



**Hochschule für Technik  
und Wirtschaft Berlin**

*University of Applied Sciences*

# **Projektierung der Energieversorgungsanlage eines Gaskavernenspeichers unter Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens der Gasverdichter**

## **Bachelorarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Bachelor of Engineering

eingereicht an der  
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin  
Fachbereich 1

von: Fabian Knieknecht  
geb. am 20.07.1989, in Berlin

Betreuer: Prof. Dr.- Ing. Thomas Gräf

Gutachter: Prof. Dr.- Ing. Thomas Gräf  
Dipl.-Ing. (FH) S.Cordewinus, IfE Grothe GmbH

**Berlin, den 16. August 2013**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>- 1 -</b>
1.1.    Allgemeine Voraussetzungen und Festlegungen.....	- 2 -
1.2.    Richtlinien und Vorgaben.....	- 4 -
1.3.    DIgSILENT PowerFactory 15.0 .....	- 5 -
<b>2. Modellierung des Netzes</b> .....	<b>- 6 -</b>
2.1.    Allgemeines .....	- 6 -
2.2.    110kV Netzeinspeisung.....	- 6 -
2.2.1.    Variante „Doppelstich“ .....	- 7 -
2.2.2.    Variante „Einschleifung“ .....	- 8 -
2.3.    110/10kV – Umspannwerk.....	- 9 -
2.3.1.    Aufbau .....	- 9 -
2.4.    10kV Mittelspannung .....	- 10 -
2.5.    Erdung .....	- 12 -
2.6.    Sternpunktbehandlung.....	- 13 -
<b>3. Auswahl der Betriebsmittel</b> .....	<b>- 15 -</b>
3.1.    Transformatoren .....	- 15 -
3.1.1.    110/10 kV.....	- 15 -
3.1.2.    10/6 kV.....	- 19 -
3.1.3.    10/0,4 kV.....	- 22 -
3.2.    Kabel.....	- 22 -
3.3.    Freileitung .....	- 23 -
3.4.    Frequenzumrichter.....	- 23 -
<b>4. Berechnung von dynamischen Vorgängen</b> .....	<b>- 25 -</b>
4.1.    Variantenübersicht.....	- 25 -
4.2.    „Doppelstich“ .....	- 28 -

4.2.1.	„Doppelstich“ Netz 1 und 2 .....	- 29 -
4.2.1.1.	Doppelstich, Netz 1/2, Berechnungsfall 1 (D.V1.B1).....	- 30 -
4.2.1.2.	Doppelstich, Netz 1/2, Berechnungsfall 2 (D.V1.B2).....	- 31 -
4.2.1.3.	Doppelstich, Netz 1/2, Berechnungsfall 3 (D.V1.B3).....	- 32 -
4.2.2.	„Doppelstich“ nur Netz 2 .....	- 33 -
4.2.2.1.	Doppelstich, Netz 2, Berechnungsfall 1 (D.V2.B1).....	- 34 -
4.2.2.2.	Doppelstich, Netz 2, Berechnungsfall 2 (D.V2.B2).....	- 35 -
4.2.2.3.	Doppelstich, Netz 2, Berechnungsfall 3 (D V2.B3).....	- 36 -
4.3.	„Einschleifung“ .....	- 37 -
4.3.1.	„Einschleifung“ ein Transformator .....	- 37 -
4.3.1.1.	Einschleifung, Trafo 1, Berechnungsfall 1 (E.V1.B1) .....	- 38 -
4.3.1.2.	Einschleifung, Trafo 1, Berechnungsfall 2 (E.V1.B2) .....	- 39 -
4.3.1.3.	Einschleifung, Trafo 1, Berechnungsfall 3 (E.V1.B3) .....	- 40 -
4.3.2.	„Einschleifung“ beide Transformatoren .....	- 41 -
4.3.2.1.	Einschleifung, Trafo 1/2, Berechnungsfall 2 (E.V2.B1) .....	- 42 -
4.3.2.2.	Einschleifung, Trafo 1/2, Berechnungsfall 2 (E.V2.B2) .....	- 43 -
4.3.2.3.	Einschleifung, Trafo 1/2, Berechnungsfall 3 (E.V2.B3) .....	- 44 -
<b>5.</b>	<b>Berechnung von statischen Vorgängen .....</b>	<b>- 45 -</b>
5.1.	Untersuchte Betriebszustände .....	- 45 -
5.2.	Kurzschlussstromberechnung .....	- 45 -
5.2.1.	Einhaltung der Thermischen und Dynamischen Kurzschlussbelastbarkeit der Betriebsmittel.....	- 46 -
5.2.2.	Ergebnisse der Überprüfung der Schutzmaßnahme Schutz durch Abschaltung .....	- 46 -
5.3.	Lastflussberechnung.....	- 47 -
5.3.1	Schutz bei Überlast.....	- 47 -
5.4.	Überprüfung der Selektivität .....	- 48 -

5.5.	Oberschwingungen.....	- 48 -
<b>6.</b>	<b>Auswertung.....</b>	<b>- 50 -</b>
6.1.	Auswertung der dynamischen Vorgänge.....	- 50 -
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>- 53 -</b>
<b>8.</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>- 54 -</b>
<b>9.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>10.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>- 56 -</b>
<b>11.</b>	<b>Verzeichnis der Anlagen.....</b>	<b>- 57 -</b>
<b>12.</b>	<b>Selbstständigkeitserklärung.....</b>	<b>- 58 -</b>

## **7. Zusammenfassung**

Während der Bearbeitung des Projektes wurden verschiedenste Netzvarianten und Betriebsfälle erarbeitet. Eine besondere Herausforderung war die Projektierung unter Berücksichtigung des dynamischen Hochfahrverhaltens der Verdichter. Dies stellte sich als äußerst komplexe Simulation heraus und nahm einen Großteil der Bearbeitungszeit in Anspruch. Genauere Darstellung des Netzes sowie weitere Ergebnisse der Berechnungen befinden sich im Anhang.

Zunächst sind die einschlägigen Richtlinien und Normen zusammengetragen worden. Darauf basierend wurde die Leistungsbilanz mit Berücksichtigung aller Faktoren erstellt und ausgewertet. Das dynamische Verhalten der geplanten Anlage wurde durch Simulation in PowerFactory der Firma DIgSILENT GmbH nachgebildet. Auf Basis der vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellten Unterlagen, konnte die Prüfung unter Berücksichtigung der D-A-CH-CZ durchgeführt werden. Die Energieversorgungsanlage wurde hinsichtlich ihres statischen und dynamischen Verhaltens untersucht. Dazu gehörten die Oberwellenbetrachtung, die schnelle Spannungsänderung und die Einhaltung des Verschiebungsfaktors im Nenn- und Teillastbetrieb. Die Richtlinien der D-A-CH-CZ sowie der TAB-HS wurden eingehalten. Die Anlage ist für den Anschluss an das 110kV-Netz in allen Varianten geeignet.

