

Manuel

Transformateurs
à diélectrique
liquide ≤ 3150 kVA

Modèle respirant
et hermétique



Lire les
instructions
avant de
commencer
vos projets!

**Rauscher
Stoecklin**

A company of R&S



**We guarantee
energy**



RAUSCHER
STOECKLIN

Sommaire

1 Généralités	6
1.1 Informations sur ce manuel	6
1.2 Explication des symboles	6
1.3 Limite de responsabilité	7
1.4 Protection des droits d'auteur	7
1.5 Conditions de garantie	7
1.6 Service client	7
2 Sécurité	8
2.1 Utilisation conforme à l'usage prévu	8
2.2 Dangers fondamentaux	8
2.3 Responsabilité de l'exploitant	8
2.4 Qualifications	9
2.5 Équipement de protection des personnes	9
2.6 Signalisation sur le transformateur	10
2.7 Pièces de rechange	11
3 Données techniques	12
3.1 Transformateurs de distribution à faible rayonnement	13
3.2 Transformateurs de distribution avec huiles biologiques	16
3.3 Transformateurs de distribution réglables	18
3.4 Transformateurs de distribution amorphes AMDT	20
3.5 Bacs à huile pour transformateurs	23
4 Structure et fonctionnement	29
4.1 Structure de base	29
4.2 Transformateurs hermétiques versus transformateurs respirants	30
4.3 Transformateurs enrobés dans la résine versus transformateurs à l'huile	31
4.4 Sécurité sismique	32
4.5 Fonction	36
4.6 Options et accessoires	38

5 Transport, mise en service, stockage	40
5.1 Transport et stockage	40
5.2 Mise en service	41
5.3 Test de fonctionnement du relais Buchholz	43
6 Installation	44
6.1 Lieu d'installation	44
6.2 Installation	45
6.3 Raccordement électrique	47
6.4 Fonctionnement en parallèle	47
6.5 Protection	49
7 Exploitation	52
7.1 Régulation de la tension	52
7.2 Capacité de surcharge	52
7.3 Charge du transformateur avec harmoniques	54
7.4 Perturbations	54
8 Maintenance	57
8.1 Plan de maintenance	57
8.2 Prélèvement d'échantillons d'huile	58
9 Élimination	59

1 Généralités

1.1 Informations sur ce manuel

Les présentes instructions permettent l'utilisation sûre et efficace du transformateur.

Le personnel doit avoir lu attentivement et compris l'intégralité de ces instructions avant de commencer tout travail. La condition de base pour travailler en toute sécurité est le respect de toutes les consignes de sécurité et instructions de manipulation décrites dans ce manuel.

Ce dernier est valable pour les types indiqués en couverture.

Les illustrations de ce manuel servent à la compréhension générale et peuvent différer du modèle réel.

Si vous avez besoin d'informations supplémentaires ou si des problèmes particuliers non abordés dans le présent document surviennent, contactez le fabricant.

1.2 Explication des symboles

Consignes de sécurité

	DANGER!	Ce symbole et cette mention d'avertissement combinés indiquent une situation de danger immédiat qui, si elle n'est pas évitée, entraîne des blessures graves ou la mort.
	AVERTISSEMENT!	Ce symbole et cette mention d'avertissement combinés indiquent une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, peut entraîner la mort ou des blessures graves.
	ATTENTION!	Ce symbole et cette mention d'avertissement combinés indiquent une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, peut entraîner des blessures mineures ou légères.
	REMARQUE!	Ce symbole et cette mention d'avertissement combinés indiquent une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, peut entraîner des dommages matériels et environnementaux.

Conseils et recommandations



CONSEILS!

Ce symbole et cette mention d'avertissement combinés mettent en évidence des conseils et des recommandations utiles, ainsi que des informations pour un fonctionnement efficace et sans problème.

Consignes de sécurité particulières



DANGER

Ce symbole et cette mention d'avertissement combinés indiquent une situation de danger immédiat due au courant électrique. Le non-respect d'une telle indication peut entraîner des blessures graves, voire mortelles.

1.3 Limite de responsabilité

Toutes les indications et les remarques figurant dans le présent manuel ont été élaborées en tenant compte des normes et prescriptions applicables, de l'état de la technique et de nos connaissances et expériences acquises au fil des années.

Le fabricant décline toute responsabilité pour les dommages survenus dans les cas suivants:

- Non-respect de ce manuel
- Utilisation non conforme à l'usage prévu
- Emploi de personnel non formé
- Transformations arbitraires
- Modifications techniques
- Utilisation de pièces de rechange non autorisées

Le contenu effectif de la livraison peut différer des explications et des représentations décrites ici en cas d'exécutions spéciales, de recours à des options de commande supplémentaires ou en raison de modifications techniques récentes.

Les obligations convenues dans le contrat de livraison, les conditions générales de vente ainsi que les conditions de livraison du fabricant et les réglementations légales en vigueur au moment de la conclusion du contrat s'appliquent.

1.4 Protection des droits d'auteur

Le contenu de ce manuel est protégé par des droits d'auteur. Son utilisation est autorisée dans le cadre de l'utilisation de l'appareil. Toute utilisation dépassant ce cadre est proscrite sans l'autorisation écrite préalable du fabricant.

1.5 Conditions de garantie

Les conditions de garantie sont indiquées dans les conditions générales de vente du fabricant.

1.6 Service client

Notre service client se tient à votre disposition pour tout renseignement technique.

En outre, nous sommes toujours intéressés par les informations et expériences issues de l'utilisation et susceptibles de nous aider à améliorer nos produits.

Rauscher & Stoecklin AG

Reuslistrasse 32, 4450 Sissach

Téléphone: +41 61 976 34 00

info@raustoc.ch, the-rsgroup.com



2 Sécurité

2.1 Utilisation conforme à l'usage prévu

Le transformateur est utilisé pour convertir la tension électrique, généralement du niveau de réseau 5 (moyenne tension) au niveau de réseau 7 (basse tension). Le transformateur est utilisé dans des postes de transformation ou de manière stationnaire sur des postes montés sur poteau. La fiche technique et la plaque signalétique indiquent l'utilisation correcte du transformateur en ce qui concerne la puissance, les tensions, les courants, le couplage de transformateurs triphasés, l'installation (à l'air libre ou à l'intérieur), la hauteur d'installation, etc. L'utilisation conforme implique également le respect de toutes les données figurant dans ce manuel. Toute utilisation outrepassant l'utilisation prévue ou tout autre type d'utilisation sont considérés comme non conformes.



AVERTISSEMENT! DANGER EN CAS D'UTILISATION NON CONFORME!

Une utilisation non conforme du transformateur peut être à l'origine de situations dangereuses. Est notamment considérée comme une utilisation non conforme:

- L'exploitation avec une puissance permanente plus élevée
- L'exploitation avec une tension plus élevée
- L'exploitation avec une autre fréquence
- La mise en parallèle de transformateurs avec différents symboles de couplage
- La manipulation des réglages des dispositifs de surveillance ou leur mise hors service
- Le retrait des panneaux et des avertissements
- Les contraintes mécaniques au niveau des raccords
- Le retrait de scellés ou le desserrage de vis dotées de vernis de blocage
- La remise en service de transformateurs défectueux

2.2 Dangers fondamentaux

Le paragraphe suivant décrit les risques résiduels susceptibles d'émaner de l'appareil, même en cas d'utilisation conforme. Afin de réduire les risques de dommages corporels et matériels et d'éviter les situations dangereuses, il convient de respecter les consignes de sécurité mentionnées ici ainsi que les consignes de sécurité figurant dans les autres paragraphes de ce manuel.



DANGER! DANGER DE MORT DÙ AU COURANT ÉLECTRIQUE!

Des isolations ou composants défectueux représentent un danger de mort par arc électrique et choc électrique.

- Confier les travaux sur l'installation électrique exclusivement à des électriciens spécialisés
- Avant de commencer les travaux sur des pièces actives d'installations et d'équipements électriques, établir l'état hors tension et l'assurer pour la durée des travaux.

Respecter les cinq règles de sécurité suivantes:

- Déconnecter et séparer tous les pôles
- Empêcher la remise en marche
- Vérifier l'absence de tension
- Mettre à la terre et court-circuiter
- Protéger contre les pièces avoisinantes sous tension

2.3 Responsabilité de l'exploitant

Exploitant: L'exploitant est la personne exploitant elle-même l'appareil à des fins professionnelles ou commerciales ou ayant confié son utilisation/application à un tiers et assumant la responsabilité légale pour la protection de l'utilisateur, du personnel ou de tiers durant l'exploitation.

Obligations de l'exploitant: Les transformateurs se trouvent généralement dans des postes de transformation et des postes sur poteau. Ces postes sont considérés comme des installations à courant fort et sont soumis, en Suisse, à l'ordonnance sur les installations électriques à courant fort 734.2 (ordonnance sur le courant fort).

L'accès à ces lieux est réservé au personnel spécialisé et formé des entreprises exploitantes concernées.

Leurs concepts et consignes de sécurité s'appliquent également.

Les dispositions suivantes s'appliquent notamment:

- L'exploitant doit veiller à ce que toutes les personnes en contact avec l'appareil aient lu et compris le présent manuel. Par ailleurs, il doit former régulièrement le personnel et l'informer des dangers.
- L'exploitant est tenu de mettre à la disposition du personnel l'équipement de protection requis et de donner des instructions contraignantes quant au port de ce dernier.
- L'exploitant doit veiller à ce que les intervalles de maintenance spécifiés dans le présent manuel soient respectés.

2.4 Qualifications

Les différentes tâches décrites dans ce manuel requièrent des qualifications diverses de la part des personnes chargées de leur exécution.



AVERTISSEMENT! DANGER EN CAS DE PERSONNEL INSUFFISAMMENT QUALIFIÉ!

Les personnes insuffisamment qualifiées ne sont pas en mesure d'évaluer les risques liés à l'utilisation de l'appareil et s'exposent, ainsi que d'autres personnes, à des blessures graves ou mortelles.

- Tous les travaux doivent être confiés exclusivement à des personnes qualifiées à cet effet.
- Tenir les personnes insuffisamment qualifiées à l'écart de la zone de travail.

Pour tous les travaux, seul un personnel spécialisé (personne experte ou instruite) selon l'ordonnance sur les installations électriques à courant fort 734.2 (ordonnance sur le courant fort), dont on peut attendre qu'il exécute ces travaux de manière fiable, est autorisé. Les exigences imposées à ces personnes sont décrites dans l'ordonnance sur le courant fort.

Personne experte

Personne ayant une formation de base en électrotechnique (apprentissage, formation équivalente au sein de l'entreprise ou études dans le domaine de l'électrotechnique) et ayant de l'expérience dans la manipulation d'installations électrotechniques.

Personne instruite

Personne sans formation électrotechnique de base capable d'exécuter des activités limitées et clairement définies sur des installations à courant fort et connaissant les conditions locales et les mesures de protection à prendre.

Formation

Seules des personnes aptes et spécialement formées pour travailler sous tension peuvent être engagées pour travailler sur des installations à courant fort sous tension.

Elles doivent justifier d'une formation adaptée et régulière avec suffisamment d'interventions pratiques.

2.5 Équipements de protection des personnes

Les équipements de protection des personnes servent à protéger les personnes contre les atteintes à la sécurité et à la santé au travail.

Toute personne exécutant un travail sur une installation à courant fort doit être équipée en conséquence, conformément à l'ordonnance sur le courant fort. L'équipement comprend notamment (extrait de l'ordonnance sur les courants forts):

- Équipement de protection des personnes offrant une protection suffisante contre le contact avec des pièces sous tension, contre les arcs électriques et les risques mécaniques
- Équipements de contrôle de l'état hors tension
- Matériel pour des délimitations efficaces, barrières, coffrages et marquages
- Dispositifs de mise à la terre capables de résister en toute sécurité au courant de court-circuit prévu jusqu'à sa coupure
- Moyens de communication appropriés

Lors du dimensionnement des dispositifs de mise à la terre pour les lignes aériennes à haute tension, les éventuels sectionneurs de terre aux deux points de coupure peuvent être pris en compte pour les courants de court-circuit à maîtriser.

L'équipement et les moyens auxiliaires doivent être contrôlés périodiquement pour s'assurer de leur fonctionnalité et de leur bon état.

Exigences supplémentaires pour l'équipement lors de travaux sur des installations à courant fort sous tension:

- Les vêtements de travail doivent offrir une protection contre les effets de l'arc électrique et les charges capacitatives dangereuses de l'opérateur.
- Les outils et les moyens auxiliaires doivent être isolés en fonction des plus grandes tensions rencontrées et être construits selon les règles reconnues de la technique.

2.6 Signalisation sur le transformateur

Plaque signalétique

Sur le côté longitudinal ou le côté étroit du transformateur se trouve une plaque signalétique avec les indications suivantes:

- Puissance assignée
- Fréquence assignée
- Numéro de série
- Désignation du type
- Normes
- Année de construction
- Tensions assignées
- Courants assignés
- Tension de court-circuit mesurée
- Symbole de couplage
- Tensions d'isolation assignées
- Courant de court-circuit permanent
- Matériel d'enroulement
- Pertes à vide et en charge mesurées
- Type d'huile
- Poids



Fig. 1: Plaque signalétique

Autres plaques

L'interrupteur n'est pas adapté aux commutations en charge

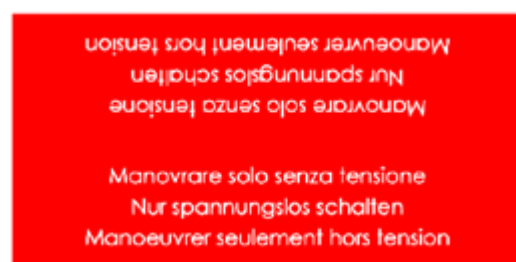


Fig. 2: Plaque d'interrupteur

Uniquement pour les transformateurs hermétique



Fig. 3: Plaques de transformateur hermétique

Uniquement pour les transformateurs à faible rayonnement

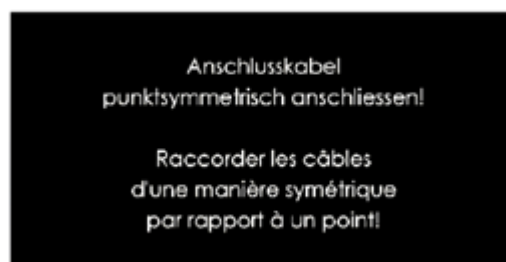


Fig. 4: Plaque de raccordement des câbles

Appliquée à côté de l'orifice de remplissage uniquement pour les liquides isolants spéciaux (p. ex. MIDEL 7131 ou pour les huiles biologiques)



Fig. 5: Plaque liquide spécial (exemple)

2.7 Pièces de rechange



AVERTISSEMENT! RISQUE DE BLESSURE DÙ À L'UTILISATION DE PIÈCES DE RECHANGE INAPPROPRIÉES!

L'utilisation de pièces de rechange inappropriées ou défectueuses peut entraîner des risques pour le personnel et provoquer des dommages, des dysfonctionnements ou une panne complète.

- Utiliser uniquement des pièces de rechange d'origine du fabricant ou des pièces de rechange autorisées par ce dernier.
- Toujours contacter le fabricant en cas de doutes.



CONSEILS!

Perte de garantie

L'utilisation de pièces de rechange non autorisées annule la garantie du fabricant.

Se procurer les pièces de rechange auprès des distributeurs agréés ou directement auprès du fabricant. Les coordonnées sont indiquées à la page 7.

Afin de garantir une réponse rapide et efficace de notre service client, les informations suivantes doivent nous être communiquées:

- N° de série et type (voir plaque signalétique)
- Description détaillée des pièces à remplacer, si possible avec des photos

3 Données techniques

Caractéristiques

- Tension de service jusqu'à 36 kV
- Construction compacte et légère
- Valeurs maximales de pertes selon le règlement (UE) n° 548/2014 (écoconception)
- Régulation de la tension primaire de $\pm 2 \times 2,5\%$ ou selon les indications du client
- Commutation de la tension primaire sur deux niveaux de tension sur demande
- Température ambiante maximale 40 °C, moyenne annuelle 20 °C
- Réchauffement maximal: cuivre 65 K, liquide isolant en haut 60 K, refroidissement à l'air naturel ONAN
- Liquide isolant: huile minérale, autres liquides isolants sur demande
- Hauteur maximale d'installation: 1000 m au-dessus du niveau de la mer (excepté si des valeurs plus élevées sont définies dans la spécification technique)
- Traversées côté haute tension: traversées enfichables selon EN 50180 pour pièce de raccordement d'appareil à cône mâle ou avec traversées en porcelaine selon EN 50180 pour l'installation à l'intérieur ou à l'air libre
- Traversées côté basse tension: traversées en porcelaine selon EN 50386 sans ou avec pièce de raccordement plate
- Modèle à faible rayonnement avec huit traversées BT à symétrie ponctuelle sur demande
- Bac à huile intégré (monté entre la cuve et le châssis) sur demande
- Isolation renforcée et écran de blindage mis à la terre entre les enroulements HT/BT pour charge non sinusoïdale sur demande
- Modèle hermétiquement fermé sans coussin d'air sur demande
- Protection complète hermétique, détendeur, indicateur de niveau de remplissage sur demande

Normes

Le transformateur rempli de liquide répond aux exigences de la version actuellement en vigueur des normes et ordonnances suivantes:

- EN 60076
- EN 50588-1
- UE 548/2014

Chaque transformateur est testé selon la procédure de contrôle interne R&S. Cette procédure se base également sur la version actuellement en vigueur de la norme EN 60076.

Types de construction

Transformateur respirant

Le couvercle dispose de deux orifices de purge par lesquels s'effectue l'échange d'air avec le coussin d'air situé sous le couvercle à l'intérieur du transformateur. Ce coussin d'air est en contact avec le liquide de refroidissement sur toute sa surface. Dans la mesure où l'absorption d'humidité par l'huile est généralement faible dans nos régions au climat relativement sec, la présence du coussin d'air ne constitue aucun inconvénient pour le fonctionnement du transformateur.

Le transformateur respirant peut être équipé d'un vase d'expansion et de dispositifs de surveillance supplémentaires tels qu'un déshumidificateur d'air, un relais Buchholz, etc.

Transformateur hermétique

Grâce à l'absence totale d'air, il n'y a pas de contact direct entre le liquide de refroidissement et l'air, ce qui réduit la maintenance requise liée à la qualité de l'huile. La dilatation de l'huile est absorbée par les ailettes de refroidissement et exerce une charge mécanique supplémentaire sur la cuve. Pour limiter la pression qui survient en cas de charge, les transformateurs hermétique fermés ont besoin d'ailettes plus grandes. Il en résulte un volume d'huile plus important et des dimensions plus importantes.

Transformateur à faible rayonnement

Les sources de champ magnétique du transformateur sont les bobines, les dérivations et les câbles raccordés. Grâce à des mesures très efficaces de guidage du flux de fuite à l'intérieur du transformateur et à la disposition symétrique par rapport à un point des huit passages basse tension, les champs sont réduits au minimum. Il est possible de renoncer à un capot de protection supplémentaire.

Transformateur à noyau amorphe

Par rapport aux noyaux de transformateurs conventionnels stratifiés, le noyau est constitué de films très fins enroulés de tôle à noyau amorphe. Grâce aux taux de pertes nettement plus bas, ce type de construction permet de réduire les pertes à vide de 60 à 70 %. Les transformateurs rendus ainsi très efficaces sur le plan énergétique sont toutefois plus lourds et plus chers à l'achat que les transformateurs conventionnels.

3.1 Transformateurs de distribution à faible rayonnement



Le 1^{er} février 2000, l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) est entrée en vigueur. Elle contient deux valeurs limites différentes:

- Valeur limite d'immission (VLI) = limitation des risques
- Valeur limite de l'installation (VLI) = prévention

Pour les installations électriques telles que les transformateurs et les postes de transformation, nous pouvons limiter l'observation aux champs magnétiques à basse fréquence (50 Hz). Le respect de la VLI s'applique à tous les composants d'une installation en service nominal.

Les mesures visant à éviter les champs sont le choix du site, la disposition spatiale optimisée des équipements, la pose de câbles à symétrie ponctuelle et les composants à faibles émissions.

Les champs magnétiques peuvent également être protégés par des mesures coûteuses telles que des blindages de surface sur les plafonds et les parois. La première approche de la prévention des champs se trouve à la source, le transformateur.

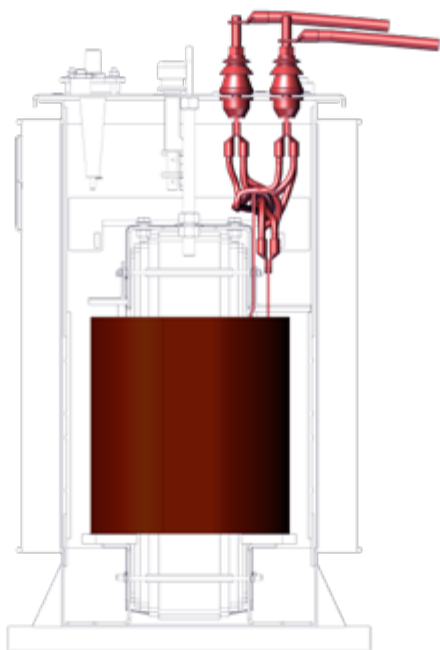
Les sources de champ magnétique dans et sur le transformateur sont les bobines, les dérivations, les traversées et les câbles raccordés.

La règle de base est la suivante:

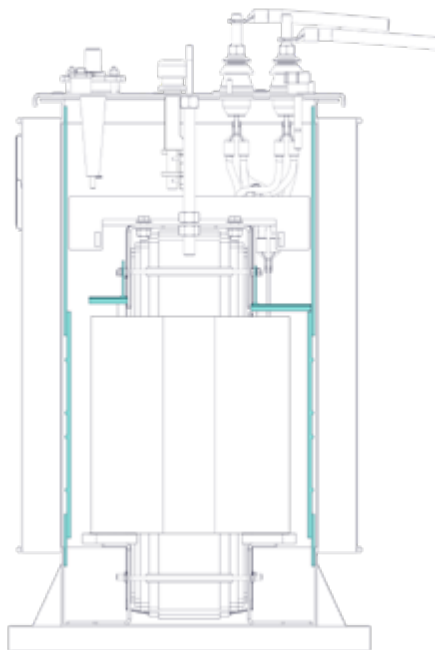
1. lutter contre le flux de fuite là où il survient, et
2. ne pas refouler le flux de fuite, mais le guider.

Dans le cas des bobines, il n'y a aucune possibilité de compenser le champ, des blindages sont alors nécessaires:

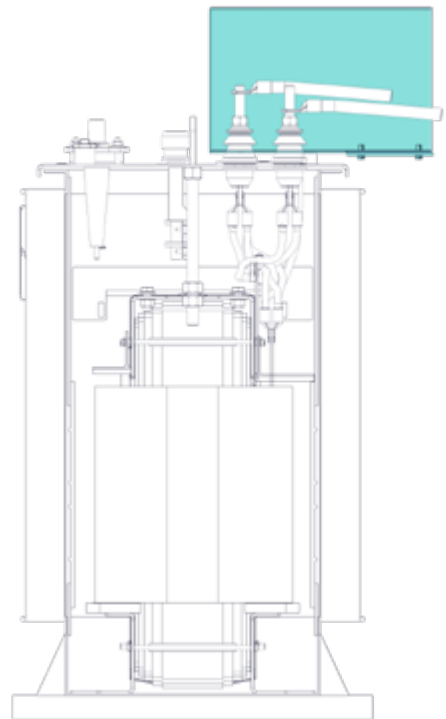
1. Blindages sur la partie active avec guidage du flux de fuite à haute perméabilité au-dessus des bobines et dans la cuve,
2. éventuellement un capot blindé supplémentaire au-dessus des traversées, sachant que, selon l'exécution des mesures sur la partie active, le capot blindé n'apporte pas d'amélioration supplémentaire, mais peut même provoquer une détérioration.



Sources de champ magnétique: bobines, dérivation



Mesures dans le transformateur, guidages de flux de fuite



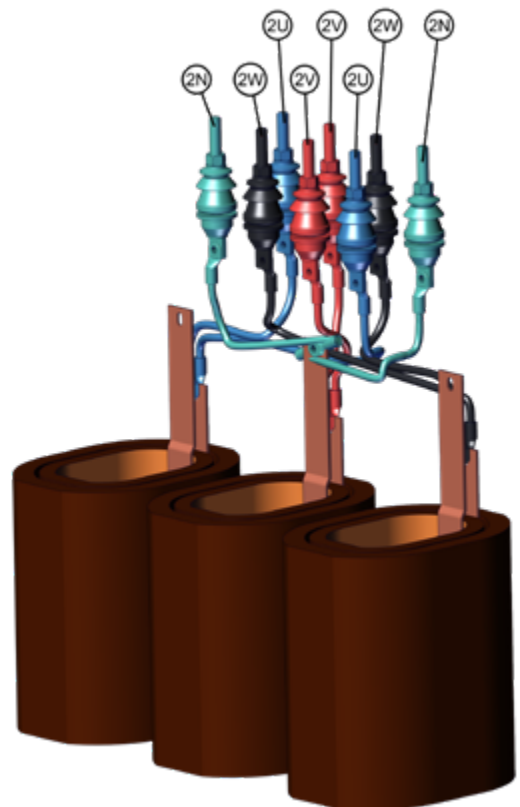
Mesures à l'extérieur du capot blindé

Il est possible de compenser les champs au niveau des dérivation et des traversées par une répartition des phases et une disposition optimisée:

- une réduction de moitié du courant et un champ réduit
- les courants entrants et sortants annulent pratiquement le champ magnétique
- la disposition symétrique par rapport à un point de la traversée entraîne une réduction supplémentaire du champ magnétique



Disposition à symétrie ponctuelle des traversées

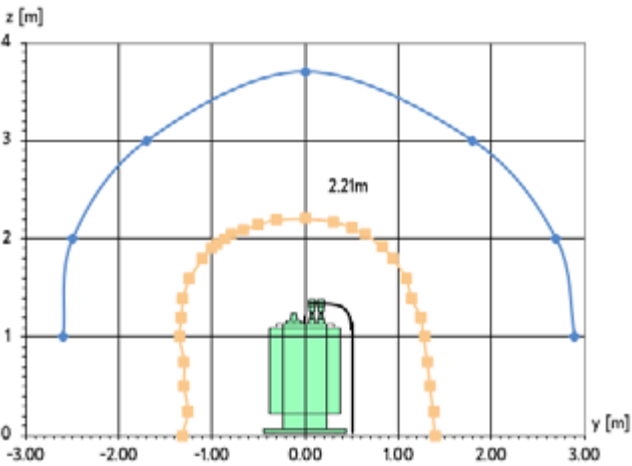
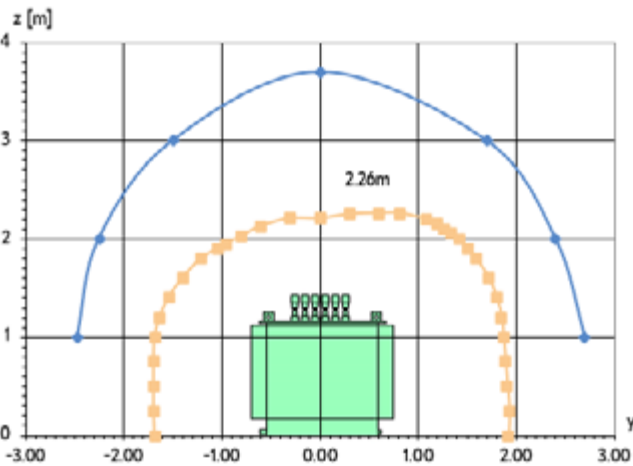


Répartition des phases et réduction de moitié des courants

Pour les transformateurs actuels à faible rayonnement, la valeur 1- μ T du transformateur de 630 kVA ou de 1000 kVA se situe à une hauteur d'environ 2,3 m ou 2,5 m, mesurée à partir du sol. Pour les transformateurs standard, cette

valeur est de 4,0 m ou 4,3 m. Une réduction de près de la moitié a ainsi été réalisée et un optimum a été atteint.

Exemple 630 kVA



Ligne de 1 μ T sur les niveaux x à z ($y=0$ m) à une charge de 100 %

SN (kVA)	160	250	400	630	1000	1250	1600
Valeur de mesure en m (hauteur)	1,84	2,00	2,09	2,26	2,46	2,57	3,10
Valeur de mesure en m (côté)	1,30	1,50	1,60	1,80	2,10	2,20	2,30

Ligne de 1 μ T sur les niveaux y à z ($x=0$ m) à une charge de 100 %

SN (kVA)	160	250	400	630	1000	1250	1600
Valeur de mesure en m (hauteur)	1,84	2,00	2,04	2,21	2,44	2,57	3,10
Valeur de mesure en m (côté)	1,00	1,20	1,30	1,30	1,50	1,60	2,00

Le développement du transformateur à faible rayonnement est en grande partie abouti et de grandes réductions de champ ne sont plus réalisables. Des améliorations mineures sont encore possibles dans une moindre mesure. Les mesures coûteuses ne sont pas envisageable pour des raisons économiques et techniques.

La combinaison de tous les composants dans une installation (TS) détermine toujours le champ magnétique résultant. C'est pourquoi une planification et une exécution globales sont nécessaires.

3.2 Transformateurs de distribution avec huiles biologiques

Liquides isolants écologiques à base d'huiles végétales biodégradables



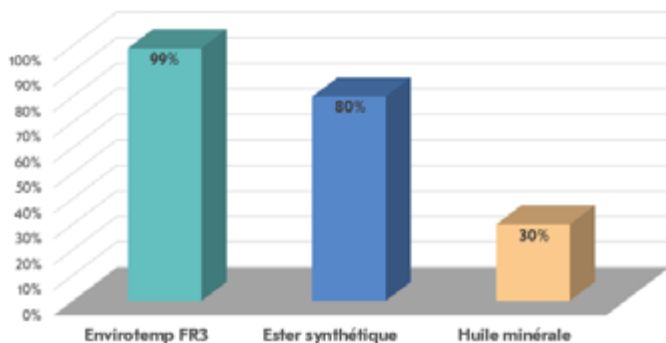
Depuis la fin du 19^e siècle, des liquides isolants à base d'huile minérale sont utilisés dans les transformateurs et sont, aujourd'hui encore, le premier choix incontesté. Cependant, des inconvénients inévitables tels que l'inflammabilité, la compatibilité environnementale et les limites techniques poussent à trouver des alternatives.

Les esters ont fait leur apparition sur le marché au début des années 1980. Ils combinent une faible inflammabilité et une excellente biodégradabilité avec d'autres avantages techniques.

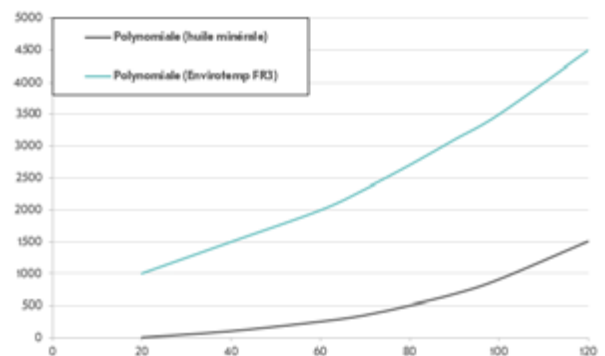
Au début, nous recourions essentiellement à des esters synthétiques, mais les coûts relativement élevés limitent encore leur utilisation à des domaines spécialisés.

Depuis la fin des années 1990, les transformateurs remplis d'esters naturels à base de matières premières renouvelables sont présents sur le marché et gagnent de plus en plus de terrain. Cela est également dû à des coûts supplémentaires relativement faibles.

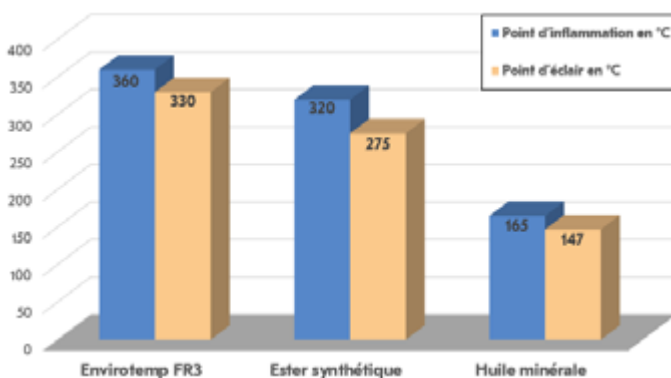
Excellente biodégradabilité



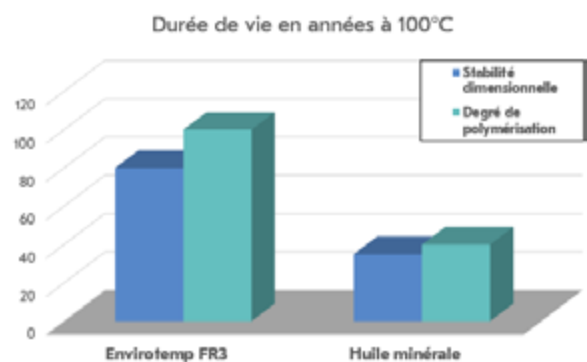
Grande capacité d'absorption de l'eau



Difficilement inflammable



Vieillessement de l'isolation solide



Avantages des esters naturels sur l'exemple d'ENVIROTEMP FR3 à base d'huile de soja

Conclusion

Les matières premières renouvelables et l'excellente biodégradabilité des esters naturels en font des fluides isolants écologiques et considérés comme non toxiques.

Le point d'inflammation et de combustion élevé offre une bonne tenue au feu et une résistance thermique élevée, même pour l'utilisation avec des transformateurs à haute température (classe F).

La grande capacité d'absorption d'eau sèche l'isolation en papier/cellulose. Le papier imprégné d'esters naturels présente un taux de vieillissement plus faible, ce qui se traduit soit par une durée de vie plus longue à charge égale, soit par une capacité de charge plus élevée. Cela permet de compenser les coûts légèrement plus élevés.

Les esters naturels sont utilisables uniquement dans des transformateurs hermétiques.

3.3 Transformateurs de distribution auto-régulants

Transformateurs de distribution auto-régulant à diélectrique liquide avec changeur de prises en charge côté haute tension selon SN EN 60076, SN EN 50588-1 et EU 548/2014; 1 à 36 kV



Caractéristiques

- Changeur de prises en charge triphasé régulé côté haute tension MR Ecotap VPD® avec entraînement motorisé et unité de commande
- Régulation de la tension primaire sur 9 niveaux, tension maximale par niveau de 825 V
- Puissances nominales de 400 à 1000 kVA, 50 Hz
- Tension de service jusqu'à 36 kV
- Modèle hermétique ou respirant
- Modèle pour l'intérieur et l'extérieur
- Température ambiante maximale 40 °C, moyenne annuelle 20 °C
- Réchauffement maximal: cuivre 65 K, huile en haut 60 K, refroidissement à l'air naturel ONAN
- Hauteur d'installation maximale 1000 m au-dessus du niveau de la mer (hauteur d'installation plus élevée sur demande)
- Traversées côté haute tension: traversées enfichables selon EN 50180 pour pièce de raccordement d'appareil à cône mâle ou avec traversées en porcelaine selon EN 50180 pour l'installation à l'intérieur et à l'air libre
- Traversées côté basse tension: traversées en porcelaine selon EN 50386 sans ou avec pièce de raccordement plate
- Essais individuels selon SN EN 60076
- Liquides esters synthétiques et naturels sur demande
- Modèle à faible rayonnement avec huit traversées BT à symétrie ponctuelle sur demande
- Bac de récupération d'huile intégré disponible sur demande (monté entre la cuve et le châssis)
- Isolation renforcée et blindage mis à la terre entre les enroulements HT/BT pour charge non sinusoïdale sur demande
- Version hermétique: protection complète hermétique, détendeur et indicateur de niveau de remplissage sur demande

Transformateurs de distribution avec changeur de prises en charge Ecotap VPD®

Les transformateurs de distribution équipés d'un changeur de prises en charge régulé adaptent automatiquement le rapport de transformation sous charge. Cela permet d'atteindre la stabilité requise du réseau, même dans les réseaux comportant de nombreuses installations de production d'énergie décentralisées (installations photovoltaïques, éoliennes, etc.), sans avoir à prendre de mesures coûteuses pour l'extension du réseau.

- Régulation dynamique de la tension primaire sur neuf niveaux avec un changeur de prises en charge à vide MR Ecotap VPD®, mécanisme d'entraînement à moteur et unité de commande inclus
- Unité de commande compacte et robuste avec paramétrage flexible et nombreux affichages d'état, raccordée au mécanisme d'entraînement à moteur par un câble (longueur de câble sur demande)
- Fonctionnement stable et fiable pendant des décennies sans maintenance de la technique primaire (500 000 commutations sans maintenance)
- Tension d'échelon jusqu'à 825 V max., tension moyenne de service maximale de 36 kV et courants commutables jusqu'à 30 A/100 A
- Le principe du commutateur rapide à résistance avec régulation côté haute tension permet d'éviter une contribution notable aux pertes du transformateur
- Dimensions compactes pour un remplacement facile des transformateurs existants

Version standard

- Changeur de prises en charge MR Ecotap VPD®, mécanisme d'entraînement à moteur et unité de commande inclus
- Version hermétique
- Version pour l'intérieur ou l'extérieur avec traversées enfichables selon EN 50180
- avec roulettes selon EN 50216-4, en fonte
- avec thermomètre (avec index mobile, sans contacts)
- sans cosses de raccordement BT

3.4 Transformateurs de distribution amorphes AMDT

Protection de l'environnement par une réduction considérable des pertes à vide

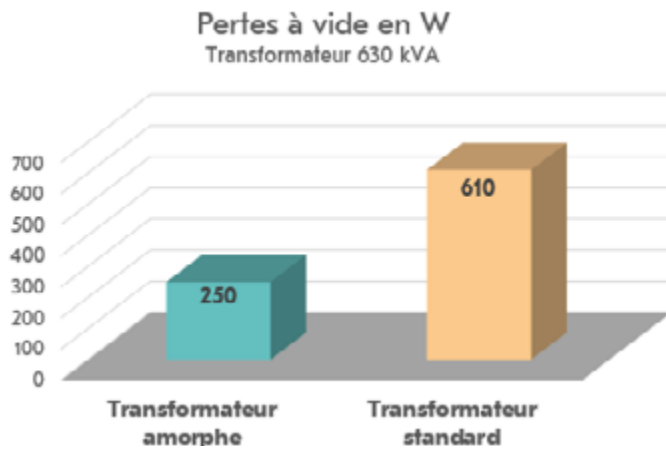


Dans la chaîne d'approvisionnement en électricité du producteur au consommateur, les transformateurs font partie des composants à très haut rendement.

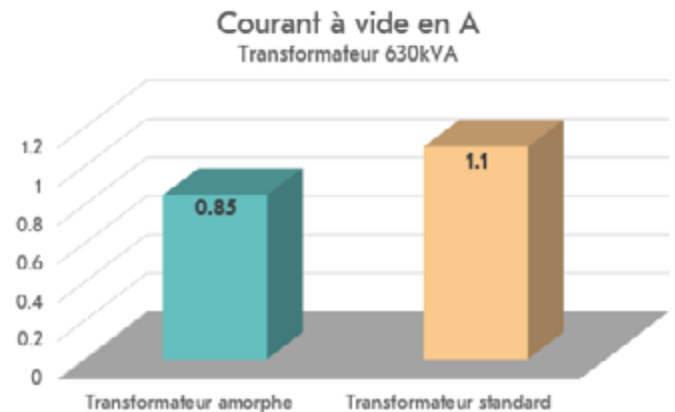
L'inversion magnétique des noyaux des transformateurs entraîne des pertes, appelées pertes à vide. L'utilisation d'un matériau à noyau amorphe permet de réduire ces pertes jusqu'à 60 % par rapport aux noyaux de transformateurs stratifiés de haute qualité!

Les noyaux amorphes sont constitués de couches extrêmement fines de 0,025 mm d'épaisseur chacune. Le matériau amorphe est produit par un processus de solidification rapide, le fer en fusion et l'alliage étant amenés à un état solide en l'espace d'un millième de seconde. De ce fait, les atomes n'ont pas le temps de former une structure cristalline, ils se figent donc de manière désordonnée et, en raison d'une disposition aléatoire, le frottement lors de l'inversion magnétique est nettement réduit.

Des pertes à vide nettement plus faibles



Courant à vide plus faible



Efficacité énergétique

Un transformateur de distribution amorphe AMDT 630 kVA permet d'économiser 2,2 MWh par an, rien qu'en pertes à vide, par rapport à un transformateur normal conforme à la technique actuelle.

Même si les économies réalisées par un seul transformateur peuvent sembler négligeables, la somme de tous les transformateurs présente un énorme potentiel.

En Suisse, environ 50 000 transformateurs d'une puissance moyenne d'environ 630 kVA sont installés sur le réseau. Remplacer tous ces transformateurs par des modèles amorphes AMDT permettrait d'économiser 110 GWh par an et d'éviter l'équivalent de 14 000 t de CO₂ dans le bilan écologique.

Conclusion

Les transformateurs de distribution amorphes AMDT sont certes un peu plus grands et leur coût d'acquisition est un peu plus élevé, mais, dans un contexte de raréfaction de l'énergie et d'augmentation des coûts, ce surcoût peut être largement compensé par les économies de pertes réalisées sur toute la durée de vie.



3.5 Bacs à huile pour transformateurs

Version en aluminium, fermée ou avec paroi latérale amovible

Versions STANDARD et EASY



Caractéristiques

- Pour compléter ou équiper des transformateurs
- Pour éviter la contamination des eaux
- En aluminium, léger et résistant à la corrosion
- Un grand côté et un petit côté à visser pour une insertion aisée du transformateur
- Joints en liège-caoutchouc fixés au bac de manière sécurisée
- Version STANDARD
 - Avec 2 rails en aluminium indépendants pour n'importe quel écartement (poids maximal par galet de roulement 1000 kg)
 - Fixation optionnelle de l'écartement des rails au moyen de 2 tiges filetées
 - Outil d'aide d'introduction disponible en option, le transformateur doit être soulevé de 60 mm
- Version EASY
 - Pour une insertion en continu des transformateurs dans le bac à huile (petit côté ou grand côté)
 - Sans rails de roulement
- Filetage sur la face supérieure pour la mise à la terre
- Surfaces en aluminium non traité, vernis en option
- Étanchéité testée en usine
- Le bac à huile correspond à la recommandation de l'AES pour la protection des eaux

Version STANDARD

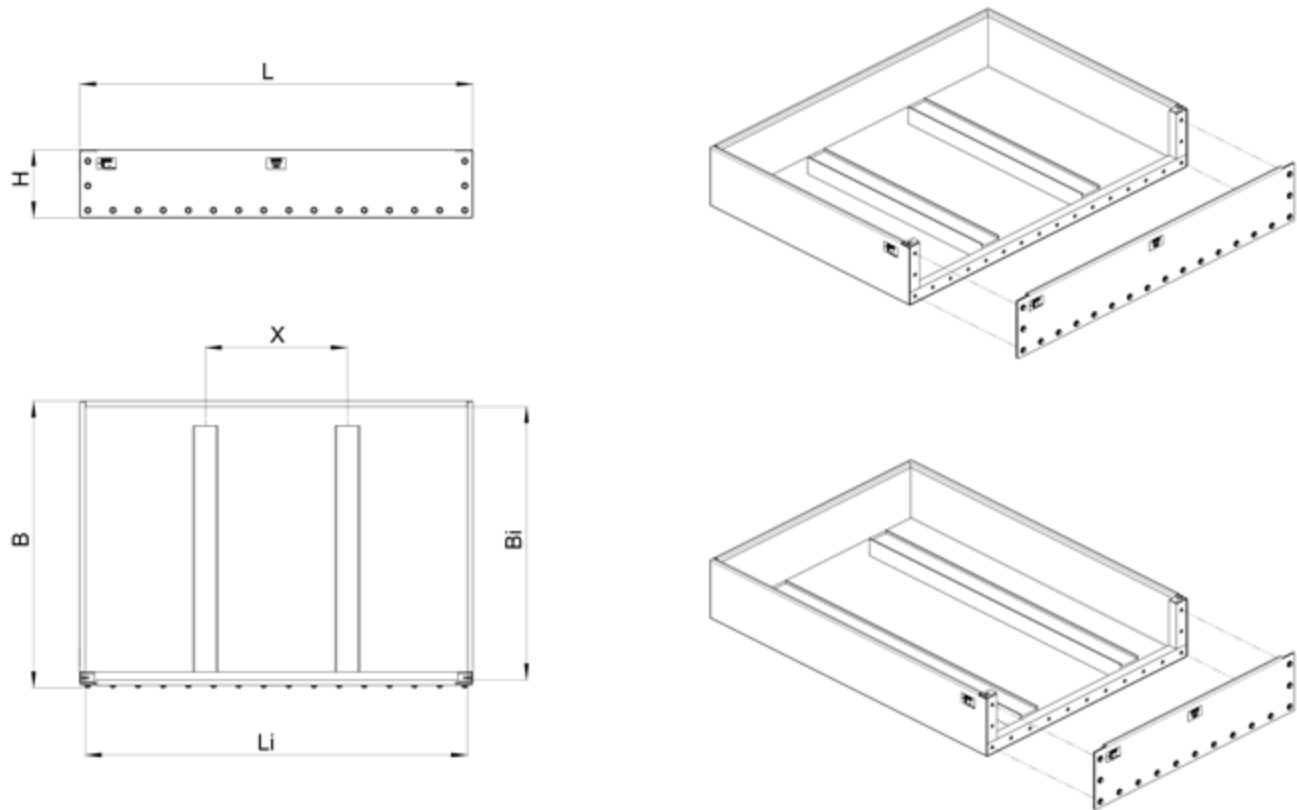
Données techniques | Dimensions et poids

Volume d'huile maximal	Litres	330	500	600	700	800	950
N° d'art. grand côté à visser		22285	22287	22289	22291	22293	22295
N° d'art. petit côté à visser		22286	22288	22290	22292	22294	22296
N° d'art. fermé sans rails de roulement		22297	22298	22299	22300	22301	22302
Longueur Li (intérieure)	mm	1400	1600	1700	1800	1950	2150
Largeur li (intérieure)	mm	1000	1050	1100	1250	1300	1450
Longueur L (extérieure)	mm	1450	1650	1750	1850	2000	2200
Largeur l (extérieure)	mm	1050	1100	1150	1300	1350	1500
Hauteur H	mm	250	300	320	320	320	320
Poids approximatif (avec rails de roulement)	kg	40	50	55	60	70	80

Les rails de roulements sont livrés séparément; la cote X peut être choisie librement
Des tailles spéciales sont disponibles sur demande

Dimensionnement du bac à huile: les dimensions intérieures Li et li doivent être supérieures d'au moins 300 mm à la longueur et à la largeur de la cuve du transformateur (voir la recommandation de l'AES sur la protection des eaux lors de la construction et de l'exploitation d'installations électriques contenant des liquides susceptibles de contaminer les eaux, n° 2.19d-CH2021)

Schéma coté



Version EASY

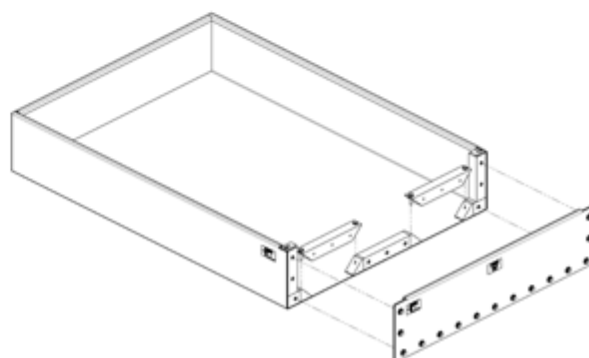
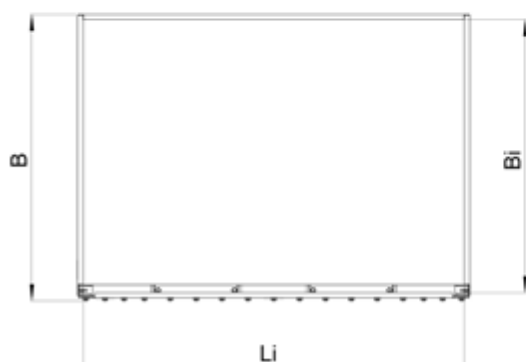
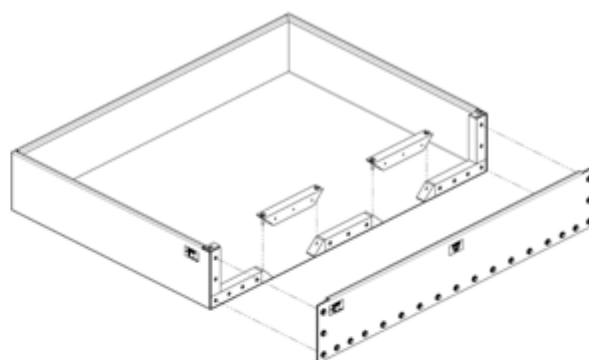
Données techniques | Dimensions et poids

Volume d'huile maximal	Litres	330	500	600	700	800	950
N° d'art. grand côté à visser		22551	22553	22555	22557	22559	22561
N° d'art. petit côté à visser		22552	22554	22556	22558	22560	22562
Pour les écartements	mm	520/670	520/670	520/670	670/820	670/820	670/820
Longueur Li (intérieure)	mm	1400	1600	1700	1800	1950	2150
Largeur li (intérieure)	mm	1000	1050	1100	1250	1300	1450
Longueur L (extérieure)	mm	1450	1650	1750	1850	2000	2200
Largeur l (extérieure)	mm	1050	1100	1150	1300	1350	1500
Hauteur H	mm	250	300	320	320	320	320
Poids approximatif	kg	35	45	50	55	60	70

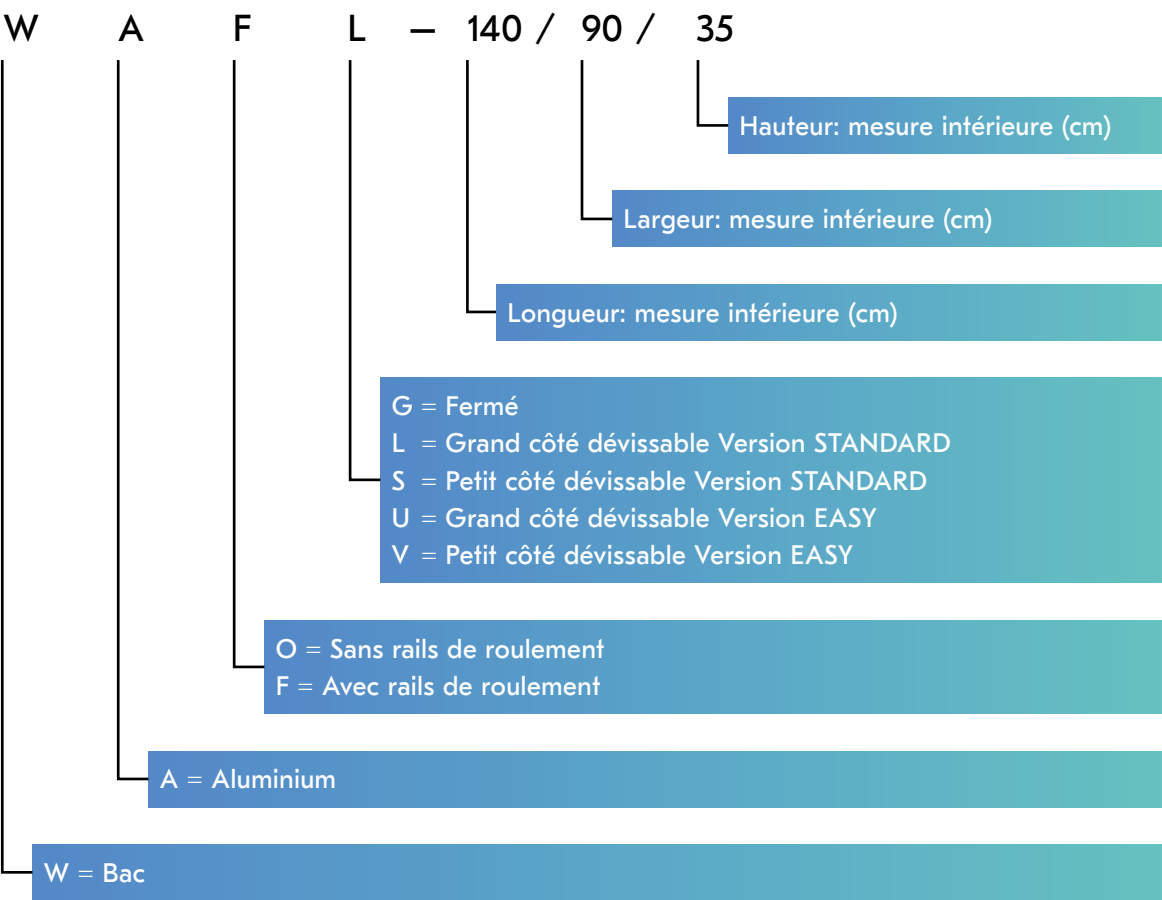
Des tailles spéciales sont disponibles sur demande

Dimensionnement du bac à huile: les dimensions intérieures Li et li doivent être supérieures d'au moins 300 mm à la longueur et à la largeur de la cuve du transformateur (voir la recommandation de l'AES sur la protection des eaux lors de la construction et de l'exploitation d'installations électriques contenant des liquides susceptibles de contaminer les eaux, n° 2.19d-CH2021)

Schéma coté



Définition du code

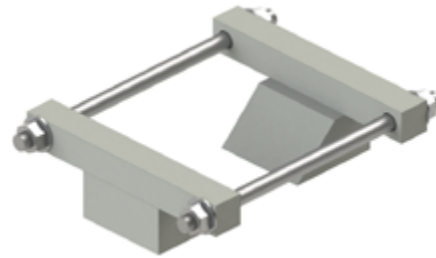


Options et accessoires

Blocage de roue (fixable)

fixable avec des vis M12

pour rouleaux en fonte ou en nylon, Ø125×40 mm

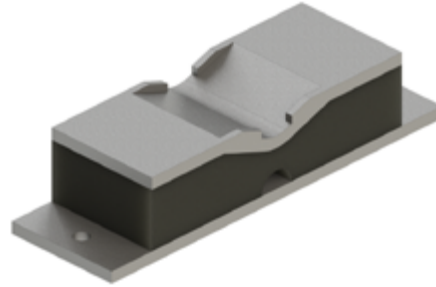


Amortisseur de bruit et de vibrations Vibrastop

pour les transformateurs de 500 à 2500 kg

pour les transformateurs de 2500 à 12 000 kg*

* En combinaison avec les rails de roulement du bac à huile avec plaque supplémentaire en aluminium



Maintien de l'écartement

avec 2 tiges filetées M8 (longueur au choix)

PAS adapté à la version EASY



Aide d'introduction

2 rails de roulement d'une longueur de 1600 mm,
Instructions incluses

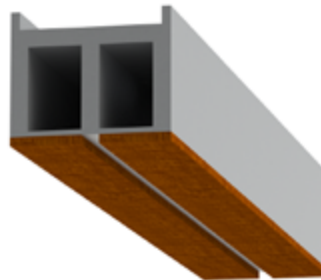
PAS adapté à la version EASY



Amortissement des rails de roulement

Liège caoutchouté collé sous les rails de roulement,
Jeu pour deux rails de roulement

PAS adapté à la version EASY





4 Structure et fonctionnement

4.1 Structure de base

- | | |
|---|---|
| 1. Cuve de transformateur avec ailettes de refroidissement | 7. Anneau de suspension |
| 2. Couvercle | 8. Manchon de thermomètre, thermomètre |
| 3. Reniflard/tubulure de remplissage/contrôle de niveau | 9. Anneau d'arrimage |
| 4. Traversée haute tension selon EN 50180, avec désignation des raccords | 10. Plaque signalétique |
| 5. Traversée basse tension selon EN 50386, par défaut sans pièce de raccordement plate, avec désignation des raccords | 11. Galets de roulement réversibles pour le déplacement longitudinal et transversal |
| 6. Inverseur de tension | 12. Borne de terre M12 |
| | 13. Dispositif de vidange d'huile selon EN 50216-4 |

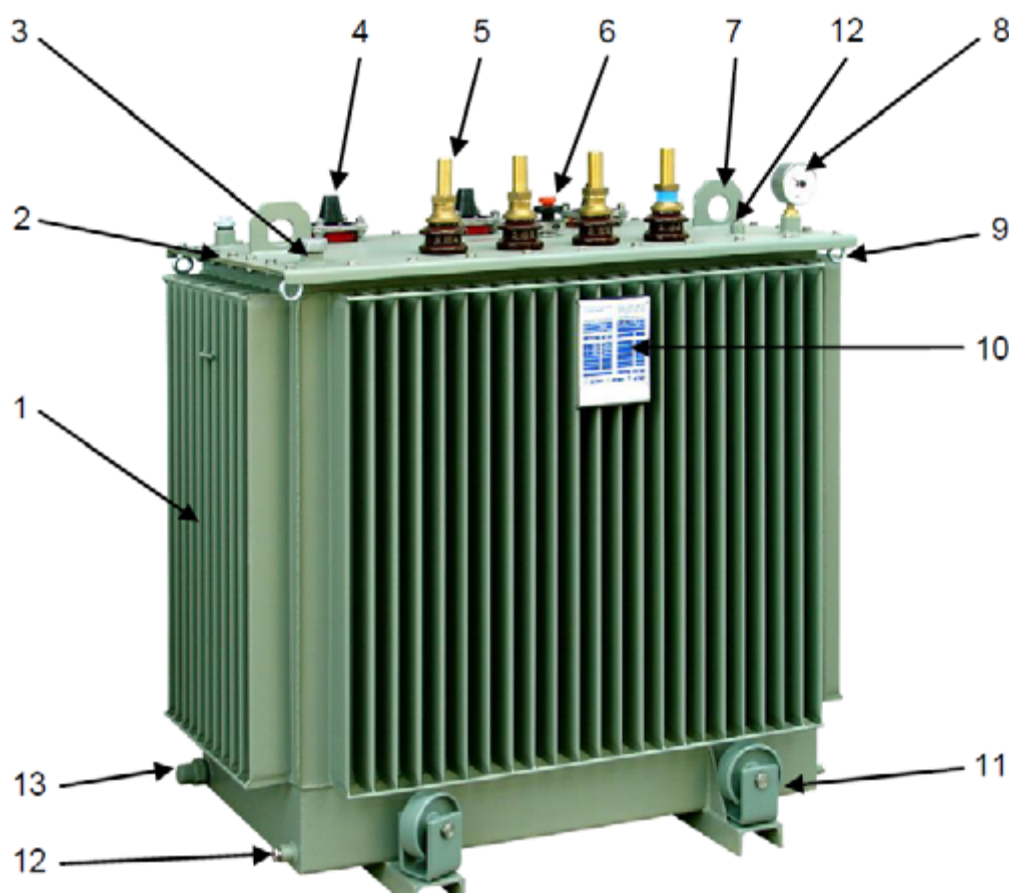


Fig. 6: Structure de base (transformateur de distribution respirant)

4.2 Transformateurs hermétiques versus transformateurs respirants (sans vase d'expansion)

En Suisse, les transformateurs sont fabriqués en version ouverte depuis les années 1950 et sont définis comme standard depuis 1965 pour les transformateurs de distribution (SEV 4009).

Le couvercle est doté de deux orifices de purge selon la norme DIN 42 553, par lesquels l'échange d'air avec le coussin d'air situé sous le couvercle à l'intérieur du transformateur a lieu. Ce coussin d'air est en contact sur toute la surface du liquide de refroidissement.

La version respirante a fait ses preuves et est plus économique.

Aujourd'hui, on exige également de plus en plus de transformateurs avec des cuves hermétiques. Cela assure une protection maximale de la charge d'huile contre l'oxygène de l'air et l'humidité.

Néanmoins, il faut tenir compte du fait que la réaction chimique entre la cellulose et l'huile forme une petite quantité d'eau, laquelle ne peut pas s'échapper dans le cas d'un transformateur hermétique. Pour réduire au maximum cette réaction et les coûts de maintenance correspondants, le recours à des huiles hautement additives est inévitable.

Transformateurs respirants

AVANTAGES

- Moindre coût
- Dimensions réduites
- Volume d'huile réduit
- Hors pression pendant le fonctionnement
- Pas de charge mécanique supplémentaire sur les ailettes

INCONVÉNIENTS

- Contact direct de l'huile avec l'air
- Maintenance plus importante pour vérifier la qualité de l'huile

Transformateurs hermétiques

AVANTAGES

- Aucun contact direct de l'huile avec l'air
- Peu de maintenance relative à la qualité de l'huile

INCONVÉNIENTS

- Plus cher à l'achat
- Plus grandes dimensions
- Plus grand volume d'huile
- Charge mécanique supplémentaire sur les ailettes en raison des différentes pressions de service

Conclusion

Dans des conditions d'exploitation normales, le transformateur respirant est recommandé. En cas d'air ambiant très pollué ou d'humidité élevée, l'utilisation d'un transformateur hermétique est préférable (p. ex. dans l'industrie, sur les chantiers, dans les tunnels).

4.3 Transformateurs enrobés versus transformateurs à diélectrique liquide (transformateurs à huile)

En Suisse, on utilise de préférence des transformateurs à huile en version ouverte dans le réseau de distribution. La version respirante a fait ses preuves et est peu coûteuse.

Néanmoins, les transformateurs enrobés dans la résine ont aussi leur raison d'être et sont utilisés ponctuellement.

Transformateurs enrobés dans la résine

AVANTAGES

- Résistant au feu et auto-extinguible
- Fumée non toxique en cas d'incendie
- Grande résistance aux surcharges et aux surtensions
- Haute résistance aux courts-circuits
- Isolation élevée, pas de décharges partielles
- Insensible et résistant aux environnements salés, humides et tropicaux
- Pas de bac à huile nécessaire

CONVIENT POUR

- l'installation dans les zones de protection des eaux et sur les plateformes offshore,
- l'installation dans des lieux présentant un risque d'incendie (immeubles de bureaux, banques, centres commerciaux, écoles, etc.),
- le domaine des transports (trains, tramways, gares),
- les installations photovoltaïques et éoliennes.

Transformateurs à diélectrique liquide

AVANTAGES

- Pertes à vide et pertes cuivre plus faibles
- Dimensions et poids réduits
- Protection des personnes plus simple
- Moindre coût
- Recyclage aisé

CONVIENT POUR

- l'installation dans le réseau de distribution ou dans l'industrie sans directives relatives à la protection contre l'incendie ou la protection des eaux.

Conclusion

Dans des conditions d'exploitation normales, le transformateur à huile respirant est recommandé et constitue la solution la plus économique.

Dans les zones de protection des eaux ou les lieux soumis à des obligations de protection contre les incendies, il convient d'utiliser un transformateur enrobé.

4.4 Sécurité sismique pour les transformateurs de distribution

Situation initiale

La directive n° 248 «Sécurité sismique de la distribution d'énergie électrique en Suisse» de l'ESTI (Inspection fédérale des installations à courant fort) est en vigueur depuis le 1^{er} octobre 2012 (rév. 0415) (www.esti.admin.ch).

Le but de cette directive est de réduire durablement, à des coûts si possible faibles, le risque d'un blackout étendu et de longue durée en cas de fort séisme, ainsi que de limiter les dommages directs aux éléments d'infrastructure.

Domaine d'application

- Transformateurs (tous les niveaux de tension)
- Appareils électriques (tensions de 220 kV et supérieures)
- Installations de la distribution d'énergie dans des armoires (tous les niveaux de tension)
- Connexions par câbles non fixés (tensions de 220 kV et supérieures)
- Systèmes secondaires et autres installations (tous les niveaux de tension)
- Bâtiments de la technique secondaire et des installations (tous les niveaux de tension)
- Lignes aériennes (tensions de 220 kV et supérieures)
- liaisons câblées (tous les niveaux de tension)

Action sismique

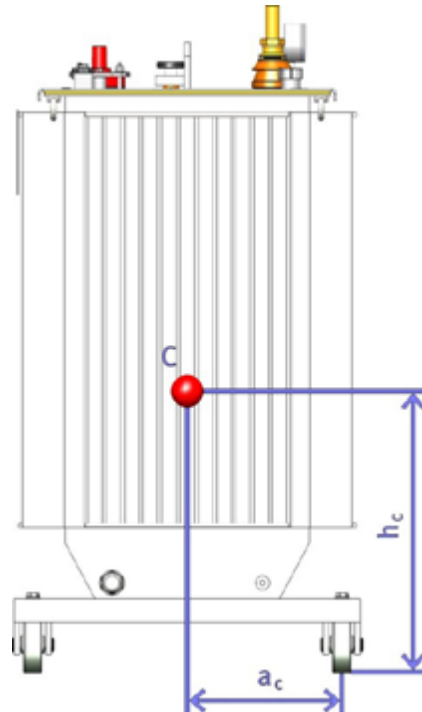
Les facteurs déterminants pour un site donné sont, selon la norme sur les structures porteuses SIA 261:

- Zone sismique (Z1, Z2, Z3a et Z3b)
- Classes de sols de fondation (A à F)
- Classes d'ouvrages (CO I à III)

Sécurité sismique des transformateurs de distribution

Pour les transformateurs de distribution dont le niveau de tension le plus élevé est inférieur à 220 kV, les dispositions relatives à un ancrage dépendent du degré d'élançement en fonction de la zone sismique (voir tableau 5, chapitre 4.1 «Sécurité sismique des transformateurs», directive ESTI).

Le degré d'élançement s est le quotient de la hauteur du centre de gravité h_c par la distance horizontale minimale a_c entre le centre de gravité et le «bord» le plus proche d'un transformateur. Les valeurs d'élançement pour les transformateurs de distribution se situent entre 1,5 et 2,5.



Calcul d'une sécurisation contre le soulèvement

Les données de la zone sismique, de la classe du sol de fondation et de la classe d'ouvrage permettent de déterminer l'accélération effective du sol. L'accélération spectrale effective S_e est calculée en appliquant un facteur de sécurité de 3 à l'accélération effective au sol.

$$S_e = 3 a_{gd}$$

Une sécurisation contre le soulèvement est nécessaire lorsque le quotient de 10 m/s^2 et de l'accélération spectrale effective s_e est inférieur au degré d'élançement s .

Nécessité d'une sécurisation contre le soulèvement quand: $\frac{10}{S_e} < s$ sachant que $s = \frac{h_c}{a_c}$

Transformateurs de distribution de Rauscher & Stoecklin

La nécessité d'une sécurisation contre soulèvement doit être calculée individuellement pour chaque transformateur.

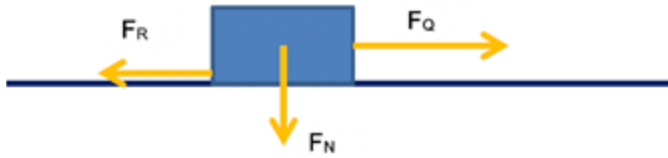
Si le calcul indique la nécessité d'une sécurisation contre le soulèvement ou si l'accélération spectrale S_e atteint une valeur supérieure à 5 m/s^2 , nous recommandons d'utiliser notre cuve de transformateur modifiée.

Si le calcul ne montre pas la nécessité d'une sécurisation, nous recommandons de prendre au moins une mesure contre le déplacement du transformateur de distribution.

Un déplacement se produit lorsque la force horizontale F_Q résultant de l'action sismique est supérieure à la force de frottement F_R du transformateur sur le support. La force de frottement dépend du coefficient de frottement μ et du poids du transformateur.

$$F_N = \text{masse}_{\text{tot}} \times g$$

$$F_R = F_N \times \mu$$



Charge maximale au sol

Un transformateur de distribution parasismique n'est parasismique que si le lieu d'installation peut supporter les forces exercées par le transformateur de distribution pendant le séisme.

Pour une fixation du transformateur, il est impératif de fixer tous les galets de roulement.

En cas de séisme, les forces de roulement suivantes peuvent survenir:

$$F_D [kN] = \left(\frac{1.2 S_e \left[\frac{m}{s^2} \right] \cdot \text{Masse}_{\text{tot}} [t] \cdot s}{4} + \frac{\text{Masse}_{\text{tot}} [t] \cdot g \left[\frac{m}{s^2} \right]}{4} \right) \cdot Sfrs$$

$$F_A [kN] = - \left(\frac{1.2 S_e \left[\frac{m}{s^2} \right] \cdot \text{Masse}_{\text{tot}} [t] \cdot s}{4} - \frac{\text{Masse}_{\text{tot}} [t] \cdot g \left[\frac{m}{s^2} \right]}{4} \right) \cdot Sfrs$$

$$F_Q [kN] = \left(\frac{S_e \left[\frac{m}{s^2} \right] \cdot \text{Masse}_{\text{tot}} [t]}{4} \right) \cdot Sfrs$$

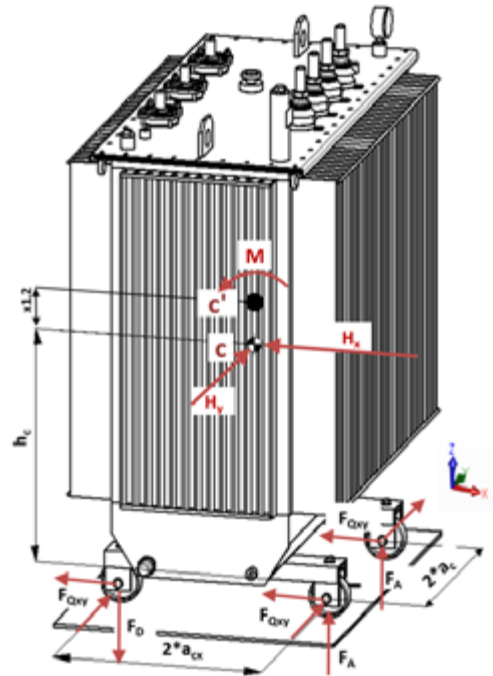
Le calcul n'est valide que si a_c est identique dans les directions X et Y. Dans le cas contraire, la valeur doit être calculée individuellement.

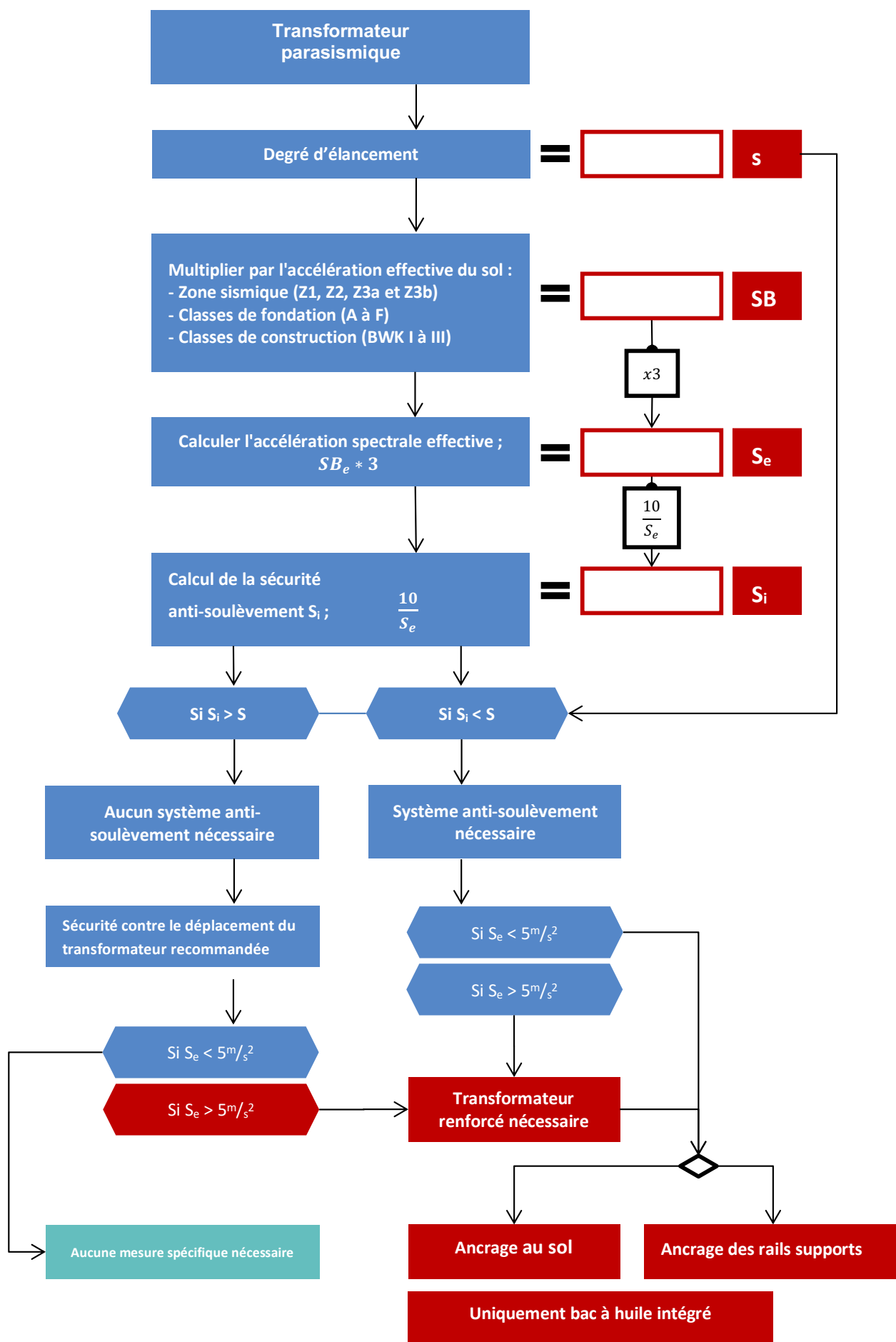
$Sfrs$ = facteur de sécurité de Rauscher & Stoecklin AG = 1,15

F_D indique la force de compression maximale qu'un rouleau peut exercer sur le sol pendant le séisme.

F_A indique la force de soulèvement maximale qu'un rouleau peut exercer sur le sol pendant le séisme.

F_Q indique la force transversale maximale qu'un rouleau peut exercer sur le sol pendant le séisme. Tous les rouleaux exercent la même force.





Pour l'aide au calcul, utilisez le fichier Excel correspondant

En cas d'utilisation d'un bac à huile, seule la version intégrée est autorisée. Dans le cas contraire, la fixation ne peut pas être garantie.

Solution proposée par la société Rauscher&Stoecklin AG



Fig. 7: Kit de prévention parasismique

Nous déconseillons vivement les solutions qui prévoient un ancrage sur les écrous à œil fixés au transformateur.

De telles solutions sont contre-productives et peuvent endommager le transformateur, et pas uniquement en cas de séisme.

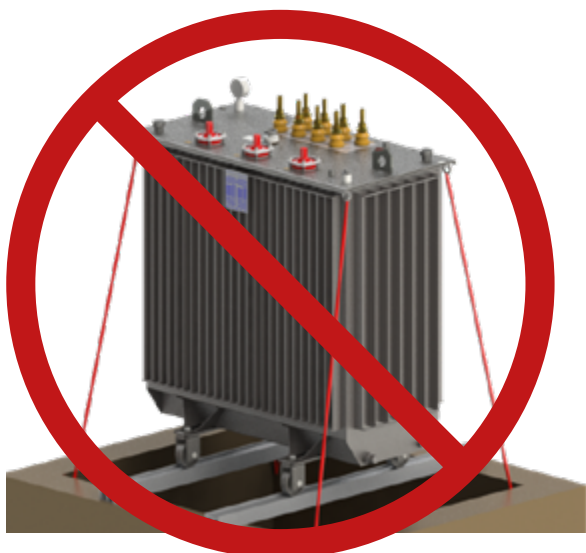


Fig. 8: Mauvaise solution de prévention parasismique

Responsabilité

Nous déclinons toute responsabilité pour les solutions de prévention parasismique appliquées sans notre accord dans la mesure où elles peuvent avoir une influence négative sur nos transformateurs et, dans le pire des cas, les endommager.

Assistance

Si vous avez d'autres questions ou si vous ne comprenez pas certains points, nous vous aiderons volontiers à trouver une solution

4.5 Fonction

Cuve/Couvercle

La cuve du transformateur fait office de réservoir de protection mis à la terre pour la partie active et le liquide isolant. Elle est généralement soudée en tôle d'acier et se compose d'un châssis normalisé et d'une paroi composée d'ailettes de refroidissement. La surface est dimensionnée de manière à ce que les pertes maximales qui se produisent puissent être évacuées jusqu'à la température ambiante la plus élevée à laquelle on peut s'attendre.

Pour des altitudes d'installation supérieures à 1000 m, il faut également tenir compte de la réduction du transfert de chaleur vers l'air en raison de sa densité plus faible. Dans la version hermétique, les parois ondulées servent également à absorber la variation du volume de liquide isolant.

Sur le couvercle se trouvent, outre les deux anneaux de levage, les traversées pour les raccordements électriques en fonction de leur plage de tensions et le dispositif de commande pour le commutateur de réglage de la tension. Les appareils de surveillance et la ventilation protégée des intempéries pour la dilatation de l'huile s'y trouvent également, dans la mesure où il n'y a pas de vase d'expansion séparé. Le couvercle est vissé à la cuve de manière étanche à l'huile.

La peinture standard garantit une protection dans un environnement non agressif. Pour d'autres environnements, une peinture spéciale ou une galvanisation à chaud peuvent être utilisées.

Traversées

Le raccordement électrique d'un transformateur dans un réseau triphasé s'effectue généralement du côté haute tension via trois fiches isolées haute tension ou via trois traversées en porcelaine. Les traversées HT enfichables sont considérées comme sûres au toucher; elles existent en version conique mâle ou femelle avec des fiches droites ou coudées du côté du câble.

Du côté de la basse tension se trouvent normalement quatre traversées en porcelaine pour les trois phases et le point neutre sortant, respectivement le conducteur neutre, auxquels sont raccordés les rails d'alimentation ou les câbles du système basse tension.

Des versions normalisées selon EN sont utilisées pour les traversées.



Fig. 9: Cuve/couvercle



Fig. 10: Traversées HT



Fig. 11: Traversées BT

Inverseur de tension

Le variateur de tension triphasé permet d'adapter la tension lorsque l'appareil est hors tension. Pour ce faire, le transformateur doit être déconnecté du réseau d'alimentation. Pour les transformateurs avec tension supérieure commutable (p.ex. 10/20 kV), deux boutons de commutation sont installés sur le couvercle. L'un sert à la commutation des deux tensions HT et l'autre à l'adaptation de la tension.



Fig. 12: Inverseur de tension

Prise de terre

Le transformateur est doté de plusieurs prises de terre, sur le couvercle et en bas de la cuve. Pour une mise à la terre fiable du transformateur, ces prises de terre doivent être utilisées.



Fig. 13: Prise de terre (cuve)

Dispositif de vidange d'huile

Le dispositif de vidange d'huile permet, en cas de besoin, de prélever des échantillons pour contrôler la qualité de l'huile.



Fig. 14: Dispositif de vidange d'huile

Roulettes réversibles

Le châssis est doté d'un espacement central standardisé entre les roulettes. Les roulettes peuvent pivoter de 90°.



Fig. 15: Roulette

Reniflard/Tubulures de remplissage/Contrôle de niveau

Pour les transformateurs respirants, deux reniflards résistants aux intempéries sont installés sur le couvercle pour l'échange d'air suite à la dilatation de l'huile. Les orifices de purge sont également adaptés pour le prélèvement d'échantillons ou le remplissage d'huile. Lors du transport des transformateurs, des bouchons d'obturation doivent être introduits dans les reniflards (ceux-ci sont déjà installés lors du transport départ usine).



Fig. 16: Reniflard/tubulure de remplissage (respirant)

La jauge de niveau d'huile est insérée dans le capuchon d'un reniflard. La baguette en bois permet de vérifier le niveau d'huile actuel en fonction de la température momentanée de l'huile. La prudence est de mise en cas de niveau d'huile trop bas: des pièces sous tension de l'interrupteur, des dérivations ou même des enroulements pourraient rester non couvertes et provoquer un claquage.



Fig. 17: Contrôle de niveau (respirant)

Dans le cas des transformateurs hermétiques, une tubulure de remplissage se trouve sur le couvercle à la place des orifices de purge. Pour établir l'état hermétique, cette tubulure doit dépasser la partie la plus haute contenant de l'huile.



Fig. 18: Tubulure de remplissage (hermétique)

Pour préserver l'état hermétique, le bouchon ne doit pas être ouvert.

4.6 Options et accessoires

Thermomètre

Le thermomètre permet de lire visuellement la température supérieure du liquide de refroidissement. Un index mobile permet également de contrôler à tout moment la température maximale atteinte. Le thermomètre peut également être livré avec des contacts de commutation pour déclencher une alarme ou un arrêt en cas d'échauffement anormal.



Fig. 19: Thermomètre

Thermomètre à résistance PT100

La résistance de mesure PT100 mesure la température supérieure du liquide de refroidissement et transmet la valeur mesurée au dispositif de mesure pour l'analyse. Elle est disponible en montage deux, trois ou quatre fils. En cas de montage à trois et quatre fils, l'écart de mesure est éliminé par la résistance de ses conducteurs.



Fig. 20: Thermomètre à résistance PT100

Bac à huile

En cas d'avarie, le bac à huile empêche le liquide isolant de s'écouler dans l'environnement. Les dimensions sont calculées de manière à ce que la cuve dépasse le transformateur d'au moins 150 mm de tous les côtés et que la quantité totale de liquide isolant puisse être absorbée.

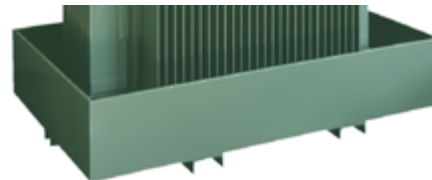


Fig. 21: Bac à huile intégré

Tandis que le bac à huile intégré est livré avec le transformateur, le bac à huile en aluminium peut également être installé ultérieurement.

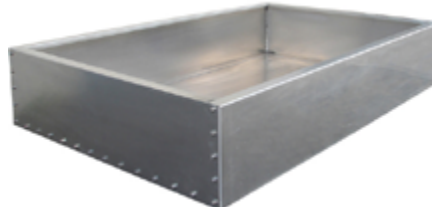


Fig. 22: Bac à huile en aluminium

Contrôle de niveau

Les transformateurs peuvent être équipés d'un indicateur de niveau d'huile avec flotteur. Si une télésurveillance est souhaitée, une version avec contact magnétique (contact Reed) est disponible.

Si l'indicateur de niveau d'huile indique le niveau MIN, le transformateur doit être mis hors service et la cause de la perte de liquide de refroidissement doit être éliminée.



Fig. 23: Indicateur de niveau d'huile

Protection intégrale du transformateur

La protection intégrale du transformateur comprend les fonctions:

- Thermomètre
- Contrôle de niveau
- Surveillance de la pression
- Formation de gaz

Pour la télésurveillance, des contacts sans potentiel sont disponibles pour chaque fonction.



Fig. 24: Protection intégrale du transformateur (hermétique)

Cosses de raccordement

Les cosses de raccordement peuvent être vissées sur les traversées basse tension et permettent un raccordement aisé des câbles dotés de cosses.



Fig. 25: Cosses de raccordement

Blocage de roues

Le blocage de roues empêche tout déplacement involontaire du transformateur.

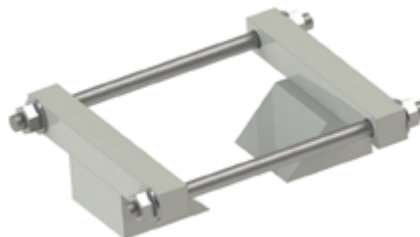


Fig. 26: Blocage de roues

Amortisseur de vibrations

Des amortisseurs de vibrations placés sous les roulettes réduisent dans une large mesure la transmission des vibrations générées par le transformateur à l'environnement.

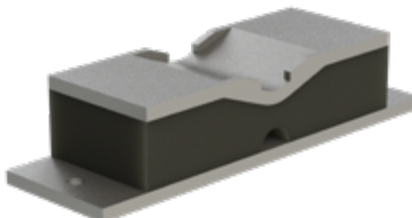


Fig. 27: Amortisseur de vibrations

Sécurité sismique

Si la directive ESTI n° 248 impose l'installation d'une sécurité sismique, celle-ci empêche le glissement du transformateur en cas de séisme.

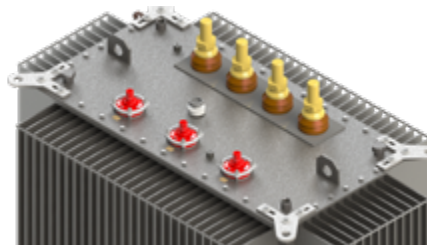


Fig. 28: Sécurité sismique

Vase d'expansion

Le vase d'expansion absorbe la variation de volume du liquide isolant qui se produit pendant le fonctionnement; les parois ondulées de la cuve ne doivent donc pas assumer cette fonction.

En présence d'un déshumidificateur rempli de gel de silice, le liquide isolant n'est pas en contact direct avec l'air ambiant. Le gel de silice absorbe l'humidité. Lorsque le gel de silice se décolore et devient jaune clair, ce dernier doit être séché ou remplacé.

Si l'indicateur de niveau d'huile indique le niveau MIN, le transformateur doit être mis hors service et la cause de la perte de liquide de refroidissement doit être éliminée.

Un relais Buchholz en option est en mesure de détecter une formation de gaz et ainsi un défaut interne dans le transformateur.



Fig. 29: Vase d'expansion

5 Transport, mise en service, stockage

5.1 Transport et stockage

Le transformateur est livré entièrement équipé et prêt à l'emploi.

Pour le transport du transformateur, seuls les dispositifs prévus à cet effet (anneaux de levage et supports de châssis, voir fig. 30) doivent être utilisés.

Pour le transport au moyen d'un engin de levage (grue ou autre), utiliser les deux œillets de levage (1) situés sur le couvercle. Il faut veiller à ne pas endommager les traversées et les armatures sur le couvercle (angle $\alpha = \min. 60^\circ$).

Lors du transport avec des chariots de manutention, seuls les supports de châssis (2) reposent sur les fourches. Le bac ainsi que les ailettes (X) ne sont pas adaptés à cette fin. Il est également possible d'utiliser des palettes de transport.

Les sécurités de transport ne doivent pas dépasser les forces suivantes sur les anneaux d'arrimage (3) (par anneau):

Puissance	Horizontale	45°	Verticale
≤ 1000 kVA	115 kg	170 kg	230 kg
> 1000 kVA	170 kg	240 kg	340 kg

Tab. 1: Forces des anneaux d'arrimage

Les roulettes peuvent être montées pour un déplacement longitudinal ou transversal. Le transformateur doit être déplacé avec précaution afin d'éviter tout dommage, notamment au niveau des ailettes.

Les transformateurs respirants ne doivent être transportés qu'avec le bouchon d'obturation inséré dans la tubulure de remplissage et de purge (fig. 31).

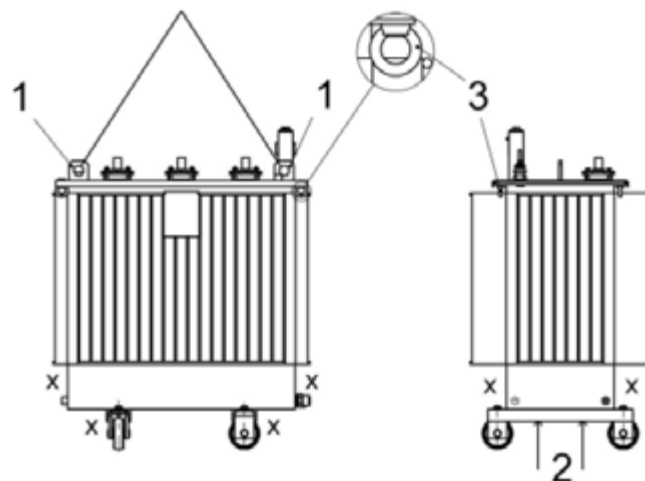


Fig. 30: Dispositif de transport



Fig. 31: Sécurité de transport

!

REMARQUE!

RISQUE D'ENDOMMAGEMENT

Le renforcement des ailettes ainsi que les ailettes ne doivent pas être utilisés pour soulever, tirer ou pousser! Le transformateur ne doit pas être déplacé avec un burin ou autre objet similaire!

Inspection après le transport

La livraison doit être vérifiée immédiatement à la réception pour s'assurer de son intégralité et de l'absence de dommages dus au transport.

- Comparer les données de la plaque signalétique avec le rapport de contrôle et les documents de livraison du transformateur
- Vérifier l'intégralité et l'exactitude de la livraison sur la base des documents de commande

En cas de dommage de transport visible de l'extérieur, procéder comme suit:

- Ne pas accepter la livraison ou seulement sous réserve
- Noter l'étendue des dégâts sur les documents de transport ou sur le bon de livraison du transporteur
- Initier une réclamation
- Aucune réparation ne doit être effectuée tant que les responsabilités ne sont pas clarifiées



CONSEILS!

Réclamer tout défaut dès qu'il est identifié. Les demandes de dommages et intérêts ne peuvent être formulées que dans les délais de réclamation en vigueur.

Stockage (avant la mise en service)

Les transformateurs doivent être stockés dans les conditions suivantes:

- Stocker de préférence dans un endroit sec et exempt de poussière
- Éviter l'exposition directe au soleil
- Réduire la probabilité de dommages mécaniques
- Température minimale de stockage: -25°C
- Pour les transformateurs respirants, retirer les bouchons d'obturation des tubulures de remplissage et de purge (fig. 31)
- Ne pas retirer les capuchons de protection des traversées haute tension
- Contrôler régulièrement l'état général du transformateur et de l'éventuel emballage



CONSEILS!

Dans certaines circonstances, les transformateurs comportent des instructions de stockage allant au-delà des exigences mentionnées ici. Celles-ci doivent être respectées en conséquence.



5.2 Mise en service



Les transformateurs hermétiques sont sous pression. Il est interdit d'ouvrir les bouchons ou de desserrer les vissages dotés de vernis de blocage!

Domaine d'application

- Retirez les joints d'étanchéité des tubulures de remplissage et de purge (uniquement pour les transformateurs respirants)
- Vérifiez le niveau d'huile dans la tubulure de remplissage ou au niveau du vase d'expansion. Le repère indique le niveau d'huile à 20°C . Un écart de 1 cm correspond à environ 10°C (uniquement pour les transformateurs respirants)
- Vérifiez que le dispositif de vidange d'huile inférieur est fermé hermétiquement
- Vérifiez la résistance de terre
- Vérifiez que la phase des connexions est correcte et que toutes les vis de connexion (côté primaire et secondaire) sont correctement et fermement serrées
- Placez le changeur de prises hors tension sur le niveau de tension souhaité (1 à 5)
- Placez le deuxième interrupteur sur le niveau de tension souhaité (I ou II)
(uniquement pour les transformateurs commutables)
- Vérifier le réglage du thermomètre à contact (si disponible): les deux contacts sont conçus pour des tensions continues et alternatives de 250 V maximum. Réglage par défaut: alarme 85°C , déclenchement 95°C (ou selon le réglage d'usine)
- En cas de montage en parallèle, vérifiez que les deux transformateurs sont adaptés



Seuls des transformateurs avec le même symbole de couplage, le même rapport de transformation (même position du commutateur!), une puissance nominale similaire et une tension de court-circuit similaire (différence $\leq 10\%$) peuvent être couplés en parallèle!

Mise en service

Personnel: personne instruite



DANGER!
DANGER DE MORT DÙ
AU COURANT ÉLECTRIQUE

Les travaux sur des composants et des lignes sous tension représentent un danger de mort.

- Confier les travaux sur l'installation électrique exclusivement à des électriciens spécialisés
- Avant de commencer les travaux sur des pièces actives d'installations et d'équipements électriques, établir l'état hors tension et l'assurer pour la durée des travaux. Respecter les cinq règles de sécurité suivantes:
 - Déconnecter et séparer tous les pôles
 - Empêcher la remise en marche
 - Vérifier l'absence de tension
 - Mettre à la terre et court-circuiter
 - Protéger contre les pièces avoisinantes sous tension

Nettoyage

Retirer les dépôts de corps étrangers (poussière, etc.) des traversées et autres pièces sur le couvercle. Selon l'importance des salissures (p. ex. après un stockage prolongé), il faudra éventuellement nettoyer tout le transformateur.

Contrôle du niveau d'huile

Retirer les joints d'étanchéité des tubulures de remplissage et de purge. Vérifier le niveau d'huile dans la tubulure de remplissage ou au niveau du vase d'expansion. Le repère indique le niveau d'huile à 20 °C. Un écart de 1 cm correspond à environ 10 °C.

Contrôle du dispositif de vidange d'huile

Vérifier que le dispositif inférieur de vidange d'huile est fermé hermétiquement.

Contrôle de l'huile

Dans nos régions au climat relativement sec, l'absorption d'humidité par l'huile est généralement faible. En cas de stockage prolongé avant la mise en service (≥ 5 ans, en cas de stockage à l'extérieur ≥ 1 an), nous recommandons de contrôler l'huile.

Contrôle de la résistance de terre

Vérifier la résistance de terre.

Contrôle des raccords

Vérifier toutes les vis de raccordement aux raccords (côté primaire et secondaire); elles doivent être correctement et fermement serrées.



Fig. 32: Tubulure de remplissage et de purge



Fig. 33: Jauge d'huile/Contrôle de niveau (respirant)



Fig. 34: Dispositif de vidange d'huile

5.3 Test de fonctionnement du relais Buchholz



1. Retirer le capuchon du bouton de test



2. Vérification de l'«état normal» («État de veille»)

S/N°		TT7743				
NUMBER OF INSULATOR	6	3	4	5	1	2
WIRING DIAGRAM						
SIGNALLING	ALARM		TRIP		TRIP	

- Le contact à ouverture «3 à 6» (alarme) doit être fermé
- Le contact à ouverture «1 à 5» (déclenchement) doit être fermé

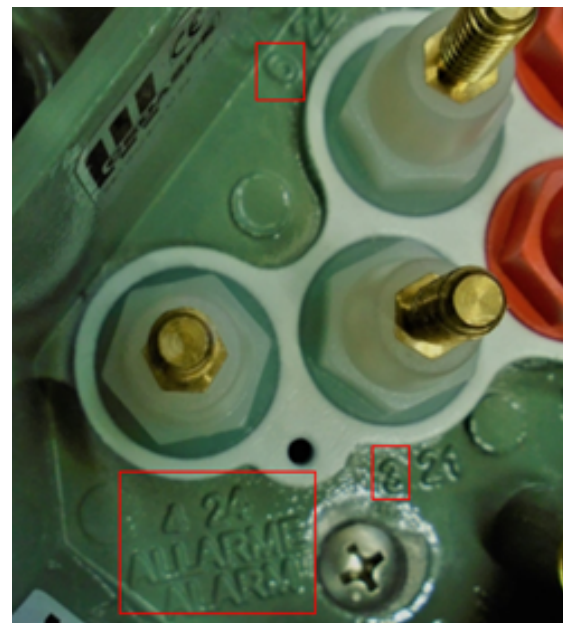
3. Contrôle de la réponse «Alarme avant le déclenchement»

Appuyer sur le bouton de test juste assez pour fermer le contact à fermeture «3 à 4» (alarme). Dans cet état, le contact à fermeture «1 à 2» (déclenchement) doit encore être ouvert.

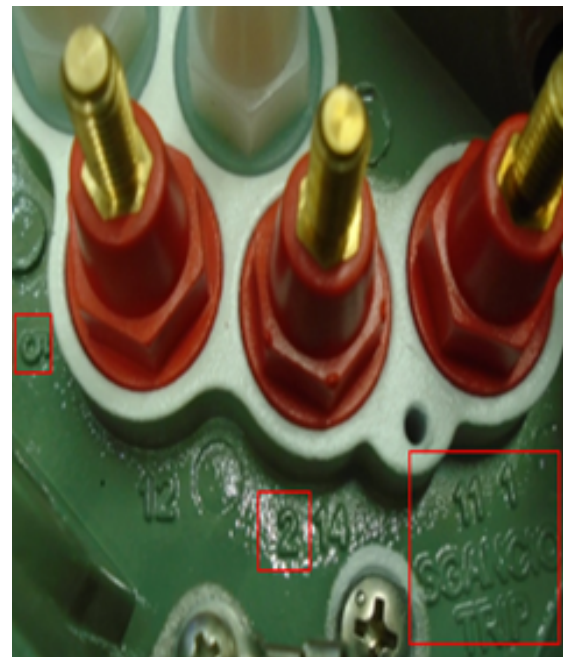
4. Vérification de l'«état d'erreur»

- Enfoncer complètement le bouton de test. En plus du contact à fermeture «3 à 4» (alarme), le contact à fermeture «1 à 2» (déclenchement) doit maintenant être fermé.

5. Marquage des contacts respectifs



- Contacts d'alarme 3, 4 et 6



- Contacts de déclenchement 1, 2 et 5

6 Installation

Courant électrique



DANGER! **DANGER DE MORT DÙ** **AU COURANT ÉLECTRIQUE**

Les travaux sur des composants et des lignes sous tension représentent un danger de mort.

- Confier les travaux sur l'installation électrique exclusivement à des électriciens spécialisés
- Avant de commencer les travaux sur des pièces actives d'installations et d'équipements électriques, établir l'état hors tension et l'assurer pour la durée des travaux. Respecter les cinq règles de sécurité suivantes:
 - Déconnecter et séparer tous les pôles
 - Empêcher la remise en marche
 - Vérifier l'absence de tension
 - Mettre à la terre et court-circuiter
 - Protéger contre les pièces avoisinantes sous tension

6.1 Lieu d'installation

Installation

Avant l'installation, tenir compte des points suivants:

- Accessibilité
- Support plat et stable
- Réglementations locales (p. ex., bac à huile, sécurité, prévention contre l'incendie, etc.)

Altitude d'installation

Sauf indication contraire dans la documentation technique du transformateur, l'altitude maximale d'installation ne doit pas dépasser 1000 m au-dessus du niveau de la mer. Des altitudes supérieures nécessitent une conception différente du transformateur et doivent être prises en compte dès la phase de commande.

Températures

Lors de l'exploitation du transformateur, les températures suivantes doivent être respectées:

- Température minimale: -25 °C
- Moyenne annuelle: +20 °C
- Moyenne mensuelle: +30 °C
- Température maximale: +40 °C

Des valeurs supérieures nécessitent une conception différente du transformateur et doivent être prises en compte dès la phase de commande.

Généralités

Veiller à une aération suffisante pour les transformateurs installés dans des cellules ou des postes de transformation fermés. Pour les transformateurs de distribution, une aération naturelle de la cellule, basée sur l'effet de cheminée, est normalement suffisante. L'air frais entre alors par le bas de la cellule, se réchauffe grâce aux pertes générées par le transformateur, monte et sort par l'ouverture supérieure.

Emplacement des orifices d'entrée et de sortie d'air

L'orifice d'entrée d'air doit se trouver le plus près possible du transformateur et le plus bas possible, éventuellement à l'aide d'un puits d'aération.

L'orifice de sortie d'air doit se trouver le plus haut possible dans la cellule.

La disposition des orifices doit tenir compte des perturbations que le vent et le soleil peuvent avoir sur l'effet de cheminée. Dans la mesure du possible, les éléments suivants doivent être pris en compte:

- Le rayonnement solaire direct doit être évité, c'est pourquoi les orifices ne doivent si possible pas être placés du côté sud.
- Les orifices ne doivent pas non plus être placés dans le sens principal du vent.
- Les orifices d'entrée et de sortie d'air doivent se trouver du même côté du bâtiment.

Dimensionnement de l'orifice d'entrée et de sortie d'air

Les dimensions des orifices dépendent des pertes de transformateur totales à évacuer et du réchauffement de l'air dans la cellule de transformation.

Pour chaque kilowatt de perte de puissance du transformateur, une quantité d'air frais d'environ 3 m³ par minute est nécessaire, ce qui entraîne un réchauffement de l'air d'environ 15 à 18 K.

Calcul de la coupe transversale de l'orifice d'entrée et de sortie d'air:

$$A_L = 0.188 \frac{P}{\sqrt{H}}$$

A_L : Coupe transversale de l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie en m²

P : Pertes totales du transformateur (pertes à vide et pertes de charge en kW)

H : Différence de hauteur entre le centre du transformateur et le centre de l'orifice de sortie d'air en m

Afin de garantir un flux d'air suffisant, les distances minimales suivantes doivent être respectées:

- 300 mm entre la paroi de la cellule et la cuve du transformateur
- 500 mm entre des transformateurs juxtaposés

Remarque: Les distances dues aux contraintes électriques peuvent éventuellement exiger des valeurs plus importantes.

Refroidissement forcé

Dans certaines circonstances, il est possible que le refroidissement naturel ne suffise pas. Dans ce cas, il convient d'utiliser un ventilateur placé au niveau de l'un des deux orifices. Comme indiqué ci-dessus, le débit est d'environ 3 m³ par minute. Il est recommandé de mettre le ventilateur en marche en fonction de la température (p.ex. si la température de la cellule est supérieure à 30 °C). Dans les zones résidentielles, il faut en outre veiller à ce que le modèle soit très silencieux.

6.2 Installation

En général

Le transformateur est livré entièrement équipé et prêt à l'emploi.



REMARQUE! FUITE OU PERTE DE LIQUIDE ISOLANT POSSIBLE

Les vissages du couvercle ne doivent en aucun cas être desserrés!

Les transformateurs hermétiques sont sous pression. Il est interdit d'ouvrir les bouchons ou de desserrer les vissages dotés de vernis de blocage!

Préparation

Personnel: personne instruite

Vérifier impérativement que le transformateur est complet et correct avant l'introduction. Vérifier également que les accessoires nécessaires sont complets. Vérifier l'absence de dommages sur tous les composants.

Bac à huile

Personnel: personne instruite

Si disponible: installer le bac à huile livré séparément à l'endroit souhaité. Démonter et conserver le panneau latéral amovible. Mettre en place les rails et les aides d'introduction et les bloquer pour éviter tout déplacement involontaire.

Pour terminer le montage, retirer les aides d'introduction et refermer le bac à huile.

Les instructions de montage séparées doivent être respectées:

- KD-00198, Instructions de montage du bac à huile EASY

Galets de roulement

Personnel: personne instruite

Les galets de roulement fournis sont fixés provisoirement aux supports de châssis. Ils peuvent être montés pour un déplacement longitudinal ou transversal.

Les galets de roulement ne peuvent être montés sur les supports de châssis que si le transformateur est suspendu au-dessus du sol. Veiller à ce qu'il soit soutenu ou suspendu de manière appropriée.

Introduction

Personnel: personne instruite

Pour tout déplacement du transformateur, respecter les consignes relatives au transport.

Chapitre 5.1: Transport et stockage à la page 40



AVERTISSEMENT! RISQUE DE BLESSURE PENDANT L'INTRODUCTION

Lors de l'introduction, l'espace est souvent restreint, ce qui peut entraîner des contusions au niveau des membres ou du corps.

- Toujours s'assurer qu'aucune partie du corps ne se trouve entre le transformateur et un objet fixe.



REMARQUE! RISQUE D'ENDOMMAGEMENT PENDANT L'INTRODUCTION

Lors de l'introduction, l'espace est souvent restreint, ce qui peut entraîner des dommages sur le transformateur.

- Veillez toujours à ce que le transformateur soit suffisamment éloigné des objets fixes immobiles.
- Toujours veiller à ce que le mouvement du transformateur soit contrôlé et, en cas de pente sur le trajet à parcourir, sécurisé.

Sécurité

Personnel: personne instruite

Il est recommandé de protéger le transformateur contre tout déplacement involontaire à l'aide de blocages de roues. Nous recommandons l'utilisation de deux blocages de roues disposés en diagonale.



REMARQUE! RISQUE D'ENDOMMAGEMENT

Des transformateurs mal sécurisés peuvent se déplacer de manière involontaire. Cela peut endommager la cuve.

Des mesures appropriées de sécurité sismique doivent être prises conformément à la directive ESTI n° 248 relative à la sécurité sismique si le transformateur doit être exploité dans des zones à risque sismique.

Mise à la terre

Pour une mise à la terre fiable du transformateur, il convient d'utiliser exclusivement les prises de terre prévues à cet effet sur le couvercle ou la cuve.

Pour la mise à la terre des câbles moyenne tension, seules les prises de terre sur le couvercle peuvent être utilisées. Les vissages du couvercle ne doivent en aucun cas être desserrés.

Couple de serrage M12: 75 Nm

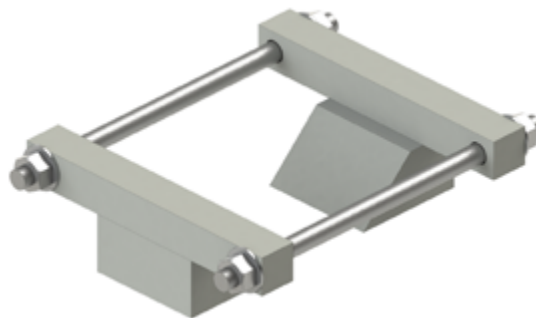


Fig. 35: Blocage de roues



Fig. 36: Sécurité sismique

6.3 Raccordement électrique

Raccordement

Personnel: personne instruite



REMARQUE! PRESCRIPTIONS DE L'EXPLOITANT

Les prescriptions et directives respectives de l'exploitant doivent être respectées.

Les câbles haute et basse tension doivent être raccordés aux traversées respectives.

Les transformateurs à faible rayonnement doivent être raccordés aux huit traversées à basse tension de manière symétrique par rapport à un point.

Les conditions suivantes doivent être respectées:

Les surfaces de contact doivent être maintenues propres afin de garantir une faible résistance de connexion. Les câbles de raccordement ne doivent exercer aucune contrainte mécanique sur les traversées.

Les raccords vissés doivent être réalisés à l'aide d'une clé dynamométrique. Couples recommandés pour le raccordement aux boulons des traversées en porcelaine (tableau 2).

Autres raccordements

Raccorder les éventuels autres appareils avec contacts électriques comme le thermomètre à résistance, le contrôle de niveau, le relais Buchholz, la protection intégrale du transformateur, etc.

250 A	630 A	1000 A	2000 A	3150 A
M12	M20	M30 × 2	M42 × 3	M48 × 3
15 Nm	30 Nm	75 Nm	95 Nm	110 Nm

Tab. 2: Couples de serrage

6.4 Fonctionnement en parallèle

Personnel: personne instruite



REMARQUE! RISQUE D'ENDOMMAGEMENT

Seuls des transformateurs remplissant les conditions suivantes peuvent être connectés en parallèle!

Conditions requises pour le fonctionnement en parallèle

Les transformateurs sont couplés en parallèle lorsqu'ils sont connectés aux mêmes systèmes de réseau, tant du côté HT que du côté BT.

- Tensions nominales identiques côtés HT et BT (c.-à-d. même position du commutateur de prise), ou l'écart du rapport de transformation doit être inférieur à 0,5%.
- Même en cas de différences mineures des rapports de transformation, les courants transitoires entre les transformateurs peuvent devenir très importants
- Symboles de couplage au code identique (exceptions possibles, voir ci-après)
- Tension de court-circuit à peu près identique (écart inférieur à +/-10% si possible)
- Puissances nominales similaires. Écarts ne dépassant pas 3:1
- Même ordre des phases

Fonctionnement en parallèle avec différents symboles de couplage

Connexions possibles en cas de fonctionnement en parallèle de transformateurs avec des symboles de couplage des codes 5 et 11 (p. ex., Dy5, Yd5, Yz5, Dy11, Yd11, Yz11):

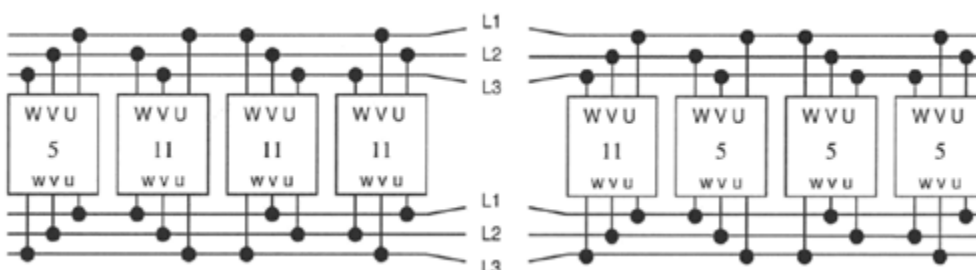
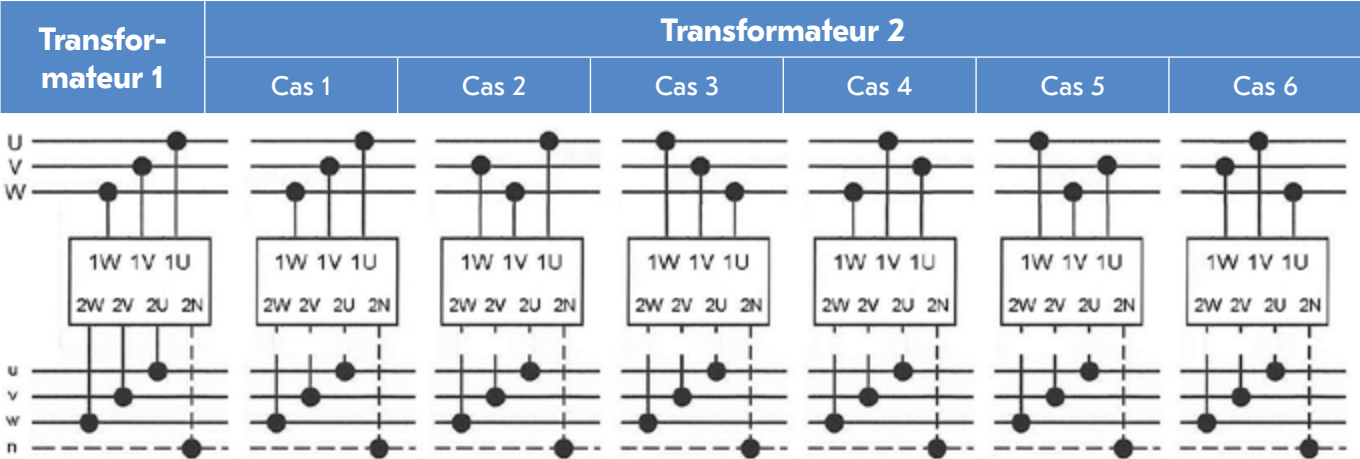


Fig. 33: Fonctionnement en parallèle



Tensions mesurées entre les bornes BT						
2U et u	0	230	230	460	400	400
2U et v	400	230	460	230	0	400
2U et w	400	460	230	230	400	0
2V et u	400	230	460	230	400	0
2V et v	0	460	230	230	400	400
2V et w	400	230	230	460	0	400
2W et u	400	460	230	230	0	400
2W et v	400	230	230	460	400	0
2W et w	0	230	460	230	400	400

Tab. 3: Protection

Répartition de la charge

Formules de calcul pour deux transformateurs montés en parallèle. En présence de plus de deux transformateurs, les formules doivent être adaptées en conséquence.

Puissance totale du transformateur $S_{tot} = S_1 + S_2$

Tension de court-circuit résultante
$$u_k = \frac{S_{tot}}{\frac{S_1}{u_{k1}} + \frac{S_2}{u_{k2}}}$$

Charge prise en charge par transformateur
$$S_1' = S_1 \frac{u_k}{u_{k1}} \quad S_2' = S_2 \frac{u_k}{u_{k2}}$$

Si les tensions de court-circuit et/ou les grandeurs de puissance diffèrent fortement, les charges prises en charge par les transformateurs montés en parallèle diffèrent également.

En principe, les transformateurs avec une tension de court-circuit plus faible sont surchargés. Il faut donc veiller à ce qu'aucun transformateur ne soit surchargé.

Ainsi, lorsque le transformateur 2 est surchargé, le transformateur 1 non surchargé ne peut absorber qu'une charge partielle telle que sa tension de court-circuit corresponde à celle du transformateur 2 surchargé.

Ainsi,
$$S_1' = S_1 \frac{u_{k2}}{u_{k1}} \quad S_2' = S_2 \frac{u_{k2}}{u_{k2}}$$

S_{tot} devient alors inférieur à la puissance nominale totale des deux transformateurs.

6.5 Protection

Personnel: personne instruite



REMARQUE! RISQUE D'ENDOMMAGEMENT

Une protection trop élevée par fusible peut endommager le transformateur (surchauffe, etc.)!

Généralités

La condition préalable à la protection correcte des transformateurs est la connaissance des données suivantes:

- Puissance nominale du transformateur
- Surcharge autorisée
- Tensions de service
- Tension de court-circuit relative u_k
- Niveau du courant de démarrage (Inrush)

La plupart de ces données sont visibles sur la plaque signalétique du transformateur.

La protection du côté HT est assurée par des fusibles haute tension (fusibles HH), qui peuvent conduire le courant nominal du transformateur ainsi que sa surcharge admissible.

La tension assignée de l'élément de remplacement HH doit être supérieure ou égale à la tension de service maximale du transformateur.

Souvent, les transformateurs sont chargés jusqu'au double de leur courant nominal. Dans ce cas, le fusible doit également conduire le double du courant de charge. Afin de ne pas exposer le fusible à un échauffement propre trop important, ce courant plus élevé doit servir de base pour la sélection du courant assigné du fusible. Ainsi, le courant assigné du fusible doit être environ le double du courant nominal du transformateur. Les fusibles HPC HT ne protègent donc pas contre les surcharges.

Selon le type et la taille du transformateur, le courant de démarrage est compris entre 6 et 20 fois son courant assigné sur une durée de 100 ms. Le fusible HPC HT ne doit pas se déclencher lors du démarrage du transformateur. Cela nécessite un écart suffisant entre le courant de démarrage et la valeur caractéristique du fusible à 100 ms.

La tension de court-circuit relative u_k du transformateur permet d'obtenir le courant de court-circuit permanent circulant côté BT en cas de court-circuit tripolaire. Celui-ci doit être désactivé par le fusible HPC HT dans un délai défini afin d'éviter une défaillance du transformateur.

Côté BT, des fusibles basse tension à haut rendement (fusibles HPC BT) sont utilisés. Ces derniers offrent une protection contre la surcharge. Normalement, des fusibles HPC BT de classe gTr (zone de coupure intégrale pour transformateurs) et gG (zone de coupure intégrale de type standard) sont utilisés.

En général, les fusibles doivent conduire le courant assigné en permanence sans fondre. La caractéristique de déclenchement décrit, p.ex. dans un diagramme temps/courant, une zone de tolérance du temps de déclenchement pour des surintensités relatives déterminées sur la base du courant nominal. Verbalement, ces caractéristiques sont exprimées par les termes «rapide» (R), «moyennement temporisé» (MT) ou «temporisé» (T).

Recommandations relatives à la protection

Tension assignée (kV)	100 kVA, $u_k = 4\%$	160 kVA, $u_k = 4\%$	250 kVA, $u_k = 4,2\%$
6/7,2	20 et 25 A	31,5 et 40 A	50 et 63 A
10/12	16 A	20 et 25 A	31,5 et 40 A
16	10 A	16 A	20 et 25 A
20/24	10 A	16 A	16 et 20 A
30/36	6,3 A	10 A	16 A
BT 400 V	150 A	250 A	350 ou 400 A

Tension assignée (kV)	400 kVA, $u_k = 4,4\%$	630 kVA, $u_k = 6\%$	1000 kVA, $u_k = 5\%$
6/7,2	80 et 100 A	125 et 160 A	160 et 200 A
10/12	50 et 63 A	80 et 100 A	125 et 160 A
16	31,5 A	50 et 63 A	80 A
20/24	25 A	40 et 50 A	63 A
30/36	20 A	31,5 A	40 et 50 A
BT 400 V	600 A	1000 A	1500 A

Tab. 4: Protection

Pour répondre à la volonté d'un stockage compact, il est possible d'utiliser deux ou plusieurs courants assignés des fusibles. Ainsi, le même fusible peut être utilisé pour plusieurs tailles de transformateurs.

La sélectivité d'une installation de fusibles ou de distribution est étroitement liée à la caractéristique de déclenchement: Il faut éviter que, par exemple, le fusible principal ne se déclenche plus tôt en cas de court-circuit ou de surcharge que le fusible secondaire du circuit électrique défectueux. C'est pourquoi les fusibles doivent être adaptés les uns aux autres en ce qui concerne leur réponse. La distance de sélectivité entre deux fusibles montés en série doit être de 1:2, c'est-à-dire que la valeur nominale du fusible en amont doit être deux fois supérieure à celle du fusible en aval.

Les fusibles disponibles dans le commerce ne sont prévus que pour un seul déclenchement. Ils ne doivent pas être réparés ou «rafistolés». Les fusibles ne doivent pas être pontés pour éviter les incendies. Les fusibles sont conçus pour un usage unique. Ils doivent être remplacés après le déclenchement d'un fusible.

Les tableaux de recommandations tiennent également compte des différents concepts de protection au niveau basse tension, en particulier l'utilisation de fusibles de protection de ligne gG, de fusibles de protection de transformateur gTr ou de sectionneurs sans fusibles.

Position du changeur de prises

La plaque signalétique indique si la tension du transformateur correspond à la celle du réseau d'alimentation.

Le changeur de prises est réglé sur le niveau de tension souhaité (1 à 5) lorsque l'appareil est hors tension. Uniquement pour les transformateurs commutables: régler le deuxième interrupteur sur le niveau de tension souhaité (I ou II) lorsque le transformateur est hors tension.

Contrôle du thermomètre à contact

Vérifier le réglage du thermomètre à contact (si disponible): les deux contacts sont conçus pour des tensions continues et alternatives de 250 V maximum. Réglage par défaut: alarme 85 °C, déclenchement 95 °C (ou selon le réglage d'usine).

Autres contrôles

Il convient de vérifier le bon fonctionnement des autres accessoires optionnels tels que le thermomètre à résistance, le contrôle de niveau, le relais Buchholz, la protection totale du transformateur, etc. Des instructions spécifiques sont fournies pour ces accessoires.

Mise sous tension du transformateur

Raccorder le transformateur du côté primaire au réseau d'alimentation. Le transformateur fonctionne ainsi à vide.

Contrôle de la position de phase

La position de phase correcte des raccordements doit être vérifiée à l'aide d'un contrôleur de séquence de phase.

Détermination de l'erreur en cas d'inversion des raccords HT

Si les raccords du côté primaire ont été inversés par erreur, il est possible de déterminer la relation de phase correcte à l'aide de mesures de tension sur le côté secondaire.

Raccordement correct: Tensions différentielles comme dans le cas 1. Selon le résultat des valeurs mesurées, il est possible de déterminer le cas correspondant (cas 2 à 6) du couplage erroné. Ensuite, les raccords HT doivent être réglés correctement afin de permettre le fonctionnement en parallèle.

Terminer la mise en service

Raccorder le transformateur au réseau de consommation côté secondaire.

7 Exploitation

7.1 Régulation de la tension

Régulation de la tension

Personnel: Personne experte

Si des modifications interviennent au niveau de la tension pendant la durée de fonctionnement, il convient de modifier le changeur de prises du côté haute tension afin de maintenir la basse tension. Nous recommandons de commuter plusieurs fois l'interrupteur afin d'obtenir le meilleur contact électrique possible.



ATTENTION!

Le changeur de prises doit être actionné uniquement lorsqu'il est hors tension!

7.2 Capacité de surcharge

Généralités

Les transformateurs de distribution construits selon les normes CEI et EN sont adaptés à un fonctionnement continu à la puissance nominale à une température annuelle moyenne de 20 °C. Ils atteignent alors leur «durée de vie normale» d'environ 30 ans ou plus.

La température ambiante T_A ne reste cependant pas constante pendant une année. Pendant les mois d'été, la durée de vie est «consommée» à $T_A > 20\text{ °C}$, puis de nouveau «compensée» en hiver à $T_A < 20\text{ °C}$.

Les normes fixent des températures limites maximales autorisées pour l'enroulement comme pour l'huile:

- Température limite admissible de l'enroulement, par rapport à une température ambiante de 40 °C: $T_{\max} = 40\text{ °C} + 65\text{ K}$ (échauffement de l'enroulement) = 105 °C
- Température limite admissible de l'huile dans la couche supérieure: $T_{\max} = 40\text{ °C} + 60\text{ K}$ (réchauffement de l'huile) = 100 °C

Ces températures limites ne sont pas admissibles en permanence, ni pour l'huile ni pour l'enroulement, car ces valeurs se réfèrent à une température ambiante de 40 °C. Dans le cas contraire, il faut s'attendre à une perte de durée de vie considérable.

Surcharge admissible sans perte de durée de vie

Dans une certaine mesure, les machines électriques peuvent être surchargées pendant un certain temps, à condition que les températures maximales admissibles ne soient pas dépassées en moyenne.

La surcharge autorisée dépend essentiellement de la température ambiante et de la précharge. Lorsque la température augmente, l'isolation, composée principalement de cellulose, vieillit plus rapidement. Selon la loi de Montsinger, le vieillissement double à chaque fois que la température augmente de 6 °C.

Pour les transformateurs de distribution, la surcharge maximale autorisée est de 150 %.

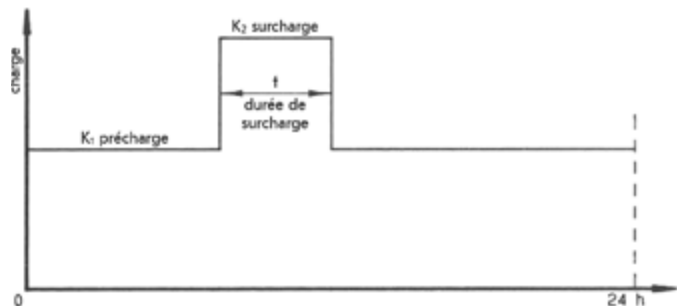


Fig. 37: Jeu de charge théorique

La figure 37 montre le cycle de charge théorique pour un transformateur. Le transformateur est initialement chargé avec une certaine charge partielle K_1 , et la puissance est augmentée à K_2 pendant le temps t . Il est ensuite à nouveau chargé avec K_1 .

Charge relative initiale:

$$K1 = \frac{S_1}{S_N}$$

Surcharge relative autorisée:

$$K2 = \frac{S_2}{S_N};$$

S_N = puissance nominale, t = durée de surcharge en heures

Exemples

Les illustrations suivantes montrent différentes possibilités de surcharge pour des températures ambiantes de 10 à 40 °C. Les exemples se réfèrent toujours à une précharge prolongée de 50 %.

Température ambiante = 10 °C; surcharge K2 de 1,3 possible pendant 8 heures; charge continue de 110 % possible.

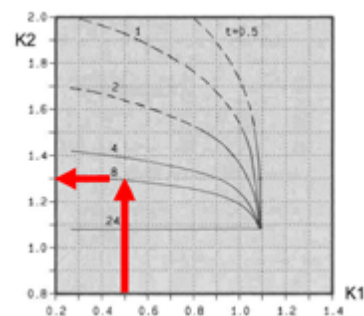


Fig. 38: Courbe de température 10 °C

Température ambiante = 20 °C; surcharge K2 de 1,3 possible pendant 4 heures; charge continue de 100 % possible.

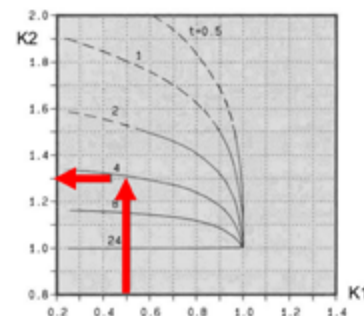


Fig. 39: Courbe de température 20 °C

Température ambiante = 30 °C; surcharge K2 de 1,3 possible pendant 3 heures; charge continue de 90 % possible.

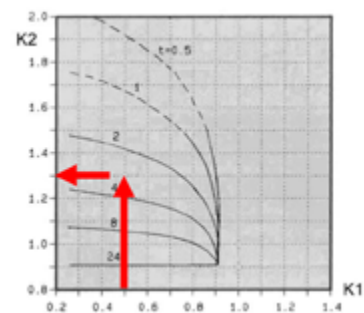


Fig. 40: Courbe de température 30 °C

Température ambiante = 40 °C; surcharge K2 de 1,3 possible pendant 2 heures; charge continue de 80 % possible.

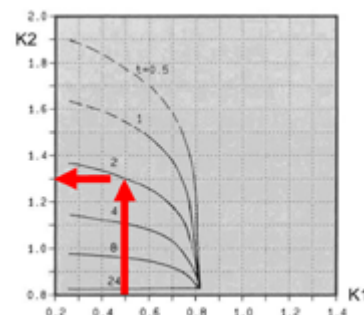


Fig. 41: Courbe de température 40 °C

7.3 Charge du transformateur avec harmoniques

Généralités

Bien que les fabricants construisent les transformateurs de distribution conformément aux normes en vigueur, les pannes de transformateurs se sont multipliées par le passé sur les réseaux dits industriels à fort taux d'harmoniques. Tous les fabricants de transformateurs étaient concernés. Il est probable que les normes en vigueur pour les transformateurs industriels soient insuffisantes.

La construction selon les normes CEI, EN et SN en vigueur pour les transformateurs de distribution, en présence de disjoncteurs à vide, de convertisseurs, etc. très courants dans l'industrie moderne, **ne garantit pas une sécurité de fonctionnement suffisante.**

Les sources de création et de propagation de tensions parasites transitoires élevées à haute fréquence sont:

- Disjoncteur à vide
- Convertisseurs de puissance et entraînements à fréquence variable
- Alimentations électriques (ordinateurs, PC, équipements et installations électroniques généraux en grand nombre)

De plus, les types de câbles actuels ont une atténuation plus faible que les anciens câbles à huile.

Si des tensions parasites transitoires se produisent en permanence et en grand nombre, l'isolation en papier et le vernis du fil vieillissent plus rapidement, et ce, du côté HT comme du côté BT du transformateur, ce qui peut entraîner une défaillance du transformateur après une brève période de fonctionnement.

Mesures possibles sur le transformateur en présence de tensions parasites

• Cylindre de blindage entre les enroulements HT et BT

Le blindage atténue d'environ 35 dB les tensions parasites côté réseau sur la plage de fréquences de 20 à 200 kHz. La transmission de ces tensions parasites à l'autre enroulement est ainsi réduite d'un facteur 55 environ (couplage capacitif).

La présence du blindage n'influence guère la transmission de puissance (couplage magnétique).

Le blindage est mis à la terre.

• Renforcement de l'isolation des couches de l'enroulement HT d'env. 30 %

Renforcement de l'isolation des spires/couches de l'enroulement BT d'env. 30 %

L'isolation renforcée des couches améliore la rigidité diélectrique en présence de tensions parasites élevées.

• **Exécution du transformateur avec un BIL 1.2/50 μ s de 170 kV au lieu de 125 kV** L'exécution de l'enroulement HT avec BIL 170 kV correspond à la résistance d'isolement dans un réseau de 30 kV (tension nominale de 25 à 36 kV). Nous estimons que cette mesure n'est pas nécessaire et, par conséquent, nous ne la recommandons pas.

• **Utilisation de parafoudres** Le parafoudre sert à limiter les surtensions élevées.

7.4 Perturbations

Travaux de dépannage effectués de manière non conforme



AVERTISSEMENT!
RISQUE DE BLESSURE DÙ À
UN DÉPANNAGE
INAPPROPRIÉ

Des travaux de dépannage mal exécutés peuvent entraîner des blessures graves et des dommages matériels considérables.

- Avant de commencer les travaux, veiller à ce qu'il y ait suffisamment d'espace pour le montage.
- Veiller à l'ordre et à la propreté sur le lieu de montage! Les éléments de construction et les outils rangés en vrac ou qui traînent représentent des sources d'accidents.
- En cas de retrait de composants, veiller au montage correct, remettre en place tous les éléments de fixation et respecter les couples de serrage des vis.
- Confier les travaux de dépannage exclusivement à des électriciens spécialisés.

Comportement en cas de défauts

Si, pendant son fonctionnement, le transformateur est exposé à des circonstances exceptionnelles telles que des courts-circuits, des surtensions, des surcharges prolongées, etc., nous recommandons d'effectuer une maintenance conformément au chapitre 8: Maintenance, page 57.

Si le transformateur est mis hors tension par un circuit de protection, ne pas essayer de le remettre sous tension avant d'avoir déterminé la cause de la mise hors tension.

Recommandations pour les différentes conditions de fonctionnement

Condition de fonctionnement	Mesures
Transformateurs dans le réseau de distribution normal (les réseaux avec des entreprises industrielles sans ou avec peu d'entraînements par régulation de fréquence ou de convertisseurs primaire)	Construction conforme aux normes en vigueur (EN 60076), celles-ci satisfont aux exigences
Transformateur industriel avec charge majoritaire d'harmoniques côté BT (fonctionnement avec convertisseur, entraînements à fréquence variable, IGBT)	Construction conforme aux normes en vigueur (EN 60076) avec mesures supplémentaires: <ul style="list-style-type: none"> • blindage mis à la terre entre l'enroulement BT et l'enroulement HT • isolation renforcée des spires/couches BT • limitation de l'induction à 1,6 tesla maximum pour éviter la saturation du noyau
Harmoniques du côté HT (disjoncteur à vide, types de câbles à faible atténuation)	Construction conforme aux normes en vigueur (EN 60076) avec mesures supplémentaires: <ul style="list-style-type: none"> • blindage mis à la terre entre l'enroulement BT et l'enroulement HT • isolation renforcée des couches HT • exécution de la couche d'enroulement HT la plus interne avec un diamètre de fil minimal de 2 mm • isolation supplémentaire de la première et de la dernière spire de la couche d'enroulement HT la plus interne utilisation de parafoudres
Harmoniques du côté HT (disjoncteur à vide, types de câbles à faible atténuation)	Construction conforme aux normes en vigueur (EN 60076) avec des mesures réduites supplémentaires: <ul style="list-style-type: none"> • isolation renforcée des couches HT • utilisation de parafoudres Les mesures réduites ne sont PAS recommandées par R & S!
Valeurs limites prévues des harmoniques de: THDi > 5 % ou THDu > 7 %	Compléter la cellule avec le contenu: Construction conforme aux normes en vigueur (EN 60076) avec des mesures supplémentaires: <ul style="list-style-type: none"> • blindage mis à la terre entre l'enroulement BT et l'enroulement HT • isolation renforcée des couches HT

Selon la mesure et la taille de la puissance, le surcoût par rapport à un transformateur de réseau ordinaire est d'environ 5 à 10 %.

L'objectif de cette recommandation est de prendre des mesures préventives pour éviter les pannes de transformateurs et donc d'en faire profiter le client.

Recommandations pour les différentes conditions de fonctionnement

Mesure comparative (mesures de la réponse en fréquence) du couplage capacitif sur deux transformateurs identiques de 630 kVA (avec et sans blindage entre l'enroulement BT et HT)

Les mesures ont été effectuées par la Commission d'étude des questions relatives à la haute tension (FKH).

Résultat du test:

Comparaison de la mesure de la réponse en fréquence (FRA) sur deux transformateurs 630 kVA avec et sans blindage dans l'usine R&S de Sissach

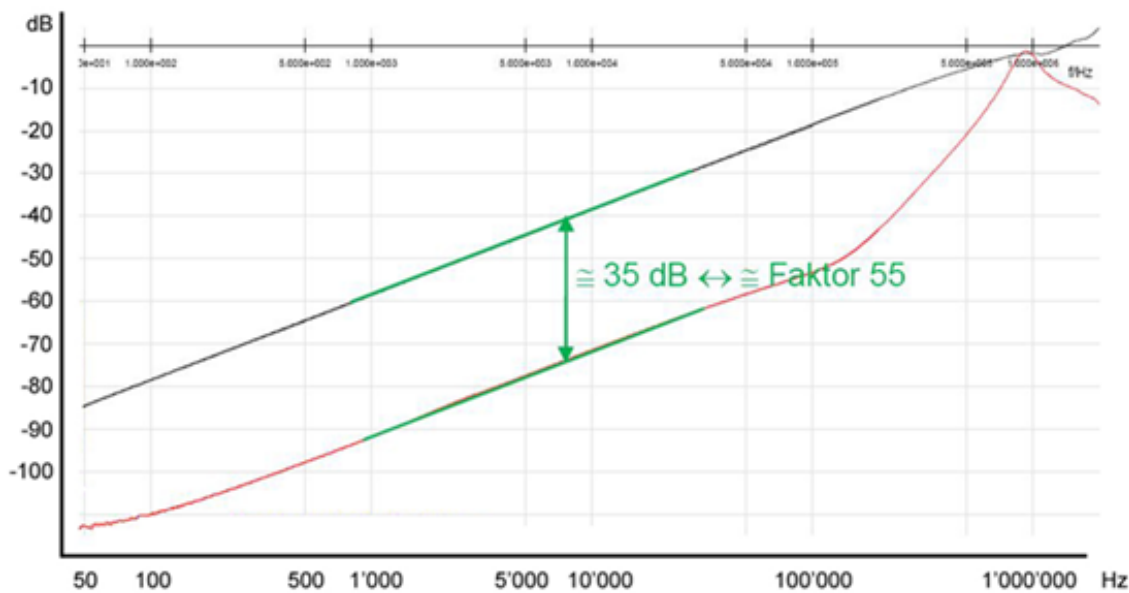


Diagramme 1

Mesures 1 et 6

rouge: transformateur avec blindage

noir: transformateur sans blindage

8 Maintenance

Courant électrique



DANGER! DANGER DE MORT DÙ AU COURANT ÉLECTRIQUE

Des isolations ou composants défectueux représentent un danger de mort par arc électrique et choc électrique.

- Confier les travaux sur l'installation électrique exclusivement à des électriciens spécialisés
- Avant de commencer les travaux sur des pièces actives d'installations et d'équipements électriques, établir l'état hors tension et l'assurer pour la durée des travaux. Respecter les cinq règles de sécurité suivantes:
 - Déconnecter et séparer tous les pôles
 - Empêcher la remise en marche
 - Vérifier l'absence de tension
 - Mettre à la terre et court-circuiter
 - Protéger contre les pièces avoisinantes sous tension

Maintenance non conforme



AVERTISSEMENT! RISQUE DE BLESSURE DÙ À UNE MAINTENANCE NON CONFORME

Une maintenance non conforme peut entraîner des blessures graves et des dommages matériels considérables.

- Confier les travaux de maintenance exclusivement à un personnel qualifié.
- En cas de retrait de composants, veiller au montage correct, remettre en place tous les éléments de fixation et respecter les couples de serrage des vis.

Les dispositions de l'exploitant concernant l'entretien des équipements d'exploitation doivent être respectées.

8.1 Plan de maintenance

Inspection/contrôle visuel

Personnel: Personne experte

Nous recommandons une inspection du transformateur tous les 12 mois. Celle-ci doit inclure les points suivants:

- Contrôle du niveau d'huile
- Contrôle de la température de l'huile à l'aide de l'index mobile du thermomètre (max. 100 °C ou selon les indications appliquées sur le transformateur)
- Charge du transformateur (courant et tension)
- État des traversées et des raccords
- Contrôle de l'étanchéité de la cuve (traces d'huile), déformation et dommages dus à la rouille
- Bruit inhabituel du transformateur
- Température ambiante (max. 40 °C)

Le transformateur doit être débranché du réseau si, lors de l'inspection/de la maintenance, des dommages ou des valeurs anormales (p.ex., bruit inhabituel du transformateur, surchauffe, etc.) sont constatés et rendent un fonctionnement sécurisé impossible.

Maintenance/Contrôle de fonctionnement

Personnel: Personne experte

Nous recommandons de réaliser une maintenance/un contrôle de fonctionnement du transformateur tous les 5 ans. Ces opérations doivent inclure les points suivants:

- Contrôle du fonctionnement des interrupteurs et des sectionneurs
- Contrôles des vis sur les traversées
- Mesures de mise à la terre
- Contrôle du changeur de prises (multiples commutations)
- Nettoyage des pièces encrassées
- Contrôle du fonctionnement des éventuels équipements de protection

Contrôle de l'huile isolante

Personnel: Personne experte

Nous recommandons un contrôle de l'huile isolante sur les transformateurs respirants la première fois après 12 ans, puis tous les 5 ans. Pour cela, prélever un échantillon d'huile.

Sur les transformateurs hermétiques, le contrôle de l'huile isolante n'est effectué qu'en cas de suspicion de dommage sur la partie active. Dans des conditions de service normales, ces transformateurs ne nécessitent pas de contrôle. Dans certaines circonstances, un prélèvement d'échantillons d'huile peut entraîner une perte de pression dans la chaudière (p.ex. lorsque la température de l'huile est basse).

Pour le prélèvement d'échantillons d'huile, respecter les instructions du chapitre 8.2: Prélèvement d'échantillons d'huile de ce manuel.

Révision du transformateur

Personnel: Personne experte

Si les contrôles de maintenance, de fonctionnement ou d'huile révèlent des défauts graves, il convient de procéder à une révision du transformateur. Les révisions sont réalisables uniquement dans l'usine du fabricant ou dans des ateliers équipés en conséquence.

8.2 Prélèvement d'échantillons d'huile

Remarques

Personnel: Personne experte

Le transformateur doit être hors tension, placer un récipient sous l'appareil (pollution de l'environnement). À l'extérieur, veiller à ce que le prélèvement soit effectué par temps sec. Le matériel à usage unique souillé (seringues, etc.) doit être éliminé de manière appropriée.

IMPORTANT: Remplir entièrement le récipient d'échantillonnage et l'envoyer pour analyse le plus rapidement possible après le prélèvement (afin d'éviter une absorption d'humidité involontaire).

Récipient d'échantillonnage d'huile

R&S met à disposition les récipients appropriés, qui sont absolument stériles, secs et bien fermés. En cas d'utilisation d'autres récipients, il convient de se renseigner auprès de R&S sur leur qualité et leur manipulation. Contenu: Le test standard requiert 1,0 l d'huile et le test rapide au chlore en requiert 50 ml. Le récipient doit contenir les indications suivantes (étiquette adhésive): Nom de l'ex-

ploitant (client), emplacement de l'objet, fabricant, numéro de l'objet (n° de série.), année de construction, date du prélèvement de l'échantillon d'huile, point de prélèvement sur le transformateur et température de l'huile lors du prélèvement.

Matériel fourni:

- Bouteille en verre de 1000 ml avec couvercle en plastique
- Seringue à usage unique 100 ml
- Tuyau de rallonge 20 cm
- Pièce de raccord
- Étiquette adhésive

Prélèvement d'échantillons d'huile sur le couvercle avec une seringue d'aspiration

Ne convient pas aux transformateurs hermétiques et aux transformateurs à vase d'expansion.

- Fixer le tuyau de rallonge sur la seringue à usage unique et placer la pièce de raccord à l'extrémité du tuyau de rallonge
- Retirer le couvercle du reniflard du transformateur
- Plonger le tuyau dans l'huile, le tenir à la verticale et remplir lentement la seringue pour éviter la formation de bulles d'air. Toujours tenir la seringue à la verticale
- Verser lentement l'huile dans un récipient d'échantillonnage d'huile propre et sec. Veiller à ce que l'extrémité du tuyau soit toujours immergée dans l'huile et que de l'air n'y pénètre pas inutilement
- Répéter l'opération plusieurs fois jusqu'à ce que le récipient d'échantillonnage soit complètement rempli
- Bien fermer le récipient d'échantillonnage
- Fermer correctement le couvercle du reniflard du transformateur

Prélèvement d'échantillons d'huile sur le dispositif de vidange d'huile

Ne convient que partiellement aux transformateurs hermétiques. Le transformateur doit être en surpression.

- Placer le récipient de récupération d'huile en dessous, retirer le capuchon du dispositif de vidange d'huile et desserrer la vis de fermeture intérieure
- Vidanger une quantité suffisante d'huile de 0,5 à 2 l dans un récipient (en fonction de la taille du transformateur) afin d'éliminer les éventuelles salissures présentes au niveau de l'orifice de sortie. Cette huile doit être éliminée de manière conforme
- Vider 1 l ou 50 ml dans un récipient d'échantillonnage d'huile propre et sec
- Bien fermer le récipient d'échantillonnage
- Fermer correctement le dispositif de vidange d'huile

9 Élimination

Lorsque l'appareil a atteint la fin de sa durée d'utilisation, le transformateur doit être démonté et éliminé dans le respect de l'environnement, conformément aux dispositions légales en vigueur.

Élimination



**REMARQUE!
DANGER POUR
L'ENVIRONNEMENT
EN CAS D'ÉLIMINATION
NON CONFORME!**

Une élimination non conforme peut présenter des risques pour l'environnement.

- En fin d'utilisation, les transformateurs peuvent être restitués au fabricant pour être éliminés de manière appropriée.
- En cas de doute, se renseigner auprès des autorités communales locales ou d'entreprises spécialisées dans l'élimination des déchets pour s'assurer d'une élimination respectueuse de l'environnement.

Entreprises du groupe R & S

Suisse

R & S International Holding AG
Reuslistrasse 32
4450 Sissach
+41 61 976 34 66
info@the-rsgroup.com

Suisse

Rauscher & Stoecklin AG
Reuslistrasse 32
4450 Sissach
+41 61 976 34 66
info@raustoc.ch

Italie

Tesar S.r.l.
Loc. Chiaveretto 37/B
52010 Subbiano Arezzo
+39 0575 3171
info@tesar.eu

Pologne

ZREW Transformatory S.A.
ul. Rokicińska 144
92-412 Łódź
+48 42 671 86 00
transformatory@zrew-tr.pl

Pologne

Tesar Polska Sp. z o.o.
ul. Skarbowa 34
32-005 Niepołomice
+48 12 312 90 41
info@tesarpolska.pl

Émirats arabes unis

Tesar FZE
Dubai Airport Free Zone
Office 118, Building 5E, Block A
+971 4 2045305/06
tesarfze@tesar.eu

Émirats arabes unis

Tesar Gulf
P.O. Box #13898
Al Ain
+971 3 7847900
tesarfze@tesar.eu

Argentine

Tadeo Czerweny Tesar S.A.
Av. República 328 (S2252BQQ)
Gálvez, Santa Fe
+54 3404 48 7200
info@tesar.eu



the-rsgroup.com


**Rauscher
Stoecklin**
A company of R&S