

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 78 (1987)

Heft: 19

Artikel: Une cuve en aluminium pour transformateurs de chemins de fer

Autor: Müller, W. G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-903927>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Une cuve en aluminium pour transformateurs de chemins de fer

W. G. Müller

Avec l'apparition de l'électronique sur les locomotives, les appareils faciles à entretenir, comme les transformateurs, ont été bannis de la salle des machines des locomotives. La nouvelle place attribuée au transformateur se trouve en dessous du plancher, entre les boggies, et délimitée en longueur par ceux-ci. Les autres dimensions sont données en largeur par le gabarit et en hauteur par la garde au sol. Ceci signifie pour le constructeur de choisir une construction compacte, une nouvelle technique pour le transformateur dont la cuve en aluminium fait partie.

Durch den Einzug der Elektronik im Lokomotivbau wurden die wartungsfreien Apparate, wie der Transformator, aus dem Maschinenraum der Lokomotive verbannt. Dieser befindet sich nun unter dem Wagenboden, zwischen den Drehgestellen, begrenzt in der Länge durch die Drehgestelle, in der Breite durch das Lichtraumprofil und in der Höhe durch die Bodenfreiheit. Dies bedeutet für den Konstrukteur eine kompakte Bauart, eine neue Technik für den Transformator, zu der auch der Aluminiumkasten gehört.

Adresse de l'auteur

W. G. Müller, Constructeur en chef pour transformateurs de traction, BBC-Sécheron SA, Dept. STC-S3, case postale, 1211 Genève 21.

Avantages de la cuve en aluminium

Ce n'est pas seulement en raison du gain de poids que le constructeur va choisir l'aluminium, mais aussi afin de limiter les effets du champ magnétique produit par le transformateur. Ce champ magnétique est à l'origine de pertes supplémentaires dans la cuve et peut perturber les installations électriques et électromagnétiques à l'extérieur de la cuve.

Dans les locomotives, le courant de court-circuit du transformateur doit être maintenu bas pour protéger les appareils électroniques de puissance qui se trouvent aussi dans la locomotive. De ce fait la tension de court-circuit est plus élevée que dans un transformateur normal; elle est de 23% pour le transformateur BT/SZU¹; le rapport entre le flux de dispersion et le flux dans le noyau donne l'ordre de grandeur de la tension de court-circuit en p. u.

Le champ magnétique de dispersion génère dans tout élément de construction des courants de Foucault qui provoquent des pertes supplémentaires, des échauffements et diminuent le rendement. Pour limiter l'influence de ces courants de fuite il existe plusieurs possibilités. La plus simple est d'augmenter la distance entre la partie active et la cuve, ce qui conduit à augmenter le volume et la masse de l'ensemble, solution qui souvent est irréalisable pour des raisons de place et de poids. Une autre solution consiste à tapisser les parois intérieures de la cuve d'écrans en tôle magnétique. Cette solution est techniquement valable. Elle est cependant chère et entraîne une augmentation du poids. Une autre possibilité serait l'habillage de la cuve avec des matériaux de bonne conductibilité comme le cuivre ou des tôles d'aluminium.

Toutefois, la meilleure solution pour les transformateurs de chemins de fer pour réduire les pertes reste la cuve en aluminium. Son effet est moindre en comparaison avec les écrans en tôles magnétiques mais elle remplit les conditions requises. Le champ magnétique de dispersion entrant dans la cuve en aluminium y génère des courants de Foucault. Ceux-ci induisent un champ qui s'oppose au champ de dispersion et en réduit les effets. Des essais ont montré que l'effet protecteur est optimal pour une épaisseur de la paroi des tôles d'aluminium

de 8 mm. Une augmentation de l'épaisseur de la paroi n'apporte que de minimes améliorations.

Particularités constructives

La cuve en aluminium n'est pas une nouveauté. Pourtant il vaut la peine de considérer de plus près certains problèmes qui se présentent au constructeur. Depuis des décennies, l'aluminium est largement utilisé par l'industrie, en particulier dans l'aviation, pour les wagons, les véhicules, dans le bâtiment et, plus récemment, dans l'aérospatiale. C'est certainement son prix qui l'a empêché d'être davantage utilisé pour la construction des cuves de transformateurs. L'aluminium est en effet 3 à 4 fois plus cher que l'acier et n'apporte qu'une réduction de masse de 30% de la cuve. Cette dernière dépend cependant fortement des conditions requises et de l'ingéniosité du constructeur. Une construction économique à base d'aluminium fait appel à des profilés spéciaux afin de donner aux contours de la caisse et aux cordons de soudure la meilleure configuration. Ces profilés spéciaux sont très coûteux s'ils sont commandés en petites séries; pour de grandes séries la construction en aluminium peut se révéler moins chère que l'exécution semblable en acier.

Le constructeur devra revoir sa méthode de construction sinon il n'obtiendra pas les résultats attendus.

Points à considérer par le constructeur

Voici les points principaux qu'il doit observer

- choix d'un alliage approprié
- utilisation de profilés et d'alliages identiques
- choix de la meilleure technique de soudure
- trouver l'emplacement adéquat des soudures
- tenir compte des tensions de dilatation
- tenir compte des retraits dus aux longs et forts cordons de soudure
- résoudre les problèmes des assemblages de pièces en aluminium et d'éléments en acier.

Comme en Suisse les transformateurs de traction sont en général commandés en petites séries, il n'est pas économique de fabriquer des profilés spéciaux. Le constructeur doit faire le bon choix parmi les profilés et tôles disponibles sur le marché.

¹ BT = Bodensee-Toggenburg-Bahn
SZU = Sihltal-Zürich-Uetliberg-Bahn

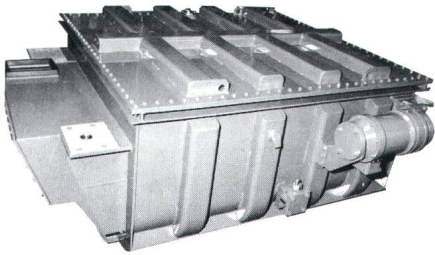


Figure 1 Cuve en aluminium du transformateur BT/SZU

La cuve en aluminium du transformateur de chemin de fer de la locomotive Re 4/4 de BT/SZU (fig. 1) est composée de tôles et profilés normaux du commerce et de même alliage à l'exception du profilé de fixation. Les parois latérales et le couvercle sont en tôles d'aluminium d'épaisseurs de 8 resp. 10 mm, coupées et pliées d'une pièce. Les renforts de la cuve sont tous tirés du même profil et sont de même composition que la tôle. Ainsi, un minimum de cordons de soudure a été obtenu et des problèmes de choix d'électrodes de soudure ont été évités, grâce à l'emploi du même alliage. Une attention spéciale a été portée à l'étanchéité des cordons de soudure à l'huile chaude (fig. 2). Les problèmes liés à l'utilisation de l'aluminium ne sont guère plus difficiles que ceux liés à l'emploi de l'acier si l'on sait que

l'une des matières ne peut pas sans autre remplacer l'autre, et si l'on tient compte que:

- la dilatation de l'aluminium est environ 2 fois celle de l'acier
- la conductibilité thermique est 2 à 5 fois plus grande que celle de l'acier.

Résistance à la pression

La résistance à la pression de la cuve est donnée par la pression d'essai à l'étanchéité et par la montée de la pression lors de l'enclenchement de la pompe à huile. Elle a été fixée à 0,6 bar pour la cuve de BT/SZU. Lors de l'essai la cuve a supporté cette pression sans la moindre déformation. Au vu de ce bon résultat, un deuxième essai a été entrepris afin de connaître la pression limite. Cet essai supplémentaire montrait que la cuve peut résister sans problème à une pression de 1,3 bar. La déformation réversible était de 10 mm.

Poids:

La cuve pèse 720 kg avec son couvercle ce qui représente 9% du poids total du transformateur. Une cuve semblable conçue en acier, sans écrans magnétiques pèserait environ 1250 kg soit 16% du poids total du transformateur. Ce poids est encore à augmenter de 270 kg si l'on tient compte des écrans en cuivre que nécessiterait une construction en acier. Ainsi peut-on pré-

tendre à une économie de 800 kg ou 10% du poids total, grâce à l'emploi de l'aluminium.

Assemblages vissés

Lors de la conception des assemblages vissés, il faut tenir compte des coefficients de dilatation différents des matériaux à assembler: celui de l'aluminium est le double de celui de l'acier. Un changement de température de 10 °C engendre une pression d'environ 2 kg/mm² entre aluminium et acier rigidement fixés. Les assemblages vissés hors du contact avec l'huile doivent être particulièrement protégés contre la corrosion.

Protections

Une tôle de protection interchangeable, en aluminium de 6 mm d'épaisseur, est vissée sous la cuve. Elle la protège des projections de pierres. La cuve est vernie, ceci pour plusieurs raisons. D'une part il est exigé que les boggies et les appareils hors de la locomotive soient uniformément de couleur RAL-7043. D'autre part, les constructions soudées, exposées à de fortes atteintes corrosives, par exemple sujettes à être lavées avec des détergents, doivent être protégées. C'est pourquoi la cuve, après avoir été lavée, dégraissée et décapée, est vernie de deux couches de fonds et de deux couches de couverture.

Conclusion

Cet article ne doit pas réveiller l'impression que dorénavant toutes les cuves de transformateur seront exécutées en aluminium. Il y aurait, de plus, danger de généraliser quant aux gains de poids mentionnés, car ces gains diffèrent considérablement en fonction de la conception de la construction et de l'emplacement du transformateur.

Literatur

- [1] J. Gerth: Lösung der Streifflussprobleme bei Grosstransformatoren. BBC-Sonderdruck. Mannheim, AG Brown Boveri & Cie, 1983.
- [2] A. von Zeerleder: Technologie der Leichtmetalle. Zürich, Rascher-Verlag, 1947.
- [3] Korrosionsschutzmassnahmen beim Zusammenbau von Aluminium mit Stahl. Informationsblatt. Zürich, Schweizerische Aluminium AG, o. Datum.

Figure 2
Quelques exemples de choix de l'emplacement de soudure

