



SLOVENSKI STANDARD

SIST EN 50388:2012

01-maj-2012

Nadomešča:
SIST EN 50388:2006

Železniške naprave - Preskrba z električno energijo in vozna sredstva - Tehnična merila za uskladitev med elektronapajalnimi postajami in elektrovlečnimi vozili za doseganje medobratovalnosti

Railway Applications - Power supply and rolling stock - Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability

Bahnanwendungen - Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge - Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität

Applications ferroviaires - Alimentation électrique et matériel roulant - Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité

Ta slovenski standard je istoveten z: EN 50388:2012

ICS:

| | | |
|-----------|------------------------------|----------------------------------|
| 29.280 | Električna vlečna oprema | Electric traction equipment |
| 45.060.01 | Železniška vozila na splošno | Railway rolling stock in general |

SIST EN 50388:2012

en,fr

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD

EN 50388

Mars 2012

ICS 29.280; 45.060.01

Remplace EN 50388:2005 + corr. May.2010

Version française

**Applications ferroviaires -
Alimentation électrique et matériel roulant -
Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation
(sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité**

Bahnanwendungen -
Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge -
Technische Kriterien für die Koordination
zwischen Anlagen der
Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen
zum Erreichen der Interoperabilität

Railway Applications -
Power supply and rolling stock -
Technical criteria for the coordination
between power supply (substation) and
rolling stock to achieve interoperability

PREVIEW
(standards.iteh.ai)

SIST EN 50388:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a9605e43-c01b-4f13-868b->

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2012-02-13. Les membres du CENELEC sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme Européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du CEN-CENELEC Management Centre ou auprès des membres du CENELEC.

La présente Norme Européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CENELEC dans sa langue nationale, et notifiée au CEN-CENELEC Management Centre, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CENELEC sont les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

CENELEC

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization

Management Centre: Avenue Marnix 17, B - 1000 Bruxelles

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | 5 |
| 1 Domaine d'application | 6 |
| 2 Références normatives | 6 |
| 3 Termes et définitions | 7 |
| 4 Périodes sur lesquelles les paramètres peuvent être moyennés ou intégrés | 10 |
| 5 Sections de séparation | 10 |
| 5.1 Sections de séparation de phases | 10 |
| 5.2 Sections de séparation de systèmes | 11 |
| 6 Facteur de puissance d'un train | 12 |
| 6.1 Généralités | 12 |
| 6.2 Facteur de puissance inductif | 12 |
| 6.3 Facteur de puissance capacitif | 13 |
| 6.4 Critères d'acceptation | 13 |
| 7 Limitation du courant absorbé par un train | 13 |
| 7.1 Courant maximal du train..... | 13 |
| 7.2 Régulation automatique..... | 13 |
| 7.3 Dispositif de limitation de courant ou de puissance | 15 |
| 7.4 Critères d'acceptation | 15 |
| 8 Exigences concernant la performance de l'alimentation | 15 |
| 8.1 Généralités | 15 |
| 8.2 Description | 15 |
| 8.3 Valeurs de $U_{\text{moyenne utile}}$ au pantographe | 16 |
| 8.4 Relation entre $U_{\text{moyenne utile}}$ et U_{min1} | 16 |
| 8.5 Critères d'acceptation | 17 |
| 9 Type de ligne et système d'électrification | 17 |
| 10 Harmoniques et effets dynamiques | 17 |
| 10.1 Généralités | 17 |
| 10.2 Procédure d'acceptation des nouveaux éléments..... | 19 |
| 10.3 Etude de compatibilité | 20 |
| 10.4 Méthodologie et critères d'acceptation | 24 |
| 11 Coordination des protections | 24 |
| 11.1 Généralités | 24 |
| 11.2 Protection contre les courts-circuits..... | 24 |
| 11.3 Refermeture automatique d'un ou plusieurs disjoncteurs de la sous-station et effet de la perte de la tension de ligne et du rétablissement de l'alimentation sur l'unité motrice | 26 |
| 11.4 Système d'électrification en courant continu, courant transitoire à la fermeture du disjoncteur | 26 |
| 11.5 Critères d'acceptation | 27 |
| 12 Freinage par récupération | 27 |
| 12.1 Conditions générales relatives à l'utilisation du freinage par récupération | 27 |
| 12.2 Utilisation du freinage par récupération | 27 |
| 12.3 Critères d'acceptation | 28 |
| 13 Effets d'une exploitation en courant continu sur les systèmes en courant alternatif | 28 |
| 14 Essais | 28 |
| 15 Méthodologie d'essai | 29 |
| 15.1 Sections de séparation | 29 |
| 15.2 Facteur de puissance | 29 |
| 15.3 Limitation du courant absorbé par un train | 29 |
| 15.4 Indice de qualité de l'alimentation électrique..... | 30 |
| 15.5 Harmoniques et effets dynamiques | 31 |
| 15.6 Coordination des protections | 31 |
| 15.7 Freinage par récupération | 32 |

| | |
|---|-----------|
| Annexe A (informative) Périodes d'intégration sur lesquelles les paramètres peuvent être moyennés | 33 |
| A.1 Généralités | 33 |
| A.2 Période de temps de référence sur lesquelles les valeurs peuvent être moyennées ou intégrées | 33 |
| Annexe B (informative) Critères de choix déterminant la tension au pantographe | 34 |
| Annexe C (informative) Analyse des caractéristiques des harmoniques et des surtensions associées | 36 |
| C.1 Généralités | 36 |
| C.2 Surtensions liées à l'instabilité du système | 36 |
| C.3 Surtensions liées aux harmoniques | 37 |
| C.4 Exemples | 37 |
| Annexe D (informative) Données relatives à l'étude de compatibilité des harmoniques et des effets dynamiques | 40 |
| D.1 Caractérisation des installations fixes du système d'alimentation de la traction | 40 |
| D.2 Caractérisation des trains | 43 |
| Annexe E (informative) Facteur global de puissance inductif et capacitif | 46 |
| Annexe F (informative) Courant de train maximal admissible | 49 |
| Annexe G (normative) Conditions nationales particulières | 50 |
| Annexe ZZ (informative) Couverture des Exigences Essentielles des Directives CE | 51 |
| Bibliographie | 52 |

Figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 — Courant maximal du train par rapport à la tension | 14 |
| Figure 2 — Procédure pour l'étude de compatibilité des harmoniques et effet dynamiques | 21 |
| Figure E.1 — Facteur de puissance admis par rapport aux puissances active et réactive absorbées (P et Q) par le train | 47 |

Tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 — Facteur de puissance inductif global λ d'un train | 12 |
| Tableau 2 — Valeurs du facteur a | 15 |
| Tableau 3 — $U_{\text{moyenne utile}}$ minimum au pantographe | 16 |
| Tableau 4 — Systèmes d'électrification en fonction du type de ligne | 17 |
| Tableau 5 — Description des étapes | 22 |
| Tableau 6 — Niveau maximal du courant de court circuit ligne de contact/rail | 25 |
| Tableau 7 — Action sur les disjoncteurs en cas de défaut interne dans une unité motrice | 25 |
| Tableau 8 — Utilisation du freinage par récupération | 28 |
| Tableau 9 — Essais | 29 |
| Tableau 10 — $U_{\text{moyenne utile}}$ (zone) | 30 |
| Tableau 11 — $U_{\text{moyenne utile}}$ (train) | 30 |
| Tableau 12 — Relation entre $U_{\text{moyenne utile}}$ et U_{min1} | 31 |
| Tableau A.1 — Périodes d'intégration | 33 |
| Tableau D.1 - Caractérisation des lignes électrifiées en courant alternatif | 41 |
| Tableau D.2 — Caractérisation des lignes électrifiées en courant continu | 42 |
| Tableau D.3 — Caractérisation d'un train en courant alternatif vis à vis des impédances, des harmoniques et de la stabilité | 43 |
| Tableau D.4 — Caractérisation d'un train en courant continu vis à vis des impédances, des harmoniques et de la stabilité | 45 |

Tableau F.1 — Courant de train maximal admissible49

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

SIST EN 50388:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a9605e43-c01b-4f13-868b-3b59f78e0802/sist-en-50388-2012>

Avant-propos

Le présent document (EN 50388:2012) a été préparé par le CLC/SC 9XC, "Alimentation et mise à la terre des équipements de traction et appareillage auxiliaire (installations fixes)", du CLC/TC 9X "Applications électriques et électroniques dans le domaine ferroviaire". Il concerne également l'expertise du CLC/SC 9XB "Matériels électromécaniques embarqués".

Les dates suivantes sont fixées:

- date limite à laquelle le présent document doit être mis en application au niveau national par publication d'une norme nationale identique ou par entérinement (dop) 2013-02-13
- date limite à laquelle les normes nationales conflictuelles doivent être annulées (dow) 2015-02-13

Ce document remplace l'EN 50388:2005 + corrigendum mai 2010.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CENELEC [et/ou] le CEN ne sauraient être tenus pour responsables de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence

Le présent document a été préparé dans le cadre d'un mandat confié au CENELEC par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Echange et couvre les exigences essentielles de la (des) Directive(s) UE.

Pour la relation avec la Directive UE 2008/57/CE, voir l'Annexe ZZ informative, qui fait partie intégrante du présent document.

Pour les lignes STI, des modifications et des amendements doivent être réalisés dans le cadre d'une procédure en relation avec le statut légal des STI GV (grande vitesse) et CR (réseau ferroviaire conventionnel).

1 Domaine d'application

La présente norme européenne établit des exigences concernant la compatibilité du matériel roulant avec l'infrastructure existante, notamment en rapport avec:

- la coordination des principes de protection entre l'alimentation électrique et les unités motrices, spécialement la discrimination des défauts lors des courts circuits;
- la coordination entre la puissance installée d'une ligne et la demande en puissance des trains;
- la coordination entre le freinage par récupération d'une unité motrice et la réceptivité de l'alimentation électrique;
- la coordination dans le comportement vis à vis des harmoniques.

La présente norme européenne traite de la définition et des exigences de la qualité de l'alimentation électrique à l'interface entre les unités motrices et les installations fixes.

La présente norme européenne spécifie l'interface entre le matériel roulant et les installations fixes de traction électrique, dans le cadre du système d'alimentation électrique. L'interaction entre pantographe et ligne aérienne de contact est traitée dans l'EN 50367. L'interaction avec le sous-système "contrôle-commande" (particulièrement la signalisation) n'est pas traitée dans cette norme.

Des exigences sont spécifiées pour les lignes STI (grande vitesse et conventionnelle) et les lignes classiques.

Pour les lignes classiques, les valeurs, le cas échéant, sont données pour les réseaux européens existants. De plus, les valeurs maximales spécifiées sont applicables aux développements prévus de l'infrastructure des réseaux ferroviaires transeuropéens.

Les systèmes de traction électrique suivants sont concernés:

- chemins de fer;
- systèmes guidés de transport qui sont intégrés avec les chemins de fer;
- systèmes de transport de matières qui sont intégrés avec les chemins de fer.

La présente norme européenne ne s'applique pas rétroactivement aux matériels roulants déjà en service.

L'information sur les paramètres d'électrification est donnée aux entreprises d'exploitation ferroviaire pour leur permettre de confirmer, après consultation des constructeurs de matériel roulant, qu'il n'y aura pas de perturbation consécutive sur le système d'électrification.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

EN 50122-2:2010, *Applications ferroviaires - Installations fixes — Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour — Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu*

EN 50122-3 :2010, *Applications ferroviaires - Installations fixes — Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour — Partie 3: Interactions entre systèmes de traction en courant alternatif et continu*

EN 50123-1:2003, *Applications ferroviaires - Installations fixes — Appareillage à courant continu — Partie 1: Généralités*

EN 50163:2004 + A1:2007, *Applications ferroviaires — Tensions d'alimentation des systèmes de traction*

EN 50367, *Applications ferroviaires - Systèmes de captage de courant - Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)*

CEI 60050-811, *Vocabulaire électrotechnique international — Chapitre 811: Traction électrique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions suivants s'appliquent.

3.1

conditions anormales d'exploitation

soit des charges de trafic plus importantes, soit une mise hors service d'une installation d'alimentation électrique sortant des règles normales

NOTE 1 à l'article : Dans ces conditions, le trafic peut ne pas être exploité suivant la grille horaire projetée.

3.2

ligne classique

ligne existante non soumise à un projet de rénovation ou d'aménagement pour la rendre conforme à une STI

3.3

ligne de contact

ligne électrique destinée à alimenter des véhicules en énergie électrique, par l'intermédiaire d'organes de prise de courant

[SOURCE: CEI 60050-811-33-01]

3.4

train dimensionnant

train avec la tension moyenne utile la plus basse

3.5

gestionnaire de l'infrastructure

entité ou entreprise responsable en particulier de la conception et de la maintenance des infrastructures ferroviaires

NOTE 1 à l'article : Il peut aussi inclure la gestion des systèmes de sécurité et de commande de l'infrastructure. Les fonctions du gestionnaire de l'infrastructure d'un réseau ou d'une partie d'un réseau peuvent être attribuées à différentes entités ou entreprises.

NOTE 2 à l'article: Dans la STI Energie, cette entité est appelée autorité contractante ou adjudicatrice.

3.6

vitesse maximale en ligne

vitesse pour laquelle l'exploitation de la ligne a été autorisée

3.7

tension moyenne utile au pantographe ($U_{\text{moyenne utile}}$)

3.7.1

$U_{\text{moyenne utile}}$ (zone)

tension donnant une indication sur la qualité de l'alimentation électrique sur une zone géographique pendant la période de trafic de pointe de la grille horaire

3.7.2

$U_{\text{moyenne utile}}$ (train)

tension identifiant le train dimensionnant et permettant de quantifier l'effet sur sa performance

3.8**espacement minimal des circulations trains**

intervalle minimum entre les trains permis par le système de signalisation

3.9**nouvel élément**

toute unité motrice nouvelle, reconstruite ou modifiée ou composant du système d'alimentation électrique (matériel ou logiciel) ayant une influence possible sur le comportement vis-à-vis des harmoniques du système d'alimentation électrique

Note 1 à l'article : Ce nouvel élément peut être intégré dans un réseau d'alimentation existant avec des unités motrices, par exemple, pour une installation fixe:

- transformateur;
- câble haute tension;
- filtres;
- convertisseur

3.10**conditions normales d'exploitation**

exploitation du trafic suivant la grille horaire projetée et la composition des trains utilisées pour la conception des installations fixes d'alimentation électrique

NOTE 1 à l'article: Les installations d'alimentation électrique sont exploitées suivant les règles de conception normales. Ces règles peuvent varier suivant la politique d'exploitation du gestionnaire de l'infrastructure.

3.11**ligne aérienne de contact**

ligne électrique destinée à alimenter des véhicules en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de prise de courant et constituée par des conducteurs placés au-dessus (ou à côté) de la limite supérieure du gabarit des véhicules

[SOURCE: CEI 60050-811-33-02]

SIST EN 50388:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a9605e43-c01b-4f13-868b-3b59f78e0802/sist-en-50388-2012>

3.12**facteur de puissance**

$$\cos \varphi = \frac{\text{puissance active de l'onde fondamentale}}{\text{puissance apparente de l'onde fondamentale}}$$

NOTE 1 à l'article: La présente norme ne prend en compte que l'onde fondamentale.

NOTE 2 à l'article : Il s'agit également du facteur de déplacement $\cos \varphi$.

3.13**registre d'infrastructure**

pour les STI, document unique qui reprend, pour chaque section de ligne, les caractéristiques des lignes concernées pour tous les sous-systèmes qui comprennent des installations fixes

NOTE 1 à l'article: La liste des éléments inclus dans le registre est décrite dans les annexes de la STI Energie.

3.14**matériel roulant**

terme général servant à désigner tous les véhicules, motorisés ou non

[SOURCE: CEI 60050-811-02-01]

3.15**section de séparation ou section neutre**

partie de ligne de contact pourvue à chaque extrémité d'un point de sectionnement, de façon à éviter l'interconnexion par les organes de prise de courant, de deux sections électriques successives présentant des différences de tension, de phase ou de fréquence

3.16**sous-station (de traction)**

installation, dont la fonction principale consiste à alimenter un système d'alimentation, au niveau de laquelle la tension d'un système d'alimentation primaire, et dans certains cas la fréquence, est convertie à la tension et à la fréquence de la ligne de contact

3.17**facteur de puissance global λ**

$$\lambda = \frac{\text{puissance active}}{\text{puissance apparente}}$$

NOTE 1 à l'article: Facteur de forme v :

$$v = \frac{\lambda}{\cos \varphi}$$

3.18**unité motrice**

terme général servant à désigner une locomotive, une automotrice ou un élément automoteur

[SOURCE: CEI 60050-811-02-04]

3.19**train**

combinaison de matériels roulants attelés. Il comprend les locomotives de pousse

3.20**puissance du train au pantographe**

puissance active d'un train prenant en compte la puissance pour la traction, la récupération et les auxiliaires

3.21**ligne STI**

ligne ferroviaire grande vitesse ou conventionnelle faisant partie du réseau ferroviaire transeuropéen (RTE) et satisfaisant aux exigences des spécifications techniques d'interopérabilité (STI) appropriées

Note 1 à l'article: Elle inclut pour le réseau ferroviaire à grande vitesse:

- catégorie I: les lignes spécialement construites pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses généralement égales ou supérieures à 250 km/h;
- catégorie II: les lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse, équipées pour des vitesses de l'ordre de 200 km/h;
- catégorie III: les lignes spécialement aménagées pour la grande vitesse à caractère spécifique en raison de contraintes topographiques, du relief ou d'environnement urbain, dont la vitesse doit être adaptée cas par cas.

Elle inclut pour le réseau ferroviaire conventionnel:

- a) catégorie IV: Nouvelle ligne pour réseau transeuropéen (RTE) central:
 - 1) trafic voyageurs et mixte: 200 km/h maximum;
 - 2) trafic marchandises: 140 km/h maximum ;
- b) catégorie V: Ligne aménagée pour RTE central :
 - 1) trafic voyageurs et mixte: 160 km/h maximum;
 - 2) trafic marchandises : 100 km/h maximum;

- c) catégorie VI: Nouvelle ligne pour Autre RTE :
- 1) trafic voyageurs et mixte: 140 km/h maximum;
 - 2) trafic marchandises: 100 km/h maximum;
- d) catégorie VII: Ligne aménagée pour Autre RTE:
- 1) trafic voyageurs et mixte: 120 km/h maximum;
 - 2) trafic marchandises: 100 km/h maximum.

3.22

type de ligne

classification des lignes en fonction des paramètres décrits en 3.6, 3.8 et 3.20

3.23

véhicule

terme général servant à désigner tout élément de matériel roulant, par exemple, une locomotive, une voiture ou un wagon

[SOURCE: CEI 60050-811-02-02]

4 Périodes sur lesquelles les paramètres peuvent être moyennés ou intégrés

Lorsque les exploitants ferroviaires ou les gestionnaires d'infrastructure utilisent divers paramètres pour leurs calculs informatiques de dimensionnement, mesures de protection et planification, ces paramètres ne sont efficaces que s'ils sont moyennés sur des laps de temps précisément définis. Des lignes directrices et des recommandations concernant ces laps de temps sont données à l'Annexe A (informative).

5 Sections de séparation

5.1 Sections de séparation de phases

Les trains doivent être capables de passer d'une section d'un système à courant alternatif à une section adjacente du même système, par l'intermédiaire d'une section de séparation de phases, sans pontage des différentes phases.

La puissance absorbée du train (traction, auxiliaires et courant à vide du transformateur) doit être ramenée à zéro à l'entrée de la section de séparation de phases.

Pour les lignes STI GV, cette opération doit être effectuée automatiquement.

Pour les lignes STI conventionnelles et pour les lignes classiques, lorsque le gestionnaire de l'infrastructure l'exige, cela doit être effectué automatiquement. A défaut, une manœuvre automatique est préférable, mais une manœuvre manuelle à bord peut également être appliquée.

Lorsque des circonstances particulières exigent l'abaissement des pantographes, ceci doit être consigné dans le registre de l'infrastructure.

Pour les sections de séparation de phases d'une longueur de plus de 8 m, le gestionnaire de l'infrastructure doit mettre en œuvre des moyens appropriés pour permettre à un train bloqué sous la section de séparation de phases de pouvoir repartir.

L'EN 50367 décrit les caractéristiques de certains types de conception des sections de séparation de phases.

NOTE Pour d'autres types de conception de séparation de phases qui permettent aux trains de franchir la section sous tension (par exemple, sections à commutation active automatique ou « sections de commutation », les exigences du présent article peuvent ne pas s'appliquer s'il est possible de démontrer la fiabilité et la compatibilité avec tous les trains.

5.2 Sections de séparation de systèmes

5.2.1 Généralités

Les trains doivent être capables de passer d'un système d'alimentation en énergie donné à un système adjacent qui utilise une alimentation différente sans pontage des deux systèmes de lignes de contact. Les actions nécessaires (ouverture du disjoncteur principal, abaissement des pantographes, etc.) dépendent du type de chacun des systèmes d'alimentation, ainsi que de la disposition des pantographes sur les trains et de la vitesse de marche.

Le franchissement des sections de séparation de systèmes par les trains peut se dérouler de deux manières:

- 1) avec le pantographe en position soulevée et en contact avec la (les) ligne(s) de contact, comme décrit en 5.2.2 ;
- 2) avec le pantographe en position abaissée et sans contact avec la (les) ligne(s) de contact, comme décrit en 5.2.3.

Le choix entre les points 1) et 2) doit être opéré par le gestionnaire de l'infrastructure.

Les exigences concernant la conception de l'infrastructure et du matériel roulant sont décrites dans les alinéas suivants.

5.2.2 Pantographe en position soulevée

Lorsque les sections de séparation de systèmes sont franchies par un train avec les pantographes en position soulevée en contact avec la (les) ligne(s) de contact, les conditions suivantes s'appliquent:

- Des mesures doivent être prises du côté de l'infrastructure pour éviter de ponter les lignes de contact des deux systèmes d'alimentation adjacents en cas de défaillance de l'ouverture du (des) disjoncteur(s) embarqué(s).
- Pour les lignes des catégories I, II et III, sur le matériel roulant, les dispositifs prévus à cet effet doivent automatiquement déclencher l'ouverture du disjoncteur en amont de la section de séparation et doivent automatiquement reconnaître la tension du nouveau système d'alimentation au pantographe afin de pouvoir commuter les circuits correspondants.
- Pour les lignes des catégories IV à VII et pour les lignes classiques, les exigences des lignes des catégories I, II et III peuvent être appliquées.

5.2.3 Pantographe en position abaissée

Lors du franchissement des sections de séparation de systèmes avec les pantographes en position abaissée, les conditions suivantes s'appliquent:

- La section de séparation entre différents systèmes d'alimentation en énergie doit être conçue de manière à éviter le pontage des lignes de contact de deux systèmes d'alimentation et à mettre immédiatement hors tension les deux systèmes d'alimentation en cas de contact involontaire du pantographe avec la ligne de contact, par exemple, par la détection de courts-circuits ou de tensions involontaires.
- Pour les lignes des catégories I, II et III, au niveau des séparations de systèmes d'alimentation nécessitant l'abaissement du pantographe, celui-ci doit être abaissé sans l'intervention du mécanicien, par l'action des signaux de commande.
- Pour les lignes des catégories IV à VII et pour les lignes classiques, les exigences concernant les lignes des catégories I, II et III peuvent être appliquées.
- L'EN 50367 décrit la conception des sections de séparation de systèmes, ainsi que d'autres exigences fonctionnelles concernant la ligne aérienne de contact et les pantographes.

6 Facteur de puissance d'un train

6.1 Généralités

Pour optimiser le facteur de puissance d'un train, et de ce fait la qualité de performance de l'alimentation électrique, les exigences spécifiées de 6.2 à 6.4 doivent s'appliquer à la conception du train.

NOTE La puissance capacitive ou inductive d'un train peut être utilisée pour modifier la tension de la ligne de contact.

6.2 Facteur de puissance inductif

Le présent article traite uniquement du facteur de puissance inductif et de la puissance absorbée sur la gamme des tensions de $U_{\min 1}$ à $U_{\max 1}$ comme défini dans l'EN 50163.

Le Tableau 1 spécifie les exigences concernant le facteur de puissance inductif global λ pour un train. Pour le calcul de λ , seule l'onde fondamentale de la tension au pantographe est prise en compte.

Tableau 1 — Facteur de puissance inductif global λ d'un train

| Facteur de puissance inductif global λ d'un train | | |
|---|--|--|
| Puissance instantanée P d'un train au pantographe (MW) | Lignes STI GV de catégories I et II ^a | Ligne STI de catégories III, IV, V, VI, VII et lignes classiques |
| $P > 2$ | $\geq 0,95$ | $\geq 0,95$ |
| $0 \leq P \leq 2$ | ^b | ^b |

Pour des voies de garage ou des dépôts, le facteur de puissance de l'onde fondamentale doit être supérieur ou égal à 0,8 (voir Note 2 ci-dessous) lorsque le train est à l'arrêt, la puissance de traction à zéro, tous les dispositifs auxiliaires en fonctionnement et la puissance active de traction supérieure à 200 kW.

NOTE 1 Le calcul de la moyenne globale de λ pour un trajet de train, y compris les arrêts, est réalisé à partir de l'énergie active WP (MWh) et de l'énergie réactive WQ (Mvarh) données par une simulation sur ordinateur pour un trajet de train ou par mesure sur un train réel.

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{W_Q}{W_P}\right)^2}}$$

NOTE 2 Les facteurs de puissance supérieurs à 0,8 génèrent de meilleures performances économiques du fait d'une exigence moins sévère pour les matériels fixes.

^a Applicable aux trains en conformité avec la STI GV "matériel roulant".

^b Pour contrôler le facteur de puissance global de la charge auxiliaire d'un train durant les phases de marche sur l'erre, la valeur moyenne globale de λ (traction et auxiliaires) définie par simulation et/ou mesure doit être supérieure à 0,85 sur un trajet normal complet (trajet typique entre deux gares, y compris les arrêts commerciaux).

Pendant les phases de récupération, il est admis que la valeur du facteur de puissance inductif diminue librement dans le but de conserver la tension dans ses limites.

NOTE 1 Une autre représentation du Tableau 1 sous forme graphique est donnée à l'Annexe E.

NOTE 2 Pour les lignes de catégories III à VII, pour un matériel roulant existant préalablement à la publication de la présente norme, le gestionnaire de l'infrastructure peut imposer des conditions, par exemple, au plan économique, opérationnel et de la limitation de puissance pour l'acceptation de trains interopérables dont la valeur des facteurs de puissance est inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 1.

6.3 Facteur de puissance capacitif

Pendant les phases de traction et d'arrêt, les exigences concernant le facteur de puissance capacitif destinées à maintenir la tension dans les limites établies sont les suivantes :

- dans la gamme de tensions $U_{\min 1}$ à $U_{\max 1}$ définie dans l'EN 50163, les facteurs de puissance capacitifs ne sont pas limités ;
- dans la gamme de tensions $U_{\max 1}$ à $U_{\max 2}$ définie dans l'EN 50163, un train ne doit pas se comporter comme une capacité.

Pendant la phase de récupération, la puissance capacitive, lorsqu'elle existe, doit être limitée à 150 kvar dans la gamme de tensions comprise entre $U_{\min 1}$ et $U_{\max 1}$ comme défini dans l'EN 50163.

NOTE 1: Les facteurs de puissance capacitifs peuvent conduire à la génération de surtensions et/ou à des effets dynamiques et il convient de les traiter selon l'Article 10 de la présente norme.

NOTE 2 Une représentation du facteur de puissance capacitif est donnée à l'Annexe E.

6.4 Critères d'acceptation

Le facteur de puissance est acceptable si les valeurs données dans le Tableau 1 et les exigences données au 6.3 sont satisfaites.

7 Limitation du courant absorbé par un train

7.1 Courant maximal du train

Les données typiques relatives au courant maximal admissible avec chaque train et ce, pour l'ensemble des réseaux européens, sont définies dans l'Annexe informative F.

NOTE Aucune obligation ne s'impose à la conception de l'infrastructure selon ces valeurs maximales, par exemple, autorisation de 800 A avec une tension de 25 kV (exemple).

7.2 Régulation automatique

Afin de faciliter une exploitation stable sur des réseaux dont l'alimentation électrique est faible ou dans des conditions anormales d'exploitation, les trains doivent être munis d'un dispositif automatique permettant d'adapter le niveau de la puissance absorbée maximale selon la tension de la ligne de contact en régime permanent. La Figure 1 indique le courant de train maximal admissible en fonction de la tension de la ligne de contact.

Cette Figure ne s'applique pas au régime de freinage par récupération.