Blöcke je 15 MVA
- 3 AC 50 Hz 20 kV
- 1 AC 16,7 Hz 15 kV
- 1 AC 50 Hz 25 kV
- Sonderfunktionen
- Admittanzmessung
- EMV Plus Design

Sitras® SFC plus Kenndaten

SIEMENS
Ingenuity for life



Technical Data:

- 2 Blöcke je 15 MVA
- 3 AC 50 Hz 20 kV
- 1 AC 16,7 Hz 15 kV
- 1 AC 50 Hz 25 kV
- Sonderfunktionen
- Admittanzmessung
- EMV Plus Design

Sitras® SFC plus Innenleben

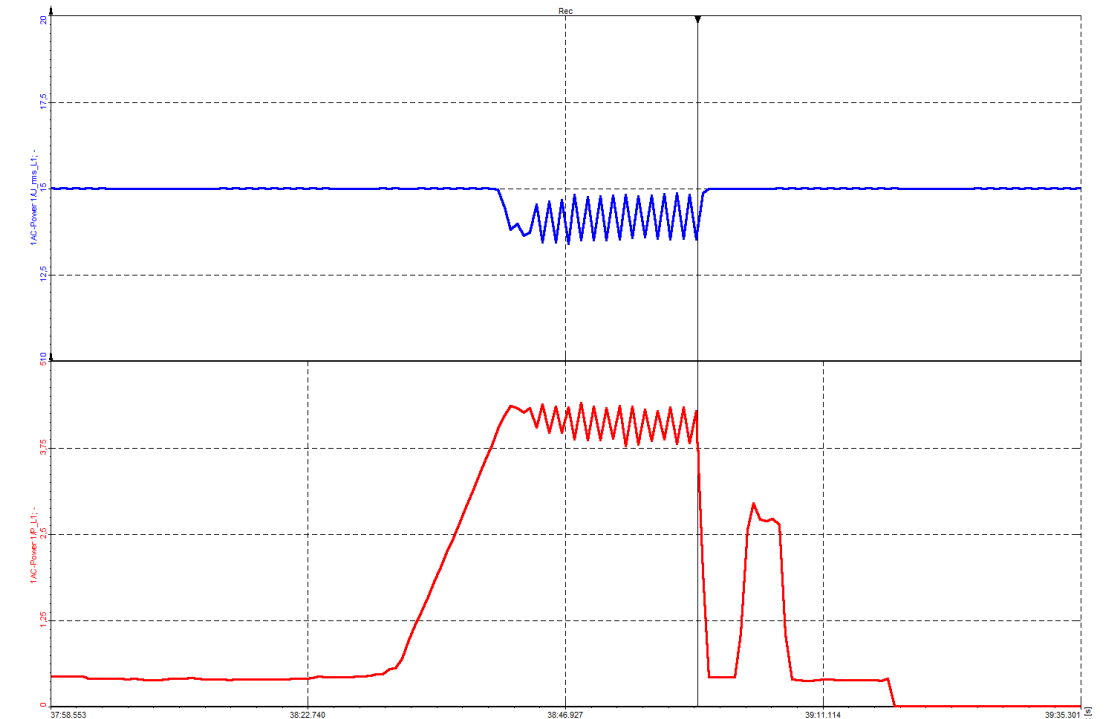
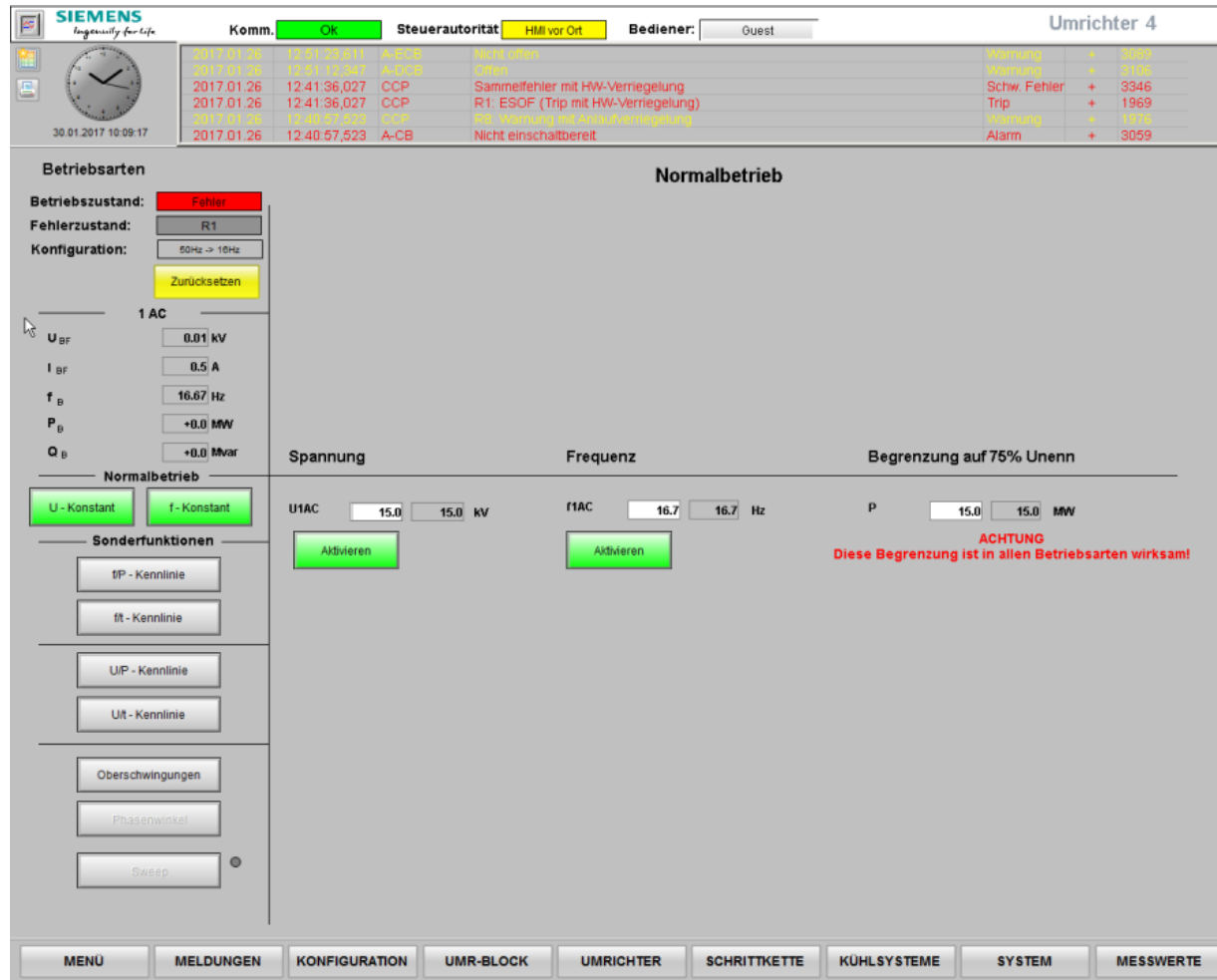
SIEMENS
Ingenuity for life



Technische Daten:

- 2 Blöcke je 15 MVA
- 3 AC 50 Hz 20 kV
- 1 AC 16,7 Hz 15 kV
- 1 AC 50 Hz 25 kV
- Sonderfunktionen
- Admittanzmessung
- EMV Plus Design

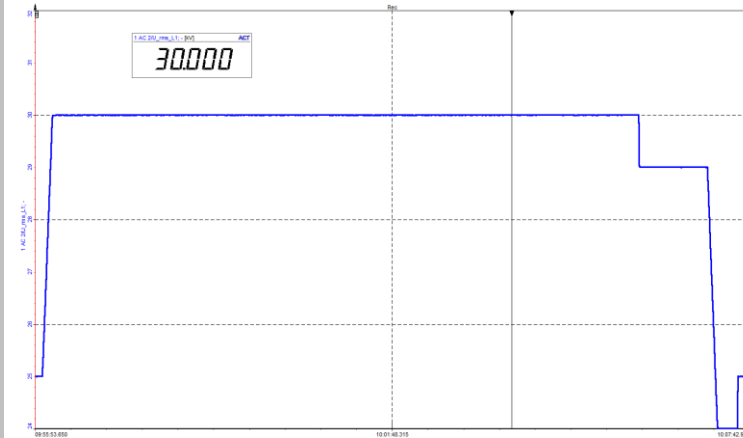
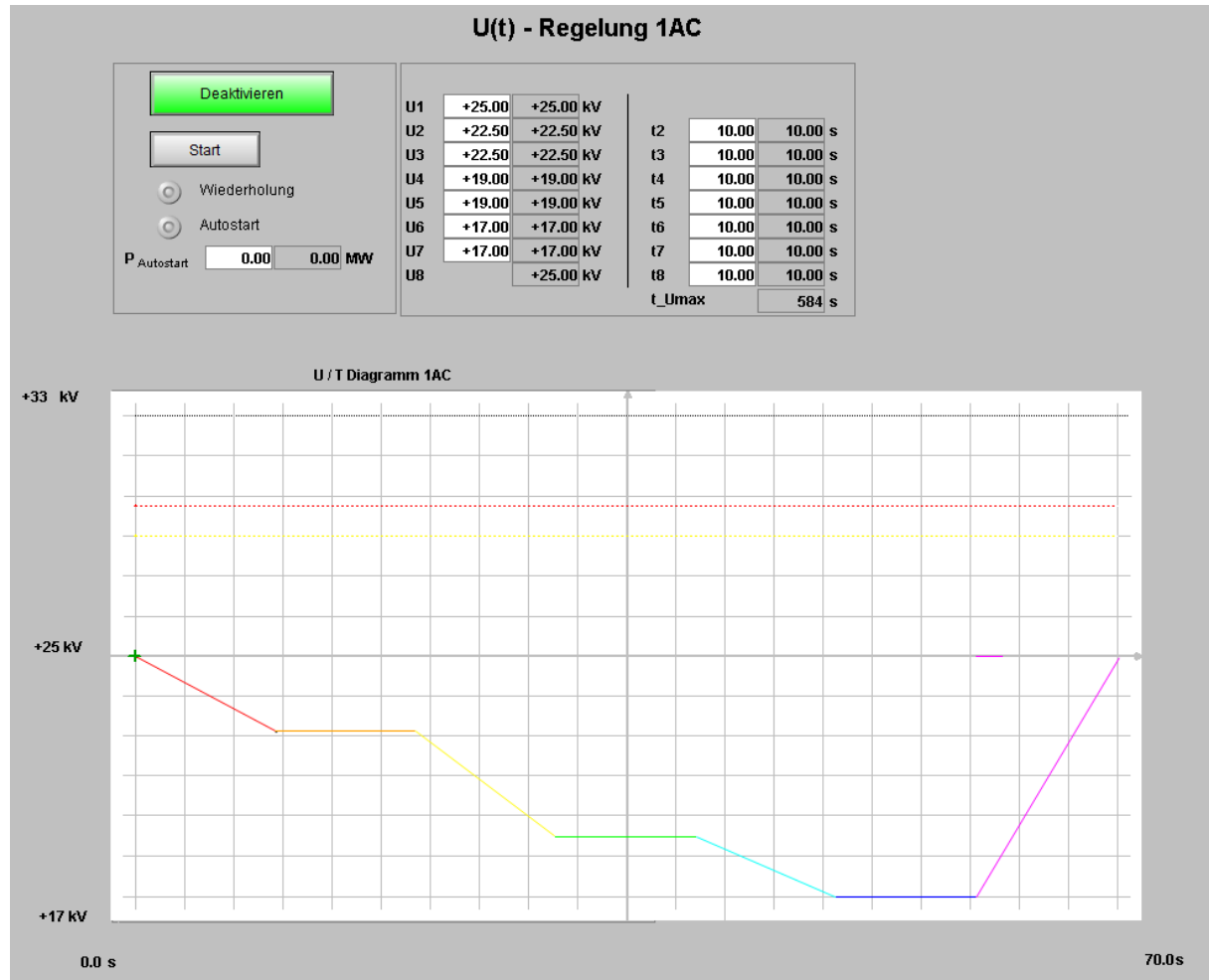
Normalbetrieb und Leistungsbegrenzung



zeitlicher Verlauf von
Spannung (oben) und Leistung (unten)
bei Leistungsbegrenzung 4MW

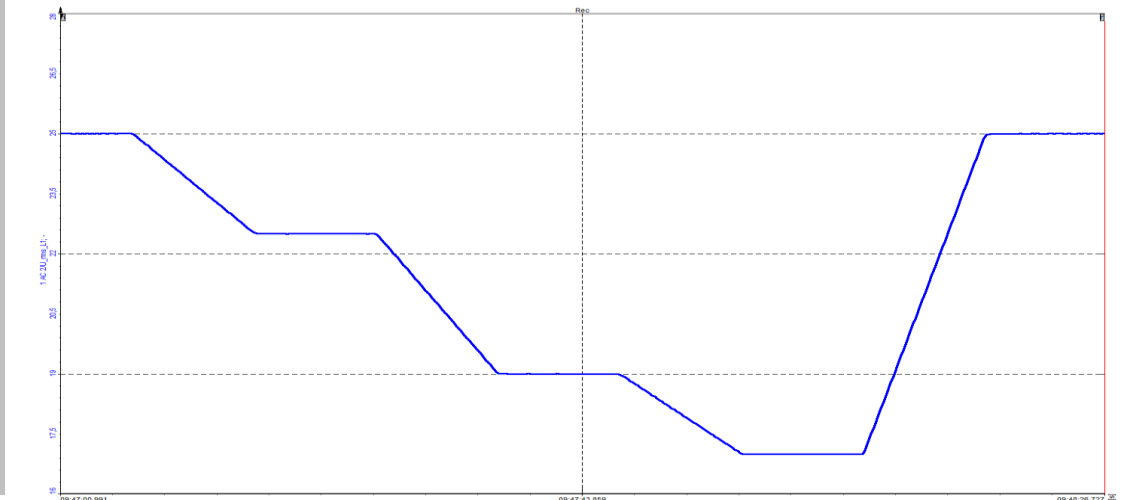
Verstellung von Spannung $U(t)$ und Frequenz $f(t)$

Zeitliche Vorgabe



Auch Spannungen außerhalb der EN 50163-Grenzen

Wird zeitlich durch die Umrichtersoftware überwacht



Oberschwingungen

SIEMENS Ingenuity for Life

Komm. **OK** Steuerautorität **HMI vor Ort** Bediener: default **Umrichter 3**

19.12.2016 09:09:21

Betriebsarten

Betriebszustand: **AUS**

Fehlerzustand: **Nicht blockiert**

Konfiguration: 50Hz -> 16Hz

Zurücksetzen

1 AC

U_{BF} 0.00 kV

I_{BF} 2.3 A

f_B 16.67 Hz

P_B +0.0 MW

Q_B +0.0 Mvar

Normalbetrieb

U - Konstant **f - Konstant**

Sonderfunktionen

IP - Kennlinie

It - Kennlinie

UIP - Kennlinie

UIT - Kennlinie

Oberschwingungen

Phasenwinkel

Sweep

Oberschwingungen

Norwegen

16,7Hz 50Hz

Deaktivieren **Normieren** Tip 0°

Richmond Tip 90°

Doppelter Nulldurchgang Tip 180°

Amplitude 3. Oberschwingung +0.160

Phasenwinkel 3. Oberschwingung +250.000 °

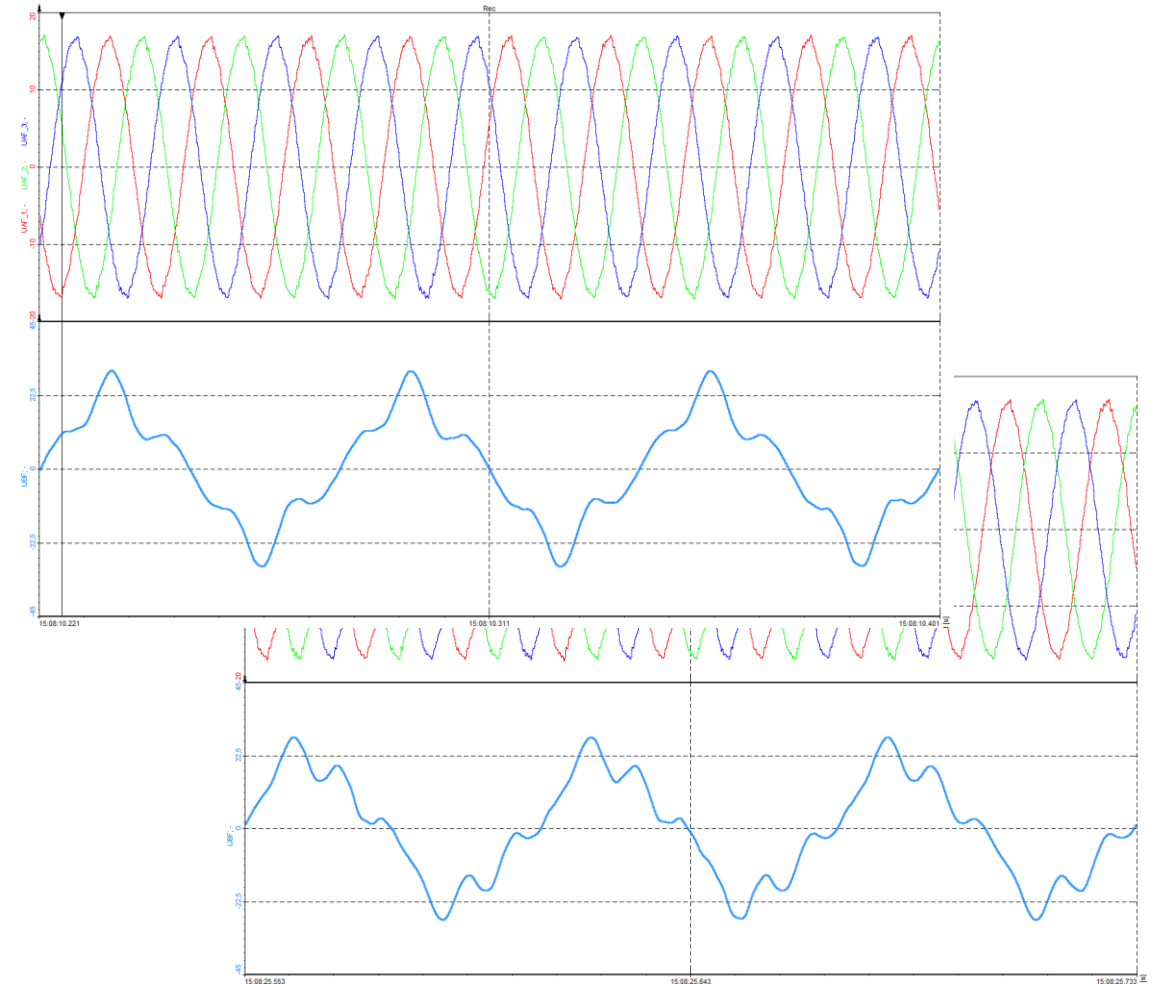
Amplitude 5. Oberschwingung +0.200

Phasenwinkel 5. Oberschwingung +90.000 °

Amplitude 7. Oberschwingung +0.070

Phasenwinkel 7. Oberschwingung +90.000 °

MENÜ MELDUNGEN KONFIGURATION UMR-BLOCK UMRICHTER SCHRITTKETTE KÜHLSYSTEME SYSTEM MESSWERTE



Sweepfunktion - Admittanzmessung

The screenshot shows the Siemens HMI interface for 'Umrichter 3'. The top status bar indicates 'Komm.: OK', 'Steuerautorität: HMI vor Ort', and 'Bediener: default'. The main area is divided into 'Betriebsarten' (Operating Modes) and 'Sonderfunktionen' (Special Functions). Under 'Betriebsarten', the 'Betriebszustand' is 'Aus', 'Fehlerzustand' is 'Nicht blockiert', and 'Konfiguration' is '50Hz -> 16Hz Sweep'. The 'Sonderfunktionen' menu includes options like '1P - Kennlinie', 'f - Kennlinie', 'U/P - Kennlinie', 'U/I - Kennlinie', 'Oberschwingungen', 'Phasenwinkel', and 'Sweep' (highlighted in green). The 'Normalbetrieb' section has 'U - Konstant' and 'f - Konstant' buttons. The '1 AC' section shows parameters: U_{BF} (0.00 kV), I_{BF} (1.0 A), f_B (16.67 Hz), P_B (+0.0 MW), and Q_B (+0.0 Mvar). The bottom navigation bar includes 'MENÜ', 'MELDUNGEN', 'KONFIGURATION', 'UMR-BLOCK', 'UMRICHTER', 'SCHRITTKETTE', 'KÜHLSYSTEME', 'SYSTEM', and 'MESSWERTE'.

SWEEP bedeutet:

- Aufmodulieren einer Spannungsamplitude (z.B. 500V)
- auf die Grundschiwingung ($16\frac{2}{3}$ Hz oder 50 Hz)
- bei genau einer Frequenz, (z.B. 222 Hz)
- die aber variiert (223 Hz, 224 Hz, 225...)

$$\Delta f_{\min} = \frac{1}{3} \text{ Hz (} 16\frac{2}{3} \text{ Hz)}$$

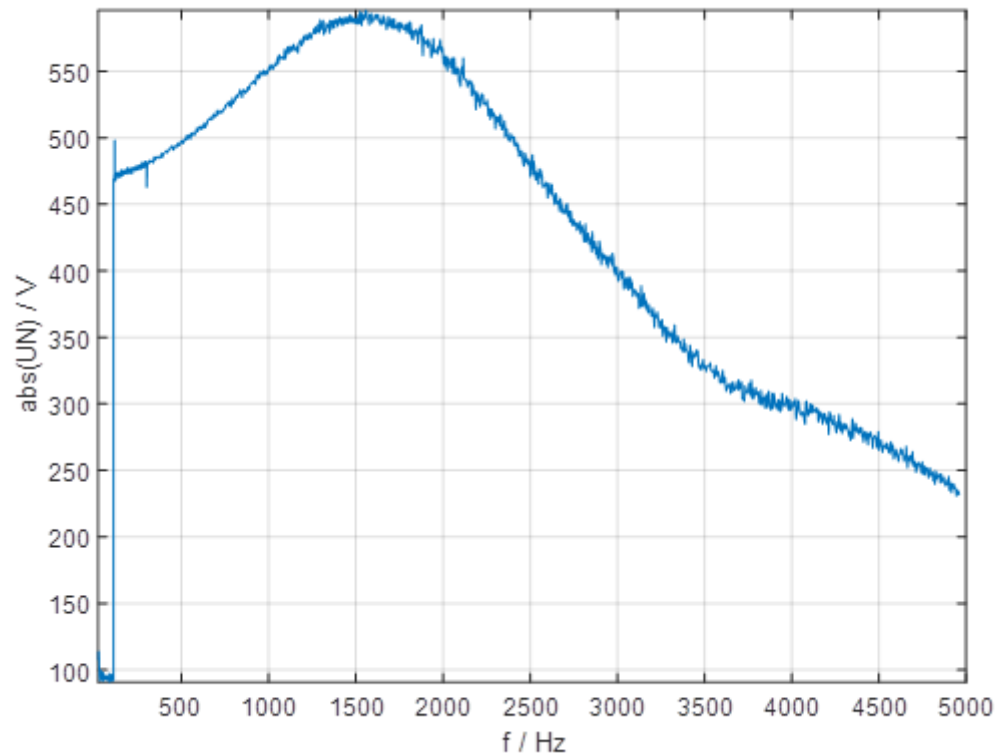
$$\Delta f_{\text{typ}} = \frac{2}{3} \text{ Hz .. } 4\frac{1}{3} \text{ Hz}$$

$$\Delta f_{\min} = 1 \text{ Hz (50 Hz)}$$

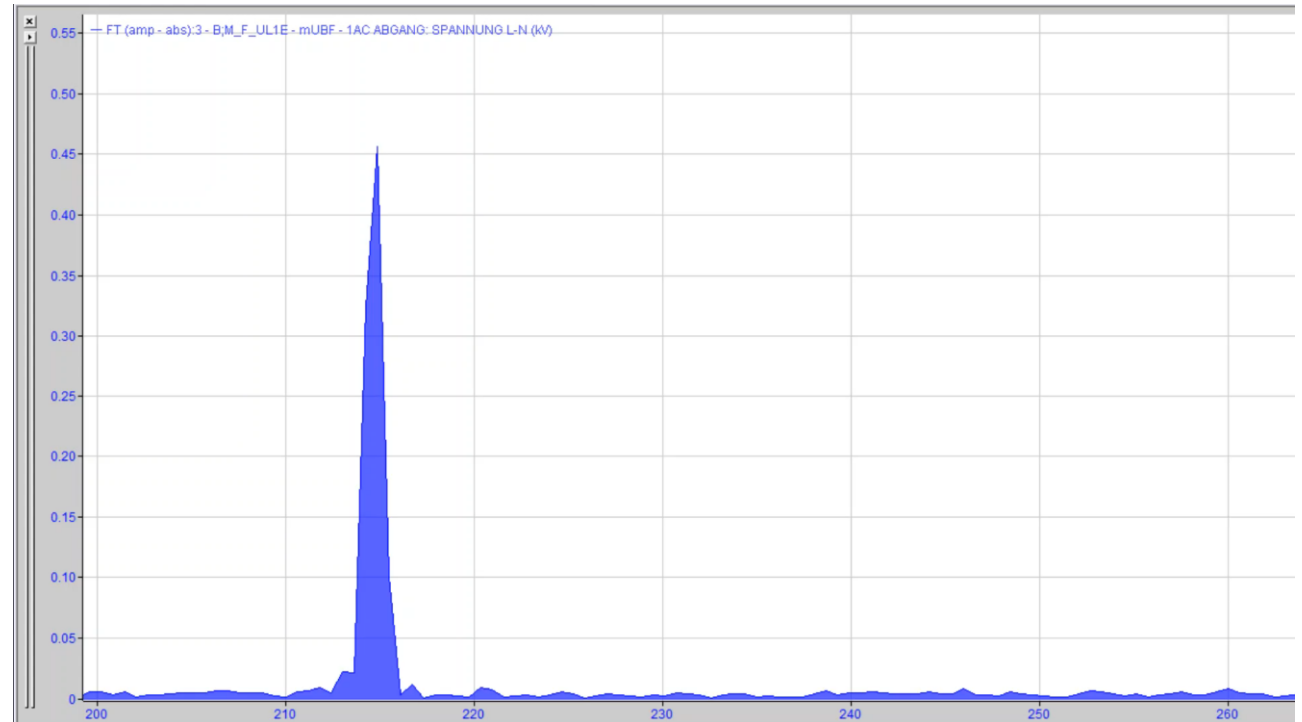
$$\Delta f_{\text{typ}} = 4 \text{ Hz .. } 12 \text{ Hz}$$

$$f_{\max} = 5000 \text{ Hz}$$

Sweepfunktion - Admittanzmessung

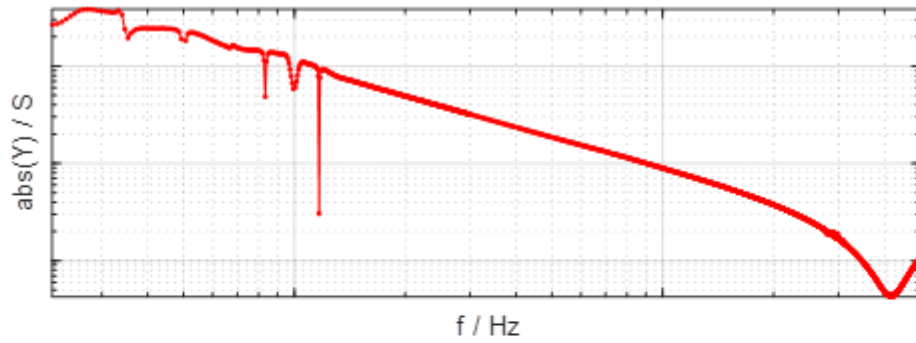


Gemessene Spannung am Pantographen
als Funktion der Frequenz

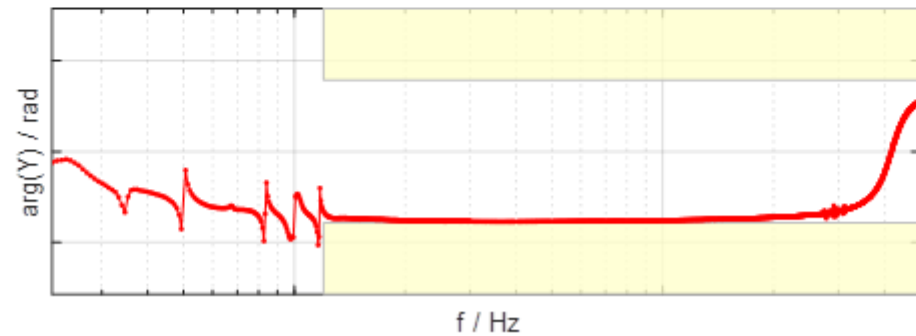


Video - Sweepen des Frequenzbereichs

Sweepfunktion - Admittanzmessung



Betrag des Leitwerts des Prüflings



Phasengang des Prüflings

Die PQU im PCW - Inhalt

Das PCW

Die Umrichter

Die PQU

Power Quality output

Steuerung des Umrichters

SIEMENS
Ingenuity for life





Auf einen Blick

- Modulares Power Quality Monitoring System zur Überwachung der Netzqualität mit höchster Genauigkeit
- Netzsynchrone Messung
- Interne Berechnung von Netzqualitätsparametern nach IEC61000-4-30, Klasse A
- Leistungs- und Energiewerte
- Datenerfassung und Berechnung von statistischen und Langzeit-Netzqualitätsparametern mit ibaPDA (LWL-Verbindung erforderlich)
- Rohwerte für Drill-down in ibaPDA verfügbar
- Alle berechneten Werte sind als Einzelwerte in ibaPDA verfügbar und können überwacht werden

PQU Features

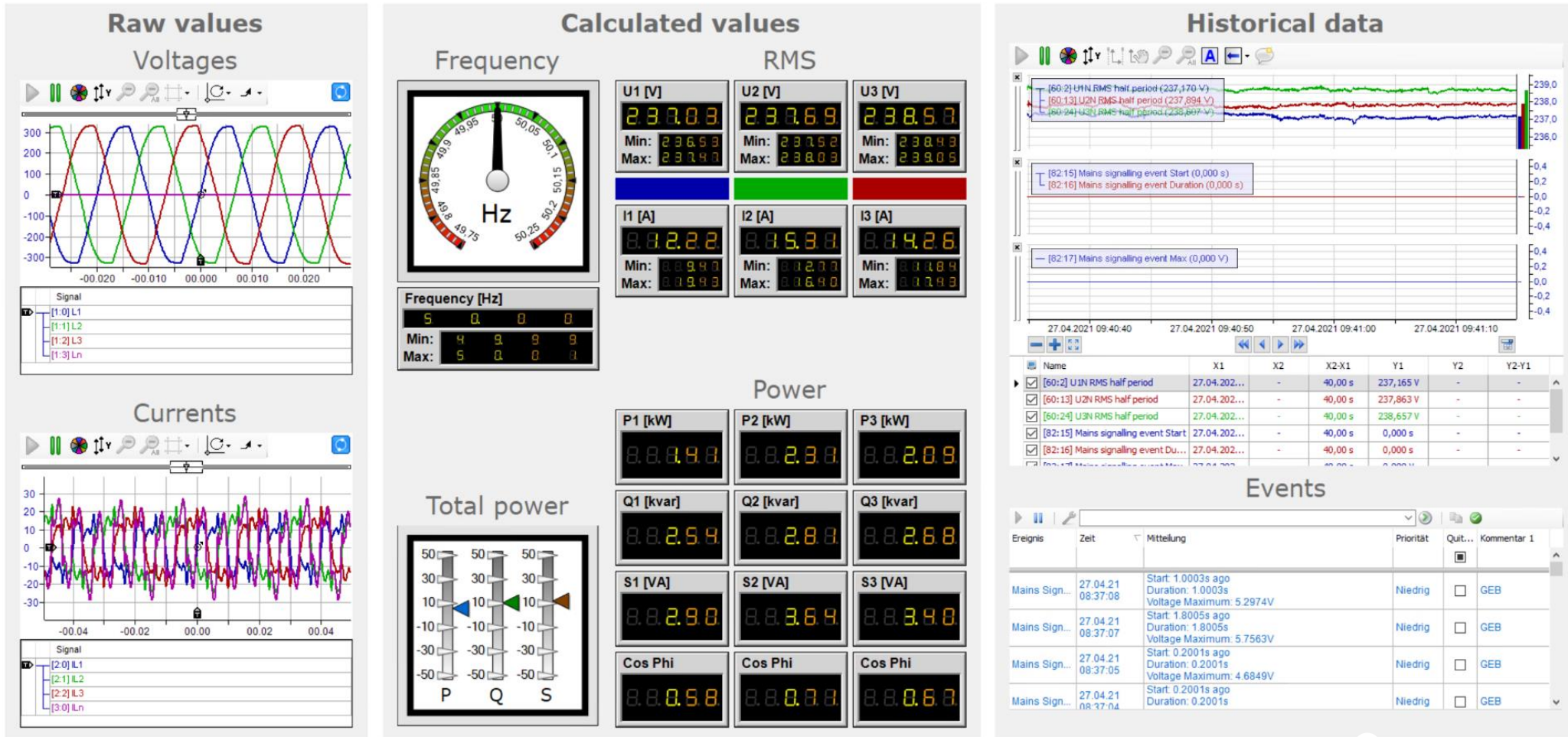
Berechnung	Berechnungsperiode						Netztyp		
	Halb- periode	10/12 ¹	150/180 ²	10 s	10 min	2 h	1	3	3+N
RMS	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Peak	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Rectified	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Form factor	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Crest factor	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Frequency	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Phase	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Harmonics	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Interharmonics	-	•	•	•	•	•	•	•	•
THD	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Power	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Energy	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Power / Energy VA	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Power / Energy VAR	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Power factor	-	•	•	•	•	•	•	•	•
Cos φ	-	•	•	•	•	•	•	•	•
3 phase positive	-	•	•	•	•	•	-	-	•
3 phase negative	-	•	•	•	•	•	-	-	•
3 phase zero	-	•	•	•	•	•	-	-	•
Grid symmetric	-	•	•	•	•	•	-	•	•
Flicker (Pst, Plt)	-	-	-	-	•	•	•	•	•

¹ Zeitintervall von 10 Perioden in 50 Hz-Netzen oder 12 Perioden in 60 Hz-Netzen (ca. 200 ms)

² Zeitintervall von 150 Perioden in 50 Hz-Netzen oder 180 Perioden in 60 Hz-Netzen (ca. 3 s)

PQU Features

Power Quality Monitoring with ibaPQU-S



Die PQU im PCW - Inhalt

Das PCW

Die Umrichter

Die PQU

Power Quality output

Auswertung der Normenkonformität

Power Quality Report acc. to DIN EN 50160

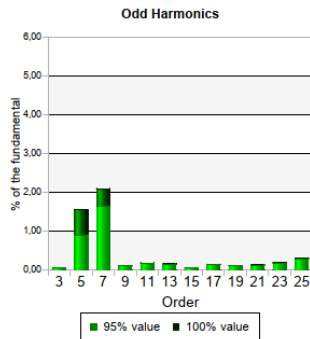
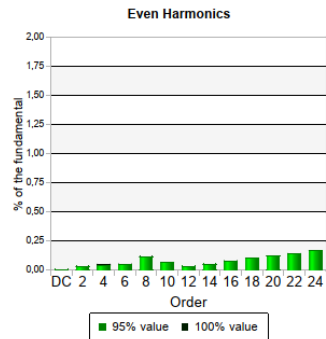


U1N relative harmonics

10 minute mean value of the voltage harmonics

measuring period:
start 19.02.2018 00:00:00
end 20.02.2018 00:00:01

	limit value in %	95% value	Result
THD%	8	1,8964	pass
DC	/	0,0076	not specified in the EN50160



Order	limit value in %	95% value	Result
2	2	0,034	pass
4	1	0,038	pass
6	0.5	0,051	pass
8	0.5	0,116	pass
10	0.5	0,065	pass
12	0.5	0,035	pass
14	0.5	0,054	pass
16	0.5	0,079	pass
18	0.5	0,102	pass
20	0.5	0,121	pass
22	0.5	0,141	pass
24	0.5	0,167	pass

Order	limit value in %	95% value	Result
3	5	0,056	pass
5	6	0,905	pass
7	5	1,645	pass
9	1.5	0,120	pass
11	3.5	0,172	pass
13	3	0,164	pass
15	0.5	0,069	pass
17	2	0,140	pass
19	1.5	0,119	pass
21	0.5	0,137	pass
23	1.5	0,182	pass
25	1.5	0,284	pass

- Seite 5/8 -

Power Quality Report acc. to DIN EN 50160

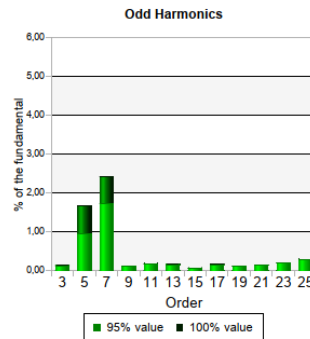
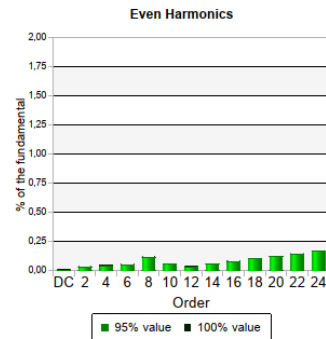


U2N relative harmonics

10 minute mean value of the voltage harmonics

measuring period:
start 19.02.2018 00:00:00
end 20.02.2018 00:00:01

	limit value in %	95% value	Result
THD%	8	1,9805	pass
DC	/	0,0072	not specified in the EN50160



Order	limit value in %	95% value	Result
2	2	0,035	pass
4	1	0,038	pass
6	0.5	0,050	pass
8	0.5	0,117	pass
10	0.5	0,057	pass
12	0.5	0,036	pass
14	0.5	0,056	pass
16	0.5	0,081	pass
18	0.5	0,104	pass
20	0.5	0,123	pass
22	0.5	0,143	pass
24	0.5	0,169	pass

Order	limit value in %	95% value	Result
3	5	0,132	pass
5	6	0,954	pass
7	5	1,718	pass
9	1.5	0,112	pass
11	3.5	0,174	pass
13	3	0,164	pass
15	0.5	0,071	pass
17	2	0,149	pass
19	1.5	0,121	pass
21	0.5	0,139	pass
23	1.5	0,194	pass
25	1.5	0,278	pass

- Seite 6/8 -

Power Quality Report acc. to DIN EN 50160

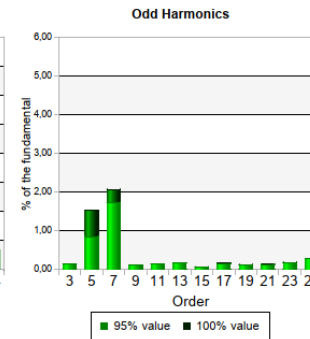
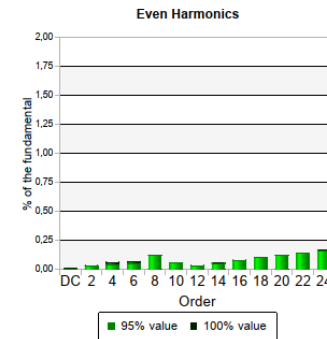


U3N relative harmonics

10 minute mean value of the voltage harmonics

measuring period:
start 19.02.2018 00:00:00
end 20.02.2018 00:00:01

	limit value in %	95% value	Result
THD%	8	1,9657	pass
DC	/	0,0069	not specified in the EN50160



Order	limit value in %	95% value	Result
2	2	0,034	pass
4	1	0,039	pass
6	0.5	0,052	pass
8	0.5	0,122	pass
10	0.5	0,055	pass
12	0.5	0,034	pass
14	0.5	0,054	pass
16	0.5	0,079	pass
18	0.5	0,102	pass
20	0.5	0,120	pass
22	0.5	0,141	pass
24	0.5	0,165	pass

Order	limit value in %	95% value	Result
3	5	0,140	pass
5	6	0,856	pass
7	5	1,734	pass
9	1.5	0,114	pass
11	3.5	0,138	pass
13	3	0,166	pass
15	0.5	0,070	pass
17	2	0,155	pass
19	1.5	0,122	pass
21	0.5	0,137	pass
23	1.5	0,182	pass
25	1.5	0,277	pass

- Seite 7/8 -

Messaufzeichnungen

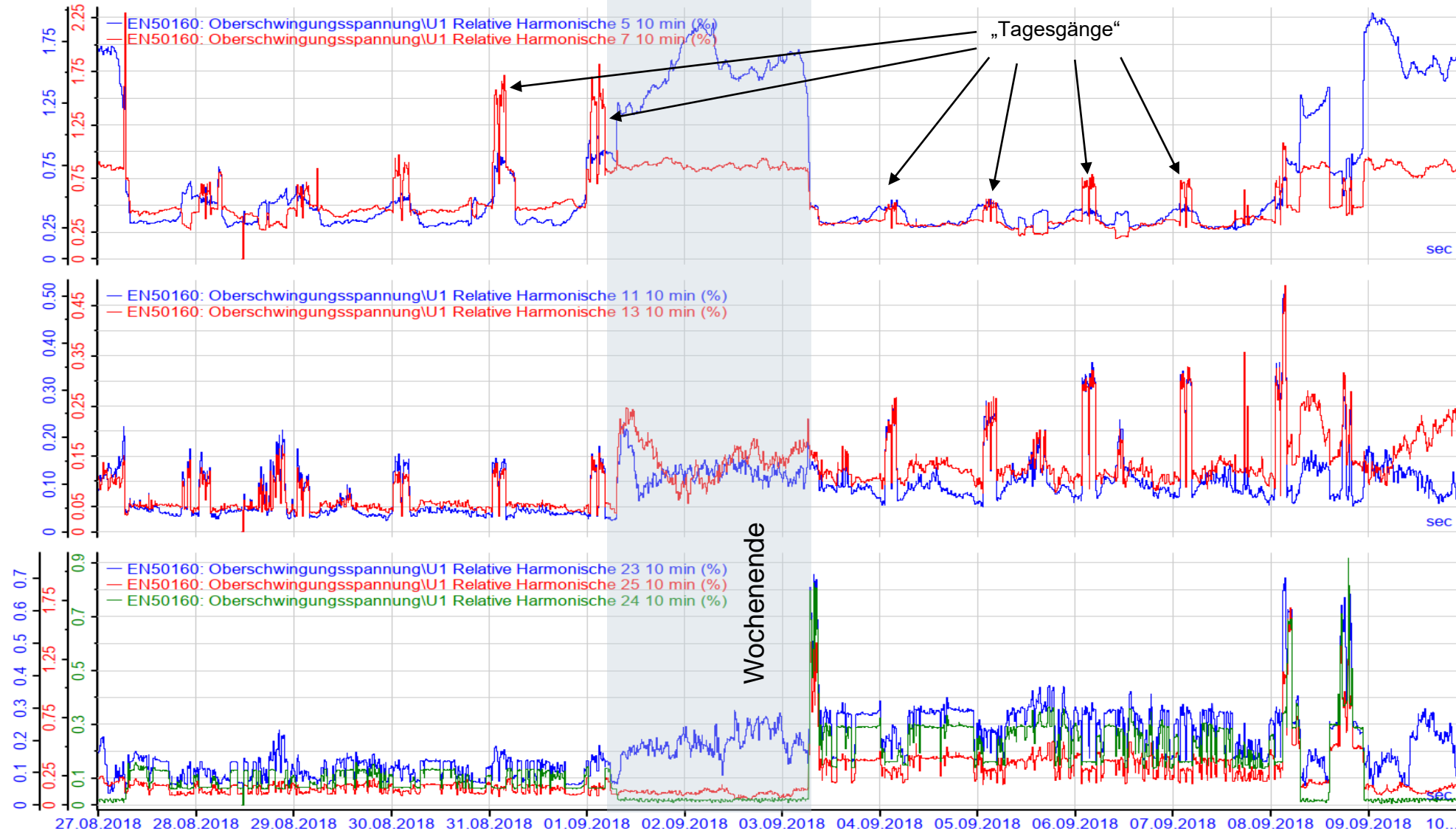
SIEMENS

Ingenuity for life

ibaAnalyzer

HD:time:MD1HNV0C:9180:PQU Report:63670917600000000:63672127140000000:1000000

IBA



Frequenzumrichter als Testspannungsquelle im Megawatt Bereich

Kontaktseite

SIEMENS
Ingenuity for life



Reiner Papp

Senior Key Expert
Siemens Mobility GmbH

Mozartstrasse 33b
91052 Erlangen

Mobile: +49 173 262 89 55

E-mail: Reiner.Papp@siemens.com

[siemens.de/rail-electrification](https://www.siemens.de/rail-electrification)