



TOTALLY INTEGRATED POWER

Projektdokumentation erstellt mit SITRATO

Version: 1.1

Stammdaten

Projektname:	Hillerheide
Bearbeiter:	t.bolle@fc-gruppe.de
Angelegt am:	03.02.2023
Geändert am:	03.02.2023

Kundendaten

Ort:	Recklinghausen
Kunde:	SER

Kommentar

Inhalt

Belüftung des Transformatorraums	3
Näherungsweiser Druckanstieg im Störlichtbogenfall	4
Wirkungsgrad und Verlustleistung	5
Oberschwingungen	7
Elektromagnetische Verträglichkeit	9
Hinweise	10
Haftungsausschluss	10
Formelzeichen/ Erläuterungen	10
Normen zur Berechnung	11

Belüftung des Transformatorraums

Typ des Transformators:	GEAFOL Neo Öko	Verluste:	-
Scheinleistung [kVA]:	1.000	Vektorgruppe:	Dyn11; Dyn1; Dy
Bemessungsspannung OS [kV]:	20	Trafo-Leerlaufverluste P0 [W]:	1.395
Bemessungsspannung US [kV]:	0,4	Trafo-Kurzschlussverluste PK120 [W]:	9.000
El. Kurzschlussspannung [%]:	6	Trafogesamtverluste QV [W]:	20.799
Raumhöhe einschließlich Doppelboden [m] :	3,7	Installierte Lüftungsöffnung B1 / B2 [m²]:	1,6
Raumbreite [m]:	3	Wirksame Höhe [m]:	2
Raumtiefe [m]:	3,5	Raumvolumen [m³]:	38,9
Kühllufttemperatur Lufteintritt θ1 [°C]:	23	Mindestlüftungsquerschnitt A1/A2 [m²]:	1,4
Kühllufttemperatur Luftaustritt θ2 [°C]:	45	Austrittstemperatur auf Basis der Belüftungsöffnung B1/B2 [°C]:	43,4
Trafobelastung maximal [%]:	140		



Für die Berechnung der Erwärmung geht die installierte Lüftungsöffnung jeweils als freie Fläche für Zu- und Abluftöffnung ein. Bei der Berechnung des Druckanstiegs werden beide Öffnungen für die Druckentlastung herangezogen.

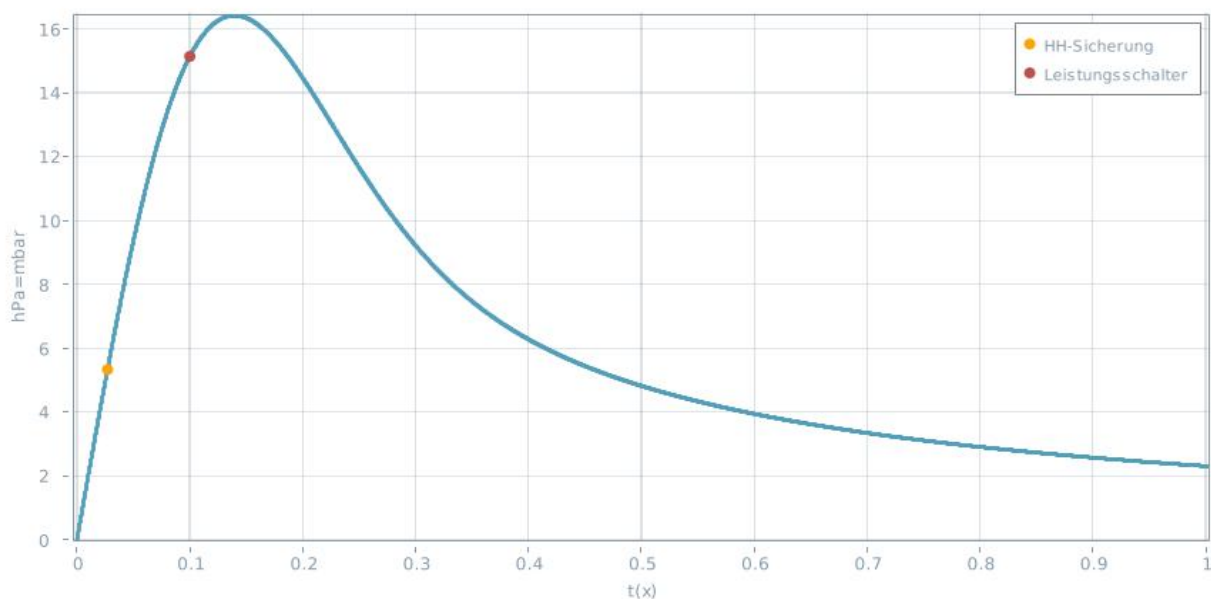
Näherungsweise Druckanstieg im Störlichtbogenfall

Typ des Transformators:	GEAFOL Neo Öko	Verluste:	-
Scheinleistung [kVA]:	1.000	Vektorgruppe:	Dyn11; Dyn1; Dy1
Bemessungsspannung OS [kV]:	20	Trafo-Leerlaufverluste P0 [W]:	1.395
Bemessungsspannung US [kV]:	0,4	Trafo-Kurzschlussverluste PK120 [W]:	9.000
El. Kurzschlussspannung [%]:	6	Trafogesamtverluste QV [W]:	20.799
Kurzschlussleistung S_k [MVA]:	500		

Transformatorenschutz mit Leistungsschalter	Druck in hPa	Zeit in s
Druckanstieg ohne Zu-/Abluftöffnung	80,5	0,1
Druckanstieg mit Zu-/Abluftöffnung	15,1	0,1

Transformatorenschutz mit HH-Sicherung	Druck in hPa	Zeit in s
Druckanstieg ohne Zu-/Abluftöffnung	21,74	0,027
Druckanstieg mit Zu-/Abluftöffnung	5,32	0,027

Druckverlauf



Art der Wand	Zulässiger Überdruck im Raum In hPa
Gipskarton	< 10
Ziegelwand ohne seitlichen Anschluss (z.B. zwischen Betonpfeilern)	10
Ziegelwand mit Bewehrungsseisen Wandstärke > 24 cm (zwischen Betonpfeilern)	25
Fertigbetonteile	50
Ortsbeton	> 70
Betonraumzelle	130

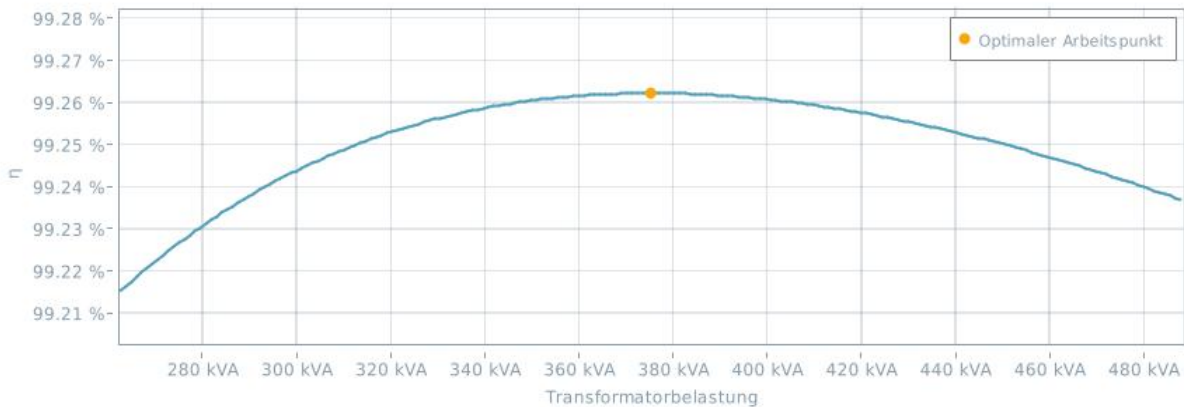
Für kleine Raumvolumina ($V_r \leq 50 \text{ m}^3$) mit Druckentlastungsöffnung ($B1+B2 \geq 0,2 \text{ m}^2$) liefert der Ansatz eine gute Näherung, wenn der Raum sich gleichmäßig mit Druck füllt.

Wirkungsgrad und Verlustleistung

Typ des Transformators:	GEAFOL Neo Öko	Verluste:	-
Scheinleistung [kVA]:	1.000	Vektorgruppe:	Dyn11; Dyn1; Dyn5
Bemessungsspannung OS [kV]:	20	Trafo-Leerlaufverluste P0 [W]:	1.395
Bemessungsspannung US [kV]:	0,4	Trafo-Kurzschlussverluste PK120 [W]:	9.000
El. Kurzschlussspannung [%]:	6	Trafogesamtverluste QV [W]:	20.799
η_{opt} [kVA]	375,4	$\eta_{\text{opt} - 30 \%}$ [kVA]	262,8
η_{opt} [%]:	99,3	$\eta_{\text{opt} + 30 \%}$ [kVA]:	488

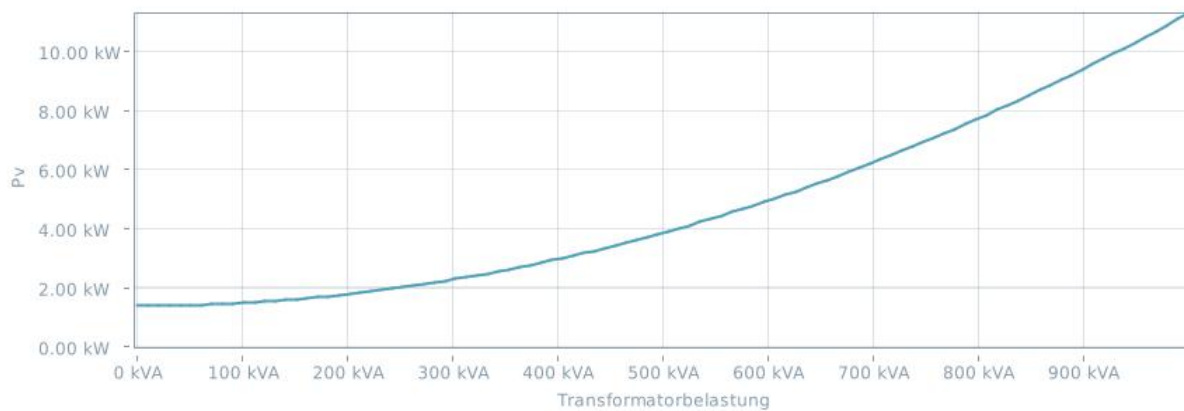
Wirkungsgrad

Innerhalb der VDE 0100-801 wird der größte Wirkungsgrad des Transformators beim "Energieeffizienz-Performance-Level Transformatoreffektivität" bewertet. Transformatoren mit einem maximalen Wirkungsgrad > 97 % werden mit 2 Punkten bewertet, > 98 % mit 3 Punkten und > 99 % mit 4 Punkten.



Verluste

Die Verlustkurve stellt die absoluten Verluste des Transformators über den vollständigen Übertragungsbereich bis zur Nennleistung S_n dar. In der Kurve sind die Leerlaufverluste P_0 sowie die Übertragungsverluste PK_{120} enthalten



Oberschwingungen

Typ des Transformators:	GEAFOL Neo Öko	Verluste:	-
Scheinleistung [kVA]:	1.000	Vektorgruppe:	Dyn11; Dyn1; Dy
Bemessungsspannung OS [kV]:	20	Trafo-Leerlaufverluste P0 [W]:	1.395
Bemessungsspannung US [kV]:	0,4	Trafo-Kurzschlussverluste PK120 [W]:	9.000
El. Kurzschlussspannung [%]:	6	Trafogesamtverluste QV [W]:	20.799

Netz

S_k [MVA]	500
R1/ X1 - Verhältnis	0,2
c-Faktor	1,1
I_{rT} [A]	1.443,4

Lastangaben

I_{l_Last} [A]	1.443,4
S_{l_Last} [kVA]	1.000
THDi [%]	10
Oberschwingungsumfang:	h = 3, 5, 7, ...49

Spannungsverzerrung

THDu_Ist [%]	6,4
THDu_Soll [%]	8

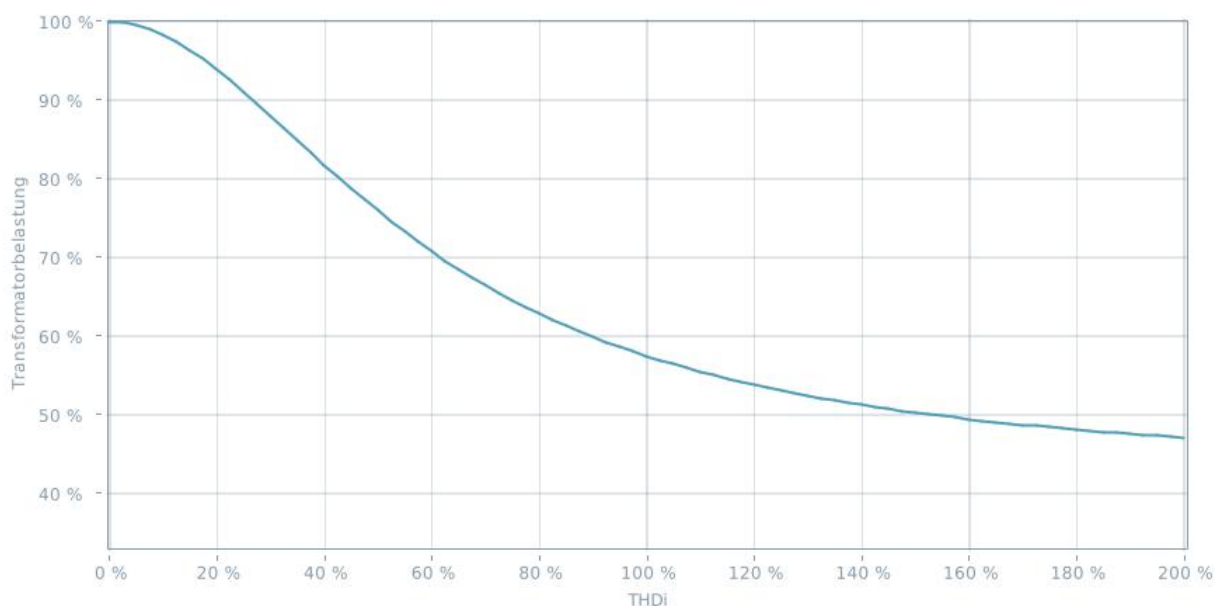
Mindestanforderung an Transformatorbe- messung unter der Berücksichtigung des THDi

Faktor K	1,01676
I_{rT_Min} [A]	1.467,6
S_{rT_Min} [kVA]	1.016,8

Maximalbelastung des Transformators unter Berücksichtigung des THDi

Maximalbelastung [%]	98,4
I_{Last_Max} [A]	1.419,6
S_{Last_Max} [kVA]	983,5

Maximalbelastung



Die elektrischen Netze sind durch Verbraucher (Umrücker, Netzteile...) mit Oberschwingungen belastet. Diese haben Auswirkungen auf Kabel/Leitungen und Schutzgeräte als auch auf die Belastung der Transformatoren. Durch Vorgabe des entsprechenden Oberschwingungsumfang (5,7,11..) und des THDi-Anteils (%) sowie der Netzparameter ($R1/X1$ - Verhältnis, c-Faktor) wird die verbleibende maximale Scheinleistung des Transformators für die Grundschiwingung (50Hz) und Spannungsverzerrung auf der Niederspannungsseite am Transformator bzw. auch Niederspannungshauptverteilung (THDu) ermittelt.

Elektromagnetische Verträglichkeit

Typ des Transformators:	GEAFOL Neo Öko	Verluste:	-
Scheinleistung [kVA]:	1.000	Vektorgruppe:	Dyn11; Dyn1; Dy
Bemessungsspannung OS [kV]:	20	Trafo-Leerlaufverluste P0 [W]:	1.395
Bemessungsspannung US [kV]:	0,4	Trafo-Kurzschlussverluste PK120 [W]:	9.000
El. Kurzschlussspannung [%]:	6	Trafogesamtverluste QV [W]:	20.799
Mindestabstand Bundes-Immissionsschutzgesetz (100 µT) [m]:	0,9	Mindestabstand DIN VDE 0100-710, (EKG) (maximal 0,4 µT) [m]	9,95
Abstand bei einer Flussdichte [µT]:	3	von [m]:	4,14
Flussdichte bei einem Abstand [m]:	10	von [µT]:	0,4

EMV-Werte / Mindestabstände bei 100 % Belastung

Die Ermittlung der Mindestabstände erfolgt auf Basis der gemessenen Feldverteilung eines GEAFOL-Transformators. Die anhand der ermittelten Messwerte (100 % Belastung des Transformators) abgeleitete Formel berechnet für andere Trafoleistungen / Kurzschlussspannungen näherungsweise die magnetische Flussdichte in Abhängigkeit vom Abstand zum Transformator (Details: siehe Siemens-Druckschrift E50001-U410-A14). Einflüsse durch eine im Transformatorraum bestehende Stahlkonstruktion (Kabelleiter, Träger, Wände ...) werden in der Berechnung nicht berücksichtigt. Die magnetische Flussdichte des Transformators beim Kurzschluss oder beim Einschalten sind Werte im Millisekundenbereich. Als Maximalwert können die ermittelten Flussdichten multipliziert mit einem Faktor 25 (Trafo uk 4 %) bzw. 16,7 (Trafo uk 6 %) angenommen werden. Achtung: Die Flussdichte der angeschlossenen Niederspannungskabel am Trafo kann je nach Verlegeart und entlang der Verlegestrecke "hohe" Werte annehmen. Diese Werte sind separat zu ermitteln und gegebenenfalls erforderliche Mindestabstände einzuhalten (z.B. VDE 100-710, medizinisch genutzte Bereiche).

Hinweise

Berechnung der Belüftungsöffnung zur natürlichen Belüftung eines Transformators

Diese Berechnung des Lüftungsquerschnittes, für die Zu- und Abluftöffnung basiert auf den Berechnungshinweisen der Druckschrift "Planungshinweise für GEAFOL-Gießharztransformatoren". Die darin angegebenen Formeln und Werte stellen Richt- bzw. Erfahrungswerte dar und sind nicht verbindlich. Die Wärmeabfuhr über die Gebäudewände wird in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Haftungsausschluss

Für die Überprüfung der Richtigkeit der eingegebenen Daten ist der Nutzer verantwortlich. Die Berechnungsergebnisse sind unverbindlich. Für die Ergebnisse übernimmt Siemens keine Gewähr. Unabhängig vom Rechtsgrund ist eine Haftung unsererseits für Schäden, die durch eine Verwendung des Programms entstanden sind, ausgeschlossen.

Formelzeichen / Erläuterungen

Formelzeichen [Einheit]	Beschreibung
Benötigte Lüftungsöffnung A1/A2 in [m ²]	Erforderlicher Lüftungsquerschnitt, der unter Berücksichtigung der vorgegebenen Zu- und Ablufttemperatur durch die Software ermittelt wird.
Installierte Belüftungsöffnung B1/B2 in [m ²]	B1/B2 ist der Zu-/Abluftquerschnitt, der durch bauliche Gegebenheiten vorgegeben wird (> A1/A2!). Die Temperatur ϑ_{B2} ist die hieraus resultierende Temperatur.
ϑ_1 in [°C]	Zulufttemperatur
ϑ_2 in [°C]	Ablufttemperatur
ϑ_{B2} in [°C]	Ablufttemperatur, die aus den baulichen Gegebenheiten der Zu- und Abluftöffnung (B1/ B2) resultiert.
Raumhöhe einschl. Doppelboden	Der Doppelbodenraum ist in der Höhe nur zu addieren, wenn entsprechende Öffnungen vorhanden sind, die zur Druckentlastung dienen (z.B. Gitterroste). Werte zwischen 1 und 5 m!
Raumbreite in [m]	Raumbreite von Wand zu Wand. Werte zwischen 1,5 und 5 m!
Raumtiefe in [m]	Raumtiefe von Wand zu Wand. Werte zwischen 1 und 5 m!
Wirksame Höhe H in [m]	Circa-Abstand von Transformator Mitte bis zur Mitte der Abluftöffnung
Wandstärke d in [m]	Wandstärke. Wert < 0,5 m nur zulässig! Sonst ist 3D-Modell-Berechnung erforderlich.
Trafobelastung maximal in [%]	GEAFOL-Transformatoren können mit Querstromlüfter ausgestattet werden, welche eine dauernde "Überlastung" zulassen. Die Transformatorbelastung darf maximal 130 / 150 % betragen!
Maximale Kurzschlussleistung in [MVA]	Unbeeinflusste Kurzschlussleistung am Einspeisepunkt; Werte sind ggf. beim Energieversorger zu erfragen.
Schutzeinstellung t >> in [s]	Bei Schutz des Transformators durch einen Leistungsschalter ist hier der entsprechende Wert der Schutzeinstellung (Schutzrelais) zu wählen. Die Eigenzeit des Leistungsschalters bis zur Abschaltung ist mit 0,055 s in der Berechnung berücksichtigt.

Formelzeichen [Einheit]	Beschreibung
Druckanstieg ohne Zu-/Abluftöffnung in [hPa]	Es wird bei der Berechnung von einem geschlossenen Raum ohne Druckentlastungsöffnung ausgegangen (z.B. Betonstation oder Fremdbelüftung über Lüftungskanäle). 1 hPa = 1 mbar.
Druckanstieg mit Zu-/Abluftöffnung in [hPa]	Öffnungen im Baukörper (Zu-Abluft) werden bei der Berechnung hinsichtlich Druckentlastung im Störlichtbogenfall berücksichtigt. 1 hPa = 1 mbar.
Pv [%]	Verlustleistung des Transformators bei Trafobelastung in %.
optimaler Wirkungsgrad bei [kVA]	Scheinleistung des Trafos, bei dem der höchste Wirkungsgrad erreicht wird.
THDi-Anteil [%]	Prozentualer Anteil der Oberschwingungen im Netz (DIN EN 50160).
R1/X1-Verhältnis	Verhältnis von Resistanz zu Reaktanz im Netz (siehe auch SIMARIS design)
c-Faktor	Spannungsfaktor (DIN VDE 0102)
Maximalbelastung [kVA]	Maximale Belastung des Transformators (Grundschiwingung 50Hz) unter Berücksichtigung des Oberschwingungsanteils. Durch die Belastung der Oberschwingungen muss ggf. ein größerer Transformator gewählt werden, um die Belastung der Verbraucher abdecken zu können.
Spannungsverzerrung/THDu [%]	Spannungsverzerrung auf der Niederspannungsseite am Transformator bzw. auch Niederspannungshauptverteilung (DIN EN 50160).

Normen zur Berechnung

Titel	IEC	EN	DIN VDE
Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Medizinisch genutzte Bereiche	60364-7-710		0100-710
Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 8-1: Energieeffizienz	60364-8-1		0100-801
Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen		50160	
Kurzschlussströme in Drehstromnetzen - Teil 0: Berechnung der Ströme	60909-0		0102