



## MOREPV2GRID: MORE FUNCTIONALITIES FOR INCREASED INTEGRATION OF PV INTO GRID ERHÖHUNG DER AUFNAHMEKAPAZITÄT FÜR VERTEILTE PV DURCH LOKALE SPANNUNGSREGELUNG

### ZIEL: MEHR PV IM NETZ

/ Erhöhung der integrierbaren PV-Anlagendichte in Niederspannungsnetzen

### ANSATZ: INTELLIGENTE PV-WECHSELRICHTER MIT LOKALER REGELUNG

/ Lokal autonome Wirk- und Blindleistungsregelung zur Spannungshaltung

### RANDBEDINGUNGEN: LOKAL, STABIL UND BEDARFSORIENTIERT

/ Lokale Autonomie, keine Kommunikationsinfrastruktur  
/ Gewährleistung der Stabilität paralleler Anlagen  
/ Vorrangig Blindleistungsaustausch, nachrangig Begrenzung der Wirkleistung  
/ Bedarfsorientierte Aktivierung (Minimierung von Blindarbeit, Netzverlusten und Ertrags-einbußen)  
/ Schutzfunktionen bleiben unberührt

### METHODIK: KONZEPT, SIMULATION, LABORVERSUCH, FELDTTEST

/ Problemanalyse und Lösungskonzeption mittels detaillierter, zeitlich hochaufgelöster Simulationen mit Vierleitermodellen  
/ Implementierung in Hard- und Software, Laborversuche mit hoher Dynamik  
/ Validierung mittels mehrmonatiger Feldtestreihe in einem Abschnitt von Netz Oberösterreich

### PROBLEM: EINSPEISEBEDINGTE SPANNUNGSANHEBUNG

/ Die Ausgangssituation zeigt großen Einfluss sowohl unsymmetrischer (einphasiger) Einspeiser als auch unsymmetrischer Lasten auf die Unsymmetrie der Phasenspannungen.

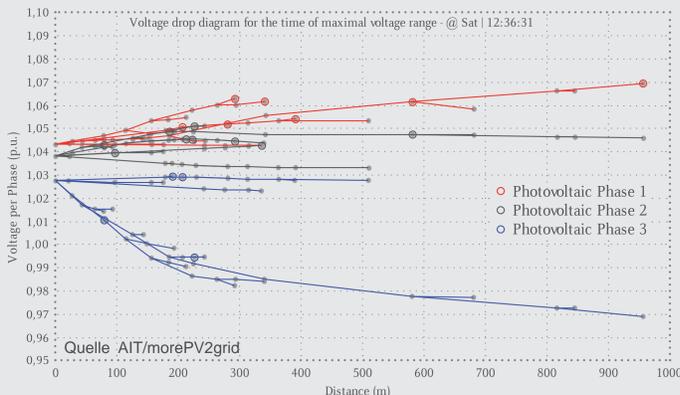


Abb. 1: Spannungsdiagramm bei hoher Spannung im Netz

### BEISPIEL PROBLEMLÖSUNGSBEITRAG: FUNKTIONEN Q(U) & P(U)

/ Blindleistungsregelung – im Sinne der Bedarfsorientierung als Q(U) – ermöglicht vorrangig eine Reduktion der Spannungsanhebung. Ihre Wirkung ist jedoch begrenzt. Schutzabschaltungen können nicht ausgeschlossen werden.

/ Mit einer komplementären, spannungsabhängigen Wirkleistungsregelung P(U) kann ein Erreichen der Abschaltgrenzen völlig ausgeschlossen werden. Bereits mit kurzen und geringen Reduktionen kann der durchgehende Betrieb einer hohen PV-Dichte ermöglicht werden. Ein plötzliches Abschalten und Wiederhochfahren bzw. eine Folge davon wird verhindert.

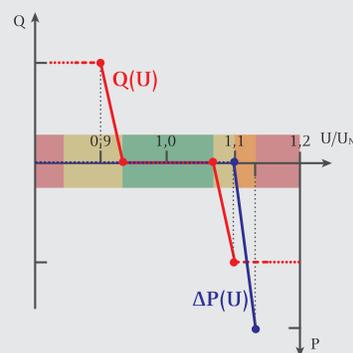


Abb. 2: Kombinierte Q(U)- und P(U)-Regelung

### VOM LABOR INS FELD: VALIDIERUNG

/ Laborversuche: Besonderes Augenmerk auf dynamische Tests der spannungsabhängigen Funktionen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Anschlusskonstellationen an einzelnen Phasen und Knoten sowie von unterschiedlichen Regelungsparametern (z.B. Zeitverhalten).

/ Feldtestreihe: Auswahl eines Niederspannungsstrangs mit hoher PV-Dichte (inkl. Strangverlängerung und Neubau zweier Anlagen) für mehrmonatige Überprüfung einzelner Testfälle unter realen Bedingungen.

### ERKENNTNISSE: FUNKTIONAL, STABIL UND WIRKSAM

/ Funktionalität gegeben, Randbedingungen erfüllt  
/ Stabilität netzparalleler Anlagen in einem weiten Bereich sinnvoller Einstellmöglichkeiten  
/ Wirksamkeit Blindleistungsregelung  
/ Spannungsanhebung zwischen 20 % und 80 % technisch sinnvoll kompensierbar  
/ Wirksamkeit Wirkleistungsoptimierung  
/ Einspeisebedingtes Überschreiten eines definierten Spannungswertes ausgeschlossen

### WIRKSAMKEIT: BEISPIEL P&Q(U)-REGELUNG

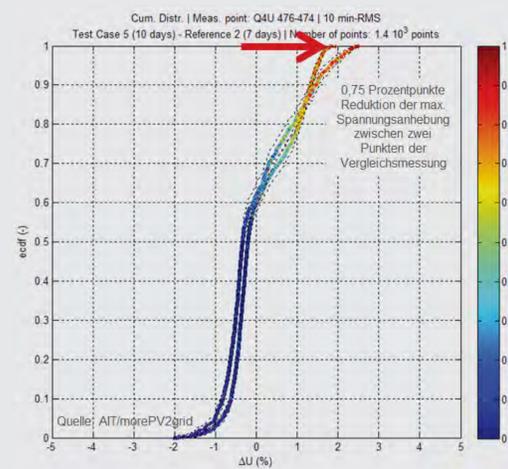


Abb. 3: Kumulierte Häufigkeitsverteilungen (cdf) des Spannungsunterschiedes zwischen einem Referenzfall und einem Testfall P&Q(U)

/ Reduktion der max. Spannungsanhebung im betrachteten Strang von 4,9 % ohne Regelung um 2,25 Prozentpunkte auf 2,65 % mittels P&Q(U)  
/ 2/3 des Effekts durch Blindleistungsregelung Q(U)  
/ 1/3 des Effekts durch Wirkleistungsreduktion P(U)

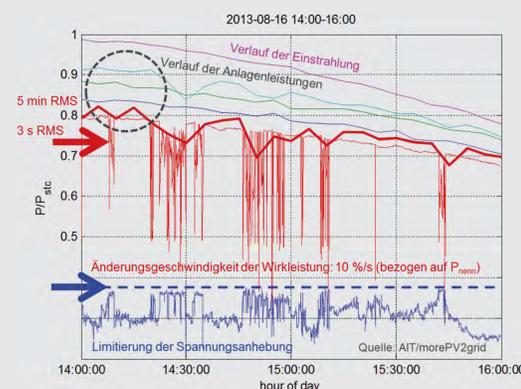


Abb. 4: Zuverlässige Begrenzung der Spannungsanhebung durch P(U)

### DETAILBETRACHTUNG P(U):

/ Stufenlose Regelung  
/ Punktuelle Eingriffe  
/ Nicht eingespeiste Energie gering  
(hier ca. 2,5 % innerhalb von 2 kritischen Stunden)

### EMPFEHLUNGEN UND AUSBLICK

/ Einsatz der lokalen Regelungsvarianten zu empfehlen  
/ Lokale Q-Regelungen bereits in den Regelwerken; lokale P-Regelungen unstandardisiert  
/ „Smart Grid“ auch ohne Kommunikation praxistauglich, jedenfalls als Rückfallebene  
/ Mit Fernsteuerung weitere Optimierung möglich (vgl. Projekt DG DemoNet – Smart LV Grid)  
/ Organisatorische Herausforderungen  
/ Berücksichtigung des Spannungsbandgewinns bei Netzplanung und Anschlussbeurteilung  
/ Einfache Handhabung durch Vereinbarung standardmäßiger Einstellungen  
/ Rechtlich-regulatorische Deckung einer „Anschlusszusage mit Ertragsverlust“

### VERGLEICH ZWISCHEN VERSCHIEDENEN REGELUNGSMODI

REGELUNGSART	COSφ(P)	Q(U)	Q(U) & P(U)
<b>WIRKSAMKEIT (REDUZIERUNG DER SPANNUNGSANHEBUNG)</b>	++ sehr wirksam: / Alle Anlagen tragen gleichzeitig bei / Anlagen in Nebensträngen helfen über die Traforeaktanz mit  - undifferenzierte senkende Wirkung	+ weniger wirksam als cosφ(P) (nur Anlagen, die auch eine erhöhte Spannung messen helfen mit).  + Stützung bei Unterspannung (sofern PV-Einspeisung vorhanden)	+++ Wirksamkeit der Blindleistungsregelung wie bei Q(U). Durch P(U) Spannungsanhebungen über einen wählbaren Grenzwert unmöglich.  + Stützung bei Unterspannung (sofern PV-Einspeisung vorhanden)
<b>EINFLUSS AUF BLINDLEISTUNGS-HAUSHALT UND NETZVERLUSTE</b>	- teilweise unnötiger Blindleistungsbezug (geringer als bei cosφ)  - erhöhte Netzverluste	+ kein unnötiger Blindleistungsbezug  + keine unnötige Erhöhung der Netzverluste	+ kein unnötiger Blindleistungsbezug  + keine unnötige Erhöhung der Netzverluste
<b>KOMPLEXITÄT DER PARAMETRIERUNG (NETZPLANUNG)</b>	+ einfach - Dimensionierung des Wechselrichters sollte berücksichtigt werden	- komplexere Parametrierung; Kompromiss Wirksamkeit / Blindleistungsbezug	- komplexere Parametrierung; Kompromiss Wirksamkeit / Blindleistungsbezug / Wirkleistungsbegrenzung