Spezifikation

ENERCON Standard 1
E-82 E2
2300 kW

ENERCON
ENERGIE FÜR DIE WELT

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Nicole Fritsch-Nehring
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.
Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.
Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.
Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument-ID	PM-EW-SP115-Standard 1 E-82 E2 2300 kW-de-de- Rev000
Vermerk	Originaldokument

Datum	**Sprache**	**DCC**	**Werk / Abteilung**
2015-08-25	de	DB	ENERCON GmbH / Project & Logistics Management

Rev.	**Datum**	**Änderung**
000	2015-10-02	Erstellen des Dokuments

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Aufbau der turmintegrierten Transformatorstation 2

2.1 Stahlrohrturm 2
2.2 Fertigteilbetonturm 3

3 Liefergrenzen 4

4 Beschreibung der elektrotechnischen Komponenten 6

4.1 Niederspannungsseitiger Anschluss 6
4.1.1 NS-Verteilung mit NS-Leistungsschaltern 6
4.1.2 NS-Verteilung mit NS-Leistungsschaltern im Leistungsschrank 6
4.1.3 NS-Verteilung mit Sicherungs-Lastschaltleisten 7
4.2 Stromwandler 8
4.2.1 Energiemessung 8
4.3 Transformator 9
4.3.1 Transformatorschutz 11
4.4 Mittelspannungsschaltanlage 13
4.4.1 Technische Daten der MS-Schaltanlage 14
4.4.2 Bedienung MS-Schaltanlage 15
4.4.3 Optionale Konfiguration 16
4.4.3.1 RONIS Schließsystem 16
4.4.3.2 Automatische Wiedereinschaltung 16

5 Leistungs- und Steuerkabel 17

6 Kanada Ausführung 18

6.1 Technische Daten der MS-Schaltanlage Kanada 18
6.2 Technische Daten MS-Kabel Kanada 19

Quellenverzeichnis 20

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Benennung
AMZ	Abhängiger Maximalstromzeitschutz
ARS	Automatic Reclose System
DIN	Deutsches Institut für Normung
E-Modul	Elektroleistungsmodul
ETFS	ENERCON Transformatorschutz
EW	Electrical Works
EWM	Electrical Works Manager
FD	Facts Distribution
FRT	Fault Ride Through
FT	Facts Transmission
FTQ	Facts Transmission Q+ Option
gG	Ganzbereichs-Sicherungseinsatz für allgemeine Anwendungen
gL	Ganzbereichs-Sicherungseinsätze für Kabel- und Leitungsschutz (abgelöst durch die Betriebsklasse gG)
HH	Hochspannungs-Hochleistung
IEC	International Electrotechnical Commission
LWL	Lichtwellenleiter
MS	Mittelspannung
NAP	Netzanschlusspunkt
NH	Niederspannungs-Hochleistung
NS	Niederspannung
OS	Oberspannung
PM	Project Management
PVC	Polyvinylchlorid
RAL	Farbcode
SF6	Schwefelhexafluorid
TiT	Turmintegrierte Trafostation
UMZ	Unabhängiger Maximalstromzeitschutz
US	Unterspannung
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VPE	vernetztes Polyethylen
WEA	Windenergieanlage

WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WP	Windpark

1 Einleitung

Der ENERCON Standard 1 beschreibt die Ausführung der turmintegrierten Transformatorstation. Die TiT ist Bestandteil des E-Modul, welches sich im Turmfuß der WEA befindet.

Eine externe Transformatorstation außerhalb der WEA, am Turmfuß, ist damit nicht erforderlich, da alle Netzanschlusskomponenten der WEA wie Transformator und MS-Schaltanlage im Turm installiert sind.

ENERCON verfolgt seit 2002 erfolgreich das Konzept der turmintegrierten Transformatorstation. Dieses Konzept wurde im Laufe der Jahre, vor allem in sicherheitstechnischer Hinsicht, aber auch im qualitativen Bereich immer weiter entwickelt und ist weltweit die von Kunden und Genehmigungsbehörden favorisierte Lösung für Transformatorstationen.

Vorteilhafte Aspekte der Standard 1 Ausführung:

- Höchste Bedienersicherheit:
  Die Konstruktion der TiT bietet ein hohes Maß an Sicherheit für den Bediener. So werden u. a. die MS-Schaltanlagen mit einem Druckentlastungskanal oder einem Störlichtbogenbegrenzer ausgestattet und aktive Leiter berührungssicher abgedeckt bzw. abgeschottet. Die MS-Schaltanlage ist mit einem Motorantrieb für den Transformatorschalter ausgerüstet. Mittels einer Fernbedienung wird der Transformator abgeschaltet, bevor der Bediener den Mittelspannungsraum betritt. Elektrische und mechanische Verriegelungen verringern das Risiko für Fehlschaltungen.
- Hoher Wirkungsgrad:
  Durch kurze Kabelwege, insbesondere durch Einsparung der NS-Kabelverbindungen zu einer möglichen externen Transformatorstation, können die Kabelverluste reduziert werden. ENERCON installiert zudem Transformatoren mit reduzierten Leerlauf- und Kurzschlussverlusten.
- Einfache und schnelle Installation auf der Baustelle:
  Signifikante Reduzierung der Baumaßnahmen im Vergleich zur Aufstellung einer externen Transformatorstation (ENERCON Standard 3).
- Reduktion der beanspruchten Fläche:
  Kein zusätzlicher Platzbedarf für eine externe Transformatorstation sowie für breite Kabelgräben für die Verlegung von NS-Kabeln.
- Umweltfreundliche Installation:
  Die Transformatoren sind mit biologisch abbaubaren Kühlflüssigkeiten gefüllt. Zusätzlich wird eine für Öl undurchlässige Wanne unterhalb des Transformators eingebaut.

2 Aufbau der turmintegrierten Transformatorstation

2.1 Stahlrohrturm

Das E-Modul besteht aus mehreren Ebenen.

Der Zugang zu den einzelnen Ebenen erfolgt über eine Außentreppe zur ersten Ebene, auf der sich der Steuerschrank und Leistungsschränke befinden. Weitere, höher gelegene Ebenen bieten Platz für weitere Leistungsschränke sowie den USV-Schrank (optional für FRT-Fähigkeit). Die TiT befindet sich im Turmkeller (Ebene 0). Der Zugang erfolgt über eine abschließbare, nach oben zu öffnende Klappe sowie eine fest installierte Aufstiegsleiter. Durch die abschließbare Zugangsklappe wird sichergestellt, dass nur autorisiertes Personal Zutritt zur TiT erhält.

Die Abb. 1, S. 2 zeigt einen beispielhaften Aufbau des E-Moduls.

Nach Aufstellung der TiT auf dem WEA Fundament werden die elektrischen Verbindungen zwischen den Ebenen durch qualifiziertes ENERCON Fachpersonal hergestellt.

Den Anschluss der TiT an das Windparknetz ist im Rahmen der Windparkverkabelung durch eine qualifizierte Elektrofachfirma auszuführen. Dazu sind die MS-, Steuer- und Datenkabel über die Leerrohre in das Fundament der WEA einzuführen.

Die MS-Kabel werden direkt unter die Kabelfelder der MS-Schaltanlage geführt und an die für den Anschluss vorgesehenen Durchführungen der Schaltanlage angeschlossen.

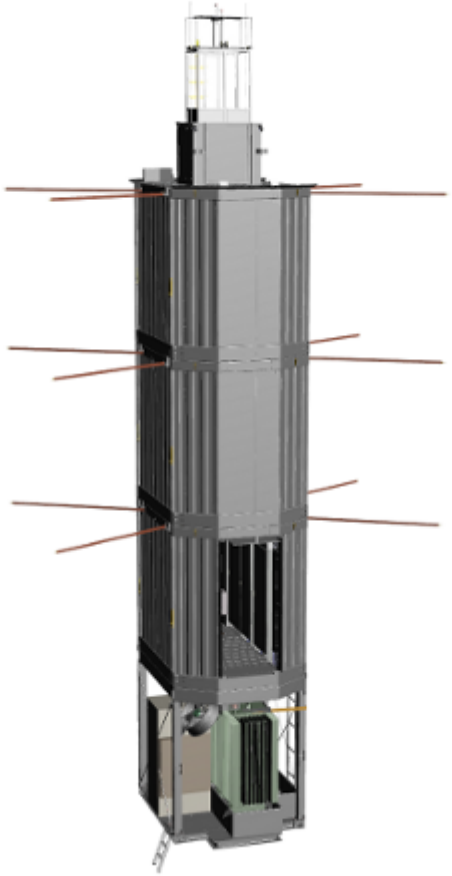

Abb. 1: Beispielhaftes E-Modul

2.2 Fertigteilbetonturm

In der Eingangsebene des Betonturms wird ein geschlossener Metallcontainer aufgestellt.

Dieser Container beinhaltet die MS-Schaltanlage, den Transformator, den Steuerschrank und optional den USV-Schrank. Die MS-Schaltanlage wird in einem abgeschlossenen, separaten Bereich des Containers installiert. Die Leistungsschränke und die NS-Verteilung werden oberhalb des geschlossenen Containers auf der Schrankebene aufgestellt.

Es gibt Unterschiede bei der Ausführung der Betonturmmodule. Der exakte Aufbau sowie die Größe der Module hängen vom WEA-Typ, von der Turmhöhe und vom Turmdurchmesser ab.

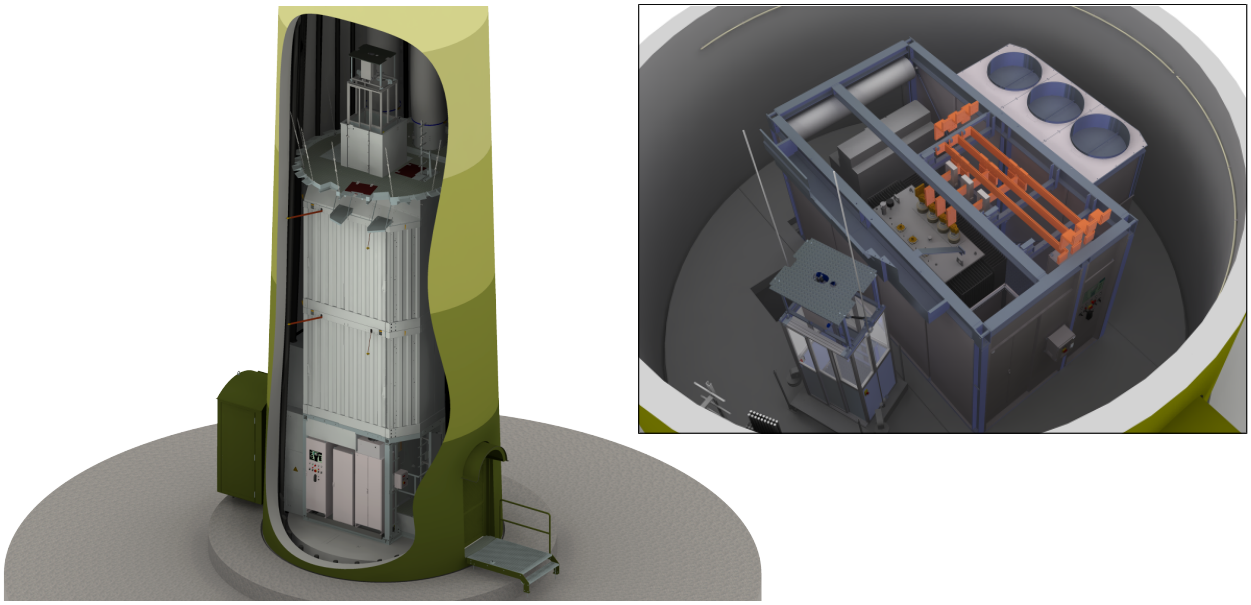

Abb. 2: Beispiele Betonturm

3 Liefergrenzen

Bereits in der Initiierungsphase müssen die Liefergrenzen klar definiert werden, um Missverständnisse in den Zuständigkeiten oder Fehlteile und damit eine mögliche Verzögerung der Inbetriebnahme der WEA zu vermeiden.

Entsprechend diesem ENERCON Standard liefert ENERCON die notwendigen Komponenten bis zur Liefergrenze und installiert diese.

Der Anschluss der MS-Stecker an den Kabelfeldern der MS-Schaltanlage, so wie die MS-Stecker selbst, sind nicht im Lieferumfang von ENERCON enthalten. Diese Anschlussarbeiten müssen durch ein qualifiziertes Elektrofachunternehmen im Rahmen der Windparkverkabelung durchgeführt werden.

Für nähere Informationen zum Anschluss der ENERCON Windenergieanlagen können folgende Dokumente angefordert werden:

- PM-EW-DC017-Elektrischer Anschluss von ENERCON WEA
- PM-EW-DC008-Anschlusshinweise für den LWL-Anschluss
- PM-EW-AA038-Allocation of cable ducts inside ENERCON steel tower basements

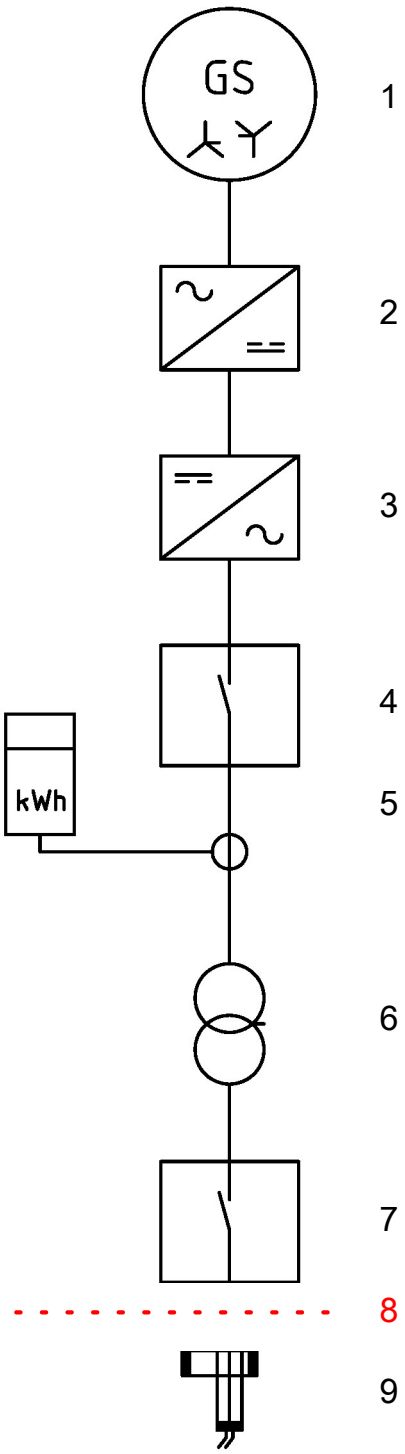

Abb. 3: Prinzipschaltbild ENERCON WEA Standard 1

1	Generator	6	Transformator
2	Gleichrichter	7	MS-Schaltanlage
3	Wechselrichter	8	Grenze des Lieferumfanges
4	NS-Schaltanlage	9	MS-Stecker
5	Zähler		

4 Beschreibung der elektrotechnischen Komponenten

Dieses Kapitel beschreibt die wesentlichen elektrischen Komponenten der Transformatorstation:

- Niederspannungsseitiger Anschluss (Kap. 4.1, S. 6)
- Stromwandler (Kap. 4.2, S. 8)
- Transformator (Kap. 4.3, S. 9)
- Mittelspannungsschaltanlage (Kap. 4.4, S. 13)

4.1 Niederspannungsseitiger Anschluss

Die NS-Verteilung ist der zentrale Verbindungspunkt zwischen Transformator und den Leistungsschränken der WEA. Ein entsprechend der Transformator-Nennleistung bemessenes Kupferschienensystem verbindet Transformator und NS-Verteilung, wobei Transformator und NS-Verteilung über flexible Kupfer-Dehnungsbänder an den Transformatorkerzen mechanisch entkoppelt sind.

Es gibt, abhängig von der Turmausführung und dem WEA-Typ, verschiedene Ausführungen der NS-Verteilung.

4.1.1 NS-Verteilung mit NS-Leistungsschaltern

- Jeder Leistungsschrank wird an einen NS-Leistungsschalter mit integriertem AMZ- / UMZ-Schutz angeschlossen, der den Kurzschlussschutz des angeschlossenen Leistungsschrankes übernimmt. Über diese Verteilungsvariante können bis zu 9 Leistungsschränke angeschlossen werden.

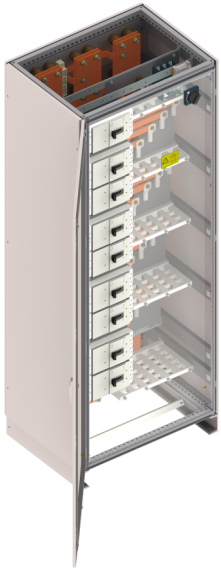

Abb. 4: NS-Verteilung mit NS-Leistungsschaltern

4.1.2 NS-Verteilung mit NS-Leistungsschaltern im Leistungsschrank

Der Anschluss der Leistungsschränke an die NS-Seite des Transformators erfolgt mittels eines typgeprüften Kupferschienensystems über je drei kurzschlussfeste Leitungen 1 x 300 mm² zwischen dem Kupferschienensystem und den NS-Leistungsschaltern mit integriertem AMZ- / UMZ-Schutz in jedem Leistungsschrank.

Abb. 5: NS-Verteilung mit NS-Leistungsschaltern im Leistungsschrank

4.1.3 NS-Verteilung mit Sicherungs-Lastschaltleisten

Jeder Leistungsschrank wird an eine 3-polig schaltbare Sicherungs-Lastschaltleiste angeschlossen. Der Kurzschlussschutz für die Leistungsschränke erfolgt über NH-Sicherungen, 500 A / 500 V, Charakteristik gL / gG. Über diese Verteilungsvariante können bis zu 9 Leistungsschränke angeschlossen werden.

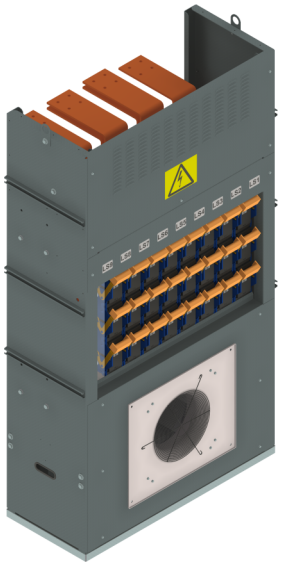

Abb. 6: NS-Verteilung mit Sicherungs-Lastschaltleisten

4.2 Stromwandler

4.2.1 Energiemessung

Auf dem Kupferschienensystem zwischen Transformator und NS-Verteilung ist ein Satz Stromwandler für die Messung der von der WEA erzeugten Leistung / Energie zu installieren.

Tab. 1: Stromwandler

Bemessungs-Primärstrom I_{pn} [A]	4000 belastbar 120 %
Bemessungs-Sekundärstrom I_{sn} [A]	5
Genauigkeitsklasse	0,5
Bemessungs-Bürde Z_n [VA]	15
Thermischer Bemessungs-Kurzzeitstrom I_{th}	280
Bemessungs-Stoßstrom I_{dyn}	2,5 × I_{th}
Frequenz [Hz]	50 / 60
Höchste Spannung für Betriebsmittel [kV]	0,72
Thermischer Bemessungs-Dauerstrom I_{cth}	1,0 × I_{pn}
Einbau- Höhenlage über NN [m]	1000
Umgebungstemperatur [°C]	- 25 bis + 55
Isolierstoffklasse	E (120°C)
Erfüllte Standards	DIN VDE 0414 [1], IEC 60044-1 [2]
Hersteller	RITZ oder vergleichbar

4.3 Transformator

Der Transformator überträgt die von der WEA bei 400 V Ausgangsspannung erzeugte elektrische Leistung in das mittelspannungsseitige Windparknetz.

ENERCON installiert ausnahmslos Öl-Hermetik-Transformatoren.

Es gibt vielfältige Gründe für den Einsatz von Öl-Hermetik-Transformatoren, u. a.:

- Hohe Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Belastungen
- Gute Wärmeableitung
- Kompaktes, berührungssicheres Gehäuse
- Geringe Leerlaufverluste
- Geringe Störanfälligkeit gegen Überlast und Wechselbelastungen

Abb. 7: Transformator

Bereits in der Initiierungsphase muss die Netzspannung/-frequenz am Einspeisepunkt beim zuständigen Energieversorger erfragt und ENERCON mitgeteilt werden, um die Transformatoren für die richtige Oberspannung und Netzfrequenz bestellen zu können. Bei Hochspannungsanschlüssen ist die Unterspannung des Leistungstransformators (Spannung im WP-Netz) maßgeblich für die Oberspannung des WEA Transformators.

Der Wert der Netzspannung/-frequenz im Windpark muss im Kaufvertrag festgehalten werden.

Der hermetisch geschlossene, geerdete Transformatorkessel, die berührungssicheren MS-Anschlüsse bieten ein hohes Maß an Sicherheit gegen direkte Berührung.

Eine Zinkflockenbeschichtung verbunden mit einer Deckschicht aus Wasserlack RAL 7033 schützt den Transformatorkessel vor Korrosion.

Der Transformator steht fest in einer nach WHG zertifizierten Ölwanne, welche für das komplette Flüssigkeitsvolumen des Transformators ausgelegt ist.

Als Isolations- und Kühlungsflüssigkeit des Transformators wird synthetisches Ester eingesetzt, welches als „nicht wassergefährdend“ eingestuft ist und einen Brennpunkt von ≥ 300 °C aufweist (Kühlmittelart K3 nach IEC 61099 [4]).

Das Risiko eines Transformatorbrandes ist bei diesem Transformator als sehr gering einzustufen, da sich der hermetisch geschlossene Kessel bei einem inneren Fehler öffnen müsste, damit Sauerstoff zugeführt werden kann. Das Öffnen des Transformatorkessels wird durch ein umfangreiches, redundantes Schutzsystem sicher verhindert.

Tab. 2: Transformatordaten

Nennleistung FD und FT (kVA)	2500
Nennleistung FTQ (kVA)	2800
Hersteller	SGB, CG Global oder vergleichbar
Typ	Step-Up Transformator für Windenergieanlagen
Nennfrequenz (Hz)	Entsprechend Netzfrequenz
Nennspannung OS-Seite (kV)	Entsprechend Netzspannung am NAP bzw. Netzspannung im Windpark bei Hochspannungsanschlüssen
Umstellerausführung	Off load
Umstellerstufung	+ 4 × 2.5 %
Nennspannung US-Seite (V)	400
Schaltgruppe	Dyn 5 oder 11
Sternpunkt Erdung	Starre Erdung
Kurzschlussspannung	6% - 6,5%
P_o bei Nennspannung (W)	≤ 3000
P_k bei Nennstrom (W)	≤ 25000
Leerlaufstrom (A)	≤ 15
Einschaltstrom	$i_{pmax} \leq 7{,}5 \times I_r \times \sqrt{2}$
Umgebungstemperatur (°C)	- 25 bis + 50
Kühl- / Isoliermedium	Synthetisches Ester
Kühlungsart	KNAN / KFAF
Max. Installationshöhe über NN (m)	1000
Schallleistungspegel L_W in dB[A]	≤ 75
Betriebsart	Dauerbetrieb
Erfüllte Standards	Anwendbare Teile der IEC 60076 [3]

4.3.1 Transformatorschutz

Die von ENERCON installierten Transformatoren verfügen über ein umfassendes Schutzsystem. Der Transformatorschutz setzt sich wie folgt zusammen:

- Überstrom- und Kurzschlussschutz mittels MS-Leistungsschalter oder Kurzschlussschutz mittels HH-Sicherung
- Kurzschlussschutz auf der Niederspannungsseite des Transformators
- Analoger Temperatursensor
- Öldruckwächter
- Ölniveauschalter

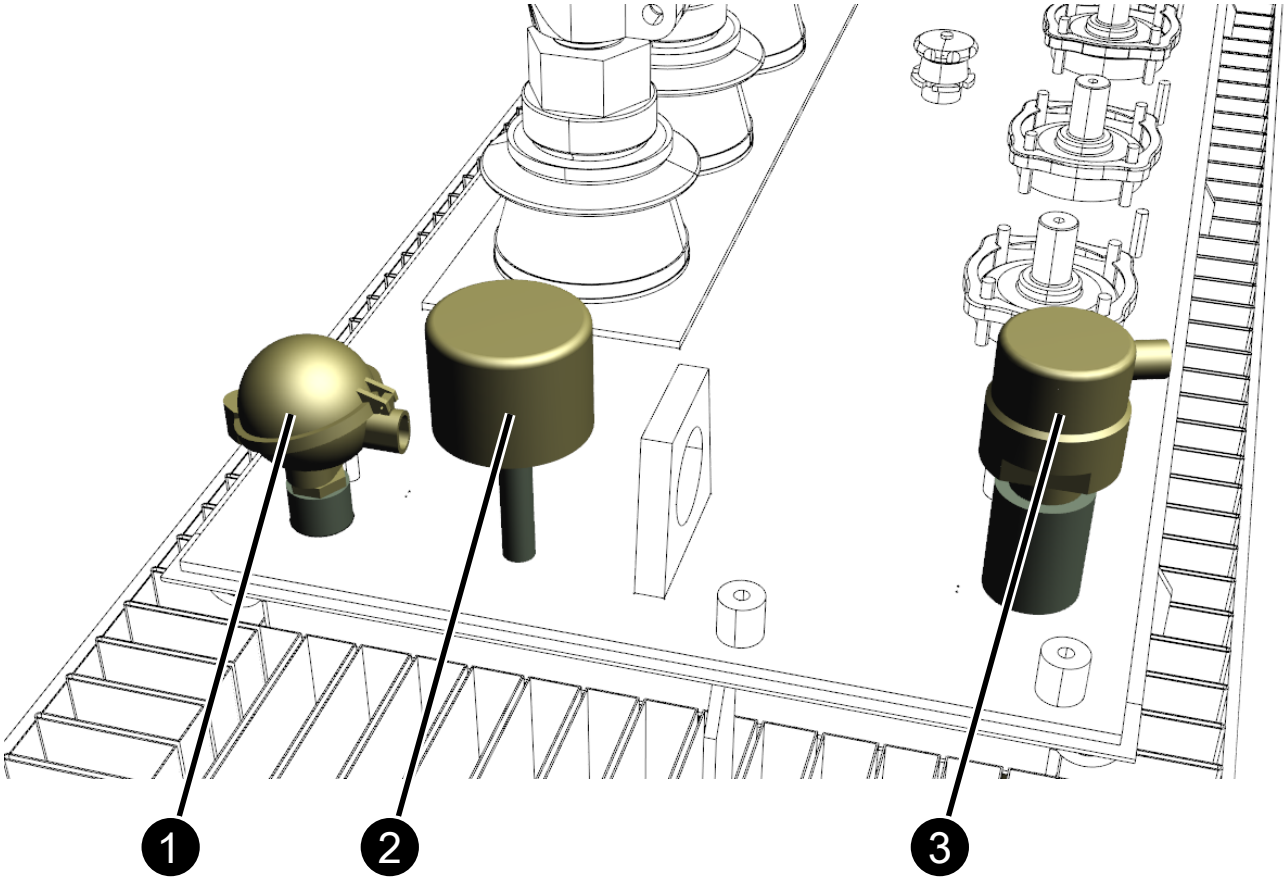

Abb. 8: Beispielhafte Ansicht der Transformatorschutzsensoren

1	Temperatursensor
2	Öldruckwächter
3	Ölniveauschalter

Ölniveauschalter und Öldruckwächter wirken über die Überwachungs- und Steuereinheit ETFS indirekt auf den MS-Transformatorschalter.

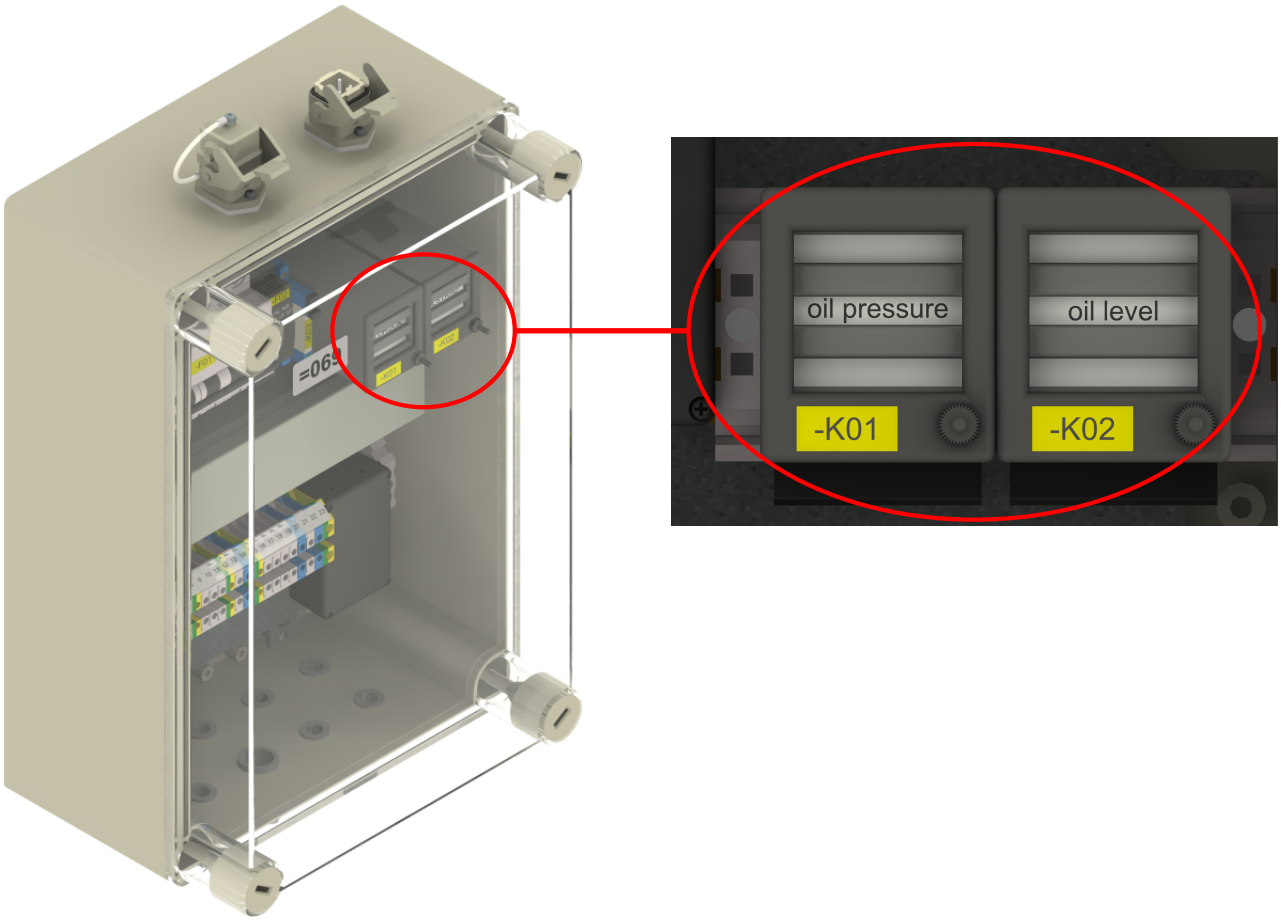

Abb. 9: ETFS-Box mit Fallklappenrelais

Erläuterung der Schutzfunktion:

- Der Kurzschlussschutz auf der MS-Seite wird durch einen AMZ-Schutz (Kennlinie Extremely Inverse) oder HH-Sicherungen realisiert und wirkt direkt auf den MS-Transformatorschalter.
- Der Niederspannungsschutz schützt den Leistungsschrank, den Transformator und die NS-Kabel zwischen NS-Verteilung und den Leistungsschränken bei einem inneren Kurzschluss im Leistungsschrank.
- Die zweistufige Temperaturüberwachung wird mittels temperaturabhängigen Widerstands in der Thermometertasche des Transformators ausgeführt. Bei Erreichen der Warnschwelle wird die Ausgangsleistung der WEA reduziert. Bei Erreichen der Abschaltschwelle wird die WEA abgeschaltet. So wird eine Transformatorüberlastung verhindert.
- Öldruckwächter und Ölniveauschalter wirken über die ETFS-Box auf eine Auslösespule am MS-Transformatorschalter.

4.4 Mittelspannungsschaltanlage

Alle von ENERCON installierten SF6-isolierten MS-Schaltanlagen werden inkl. Anbauten im Rahmen des ENERCON-Präqualifikationsverfahrens auf Erfüllung der ENERCON-Spezifikationskriterien überprüft und für den Einbau zugelassen. Teil des Präqualifikationsverfahrens ist die Durchführung einer praktischen Typenprüfung der kompletten Anlagenkonfiguration zur Einhaltung der IEC 62271-200 [5].

ENERCON installiert ausschließlich SF_6-isolierte Schaltanlagen. Die Aspekte für diese Wahl sind:

- Hohe Lebensdauer
- Hohe Bedienersicherheit
- Sehr guter Schutz gegen Umwelteinflüsse
- Kompakte, geschlossene Bauart
- Geringer Wartungsaufwand

Die von ENERCON installierten MS-Schaltanlagen erhalten einen Druckentlastungskanal, der mit der MS-Schaltanlage verbunden wird. Im Fall eines internen Fehlers wird der entstehende Gasdruck über eine Sollbruchstelle (Berstscheibe) entlastet. Das Öffnen der Berstscheibe erfolgt nur, wenn der durch den Fehler aufgebrachte Energieinhalt groß genug ist, um die Berstscheibe zu zerstören. Praktische Erfahrungen zeigen, dass die aufgebrachte Energie ($I^2 \times t$) in den allermeisten Fällen nicht ausreicht, um Gas austreten zu lassen. Ein gegebenenfalls austretendes Gasgemisch wird mittels engmaschiger Metallgitter (Streckmetallen) im Druckentlastungskanal abgekühlt und entspannt. Der verbleibende Gasdruck kann über den Kanal in einen unkritischen, vom Bediener abgewandten Bereich entweichen.

Bei einem Fehler im Kabelanschlussraum wird der entstehende Druck ebenfalls über den Sockel in den Druckentlastungskanal geleitet.

Die Driescher Schaltanlage vom Typ Minex verfügt über einen „Störlichtbogenbegrenzer“, der im Fehlerfall einen sofortigen Erd-Kurzschluss erzeugt. Die vorgelagerten Schutzorgane schalten den Fehlerstrom in Schnellzeit ab. Das Öffnen der Berstscheibe wird sicher verhindert, auf den Druckentlastungskanal kann für diesen Schaltanlagentyp verzichtet werden.

Abb. 10: Beispiel für 2- und 3-feldige MS-Schaltanlage

4.4.1 Technische Daten der MS-Schaltanlage

Tab. 3: Technische Daten der Mittelspannungsschaltanlage

Bemessungsspannung U_r [kV]	24	36	
Nennfrequenz [Hz]	50 / 60		
Hersteller	Ormazabal, ABB oder vergleichbar	Driescher-Wegberg oder vergleichbar	
Anzahl Schaltfelder	3	2	
Isoliermedium	SF_6		
Bauart	Kompakt		
Betriebsart	Dauerbetrieb		
Bemessungs-Betriebsstrom der Sammelschiene I_r [A] ≥	630		
Transformatorfeld / Transformatorschutz	Leistungsschalter*1		Lasttrennschalter-Sicherungskombination*1
Bemessungs-Abzweigstrom im Transformatorfeld $I_{r\ Trafo}$ [A] ≥	250	630	200
Bemessungs-Kurzzeitstrom I_k [kA] ≥	16		
Bemessungs-Kurzschlussdauer t_k [t] ≥	1		
Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstrom I_{ma} [kA] ≥	50		40
Bemessungs-Kurzzeit-Stehwechselspannung U_d Leiter - Erde [kV] ≥	50	70	
Bemessungs-Stehblitzstoßspannung U_p Leiter - Erde [kV] ≥	125	170	
Bemessungs-Stehblitzstoßspannung U_p über die Trennstrecke [kV] ≥	145	190	195

Für weitere Informationen bzw. Fragen zu Betriebsspannungen > 36 kV kann der zuständige EWM kontaktiert werden.

*1 Für Netzspannungen ≤ 24 kV werden grundsätzlich Leistungsschalter eingebaut. Für Netzspannungen ≥ 24 kV - ≤ 36 kV werden für Transformatorleistungen bis 2500 kVA entweder Leistungsschalter oder Lasttrennschalter-Sicherungskombination und für Transformatorleistungen > 2500 kVA Leistungsschalter eingebaut.

4.4.2 Bedienung MS-Schaltanlage

Zur Optimierung der Bedienersicherheit installiert ENERCON in der WEA eine Akku-gepufferte Fernschalteinrichtung für den MS-Transformatorschalter. Diese Fernbedienung ermöglicht das Ein- und Ausschalten des MS-Transformatorschalters innerhalb der WEA auf der Eingangsebene von außerhalb der turmintegrierten Transformatorstation. Der MS-Transformatorschalter erhält einen Motorantrieb und eine Auslösespule, um das Ein- und Ausschalten zu ermöglichen.

Die Fernbedienung ist mit einem Vorhängeschloss gesichert, so dass die Bedienung nur durch schaltberechtigtes Personal erfolgen kann.

Bei Gasverlust fällt der Zeiger des Manometers in den "roten" Bereich. In diesem Fall darf die Schaltanlage nicht mehr betätigt werden. Das unterwiesene und schaltberechtigte ENERCON-Personal hat Anweisung, dass vor allen Schaltmaßnahmen der Gasdruck zu kontrollieren ist. In die Schaltung des Transformatorschalters ist eine elektrische Verriegelung zur Verhinderung des Schaltvorganges bei zu geringem Gasdruck integriert.

ENERCON-Personal ist verpflichtet, den Transformator auszuschalten bevor die TiT betreten wird.

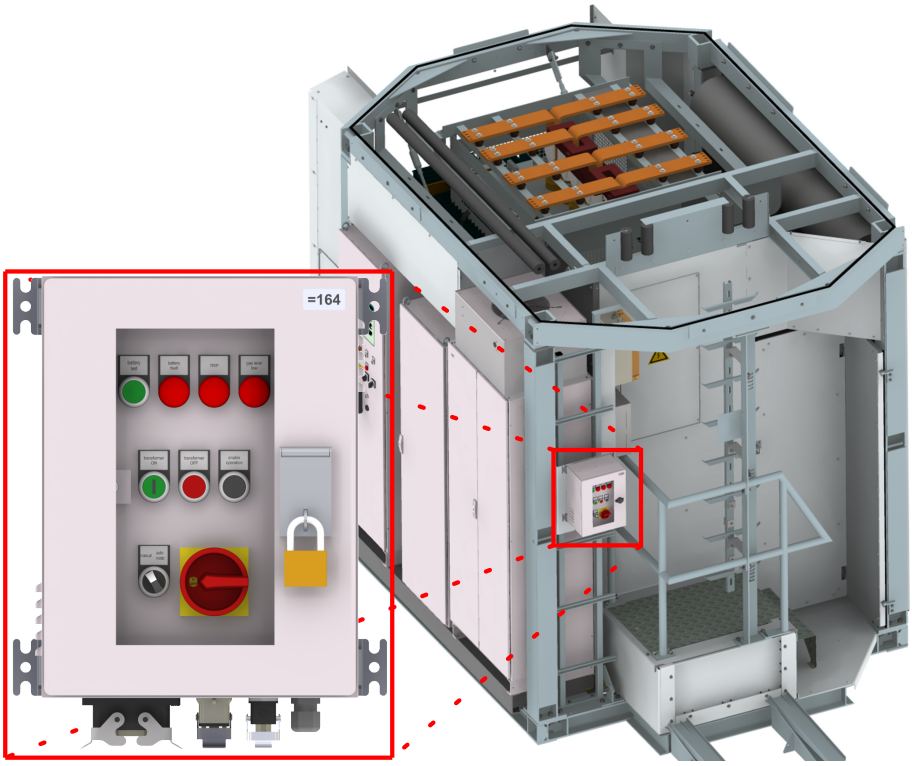

Abb. 11: EM 1.08 Transformatorebene/Level 1 mit Fernbedienung

Schaltvorgänge an den Kabelfeldern der MS-Schaltanlage können lediglich manuell unter Berücksichtigung der 5 Sicherheitsregeln und bestimmungsgemäßer Verwendung der persönlichen Schutzausrüstung durchgeführt werden. Diese dürfen nur von geschultem ENERCON-Fachpersonal durchgeführt werden.

4.4.3 Optionale Konfiguration

4.4.3.1 RONIS Schließsystem

Auf Anfrage kann ENERCON die MS-Schaltanlagen mit einem zusätzlichen RONIS Schließsystem ausrüsten. Mit Hilfe des RONIS Schließsystem können Schaltfelder bzw. Schalter unterschiedlicher MS-Schaltanlagen in unterschiedlichen WEA gegeneinander verriegelt werden. So ist es möglich, eine genau definierte Reihenfolge beim Zu- und Abschalten von MS-Schaltanlagen vorzugeben. In einigen Ländern fordern Kunden und / oder Netzbetreiber diese Option aufgrund von landesspezifischen Richtlinien.

4.4.3.2 Automatische Wiedereinschaltung

Auf Anfrage kann ENERCON die MS-Schaltanlagen mit einem elektrischen System für die zeitlich gestaffelte automatische Wiedereinschaltung (ARS) des MS-Transformatorschalters nach Netzspannungsausfall liefern. Das elektrische System zur automatischen Wiedereinschaltung besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Spannungserkennungssystem
- Steuerung

In manchen Netzen ist es nötig, MS-Schalter nach Netzfehlerklärung (Netzspannung und Netzfrequenz wieder innerhalb der vorgegebenen Grenzen) automatisch wieder einzuschalten.

Die Realisierung der zeitlich gestaffelten automatischen Wiedereinschaltung basiert auf der Forderung des zuständigen Verteilnetzbetreibers, wonach hohe Transformatoreinschaltströme und die damit verbundenen kurzzeitigen Spannungseinbrüche während der Zuschaltung von WEA Transformatoren zu vermeiden sind.

Nach Netzausfall > 5 s in dem zugehörigen Windpark werden automatisch alle MS-Transformatorschalter in den mit ARS ausgerüsteten MS-Schaltanlagen ausgelöst.

Die wiederkehrende Spannung wird mittels Spannungserkennungssystem im Kabelfeld der MS-Schaltanlage erfasst. Das Spannungserkennungssystem erteilt die Freigabe für die zeitlich gestaffelte Wiedereinschaltung des MS-Transformatorschalters. So wird die gleichzeitige Einschaltung mehrerer Transformatoren und der damit verbundene hohe Einschaltstrom verhindert.

5 Leistungs- und Steuerkabel

ENERCON installiert Normkabel entsprechend der gängigen IEC- oder VDE-Richtlinien:

- MS-Kabel
  - Zwischen dem Transformatorschaltfeld der MS-Schaltanlage und den MS-Durchführungen des Transformators werden 3 MS-Leitungen, Typ N2XSY 1×50RM / 16 S mm², mit einer Länge von je ca. 6 m installiert. Die Leitungen haben eine VPE–Isolierung und einen PVC Außenmantel.
- NS-Leistungskabel
  - Für die Verbindung zwischen den Leistungsschränken und der NS-Verteilung werden pro Leistungsschrank 3 hochflexible, ungeschirmte Gummileitungen, 1×300 mm², verlegt.
- Steuerleitungen
  - Y-JZ 7×4 mm^2 für den Anschluss der Stromwandler an den Zähler im Steuerschrank der WEA
  - SiHF 3-G-1,5 für den Anschluss des Transformator-Temperatursensors an den Steuerschrank der WEA
  - Y-JZ 2×1 mm^2 für die Übertragung des Auslösesignals vom ETFS an die Auslösespule des MS-Transformatorschalters
  - SiHF 3-G-1,5 für den Anschluss der Transformatorschutzeinheiten an den ETFS

6 Kanada Ausführung

Die technischen Anforderungen für die Ausführung des E-Moduls und der eingebauten elektrischen Komponenten basieren auf den CSA–Standards. Die anwendbaren CSA Standards fordern u. a. Transformatoren nach CSA Norm und CSA gelistete MS-Schaltanlagen, die in ihrer Konstruktion, Primär- und Sekundärtechnik deutlich von den in Europa üblichen MS-Schaltanlagen abweichen. Für die Installation von CSA-konformen MS-Schaltanlagen kooperiert ENERCON seit einigen Jahren mit kanadischen Herstellern, um sicherzustellen, dass die von ENERCON gelieferten turmintegrierten Transformatorstationen von den zuständigen kanadischen Behörden vor Ort erfolgreich geprüft und abgenommen werden.

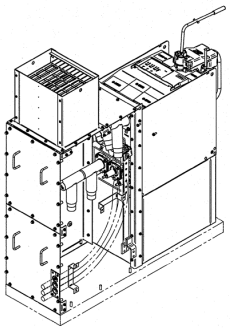

Abb. 12: MS Schaltanlage Kanada

6.1 Technische Daten der MS-Schaltanlage Kanada

Nachfolgend eine Tabelle mit den technischen Daten für die kanadischen MS-Schaltanlagen:

Bemessungsspannung U_r [kV]	Entsprechend der Netzspannung	
Nennfrequenz (Hz)	Entsprechend der Netzfrequenz	
Hersteller	S&C	
Anzahl Schaltfelder	2	
Isoliermedium	SF_6	
Ausführung	Compact	
Betriebsart	Permanent operation	
Bemessungs-Betriebsstrom der Sammelschiene I_r [A] ≥	600	
Transformatorfeld / Transformatorschutz	Leistungsschalter	
Bemessungs-Kurzzeitstrom I_k [kA] ≥	16	
Bemessungs Kurzschlußdauer t_k [t] ≥	41.6	
Bemessungs-Stehblitzstoßspannung U_p Leiter - Erde [kV] ≥	125	150

6.2 Technische Daten MS-Kabel Kanada

Im Gegensatz zur ENERCON Standardausführung der turmintegrierten Transformatorstation besitzen die MS-Verbindungskabel zwischen Transformatorschaltfeld der MS-Schaltanlage und den MS-Durchführungen des Transformators eine Ethylen-Prophylen Isolation und keine VPE-Isolation.

Abb. 13: MS-Kabel Kanada

Quellenverzeichnis

[1] DIN VDE 0414: Messwandler

[2] IEC 60044-1: Messwandler - Teil 1: Stromwandler

[3] IEC 60076: Power Transformers

[4] IEC 61099: Insulating liquids - Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes

[5] IEC 62271-200: High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV