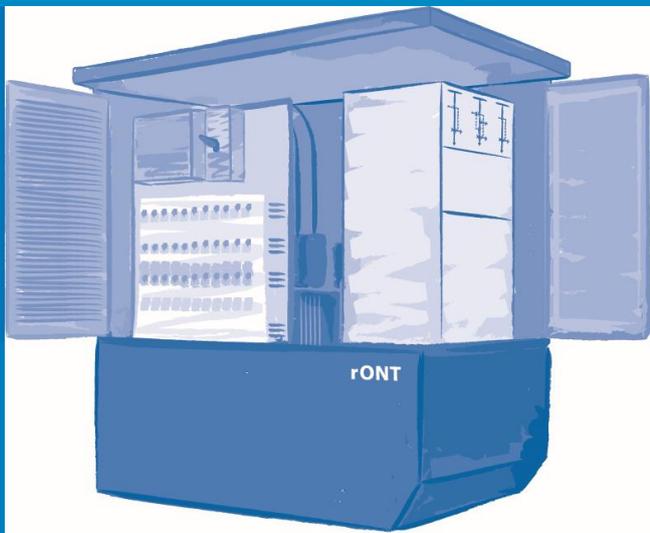


FNN-Hinweis



Regelbarer Ortsnetztransformator (rONT) - Einsatz in Netzplanung und Netzbetrieb

Juli 2016

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>

Juli 2016

Regelbarer Ortsnetztransformator (rONT) - Einsatz in Netzplanung und Netzbetrieb

Juli 2016

Inhalt

Vorwort	9
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe und Abkürzungen	13
3.1 Begriffe	13
3.1.1 Bemessungs-Betriebsspannung [IEV 442-01-07]	13
3.1.2 Bemessungsleistung [IEV 421-04-04]	13
3.1.3 Bemessungsspannungsbereich [IEV 151-16-49]	13
3.1.4 Bemessungsstromstärke (einer Wicklung eines Transformators oder einer Kompensations-Drosselspule) [IEV 421-04-05]	13
3.1.5 Bemessungsstromstärke (für Installationsmaterial) [IEV 442-01-02]	13
3.1.6 Bemessungsübersetzung (eines Transformators) [IEV 421-04-02]	13
3.1.7 Betriebsspannung [IEV 601-01-22]	13
3.1.8 höchste Betriebsspannung eines Netzes [IEV 601-01-23]	13
3.1.9 Leistungsteil	14
3.1.10 Nennspannung eines Netzes [IEV 601-01-21]	14
3.1.11 niedrigste Betriebsspannung eines Netzes [IEV 601-01-24]	14
3.1.12 regelbarer Ortsnetztransformator (rONT)	14
3.1.13 Regelbereich	14
3.1.14 Regelverluste	14
3.1.15 Spannungsebene [IEV 601-01-25]	14
3.1.16 Stufenschalter (OLTC)	14
3.1.17 Stufenspannung	14
3.1.18 Umsteller (DETC)	15
3.1.19 Verzögerungszeit [IEV 521-05-21]	15
3.1.20 vorgesehener Betriebsstrom (eines Stromkreises) [IEV 826-11-10]	15
3.2 Abkürzungen	15
4 Technologie und Funktionsweise des rONT	16
4.1 Allgemeines	16
4.2 Aufbau des rONT	16
4.3 Technische Realisierung des Stellglieds und der Steuereinheit	17
4.4 Übersicht über am Markt verfügbare Stellglieder und Steuereinheiten	18
5 Hinweise zur Planung	23
5.1 Wirkungsweise des rONT	23
5.2 Anwendungsfälle	25
5.2.1 Behebung von Spannungsbandproblemen	25
5.2.2 Optimierung der Netztopologie	28
5.2.3 Unterstützung beim Blindleistungsmanagement in MS-/NS-Netzen	29
5.3 Grenzen und Sonderfälle des rONT-Einsatzes	30
5.3.1 rONT-Einsatz bei sehr langen Netzausläufern	30

5.3.2	rONT-Einsatz bei inhomogenen Strängen.....	30
5.3.3	rONT-Einsatz im Parallelbetrieb	30
5.4	Regelverfahren	30
5.4.1	Regelung auf einen festen Spannungswert	30
5.4.2	Regelung auf einen lastflussabhängigen Spannungswert	31
5.4.3	Spannungsregelung unter Einbezug einer abgesetzten Mess-Sensorik	32
5.5	Regelparameter.....	32
5.5.1	Auslegungsparameter.....	32
5.5.2	Einstellparameter	33
5.6	Flicker	36
5.7	Regelung im Verbund mit anderen Reglern	36
5.7.1	Wechselwirkung rONT – HS/MS-Transformator	36
5.7.2	Wechselwirkungen rONT und Erzeugungsanlage	36
5.7.3	Parallelbetrieb von regelbaren Ortsnetztransformatoren	36
5.8	Aspekte der Aufwand/Nutzen-Analyse	37
5.8.1	Aufwände	37
5.8.2	Nutzen.....	38
5.8.3	Regulatorische Aspekte.....	38
5.9	rONT als Standardbetriebsmittel	39
5.9.1	Vermeidung von NS-Netzausbau	39
5.9.2	Vermeidung von Mittelspannungsnetzausbau.....	41
6	Hinweise zum Betrieb	43
6.1	Erstinbetriebnahme	43
6.2	Fehlerbehebung.....	44
6.3	Einsatz einer Netzersatzanlage.....	44
6.4	Zusammenschaltung von Niederspannungsnetzen	44
6.5	Wartung	44
6.6	Optionale IKT-Anbindung	44
7	Zusammenfassung.....	45
	Literaturverzeichnis	46
	Anhang A: Einbaubeispiele	47
	Anhang B: Anwendungsbeispiele	53
B1	NS-getriebener rONT-Einsatz	53
B1.1	Motivation für das Projekt	53
B1.2	Netzausschnitt	53
B1.3	Variantenvergleich	54
B1.4	Ausgewählte Lösung	55
B1.5	Planungs- und Betriebserfahrungen.....	56
B2	MS-getriebener rONT-Einsatz.....	56
B2.1	Motivation für das Projekt	56
B2.2	Netzausschnitt	57
B2.3	Variantenvergleich	58
B2.4	Ausgewählte Lösung	58
B2.5	Planungs- und Betriebserfahrungen.....	59

B3	Punktuelle rONT-Einsatz.....	59
B3.1	Motivation für das Projekt.....	59
B3.2	Netzausschnitt.....	59
B3.3	Variantenvergleich.....	60
B3.4	Ausgewählte Lösung.....	62
B4	Punktuelle rONT-Einsatz.....	63
B4.1	Motivation für das Projekt.....	63
B4.2	Netzausschnitt.....	63
B4.3	Variantenvergleich.....	63
B4.4	Ausgewählte Lösung.....	65
B5	Regelung auf einen lastflussabhängigen Spannungswert.....	67
B5.1	Motivation für das Projekt.....	67
B5.2	Netzausschnitt.....	67
B5.3	Variantenvergleich.....	68
B5.4	Ausgewählte Lösung.....	68
B5.5	Planungs- und Betriebserfahrungen.....	68

Bildverzeichnis

Bild 1:	Schematische Darstellung der Komponenten eines rONT	16
Bild 2:	Aufteilung der Spannungsbänder	24
Bild 3:	Punktuellder Einsatz des rONT in einem MS-Netz	25
Bild 4:	Strangweiser Einsatz von rONT in einem MS-Netz	26
Bild 5:	Flächendeckender Einsatz des rONT in einem MS-Netz.....	28
Bild 6:	Exemplarische Darstellung der Vergrößerung des Versorgungsradius durch rONT ..	29
Bild 7:	Darstellung einer typischen Regelbandbreite bei Regelung auf festen Spannungssollwert	31
Bild 8:	Darstellung der Regelbandbreite bei Regelung auf einen lastflussabhängigen Spannungssollwert	32
Bild 9:	Verschiedene Auslegungen der Regelbandbreite bei 2,5-%-Spannungsstufe	34
Bild 10:	Nutzung von Schnellschaltsschwellen	35
Bild 11:	Nutzung einer verkürzten Verzögerungszeit T_2	35
Bild 12:	Zu berücksichtigenden Aspekte bei dem Einsatz eines rONT als Standardbetriebsmittel.....	39
Bild 13:	Beispielhafte Spannungsbandaufteilung mit rONT bei einem Spannungssollwert von 98 % U_n (Erläuterungen zur Verzögerungszeit T_1 s. Abschnitt 5.5.2).....	40
Bild 14:	Beispielhafte Spannungsbandaufteilung bei mittelspannungsorientiertem rONT- Einsatz	41
Bild 15:	Abgriff der Spannungsversorgung für die Steuereinheit	43
Bild 16:	Netzausschnitt und Beschreibung eines Niederspannungsnetzes gemäß Beispiel in B1	54
Bild 17:	Spannungsbandaufteilung mit rONT bei einem Spannungssollwert von 100 % · U_n ..	55
Bild 18:	Netzausschnitt und Beschreibung eines aufgesetzten Mittelspannungsringes gemäß Beispiel in B2.....	57
Bild 19:	Spannungsbandaufteilung für das Beispiel eines mittelspannungsgetriebenen rONT- Einsatz	58
Bild 20:	Netzausschnitt gemäß Beispiel B3.....	59
Bild 21:	Beispielhafte Spannungsbandaufteilung mit rONT bei einem Spannungssollwert von 98 % U_n	62
Bild 22:	Netzausschnitt gemäß Beispiel B4 -Maststation und die zwei betrachteten Stationsnetze	63
Bild 23:	Beispielhafte Spannungsbandaufteilung mit rONT bei einem Spannungssollwert von 98 % U_n	66
Bild 24:	Knotenspannungen im Sommer und im Winter vor Einsatz eines rONT gemäß Beispiel in B5.....	67
Bild 25:	Eingestellte Kennlinie am rONT gemäß Beispiel in B5	68
Bild 26:	Knotenspannungen im Sommer und im Winter bei Einsatz eines rONT gemäß Beispiel in B5.....	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über am Markt verfügbare Stellglieder und Steuereinheiten 19

Vorwort

Die zunehmende Einspeisung elektrischer Energie aus dezentralen Erzeugungsanlagen schafft neue Herausforderungen für die Betreiber von öffentlichen elektrischen Energieversorgungssystemen. Die von zusätzlicher Einspeisung hervorgerufenen erhöhten Leistungsflüsse führen insbesondere in ländlichen Verteilnetzen zu einem erheblichen Ausbaubedarf der Netze. Notwendig wird dieser häufig aus Gründen der Spannungshaltung.

Eine mögliche Alternative zum häufig kostenintensiven konventionellen Netzausbau bietet der regelbare Ortsnetztransformator (rONT). Durch ihn werden die Spannungsniveaus von Nieder- und Mittelspannungsnetz entkoppelt, wodurch eine verbesserte Ausnutzung des Spannungsbandes möglich ist.

Im Rahmen dieses FNN-Hinweises werden die technische Wirkungsweise des rONT vorgestellt sowie mögliche Anwendungsfälle und Praxisbeispiele aufgezeigt. Hierdurch soll den Verteilnetzbetreibern eine Hilfestellung für Netzplanung und Netzbetrieb bei Einsatz des rONT gegeben werden.

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

Einleitung

Motivation

Die stark volatile Einspeisung elektrischer Energie aus dezentralen Erzeugungsanlagen führt besonders in den Mittel- und Niederspannungsnetzen zu deutlich erhöhten Spannungsschwankungen. Hierdurch wird die Einhaltung der für den sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb definierten Grenzwerte zunehmend schwieriger, insbesondere der Vorgaben an die Spannungshaltung aus der DIN EN 50160. Es entsteht vielfach Netzausbaubedarf in diesen Netzebenen, der oftmals kostenintensiv und zeitaufwändig ist.

In den letzten Jahren wurden jedoch zahlreiche alternative technische Lösungen entwickelt und auch deren Kombination im Netzbetrieb erprobt. Eine wirksame Lösung zur Beherrschung von Spannungsschwankungen im Niederspannungsnetz stellt der regelbare Ortsnetztransformator (rONT) dar. In vielen Fällen ist der rONT eine wirtschaftliche Alternative zum konventionellen Netzausbau. Bei einigen Netzbetreibern ist der rONT inzwischen als Standardbetriebsmittel eine wichtige Komponente zur Weiterentwicklung der Netze zu „smart grids“.

Dieser FNN-Hinweis fokussiert auf den Einsatz des rONT. Andere technische Lösungsmöglichkeiten zur Spannungshaltung werden nicht betrachtet, hierzu sei insbesondere auf die FNN-Studie zur statischen Spannungshaltung [1] sowie den FNN-Hinweis zum Blindleistungsmanagement [2] verwiesen.

Ziel des FNN-Hinweises

Ziel dieses FNN-Hinweises ist es, den rONT in seiner Grundfunktionalität zu beschreiben und Anwendungsfälle in Netzplanung und Netzbetrieb aufzuzeigen. In diesem Hinweis werden Erfahrungen mit der Technologie, die in einer Vielzahl von Projekten gesammelt wurden, zusammengeführt. Zielgruppe dieses Hinweises sind Netzplaner und Projektierer, z. B. bei Energieversorgungsunternehmen oder Dienstleistern, um ihnen eine Hilfestellung zu geben, ob und in welcher Ausprägung/Form ein rONT-Einsatz sinnvoll ist.

Folgende Fragen werden in diesem Hinweis beantwortet:

- Was sind die relevanten Normen und Fachbegriffe im Zusammenhang mit dem rONT? (siehe Kapitel 2 und 3)
- Wie ist ein rONT im Vergleich zu einem konventionellen Transformator aufgebaut? (siehe Kapitel 4)
- Welche Anwendungsfälle existieren, in denen der rONT sowohl eine technische als auch eine wirtschaftliche Lösung darstellt? Wie können diese Anwendungsfälle identifiziert werden? (siehe Kapitel 5 und den Anhang)
- Welche Aspekte müssen bei der Planung eines rONT beachtet werden? (siehe Kapitel 5)
- Welche Aspekte sind bei dem Betrieb eines rONT zu berücksichtigen? (siehe Kapitel 6)

1 Anwendungsbereich

Dieser FNN-Hinweis ist für NS- und MS-Verteilnetze bis $U_m = 36$ kV und nur für auf Transformatoren basierende Spannungsregelungen (keine Umrichtertechnik).

Es werden Empfehlungen und Hinweise zu den technischen, betrieblichen und planerischen Einsatzmöglichkeiten eines rONT im Verteilnetz gegeben.