



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	Drehstrom-Leistungstransformator 50 Hz	3
3.1	Allgemeine Merkmale	3
3.2	Bemessungsdaten:	4
4	Einphasen-Stromrichteröltrafo 16.7 Hz	6
4.1	Allgemeine Merkmale	6
5	Berechnungen	8
	Normen	A
A	Anhang	B

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:

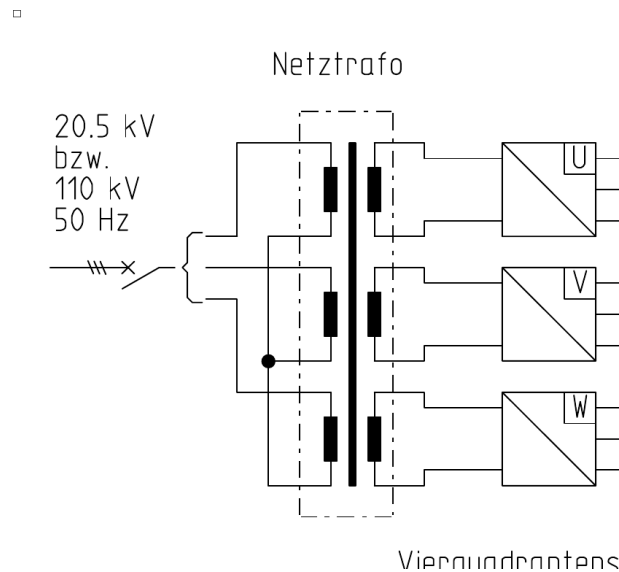
Rotierender Umformer	Stationäre Umrichter
<ul style="list-style-type: none"> • Komplexes bauliches Projekt (rotierende Massen) • Hoher Wartungsaufwand (bemannt) • Verfügbarkeit $\approx 93\%$ • Wirkungsgrad $\approx 92\%..95\%$ • Dynamik begrenzt (rotierende Massen) $\approx 10 \text{ MW s}^{-1}$ • Wirkungsgrad $\approx 92\%..95\%$ • 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 Drehstrom-Leistungstransformator 50 Hz

Der Transformator soll für die Aussenaufstellung ausgelegt werden und wird von 3 AC 50 Hz, 110 kV gespeist. Der Transformator soll ölgefüllt und selbstkühlend sein.

Schaltbild



3.1 Allgemeine Merkmale

Aufstellung	Freiluftaufstellung
Verschmutzung	Verschmutzungsgrad III (stark)
Aufstellungshöhe	< 1000 m üNN
Umgebungstemperatur	-30°C bis 40°C
Klimabedingungen	Normal
Dokumentationen	<ul style="list-style-type: none"> • Technische Zeichnungen und CAD • Montageplan, Wartungsplan, Dokumentationen • Prüfprotokoll der zu erfüllenden Prüfungen

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

3.2 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,US_i} (mit $i = 1 \dots 3$) = 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	$U_1 = 185 \text{ kV}; U_2 = 230 \text{ kV}$	20 kV
Nennstehblitzspannung	$U_1 = 450 \text{ kV}; U_2 = 550 \text{ kV}$	$U_1 = 40 \text{ kV}; U_2 = 60 \text{ kV}$

Sternpunktausführung

Der Sternpunkt OS ist aus der Wicklung herauszuführen und eine spätere Verwendung vorzubereiten. Durchführung und Isolator sind nicht erforderlich, der Sternpunkt kann blind verflanscht werden.

Kapazitive Kopplung

Eine kapazitive Übertragung von Blitzüberspannungen von der OS-Wicklung auf die US-Wicklung ist zu vermeiden. Bisherige Transformatoren in Bahnkupplungen hatten zu diesem Zweck Schirmwicklungen.

Geräuschpegel

Aufstellungsort: Allgemeines Wohngebiet gemäß § 1 BImSchG $L_{pmax} = 40dB(A)$. Grenzwert darf im Fernfeld(5m) mit Messung nach DIN EN 60076-10[2] nicht überschritten werden.

4 Einphasen-Stromrichteröltrafo 16.7 Hz

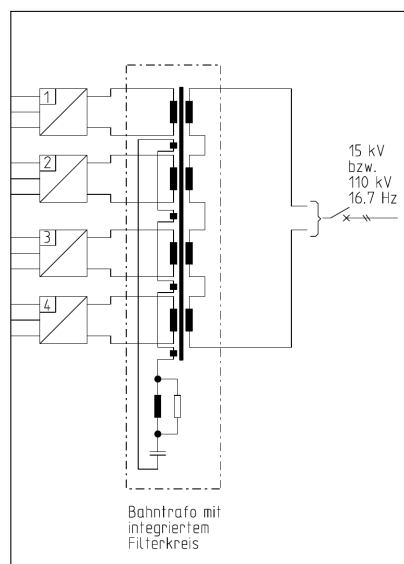
Der 16.7 Hz Transformator ist ein Summiertransformator und addiert die Teilspannungen der Umrichter auf die Bahnspannung 2 AC 110 kV. Der Transformator ist ölgefüllt, selbstkühlend und für die Aussenaufstellung ausgelegt.

4.1 Allgemeine Merkmale

Aufstellung	Freiluftaufstellung
Verschmutzung	Verschmutzungsgrad III (stark)
Aufstellungshöhe	< 1000 m üNN
Umgebungstemperatur	-30°C bis 40°C
Klimabedingungen	Normal
Dokumentationen	<ul style="list-style-type: none"> • Technische Zeichnungen und CAD • Montageplan, Wartungsplan, Dokumentationen • Prüfprotokoll der zu erfüllenden Prüfungen

Normen:

Schaltbild



Bemessungsdaten:

Schaltgruppe	OS	US
		i0i0i0
Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung	20 MVA	
Leistung US Wicklung	4 · 5.125 MVA	
Nennfrequenz nach DIN EN 50163/A1 [3]	16.7 Hz – 6% + 4%	
Nennspannung der OS-Wicklung	110 kV	
Nennspannung einer US Wicklung bei 110 kV	4 · 3535 kV	
Nennstrom US-Wicklung bei Nennspannung	1414 A	
Filterwicklung (HW) Nennleistung	4.8 MVA	
Filterwicklung (HW) Nennspannung	6 kV	

Kurzschlussspannung, Impedanzen

Schaltgruppe	OS	US
	Y(N)	i0i0i0
Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung	20 MVA	
Leistung US Wicklung	4 · 5.125 MVA	
Nennfrequenz nach DIN EN 50163/A1 [3]	16.7 Hz – 6% + 4%	
Nennspannung der OS-Wicklung	110 kV	
Nennspannung einer US Wicklung bei 110 kV	4 · 3535 kV	
Nennstrom US-Wicklung bei Nennspannung	1414 A	
Filterwicklung (HW) Nennleistung	4.8 MVA	
Filterwicklung (HW) Nennspannung	6 kV	

5 Berechnungen

Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung:

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

Normen

- [1] DIN EN 60076-3 VDE 0532-76-3:2019-03, *Leistungstransformatoren: Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft*.
- [2] DIN EN 60076-10, *Leistungstransformatoren: Teil 10: Bestimmung der Geräuschpegel*, 10:2001.
- [3] Deutsches Institut für Normungen e.V., *Bahnanwendungen: Speisespannungen von Bahnnetzen*, 2008-02.

A Anhang



Projekt: Bahnumrichter

Kunde: HTW Berlin FB1
Wilhelminenhofstr. 75A
12459 Berlin

Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten!

vorherige Seite:							Kunde		Projektbeschreibung		Blattbeschreibung		nächste Seite:		
Zustand	Änderung	Datum	Name	Projekt	Datum	Name	HTW Berlin FB1		Bahnumrichter		Deckblatt		Proj.-Nr.:		Anlage:
			Zielstor	Bearb.	18/06/2022	Zielstor	fWilhelminenhofstr. 75A						Bahnumrichter		Ort:
				Gepr.			12459 Berlin						Standort		Zeichng.-Nr.:
				Norm			Urspr.		Ers.f		Ers.d				Blatt: 1
													von		1

0												1												2												3												4												5												6												7												8												9																																																																																			
A												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																																																																																																																																																											
												5												Bauteilliste												Bauteilliste																																																																																																																																																											
B																																																																								B																																																																																																																							
C																																																																								C																																																																																																																							
D																																																																								D																																																																																																																							
E																																																																								E																																																																																																																							
F												vorherige Seite:												Kunde												Projektbeschreibung												Blattbeschreibung												n_ chste Seite:												F																																																																																																																							
												Zustand												Änderung												Datum												Name												Projekt												Datum												Name												HTW Berlin FB1												Bahnnummer												Inhaltsverzeichnis												Proj.-Nr.:												Anlage:																																															

		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9			
A		Bauteilliste																				A	
		Dokumentart	Anlage (=)		Ort (+)		Bauteilname (-)		Typ		Beschreibung / Funktion				Hersteller		Blatt / Index		Pfad				
B		Stromlaufplan						R1										2		1		B	
		Stromlaufplan						R2										2		1			
		Stromlaufplan						R3										2		1			
		Stromlaufplan						Q1										2		1			
C		Stromlaufplan						4QS3										2		2		C	
		Stromlaufplan						R4										2		2			
		Stromlaufplan						R5										2		2			
		Stromlaufplan						R6										2		2			
D		Stromlaufplan						4QS1										2		2		D	
		Stromlaufplan						4GS2										2		2			
		Stromlaufplan						S5										2		3			
		Stromlaufplan						R10										2		3			
E		Stromlaufplan						R9										2		3		E	
		Stromlaufplan						R8										2		3			
		Stromlaufplan						S6										2		3			
		Stromlaufplan						R7										2		3			
F		Stromlaufplan						S4										2		3		F	
		Stromlaufplan						C1										2		4			
		Stromlaufplan						C2										2		4			
		Stromlaufplan						Q2										2		4			
G		Stromlaufplan						W1										2		4		G	
		Stromlaufplan						R12										2		5			
		Stromlaufplan						R11										2		5			
		Stromlaufplan						C3										2		5			
H		Stromlaufplan						C4										2		5		H	
		Stromlaufplan						QS7										2		6			
		Stromlaufplan						4QS4										2		6			
		Stromlaufplan						QS5										2		6			
I		Stromlaufplan						QS6										2		6		I	
J																						J	
K																						K	
L																						L	
M																						M	
N																						N	
O																						O	
P																						P	
Q																						Q	
R																						R	
S																						S	
T																						T	
U																						U	
V																						V	
W																						W	
X																						X	
Y																						Y	
Z																						Z	
AA																						AA	
AB																						AB	
AC																						AC	
AD																						AD	
AE																						AE	
AF																						AF	
AG																						AG	
AH																						AH	
AI																						AI	
AJ																						AJ	
AK																						AK	
AL																						AL	
AM																						AM	
AN																						AN	
AO																						AO	
AP																							

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