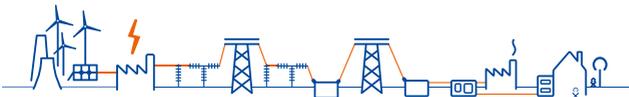
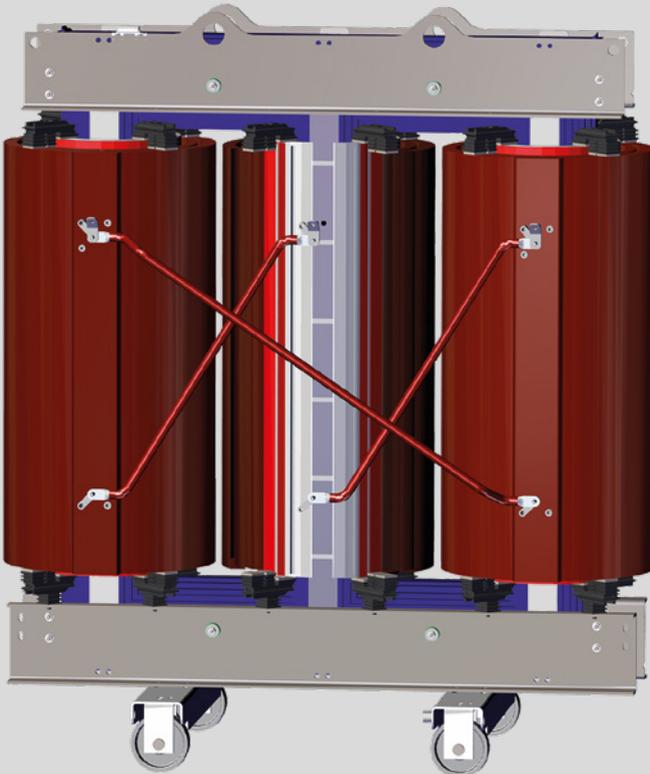


GUIDE DE PLANIFICATION POUR LES TRANSFORMATEURS SECS ENROBÉS



SOMMAIRE

1. QUALITÉ FIABLE	4
1.1. Design unique de la bobine par couches SGB-SMIT	4
1.2. Plusieurs décennies d'expérience.....	4
1.3. Conditions d'utilisation.....	5
1.4. Domaines d'application.....	6
2. INFORMATIONS TECHNIQUES	7
2.1. Caractéristiques techniques générales.....	7
2.2. Structure du transformateur.....	8-9
2.3. Vue d'ensemble des accessoires.....	10
3. ENVELOPPE	11
3.1. Enveloppe standard.....	12-13
3.2. Enveloppe spéciale.....	14
4. VERSIONS SPÉCIALES	15
4.1. Safe System.....	15-17
4.2. Jet System.....	18-19
4.3. Autres versions.....	20-21
5. INFORMATIONS DE PLANIFICATION	22
5.1. Normes et dispositions.....	22
5.2. Conditions d'installation.....	23
5.3. Distances de sécurité.....	24
5.4. Conditions environnementales.....	25
5.5. Comportement au feu.....	26
5.6. Sismologie.....	27
5.7. Méthode de refroidissement.....	28-30
5.8. Configurations du châssis.....	31-32
6. DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ	33
6.1. Mise à la terre.....	33
6.2. Surveillance thermique.....	34
6.3. Compatibilité électromagnétique (CEM).....	35
6.4. Bruits.....	36
7. TRANSPORT	37
7.1. Dispositifs de levage sur le transformateur.....	37
7.2. Exigences concernant les véhicules de transport.....	38
7.3. Possibilités de chargement des transformateurs.....	38
7.4. Fixation du transformateur au véhicule de transport.....	38
8. ASSURANCE QUALITÉ	39-40
9. PLANIFICATION DE LA LISTE DE CONTRÔLES	41
10. CERTIFICATION	42

SGB-SMIT D'UN SEUL COUP D'OEIL

Au total, plus de

450 

ANNÉES D'EXPÉRIENCE

La base du « Know-how » et
du « Know-why »

Plus de

3.600 

EMPLOYÉS

s'occupent
de votre projet

Dans plus de

80 

PAYS

des clients
satisfaits



PRÊT POUR VOTRE MARCHÉ

Le Groupe SGB-SMIT fabrique des transformateurs utilisés dans le monde entier. Des points de vente et de services sur tous les continents assurent des processus optimaux.

Nos produits satisfont aux exigences des standards en vigueur propres à chaque pays.



PRODUITS

- Transformateurs de grande puissance
- Transformateurs de moyenne puissance
- Grands transformateurs de distribution à refroidissement liquide
- Transformateurs de distribution à refroidissement liquide
- Transformateurs secs enrobés
- Bobines de compensation
- Réacteurs de série
- Déphaseurs
- Lahmeyer-Compactstationen (Postes compacts)

Transformateurs de 50 kVA à 1200 MVA inclus,
et jusqu'au niveau de tension 765 kV.



GESTION DE LA QUALITÉ

Le Groupe SGB-SMIT est certifié :

- DIN ISO 9001
- DIN ISO 50001
- DIN ISO 14001
- DIN ISO 45001



TECHNOLOGIES

Technologies utilisées dans les énergies
conventionnelles et renouvelables.

1. QUALITÉ FIABLE



1.1. DESIGN UNIQUE DE LA BOBINE PAR COUCHES SGB-SMIT

La bobine par couches est la meilleure technologie électrique, mais aussi la plus fiable.

Bobine par couches renforcée de fibres de verre coulé avec de la résine pure

- Stabilité mécanique et flexibilité élevées
- Beaucoup plus résistant aux variations thermiques, comme les modifications de charge ou les modifications de température ambiante

Bobine double couche pour la suppression linéaire des impulsions de tension transitoire

- Par exemple pour les allumages en retour par un interrupteur d'alimentation
- Répartition linéaire d'impulsions de tension via l'ensemble de la bobine
- Pas de surélévations de tension partielles considérables dans la bobine
- Contrainte électrique uniforme

Version de la bobine par couches avec un ou plusieurs canaux de refroidissement

- Augmentation de la surface de refroidissement
- Réduction des tensions mécaniques internes
- Meilleure utilisation des matériaux
- Répartition uniforme de la température

1.2. PLUSIEURS DÉCENNIES D'EXPÉRIENCE

SGB-SMIT fabrique des transformateurs secs enrobés depuis plus de 30 ans, ce qui lui permet de disposer d'une vaste expérience internationale dans ce domaine.

- Expérience opérationnelle internationale et complète, avec des sites de production partout dans le monde
- Références internationales de premier plan dans les différents secteurs
- Savoir-faire complet et longue expérience dans les éoliennes sur terre et sur mer
- Solutions optimales pour toutes les applications industrielles, qu'elles soient de conception simple ou hautement complexe
- Design de l'enveloppe selon vos exigences

1.3. CONDITIONS D'UTILISATION

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT offrent des solutions pour :

- Conditions climatiques extrêmes :
 - Zones climatiques très chaudes, par exemple désertiques
 - Contraintes environnementales importantes (sel, humidité de l'air, gaz)
 - Zones climatiques avec des températures extrêmement basses (jusqu'à -50°C), par exemple Arctique, Sibérie
- Exigence de surcharge ponctuelle élevée, par ex. jusqu'à 450 % de la puissance nominale
- Contraintes prolongées moyennes jusqu'à 140 % de la puissance nominale grâce à l'utilisation de ventilateurs
- Réseau énergétique avec nécessité d'une disponibilité élevée
- Utilisation dans des réseaux à harmoniques élevées
- Contraintes en raison de surtensions de commutation (interrupteur d'alimentation à vide)
- Tensions de commutation et de choc de foudre
- Exigences élevées en matière de contraintes de vibration mécaniques (grue, excavatrice, zones sismiques, navires)
- Altitudes de montage jusqu'à 1000 m et plus



NOUVELLES NORMES AVANTAGEUSES

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT disposent de nombreuses caractéristiques qui les distinguent des autres transformateurs secs enrobés et en font des solutions extrêmement fiables et sûres.

1.4. DOMAINES D'APPLICATION

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT nécessitent des exigences réduites sur le lieu de montage.

Automobile / électromobilité

Postes de distribution principaux, sous-distribution et projets d'infrastructure

Ferroviaire

Alimentation de courant continu pour le métro et le réseau express régional

Accumulateurs de batterie et stations de chargement

Concepts « Split-powerline »

Industrie minière

Infrastructures souterraines et en surface, utilisation de grues et d'excavatrices

Chimie / pharmaceutique

Redresseurs et distributeurs pour les installations intérieures et extérieures

Technique des bâtiments

Pour les hôpitaux, les écoles, les magasins, les immeubles de bureaux, etc.

Installations de production d'électricité / producteurs-distributeurs d'électricité

Applications « Power to... »

Maritime

Propulsion de bateaux et branchements à quai pour les ports

Industries du métal et du papier

Entraînement de rouleaux et pompes

Pétrole et gaz

Raffineries, installations de fractionnement de l'air et plateformes de pétrole et de gaz

Centres de données

Salles de serveurs et refroidissement

Industrie des énergies renouvelables

Installations photovoltaïques, éoliennes sur terre et sur mer



2. INFORMATIONS TECHNIQUES

2.1. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES GÉNÉRALES

Étendue générale des applications

- Tension de service maximale : $U_m = 1,1$ à 40,5 kV
- Spectre de puissance : 50 kVA à 25 MVA
(autres puissances possibles sur demande)
- Fréquences possibles : 16²/3; 50; 60 Hz
(autres fréquences possibles sur demande)
- Matériau des bobines : Cuivre ou aluminium
- Nombre variable de systèmes : 2 à x bobineuses en version concentrique ou étagée
- Au-delà de nos transformateurs standards, nous pouvons aussi vous proposer des solutions personnalisées en puissance ou pour d'autres paramètres spécifiques selon votre besoin.



Tableau de sélection pour une tension max. de 12 kV

Puiss. kVA	Dés. du type	P ₀ W	P _k 120°C W	u _k %	L _w dB [A]	Long.* mm	Largeur* mm	Hauteur* mm	Poids tot.* kg
400	DTTH1N	750	5500	4	60	1220	820	1770	1450
630	DTTH1N	1100	7600	4	62	1340	820	1950	2000
800	DTTH1N	1300	8000	4	64	1480	820	1980	2450
1000	DTTH1N	1550	9000	6	65	1670	980	1910	2950
1250	DTTH1N	1800	11000	6	67	1750	980	2120	3200
1600	DTTH1N	2200	13000	6	68	1870	980	2250	4250
2000	DTTH1N	2600	16000	6	70	1900	1270	2300	4550
2500	DTTH1N	3100	19000	6	71	2050	1270	2370	5500
3150	DTTH1N	3800	22000	6	74	2270	1270	2520	7450
3160	DTTH1N	PEI 99,348 %		6	70	2300	1270	2425	6000

Tableau de sélection pour une tension max. de 24 kV

Puiss. kVA	Dés. du type	P ₀ W	P _k 120°C W	u _k %	L _w dB [A]	Long.* mm	Largeur* mm	Hauteur* mm	Poids tot.* kg
400	DTTH1N	750	5500	6	60	1620	820	1830	2100
630	DTTH1N	1100	7600	6	62	1680	820	1990	2950
800	DTTH1N	1300	8000	6	64	1671	820	2000	2650
1000	DTTH1N	1550	9000	6	65	1800	980	2050	3450
1250	DTTH1N	1800	11000	6	67	1970	980	2150	5050
1600	DTTH1N	2200	13000	6	68	2000	980	2390	4750
2000	DTTH1N	2600	16000	6	70	2120	1270	2350	6275
2500	DTTH1N	3100	19000	6	71	2120	1270	2350	6275
3150	DTTH1N	3800	22000	6	74	2310	1270	2720	7770
3160	DTTH1N	PEI 99,348 %		6	71	2300	1270	2500	6450

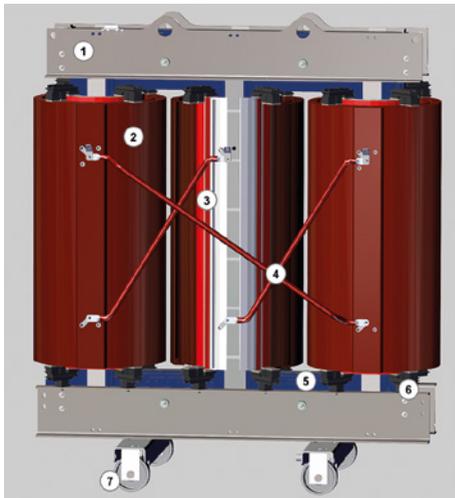
* Valeurs indicatives

Les tableaux s'appliquent à :

- Transformateurs dans des versions selon IEC 60076-11
- Exécution de l'intérieur E2; C2; F1 avec prises $\pm 2 \times 2,5$ % de façon standard (transposable dans un état de détente)
- Les dimensions et les poids sont des valeurs indicatives
- Les niveaux de puissance acoustique s'appliquent à une utilisation AN sans enveloppe (en marche au ralenti)

2.2. STRUCTURE DU TRANSFORMATEUR

Les exploitants partout dans le monde apprécient la fiabilité exceptionnelle des transformateurs secs enrobés SGB, car ils peuvent se reposer sur un haut niveau de sécurité. Contrairement aux transformateurs à huile, les transformateurs secs enrobés n'ont pas de cuve et la partie active est visible directement.



Transformateur vu en coupe :

- | | |
|------------------------|----------------|
| 1 Châssis | 5 Noyau |
| 2 Bobine haute tension | 6 Plot d'appui |
| 3 Bobine basse tension | 7 Châssis |
| 4 Connexion | |

Le noyau [5] maintenu par la barre de fixation [1] est composé de tôles magnétiques douces laminées à froid à grains orientés, isolées entre-elles et de haute qualité. Les caractéristiques particulières des transformateurs secs enrobés sont : les bobines haute tension [2], qui sont entièrement coulés sous vide en résine enrobée par couche de fils. Les bobines basse tension [3] sont généralement fabriquées sous la forme de bobines à bande.

DIMENSIONS ET POIDS

L'offre, la documentation contractuelle et les spécifications contractuelles sont déterminantes pour l'exécution concrète des transformateurs secs enrobés. Les dimensions réelles, comme la largeur, la hauteur et le poids du transformateur, dépendent naturellement de la commande du client. Ainsi, les types de transformateurs mentionnés dans la liste de sélection et les dimensions et poids qui leurs sont associés peuvent différer au cas par cas. Des limitations de dimension peuvent être prises en compte dans la conception. Elles doivent alors être indiquées au stade de l'offre.



BOBINE HAUTE TENSION

La bobine haute tension est le cœur du transformateur sec enrobé. Dans la bobine double couche, on retrouve tout le savoir-faire de SGB-SMIT. Nos transformateurs secs enrobés excellent grâce aux fils de la bobine haute tension, qui sont entièrement intégrés dans un corps en résine enrobée fermé avec une surface lisse. Ainsi, la technologie de fabrication de SGB-SMIT et les matériaux utilisés se distinguent grâce à des caractéristiques essentielles uniques qui les différencient des autres transformateurs secs enrobés sur le plan technique et qui en font des solutions à la fois fiables et sûres.

BOBINE BASSE TENSION

Dans les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT, la bobine basse tension a presque toujours la forme de bobines à bande (laminée). Les avantages de cette forme de bobine sont évidents :

- Capacité de charge du courant élevée
- Répartition homogène de la température dans la bobine
- Excellente résistance aux courts-circuits

Il existe des exceptions pour des raisons techniques, par ex. pour des faibles puissances inférieures à 160 kVA et pour des tensions de système élevées ($U_m > 7,2$ kV).



NOYAU

Pour calculer les noyaux des transformateurs secs enrobés, les pertes à vide, les émissions sonores et le courant à vide sont dans de nombreux cas des caractéristiques de qualité déterminantes. L'ingénierie joue donc un rôle essentiel dans la conception du noyau. En particulier :

- Une conception géométrique précise
- La détermination des propriétés des matériaux de la tôle magnétique à utiliser
- Des mesures constructives pour la maîtrise des vibrations, des positions inclinées et d'autres exigences mécaniques

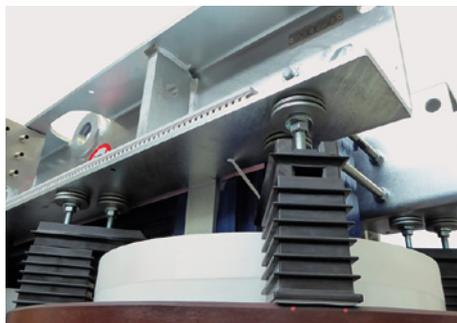
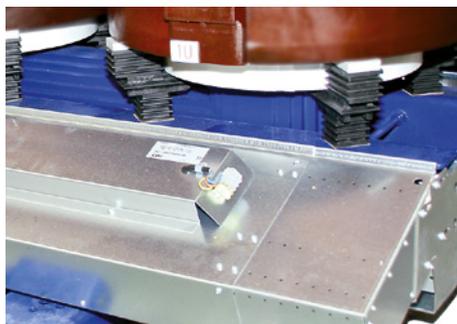
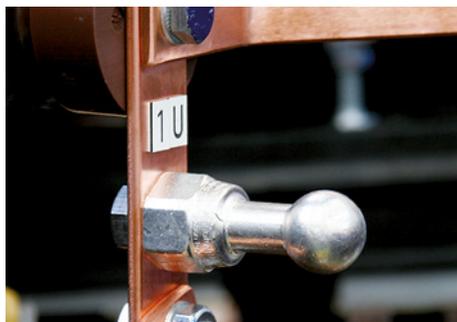


2.3.VUE D'ENSEMBLE DES ACCESSOIRES

En plus des composants de base (noyau, bobines et châssis de fixation mécanique), des équipements auxiliaires sont souvent nécessaires pour intégrer le transformateur dans une installation.

Nous proposons les accessoires suivants :

- Rouleaux
- Possibilité de levage par chariot élévateur
- Mécanisme de verrouillage
- Support de transformateur
- Pieds pour machine
- Boules d'ancrage
- Protecteur de surtension
- Sectionneur de terre, garniture de terre
- Commutateur à plots
- Ventilateur (augmentation de puissance jusqu'à 40%)
- Enveloppe
- Capteur de température PTC et/ou PT100
- Thermométrie sans contact
- Thermomètre à cadran
- Amortissement des vibrations grâce à un amortisseur de vibrations
- Version résistante aux vibrations
- Version antisismique
- Avec bobine écran
- Commutativité (par ex. 20 kV à 10 kV)
- Unité de polarisation magnétique
- Transformateur de courant (moyenne ou basse tension)
- Autres solutions individuelles



3. ENVELOPPE



Le catalogue de SGB-SMIT comprend différents types d'enveloppes. Le choix va de différentes enveloppes standards à des enveloppes spéciales adaptées aux exigences du client. Les enveloppes sont disponibles en deux variantes : posée au sol ou sur le châssis du transformateur.

ENVELOPPE STANDARD

6 tailles différentes dans plusieurs configurations

- IP21 – IP33
- Installation en intérieur ou en extérieur
- Installation au sol ou sur un châssis
- Portes ou volets

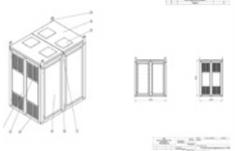
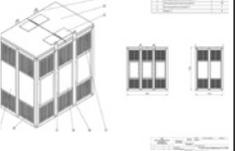
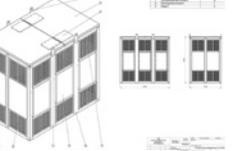
ENVELOPPE SPÉCIALE

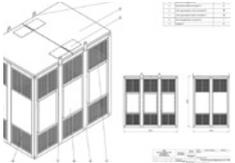
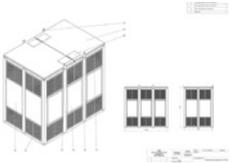
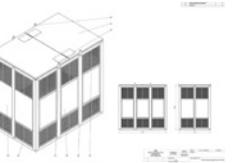
Adaptée individuellement en fonction des exigences du client

- IP21 – IP54 possible
- Installation en intérieur ou en extérieur
- Installation au sol ou sur un châssis
- Portes ou volets
- Refroidissement adaptable individuellement



3.1. ENVELOPPE STANDARD

Taille	1	2	3
Cotes			
N° RSG	RSG00000001 - 16	RSG00000017 - 32	RSG00000033 - 48
Dimensions [L x l x H]	1.400 mm x 1.000 mm x 1.600 mm	1.800 mm x 1.200 mm x 1.900 mm	2.200 mm x 1.400 mm x 2.050 mm
Poids	Env. 220 kg	Env. 350 kg	Env. 425 kg
Classes de protection IP	21/23 / 31/33	21/23 / 31/33	21/23 / 31/33
Version au sol	Sol / châssis	Sol / châssis	Sol / châssis
Type d'installation	Intérieur / extérieur	Intérieur / extérieur	Intérieur / extérieur
Exécution des révisions	Volet / porte	Volet / porte	Volet / porte
Périmètre de protection	1.300 mm x 900 mm x 1.500 mm	1.700 mm x 1.100 mm x 1.800 mm	2.100 mm x 1.300 mm x 1.950 mm
Surface d'air entrant (IP2X / IP3X)	0,30 m ² / 0,17 m ²	1,27 m ² / 0,75 m ²	1,67 m ² / 0,98 m ²
Surface d'air sortant (IP2X / IP3X)	0,35 m ² / 0,20 m ²	1,47 m ² / 0,86 m ²	1,93 m ² / 1,14 m ²
Classe de protection contre la corrosion	C4	C4	C4
Matériau	Dx51D+Z275 (t=1,5 mm)	Dx51D+Z275 (t=1,5 mm)	Dx51D+Z275 (t=1,5 mm)
Évacuation de la chaleur	Convection naturelle	Convection naturelle	Convection naturelle
Revêtement par poudre	>70 µm	>70 µm	>70 µm
Coloris	RAL 7035	RAL 7035	RAL 7035
Nombre max. d'ouvertures de révision	4	6	6
Puissance du transformateur série de tension 10 kV	250/10	630/10	1.000/10
Puissance du transformateur série de tension 20 kV	160/20	315/20	630/20

Taille	4	5	6
Cotes			
N° RSG	RSG00000049 - 64	RSG00000065 - 80	RSG00000081 - 96
Dimensions (L x l x H)	2.400 mm x 1.600 mm x 2.250 mm	2.700 mm x 1.800 mm x 2.550 mm	3.000 mm x 2.000 mm x 2.800 mm
Poids	Env. 505 kg	Env. 605 kg	Env. 710 kg
Classes de protection IP	21/23/31/33	21/23/31/33	21/23/31/33
Version au sol	Sol / châssis	Sol / châssis	Sol / châssis
Type d'installation	Intérieur / extérieur	Intérieur / extérieur	Intérieur / extérieur
Exécution des révisions	Volet / porte	Volet / porte	Volet / porte
Périmètre de protection	2.300 mm x 1.700 mm x 2.150 mm	2.600 mm x 1.700 mm x 2.450 mm	2.900 mm x 1.900 mm x 2.700 mm
Surface d'air entrant (IP2X / IP3X)	2,17 m ² / 1,27 m ²	2,80 m ² / 1,65 m ²	3,52 m ² / 2,07 m ²
Surface d'air sortant (IP2X / IP3X)	2,49 m ² / 1,47 m ²	3,24 m ² / 1,90 m ²	4,07 m ² / 2,39 m ²
Classe de protection contre la corrosion	C4	C4	C4
Matériau	Dx51D+Z275 (t=1,5 mm)	Dx51D+Z275 (t=1,5 mm)	Dx51D+Z275 (t=1,5 mm)
Évacuation de la chaleur	Convection naturelle	Convection naturelle	Convection naturelle
Revêtement par poudre	>70 µm	>70 µm	>70 µm
Coloris	RAL 7035	RAL 7035	RAL 7035
Nombre max. d'ouvertures de révision	6	6	6
Puissance du transformateur série de tension 10 kV	1.600/10	2.500/10	3.150/10
Puissance du transformateur série de tension 20 kV	1.600/20	2.000/20	3.150/20

3.2. ENVELOPPE SPÉCIALE

La fourniture d'enveloppes sur mesure en fonction des exigences du client est possible dans les classes de protection IP 21 et IP 54. L'installation est possible en intérieur et en extérieur.

Il faut également choisir entre une installation au sol ou sur un châssis. Le nombre de portes et de volets peut être adapté en fonction des exigences du client.

Les enveloppes spéciales peuvent également être équipées d'un refroidissement pour l'évacuation de la dissipation d'énergie du transformateur.

- AN (refroidissement par convection)
- AF (refroidissement par ventilateur)
- AFWF (refroidissement par air et eau)



4. VERSIONS SPÉCIALES



4.1. SAFE SYSTEM

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT se distinguent par leur grande fiabilité, mais aussi grâce à une excellente protection individuelle et un bon impact environnemental. Grâce au développement du « Safe System », de nouvelles références ont été définies, en particulier pour la nouvelle classe Megawatt des éoliennes en mer.

De nombreux facteurs environnementaux peuvent être solutionnés grâce au Safe System :

- Air salin
- Incendie
- Vibrations pendant l'exploitation et contraintes lors du transport
- Variations de puissance importantes et rapide



DOMAINE D'UTILISATION

Le Safe System peut être fourni pour une tension de service maximale $U_m = 40,5 \text{ kV}$ et une plage de puissance jusqu'à 10 MVA. Les capacités de production sont axées sur une production industrielle de plusieurs centaines d'unités par an.

INFORMATIONS GÉNÉRALES

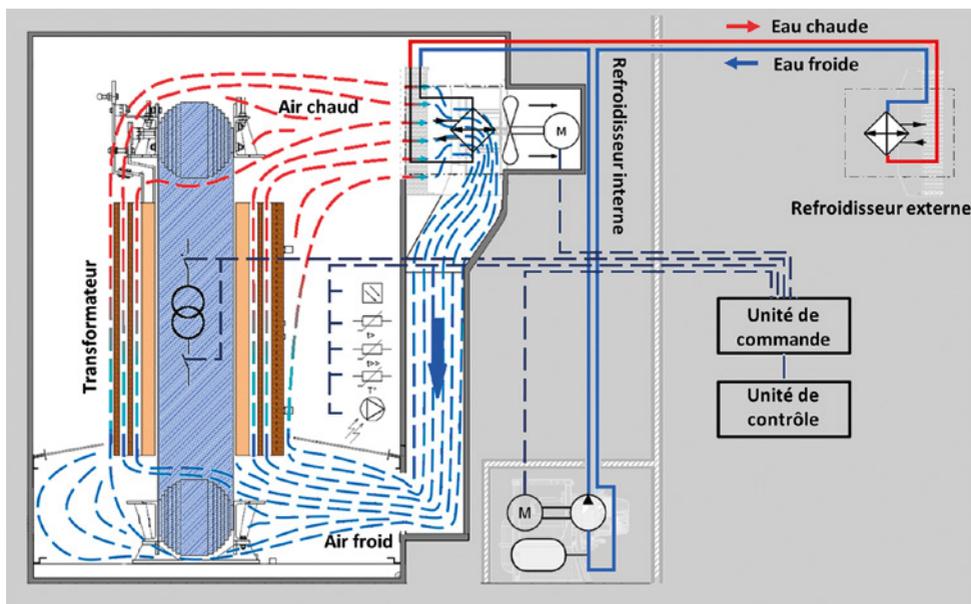
Les exigences en matière de fiabilité à long terme sont considérées comme une priorité absolue, en particulier en ce qui concerne les sites d'utilisation difficilement accessibles, par exemple en mer. Avec le Safe System, le transformateur est placé dans une enveloppe de protection avec refroidisseur intégré. Dans le circuit de refroidissement interne, la chaleur produite par les pertes du transformateur est transportée vers le refroidisseur.

Cette chaleur résiduelle est ensuite transférée dans le refroidisseur, vers le refroidissement externe (eau). L'air refroidi est ensuite à nouveau alimenté vers le transformateur via le circuit de refroidissement interne. Grâce à l'optimisation du refroidissement, une grande réduction de poids peut être obtenue.

Le système de refroidissement est conçu de sorte que seule une petite partie de la dissipation d'énergie du transformateur est transmise à l'environnement via l'enveloppe.

Protection contre l'air salin

- Ventilateur interchangeable ; durée de vie > 5 ans
- Scellé hermétiquement contre l'air de refroidissement externe corrosif salin (DIN EN 50308)
- Intervalles de maintenance espacés grâce à la réduction des dépôts salins
- Deux ventilateurs redondants pour les circuits de refroidissement interne et externe
- Découplage du ventilateur grâce à des clapets anti-retour
- Ventilateur avec branchements externes sur l'enveloppe
- Refroidisseur de tuyaux en matériau extrêmement résistant
- Eau de condensation et de nettoyage évacuée vers l'extérieur



Protection individuelle

- Enveloppe métallique démontable, IP54
- Protection contre le contact avec des pièces sous tension
- Ouvertures de révision bloquées par un système de verrouillage
- Coupure en cas de surcharge ou de surtempérature grâce à une surveillance thermique
- Arrêt en cas de surtempérature grâce à des dispositifs de surveillance
- Toutes les pièces sont connectées à la terre du système ; mise à la terre sûre du transformateur à l'état hors tension grâce à un sectionneur de terre avec contacts auxiliaires séquentiels
- Système de contrôle et de surveillance capacitif
- Protecteur de surtension en tant que protection contre la foudre



Protection contre l'incendie

- Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT n'alimentent pas les incendies (évaluation selon IEC 60076-11)
 - Classe d'incendie F1
 - Charge calorifique nettement réduite, par exemple par rapport aux transformateurs à huile
 - Aucun risque de propagation de l'incendie par les liquides sortants
- Système d'extincteur efficace dans l'enveloppe ; couplage avec installation externe de lutte contre les incendies possible
- Capteurs de détection d'arc pour un arrêt rapide de l'installation (protection contre les surcharges)
- Des clapets de délestage de pression évacuent toute surpression vers l'extérieur

Transport et vibrations

- Contrôle par un organisme de contrôle accrédité
- Culasse sécurisée par des clampes et des boulons
- Fixation de bobine en option via un système de support avec rondelles à ressort
- Les bobines et les structures de support avec éléments élastiques sont libres et peuvent, si nécessaire, être retendues facilement, ce qui représente un avantage clair par rapport aux transformateurs isolés à l'huile

Prise en compte des variations de puissance importantes

- Bobine haute tension coulée dans une résine époxy/fibres de verre d'isolation
- Les dilatations du matériau conducteur et de la résine lors des changements de charge sont absorbées par les fibres de verre intégrées dans la résine époxy

Essais en usine

- Contrôle de routine
- Mesure du chauffage
- Contrôle de la tension de choc avec mesure de décharge partielle

4.2. JET SYSTEM

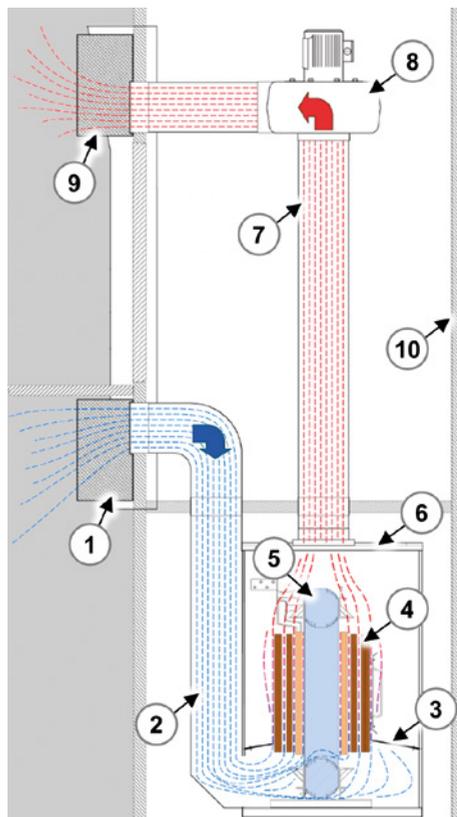


Avec le Jet System, SGB-SMIT propose une solution optimisée pour les transformateurs avec système de refroidissement. Idéal pour les éoliennes dans le cadre d'une installation sur terre.

La version peut être adaptée pour une installation dans une tour ou sur la plateforme.

Les facteurs suivants sont particulièrement pris en compte lors du développement, en plus des coûts liés au cycle de vie :

- Refroidissement optimisé
- Protection individuelle
- Protection contre l'incendie
- Conditions de raccordement au réseau
- Conditions de transport et vibrations



Jet System (exemple sur une éolienne)

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1 Filtre à air (entrée) | 6 Enveloppe |
| 2 Air froid | 7 Air chaud |
| 3 Plaques de guidage d'air | 8 Ventilateur |
| 4 Bobines | 9 Filtre à air (sortie) |
| 5 Noyau | 10 Tour |

DOMAINE D'UTILISATION

Le Jet System peut être fourni avec une tension de service maximale $U_m = 40,5 \text{ kV}$ et une plage de puissance de 1,6 à 4 MVA.

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Le transformateur sec enrobé SGB-SMIT est placé dans une enveloppe de protection IP44 éprouvée. L'air d'alimentation froid est envoyé directement dans l'enveloppe via un caisson d'air d'alimentation (1) et un système de tuyaux (6). Une plaque de guidage d'air (3) envoie l'air froid (2) de façon ciblée dans les canaux de la bobine (4).

L'air sortant chauffé par la déperdition thermique du transformateur est soufflé directement à l'air libre via un système de tuyaux qui comprend un ventilateur silencieux (8). Il en résulte un système de refroidissement défini qui peut être testé dans le cadre d'un contrôle d'atelier.

Les pertes à vide et les petites pertes de charge qui surviennent en cas de charge jusqu'à 30% de la puissance nominale, peuvent être évacuées sans utiliser le ventilateur. En cas de charge plus élevée, le ventilateur est mis en marche via le capteur de température dans les bobines.

Le guidage d'air ciblé entraîne ainsi un chauffage réduit des bobines. Grâce à la version optimisée du système de refroidissement, des économies importantes en termes de matériau et de place peuvent être réalisées.

Plage de température de -25°C à +40°C (cas particuliers : températures jusqu'à -50°C et +50°C)

Classe environnementale E2 (contrôlée par un organisme). En cas d'exigences plus élevées, des filtres adaptés peuvent être montés.

Protection individuelle

- Enveloppe métallique démontable, IP44
- Protection contre le contact avec des pièces sous tension
- Coupure en cas de surcharge ou de surtempérature grâce à une surveillance thermique
- Raccorder toutes les pièces avec le système de terre de l'installation

Protection contre l'incendie

- Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT n'alimentent pas les incendies (évaluation selon IEC 60076-11)
 - Classe d'incendie F1
 - Charge calorifique nettement réduite par rapport aux transformateurs à huile
 - Aucun risque de propagation de l'incendie par les liquides sortants
- Capteurs de détection d'arc pour un arrêt rapide de l'installation
- Des gaz chauds peuvent s'échapper via les conduites de ventilation et de purge d'air

Conditions de raccordement au réseau

Les conditions de raccordement au réseau ont une influence considérable sur la conception d'un transformateur. En utilisant le refroidissement optimisé du transformateur et grâce aux canaux dans les bobines ainsi qu'à la conception des noyaux magnétiques, il est possible de réduire considérablement le coût en matériau supplémentaire pour satisfaire aux conditions de raccordement au réseau.

Une certaine quantité de puissance réactive inductive et capacitive doit être transférée par le transformateur.

Transport et vibrations

- Culasse sécurisée par des clampes et des boulons
- Fixation de bobine en option via un système de support avec rondelles à ressort
- Les bobines et les structures de support avec éléments élastiques sont libres et peuvent, si nécessaire, être retendues facilement, ce qui représente un avantage clair par rapport aux transformateurs isolés à l'huile

4.3. AUTRES VERSIONS

TRANSFORMATEUR À DEUX ÉTAGES

Les transformateurs à deux étages sont composés de deux bobines haute tension qui sont couplées en parallèle et deux systèmes basse tension indépendants. Le type d'utilisation le plus courant des transformateurs à deux étages est l'alimentation d'un redresseur 12 impulsions raccordé au système basse tension.

En plus de l'application classique à deux étages, il existe également une version à deux étages mécaniques. Cette version est alors utilisée lorsque le courant du système basse tension est si élevé qu'il ne peut plus être utilisé avec une basse tension propre.

Pour contrôler le courant élevé, deux sous-tensions agencées de façon axiale sont couplées de façon parallèle.

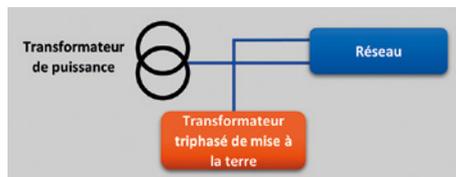


TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ DE MISE À LA TERRE

Un transformateur triphasé de mise à la terre sert à la réalisation du point neutre manquant dans des réseaux de distribution électriques ou lorsque les points neutres des transformateurs ne peuvent pas être complètement chargés. Mais les transformateurs triphasés de mise à la terre sont également utilisés pour supprimer un court-circuit à la terre ou limiter le courant de défaut à la terre via son impédance. En général, ils sont commutés entre des grands transformateurs de puissance et la terre.

Il existe des transformateurs triphasés de mise à la terre qui ne sont utilisés que brièvement, par exemple pendant 10 secondes, tant qu'un courant de fuite existe. De ce fait, des pertes de court-circuit ne sont engendrées que pendant les 10 secondes.

Il existe également des cas dans lesquels du courant circule durablement via le transformateur triphasé



de mise à la terre. Il se place dans une plage de 10-20% du courant de fuite maximal. La spécification du type de mode de fonctionnement, de la puissance nominale, du groupe de couplage et de l'impédance s'effectue côté client.

SELF DE LISSAGE

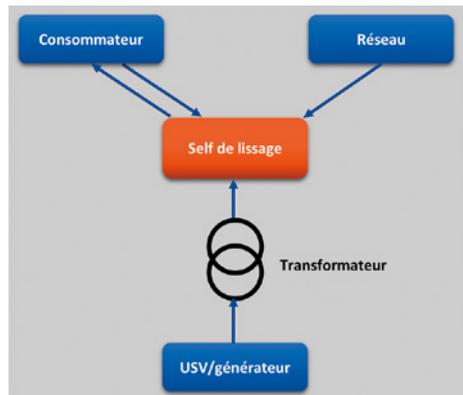
Une self de lissage sert d'abord uniquement au couplage réseau avec limitation du courant de compensation.

Les selfs de lissage SGB-SMIT possèdent deux bobines par enroulement : une bobine principale et une bobine auxiliaire. De l'énergie supplémentaire peut être alimentée par un transformateur ou un générateur (par ex. générateur de secours) au niveau de leur point de connexion.

La self de lissage empêche notamment l'écoulement de courant dans un réseau électrique déstabilisé avant qu'un commutateur (à ouverture rapide), qui est généralement affecté côté réseau avant la self de lissage, puisse être ouvert. L'apparition de courants de court-circuit élevés sur le réseau électrique est ici évité par la self de lissage.

Autres fonctions :

- Fonction de filtre en combinaison avec un générateur et un transformateur
- Atténuation en toute sécurité des pics de tension côté réseau
- Transfert considérablement réduit des harmoniques du réseau sur le côté consommateurs
- Réduction drastique des harmoniques générées par la charge vers le réseau



5. INFORMATIONS DE PLANIFICATION



5.1. NORMES ET DISPOSITIONS

Les transformateurs secs enrobés sont conformes aux normes nationales, européennes et internationales propres à la commande du client.

DISPOSITIONS

- 2009/125/EG (directive sur l'écoconception)
- 548/2014 (ordonnance de la Commission européenne)

NORMES DANS L'UNION EUROPÉENNE

- DIN EN 60076-1 (transformateurs de puissance)
- DIN EN 60076-11 (transformateurs secs)

NORMES EN DEHORS DE L'UNION EUROPÉENNE

- IEEE (Institut of Electrical and Electronics Engineers - USA)
- CSA (Canadian Standards Association - Canada)
- GOST (Gossudarstwenny Standart - Russie)
- GB Standard (China)

AUTRES PRESCRIPTIONS

De même, lors du montage et de l'exploitation d'installations, les prescriptions suivantes doivent être prises en compte :

- DIN VDE 0100 (Installation d'installations électriques à courant fort et avec tensions nominales jusqu'à 1000 V)
- DIN VDE 0105-100 (Fonctionnement des installations électriques à courant fort)
- DIN VDE 0100-718 (Installation de systèmes basse tension - Exigences s'appliquant à l'exploitation des installations, des locaux et des systèmes d'un type spécial - lieux publics et lieux de travail)
- EltBau VO (Ordonnance sur la construction de salles d'opération pour les installations électriques)
- ArbStättV (Dispositions de l'ordonnance sur les lieux de travail)
- TA-Lärm (Consignes de protection contre les nuisances sonores)

AUTRES INSTRUCTIONS DE PLANIFICATION ET DE DIMENSIONNEMENT

- VDI 2078 (Calcul de la charge de refroidissement dans des espaces climatisés)
- Spécifications du client

5.2. CONDITIONS D'INSTALLATION

- Installation en intérieur prévue
- Degré de protection IPOO ; les surfaces de bobine ne sont pas isolées
- Enveloppe obligatoire en cas d'installation à l'extérieur. Degré de protection minimal IP23C
- Installation avec des installations moyenne et basse tensions possible dans une pièce ; ligne de raccordement courte
- Aucune mesure de protection n'est nécessaire pour la protection des eaux, absence d'huile en tant que liquide isolant
- Aucune mesure supplémentaire n'est nécessaire en matière de protection contre les incendies et de bac collecteur d'huile

Les conditions d'installation extrêmes doivent être signalées pour une planification correcte de l'installation, par exemple :

- Hauteur d'installation supérieure à 1000 m au-dessus du niveau de la mer
- Navire
- Zone sismique
- Éolienne
- Conditions de température extrêmes (froid extrême, tropical, ...)
- Installations structurelles pour le rassemblement de personnes (DIN VDE 0100-718)
- Zones explosives

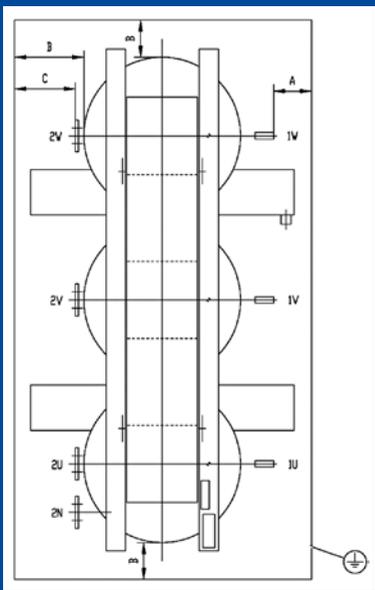


5.3. DISTANCES DE SÉCURITÉ

En cas d'espace restreint, par exemple dans des enveloppes de protection, il convient de respecter les distances de sécurité pour éviter les décharges.

Lors de la planification des travaux à proximité des transformateurs, tenez compte du fait que le « périmètre de protection » ne précise pas les limites de la zone de danger selon la norme DIN EN 50110-1, mais définit seulement l'écart nécessaire pour un fonctionnement correct.

Malgré l'isolation par résine coulée, les bobines des transformateurs en résine coulée ne sont pas isolées contre les contacts. Il s'agit d'une isolation de la fonction. Cette isolation n'offre aucune protection contre les courants dangereux lorsqu'elle est touchée, ou contre les claquages lorsque l'on se rapproche du transformateur ! Prendre des mesures de protection afin d'empêcher une pénétration dans la zone dangereuse des bobines.



Tension U_m	Tension de choc de foudre LI	Distances aériennes minimales / Écarts minimaux avec les pièces conductrices mises à la terre		
		A (mm)	B (mm)	C (mm)
1,1	-	40	20	40
3,6	20	60	30	60
3,6	40	60	30	60
7,2	60	90	45	90
7,2	75	120	65	120
12	75	120	65	120
12	95	160	85	160
12	110	200	115	200
17,5	95	160	85	160
17,5	125	220	115	220
24	125	220	115	220
24	145	270	140	270
24	150	270	140	270
36	170	320	160	320
36	200	380	180	380
40,5	200	380	180	380

Toutes les valeurs sont valables pour des hauteurs d'installation ≤ 1000 m au-dessus du niveau de la mer !

A = distance au raccordement de la bobine haute tension

B = distance avec la surface de la bobine coulée à l'extérieure

C = distance au raccordement de la bobine basse tension

INSTRUCTIONS DE PLANIFICATION

Lors de la planification et de l'exécution des mesures de sécurité, manipulez les bobines comme des pièces actives et non sécurisées !

5.4.CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Les transformateurs secs enrobés sont répartis dans différentes classes climatiques et environnementales. Les classes nécessaires doivent être définies par l'exploitant. Les conceptions jusqu'aux classes C2 et E2 selon l'IEC sont possibles de façon standard, les classes plus hautes doivent être demandées.

CLASSE CLIMATIQUE

La classe climatique se réfère à la température ambiante la plus basse pendant le transport, le stockage et l'exploitation.

	Classe C1	Classe C2	Classe C3	Classe C4	Classe C5	Classe Cxy*
Transport et stockage						
Selon IEC	-25°C	-25°C	-40°C	-50°C	-60°C	-X°C
Selon GOST	-25°C	-25°C	-45°C	-60°C	-	-
Fonctionnement						
Selon IEC	-5°C	-25°C	-25°C	-40°C	-50°C	-Y°C
Selon GOST	-5°C	-25°C	-45°C	-60°C	-	-

*Les températures -X°C et -Y°C peuvent être convenues de façon spécifique à un projet.

CLASSE ENVIRONNEMENTALE

L'humidité, l'eau de ruissellement, la condensation et l'encrassement comptent parmi les éléments qui influencent l'environnement des transformateurs secs. Ces influences jouent un rôle important pendant l'exploitation, mais aussi lors du stockage avant l'installation du transformateur. Cinq classes environnementales ont été définies selon l'IEC 60076-11 pour les transformateurs sans mesure de protection externe particulière en ce qui concerne ces différentes conditions environnementales.

Classe E0 :

Aucune condensation n'apparaît sur le transformateur, l'encrassement est négligeable. Cette condition est généralement atteinte lors d'une installation dans un espace intérieur propre et sec.

Classe E1 :

Une condensation occasionnelle peut apparaître sur le transformateur (par exemple lorsqu'il est éteint). Un encrassement limité est possible.

Classe E2 :

Une condensation fréquente ou un encrassement léger, voire la combinaison des deux.

Classe E3 :

Une condensation fréquente ou un encrassement moyen, voire la combinaison des deux.

Classe E4 :

Une condensation fréquente ou un encrassement important, voire la combinaison des deux.

CONCLUSION

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT sont fiables, y compris en présence de condensation ou de saletés. Toutefois, les intervalles de maintenance doivent être adaptés aux conditions environnementales. Cela signifie qu'en cas d'encrassement important, nous recommandons de nettoyer la surface des bobines. Ils sont également adaptés pour une installation en extérieur où ils peuvent être soumis à des températures allant jusqu'à -50°C avec un enveloppe de protection IP23 et une peinture spéciale.

5.5.COMPORTEMENT AU FEU

CLASSES D'INCENDIE

Les classes d'incendie nécessaires doivent être définies par l'exploitant. Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT sont conformes à la classe F1, la plus élevée.

Classe F0 :

- Aucun risque d'incendie déterminé n'est pris en compte.
- Aucune mesure particulière de limitation du risque d'incendie, à l'exception des caractéristiques conférées par la conception du transformateur.
- La dispersion de substances toxiques est limitée au minimum.

Classe F1 :

- Une limitation du risque d'incendie n'est prise en compte.
- La dispersion de substances toxiques et de fumées limitant la visibilité est limitée au minimum.
- Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT ne contribuent pas de façon importante aux incendies.

PROTECTION CONTRE L'INCENDIE

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT ne possédant que des pièces en résine enrobée dans les bobines haute tension et basse tension, la charge d'incendie est essentiellement déterminée par ces composants.

ANALYSE DES FUMÉES D'INCENDIE

Le matériau de moulage de résine enrobée provenant du développement d'un transformateur SGB et des échantillons des matières isolantes ont été carbonisés et les fumées d'incendie analysées dans le laboratoire d'ALLIANZ AG.

- La formation de dioxine est exclue
- La formation de dioxyde de soufre est exclue
- Le gaz de fumée est essentiellement composé de monoxyde de carbone, de dioxyde de carbone, de vapeur d'eau et de suie
- Traces d'autres hydrocarbures

Comparaison de la charge d'incendie résine enrobée avec types de transformateur refroidis par liquide de 1000 kVA :

Type de transformateur	Quantité d'isolant [kg]	Pouvoir calorifique [kWh/kg]	Charge d'incendie [kWh]
Résine enrobée	150	8,2	1230
Huile minérale*	700	12,9	9030
Huile de silicone*	800	8,5	6800

*Seul le liquide isolant est pris en compte

RÉSULTAT

Le résultat de l'étude montre que le matériau de moulage de résine enrobée que nous utilisons est inoffensif.

5.6. SISMOLOGIE

Lors de l'installation d'un transformateur dans une région active sur le plan sismique, les sollicitations mécaniques externes potentielles doivent être prises en compte au moment de la conception.

La classe sismique est définie par vous. Les étapes suivantes peuvent vous y aider :

1. Étape :

Définir la zone pertinente d'activité sismique selon IEC 60721-2-6.

2. Étape :

Sélectionner l'accélération du sol de la zone pertinente d'activité sismique selon IEC 60721-2-6.

3. Étape :

Sélectionner la classe sismique (voir tableau ci-dessous) à l'aide de l'accélération du sol.

La norme IEC 60076-11 décrit trois classes sismiques différentes :



Classe sismique	Tremblement de terre	Accélération du sol AG [m/s ²]	Échelle de Richter	Échelle MSK
S-I	Tremblements de terre faibles à moyens	2	< 5,5	< VIII
S-II	Tremblements de terre moyens à puissants	3	5,5 bis 7,0	VIII bis IX
S-III	Tremblements de terre puissants à très puissants	5	> 7,0	> IX

5.7. MÉTHODE DE REFROIDISSEMENT

Le site où le transformateur sec enrobé sera installé doit être suffisamment ventilé, car des pertes thermiques qui doivent être évacuées de l'espace d'exploitation sont générées lorsque le transformateur est utilisé.

Il convient de vérifier si une ventilation et une évacuation d'air naturelles sont possibles. Lorsque les dimensions d'une pièce ou d'une enveloppe ne permettent pas de garantir un refroidissement conforme, le débit de l'air doit être garanti par une ventilation forcée.

		Symbole
Fluide de refroidissement	Air	A
	Eau	W
Déplacement du fluide de refroidissement	Naturel	N
	Forcé	F

Le dispositif de ventilation doit être dimensionné pour les pertes thermiques maximales pouvant survenir et qui sont composées des pertes à vide du noyau de fer et de l'énergie thermique produite par les bobines.

CIRCULATION NATURELLE DE L'AIR

- L'orifice d'entrée de l'air d'alimentation doit toujours être prévu en bas et avec une hauteur maximale correspondant au début de la bobine basse tension. Ainsi, l'effet de cheminée et la circulation du flux d'air dans le canal entre les bobines sont favorisés.
- Les orifices inférieurs pour l'entrée de l'air d'alimentation doivent être agencés le plus possible autour du transformateur.
- La section pour l'orifice supérieur est généralement 10 à 15 % plus grande que celle de l'orifice inférieur. Cela permet de garantir une faible densité de l'air sortant.

Le volume nécessaire pour un refroidissement correct peut être calculée comme suit :

$$Q = Pt \div (1,15 \times \Delta O) [m^3/s]$$

La surface utile de l'orifice inférieur peut être calculé comme suit :

$$S = 10 \times (Pt \div ((H \times \Delta O^3)^{0,5})) [m^2]$$

LÉGENDE :

Pt : pertes totales à évacuer en kW

ΔO : gradient de température en °C de l'air d'alimentation et sortant / valeur empirique env. 15°C

Q : débit volumique de l'air en m³/s

H : distance en mètres entre la ligne médiane du transformateur et la ligne médiane de l'orifice supérieur de la cellule

S : surface utile de l'orifice d'air d'alimentation inférieur (sans grille) en m²

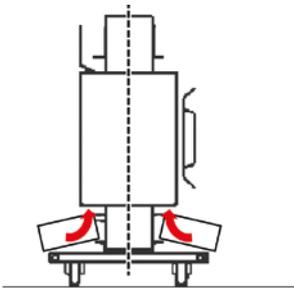
CIRCULATION FORCÉE DE L'AIR AVEC VENTILATEUR

Les transformateurs secs enrobés peuvent être équipés de ventilateur pour augmenter leur puissance. Un refroidissement forcé permet d'atteindre une augmentation de puissance pouvant atteindre jusqu'à 40%. Avec une conception optimale, une valeur supérieure peut être atteinte.

Pour le refroidissement forcé de transformateurs secs enrobés, les variantes suivantes sont disponibles :

Transformateur sec enrobé d'extérieur

- Installation de 2 à 6 ventilateurs sur la barre de fixation inférieure, sur la partie haute tension et basse tension du transformateur.
- Les ventilateurs sont conçus pour une utilisation brève. Si une utilisation durable est souhaitée, cela doit être spécifié.



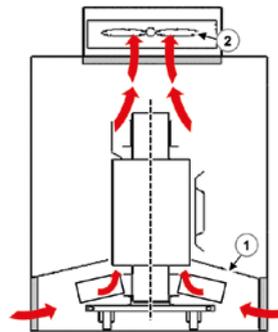
- Courant lors de l'installation du transformateur sans enveloppe.
- L'augmentation de puissance moyenne est ici de 40 %. Cela signifie qu'un transformateur en résine enrobée avec une puissance de 1000 kVA AN (refroidissement naturel) peut absorber une puissance de 1400 kVA avec des ventilateurs.

SGB-SMIT a déjà éprouvé cette augmentation de puissance grâce à des ventilateurs dans de nombreux processus thermiques.

Montage d'un transformateur sec enrobé dans une enveloppe avec un type de protection \leq IP33

Si le transformateur sec enrobé est intégré dans une enveloppe ou s'il se trouve dans un espace plus ou moins fermé, il convient de garantir une ventilation suffisante. Pour l'enveloppe, cela dépend essentiellement du type de protection choisi.

Les plaques de guidage d'air (1) sont fabriquées de sorte à couvrir l'espace libre entre la paroi de l'enveloppe et le transformateur. Ainsi, lorsque les ventilateurs (2) sont utilisés, l'air extérieur froid est aspiré par le transformateur et ses bobines.



D'autres ventilateurs, qui seront actionnés si nécessaire, peuvent être montés ici.

Si les solutions présentées ne répondent pas à vos exigences, nous élaborons ensemble des solutions spécialement adaptées.

N'hésitez pas à nous contacter.

TEMPÉRATURE DE L'AIR DE REFROIDISSEMENT

Les conditions climatiques, comme les grands froids en hiver ou les rayonnements solaires intenses en été, doivent être pris en compte. La pièce où se trouve le transformateur doit être climatisée en conséquence.

Dans les pièces climatisées, il convient d'éviter que l'air refroidi provenant de la climatisation soit soufflé directement sur les bobines chaudes. Cette différence de température extrême peut provoquer l'apparition de fissures sur les bobines, ce qui peut, dans le pire des cas, entraîner une panne du transformateur sec enrobé.

Si l'air de refroidissement est fortement encrassé, il doit être filtré.

Les transformateurs secs enrobés sont conçus conformément aux normes applicables pour les valeurs d'air de refroidissement suivantes :

La température de l'air de refroidissement n'est jamais supérieure à :

- 40°C [jamais]
- 30°C en moyenne mensuelle lors des mois les plus chauds
- 20°C en moyenne annuelle

La température de l'air de refroidissement n'est jamais inférieure à :

- -25°C pour les transformateurs en extérieur
- -5°C pour les transformateurs en intérieur

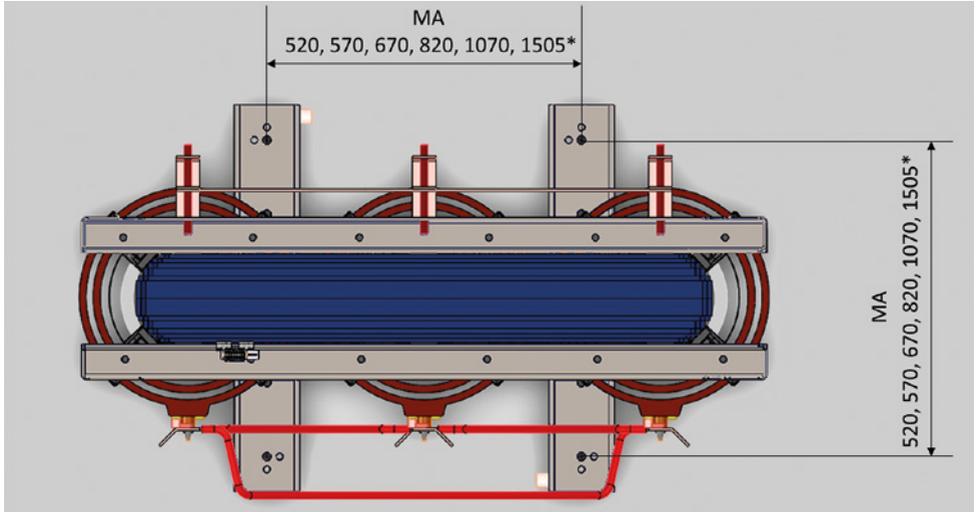
Des températures plus basses sont possibles sur demande.

Si les températures ambiantes diffèrent des valeurs définies dans la norme, celles-ci doivent être signalées pour pouvoir être prises en compte lors de la conception du transformateur. Par exemple, si des températures ambiantes supérieures ne sont pas prises en compte, cela peut avoir un effet négatif sur la durée de vie.

Température ambiante (moyenne annuelle)	Capacité du transformateur
-20°C	124%
-10°C	118%
0°C	112%
+10°C	106%
+20°C	100%
+30°C	93%

5.8.CONFIGURATIONS DU CHÂSSIS

Le châssis est disponible avec différentes largeurs de voie. Il peut être équipé de roulettes ou de pieds de machine. Nous pouvons également élaborer ensemble des solutions spécifiques.

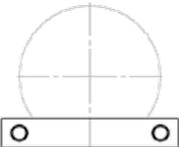


*Tailles standards : des largeurs de voies spéciales sont possibles sur demande

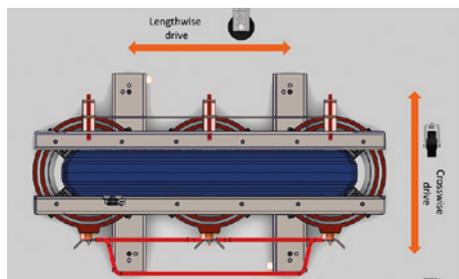
ROULEAUX

Les rouleaux sont disponibles dans différentes hauteurs et différents matériaux. Des dispositifs de blocage sont présents pour éviter tout roulement.

Roulettes (4 / transformateur)	Hauteur [mm]	Matériau	Capacité de charge max.
	125	Plastique	2,5 t
	125	Acier	2,5 t
	160	Acier	3,6 t
	200	Acier	6,3 t

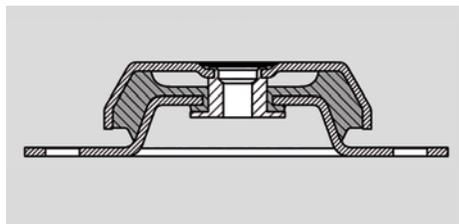
Dispositif de blocage des roulettes (2 / transformateur)			Hauteur [mm]
			125
			160
			200
			200 avec roulettes plates

L'orientation des roulettes est réglable. En fonction de l'installation sur le châssis, le transformateur est en position pour un déplacement longitudinal ou transversal.



PIEDS DE MACHINE

Les pieds de machines servent également d'amortisseurs de vibrations. Ils jouent aussi le rôle d'isolant vis-à-vis de la formation de bruit. Le corps en caoutchouc dans l'amortisseur de vibration peut supporter max. 5100 kg.



Pied de machine vu en coupe

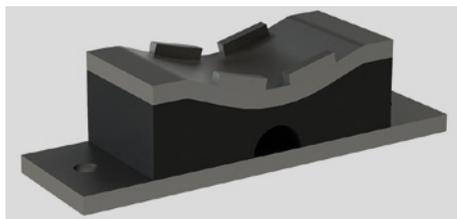
SUPPORT DE TRANSFORMATEUR

Lorsque le transformateur est placé directement au sol et pas sur des rails isolés, les ondes générées par le transformateur engendrent des bruits désagréables et des vibrations non souhaitées dans l'environnement.

Le support de transformateur sert de protection contre le roulement ainsi que d'amortisseur des bruits et des vibrations engendrés par le transformateur.

L'amortissement des bruits et des vibrations est obtenu grâce à la séparation constructive des parties inférieure et supérieure grâce à un élément d'amortissement spécial. Le caoutchouc est comprimé sous le poids du transformateur, de sorte à obtenir un amortissement des oscillations transversales et un amortissement horizontal.

Le support de transformateur est sélectionné en fonction de la capacité de charge. En cas de contraintes mécaniques élevées, par ex. avec une utilisation sur un navire ou une excavatrice, dans des éoliennes, dans des zones sismiques, etc., des mesures constructives complémentaires sont nécessaires. En cas d'installation d'un transformateur sur un support en caoutchouc, la compression doit être prise en compte, car la position des raccords peut s'en trouver modifiée. Cela s'avère critique dans le cas d'un raccordement d'un transformateur à un système de rails existant.



Support de transformateur

6. DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ



6.1. MISE À LA TERRE

Une mise à la terre (liaison équipotentielle) du noyau et des pièces métalliques du transformateur sec enrobé est indispensable. Pour cela, un raccordement pour la mise à la terre est présent de série sur le cadre. Les exigences peuvent naturellement être prises en compte, comme une mise à la terre sur la barre de fixation.

Pour la mise à la terre des bobines lors du déverrouillage du transformateur, des boules d'ancrage peuvent être installées sur les bornes de ligne :

- 20 mm de diamètre
- 25 mm de diamètre
- droite
- coudée

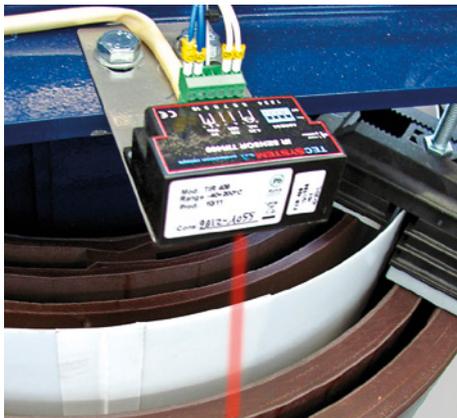


De plus, des sectionneurs de terre peuvent être installés sur le côté raccordement basse tension et sur le côté raccordement haute tension des bobines ou, dans le cadre d'un raccordement par câble haute tension, sur le mur.

La mise à la terre ou la liaison équipotentielle sur le transformateur doit être raccordée conformément et contrôlée. Les couples de serrage des vis de fixation et la section transversale minimale des lignes de raccordement de la liaison équipotentielle doivent être respectés. La section transversale du conducteur d'équipotentialité doit être au minimum de la même taille que la plus grande section transversale du conducteur de protection de l'installation et d'au moins 6 mm² de cuivre pour des raisons mécaniques.

Affectation des sections transversales minimales des conducteurs de protection et neutre par rapport à la section transversale du conducteur externe selon VDE 0100-540.

6.2.SURVEILLANCE THERMIQUE



Thermométrie sans contact

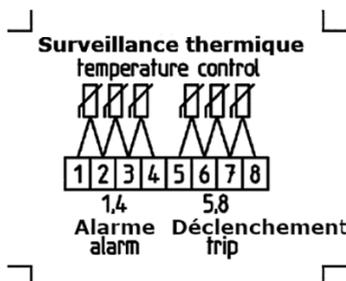
Sous certaines conditions, un transformateur sec enrobé peut être surchargé, comme ceux des types remplis à huile.

Avec les transformateurs secs enrobés, le système de surveillance de la température, qui arrête le transformateur pour une température de réponse nominale définie, est limité pour la capacité.

La surveillance de la température à l'aide de capteurs PTC (les résistances de leur valeur de résistance sont modifiées rapidement lorsque la température de réponse est atteinte) est généralement prévue pour chaque transformateur sec enrobé. Des capteurs sont intégrés dans la bobines basse tension et en sélectionnant les températures de réponse adaptées, ils protègent aussi les bobines haute tension coulées enveloppées de vide contre des températures élevées non admises, qui peuvent survenir en cas de surcharge, de refroidissement insuffisant et de chaleur ambiante élevée.

- À la demande du client, des capteurs PT100 ainsi qu'une surveillance du noyau à l'aide de PT100 ou PTC sont possibles.
- Une thermométrie sans contact est également disponible.

En général, la surveillance s'effectue en 2 étapes :



Avertissement

Ce système indique un dépassement de la température qui est à la base d'une durée de vie normale, c'est-à-dire la charge nominale continue à une température du fluide de refroidissement de 20°C. Il doit avertir l'exploitant et entraîner des mesures de décharge.

Déclenchement

Ce deuxième système est basé sur la température limite de la classe de température déclarée. Le transformateur doit être stoppé. Toute utilisation avec une température trop élevée entraîne une diminution de la durée de vie. Les lignes des trois résistances (ici, dans l'exemple 1, capteur par phase) sont montées en série sur une barrette à bornes. De là, un raccordement à ligne bifilaire est effectué avec l'appareil d'évaluation qui est fourni en vrac pour un montage libre dans l'installation de commutation.

6.3. COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM)

Lorsqu'ils sont utilisés, les transformateurs génèrent des champs électrique et magnétique. Ces champs électromagnétiques peuvent atteindre des valeurs dont l'évaluation est soumise aux lois locales de protection contre les immisions.

Valeurs limites installation basse fréquence avec champs de 50 Hz sur le lieu d'impact* selon la directive 26. BImSchV :

- Intensité du champ électrique 5 kV/m
- Induction magnétique 100 μT

*Le lieu d'impact est le lieu avec l'exposition la plus forte sur lequel une présence humaine, pas uniquement temporaire, est observée.

Le champ électrique en dehors du transformateur sec enrobé et de ses raccordements sont sans en grand effet en dehors de la cellule du transformateur. L'enveloppe de protection des transformateurs secs enrobés SGB-SMIT agit comme une cage de Faraday. Cela s'applique également plus largement aux plafonds et aux parois des cellules du transformateur dans la mesure où elles ne sont pas composées de matériaux isolants électriquement.

Les champs rayonnés du transformateurs peuvent être à l'origine de pannes qui proviennent de trois principales sources :

- Champ rayonné en marche à vide
- Champ rayonné provenant des lignes de raccordement
- Champ rayonné provenant de bobines parcourues par du courant

Le champ rayonné de marche à vide est trop négligeable. Les bobines parcourues par du courant de charge engendrent la plus grande quantité de champ rayonné, qui est superposé au champ des branchements côté basse tension.

Le champ magnétique autour des raccordements basse tension domine le niveau de l'ensemble du champ.

Pour le raccordement du transformateur, une compensation du champ grâce à passage double des conducteurs basse tension avec une affectation des phases à symétrie ponctuelle est recommandée, le cas échéant. Selon l'IEC 60076, les transformateurs sont considérés comme des éléments passifs en matière d'émission et d'immunité électromagnétiques et un marquage CE n'est pas autorisé.

D'après les mesures et les calculs, le champ magnétique autour des transformateurs secs enrobés est inférieur à la valeur limite définie par la loi allemande [26. BImSchV].

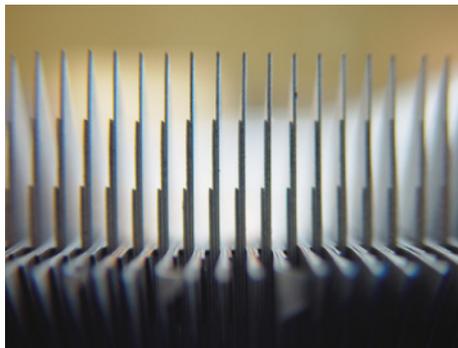
Dans certaines conditions de mesure définies, le champ magnétique d'un transformateur sec enrobé s'élève par ex. à 630 kVA / 20 kVA - 0,4 kV selon des mesures propres à une distance de 2 m par rapport à la surface en résine enrobée de la bobiné env. 5 μT .

Limites techniques d'interférence :

- Stimulateurs cardiaques 50 Hz, 4 – 6 μT
- Aides auditives 50 Hz, 2 – 20 μT
- Électrocardiogramme 50 Hz, 0,4 μT

La loi 26. BImSchV s'applique aux « installations fixes de transformation et de conduction d'électricité ». Elle comprend dans son champ d'application les « installations de transformation du courant, champs de commutation compris, avec une fréquence de 50 hertz et une haute tension de 1000 volts ou plus ». Les transformateurs de puissance devant être considérés comme des composants d'un système global, c'est-à-dire une installation correspondante, ceux-ci sont exclus de cette directive.

6.4. BRUITS



Step lap

Les bruits sont produits par magnétostriction de la tôle du noyau. Sur les transformateurs de distribution, ils dépendent essentiellement de l'induction. La diminution des bruits rayonnants dans l'air ambiant du transformateur prend de plus en plus d'importance. Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT sont proposés avec des pertes et des bruits réduits, notamment en version normale selon DIN EN 50588.

En plus du choix de l'induction et du matériau du noyau, le tenon des châssis et des culasses dans le procédé « step lap » influencent grandement le comportement au bruit du transformateur.

Les niveaux de pression et de puissance acoustique ainsi que la façon dont la mesure du bruit est effectuée sont définis dans DIN EN 60076-10.

Les bruits de fonctionnement du transformateur sec enrobé se propagent sur le site en tant que bruits aériens et solidiens, où d'autres mesures de réduction des bruits sont utilisées pour chaque forme de bruit.

BRUIT AÉRIEN

Le bruit aérien dépend de :

- La surface totale de la pièce du transformateur
- La surface du transformateur
- Le coefficient d'absorption du bruit des matériaux de construction utilisés

Réduction du bruit aérien :

- Réduction de la réflexion du bruit par le revêtement de la pièce du transformateur, par ex. fibre
- Réduction du niveau de pression acoustique de la pièce du transformateur plus la paroi extérieure est épaisse
- Réduction continue du niveau de pression acoustique avec l'éloignement

BRUIT SOLIDIEN

Le bruit solidien est une transmission des bruits via les surfaces de contact du transformateur avec le sol sur les murs et d'autres parties de la pièce du transformateur.

Réduction du bruit solidien :

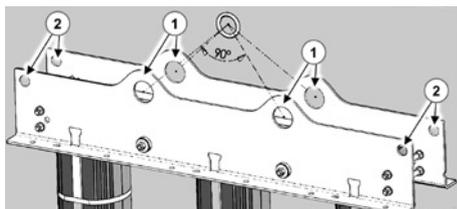
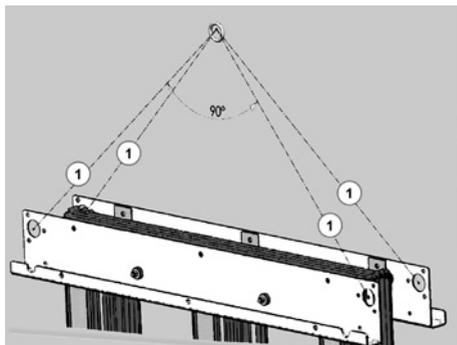
- Bandes d'expansion intermédiaires sur le raccordement basse tension en tant que protection contre la transmission des bruits solidiens
- Isolation des bruits solidiens pour optimiser l'isolation de la pièce, par exemple support de transformateur, pieds de machine

7. TRANSPORT



7.1. DISPOSITIFS DE LEVAGE SUR LE TRANSFORMATEUR

Quatre anneaux de levage ou d'arrimage se trouvent sur la barre de fixation.



Anneaux de levage et œillets d'arrimage sur la barre de fixation supérieure

- 1 Anneaux de levage pour lever le transformateur
2. Œillets d'arrimage

Version 1

Les anneaux de levage (1) se trouvent sur les bords extérieurs de la barre de fixation supérieure.

Dans cette version, les anneaux de levage servent également d'œillets d'arrimage.

Version 2

Pour les grands transformateurs, il est possible de réaliser les anneaux de levage et les œillets d'arrimage séparément. Dans ce cas, les œillets d'arrimage (2) sont toujours sur les bords extérieurs de la barre de fixation. Les anneaux de levage (1) sont disposés au centre.

7.2. EXIGENCES CONCERNANT LES VÉHICULES DE TRANSPORT

Les véhicules de transports doivent satisfaire aux exigences mentionnées ci-après :

- État technique parfait
- Respecte de toutes les dispositions légales
- Suspension pneumatique
- Conception fermée (véhicule bâché)
- Peut être chargé par le haut (le corps et la bache doivent pouvoir être temporairement démontés)
- Au moins quatre sangles d'arrimage (selon DIN EN 12195-2) et quatre tapis antidérapants d'au moins 8 mm d'épaisseur pour chaque transformateur à transporter
- Posséder des œillets d'arrimage en nombre suffisant (au moins quatre par transformateur)

7.3. POSSIBILITÉS DE CHARGEMENT DES TRANSFORMATEURS

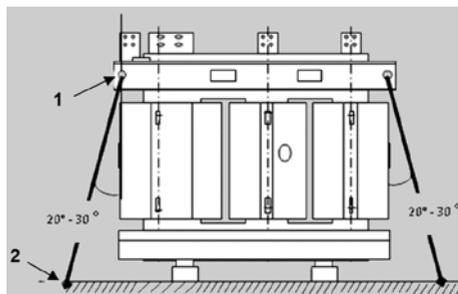
- Avec une grue
- Avec un chariot élévateur dans le cas d'une version spéciale du châssis

7.4. FIXATION DU TRANSFORMATEUR AU VÉHICULE DE TRANSPORT

Le chargement doit être positionné et les forces d'inertie survenant pendant le transport doivent être sécurisées. Pendant le déplacement, des contraintes s'appliquent longitudinalement (forces générées par l'accélération et le freinage), transversalement (forces dans les virages) et verticalement (forces en cas de passage sur des aspérités du sol) par rapport au sens de déplacement sur la cargaison.

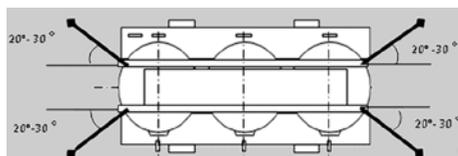
Le transformateur doit être fixé avec quatre sangles d'arrimage (accessoires du transporteur ou du véhicule) sur quatre œillets d'arrimage de la barre de fixation supérieure avec un angle d'ancrage d'env. 30 degrés vers le bas et sur les œillets d'arrimage du véhicule.

Choisir des dispositifs de fixation de charge conformes à DIN EN 12195-2.



Arrimage du transformateur

1. Œillets d'arrimage sur le transformateur
2. Œillets d'arrimage du véhicule



8. ASSURANCE QUALITÉ



QUELQUES DISPOSITIFS DE TEST

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT sont conçus et fabriqués de façon standard conformément à la norme IEC 60076-11. Chez SGB-SMIT, les contrôles définis dans la norme sont réalisés sur un de nos bancs d'essai modernes :

Essais individuels

- Essai avec tension de tenue à fréquence industrielle appliquée
- Mesure de la transformation en tension et contrôle du décalage de phase
- Mesure de la résistance des bobines
- Essai avec tension de tenue à fréquence industrielle induite
- Mesure de décharge partielle
- Mesure des pertes à vide et du courant de marche à vide
- Mesure de l'impédance en court-circuit
- Contrôle du capteur de température

Contrôles de type

- Contrôle de la tension de choc de foudre avec MarxGenerator jusqu'à 400 kV et une énergie de charge de 20 kJ
- Mesure du chauffage





Autres contrôles

- Mesure des harmoniques du courant de marche à vide en % de la composante fondamentale
- Mesure de la courbe caractéristique de magnétisation
- Mesure de la réactance de commutation
- Mesure de la résistance d'isolation
- Mesure de décharge partielle selon une procédure de contrôle supplémentaire
- Détermination du niveau acoustique de marche à vide évalué A à l'aide d'une procédure de pression acoustique
- Détermination des capacités des bobines par rapport à la terre et entre les bobines ainsi que les facteurs de perte ($\tan \delta$)
- SFRA (Sweep Frequency Response Analysis)
- Mesure de la fréquence de résonance électrique
- Mesure du bruit solidien (mesure des vibrations)

Mesure du bruit

- La chambre de mesure de bruit a une longueur de 10 m et une hauteur de 5 m. Le niveau de base est de 37 dB(A).



Justificatif des classes climatique et environnementale

- Possibilité de test jusqu'à la classe climatique C5
- Possibilité de test jusqu'à la classe environnementale E4

Les transformateurs secs enrobés SGB-SMIT sont livrés dans plus de 50 pays. Les normes pertinentes dans ces pays, comme ANSI, IEEE, GOST, sont respectées lors de la conception, la fabrication et le contrôle.

CONTRÔLES DÉTAILLÉS PAR DES ORGANISMES EXTERNES

Nous pouvons effectuer des mesures détaillées pour les principaux domaines techniques grâce à notre collaboration avec des organismes externes.

- Contrôle du comportement au feu (essai destructif)
- Test de court-circuit dynamique selon IEC et GOST
- Compatibilité électromagnétique CEM
- Analyse des gaz de fumée ou du gaz de carbonisation
- Test de vibration

SPÉCIFICITÉS

SGB-SMIT est le premier fabricant de transformateurs au monde qui possède ses propres dispositifs d'essai pour les classes climatique et environnementale.

9. PLANIFICATION DE LA LISTE DE CONTRÔLE

MESURES DE PLANIFICATION

(Instructions provenant de IEC 60076-11)

- Limiter l'accès au transformateur pour éviter le contact avec des pièces sous tension ou chaudes et limiter la présence de personnes en cas de panne.
- Le système de refroidissement doit être suffisamment dimensionné pour maintenir la température de l'air ambiant sous la limite supérieure spécifiée.
- Respecter le degré d'encrassement de l'air ambiant du transformateur (prévoir éventuellement une enveloppe de protection contre la poussière, le sel, l'humidité, etc.).
- Garantir le fonctionnement de la ventilation de l'enveloppe de protection.
- Prévoir une protection suffisante contre les surtensions transitoires, qui sont générées par le système ou par les impacts de foudre.
- Définir la protection contre la surtension et la protection inhérente contre les courts-circuits du transformateur.
- Respecter les autres mesures de protection sur le transformateur (contacts sur les appareils d'affichage de la température) et sur l'installation (relais, fusibles, etc.).
- Prendre en compte les dangers et les conséquences d'un incendie qui pourrait démarrer du transformateur ou à partir d'un autre lieu. Prendre les mesures de protection qui s'imposent.
- Limiter les émissions acoustiques en dehors de l'installation.
- Éviter la formation et l'accumulation de gaz.
- Garantir une protection contre les émissions par des champs magnétiques (essentiellement pas des câbles ou des lignes) en dehors de l'installation grâce à un blindage dans l'installation ou par un éloignement suffisant.

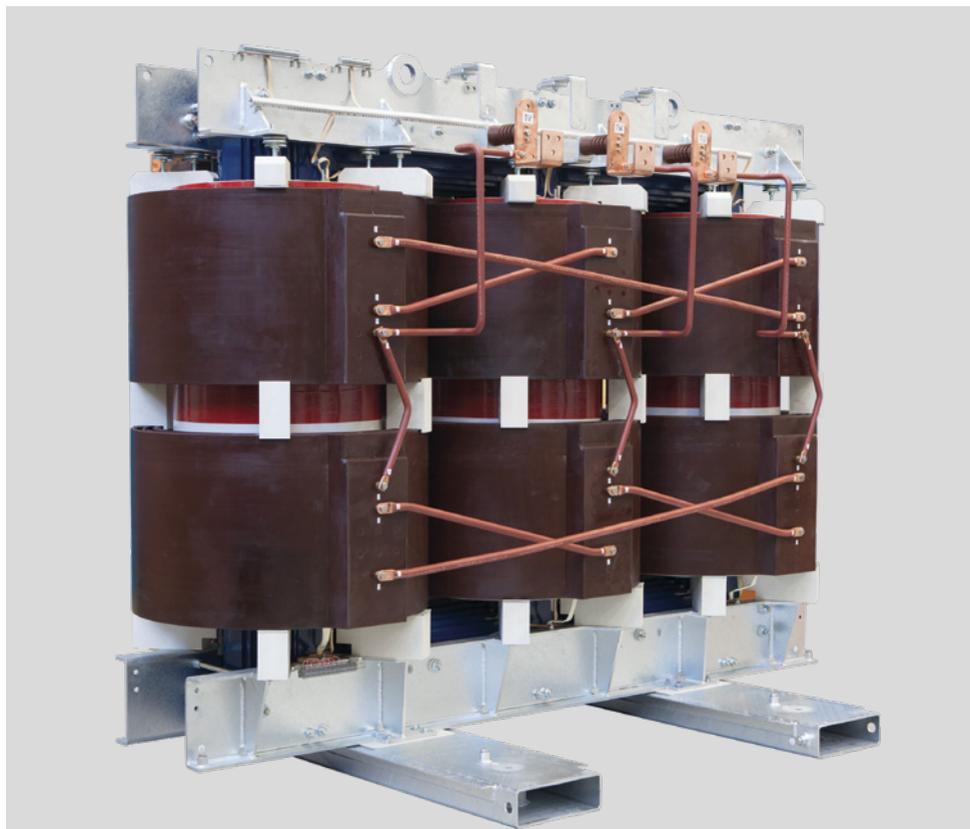
La liste ne prétend pas être exhaustive. Il s'agit uniquement de suggestions.

10. CERTIFICATION

SGB ne satisfait pas seulement aux normes du point de vue de la technique de production et de la sécurité du travail, mais aussi à ses propres exigences importantes. De plus, elle n'hésite pas à faire face même aux exigences environnementales, ce qu'attestent distinctions et certificats remis par divers organismes de certification.



Tous les certificats sont renouvelés à intervalles réguliers



Jusqu'à

25 MVA

PUISSANCE
NOMINALE

Jusqu'à

36 KV

TENSION DE
FONCTIONNEMENT

Jusqu'à

200 KV

NIVEAU
D'ISOLEMENT

 **STARKSTROM-GERÄTEBAU GMBH**
Ratisbonne • Allemagne
Tél +49 941 7841-0

 **SÄCHSISCH-BAYERISCHE
STARKSTROM-GERÄTEBAU GMBH**
Neumark • Allemagne
Tél +49 37600 83-0

 **ROYAL SMIT TRANSFORMERS B.V.**
Nimègue • Pays-Bas
Tél +31 24 3568-911

 **ROYAL SMIT TRANSFORMER SERVICE**
Nimègue • Pays-Bas
Tél +31 24 3568-626

 **RETRASIB SRL**
Sibiu • Roumanie
Tél +40 269 253-269

 **SGB ELECTROALFA SRL**
Botoșani • Roumanie
Tél +40 758 100171

 **SGB CZECH TRAFO S.R.O.**
Olomouc • République Tchèque
Tél +420 605 164860

 **BCV TECHNOLOGIES S.A.S.**
Fontenay-le-Comte • France
Tél +33 251 532200

 **SGB-USA INC.**
Louisville, OH • États-Unis
Tél +1 330 871-2444

 **OTC SERVICES INC.**
Louisville, OH • États-Unis
Tél +1 330 871-2444

 **SOUTHWEST ELECTRIC CO.**
Oklahoma City, OK • États-Unis
Tél +1 405 869 1100
Nashville, TN • États-Unis
Tél +1 615 248 6700

 **SGB MY SDN. BHD.**
Nilai • Malaisie
Tél +60 6 799 4014

 **SGB TRANSFORMERS INDIA PVT. LTD.**
Chennai • Inde
Tél +91 44 45536147

 **SGB CHINA**
Changzhou • R.P. Chine
Tél +86 519 82999000

