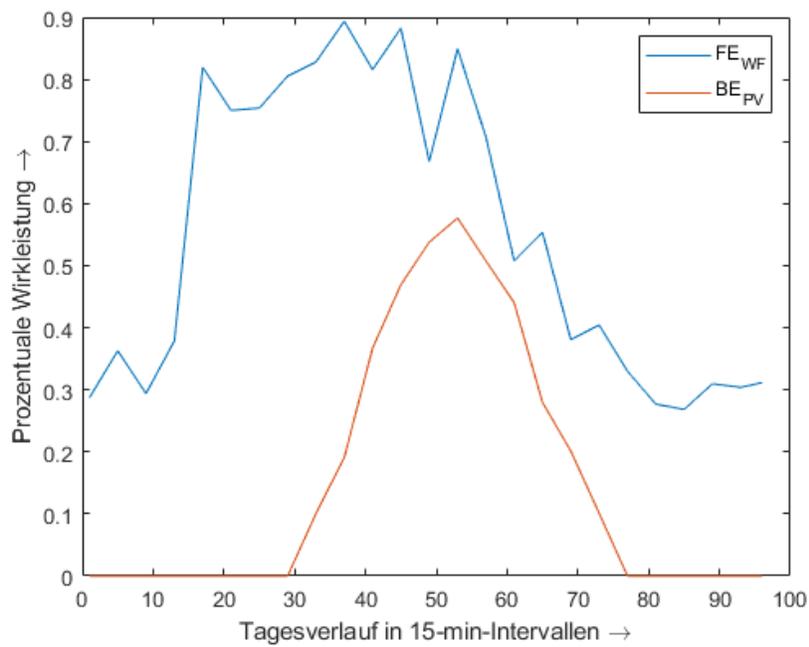


Übersicht der durchgeführten Experimente

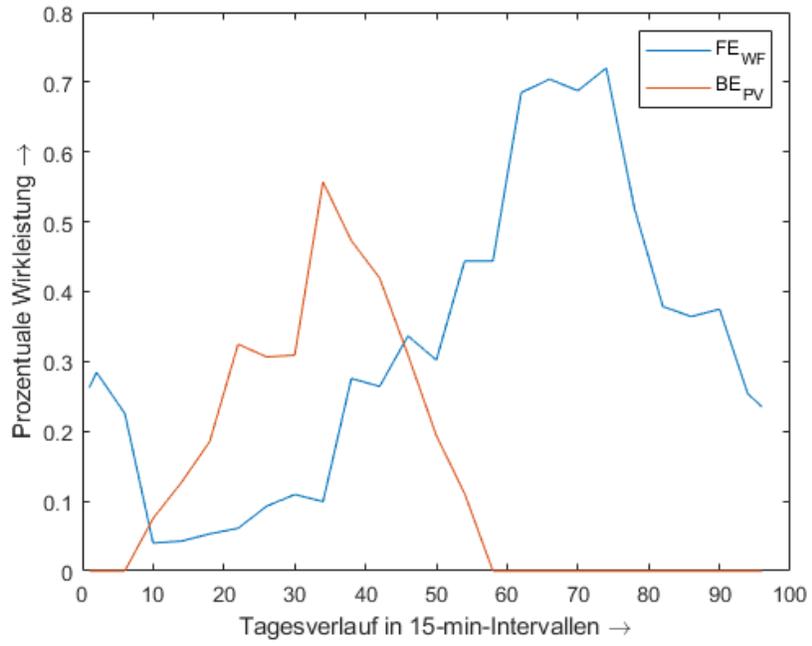
Erläuterungen

FE steht für das Frontend, BE steht für das Backend des genutzten AC-AC-Wechselrichters, mithilfe des Frontends wurde ein Windpark und mithilfe des Backends ein PV-Park simuliert. Wenn nicht anders angegeben, sind alle Parameter der Leitung und der Erzeuger nominal, wie im folgenden Abschnitt vermerkt. In jedem Experiment werden jeweils ein oder mehrere Tagesprofile durchlaufen, diese sind wie folgt definiert:

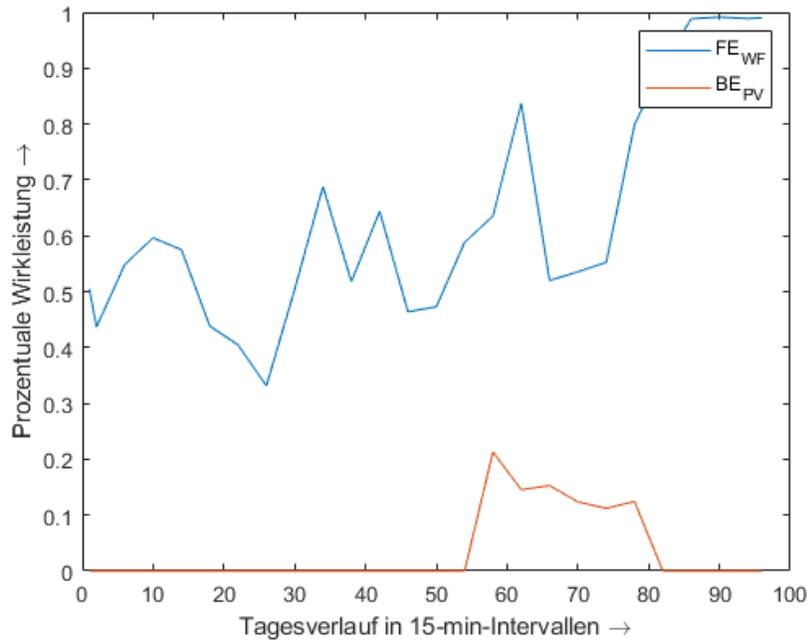
Fall A - Hohe gleichzeitige Einspeisung



Fall B - Wechselhafte Einspeisung



Fall C - Volatile Windeinspeisung



Nominal Parameters

The nominal parameters are defined in *init.m*. If not noted otherwise, backend values are equal to frontend values.

Parameter	Description	Nominal Value	Unit
Grid			
Un_dnm	RMS Value of Phase to Phase Voltage	440	V
f_g	Grid frequency	50	Hz
Controller			
sample times			
Ts_fe	Sample time Frontend	80e-6	s
Ts_be	Sample time Backend	75e-6	s
PLL			
Un_fe	Nominal Voltage Frontend	412.5	V
Un_be	Nominal Voltage Backend	255.072	V
K_PLL	Proportional Gain	50	

Parameter	Description	Nominal Value	Unit
I_PLL	Integral Gain	50	
Current Controller			
Kp_I	Proportional Gain	2.5	
Ki_I	Integral Gain	250	
Krep_I	Repetitive Gain	0	
kp_ActiveDamping	Proportional Gain for Damping	2	
U/I Gl.Meas.Filter (DQ)			
Tf_input	Filter time constant	0.02	s
P/Q Controller			
PQ_enable	Control enable flag	false	
P_sat	Max. active power	3.5e3	W
Q_sat	Max. reactive power	3e3	var
P_ref	Reference active power	0	W
Q_ref	Reference reactive power	0	var
PQ_rate_limit	Maximum rate of chnage for P and Q	1e3	W / s
PQ_deadtime	Artificial Delay	0	s
Kp_P	Proportional Gain, P-Loop	28.26	
Tn_P	Time constant, P-Loop	30 * Ts	s
Kp_Q	Proportional Gain, Q-Loop	-28.26	
Tn_Q	Time constant, Q-Loop	30 * Ts	s
Tran.pow.con. compensation			
trafo_power_comp_enable	Trafo comp enable flag	false	
p_comp	Parameters of poly fit for p	[]	
q_comp	Parameters of poly fit for q	[]	
Tran.volt.drop compensation			
params_trafo_v_comp	Parameters of poly fit for u	[]	
Q(V) Controller			
QU_enable	Control enable flag	false	

Parameter	Description	Nominal Value	Unit
QU_tf_U_meas	Measurement lowpass time constant	0.02	s
X_u_q0	base volatge	Un_dnm	V
X_m_tg_2018	slope	8	% / pu
X_u_deadband_low	Lower deadband voltage	5	V
X_u_deadband_up	Upper deadband voltage	5	V
X_p_r	rated power	3000	W
X_q_max_ue	Max. reactive power under excited	0.48 *	var
X_q_max_oe	Max. reactive power over excited	QU_CHAR_p_r 0.48 *	var
QU_tf_Q_des	Reference lowpass time constant	0.02	s

0 - Nominalverhalten

- FE und BE aktiv
- Simulation Fall A bis C

1 - Vorzeichenfehler Q(U) im Frontend

- FE und BE aktiv
- Simulation Fall A bis C
- Anstieg Q(U) bei FE mit VZF:
 - Sprung von 8 auf -8 und zurück bei 30% und 70% der Gesamtzeit

2 - Falsche Bezugsgröße für U_q0

- FE und BE aktiv
- Simulation Fall A bis C
- U_q0 bei FE ist LE anstatt LL Spannung:
 - Sprung von 440 (LL-Nenngröße) auf 254 (LE-Nenngröße) und zurück bei 30% und 70% der Gesamtzeit

3 - Falsche Bezugsgröße für U_N

- FE und BE aktiv
- Simulation Fall A bis C
- U_N bei FE ist LE anstatt LL Spannung:
 - Sprung von 440 (LL-Nenngröße) auf 254 (LE-Nenngröße) und zurück bei 30% und 70% der Gesamtzeit

4 - Anstieg der Charakteristik außerhalb TAR

- FE und BE aktiv
- Simulation Fall A bis C
- m bei FE außerhalb TAR:
 - Sprung von 8 auf 50 und zurück bei 30% und 70% der Gesamtzeit

5 - Totband zu groß

- FE und BE aktiv
- Simulation Fall A bis C
- Totband bei FE zu groß eingestellt
 - Sprung von 5 auf 15 und zurück bei 30% und 70% der Gesamtzeit

6 - Variation der Kennlinienanstiege

- FE und BE aktiv
- 5 mal Simulation Fall B
- Schrittweise Erhöhung der Kennlineinanstiege bei FE und BE
 - $m = 20, 30, 40, 50, 60$ für die volle Simulationsdauer

7 - Variation der Filterkonstante

- FE und BE aktiv
- Simulation Fall B
- Hohe Kennlineinanstiege von $m=60$ bei FE und BE
- Änderung der Filterkonstante im Sollwerttiefpass ($QU_Tf_Q_des$) von FE und BE:
 - Sprung von 0.02 auf 0.2 und zurück bei 30% und 70% der Gesamtzeit

8 - Variation der Filterkonstante

- FE und BE aktiv
- 5 mal Simulation Fall B
- Keine Totbänder bei FE und BE: $U_low = U_up = U_q0$
- Schrittweise Erhöhung der Kennlineinanstiege:
 - $m = 20, 30, 40, 50, 60$ für die volle Simulationsdauer

9 - Variation der Wirk- und Blindleistung am FE

- FE und BE aktiv
- FE P/Q Rate limiter deaktiviert ($r=1e9$)
- Variation von P und Q am Frontend als dyadisches Produkt von:
 - $P = [0., 600., 1200., 1800., 2400., 3000]$
 - $Q = [-1500., -875., -250., 375., 1000.]$

9a

- FE Trafo comp deaktiviert
- FE QU Regelung deaktiviert

9b

- FE Trafo comp deaktiviert
- FE QU Regelung aktiviert

9c

- FE Trafo comp aktiviert
- FE QU Regelung deaktiviert

10 - Variation der Leitungsparamter

- Nur FE aktiv
- 3x Simulation Fall A
- Durchgänge:
 - 1) 2. Leitung beide Endnen offen (nicht geerdet)
 - 2) 2. Leitung geerdet
 - 3) 2. Leitung parallel zu 1.

11 - Variation der Kennlinienanstiege am FE mit erhöhten Grenzwerten

- Nur FE aktiv
- 7 mal Simulation Fall A
- Grenzwerte der Kennlinie erhöht:
 - $P_{\text{sat}} = 3.5e3$
 - $Q_{\text{sat}} = 3e3$
 - $Q_{\text{max_oe}} = 3e3$
 - $Q_{\text{max_ue}} = 3e3$
- Variation Kennlinienanstiege am FE:
 - $m = 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80$ für die volle Simulationsdauer

12 - Variation der Kennlinienanstiege am FE mit erhöhten Grenzwerten ohne Spannungsfiler

- Nur FE aktiv
- Simulation Fall A
- Kein extra Spannungsmessfilter in Q(U)-Regelung: $Tf_u_meas = 0$
- Grenzwerte der Kennlinie erhöht:
 - $P_{\text{sat}} = 3.5e3$
 - $Q_{\text{sat}} = 3e3$
 - $Q_{\text{max_oe}} = 3e3$

- $Q_{\max_ue} = 3e3$
- Variation Kennlinienanstiege am FE:
 - $m = 90, 100, 110$ für die volle Simulationsdauer

13 - Variation der Kennlinienanstiege simultan

- FE + BE aktiv
- Festgelegte Wirkleistung auf 500W für beide (kein Szenario)
- Variation der Kennlinienanstiege an FE und BE (gleichzeitig):
 - $m = 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160$

14 - Unterschiede bei jeweils einzeln und gemeinsam aktivierter Q(U)

- Leistungsregelung FE + BE aktiv
- Festgelegte Wirkleistungen auf $P_{\text{ref}} = 2000$ W
- Kein extra Spannungsmessfilter in Q(u)-Regelung ($Tf_U_Meas = 0$)
- Keine Totbänder: $U_{\text{low}} = U_{\text{up}} = U_{\text{q0}}$
- Grenzwerte der Kennlinien erhöht:
 - $Q_{\max_oe} = 3e3$
 - $Q_{\max_ue} = 3e3$
- Anstiege bei $m=85$
- Abwechselndes Aktivieren der Q(U)-Regelungen in der Reihenfolge:
 - Keine
 - FE ($t = \{4.6 - 16.6\}$)
 - Keine ($t = \{17.0 - 25.0\}$)
 - BE ($t = \{25.2 - 37.2\}$)
 - FE + BE ($t = \{37.2 - 53.8\}$)
- Experiment wurde manuell durchgeführt

15 - Grenzen der Stabilität ausloten

- FE + BE aktiv
- Grenzwerte der Kennlinien erhöht:
 - $P_{\text{sat}} = 3.5e3$
 - $Q_{\text{sat}} = 3e3$
 - $Q_{\max_oe} = 3e3$
 - $Q_{\max_ue} = 3e3$
- Keine extra Spannungsmessfilter in Q(u)-Regelung ($Tf_U_Meas = 0$)
- Keine Totbänder: $U_{\text{low}} = U_{\text{up}} = U_{\text{q0}}$
- Anstiege bei $m=85$
- Festgelegte Wirkleistungen auf $P_{\text{ref}} = 2000$ W
- Variation von Tf_q_des als $[0.02, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0]$