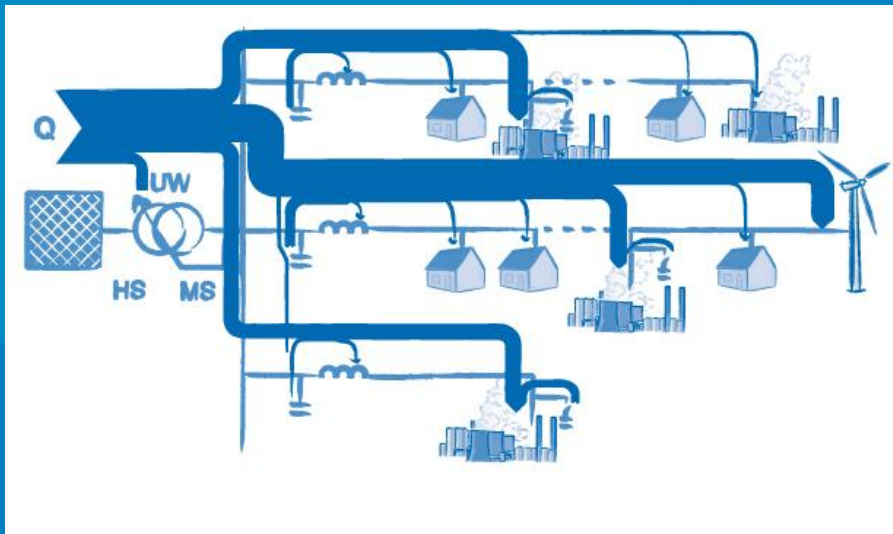


FNN-Hinweis



BLINDLEISTUNGS- MANAGEMENT IN VERTEILUNGSNETZEN

November 2014

FNN

VDE

Impressum

© Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE (FNN)

Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

Telefon: + 49 (0) 30 3838687 0

Fax: + 49 (0) 30 3838687 7

E-Mail: fnn@vde.com

Internet: <http://www.vde.com/fnn>

November 2014

Blindleistungsmanagement in Verteilungsnetzen

November 2014

Inhalt

Vorwort	8
Anregungen/Anmerkungen	8
Einleitung	9
Motivation	9
Zielsetzung und technisch-betrieblicher Betrachtungsbereich.....	10
Inhalt und Aufbau des FNN-Hinweises	12
1 Anwendungsbereich	13
2 Normative Verweisungen	14
3 Begriffe und Abkürzungen	15
3.1 Begriffe	15
3.1.1 Blindleistung Q, [5].....	15
3.1.2 Blindleistungsbedarf (Q-Bedarf)	15
3.1.3 Blindleistungsmanagement (Q-Management)	15
3.1.4 Blindleistungsverhalten (Q-Verhalten).....	16
3.1.5 Blindleistungsvermögen (Q-Vermögen)	16
3.1.6 Blindleistungsänderungsfähigkeit (Q-Änderungsfähigkeit).....	16
3.1.7 Dynamische Netzstützungsblindleistung (Dynamische Netzstützungs-Q).....	16
3.1.8 Eigenbilanzblindleistung (Eigen-Bilanz-Q)	16
3.1.9 Erzeugungsanlage (EZA), [5]	16
3.1.10 Erzeugungseinheit (EZE), [5]	16
3.1.11 Fremdbilanzblindleistung (Fremd-Bilanz-Q)	16
3.1.12 Mittelspannungsnetz (MS-Netz), [5]	16
3.1.13 Natürliche Leistung einer Leitung, [37]	17
3.1.14 Netzanschlusspunkt (NAP), [5].....	17
3.1.15 Quasi-stationäre Netzstützungsblindleistung, (Quasi-stationäre Netzstützungs-Q)	17
3.1.16 Blindleistungsbilanz (Q-Bilanz).....	17
3.1.17 Blindleistungshaushalt (Q-Haushalt)	17
3.1.18 Scheinleistung S, [5]	17
3.1.19 Spannungshaltungsblindleistung (Spannungshaltung-Q)	17
3.1.20 Grundschiebungsblindleistung / Verschiebungsblindleistung (Grundschiebungs-Q / Verschiebungs-Q), [3,4].....	17
3.1.21 Verschiebungsfaktor [6].....	18
3.1.22 Wirkleistung P, [5].....	18
3.2 Abkürzungen.....	18
4 Grundlagen zur Anwendung	20
5 Beeinflussung des Blindleistungs-Verhaltens	26
5.1 Blindleistungsfähige Erzeugungsanlagen und Speicher	27
5.1.1 Q-Bereitstellung im Rahmen der Richtlinien.....	27
5.1.2 Q-Bereitstellung im Rahmen bilateraler Vereinbarungen	28
5.1.3 Q-Änderungsfähigkeit der Erzeugungsanlage.....	30

5.1.4	Q-Änderungsfähigkeit von statischen und dynamischen Kompensationen	32
5.2	Kompensationsanlagen	32
5.2.1	Allgemeines	32
5.2.2	Fremde Kompensationsanlagen.....	33
5.2.3	Q-Bereitstellung im Rahmen der technischen Anschlussregeln	33
5.2.4	Q-Bereitstellung im Rahmen bilateraler Vereinbarungen.....	34
5.2.5	Q-Bereitstellung von Erzeugungsanlagen in Industrienetzen mit kundeneigenen Kompensationseinrichtungen	34
5.2.6	Eigene Kompensationsanlagen des Verteilungsnetzbetreibers	34
5.2.7	Mischanlagen.....	34
5.3	Netzstruktur und Netzbetrieb.....	35
5.3.1	Netztopologie.....	35
5.3.2	Spannungsniveau	37
5.3.3	Erweiterung des Q-Vermögens durch direkt wirkende Spannungsregelung	38
6	Systemanalyse	40
6.1	Messwert-basierte Analyse des Q-Verhaltens des eigenen Netzes	41
6.2	Simulationsbasierte Analyse des Q-Verhaltens des eigenen Netzes	45
6.2.1	Charakteristische Lastflusskombinationen (Netzplanungsfälle)	46
6.2.2	Zeitreihenanalyse	48
6.2.3	Analyse mithilfe probabilistischer Lastflussrechnung	49
7	Umsetzung eines Blindleistungs-Managements	52
7.1	Schnittstelle mit vorgelagertem bzw. benachbarten Netzen	53
7.2	Verhalten bei abweichenden Schaltzuständen und Störungen.....	54
7.2.1	Abweichungen vom Normalschaltzustand.....	54
7.2.2	Anlagenverhalten bei Störung oder Kommunikationsausfall.....	54
7.3	Spannungshaltung vs. Blindleistungshaushalt	55
7.3.1	Mögliche Wechselwirkungen und Auswirkungen eines Q-Managements.....	55
7.3.2	Einfluss der Entfernung der Erzeugungsanlage vom Umspannwerk	55
7.4	Einsatz eigener und fremder Betriebsmittel	57
7.5	Erzeugungsanlagen und Speicher	58
7.5.1	Grundsätzlich verfügbare Möglichkeiten der Q-Beeinflussung	58
7.5.2	Stabilität bei spannungsabhängiger Regelung	60
7.5.3	Kombination Q-Regelungs- und - Steuerungsverfahren bei mehreren Erzeugungsanlagen in einem Netz.....	61
7.5.4	Bewertung der Kennlinienverfahren	64
7.6	Ausblick: Kommunikations-basiertes Blindleistungsmanagement	64
7.6.1	Manuelle oder automatisierte Vorgaben aus der Netzführung.....	64
7.6.2	Zukunftsmusik: Zustandsschätzung und optimierte, automatisierte Vorgaben ...	64
8	Zusammenfassung.....	66

Bildverzeichnis

Bild 1:	Schematische Darstellung der Blindleistungsflüsse in einem MS-Netz: bei Schwachlast ohne dezentrale Einspeisung (links) und bei Starklast mit dezentraler Einspeisung (rechts).....	10
Bild 2:	Betrachtungsbereich mit den zu berücksichtigenden Schnittstellen und Unterlagen (G=Generator; V=Verbraucheranlage).....	11
Bild 4:	Begriffsdarstellung im Verbraucherzählpeilsystem	20
Bild 5:	Erläuterung zum Q-Vermögen des Netzes	21
Bild 6:	Erläuterung zur Q-Änderungsfähigkeit des Netzes	22
Bild 7:	Übersicht zu den Beeinflussungsmöglichkeiten des Q-Verhaltens und deren weitere Behandlung im vorliegenden FNN-Hinweis	26
Bild 8:	Beispielhaftes Q-Vermögen von einer Erzeugungseinheit (Wind).....	29
Bild 9:	Beispielhaftes Q-Vermögen von neueren Erzeugungseinheiten (Photovoltaik)	30
Bild 10:	Aufbau der Regelstrecke einer Erzeugungsanlage (Beispiel).....	31
Bild 11:	Veranschaulichung der Veränderung des Verschiebungsfaktors am Beispiel eines Verbrauchers (cosφ 0,93 ind.) mit Photovoltaik-Anlage (Betrieb mit cosφ 0,95 ind.) .	35
Bild 12:	Beispielhafter Q-Bedarf von typischen Ortsnetztransformatoren bzw. typischer HS/MS-Transformatoren	36
Bild 13:	Auf die Leitungslänge (Kabel und Freileitung) bezogener Q-Bedarf	37
Bild 14:	Ablaufdiagramm zur Analyse des Q-Verhaltens	40
Bild 15:	P-Q-Diagramm eines Netzgebietes an der Unterspannungsseite des HS/MS-Transformators gemessen (Umspannwerk mit 2 Transformatoren; Summe der MS-seitigen ¼-h-Messungen über ein Jahr)	41
Bild 16:	Beispielhafte P-Q-Diagramme bei unter- und oberspannungsseitiger Messung	42
Bild 17:	Beispielhafte P-Q-Diagramme bei unter- und oberspannungsseitiger Messung am Erzeugungsanlagen-Anschlusstransformator	42
Bild 18:	Beispielhafte P-Q-Diagramme für Stadt- und Landnetze und deren Durchmischung	43
Bild 19:	Beispielhafte P-Q-Diagramme für Erzeugungsanlagen	43
Bild 20:	Beispielhafte Darstellung von P- und Q-Gängen und den daraus resultierenden cosφ-Werten im Zeitbereich einer Woche für die vier Quadranten	45
Bild 21:	Prinzipskizze des Musternetzes, in Anlehnung an [25].....	47
Bild 22:	Q-Beiträge für den unbeeinflussten Ausgangsfall	47
Bild 23:	Wirkleistungsbilanz des Musternetzes	48
Bild 24:	Q-Bilanz des Musternetzes im unbeeinflussten Ausgangsfall	49
Bild 25:	Mögliche Q-Bandbreite eines beispielhaften MS-Netzes.....	50
Bild 26:	Prozessschritt Umsetzung eines Q-Managements	52
Bild 27:	Darstellung der höchstzulässigen Erzeugungsanlagen-Anschlussleistung einer Leitung in Abhängigkeit der Anschlussentfernung und der Bereiche ihrer anschlussbegrenzenden Kriterien	56
Bild 28:	Blindleistungsflüsse zwischen den Spannungsebenen für den Stark- und Schwachlastfall	69
Bild 29:	Q-Bilanz des Musternetzes in verschiedenen Beeinflussungsfällen.....	71
Bild 30:	Q-Vermögen und Q-Beitrag der Erzeugungsanlagen bei Q-Vermögen gem. BDEW MS-RL [6]	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zu Veröffentlichungen mit Q-Vorgaben	23
Tabelle 2: Beispielhafte Q-Beeinflussungsmöglichkeiten von Steuer- und Regeleinheiten durch den Verteilungsnetzbetreiber	24
Tabelle 3: Bereichs-Vorgaben für den Verschiebungsfaktor in Abhängigkeit der Spannungsebene	28
Tabelle 4: Erläuterung zu den beispielhaften Zeitdauern aus Bild 10.....	31
Tabelle 5: Darstellung des Blindleistungsanteils und der Scheinleistungserhöhung bezogen auf die Wirkleistungsentnahme	33
Tabelle 6: Betriebsmittelmatrix hinsichtlich wesentlicher Aspekte für das Q-Management ohne Berücksichtigung der Änderung von Netzverlusten	58
Tabelle 7: Möglichkeiten der Q-Beeinflussung mittels Erzeugungsanlage (üb=übererregt; un=untererregt).....	60
Tabelle 8: Kombinationen von Q-Regelungs- bzw. –Steuerungsverfahren	62
Tabelle 9: Vorteile/Besonderheiten der Kombinationsmöglichkeiten von Erzeugungsanlagen-Regelungsstrategien.....	63
Tabelle 10: Übersicht zu den Funktionen und deren Anwender	70

Vorwort

Die zunehmenden Veränderungen in der Erzeugungs- und Laststruktur, insbesondere in den NS- und MS-Netzen, führen zu veränderten Wechselwirkungen zwischen den Verteilungsnetzen mit den überlagerten Übertragungsnetzen. Dies betrifft sowohl den Wirkleistungsfluss als auch den Blindleistungsaustausch (Q-Austausch).

Um auch weiterhin einen sicheren, effizienten und zuverlässigen Betrieb der Netze zu ermöglichen, kommt u. a. der lokalen bzw. regionalen Spannungshaltung eine große Bedeutung zu, genauso wie dem Ausgleich und der Bereitstellung der Blindleistung (Q-Haushalt).

Der FNN-Hinweis wurde von der Projektgruppe „Blindleistungsmanagement“ des Forums Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) erarbeitet.

Anregungen/Anmerkungen

Es ist eine Weiterentwicklung des vorliegenden FNN-Hinweises vorgesehen. Entsprechende Anregungen/Anmerkungen hierzu richten Sie bitte unter Angabe der Kontaktdaten und des fachlichen Hintergrund des Kommentators (z. B. Netzbetreiber, Erzeugungsanlagen-Betreiber, Hersteller, Dienstleister) an folgende Adresse:

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)
Bismarckstr. 33
10625 Berlin
Tel.: + 49 (0) 30 3838687 0
Fax: + 49 (0) 30 3838687 7
E-Mail: fnn@vde.com
Internet: www.vde.com/fnn