



**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

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.

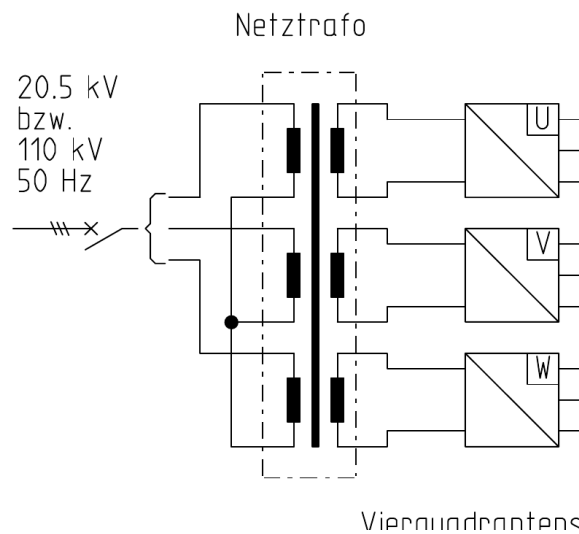
3 Drehstrom-Leistungstransformator 50 Hz

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

□



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:

Relative Kurzschlussspannungen:

- Bezugsgrößen:
bezogen auf Nennleistung bei 75°C; eine US Wicklung kurzgeschlossen; alle anderen Wicklungen offen; Speisung in OS Wicklung

	OS Y(N)	US i0i0i0
Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung		
Nennspannung OS (Klemmenspannung)	Schaltgruppe	228 kV
Max. Spannung OS (Klemmenspannung)		
Nennspannung US (Klemmenspannung)		
Nennstrom der US bei Nennspannung		

- 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 DIN EN 60076-3 VDE 0532 763:2019 03.):

	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.

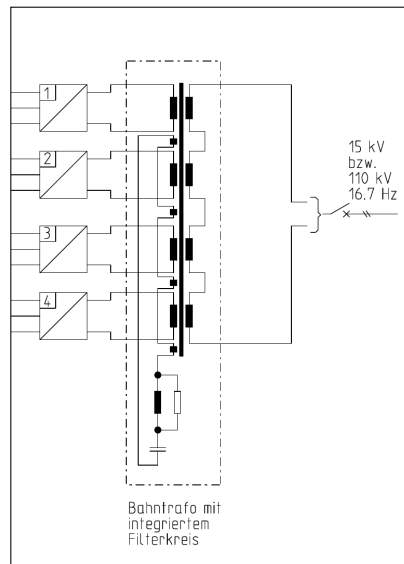
Kapazitive Kopplung

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.

4 Einphasen-Stromrichtertraöltrafo 16.7 Hz

Normen:

Schaltbild



Bemessungsdaten:

Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung

Leistung US Wicklung

Nennfrequenz nach DIN EN 50163/A1 **Deutsches Institut für Normung e.V. 200802**

Nennspannung der OS-Wicklung

Nennspannung einer US Wicklung bei 110 kV

Nennstrom US-Wicklung bei Nennspannung

Kurzschlussspannung, Impedanzen

5 Berechnungen

Nennleistung ohne Leistung der Filterwicklung:

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

Abbildungsverzeichnis

A Anhang



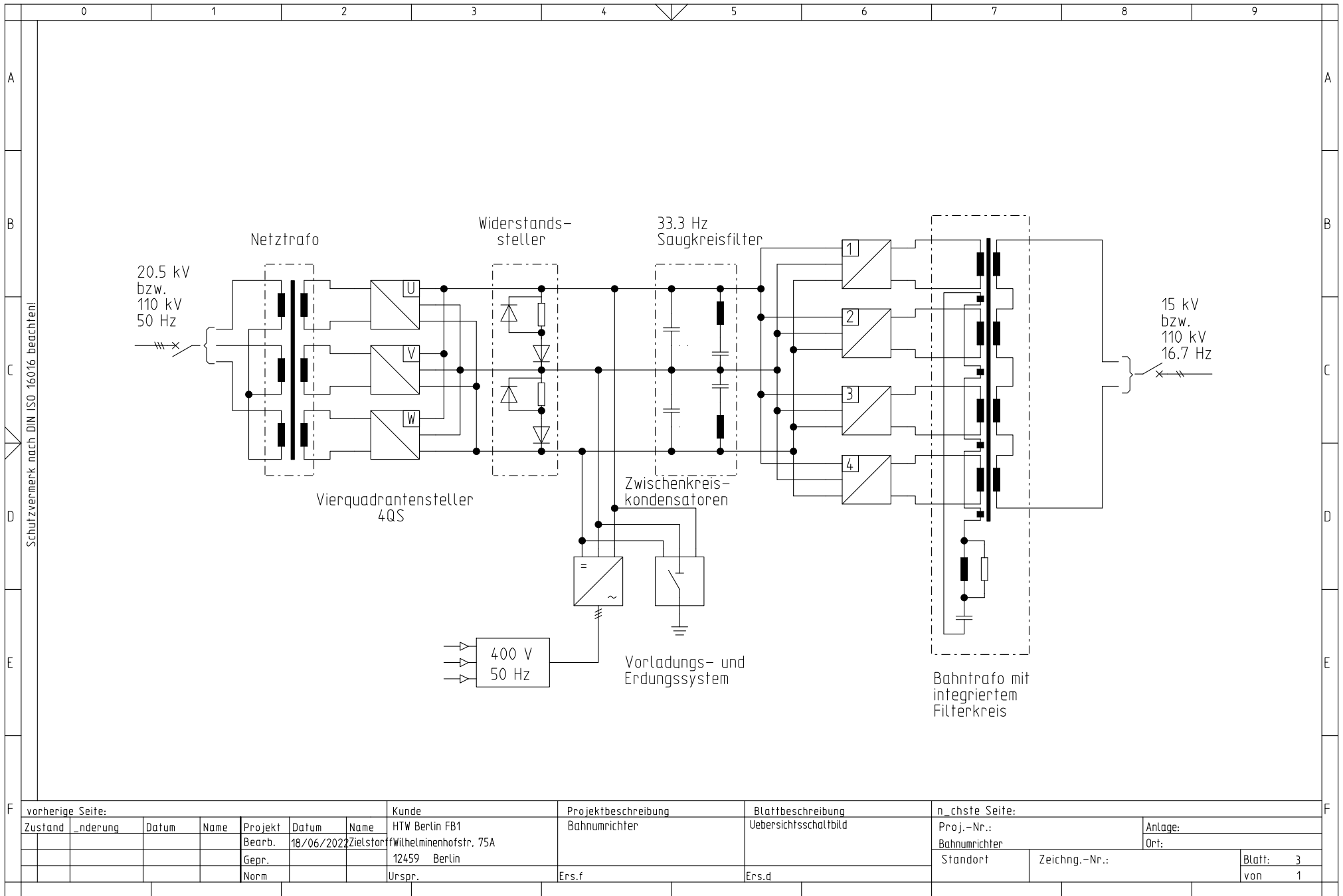
Projekt: Bahnumrichter

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 Wilhelminenhofstr. 75A 12459 Berlin	Bahnumrichter	Deckblatt	Proj.-Nr.:		Anlage:	
			Zielstor	Bearb.	18/06/2022	Zielstor				Bahnumrichter		Ort:	
				Gepr.						Standort	Zeichng.-Nr.:		Blatt: 1
				Norm			Urspr.	Ers.f	Ers.d			von	1

0123456789											
A	Inhaltsverzeichnis										A
	Anlage (=)	Seite	Dokumentart	Beschreibung	Index	Rev. Datum					
B		1	Deckblatt	Deckblatt							
		2	Inhaltsverzeichnis	Inhaltsverzeichnis		18/06/2022					
		3	Stromlaufplan	Uebersichtsschaltbild							
		4	Bauteilliste	Bauteilliste							
		5	Bauteilliste	Bauteilliste							
C											
D											
E											
F											
vorherige Seite:			Kunde		Projektbeschreibung		Blattbeschreibung		n_ chste Seite:		
Zustand	nderung	Datum	Name	Projekt	Datum	Name	HTW Berlin FB1		Proj.-Nr.:		
				Bearb.	18/06/2022	Zielort	fWilhelminenhofstr. 75A		Anlage:		
				Gepr.			12459 Berlin		Bahnumrichter		
				Norm			Ürspr.		Standort		
							Ers.f		Zeichng.-Nr.:		
							Ers.d		Ort:		
									Blatt: 1		
									von 1		
0123456789											



		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																							

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																																																																																																																			
B	Stromlaufplan					R21							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R29							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R16							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R28							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R20							2	7																																																																																																																			
C	Stromlaufplan					R19							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R17							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R15							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R14							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					R13							2	7																																																																																																																			
D	Stromlaufplan					R18							2	7																																																																																																																			
	Stromlaufplan					Q3							2	8																																																																																																																			
E																																																																																																																																	
F																																																																																																																																	
vorherige Seite: 4																																																																																																																																	
Zustand		?nderung		Datum		Name		Projekt		Datum		Name		Kunde		Projektbeschreibung		Blattbeschreibung		n?chste Seite:																																																																																																													
								Bearb.		18/06/2022		Zielort		HTW Berlin FB1		Bahnnummer		Bauteilliste		Proj.-Nr.:		Anlage:																																																																																																											
								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												