

PARTIE 400.B.05 ■ MACHINES STATIQUES

CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES CONTRACTUELLES
constituant annexe permanente aux cahiers spéciaux des charges
relatifs aux installations et constructions mécaniques et électriques

B.a. MACHINES STATIQUES

B.a.1. TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE TRIPHASES

B.a.1.1. Généralités

B.a.1.1.1. Objet

Les présentes prescriptions sont valables pour les transformateurs triphasés de distribution à bain d'huile minérale ou végétale, ou de type sec à enroulements enrobés, de tension la plus élevée pour le matériel ne dépassant pas 17,5 kV à l'enroulement primaire.

B.a.1.1.2. Normes

Les transformateurs de puissance triphasés répondent aux prescriptions des normes suivantes :

EU/548/2014	Règlement relatif à la mise en œuvre de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les transformateurs de faible, moyenne et grande puissance
NBN EN 50588-1	Transformateurs 50 Hz de moyenne puissance, de tension la plus élevée pour le matériel ne dépassant pas 36 kV - Partie 1: Exigences générales
NBN EN 60296	Fluides pour applications électrotechniques - Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion
ASTM D 6871-03	Standard Specification for Natural (Vegetable Oil) Ester Fluids Used in Electrical Apparatus
NBN EN 60247	Liquides isolants - Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique (tan delta) et de la résistivité en courant continu

B.a.1.1.3. Terminologie

La terminologie du présent chapitre est celle des normes mentionnées ci-dessus.

B.a.1.1.4. Conditions de service

Sauf indication contraire au cahier des charges, les transformateurs sont conçus pour être utilisés dans les conditions normales de service définies dans la norme NBN EN 60076-1, à savoir :

la température de l'air de refroidissement doit être supérieure à -5 °C et inférieure à 40 °C, la température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 30 °C pour la moyenne journalière et 20 °C pour la moyenne annuelle.

B.a.1.1.5. Conformité

Chaque type d'appareillage est soumis aux essais-type, conformément normes en vigueur et répond aux prescriptions du cahier des charges types 400.

Pour chaque type d'appareillage utilisé pour la première fois dans un marché de la Régie des Bâtiments, l'entrepreneur fournit une attestation que l'appareillage a satisfait aux essais de type. Les certificats sont établis sous la supervision d'un organisme de certification agréé. Tous les frais sont à charge de l'entrepreneur.

B.a.1.1.6. Données à indiquer dans le cahier des charges

Le cahier des charges détermine :

- le type de transformateur : à bain d'huile ou de type sec; dans le premier cas, indiquer s'il s'agit à bain d'huile minérale ou végétale ;
- le type intérieur ou extérieur ;
- la puissance assignée en kVA ;
- la (les) tension(s) assignée(s) en kV ;
- la valeur de U_m , la tension la plus élevée pour le matériel (pour chaque enroulement) ;
- la tension secondaire assignée en V ;
- en cas de fonctionnement en parallèle avec des transformateurs existants, les données mentionnées dans l'annexe A.2 de la norme NBN EN 60076-1.
- en cas de fonctionnement dans des conditions particulières, il convient de préciser les données spécifiées au point A.1.2 dans la norme NBN EN 60076-1.

B.a.1.2. Transformateurs triphasés à bain d'huile

B.a.1.2.1. Caractéristiques constructives

Les transformateurs triphasés à bain d'huile traités dans cet article sont conformes aux prescriptions de la norme NBN EN 50588-1 et NBN EN 60076.

Les enroulements des transformateurs sont isolés et sont immergés dans une huile isolante.

Les transformateurs sont de type hermétique.

Si les transformateurs sont hermétiques à remplissage intégral, ils sont équipés d'un appareil détectant la formation de gaz.

Le refroidissement est de type ONAN conformément aux prescriptions de la norme NBN EN 60076-2.

B.a.1.2.2. Caractéristiques électriques

La puissance assignée des transformateurs triphasés à bain d'huile est choisie parmi les valeurs suivantes : 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000 kVA.

La fréquence assignée est 50 Hz.

La tension la plus élevée pour le matériel U_m est de 17,5 kV.

La tension assignée de l'enroulement basse tension est de 420 V.

Les transformateurs sont munis de barrettes de réglage à 5 positions qui permettent le réglage de la tension assignée entre les limites suivantes : + 5 %, + 2,5 %, 0, - 2,5 %, - 5 %. Ce réglage s'effectue hors tension.

Le couplage est Dyn 11.

Les valeurs des pertes à vide P_0 et des pertes en charge P_k sont déterminées dans le tableau ci-après et correspondent aux valeurs du règlement EU/548/2014.

	Phase 1 (du 1^{er} juillet 2015)	Phase 2 (du 1^{er} juillet 2021)
--	---	---

Puissance assignée (kVA)	Pertes à vide P_0	Pertes en charge P_k	Pertes à vide P_0	Pertes en charge P_k
	W	W à 75°C	W	W à 75°C
100	145	1750	130	1250
160	210	2350	189	1750
250	300	3250	270	2350
400	430	4600	387	3250
630	600	6500	540	4600
800	650	8400	585	6000
1000	770	10500	693	7600

Les valeurs des niveaux de puissance acoustique sont déterminés dans le tableau ci-après et correspondent aux valeurs de la norme NBN EN 50588-1.

Puissance assignée (kVA)	Phase 1 (du 1 ^{er} juillet 2015)	Phase 2 (du 1 ^{er} juillet 2021)
	Niveau de puissance acoustique	Niveau de puissance acoustique
	dB(A)	dB(A)
100	41	40
160	44	43
250	47	46
400	50	49
630	52	51
800	53	52
1000	55	54

Les tolérances sont données dans la norme NBN EN 60076-1.

Les valeurs de la tension de court-circuit en % de la tension assignée, au courant assigné et pour une température de référence de 75 °C sont :

- pour les transformateurs d'une puissance de et jusqu'à 630 kVA : 4 % ;
- pour les transformateurs d'une puissance supérieure à 630 kVA : 6 %.

B.a.1.2.3. Huile isolante

L'huile minérale est obtenue par raffinage et distillation de pétrole, conformément aux prescriptions de la norme NBN EN 60296.

L'huile végétale est un ester naturel conforme aux prescriptions de la norme ASTM D 6871-03.

B.a.1.2.4. Systèmes de sécurité

Les transformateurs sont équipés des accessoires suivants :

- un manostat à seuil de coupure unique ;
- pour les transformateurs hermétiques à remplissage intégral : un appareil à seuil de détection unique détectant la formation de gaz dans la cuve du transformateur ;
- un thermostat à seuil de température double ou deux thermostats à seuil unique ;
- si le cahier des charges le demande : un coffret de raccordement ayant un degré de protection IP55 selon la norme NBN C 20-529 et IK07 selon la norme NBN EN 50102 (si celui-ci n'est pas intégré au tableau général basse tension) ;

- le câblage entre les appareils de sécurité et le coffret de raccordement ou le tableau général basse tension.

Chacun des appareils de sécurité précités a au moins 1 contact inverseur libre de potentiel de 2 A sous 240 V. Ce contact inverseur peut être utilisé soit comme contact de fermeture, soit comme contact de coupure.

Le coffret de raccordement est équipé du nombre de bornes nécessaires pour le raccordement de chaque contact des appareils de sécurité.

Les auxiliaires peuvent être intégrés dans l'ensemble général basse tension.

B.a.1.2.5. Mode de protection des bornes

Les transformateurs sont munis de bornes isolées du côté haute tension et de bornes protégées du côté basse tension.

Les bornes du côté haute tension sont destinées à recevoir un conducteur débrochable qui répond aux prescriptions de la norme NBN EN 50180-1.

Les bornes du côté basse tension du transformateur sont protégées par un capuchon isolant. Le degré de protection de ce capuchon isolant est IP53 selon la norme NBN C 20-529 et IK07 selon la norme NBN EN 50102. Il est relié mécaniquement à la cuve du transformateur.

B.a.1.2.6. Accessoires

Tous les accessoires normaux et particuliers mentionnés dans de la norme NBN EN 50464-1 sont fournis avec le transformateur.

Tous les transformateurs sont équipés d'un thermomètre à aiguille maximum. Les transformateurs hermétiques à remplissage intégral sont équipés d'un relais de détection des gaz. Les transformateurs hermétiques à matelas d'azote sont équipés d'un manomètre.

B.a.1.2.7. Essais

B.a.1.2.7.1. Essais de type

Les essais de type sont les suivants :

- essai de tenue au court-circuit selon la norme NBN EN 60076-5;
- essai d'échauffement selon la norme NBN EN 60076-2;
- essai de tenue au choc de foudre selon la norme NBN EN 60076-3 ;
- mesure du niveau de bruit selon la norme NBN EN 60076-10;
- essai d'étanchéité.

B.a.1.2.7.2. Essais de réception

Les essais de réception comprennent les essais de routine comme décrit à l'article 10.1.1 de la norme NBN EN 60076-1.

Pour chaque transformateur les résultats des essais de réception exécutés sont fournis au fonctionnaire dirigeant.

Lorsque des transformateurs fonctionnent en parallèle, l'ensemble est considéré comme un seul lot. Si deux ou plusieurs transformateurs constituant ce lot ne satisfont pas aux prescriptions, l'ensemble du lot est refusé. Si seulement un seul des transformateurs ne satisfait pas, il est remplacé.

B.a.1.2.8. Fonctionnement en parallèle

Les transformateurs destinés à fonctionner en parallèle satisfont aux prescriptions de la norme NBN EN 60076-1.

B.a.1.3. Transformateurs de puissance triphasés de type sec

B.a.1.3.1. Caractéristiques constructives

Les transformateurs triphasés secs traités dans cet article sont conformes aux prescriptions des normes NBN EN 50588-1 et NBN EN 60076.

Les transformateurs du type sec sont à enroulements enrobés. L'isolement des enroulements est de la classe F selon la publication NBN EN 60085 pour les enroulements basse tensions et de classe B ou F pour les enroulements haute tension.

Le refroidissement est de type AN selon la norme NBN EN 60076-11.

Pour les transformateurs de type sec, la classe d'environnement est E2, la classe climatique est C2, et la classe de comportement au feu est F1, conformément aux prescriptions de la norme NBN EN 60076-11. Le cahier des charges précise si des classes d'environnement plus strictes sont à appliquer.

B.a.1.3.2. Caractéristiques électriques

La puissance assignée du transformateur est choisie parmi les valeurs suivantes : 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000 kVA.

Pour l'enroulement haute tension, les valeurs préférentielles de la tension assignée U_r sont liées aux valeurs de la tension la plus élevée pour le matériel U_m , comme indiqué dans le tableau suivant :

U_m (kV)	17,5
U_r (kV)	12 tot 16

La tension assignée de l'enroulement basse tension est de 420 V.

Pour l'enroulement haute tension, les valeurs assignées de la tension de tenue de courte durée à la fréquence réseau et de tenue au choc de foudre sont données dans le tableau suivant :

Tension la plus élevée pour le matériel U_m	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence réseau	Tension de tenue assignée au choc de foudre
kV eff.	kV eff.	kV crête
17,5	38	95

Pour l'enroulement basse tension, seule une tension de tenue de courte durée à la fréquence réseau égale à 3 kV est spécifiée.

L'enroulement haute tension est muni de barrettes de réglage à 5 positions qui permettent le réglage de la tension assignée entre les limites suivantes : + 5 %, + 2,5 %, 0, - 2,5 %, - 5 %. Ce réglage s'effectue hors tension.

Le couplage est Dyn 11.

Les valeurs des pertes à vide P_0 et des pertes à la charge P_k sont déterminés dans le tableau ci-après et correspondent aux valeurs du règlement EU/548/2014.

Puissance assignée (kVA)	Phase 1 (du 1 ^{er} juillet 2015)		Phase 2 (du 1 ^{er} juillet 2021)	
	Pertes à vide P_0 W	Pertes en charge P_k W à 120°C	Pertes à vide P_0 W	Pertes en charge P_k W à 120°C
100	280	2050	252	1800
160	400	2900	360	2600
250	520	3800	468	3400
400	750	5500	675	4500
630	1100	7600	990	7100
800	1300	8000	1170	8000
1000	1550	9000	1395	9000

Les valeurs des niveaux de puissance acoustique sont déterminées dans le tableau ci-après et correspondent aux valeurs de la norme NBN EN 50588-1.

Puissance assignée (kVA)	Phase 1 (du 1 ^{er} juillet 2015)	Phase 2 (du 1 ^{er} juillet 2021)
	Niveau de puissance acoustique dB(A)	Niveau de puissance acoustique dB(A)
100	51	50
160	54	53
250	57	56
400	60	59
630	62	61
800	64	63
1000	65	64

Les tolérances sont données dans la norme NBN EN 60076-1.

La mesure des décharges partielles se fait conformément aux prescriptions de la norme NBN EN 60076-11. Le niveau limite des décharges partielles à la tension de mesure est d'au plus 10 pC.

Les valeurs de la tension de court-circuit en % de la tension assignée à courant assigné et pour une température de référence de 120 °C sont 6%.

B.a.1.3.3. Système de sécurité

Les transformateurs sont équipés de deux thermistances séparées dans chaque enroulement basse tension. Ces thermistances sont raccordées au système de sécurité du transformateur. Ce système de sécurité a deux seuils de détection distincts et est muni d'au moins deux contacts libres de potentiel de 2 A sous 240 V : un contact normalement ouvert et un normalement fermé.

Le système de sécurité est placé à l'intérieur d'un coffret de raccordement, de degré de protection IP55 selon la norme NBN C 20-529 et IK07 selon la norme NBN EN 50102, ou est intégré dans l'ensemble général basse tension. L'éventuel coffret de raccordement est équipé du nombre de bornes nécessaires pour le raccordement de chaque contact des appareils de sécurité.

B.a.1.3.4. Protection contre les chocs électriques

Tout transformateur de type sec est placé à l'intérieur d'une enveloppe de protection construite de telle manière que l'air ambiant puisse y circuler pour refroidir directement le circuit magnétique et les enroulements, selon la norme NBN EN 50541-1. Le degré de protection est au moins IP20 selon la norme NBN C 20-529 et IK07 selon la norme NBN EN 50102

Le transformateur et l'enveloppe forment une seule unité de transport.

B.a.1.3.5. Accessoires

Les transformateurs de type sec sont munis des accessoires suivants :

- barrettes pour les combinaisons de tension ;
- thermomètre ou capteur thermique avec aiguille maximum ;
- plaque d'avertissement ;
- anneaux de levage ;
- galets de roulement orientables suivant deux directions perpendiculaires ;
- plaque signalétique.

B.a.1.3.6. Essais

B.a.1.3.6.1. Essais de type

Les essais de type sont les suivants :

- essai de tenue au court-circuit selon la norme NBN EN 60076-5;
- essai d'échauffement selon la norme NBN EN 60076-11;
- essai de tenue au choc de foudre et de courte durée selon les normes NBN EN 60076-3 et NBN EN 60076-11;
- mesure du niveau de bruit selon la norme NBN EN 60076-10;
- mesure des décharges partielles selon la norme NBN EN 60076-11 ;
- essai d'aptitude aux classes climatiques selon la norme NBN EN 60076-11 ;
- essai d'aptitude aux classes de comportement au feu selon la norme NBN EN 60076-11 ;
- vérification du degré de protection de l'enveloppe.

B.a.1.3.6.2. Essais de réception

Les essais de réception sont ceux mentionnés dans l'article 10.1.1 des normes NBN EN 60076-1 et NBN EN 60076-11, auxquels il convient d'ajouter l'essai de mesure des décharges partielles selon la norme NBN EN 60076-11.

Pour chaque transformateur les résultats des essais de réception exécutés sont fournis au fonctionnaire dirigeant.

Lorsque des transformateurs fonctionnent en parallèle, l'ensemble est considéré comme un seul lot. Si deux ou plusieurs transformateurs constituant ce lot ne satisfont pas aux prescriptions, l'ensemble du lot est refusé. Si seulement un seul des transformateurs ne satisfait pas, il est remplacé.

B.a.1.3.7. Fonctionnement en parallèle

Les prescriptions de l'article B.a.1.2.8 sont d'application.

B.a.2. TRANSFORMATEURS DE SEPARATION DES CIRCUITS ET TRANSFORMATEURS DE SECURITE

Les prescriptions de la norme NBN EN 61558 sont d'application.

B.a.3. BOBINES D'INDUCTANCE

Les prescriptions de la norme NBN EN 61558 sont d'application.

B.a.4. AUTOTRANSFORMATEURS

Les caractéristiques générales et les essais de réception des autotransformateurs sont repris dans les normes NBN EN 60076-1, NBN EN 60076-2, NBN EN 60076-3, NBN EN 60076-5.

De algemene kenmerken en de opleveringsproeven van de spaartransformatoren zijn vermeld in de normen NBN EN 60076-1, NBN EN 60076-2, NBN EN 60076-3, NBN EN 60076-5.

Approuvé par le Ministre en charge de la Régie des Bâtiments,

Bruxelles, le

Jan JAMBON

Index

B.a.	MACHINES STATIQUES	1
B.a.1.	TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE TRIPHASES.....	1
B.a.1.1.	Généralités	1
B.a.1.1.1.	Objet	1
B.a.1.1.2.	Normes	1
B.a.1.1.3.	Terminologie	1
B.a.1.1.4.	Conditions de service	1
B.a.1.1.5.	Conformité	1
B.a.1.1.6.	Données à indiquer dans le cahier des charges	1
B.a.1.2.	Transformateurs triphasés à bain d'huile	2
B.a.1.2.1.	Caractéristiques constructives.....	2
B.a.1.2.2.	Caractéristiques électriques	2
B.a.1.2.3.	Huile isolante	3
B.a.1.2.4.	Systèmes de sécurité	3
B.a.1.2.5.	Mode de protection des bornes.....	4
B.a.1.2.6.	Accessoires	4
B.a.1.2.7.	Essais	4
B.a.1.2.7.1.	Essais de type	4
B.a.1.2.7.2.	Essais de réception	4
B.a.1.2.8.	Fonctionnement en parallèle	5
B.a.1.3.	Transformateurs de puissance triphasés de type sec.....	5
B.a.1.3.1.	Caractéristiques constructives.....	5
B.a.1.3.2.	Caractéristiques électriques	5
B.a.1.3.3.	Système de sécurité	6
B.a.1.3.4.	Protection contre les chocs électriques.....	6
B.a.1.3.5.	Accessoires	7
B.a.1.3.6.	Essais	7
B.a.1.3.6.1.	Essais de type	7
B.a.1.3.6.2.	Essais de réception	7
B.a.1.3.7.	Fonctionnement en parallèle	7
B.a.2.	TRANSFORMATEURS DE SEPARATION DES CIRCUITS ET TRANSFORMATEURS DE SECURITE.....	8
B.a.3.	BOBINES D'INDUCTANCE.....	8
B.a.4.	AUTOTRANSFORMATEURS	8

Régie des Bâtiments - Service e-Notification
Avenue de la Toison d'Or 87 boîte 2 - 1060 Bruxelles
Téléphone : +32 2 541 66 11 - Fax : +32 2 541 59 51
cahierdescharges@regiedesbatiments.be
www.regiedesbatiments.be