

Prof. Dr.-Ing. Schmidt, U.
 Bearb.:Dr.-Ing. Menzel

Februar 2019

Versuchsziel

Am einpoligen dynamischen Netzmodell soll der Problemkreis der äußeren Überspannungen untersucht werden. Insbesondere werden Versuche zur Brechung und Reflexion beim Übergang auf eine Leitung mit einem anderen Wellenwiderstand und bei Übergangstellen mit konzentrierten Elementen (R, L) im Leitungszug in Queranordnung bzw. als Abschlussimpedanz durchgeführt.

1 Versuchsstand

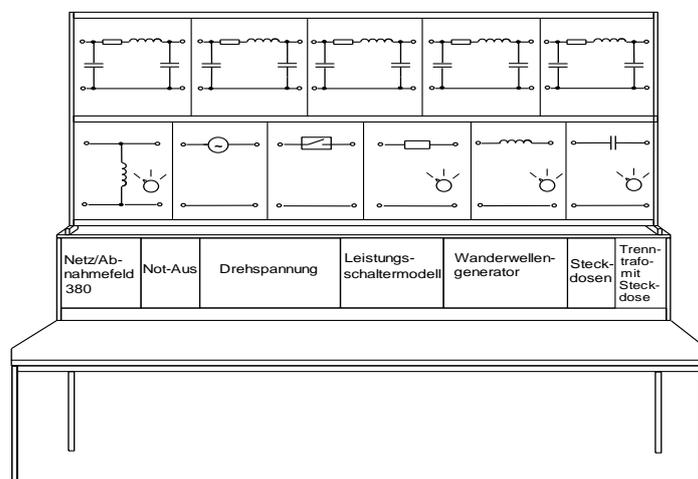


Abbildung 1: Versuchsstand einpoliges dynamisches Netzmodell

Komponente	Technische Daten
Drehstromversorgung	RFT Stelltrafo TST 280 \ 6; 0 - 280 V / 6 A
Leistungsschaltermodell LS 2, LS 3	3 x 200 V(effektiv), 3 x 5 A (effektiv) bzw. 3 x 20 A (transient), Schaltwinkel im Bereich Bereich -90° bis +90° einstellbar (Schrittweite: 1°)
Leitungsnachbildung 110 kV Freileitung	5 Stück a 20km (Nachbildung Mitsystem: $R' = 0,14 \Omega/\text{km}$; $X_b' = 0,45 \Omega/\text{km}$; $C_E' = 11,0 \text{ nF}/\text{km}$; Kettenschaltung von 10 π -Vierpolen je 20 km)
Leitungsnachbildung 110 kV Kabel	1 Stück a 5km (Nachbildung Mitsystem: $R' = 0,044 \Omega / \text{km}$; $X_b' = 0,181 \Omega / \text{km}$; $C_E' = 0,347 \mu\text{F} / \text{km}$; Kettenschaltung von 17 π -Vierpolen)

Belastungsimpedanzen	R -Last-Dekade (1 Ω...10 kΩ) C-Last-Dekade (10pF...10 μF) L-Last-Dekade (10 mH...100 H)
----------------------	---

Tabelle 1: Parameter der Komponenten

2 Vorbereitungsaufgaben

2.1 Berechnen Sie für das Freileitungs- und das Kabelmodell:

- Wellenwiderstand
- Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Laufzeit

2.2 Wiederholen Sie die Beziehungen zur Wellenausbreitung sowie zur Reflexion und Brechung, die aus den Telegraphengleichungen für die verlustlose Leitung hergeleitet werden können.

3 Praktikumsaufgaben

Äußere Überspannungen werden durch Blitzeinschlag in die Leiterseile der Freileitungen, durch Blitzeinschlag in ein geerdetes Anlagenteil mit rückwärtigem Überschlag auf den Betriebsstromkreis oder durch induzierte Spannungen infolge von nahen Blitzeinschlägen verursacht. Die so entstandenen Überspannungen breiteten sich als elektromagnetische Wellen mit hoher Geschwindigkeit auf den Leitungen aus.

Die äußeren Überspannungen sind durch große Steilheit der Wellenstirn und kurzer Wirkdauer gekennzeichnet. Eine näherungsweise Nachbildung erfolgt durch eine Rechteckwelle.

Im Praktikum wird eine Gleichspannung ($U = 10 \text{ V}$) eingeschaltet.

3.1 Abschluss der Leitung mit einer Resistanz

- Bauen Sie folgende Schaltung auf:

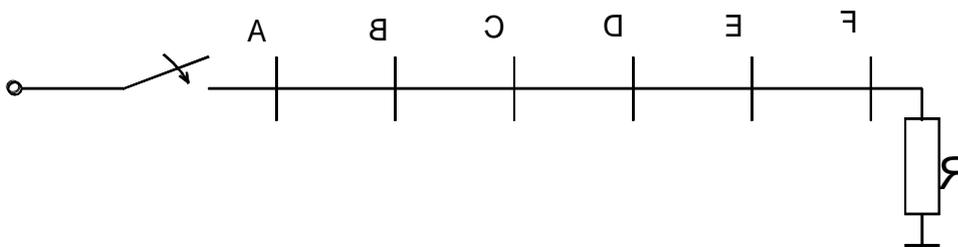


Abbildung 2: Versuchsanordnung (5 Freileitungsabschnitte je 20 km)

- Führen Sie die Messung viermal durch: $R = 0$; $R = Z_w$; $R = 1\,000 \Omega$ und $R \rightarrow \infty$
- Oszillografieren Sie die Spannung an den Orten E und F
- Drucken Sie die Ergebnisse aus

3.2 Übergang auf eine Leitung mit anderem Wellenwiderstand

- Bauen Sie folgende Schaltung auf:



Abbildung 2: Versuchsanordnung (1 Freileitungsabschnitt 20 km, 1 Kabelabschnitt 5 km)

3.2.1 Abschluss des Kabelendes (Ort C) mit dem Wellenwiderstand des Kabels ($R = Z_{wK}$)

- Oszillografieren¹⁾ Sie die Spannung an den Orten A, B und C und drucken Sie die Ergebnisse aus

3.2.2 Offenes Kabelende (Ort C)

- Oszillografieren²⁾ Sie die Spannung an den Orten A, B und C (drucken Sie die Ergebnisse aus)

3.2.3 Einfachleitung - Doppelleitung

- Bauen Sie folgende Schaltung auf:



Abbildung 3: Versuchsanordnung

- Oszillografieren Sie die Spannung an den Orten A, B und C und drucken Sie die Ergebnisse aus

3.3 Übergangsstelle mit konzentrierten Elementen

3.3.1 Querresistenz

- Bauen Sie folgende Schaltung auf:

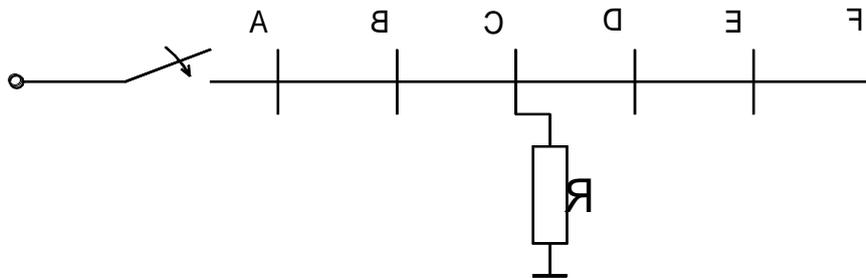


Abbildung 4: Versuchsanordnung

- Führen Sie die Messung dreimal durch: $R = 10 \text{ k}\Omega$; 1000Ω und 100Ω
- Oszillografieren Sie die Spannung an den Orten A, B, und D. Dabei ist zu beachten, dass nur das erstmalige Einlaufen einer Rechteckwelle betrachtet wird! Drucken Sie die Ergebnisse aus!

3.3.2 Querreaktanz

- Bauen Sie folgende Schaltung auf:

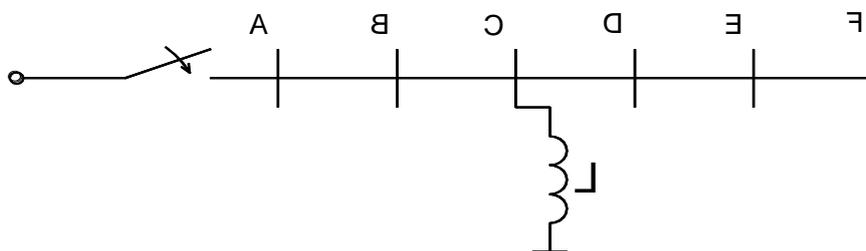


Abbildung 5: Versuchsanordnung

- $L = 0,01 \text{ H}$
- Oszillografieren Sie die Spannung an den Orten A, B, und D. Dabei ist zu beachten, dass nur das erstmalige Einlaufen einer Rechteckwelle betrachtet wird! Drucken Sie die Ergebnisse aus!

¹⁾ Kurzbedienungsanleitung für DSO PM 3335 und Drucker SPL-430 benutzen

²⁾ Kurzbedienungsanleitung für DSO PM 3335 und Drucker SPL-430 benutzen

4 Versuchsauswertung

1. Zu 3.2.2 und 3.2.3 berechnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung an den Orten B und C bis $t/\tau = 5$ und stellen ihn grafisch dar. Vergleichen Sie Messung und Berechnung und diskutieren Sie die Ergebnisse. Ermitteln Sie die Laufzeit aus der Messung.
2. Zu 3.1 und 3.3.1 erörtern Sie die Messergebnisse und vergleichen sie mit den mit den theoretischen Grundlagen an Übergangsstellen, zeichnen Sie zu 3.1 außerdem das Bergeron - Diagramm für den Ort F und legen Sie die Ergebnisse dar.

5 Kolloquiumsschwerpunkte

- a) Entstehung und Einteilung von äußeren Überspannungen
- b) Verhalten von Wanderwellen an Unstetigkeitsstellen
- c) Bergeron-Verfahren
- d) Maßnahmen zum Schutz von Elektroenergiesystemen vor äußeren Überspannungen

Literatur

- [1] Schmidt, U.: Vorlesung "Elektroenergiesysteme", Fachgebiet Elektrische Netztechnik, Hochschule Zittau/Görlitz
- [2] Happoldt, H.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1978
- [3] Weßnigk, K.-D. Kraftwerkselektrotechnik. VDE-Verlag GmbH. Berlin, Offenbach 1993
- [4] Koettnitz, H.; Winkler, G.; Weßnigk, K.-D.: Grundlagen elektrischer Betriebsvorgänge in Elektroenergiesystemen. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1986
- [5] Koettnitz, H.; Lawrenz, R.; Hoy, Ch.: Beanspruchung elektrotechnischer Betriebsmittel in Elektroenergieanlagen. 4. Lehrbrief (Beanspruchung durch innere Überspannungen), 1976
- [6] Baatz: Überspannungen in Energieversorgungsnetzen. Springer- Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956
- [7] Rüdtenberg: Elektrische Wanderwellen auf Leitungen und inWicklungen von Starkstromanlagen. Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956