



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Projekt Zeitaufgelöste Photolumineszenz

Hausarbeit

im Studienfach
Angewandte Mathematik

an der

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Fachbereich I Energie und Information
Studiengang Elektotechnik

1. Prüfer: Prof. Dr. Andreas Zeiser

Eingereicht von: Reebal Nofal

Matrikelnummer: 563040

Eingereicht von: Milan Daniel Larsen

Matrikelnummer: 581929

Datum der Abgabe: 30.1.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Projekt Beschreibung	1
2	Konzeptvergleich: Bahnumrichteranlagen	2
3	Stromrichtertransformator	3
3.1	Normen	3
4	Berechnungen	4
	Abbildungsverzeichnis	A
	Normen	B
A	Anhang	C

1 Allgemeine Projekt Beschreibung

In der folgenden Konzeptionierung wird eine Umrichteranlage an 110 kV, im 50 Hz Drehstrom Netz für das 110 kV, 16.7 Hz Bahnnetz ausgelegt. Die Einspeisung aus dem Drehstromnetz erfolgt über einen Netztrafo, dessen sekundäre Wicklungen jeweils mit Vierquadrantensteller (4QS) verknüpft sind.

Der Zwischenkreis verfügt über einen Widerstandssteller, Zwischenkreiskondensatoren und einem 33.3 Hz Saugkreisfilter. Die Einspeisung ins 110 kV Bahnnetz erfolgt über einen Bahntransformator mit jeweils vier Wicklungen auf der Primär- und Sekundärseite. Der Bahntransformator wird vom Zwischenkreis über jeweils einen 4QS pro Wicklung gespeist.

Für den Zwischenkreis ist zusätzlich ein Vorladungs- und Erdungssystem vorgesehen, das aus einem Gleichrichter, der aus dem 400 V Drehstromnetz gespeist wird, und einem Leistungsschalter gegen Erde besteht. Ein Übersichtsschaltplan der Anlage ist im Anhang hinterlegt.

2 Konzeptvergleich: Bahnumrichteranlagen

Für eine Umrichteranlage zur Versorgung des Bahnstromnetzes aus dem Drehstromnetz, können verschiedenen Konzepte zum Einsatz kommen. Im Folgendem sollen diese Konzepte aus technischer und kommerzieller Sicht verglichen werden.

Es soll hier auf zwei Prinzipien eingegangen werden:

Rotierender Umformer:

Bei rotierenden Umformern werden in der Regel auf der Drehstromseite eine Dreiphasen-Asynchronmaschine mit der dreifachen Polzahl gegenüber der Einphasen-Synchronmaschine auf der Bahnnetzseite verwendet.

Stationäre Umrichter:

Bei stationären Umrichtern kommt Halbleitertechnik zum Einsatz, um die benötigten Spannungen zu erzeugen. Bei indirekten Umrichtern wird, bei einem Energiefluss ins Bahnnetz, mit einer Gleichrichter-Zwischenkreis-Wechselrichter Topologie gearbeitet.

Vergleich der Konzepte:

Rotierender Umformer	Stationäre Umrichter
<ul style="list-style-type: none"> • Komplexes bauliches Projekt (rotierende Massen) • Hoher Wartungsaufwand (bemannt) • Verfügbarkeit $\approx 93\%$ • Wirkungsgrad $\approx 92\%..95\%$ • Dynamik begrenzt (rotierende Massen) $\approx 10 \text{ MW s}^{-1}$ • Wirkungsgrad $\approx 92\%..95\%$ • Überlastbar (Netzstabilisierend) • 4-Facher Kurzschlussstrom 	<ul style="list-style-type: none"> • Einfacher Aufbau z.B. Container • Geringer Wartungsaufwand • Verfügbarkeit $\approx 98\%$ • Wirkungsgrad $\approx 97.5\%$ • Hohe Dynamik $< 500 \text{ MW s}^{-1}$ • Wirkungsgrad $\approx 97.5\%$ • Geringe Überlastbarkeit • 1.3-Facher Kurzschlussstrom

Der Stationäre Umrichter bietet gegenüber dem rotierenden Umformer viele technische sowie monetäre Vorteile. Besonders der wartungsarme Betrieb und der bessere Wirkungsgrad wirken sich auf die laufenden Kosten aus. Bei einem Unterschied von $\Delta\eta \approx 5\%$ und einer Nennleistung von $P = 17.5 \text{ MW}$ hat der rotierende Umformer einen zusätzlichen Verlust von $\Delta P = 875 \text{ kW}$. In einem Jahr Betrieb fallen damit $W = 7.665 \text{ GWh}$ zusätzliche Verlustleistung an.

3 Stromrichtertransformator

3.1 Normen

- DIN VDE 0532-76-1: Leistungstransformatoren
- DIN EN 61378-1 Stromrichtertransformatoren - Teil 1: Transformatoren für industrielle Anwendungen
- DIN EN 60076-3 Leistungstransformatoren Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft

Bemessungsdaten:

Schaltgruppe	OS	US
	Y(N)	i0i0i0
Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung	20 MVA	
Nennspannung OS (Klemmenspannung)	110 kV	
Max. Spannung OS (Klemmenspannung)	123 kV	
Nennspannung US (Klemmenspannung)	3536 V	
Nennstrom der US bei Nennspannung	1.885 kA	

Relative Kurzschlussspannungen:

- Bezugsgrößen:
bezogen auf Nennleistung bei 75°C; eine US Wicklung kurzgeschlossen; alle anderen Wicklungen offen; Speisung in OS Wicklung
- Werte
 $uk_{OS_iUS_i}$ (mit $i = 1...3$) = 20%(20.9%...23.1%); bezogen auf Nennleistung
 $uk_{US-US} > 22\%$ (für alle Paarungen)

Isolation (nach Prüfungsnorm in [1]):

	OS	US gegen Erde
max. Betriebsspannung	123 kV	7.2 kV
Nennstehwechselspannung	185 kV-230 kV	20 kV
Nennstehblitzspannung	450 kV-550 kV	40 kV-60 kV

4 Berechnungen

Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung:

$$S_N = \frac{P_N}{\cos\Phi_{\max}} = \frac{16 \text{ MW}}{0.8} = 20 \text{ MVA} \quad (1)$$

Abbildungsverzeichnis

Normen

- [1] DIN EN 60076-3 VDE 0532-76-3:2019-03, *Leistungstransformatoren: Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft.*

A Anhang



Projekt: Bahnumrichter

Kunde: HTW Berlin FB1
Wilhelminenhofstr. 75A
12459 Berlin

Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten!

vorherige Seite:							Kunde	Projektbeschreibung	Blattbeschreibung	n_chste Seite:				
Zustand		nderung	Datum	Name	Projekt	Datum	Name	HTW Berlin FB1 Wilhelminenhofstr. 75A 12459 Berlin Urspr.	Bahnumrichter	Deckblatt	Proj.-Nr.:		Anlage:	
				Zielstor	Bearb.	18/06/2022	Zielstor				Bahnumrichter		Ort:	
					Gepr.						Standort		Zeichng.-Nr.:	
					Norm						Ers.f		Ers.d	
0		1		2		3		4		5		6		

		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9					
Inhaltsverzeichnis																									
A		Anlage (=)				Seite		Dokumentart				Beschreibung								Index		Rev. Datum		A	
						1		Deckblatt				Deckblatt													
						2		Inhaltsverzeichnis				Inhaltsverzeichnis										18/06/2022			
						3		Stromlaufplan				Uebersichtsschaltbild													
						4		Bauteilliste				Bauteilliste													
B						5		Bauteilliste				Bauteilliste												B	
C																								C	
D																								D	
E																								E	
F																								F	

Bauteilliste																									
A	Dokumentart	Anlage (=)		Ort (+)		Bauteilname (-)		Typ		Beschreibung / Funktion	Hersteller	Blatt / Index	Pfad												
	Stromlaufplan					R1						2	1												
	Stromlaufplan					R2						2	1												
	Stromlaufplan					R3						2	1												
B	Stromlaufplan					Q1						2	1												
	Stromlaufplan					4QS3						2	2												
	Stromlaufplan					R4						2	2												
	Stromlaufplan					R5						2	2												
C	Stromlaufplan					R6						2	2												
	Stromlaufplan					4QS1						2	2												
	Stromlaufplan					4GS2						2	2												
	Stromlaufplan					S5						2	3												
D	Stromlaufplan					R10						2	3												
	Stromlaufplan					R9						2	3												
	Stromlaufplan					R8						2	3												
	Stromlaufplan					S6						2	3												
E	Stromlaufplan					R7						2	3												
	Stromlaufplan					S4						2	3												
	Stromlaufplan					C1						2	4												
	Stromlaufplan					C2						2	4												
F	Stromlaufplan					Q2						2	4												
	Stromlaufplan					W1						2	4												
	Stromlaufplan					R12						2	5												
	Stromlaufplan					R11						2	5												
G	Stromlaufplan					C3						2	5												
	Stromlaufplan					C4						2	5												
	Stromlaufplan					QS7						2	6												
	Stromlaufplan					4QS4						2	6												
H	Stromlaufplan					QS5						2	6												
	Stromlaufplan					QS6						2	6												
	vorherige Seite:										nächste Seite: 5														
	Zustand		Änderung		Datum		Name		Projekt		Datum		Name		Kunde		Projektbeschreibung		Blattbeschreibung		Proj.-Nr.:		Anlage:		
										18/06/2022		Zielstorf		HTW Berlin FB1		Bahnnumrichter		Bauteilliste		Bahnnumrichter		Ort:			
														Wilhelmminenhofstr. 75A						Standort		Zeichng.-Nr.:		Blatt: 4	
														Berlin		Ers.f		Ers.d				von 2			
														Urspr.											
0		1		2		3		4		5		6		7		8		9							

Bauteilliste														
A	Dokumentart	Anlage (=)		Ort (+)		Bauteilname (-)		Typ	Beschreibung / Funktion	Hersteller	Blatt / Index	Pfad	A	
	Stromlaufplan					R22					2	7		
	Stromlaufplan					C5					2	7		
	Stromlaufplan					R23					2	7		
	Stromlaufplan					R27					2	7		
	Stromlaufplan					R21					2	7		
B	Stromlaufplan					R29					2	7	B	
	Stromlaufplan					R16					2	7		
	Stromlaufplan					R28					2	7		
	Stromlaufplan					R20					2	7		
	Stromlaufplan					R19					2	7		
	Stromlaufplan					R17					2	7		
C	Stromlaufplan					R15					2	7	C	
	Stromlaufplan					R14					2	7		
	Stromlaufplan					R13					2	7		
	Stromlaufplan					R18					2	7		
	Stromlaufplan					Q3					2	8		
D													D	
E													E	
F	vorherige Seite: 4					Kunde		Projektbeschreibung		Blattbeschreibung		n?chste Seite:		F
	Zustand	?nderung	Datum	Name	Projekt	Datum	Name	HTW Berlin FB1		Proj.-Nr.:		Anlage:		
					Bearb.	18/06/2022	Zielort	fWilhelminenhofstr. 75A		Bahnnummer		Ort:		
					Gepr.			12459 Berlin		Standort		Zeichng.-Nr.:		Blatt: 5
					Norm			Urspr.		Ers.f		Ers.d		von 2
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				